

**Forecasting**  
**Εισαγωγή στην Πρόγνωση**

# Πρόγνωση

## •Εισαγωγή

- Ορισμός
- Αντί προλόγου
- Εφαρμογές
- Εφοδιαστική

## •Κατηγορίες

- Οικονομετρία
- Χρονοσειρές
- Νευρωνικά Δίκτυα

## • Ορισμός:

- [ $\epsilon$ -μτγν. πρόγνωσις < προγιγνώσκω] (η) ουσ. (Κ πρόγνωσις, -εως) προαίσθηση | πρόνοια ή έγκαιρη φροντίδα για το μέλλον ([Μείζον Ελληνικό Λεξικό](#))
- εκτίμηση πραγματικής τιμής ή κατάστασης, αναφερόμενη σε μελλοντική χρονική περίοδο ([J. Scott Armstrong, Principles of Forecasting: A Handbook for Researchers and Practitioners, 2001](#))
- δήλωση ότι ένα συγκεκριμένο γεγονός θα συμβεί στο μέλλον ([wikipedia](#))

# Αντί προλόγου

- Εισαγωγή
  - Ορισμός
  - Αντί προλόγου
  - Εφαρμογές
  - Εφοδιαστική
- Κατηγορίες
- Οικονομετρία
- Χρονοσειρές
- Νευρωνικά Δίκτυα

- Η πρόγνωση είναι δύσκολη, ιδίως όταν αναφέρεται στο μέλλον ([Mark Twain/ Nils Bohr](#))
- Η προσπάθεια να προβλέψεις το μέλλον μελετώντας μόνο το παρελθόν μοιάζει με την προσπάθεια να οδηγήσεις κοιτώντας μόνο από τον καθρέπτη ([Γεώργιος Κοσμετάτος](#))
- Πρόγνωση καλείται η τέχνη του να λες τι θα συμβεί και στη συνέχεια να εξηγείς γιατί δε συνέβη ([Ανώνυμος](#)) {ισχύει & το αντίστροφο}
- Συχνά λέγεται ότι υπάρχουν δύο κατηγορίες προγνώσεων: οι τυχερές και οι λανθασμένες ([Control magazine, Institute of Operations Management](#))

# Αντί προλόγου

- Εισαγωγή
  - Ορισμός
  - Αντί προλόγου
  - Εφαρμογές
  - Εφοδιαστική
- Κατηγορίες
- Οικονομετρία
- Χρονοσειρές
- Νευρωνικά Δίκτυα

- Οι προγνώσεις είναι πάντοτε λανθασμένες (Ανώνυμος)
- Ποτέ δεν σκέπτομαι το μέλλον, πλησιάζει αρκετά γρήγορα (Albert Einstein)
- Το παρόν κυοφορεί το μέλλον (Voltaire)
- *Είναι πολύ καλύτερο το να προβλέπει κανείς χωρίς βεβαιότητα από το να μην προβλέπει καθόλου* (Henri Poincare, The Foundations of Science)

# Εφαρμογές

- Εισαγωγή
  - Ορισμός
  - Αντί προλόγου
  - Εφαρμογές
  - Εφοδιαστική
- Κατηγορίες
- Οικονομετρία
- Χρονοσειρές
- Νευρωνικά Δίκτυα

Click to add text

# Πρόγνωση στην Εφοδιαστική

## •Εισαγωγή

- Ορισμός
- Αντί προλόγου
- Εφαρμογές
- Εφοδιαστική
- Κατηγορίες
- Οικονομετρία
- Χρονοσειρές
- Νευρωνικά Δίκτυα

## • Κόστος

- Α' υλών
- Ημι-έτοιμων προϊόντων
- Αμοιβών & γενικών εξόδων

## • Ζήτηση/ Πωλήσεις

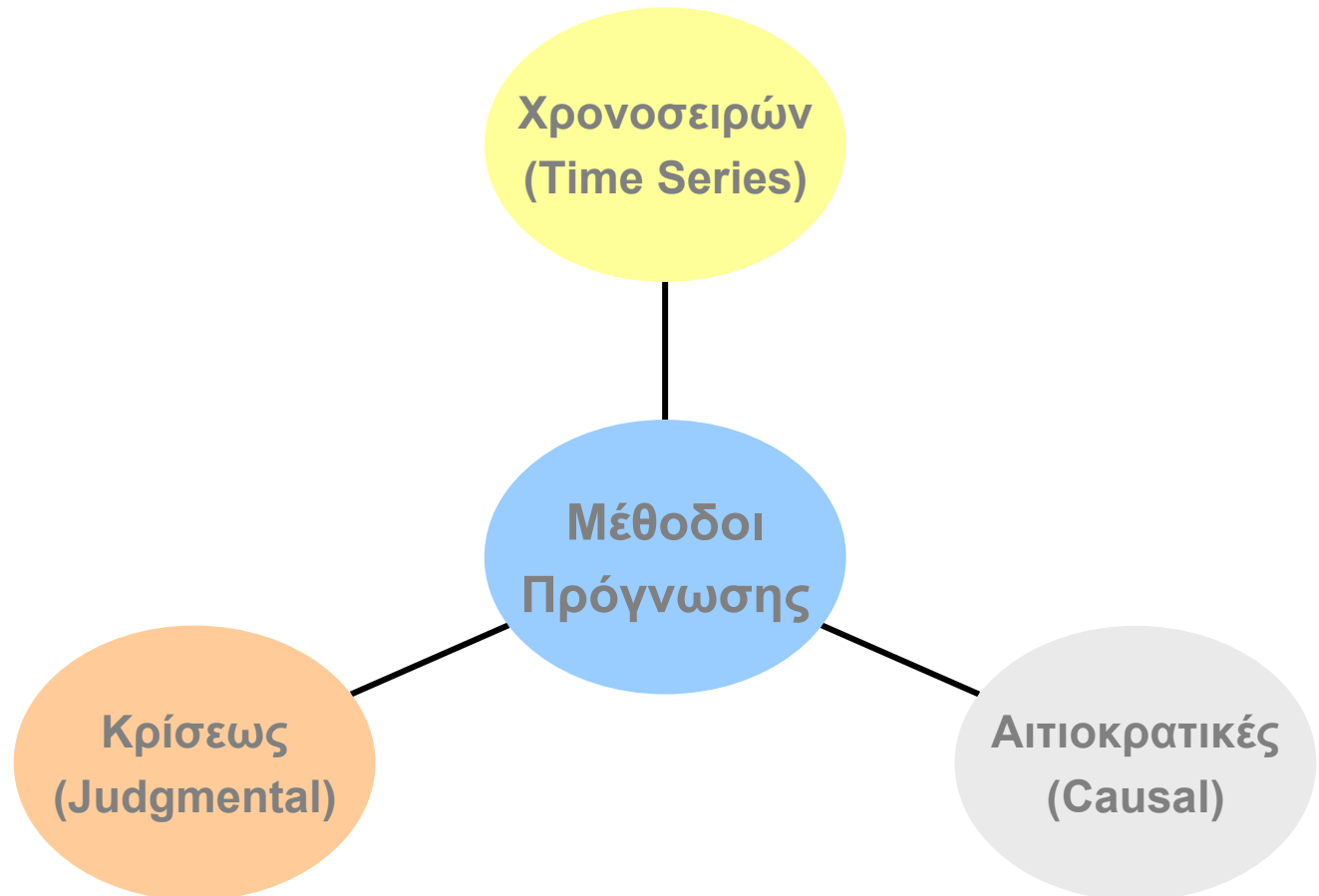
- Ανά περιοχή
- Ανά προϊόν/ κατηγορία προϊόντος/ μερίδιο
- Ανά χονδρέμπορο/ λιανικό πωλητή
- Συμπεριφορά ανταγωνισμού/ πελατών
- Τιμή
- ...

*Στο εξής θα γίνεται αναφορά, χωρίς βλάβη της γενικότητας, σε πρόγνωση ζήτησης.*

*Οι μέθοδοι και τα συμπεράσματα, ωστόσο, είναι εφαρμόσιμα σε οποιοδήποτε πρόβλημα πρόγνωσης.*

# Κατηγορίες Μεθόδων Πρόγνωσης

- Εισαγωγή
- Κατηγορίες
  - Κρίσεως
  - Αιτιοκρατικές
- Οικονομετρία
- Χρονοσειρές
- Νευρωνικά Δίκτυα



# Μέθοδοι Κρίσεως (Judgmental)

- Εισαγωγή
- Κατηγορίες
  - Κρίσεως
  - Αιτιοκρατικές
- Οικονομετρία
- Χρονοσειρές
- Νευρωνικά Δίκτυα

- Βασίζονται σε προσωπικές εκτιμήσεις
- Αυτές συχνά συνδυάζονται με χρήση τυποποιημένων μεθοδολογιών
- Εύκολα κατανοητές & ευρύτατα χρησιμοποιούμενες
  - *Εκτίμηση ειδικού*
  - *Ερωτηματολόγια/ Έρευνα αγοράς*
  - *Focus groups*
  - *Μέθοδος Δελφών (Delphi)*
  - *Προγνωστικές Αγορές (Prediction markets)*

# Αιτιοκρατικές (Causal) Μέθοδοι

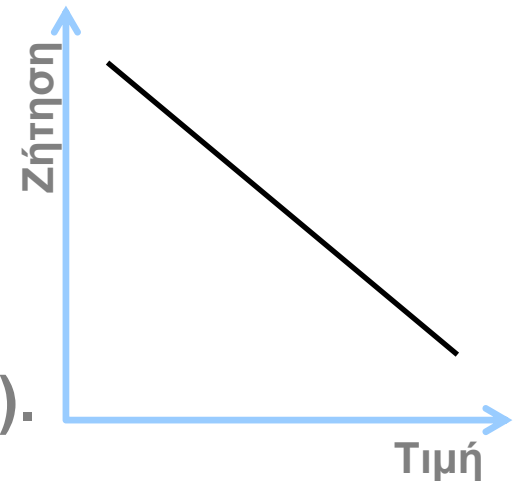
- Εισαγωγή
- Κατηγορίες
  - Κρίσεως
  - Αιτιοκρατικές
- Οικονομετρία
- Χρονοσειρές
- Νευρωνικά Δίκτυα

- Αναγνώριση παρελθοντικών συσχετίσεων στα δεδομένα και χρήση τους για πρόβλεψη
- Υπόθεση εργασίας: *οι συσχετίσεις αυτές συνεχίζουν να ισχύουν και στο μέλλον*

Συνήθως προκύπτει

- Απλή εξίσωση
- Μοντέλο συστήματος

Τέτοιου είδους συσχετίσεις πραγματεύεται η Οικονομετρία (Econometrics).





# Συνδιακύμανση (Covariance)

- Εισαγωγή
- Κατηγορίες
- Οικονομετρία
  - Συνδιακύμανση
  - Συσχέτιση
  - Παλινδρόμηση
  - R<sup>2</sup>
  - Σύνοψη
- Χρονοσειρές
- Νευρωνικά Δίκτυα

- Ερώτημα: Έχουν οι δύο μεταβλητές συσχέτιση;

$$\sigma_{X,Y} = E \left[ (X - \mu_X)(Y - \mu_Y) \right]$$

- Αν  $\sigma > 0$ , τότε μεγαλύτερες του μέσου τιμές του X συσχετίζονται με μεγαλύτερες του μέσου τιμές του Y και αντίστροφα
- Αν  $\sigma = 0$ , τότε οι δύο μεταβλητές δεν είναι γραμμικά συσχετιζόμενες
- Αν  $\sigma < 0$ , τότε μεγαλύτερες του μέσου τιμές του X συσχετίζονται με μικρότερες του μέσου τιμές του Y και αντίστροφα

$$\hat{\sigma}_{X,Y} = \frac{\sum_{t=1}^n (X_t - \bar{X})(Y_t - \bar{Y})}{n - 1}$$

# Συντελεστής συσχέτισης (Correlation coefficient)

- Εισαγωγή
- Κατηγορίες
- Οικονομετρία
  - Συνδιακύμανση
  - Συσχέτιση
  - Παλινδρόμηση
  - R2
  - Σύνοψη
- Χρονοσειρές
- Νευρωνικά Δίκτυα

- Ερώτημα: Πόσο ισχυρή είναι η συσχέτιση μεταξύ δύο μεταβλητών;

$$\rho_{X,Y} = \frac{\sigma_{X,Y}}{\sigma_X \sigma_Y}, \text{ όπου}$$

$$\sigma_X = +\sqrt{E(X - \mu_X)^2} \quad \& \quad \sigma_Y = +\sqrt{E(Y - \mu_Y)^2}$$

- Εμπεριέχει όλα τα χαρακτηριστικά της συνδιακύμανσης
- Επιπρόσθετα, ο συντελεστής ανήκει στο  $[-1,1]$
- Όσο πιο κοντά είναι η τιμή του συντελεστή στη μονάδα, τόσο ισχυρότερη είναι η (θετική ή αρνητική) συσχέτιση των μεταβλητών

# Υπολογισμός συντελεστή συσχέτισης

- Εισαγωγή
- Κατηγορίες
- Οικονομετρία
  - Συνδιακύμανση
  - Συσχέτιση
  - Παλινδρόμηση
  - R2
  - Σύνοψη
- Χρονοσειρές
- Νευρωνικά Δίκτυα

- Εκτιμητής του συντελεστή με βάση τα διαθέσιμα δεδομένα:

$$\hat{\rho}_{X,Y} = \frac{\hat{\sigma}_{X,Y}}{\hat{\sigma}_X \hat{\sigma}_Y}, \text{ όπου}$$

$$\hat{\sigma}_X = +\sqrt{\frac{\sum (X_t - \bar{X})^2}{n-1}} \quad \& \quad \hat{\sigma}_Y = +\sqrt{\frac{\sum (Y_t - \bar{Y})^2}{n-1}}$$

- Τελικά:

$$\hat{\rho}_{X,Y} = \frac{\sum X_i Y_i - n\bar{X}\bar{Y}}{\sqrt{\sum X_i^2 - n\bar{X}^2} \sqrt{\sum Y_i^2 - n\bar{Y}^2}}$$

- Προσοχή: Ο συντελεστής δεν αποδεικνύει την ύπαρξη συσχέτισης, απλά αποτελεί ένδειξη αυτής

# Μοντέλο Παλινδρόμησης (Regression) 2 μεταβλητών

- Εισαγωγή
- Κατηγορίες
- Οικονομετρία
  - Συνδιακύμανση
  - Συσχέτιση
  - Παλινδρόμηση
  - R2
  - Σύνοψη
- Χρονοσειρές
- Νευρωνικά Δίκτυα

- Έστω ότι έχουμε ανιχνεύσει μία γραμμική συσχέτιση. Τότε, κατασκευάζουμε το μοντέλο:

$$Y_t = \alpha + bX_t + u_t, \quad t = 1, \dots, n$$

όπου  $u_t = Y_t - \hat{Y}_t$  η παράμετρος θορύβου (τυχαία μεταβλητή) με χαρακτηριστικά

$$E(u_t) = \mu_u = 0 \quad \& \quad \sigma(u_t, u_s) = 0 \quad \forall t \neq s$$

- Για  $\sum (Y_t - \hat{Y}_t)^2 = \min$  προκύπτουν

$$\hat{b} = \frac{\sum (X_t - \bar{X})(Y_t - \bar{Y})}{\sum (X_t - \bar{X})^2} \quad \& \quad \hat{a} = \bar{Y} - \hat{b}\bar{X}$$

# Συντελεστής $R^2$

- Εισαγωγή
- Κατηγορίες
- Οικονομετρία
  - Συνδιακύμανση
  - Συσχέτιση
  - Παλινδρόμηση
  - $R^2$
  - Σύνοψη
- Χρονοσειρές
- Νευρωνικά Δίκτυα

- **Ερώτημα: Πόσο αξιόπιστο είναι το μοντέλο που δημιουργήθηκε;**

$$TSS = \sum (Y_t - \bar{Y})^2 : \text{Total Sum of Squares}$$

$$RSS = \sum (\hat{Y}_t - \bar{Y})^2 : \text{Regression (explained) Sum of Squares}$$

$$ESS = \sum \hat{u}_t^2 : \text{Error (unexplained) Sum of Squares}$$

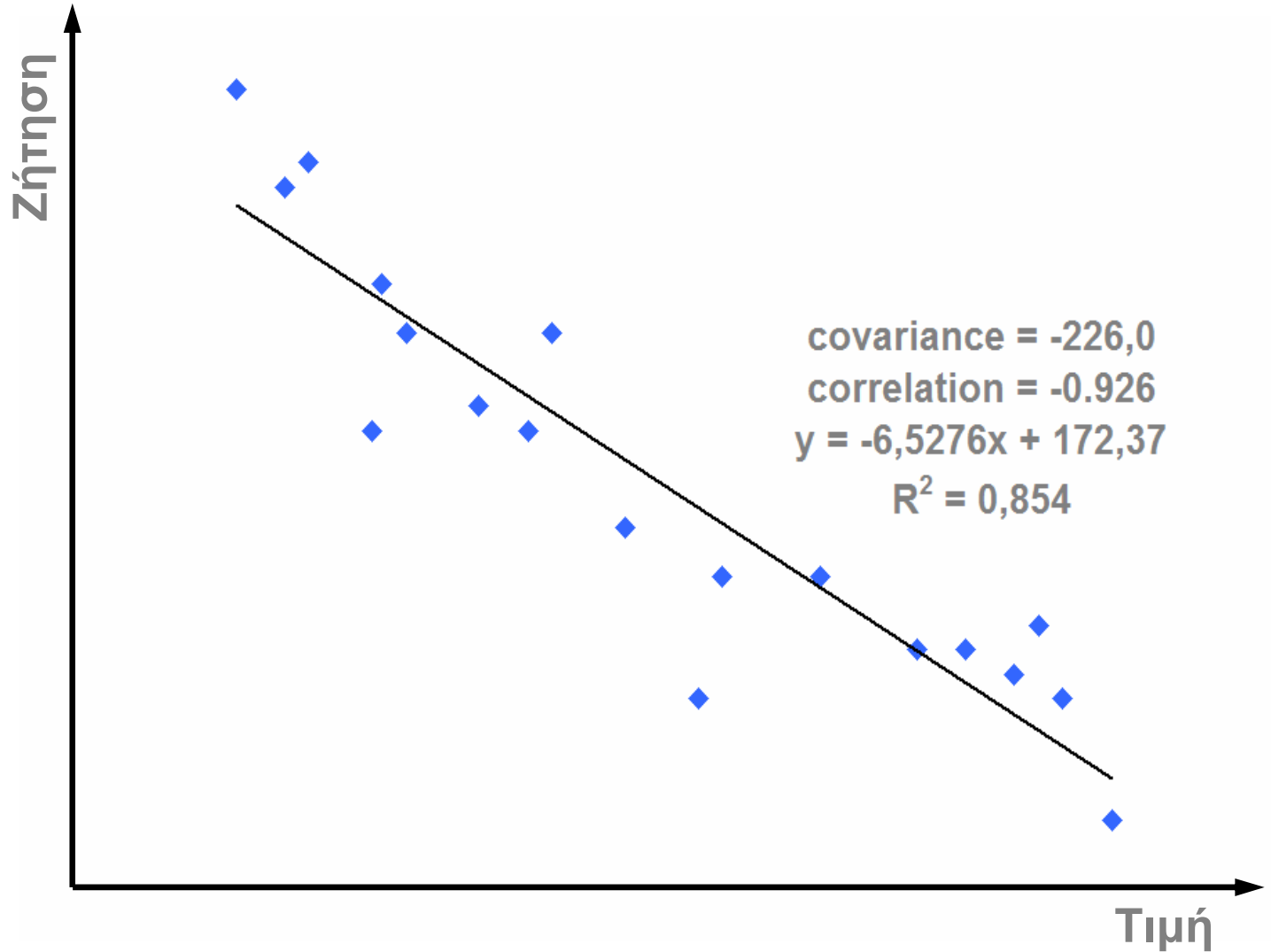
- Ισχύουν:  $TSS = RSS + ESS$ ,  $RSS \geq 0$  &  $ESS \geq 0$

- **Συντελεστής  $R^2$ :** 
$$R^2 = \frac{RSS}{TSS} = 1 - \frac{ESS}{TSS}$$

- Εκφράζει το ποσοστό της διακύμανσης του  $Y_t$  που επεξηγεί το μοντέλο παλινδρόμησης
- Επίσης ισχύει  $R^2 = \hat{\rho}_{Y, \hat{Y}}^2$  (φυσική ερμηνεία;)

# Τελικά

- Εισαγωγή
- Κατηγορίες
- Οικονομετρία
  - Συνδιακύμανση
  - Συσχέτιση
  - Παλινδρόμηση
- R2
- Σύνοψη
- Χρονοσειρές
- Νευρωνικά Δίκτυα



# Σύνοψη περί Οικονομετρίας

- Εισαγωγή
- Κατηγορίες
- Οικονομετρία
  - Συνδιακύμανση
  - Συσχέτιση
  - Παλινδρόμηση
  - R2
  - Σύνοψη
- Χρονοσειρές
- Νευρωνικά Δίκτυα

1. Υπολογισμός συνδιακύμανσης μεταβλητών (**COVAR**)
  2. Υπολογισμός συντελεστή συσχέτισης μεταβλητών (**CORREL**)
  3. Επιλογή μοντέλου (το γραμμικό μοντέλο δύο μεταβλητών είναι το πλέον απλό)
  4. Υπολογισμός συντελεστή  $R^2$  (**RSQ, PEARSON**)
- Αν οι τιμές των συντελεστών είναι ικανοποιητικές, τότε:**
5. Χρήση μοντέλου, με γνωστές τις τιμές των μεταβλητών εισόδου, για την πρόβλεψη της μεταβλητής εξόδου
    - Για παράδειγμα, για δεδομένη τιμή προκύπτει πρόγνωση ζήτησης

\*:Συναρτήσεις Excel

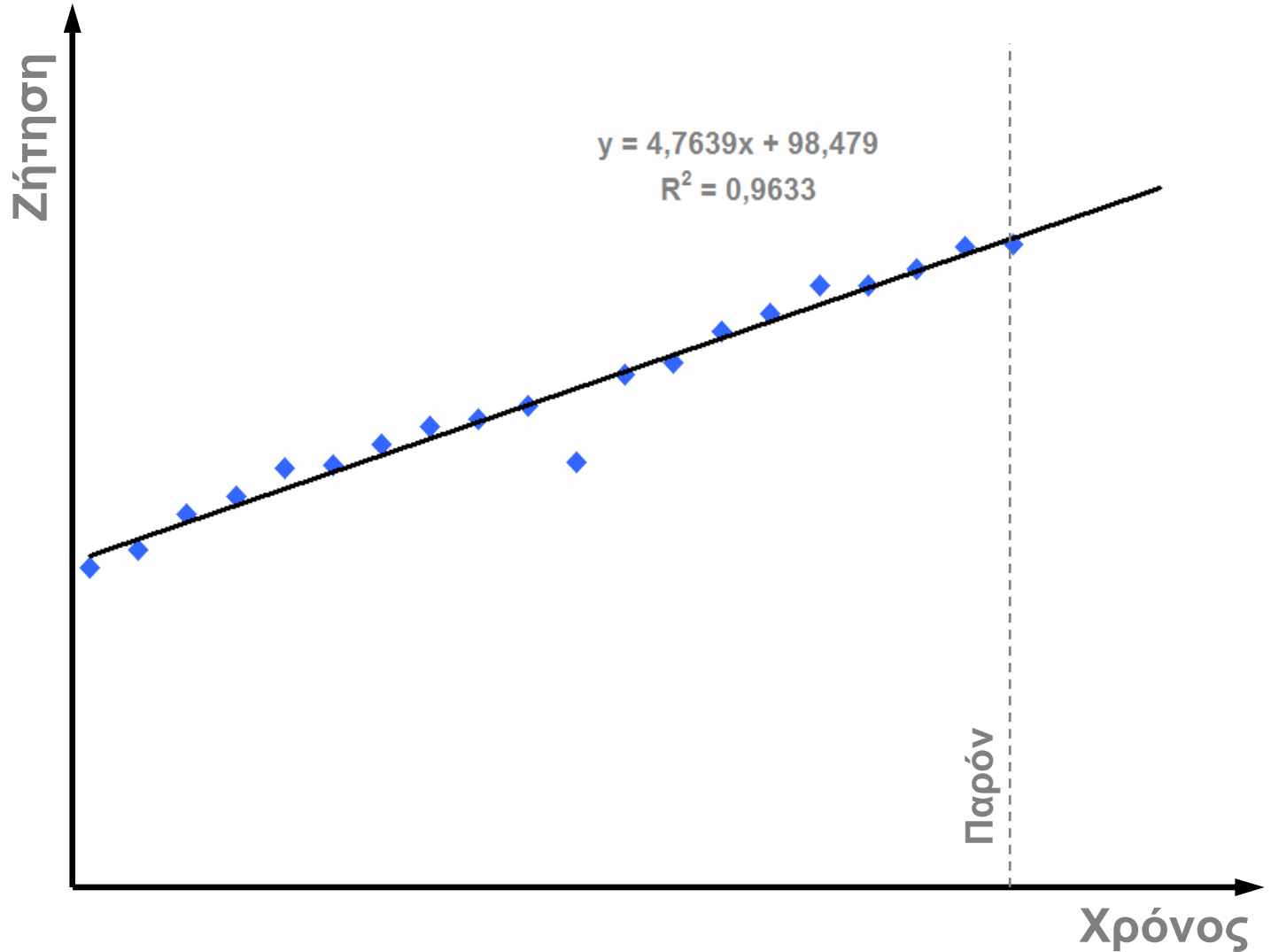
# Εισαγωγή στην Ανάλυση Χρονοσειρών

- Εισαγωγή
- Κατηγορίες
- Οικονομετρία
- Χρονοσειρές
  - Παράδειγμα
  - Συνιστώσες
  - Αποσύνθεση
  - Εξομάλυνση
  - Εκθετική
  - Holt
  - Holt-Winters
  - Σφάλματα
  - Μέτρα
- Νευρωνικά Δίκτυα

- Ορισμός χρονοσειράς
  - Ως χρονοσειρά καλείται μία ακολουθία παρατηρήσεων μίας μεταβλητής σε σταθερά χρονικά διαστήματα
$$\{x_1, \dots, x_t, \dots, x_n\}$$
 ΟΠΟΥ  $t = 1, \dots, n$ 
$$\& \{X_t\}$$
 το μοντέλο της χρονοσειράς
- Κατά την ανάλυση χρονοσειρών
  - δεν επιχειρείται αναζήτηση εκτιμήσεων
  - ούτε επιχειρείται αναζήτηση σχέσεων αιτίου και αιτιατού, αλλά
  - επιχειρείται η αναζήτηση επαναλαμβανόμενων μοτίβων (patterns) στην ίδια τη χρονοσειρά και
  - θεωρείται πως τα μοντέλα αυτά θα συνεχίσουν να ισχύουν και στο μέλλον

# Παράδειγμα

- Εισαγωγή
- Κατηγορίες
- Οικονομετρία
- Χρονοσειρές
  - Παράδειγμα
  - Συνιστώσες
  - Αποσύνθεση
  - Εξομάλυνση
  - Εκθετική
  - Holt
  - Holt-Winters
  - Σφάλματα
  - Μέτρα
- Νευρωνικά Δίκτυα



# Συνιστώσες χρονοσειράς

- Εισαγωγή
- Κατηγορίες
- Οικονομετρία
- Χρονοσειρές
  - Παράδειγμα
  - Συνιστώσες
  - Αποσύνθεση
  - Εξομάλυνση
  - Εκθετική
  - Holt
  - Holt-Winters
  - Σφάλματα
  - Μέτρα
- Νευρωνικά Δίκτυα

- Τάση (Trend)
    - Γραμμική ή μη-γραμμική
  - Κύκλος (Cycle)
    - Περιοδική διακύμανση, για παράδειγμα κύκλος οικονομίας
    - Υποσύνολο: Εποχικότητα (Seasonality)
      - Διακύμανση με περίοδο έτους/ εποχής/ μήνα/ εβδομάδας...
  - Τυχειότητα (Randomness)
    - Μη περιγράψιμη από κάποια από τις παραπάνω συνιστώσες
    - Ευκταία είναι η ιδιότητα στασιμότητας (stationarity) του παράγοντα αυτού
- Μοτίβο (pattern)
- Θόρυβος (Noise)

# Μοντέλο Αποσύνθεσης Χρονοσειράς

- Εισαγωγή
- Κατηγορίες
- Οικονομετρία
- Χρονοσειρές
  - Παράδειγμα
  - Συνιστώσες
  - Αποσύνθεση
  - Εξομάλυνση
  - Εκθετική
  - Holt
  - Holt-Winters
  - Σφάλματα
  - Μέτρα
- Νευρωνικά Δίκτυα

$$X_t = T_t + C_t + R_t, \quad t = 1, \dots, n$$

## ΌΠΟΥ

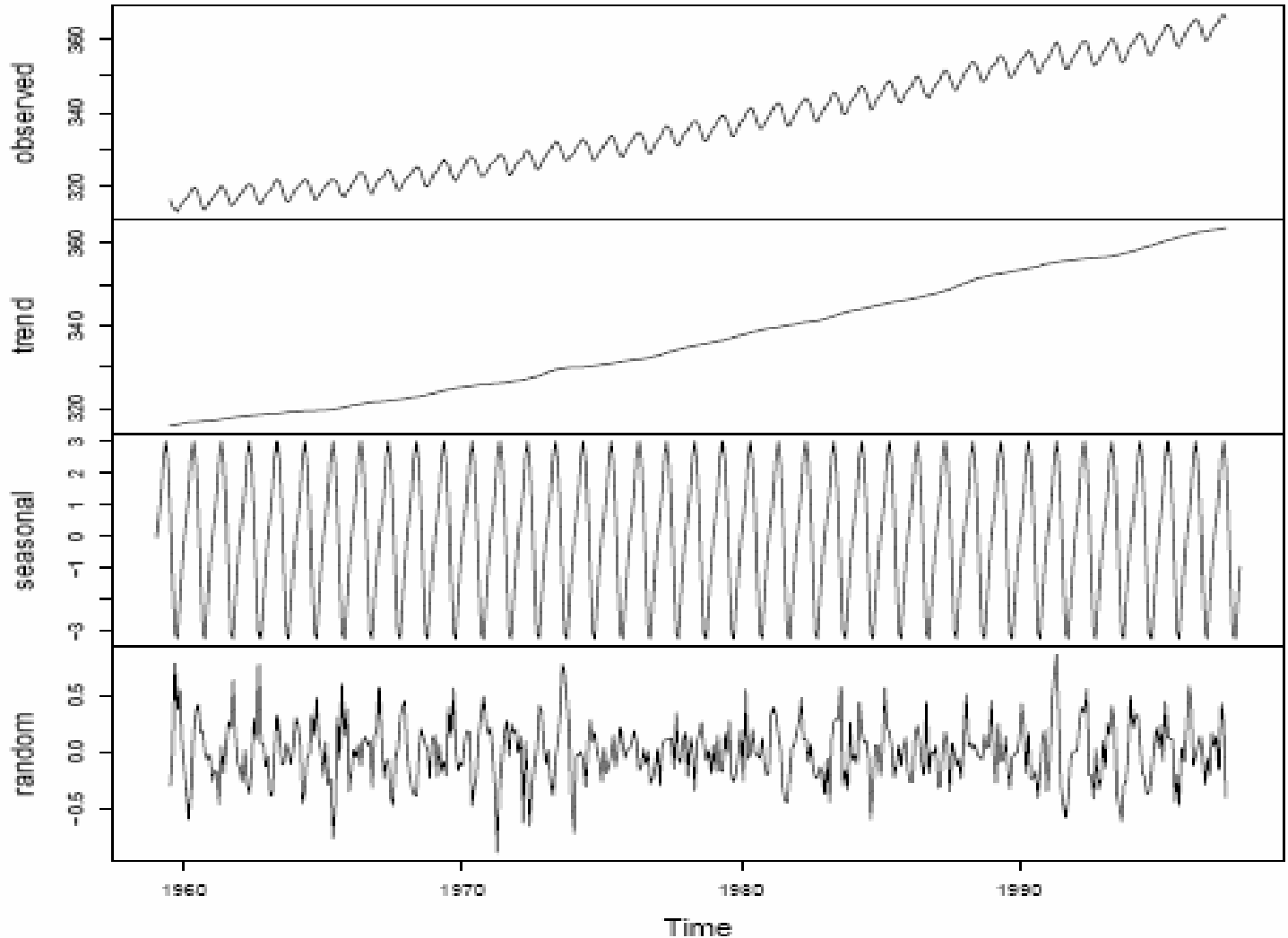
- $T_t$ : συνιστώσα τάσης
- $C_t$ : συνιστώσα κύκλου/ εποχικότητας
- $R_t$ : συνιστώσα τυχαιότητας

## • Ισχύουν:

- $E(R_t) = 0$
- $C_{t+d} = C_t$
- $\sum_{j=1}^d c_j = 0$

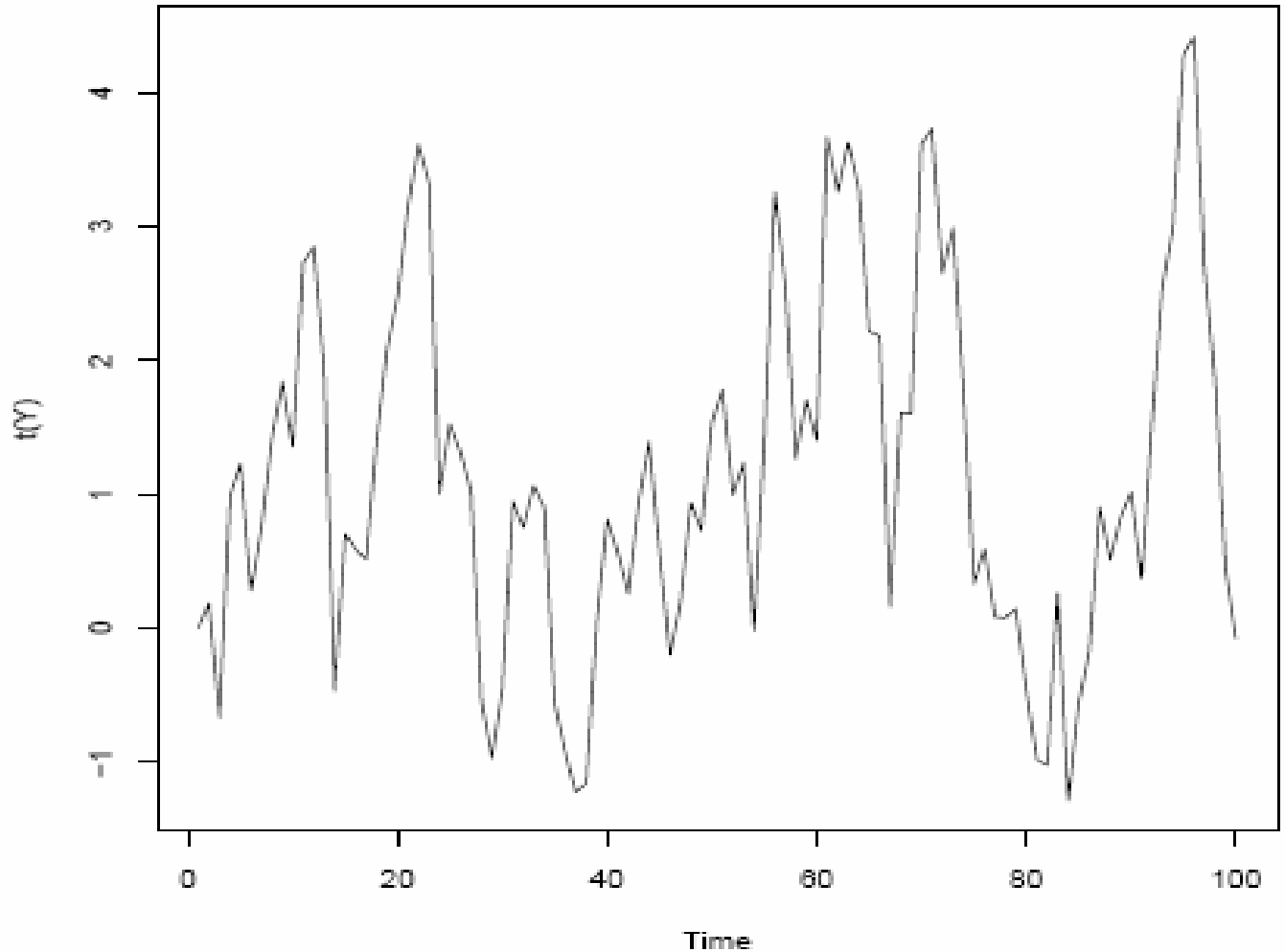
# Παράδειγμα Αποσύνθεσης

- Εισαγωγή
- Κατηγορίες
- Οικονομετρία
- Χρονοσειρές
  - Παράδειγμα
  - Συνιστώσες
  - Αποσύνθεση
  - Εξομάλυνση
  - Εκθετική
  - Holt
  - Holt-Winters
  - Σφάλματα
  - Μέτρα
- Νευρωνικά Δίκτυα



# Επί του προκειμένου;

- Εισαγωγή
- Κατηγορίες
- Οικονομετρία
- Χρονοσειρές
  - Παράδειγμα
  - Συνιστώσες
  - Αποσύνθεση
  - Εξομάλυνση
  - Εκθετική
  - Holt
  - Holt-Winters
  - Σφάλματα
  - Μέτρα
- Νευρωνικά Δίκτυα



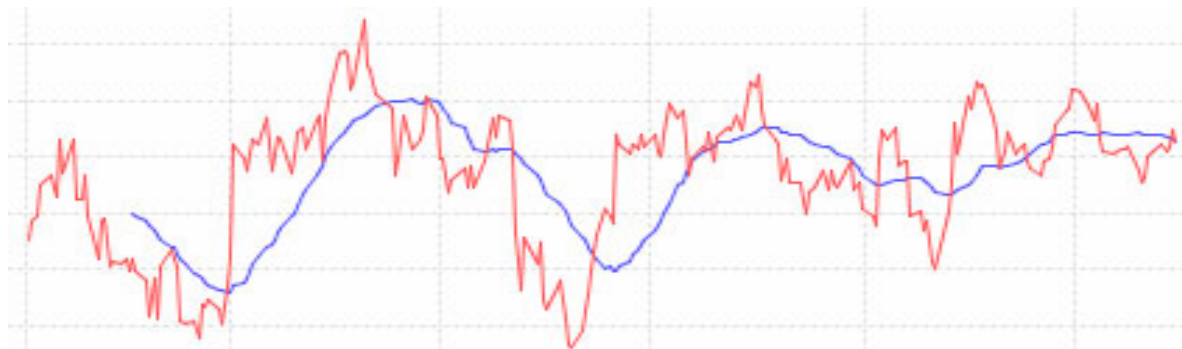
# Τεχνικές Εξομάλυνσης (Smoothing)

- Εισαγωγή
- Κατηγορίες
- Οικονομετρία
- Χρονοσειρές
  - Παράδειγμα
  - Συνιστώσες
  - Αποσύνθεση
  - Εξομάλυνση
  - Εκθετική
  - Holt
  - Holt-Winters
  - Σφάλματα
  - Μέτρα
- Νευρωνικά Δίκτυα

- Η διακύμανση του θορύβου είναι χρονικά σταθερή, οπότε μπορεί να εξομαλυνθεί μέσω της άθροισης παρατηρήσεων
- Κινητός Μέσος Όρος (Moving Average)

$$MA_N (X_t) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N x_{t-n} = \frac{x_{t-1} + x_{t-2} + \dots + x_{t-N}}{N}$$

- Μεγάλο  $N \rightarrow$  Σταθερότητα
- Μικρό  $N \rightarrow$  Ευαισθησία
- Ιδανική για απουσία μοτίβου



# Περαιτέρω Εξομάλυνση

- Εισαγωγή
- Κατηγορίες
- Οικονομετρία
- Χρονοσειρές
  - Παράδειγμα
  - Συνιστώσες
  - Αποσύνθεση
  - Εξομάλυνση
  - Εκθετική
  - Holt
  - Holt-Winters
  - Σφάλματα
  - Μέτρα
- Νευρωνικά Δίκτυα

- Σταθμισμένος Μέσος Όρος (Weighted Moving Average)

$$WMA_N (X_t) = \sum_{n=1}^N w_{t-n} x_{t-n} = w_{t-1} x_{t-1} + \dots + w_{t-N} x_{t-N}$$

$$\& \sum_{n=1}^N w_{t-n} = 1$$

- Για παράδειγμα, για  $N=3$

$$WMA_3 (X_t) = \frac{3}{6} x_{t-1} + \frac{2}{6} x_{t-2} + \frac{1}{6} x_{t-3}$$

(η επιλογή των βαρών είναι αυθαίρετη, αλλά ιδιαίτερης σημασίας)

# Απλή Εκθετική Εξομάλυνση

- Εισαγωγή
- Κατηγορίες
- Οικονομετρία
- Χρονοσειρές
  - Παράδειγμα
  - Συνιστώσες
  - Αποσύνθεση
  - Εξομάλυνση
  - Εκθετική
  - Holt
  - Holt-Winters
  - Σφάλματα
  - Μέτρα
- Νευρωνικά Δίκτυα

- Μοντέλο:

$$\begin{aligned} X_t &= ax_{t-1} + (1-a)X_{t-1} = \\ &= ax_{t-1} + a(1-a)x_{t-2} + a(1-a)^2 x_{t-3} \end{aligned}$$

όπου  $a$  η σταθερά εξομάλυνσης,  $0 < a < 1$ .

- Μικρό  $a \rightarrow$  Σταθερότητα
- Μεγάλο  $a \rightarrow$  Ευαισθησία
- Αντιστοιχεί κατά προσέγγιση σε κινητό μέσο όρο  $N$  στοιχείων, όπου  $a=2/(n+1)$

# Εκθετική Εξομάλυνση με Γραμμική Τάση

- Εισαγωγή
- Κατηγορίες
- Οικονομετρία
- Χρονοσειρές
  - Παράδειγμα
  - Συνιστώσες
  - Αποσύνθεση
  - Εξομάλυνση
  - Εκθετική
  - Holt
  - Holt-Winters
  - Σφάλματα
  - Μέτρα
- Νευρωνικά Δίκτυα

- **Μοντέλο Holt**

$$L_t = ax_t + (1 - a)(X_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \gamma(L_t - L_{t-1}) + (1 - \gamma)T_{t-1}$$

$$Tελικὰ : X_{t+m} = L_t + mT_t$$

όπου  $a, \gamma$  σταθερές εξομάλυνσης,  $0 < a, \gamma < 1$

$L$  σταθερός παράγοντας (level) &  $T$  τάση (trend)

– Το μοντέλο υπολογίζεται επαναληπτικά:

$$L_t, T_t, X_{t+m}, L_{t+1}, T_{t+1}, X_{t+m+1}, \dots$$

– Αρχική τιμή: διάφοροι τρόποι, πχ  $T_1 = x_2 - x_1$

# Εκθετική Εξομάλυνση με Εποχικότητα & Τάση

- Εισαγωγή
- Κατηγορίες
- Οικονομετρία
- Χρονοσειρές
  - Παράδειγμα
  - Συνιστώσες
  - Αποσύνθεση
  - Εξομάλυνση
  - Εκθετική
  - Holt
  - Holt-Winters
  - Σφάλματα
  - Μέτρα
- Νευρωνικά Δίκτυα

## • Μοντέλο Holt-Winters

$$L_t = a(L_{t-1} + T_{t-1}) + (1-a)\frac{x_t}{S_{t-s}}$$

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1-\beta)T_{t-1}$$

$$S_t = \gamma S_{t-s} + (1-\gamma)\frac{x_t}{L_t}$$

Τελικὰ  $X_{t+k} = (L_t + kT_t)S_{t+k-s}$  για  $k = 1, 2, \dots, s$

όπου  $\alpha, \beta, \gamma$  σταθερές εξομάλυνσης,  $0 < \alpha, \beta, \gamma < 1$

$L$  σταθερός παράγοντας (level),  $T$  τάση (trend) &

$S$  παράγοντας εποχικότητας (seasonality) με

περίοδο  $S$

# Συνοψίζοντας (επί της μοντελοποίησης...)

- Εισαγωγή
- Κατηγορίες
- Οικονομετρία
- Χρονοσειρές
  - Παράδειγμα
  - Συνιστώσες
  - Αποσύνθεση
  - Εξομάλυνση
  - Εκθετική
  - Holt
  - Holt-Winters
  - Σφάλματα
  - Μέτρα
- Νευρωνικά Δίκτυα

- Πληθώρα μοντέλων διαθέσιμη
- Άλλες κατηγορίες:
  - ARIMA (Box-Jenkins)
  - GARCH
    - Αρκετά περισσότερο πολύπλοκες...
- Επομένως:
  - Πώς αποτιμάται η καταλληλότητα ενός μοντέλου;*
  - Πώς μπορεί να υποβοηθηθεί κανείς κατά τη διαδικασία επιλογής του;*

# Μέτρα Σφάλματος

- Εισαγωγή
- Κατηγορίες
- Οικονομετρία
- Χρονοσειρές
  - Παράδειγμα
  - Συνιστώσες
  - Αποσύνθεση
  - Εξομάλυνση
  - Εκθετική
  - Holt
  - Holt-Winters
  - Σφάλματα
  - Μέτρα
- Νευρωνικά Δίκτυα

- Σφάλμα Πρόγνωσης (forecast error)

$$e_t = X_t - x_t$$

- Μέση Απόκλιση (Mean Deviation, MD)
  - Εκφράζει την προκατάληψη (bias) του μοντέλου

$$MD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t$$

- Μέση Απόλυτη Απόκλιση (Mean Absolute Deviation, MAD)

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |e_t|$$

# Μέτρα Σφάλματος (συν.)

- Εισαγωγή
- Κατηγορίες
- Οικονομετρία
- Χρονοσειρές
  - Παράδειγμα
  - Συνιστώσες
  - Αποσύνθεση
  - Εξομάλυνση
  - Εκθετική
  - Holt
  - Holt-Winters
  - Σφάλματα
  - Μέτρα
- Νευρωνικά Δίκτυα

- Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα (Mean Squared Error, MSE)

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2$$

- Τετραφωνική Ρίζα Μέσου Τετραγωνικού Σφάλματος (Root Mean Squared Error, RMSE)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2}$$

- Μέσο Ποσοστιαίο Σφάλμα (Mean Percent Error, MPE)

$$MPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{e_t}{x_t}$$

- Μέσο Απόλυτο Ποσοστιαίο Σφάλμα (Mean Absolute Percent Error, MAPE)

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|e_t|}{x_t}$$

# Αυτοσυνδιακύμανση (autocovariance)

- Εισαγωγή
- Κατηγορίες
- Οικονομετρία
- Χρονοσειρές
  - Παράδειγμα
  - Συνιστώσες
  - Αποσύνθεση
  - Εξομάλυνση
  - Εκθετική
- Holt
- Holt-Winters
- Σφάλματα
- Μέτρα
- Νευρωνικά Δίκτυα

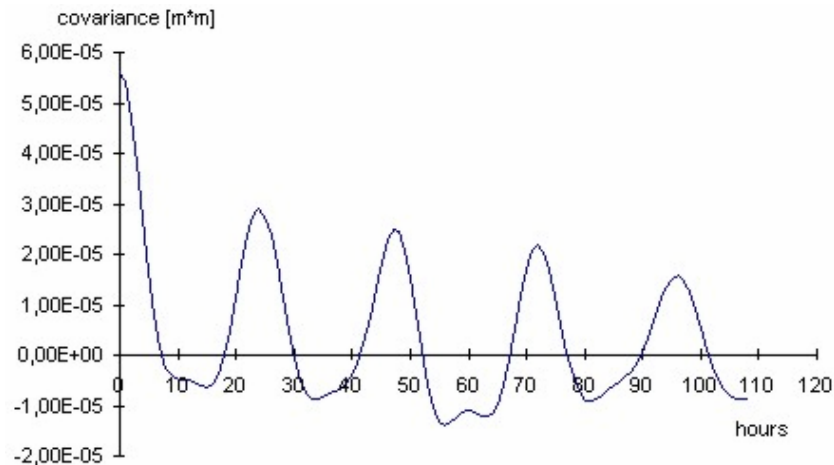
- **Covariance function**

$$\gamma_X(r, s) = \text{Cov}(X_r, X_s) = E[(X_r - \mu_X(r))(X_s - \mu_X(s))]$$

- **Sample autocovariance function**

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n-|h|} (x_{t+|h|} - \bar{x})(x_t - \bar{x})$$

- *Εκφράζει την ύπαρξη συσχέτισης μεταξύ των διαδοχικών τιμών της χρονοσειράς*



# Αυτοσυσχέτιση (autocorrelation)

- Εισαγωγή
- Κατηγορίες
- Οικονομετρία
- Χρονοσειρές
  - Παράδειγμα
  - Συνιστώσες
  - Αποσύνθεση
  - Εξομάλυνση
  - Εκθετική
  - Holt
  - Holt-Winters
  - Σφάλματα
  - Μέτρα
- Νευρωνικά Δίκτυα

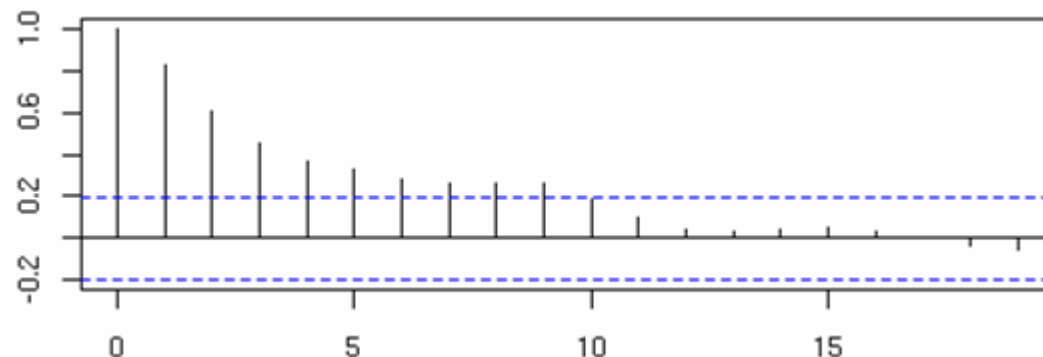
- Autocorrelation function

$$\rho_X(h) = \frac{\gamma_X(h)}{\gamma_X(0)} = \text{Cor}(X_{t+h}, X_t)$$

- Sample autocorrelation function

$$\hat{\rho}(h) = \frac{\hat{\gamma}(h)}{\hat{\gamma}(0)}$$

- Εκφράζει την ισχύ της συσχέτισης μεταξύ διαδοχικών μεγεθών της χρονοσειράς



# Στασιμότητα (stationarity) χρονοσειράς

- Εισαγωγή
- Κατηγορίες
- Οικονομετρία
- Χρονοσειρές
  - Παράδειγμα
  - Συνιστώσες
  - Αποσύνθεση
  - Εξομάλυνση
  - Εκθετική
  - Holt
  - Holt-Winters
  - Σφάλματα
  - Μέτρα
- Νευρωνικά Δίκτυα

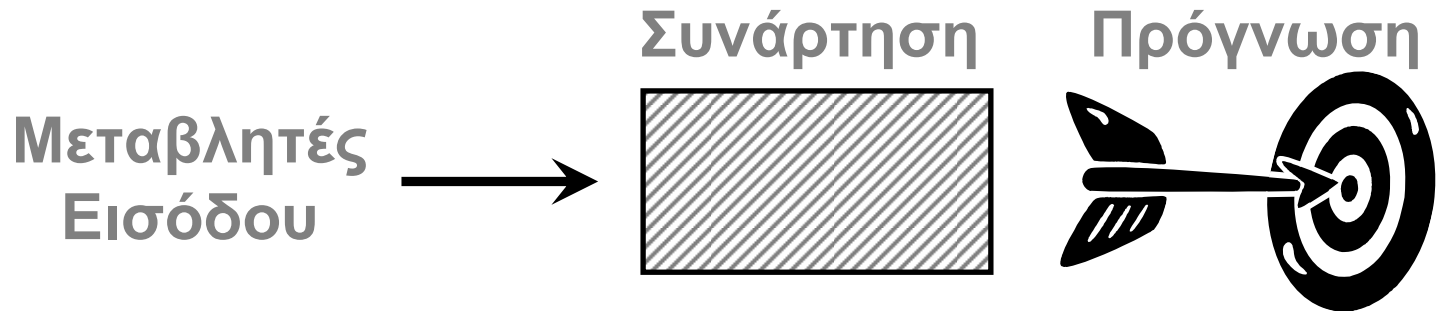
Η  $\{X_t\}$  καλείται (αδύναμα) στάσιμη (weakly stationary) εάν

- η μέση τιμή  $\mu_x(t)$  είναι ανεξάρτητη του  $x$  &
- η αυτοσυνδιακύμανση  $\gamma_x(t+h, t)$  είναι ανεξάρτητη του  $x$  για κάθε  $h$ .
- *Η διαδικασία αποσύνθεσης και μοντελοποίησης μίας χρονοσειράς είναι πλήρως επιτυχημένη, όταν η χρονοσειρά του σφάλματος πρόγνωσης είναι στάσιμη.*

# Νευρωνικά Δίκτυα

- Εισαγωγή
- Κατηγορίες
- Οικονομετρία
- Χρονοσειρές
- Νευρωνικά Δίκτυα
  - Νευρώνας
  - Δίκτυο
  - Εκπαίδευση
  - Υλοποίηση

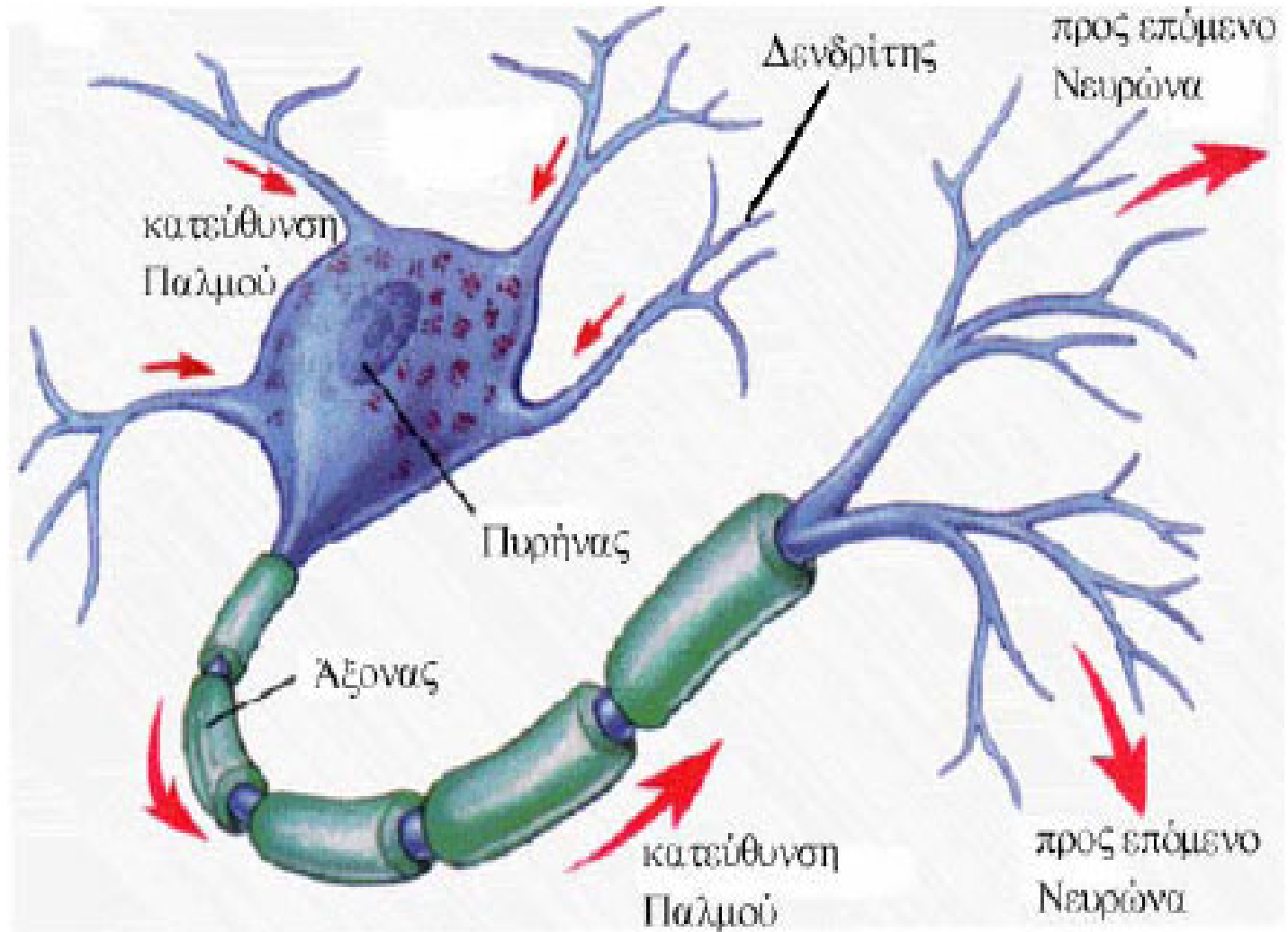
- Εν τέλει, η διαδικασία πρόγνωσης καλείται να μοντελοποιήσει τη διαδικασία επιλογής και μοντελοποίησης συσχετιζόμενων με το υπό πρόγνωση μέγεθος μεταβλητών



- Πώς αλλιώς είναι αυτό εφικτό;
  - βλέπε *Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence)* & *Μηχανική Μάθηση (Machine Learning)*

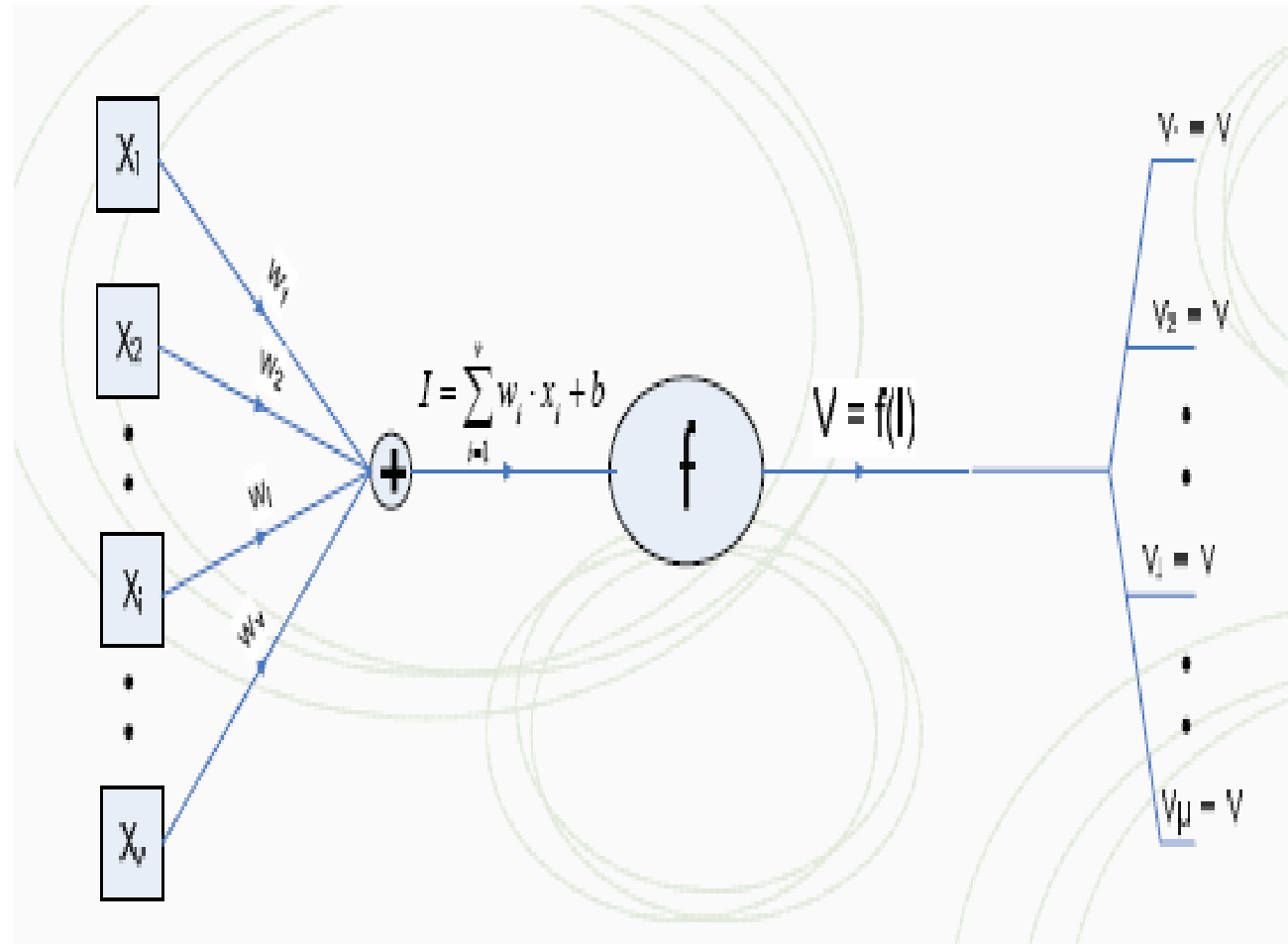
# Φυσικός νευρώνας (neuron)

- Εισαγωγή
- Κατηγορίες
- Οικονομετρία
- Χρονοσειρές
- Νευρωνικά Δίκτυα
  - Νευρώνας
  - Δίκτυο
  - Εκπαίδευση
  - Υλοποίηση



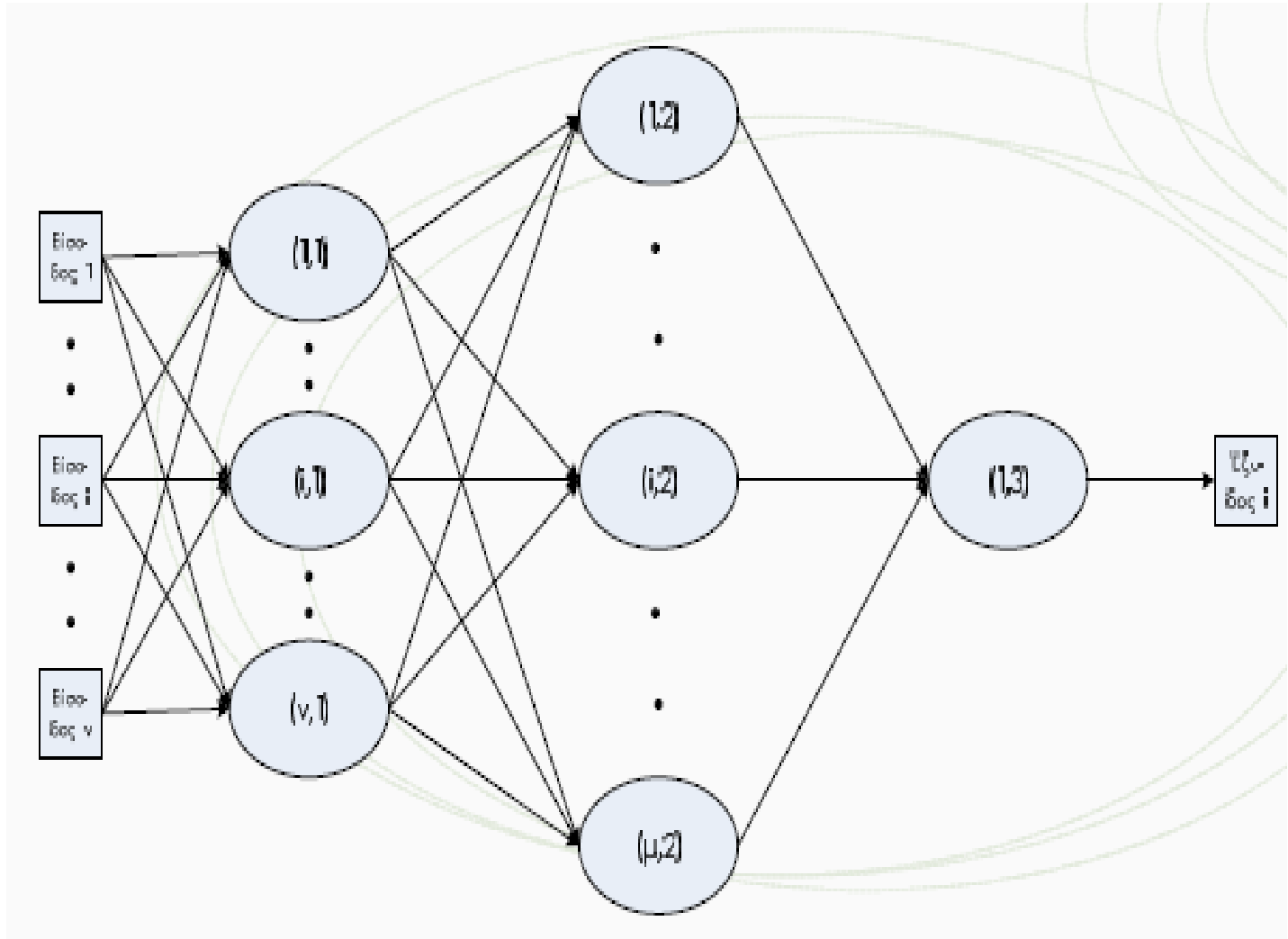
# Τεχνητός νευρώνας (artificial neuron)

- Εισαγωγή
- Κατηγορίες
- Οικονομετρία
- Χρονοσειρές
- Νευρωνικά Δίκτυα
  - Νευρώνας
  - Δίκτυο
  - Εκπαίδευση
  - Υλοποίηση



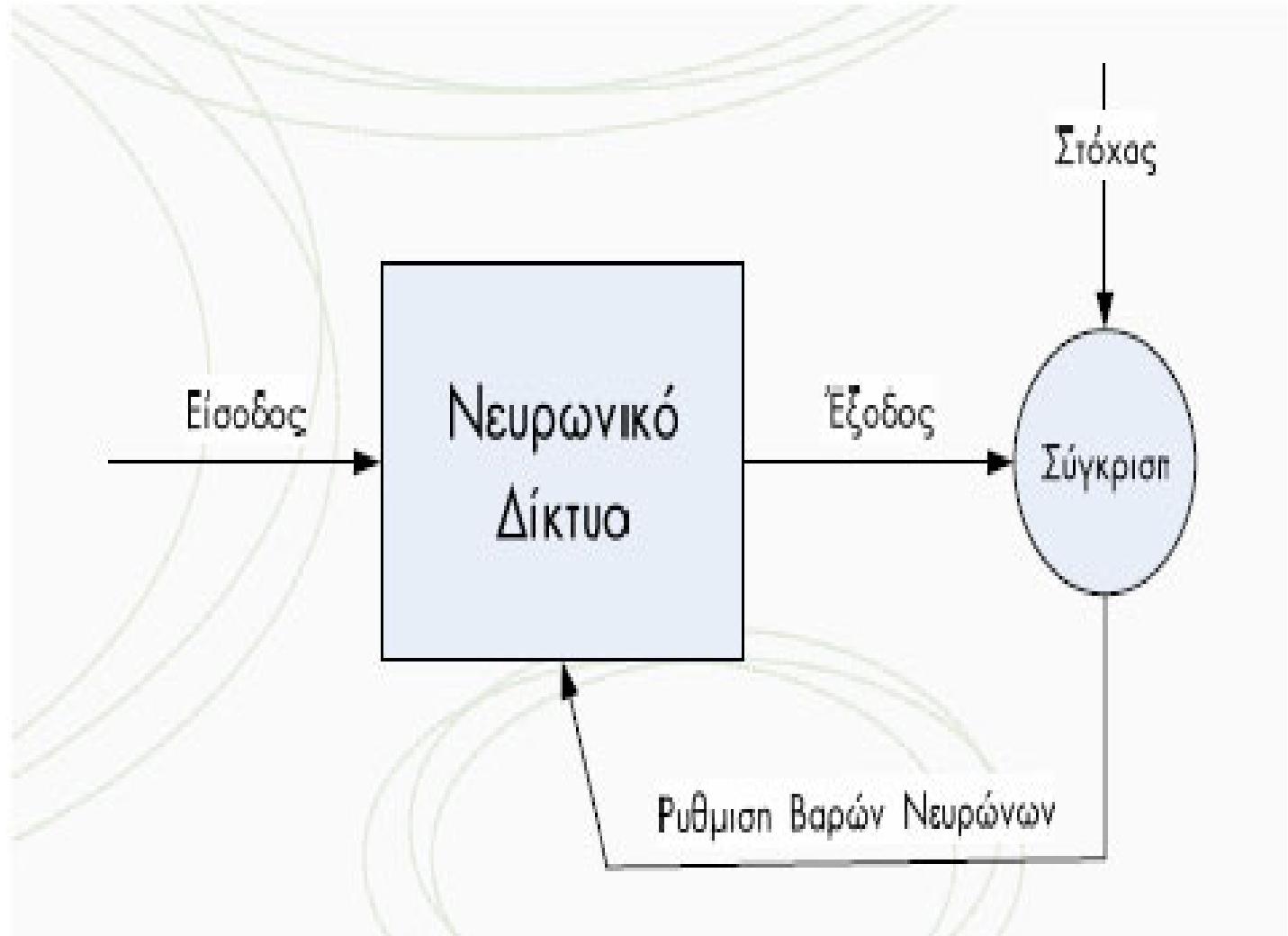
# Νευρωνικό δίκτυο (neural network)

- Εισαγωγή
- Κατηγορίες
- Οικονομετρία
- Χρονοσειρές
- Νευρωνικά Δίκτυα
  - Νευρώνας
  - Δίκτυο
  - Εκπαίδευση
  - Υλοποίηση



# Διαδικασία εκπαίδευσης (training)

- Εισαγωγή
- Κατηγορίες
- Οικονομετρία
- Χρονοσειρές
- Νευρωνικά Δίκτυα
  - Νευρώνας
  - Δίκτυο
  - Εκπαίδευση
  - Υλοποίηση



# Υλοποίηση Νευρωνικών Δικτύων στο MatLab

- Εισαγωγή
- Κατηγορίες
- Οικονομετρία
- Χρονοσειρές
- Νευρωνικά Δίκτυα
  - Νευρώνας
  - Δίκτυο
  - Εκπαίδευση
  - Υλοποίηση

- Neural Network Toolbox/ Διαθέσιμες Εντολές
  - Δημιουργία νευρωνικού δικτύου: [newff](#)
  - Εκπαίδευση: [train](#)
  - Προσομοίωση & πρόγνωση : [sim](#)
  - *Εύκολα παραμετροποιήσιμο*
  - *Απαιτητικό σε υπολογιστικό χρόνο*

# Τέλος

- Εισαγωγή
- Κατηγορίες
- Οικονομετρία
- Χρονοσειρές
- Νευρωνικά Δίκτυα

