Metodi Matematici e Informatici per la Biologia
a.a. 2024-2025
(Agliari - Presilla - Simonella - Vittorio)
26 Gennaio 2026
Verifica di Gennaio 2026

Nome: **Cognome:** **Matricola:**

Esercizio 1 (2+3+2+2= 9 punti)

I dati seguenti rappresentano i valori di trigliceridi nel sangue (espressi in mg/dl) di un campione di 21 adulti:

174, 196, 210, 187, 194, 200, 192, 200, 200, 199, 211, 193, 181, 182, 201, 199, 193, 201, 200, 182, 222

1.1 Calcolare minimo, massimo, range, media e deviazione standard campionarie, scrivendone le definizioni.

Ordiniamo, innanzitutto, il campione di $n = 21$ dati in modo crescente:

$x_1 = 174$, $x_2 = 181$, $x_3 = 182$, $x_4 = 182$, $x_5 = 187$, $x_6 = 192$, $x_7 = 193$, $x_8 = 193$, $x_9 = 194$, $x_{10} = 196$, $x_{11} = 199$, $x_{12} = 199$, $x_{13} = 200$, $x_{14} = 200$, $x_{15} = 200$, $x_{16} = 200$, $x_{17} = 201$, $x_{18} = 201$, $x_{19} = 210$, $x_{20} = 211$, $x_{21} = 222$

Segue che

$x_{\min} = x_1 = 174$ mg/dl, $\quad x_{\max} = x_{21} = 222$ mg/dl, $\quad \text{range} = x_{\max} - x_{\min} = 48$ mg/dl.

Inoltre

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i = 196.05 \text{ mg/dl}, \qquad \sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2} = 11.07 \text{ mg/dl}.$$

1.2 Calcolare i quartili del campione, la distanza interquartile e mettere in evidenza eventuali dati outlier.

Poiché $21 \cdot 1/4 = 5.25$, $21 \cdot 2/4 = 10.5$ e $21 \cdot 3/4 = 15.75$ non sono numeri interi, i quartili Q_1, Q_2 e Q_3 sono dati da

$$Q_1 = x_{\lceil 5.25 \rceil} = x_6 = 192 \text{ mg/dl},$$
$$Q_2 = x_{\lceil 10.5 \rceil} = x_{11} = 199 \text{ mg/dl},$$
$$Q_3 = x_{\lceil 15.75 \rceil} = x_{16} = 200 \text{ mg/dl}$$

La distanza interquartile è $\Delta Q = Q_3 - Q_1 = 8$ mg/dl.

Normalmente si considerano outliers i dati esterni all'intervallo

$$[Q_1 - 1.5\Delta Q, Q_3 + 1.5\Delta Q] = [192 - 12, 200 + 12] = [180, 212]$$

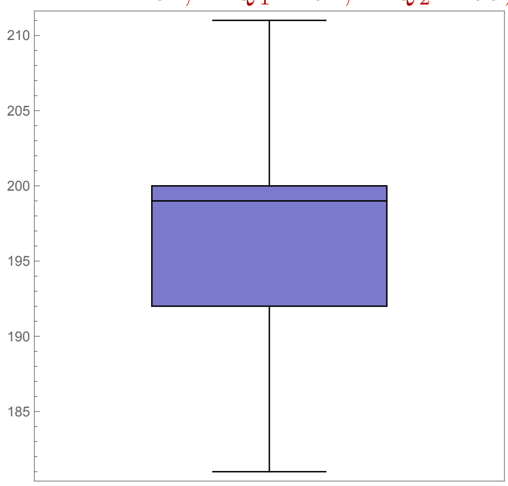
pertanto nel campione abbiamo due dati outlier: $x_1 = 174$ mg/dl, $x_{23} = 222$ mg/dl.

1.3 Calcolare, illustrando il procedimento, il 10-imo percentile del campione di dati.

Poiché $21 \cdot 0.1 = 2.1$ non è un numero intero, il valore del 10-imo percentile è dato da $x_{\lceil 2.1 \rceil} = x_3 = 182$ mg/dl.

1.4 Una volta esclusi gli outliers identificati al punto 1.2, rappresentare il boxplot indicando i valori di riferimento.

Minimo=181, Q_1=192, Q_2=199, Q_3=200, massimo=211 (espressi in mg/dl).



Esercizio 2 (2+3=5 punti)

L'altezza della popolazione francese si distribuisce seconda una normale con media $\mu = 166$ cm e deviazione standard $\sigma = 10$ cm.

2.1 Calcolare la probabilità che l'altezza di un cittadino francese scelto casualmente superi o sia uguale a 160 cm.

$$\mathbb{P}(X \geq 160) = \mathbb{P}\left(\frac{X-\mu}{\sigma} \geq \frac{160-166}{10}\right) = \mathbb{P}(Z \geq -0.6)\,.$$

Per simmetria

$$\mathbb{P}(Z \geq -0.6) = \mathbb{P}(Z \leq 0.6) = 0.7258.$$

2.2 Spiegare se è vero che più del 50% della popolazione francese ha altezze comprese tra 155 e 175 cm.

$$\begin{aligned}
\mathbb{P}(155 \leq X \leq 175) &= \mathbb{P}\left(\frac{155-166}{10} \leq \frac{X-\mu}{\sigma} \leq \frac{175-166}{10}\right) \\
&= \mathbb{P}(-1.1 \leq Z \leq 0.9) \\
&= \mathbb{P}(Z \geq -1.1) - \mathbb{P}(Z \geq 0.9) \\
&= \mathbb{P}(Z \leq 1.1) - (1 - \mathbb{P}(Z < 0.9)) \\
&= 0.8643 - (1 - 0.8159) \\
&= 0.6802.
\end{aligned}$$

L'affermazione è dunque vera.

Esercizio 3 (2+2+2+2=8 punti)

La seguente tabella riporta le temperature medie giornaliere (in gradi Celsius) e le corrispondenti precipitazioni piovose (in mm) registrate due anni fa in un borgo del centro Italia:

x (°C)	20	18	22	13	15	27	8	10
y (mm)	25	42	22	55	45	11	76	59

3.1 Calcolare il coefficiente di correlazione r.

Abbiamo $n = 8$ coppie di dati di medie campionarie $\bar{x} = \frac{1}{n}\sum x_i$, $\bar{y} = \frac{1}{n}\sum y_i$ e

$$S_{xx} = \sum (x_i - \bar{x})^2, \; S_{yy} = \sum (y_i - \bar{y})^2, \; S_{xy} = \sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$$

ovvero

$$\bar{x} = 16.63\,°\mathrm{C}, \quad \bar{y} = 41.88\,\mathrm{mm},$$

$$S_{xx} = 283.88\,(°\mathrm{C})^2, \quad S_{yy} = 3272.88\,\mathrm{mm}^2, \quad S_{xy} = -944.38\,°\mathrm{C}\cdot\mathrm{mm}.$$

Ne segue che

$$r = \frac{S_{xy}}{\sqrt{S_{xx}S_{yy}}} = -0.980.$$

3.2 Trovare a, b della retta di regressione lineare $y = ax + b$, utilizzando il metodo dei minimi quadrati.

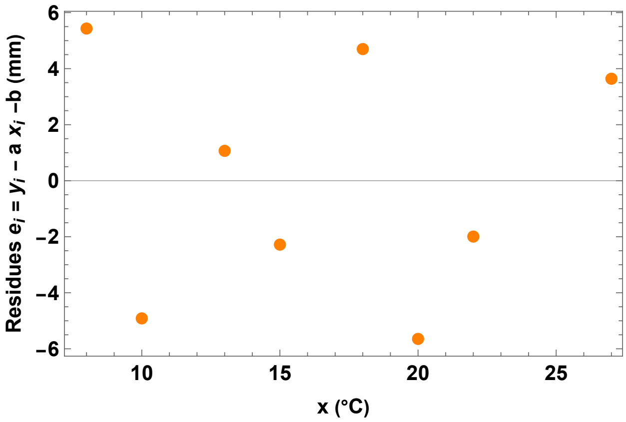
$$a = \frac{S_{xy}}{S_{xx}} = -3.33\ \mathrm{mm}/°\mathrm{C}, \qquad b = \bar{y} - a\,\bar{x} = 97.2\ \mathrm{mm}.$$

3.3 Usando la retta di regressione stimata al punto 3.2, qual è il quantitativo di precipitazioni piovose che ci si aspetta ad una temperatura di 5°C?

$$y = ax + b = (-3.33\,\mathrm{mm}/°\mathrm{C}) \cdot (5\,°\mathrm{C}) + 97.2 \text{ mm} = 80.55 \text{ mm}.$$

3.4 La regressione lineare è un buon modello per studiare i dati di temperature e precipitazioni piovose in tabella? Giustificare la risposta attraverso l'analisi dei residui.

Nell'analisi dei residui non si distingue alcun pattern (come chiaro dalla figura). Si nota inoltre che il coefficiente di determinazione R^2 è uguale a 0.96 e indica che circa il 96% della variabilità totale di y è spiegato dalla regressione lineare su x. La regressione lineare è, dunque, un buon modello per studiare i dati di temperature e precipitazioni piovose in tabella.



Esercizio 4 (3+3=6 punti)

I seguenti $n = 48$ valori costituiscono un campione di una variabile aleatoria:

$$61.86,\ 56.07,\ 44.48,\ 53.03,\ 57.96,\ 47.15,\ 46.53,\ 54.55,\ 42.07,\ 52.60,$$
$$42.38,\ 69.99,\ 42.16,\ 56.34,\ 63.49,\ 52.00,\ 54.62,\ 50.33,\ 34.26,\ 44.53,$$
$$65.03,\ 59.47,\ 52.74,\ 52.81,\ 37.58,\ 46.48,\ 45.37,\ 46.11,\ 63.43,\ 38.32,$$
$$54.39,\ 39.34,\ 42.17,\ 45.73,\ 41.69,\ 49.13,\ 57.18,\ 61.31,\ 43.71,\ 70.26,$$
$$44.31,\ 44.00,\ 52.91,\ 59.32,\ 60.87,\ 47.03,\ 41.30,\ 47.73.$$

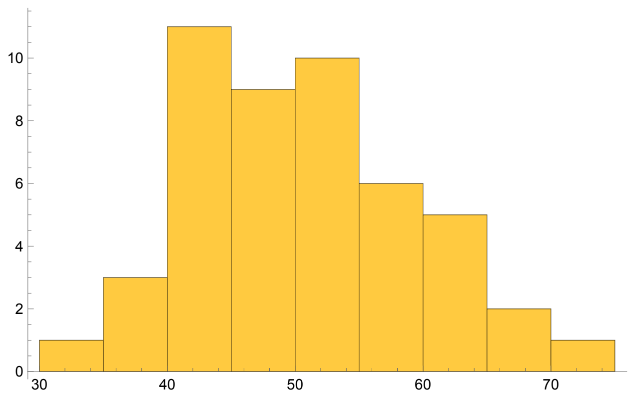
4.1 Calcolare le frequenze assolute dei dati del campione usando classi di ampiezza 5 e produrre il relativo istogramma.

Dato che il minimo è 34.26 e il massimo 70.26, usando ad esempio le classi

$$(30, 35],\ (35, 40],\ (40, 45],\ (45, 50],\ (50, 55],\ (55, 60],\ (60, 65],\ (65, 70],\ (70, 75]$$

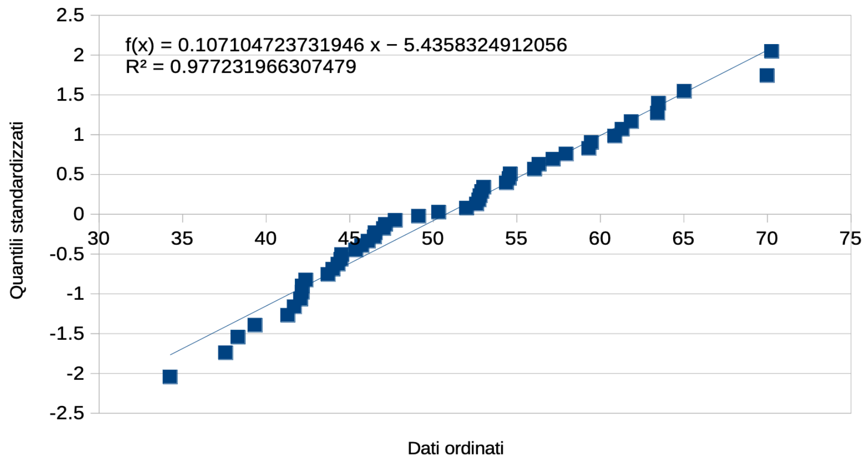
le frequenze osservate sono

Classe	$(30, 35]$	$(35, 40]$	$(40, 45]$	$(45, 50]$	$(50, 55]$	$(55, 60]$	$(60, 65]$	$(65, 70]$	$(70, 75]$
Frequenza	1	3	11	9	10	6	5	2	1



4.2 Il campione proviene da una distribuzione normale o da una distribuzione uniforme? Giustificare la risposta fornendo almeno un argomento.

I dati provengono da una distribuzione normale. Costruendo, ad esempio, il normal plot dei dati, si nota che i punti aderiscono bene ad una linea retta.



Esercizio 5 (1+3+2=6 punti)

Uno studio congegnato per analizzare la relazione tra ipertensione e fumo ha fornito i seguenti risultati:

	Non fumatori	Fumatori moderati	Grandi fumatori
Soggetti a ipertensione	20	38	28
Non soggetti a ipertensione	30	27	18

5.1 Specificare il tipo di test con cui si intende effettuare la verifica dell'ipotesi nulla H_0 che l'essere affetto o meno da ipertensione sia indipendente da quanto una persona fuma.

Si utilizza un test di indipendenza, costruendo una variabile χ^2 con $(3-1) \times (2-1) = 2$ gradi di libertà.

5.2 Al livello di significatività del 5%, l'ipotesi nulla H_0 va accettata o rifiutata?

Le frequanze osservate sono $F_1 = 20$, $F_2 = 38$, $F_3 = 28$, $F_4 = 30$, $F_5 = 27$, $F_6 = 18$ mentre quelle attese in base all'ipotesi H_0 risultano $E_1 = 26.71$, $E_2 = 34.72$, $E_3 = 24.57$, $E_4 = 23.29$, $E_5 = 30.28$, $E_6 = 21.43$. La stima del valore di χ^2 corrispondente al test (statistica del test) è quindi

$$\chi^2_{\text{test}} = \sum_{i=1}^{6} \frac{(E_i - F_i)^2}{E_i} = 5.31.$$

Per 2 gradi di libertà risulta $\chi^2_{0.05,2} = 5.991$. Dal momento che $\chi^2_{\text{test}} < \chi^2_{0.05,2}$, l'ipotesi H_0 va accettata.

5.3 Si dica se il risultato cambia fissando il livello di significatività al 10%.

Il valore di χ^2_{test} va adesso confrontato con $\chi^2_{0.10,2} = 4.605$. Siccome $\chi^2_{\text{test}} > \chi^2_{0.05,2}$, la conclusione cambia e l'ipotesi H_0 va rifiutata.

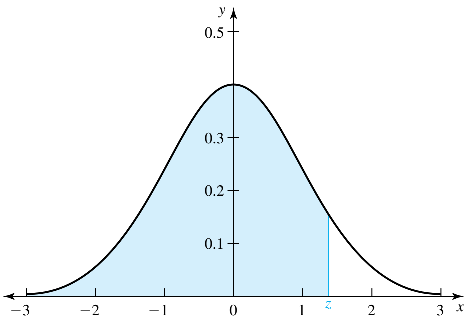
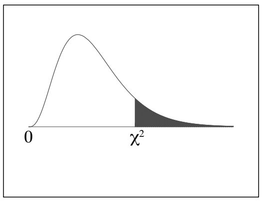


Figure B.1 Areas under the standard normal curve from $-\infty$ to z.

z	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*
0.0	.5000	.5040	.5080	.5120	.5160	.5199	.5239	.5279	.5319	.5359
0.1	.5398	.5438	.5478	.5517	.5557	.5596	.5636	.5675	.5714	.5754
0.2	.5793	.5832	.5871	.5910	.5948	.5987	.6026	.6064	.6103	.6141
0.3	.6179	.6217	.6255	.6293	.6331	.6368	.6406	.6443	.6480	.6517
0.4	.6554	.6591	.6628	.6664	.6700	.6736	.6772	.6808	.6844	.6879
0.5	.6915	.6950	.6985	.7019	.7054	.7088	.7123	.7157	.7190	.7224
0.6	.7258	.7291	.7324	.7357	.7389	.7422	.7454	.7486	.7518	.7549
0.7	.7580	.7612	.7642	.7673	.7704	.7734	.7764	.7794	.7823	.7852
0.8	.7881	.7910	.7939	.7967	.7996	.8023	.8051	.8078	.8106	.8133
0.9	.8159	.8186	.8212	.8238	.8264	.8289	.8315	.8340	.8365	.8389
1.0	.8413	.8438	.8461	.8485	.8508	.8531	.8554	.8577	.8599	.8621
1.1	.8643	.8665	.8686	.8708	.8729	.8749	.8770	.8790	.8810	.8830
1.2	.8849	.8869	.8888	.8907	.8925	.8944	.8962	.8980	.8997	.9015
1.3	.9032	.9049	.9066	.9082	.9099	.9115	.9131	.9147	.9162	.9177
1.4	.9192	.9207	.9222	.9236	.9251	.9265	.9279	.9292	.9306	.9319
1.5	.9332	.9345	.9357	.9370	.9382	.9394	.9406	.9418	.9429	.9441
1.6	.9452	.9463	.9474	.9484	.9495	.9505	.9515	.9525	.9535	.9545
1.7	.9554	.9564	.9573	.9582	.9591	.9599	.9608	.9616	.9625	.9633
1.8	.9641	.9649	.9656	.9664	.9671	.9678	.9686	.9693	.9699	.9706
1.9	.9713	.9719	.9726	.9732	.9738	.9744	.9750	.9756	.9761	.9767
2.0	.9772	.9778	.9783	.9788	.9793	.9798	.9803	.9808	.9812	.9817
2.1	.9821	.9826	.9830	.9834	.9838	.9842	.9846	.9850	.9854	.9857
2.2	.9861	.9864	.9868	.9871	.9875	.9878	.9881	.9884	.9887	.9890
2.3	.9893	.9896	.9898	.9901	.9904	.9906	.9909	.9911	.9913	.9916
2.4	.9918	.9920	.9922	.9925	.9927	.9929	.9931	.9932	.9934	.9936
2.5	.9938	.9940	.9941	.9943	.9945	.9946	.9948	.9949	.9951	.9952
2.6	.9953	.9955	.9956	.9957	.9959	.9960	.9961	.9962	.9963	.9964
2.7	.9965	.9966	.9967	.9968	.9969	.9970	.9971	.9972	.9973	.9974
2.8	.9974	.9975	.9976	.9977	.9977	.9978	.9979	.9979	.9980	.9981
2.9	.9981	.9982	.9982	.9983	.9984	.9984	.9985	.9985	.9986	.9986

Chi-Square Distribution Table



The shaded area is equal to α for $\chi^2 = \chi^2_\alpha$.

df	$\chi^2_{.995}$	$\chi^2_{.990}$	$\chi^2_{.975}$	$\chi^2_{.950}$	$\chi^2_{.900}$	$\chi^2_{.100}$	$\chi^2_{.050}$	$\chi^2_{.025}$	$\chi^2_{.010}$	$\chi^2_{.005}$
1	0.000	0.000	0.001	0.004	0.016	2.706	3.841	5.024	6.635	7.879
2	0.010	0.020	0.051	0.103	0.211	4.605	5.991	7.378	9.210	10.597
3	0.072	0.115	0.216	0.352	0.584	6.251	7.815	9.348	11.345	12.838
4	0.207	0.297	0.484	0.711	1.064	7.779	9.488	11.143	13.277	14.860
5	0.412	0.554	0.831	1.145	1.610	9.236	11.070	12.833	15.086	16.750
6	0.676	0.872	1.237	1.635	2.204	10.645	12.592	14.449	16.812	18.548
7	0.989	1.239	1.690	2.167	2.833	12.017	14.067	16.013	18.475	20.278
8	1.344	1.646	2.180	2.733	3.490	13.362	15.507	17.535	20.090	21.955
9	1.735	2.088	2.700	3.325	4.168	14.684	16.919	19.023	21.666	23.589
10	2.156	2.558	3.247	3.940	4.865	15.987	18.307	20.483	23.209	25.188
11	2.603	3.053	3.816	4.575	5.578	17.275	19.675	21.920	24.725	26.757
12	3.074	3.571	4.404	5.226	6.304	18.549	21.026	23.337	26.217	28.300
13	3.565	4.107	5.009	5.892	7.042	19.812	22.362	24.736	27.688	29.819
14	4.075	4.660	5.629	6.571	7.790	21.064	23.685	26.119	29.141	31.319
15	4.601	5.229	6.262	7.261	8.547	22.307	24.996	27.488	30.578	32.801
16	5.142	5.812	6.908	7.962	9.312	23.542	26.296	28.845	32.000	34.267
17	5.697	6.408	7.564	8.672	10.085	24.769	27.587	30.191	33.409	35.718
18	6.265	7.015	8.231	9.390	10.865	25.989	28.869	31.526	34.805	37.156
19	6.844	7.633	8.907	10.117	11.651	27.204	30.144	32.852	36.191	38.582
20	7.434	8.260	9.591	10.851	12.443	28.412	31.410	34.170	37.566	39.997
21	8.034	8.897	10.283	11.591	13.240	29.615	32.671	35.479	38.932	41.401
22	8.643	9.542	10.982	12.338	14.041	30.813	33.924	36.781	40.289	42.796
23	9.260	10.196	11.689	13.091	14.848	32.007	35.172	38.076	41.638	44.181
24	9.886	10.856	12.401	13.848	15.659	33.196	36.415	39.364	42.980	45.559
25	10.520	11.524	13.120	14.611	16.473	34.382	37.652	40.646	44.314	46.928
26	11.160	12.198	13.844	15.379	17.292	35.563	38.885	41.923	45.642	48.290
27	11.808	12.879	14.573	16.151	18.114	36.741	40.113	43.195	46.963	49.645
28	12.461	13.565	15.308	16.928	18.939	37.916	41.337	44.461	48.278	50.993
29	13.121	14.256	16.047	17.708	19.768	39.087	42.557	45.722	49.588	52.336
30	13.787	14.953	16.791	18.493	20.599	40.256	43.773	46.979	50.892	53.672
40	20.707	22.164	24.433	26.509	29.051	51.805	55.758	59.342	63.691	66.766
50	27.991	29.707	32.357	34.764	37.689	63.167	67.505	71.420	76.154	79.490
60	35.534	37.485	40.482	43.188	46.459	74.397	79.082	83.298	88.379	91.952
70	43.275	45.442	48.758	51.739	55.329	85.527	90.531	95.023	100.425	104.215
80	51.172	53.540	57.153	60.391	64.278	96.578	101.879	106.629	112.329	116.321
90	59.196	61.754	65.647	69.126	73.291	107.565	113.145	118.136	124.116	128.299
100	67.328	70.065	74.222	77.929	82.358	118.498	124.342	129.561	135.807	140.169