

# Λήψη αποφάσεων υπό αβεβαιότητα



# Επιχειρηματική Αβεβαιότητα

- Αβεβαιότητα είναι, η περίπτωση η οποία τα ενδεχόμενα μελλοντικά γεγονότα είναι αόριστα και αδύνατον να υπολογιστούν
- Αβεβαιότητα στην λήψη των επιχειρηματικών αποφάσεων, είναι η περίπτωση η οποία, η γνώση για τη χρονική εμφάνιση και τη σύσταση των ενδεχόμενων γεγονότων είναι ελλιπής ή ανύπαρκτη. Οι συνθήκες και οι επιπτώσεις των μεταβλητών του περιβάλλοντος, είναι επίσης άγνωστες ως προς το εύρος, τη σύσταση και μέγεθος τους.
  - Εξαιρετικά ανεπιθύμητη από τις επιχειρήσεις



# Πηγές Επιχειρηματικής Αβεβαιότητας (1/2)

- Ελλιπής πληροφόρηση
  - Ανακρίβεια των πληροφοριών (αμφισβητήσιμες πηγές και μέθοδοι συλλογής πληροφοριών)
- Τεχνολογικές ανατροπές
  - Αδυναμία των επιχειρήσεων να προσαρμοστούν στις τεχνολογικές εξελίξεις
  - Δεν έχουν πάντα αρνητικό αντίκτυπο (οι επιχειρήσεις μπορούν να τις εκμεταλλευτούν)
- Ανθρώπινος Παράγοντας
  - Κοινωνικές/πολιτισμικές απρόσμενες συμπεριφορές



# Πηγές Επιχειρηματικής Αβεβαιότητας (2/2)

Ο χρονικός παράγοντας

- Το **μέλλον**

- Το μέλλον και οι συνθήκες του εμπεριέχουν κινδύνους και απειλές.
- Τα ενδεχόμενα γεγονότα και οι επιπτώσεις τους, μπορεί να τείνουν σε οποιαδήποτε πλευρά, θετική ή αρνητική για την πορεία της επιχείρησης.

- Το **παρελθόν**

- Έχει μόνιμα χαρακτηριστικά τα οποία επηρεάζουν την επιχειρηματικότητα
- Το παρελθόν μπορεί να αναλυθεί.
- Παρόλο που δεν μπορεί να υποδείξει την ακριβή πορεία του μέλλοντος, προσφέρει σημαντικές πληροφορίες όταν ερευνηθεί



# Περιπτώσεις του πιθανού μέλλοντος (1/2)

- Ο προσδιορισμός της φύσης του μέλλοντος προσφέρει σημαντικές πληροφορίες για την αντιμετώπιση της αβεβαιότητας
- Η μορφή του μέλλοντος μπορεί να προσδιορισθεί κατά το βαθμό προβλεψιμότητας του άρα και προσέγγισής του
- Οι περιπτώσεις του πιθανού μέλλοντος εντοπίζονται σε συνδυασμούς των μεταβλητών που το αποτελούν
- Το μέλλον στις αντίστοιχες περιπτώσεις τις οποίες εμφανίζεται, χαρακτηρίζεται από το κριτήριο προσιτότητας του.



# Περιπτώσεις του πιθανού μέλλοντος (2/2)

- Προσιτό μέλλον: εμφανίζεται όταν οι εταιρείες μπορούν να προβλέψουν με μεγάλη ακρίβεια τη σύσταση του περιβάλλοντος και τη χρονική διαδοχή των ενδεχόμενων γεγονότων
- Χρονικά απρόσιτο μέλλον: η επιχείρηση έχει κάνει γνωστή την πρόθεση της για τη σύσταση του ενδεχόμενου αποτελέσματος στο μέλλον αλλά ο χρονικός εντοπισμός και η πρόβλεψη του είναι αδύνατη.
- Απρόσιτο μέλλον: οι επιχειρήσεις έχουν γνωστοποιήσει ενδοεπιχειρησιακά τις βλέψεις τους ως προς τη θεμιτή μελλοντική τους πορεία, αλλά υπάρχει πλήρης άγνοια για τα ενδεχόμενα γεγονότα.
- Άγνωστο μέλλον: παρουσιάζει την απόλυτη μορφή αβεβαιότητας, στη συγκεκριμένη περίπτωση τα ενδεχόμενα γεγονότα είναι άγνωστα προς κάθε διάσταση.



# Τύποι Αβεβαιότητας

- Η προσεγγίσιμη αβεβαιότητα
  - Οι επιχειρήσεις έχουν την ευκαιρία να προσεγγίσουν τα ενδεχόμενα γεγονότα σε σύσταση και χρόνο και προσαρμόζονται εύκολα στις αλλαγές χωρίς να επηρεάζεται έντονα η λήψη των αποφάσεων τους.
- Η ενδεχομένως προσεγγίσιμη αβεβαιότητα
  - Οι επιχειρήσεις έχουν αναγνωρίσει τα ενδεχόμενα γεγονότα, χωρίς όμως ένδειξη για τη χρονική τους εμφάνιση. Η αβεβαιότητα σε αυτή τη περίπτωση είναι αρκετά υψηλή και επηρεάζει έντονα την λήψη των αποφάσεων.
- Η απροσέγγιστη αβεβαιότητα
  - Οι επιχειρήσεις βρίσκονται σε πλήρη άγνοια για τις ενδεχόμενες καταστάσεις στο μέλλον. Τα ενδεχόμενα γεγονότα είναι άγνωστα σε σύσταση και χρονική εμφάνιση



# Μορφές Αβεβαιότητας

- Χρονική αβεβαιότητα
  - Πιο διαδεδομένη μορφή αβεβαιότητας
  - Συνδέεται άμεσα με το μέλλον και τις απρόβλεπτες ιδιότητες του.
- Αβεβαιότητα άγνοιας
  - Ορίζεται από την ελλιπή συλλογή πληροφοριών και γνώσης
  - Άμεσα συνδεδεμένη με την ποσότητα και τη ποιότητα των δεδομένων των μεταβλητών του περιβάλλοντος και των ενδεχόμενων γεγονότων.
- Ενδοεπιχειρησιακή αβεβαιότητα
  - Συνήθως εμφανίζεται σε τεχνολογικούς/επιστημονικούς τομείς
  - Οι επιχειρήσεις αδυνατούν να λάβουν την κατάλληλη τεχνική γνώση στον τομέα που δραστηριοποιούνται





# Διαχείριση Αβεβαιότητας

**Όταν έχω να αντιμετωπίσω ένα πρόβλημα λήψης αποφάσεων υπό αβεβαιότητα, μπορώ να ακολουθήσω τις ακόλουθες στρατηγικές:**

- 1. Η λάθος προσέγγιση: «Βελτιστοποίηση της αξίας ως προς τις αναμενόμενες (μέσες) τιμές των παραμέτρων αβεβαιότητας».**

**Μετατρέπω το πρόβλημα σε πρόβλημα λήψης αποφάσεων υπό βεβαιότητα, δίνοντας στις παραμέτρους αβεβαιότητας τις μέσες τιμές τους.**



# Διαχείριση Αβεβαιότητας

2. Η σωστή προσέγγιση: «Βελτιστοποίηση της αναμενόμενης αξίας σε όλο το εύρος τιμών των παραμέτρων αβεβαιότητας».

**Δημιουργώ ένα σύνολο από αντιπροσωπευτικά, διακριτά σενάρια για την εξέλιξη των τιμών των παραμέτρων αβεβαιότητας. Βέλτιστες αποφάσεις είναι αυτές που βελτιστοποιούν το κριτήριο που έχει επιλεγεί, πάνω σε όλα τα διαφορετικά σενάρια.**



- Τα διαγράμματα επιδράσεων (*influence diagrams*) χρησιμοποιούνται για την αποτύπωση πολύπλοκων προβλημάτων λήψης αποφάσεων.
- Ένα διάγραμμα επιδράσεων απεικονίζει όλα τα δομικά στοιχεία ενός προβλήματος, όπως είναι οι αποφάσεις που μπορούν να παρθούν, οι παράγοντες αβεβαιότητας, οι στόχοι και τα αποτελέσματα των αποφάσεων.



# Χρήση Διαγραμμάτων Επιδράσεων

**Επιπλέον, τα διαγράμματα επιδράσεων αποτυπώνουν τις επιδράσεις ανάμεσα στα δομικά στοιχεία του προβλήματος.**

- **«Το στοιχείο Α επηρεάζει το στοιχείο Β» σημαίνει ότι η γνώση του Α επηρεάζει άμεσα τις εκτιμήσεις μας για την τιμή του Β. Η ύπαρξη επίδρασης προϋποθέτει την ύπαρξη συσχέτισης. Ωστόσο, δεν υποδηλώνει απαραίτητα σχέση αιτίου και αιτιατού.**



# Χρήση Διαγραμμάτων Επιδράσεων

- Τα διαγράμματα επιδράσεων αποτυπώνουν τις σχέσεις ανάμεσα στα στοιχεία του προβλήματος πολύ καθαρότερα από ό,τι τα δέντρα αποφάσεων.
- Τα δέντρα αποφάσεων απεικονίζουν με μεγαλύτερη λεπτομέρεια τα πιθανά σενάρια που προκύπτουν από τους συνδυασμούς των αποφάσεων με τις τιμές των παραμέτρων αβεβαιότητας. Ωστόσο, το κόστος της επιπλέον λεπτομέρειας συνίσταται στην ανάγκη να συμπεριληφθεί μόνο ένας μικρός αριθμός εναλλακτικών τιμών για κάθε μεταβλητή απόφασης ή παράγοντα αβεβαιότητας.




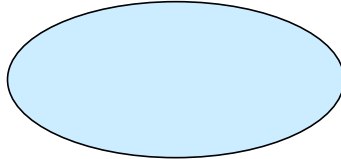
# Διαγράμματα Επιδράσεων - Παράδειγμα

**Μια εταιρεία θέλει να εκτιμήσει τις ανάγκες της σε χρηματοδότηση του R&D προγράμματός της, καθώς και της επέκτασης στο εργοστάσιό της για την παραγωγή του νέου προϊόντος που θα προκύψει από το πρόγραμμα.**

**Τόσο τα αποτελέσματα του προγράμματος R&D όσο και η ζήτηση για το νέο προϊόν είναι αβέβαιοι παράγοντες.**

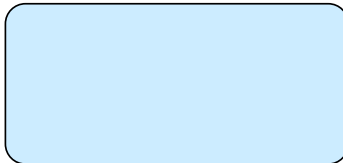



# Διαγράμματα Επιδράσεων - Παράδειγμα

	<b>Μεταβλητή απόφασης.</b>
	<b>Παράμετρος αβεβαιότητας.</b>



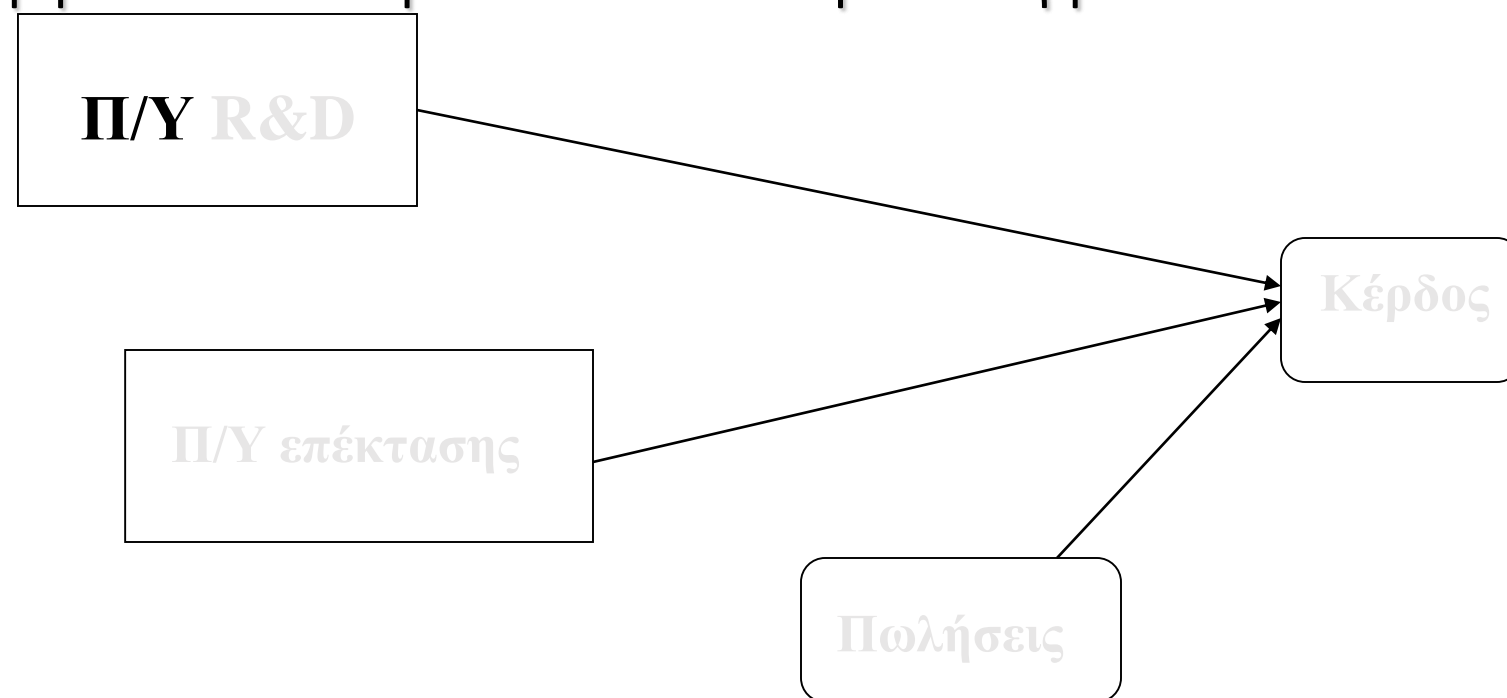
# Διαγράμματα Επιδράσεων - Παράδειγμα

	<b>Εξαρτημένη μεταβλητή. Αποτελεί συνάρτηση των μεταβλητών (ανεξάρτητων ή μη) που έχουν επίδραση σε αυτή.</b>
	<b>Επίδραση.</b>





## Διαγράμματα Επιδράσεων - Παράδειγμα



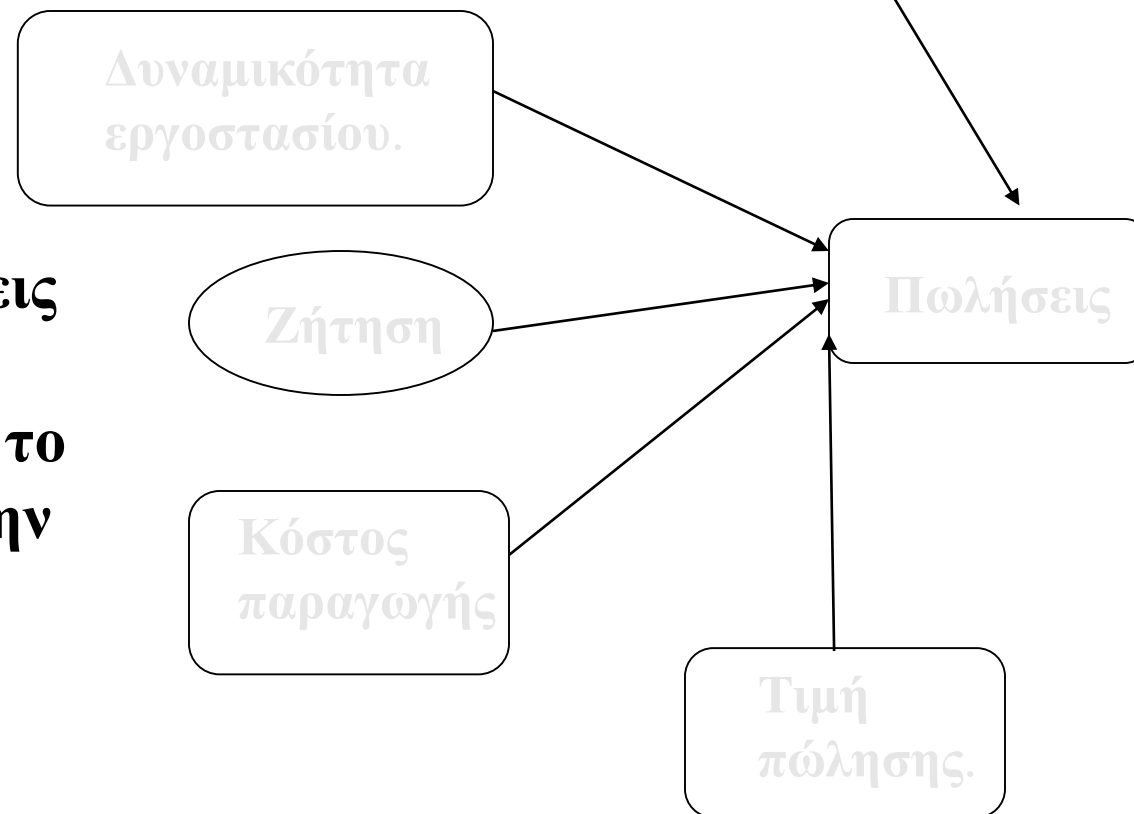
**Τα συνολικά κέρδη εξαρτώνται από τα κέρδη από τις πωλήσεις και τα έξοδα για το πρόγραμμα R&D και την επέκταση του εργοστασίου.**



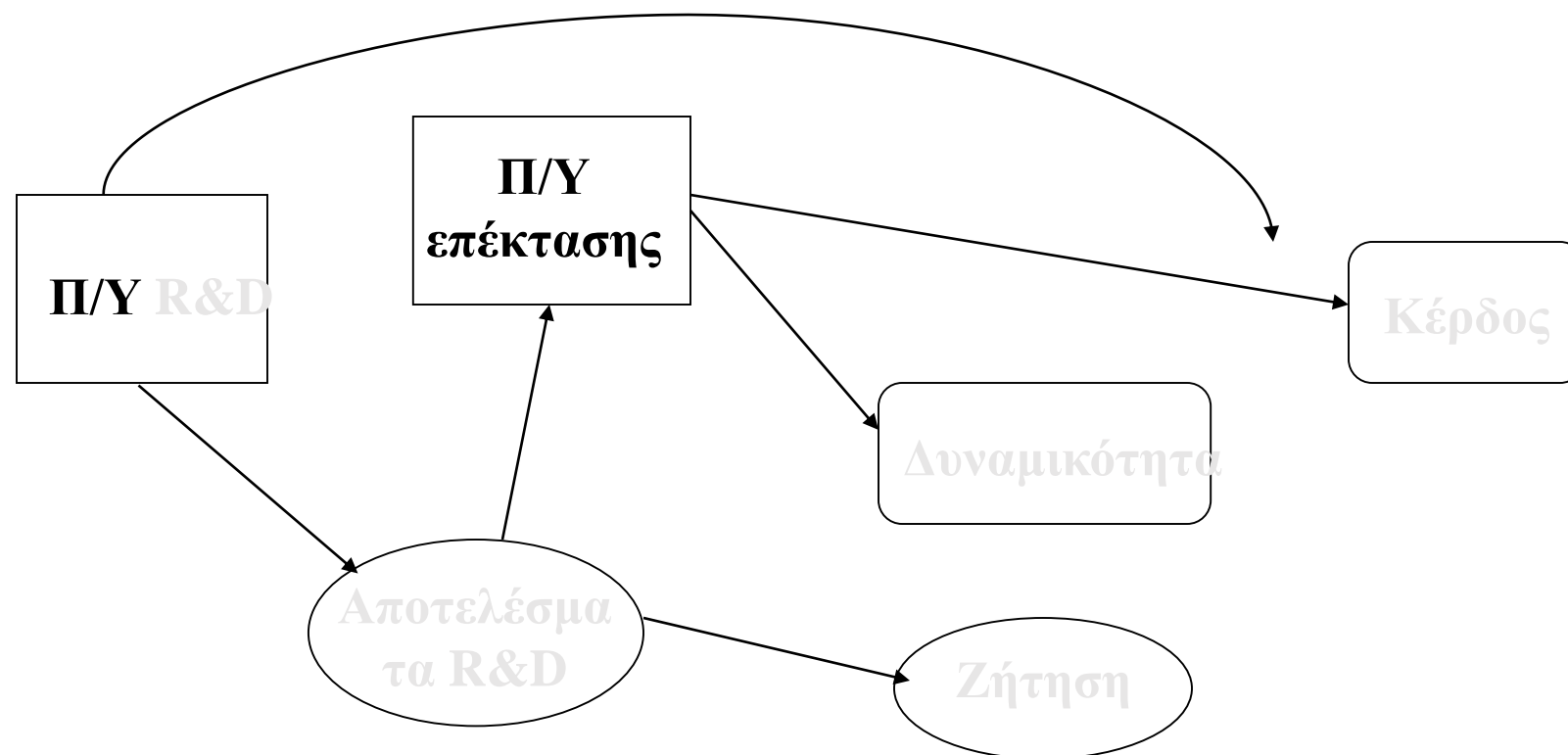
# Διαγράμματα Επιδράσεων - Παράδειγμα

$$\underline{(\text{Unit Price} - \text{Unit Cost}) * \text{MIN}(\text{Demand}, \text{Plant Capac})}$$

**Τα κέρδη από πωλήσεις επηρεάζονται από τα επίπεδα της ζήτησης, το κόστος παραγωγής, την τιμή πώλησης και τη δυναμικότητα του εργοστασίου.**



# Διαγράμματα Επιδράσεων - Παράδειγμα

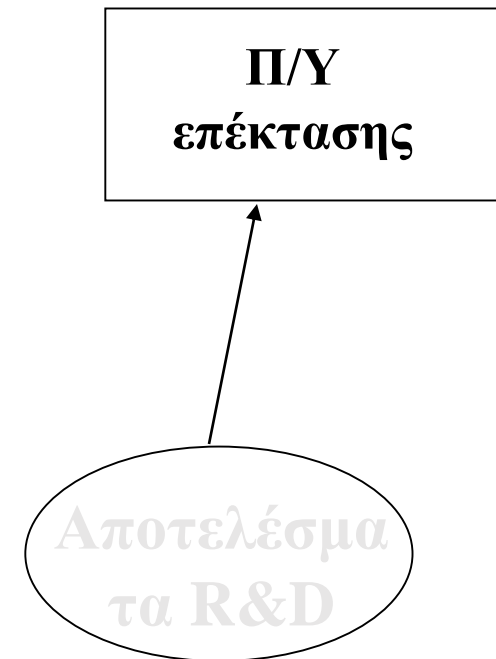


**Ο Π/Υ του προγράμματος R&D επηρεάζει τα αποτελέσματά του. Ο Π/Υ για την επέκταση του εργοστασίου προσδιορίζει τη δυναμικότητά του.**



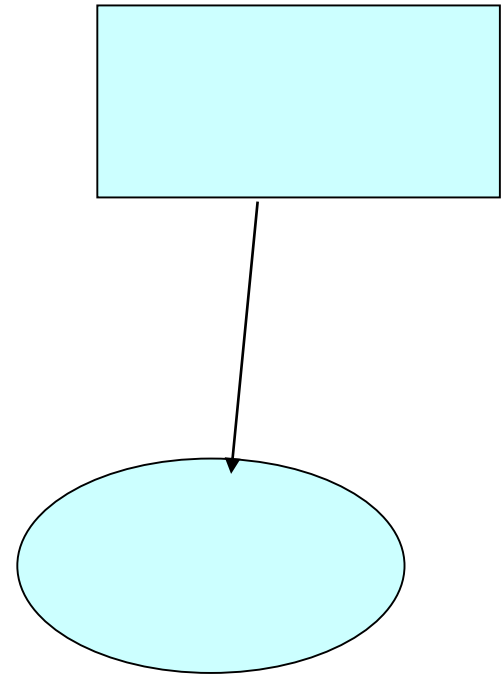
## Διαγράμματα Επιδράσεων - Παράδειγμα

Το βέλος επίδρασης από τα αποτελέσματα του προγράμματος R&D προς τον προϋπολογισμό για την επέκταση του εργοστασίου υποδηλώνει ότι μπορεί κανείς να περιμένει μέχρι να γίνουν γνωστά τα αποτελέσματα του R&D πριν αποφασίσει για την επένδυση στο εργοστάσιο.



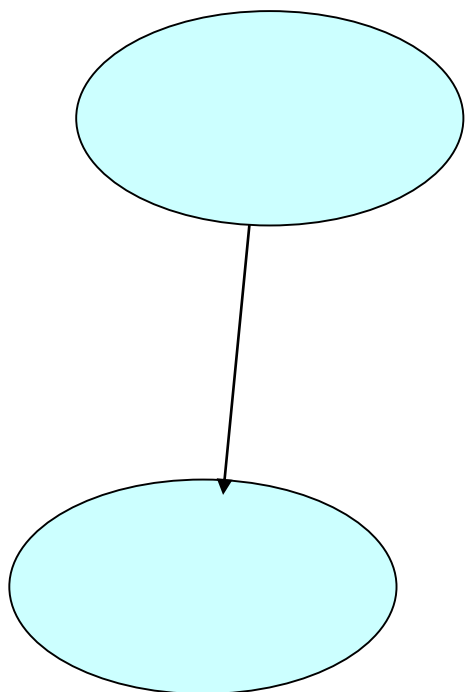
## Διαγράμματα Επιδράσεων

**Το βέλος επίδρασης από μία απόφαση προς μια τυχαία μεταβλητή υποδηλώνει ότι οι πιθανότητες εμφάνισης των τιμών της τ.μ. εξαρτώνται από την απόφαση που θα παρθεί.**



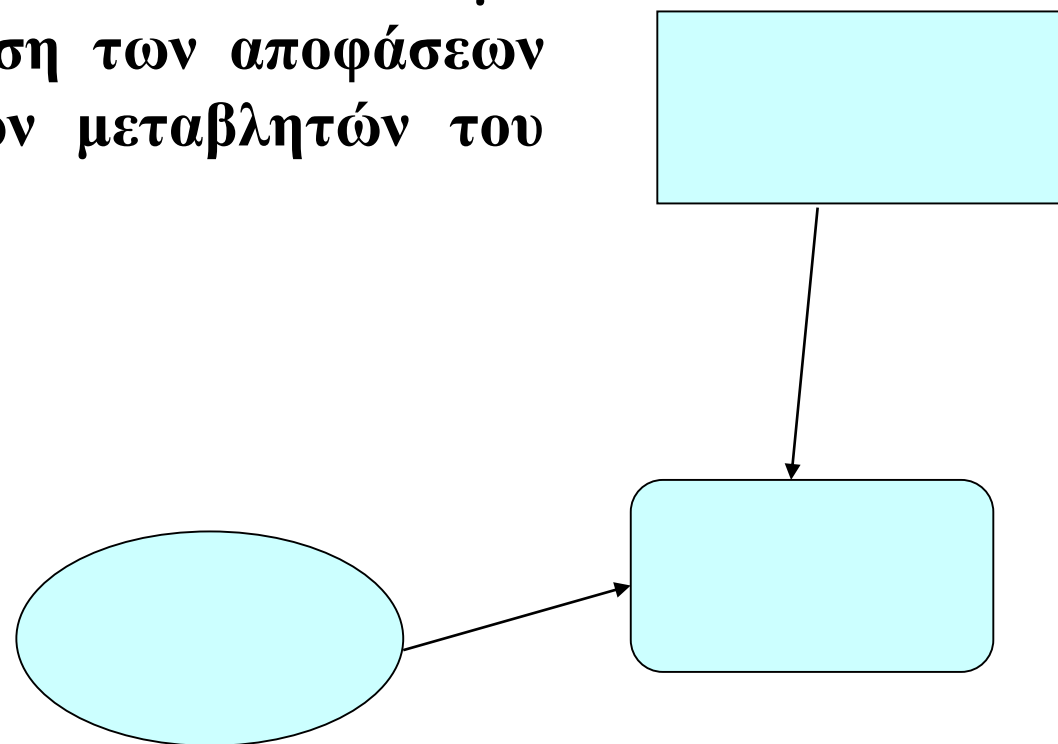
## Διαγράμματα Επιδράσεων

Το βέλος επίδρασης από μία τυχαία μεταβλητή προς μια άλλη υποδηλώνει εξάρτηση ή συσχέτιση μεταξύ τους.



## Διαγράμματα Επιδράσεων

Ένα ενδιάμεσο ή τελικό αποτέλεσμα αποτελεί συνάρτηση των αποφάσεων ή/και των τυχαίων μεταβλητών του προβλήματος.



# Διαγράμματα Επιδράσεων

- Ένα διάγραμμα επιδράσεων παρέχει μια ποιοτική εικόνα του υπό εξέταση προβλήματος. Αποτελεί τη βάση και την αφετηρία για την ανάπτυξη ενός λεπτομερούς αναλυτικού μοντέλου σε Excel ή άλλο αντίστοιχο εργαλείο.
- Ακολουθεί μια σειρά οδηγιών για τη δημιουργία διαγραμμάτων επιδράσεων και την καλύτερη αποτύπωσή τους στο Excel.





# Βήματα για τη δημιουργία ενός διαγράμματος επιδράσεων

1. Προσδιορισμός των στόχων του προβλήματος. Θα πρέπει να επιλεγεί το κριτήριο για την αξιολόγηση των διαφορετικών αποφάσεων και να ποσοτικοποιηθεί το τελικό τους αποτέλεσμα.
2. Προσδιορισμός των μεταβλητών απόφασης. Οι μεταβλητές απόφασης αφορούν στους παράγοντες του προβλήματος που μπορούν να επηρεαστούν άμεσα και πλήρως από τον αναλυτή, ώστε να βελτιστοποιηθούν οι μεταβλητές που αποτυπώνουν το τελικό τους αποτέλεσμα.



# Βήματα για τη δημιουργία ενός διαγράμματος επιδράσεων

3. Προσδιορισμός παραγόντων αβεβαιότητας. Αποτελούν τις πηγές αβεβαιότητας του προβλήματος. Οι τιμές των παραγόντων μπορούν να είναι ανεξάρτητες ή δεσμευμένες από τις αποφάσεις που παίρνονται
4. Σύνδεση αποφάσεων και αποτελεσμάτων. Τα αποτελέσματα είναι συνάρτηση των αποφάσεων και των τιμών των παραγόντων αβεβαιότητας. Για την καλύτερη αποτύπωση των σχέσεων ανάμεσα σε αποφάσεις και τυχαίους παράγοντες, θα πρέπει να ορίζονται ενδιάμεσες εξαρτημένες μεταβλητές.



# Μέθοδοι Λήψης Αποφάσεων

- Μέθοδοι λήψης αποφάσεων υπό ισχυρή αβεβαιότητα:
  - Maximin
  - Generalized Maximin
  - Minimax Regret



## Παράδειγμα

Ο ιδιοκτήτης ενός βιβλιοπωλείου πρέπει να αποφασίσει πόσα αντίτυπα του βιβλίου «Data, Models and Decisions» θα παραγγείλει για την ακαδημαϊκή χρονιά που αρχίζει. Η ζήτηση για το βιβλίο εξαρτάται από τον αριθμό των μαθημάτων που θα το χρησιμοποιήσουν, στα τοπικά πανεπιστήμια.



# Παράδειγμα

Ο Πίνακας Αποτελεσμάτων του προβλήματος:

Εναλλακτικές Αποφάσεις	Αριθμός Μαθημάτων			
	7	8	9	10
280	2.800 €	2.720 €	2.640 €	2.480 €
320	2.600 €	3.200 €	3.040 €	2.880 €
360	2.400 €	3.000 €	3.600 €	3.440 €
400	2.200 €	2.800 €	3.400 €	4.000 €



## Κριτήριο Maximin

- Το κριτήριο Maximin βασίζεται στον προσδιορισμό του χειρότερου δυνατού σεναρίου (*worst-case scenario*).
- Αντιπροσωπεύει μια συντηρητική προσέγγιση λήψης αποφάσεων, καθώς επιδιώκει να διασφαλίσει το καλύτερο (max) από τα ελάχιστα (min) εγγυημένα αποτελέσματα.



## Κριτήριο Maximin

- Η βέλτιστη απόφαση προκύπτει από τα ακόλουθα βήματα:
  - 1) Για κάθε εναλλακτική απόφαση, καταγράφεται το χειρότερο πιθανό αποτέλεσμα.
  - 2) Επιλέγεται η απόφαση που αντιστοιχεί στο καλύτερο «χειρότερο πιθανό αποτέλεσμα».



# Κριτήριο Maximin

Αν  $A$  το σύνολο των εναλλακτικών αποφάσεων,  $S$  το σύνολο των διαφορετικών τιμών της μη ελεγχόμενης παραμέτρου και  $W(a,s)$  το αποτέλεσμα κάθε συνδυασμού, τότε το Maximin κριτήριο αποτυπώνεται ως:

$$\max_{a \in A} \left\{ \min_{s \in S} W(a,s) \right\}$$





# Κριτήριο Maximin - Παράδειγμα

Εναλλακτικές Αποφάσεις	Αριθμός Μαθημάτων				Απόφαση
	7	8	9	10	
280	2.800 €	2.720 €	2.640 €	2.480 €	2.480 €
320	2.600 €	3.200 €	3.260 €	2.880 €	2.600 €
360	2.400 €	3.000 €	3.240 €	2.440 €	2.400 €
400	2.200 €	2.800 €	3.220 €	2.000 €	2.200 €

Η βέλτιστη απόφαση

$\text{MIN}(2.800; 2.720; 2.640; 2.480)$



## Κριτήριο Generalized Maximin

- Το κριτήριο Generalized Maximin βασίζεται στη στάθμιση μεταξύ του καλύτερου και του χειρότερου δυνατού σεναρίου.
- Αντιπροσωπεύει μια λιγότερο συντηρητική προσέγγιση λήψης αποφάσεων από αυτή του Maximin, καθώς συνυπολογίζει και το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα από την επιλογή κάθε απόφασης.



## Κριτήριο Generalized Maximin

- Η βέλτιστη απόφαση προκύπτει από τα ακόλουθα βήματα:
  - 1) Για κάθε εναλλακτική απόφαση, καταγράφονται το καλύτερο και το χειρότερο πιθανό αποτέλεσμα.
  - 2) Τα δύο αποτελέσματα σταθμίζονται με έναν συντελεστή  $r$ . Ο  $r$  εν λόγω συντελεστής παίρνει τιμές μεταξύ των  $[0, 1]$  και αντιπροσωπεύει την πιθανότητα πραγματοποίησης του χειρότερου σεναρίου.
  - 3) Επιλέγεται η απόφαση που αντιστοιχεί στο καλύτερο «σταθμισμένο πιθανό αποτέλεσμα».



# Κριτήριο Generalized Maximin- Παράδειγμα

Εναλλακτικές Αποφάσεις	Αριθμοί Μαθημάτων				Απόφαση για $r = 0,80$
	7	8	9	10	
280	2.800 €	2.720 €	2.640 €	2.480 €	2.544 €
320	2.600 €	3.200 €	3.040 €	2.880 €	2.720 €
360	2.400 €	3.000 €	3.600 €	3.440 €	2.640 €
400	2.200 €	2.800 €	3.400 €	4.000 €	2.560 €

Η βέλτιστη απόφαση

$$0,8 * \text{MIN}(2.800; 2.720; 2.640; 2.480) + 0,2 * \text{MAX}(2.800; 2.720; 2.640; 2.480)$$



## Κριτήριο Minimax Regret

Το κριτήριο Minimax Regret βασίζεται στην ελαχιστοποίηση του μέγιστου κόστους ευκαιρίας που συνεπάγεται η επιλογή κάθε εναλλακτικής απόφασης.



## Κριτήριο Minimax Regret

- 1) Για κάθε τιμή της μη ελεγχόμενης παραμέτρου, προσδιορίζονται:
  - a) η απόφαση με το καλύτερο αποτέλεσμα,
  - b) η διαφορά μεταξύ του αποτελέσματος της παραπάνω απόφασης και των αποτελεσμάτων των υπολοίπων (κόστος ευκαιρίας).
- 2) Για κάθε απόφαση, εντοπίζεται το μέγιστο κόστος ευκαιρίας ως προς όλες τις τιμές της παραμέτρου.
- 3) Επιλέγεται η απόφαση με το μικρότερο «μέγιστο κόστος ευκαιρίας».



# Κριτήριο Minimax Regret

Αν  $A$  το σύνολο των εναλλακτικών αποφάσεων,  $S$  το σύνολο των διαφορετικών τιμών της μη ελεγχόμενης παραμέτρου και  $W(a,s)$  το αποτέλεσμα κάθε συνδυασμού, τότε το Minimax Regret κριτήριο αποτυπώνεται ως:

$$\min_{a \in A} \max_{s \in S} \left\{ \max_{a \in A} W(a,s) - W(a,s) \right\}$$



## Κριτήριο Minimax Regret - Παραδειγμα

Αποφάσεις	Πίνακας Αποτελεσμάτων			
	7	8	9	10
280	2.800	2.720 €	2.640 €	2.480 €
320	2.600 €	3.200	3.040 €	2.880 €
360	2.400 €	3.000 €	3.600	3.440 €
400	2.200 €	2.800 €	3.400 €	4.000

Αποφάσεις	Πίνακας Κόστους Ευκαιρίας			
	7	8	9	10
280	0 €	480 €	960 €	1.520 €
320	200 €	0 €	560 €	1.120 €
360	400 €	200 €	0 €	560 €
400	600 €	400 €	200 €	0 €





## Κριτήριο Minimax Regret - Παραδειγμα

Πίνακας Κόστους Ευκαιρίας					Μ. Κόστος
Αποφάσεις	7	8	9	10	
280	0 €	480 €	960 €	1.520 €	1.520 €
320	200 €	0 €	560 €	1.120 €	1.120 €
360	400 €	200 €	0 €	560 €	560 €
400	600 €	400 €	200 €	0 €	600 €

Η βέλτιστη απόφαση

$\text{MAX}(0;480;960;1.520)$

