



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΠΑΤΡΩΝ  
UNIVERSITY OF PATRAS

# Ανάλυση και Σχεδιασμός Μεταφορών Ι Γένεση Μετακινήσεων

Παναγιώτης Παπαντωνίου  
Δρ. Πολιτικός Μηχανικός, Συγκοινωνιολόγος  
[ppapant@upatras.gr](mailto:ppapant@upatras.gr)

Πάτρα, 2017

# Εισαγωγή

- Αθροιστικά μοντέλα (Aggregate models)  
Ανάλυση κατά ζώνη
  - πόσες μετακινήσεις ξεκινούν από κάθε ζώνη?
  - πόσες μετακινήσεις καταλήγουν σε κάθε ζώνη?
- Εξατομικευμένα μοντέλα (Disaggregate models)  
Ανάλυση κατά άτομο / νοικοκυριό
  - πόσες μετακινήσεις κάνει ένας μετακινούμενος / νοικοκυριό κατά την διάρκεια μιας μέσης εβδομάδας/ημέρας?



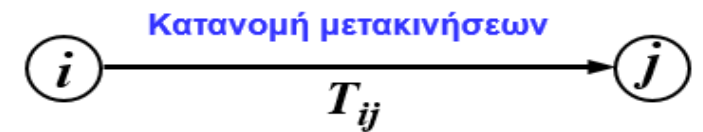
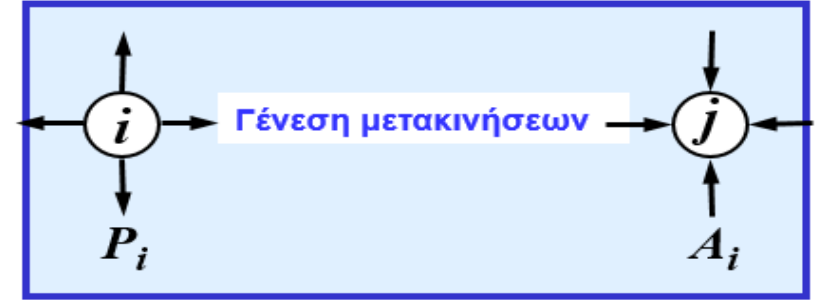
# Γένεση μετακινήσεων

## Ορισμός

Η διαδικασία με την οποία μεγέθη μιας δραστηριότητας (εργασία, αγορές, ψυχαγωγία εκπαίδευση, κλπ.) μετατρέπονται σε αριθμό μετακινήσεων.

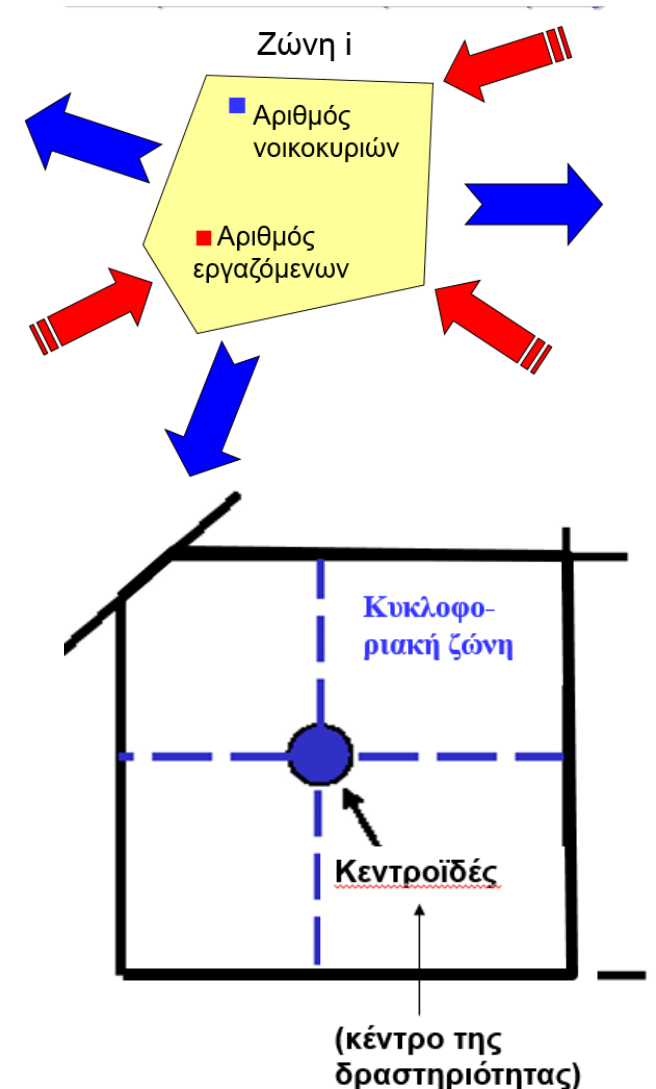
## Σκοπός

- να ποσοτικοποιήσει τη σχέση μεταξύ δραστηριοτήτων και της ζήτησης για μετακίνηση
- να προβλέψει τον αριθμό των μετακινήσεων που παράγονται από, και έλκονται από κάθε ζώνη



# Κυκλοφοριακή ζώνη

- Η μονάδα ανάλυσης είναι η κυκλοφοριακή ζώνη
- Για τη διαμόρφωση των ορίων της κυκλοφοριακής ζώνης λαμβάνονται υπόψη οι ακόλουθοι παράγοντες:
  - Γεωγραφικά χαρακτηριστικά
  - Ομοιομορφία χρήσεων γης
  - Μεταφορικά δίκτυα
  - Θέση των κύριων κέντρων δραστηριότητας
  - Τα όρια των διοικητικών ενοτήτων
- **Κεντροϊδές:** χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει το κέντρο της δραστηριότητας μέσα σε μια ζώνη και να συνδέσει την ζώνη με τα μεταφορικά δίκτυα





# Μετακινήσεις (1/2)

Μια μετακίνηση είναι η κίνηση κατά μια συγκεκριμένη κατεύθυνση η οποία

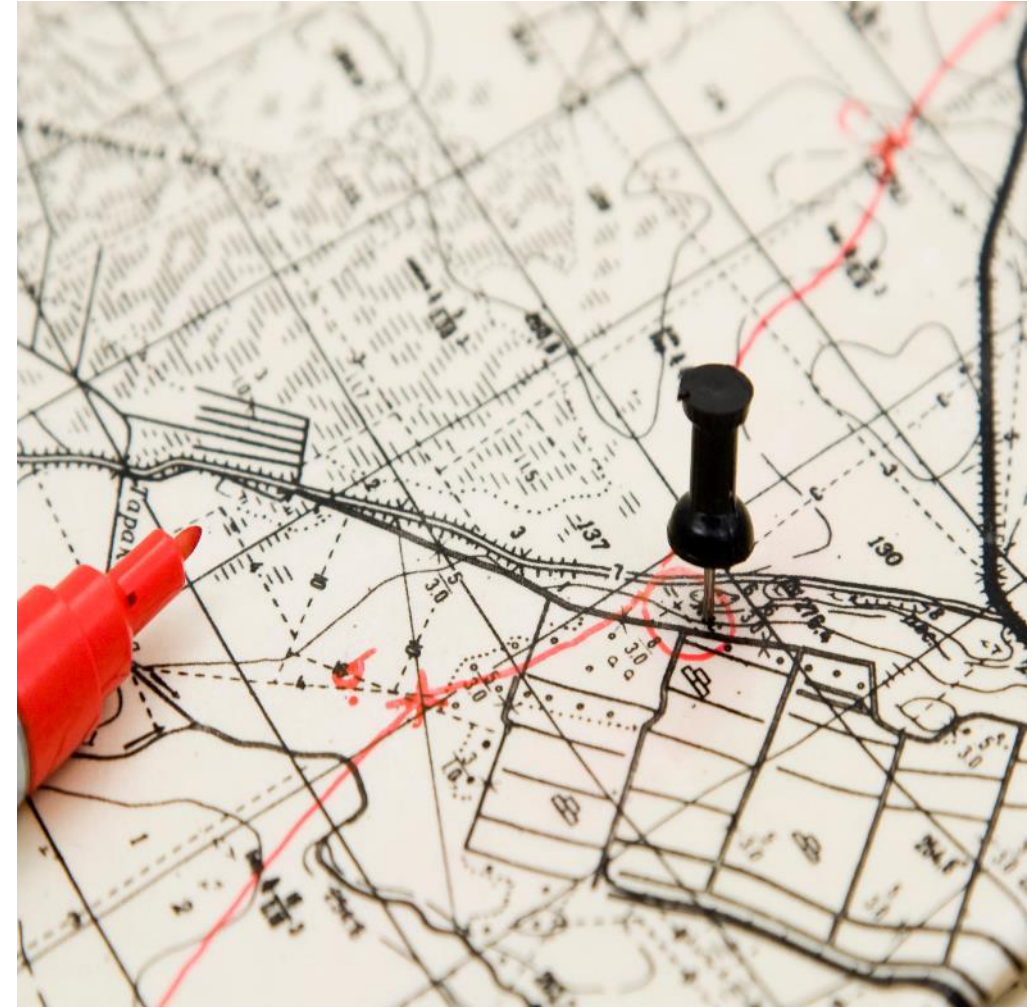
- **Ξεκινάει**  
από ένα σημείο – το σημείο προέλευσης της μετακίνησης  
μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή – χρόνος έναρξης της μετακίνησης
- **Καταλήγει**  
σε ένα άλλο σημείο – το σημείο προορισμού  
μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή – χρόνος άφιξης στον προορισμό
- **Γίνεται** για ένα συγκεκριμένο σκοπό  
σκοπός μετακίνησης



# Μετακινήσεις (2/2)

Μία διαδρομή π.χ. από τον τόπο κατοικίας προς τον τόπο εργασίας θεωρείται ότι είναι μία μετακίνηση που έχει **δύο άκρα**

- Μια Μετακίνηση – **Δύο άκρα μετακίνησης** (κατοικία και εργασία).
- Κάθε μετακίνηση χαρακτηρίζεται από τον **τόπο παραγωγής** της και από τον **τόπο έλξης** της
- Η Γένεση των μετακινήσεων προβλέπει τον αριθμό των **μετακινήσεων** (π.χ. για μετακινήσεις με βάση την κατοικία και για μετακινήσεις που δεν έχουν βάση την κατοικία)
- Σε ένα κλειστό σύστημα ο συνολικός αριθμός των παραγόμενων μετακινήσεων είναι **ίσος** με τον συνολικό αριθμό των προσελκυόμενων μετακινήσεων



# Κατηγοριοποίηση μετακινήσεων

- Σκοπός μετακίνησης
  - Εργασία
  - Ψώνια - Αγορές
  - Εκπαίδευση
  - Κοινωνικοί λόγοι/ Αναψυχή
  - άλλα
- Χρόνος κατά την διάρκεια της ημέρας
- Προσωπικά χαρακτηριστικά μετακινούμενων
  - Κατηγορία εισοδήματος
  - Ιδιοκτησία Ι.Χ.
  - Δομή και μέγεθος νοικοκυριού

**Ξεχωριστά μοντέλα  
γένεσης μετακινήσεων**





# Κατηγορίες μοντέλων

- Υπάρχουν δύο τύποι μοντέλων γένεσης των μετακινήσεων
  - Μοντέλα της Παραγωγής των Μετακινήσεων ή μοντέλα παραγόμενων μετακινήσεων
  - Μοντέλα Προσέλκυσης (έλξης) των Μετακινήσεων ή μοντέλα προσελκυσόμενων (ελκυσόμενων) μετακινήσεων.
- Διαφορετικά μοντέλα Παραγωγής και Προσέλκυσης μετακινήσεων χρησιμοποιούνται για κάθε σκοπό μετακίνησης
- Ειδικά μοντέλα γένεσης μετακινήσεων χρησιμοποιούνται για να εκτιμήσουμε τις μετακινήσεις με βάση όχι την κατοικία, εξωτερικές μετακινήσεις, μεταφορές εμπορευμάτων κ.α.





# Διαδικασία ανάπτυξης μοντέλων

## Ομαδοποίηση των μονάδων λήψης απόφασης

Η πρόβλεψη της γένεσης των μετακινήσεων απλοποιείται με το να ομαδοποιήσουμε σχετικά ομοιογενείς μονάδες

## Άθροιση μετακινήσεων μιας Χρονικής περιόδου

Πρόβλεψη του συνολικού αριθμού των μετακινήσεων που διεξάγονται κατά τη διάρκεια μιας χρονικής περιόδου, αντί του πότε θα μετακινηθεί ο κάθε μετακινούμενος

## Διαχωρισμός ανά τύπο μετακίνησης

Διαφορετικές κατηγορίες μετακινήσεων είναι πιο πιθανόν να πραγματοποιούνται κατά τη διάρκεια συγκεκριμένων χρονικών περιόδων κατά την διάρκεια της ημέρας.

- οι μετακινήσεις προς και από την εργασία
- οι μετακινήσεις για ψώνια/αγορές
- οι μετακινήσεις για κοινωνικούς λόγους/ για αναψυχή



# Παράγοντες επιρροής

- Ο αριθμός των μετακινήσεων που κάνει ένας μετακινούμενος είναι γενικά συνάρτηση διαφόρων **κοινωνικοοικονομικών χαρακτηριστικών** (π.χ. ηλικία, εισόδημα) ή/και χαρακτηριστικών της χωρικής κατανομής των δραστηριοτήτων του (τόπος κατοικίας, τόπος εμπορικής δραστηριότητας, εργασίας κ.α.)
- Η μορφή των μεταβλητών που περιλαμβάνονται στα μοντέλα γένεσης εξαρτάται από το **τύπο** του μοντέλου δηλ. αν προβλέπει μετακινήσεις ανά ζώνη ή ανά νοικοκυριό
- **Παράγοντες** που έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως σε μελέτες περιλαμβάνουν: Εισόδημα, Ιδιοκτησία Ι.Χ., Δομή Νοικοκυριού, Μέγεθος οικογένειας, Αξία γης, Πυκνότητα δόμησης, Προσιτότητα (ελαστικότητα της ζήτησης)



# Μοντέλα Γένεσης Μετακινήσεων

Μέθοδοι ανάλυσης της γένεσης των μετακινήσεων

- Μοντέλα του Συντελεστή Ανάπτυξης (growth factor models)
- Μοντέλα Ανάλυσης κατά κατηγορίες (Cross classification - Category analysis)
- Μοντέλα Ανάλυσης Παλινδρόμησης (Regression Analysis)



## Μοντέλα του Συντελεστή Ανάπτυξης (Growth factor models)





# Μοντέλα του Συντελεστή Ανάπτυξης - Γενικά

Βασική Παραδοχή:

$$T_i = F_i \times t_i$$

Όπου:

$T_i$  = μελλοντικές μετακινήσεις

$t_i$  = οι παρατηρούμενες μετακινήσεις στο έτος βάση

$F_i$  = συντελεστής ανάπτυξης

$F_i$  σχετίζεται με τον πληθυσμό, το εισόδημα, και ιδιοκτησία ΙΧ στην υπάρχουσα και στην μελλοντική κατάσταση



# Μοντέλα του Συντελεστή Ανάπτυξης - Παράδειγμα

Ζώνη με 250 νοικοκυριά με 1 ΙΧ, και 250 με 0 ΙΧ.

- $t_{1-ΙΧ} = 6.0$  μετακινήσεις/ημέρα;     $t_{0-ΙΧ} = 2.5$  μετακινήσεις/ημέρα
- Συνολικός αριθμός μετακινήσεων :  $t_i = 6.0 \cdot 250 + 2.5 \cdot 250 = 2125$
- Στο έτος βάσης (σημερινή κατάσταση) η μέση ιδιοκτησία ΙΧ είναι 0,5 ΙΧ ανά νοικοκυριό.

Στην μελλοντική κατάσταση όλα τα νοικοκυριά θα έχουν 1 ΙΧ

▪  $F_i = 1 / 0.5 = 2$

Υφιστάμενος δείκτης ιδιοκτησίας ΙΧ (έτος βάση)

Μελλοντικός δείκτης ιδιοκτησίας ΙΧ



# Μοντέλα του Συντελεστή Ανάπτυξης - Παράδειγμα

Ζώνη με 250 νοικοκυριά με 1 ΙΧ, και 250 με 0 ΙΧ.

- $t_{1-ΙΧ} = 6.0$  μετακινήσεις/ημέρα;     $t_{0-ΙΧ} = 2.5$  μετακινήσεις/ημέρα
- Συνολικός αριθμός μετακινήσεων :  $t_i = 6.0 \cdot 250 + 2.5 \cdot 250 = 2125$
- Στο έτος βάσης (σημερινή κατάσταση) η μέση ιδιοκτησία ΙΧ είναι 0,5 ΙΧ ανά νοικοκυριό.

Στην μελλοντική κατάσταση όλα τα νοικοκυριά θα έχουν 1 ΙΧ

- $F_i = 1 / 0.5 = 2 \rightarrow T_i = F_i \times t_i = 2 \cdot 2.125 = 4.250$  μετακινήσεις/ημέρα  
    — Υφιστάμενος δείκτης ιδιοκτησίας ΙΧ (έτος βάση)  
    — Μελλοντικός δείκτης ιδιοκτησίας ΙΧ



# Μοντέλα του Συντελεστή Ανάπτυξης - Αξιολόγηση

- Απλοποιητικές παραδοχές
- Χρησιμοποιείται κυρίως για τον υπολογισμό των εξωτερικών μετακινήσεων της περιοχής μελέτης
  - Π.χ. μετακινήσεις από γειτονικές χώρες (με βάση την εξέλιξη του Α.Ε.Π.)





# Μοντέλα Γένεσης Μετακινήσεων

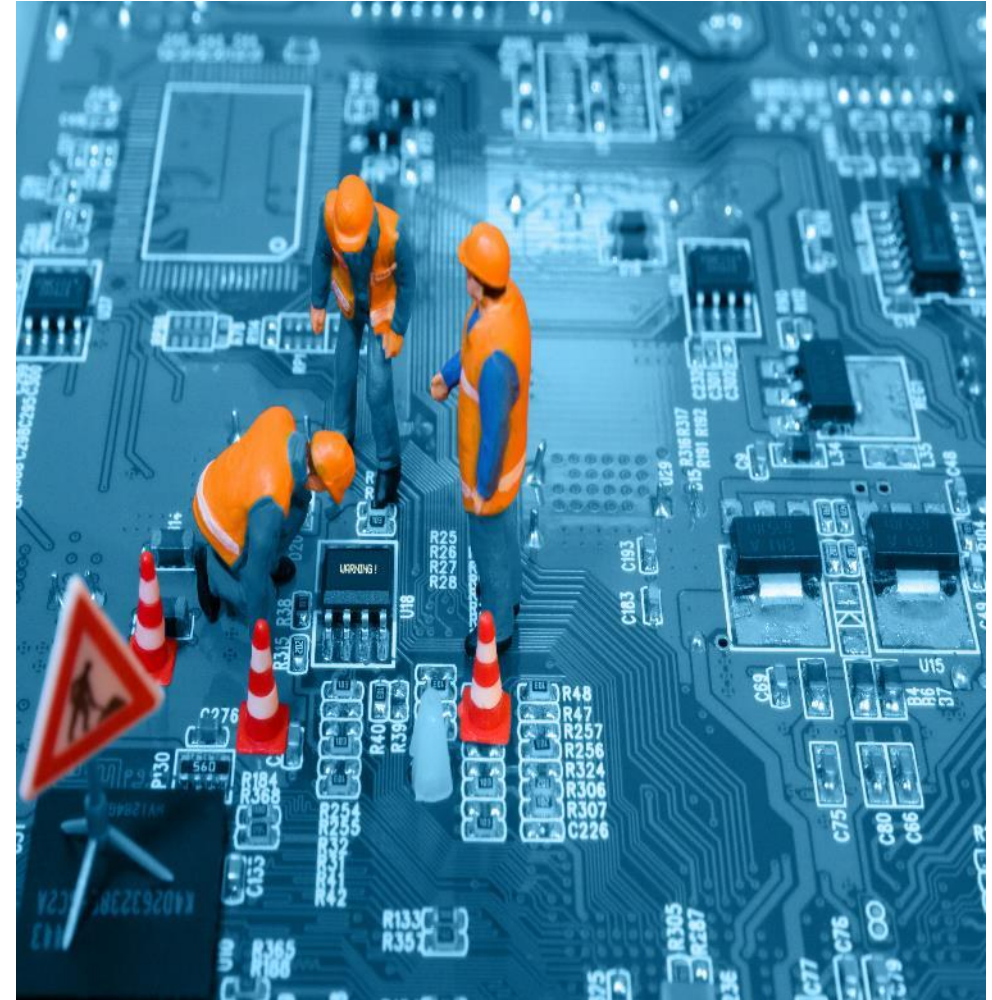
---

Μοντέλα Ανάλυσης κατά Κατηγορίες  
(Cross classification - Category analysis)

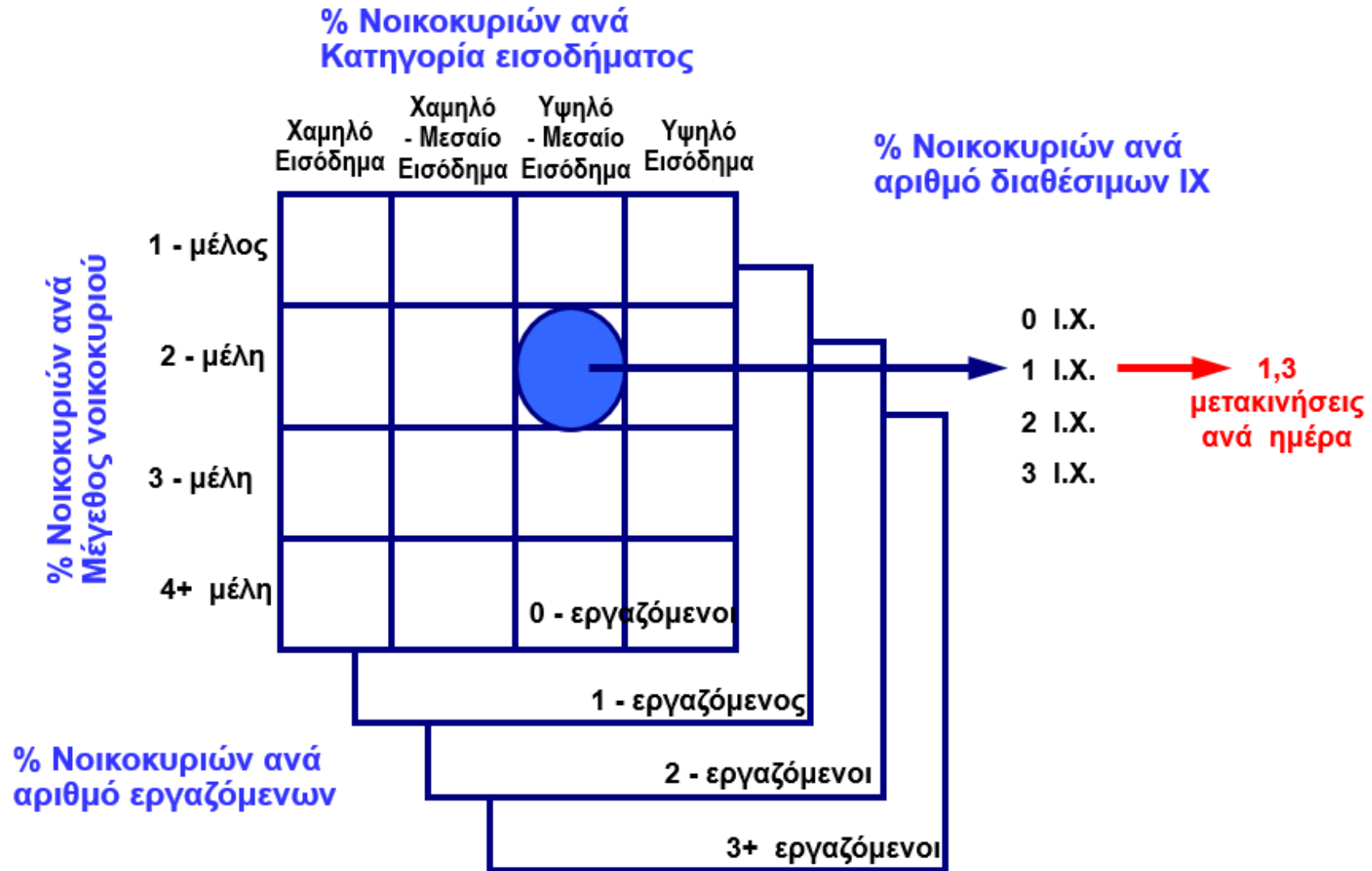


# Μοντέλα Ανάλυσης κατά Κατηγορίες - Γενικά

- Χρησιμοποιούν σαν μονάδα ανάλυσης το νοικοκυριό και βασίζουν την **εκτίμηση της ζήτησης** (πχ. αριθμό των μετακινήσεων που παράγονται) σε συνάρτηση των χαρακτηριστικών του νοικοκυριού
- Τα νοικοκυριά ταξινομούνται σε κατηγορίες ανάλογα με τα **χαρακτηριστικά** τους (πχ. εισόδημα, διαθεσιμότητα ΙΧ, μέγεθος, αριθμός εργαζόμενων)
- Για κάθε κατηγορία υπολογίζεται ο **ρυθμός γένεσης** των μετακινήσεων από μετρήσεις για την υπάρχουσα κατάσταση



# Μοντέλα Ανάλυσης κατά Κατηγορίες



# Μοντέλα Ανάλυσης κατά Κατηγορίες

## Βασική Παραδοχή

Ο ρυθμός γένεσης μετακινήσεων σε κάθε κατηγορία παραμένει σταθερός (δηλ. είναι σταθερός για όλη την περίοδο που αναφέρονται οι προβλέψεις)

$$P^i(t) = \sum_{k,m,n} H_{k,m,n}^i(t) \times f_{k,m,n}$$

Όπου:

**$P^i(t)$**  ο αριθμός των μετακινήσεων που παράγονται στην ζώνη  $i$  στον χρονικό ορίζοντα των προβλέψεων  $t$

**$H_{k,m,n}^i(t)$**  ο αριθμός των νοικοκυριών ζώνης  $i$  που προβλέπεται ότι θα ανήκουν στην κατηγορία  $k,m,n$ , στον χρονικό ορίζοντα  $t$

**$f_{k,m,n}$**  ο ρυθμός των μετακινήσεων (πχ. μετακινήσεις/ημέρα) που παράγονται από ένα νοικοκυριό που ανήκει στην κατηγορία  $k,m,n$  - παραμένει σταθερός





# Επιλογή κατηγοριών

- Ο ρυθμός των μετακινήσεων  $f_{k,m,n}$  υπολογίζεται από στοιχεία που συλλέγονται από έρευνες σε δείγματα από τα νοικοκυριά κάθε κατηγορίας.
- Το μέγεθος του δείγματος προσδιορίζεται με βάση τις στατιστικές μεθόδους της δειγματοληψίας.
- Ο προσδιορισμός των κατηγοριών πρέπει να γίνει έτσι ώστε η τυπική απόκλιση της κατανομής του  $f_{k,m,n}$  να ελαχιστοποιείται.



# Μοντέλα Ανάλυσης κατά Κατηγορίες

## Πλεονεκτήματα

- Η κατηγοριοποίηση είναι ανεξάρτητη από το ζωνικό σύστημα
- Η μορφή της σχέσης μεταξύ μετακινήσεων και των επεξηγηματικών μεταβλητών δεν προσδιορίζεται εκ των προτέρων (πχ. γραμμική, μονοτονική)
- Οι σχέσεις μπορεί να διαφέρουν από κατηγορία σε κατηγορία (πχ. Οι επιπτώσεις της μεταβολής του μεγέθους του νοικοκυριού για νοικοκυριά με 1 ή 2 Ι.Χ. μπορεί να είναι διαφορετικές)

## Μειονεκτήματα

- Δεν επιτρέπει την εξαγωγή συμπερασμάτων για κατηγορίες πέρα αυτών που περιλαμβάνονται στην ανάλυση του έτους βάση
- Δεν υπάρχουν στατιστικές μέθοδοι ελέγχου της αξιοπιστίας των προβλέψεων
- Απαιτεί μεγάλα δείγματα
- Δεν υπάρχει συγκεκριμένη μέθοδος επιλογής των κατηγοριών – απαιτεί μια μακρά διαδικασία «δοκιμής – και – λάθους»



## Μοντέλα Ανάλυσης Παλινδρόμησης (Regression Analysis)



# Μοντέλα Ανάλυσης παλινδρόμησης

- Εκφράζουν τον αριθμό των παραγόμενων ή ελκόμενων μετακινήσεων σαν συνάρτηση των **κοινωνικο-οικονομικών** και λοιπών **χαρακτηριστικών** κάθε ζώνης.
- Οι συναρτήσεις είναι συνήθως **γραμμικές** - μη γραμμικές σχέσεις μπορούν να μετασχηματισθούν σε γραμμικές με κατάλληλο μετασχηματισμό των μεταβλητών, π.χ.  $y = \alpha \cdot \beta^x \Leftrightarrow \log(y) = \log(\alpha) + x \cdot \log(\beta)$
- Η μορφή της συναρτησιακής σχέσης και οι τιμές των παραμέτρων (συντελεστών) υπολογίζονται χρησιμοποιώντας την θεωρία της **ανάλυσης παλινδρόμησης** από την στατιστική.





# Μοντέλα Ανάλυσης κατά Κατηγορίες

μια Τυπική Μορφή ενός μοντέλου γένεσης μετακινήσεων είναι:

$$Y = \alpha + \beta_1 * x_1 + \beta_2 * x_2 + \dots + \beta_v * x_v$$

όπου

$Y$  = **εξαρτημένη** μεταβλητή δηλ. ο αριθμός των παραγόμενων ελκόμενων μετακινήσεων σε μια ζώνη

$x_i$  = **ανεξάρτητες** (επεξηγηματικές) μεταβλητές

δηλ. οι τιμές των που επηρεάζουν τον αριθμό των μετακινήσεων,

πχ. Μέσο εισόδημα νοικοκυριού, αριθμός, μέση ιδιοκτησία ΙΧ ανά νοικοκυριό, μέσο μέγεθος νοικοκυριού κ.α.

$\alpha, \beta_i$  = **παράμετροι/συντελεστές** του μοντέλου που προσδιορίζονται στην φάση της βαθμονόμησης

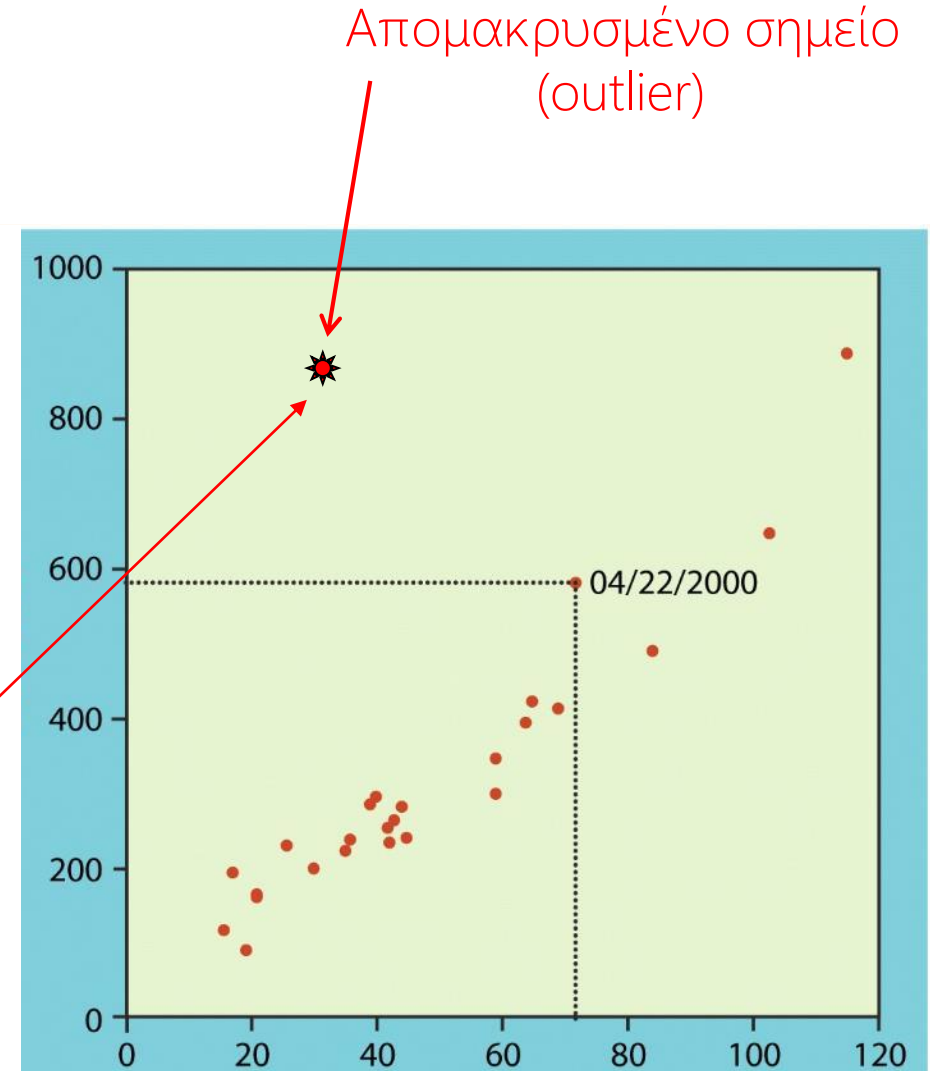




# Διάγραμμα Διασποράς (1/2)

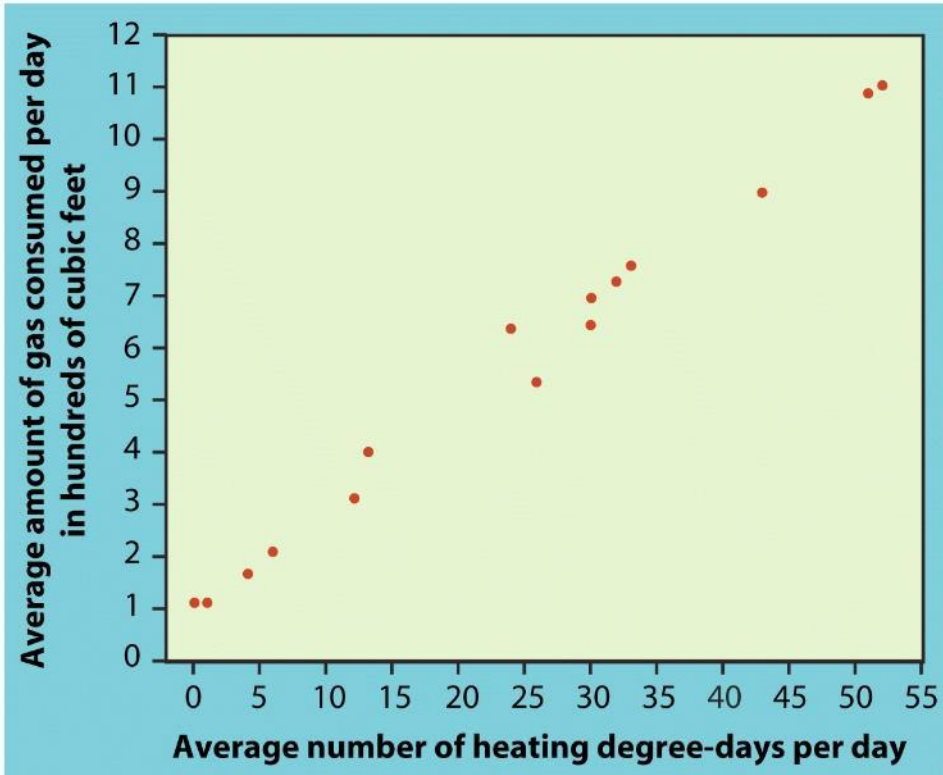
- Το διάγραμμα διασποράς απεικονίζει τη σχέση μεταξύ δυο ποσοτικών μεταβλητών.
- Κάθε στοιχείο από τα δεδομένα αναπαρίσταται από ένα σημείο του διαγράμματος που ορίζεται από τις τιμές των δύο μεταβλητών που το χαρακτηρίζουν

Στοιχεία τα οποία αποκλίνουν σημαντικά από την μορφή της σχέσης που εμφανίζουν οι μεταβλητές θα πρέπει να μην λαμβάνονται υπόψη

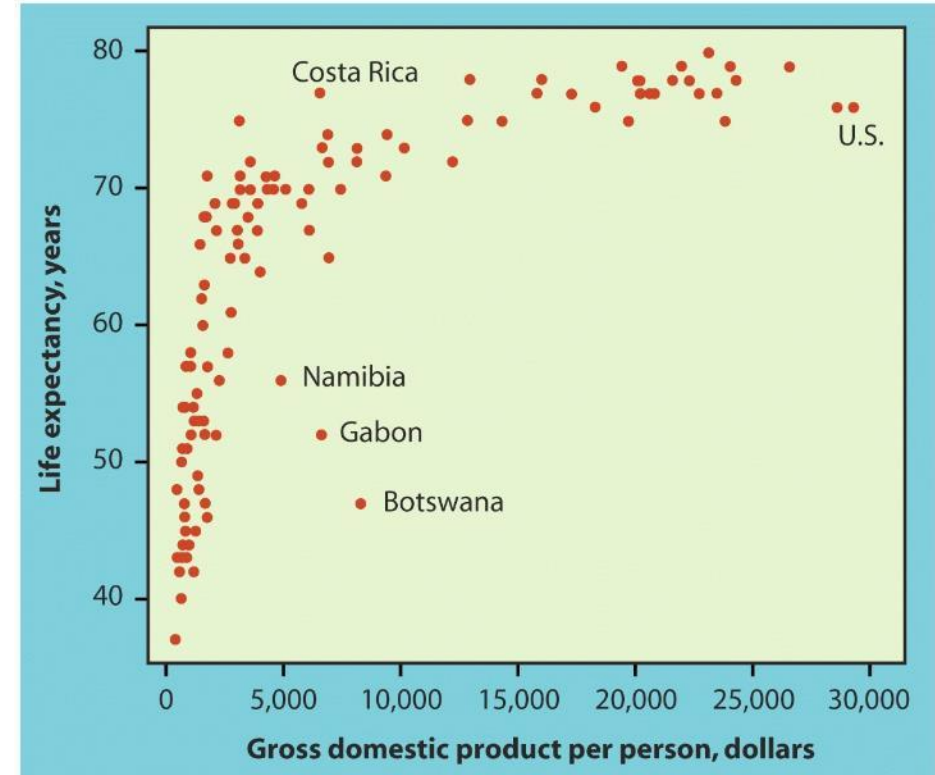


# Διάγραμμα Διασποράς (2/2)

Γραμμική σχέση

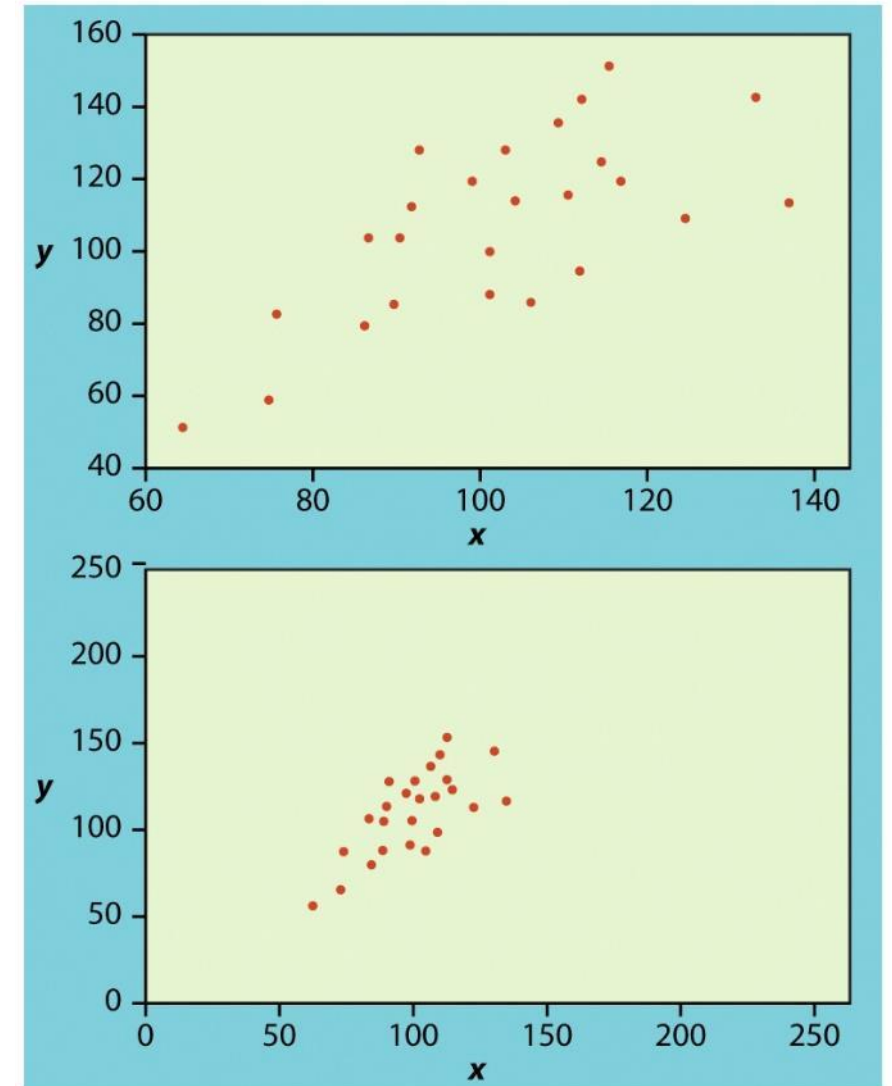


Μη Γραμμική σχέση



# Διάγραμμα Διασποράς (1/2)

- Από ένα διάγραμμα διασποράς είναι δύσκολο να προσδιορίσουμε εάν η σχέση μεταξύ δύο μεταβλητών είναι ισχυρή. Η κλίμακα που χρησιμοποιείται στο διάγραμμα διασποράς μπορεί να επηρεάσει την ερμηνεία ενός διαγράμματος.
- Για αυτό τον λόγο, χρησιμοποιείται ένας ποσοτικός δείκτης που ονομάζεται **συντελεστής συσχέτισης** και μετράει την σχέση της γραμμικότητας μεταξύ δύο μεταβλητών. Ο συντελεστής παίρνει τιμές μεταξύ  $-1$  και  $1$ .



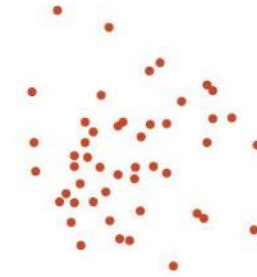
# Συντελεστή συσχέτισης

Συντελεστής συσχέτισης

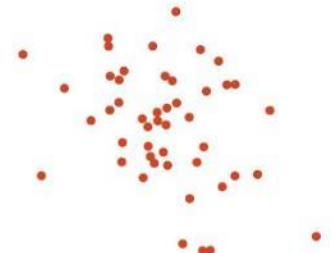
$$r_{xy} = \frac{\sum_i (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{(N - 1) \cdot s_x \cdot s_y}$$

Τυπική απόκλιση

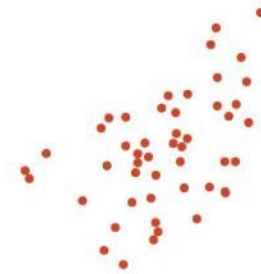
$$s_x = \sqrt{\frac{1}{N - 1} \cdot \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$



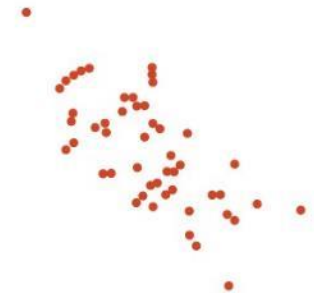
Correlation  $r = 0$



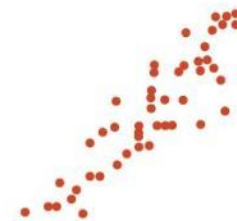
Correlation  $r = -0.3$



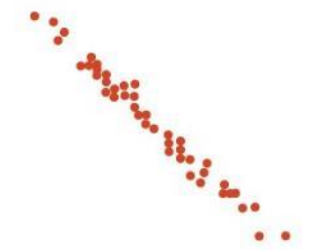
Correlation  $r = 0.5$



Correlation  $r = -0.7$



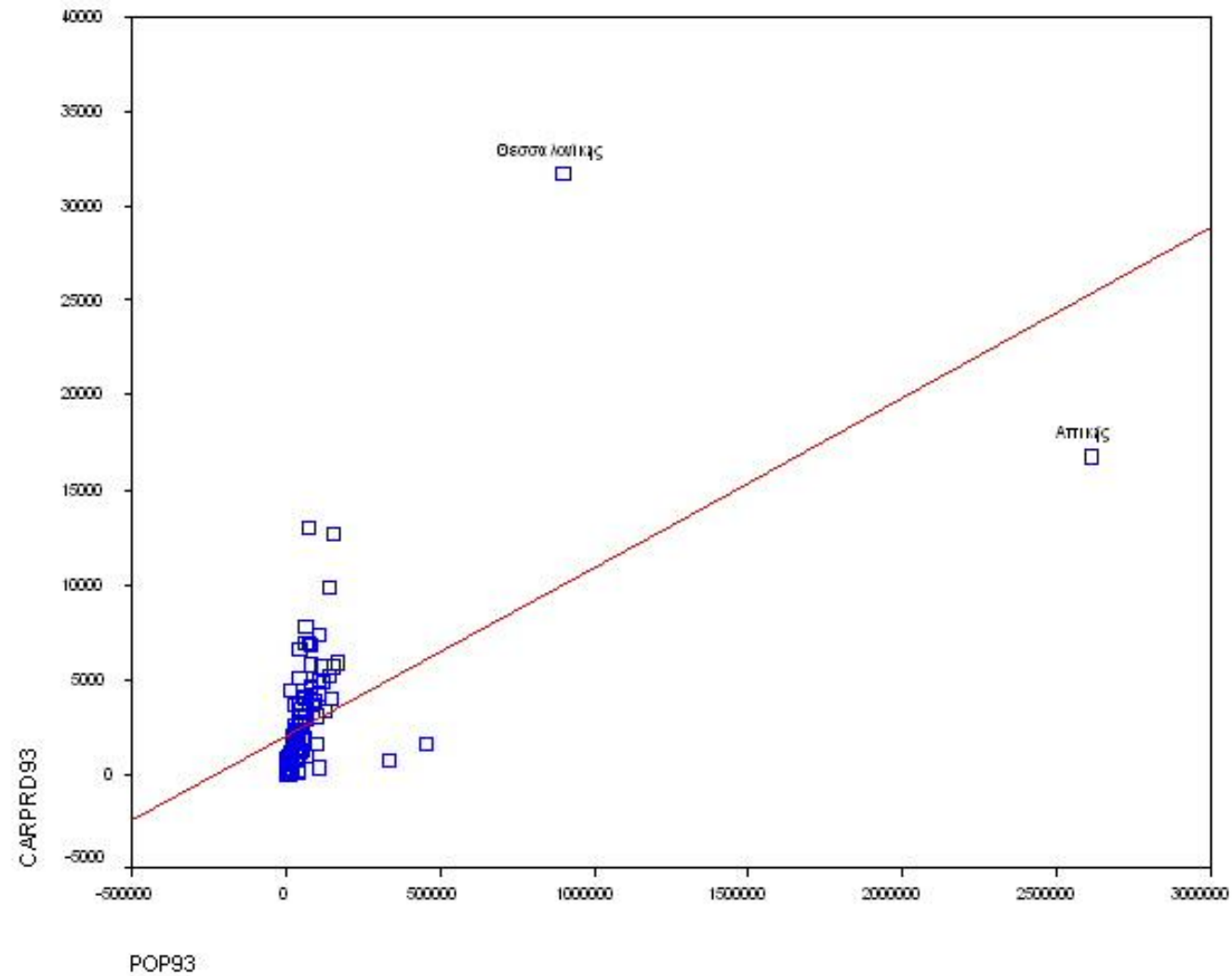
Correlation  $r = 0.9$



Correlation  $r = -0.99$

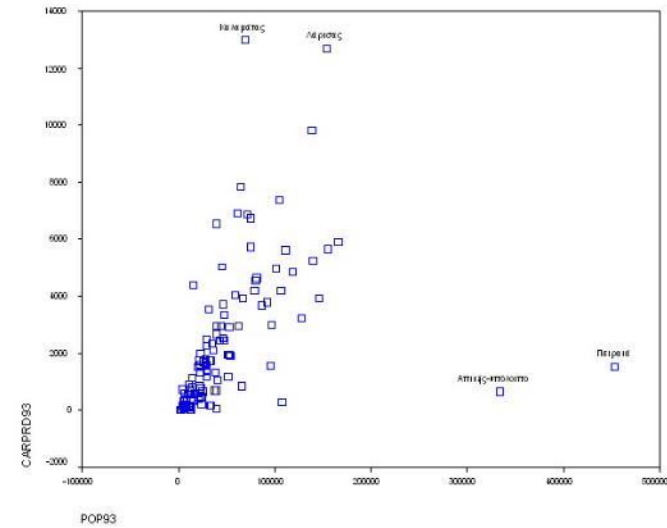
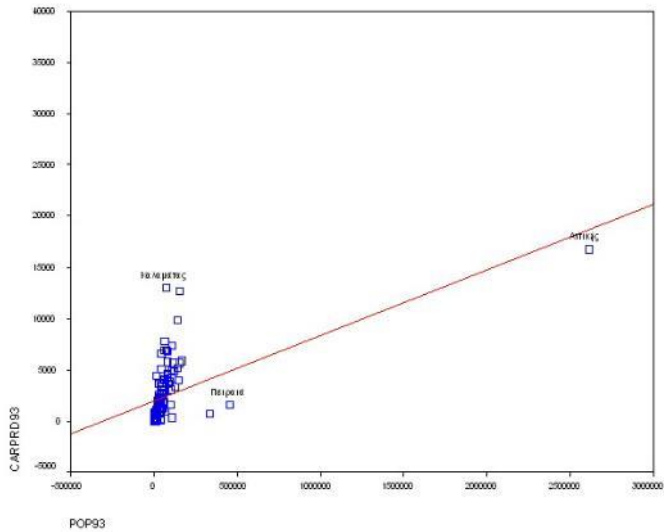
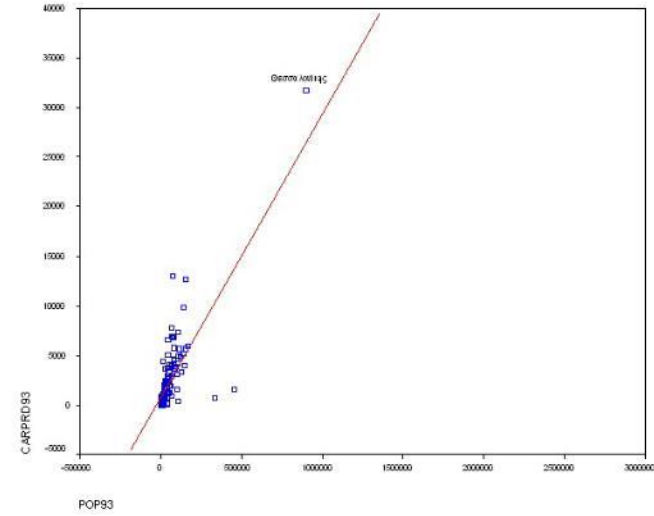
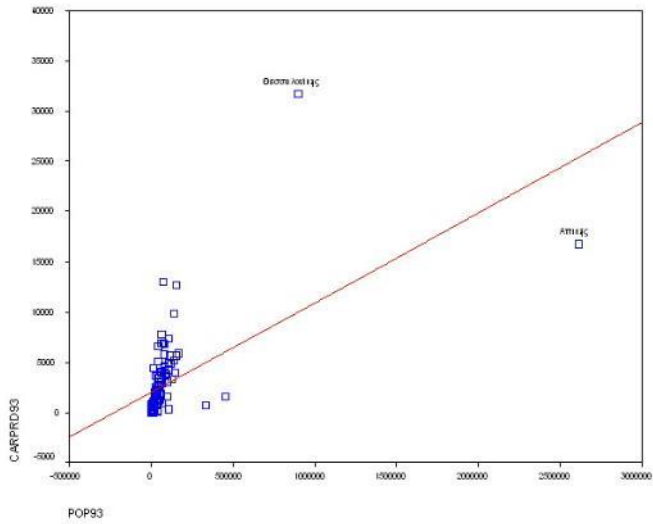


# Συντελεστή συσχέτισης

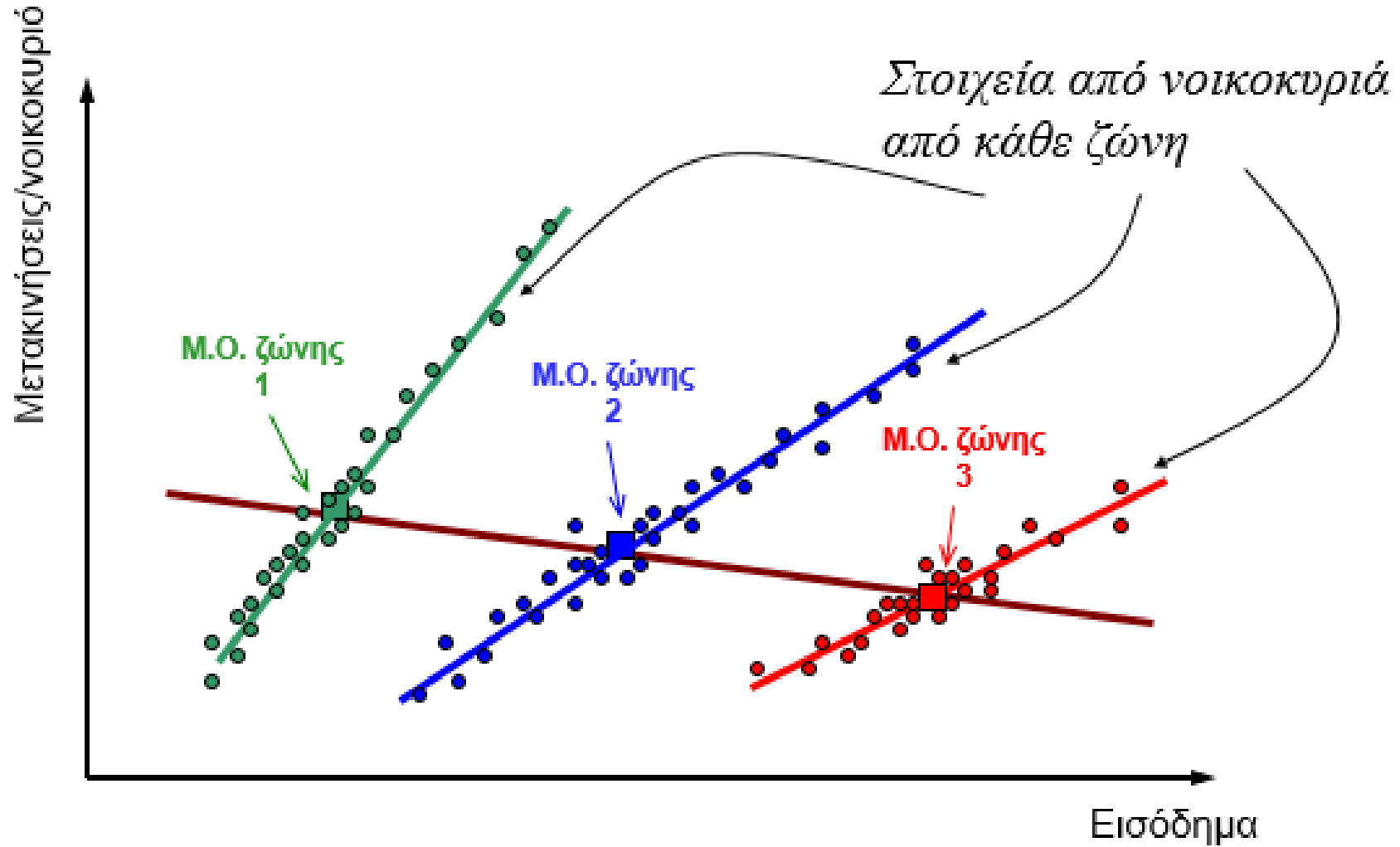




# Συντελεστή συσχέτισης



# Συντελεστή συσχέτισης



# Προϋποθέσεις για την χρήση της μεθόδου

- Για δεδομένη τιμή της ή των ανεξάρτητων μεταβλητών, η κατανομή των σφαλμάτων απόκλισης πρέπει να έχει μέση τιμή 0 και σταθερή διακύμανση ανεξαρτήτως της τιμής των  $x_i$
- Στοιχεία για τα οποία η διακύμανση του σφάλματος δεν είναι σταθερή ονομάζονται **ετεροσκεδαστικά**.
- Οι ανεξάρτητες μεταβλητές δεν συσχετίζονται. Αν συσχετίζονται τότε δεν είναι δυνατόν να προσδιορισθεί η επίδραση της κάθε μιας στην τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής



# Στάδια προσδιορισμού

1. Επιλογή των ανεξάρτητων μεταβλητών που θα εξετασθούν και πιθανά να περιληφθούν στο μοντέλο
2. Ανάλυση της σχέσης κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής με την εξαρτημένη μεταβλητή. Αν η σχέση με μια ανεξάρτητη μεταβλητή δεν είναι γραμμική, διερευνάται η δυνατότητα χρησιμοποίησης κατάλληλου μετασχηματισμού
3. Υπολογισμός του **πίνακα συντελεστών συσχέτισης** για όλα τα δυνατά ζεύγη μεταβλητών (ανεξάρτητων μεταβλητών μεταξύ τους και με την εξαρτημένη μεταβλητή)
4. Υπολογισμός των **συντελεστών της σχέσης παλινδρόμησης**. Οι ανεξάρτητες μεταβλητές εισάγονται σταδιακά στην εξίσωση και υπολογίζονται κάθε φορά οι διάφοροι στατιστικοί δείκτες. Σε κάθε στάδιο, μια μεταβλητή παραμένει στην εξίσωση ή απορρίπτεται ανάλογα με την συμβολή της στην αύξηση της ακρίβειας του μοντέλου.
5. Υπολογίζονται τα τελικά στατιστικά μεγέθη και ελέγχεται η **αξιοπιστία** του μοντέλου



# Στατιστικά μεγέθη

Τα στατιστικά μεγέθη που υπολογίζονται είναι:

- Ο **συντελεστής προσδιορισμού  $R^2$**  (coefficient of determination) ή συντελεστής συσχέτισης  $R$ . Ορίζεται ως το ποσοστό της συνολικής μεταβλητότητας της εξαρτημένης μεταβλητής που εξηγείται από την σχέση της παλινδρόμησης

- Το **μέσο τετραγωνικό σφάλμα εκτίμησης** (standard error of the estimate). Χρησιμοποιείται για να συγκριθούν τα αποτελέσματα του μοντέλου με τις πραγματικές τιμές που μετρήθηκαν.

Ισχύουν οι ακόλουθες σχέσεις

$$y^* - \text{St. Err} < y < y^* + \text{St. Err} \quad \text{με πιθανότητα 68\%}$$

$$y^* - 2 \text{ St. Err} < y < y^* + 2 \text{ St. Err} \quad \text{με πιθανότητα 95\%}$$

όπου  $y$  η πραγματική τιμή που μετρήθηκε,  $y^*$  η τιμή που υπολογίζει το μοντέλο και  $\text{St. Err}$  το σφάλμα εκτίμησης.





# Έλεγχοι

- Το μέγεθος του σταθερού όρου δεν πρέπει να είναι μεγάλο. Θεωρητικά η γραμμή της παλινδρόμησης θα πρέπει να διέρχεται από το 0. Αυτό όμως δεν είναι πάντα δυνατό. Το πρόσημο και το μέγεθος της σταθεράς δεν πρέπει να είναι τέτοια που να συνεπάγονται παράλογες εκτιμήσεις (π.χ. υψηλό αριθμό αρνητικών μετακινήσεων)
- Το μοντέλο πρέπει να περιλαμβάνει μεταβλητές που σχετίζονται με χαρακτηριστικά των μετακινούμενων ή/και δραστηριοτήτων που δεν παραμένουν αμετάβλητα, αλλά που εξελίσσονται (π.χ. εισόδημα, ιδιοκτησία ΙΧ, επιφάνεια εμπορικών κέντρων κλπ)
- Οι προβλέψεις των μελλοντικών τιμών των ανεξάρτητων μεταβλητών (που περιλαμβάνονται στο μοντέλο) πρέπει να είναι αξιόπιστες
- Το πρόσημο και το μέγεθος των συντελεστών πρέπει να είναι σύμφωνο με τον βαθμό και τον τύπο της επιρροής που έχει η ανεξάρτητη μεταβλητή στις τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής (πχ. το πρόσημο του συντελεστή του πληθυσμού σε ένα μοντέλο παραγόμενων μετακινήσεων δεν μπορεί να είναι αρνητικό, ούτε η τιμή του να είναι διαφορετικής τάξης μεγέθους από ότι ο μέσος ρυθμός μετακινήσεων ανά άτομο)



# Παραδείγματα (1/3)

- Στην περιοχή μελέτης ο μέσος αριθμός μετακινήσεων που παράγονται από την ζώνη  $i$ ,  $Y_i$ , είναι 1100 μετακινήσεις/ημέρα και δίδεται από την σχέση:

$$Y_i = 1000 + 0,05 * \text{Πληθυσμός}(i) + 0,002 * \text{Αριθμ IX}(i)$$

- Ο μέσος αριθμός των μετακινήσεων / νοικοκυριό,  $Y_i$ , κατά τη διάρκεια της πρωινής αιχμής δίνεται από την σχέση:

$$Y_i = 0,2 + 9,7 * (\text{Εργαζόμενοι ανά νοικοκυριό}) + 1,7 * (\text{IX ανά νοικοκυριό})$$



# Παραδείγματα (2/3)

---

Για τον υπολογισμό της ΕΜΗΚ, στο υπεραστικό Εθνικό δίκτυο της χώρας χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο γένεσης των μετακινήσεων:

$$Y_i = 0,009 * (\text{Πληθυσμός στην ζώνη } i) + 0,004 (IX \text{ στην ζώνη } i)$$

- από την Αθήνα έχει μετρηθεί ότι κατά μέσο όρο καθημερινά γεννώνται 50000 μετακινήσεις προς άλλες πόλεις
- δείκτης ιδιοκτησίας  $IX = 0,5$  / κάτοικο



# Παραδείγματα (3/3)

Για τον υπολογισμό της ΕΜΗΚ, στο υπεραστικό Εθνικό δίκτυο της χώρας χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο γένεσης των μετακινήσεων:

$$Y_i = 0,009 * (\text{Πληθυσμός στην ζώνη } i) + 0,004 (IX \text{ στην ζώνη } i)$$

- από την Αθήνα έχει μετρηθεί ότι κατά μέσο όρο καθημερινά γεννώνται 50000 μετακινήσεις προς άλλες πόλεις
- δείκτης ιδιοκτησίας IX = 0,5 / κάτοικο

Λύση

$$\text{Πληθυσμός: } 4.500.000 * 0,009 = 40.500$$

$$IX: 4.500.000 * 0,5 * 0,004 = 9.000$$

$$\text{Συνολικά: } 49.500$$



# Διαδικασία πρόβλεψης μελλοντικών μετακινήσεων

- Συλλογή στοιχείων από την υπάρχουσα κατάσταση (έτος βάση) σχετικά με τον αριθμό των γενόμενων μετακινήσεων  $Y$ , και τις τιμές των διαφόρων παραγόντων που τις επηρεάζουν,  $X_1, X_2, \dots, X_n$
- Προσδιορισμός της εξίσωσης παλινδρόμησης που περιλαμβάνει α) τη μορφή της συναρτησιακής σχέσης δηλ. ποιες επεξηγηματικές μεταβλητές περιλαμβάνονται και β) τις τιμές των παραμέτρων  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$
- Η εξίσωση αποτελεί το μοντέλο της παραγωγής (ή έλξης) των μετακινήσεων. Χρησιμοποιώντας τις μελλοντικές τιμές των επεξηγηματικών μεταβλητών υπολογίζουμε τον αριθμό των μελλοντικών μετακινήσεων





# Ελκόμενες μετακινήσεις

- Οι Προσελκόμενες μετακινήσεις μπορούν να προσδιορισθούν αναλύοντας τις δραστηριότητες που προσελκύουν μετακινήσεις.
- Μετακινήσεις προσελκύονται σε διάφορες ζώνες. Ο αριθμός των μετακινήσεων εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της κάθε ζώνης, π.χ. τον αριθμό και μέγεθος των δραστηριοτήτων που λαμβάνει χώρα σε κάθε ζώνη.
- Οι ίδιες μέθοδοι χρησιμοποιούνται για την προτυποποίηση των προσελκόμενων μετακινήσεων, αλλά οι ανεξάρτητες μεταβλητές είναι προφανώς διαφορετικές
  - Απασχόληση
  - Εμπορική Δραστηριότητα
  - Πυκνότητα Δραστηριοτήτων



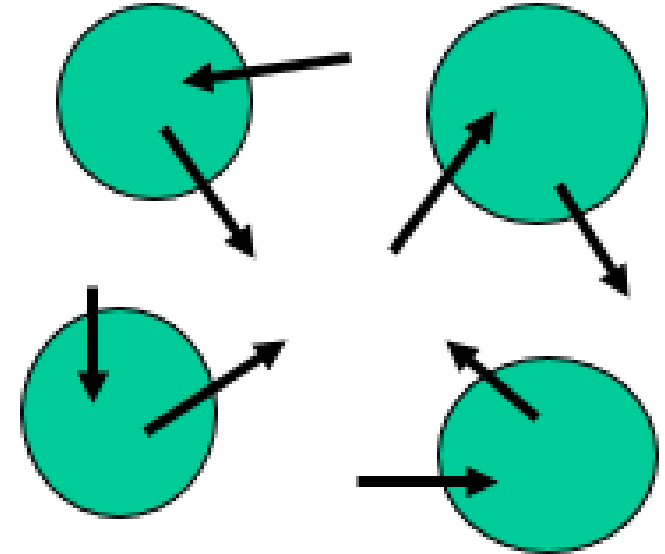
# Συνολικές μετακινήσεις

- Το σύνολο των παραγόμενων και ελκόμενων μετακινήσεων στην περιοχή μελέτης πρέπει να είναι το ίδιο. Συνήθως όμως δεν είναι, δεδομένου ότι τα μεγέθη αυτά υπολογίζονται χρησιμοποιώντας διαφορετικά μοντέλα.
- Επειδή τα μοντέλα παραγωγής μετακινήσεων είναι συνήθως πιο ακριβή από τα μοντέλα έλξης μετακινήσεων, συνήθως ο συνολικός αριθμός των ελκόμενων μετακινήσεων προσαρμόζεται στον συνολικό αριθμό των παραγόμενων μετακινήσεων χρησιμοποιώντας τον παράγοντα  $F$

$$F = \frac{\sum P_z}{\sum A_z}$$

$P_z$  = παραγόμενες μετακινήσεις από ζώνη  $z$

$A_z$  = ελκόμενες μετακινήσεις στην  $z$



# Άσκηση Παλινδρόμησης

- Επιλέξτε ένα από τα παρακάτω μοντέλα έλξης μετακινήσεων και εξηγήστε γιατί.
- Το μέγεθος του δείγματος είναι 300.

$$(1) \quad Y = 135 + 0,91.X_1 \quad R^2 = 0,905$$

(5,2)    (7,2)

$$(2) \quad Y = 35 + 0,15.X_2 + 0,61.X_3 + 0,25.X_4 \quad R^2 = 0,925$$

(6,1)    (2,1)    (2,6)    (1,8)

$$(3) \quad Y = -1,7 + 2,61.X_1 - 1,78.X_4 \quad R^2 = 0,996$$

(-1,7)    (9,8)    (-9,1)

όπου

- $Y$  είναι οι μετακινήσεις με σκοπό την εργασία που έλκονται στην ζώνη
- $X_1$  η συνολική απασχόληση,
- $X_2$  η απασχόληση στην βιομηχανία,
- $X_3$  η απασχόληση στο εμπόριο και
- $X_4$  η απασχόληση σε υπηρεσίες

	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$Y$
$X_1$	1,00	0,48	0,97	0,11	0,99
$X_2$	-	1,00	0,31	0,06	0,96
$X_3$	-	-	1,00	0,08	0,55
$X_4$	-	-	-	1,00	0,12
$Y$	-	-	-	-	1,00





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΠΑΤΡΩΝ  
UNIVERSITY OF PATRAS

# Ανάλυση και Σχεδιασμός Μεταφορών Ι Γένεση Μετακινήσεων

Παναγιώτης Παπαντωνίου  
Δρ. Πολιτικός Μηχανικός, Συγκοινωνιολόγος  
[ppapant@upatras.gr](mailto:ppapant@upatras.gr)

Πάτρα, 2017