ESERCIZIO STATISTICA APPLICATA ALLA PROGETTAZIONE STRADALE

SINTESI

Si supponga di avere eseguito 170 misure della velocità istantanea dei veicoli che transitano nelle sezioni di due strade A e B. Si supponga che tali misure siano state eseguite in corrispondenza di valori modesti del volume di traffico transitante (tali che ciascuna misura di velocità possa essere considerata come un evento indipendente dalle altre misure). Associamo a ciascuna osservazione il valore della velocità in km/h, costruendo così una variabile aleatoria continua.

Si vuole indurre dal campione rilevato la distribuzione di probabilità dell'intera popolazione (universo delle velocità dei veicoli transitanti nella sezione in condizioni di modesti volumi di traffico).

Poiché stiamo osservando una v.a. continua per operare è necessario raggruppare le osservazioni in classi. Il numero di classi deve essere adeguato per una accurata descrizione del fenomeno, ma allo stesso tempo non troppo elevato al fine avere osservazioni in ciascuna classe. Una regola euristica che spesso viene impiegata per scegliere il numero di classi da impiegare è:

nclassi=1+3.3LOG(170)= 8,360481441

$NC = 1 + 3.3 \cdot Log(n)$ = 1+3.3 Log(170)= 8.360 ≈ 8

dove

NC è il numero di classi;

n è la numerosità del campione estratto.

Dividiamo pertanto l'intervallo delle velocità misurate in 7 classi, per la strada A, e 8 classi, per la strada B, di ampiezza pari a Δ =15 km/h. Ordiniamo le misure effettuate assegnandole alle classi prescelte ed otteniamo il quadro di seguito riportato.

Classe Velocità	Strada A	Strada B
0-15	3	0
15 < v ≤ 30	20	2
30< v ≤ 45	35	10
45< v ≤ 60	55	20
60< v ≤ 75	30	28
75< v ≤ 90	25	40
90< v ≤ 105	2	30
105< v ≤ 120	0	25
120< v ≤ 135	0	15
Numero totale osservazioni	**170**	**170**

a) Disegnare l'istogramma della distribuzione delle frequenze (assolute e/o relative);
b) Tabellare e disegnare la distribuzione cumulata delle frequenze assolute o relative (simile alla funzione di distribuzione);
c) Trovare la media (speranza matematica) e la varianza del campione e valutare il coefficiente di variazione;
d) Indicare la mediana e la moda della distribuzione;
e) Valutare l'indice relativo di dissimetria;
f) Stimare la media e la varianza della popolazione a cui il campione appartiene;
g) Confrontare le frequenze relative (calcolate nel punto a)) con i valori forniti dalla legge di probabilità Normale con media e varianza pari a quelle stimate in base al campione;
h) Verificare attraverso test statistico l'ipotesi che la v.a. "velocità" sia distribuita come una variabile aleatoria Normale;
i) Ipotizzando che la popolazione, da cui abbiamo estratto il campione, segua una legge di probabilità normale valutare l'85° percentile della distribuzione delle velocità istantanee.

Svolgimento con riferimento alle misure eseguite sulla strada "B"

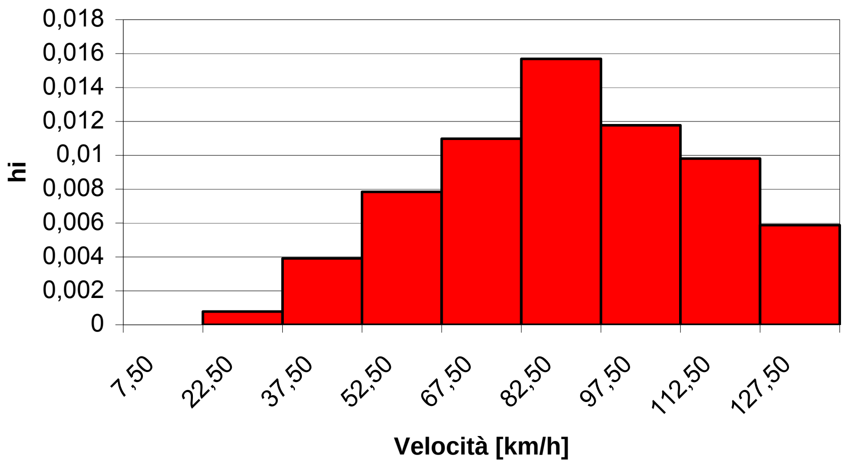
STATISTICA DESCRITTIVA

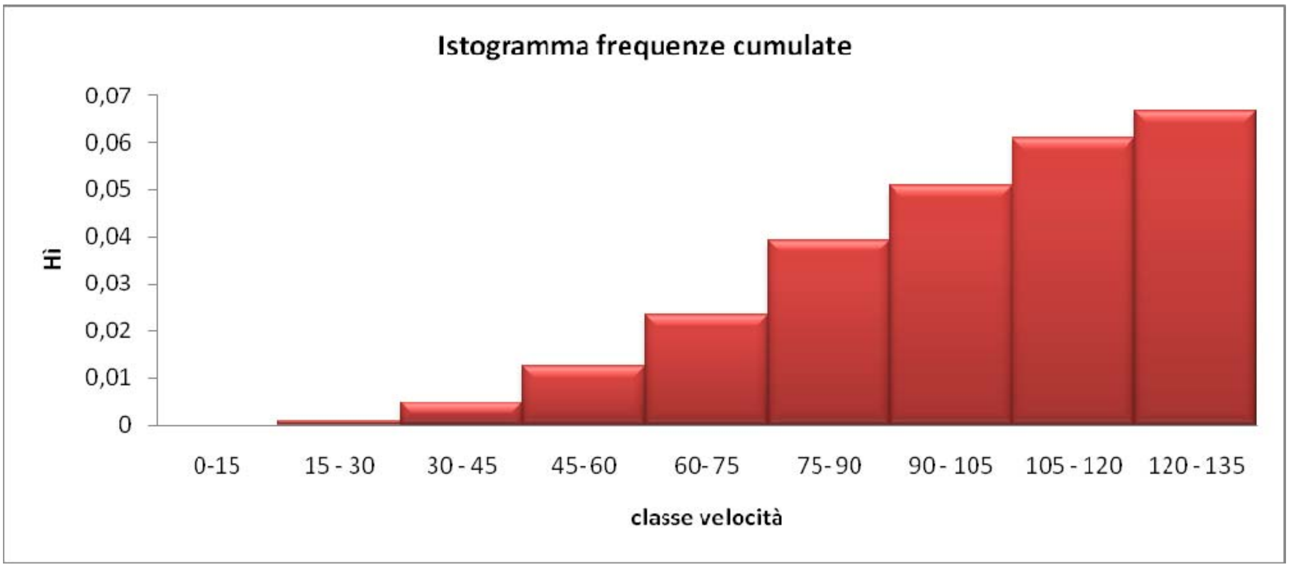
Si valutano quindi per ciascuna classe le frequenze assolute e percentuali nonché il valore hi=fi/Δ. Il valore di hi è confrontabile con il valore della teorica funzione densità di probabilità della popolazione ricordando che la probabilità che la variabile aleatoria velocità assuma valori compresi in un intervallo Δ è pari a f(x)* Δ .

Strada B							
Classe Velocità	valore	frequenza	Frequ. Relative f'_i	Frequ. Rel. [%]	$hi=f'i/\Delta_i$	Freq. relative Cumulate F'_i	$Hi = F'_i / \Delta_i$
0< v ≤ 15	7,50	0	0	0	0	0	0,000
15 < v ≤ 30	22,50	2	0,0118	1,18	0,000787	1,18	0,079
30< v ≤ 45	37,50	10	0,0588	5,88	0,00392	7,06	0,471
45< v ≤ 60	52,50	20	0,1176	11,76	0,00784	18,82	1,255
60< v ≤ 75	67,50	28	0,1647	16,47	0,01098	35,29	2,353
75< v ≤ 90	82,50	40	0,2353	23,53	0,015687	58,82	3,921
90< v ≤ 105	97,50	30	0,1765	17,65	0,011767	76,47	5,098
105< v ≤ 120	112,50	25	0,1471	14,71	0,009807	91,18	6,079
120< v ≤ 135	127,50	15	0,0882	8,82	0,00588	100	6,667
				100			

Si rappresenta la distribuzione ottenuta con un istogramma (vedi figura).

Si valutano alcuni indici descrittivi della distribuzione misurata; media, varianza e deviazione standard.





Valutiamo ora alcuni indici della distribuzione (media, scarto quadratico medio, deviazione standard, moda e mediana.

Classe Velocità	Valore x_i	Frequenza assoluta	Frequ. relativa f^*_i	$x_i * f^*_i$	$x_i^2 * f^*_i$
0< v ≤ 15	7,50	0	0	0	0
15 < v ≤ 30	22,50	2	0,0118	0,2655	5,97375
30< v ≤ 45	37,50	10	0,0588	2,205	82,6875
45< v ≤ 60	52,50	20	0,1176	6,174	324,135
60< v ≤ 75	67,50	28	0,1647	11,11725	750,41438
75< v ≤ 90	82,50	40	0,2353	19,41225	1601,5106
90< v ≤ 105	97,50	30	0,1765	17,20875	1677,8531
105< v ≤ 120	112,50	25	0,1471	16,54875	1861,7344
120< v ≤ 135	127,50	15	0,0882	11,2455	1433,8013
			Somma=	**84,177**	**7738,11**

$$\overline{X} = \sum_i f_i^* * x_i = 84.177 \qquad \text{[km/h]}$$

$$m_2(x) = \sum_i f_i^* * x_i^2 = 7738.11 \qquad \text{[(km/h)^2]}$$

$$S^2(x) = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \overline{X}\right)^2 \cdot f_i}{\sum_{i=1}^{n} f_i} = \sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \overline{X}\right)^2 \cdot f_i^* = \sum_{i=1}^{9}\left(x_i^2 \cdot f_i^*\right) - \overline{X}^2 = 652.343\,[(\text{km/h})^2]$$

$$\sqrt{S^2} = 25.541 \qquad \text{[km/h]}$$

La moda corrisponde alla classe 75-90 km/h quindi si può associare al valore medio della classe stessa pari a 82.50 ≈ media.
La classe mediana è 75-90 km/h pertanto il valore mediano è:

$$mediana = x_m + \frac{\frac{1}{2} - \sum_{i=1}^{m-1} f_i^{'}}{f_m^{'}} \cdot \Delta_m = 82.81 \text{ km/h} \approx \text{media}$$

dove x_m è l'estremo inferiore della classe mediana e Δ_m è l'ampiezza della classe mediana.

L'indice di dissimmetria è pari a:

$$Dis(X) = m_{3X} = \frac{\sum_{i=1}^{9}\left(x_i - \overline{X}\right)^3 \cdot f_i}{\sum_{i=1}^{9} f_i} = \text{- } 393349.85 \,/\, 170 = -2320.1 \text{ [[(km/h)}^3]$$

Classe Velocità	valore	frequenza	Frequ. ass	Frequ. %	Dis(x)
0< v ≤ 15	7,50	0	0	0	0,0
15 < v ≤ 30	22,50	2	0,0118	1,18	-2.768,5
30< v ≤ 45	37,50	10	0,0588	5,88	-5.979,8
45< v ≤ 60	52,50	20	0,1176	11,76	-3.738,0
60< v ≤ 75	67,50	28	0,1647	16,47	-763,9
75< v ≤ 90	82,50	40	0,2353	23,53	-1,1
90< v ≤ 105	97,50	30	0,1765	17,65	417,4
105< v ≤ 120	112,50	25	0,1471	14,71	3.342,2
120< v ≤ 135	127,50	15	0,0882	8,82	7.171,7
				TOTALE=	-2.320,1

$\sqrt[3]{Dis(x)}$ = -13.238 [km/h]

Gli indici sintetici di variabilità e di dissimetria relativi sono:

$$c = \frac{S}{\overline{X}} = 0{,}3034$$

$$d = \frac{Dis(x)}{\overline{X}^3} = \frac{-2320.1}{(25.541)^3} = -0.1392$$

L'indice di curtosi α risulta essere pari a:

$$m_{4X} = \frac{\sum_{i=1}^{9} \left(x_i - \overline{X}\right)^4 \cdot f_i}{\sum_{i=1}^{9} f_i} = 991947.5 \text{ [(km/h)^4]}$$

$$\alpha = \frac{m_{4X}}{\sigma^4} = 991947.5/(25.541)^4 = 2.331$$

L'osservazione dei dati del campione indica che essi sono distribuiti in maniera pressochè simmetrica (media ≈ mediana ≈ moda) con una lievissima dissimetria negativa (valori spostati verso sinistra) ed hanno un indice di curtosi lievemente più basso rispetto ad una v.a. di tipo normale (i.e. sono iponormali).

STATISTICA INDUTTIVA

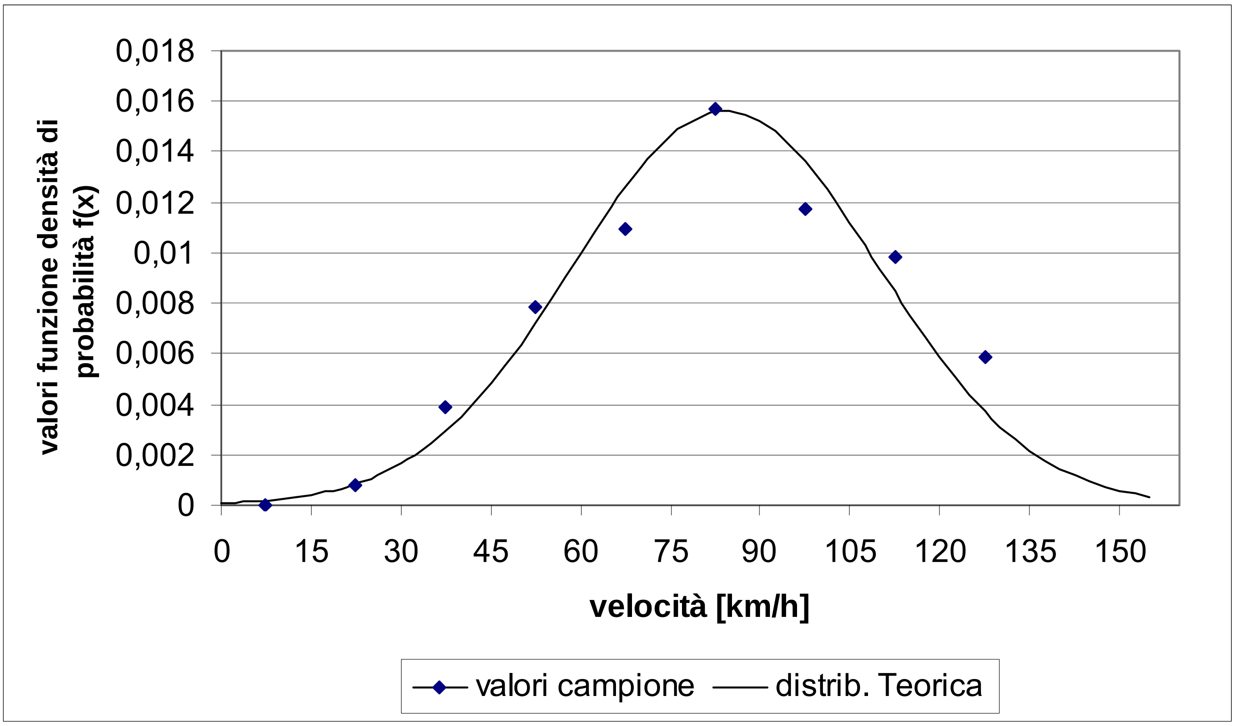
Le stime non distorte della media e della varianza della popolazione sono fornite da:

$$\mu \approx \overline{X} = 84.177 \text{ [km/h]}$$

$$\sigma^2 \approx S^2_{**} = S^2 \frac{n}{n-1} = 652.343 * \frac{170}{169} = 656{,}2 \text{ [(km/h)}^2\text{]}$$

$$\sigma = \sigma \approx \sqrt{S^2_{**}} = 25.616 \text{ [km/h]}$$

Si confronta la distribuzione del campione con la distribuzione di una variabile aleatoria caratterizzata da una legge densità di probabilità di tipo Normale, avente la stessa media e la stessa varianza del campione. Si nota che l'ipotesi di distribuzione di tipo normale sembra plausibile alla luce del confronto qualitativo eseguito.



Si deve verificare però l'ipotesi attraverso un test delle ipotesi (l'ipotesi è che il campione ottenuto provenga da una popolazione distribuita con legge di probabilità di tipo Normale).

Ipotesi: $\pi_i = p_i$

Cioè che le probabilità incognite della classe i-esima siano uguali alla probabilità che una v.a. Normale, con media e varianza pari a quella del campione, assuma un valore compreso nell'intervallo che definisce la classe i-esima.

E' intuitivo che tanto più è accettabile l'ipotesi quanto più prossime a zero sono le differenze:

$p^*_i - p_i$

dove

$$p_i^* = \frac{n_i}{N}$$

cioè le differenze $n_i - N * p_i$

Si dimostra che se l'ipotesi è vera :

$$X_{\chi^2} = \sum_{i=1}^{k} \frac{(n_i - N \cdot p_i)^2}{N \cdot p_i}$$

ha una distribuzione $\chi 2$ con ν =k-h-1 gradi di libertà, dove k è il numero delle classi e h è il numero dei parametri della distribuzione teorica (in questo caso i parametri della legge di probabilità Normale sono 2 μ e σ).

Se risulta :

$$X_{\chi^2} \le \chi^2_\alpha$$

dove

χ^2_α è il valore della v.a. $\chi 2$ in corrispondenza del valore della funzione di distribuzione pari a (α).

l'ipotesi nulla può essere accettata o meglio non è possibile rifiutare l'ipotesi ad un livello di significatività pari ad α.

E’ necessario pertanto calcolare la probabilità p_i che la v.a. descritta dalla distribuzione teorica di probabilità (distribuzione Normale) assuma un valore compreso negli estremi che caratterizzano l’i-esimo intervallo di velocità. Tale operazione può essere agevolmente eseguita consultando le tavole che forniscono i valori della funzione di distribuzione di della v.a. normale standardizzata (vedi tavola allegata). Per fare ciò dobbiamo trasformare i valori relativi agli estremi di ciascun intervallo di velocità nei valori della corrispondente v.a. Normale standardizzata:

$$x_{i-\inf}^{S} = \frac{x_{i-\inf} - \mu}{\sigma} \quad \text{e} \quad x_{i-\sup}^{S} = \frac{x_{i-\sup} - \mu}{\sigma}$$

Poiché il test ha validità per classi che hanno una frequenza almeno pari a 5 nell’esecuzione del test vengono accorpate le prime due classi di velocità (15-30 e 30-45) ai fini della valutazione della grandezza $X_{\chi 2}$.

Classe				Valore v.a.	NS	Funz. Distrib.	v.a. NS			
Velocità	frequenza	Valore inf	Val. sup	zi_{inf}	zi_{sup}	$F(zi_{inf})$	$F(zi_{sup})$	$F(zi_{sup})-F(zi_{inf})$	N*Pi	(ni-N*pi)^2/Npi
15 < v ≤ 30	2	15	30	-2,700	-2,115	0,003462	0,01722	**0,014**		
30< v ≤ 45	10	30	45	-2,115	-1,529	0,017218	0,06309	**0,046**	7,798	0,174
45< v ≤ 60	20	45	60	-1,529	-0,944	0,063087	0,17263	**0,110**	18,623	0,102
60< v ≤ 75	28	60	75	-0,944	-0,358	0,172634	0,36008	**0,187**	31,866	0,469
75< v ≤ 90	40	75	90	-0,358	0,227	0,360079	0,58991	**0,230**	39,071	0,022
90< v ≤ 105	30	90	105	0,227	0,813	0,589911	0,79186	**0,202**	34,331	0,546
105< v ≤ 120	25	105	120	0,813	1,398	0,791855	0,91901	**0,127**	21,616	0,530
120< v ≤ 135	15	120	135	1,398	1,984	0,919009	0,97637	**0,057**	9,752	2,825
										4,668

Il valore in corrispondenza del quale la funzione di distribuzione della v.a. $\chi2$ con 4 gradi di libertà (7-2-1) assume un valore pari a 0.05 è 9.48773 (vedi tavole allegate) che risulta maggiore del valore di 4.668

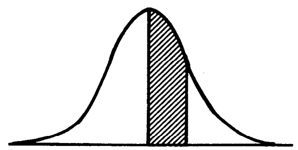
$$X_{\chi^2} = \sum_{i=1}^{k} \frac{(n_i - N \cdot p_i)^2}{N \cdot p_i} = 4.668 < 9.48773$$

L'ipotesi, che le velocità istantanee sulla strada B si distribuiscano seguendo una legge di probabilità di tipo Normale, non può quindi essere rifiutata al livello di significatività pari a 5%

Se si considera una probabilità di falso rifiuto o un grado significatività più basso, pari ad esempio a 0.01 (1%), ovviamente si ha che il valore in corrispondenza del quale la funzione di distribuzione della v.a. $\chi2$ con 4 gradi di libertà (7-2-1) assume un valore pari a 0.01 è 13.2767 che risulta maggiore del valore di 4.668.

TAV. 1. *Distribuzione normale standardizzata*

Valori della variabile casuale normale standardizzata Z e rispettiva $P(0<Z<z)$

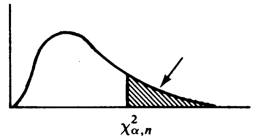


z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	.0000	.0040	.0080	.0120	.0160	.0199	.0239	.0279	.0319	.0359
0.1	.0398	.0438	.0478	.0517	.0557	.0596	.0636	.0675	.0714	.0753
0.2	.0793	.0832	.0871	.0910	.0948	.0987	.1026	.1064	.1103	.1141
0.3	.1179	.1217	.1255	.1293	.1331	.1368	.1406	.1443	.1480	.1517
0.4	.1554	.1591	.1628	.1664	.1700	.1736	.1772	.1808	.1844	.1879
0.5	.1915	.1950	.1985	.2019	.2054	.2088	.2123	.2157	.2190	.2224
0.6	.2257	.2291	.2324	.2357	.2389	.2422	.2454	.2486	.2517	.2549
0.7	.2580	.2611	.2642	.2673	.2703	.2734	.2764	.2794	.2823	.2852
0.8	.2881	.2910	.2939	.2967	.2995	.3023	.3051	.3078	.3106	.3133
0.9	.3159	.3186	.3212	.3238	.3264	.3289	.3315	.3340	.3365	.3389
1.0	.3413	.3438	.3461	.3485	.3508	.3531	.3554	.3577	.3599	.3621
1.1	.3643	.3665	.3686	.3708	.3729	.3749	.3770	.3790	.3810	.3830
1.2	.3849	.3869	.3888	.3907	.3925	.3944	.3962	.3980	.3997	.4015
1.3	.4032	.4049	.4066	.4082	.4099	.4115	.4131	.4147	.4162	.4177
1.4	.4192	.4207	.4222	.4236	.4251	.4265	.4279	.4292	.4306	.4319
1.5	.4332	.4345	.4357	.4370	.4382	.4394	.4406	.4418	.4429	.4441
1.6	.4452	.4463	.4474	.4484	.4495	.4505	.4515	.4525	.4535	.4545
1.7	.4554	.4564	.4573	.4582	.4591	.4599	.4608	.4616	.4625	.4633
1.8	.4641	.4649	.4656	.4664	.4671	.4678	.4686	.4693	.4699	.4706
1.9	.4713	.4719	.4726	.4732	.4738	.4744	.4750	.4756	.4761	.4767
2.0	.4772	.4778	.4783	.4788	.4793	.4798	.4803	.4808	.4812	.4817
2.1	.4821	.4826	.4830	.4834	.4838	.4842	.4846	.4850	.4854	.4857
2.2	.4861	.4864	.4868	.4871	.4875	.4878	.4881	.4884	.4887	.4890
2.3	.4893	.4896	.4898	.4901	.4904	.4906	.4909	.4911	.4913	.4916
2.4	.4918	.4920	.4922	.4925	.4927	.4929	.4931	.4932	.4934	.4936
2.5	.4938	.4940	.4941	.4943	.4945	.4946	.4948	.4949	.4951	.4952
2.6	.4953	.4955	.4956	.4957	.4959	.4960	.4961	.4962	.4963	.4964
2.7	.4965	.4966	.4967	.4968	.4969	.4970	.4971	.4972	.4973	.4974
2.8	.4974	.4975	.4976	.4977	.4977	.4978	.4979	.4979	.4980	.4981
2.9	.4981	.4982	.4982	.4983	.4984	.4984	.4985	.4985	.4986	.4986
3.0	.4987	.4987	.4987	.4988	.4988	.4989	.4989	.4989	.4990	.4990

Fonte: Elaborata da Owen [1962].

TAV. 3b. *Distribuzione* χ^2

Per diversi livelli di probabilità α, la tavola fornisce i valori χ^2_n tali che $P(\chi^2_n > \chi^2_{\alpha,n}) = \alpha$, dove χ^2_n è una variabile chi-quadro con n gradi di libertà.



n \ α	0.250	0.100	0.050	0.025	0.010	0.005	0.001
1	1.32330	2.70554	3.84146	5.02389	6.63490	7.87944	10.828
2	2.77259	4.60517	5.99147	7.37776	9.21034	10.5966	13.816
3	4.10835	6.25139	7.81473	9.34840	11.3449	12.8381	16.266
4	5.38527	7.77944	9.48773	11.1433	13.2767	14.8602	18.467
5	6.62568	9.23635	11.0705	12.8325	15.0863	16.7496	20.515
6	7.84080	10.6446	12.5916	14.4494	16.8119	18.5476	22.458
7	9.03715	12.0170	14.0671	16.0128	18.4753	20.2777	24.322
8	10.2188	13.3616	15.5073	17.5346	20.0902	21.9550	26.125
9	11.3887	14.6837	16.9190	19.0228	21.6660	23.5893	27.877
10	12.5489	15.9871	18.3070	20.4831	23.2093	25.1882	29.588
11	13.7007	17.2750	19.6751	21.9200	24.7250	26.7569	31.264
12	14.8454	18.5494	21.0261	23.3367	26.2170	28.2995	32.909
13	15.9839	19.8119	22.3621	24.7356	27.6883	29.8194	34.528
14	17.1170	21.0642	23.6848	26.1190	29.1413	31.3193	36.123
15	18.2451	22.3072	24.9958	27.4884	30.5779	32.8013	37.697
16	19.3688	23.5418	26.2962	28.8454	31.9999	34.2672	39.252
17	20.4887	24.7690	27.5871	30.1910	33.4087	35.7185	40.790
18	21.6049	25.9894	28.8693	31.5264	34.8053	37.1564	42.312
19	22.7178	27.2036	30.1435	32.8523	36.1908	38.5822	43.820
20	23.8277	28.4120	31.4104	34.1696	37.5662	39.9908	45.315
21	24.9348	29.6151	32.6705	35.4789	38.9321	41.4010	46.797
22	26.0393	30.8133	33.9244	36.7807	40.2894	42.7956	48.268
23	27.1413	32.0069	35.1725	38.0757	41.6384	44.1813	49.728
24	28.2412	33.1963	36.4151	39.3641	42.9798	45.5585	51.179
25	29.3389	34.3816	37.6525	40.6465	44.3141	46.9278	52.600
26	30.4345	35.5631	38.8852	41.9232	45.6417	48.2899	54.052
27	31.5284	36.7412	40.1133	43.1944	46.9630	49.6449	55.476
28	32.6205	37.9159	41.3372	44.4607	48.2782	50.9933	56.892
29	33.7109	39.0875	42.5569	45.7222	49.5879	52.3356	58.302
30	34.7998	40.2560	43.7729	46.9792	50.8922	53.6720	59.703
40	45.6160	51.8050	55.7585	59.3417	63.6907	66.7659	73.402
50	56.3336	63.1671	67.5048	71.4202	76.1539	79.4900	86.661
60	66.9814	74.3970	79.0819	83.2976	88.3794	91.9517	99.607
70	77.5766	85.5271	90.5312	95.0231	100.425	104.215	112.317
80	88.1303	96.5782	101.879	106.629	112.329	116.321	124.839
90	98.6499	107.565	113.145	118.136	124.116	128.299	137.208
100	109.141	118.498	124.342	129.561	135.807	140.169	149.449

Fonte: Elaborata da Pearson e Hartley [1966].

ESERCIZIO N.2

Un osservatore registra il numero dei veicoli che passano in una sezione stradale durante un intervallo di 30 sec. Ripete l'osservazione 120 volte (cioè tiene sotto controllo la sezione stradale complessivamente per un'ora) e registra i risultati delle osservazioni nella tabella seguente:

numero classe	**x_i (numero di veicoli che passano in un intervallo di 30 sec)**	**fi frequenza assoluta (numero di intervalli in cui sono giunti x_i veicoli)**
1	0	1
2	1	5
3	2	10
4	3	18
5	4	19
6	5	17
7	6	18
8	7	10
9	8	13
10	9	3
11	10	2
12	11	3
13	12	1

a) Disegnare il diagramma a segmenti della distribuzione delle frequenze (assolute e relative);
b) Tabellare e disegnare la distribuzione cumulata delle frequenze assolute e/o relative (simile alla funzione di distribuzione);
c) Trovare la media (speranza matematica), la varianza del campione e l'indice di dissimetria;
d) Individuare la mediana e la moda della distribuzione;
e) Valutare gli indici relativi di dispersione e di dissimetria;
f) Simare media e varianza della popolazione a cui il campione appartine;
g) Confrontare le frequenze relative (calcolate nel punto a)) con i valori forniti dalla legge di probabilità di Poisson avente media uguale a quella del campione osservato;
h) Verificare attraverso un test statistico l'ipotesi che la v.a. sia distribuita come una variabile aleatoria di Poisson;
i) Ipotizzando che la popolazione segua una legge di probabilità di Poisson valutare:
    - la probabilità che si abbia un distanziamento temporale tra i veicoli $\leq$ 1 sec.,
    - il distanziamento temporale tra i veicoli che ha 80% di probabilità di non essere superato (funzione di distribuzione esponenziale).

ESERCIZIO N.3

Viene eseguito uno studio in cui si seleziona opportunamente un campione significativo di guidatori. A tali guidatori viene chiesto di percorrere una pista alla velocità costante di 90 km/h. Sul percorso degli utenti vengono posizionati degli ostacoli e viene misurato il tempo di percezione e reazione degli utenti stessi. I dati ottenuti, suddivisi in classi sono riportati nella tabella seguente.

Classe Tempo di	percezione e reazione	Numero di valori misurati
Estremo inferiore [sec]	Estremo superiore [sec]	appartenenti a ciscuna classe
1	1,15	0
1,15	1,3	0
1,3	1,45	0
1,45	1,6	3
1,6	1,75	11
1,75	1,9	17
1,9	2,05	16
2,05	2,2	9
2,2	2,35	3
2,35	2,5	1
2,5	2,65	0
2,65	2,8	0
2,8	2,95	0
2,95	3,1	0
3,1	3,25	0
3,25	3,4	0
3,4	3,55	0
Totale	**misure eseguite =**	

Considerando come v.a. la grandezza ln(t):

a) Disegnare l'istogramma della distribuzione delle frequenze (assolute e/o relative);
b) Tabellare e disegnare la distribuzione cumulata delle frequenze assolute o relative (simile alla funzione di distribuzione);
c) Trovare la media (speranza matematica) e la varianza del campione;
d) Indicare la mediana e la moda della distribuzione;
e) Stimare la media e la varianza della popolazione a cui il campione appartiene
f) Confrontare le frequenze relative (calcolate nel punto a)) con i valori forniti dalla legge di probabilità Normale con media e varianza pari a quelle stimate in base al campione;
g) Verificare attraverso test statistico l'ipotesi che la v.a. ln(t) sia distribuita come una variabile aleatoria Normale;
h) Ipotizzando che la popolazione, da cui abbiamo estratto il campione, segua una legge di probabilità normale valutare il tempo di percezione e reazione che ha il 90% di probabilità di non essere superato (i.e. il valore corrispondente al 90° percentile).