Perché è meglio non usare (praticamente mai) l'analisi dei cluster ~~sulle casistiche~~ in psicologia ~~dello sviluppo~~

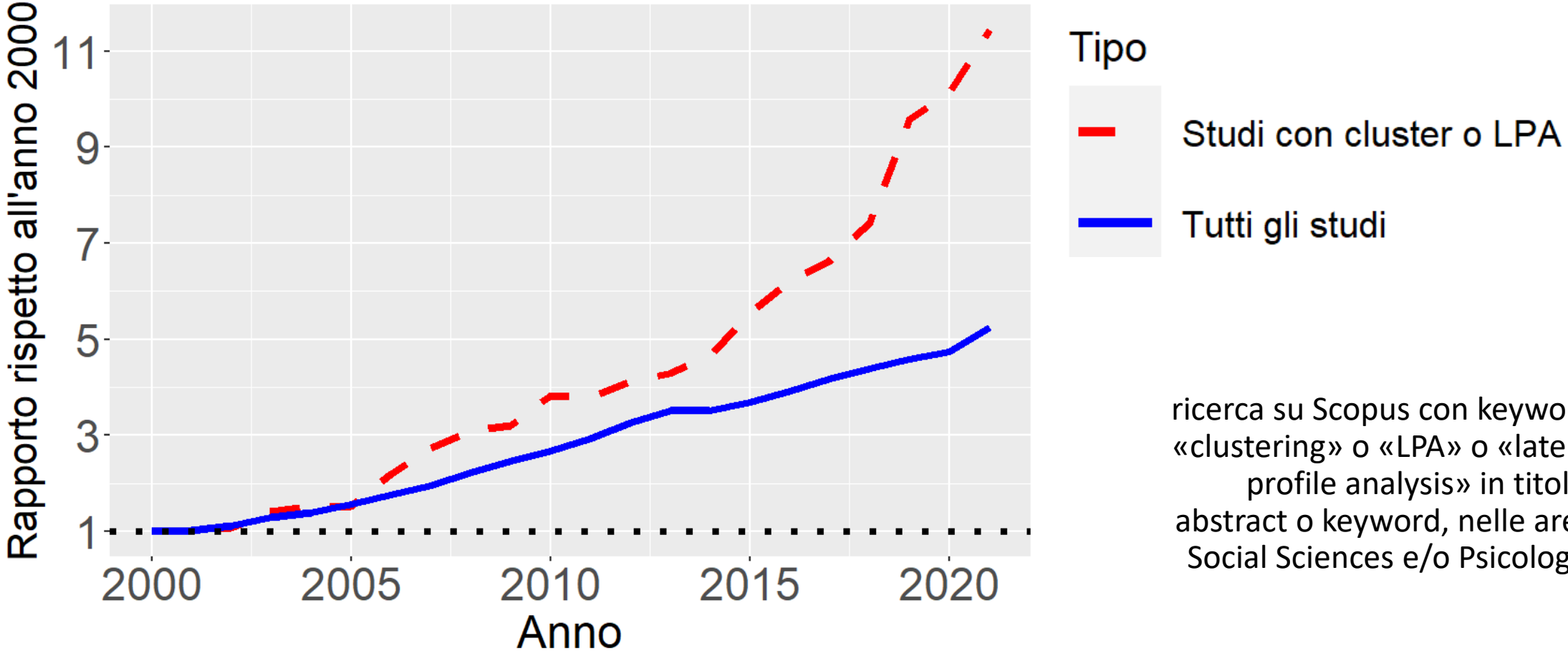
ENRICO TOFFALINI
Dipartimento di Psicologia Generale
Università di Padova

FILIPPO GAMBAROTA
Dipartimento di Psicologia dello Sviluppo e della Socializzazione
Università di Padova

con un grazie al team di lavoro: Paolo Girardi, Ambra Perugini, David Giofrè, Gianmarco Altoè

airipa
XXXI Congresso
21/23 sett 2023
| Foggia

Cresce la popolarità dell'analisi dei cluster in psicologia



ricerca su Scopus con keyword «clustering» o «LPA» o «latent profile analysis» in titolo, abstract o keyword, nelle aree Social Sciences e/o Psicologia

airipa | XXXI Congresso 21/23 sett 2023 | Foggia

Enrico Toffalini, DPG, UNIPD
enrico.toffalini@unipd.it

Cresce la popolarità dell'analisi dei cluster in psicologia

Esempio: un'influente review di **Astle e colleghi (2022)** raccomanda l'uso del *clustering* tra i metodi *data driven* nello studio dei disturbi del neurosviluppo, per «scoprire» i «veri» raggruppamenti *transdiagnostici* delle casistiche… nell'ottica di mettere (giustamente!) in discussione le tradizionali categorie diagnostiche

The Journal of Child Psychology and Psychiatry

ACAMH The Association for Child and Adolescent Mental Health

Volume 63, Issue 4
April 2022
Pages 397-417

Annual Research Review | Open Access

Annual Research Review: The transdiagnostic revolution in neurodevelopmental disorders

Duncan E. Astle, Joni Holmes, Rogier Kievit, Susan E. Gathercole

First published: 23 July 2021 | https://doi.org/10.1111/jcpp.13481 | Citations: 48

airipa XXXI Congresso 21/23 sett 2023 | Foggia

Enrico Toffalini, DPG, UNIPD
enrico.toffalini@unipd.it

Ma di cosa stiamo parlando?

- *Clustering*: insieme di metodi esplorativi che raggruppano «oggetti» simili tra loro, distribuiti in uno spazio (di solito) multidimensionale

- Classico uso in psicologia: «svelare» l'esistenza di *G* sottopopolazioni *finora non rilevate* di individui in una popolazione più ampia, usando *k* indicatori

Esempio: N = 41 partecipanti, «scopro» G = 3 cluster basandomi su v = 2 dimensioni

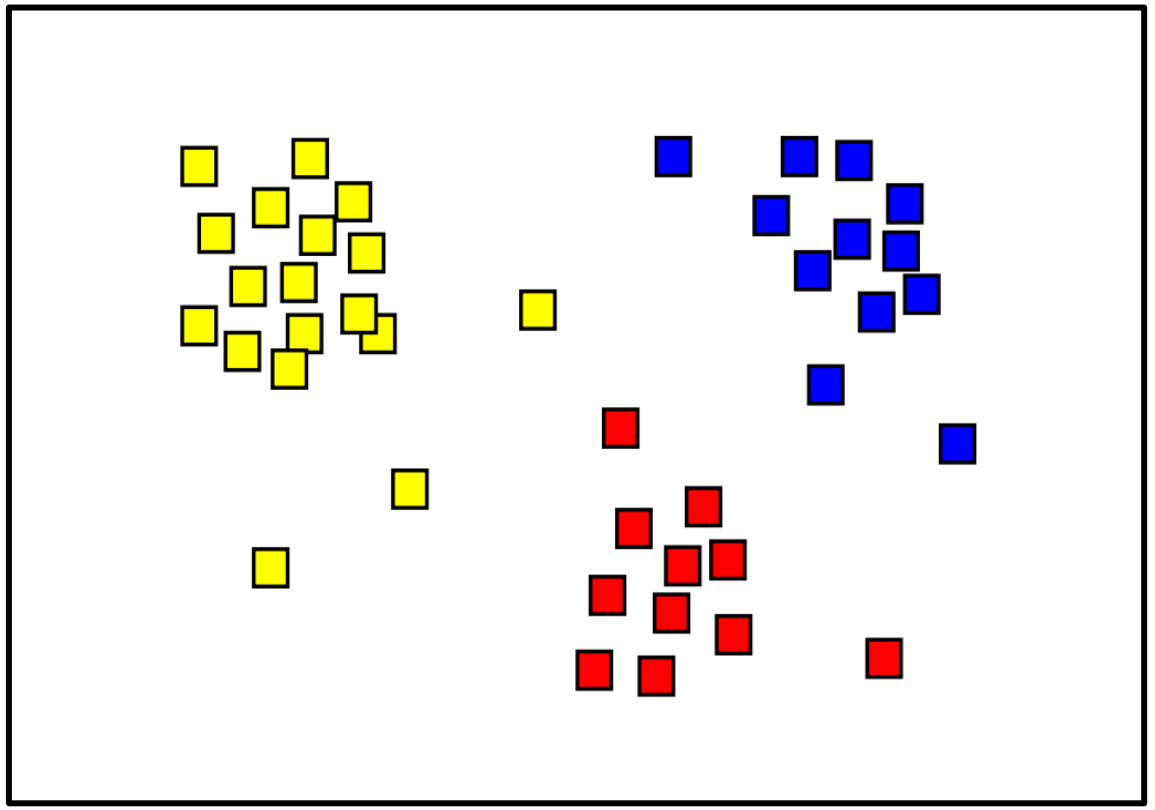
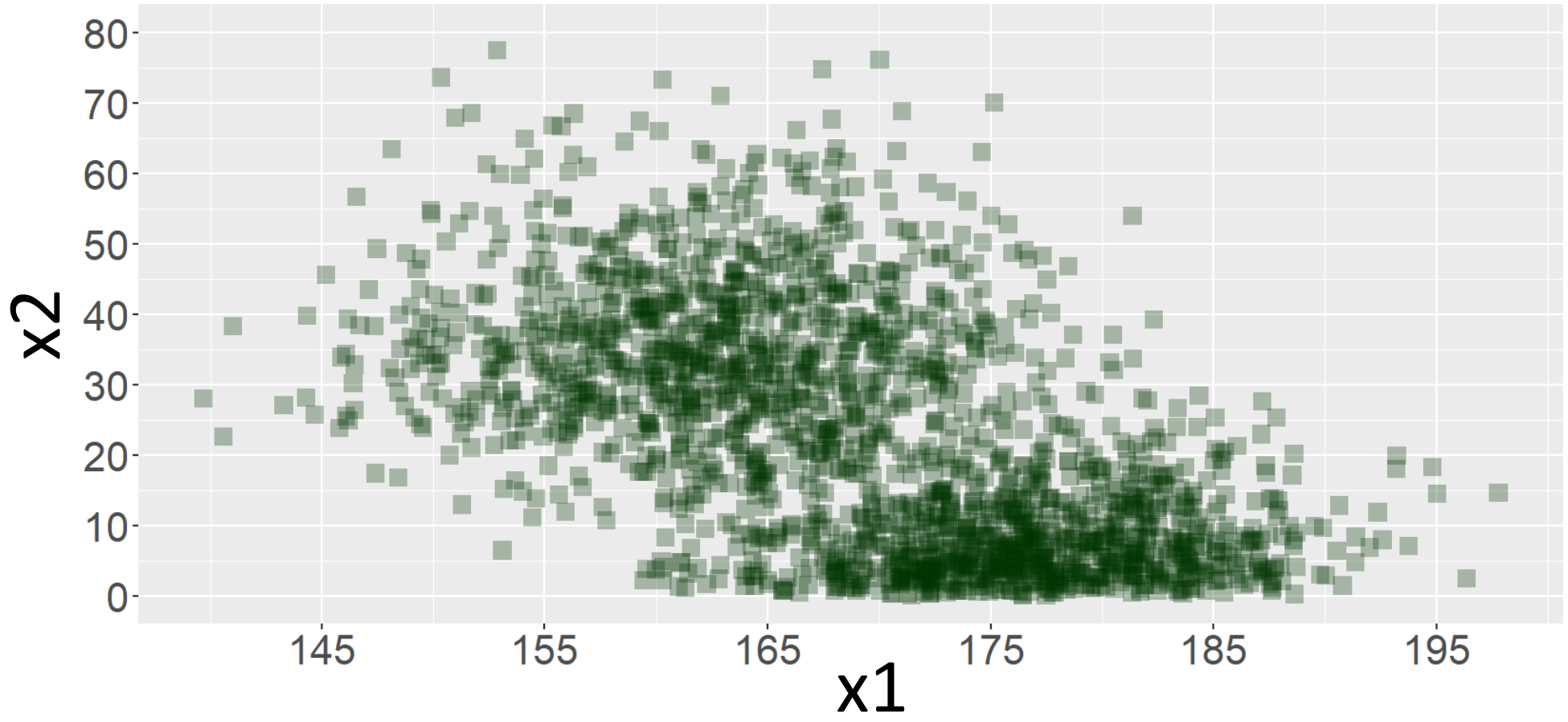


immagine da Wikipedia
https://en.wikipedia.org/wiki/Cluster_analysis

Enrico Toffalini, DPG, UNIPD
enrico.toffalini@unipd.it

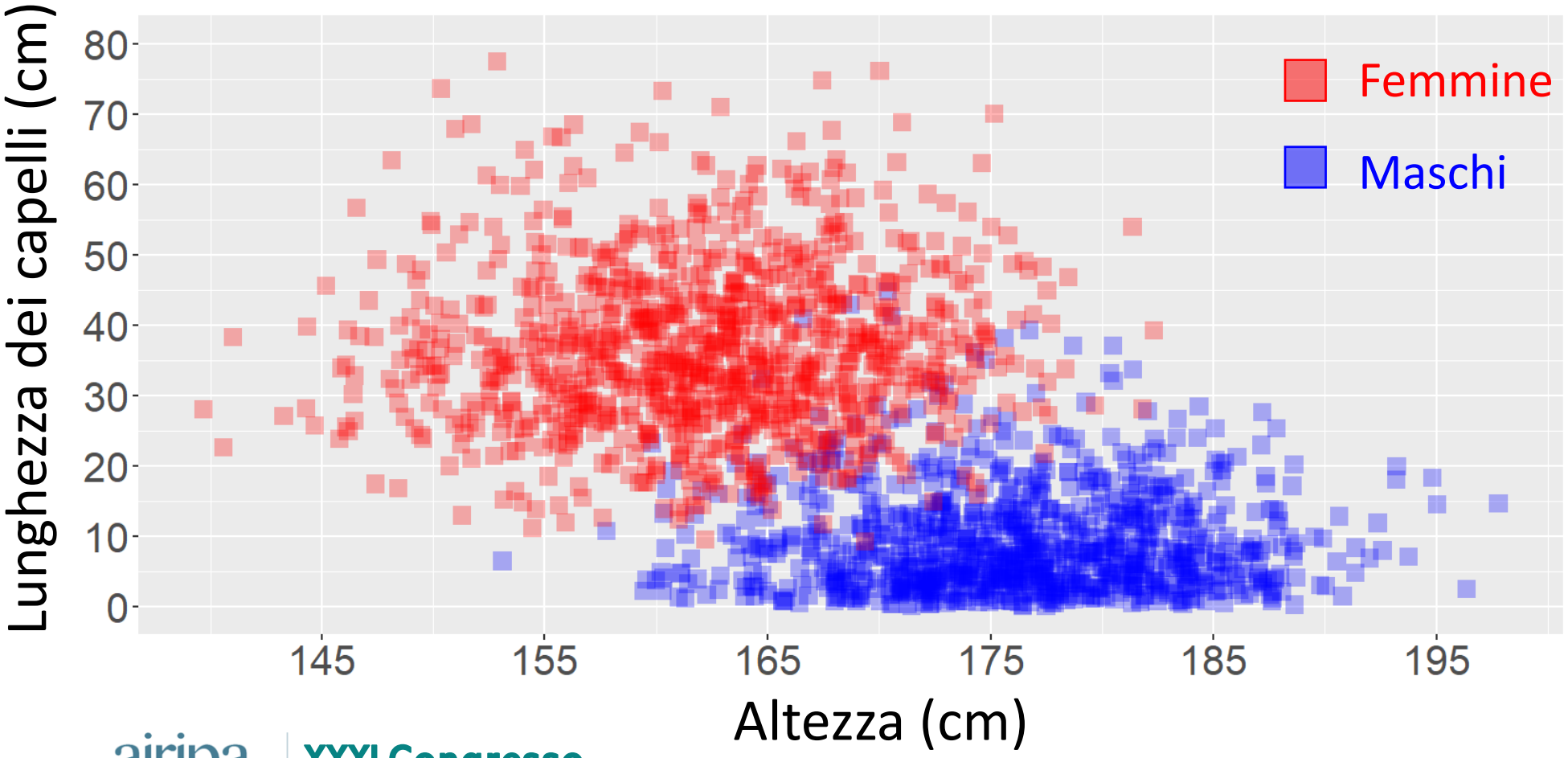
Si vedono, qui, i cluster?



airipa | XXXI Congresso 21/23 sett 2023 | Foggia

Enrico Toffalini, DPG, UNIPD
enrico.toffalini@unipd.it

Si vedono, qui, i cluster?



airipa | XXXI Congresso 21/23 sett 2023 | Foggia

Enrico Toffalini, DPG, UNIPD
enrico.toffalini@unipd.it

Clustering e **inferenza statistica**

Usiamo spesso metodi di clustering per fare inferenza statistica, ad esempio sono famosi:

- ***k-means* clustering** con Duda-Hart test (es. $p < 0.05$) per discriminare uno vs più cluster e valore di Silhouette per stabilirne il numero preciso;

- ***mixture models*** *(model-based*; raccomandato*)* con indice BIC per selezionare la soluzione (modello) migliore e stabilire il numero di cluster/componenti;

Questi sono tra i metodi più frequenti emersi da una review di 191 studi con clustering pubblicati negli scorsi 5 anni (Toffalini et al., 2022)

airipa
XXXI Congresso
21/23 sett 2023
| Foggia

Enrico Toffalini, DPG, UNIPD
enrico.toffalini@unipd.it

1° problema in psicologia: la *potenza*

Nel caso visto prima il clustering funzionava egregiamente… **MA**…

N = 2000 osservazioni; Cohen's *d* = 2.00 su altezza; Cohen's d = 2.72 su lunghezza capelli

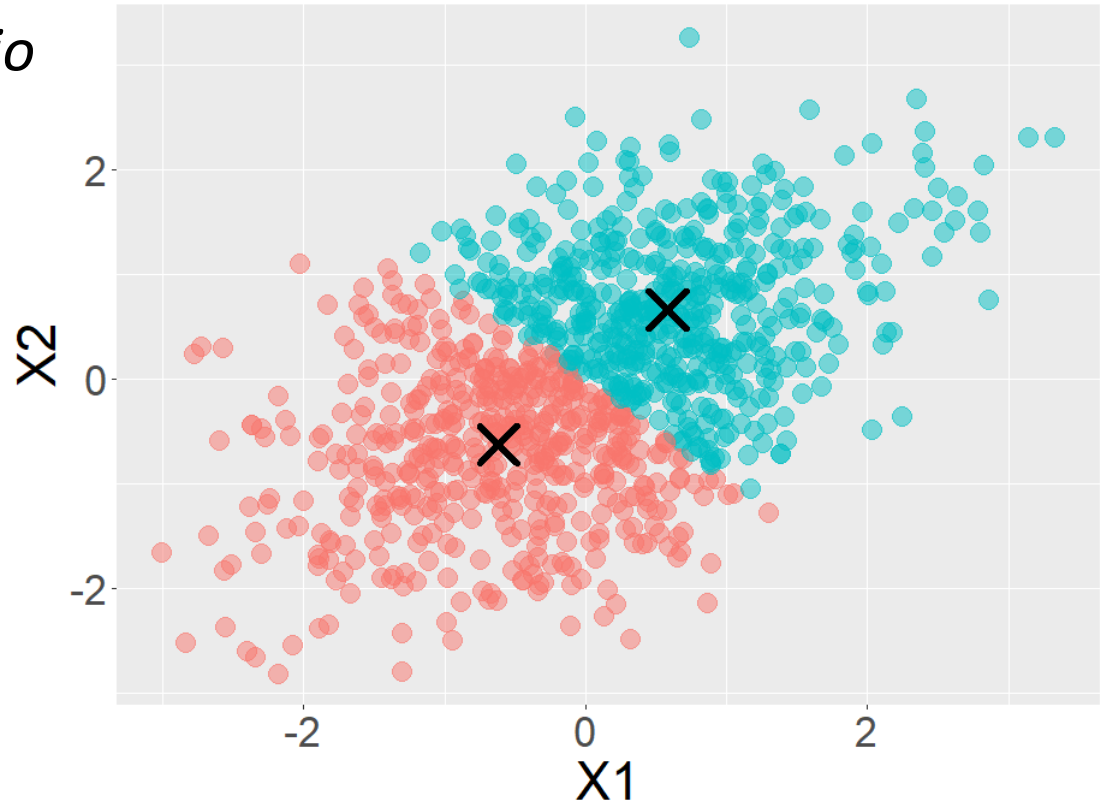
- eh sì… per farvi «vedere» i cluster, ho dovuto ricorrere a un esempio non-psicologico
- Il clustering difficilmente funziona se non abbiamo Cohen's d ≥ 0.80 su diversi indicatori, possibilmente non correlati (es. Tein et al., 2013; Toffalini et al., 2022)
- **MA** in psicologia effetti così ampi sono comunque rari, ed è quasi irragionevole supporli tra sottopopolazioni *non ancora scoperte*

Enrico Toffalini, DPG, UNIPD
enrico.toffalini@unipd.it

2° problema in psicologia: i *falsi positivi*

Metodi non-model based come *k-means*, *PAM*, *hierarchical clustering*, sono estremamente sensibili alla correlazione tra indicatori

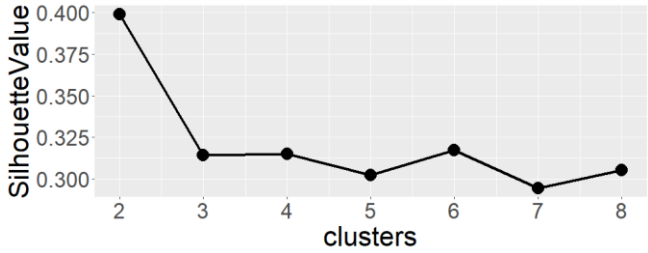
Esempio
PAM
(simile a k-mean)



Simulati N = 1000 casi, normalmente distribuiti, su v = 2 indicatori correlati r = 0.50

Partitioning Aroung Medoids (fpc::pamk) rileva come soluzione ottimale G = 2 **cluster che non esistono**

Duda-Hart test: $p < 0.001$; dh = 0.51



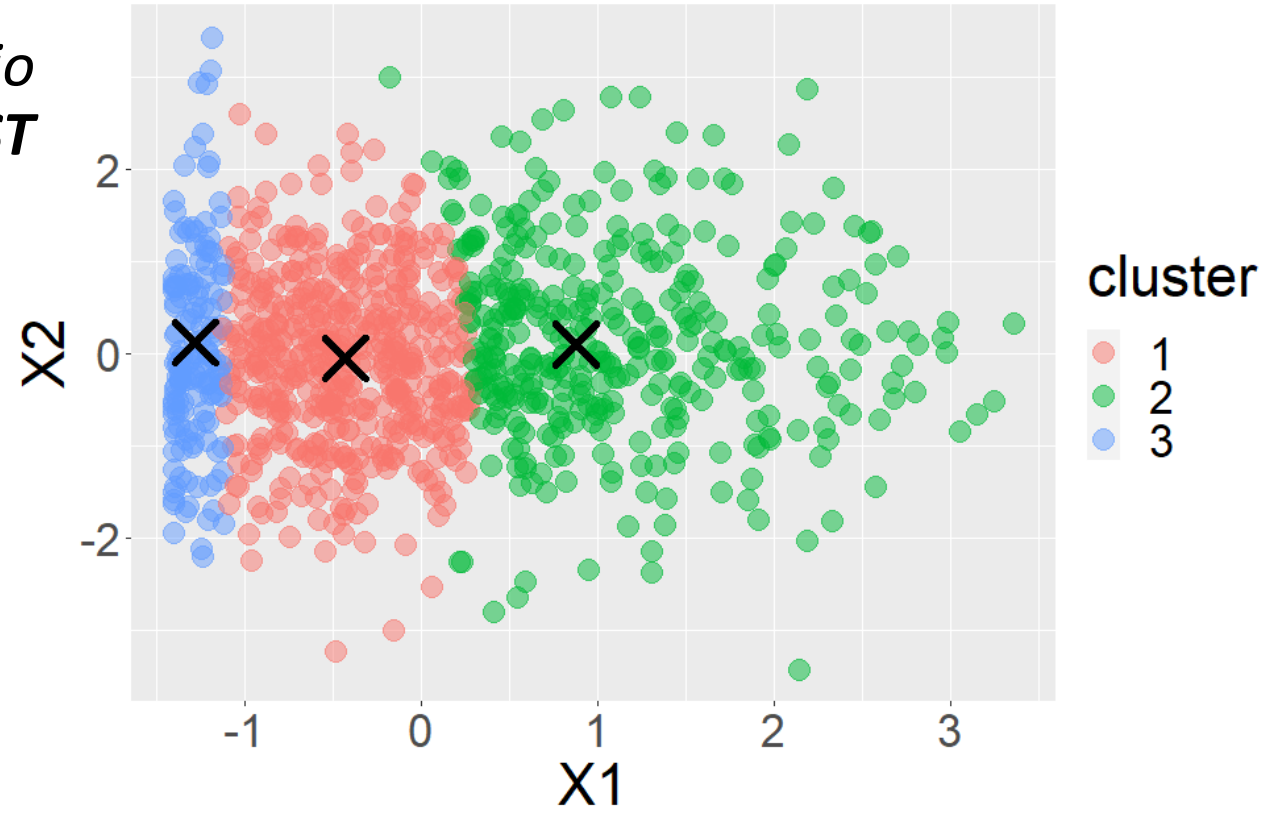
airipa | XXXI Congresso 21/23 sett 2023 | Foggia

Enrico Toffalini, DPG, UNIPD
enrico.toffalini@unipd.it

2° problema in psicologia: i *falsi positivi*

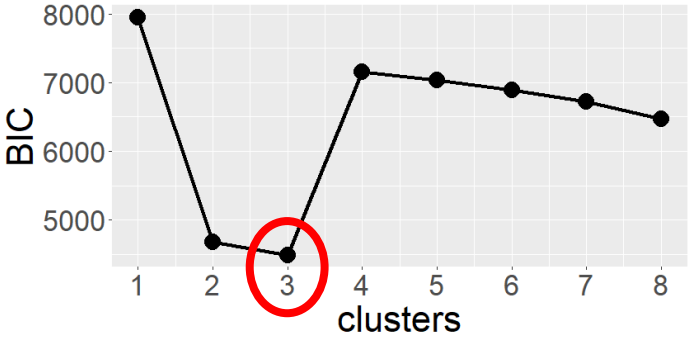
Metodi *model-based* sono sensibili a violazione assunzione distribuzioni

Esempio
MCLUST



Simulati N = 1000 casi, normalmente distribuiti, su v = 2 indicatori non correlati (r = 0.00), ma uno dei due ha skewness = 0.70

mclust (mclust::Mclust) rileva come soluzione ottimale G = 3
cluster che non esistono

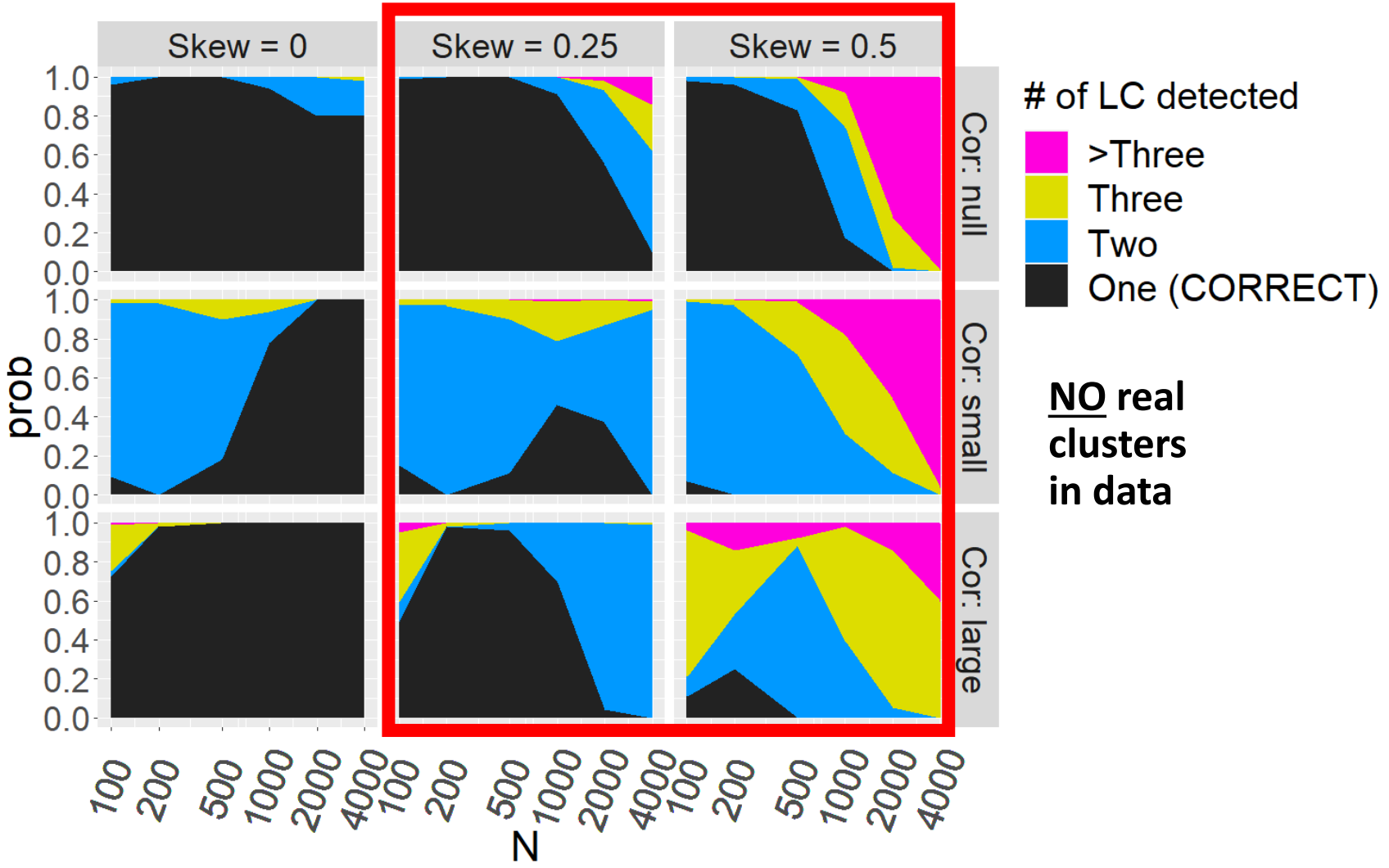


airipa | XXXI Congresso 21/23 sett 2023 | Foggia

Enrico Toffalini, DPG, UNIPD
enrico.toffalini@unipd.it

2° problema in psicologia: i *falsi positivi*

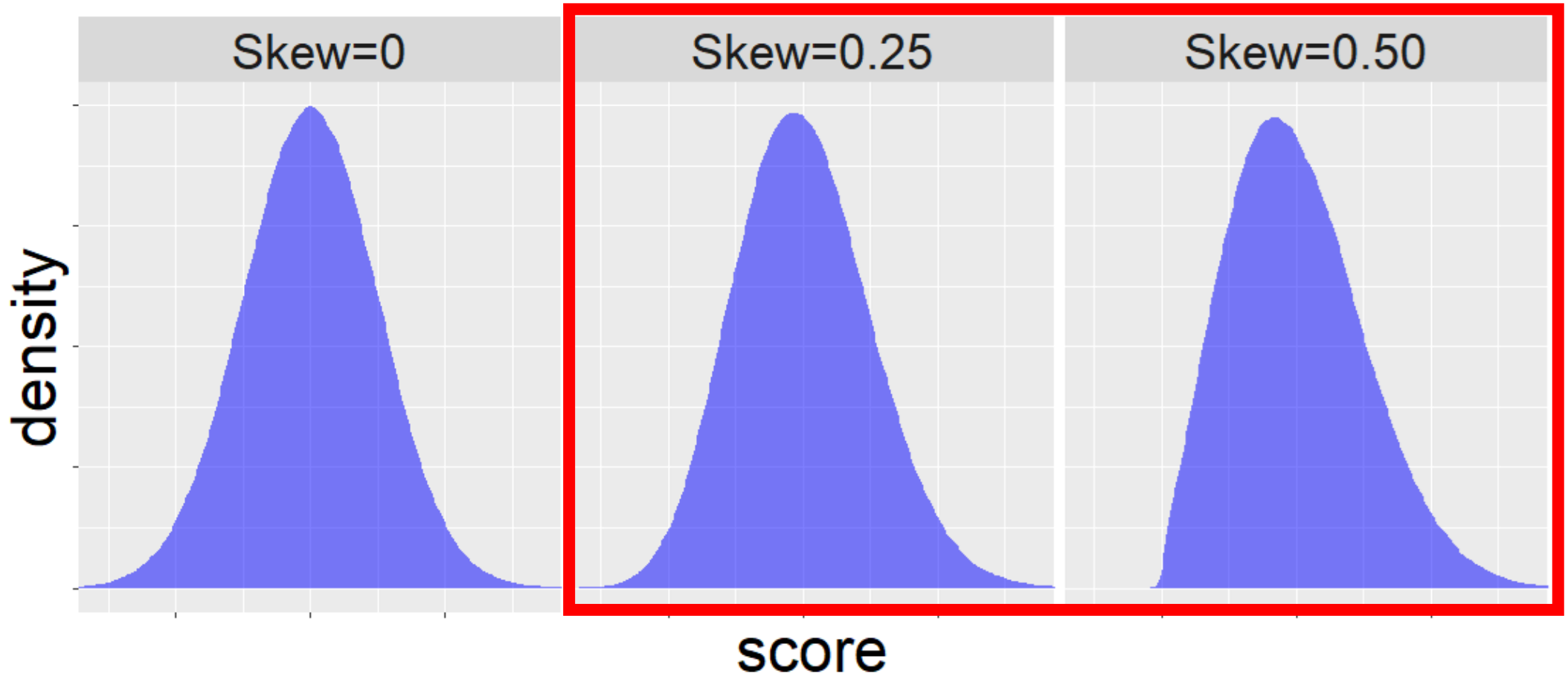
Metodi model-based come il Gaussian mixture model <u>sono estremamente sensibili a violazione delle assunzioni sulle distribuzioni</u>, tanto più quanto più grandi sono i campioni



<u>NO</u> real clusters in data

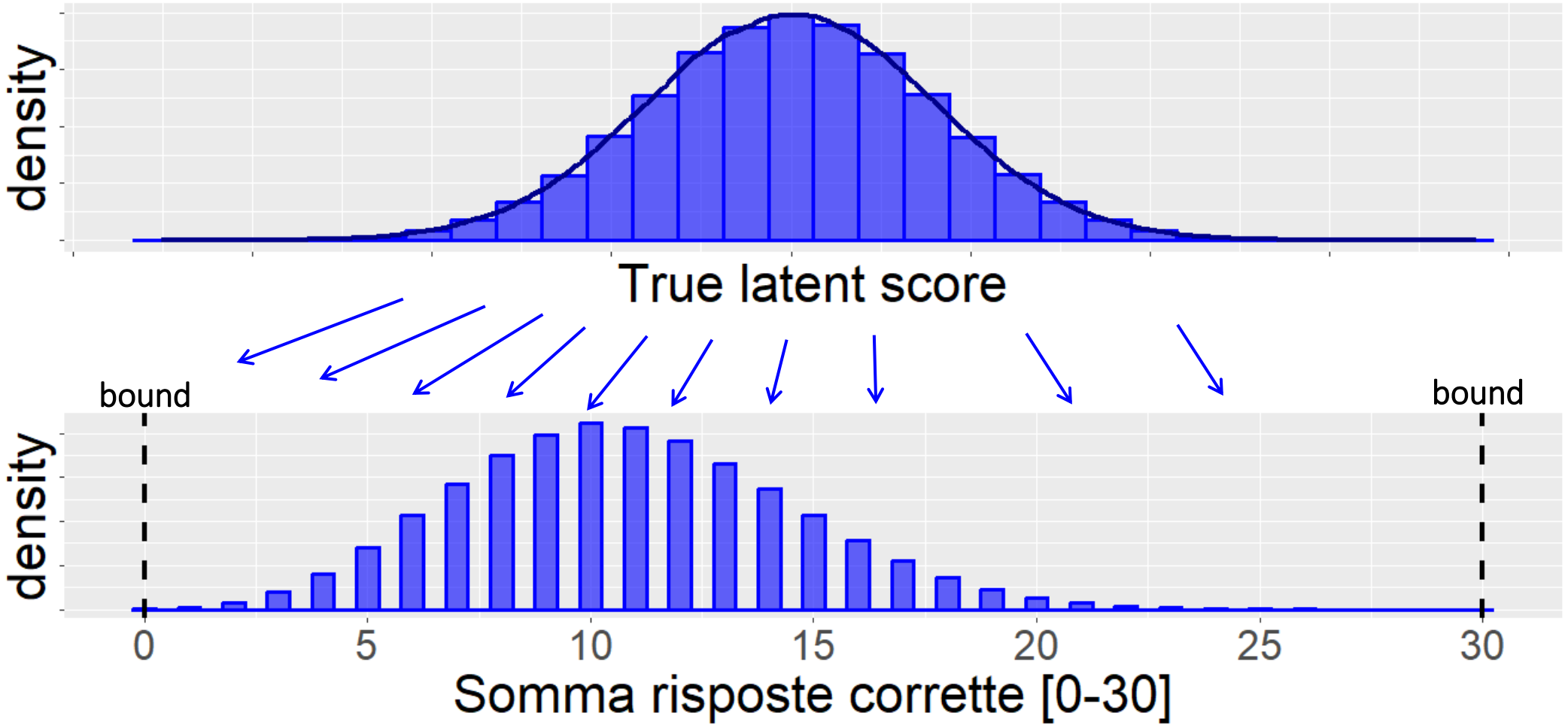
Enrico Toffalini, DPG, UNIPD
enrico.toffalini@unipd.it

2° problema in psicologia: i *falsi positivi*



Enrico Toffalini, DPG, UNIPD
enrico.toffalini@unipd.it

Come si genera una skewness di 0.25? *Esempio:*

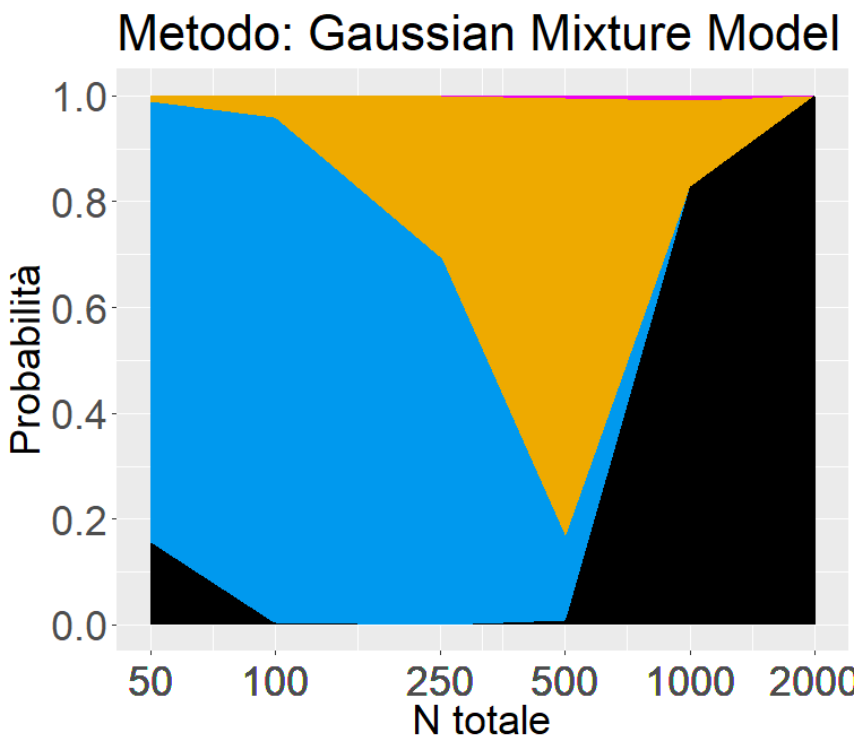


airipa
XXXI Congresso
21/23 sett 2023
| Foggia

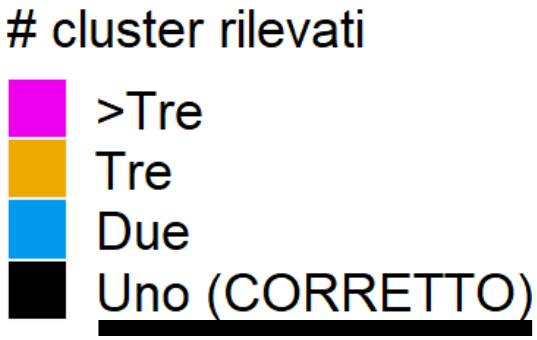
Enrico Toffalini, DPG, UNIPD
enrico.toffalini@unipd.it

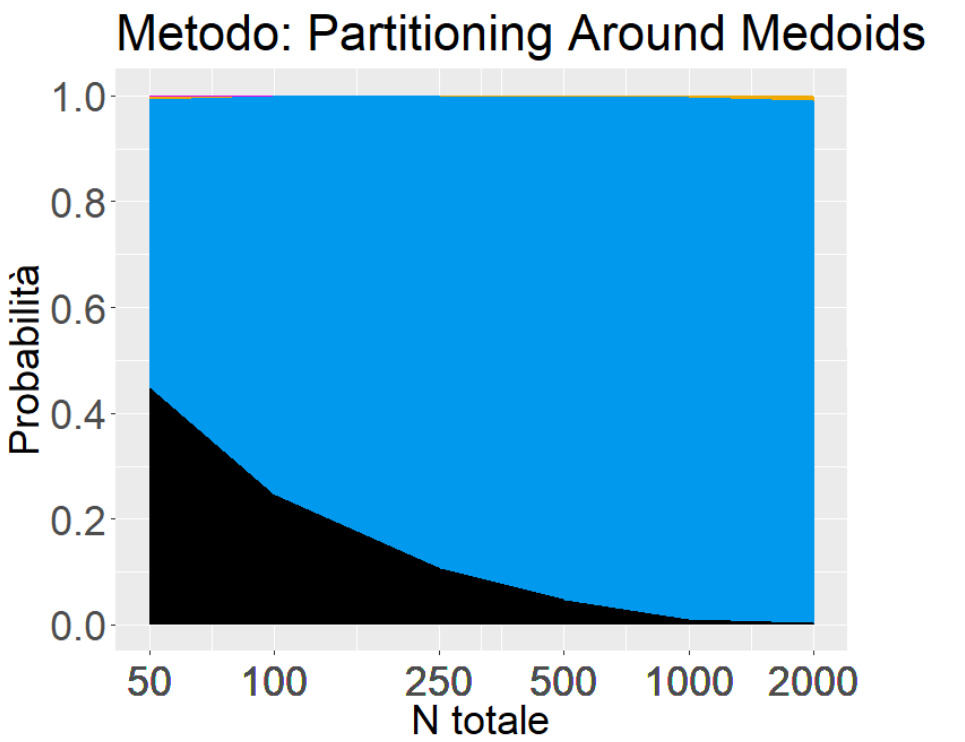
2° problema in psicologia: i *falsi positivi*

QUINDI violazione di assunzioni o talvolta anche solo combinazioni «sfortunate» di parametri portano a trovare più cluster di quanti ne esistano realmente



ES. dati simulati con v = 12 indicatori, correlati mediamente r = 0.20 e UN SOLO VERO CLUSTER





airipa | XXXI Congresso 21/23 sett 2023 | Foggia

Enrico Toffalini, DPG, UNIPD
enrico.toffalini@unipd.it

In conclusione

→ Metodi *non model based* come *k-means e PAM* (ma anche model-based con N medio-piccoli) vi fregano quando gli indicatori sono correlati, anche debolmente… e in psicologia lo sono quasi sempre

→ Metodi *model based* vi fregano se le distribuzioni non rispettano le assunzioni… e in psicologia succede quasi sempre

→ I rischi di falsi positivi sono spesso tanto più gravi quanto maggiore è l'N! … e comunque con effetti piccoli dovete avere N grandi, il che in psicologia vale quasi sempre

Enrico Toffalini, DPG, UNIPD
enrico.toffalini@unipd.it

Siete i soliti disfattisti! Diteci cosa dobbiamo fare

- Prendete i vostri dati e valutate voi stessi *a priori* i rischi, applicando diversi metodi di clustering
- Come? Simuli dati sotto H_0 e sotto H_1 e valuti i rischi via Monte Carlo
- Cioè cosa simulo? Dati multivariati con una certa distribuzione (es. Gaussiana), N soggetti, v dimensioni, date correlazioni, skewness, curtosi, … (molto utile semTools::mvrnonnorm)

Seguirà tutorial (*stay tuned*)

airipa
XXXI Congresso
21/23 sett 2023
| Foggia

Enrico Toffalini, DPG, UNIPD
enrico.toffalini@unipd.it

Grazie per l'attenzione

ENRICO TOFFALINI
enrico.toffalini@unipd.it

FILIPPO GAMBAROTA
filippo.gambarota@unipd.it

con un grazie al team di lavoro: Paolo Girardi, Ambra Perugini, David Giofrè, Gianmarco Altoè

airipa | XXXI Congresso 21/23 sett 2023 | Foggia