

**Statistica Applicata**  
**Corso di Laurea in Scienze Naturali**  
**a. a. 2016/2017**

prof. Federico Plazzi

16 Gennaio 2017

Nome: \_\_\_\_\_

Cognome: \_\_\_\_\_

Matricola: \_\_\_\_\_

**Alcune indicazioni:**

- La prova è costituita da cinque esercizi; dopo ogni esercizio c'è lo spazio in cui scrivere la risposta o le risposte. In caso questo spazio non sia sufficiente, si può continuare a rispondere sul retro del foglio, avendo cura di indicare il numero dell'esercizio a fianco della continuazione della risposta.
- Alcuni esercizi richiedono semplici calcoli, per i quali è consentito l'uso di una calcolatrice ed eventualmente la consultazione di una o più delle tabelle allegate.
- Altri esercizi richiedono invece la lettura dei dati: verrà valutata in questo caso l'argomentazione che giustifica l'interpretazione fornita.
- La durata massima della prova è di 60 minuti.
- Si prega di non scrivere nulla sulle tabelle allegate.

# 1 Dati

La sula piediazzurri (*Sula nebouxi*) è un uccello marino tropicale che vive in un areale compreso tra il Messico, a Nord, e l'Ecuador e le isole Galápagos, a Sud. Questa specie si riproduce lungo tutto l'anno. Il maschio è generalmente più piccolo della femmina; dopo un complesso rituale di corteggiamento, si formano delle coppie che resteranno unite fino alle prime fasi della vita della prole, quando entrambi i genitori si occuperanno del nutrimento della nidata. La tabella 1 mostra il peso dei due genitori (F e M) in 81 coppie di *Sula nebouxi*, misurato in quattro diverse aree: Baja California (Cal), Jalisco (Jal), Ecuador continentale (Ecu) ed isole Galápagos (Gal).

Tabella 1: Peso (grammi) della femmina (F) e del maschio (M) di 81 coppie di *Sula nebouxi* in quattro diverse località.

CalF	CalM	JalF	JalM	EcuF	EcuM	GalF	GalM
1544.73	1265.14	1455.16	1239.00	1432.72	1237.01	1492.82	1244.84
1555.90	1237.10	1536.91	1190.20	1502.08	1249.88	1634.78	1245.58
1555.34	1198.49	1531.55	1198.61	1514.74	1206.44	1522.56	1224.63
1577.51	1241.44	1536.44	1230.94	1624.64	1212.93	1498.43	1235.90
1495.16	1233.17	1539.95	1250.21	1534.74	1212.70	1566.82	1218.22
1631.43	1239.56	1510.45	1214.85	1629.21	1212.66	1453.71	1217.34
1529.47	1239.54	1577.45	1233.02	1589.16	1192.70	1515.74	1231.74
1541.45	1196.36	1454.57	1275.34	1526.25	1221.19	1389.10	1214.44
1502.10	1209.31	1542.45	1231.70	1469.99	1269.64	1491.43	1270.86
1520.56	1219.70	1641.30	1207.20	1496.17	1229.24	1563.91	1232.81
1495.55	1251.78	1626.61	1220.88	1590.10	1223.94	1545.40	1239.56
1475.03	1255.89	1578.25	1275.30	1463.78	1200.45	1479.27	1209.71
1561.55	1249.47	1603.31	1231.97	1594.08	1205.43	1659.23	1231.52
1484.97	1229.77	1531.15	1264.66	1540.53	1257.81	1613.48	1219.57
1557.31	1246.23	1568.08	1221.16	1467.23	1260.44	1564.63	1237.96
1495.84	1222.76	1552.62	1200.89	1571.76	1212.20	1584.49	1230.34
1533.48	1210.42	1501.49	1193.71	1631.36	1229.61	1534.86	1231.56
1535.86	1254.85	1609.47	1232.37	1492.51	1217.74	1605.38	1242.63
1564.18	1217.18	1545.43	1245.27	1514.13	1270.71		
		1522.85	1239.48	1432.98	1217.06		
		1571.46	1201.77	1481.91	1207.93		
		1492.61	1233.12				
		1603.39	1196.33				

## 2 Esercizi

### 2.1 Statistiche di base

Calcolare la media, la varianza e la deviazione standard della differenza in peso tra maschio e femmina nella popolazione di sule delle isole Galápagos.

### 2.2 Distribuzione del peso di *Sula nebouxi*

Viene eseguito il test di Shapiro e Wilk su tutti i pesi delle femmine insieme (AllF) e su tutti i pesi dei maschi insieme (AllM). Cosa possiamo concludere sulla distribuzione dei dati?

Shapiro-Wilk test

```
data: AllF  
W = 0.99101, p-value = 0.8502
```

Shapiro-Wilk test

```
data: AllM  
W = 0.9785, p-value = 0.1906
```

## 2.3 Dimorfismo sessuale

Si vuole verificare che effettivamente il peso dei maschi sia significativamente minore di quello delle femmine. A questo scopo vengono eseguiti diversi test. Qual è il test più adeguato in questo caso? Cosa ne possiamo concludere?

1. Test  $t$  a campioni appaiati a due code.

Paired t-test

```
data: AllF and AllM
t = 45.289, df = 80, p-value < 2.2e-16
alternative hypothesis: true difference in means is not equal
to 0
```

2. Test  $t$  a campioni appaiati ad una coda.

Paired t-test

```
data: AllF and AllM
t = 45.289, df = 80, p-value < 2.2e-16
alternative hypothesis: true difference in means is greater than
0
```

3. Test di Wilcoxon a due code.

Wilcoxon signed rank test

```
data: AllF and AllM
V = 3321, p-value = 5.464e-15
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0
```

4. Test di Wilcoxon ad una coda.

Wilcoxon signed rank test

```
data: AllF and AllM
V = 3321, p-value = 2.732e-15
alternative hypothesis: true location shift is greater than 0
```

5. Test di Mann e Whitney a due code.

Wilcoxon rank sum test

```
data: AllF and AllM
W = 6561, p-value < 2.2e-16
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0
```

## 6. Test di Mann e Whitney ad una coda.

Wilcoxon rank sum test

data: AllF and AllM

W = 6561, p-value < 2.2e-16

alternative hypothesis: true location shift is greater than 0

## 2.4 Scelta del partner

Le femmine più grandi scelgono maschi più grandi? In altre parole, esiste una correlazione significativa tra la dimensione della femmina e quella del maschio? Considerando i risultati forniti nella tabella 2, cosa possiamo concludere?

Tabella 2: Correlazione lineare tra peso del maschio e peso della femmina.

	Stima	p-value	$r$	$R^2$
Intercetta	1308,84			
Pendenza	-0,05171	0,23	-0,134872	0,018190

## 2.5 Differenze tra popolazioni

Per sapere se esistano differenze tra le popolazioni di sule osservate nelle quattro località, viene condotta una Two-Way ANOVA, in cui i dati relativi al peso mostrati in tabella 1 vengono ripartiti per popolazione e sesso. I risultati sono riportati in tabella 3. Cosa possiamo concludere a proposito di eventuali differenze in peso tra individui appartenenti a popolazioni diverse?

Tabella 3: Risultati della Two-Way ANOVA condotta sul peso di *Sula nebowxii* ripartito per popolazione e sesso.

	g.l.	$D$	$\sigma^2$	$F$	p-value
Popolazione	3	2856	952	0,5408	0,6551
Sesso	1	3868346	3868346	2197,5026	$< 2 \times 10^{-16}$
Interazione	3	2849	950	0,5395	0,6560
<i>entro</i>	154	271092	1760		

## 3 Risposte

### 3.1 Statistiche di base

Calcolare la media, la varianza e la deviazione standard della differenza in peso tra maschio e femmina nella popolazione di sule delle isole Galápagos.

```
mean(GalDiff)
307.6017
```

```
variance(GalDiff)
4131.425
```

```
standard.deviation(GalDiff)
64.27616
```

### 3.2 Distribuzione del peso di *Sula nebouxi*

Cosa possiamo concludere sulla distribuzione dei dati?

Entrambe le distribuzioni sono normali (p-value  $\geq 0,05$  in entrambi i casi).

### 3.3 Dimorfismo sessuale

Qual è il test più adeguato in questo caso? Cosa ne possiamo concludere?

Il test più adeguato è il test t a campioni appaiati ad una coda, perché sappiamo che la distribuzione dei pesi è normale e quello che ci interessa è specificatamente se i maschi siano più piccoli delle femmine.

### 3.4 Scelta del partner

Considerando i risultati forniti nella tabella 2, cosa possiamo concludere?

Non c'è significatività nella correlazione, per cui il peso del maschio non dipende da quello della femmina.

### 3.5 Differenze tra popolazioni

Cosa possiamo concludere a proposito di eventuali differenze in peso tra individui appartenenti a popolazioni diverse?

Né la varianza tra popolazioni né quella di interazione risultano significative, mentre risulta altamente significativa, come atteso, quella tra sessi: bisogna perciò concludere che non possiamo negare che non ci siano differenze geografiche.