

# Αιτιότητα, Μεταβλητότητα και Ερευνητικός Σχεδιασμός

# Βασικές Έννοιες – Ανακεφαλαίωση

## 1. Εξαρτημένη Μεταβλητή

Αυτή που προσπαθούμε να εξηγήσουμε

## 2. Ανεξάρτητη Μεταβλητή

Αυτή που χρησιμοποιούμε για εξήγηση

## 3. Λεκτικές Εξισώσεις

εξαρτημένη = ανεξάρτητη + άλλα πράγματα

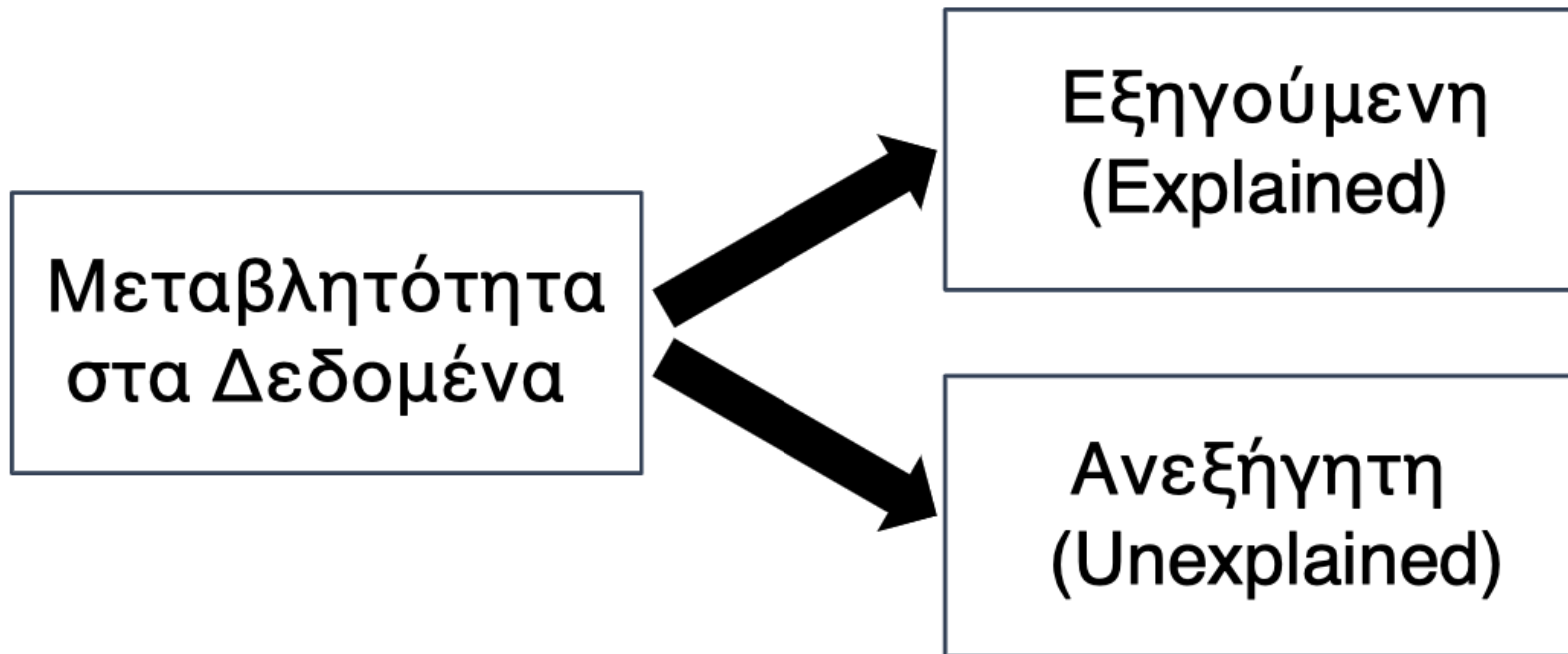
## 4. Διαγραμματική Αναπαράσταση

Διαγράμματα διασποράς, Jitter, Boxplot, Ιστογράμματα

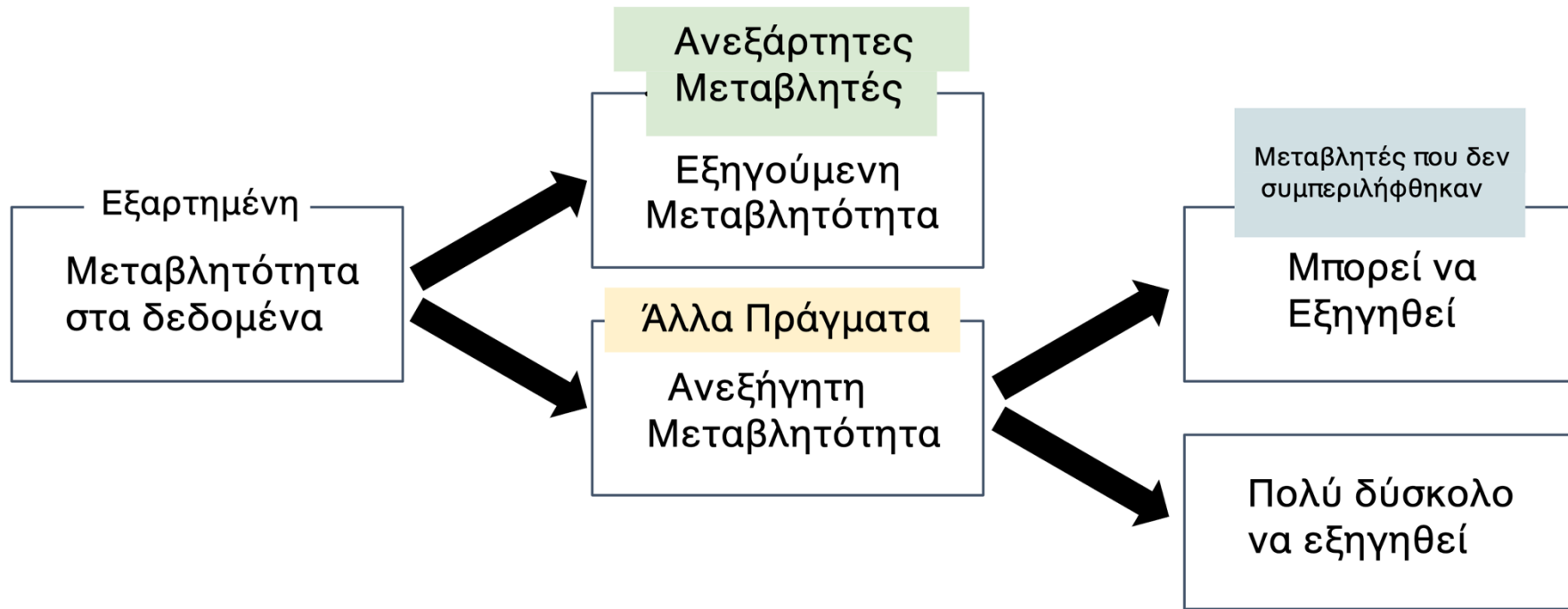
### Βασικό Μήνυμα:

Η εξήγηση μεταβλητότητας είναι η καρδιά της στατιστικής ανάλυσης. Χρησιμοποιούμε μια μεταβλητή για να προβλέψουμε ή να κατανοήσουμε μια άλλη.

# Πηγές Μεταβλητότητας



# Πηγές Μεταβλητότητας



\* Η Ανεξήγητη Μεταβλητότητα Μπορεί να Θεωρηθεί ως Τυχαία (Random)

# Εξήγηση Μεταβλητότητας

- Η **εξαρτημένη μεταβλητή** παρουσιάζει μεταβλητότητα
- Χρησιμοποιούμε **ανεξάρτητες μεταβλητές** για να εξηγήσουμε τη μεταβλητότητα
- Προσθέτοντας περισσότερες ανεξάρτητες μεταβλητές μειώνουμε την ανεξήγητη μεταβλητότητα
- Αλλά τι σημαίνει πραγματικά να «εξηγούμε» τη μεταβλητότητα;

# Σενάριο Α: Μέγεθος Παπουτσιού

## Το Πρόβλημα

Παιδιά με μεγαλύτερα παπούτσια έχουν καλύτερες επιδόσεις σε τεστ γνωστικής ανάπτυξης

## Λανθασμένο Συμπέρασμα

Ερευνητές: «Αγοράστε μεγαλύτερα παπούτσια για να βελτιώσετε τις επιδόσεις!»

## Το Σφάλμα

- **Συγχυτική μεταβλητή:** Η ηλικία!
- Μεγαλύτερα παιδιά → Μεγαλύτερα παπούτσια + Καλύτερες επιδόσεις
- Το μέγεθος παπουτσιού δεν επηρεάζει την επίδοση

# Σενάριο Β: Ρούχα και Θερμοκρασία

## Το Πρόβλημα

Υψηλότερες θερμοκρασίες όταν οι άνθρωποι φοράνε ελαφριά ρούχα

## Λανθασμένο Συμπέρασμα

Ερευνητές: «Ντυθείτε πιο σεμνά για να καταπολεμήσουμε την υπερθέρμανση!»

## Το Σφάλμα

### Πρόβλημα αιτιακής κατεύθυνσης

- Η υψηλή θερμοκρασία οδηγεί σε ελαφριά ενδυμασία
- Όχι το αντίστροφο!

# Το Πρόβλημα της Αιτιότητας

## Συσχέτιση $\neq$ Αιτιότητα

- Δύο μεταβλητές μπορεί να σχετίζονται χωρίς να υπάρχει αιτιακή σχέση
- **Πρόβλημα αιτιακής κατεύθυνσης:** Ποια μεταβλητή προκαλεί την άλλη;
- **Πρόβλημα συγχυτικών παραγόντων:** Άλλες, «κρυμμένες» μεταβλητές που εξηγούν και τις δύο
- Η συσχέτιση επιτρέπει πρόβλεψη αλλά όχι κατανόηση αιτίας

# Γιατί Μας Ενδιαφέρει η Αιτιότητα;

- **Κατανόηση:** Να γνωρίζουμε γιατί τα πράγματα εξελίσσονται όπως εξελίσσονται
- **Παρέμβαση:** Να αλλάζουμε αποτελέσματα (π.χ., βελτίωση επιδόσεων, επίδραση στην κλιματική αλλαγή)
- **Έλεγχος:** Να μπορούμε να αλλάξουμε κάτι και να δούμε την επίδραση
- Η ικανότητα παρέμβασης είναι η κοινή μας αντίληψη της αιτιότητας

# Τύποι Ερευνητικών Σχεδιασμών

## 1. Μελέτη Συσχέτισης (Correlational/Observational Study)

- Λήψη τυχαίου (;) δείγματος και μέτρηση μεταβλητών
- Δεν ελέγχουμε τίποτα, μόνο παρατηρούμε
- **Πλεονέκτημα:** Απλό, μερικές φορές το μόνο εφικτό
- **Μειονέκτημα:** Δύσκολη η αιτιακή ερμηνεία

# Τύποι Ερευνητικών Σχεδιασμών

## 2. (Ημι)πειραματικός Σχεδιασμός

- **Χειραγώγηση** της ανεξάρτητης μεταβλητής
- **Τυχαία ανάθεση** σε ομάδες (πειραματική vs ελέγχου)
- Μέτρηση της εξαρτημένης μεταβλητής
- Διαφορές μεταξύ ομάδων → Αιτιακό συμπέρασμα

# Παράδειγμα: Το Πείραμα του Φιλοδωρήματος

## Υπόθεση

Χαμογελαστό προσωπάκι στον λογαριασμό → Μεγαλύτερο φιλοδώρημα;

## Μια μη αποτελεσματική προσέγγιση θα ήταν...

Σερβιτόρος δοκιμάζει σε μερικά τραπέζια → Λαμβάνει μεγάλο φιλοδώρημα

- Ίσως ήταν γενναιόδωροι πελάτες ούτως ή άλλως
- Ίσως το φαγητό ήταν εξαιρετικό
- Ίσως ο ενθουσιασμός του σερβιτόρου έπαιξε ρόλο

# Πειραματικός Σχεδιασμός

## Βήματα

- **Δείγμα:** Πολλά τραπέζια
- **Τυχαία ανάθεση:** Κάθε τραπέζι σε πειραματική ή ομάδα ελέγχου
- **Πειραματική ομάδα:** Χαμογελαστό προσωπάκι στον λογαριασμό
- **Ομάδα ελέγχου:** Απλός λογαριασμός
- **Μέτρηση:** Μέσος όρος φιλοδώρηματος ανά ομάδα
- **Συμπέρασμα:** Διαφορά μεταξύ ομάδων = Αιτιακή σχέση

# Τυχαία Ανάθεση vs Τυχαία Δειγματοληψία

## Τυχαία Δειγματοληψία

Επιλογή δείγματος από πληθυσμό χωρίς μεροληψία

## Τυχαία Ανάθεση

Επιλογή ποιοι από το δείγμα θα είναι σε διαφορετικές πειραματικές συνθήκες

Προσοχή: Είναι διαφορετικές έννοιες!

Η τυχαία ανάθεση είναι το κλειδί για αιτιακά συμπεράσματα

# Η Ομορφιά της Τυχαίας Ανάθεσης

## Πώς Λειτουργεί

- Δημιουργεί **συγκρίσιμες ομάδες**
- Οι διαφορές μεταξύ των ομάδων είναι τυχαίες
- **Εξουδετερώνει συγχυτικές μεταβλητές**
- Γενναιόδωρα τραπέζια → Ισομερώς κατανεμημένα σε όλες τις ομάδες
- Τσιγκούνικα τραπέζια → Ισομερώς κατανεμημένα σε όλες τις ομάδες
- Οι επιδράσεις των συγχυτικών παραγόντων εξουδετερώνονται μακροπρόθεσμα

# Μεταβλητότητα Εντός Ομάδων

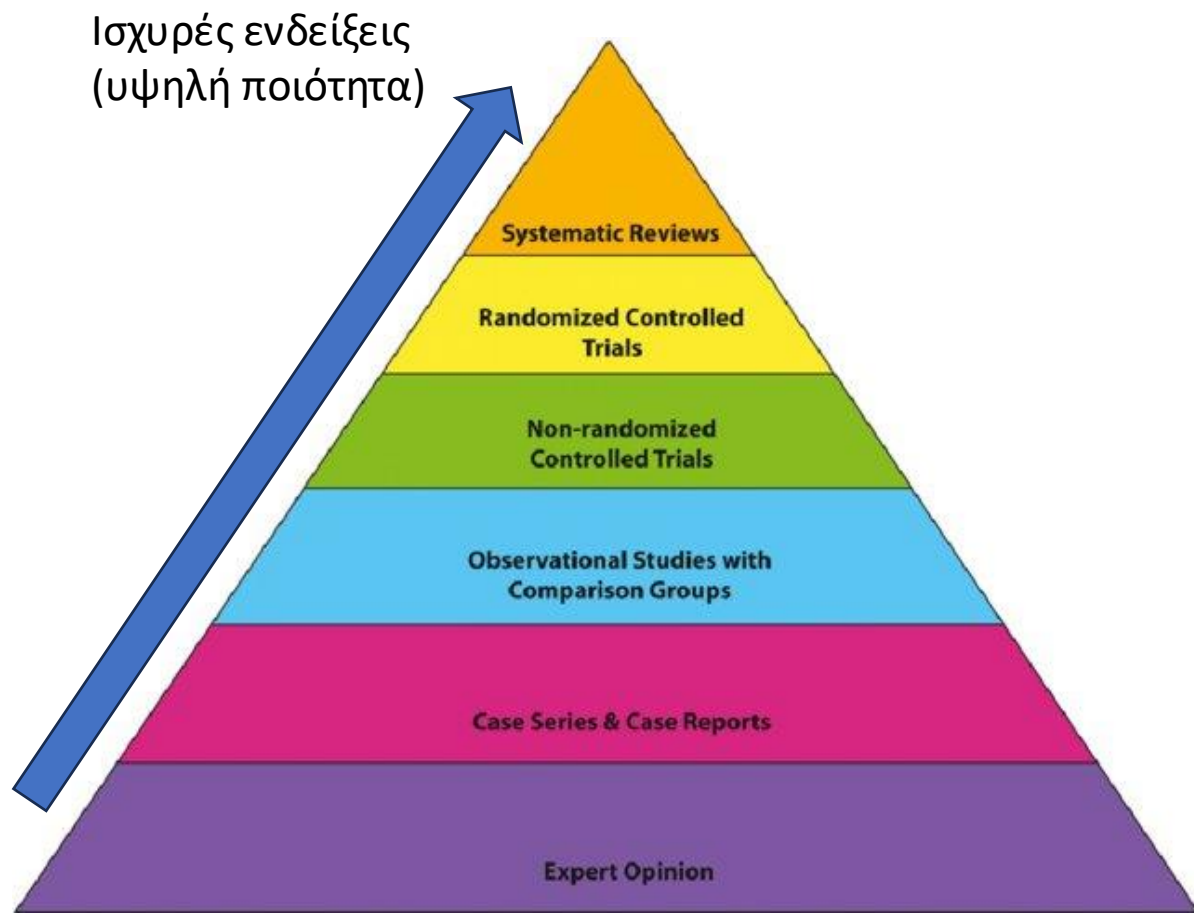
- Αναπόφευκτα υπάρχει **μεταβλητότητα** στην εξαρτημένη μεταβλητή μέσα σε κάθε ομάδα
- Π.χ., τα φιλοδωρήματα διαφέρουν για πολλούς λόγους
- Αυτή η μεταβλητότητα μοντελοποιείται ως **τυχαία διαδικασία**
- Αργότερα θα μάθουμε πώς να τη λαμβάνουμε υπόψη στα συμπεράσματά μας

# Βασικά Συμπεράσματα

- **Συσχέτιση  $\neq$  Αιτιότητα**
- Προσοχή στην αιτιακή κατεύθυνση και τους συγχυτικούς παράγοντες
- **Πειραματικός σχεδιασμός** με τυχαία ανάθεση = Χρυσό πρότυπο
- Η τυχαία ανάθεση εξουδετερώνει συγχυτικές μεταβλητές
- Ο ερευνητικός σχεδιασμός είναι κρίσιμος για αιτιακά συμπεράσματα

# Η Πυραμίδα των Ενδείξεων

Αδύναμες ενδείξεις  
(χαμηλή ποιότητα)



# Το Πείραμα του Φιλοδωρήματος

- **TableID** - Αριθμός Τραπεζιού
- **Tip** - Φιλοδωρήμα ως % του λογαριασμού
- **Condition** - Πειραματική συνθήκη στην οποία ανατέθηκε κάθε τραπέζι (**Control** = Ελέγχου, **Smiley Face** = Χαμογελαστό προσωπάκι)
- **Check** - Ποσό λογαριασμού σε \$
- **FoodQuality** - Αντιλαμβανόμενη ποιότητα φαγητού

```
head(TipExperiment)
```

|   | TableID | Tip | Condition | Check  | FoodQuality |
|---|---------|-----|-----------|--------|-------------|
| 1 | 1       | 39  | Control   | 194.03 | 54.9        |
| 2 | 2       | 36  | Control   | 352.94 | 51.7        |
| 3 | 3       | 34  | Control   | 382.02 | 60.5        |
| 4 | 4       | 34  | Control   | 204.82 | 56.7        |
| 5 | 5       | 33  | Control   | 146.67 | 51.0        |
| 6 | 6       | 31  | Control   | 254.10 | 43.3        |

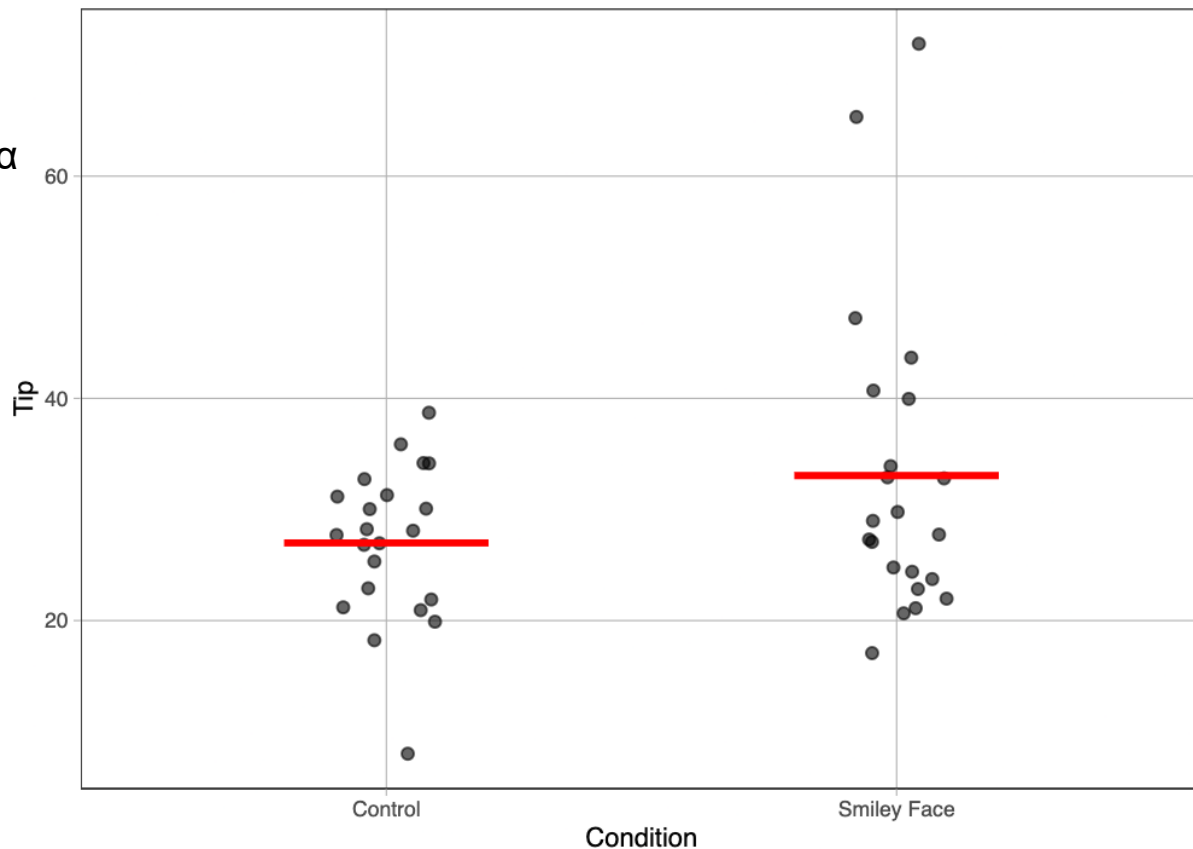
Tip = Condition + Άλλα πράγματα

# Το Πείραμα του Φιλοδωρήματος

Τα τραπέζια της ομάδας του «χαμογελαστού προσώπου» τείνουν να αφήνουν μεγαλύτερα φιλοδωρήματα.

## Δύο Πιθανές Αιτίες

1. Το «χαμογελαστό πρόσωπο»
2. Απλά έτυχε (η μεταβλητότητα οφείλεται στην τυχαία δειγματοληψία)



# Και η Τυχαιότητα Μπορεί να Δημιουργήσει Διαφορές

αρχικά δεδομένα

| TableID | Tip | Condition   |
|---------|-----|-------------|
| 1       | 39  | Control     |
| 4       | 34  | Control     |
| 7       | 31  | Control     |
| 24      | 65  | Smiley Face |
| 27      | 41  | Smiley Face |
| 30      | 33  | Smiley Face |

ανακατεμένα δεδομένα

| TableID | shuffle(Tip) | Condition   |
|---------|--------------|-------------|
| 1       | 41           | Control     |
| 4       | 65           | Control     |
| 7       | 31           | Control     |
| 24      | 33           | Smiley Face |
| 27      | 34           | Smiley Face |
| 30      | 39           | Smiley Face |

# Πείραμα (πάνω αριστερά) και Τυχαίο ανακάτεμα (τα υπόλοιπα 9)

