

Alegerea metodei de analiza a datelor

Tudor Drugan
2023

Fiecare studiu are statistica sa

Studii

Relatii de cauzalitate

r

Factori de risc

Chi2

Semne diagnostice

McNemar

Trialuri clinice

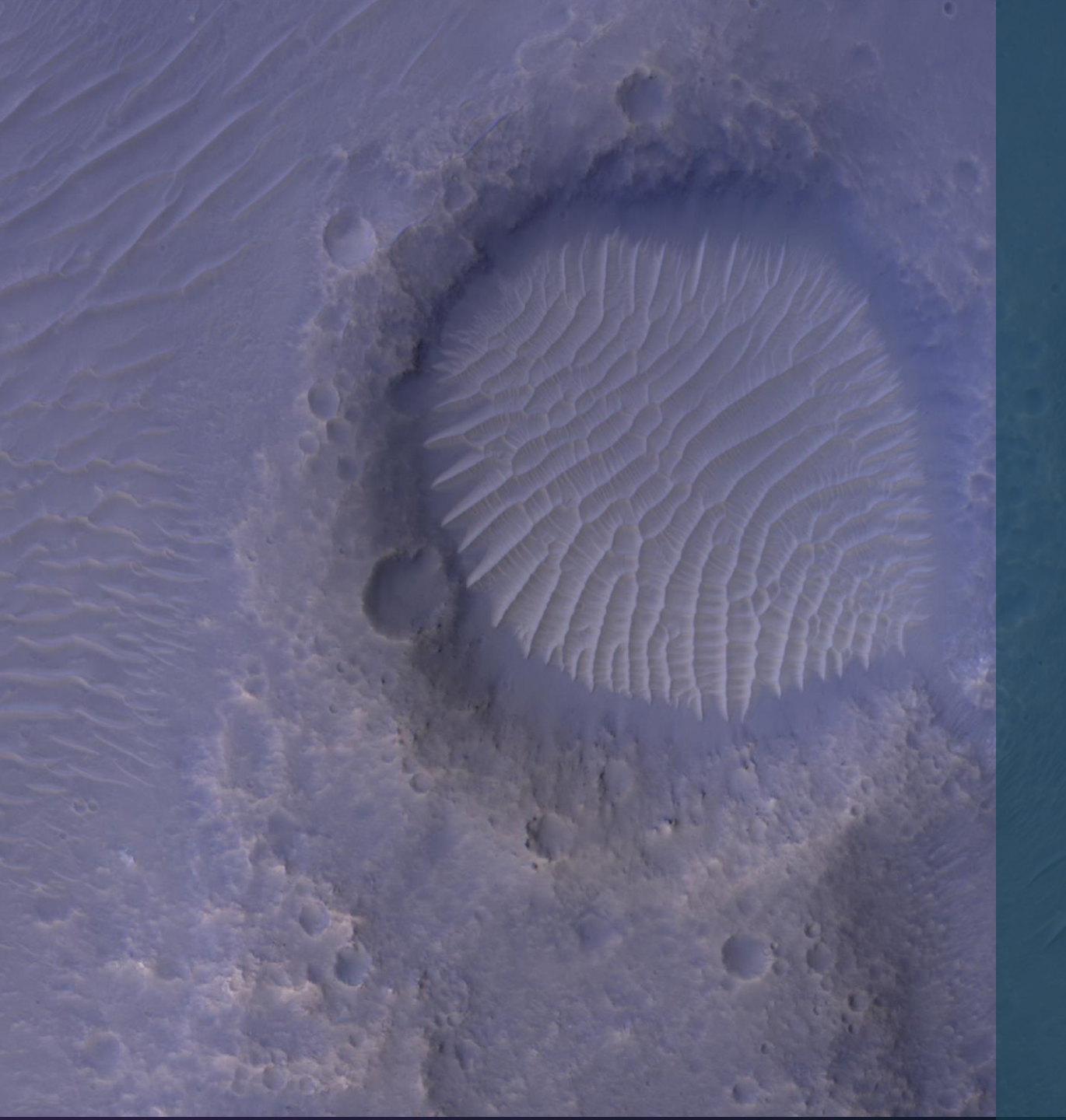
Z, T, ANOVA ...

Studii de supravietuire

Logrank, Cox

Meta-analiza

Leaf Plot



Testarea ipotezelor statistice

Testarea ipotezelor statistice

- Formularea de noi ipoteze (sau model sau teorie) este una dintre cele mai importante aspecte ale cercetării științifice.
- Aceste ipoteze experimentale încercă să descrie sau să explice anumite fenomene reale.
- În multe cazuri există ipoteze anterioare (descrieri sau explicații) pe care oamenii de știință doresc să le înlocuiască cu altele noi.
- Este însă insuficient să se formuleze sau să fie prezentată numai o nouă ipoteză.
- O ipoteză nouă trebuie testată pentru a vedea că are temei (în concordanță cu observațiile) și pentru a justifica că este “mai bună” decât alte ipoteze anterioare.

Metode pentru testarea ipotezelor

- Compararea a două ipoteze sau teorii concurente
- Aceste două teorii trebuie prima dată formulate ca modele.
- Aceste două modele în continuare vor fi denumite prin ipoteza nulă și ipoteza alternativă.
 - Ipoteza nulă H_0 , reprezintă modelul pe care experimentatorul ar dori să-l înlocuiască.
 - Ipoteza alternativă H_1 este noul model care de regulă reprezintă o negație a ipotezei nule.

Metode pentru testarea ipotezelor

- Ipoteza nulă H_0 , reprezintă modelul pe care experimentatorul ar dori să-l înlocuiască.
- Ipoteza alternativă H_1 este noul model care de regulă reprezintă o negație a ipotezei nule.
- Indiferent cum este formulat protocolul experimentului scopul cercetătorului **este de a testa ipoteza nulă** (de cele mai multe ori pentru a o rejecta)
- Ipoteza nulă **nu trebuie probată ci anulată**

Metode pentru testarea ipotezelor

- **Inferență negativă**
- Scopul testului statistic este de a dovedi că ipoteza nulă H_0 este falsă relativ la cea alternativă
 - → nu putem niciodată afirma acceptăm ipoteza nulă
 - O putem nega sau nu o putem nega

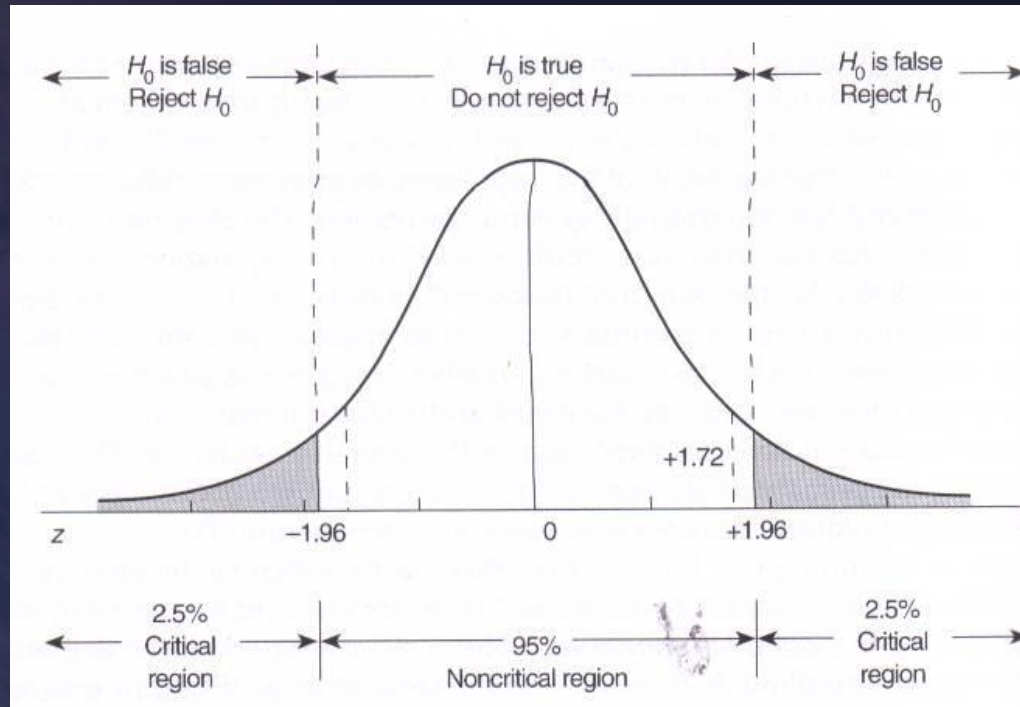
Metode pentru testarea ipotezelor

- Prin respingerea ipotezei nule cercetătorul afirmă că rezultatele observate nu sunt datorate întâmplării
- = efect semnificativ
- Când ipoteza nulă nu este rejectată cercetătorul afirmă că diferențele observate sunt datorate întâmplării și rezultatele nu sunt semnificative

Decizia

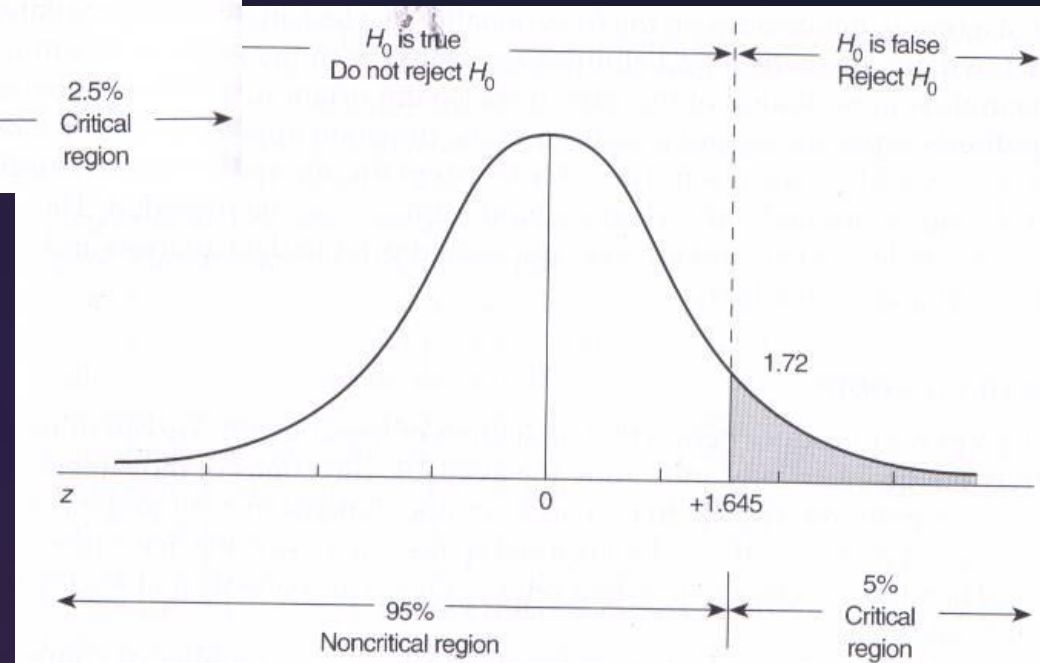
- **Stabilirea semnificației testului pe baza valorii lui p se face frecvent cu următoarea regulă empirică:**
 - 1. Dacă $0,01 \leq p < 0,05$, rezultatele sunt considerate semnificative.
 - 2. Dacă $0,001 \leq p < 0,01$, rezultatele sunt considerate înalt semnificative.
 - 3. Dacă $p < 0,001$, rezultatele sunt considerate foarte înalt semnificative.
 - 4. Dacă $p \geq 0,05$, rezultatele sunt considerate nesemnificative statistic.
 - 5. Dacă $0,05 \leq p < 0,1$, se notează o oarecare tendință spre considerarea unei semnificații statistice.
- Valoarea lui p nu este un indicator al validității ipotezei statistice. P se utilizează doar pentru a face decizia semnificativă sau nu.

Relația dintre parametrul testului și probabilitatea testului (p)



Z
T
F

p este aria de sub distribuția de probabilitate mărginită de valorile parametrului statistic



Erori în testarea ipotezelor statistice

		Adevăr	
		H_0 adevărată	H_0 Falsă
Rezultat	H_0 se respinge	Eroare tip I (α)	Corect
	H_0 nu se respinge	Corect	Eroare tip II (β)

Eroarea de tip I

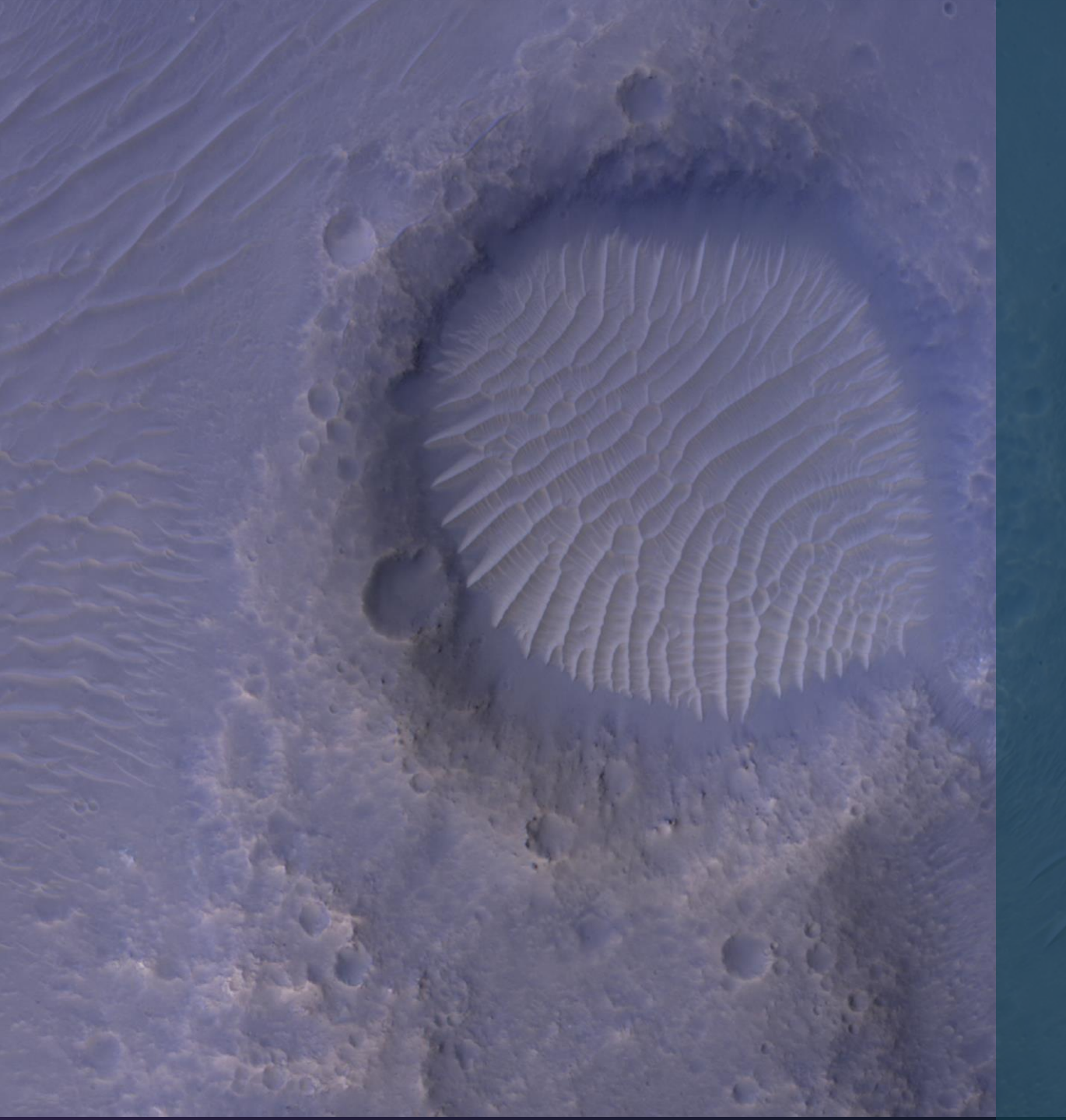
- = H_0 este respinsă deși este adevărată
- Am concluzionat că există reale diferențe deși acestea sunt datorate șansei
- Concluzionăm că un tratament este eficient pe baza unei interpretări greșite

		Adevăr	
		H_0 adevărată	H_0 Falsă
Rezultat	H_0 se respinge	Eroare tip I (α)	Corect
	H_0 nu se respinge	Corect	Eroare tip II (β)

Eroarea de tip II

- H_0 este respinsă deși este falsă
- Am concluzionat că există diferențele observate sunt datorate șansei atunci când acestea apar datorită diferențelor dintre eșantioane
- Am putea abandona un tratament pe care tocmai îl testăm sau o direcție de cercetare

		Adevăr	
		H_0 adevărată	H_0 Falsă
Rezultat	H_0 se respinge	Eroare tip I (α)	Corect
	H_0 nu se respinge	Corect	Eroare tip II (β)



**Legatura
intre variabile
calitative si
cantitative**

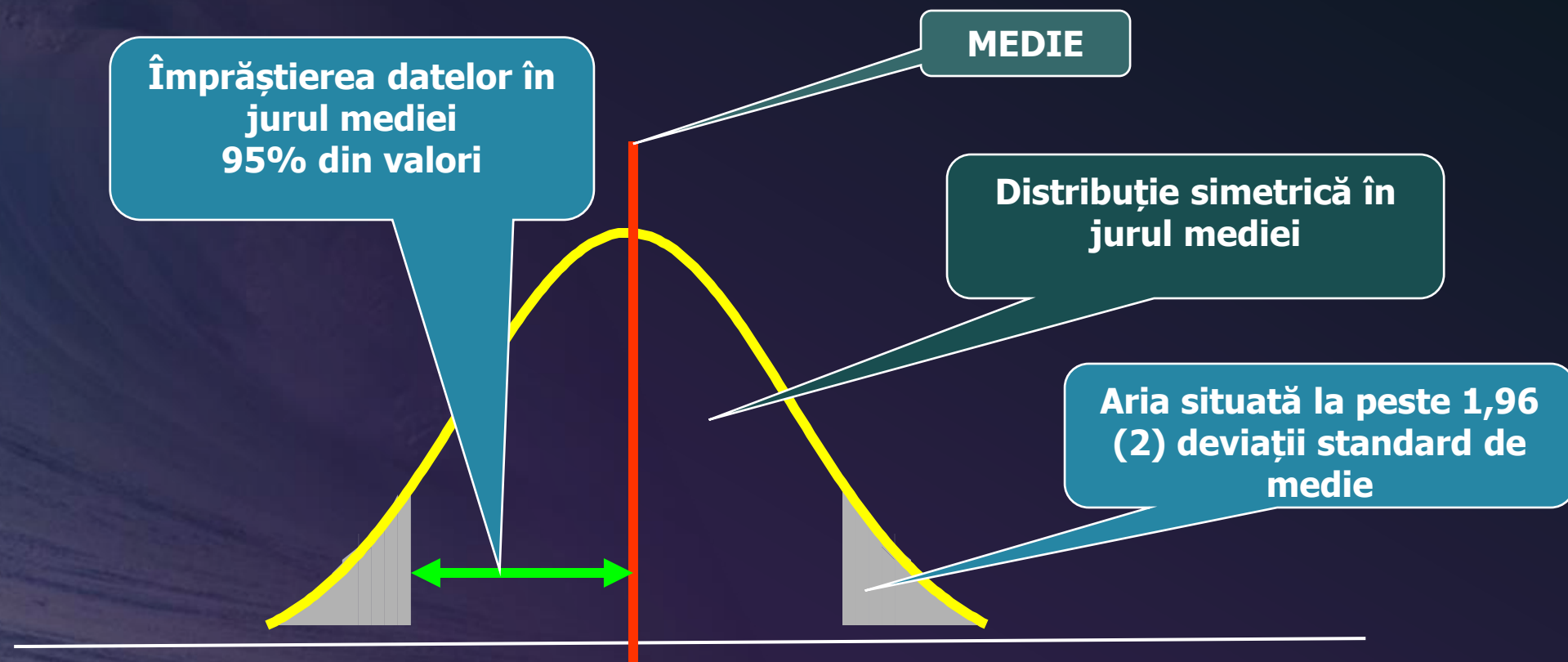
**Variabila
calitativa**

Grupuri (loturi)

**Teste pentru medii (t, Z),
Teste ANOVA**

**Variabila
cantitativa**

Distribuția normală

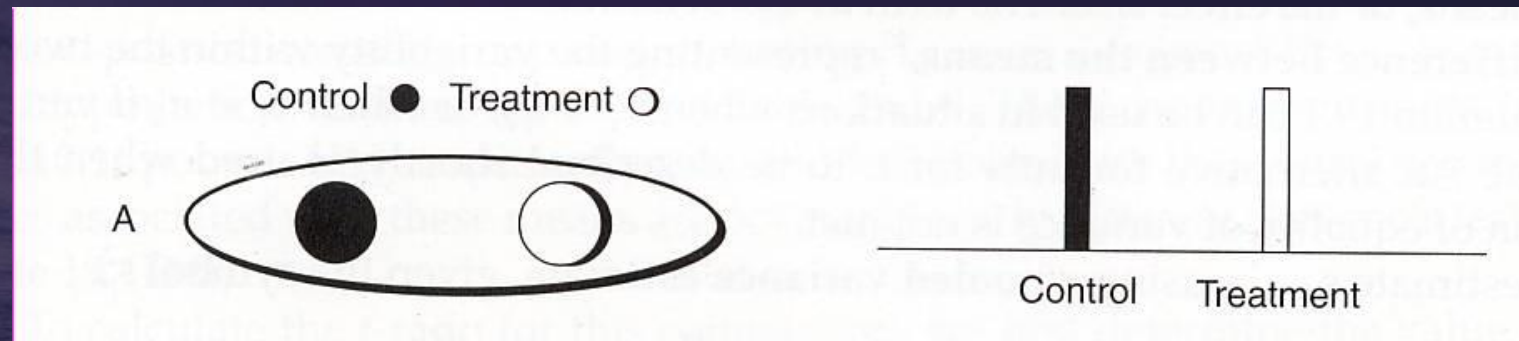


Compararea a două medii

- Compararea mediilor eșantioanelor pentru determinarea statistică a diferențelor se face prin două caracteristici:
 - Media – diferența mediilor între grupuri caracterizează nivelul de separare între grupuri
 - Varianța – caracterizează variabilitatea în interiorul grupurilor
- Ambele caracteristici sunt o sursă de variabilitate utilizabilă pentru a descrie efectele tratamentului

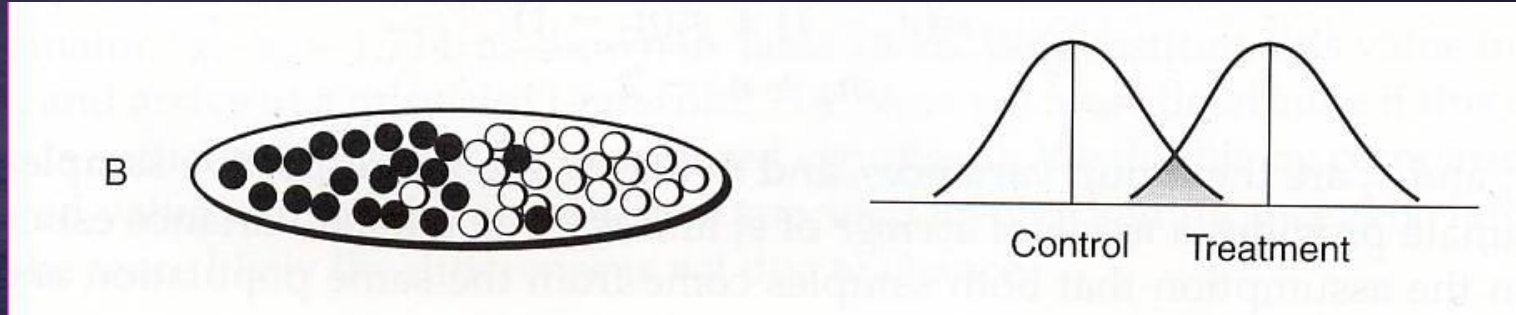
Compararea a două medii - situația ideală

- Se consideră două eșantioane aleator extrase din aceeași populație, unul experimental și unul de control
- Dacă tratamentul a fost eficient tot grupul supus experimentului va atinge același nivel al parametrului studiat
- Există diferențe între grupuri
- Nu există diferențe în interiorul grupurilor

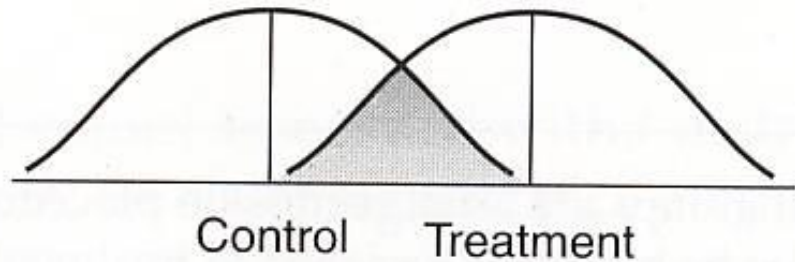
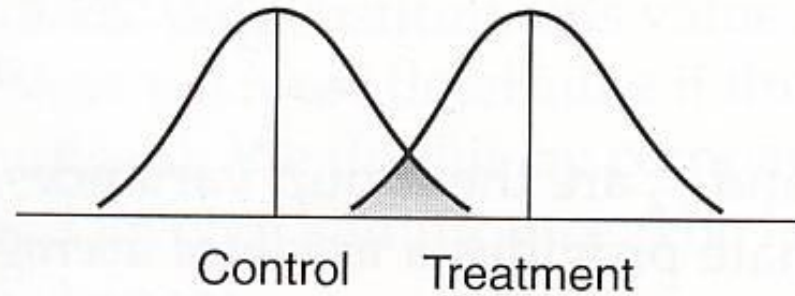
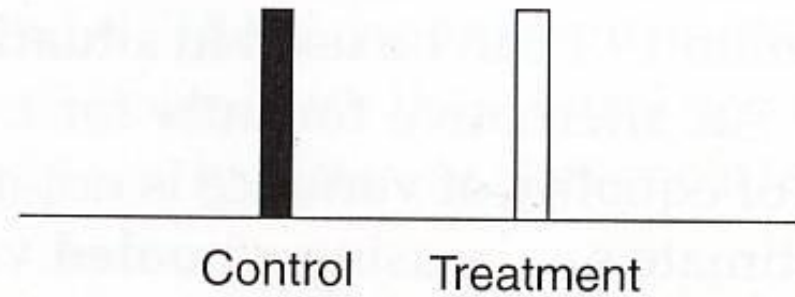
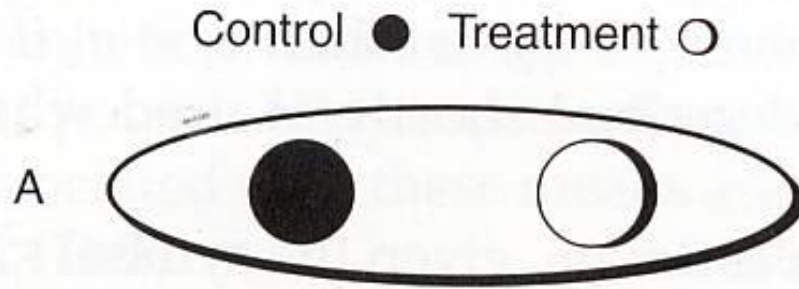


Compararea a două medii - situația reală

- **Situația reală**
 - Există diferențe între grupuri
 - Există diferențe în interiorul grupurilor
- Trebuie demonstrat dacă diferențele observate între mediile parametrului studiat sunt datorate experimentului și nu întâmplării



Compararea a două medii



Testul t Student

- **Subtipuri:**
 - **Testul t pentru eșantioane independente:**
 - **Varianțe egale**
 - O coadă
 - Două cozi
 - **Varianțe inegale**
 - **Testul t pentru eșantioane perechi**

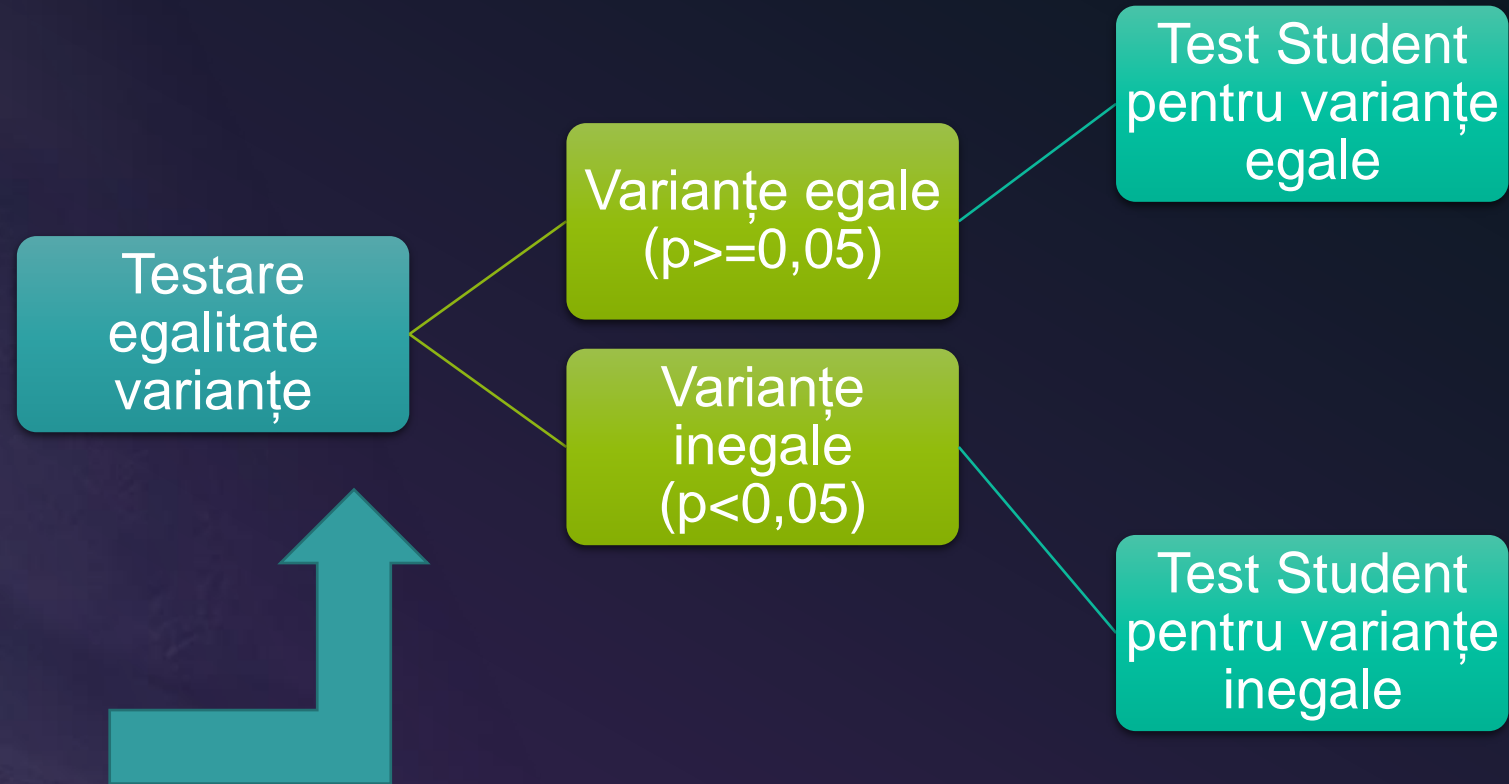
Testul t pentru eșantioane independente

- Utilizat pentru compararea a două eșantioane independente
- Eșantioanele sunt considerate independente deoarece sunt compuse din seturi independente de subiecți între care nu există nici o relație derivată din studiu

Prezumția de egalitate a varianțelor

- Testul t pentru eșantioane independente se bazează pe această prezumție
- Se mai numește și omogenitatea varianțelor
- În mod normal omogenitatea varianțelor se testează statistic
 - Testul F
 - Testul Levene sau testul Barlett
 - Bazate pe statistica F
- Dacă varianțele nu sunt semnificativ statistic diferite ($p > 0,05$) atunci pot fi considerate egale
- Dacă sunt diferite se aplică altă formulă de calcul a lui t

Prezumția de egalitate a varianțelor



Levene, Barlett, F in Excel

Exemplu

- Testăm ipoteza că un nou model de atelă îmbunătățește funcția de prindere a mâinii la pacienții cu artrită reumatoidă
- Ne interesează doar testarea ipotezei direcționale, deoarece dorim obținerea unei ameliorări:
 - $H_1 = \mu_1 > \mu_2$
- Avem un eșantion aleator selectat de 20 de pacienți cu artrită reumatoidă având niveluri similare de deformitate la nivelul mâinii și la nivelul articulațiilor mâinii



Exemplu

- Aleator pacienții sunt împărțiți în două grupuri:
 - n_1 – 10 persoane sunt grupul pentru experiment
 - n_2 – 10 persoane sunt grupul de control
- La cei din grupul experimental se montează atela
- Toți pacienții au un program motor similar timp de o săptămână
- Se măsoară puterea de strângere cu mâna în zilele 1 și 8 ale testului iar diferența este cea care se folosește în continuare la calcule

Exemplu

- Deoarece $t=2,718$ și este mai mare decât valoarea critică pentru $\alpha=0,05 - 1,734$ și este pozitiv atunci media valorilor diferenței forței mâinii a celor din grupul experimental este mai mare decât la cei din grupul de control
- Putem rejecta H_0
- Tratamentul are un rol pozitiv

A. DATA

Group 1 (Splint)

$$\bar{X}_1 = 10.11$$

$$n_1 = 10$$

$$s_1^2 = 13.81$$

Group 2 (Control)

$$\bar{X}_2 = 5.45$$

$$n_2 = 10$$

$$s_2^2 = 15.58$$

B. COMPUTATIONS

$$s_p^2 = \frac{s_1^2(n_1 - 1) + s_2^2(n_2 - 1)}{n_1 + n_2 - 2} = \frac{13.81(10 - 1) + 15.58(10 - 1)}{10 + 10 - 2} = 14.695$$

$$s_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2} = \sqrt{\frac{s_p^2}{n_1} + \frac{s_p^2}{n_2}} = \sqrt{\frac{14.695}{10} + \frac{14.695}{10}} = 1.714 \quad t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{s_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}} = \frac{10.11 - 5.45}{1.7143} = 2.718$$

C. HYPOTHESIS TEST

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 \quad H_1: \mu_1 > \mu_2 \quad (\alpha_1 = .05 t_{(18)} = 1.734 \text{ (Table A.2)})$$

Reject H_0

D. OUTPUT

Independent t-test				
Group	n of cases	mean	std.dev.	std.err.
SPLINT	10	10.110	3.716	1.175
CONTROL	10	5.450	3.947	1.248
① mean difference 4.660 std.err. difference 1.714				
② Levene's test for equality of variance F=0.685 p=.419				
t-test	t	df	2-tailed sig	CI
Equal variances	2.718	18	.014③	1.058, 8.262④
Unequal variances	2.718	17.935	.014	1.058, 8.263

Exemplu

A. DATA	Group 1 (Splint)	Group 2 (Control)
	$\bar{X}_1 = 10.80$	$\bar{X}_2 = 5.65$
	$n_1 = 15$	$n_2 = 10$
	$s_1^2 = 25.17$	$s_2^2 = 4.89$

- Dacă eșantioanele mai mari au și varianță mai mare testul t devine mai puțin puternic
 - Se obțin mai puține diferențe semnificative statistic
- dacă eșantionul mai mic are varianța mai mare (de peste 2 ori) crește șansa unei erori de tipul I

Exemplu

A. DATA

Group 1 (Splint)

$$\bar{X}_1 = 10.80$$

$$n_1 = 15$$

$$s_1^2 = 25.17$$

Group 2 (Control)

$$\bar{X}_2 = 5.65$$

$$n_2 = 10$$

$$s_2^2 = 4.89$$

B. COMPUTATIONS

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} = \frac{10.80 - 5.65}{\sqrt{\frac{25.17}{15} + \frac{4.89}{10}}} = \frac{5.15}{1.472} = 3.498 \quad (19.4)$$

C. HYPOTHESIS TEST

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 > \mu_2$$

$$(\alpha_1 = .05) t_{(20.6)} \approx 1.723 \text{ (Table A.2)}$$

Reject H_0

D. OUTPUT

Independent t-test				
Group	n of cases	mean	std.dev.	std.err.
SPLINT	15	10.800	5.017	1.295
CONTROL	10	5.650	2.212	0.699
① mean difference 5.415 std.err. difference 1.472				
② Levene's test for equality of variance F = 4.866 p = .038				
t-test	t	df	2-tailed sig	95% CI
Equal variances	3.039	23	.006	1.644, 8.656
Unequal variances	3.498	20.625③	.002④	2.085, 8.215⑤

Testul t pentru eşantioane pereche

- Se foloseşte în protocoale de cercetare care implică măsurători repetate asupra aceluiaşi indivizi sau asupra unor indivizi cu caracteristici asemănătoare (chiar gemeni)
- Datele sunt considerate împerecheate deoarece pentru fiecare valoare există o valoare pereche
- Testul evaluează scorul de diferenţă din cadrul fiecărei perechi astfel încât subiecţii sunt comparaţi numai cu ei înşişi sau cu perechea lor

Exemplu

- Se testează utilizarea unei perne de suport lombar pentru îmbunătățirea unghiului de repaus al pelvisului

A. DATA

Subject	X_1 (without pillow)	X_2 (with pillow)	d
1	120	108	12
2	110	96	14
3	115	98	17
4	130	110	20
5	110	100	10
6	105	85	20
7	106	92	14
8	102	95	7
	$\Sigma X_1=898$	$\Sigma X_2=784$	$\Sigma d=114$
	$\bar{X}_1=112.25$	$\bar{X}_2=98.00$	$\bar{d}=14.25$
			$s_d=4.62$

B. COMPUTATIONS

$$s_{\bar{d}} = \frac{s_d}{\sqrt{n}} = \frac{4.62}{\sqrt{8}} = 1.633$$

$$t = \frac{\bar{d}}{s_{\bar{d}}} = \frac{14.25}{1.63} = 8.742$$

C. HYPOTHESIS TEST

$H_0: \mu_1 = \mu_2$
 $H_0: \mu_1 \neq \mu_2$
 $(\alpha_2=.05) t_{(7)} = 2.365$ (Table A.2)

Reject H_0

D. OUTPUT

Paired t-test						
Variable	n of cases	corr	sig	mean	std.dev.	std.err.
PILLOW	8	.864 ^①	.006	112.250	9.176	3.244
NONE				98.000	8.159	2.884
t-test none - pillow						
mean diff	std.dev.	std.err	t	df	2-tailed sig	95% CI
14.250 ^②	4.621	1.633 ^③	8.742	7	.000 ^④	9.947, 18.553 ^⑤

Analiza de varianță ANOVA

- Este un test destinat analizei cercetărilor multinivel și/sau multifactoriale
- Este utilizat atunci când trebuie cercetate 3 sau mai multe condiții sau eșantioane
- Bazat pe statistica F și pe prezumția că eșantioanele sunt extrase aleator dintr-o populație normal distribuită (în practică se verifică întotdeauna)

Analiza de varianță ANOVA

- Univariat – analiza se aplică asupra unui experiment cu un singur factor, care produce cel puțin trei grupuri independente
- Ipoteza statistică:
 - $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 \dots = \mu_n$
 - $H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \dots \neq \mu_n$ (există cel puțin o diferență)
- Testul statistic utilizat este testul F
- Dacă sunt numai două categorii rezultatul este echivalent cu testul t

- Studiu ipotetic asupra efectului utilizării bastonului sau cârjelor la persoanele cu amputație unilaterală, măsurându-se lungimea pasului

A. DATA	Group 1: Cane		Group 2: Crutches		Groups 3: Control	
	X_1	X_1^2	X_2	X_2^2	X_3	X_3^2
	9	81	8	64	6	36
	15	225	17	289	7	49
	16	256	9	81	8	64
	13	169	11	121	4	16
ΣX_i	65		55		30	
ΣX_i^2		875		655		190
\bar{X}_i	13		11		6	

B. COMPUTATIONS $\Sigma X = 65 + 55 + 30 = 150$ $\Sigma X^2 = 875 + 655 + 190 = 1720$

C. COMPUTATIONS

$$SS_t = \Sigma X^2 - \frac{(\Sigma X)^2}{N} = 1720 - \frac{(150)^2}{15} = 220 \quad (20.1)$$

$$SS_b = \Sigma \frac{(\Sigma X_i)^2}{n} - \frac{(\Sigma X)^2}{N} = \left[\frac{(65)^2}{5} + \frac{(55)^2}{5} + \frac{(30)^2}{5} \right] - \frac{(150)^2}{15} = 130 \quad (20.2)$$

$$SS_e = \Sigma X^2 - \Sigma \frac{(\Sigma X_i)^2}{n} = 1720 - \left[\frac{(65)^2}{5} + \frac{(55)^2}{5} + \frac{(30)^2}{5} \right] = 90 \quad (20.3)$$

Exemplu

- Dacă nu putem rejecta ipoteza nulă, nici un tratament nu este util
- Dacă putem rejecta ipoteza nulă atunci cel puțin un tratament este util și trebuie să facem comparații multiple pentru a arăta care este tratamentul corect

A. DATA	Group 1: Cane		Group 2: Crutches		Groups 3: Control	
	X_1	X_1^2	X_2	X_2^2	X_3	X_3^2
	9	81	8	64	6	36
	15	225	17	289	7	49
	16	256	9	81	8	64
	13	169	11	121	4	16
ΣX_i	65		55		30	
ΣX_i^2		875		655		190
\bar{X}_i	13		11		6	

B. COMPUTATIONS $\Sigma X = 65 + 55 + 30 = 150$ $\Sigma X^2 = 875 + 655 + 190 = 1720$

C. COMPUTATIONS

$$SS_t = \Sigma X^2 - \frac{(\Sigma X)^2}{N} = 1720 - \frac{(150)^2}{15} = 220 \quad (20.1)$$

$$SS_b = \Sigma \frac{(\Sigma X_i)^2}{n} - \frac{(\Sigma X)^2}{N} = \left[\frac{(65)^2}{5} + \frac{(55)^2}{5} + \frac{(30)^2}{5} \right] - \frac{(150)^2}{15} = 130 \quad (20.2)$$

$$SS_e = \Sigma X^2 - \Sigma \frac{(\Sigma X_i)^2}{n} = 1720 - \left[\frac{(65)^2}{5} + \frac{(55)^2}{5} + \frac{(30)^2}{5} \right] = 90 \quad (20.3)$$

D. COMPUTATIONS

$$df_b = k - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$df_e = N - k = 15 - 3 = 12$$

$$MS_b = \frac{SS_b}{df_b} = \frac{130}{2} = 65$$

$$MS_e = \frac{SS_e}{df_e} = \frac{90}{12} = 7.5$$

$$F = \frac{MS_b}{MS_e} = \frac{65}{7.5} = 8.67$$

E. HYPOTHESIS TEST

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

$$(\alpha=.05) F_{(2,12)} = 3.89$$

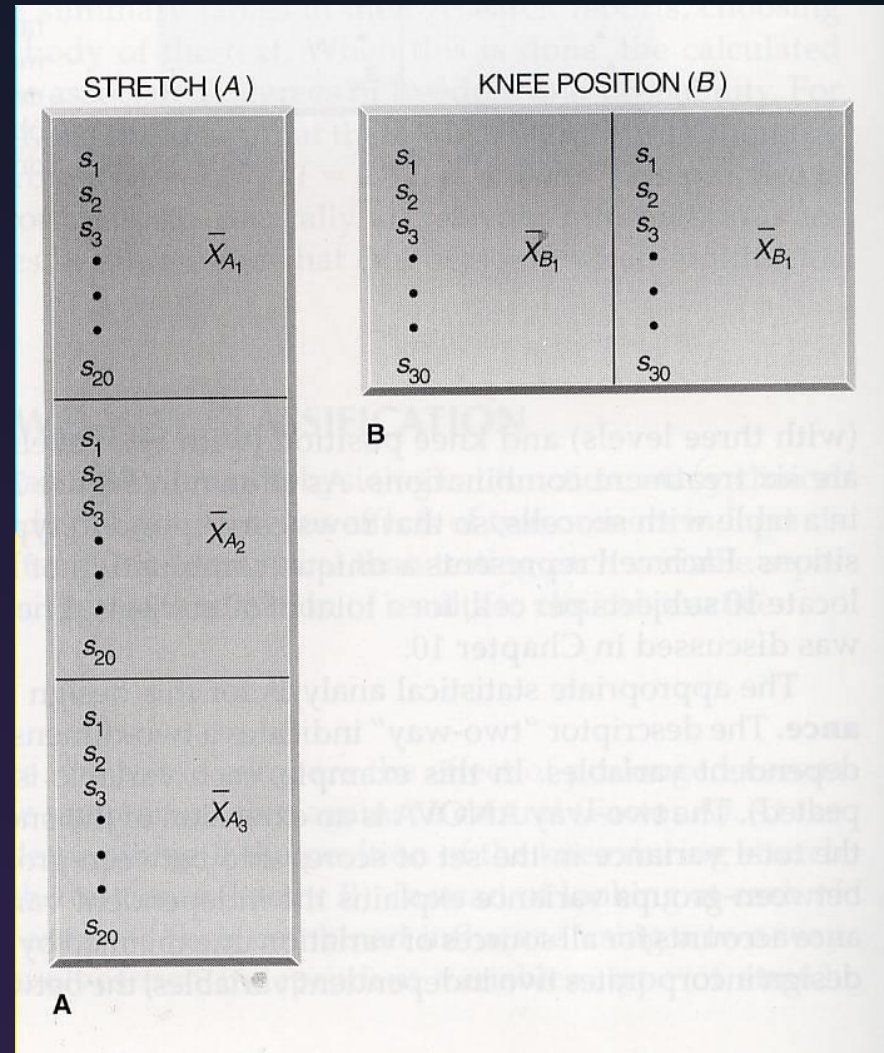
Reject H_0

F. OUTPUT: SUMMARY TABLE

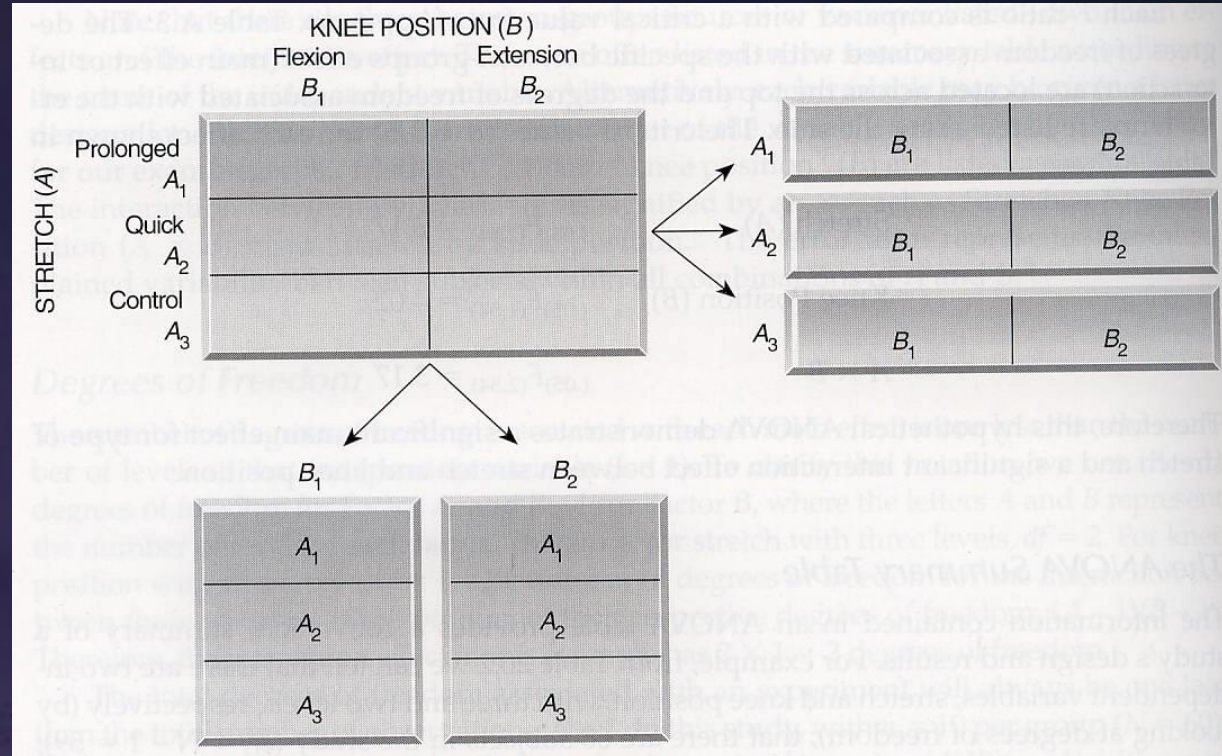
Source of Variation	df	Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2	130.00	65.00	8.67	.005
Within Groups (Error)	12	90.00	7.50		
Total	14	220.00			

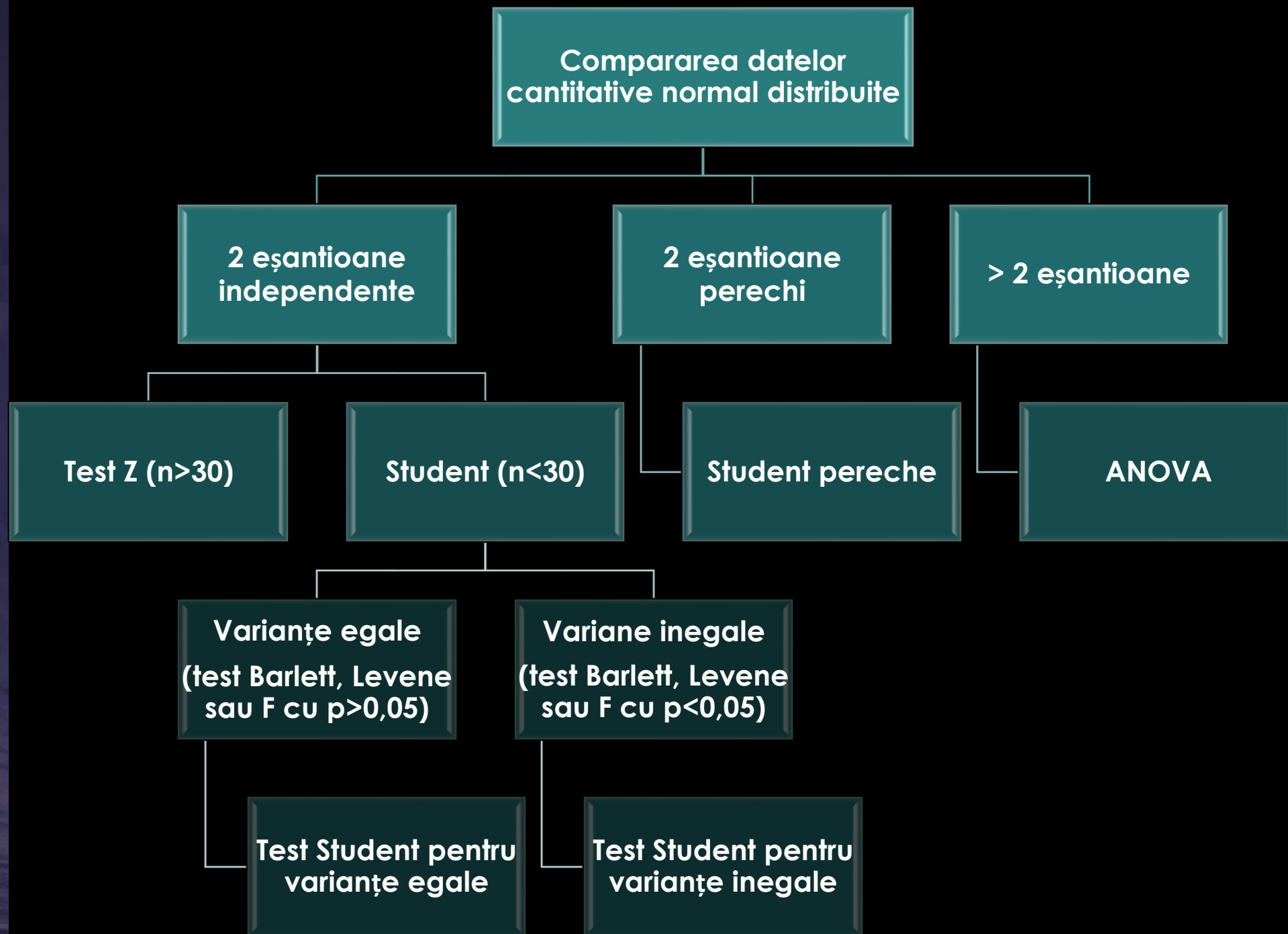
ANOVA multiplu - Efectele principale

- Efectele datorate aplicării uneia din cele 2 variabile se măsoară prin media pentru nivelurile rezultate din efectele principale și se numește medie marginală



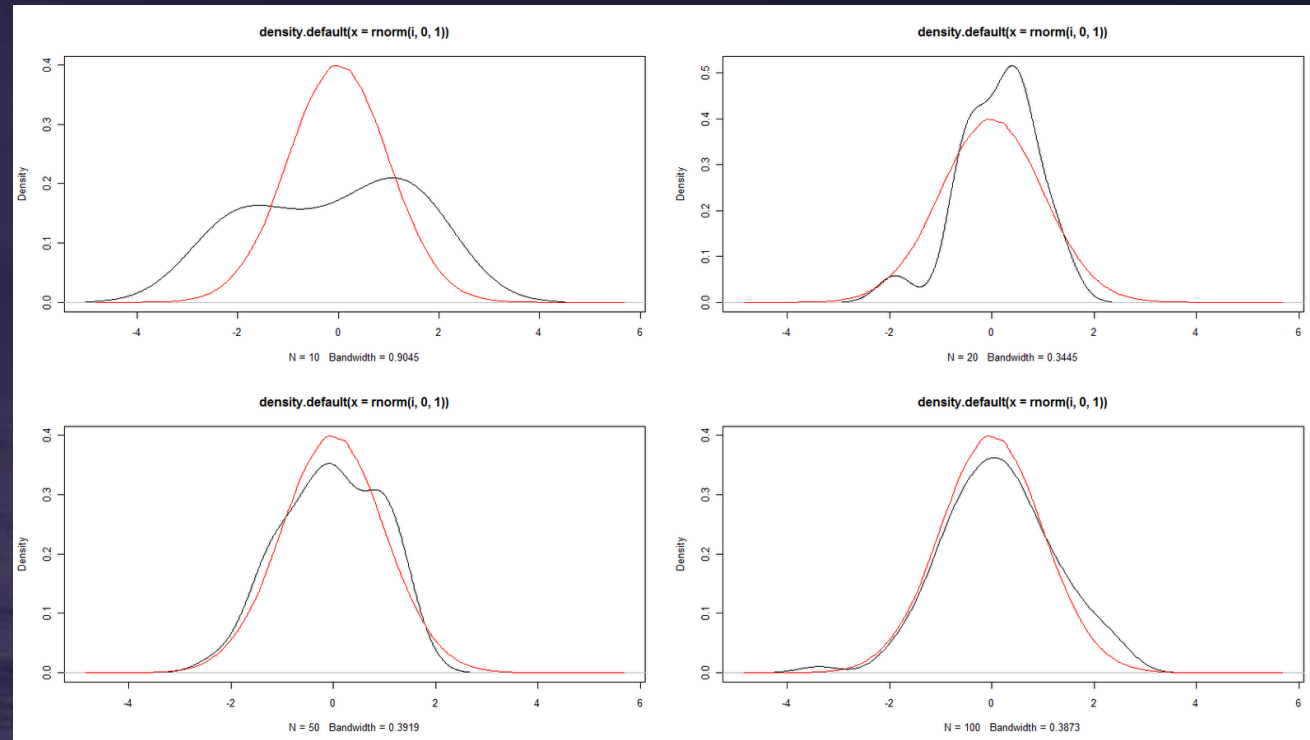
ANOVA multiplu - Efectele simple





Teste parametrice și neparametrice

- Distribuție normală
 - → teste parametrice
- Distribuție care nu respecta legea normală
 - → teste neparametrice



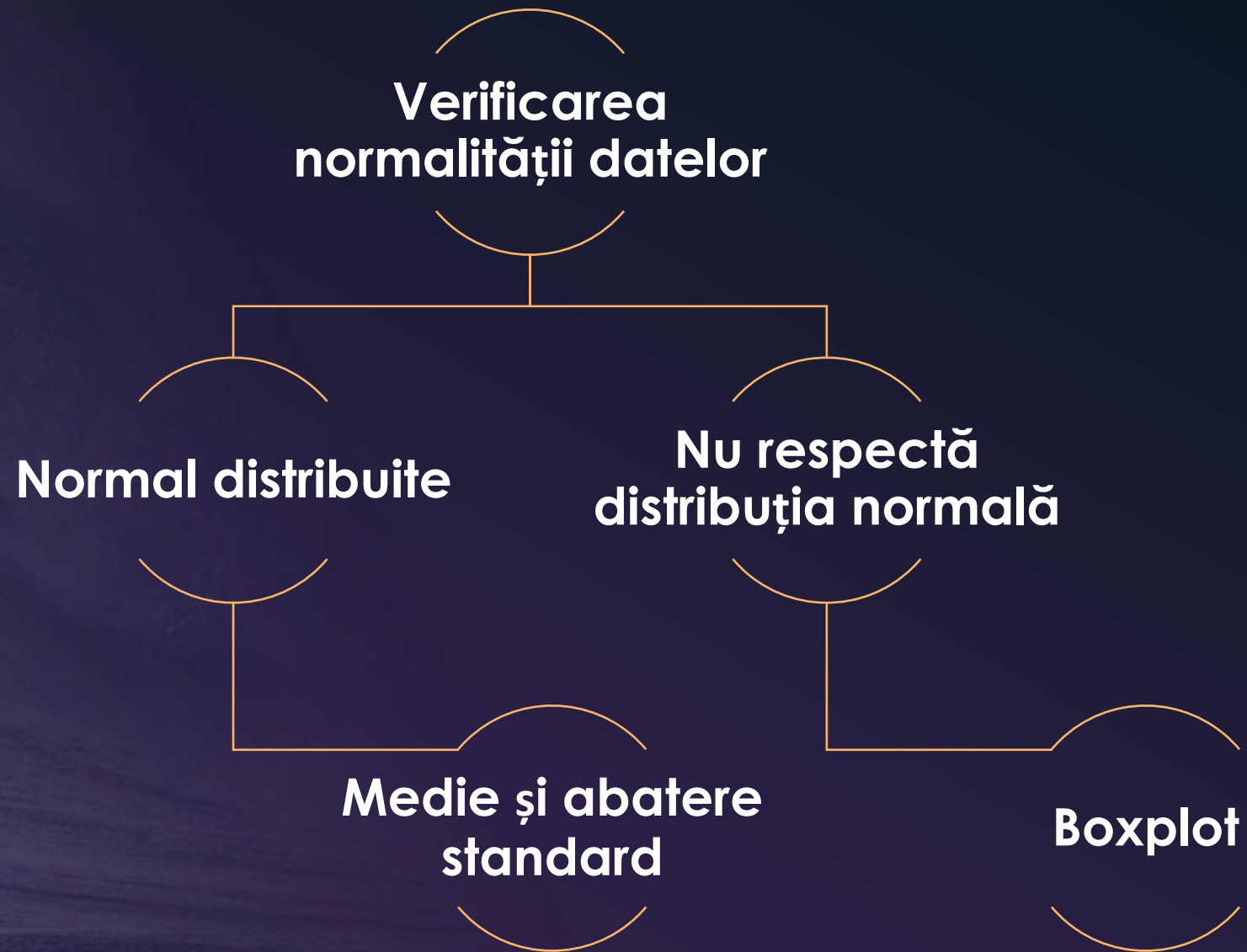
Sunt datele normal distribuite?

- Parametrii de statistică descriptivă care indică distribuția normală:
 - Media, modulul și mediana au valori identice sau apropiate
 - Modulul este apropiat de centrul distribuției
 - Asimetria aproape de 0
 - Boltirea aproape de 0

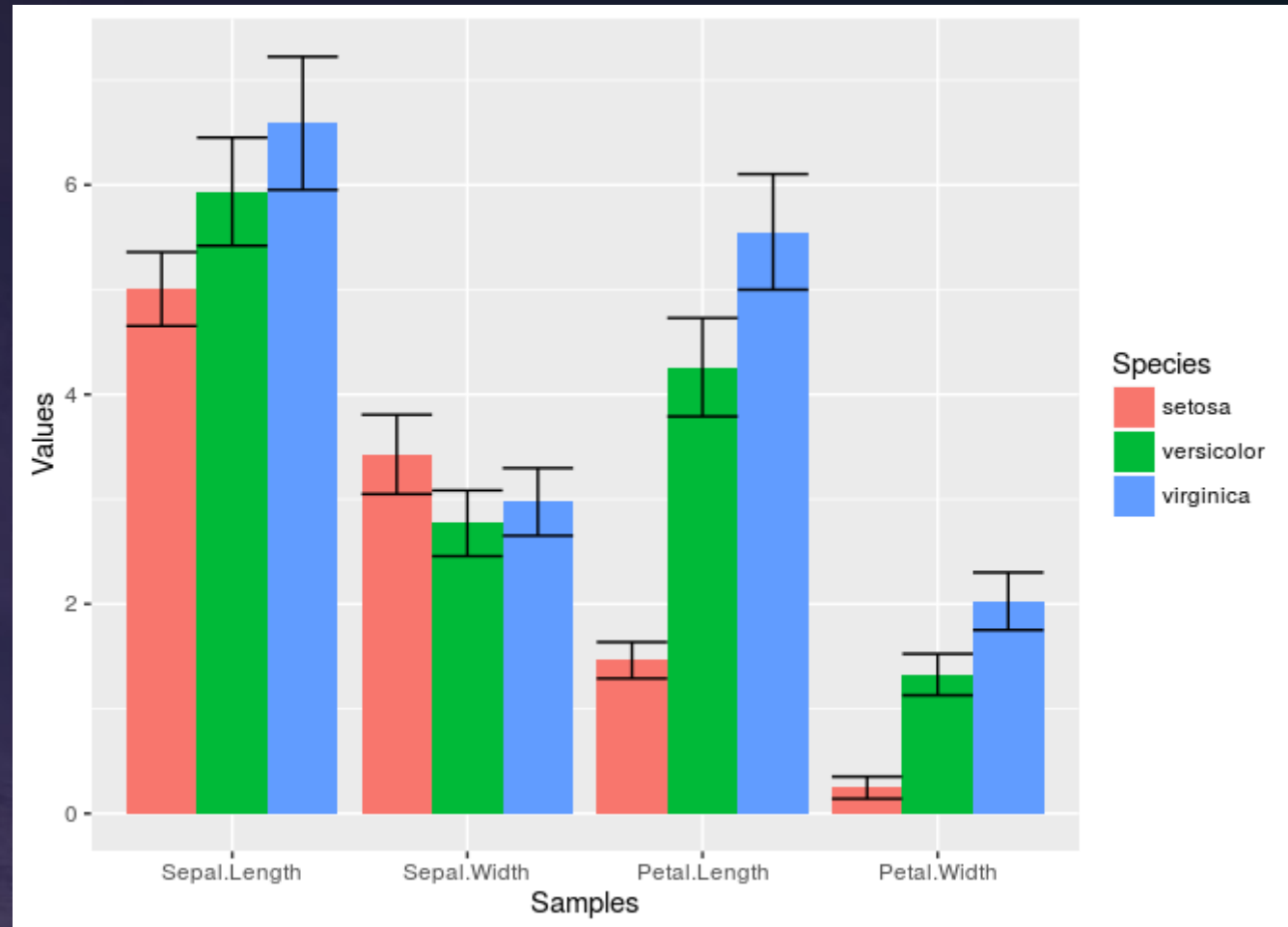
Sunt datele normal distribuite?

- Teste de verificare a normalității datelor:
 - Testul Kolmogorov-Smirnov
 - Dacă $n < 50$ se folosește testul Shapiro-Wilk
- *H_0 = nu există diferențe statistice semnificative între distribuția observată și cea normală*
- *H_1 = există diferențe statistice semnificative între distribuția observată și cea normală*
 - $p < 0,05$ se respinge ipoteza nulă, datele nu sunt normal distribuite

Reprezentarea grafică

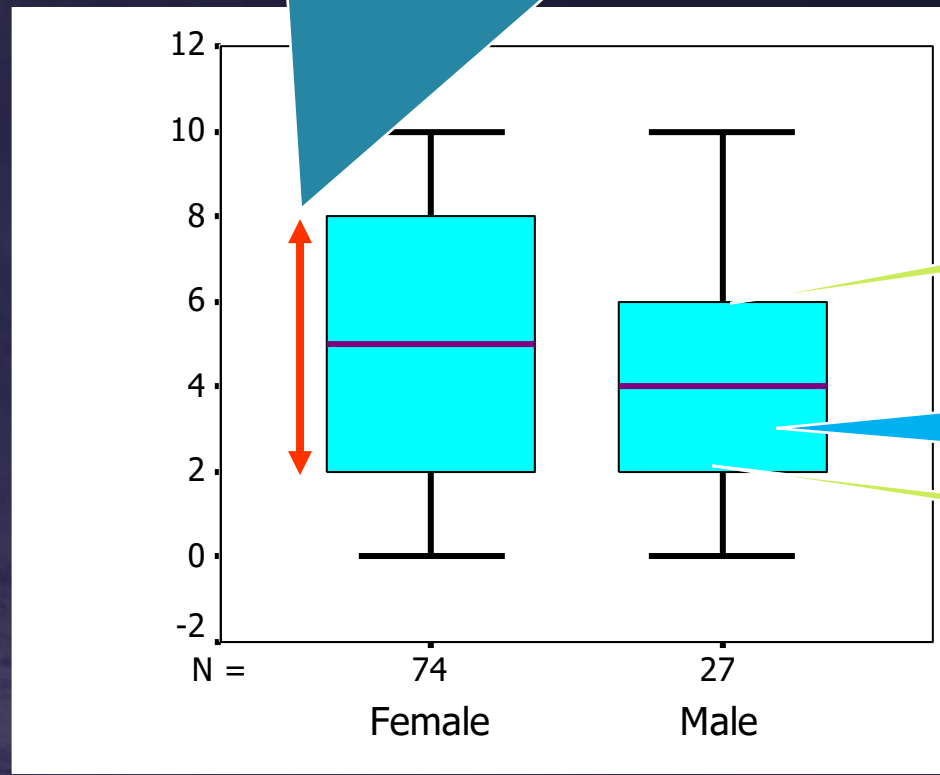


Medie și deviație standard



BOXPLOT (BOX AND WHISKER PLOT)

Interval intercvartilic=Inter-quartile
range = IQR



Percentila de 75%

MEDIANA
(Percentila de
50%)

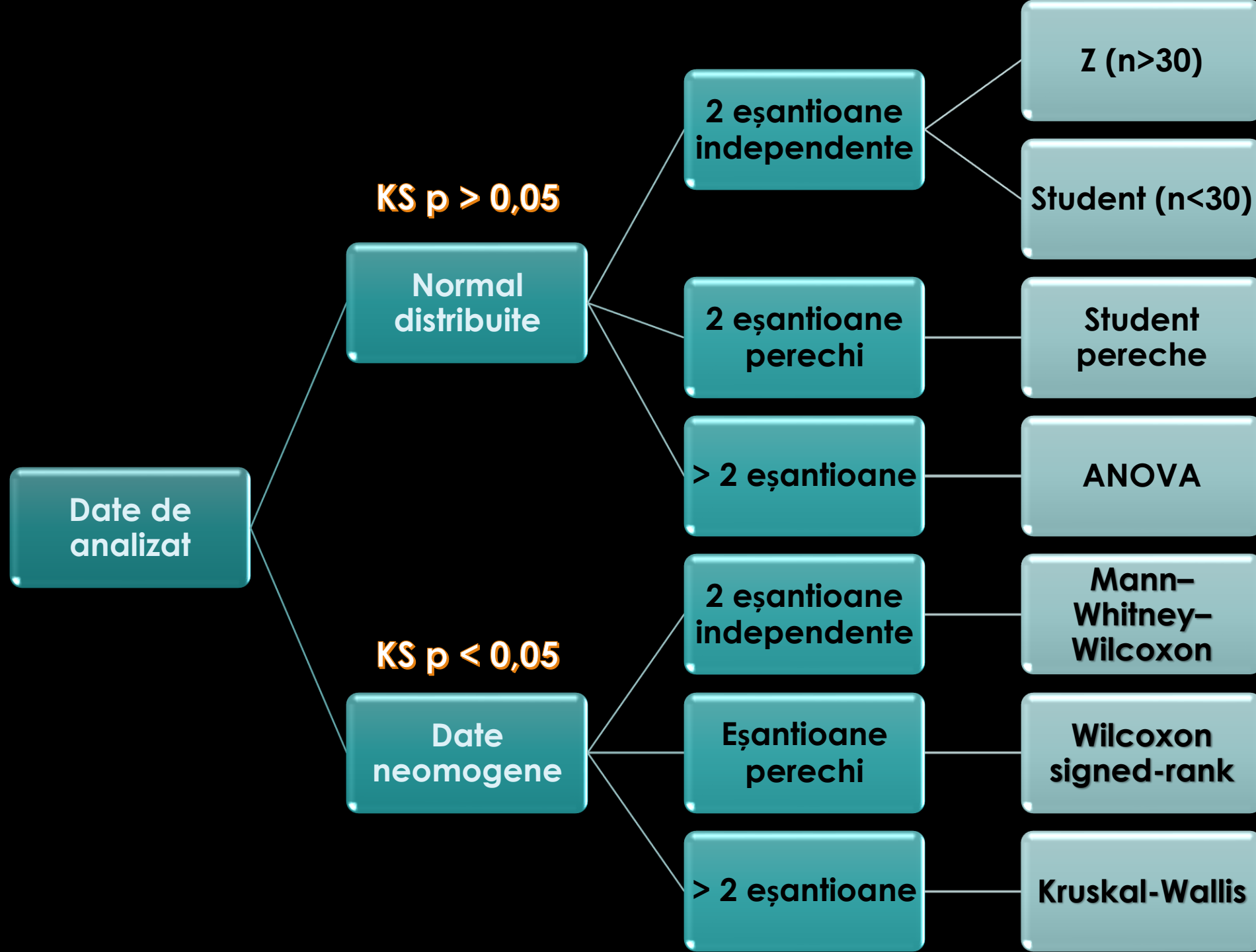
Percentila de 25%

Reprezentarea datelor



Teste parametrice și neparametrice

Teste parametrice	Teste neparametrice echivalente
ANOVA	Kruskal-Wallis
Student (eșantioane independente)	Mann-Whitney U Mann-Whitney-Wilcoxon Wilcoxon-Mann-Whitney Wilcoxon rank-sum
Student (eșantioane pereche)	Wilcoxon signed-rank



A treia temă opțională

- Am parcurs împreună cele mai importante tipuri de studii medicale. De la începutul anului 4 o să începeți să vă căutați un îndrumător pentru realizarea lucrării de licență (care se realizează efectiv în anii 5 și 6).
- Dacă ar fi să alegeți acum tema de cercetare imaginați o astfel de lucrare...
- Data limită 6.07.2023 ora 6.07pm

