



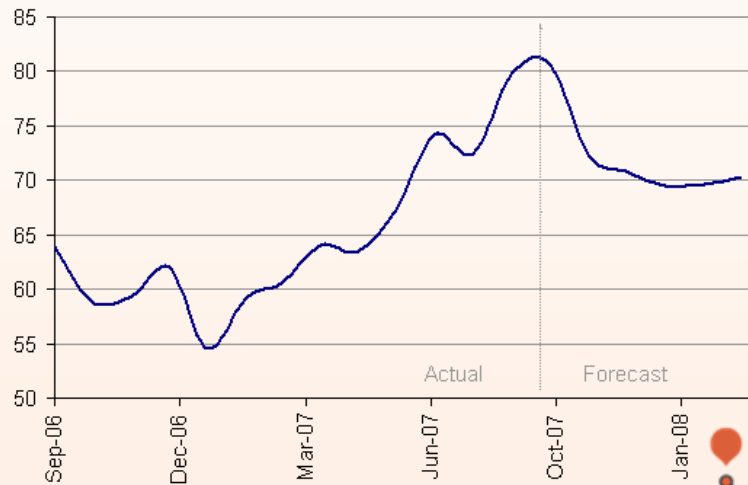
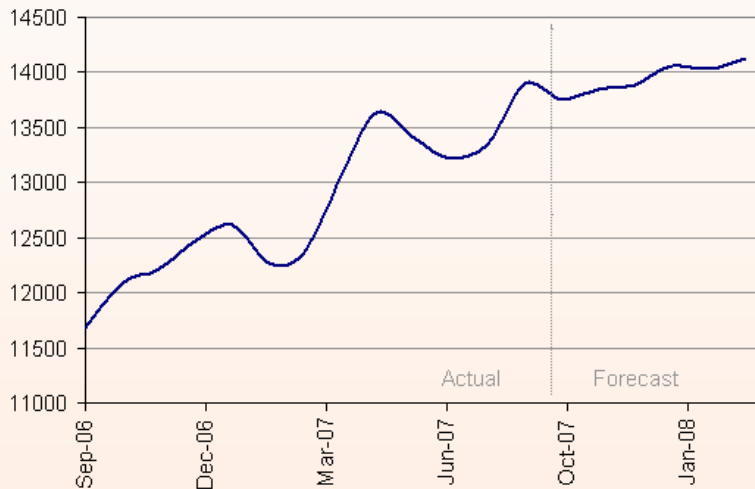
**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
**ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**  
**Μονάδα Προβλέψεων & Στρατηγικής**  
**Forecasting & Strategy Unit**

# Τεχνικές Προβλέψεων

## Μέθοδοι Προβλέψεων

# Πρόβλεψη

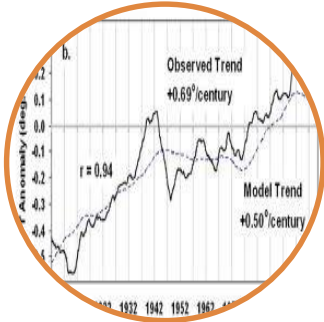
- Η μεγαλύτερη **πρόκληση** στην ανάλυση χρονοσειρών είναι η **πρόβλεψη**, δηλαδή πώς η ακολουθία των παρατηρήσεων θα συνεχιστεί στο μέλλον.
- Το **ζητούμενο** είναι να ακολουθεί μια **διαδικασία** που θα εξασφαλίσει ότι θα παραχθούν όσο τον δυνατόν πιο **ακριβείς** προβλέψεις, **αξιοποιώντας** στο έπακρο όλη την διαθέσιμη **ιστορική πληροφορία**.



# Είδη Προβλέψεων

- Στατιστική Πρόβλεψη
- Κριτική Πρόβλεψη
- Πρόβλεψη Προϋπολογισμού
- Τελική Πρόβλεψη

# Είδη Προβλέψεων



Στατιστική  
Πρόβλεψη



Κριτική  
Πρόβλεψη



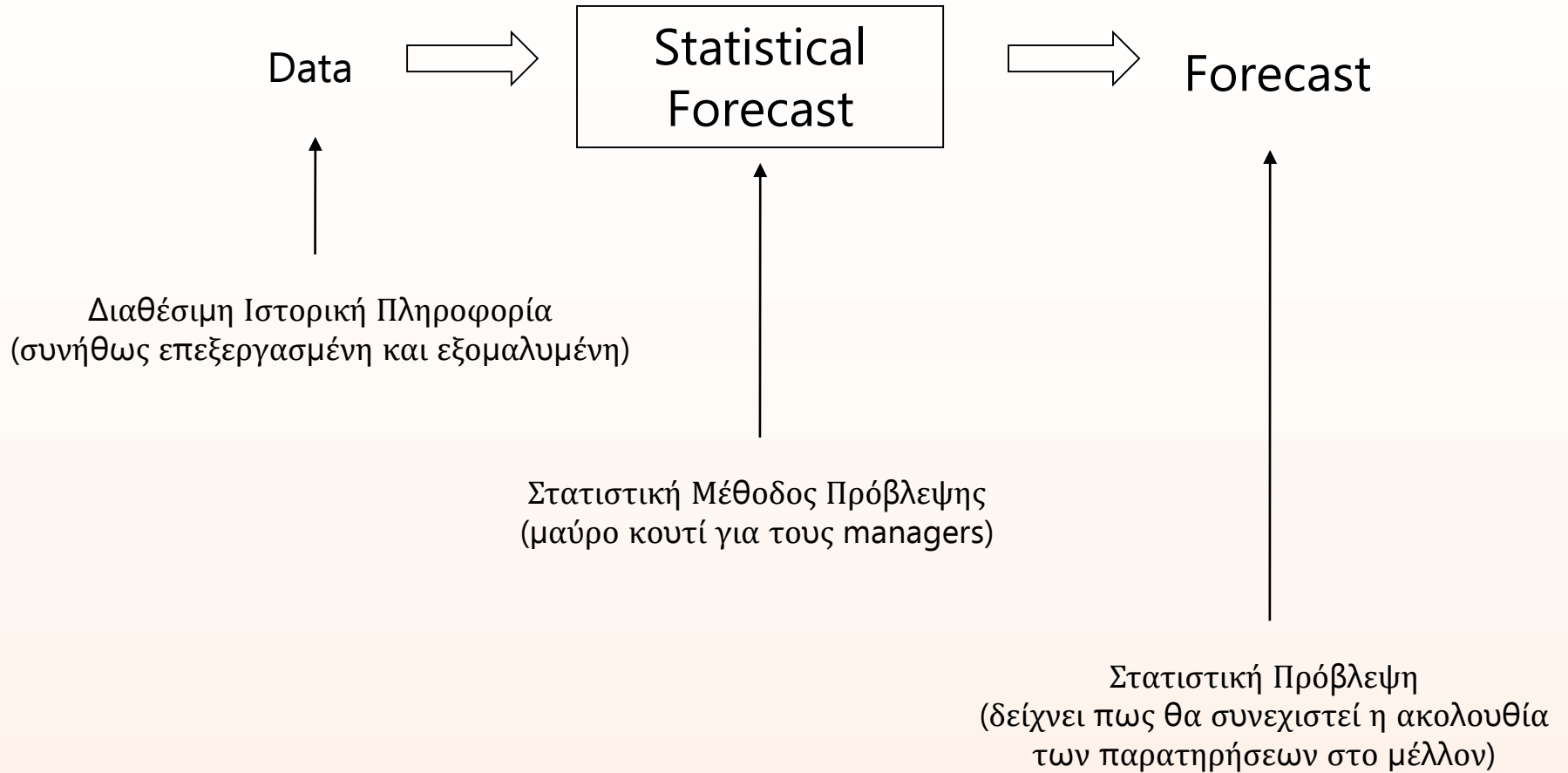
Πρόβλεψη  
Προϋπολογισμού



Τελική  
Πρόβλεψη

Είδη Προβλέψεων

# Στατιστική Πρόβλεψη



# Στατιστική Πρόβλεψη

## Πλεονεκτήματα

- Άμεσα εφαρμόσιμες
- Σχετικά ακριβείς (δεδομένων και των διαστημάτων εμπιστοσύνης)
- Δεν προϋποθέτουν τεχνικές και στατιστικές γνώσεις προκειμένου να παραχθούν οι ζητούμενες προβλέψεις (όταν χρησιμοποιούνται σαν "black box" από τους managers)
- Απαιτούν ελάχιστο χρόνο και λίγους υπολογιστικούς πόρους

# Στατιστική Πρόβλεψη

## Μειονεκτήματα

- Προϋποθέτουν ότι το πρότυπο (συμπεριφορά) της δεδομένης χρονοσειράς θα συνεχιστεί στο μέλλον, γεγονός που δεν γίνεται πάντα
- Δεν λαμβάνουν υπόψη ειδικά γεγονότα και ενέργειες που ενδέχεται να πραγματοποιηθούν (πχ. διαφημίσεις, αθλητικά συμβάντα)
- Αρκετές στατιστικές μέθοδοι, προκειμένου να παράγουν προβλέψεις, απαιτούν αρκετές παρατηρήσεις (ιστορικά δεδομένα)

# Στατιστική Πρόβλεψη

## Κυριότερες Στατιστικές Μέθοδοι Πρόβλεψης

- Naive

Η πιο απλή στατιστική μέθοδος. Δεν παράγει ακριβείς προβλέψεις αλλά πολλές φορές χρησιμοποιείται ως benchmark για άλλες μεθόδους. Η πρόβλεψη θεωρείται πως είναι ίση με την τελευταία παρατήρηση της διαθέσιμης χρονοσειράς.

$$F(t+1) = Y(t)$$



# Στατιστική Πρόβλεψη

## Κυριότερες Στατιστικές Μέθοδοι Πρόβλεψης

- Μέθοδοι Εκθετικής Εξομάλυνσης

Αναπτύχθηκαν τις αρχές της δεκαετίας του '50. Από τότε έγιναν από τις πιο δημοφιλείς μεθόδους προβλέψεων μεταξύ των επιχειρηματιών κυρίως λόγω της ευκολίας τους, της ελάχιστης απαίτησης σε υπολογιστικό χρόνο και την ύπαρξη σχετικά λίγων παρατηρήσεων προκειμένου να παράγουν προβλέψεις. Οι μέθοδοι εξομάλυνσης είναι κατάλληλες για βραχυπρόθεσμες προβλέψεις ενός μεγάλου όγκου χρονοσειρών. Αποδίδουν καλύτερα σε δεδομένα που παρουσιάζουν στασιμότητα ή μικρό ρυθμό ανάπτυξης ή μείωσης ως προς το χρόνο.

Κυριότερες μέθοδοι εξομάλυνσης:

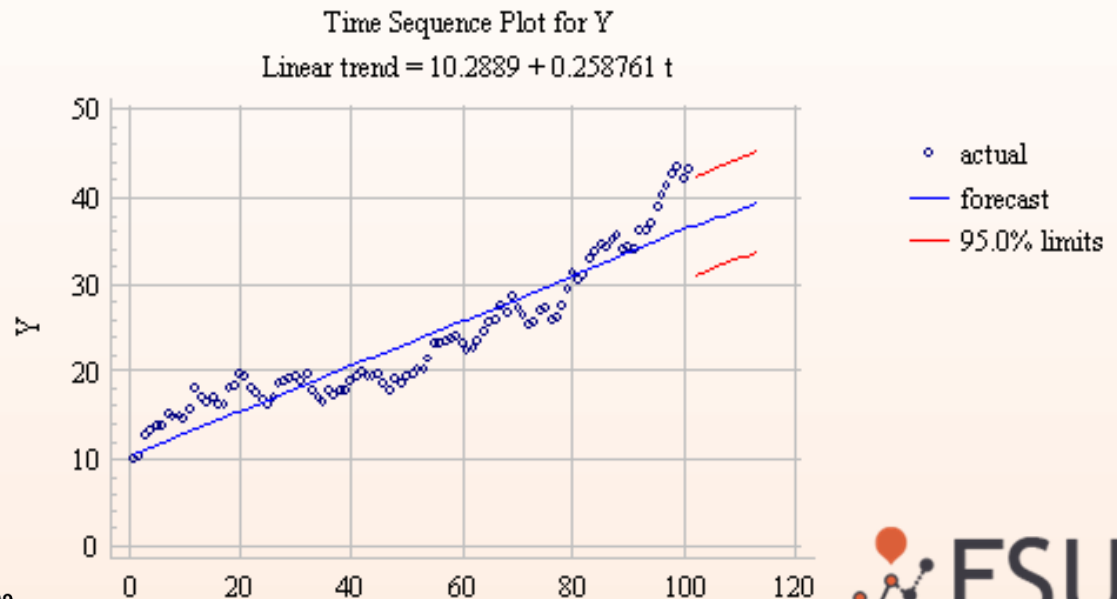
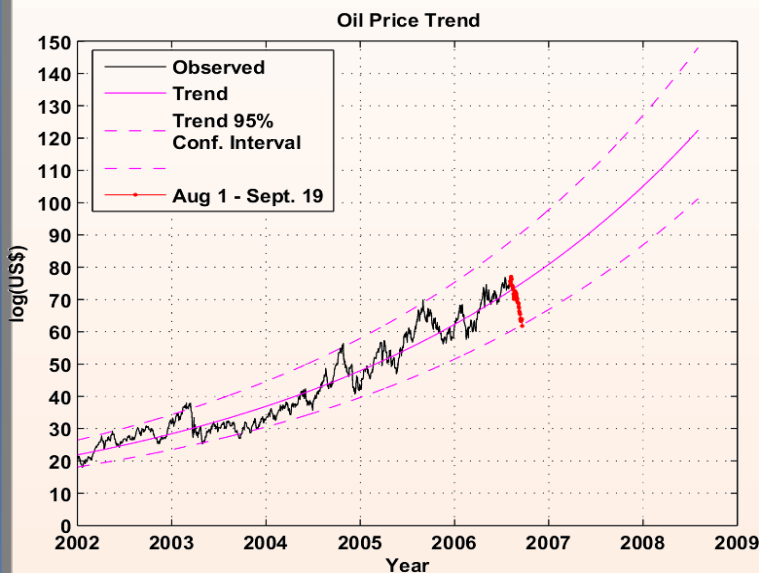
- ✓ Simple Exponential Smoothing
- ✓ Holt
- ✓ Damped
- ✓ Winter

# Στατιστική Πρόβλεψη

## Κυριότερες Στατιστικές Μέθοδοι Πρόβλεψης

- Linear & Exponential Trend

Στη στατιστική, η ανάλυση της παλινδρόμησης μελετά τη σχέση μεταξύ μιας εξαρτημένης μεταβλητής (μεταβλητή αντίδρασης/ανταπόκρισης) με συγκεκριμένες ανεξάρτητες μεταβλητές (επεξηγηματικές μεταβλητές). Οι μέθοδοι γραμμικής και εκθετικής τάσης είναι κατάλληλες για την παραγωγή μακροπρόθεσμων προβλέψεων.



# Στατιστική Πρόβλεψη

## Κυριότερες Στατιστικές Μέθοδοι Πρόβλεψης

- Multiple Regression

Αξία	Ετος Κατασκευής	Εμβαδόν	Οροφος	Αριθμός Υπν.	Θέα	Προσανατολισμός
81000	1995	100	2	3	1	1
61000	1998	65	3	1	1	2
56000	1992	70	2	2	2	3
90000	2000	90	4	2	3	1
80800	1994	86	5	2	4	2
56400	1993	68	2	2	3	2
95000	1997	105	3	3	2	2
101000	1999	95	5	3	5	2
66400	1995	73	2	2	3	3
85200	2000	84	3	2	4	1
79400	1991	98	3	3	3	2
105000	1993	120	4	3	5	1
47000	1998	50	1	1	1	3

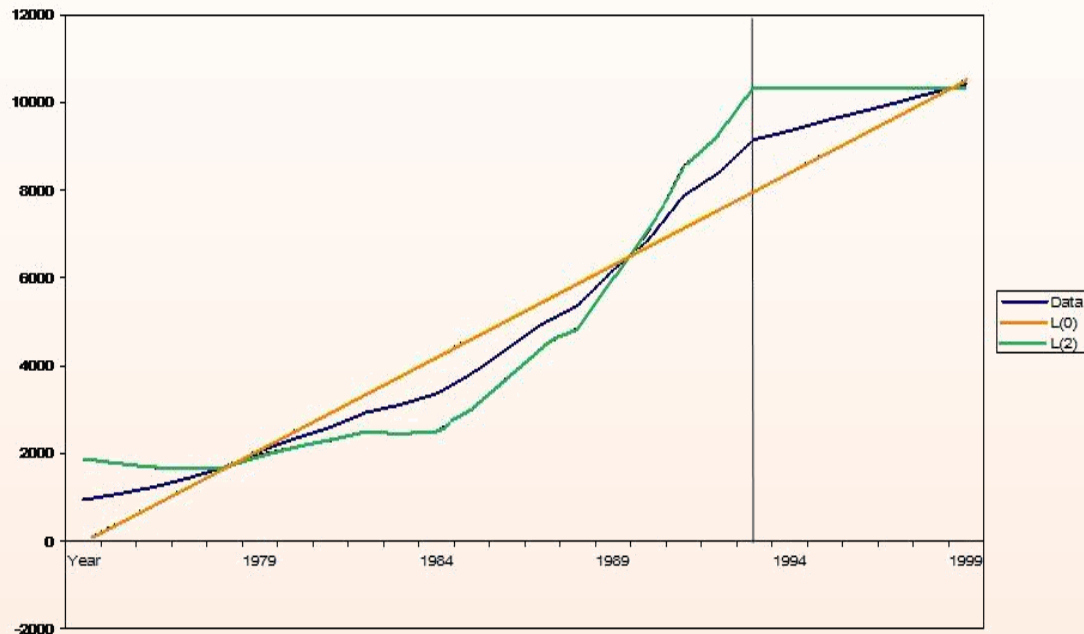
# Στατιστική Πρόβλεψη

## Κυριότερες Στατιστικές Μέθοδοι Πρόβλεψης

- Μέθοδος Theta

Η μέθοδος πρόβλεψης Theta βασίζεται στην τροποποίηση των τοπικών καμπυλοτήτων της χρονοσειράς. Η αρχική χρονοσειρά αποσυντίθεται σε δύο ή περισσότερες γραμμές Theta. Κάθε μία από αυτές προεκτείνεται ξεχωριστά και οι προβλέψεις τους συνδυάζονται.

Figure 1. M3 Competition - N0001YB001-YEARLY/MCRO



# Στατιστική Πρόβλεψη

## Κυριότερες Στατιστικές Μέθοδοι Πρόβλεψης

- Averaging

- Αναφέρεται στο συνδυασμό 2 ή και περισσότερων απλών στατιστικών μεθόδων πρόβλεψης σε ίσα ή άνισα βάρη. Η επιλογή των μεθόδων που θα συμμετέχουν (όπως και τα βάρη τους) καθορίζεται από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της κάθε μεθόδου, όπως και τα χαρακτηριστικά της εκάστοτε χρονοσειράς. Μεγάλο ρόλο παίζει επίσης και ο ορίζοντας πρόβλεψης.
- Επειδή μία μέθοδος δίνει μικρότερα σφάλματα από μία άλλη (MAPE ή MSE) αυτό δεν σημαίνει πως οποιοσδήποτε συνδυασμός τους θα έχει σφάλματα το MO των σφαλμάτων των δύο περιόδων. Οπότε τελικά ένας συνδυασμός μεθόδων μπορεί γενικά να οδηγήσει σε καλύτερες προβλέψεις.

# Στατιστική Πρόβλεψη

## Κυριότερες Στατιστικές Μέθοδοι Πρόβλεψης

- Expert Methods

- Αναφέρονται σε “έξυπνες” μεθόδους που υπάρχουν συνήθως ενσωματωμένες στα συστήματα προβλέψεων και, βασιζόμενες στην ελαχιστοποίηση ενός δείκτη σφάλματος στο μοντέλο πρόβλεψης, επιλέγουν μία (η συνδυασμό μεθόδων) μέθοδο ως “βέλτιστη”.

- Είναι κατάλληλες για batch forecasting.

- Δεν είναι κατά κανόνα η καλύτερη μέθοδος πρόβλεψης, καθώς η χρήση κάποιου άλλου στατιστικού δείκτη για τη μέτρηση του σφάλματος μπορεί να μας έδινε διαφορετικά αποτελέσματα.

# Στατιστική Πρόβλεψη

## Μέθοδος Διακοπτόμενης Ζήτησης

- Croston Forecasting Method

Εφαρμόζεται σε περιπτώσεις όπου τα δεδομένα περιέχουν πολλά μηδενικά, δηλαδή η ζήτηση δεν είναι συνεχής αλλά διακοπτόμενη. Τέτοια μορφή μπορεί να έχουν για παράδειγμα τα δεδομένα από αποθήκες ανατλλακτικών.

$$\mathbf{Demand\ Forecast} = \frac{\mathbf{Volume\ Forecast}}{\mathbf{Interval\ Forecast}}$$

where:

**(Interval Forecast)** = the exponentially smoothed (or moving average) inter-demand interval, updated only if demand occurs in period

**(Volume Forecast)** = the exponentially smoothed (or moving average) size of demand, updated only if demand occurs in period

# Στατιστική Πρόβλεψη

## Κυριότερες Στατιστικές Μέθοδοι Πρόβλεψης

- **ARIMA**

- Τα ολοκληρωμένα αυτοπαλινδρομικά μοντέλα κινητού μέσου όρου (AutoRegressive-Integrated-Moving Average) είναι *στοχαστικά μαθηματικά μοντέλα* με τα οποία προσπαθούμε να περιγράψουμε τη διαχρονική εξέλιξη κάποιου φυσικού μεγέθους.
- Δεδομένου ότι για την πλειοψηφία των φυσικών μεγεθών είναι αδύνατη η πλήρης γνώση και καταγραφή όλων των παραγόντων που επηρεάζουν την εξέλιξη τους στο χρόνο, είναι πολύ δύσκολη η διαχρονική περιγραφή του μεγέθους από ένα ντετερμινιστικό μοντέλο.
- Από την άλλη μεριά, η εξάρτηση τέτοιων μεγεθών από μη ντετερμινιστικούς παράγοντες (π.χ. καιρός, τυχαία γεγονότα) καθιστά δυνατή την περιγραφή της διαχρονικής τους εξέλιξης από ένα στοχαστικό μοντέλο, με το οποίο μπορεί να υπολογιστεί η πιθανότητα με την οποία η τιμή του μεγέθους βρίσκεται σε κάποιο διάστημα.
- Τα στοχαστικά μοντέλα περιέχουν τον τυχαίο παράγοντα (τυχαίο σφάλμα ή σφάλμα πρόβλεψης), τις τιμές του μεγέθους οι οποίες εμφανίστηκαν σε προηγούμενες χρονικές στιγμές και ίσως κάποιους άλλους στοχαστικούς παράγοντες. Το μοντέλο που προκύπτει είναι ένας γραμμικός συνδυασμός των παραπάνω ποσοτήτων.

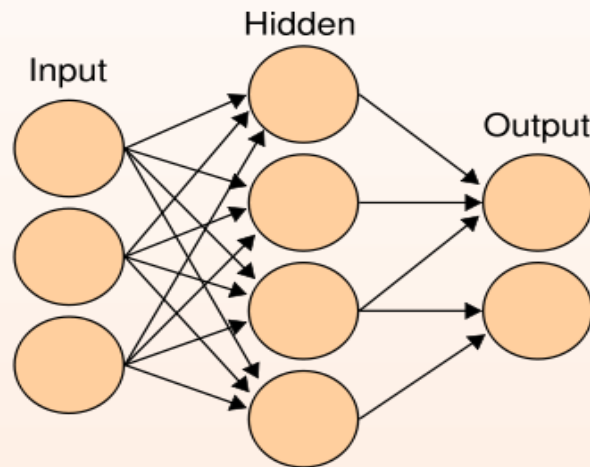


# Στατιστική Πρόβλεψη

## Σύγχρονες Μέθοδοι Πρόβλεψης

- Νευρωνικά Δίκτυα (Neural Networks)

□ Τα νευρωνικά δίκτυα χρειάζονται αφενός αρκετά δεδομένα (προκειμένου να εκπαιδευτεί το δίκτυο) και αφετέρου είναι συνήθως χρονοβόρα. Παράγουν αρκετά ακριβείς προβλέψεις, ανάλογα πάντα με την εκάστοτε εφαρμογή. Εχούν όμως και αρκετούς επικριτές.



# Κριτική Πρόβλεψη

- Οι κριτικές μέθοδοι πρόβλεψης δεν έχουν τις ίδιες απαιτήσεις σε δεδομένα με τις στατιστικές μεθόδους. Τα δεδομένα των μεθόδων αυτών αποτελούν προϊόν διαίσθησης, κρίσης και συσσωρευμένης γνώσης. Οι κριτικές μέθοδοι είναι αυτές που χρησιμοποιούνται συχνά σε επιχειρήσεις και οργανισμούς.
- Στις κριτικές μεθόδους η πρόβλεψη μπορεί να βασίζεται είτε στις γνώσεις και την κρίση ενός ατόμου (ατομικές μέθοδοι) είτε να προκύπτει από την ανταλλαγή και το συνδυασμό απόψεων των μελών κάποιας επιτροπής (μέθοδοι επιτροπής).

# Κριτική Πρόβλεψη

- Μπορεί να λάβει υπόψιν ειδικά γεγονότα και ενέργειες
- Έχει τη δυνατότητα να αντισταθμίζει ανεπάρκειες και ελλείψεις στα ιστορικά δεδομένα
- Είναι κατάλληλη όταν τίγονται ηθικά ζητήματα που υπερیشύουν των οικονομικών ή τεχνολογικών παραγόντων
- Επιτρέπουν την επεξεργασία της πρόβλεψης σε περιπτώσεις όπου οι διευθυντές της επιχείρησης επιθυμούν να έχουν έλεγχο στο προϊόν του οποίου η ζήτηση θα προβλεφθεί
- Μπορεί να παράγει πιο αποδεκτές προβλέψεις
  - Πολύπλοκες στατιστικές μέθοδοι, που δεν είναι ξεκάθαρο τι κάνουν, αντιμετωπίζονται συχνά με δυσπιστία



# Κριτική Πρόβλεψη

Το μεγαλύτερο πρόβλημα των κριτικών προβλέψεων είναι η προκατάληψη, δηλαδή η έμφυτη τάση των ανθρώπων να παρουσιάζονται αισιόδοξοι ή απαισιόδοξοι.



# Κριτική Πρόβλεψη

- Συμπερασματικά, Στατιστικές και Κριτικές Προβλέψεις είναι συνήθως συμπληρωματικές:
  - Οι άνθρωποι προσαρμόζονται ευκολότερα και μπορούν να λάβουν υπόψη τους γεγονότα εκτός προτύπου χρονοσειράς, αλλά είναι ασυνεπείς και παρουσιάζουν αυξημένη προκατάληψη
  - Οι στατιστικές μέθοδοι είναι αυστηρές αλλά συνεπείς, και δύνανται να αντιμετωπίσουν μεγάλο όγκο πληροφορίας, πολύ γρήγορα.

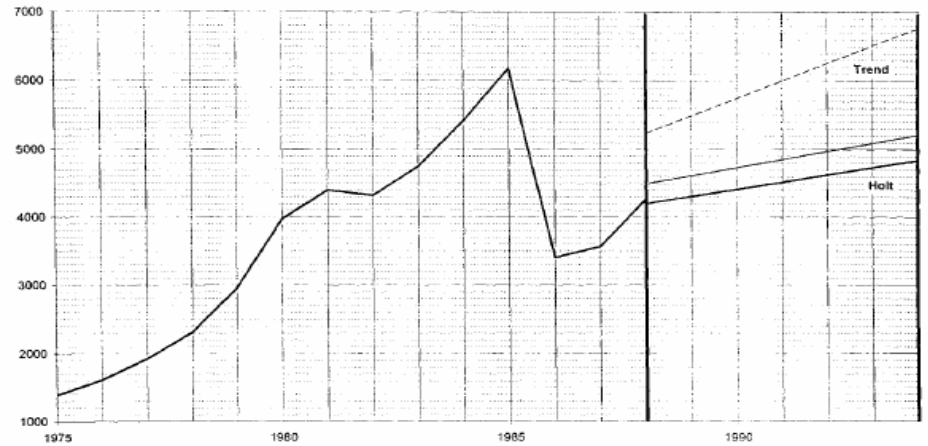
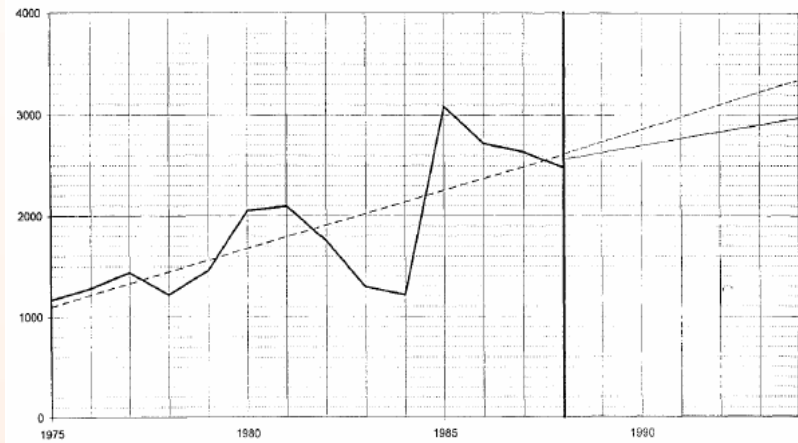
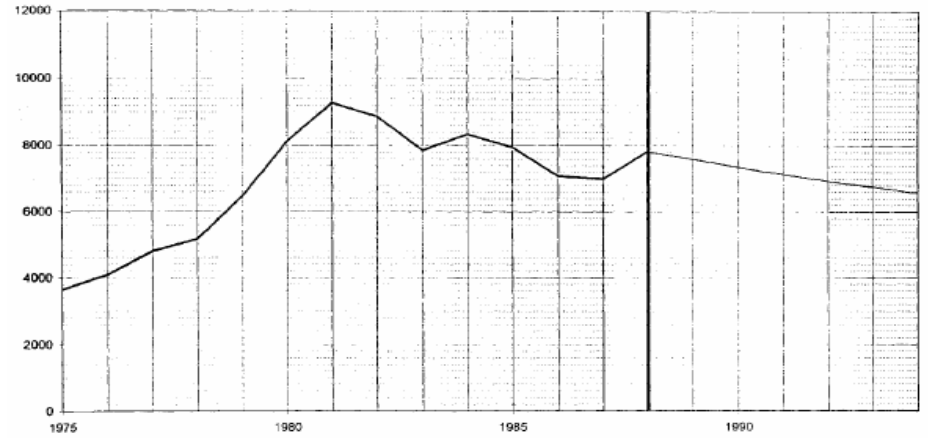
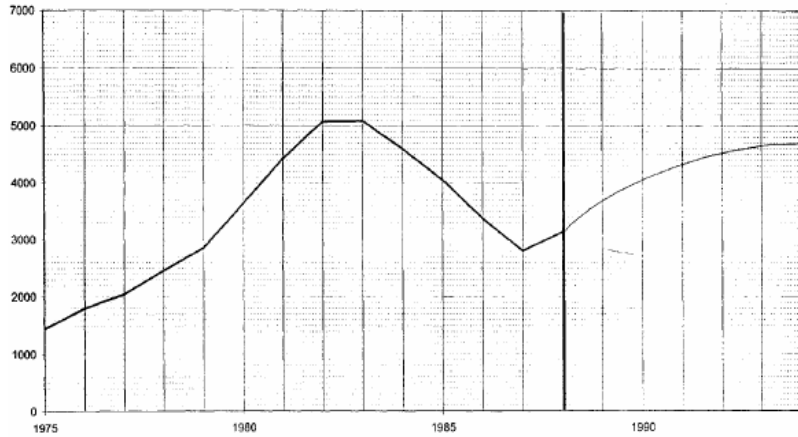
# Κριτική Πρόβλεψη

## Μέθοδος Delphi

- Απλή Κρίση
- Μέθοδος Delphi
- Αναλογίες & Δομημένες αναλογίες

# Κριτική Πρόβλεψη

## Forecast by Hand



# Πρόβλεψη Προϋπολογισμού (Στόχου)

- Αναφέρεται στην πρόβλεψη του διευθυντή ανάπτυξης
- Δεδομένου ενός καθορισμένου ετήσιου ρυθμού ανάπτυξης (growth rate), καθορίζεται ο επιθυμητός ρυθμός ανάπτυξης και οι προβλέψεις προσαρμόζονται ανάλογα
- Πρόκειται περισσότερο για wish-future-status παρά για πραγματική πορεία της χρονοσειράς και ακριβή πρόβλεψη
- Περιέχει αρκετή αισιοδοξία και μεροληψία (biased) και συνήθως μεγάλα σφάλματα
- Καθορίζει τους στόχους της επιχείρησης και ωθεί την πολιτική ανάπτυξης προς αυτή την κατεύθυνση



# Τελική Πρόβλεψη

- Αναφέρεται στην τελική πρόβλεψη που θα επιλεχθεί ώστε να γίνει εν συνεχεία ο στρατηγικός σχεδιασμός της επιχείρησης και ο σχεδιασμός της παραγωγής για τον ορίζοντα πρόβλεψης
- Η Τελική Πρόβλεψη καθορίζεται από την διοίκηση της κάθε μονάδας της επιχείρησης ως συνάρτηση των υπολοίπων κατηγοριών πρόβλεψης (Στατιστική, Κριτική και Προϋπολογισμού)
- Επίσης, η Τελική Πρόβλεψη έχει χαρακτηριστικά κριτικής πρόβλεψης, δεδομένου ότι επί της τελικής επιλογής μπορούν να πραγματοποιηθούν αλλαγές και τροποποιήσεις βάσει πληροφοριών της διοίκησης και οι οποίες θα οδηγήσουν σε ακριβέστερες προβλέψεις

# Ορίζοντας Πρόβλεψης

- Σπάνια χρειαζόμαστε να προβλέψουμε μόνο την αμέσως επόμενη παρατήρηση της χρονοσειράς μας. Στην πράξη θα μας ζητείται να δώσουμε προβλέψεις για αρκετές περιόδους στο μέλλον
- Ο ορίζοντας πρόβλεψης είναι ο δείκτης που δείχνει πόσες παρατηρήσεις της χρονοσειράς χρειαζόμαστε να προβλέψουμε
- Ανάλογα την τιμή του ορίζοντα πρόβλεψης, επιλέγεται και η κατάλληλη στατιστική μέθοδος πρόβλεψης, καθώς ως γνωστόν, δεν ενδείκνυνται όλες οι μέθοδοι για βραχυπρόθεσμη ή αντίστοιχα μακροπρόθεσμη πρόβλεψη

# Ορίζοντας Πρόβλεψης

- Βραχυπρόθεσμη πρόβλεψη (Inventory - Σχεδιασμός Αποθήκης)
  - ✓ Συνήθως ορίζοντας πρόβλεψης  $< 3$  περιόδους
- Μεσοπρόθεσμη πρόβλεψη (Budget – Οικονομικός Σχεδιασμός)
  - ✓ Συνήθως ορίζοντας πρόβλεψης  $\sim 1+$  οικονομικό έτος (δλδ 12-15, αν αναφερόμαστε σε μηνιαία δεδομένα)
- Μακροπρόθεσμη πρόβλεψη (Long Term – Σχεδιασμός Επενδύσεων και Ανάπτυξης)
  - ✓ Συνήθως ορίζοντας πρόβλεψης  $\geq 3$  έτη

# Διαστήματα Εμπιστοσύνης

## Ορισμός

Στη Στατιστική, το διάστημα εμπιστοσύνης (Confidence Interval – CI) είναι ένα διάστημα εκτίμησης μιας παραμέτρου. Αντί να εκτιμούμε την παράμετρο με μία μόνο τιμή, δίνουμε μαζί και το διάστημα πιθανότητας για την παράμετρο αυτή. Συνεπώς, τα διαστήματα εμπιστοσύνης χρησιμοποιούνται για υποδείξουν την εγκυρότητα της παραμέτρου που θέλουμε να προβλέψουμε. Η πιθανότητα της τιμής παραμέτρου να συμπεριλαμβάνεται από τα διαστήματα εμπιστοσύνης καθορίζεται από το επίπεδο εμπιστοσύνης (παραμέτρος εμπιστοσύνης). Αυξάνοντας το επιθυμητό επίπεδο, το διάστημα εμπιστοσύνης «πλαταίνει».

# Διαστήματα Εμπιστοσύνης

Για παράδειγμα, ένα διάστημα εμπιστοσύνης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να περιγράψει την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων μιας δημοσκόπησης. Σε μια δημοσκόπηση για την πρόθεση ψήφου, το αποτέλεσμα θα μπορούσε να είναι 40% των ερωτηθέντων για ένα κόμμα. Ένα διάστημα εμπιστοσύνης 95% θα έδινε πως η πρόθεση ψήφου για το κόμμα αυτό θα μπορούσε να είναι 36%-44% στο σύνολο του πληθυσμού. Το αποτέλεσμα μιας δημοσκόπησης με μικρά διαστήματα εμπιστοσύνης είναι πιο έγκυρη από μια δημοσκόπηση με μεγάλα διαστήματα εμπιστοσύνης. Ένας από τους κύριους παράγοντες που επηρεάζουν αυτό το εύρος στην περίπτωση των δημοσκοπήσεων είναι το μέγεθος του δείγματος των ερωτηθέντων.

# Διαστήματα Εμπιστοσύνης

## Τρόπος Υπολογισμού

$$RMSE = \sqrt{MSE} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - F_i)^2}$$

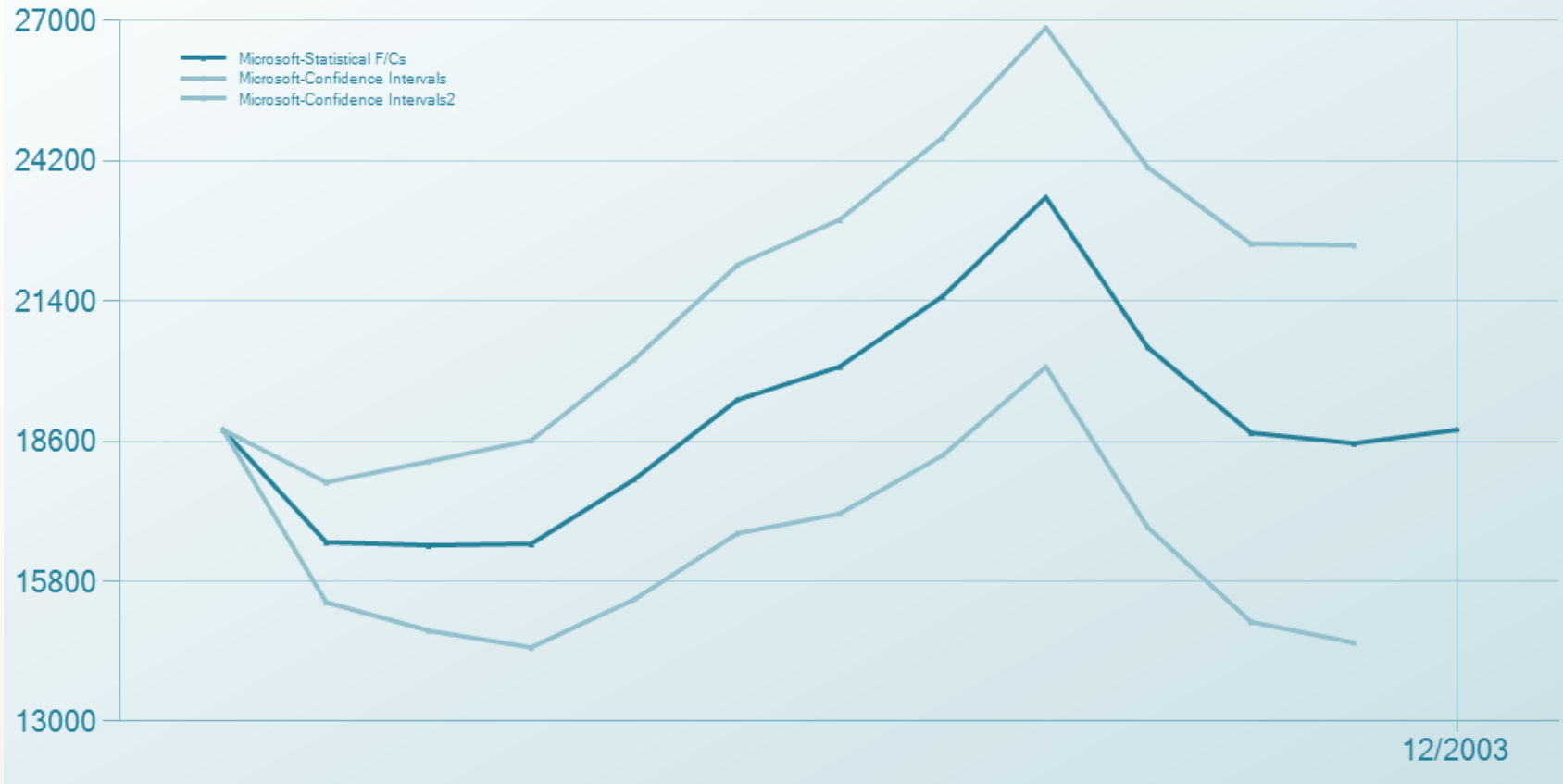
$$F_i = F_i \pm t \cdot RMSE \cdot \sqrt{i - n}$$

Confidence	t
99%	2.58
98%	2.33
95%	1.96
90%	1.645
80%	1.28

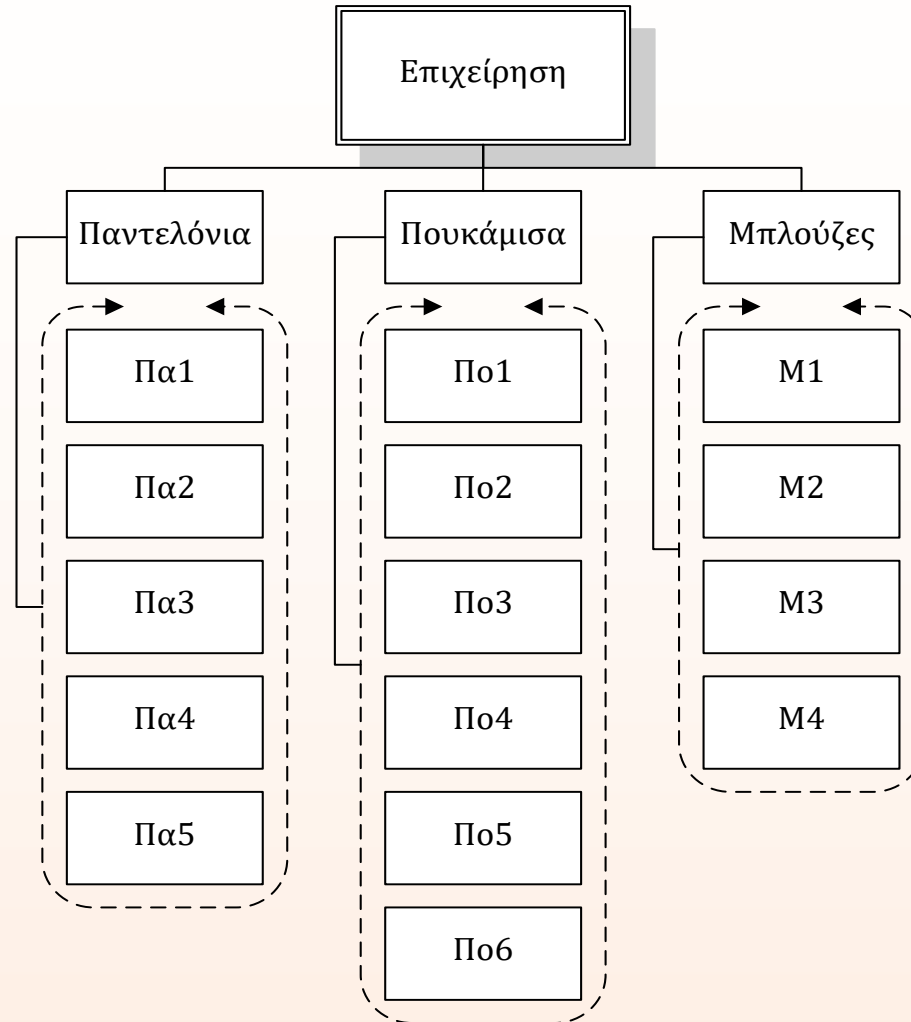
Όπου  $F$  είναι ο γραμμικός πίνακας των υπολογισμένων βάσει του μοντέλου σημειακών προβλέψεων,  $t$  είναι η παράμετρος εμπιστοσύνης,  $RMSE$  είναι η ρίζα του μέσου τετραγωνικού σφάλματος και  $n$  είναι το σύνολο των διαθέσιμων παρατηρήσεων.

# Διαστήματα Εμπιστοσύνης Pythia

Pythia Budgeting - Most Appropriate Method on Microsoft



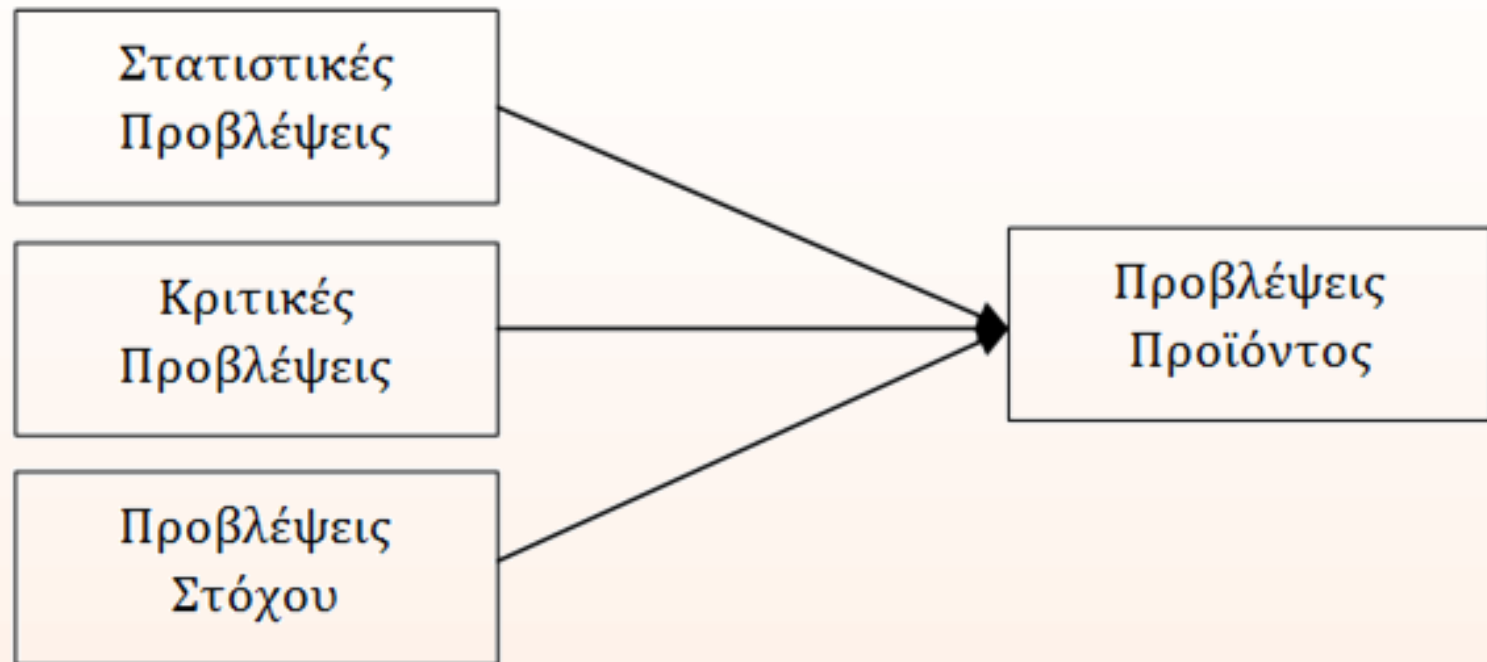
# Η διαδικασία της πρόβλεψης στην επιχείρηση





# Η διαδικασία της πρόβλεψης στην επιχείρηση

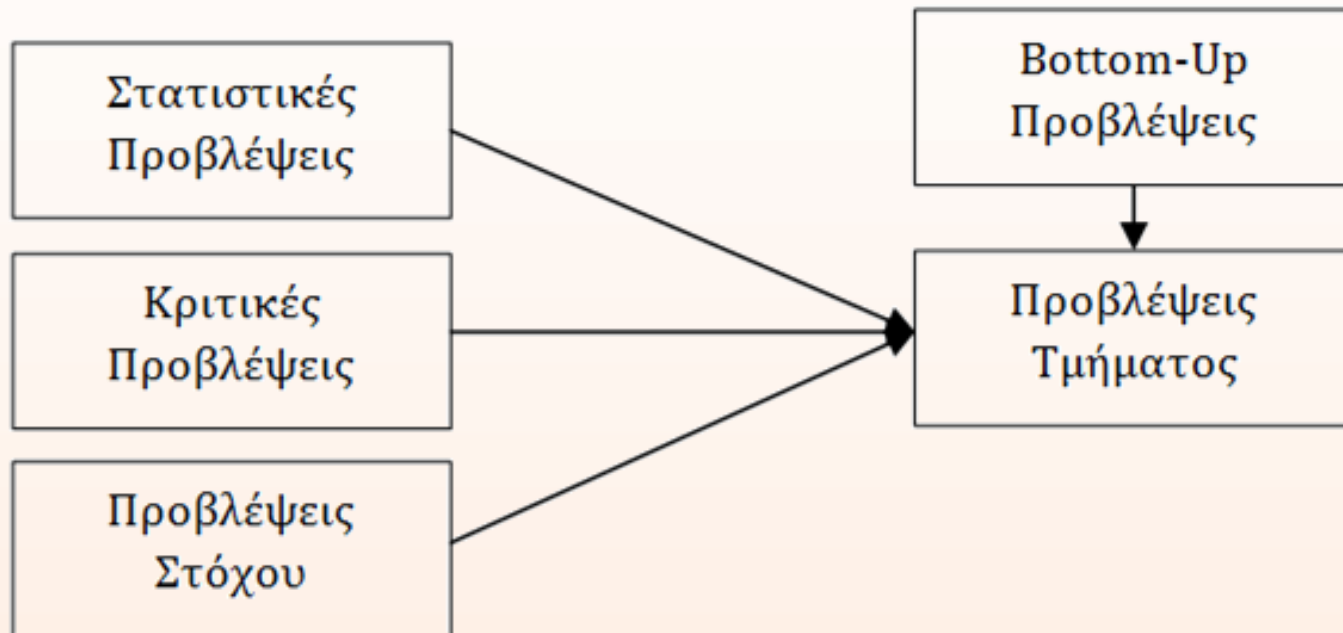
## Πρόβλεψη Προϊόντος



# Η διαδικασία της πρόβλεψης στην επιχείρηση

Πρόβλεψη Κατηγορίας/Τμήματος

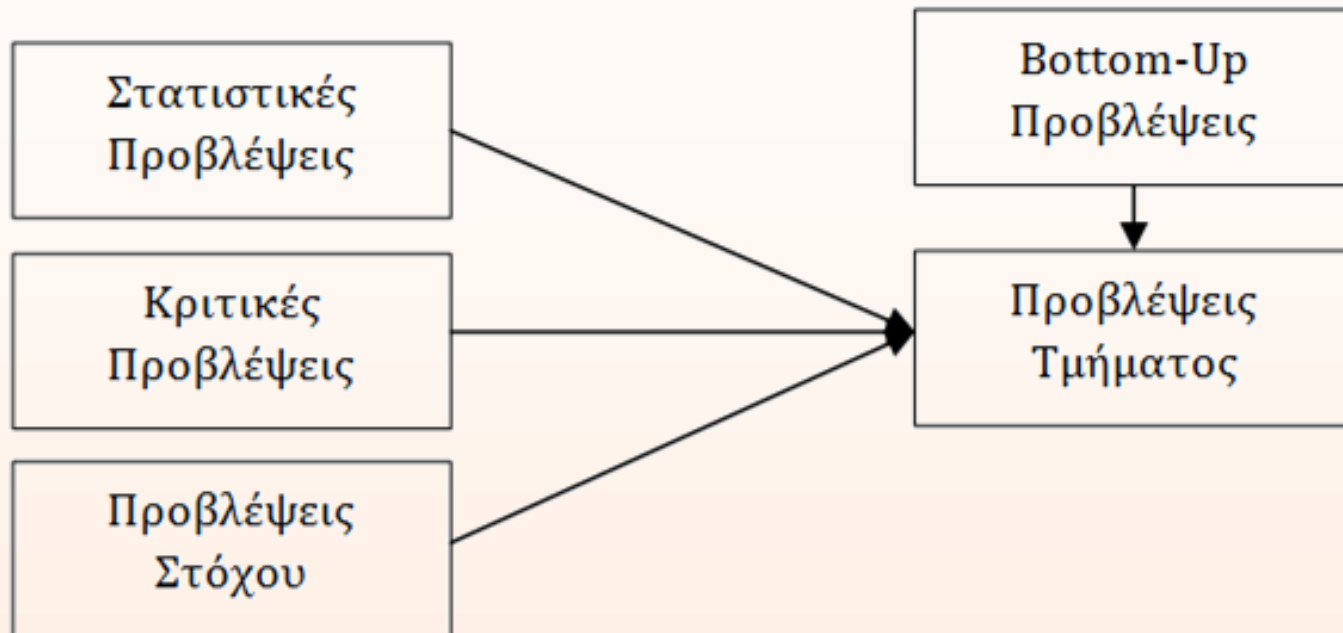
$$Y_t^{\text{department}} = \sum_{i=1}^{pr} Y_t^i \cdot p_t^i$$



# Η διαδικασία της πρόβλεψης στην επιχείρηση

Πρόβλεψη Επιχείρησης

$$Y_t^{\text{company}} = \sum_{j=1}^d \sum_{i=1}^{\text{pr}} Y_t^{d,i} \cdot P_t^{d,i}$$



# Η διαδικασία της πρόβλεψης στην επιχείρηση

