

SZKOŁA PODSTAWOWA HELIANTUS  
 02-892 WARSZAWA  
 ul. BAŻANCIA 16

**Odchylenie Standardowe**  $\sigma$  jest pierwiastkiem kwadratowym z wariancji

*Dane statystyczna*  $(a_1, a_2, a_3, \dots, a_n)$

*Srednia arytmetyczna*  $s = \frac{a_1^2 + a_2^2 + \dots + a_n^2}{n}$

*Wariancja*  $\sigma^2 = \frac{(a_1-s)^2 + (a_2-s)^2 + \dots + (a_n-s)^2}{n}$

*Odchylenie standardowe*  $\sigma = \sqrt{\frac{(a_1-s)^2 + (a_2-s)^2 + \dots + (a_n-s)^2}{n}}$

## Statystyka <sup>1</sup>

Tadeusz STYŠ

WARSZAWA 2020

---

<sup>1</sup>Rozdział 16. Matematyka dla Szkoły Podstawowej i Liceum Ogólnokształcącego.



# Contents

<b>1</b>	<b>Statystyka opisowa i prawdopodobieństwo</b>	<b>5</b>
1.1	Przykłady danych statystycznych i diagramów . . . . .	5
1.2	Wartość średnia i mediana . . . . .	6
1.2.1	Korelacja danych statystycznych . . . . .	7
1.3	Wariancja i odchylenie standardowe . . . . .	8



# Chapter 1

## Statystyka opisowa i prawdopodobieństwo

Pierwszym i ważnym etapem opracowań statystycznych jest zbieranie i prezentacja danych. Najważniejsze dane statystyczne podawane są w każdym roku przez Główny Urząd Statystyczny (GUS) z siedzibą w Warszawie. Dotyczą one informacji o ludności w Polsce, dane o wzroście w przemyśle i rolnictwie, w ekonomii i finansach. Te dane stanowią ważną informację dla planowania i administracji państwa. Oprócz tego dane statystyczne zbierane są w ankietach z pytaniami o szczególnym znaczeniu. Na przykład w sondażach i prognozach w wyborach do sejmu i w ważnych decyzjach administracji w których głos społeczeństwa ma istotne znaczenie. Zebrane dane statystyczne przedstawiamy w tabelach i ilustrujemy na diagramach. Stosowane są różne formy diagramów. Najbardziej powszechne diagramy są w formie słupków lub koła z zaznaczeniem kolorów lub danych liczbowych lub w procentach. Zatem diagramy są prostym i ważnym sposobem prezentacji danych statystycznych.

### 1.1 Przykłady danych statystycznych i diagramów

Dane statystyczne zapisujemy w tablicach z opisem ich znaczenia i wartości liczbowych.

**Przykład 1.1** *W zespole szkół było Przedszkole, Szkoła Podstawowa, Gimnazjum i Liceum. W poniższej tabeli zebrano informacje dotyczące liczby uczniów*

Rodzaj Szkoły	Liczba dziewcząt	Liczba chłopców	RAZEM
Przedszkole (PSz)	150	250	400
Szkoła Podstawowa (SzP)	220	210	430
Gimnazjum (Gim)	160	140	300
Liceum (Lic)	110	90	190

W niżej podanych diagramach w formie słupków i koła podane są wykresy dziewcząt, chłopców i razem uczniów w Przedszku (Psz), w Szkole Podstawowej (szP), w Gimnazjum (Gim) i w Liceum (Lic).

Legenda: Dziewczęta słupek pierwszy, chłopcy słupek drugi i liczba uczniów razem słupek trzeci. Wykresy są powtórzone dla każdej z czterech szkół. Legenda: Dziewczęta koło pierwsze, chłopcy koło drugie i liczba uczniów razem koło trzecie. Wykresy są powtórzone dla każdej z czterech szkół.

## 1.2 Wartość średnia i mediana

Ważnymi parametrami danych statystycznych są wartość średnia i mediana. **Wartość Średnia Arytmetyczna.** Wartością średnią arytmetyczną danych  $n$  liczb  $a_1, a_2, \dots, a_n$  nazywamy liczbę

$$\text{Średnia Arytmetyczna} = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n}$$

**Wartość Średnia Arytmetyczna Ważona.** Bardziej ogólnym pojęciem średniej jest pojęcie średniej arytmetycznej ważonej. Mianowicie, niech wagami będą liczby dodatnie  $\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n$  takie, że suma

$$\rho_1 + \rho_2 + \dots + \rho_n = 1, \quad \rho_i > 0, \quad i = 1, 2, \dots, n.$$

Wtedy średnią ważoną nazywamy następującą sumę iloczynów

$$\text{Średnia Arytmetyczna Wazona} = \rho_1 a_1 + \rho_2 a_2 + \dots + \rho_n a_n$$

Istotnie, w przypadku szczególnym, gdy wagi są równe

$$\rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_n = \frac{1}{n}$$

wtedy średnia arytmetyczna ważona jest prosto średnią arytmetyczną.

**Mediana.** Dla danych statystycznych znajdujemy ich mediane to znaczy wartość, która leży w środku danych. Mianowicie, w pierwszej kolejności sortujemy dane porządkując je od najmniejszej do największej lub od największej do najmniejszej. Wtedy liczba, która leży w równej odległości od początku i od końca uporządkowanych danych nazywa się medianą. Może zdarzyć się że nie ma takiej jednej liczby, natomiast są dwie liczby obok siebie, które leżą w tej samej odległości pierwsza od początku a druga od końca. Wtedy medianą jest ich średnia arytmetyczna.

Niżej, wyjaśniamy to na przykładach.

**Przykład 1.2** *Rozpatrzmy następujące dane:*

$$(i) \quad 2, 1, 6, 8, 3, 2, 10, 12, 11$$

$$(ii) \quad 9, 4, 2, 7, 5, 1, 3, 10, 15, 17, 16$$

**Rozwiązanie (i).** Dane 2, 1, 5, 8, 3, 2, 10, 12, 11 porządkujemy w kierunku rosnącym od najmniejszej do największej

o]wnym

$$1, 2, 2, 3, 6, 8, 10, 11, 12$$

Zauważamy, że liczba 6 jest odległa od początku o cztery pozycje i od końca również o cztery pozycje. Zatem liczba 6 jest medianą danych (i).

**Rozwiązanie (ii).** Dane 0, -1, 9, 4, 2, 7, 5, 1, 3, 10, 15, 17, 16 porządkujemy w kierunku rosnącym od najmniejszej do największej

$$-1, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 15, 16, 17$$

Zauważamy, że liczba 4 jest odległa od początku o pięć pozycji, a liczba 5 jest odległa od końca również o pięć pozycji. Zatem mamy dwie liczby w środku danych 4 i 5. Wtedy medianą jest ich średnia arytmetyczna, to znaczy  $\frac{4+5}{2} = 4.5$ . Odpowiedź: medianą danych

(ii) jest liczba 4.5

### 1.2.1 Korelacja danych statystycznych

Rozpatrzmy dwa ciągi danych

$$a = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}, \quad b = \{b_1, b_2, \dots, b_n\},$$

o tej samej liczbie elementów  $n$ .

**Definition 1.1** *Correlację danych statystycznych*

$$a = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}, \quad b = \{b_1, b_2, \dots, b_n\},$$

nazywamy następujący iloraz:

$$Cor(a, b) = \frac{a_1 b_1 + a_2 b_2 + \dots + a_n b_n}{\sqrt{a_1^2 + a_2^2 + \dots + a_n^2} \sqrt{b_1^2 + b_2^2 + \dots + b_n^2}},$$

Dane statystyczne zapisujemy również w ich unormowanej formie. Mianowicie, niech

$$\begin{aligned} \hat{a} &= \{\hat{a}_1, \hat{a}_2, \dots, \hat{a}_n\} = \frac{\{a_1, a_2, \dots, a_n\}}{\sqrt{a_1^2 + a_2^2 + \dots + a_n^2}}, \\ \hat{b} &= \{\hat{b}_1, \hat{b}_2, \dots, \hat{b}_n\} = \frac{\{b_1, b_2, \dots, b_n\}}{\sqrt{b_1^2 + b_2^2 + \dots + b_n^2}}, \end{aligned} \quad (1.1)$$

gdzie

$$\begin{aligned} \hat{a}_1 &= \frac{a_1}{\sqrt{a_1^2 + a_2^2 + \dots + a_n^2}}, & \hat{b}_1 &= \frac{b_1}{\sqrt{b_1^2 + b_2^2 + \dots + b_n^2}}, \\ \hat{a}_2 &= \frac{a_2}{\sqrt{a_1^2 + a_2^2 + \dots + a_n^2}}, & \hat{b}_2 &= \frac{b_2}{\sqrt{b_1^2 + b_2^2 + \dots + b_n^2}}, \\ &\dots\dots\dots & &\dots\dots\dots \\ \hat{a}_n &= \frac{a_n}{\sqrt{a_1^2 + a_2^2 + \dots + a_n^2}}, & \hat{b}_n &= \frac{b_n}{\sqrt{b_1^2 + b_2^2 + \dots + b_n^2}} \end{aligned}$$

Zauważamy, że dane statystyczne (1.1) w unormowanej formie spełniają następujące warunki:

$$\hat{a}_1^2 + \hat{a}_2^2 + \dots + \hat{a}_n^2 = 1, \quad \hat{b}_1^2 + \hat{b}_2^2 + \dots + \hat{b}_n^2 = 1$$

Wtedy korelacja pomiędzy danymi  $a$  i  $b$  oraz korelacja pomiędzy danymi unormowanymi  $\hat{a}$  i  $\hat{b}$  jest ta sama i określana jak następuje:

**Definition 1.2** *Correlację danych statystycznych*

$$a = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}, \quad b = \{b_1, b_2, \dots, b_n\},$$

lub

$$\hat{a} = \{\hat{a}_1, \hat{a}_2, \dots, \hat{a}_n\}, \quad \hat{b} = \{\hat{b}_1, \hat{b}_2, \dots, \hat{b}_n\}$$

nazywamy sumę następujących iloczynów:

$$Cor(a, b) = Cor(\hat{a} \hat{b}) = \hat{a}_1 \hat{b}_1 + \hat{a}_2 \hat{b}_2 + \dots + \hat{a}_n \hat{b}_n,$$

**Przykład 1.3** *Oblicz korelację pomiędzy danymi*

$$a = \{2, 1, 5, 8\}, \quad b = \{4, 3, 9, 3\}$$

**Rozwiązanie.** Podstawiając do wzoru dane

$$a_1 = 2, \quad a_2 = 1, \quad a_3 = 5, \quad a_4 = 8,$$

$$b_1 = 4, \quad b_2 = 3, \quad b_3 = 9, \quad b_4 = 3$$

obliczamy współczynnik korelacji

$$\begin{aligned} \text{Cor}(a, b) &= \frac{a_1 b_1 + a_2 b_2 + \dots + a_n b_n}{\sqrt{a_1^2 + a_2^2 + \dots + a_n^2} \sqrt{b_1^2 + b_2^2 + \dots + b_n^2}}, \\ &= \frac{2 * 4 + 1 * 3 + 5 * 9 + 8 * 3}{\sqrt{2^2 + 1^2 + 5^2 + 8^2} \sqrt{4^2 + 3^2 + 9^2 + 3^2}} = 0.769444, \end{aligned}$$

### 1.3 Wariancja i odchylenie standardowe

Wariancja  $\sigma^2$  danych statystycznych

$$a = \{a_1, a_2, \dots, a_n\},$$

związana jest z ich średnią arytmetyczną

$$s = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n}$$

następującym wzorem:

$$\sigma^2 = \frac{(a_1 - s)^2 + (a_2 - s)^2 + \dots + (a_n - s)^2}{n}$$

Czytamy sigma.

**Odchylenie Standardowe**  $\sigma$  jest pierwiastkiem kwadratowym z wariancji

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2}$$

**Przykład 1.4** Oblicz wariancje i odchylenie standardowe następujących danych:

$$(i) \quad a = \{3, -1, 8, 4\}, \quad (ii) \quad b = \{12, 4, 8, 6\}.$$

**Rozwiązanie (i).** Rozwiązanie jest prostym i bezpośrednim podstawieniem danych do wzorów. Najpierw obliczamy wartość średnią

$$s = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n} = \frac{3 - 1 + 8 + 4}{4} = 3.5$$

następnie obliczamy wariancję

$$\begin{aligned} \sigma^2 &= \frac{(a_1 - s)^2 + (a_2 - s)^2 + \dots + (a_n - s)^2}{n} \\ &= \frac{(3 - 3.5)^2 + (-1 - 3.5)^2 + (8 - 3.5)^2 + (4 - 3.5)^2}{4} = 10.31 \end{aligned}$$

oraz odchylenie standardowe

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{10.31} = 3.21131$$

**Rozwiązanie (ii).** Podobnie rozwiązanie przykładu (ii) jest prostym i bezpośrednim podstawieniem danych do wzorów. Najpierw obliczamy wartość średnią

$$s = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n} = \frac{12 + 4 + 8 + 6}{4} = \frac{30}{4} = 7.5$$



następnie obliczamy wariancję

$$\begin{aligned}\sigma^2 &= \frac{(a_1 - s)^2 + (a_2 - s)^2 + \cdots + (a_n - s)^2}{n} \\ &= \frac{(12 - 7.5)^2 + (4 - 7.5)^2 + (8 - 7.5)^2 + (6 - 7.5)^2}{4} = 8.75\end{aligned}$$

oraz chylenie standardowe

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{10.31} = 2.95804$$