

УДК 685.31

РОЗРОБКА РАЦІОНАЛЬНОГО ВЗУТТЯ ДЛЯ МОЛОДІ ЗАХІДНОГО РЕГІОНУ УКРАЇНИ

М.С. БЕДНАРЧУК

Львівська комерційна академія

Н. М. ОМЕЛЬЧЕНКО, В. П. КЕРНЕСШ, В. П. КОНОВАЛ

Київський національний університет технологій і дизайну

Повідомлення 3

Встановлення закономірностей між різними розмірними ознаками стоп юнаків та дівчат 15–16 років Західного регіону України

У статті сформульовані закономірності між різними розмірними ознаками стоп юнаків та дівчат 15–16 років Західного регіону України. Ці дані рекомендовано використовувати при проектуванні раціональних колодок і взуття

Відомо, що у 1930-х роках Зибін Ю. П. сформулював чотири закони, яким підлягали різні розмірні ознаки стоп [1]:

1. Розподіл розмірних ознак в однорідному колективі виражається законом нормального розподілу.
2. Середні значення поперечних розмірів стоп пов'язані з їхньою довжиною лінійною залежністю виду $y = k \cdot x + b$.
3. Усі довжинні розміри стоп пропорційні їх довжині.
4. Усі поперечні розміри стоп пов'язані між собою пропорційною залежністю, коли за аргумент приймається не довжина стопи, а один з її основних поперечних розмірів, наприклад, ширина, або обхват стопи через головку п'ятої плесневої кістки.

У 1990-х роках, з огляду на проблеми того дня (зокрема, урахування дії затухаючого процесу акселерації т. ін.), проф. Коновал В. П. виклав своє бачення цих законів [2]:

1. Для групи дорослого населення розподіл частот довжини стоп та ряду довжинних розмірів (довжина до середини першого пальця, довжина до внутрішнього пучка, довжина до зовнішнього пучка) в однорідному колективі достатньо точно виражаються законом нормального розподілу. Розподіл частот обхватів плеснофалангового зчленування (внутрішнього та зовнішнього) стоп та відповідних широтних розмірів з достатньою ймовірністю можуть бути виражені закономірністю логарифмічного нормального розподілу. Для груп дитячого населення розподіл частот довжинних, обхватних та широтних параметрів стоп виражається законом нормального розподілу.

2. Середні поперечні розміри (обхватні та широтні) пов'язані з їх довжиною ортогональною регресійною залежністю типу:

$$O_n = \operatorname{tg} \alpha_1 \times D_{cm} + b_1, \text{Ш}_n = \operatorname{tg} \alpha_2 \times D_{cm} + b_2$$

3. Середні значення довжинних розмірів стоп пов'язані з їхньою довжиною лінійною регресійною залежністю виду $D_i = R_{\text{дідсм}} \times D_{cm} + b_1$.

4. Середні значення поперечних розмірів стоп пов'язані з обхватом у пучках лінійною регресійною залежністю виду $\Pi_i = R_{\Pi_i, O_n} \times O_n + b_2$.

Об'єкти та методи дослідження описані у повідомленні 1 [3].

Постановка завдання

Метою наших досліджень було встановлення закономірностей між різними параметрами стоп юнаків та дівчат з метою їх подальшого використання при проектуванні раціональних колодок та взуття для даних груп населення.

Результати та їх обговорення

На першому етапі роботи була здійснена перевірка гіпотези нормальності розподілу параметрів стоп.

Для наочного уявлення варіаційного ряду велике значення мають його графічні зображення. Так, варіаційний ряд може бути зображений у вигляді полігону, гістограми та кумуляти [4]. Гістограма та полігон розподілення є графічним відображенням частот, які в свою чергу являють собою оцінки щільності ймовірності. Кумулятивна крива отримується при зображенні варіаційного ряду з накопиченими частотами в прямокутній системі координат.

Перевірку характеру розподілу можна робити різними способами [4]:

1. За середнім абсолютним відхиленням d .

Необхідно обчислити просте середнє відхилення за формулою:

$$d = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{x}}{n} \quad (1)$$

В нашому випадку: для хлопців $d = 1494 : 138 = 10,83$; для дівчат $d = 1072 : 140 = 7,66$.

Для вибірки, що має приблизно нормальний закон розподілу, має бути справедлива нерівність:

$$\left| \frac{d}{\sigma} - 0,7979 \right| \leq \frac{0,4}{\sqrt{n}} \quad (2)$$

Таким чином: для хлопців $\left| \frac{10,2}{12,51} - 0,7979 \right| \leq \frac{0,4}{\sqrt{138}}; 0,017 \leq 0,034$;

для дівчат $\left| \frac{7,66}{9,68} - 0,7979 \right| \leq \frac{0,4}{\sqrt{140}}; 0,0065 \leq 0,033$.

Отже, гіпотеза нормальності розподілу вибірки даних може бути прийнята.

2. За розмахом варіювання R .

Швидко перевірку гіпотези нормальності розподілу для порівняно широкого класу вибірок $3 < n < 1000$ можна виконати за допомогою методу, викладеного в [4], використовуючи розмах варіювання R .

Підраховується відношення $\frac{R}{S}$, яке зіставляється з критичними верхніми та нижніми границями цього

відношення, взятими з таблиць. Якщо $\frac{R}{S}$ менше нижньої, або більше верхньої границі, то нормального

розподілу немає. Особливо важливо, щоб ця умова виконувалась при $p = 0,10$ (10%-ний рівень значущості). В даному випадку: для хлопців $\frac{R}{S} = \frac{55}{12,51} = 4,396$; для дівчат $\frac{R}{S} = \frac{55}{9,68} = 5,68$. При $n = 138$ і $p = 0,10$ нижня і верхня границі за табл. [4] відповідно становить 4,27 і 5,96, тобто $4,27 < 4,396 < 5,96$; $4,27 < 5,68 < 5,96$.

Отже, гіпотеза нормальності розподілу підтверджується і за цим критерієм.

3. За показником асиметрії і ексцесу.

Деяке уявлення про близькість емпіричного розподілу до нормального може надати аналіз асиметрії та ексцесу. Незміщені оцінки для асиметрії (A) та ексцесу (E) визначалися за формулами [2, 4]:

$$G_A = \frac{\sqrt{n(n-1)}}{n-2} \times A \quad (3)$$

$$G_E = \frac{n-1}{(n-2) \times (n-3)} \left[(n+1) \times E + 6 \right] \quad (4)$$

де n – обсяг експериментальної вибірки.

Для перевірки гіпотези про нормальність розподілу слід також розрахувати середнє квадратичне відхилення показників асиметрії S_A та ексцесу S_E :

$$S_A = \sqrt{\frac{6n(n-1)}{(n-2)(n+1)(n+3)}} \quad (5)$$

$$S_E = \sqrt{\frac{24n(n-1)^2}{(n-3)(n-2)(n+3)(n+5)}} \quad (6)$$

де n – обсяг експериментальної вибірки.

Якщо $|G_A| \leq 3S_A$ та $|G_E| \leq 5S_E$, то гіпотеза нормальності емпіричного розподілу може бути прийнята.

Перевіримо, наприклад, гіпотезу нормальності емпіричного розподілу довжини стоп дівчат.

Незміщені оцінки для асиметрії (A) та ексцесу (E) у даному випадку будуть дорівнювати:

$$G_A = \frac{\sqrt{140(140-1)}}{140-2} \times 0,12 = 0,121;$$

$$G_E = \frac{140-1}{(140-2)(140-3)} \left[(140+1)(-0,04) + 6 \right] = -0,079.$$

Середнє квадратичне відхилення показників асиметрії та ексцесу будуть дорівнювати:

$$S_A = \sqrt{\frac{6 \times 140(140-1)}{(140-2)(140+1)(140+3)}} = 0,2,$$

$$S_E = \sqrt{\frac{24 \times 140(140-1)^2}{(140-3)(140-2)(140+3)(140+5)}} = 0,4.$$

Тоді, $3S_A = 0,62$, а $5S_E = 2$

У даному випадку $0,121 < 0,62$ та $-0,079 < 2$; отже, виконання даних умов свідчать про те, що гіпотеза про нормальність розподілу такої розмірної ознаки, як довжина стоп дівчат, може бути прийнята.

Аналогічно були проаналізовані асиметрія та ексцес основних розмірних ознак стоп юнаків та дівчат.

4. За χ^2 -критерієм.

Для більш ґрунтовної перевірки нормальності розподілу був використаний критерій Пірсона (χ^2) [4]:

$$\chi^2 = \sum_{\substack{\text{(усіх} \\ \text{класів)}}} \frac{(f_i - \bar{f}_i)^2}{\bar{f}_i} \quad (7)$$

де f_i – емпіричні частоти у кожному i -му класі значень ознак; \bar{f}_i – теоретичні частоти у кожному i -му класі значень ознак.

Значенню χ^2 відповідає певна вірогідність $P(\chi^2)$, яка знаходиться за спеціальними таблицями і визначає ступінь відповідності емпіричного розподілу теоретичному нормальному. Для перевірки цього положення нами був проведений розрахунок й оцінка [4] відповідності емпіричних та теоретичних частот за критерієм χ^2 розподілення довжини стопи (D_{cm}) для юнаків та дівчат.

Класовий інтервал розраховували за формулою: $d_x = \frac{\max - \min}{k}$, де max та min – відповідно

максимальне та мінімальне значення параметру. Значення критерію Пірсона, яке ми отримали для дівчат $\chi^2 = 6,18$ не перевищує першого рівня значущості, отже, розподіл довжини стоп в даній вибірці можна вважати нормальним. Таким чином, за результатами позитивних оцінок чотирьох показників (середнє абсолютне відхилення, розмах варіювання, асиметрія і ексцес, критерій Пірсона) було показано, що емпіричний розподіл різних розмірних ознак стоп юнаків та дівчат наближається до нормального розподілу.

На рис. 1, як приклад, наведено емпіричний і теоретичний розподіл довжини стоп юнаків.

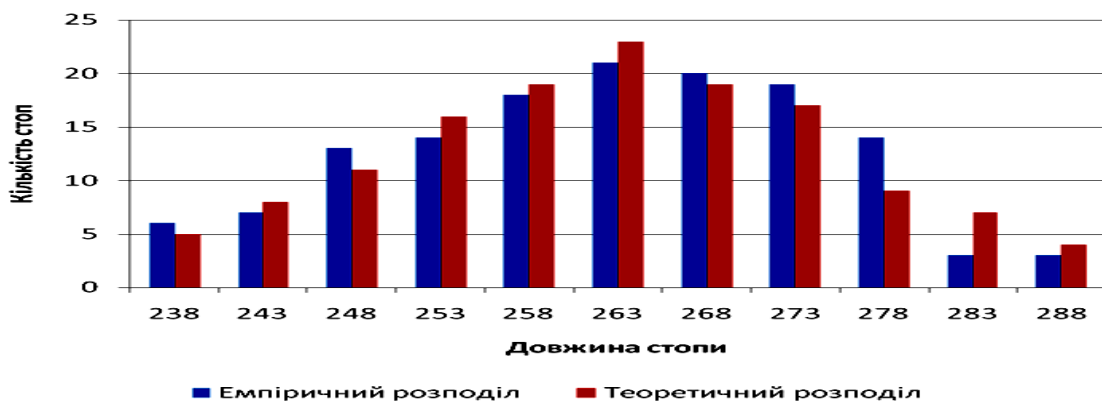


Рис. 1. Емпіричний і теоретичне розподіл довжини стоп юнаків Західного регіону України

За аналогічною схемою були розраховані розподіли інших параметрів стоп юнаків і дівчат, тобто, перевірка гіпотези про нормальний розподіл розмірних ознак стоп юнаків і дівчат віком 15-16 років Західного регіону України дала змогу зробити висновок, що розподіл частот довжинних, широтних, висотних та обхватних параметрів їхніх стоп з достатньою вірогідністю виражається законом нормального розподілу.

Наступним етапом роботи було визначення залежності між двома розмірними ознаками.

Відомо, що якщо розмірна ознака має нормальний розподіл, то сполученню розмірних ознак також притаманний нормальний розподіл [1]. Поле нормального сполучення двох розмірних ознак є кореляційним еліпсом розсіювання. Рівняння еліпса розсіювання має вигляд [4]:

$$C^2 = \frac{1}{1-r_{xy}^2} \left[\left(\frac{x-M_x}{\sigma_x} \right)^2 + \left(\frac{y-M_y}{\sigma_y} \right)^2 - 2r_{xy} \frac{(x-M_x)(y-M_y)}{\sigma_x \sigma_y} \right] \quad (8)$$

де C – постійна для даного еліпса, яка є характеристикою пар значень ознак, які зустрічаються з однаковою частотою; r_{xy} – коефіцієнт парної кореляції; M_x та M_y – їхні середні величини, мм; σ_x та σ_y – їхні середні квадратичні відхилення, мм.

Вірогідність частоти C є вірогідністю $P(C)$ щільності нормального двомірного розподілу, яка визначається за формулою [5]:

$$P(C) = \frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y\sqrt{1-r_{xy}^2}} \cdot e^{-\frac{C^2}{2} \cdot \Delta x \cdot \Delta y} \quad (9)$$

де Δx та Δy – нормовані величини інтервалів, які мають відношення до σ_x та σ_y першої (x) та другої (y) величини, які розглядаються, мм.

Якщо величини D_{cm} (довжина стопи) та O_n (обхват плесно-фалангового зчленування), підставити у формули 10 та 11, то отримаємо:

$$C^2 = \frac{1}{1-r_{O/D}^2} \left[\left(\frac{D-M_D}{\sigma_D} \right)^2 + \left(\frac{O-M_O}{\sigma_O} \right)^2 - 2r_{O/D} \frac{(D-M_D)(O-M_O)}{\sigma_D \sigma_O} \right] \quad (10)$$

$$P(C) = \frac{1}{2\pi\sigma_O\sigma_D\sqrt{1-r_{O/D}^2}} \cdot e^{-\frac{C^2}{2} \cdot \Delta D \cdot \Delta O} \quad (11)$$

Згідно з [4], якщо сполучення змінних x та y підлягають закону нормального розподілу, то існують дві регресії: пряма регресія – визначає залежність y від x , та обернена регресія – визначає залежність x від y . Моделі прямої та оберненої регресії мають такий вигляд [5]:

$$M_y / x \approx M_y + R_{y/x} \times (x - M_x) \quad (12)$$

$$M_x / y \approx M_x + R_{x/y} \times (y - M_y) \quad (13)$$

де R_{xy} , R_{yx} – коефіцієнти регресії; M_x , M_y - середнє арифметичне значення параметрів, які досліджуються, а також вільні члени рівняння регресії.

Для залежності двох основних розмірів стоп $D_{cm}(x)$ і $O_n(y)$ моделі прямої та оберненої регресії будуть мати вигляд:

$$O_n = M_O + R_{O/D} \times (D - M_D) \tag{14}$$

$$D_{cm} = M_D + R_{D/O} \times (O - M_O) \tag{15}$$

Прямі регресії перетинаються у центрі тяжіння (M_D ; M_O) та утворюють «ножиці»; чим вужчі «ножиці», тим ближче стохастичний зв'язок з функціональним. Але прямі оберненої та прямої регресії не є геометричними центрами множини пар сполучення x та y , або D_{cm} та O_n , які утворюють еліпс розсіювання. Геометричним місцем точок еліпса, які зводять до мінімуму суму квадратів перпендикулярних відхилень, є головна вісь еліпсу – лінія ортогональної регресії. Лінія прямої та оберненої регресії є діаметрами цього еліпсу [6].

Таблиця 1. Статистичні характеристики основних параметрів стопи та коефіцієнти залежності $r_{y/x}$, $R_{y/x}$ для юнаків та дівчат

Основні параметри стоп		Статистичні x-ки, мм		К-нт прямої залежності				К-нт оберненої регресії	
		M±m _M	σ	із D _{ст}		із O _п		із D _{ст}	із O _п
				r _{y/x}	R _{y/D}	y/x	y/O		
Юнаки	D _{ст}	262,3±1,07	12,51	-	-	0,66	0,76	-	0,39
	Ш _п	99,3±0,59	6,95	0,61	1	0,70	0,33	0,5	0,43
	Ш _{п'ят}	68,3±0,43	5,08	0,67	1	0,60	0,23	1	0,21
	O _п	253,6±1,1	12,89	0,76	1,8	-	-	0,35	-
	V _{г1п/к}	35,6±0,31	3,6	0,58	0,13	0,42	0,11	0,65	0,5
	V _{т.зг.}	89,22±0,62	7,27	0,57	0,31	0,54	0,21	0,31	0,14
Дівчата	D _{ст}	246,9±0,7	8,9	-	-	0,75	0,95	-	1,12
	Ш _п	89,3±0,3	4,9	0,84	0,38	0,73	0,21	1,55	0,96
	Ш _{п'ят}	60,9±0,3	4,1	0,71	1	0,61	0,50	1	0,84
	O _п	231,2±0,8	12,1	0,59	1,03	-	-	0,96	-
	V _{г1п/к}	28,8±0,2	2,8	0,65	0,15	0,57	0,14	0,61	2,04
	V _{т.зг.}	73,4±0,4	5,7	0,70	0,33	0,49	0,31	0,79	2,15

Примітка: D_{ст} - довжина стопи; O_п - обхват у пучках

В табл. 1 наведено статистичні характеристики основних розмірних ознак, коефіцієнти їхньої кореляційної та регресивної залежності для стоп юнаків і дівчат віком 15-16 років Західного регіону України.

Модель ортогональної регресії будується за формулою:

$$y = M_y + \beta(x - M_x) \tag{16}$$

Для розмірних ознак D_{cm} і O_n формула ортогональної регресії буде виглядати так:

$$O_n = M_O + \beta(D_{cm} - M_D) \tag{17}$$

де $\beta = tg\alpha$ визначається за статистичними характеристиками поля розсіювання σ_x, σ_y і коефіцієнтом кореляції між ними $r_{y/x}$ за формулою:

$$tg\alpha = \frac{\sigma_y^2 - \sigma_x^2 + \sqrt{(2r_{x/y}\sigma_x\sigma_y)^2 + (\sigma_y^2 - \sigma_x^2)^2}}{2r_{x/y}\sigma_x\sigma_y} \tag{18}$$

За даними, які наведені у таб. 1, були розраховані значення коефіцієнтів ортогональної регресії та виведені рівняння ортогональної регресії для юнаків та дівчат (табл. 2).

Таблиця 2. Рівняння ортогональної регресії основних параметрів стоп юнаків та дівчат

Параметри стопи	Рівняння ортогональної регресії	
	Юнаки	Дівчата
Ш _п	Ш _п = 0,40Д _{ст} - 5,55	Ш _п = 2,02Д _{ст} - 386
Ш _{п'ят}	Ш _{п'ят} = 0,42Д _{ст} - 186	Ш _{п'ят} = 1,9Д _{ст} - 376
О _п	О _п = 1,04Д _{ст} - 19,48	О _п = 0,8Д _{ст} - 43
В _{г1п/х}	В _{г1п/х} = 0,98Д _{ст} - 226	В _{г1п/х} = 0,19Д _{ст} - 18,1
В _{т.зг.}	В _{т.зг.} = 2,09Д _{ст} - 458	В _{т.зг.} = 0,41Д _{ст} - 27,8

На рис. 2, як приклад, зображений графік прямої, оберненої та ортогональної регресії довжини стопи та обхвату пучків стопи дівчат.

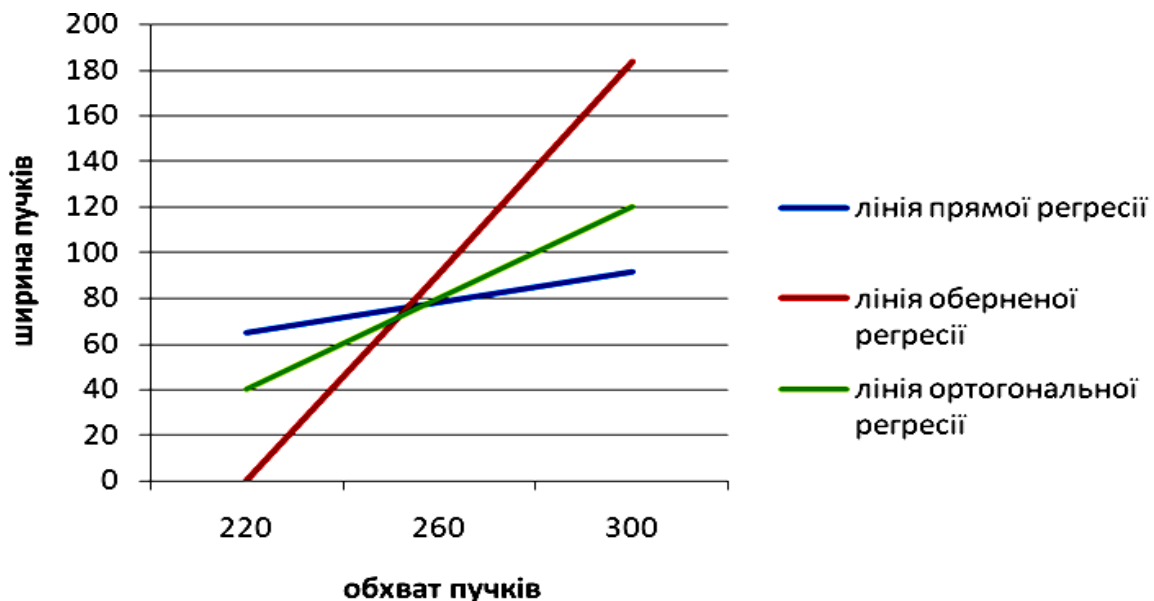


Рис.2. Графік залежності довжини стопи і обхвату у пучках стопи дівчат

Таким чином, було встановлено, що середні обхватні та широтні розміри стоп дітей-старшокласників пов'язані з їхньою довжиною ортогональною регресійною залежністю, яка має вигляд:

$$O_n = tg\alpha_1 \times D_{cm} + b_1 \tag{19}$$

$$Ш_n = tg\alpha_2 \times D_{cm} + b_2 \quad (20)$$

Тобто, були підтвердженні положення проф. Коновала В. П. [2] про ортогональну регресійну залежність між середніми поперечними розмірами стоп юнаків і дівчат та довжиною їхньої стопи.

Наступним етапом роботи було визначення залежності між однойменними розмірними ознаками стоп юнаків і дівчат.

За даними антропометричних досліджень стоп юнаків і дівчат, проведено кореляційний і регресійний аналіз залежностей між однойменними розмірними характеристиками стоп. Величини значення емпіричних коефіцієнтів кореляції $r_{y,x}$ та регресії $R_{y,x}$ наведені у табл. 3.

Таблиця 3. Коефіцієнти кореляційної $r_{y,x}$ і регресійної $R_{y,x}$ залежності між однойменними розмірами стоп юнаків та дівчат

Розмірні ознаки стоп	Коефіцієнти кореляції $r_{y,x}$ та регресії $R_{y,x}$							
	З довжиною стопи ($D_{ст}$)				З обхватом у пучках (O_n)			
	Юнаки		Дівчата		Юнаки		Дівчата	
	$r_{y,x}$	$R_{y,x}$	$r_{y,x}$	$R_{y,x}$	$r_{y,x}$	$R_{y,x}$	$r_{y,x}$	$R_{y,x}$
D_1	0,91	0,78	0,91	0,83	-	-	-	-
D_2	0,85	0,72	0,89	0,79	-	-	-	-
D_3	0,83	0,66	0,87	0,84	-	-	-	-
D_4	0,81	0,58	0,84	0,43	-	-	-	-
$Ш_1$	0,69	0,21	0,63	0,24	0,73	0,29	0,79	0,25
$Ш_2$	0,62	0,15	0,67	0,18	0,86	0,12	0,73	0,16
O_1	0,69	1,05	0,71	0,83	0,64	0,62	0,83	0,90
O_2	0,57	0,9	0,52	0,56	0,78	0,81	0,74	0,63
O_3	0,64	1,13	0,73	1,16	0,71	1,07	0,78	0,28
O_4	0,68	1,02	0,68	1,25	0,69	0,76	0,83	0,36

Відомо, що значення коефіцієнтів кореляції визначає, як тісно пов'язані емпіричні параметри лінійної залежності [1-3, 5]. При позитивній залежності між ними коефіцієнт кореляції $r_{y,x}$ приймає значення від 0 до 1. Чим ближче $r_{y,x}$ до 1, тим ближче емпірична залежність до функціональної [1-3, 5]. Згідно значень коефіцієнтів кореляції, наведених у табл. 3, можна зробити висновок, що між довжиною стопи ($D_{ст}$) та іншими розмірами по довжині – D_1 (довжина до середини 1-го пальця), D_2 (довжина до внутрішнього пучка), D_3 (довжина до зовнішнього пучка), існує статистичний зв'язок з високим коефіцієнтом кореляції $r_{y,x}$, який варіює від 0,81 до 0,91. Але для різнойменних розмірів $D_{ст}$ з обхватними та широтними розмірами, значення коефіцієнта кореляції $r_{y,x}$ менше й варіює від 0,52 до 0,71. Значення коефіцієнтів кореляції між обхватом у пучках (O_n) та іншими поперечними розмірами – $Ш_1$ (ширина по внутрішньому пучку), $Ш_2$ (ширина п'ятки), O_1 (обхват по внутрішньому пучку), O_3 (обхват через п'ятку і точку згину стопи), O_4 (обхват по зовнішньому пучку) теж високі (0,64-0,86), що підтверджує тісний статистичний зв'язок.

Але оскільки наявність кореляційних зв'язків між однойменними розмірами стоп ще не дозволяє стверджувати, що зв'язок між цими параметрами суттєвий [4], то для основних параметрів стоп юнаків і

дівчат були розраховані значення середніх квадратичних похибок коефіцієнтів кореляції $\Delta \sigma_{r_{y,x}}$ й регресії $\Delta \sigma_{R_{y,x}}$ і їх довірчі інтервали, а також значення показників суттєвості зв'язку. Лише після цього були виведені рівняння регресії для однойменних довжинних і поперечних розмірів стоп юнаків і дівчат (табл. 4).

Таблиця 4. Рівняння регресії, середні квадратичні відхилення та їх відносні похибки для однойменних розмірів стоп юнаків та дівчат

Розмірні ознаки стоп	Юнаки			Дівчата		
	Рівняння регресії	Σ_y , мм	$\Delta \Sigma_y$, %	Рівняння регресії	Σ_y , мм	$\Delta \Sigma_y$, %
Д ₁	Д ₁ = 0,78 Д _{ст} - 162	3,86	1,7	Д ₁ = 0,83 Д _{ст} - 157	3,16	2,2
Д ₂	Д ₂ = 0,72 Д _{ст} - 84,6	3,54	2,1	Д ₂ = 0,79 Д _{ст} - 91,7	4,05	1,8
Д ₃	Д ₃ = 0,83 Д _{ст} - 24	3,21	2,8	Д ₃ = 0,84 Д _{ст} - 25,4	5,10	2,4
Д ₄	Д ₄ = 0,81 Д _{ст} + 4,8	2,06	5,1	Д ₄ = 0,43 Д _{ст} + 116	6,81	3,7
Ш ₁	Ш ₁ = 0,21 О _п - 22,9	2,59	4,6	Ш ₁ = 0,25 О _п + 12	3,04	3,1
Ш ₂	Ш ₂ = 0,15 О _п + 63	4,17	5,3	Ш ₂ = 0,16 О _п + 51	2,89	4,6
О ₁	О ₁ = 1,05 О _п - 13,65	3,99	2,9	О ₁ = 0,9 О _п + 22	7,27	3,7
О ₂	О ₂ = 0,9 О _п - 21,17	5,23	2,2	О ₂ = 0,63 О _п + 89	8,23	3,2
О ₃	О ₃ = 1,13 О _п - 26,9	8,35	2,7	О ₃ = 0,28 О _п + 158	6,41	2,8
О ₄	О ₄ = 1,02 О _п + 68	7,15	2,4	О ₄ = 0,36 О _п + 234,5	3,99	3,2

Параметрам D_{cm} та O_n відповідають ряд інших підлеглих розмірів, закономірність кореляційного поля, розсіювання яких визначається дисперсією $\sum_y^2 = n_{xj} \sum_i^2 (y) = \sigma_y^2 (1 - r_{y,x}^2)$, або його середнім квадратичним відхиленням:

$$\sum_y = \sigma_y \sqrt{1 - r_{y,x}^2} \tag{21}$$

Значення \sum_y для підлеглих D_{cm} та O_n розмірів, наведені в табл. 4, показують, як відхиляються або варіюють параметри $D_1, D_2, D_3, D_4, O_1, O_2, O_3, O_4, Ш_1, Ш_2$ від значень, розрахованих за рівняннями регресії. Таким чином, \sum_y показує ступінь відхилення цих значень від середніх величин, розрахованих за рівняннями регресії.

Абсолютне значення \sum_y , суттєво варіює, наприклад, від 2,06 мм до 8,35 мм для юнаків. Тому для оцінки суттєвості цього показника нами була розрахована відносна похибка рівнянь регресії [1-3, 5]. Як показала проведена нами перевірка лінійності рівнянь регресії, наведених в табл. 4, гіпотеза лінійності зв'язків (судячи з величин середніх квадратичних відхилень) може бути відкинута.

Відносна похибка рівняння регресії для однойменних розмірів варіює від 1,7 % до 2,8 %, тобто знаходиться у допустимих межах. Але отримана величина похибки параметра D_4 перевищує критичне допустиме значення похибки (3,7 до 5,1 %) та параметра $Ш_2$ (4,6 до 5,3 %).

Абсолютні величини похибки рівнянь регресії для різних параметрів стоп дівчат коливаються від 2,9 мм до 8,3 мм, що є дуже суттєвим для проектування колодок і взуття, тому ми відхиляємо

запропоновану гіпотезу про функціональний зв'язок між однойменними параметрами стоп дітей-старшокласників і для подальших розрахунків та проектування колодок і взуття для цих груп населення пропонуємо використовувати пропорційну залежність між вказаними параметрами, що наведені у табл. 5.

Таблиця 5. Порівняльна характеристика коефіцієнтів пропорційності

Характерні анатомічні точки стоп	Значення $K_{пр}$		Значення $K_{пр}$ за Зибінім Ю.П.[1]	Відхилення			
	юнаки	дівчата		юнаки		дівчата	
				Абс.	Відн. %	Абс.	Відн. %
До найширшого місця п'ятки	0,16	0,16	0,18	0,02	1	0,02	11
До центра зовнішньої щиколотки	0,23	0,21	0,20	0,02	0	0,01	5
До зовнішнього пучка	0,62	0,62	0,62		0		0
До середини пучків	,68	,68	0,68		0		0
До внутрішнього пучка	0,74	0,73	0,73	0,01	1,3		0
До кінця п'ятого пальця	0,81	0,81	0,80	0,01	1,25	0,01	1,25
До центра першого пальця	0,91	0,92	0,90	0,01	1,1	0,02	2,2
Ширина стопи:							
по центру головки першої плесневої кістки	0,99	0,97	0,95	0,04	4,2	0,02	2,1
в найширшому місці п'ятки	0,75	0,76	0,72	0,03	4	0,04	5,6
Обхват:							
по середині стопи	2,67	2,64	2,58	0,09	3,5	0,06	1,6
по зовнішньому пучку	2,56	2,56	2,46	0,10	4,0	0,1	4,0
через п'ятку і згин стопи	3,51	3,54	3,45	0,06	1,7	0,09	2,6

Примітка: $K_{пр}$ – коефіцієнт пропорційності

Порівняльний аналіз розташування характерних анатомічних точок юнаків та дівчат, отриманих Зибінім Ю.П. [1], з нашими даними, дозволив виявити, що за час з 1930-х років до нашого часу, змінилося розташування деяких анатомічних точок стопи, зокрема:

- серед довжинних параметрів найбільше відхилення зафіксовано в розташуванні найширшого місця п'ятки. У юнаків і дівчат фактичне розташування найширшого місця п'ятки 0,16 $D_{ст}$, тобто відхилення від даних Зибіна Ю.П. за абсолютною величиною складає приблизно 5,24 мм (або 11 %) у юнаків та 4,7 мм (11 %) у дівчат; у юнаків значне відхилення зафіксоване у довжині до центру зовнішньої щиколотки (7,68 мм, або 15%);
- значними виявилися відхилення у широтних параметрах: ширина по центру головки першої плесневої кістки у юнаків відрізняється приблизно на 4 мм (4,2 %), а у дівчат – на 1,78 мм (2,1 %);
- ширина стопи у найширшому місці п'ятки у юнаків 0,75 Шп, а у дівчат 0,76Шп; тобто, відхилення від даних Зибіна Ю.П. становлять відповідно 3 мм (4 %) і 3,56 мм (5,6 %);

- відхилення в обхватних параметрах є наступними (відповідно у юнаків і дівчат): по середині стопи – 9 мм (3,5 %) та 5,34 мм (1,6 %); по зовнішньому пучку – 10 мм (4 %) і 8,9 мм (4 %); через п'ятку і згин стопи – 6 мм (1,7 %) і 5,34 мм (2,6 %).

Таким чином, величини відхилень достатньо суттєві і їх необхідно враховувати при проектуванні колодок та взуття для старшокласників.

Висновки

1. В різних навчальних закладах м. Львова за завданням Міністерства науки і освіти, молоді та спорту України були проведені антропометричні дослідження близько 300 стоп юнаків та дівчат за контактним методом та типовою програмою. Отримані дані оброблялися статистично-математичним методом з використанням ПК.

3. На основі отриманих даних встановлені нові закономірності між різними розмірними ознаками стоп, а саме:

- перевірка гіпотези про нормальний розподіл розмірних ознак стоп юнаків і дівчат дозволяє стверджувати, що розподілення частот довжинних, висотних і поперечних розмірів їхніх стоп (широтних і обхватних) з максимальною ймовірністю виражається законом нормального розподілу;

- перевірка другої закономірності виявила, що середні обхватні і широтні розміри стоп дітей-старшокласників пов'язані з їх довжиною ортогональною регресійною залежністю: $y = tg\alpha \cdot x + b$;

- перевірка третьої та четвертої закономірностей показала, що у юнаків і дівчат всі однойменні розміри стоп (довжина – з довжиною стопи, поперечні – з шириною у пучках), мають тісну пропорційну залежність.

Все вище перераховане, необхідно врахувати при проектуванні колодок та взуття для юнаків та дівчат віком 15–16 років Західного регіону України.

ЛІТЕРАТУРА

1. Зыбин Ю. П. Конструирование изделий из кожи [Текст] / Ю. П. Зыбин. – М.: Легкая и пищевая промышленность. –1982. – 264 с.
2. Коновал В. П. Теоретические и практические основы создания и фиксации формы обуви [Текст] / В.П. Коновал. – К.: – 1994. –316 с.
3. Омельченко Н. М. Розробка раціонального взуття для молоді Західного регіону України. Повід. 1. Морфологічні особливості стоп підлітків Західного регіону України / Н.М. Омельченко, М.С. Беднарчук, В.П. Кернеш, В.П. Коновал. – Вісник Київського національного університету технологій і дизайну. – 2011. – № 1 (57). – с. 106 – 111.
4. Львовский Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул. [Текст] / Е. Н. Львовский – М.: Высшая школа.– 1988.– 239 с.
5. Кочатков Т.С. Антропологические и биомеханические основы конструирования изделий из кожи. [Текст] / Т.С. Кочатков, В. М. Ключникова. – М. : Легпромбытиздат. – 1991. – 192 с.
6. Вашків П.Г. Статистика підприємства [Текст] / П.Г. Вашків та ін. – К.: Слобожанщина. – 1999. – 600 с.