

πρόβλημα, όπως: κοστολογικά στοιχεία (παραγωγής & διανομής), λειτουργικά στοιχεία (χρόνοι παραγωγής, προσωπικό κ.λπ.), οικονομικά στοιχεία (τιμές προϊόντων, πρώτων υλών και άλλων συντελεστών παραγωγής), αλλά επίσης και την αξιοποίηση τεχνικών προβλέψεων για να εκτιμηθούν τα αποτελέσματα (πωλήσεις προϊόντων, μερίδια αγοράς), για κάθε εναλλακτική λύση. Αρκετές φορές η συλλογή και η επεξεργασία των απαραίτητων δεδομένων απαιτεί σημαντικό κόστος και χρόνο. Άλλες φορές πάλι, τα συγκριτικά στοιχεία δεν είναι άμεσα διαθέσιμα και πρέπει να εξαχθούν μέσω στατιστικών εκτιμήσεων και προβλέψεων.

Η αντίληψη περί "Σωστών" και "Λανθασμένων" αποφάσεων

Πολλές φορές στην καθημερινή μας ζωή συννηθίζουμε να κρίνουμε την ορθότητα μιας απόφασης που λήφθηκε σε μια δεδομένη στιγμή, κρίνοντας μόνο από το αποτέλεσμα που εκ των υστέρων προέκυψε. Το συγκεκριμένο αποτέλεσμα όμως εξαρτάται επίσης και από συγκυρίες που δεν μπορούσαν να προβλεφθούν και να εκτιμηθούν με πλήρη βεβαιότητα τη στιγμή που λαμβανόταν η απόφαση.

Η ορθότητα κάθε απόφασης εξαρτάται από τη διαδικασία με βάση την οποία έχει επιλεγεί, από το αν ακολουθήθηκε μια συστηματική ανάλυση όλων των εναλλακτικών λύσεων, και από το αν αξιολογήθηκαν επαρκώς όλα τα διαθέσιμα δεδομένα τη στιγμή λήψης της απόφασης.

Στα επόμενα κεφάλαια αυτής της ενότητας θα αναπτύξουμε συγκεκριμένα μαθηματικά μοντέλα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη συστηματική αξιολόγηση εναλλακτικών λύσεων σε προβλήματα λήψης αποφάσεων, στα οποία η αβεβαιότητα εκδηλώνεται από εξωγενείς και απρόβλεπτους παράγοντες που δεν ελέγχονται και είναι ανεξάρτητοι των συγκεκριμένων επιλογών που θα κάνει ο λήπτης αποφάσεων (π.χ., ζήτηση, οικονομικές συνθήκες, τιμές καυσίμων και πρώτων υλών, πολιτικές αποφάσεις κ.ά.) Τα χρησιμοποιούμενα μαθηματικά μοντέλα σε αυτή την περίπτωση ανήκουν στο πεδίο που ονομάζουμε **θεωρία αποφάσεων (decision theory)**.

Μία άλλη κατηγορία προβλημάτων, την οποία δεν εξετάζουμε στο παρόν κεφάλαιο, είναι αυτά στα οποία η αβεβαιότητα εκφράζεται από τα αποτελέσματα αντίστοιχων αποφάσεων παραγόντων που έχουν ανταγωνιστικά συμφέροντα (π.χ., ανταγωνιστές). Τα μοντέλα ανάλυσης αποφάσεων σε αυτή την κατηγορία αποφάσεων ανήκουν στο πεδίο που ονομάζουμε με **θεωρία παιγνίων (game theory)** ένα πεδίο που έχει αναπτύ-

χθεί ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια ως ξεχωριστό επιστημονικό πεδίο των οικονομικών επιστημών⁷.

7.2 ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ

Η αβεβαιότητα που πάντα υπάρχει στο επιχειρηματικό περιβάλλον προσθέτει μια διάσταση πολυπλοκότητας στη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Η βέλτιστη επιλογή σε ένα πρόβλημα λήψης απόφασης προκύπτει από την αξιολόγηση καθεμίας από τις εφικτές εναλλακτικές αποφάσεις, ως προς τα αποτελέσματα που θα προέκυπταν από την επιλογή και υλοποίησή της. Η σύγκριση των αποτελεσμάτων υποδεικνύει ποια από τις εναλλακτικές λύσεις είναι η πλέον συμφέρουσα σε σχέση με το κριτήριο επιλογής. Τα αποτελέσματα όμως που θα προέκυπταν από την επιλογή της καθεμίας από τις εναλλακτικές αποφάσεις, επηρεάζονται από την ύπαρξη αβέβαιων παραγόντων οι οποίοι είναι μεν δυνατό να εκτιμηθούν, αλλά δεν είναι δυνατό να προσδιορισθούν με βεβαιότητα. Έτσι, κάτω από διαφορετικές συνθήκες ή καταστάσεις, η επιλογή που θα ήταν η καλύτερη δυνατή διαφοροποιείται ανάλογα.

Πριν προχωρήσουμε στην ανάπτυξη των διάφορων αναλυτικών μεθόδων που χρησιμοποιούνται για την επιλογή της βέλτιστης μεταξύ εναλλακτικών αποφάσεων, ας εξετάσουμε τα βασικά δομικά χαρακτηριστικά των προβλημάτων λήψης αποφάσεων σε συνθήκες αβεβαιότητας.

Εναλλακτικές αποφάσεις

Σε κάθε πρόβλημα λήψης αποφάσεων βασικό στοιχείο αποτελεί κατ' αρχήν ο προσδιορισμός όλων των δυνατών επιλογών που έχει στη διάθεσή του ο λήπτης της απόφασης⁸. Οι επιλογές αυτές αποτελούν τις εφικτές εναλλακτικές λύσεις από τις οποίες καλείται να επιλέξει μία, την άριστη, σύμφωνα με κάποιο συγκεκριμένο κριτήριο. Ο προσδιορισμός όλων των εφικτών ενα-

7 Το βραβείο Nobel στις οικονομικές επιστήμες για το 2005 δόθηκε στους Robert J. Aumann και Thomas C. Schelling για τη συμβολή τους στην κατανόηση θεμάτων συνεργασίας και συγκρούσεων μέσω της θεωρίας παιγνίων.

8 Ο όρος λήπτης της απόφασης (decision maker) αναφέρεται στο άτομο ή στα άτομα που καλούνται να αξιολογήσουν και να επιλέξουν τη βέλτιστη απόφαση.

λακτικών επιλογών γίνεται αφού λάβουμε υπ' όψη όλους τους επιχειρησιακούς περιορισμούς του προβλήματος.

Πιθανές καταστάσεις (σενάρια)

Τα αποτελέσματα που θα προκύψουν από την υιοθέτηση οποιασδήποτε απόφασης εξαρτώνται όχι μόνο από την απόφαση που θα επιλεγεί, αλλά και από ορισμένες καταστάσεις ή γεγονότα που είναι πιθανό να συμβούν και τα οποία βρίσκονται έξω από τον έλεγχο του ατόμου (ή ομάδας) που λαμβάνει την απόφαση. Οι καταστάσεις αυτές (που στον κόσμο των επιχειρήσεων αποκαλούνται και **σενάρια**) θα πρέπει να προσδιοριστούν με τρόπο ώστε να καλύπτουν όλα τα πιθανά ενδεχόμενα που επηρεάζουν τα αποτελέσματα κάθε απόφασης, χωρίς να υπάρχει επικάλυψη μεταξύ τους. Το ποιο συγκεκριμένο γεγονός ή σενάριο θα προκύψει στο μέλλον, δεν είναι δυνατό να το γνωρίζουμε εκ των προτέρων, αλλά μόνο μετά τη λήψη της απόφασης. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την εισαγωγή της αβεβαιότητας σχετικά με τα προσδοκώμενα αποτελέσματα.

Πίνακας κερδών / ωφελειών

Αφού έχουν οριστεί οι εναλλακτικές λύσεις και έχουν προσδιοριστεί οι πιθανές καταστάσεις, ακολούθως πρέπει να υπολογίσουμε το "κέρδος" ή γενικότερα την ωφέλεια που θα προέκυπτε από την υιοθέτηση κάθε εναλλακτικής λύσης για καθεμία από τις πιθανές καταστάσεις.

Τα αποτελέσματα αυτών των υπολογισμών καταγράφονται σε έναν πίνακα ο οποίος εμφανίζει το "όφελος" που προκύπτει από κάθε συνδυασμό εναλλακτικής λύσης και πιθανής κατάστασης. Στις περισσότερες περιπτώσεις, το "όφελος" αυτό είναι το αναμενόμενο οικονομικό κέρδος ή ζημία που προκύπτει από την επιλογή της συγκεκριμένης εναλλακτικής λύσης κάτω από τη συγκεκριμένη κατάσταση.

Παράδειγμα: Καθορισμός Άριστης Ποσότητας Παραγωγής

Μια εταιρεία χημικών προϊόντων έχει συμβόλαιο με έναν από τους πελάτες της για την προμήθεια ενός συγκεκριμένου λιπαντικού υγρού που χρησιμοποιείται ως λιπαντικό αεροσκαφών. Επειδή η διαδικασία παραγωγής του προϊόντος είναι αρκετά πολυπλοκή, η παραγωγή του προϊόντος γίνεται σε τόνους και όχι σε μικρότερες ποσότητες. Ο πελάτης έχει συμφωνήσει να δίνει την παραγγελία του για 1, 2 ή 3 τόνους κάθε έξι μήνες. Επειδή η παραγωγή του προϊ-

όντος απαιτείται να ξεκινήσει τουλάχιστον δύο μήνες προτού αυτό χρησιμοποιηθεί, η εταιρεία πρέπει να αποφασίσει εκ των προτέρων για το ύψος της παραγωγής χωρίς να γνωρίζει κάθε φορά την ακριβή ποσότητα της παραγγελίας που θα ζητήσει ο πελάτης της.

Το κόστος παραγωγής του προϊόντος ανέρχεται σε 15.000 ευρώ ανά παραγόμενο τόνο, ενώ η τιμή πώλησης σύμφωνα με το συμβόλαιο μεταξύ της εταιρείας και του πελάτη έχει καθοριστεί σε 20.000 ευρώ. Αν ο πελάτης παραγγείλει ποσότητα μεγαλύτερη από αυτή που έχει διαθέσιμη η εταιρεία, τότε η εταιρεία υποχρεούται να ικανοποιήσει τον πελάτη εισάγοντας την υπόλοιπη ποσότητα από το εξωτερικό στην τιμή των 24.000 ευρώ. Το συγκεκριμένο προϊόν δεν μπορεί να αποθηκευτεί για περισσότερο από 3 μήνες, και η μόνη λύση στη περίπτωση που μέρος της παραγωγής μείνει αζήτητο, είναι να ανακυκλωθεί χρησιμοποιούμενο ως πρώτη ύλη στη διαδικασία παραγωγής άλλων προϊόντων. Σε αυτή την περίπτωση, η αξία του προϊόντος υπολογίζεται σε 5.000 ευρώ.

Ποια είναι τα πιθανά ερωτήματα που θα αντιμετώπιζε η διοίκηση της επιχείρησης σε αυτή την περίπτωση;

- Συμφέρει κατ' αρχήν στην επιχείρηση η εκτέλεση του συγκεκριμένου συμβολαίου;
- Εφόσον συμφέρει, ποια πρέπει να είναι η ποσότητα θα παράγει η επιχείρηση κάθε εξάμηνο;
- Τι κέρδος θα προκύψει μακροπρόθεσμα από το συγκεκριμένο πελάτη;
- Τι άλλα δεδομένα θα μπορούσε η επιχείρηση να αξιοποιήσει ώστε να βελτιώσει τη διαδικασία προσδιορισμού της ποσότητας παραγωγής;
- Αν υπήρχε διαπραγμάτευση των όρων του συμβολαίου, τι θα έπρεπε η επιχείρηση να προτείνει στον πελάτη της;

As εξετάσουμε τα χαρακτηριστικά του παραπάνω προβλήματος σύμφωνα με την προηγούμενη ανάλυση:

Εναλλακτικές Λύσεις

Οι εναλλακτικές λύσεις που έχει η επιχείρηση αφορούν την απόφασή της για την ποσότητα του υλικού που θα παράγει κάθε εξάμηνο. Αν δεχτούμε προς το παρόν ότι η εταιρεία δεσμεύεται με την εκτέλεση του συμβολαίου και επομένως η εναλλακτική λύση να μην παράγει το προϊόν αποκλείεται από περαιτέρω θεώρηση, τότε οι εναλλακτικές λύσεις είναι προφανώς οι παρακάτω τρεις:

- I. Παραγωγή 1 τόνου
- II. Παραγωγή 2 τόνων
- III. Παραγωγή 3 τόνων

Προφανώς δεν έχει έννοια να θεωρήσουμε την περίπτωση παραγωγής μεγαλύτερης των 3 τόνων, εφόσον η ζήτηση του πελάτη δεν ξεπερνά ποτέ τους 3 τόνους και το προϊόν δεν είναι δυνατό να αποθηκευτεί.

Πιθανές Καταστάσεις - Σενάρια

Το οικονομικό αποτέλεσμα που θα προέκυπτε από την υιοθέτηση καθεμίας από τις τρεις εναλλακτικές αποφάσεις εξαρτάται από την ποσότητα παραγγελίας του πελάτη. Έστω, για παράδειγμα, ότι η επιχείρηση αποφάσισε να παράγει 2 τόνους. Αν ο πελάτης ζητήσει 2 τόνους, τότε θα υπάρξει κέρδος 10.000 ευρώ (2 τόνοι x 5.000 ευρώ). Αν όμως ο πελάτης ζητήσει μόνο έναν τόνο, το κέρδος θα είναι λιγότερο (μπορεί να υπάρξει και ζημία) γιατί ο ένας τόνος που έχει παραχθεί, θα περισσέψει και θα έχει μικρή μόνο αξία.

Επομένως, τα οικονομικά αποτελέσματα των τριών εναλλακτικών επιλογών (αποφάσεων) επηρεάζονται και από τη ζήτηση του πελάτη, η οποία δεν είναι δυνατό να προσδιοριστεί εκ των προτέρων. Οι πιθανές λοιπόν καταστάσεις στο συγκεκριμένο πρόβλημα αφορούν την ποσότητα παραγγελίας και είναι οι εξής τρεις (μπορούμε να τις ονομάσουμε σενάρια ζήτησης):

- A. Ζήτηση 1 τόνου
- B. Ζήτηση 2 τόνων
- C. Ζήτηση 3 τόνων

Πίνακας Κερδών

Έχουμε δει ότι ανεξάρτητα από το ποια απόφαση θα πάρει η εταιρεία για την ποσότητα που θα παράγει κάθε εξάμηνο, η ζήτηση του πελάτη κυμαίνεται κάθε φορά στους 1, 2 ή 3 τόνους. Στην περίπτωση που η ποσότητα που έχει παραχθεί είναι ίση με τη ζήτηση, η επιχείρηση έχει κέρδος 5.000 ευρώ ανά τόνο (20.000 τιμή πώλησης - 15.000 κόστος παραγωγής).

Στην περίπτωση όμως κατά την οποία η εταιρεία έχει παράγει μικρότερη ποσότητα, τότε θα εισάγει την ποσότητα που υπολείπεται ώστε να καλυφθεί η ζητηθείσα ποσότητα, έχοντας ζημιά 4.000 ευρώ για κάθε τόνο που υπολείπεται από την ποσότητα που έχει ζητήσει ο πελάτης (24.000 ευρώ κόστος εισαγωγής - 20.000 ευρώ τιμή πώλησης).

Αντίθετα, στην περίπτωση κατά την οποία η παραγωγή υπερβαί-

νει τη ζήτηση, η επιπλέον ποσότητα που δεν θα έχει αγοραστεί από τον πελάτη θα ανακυκλωθεί, ζημιώνοντας την επιχείρηση κατά 10.000 ευρώ ανά τόνο που περισσεύει (15.000 ευρώ κόστος παραγωγής - 5.000 ευρώ αξία ανακύκλωσης).

Το οικονομικό αποτέλεσμα (κέρδος ή ζημία) κάθε συνδυασμού εναλλακτικής απόφασης παραγωγής με κάθε σενάριο ζήτησης υπολογίζεται στον παρακάτω πίνακα.

Παραγωγή	Ζήτηση	Κόστος Απόκτησης	Έσοδα Πωλήσεων	Κέρδος (Ζημία)
1	1	15.000	20.000	5.000
1	2	15.000(παραγωγή) +24.000(εισαγωγή) = 39.000	2 x 20.000= 40.000	1.000
1	3	15.000(παραγωγή) +48.000(εισαγωγή) = 63.000	3 x 20.000= 60.000	-3.000
2	1	2 x 15.000 = 30.000	20.000 (πελάτης) +5.000(επεξεργασία) = 25.000	-5.000
2	2	2 x 15.000 = 30.000	2 x 20.000 = 40.000	10.000
2	3	30.000(παραγωγή) +24.000(εισαγωγή) = 54.000	3 x 20.000 = 60.000	6.000
3	1	3 x 15.000 = 45.000	20.000 (πελάτης) + 2x5.000(ανακύκλωση) = 30.000	-15.000
3	2	3 x 15.000 = 45.000	2x20.000 (πελάτης) +5.000(ανακύκλωση) = 45.000	0
3	3	3 x 15.000 = 45.000	3 x 20.000 = 60.000	15.000

Τα παραπάνω αποτελέσματα συνοψίζονται στον πίνακα αποτελεσμάτων (κερδών/ζημιών) που ακολουθεί, όπου οι εναλλακτικές αποφάσεις αντιστοιχούν στις γραμμές του πίνακα και οι πιθανές καταστάσεις στις στήλες του.

Πίνακας Κερδών / Ζημιών ανά εξάμηνο (σε €)

Αποφάσεις: Υψος Παραγωγής	Ζήτηση		
	1 τν	2 τν	3 τν
I. Παραγωγή 1 τν	5.000	1.000	-3.000
II. Παραγωγή 2 τν	-5.000	10.000	6.000
III. Παραγωγή 3 τν	-15.000	0	15.000

Επιλογή βέλτιστης απόφασης

Το ζητούμενο είναι η επιλογή της βέλτιστης απόφασης με οικονομικά κριτήρια. Πώς θα μπορούσε να επιλέξει κανείς τη βέλτιστη απόφαση με βάση τα στοιχεία του παραπάνω πίνακα;

Υπάρχουν πολλές αποδεκτές προσεγγίσεις που μπορεί να ακολουθηθούν:

Για παράδειγμα, αν κανείς υιοθετούσε μια "συντηρητική" οικονομική πολιτική (ο όρος «συντηρητική» έχει την έννοια της μείωσης του επιχειρηματικού κινδύνου ή ρίσκου από πιθανές ζημιές), τότε θα επέλεγε τη λύση (I), την παραγωγή δηλαδή ενός τόνου κάθε εξάμηνο. Στην περίπτωση αυτή, το χειρότερο αποτέλεσμα που θα μπορούσε να συμβεί θα ήταν μια ζημία 3.000 ευρώ (στις περιπτώσεις που ο πελάτης θα ζητούσε 3 τόνους του προϊόντος), ενώ με οποιαδήποτε άλλη επιλογή η πιθανή ζημία θα μπορούσε να ήταν μεγαλύτερη. Στην περίπτωση επιλογής της παραγωγής 2 τόνων, η ζημία θα μπορούσε να ανέλθει στις 5.000 ευρώ (στην περίπτωση ζήτησης 1 τόνου), ενώ στην περίπτωση επιλογής της παραγωγής 3 τόνων, η αντίστοιχη ζημία θα μπορούσε να φτάσει τα 15.000 ευρώ (ξανά στην περίπτωση ζήτησης 1 τόνου).

Ο παραπάνω συλλογισμός ενώ λαμβάνει υπ' όψη το πιθανό ρίσκο ζημιών, δεν λαμβάνει καθόλου υπόψη τις ευκαιρίες δημιουργίας κέρδους. Έτσι, ενώ η επιλογή της πρώτης λύσης περιορίζει τον κίνδυνο ζημιάς στη χειρότερη περίπτωση σε 3.000 ευρώ, παράλληλα περιορίζει την ευκαιρία κέρδους στην καλύτερη περίπτωση το πολύ σε 5.000 ευρώ.

Μια τελείως αντίθετη θεώρηση με την προηγούμενη είναι η επιλογή εκείνης της εναλλακτικής λύσης που δίνει τη μεγαλύτερη δυνατότητα κέρδους, αγνοώντας τον τυχόν κίνδυνο (ρίσκο). Με αυτή τη λογική θα έπρεπε να επιλεγεί η τελευταία λύση διότι δίνει την ευκαιρία για πραγματοποίηση του μεγαλύτερου δυνατού κέρδους (15.000 ευρώ). Παράλληλα όμως, διαπιστώνουμε ότι σε αυτή την περίπτωση υπάρχει και ο κίνδυνος για μεγάλες ζημιές (15.000 ευρώ) εφόσον η ζήτηση θα ήταν μόνο ένας τόνος.



Και οι δύο παραπάνω τρόποι συλλογισμού μπορούν κάλλιστα να θεωρηθούν σωστοί ανάλογα με τη γενικότερη φιλοσοφία που υιοθετεί ο λήπτης της απόφασης.

Τα μοντέλα που ακολουθούν αποτυπώνουν τις εναλλακτικές προσεγγίσεις στη λήψη αποφάσεων σε συνθήκες αβεβαιότητας.

Κριτήρια για Λήψη Αποφάσεων σε Συνθήκες Αβεβαιότητας**Κριτήριο MAXIMIN – Η "Απαισιόδοξη" προσέγγιση**

Το κριτήριο MAXIMIN αντιπροσωπεύει τη «συντηρητική» (απαισιόδοξη) προσέγγιση στη λήψη κάποιας απόφασης. Σύμφωνα με το κριτήριο MAXIMIN, προσπαθούμε να μεγιστοποιήσουμε (MAXimize) το μικρότερο (MINimum) σε κάθε περίπτωση (ή σενάριο) δυνατό κέρδος. Στην πράξη θεωρούμε το χειρότερο αποτέλεσμα που μπορεί να συμβεί σε κάθε εναλλακτική απόφαση και βέβαια επιλέγουμε εκείνη την εναλλακτική απόφαση που κάτω από τις χειρότερες προϋποθέσεις δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα.

Η διαδικασία επιλογής με το κριτήριο MAXIMIN έχει ως εξής:

1. Στον πίνακα κερδών βρίσκουμε το μικρότερο δυνατό κέρδος για καθμία από όλες τις εναλλακτικές αποφάσεις.

2. Κατόπιν επιλέγουμε εκείνη την απόφαση που αντιστοιχεί στο μεγαλύτερο από τα παραπάνω κέρδη.

Χρησιμοποιώντας τον πίνακα του προηγούμενου παραδείγματος έχουμε:

Πίνακας Κερδών / Ζημιών ανά εξάμηνο (σε €)

Αποφάσεις: Υψος Παραγωγής	Ζήτηση			Min
	1 τν	2 τν	3 τν	
I. Παραγωγή 1 τν	5.000	1.000	-3.000	-3.000 ← MaxiMin
II. Παραγωγή 2 τν	-5.000	10.000	6.000	-5.000
III. Παραγωγή 3 τν	-15.000	0	15.000	-15.000

Κριτήριο "Αισιοδοξίας" MAXIMAX

Ενώ το κριτήριο MAXIMIN αντιπροσωπεύει τη «συντηρητική» (απαισιόδοξη) τάση στη λήψη κάποιας απόφασης, το κριτήριο MAXIMAX εκφράζει αντίθετα την «αισιοδοξία» τάση. Σύμφωνα με το κριτήριο MAXIMAX, η προσπάθεια του λήπτη αποφάσεων είναι να μεγιστοποιήσει (MAXimize) το μεγαλύτερο (MAXimum) δυνατό κέρδος σε κάθε περίπτωση, εξ ου και η ονομασία MAXIMAX.



Η διαδικασία επιλογής με το κριτήριο MAXIMAX έχει ως εξής:

1. Στον πίνακα κερδών βρίσκουμε το μεγαλύτερο δυνατό κέρδος για καθεμία από όλες τις εναλλακτικές αποφάσεις.

2. Κατόπιν επιλέγουμε εκείνη την απόφαση που αντιστοιχεί στο μεγαλύτερο από τα παραπάνω κέρδη.

Χρησιμοποιώντας τον πίνακα του προηγούμενου παραδείγματος έχουμε:

Πίνακας Κερδών / Ζημιών ανά εξάμνηνο (σε €)

Αποφάσεις Υψος Παραγωγής	Ζήτηση			Min
	1 τν	2 τν	3 τν	
I. Παραγωγή 1 τν	5.000	1.000	-3.000	5.000
II. Παραγωγή 2 τν	-5.000	10.000	6.000	10.000
III. Παραγωγή 3 τν	-15.000	0	15.000	15.000 ← MaxiMax

Κόστος Ευκαιρίας

Μια βασική έννοια στα προβλήματα λήψης αποφάσεων αποτελεί το κόστος ευκαιρίας. Ας επιχειρήσουμε την κατανόηση της σημασίας του κόστους ευκαιρίας μέσω του παραδείγματος που εξετάζουμε.

Αν υποθέσουμε ότι η επιχείρηση επιλέγει κάποια από τις εναλλακτικές αποφάσεις, έστω την παραγωγή 2 τόνων, και εκ των υστέρων βλέπει ότι η ζήτηση του πελάτη είναι 3 τόνοι. Με βάση τον πίνακα κερδών που έχουμε ήδη καταγράψει, το αποτέλεσμα για την επιχείρηση είναι κέρδος 6.000 ευρώ. Πόσο αξία όμως έχει αυτή η πληροφορία στη διαδικασία προσδιορισμού της άριστης απόφασης;

Ναι μεν, για την επιχείρηση υπάρχει λογιστικό κέρδος 6.000 ευρώ, στην πραγματικότητα όμως ο επιχειρηματίας γνωρίζει ότι έχασε την ευκαιρία για πραγματοποίηση μεγαλύτερου κέρδους, συγκεκριμένα 15.000 ευρώ το οποίο μπορούσε να είχε επιτευχθεί αν είχε κάνει την επιλογή να παράγει 3 τόνους αντί των 2 τόνων.

Η διαφορά του μέγιστου κέρδους που ήταν δυνατό να επιτευχθεί κάτω από τις δεδομένες συνθήκες, και του κέρδους που επιτυγχάνεται από την επιλογή της συγκεκριμένης απόφασης (15.000 – 6.000 = 9.000 ευρώ) αποτελεί το **κόστος ευκαιρίας** για τη συγκεκριμένη απόφαση.

Ορίζουμε δηλαδή το κόστος ευκαιρίας μιας επιλογής για μια συγκεκριμένη κατάσταση ως τη διαφορά μεταξύ του μέγιστου κέρδους που θα μπορούσε να επιτευχθεί στη συγκεκριμένη κατάσταση και του κέρδους που αντιστοιχεί στη δεδομένη επιλογή.



Η σημασία του Κόστους Ευκαιρίας (Opportunity Cost)

Το Κόστος Ευκαιρίας δεν είναι λογιστικό κόστος. Δεν υπολογίζεται με βάση δαπάνες ή άλλα στοιχεία κόστους.

Το Κόστος Ευκαιρίας αποτελεί βασικό στοιχείο στην αξιολόγηση αποτελεσμάτων. Γιατί; Ποια η αξία της πληροφορίας ότι μια επένδυση απέφερε κέρδος 12 εκ. ευρώ για παράδειγμα. Είναι ένα καλό ή κακό αποτέλεσμα. Η απάντηση μπορεί να δοθεί μόνο αν γνωρίζουμε τι αποτέλεσμα θα μπορούσε να είχε φέρει η επιχείρηση, αν είχε επενδύσει τα ίδια κεφάλαια σε άλλες επιλογές. Επομένως, το κόστος ευκαιρίας αποτελεί ένα σχετικό μέτρο σύγκρισης σε σχέση με το καλύτερο αποτέλεσμα που θα μπορούσε να επιτευχθεί.

Έτσι, το Κόστος Ευκαιρίας είναι μηδέν μόνο στην περίπτωση της επιλογής που δίνει το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα, κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, ενώ σε κάθε άλλη περίπτωση είναι ένας θετικός αριθμός.

Η μαθηματική διατύπωση του ορισμού του Κόστους Ευκαιρίας έχει ως εξής:

Έστω ότι σε ένα πρόβλημα λήψης αποφάσεων υπάρχουν οι εναλλακτικές αποφάσεις:

$$d_1, d_2, \dots, d_i, \dots, d_n$$

και οι πιθανές καταστάσεις

$$s_1, s_2, \dots, s_i, \dots, s_m.$$

Το κόστος ευκαιρίας για την απόφαση i στην πιθανή κατάσταση j ορίζεται από τη σχέση:

$$R(d_i, s_j) = V^*(s_j) - V(d_i, s_j)$$

όπου

$V(d_i, s_j)$ = Το κέρδος που αντιστοιχεί στην απόφαση d_i και στην πιθανή κατάσταση s_j

$V^*(s_j)$ = Το μέγιστο δυνατό κέρδος που αντιστοιχεί στην αναμενόμενη κατάσταση s_j

$$V^*(s_j) = \text{MAX}_i \{ V(d_i, s_j) \}$$

Για την καλύτερη κατανόηση των παραπάνω σχέσεων, ας θεωρήσουμε τον πίνακα κόστους ευκαιρίας που αντιστοιχεί στο παράδειγμα που εξετάζουμε:



Αποφάσεις: Υψος Παραγωγής	Ζήτηση		
	1 tv	2 tv	3 tv
I. Παραγωγή 1 tv	5.000-5.000 0	10.000-1.000 9.000	15.000-(-3.000) 18.000
II. Παραγωγή 2 tv	5.000-(-5.000) 10.000	10.000-10.000 0	15.000-6.000 9.000
III. Παραγωγή 3 tv	5.000-(-15.000) 20.000	10.000-0 10.000	15.000-15.000 0

* Με έντονα γράμματα σημειώνεται το μέγιστο κέρδος σε κάθε σενάριο

** Με πλάγια γράμματα σημειώνεται το Κόστος Ευκαιρίας

Σε κάθε στήλη επιλέγουμε τη μεγαλύτερη τιμή και από αυτή αφαιρούμε κάθε στοιχείο της στήλης. Στην 1η στήλη το καλύτερο αποτέλεσμα είναι το 5.000, στη 2η το 10.000 και στην τρίτη το 15.000.

Δηλαδή το κόστος ευκαιρίας στην περίπτωση που η επιχείρηση παράγει έναν τόνο και η ζήτηση είναι δύο τόνοι, ανέρχεται σε 9.000 ευρώ (θα μπορούσε να είχε κέρδος 10.000 ευρώ αν είχε κάνει την επιλογή να παράγει δύο τόνους, ενώ παράγοντας έναν τόνο κέρδισε μόνο 1.000 ευρώ).

Ομοίως, στην περίπτωση που επιλεγεί η παραγωγή 3 τόνων και η ζήτηση είναι μόνο 1 τόνος, το κόστος ευκαιρίας είναι 20.000€ (15.000€ η ζημία που πραγματοποιήθηκε και επιπλέον 5.000€ που θα μπορούσε να είχε κερδίσει αν είχε επιλέξει τη σωστή απόφαση να παράγει 1 τόνο).

Κριτήριο MINMAX Κόστους Ευκαιρίας

Με βάση το κόστος ευκαιρίας η διαδικασία επιλογής της βέλτιστης λύσης ακολουθεί το κριτήριο MINIMAX. Για κάθε εναλλακτική λύση προσδιορίζεται το μέγιστο (MAXimum) κόστος ευκαιρίας και επιλέγεται βέβαια εκείνη η λύση η οποία αντιστοιχεί στο μικρότερο (MINimum) από τα μέγιστα (MAXimum) κόστη χαμένων ευκαιριών.

Σύμφωνα λοιπόν με τους παραπάνω κανόνες, έχουμε:

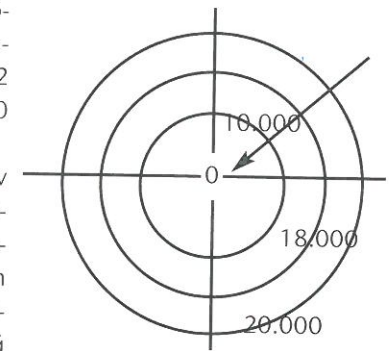
Πίνακας Κόστους Ευκαιρίας (σε €)

Αποφάσεις Υψος Παραγωγής	Ζήτηση			Max
	1 tv	2 tv	3 tv	
I. Παραγωγή 1 tv	0	9.000	18.000	18.000
II. Παραγωγή 2 tv	10.000	0	9.000	10.000 ← Minimax
III. Παραγωγή 3 tv	20.000	10.000	0	20.000

Η οικονομική σημασία του κριτηρίου Κόστους Ευκαιρίας



Σύμφωνα με το κριτήριο MINMAX του κόστους ευκαιρίας, η καλύτερη επιλογή στο συγκεκριμένο παράδειγμα είναι η παραγωγή 2 τόνων με χειρότερο κόστος ευκαιρίας 10.000 και έχει την εξής οικονομική ερμηνεία: Λόγω της αβεβαιότητας που υπάρχει δεν είναι δυνατόν η απόφαση που λαμβάνουμε να είναι κάθε φορά η βέλτιστη. Στις περιπτώσεις που λαμβάνεται η καλύτερη απόφαση, το κόστος ευκαιρίας είναι 0. Αυτό αποτελεί το ιδανικό αποτέλεσμα ή κατά κάποια έννοια το στόχο στη λήψη αποφάσεων. Το MINMAX κόστος ευκαιρίας δηλώνει πόσο μακριά από το στόχο βρίσκεται ο λήπτης αποφάσεων με την απόφαση που επιλέγει. Με την επιλογή (II), ανεξάρτητα με το ποια θα είναι η ζήτηση, το χειρότερο που μπορεί να συμβεί είναι να βρεθούμε 10.000 μονάδες μακριά από το ιδανικό αποτέλεσμα. Αντίθετα, με οποιαδήποτε από τις άλλες δύο επιλογές μπορεί να βρεθούμε πολύ μακρύτερα, έως και 18.000 (επιλογή I) ή 20.000 μονάδες (επιλογή III) από το στόχο.



Διαφοροποίηση Κριτηρίων

Όπως παρατηρούμε, τρία διαφορετικά κριτήρια οδήγησαν σε τρεις διαφορετικές αποφάσεις χρησιμοποιώντας τα ίδια ακριβώς δεδομένα. Αυτό δεν δείχνει κατ' ανάγκη ασυνέπεια, απλά τονίζει τις διαφορές που υπάρχουν στη φιλοσοφία που διέπει τα τρία κριτήρια που έχουμε παρουσιάσει. Τελικά ο λήπτης αποφάσεων θα πρέπει να επιλέξει ποιο από τα τρία κριτήρια θα χρησιμοποιήσει. Η συστηματοποίηση των διαθέσιμων στοιχείων, απλά διευκολύνει τη λήψη της σωστότερης απόφασης.

Άλλα Κριτήρια Λήψης Αποφάσεων - Μέσος Όρος Αποτελεσμάτων

Μια απλή θεώρηση των δεδομένων θα μπορούσε να οδηγήσει στον υπολογισμό του μέσου όρου των κερδών όλων των πιθανών καταστάσεων για κάθε εναλλακτική επιλογή.

Αποφάσεις: Υψος Παραγωγής	Ζήτηση			Μέσος Όρος Κερδών
	1 tv	2 tv	3 tv	
α. Παραγωγή 1 tv	5.000	1.000	-3.000	$(5.000+1.000-3.000) / 3 = 2.000$
β. Παραγωγή 2 tv	-5.000	10.000	6.000	$(-5.000+10.000+6.000) / 3 = 3.670$
γ. Παραγωγή 3 tv	-15.000	0	15.000	$(-15.000+0+15.000) / 3 = 0$

Έτσι, θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε ότι η επιλογή των δύο τόνων δίνει κατά μέσο όρο το μεγαλύτερο κέρδος. Στην καθημερινή μας ζωή χρησιμοποιούμε αρκετές φορές το μηχανισμό του μέσου όρου για τον υπολογισμό κάποιας “αντιπροσωπευτικής” εκτίμησης μεγεθών (π.χ., μέσος όρος βαθμολογίας, μέσος όρος θερμοκρασίας κ.λπ.).

Ο υπολογισμός για την εξαγωγή του μέσου όρου είναι σχετικά απλός και κατανοητός από όλους. Αλλά αποδεχόμενοι το μέσο όρο ως ένα αντιπροσωπευτικό μέγεθος, δεχόμαστε έμμεσα ότι όλα τα ενδεχόμενα έχουν την ίδια πιθανότητα να συμβούν και τα λαμβάνουμε επομένως ισοβαρώς υπό όψη. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα δηλαδή, δεχόμαστε ότι η πιθανότητα να έχουμε ζήτηση 1 τόνου είναι ίση με την πιθανότητα να υπάρξει ζήτηση 2 ή 3 τόνων.

Το ερώτημα που τίθεται είναι αν πράγματι ισχύει αυτή η υπόθεση. Θα ήταν σωστό να πάρουμε το μέσο όρο των κερδών αν γνωρίζαμε ότι η πιθανότητα να πραγματοποιηθεί κάποιο από τα σενάρια είναι πολύ μικρότερη από κάποιο άλλο; Προφανώς όχι. Στη συνέχεια θα εξετάσουμε την περίπτωση όπου η αβεβαιότητα για τα πιθανά ενδεχόμενα είναι δυνατό να εκτιμηθεί μέσω του υπολογισμού των πιθανοτήτων πραγματοποίησης κάθε ενδεχομένου.

7.3 ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ

7.3.1 Ανάλυση Αποφάσεων με Χρήση Πιθανοτήτων (Συνθήκες Ρίσκου)

Στο προηγούμενο κεφάλαιο τέθηκε το ερώτημα κατά πόσο ο υπολογισμός του μέσου όρου των κερδών για όλες τις εναλλακτικές λύσεις, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως κριτήριο επιλογής της βέλτιστης λύσης. Ο υπολογισμός του μέσου όρου εμπεριέχει την παραδοχή ότι όλα τα υπό εξέταση σενάρια είναι εξίσου πιθανά. Στις περισσότερες περιπτώσεις όμως οι πιθανότητες πραγματοποίησης των πιθανών σεναρίων είναι διαφορετικές.

Σε μία τέτοια περίπτωση, όταν υπάρχουν πληροφορίες που μπορεί να αξιοποιηθούν για την εκτίμηση των πιθανοτήτων πραγματοποίησης κάθε σεναρίου, το περιβάλλον στο οποίο λαμβάνεται η απόφαση συνεχίζει να χαρακτηρίζεται από την αβεβαιότητα, η οποία όμως είναι τώρα μετρήσιμη με βάση τις πιθανότητες πραγματοποίησης κάθε σεναρίου.

Σε αυτές τις περιπτώσεις, κύριο ρόλο στη λήψη αποφάσεων παίζει η μέτρηση του επιχειρηματικού κινδύνου ή ρίσκου, όπως

αποκαλείται συνήθως, και αναφερόμαστε πλέον σε λήψη αποφάσεων σε συνθήκες κινδύνου ή ρίσκου.

Υπολογισμός Πιθανοτήτων για κάθε Σενάριο

Η εκτίμηση των πιθανοτήτων για κάθε σενάριο μπορεί να είναι **υποκειμενική** ή **αντικειμενική**.

Η **υποκειμενική εκτίμηση** των πιθανοτήτων απορρέει από πληροφορίες και γνώση στοιχείων και δεδομένων που δεν είναι δυνατό να ποσοτικοποιηθούν ώστε να είναι δυνατή η επεξεργασία τους με στατιστικές μεθόδους. Αν για παράδειγμα, τα υπό εξέταση σενάρια αφορούσαν τον προβλεπόμενο χρόνο περάτωσης ενός έργου, ο διαχειριστής του έργου θα μπορούσε να εκτιμήσει με βάση την προηγούμενη εμπειρία του ότι με πιθανότητα 20% το έργο θα ολοκληρωθεί στον τρέχοντα μήνα, με πιθανότητα 70% τον επόμενο μήνα, ενώ υπάρχει και 10% πιθανότητα να καθυστερήσει έως και δύο μήνες. Τέτοιου είδους εκτιμήσεις βασίζονται στην εμπειρία των εκτιμητών, καθώς και σε διαθέσιμες πληροφορίες που ο εκτιμητής μπορεί να τις συνδυάσει με τις εμπειρίες του και να εκτιμήσει τις πιθανότητες πραγματοποίησης των διαφόρων σεναρίων.

Η **αντικειμενική εκτίμηση** των πιθανοτήτων βασίζεται σε συγκεκριμένη επεξεργασία στατιστικών στοιχείων. Σε αυτή την περίπτωση, χρησιμοποιούνται κυρίως ιστορικά δεδομένα ή στοιχεία που προκύπτουν από σχετική έρευνα της αγοράς.

Συνεχίζοντας με το παράδειγμα του προηγούμενου κεφαλαίου θα εξετάσουμε την αξιοποίηση των πληροφοριών που αφορούν εκτίμηση των πιθανοτήτων για τις αναμενόμενες καταστάσεις στα προβλήματα λήψης αποφάσεων.

Παράδειγμα – Καθορισμός Άριστης Ποσότητας Παραγωγής (συνέχεια)

As υποθέσουμε ότι ο υπεύθυνος παραγωγής, πριν αποφασίσει για τον καθορισμό του ύψους της παραγωγής κάθε εξαμήνου, προσπαθεί να έχει μια εικόνα για τη ζήτηση του συγκεκριμένου προϊόντος τα προηγούμενα χρόνια. Ελέγχοντας τα δελητία 20 παραγγελιών των προηγούμενων 10 ετών, ανακάλυψε ότι η ζήτηση για το συγκεκριμένο προϊόν τα προηγούμενα έτη διαμορφώθηκε ως εξής:

Ποσότητα Ζήτησης	Αριθμός Παραγγελιών	Πιθανότητα
1 τόνος	4	4/20=20%
2 τόνοι	10	10/20=50%
3 τόνοι	6	6/20=30%
Σύνολο	20	100%

Σε αυτή την περίπτωση, η αντικειμενική εκτίμηση των πιθανοτήτων για κάθε σενάριο βασίζεται στη σχετική συχνότητα εμφάνισης των παραγγελιών στο παρελθόν.

Δύο είναι τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται συνήθως στη λήψη αποφάσεων σε συνθήκες ρίσκου με βάση τις πιθανότητες που αντιστοιχούν σε κάθε πιθανή αναμενόμενη κατάσταση (σενάριο), τα οποία όπως θα δούμε, καταλήγουν στην ίδια επιλογή. Αυτά είναι:

- 1) το **Κριτήριο του Αναμενόμενου Κέρδους** και
- 11) το **Κριτήριο του Αναμενόμενου Κόστους Ευκαιρίας**.

Κριτήριο Αναμενόμενου Κέρδους

Σε ένα πρόβλημα αποφάσεων με εναλλακτικές αποφάσεις: $d_1, d_2, \dots, d_i, \dots, d_n$, και πιθανές καταστάσεις: $s_1, s_2, \dots, s_i, \dots, s_m$ και κέρδος για την απόφαση d_i στην κατάσταση s_j ίσο με $V(d_i, s_j)$, έστω ότι έχουν εκτιμηθεί οι πιθανότητες:

$$P(s_j) = \text{Πιθανότητα πραγματοποίησης της αναμενόμενης κατάστασης } s_j, \text{ με } P(s_1) + P(s_2) + \dots + P(s_n) = 1$$

Το **αναμενόμενο κέρδος (ΑΚ)** που προκύπτει από την επιλογή της απόφασης d_i ορίζεται ως το άθροισμα των γινομένων των πιθανών αποτελεσμάτων επί των αντίστοιχων πιθανοτήτων:

$$AK(d_i) = \sum_{j=1}^m P(s_j) \cdot V(d_i, s_j)$$

Ως άριστη λύση επιλέγεται μεταξύ όλων των εναλλακτικών αποφάσεων αυτή που αντιστοιχεί στο μέγιστο αναμενόμενο κέρδος.

Με την προσθήκη των πιθανοτήτων για κάθε αναμενόμενη κατάσταση ο πίνακας κερδών / ζημιών του παραδείγματος και ο υπολογισμός του αναμενόμενου κέρδους για κάθε εναλλακτική απόφαση διαμορφώνεται ως εξής:

Πίνακας Κερδών / Ζημιών ανά εξάμηνο (σε €)

Αποφάσεις:	Ζήτηση			Αναμενόμενο Κέρδος
	1 τν	2 τν	3 τν	
Υψος Παραγωγής				
I. Παραγωγή 1 τν	5.000	1.000	-3.000	$5000(20\%) + 1000(50\%) - 3000(30\%) = 600$
II. Παραγωγή 2 τν	-5.000	10.000	6.000	$-5000(20\%) + 10000(50\%) + 6000(30\%) = 5.800$
III. Παραγωγή 3 τν	-15.000	0	15.000	$-15000(20\%) + 0(50\%) + 15000(30\%) = 1.500$
Πιθανότητες	20%	50%	30%	

Όπως προκύπτει από τον παραπάνω πίνακα, το μέγιστο αναμενόμενο κέρδος αντιστοιχεί στη δεύτερη απόφαση (παραγωγή 2 τόνων).



Η οικονομική ερμηνεία του Αναμενόμενου Κέρδους

Πρέπει να σημειώσουμε ότι το κέρδος που θα πραγματοποιήσει η επιχείρηση σε καμία περίπτωση δεν θα είναι ακριβώς 5.800 ευρώ.

Η έννοια του αναμενόμενου κέρδους (και γενικότερα της αναμενόμενης μέσης τιμής στη στατιστική) είναι ότι αν η συγκεκριμένη απόφαση της παραγωγής 2 τόνων επαναλαμβάνονταν κάθε εξάμηνο, τότε μακροπρόθεσμα, το μέσο κέρδος ανά παραγγελία θα ήταν 5.800 ευρώ. Το μέσο αυτό κέρδος θα προέκυπτε αν αθροίζαμε τα οικονομικά αποτελέσματα σε μία μακρά χρονική περίοδο (στη διάρκεια της οποίας άλλες φορές θα υπήρχε ζημία 5.000 και άλλες κέρδη 10.000 και 6.000 ευρώ) και το σύνολο των κερδών το διαιρούσαμε με τον αριθμό των παραγγελιών που εκτελέστηκαν.

Κριτήριο Αναμενόμενου Κόστους Ευκαιρίας

Στο προηγούμενο κεφάλαιο ορίσαμε την έννοια του κόστους ευκαιρίας.

Το **αναμενόμενο κόστος ευκαιρίας (ΑΚΕ)** για κάθε απόφαση d_i , ορίζεται με τρόπο ανάλογο του αναμενόμενου κέρδους:

$$AK(d_i) = \sum_{j=1}^m P(s_j) \cdot R(d_i, s_j)$$

όπου το κόστος ευκαιρίας $R(d_i, s_j)$, που αντιστοιχεί στην απόφαση i στην πιθανή κατάσταση j , έχει οριστεί στην προηγούμενη ενότητα.

Για το ίδιο παράδειγμα ο υπολογισμός του ελάχιστου αναμενόμενου κόστους ευκαιρίας δίνεται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας Κόστους Ευκαιρίας (σε €)

Αποφάσεις:	Ζήτηση			Αναμενόμενο Κόστος Ευκαιρίας
	1 τν	2 τν	3 τν	
Υψος Παραγωγής				
I. Παραγωγή 1 τν	0	9.000	18.000	$0(20\%) + 9000(50\%) + 18000(30\%) = 9.900$
II. Παραγωγή 2 τν	10.000	0	9.000	$10000(20\%) + 0(50\%) + 9000(30\%) = 4.700$
III. Παραγωγή 3 τν	20.000	10.000	0	$20000(20\%) + 10000(50\%) + 0(30\%) = 9.000$
Πιθανότητες	20%	50%	30%	

Με βάση το κριτήριο του αναμενόμενου κόστους ευκαιρίας, επιλέγεται η απόφαση (II) που αντιστοιχεί στην παραγωγή 2 τόνων, διότι έχει το ελάχιστο κόστος ευκαιρίας.

**Σύγκριση Βέλτιστης Λύσης με βάση τα κριτήρια Αναμενόμενου Κέρδους και Αναμενόμενου Κόστους Ευκαιρίας**

Παρατηρούμε ότι και τα δύο κριτήρια, του αναμενόμενου κέρδους και του ελάχιστου κόστους ευκαιρίας καταλήγουν στην ίδια βέλτιστη επιλογή. Αυτό δεν αποτελεί τυχαία σύμπτωση στο συγκεκριμένο παράδειγμα, αλλά ισχύει σε όλα τα προβλήματα αποφάσεων.

Επιπλέον παρατηρούμε ότι οι διαφορές των τιμών του αναμενόμενου κέρδους ή του αναμενόμενου κόστους ευκαιρίας μεταξύ των εναλλακτικών αποφάσεων είναι ίδιες. Για παράδειγμα, μεταξύ των αποφάσεων (I) και (II) έχουμε διαφορά αναμενόμενου κέρδους: $5.800 - 600 = 5.200$ ευρώ. Ακριβώς ίδια είναι η διαφορά στο αναμενόμενο κόστος ευκαιρίας: $9.900 - 4.700 = 5.200$ ευρώ.

Ωστόσο ο υπολογισμός του ελάχιστου αναμενόμενου κόστους δίνει ορισμένες χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με την αξία της χρησιμοποίησης επιπρόσθετων πληροφοριών στη διαδικασία λήψης αποφάσεων.

7.3.2 Άριστη Πληροφόρηση

Σύμφωνα με την ανάλυση της προηγούμενης παραγράφου, η βέλτιστη επιλογή για την επιχείρηση είναι η παραγωγή κάθε εξάμνη 2 τόνων από το συγκεκριμένο προϊόν. Αυτή η επιλογή μεγιστοποιεί το αναμενόμενο κέρδος (5.800 ευρώ), ενώ ελαχιστοποιεί ταυτόχρονα το αναμενόμενο κόστος ευκαιρίας (4.700 ευρώ).

Ποια είναι η ερμηνεία του αναμενόμενου κόστους ευκαιρίας;

Την απάντηση είναι σχετικά εύκολο να τη μαντέψουμε. Επειδή ο προμηθευτής δεν είναι σε θέση να γνωρίζει ακριβώς με βεβαιότητα την ποσότητα που θα παραγγείλει ο πελάτης κάθε φορά, αποφασίζει να παράγει συνεχώς, κάθε εξάμνη, 2 τόνους. Μερικές φορές η επιλογή αυτή τυχαίνει να είναι η άριστη (όταν και η ζήτηση είναι 2 τόνοι), άλλες όμως δεν αποτελεί την άριστη επιλογή. Σε αυτές τις περιπτώσεις υπάρχει κόστος ευκαιρίας.

Επομένως, η αιτία ύπαρξης του κόστους ευκαιρίας στο συγκεκριμένο παράδειγμα είναι η αβεβαιότητα που υπάρχει στη ζήτηση του πελάτη.

Γενικότερα, το κόστος ευκαιρίας είναι αποτέλεσμα της αβεβαιότητας που υπάρχει στη λήψη αποφάσεων, η οποία οφείλεται στην αδυναμία απόλυτης πρόβλεψης του ποια από τις πιθανές καταστάσεις (σενάρια ζήτησης) θα συμβεί.

Αν εκ των προτέρων γνωρίζαμε ποιο από τα πιθανά σενάρια θα

πραγματοποιηθεί, τότε το κόστος ευκαιρίας θα μηδενιζόταν. Σε αυτή την ιδανική περίπτωση κατά την οποία γνωρίζουμε ποιο από τα πιθανά σενάρια θα πραγματοποιηθεί κάθε φορά, λέμε ότι έχουμε συνθήκες **άριστης πληροφόρησης**.

Εκτίμηση της Αξίας της Άριστης Πληροφόρησης

Η εταιρεία χημικών προϊόντων του προηγούμενου παραδείγματος βρίσκεται στη διαδικασία αναθέωσης του συμβολαίου με το συγκεκριμένο πελάτη. Η πρόταση που σκέπτεται να υποβάλει στον πελάτη της, είναι ότι σε αντίθεση με ό,τι συμβαίνει έως τώρα, ο πελάτης αναλαμβάνει την υποχρέωση να γνωστοποιεί στην επιχείρηση την ποσότητα κάθε παραγγελίας εκ των προτέρων, έτσι ώστε η επιχείρηση να έχει αρκετό χρόνο στη διάθεσή της για να παρασκευάσει ακριβώς την ποσότητα που θα της ζητηθεί.

Είναι προφανές ότι με αυτό τον τρόπο ο επιχειρηματικός κίνδυνος (ρίσκο) μεταβιβάζεται από τον προμηθευτή στον πελάτη. Η επιχείρηση εκτιμά ότι ο πελάτης δεν πρόκειται να δεχθεί να αναλάβει μόνο το ρίσκο που θα προκύψει από την αλλαγή στους όρους του συμβολαίου, χωρίς κανένα όφελος, και επομένως είναι διατεθειμένη να συμφωνήσει σε κάποια μείωση της τιμής από το αρχικό ποσό των 20.000 ευρώ ανά τόνο.

Δύο πιθανά ερωτήματα που αντιμετωπίζει η διοίκηση της επιχείρησης σε αυτή την περίπτωση είναι:

- *Εφόσον ο πελάτης γνωστοποιεί εκ των προτέρων την ποσότητα κάθε παραγγελίας, ποιες είναι οι επιπτώσεις στο αναμενόμενο κέρδος;*
- *Μέχρι ποιου σημείου είναι διατεθειμένη να μειώσει την τιμή του προϊόντος, ώστε να δεχτεί ο πελάτης τη νέα πρόταση;*

Ας θεωρήσουμε κατ' αρχήν την περίπτωση κατά την οποία ο πελάτης γνωστοποιεί εκ των προτέρων την ποσότητα κάθε παραγγελίας.

Όπως και προηγουμένως, έτσι και σε αυτή την περίπτωση, το 20% των παραγγελιών θα αφορά ποσότητα 1 τόνου, το 50% των παραγγελιών θα αφορά 2 τόνους, ενώ το 30% θα αφορά ποσότητα 3 τόνων. Η διαφορά είναι ότι τώρα η επιχείρηση γνωρίζει επακριβώς την ποσότητα που ζητά ο πελάτης κάθε φορά. Έτσι, στις παραγγελίες 1 τόνου γίνεται παραγωγή αντίστοιχης ποσότητας με αποτέλεσμα κέρδος 5.000€, στις παραγγελίες 2 τόνων προκύπτει κέρδος 10.000€, και στις παραγγελίες 3 τόνων κέρδος 15.000€, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας Κερδών / Ζημιών ανά εξάμηνο (σε €)

Αποφάσεις: Υψος Παραγωγής	Ζήτηση		
	1 τν	2 τν	3 τν
I. Παραγωγή 1 τν	5.000	1.000	-3.000
II. Παραγωγή 2 τν	-5.000	10.000	6.000
III. Παραγωγή 3 τν	-15.000	0	15.000
Πιθανότητες	20%	50%	30%

Επομένως το **Αναμενόμενο Κέρδος με Άριστη Πληροφόρηση (ΑΚΑΠ)** υπολογίζεται ως εξής:

$$ΑΚΑΠ = 5000(20\%) + 10000(50\%) + 15000(30\%) = 10.500$$

Ο μαθηματικός ορισμός του Αναμενόμενου Κέρδους Άριστης Πληροφόρησης (ΑΚΑΠ) είναι:

$$ΑΚΑΠ = \sum_{j=1}^m P(s_j) \cdot V^*(s_j),$$

όπου $V^*(s_j)$ = Το μέγιστο δυνατό κέρδος που αντιστοιχεί στην αναμενόμενη κατάσταση s_j .

Αθροίζουμε δηλαδή τα γινόμενα των πιθανοτήτων με το καλύτερο αποτέλεσμα κάθε στήλης.


Αξία της Άριστης Πληροφόρησης

Το αναμενόμενο κέρδος με άριστη πληροφόρηση είναι 10.500 ευρώ έναντι των 5.800 ευρώ που ήταν το μέγιστο αναμενόμενο κέρδος χωρίς άριστη πληροφόρηση.

Η διαφορά αυτή των 4.700 ευρώ ($10.500 - 5.800 = 4.700$) οφείλεται στην άριστη πληροφόρηση. Γνωρίζοντας δηλαδή με σιγουριά τι πρόκειται να συμβεί κάθε εξάμηνο, η επιχείρηση δεν αντιμετωπίζει καμία αβεβαιότητα και επιλέγει την καλύτερη κάθε φορά απόφαση παραγωγής. Το αποτέλεσμα είναι η βελτίωση των κερδών της κατά 4.700 ευρώ.

Μπορούμε συνεπώς να συμπεραίνουμε ότι η διαφορά αυτή των 4.700 ευρώ που μετρά τη συμβολή της άριστης πληροφόρησης στην αύξηση των κερδών της επιχείρησης αποτελεί την αξία της άριστης πληροφόρησης.

Επομένως:

 Αξία Άριστης Πληροφόρησης	=	Αναμενόμενο Κέρδος με Άριστη Πληροφόρηση	-	Μέγιστο Αναμενόμενο Κέρδος χωρίς Άριστη Πληροφόρηση
---	---	--	---	---



Αξία Άριστης Πληροφόρησης και Ελάχιστο Αναμενόμενο Κόστος Ευκαιρίας

Παρατηρώντας τον πίνακα υπολογισμού του αναμενόμενου κόστους ευκαιρίας, βλέπουμε ότι το ελάχιστο αναμενόμενο κόστος ευκαιρίας είναι επίσης 4.700 ευρώ, ίσο δηλαδή με την Αξία της Άριστης Πληροφόρησης.

Η οικονομική εξήγηση είναι απλή. Το κόστος ευκαιρίας οφείλεται στην ύπαρξη αβεβαιότητας που επηρεάζει τα αποτελέσματα των εναλλακτικών λύσεων. Αν δεν υπήρχε αβεβαιότητα, το κόστος ευκαιρίας θα ήταν μηδενικό. Η μη ύπαρξη αβεβαιότητας συμβαίνει μόνο όταν υπάρχει άριστη πληροφόρηση. Με άριστη πληροφόρηση, η αβεβαιότητα εξαφανίζεται, και αυτό έχει ως συνέπεια το μηδενισμό του κόστους ευκαιρίας. Επομένως η αξία της άριστης πληροφόρησης είναι ίση με την ωφέλεια που προκύπτει από την αξιοποίησή της.

Συντελεστής Αποτελεσματικότητας

Η κατάσταση άριστης πληροφόρησης είναι μια ιδανική κατάσταση που σπάνια μπορεί να επιτευχθεί στην πράξη. Σε κάθε όμως περίπτωση, το αποτέλεσμα μιας διαδικασίας λήψης απόφασης βελτιώνεται με την αξιοποίηση περαιτέρω πληροφοριών. Η αποτελεσματικότητα των πληροφοριών που είναι διαθέσιμες στη λήψη αποφάσεων υπολογίζεται με το συντελεστή αποτελεσματικότητας, ο οποίος ορίζεται ως το πηλίκο του αναμενόμενου κέρδους με τη δεδομένη πληροφόρηση προς το αναμενόμενο αποτέλεσμα με άριστη πληροφόρηση.

$$\text{Συντελεστής Αποτελεσματικότητας} = \frac{\text{Αναμενόμενο Αποτέλεσμα με τη Δεδομένη Πληροφόρηση}}{\text{Αναμενόμενο Αποτέλεσμα με Άριστη Πληροφόρηση}}$$

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, ο συντελεστής αποτελεσματικότητας της λήψης απόφασης με βάση τα ιστορικά στατιστικά δεδομένα της ζήτησης και με κριτήριο το μέγιστο αναμενόμενο κέρδος, υπολογίζεται ως εξής:

$$\text{Συντελεστής Αποτελεσματικότητας} = \frac{5800}{10500} = 0,5524 \text{ ή } 55,24\%$$

Ο συντελεστής αποτελεσματικότητας υποδεικνύει τα περιθώρια βελτίωσης σε μια διαδικασία λήψης απόφασης. Μία τιμή κοντά στο 100% δείχνει ότι δεν υπάρχουν πολλά περιθώρια βελτίωσης και επομένως το κόστος της αναζήτησης επιπλέον πληροφοριών για να βελτιωθεί η ποιότητα της απόφασης, μπορεί και να υπερβαίνει το πιθανό όφελος. Αντίθετα, ένας μικρός συντελεστής αποτελεσματικότητας δείχνει ότι υπάρχουν ση-

μαντικά περιθώρια βελτίωσης της ποιότητας της απόφασης που μπορεί να επιτευχθεί με την απόκτηση επιπλέον πληροφοριών.

Η οικονομική σημασία της αξίας της Άριστης Πληροφόρησης

Το πιθανό ερώτημα που αντιμετωπίζει η διοίκηση της επιχείρησης σε μια διαδικασία επαναδιαπραγμάτευσης είναι:

- Μέχρι ποιου σημείου μπορεί να διαπραγματευθεί τη μείωση της τιμής του προϊόντος, με σκοπό να δεχθεί ο πελάτης τη νέα πρόταση, αλλά χωρίς η νέα συμφωνία να οδηγήσει σε χειρότερα οικονομικά αποτελέσματα σε σύγκριση με την προηγούμενη;

Ο υπολογισμός της αξίας της άριστης πληροφόρησης παρέχει τις πληροφορίες που χρειάζεται η επιχείρηση:

Κατ' αρχήν εφόσον ο πελάτης θα γνωστοποιεί τη ζήτηση του επόμενου εξαμήνου εγκαίρως, η απόφαση παραγωγής για την επιχείρηση θα λαμβάνεται σε συνθήκες άριστης πληροφόρησης. Η παραγωγή θα κυμαίνεται μεταξύ 1 και 3 τόνων αλλά η επιχείρηση θα γνωρίζει κάθε φορά εκ των προτέρων την ποσότητα που πρέπει να παράγει.

Με αυτές τις συνθήκες, το αναμενόμενο κέρδος για την επιχείρηση θα ανέλθει σε 10.500€ το εξάμηνο από 5.800€ που επιτυγχάνει σύμφωνα με την υφιστάμενη κατάσταση. Δηλαδή η επιχείρηση αυξάνει τα κέρδη της κατά 4.700€ (αξία της άριστης πληροφόρησης), διότι ο κίνδυνος λανθασμένης πρόβλεψης θα μετεβιβασθεί εξ ολοκλήρου στον πελάτη της. Επομένως το μέγιστο ποσό που θα ήταν διατεθειμένη να παραχωρήσει στον πελάτη σε μία επαναδιαπραγμάτευση θα ήταν το ποσό 4.700€ ανά εξάμηνο. όπου βέβαια στην ακραία περίπτωση μεταβίβασης όλου του ποσού στον πελάτη το οικονομικό αποτέλεσμα θα ήταν για την εταιρεία το ίδιο με αυτό που επιτύχανε κάτω από συνθήκες επιχειρηματικού κινδύνου.

Επειδή η διαπραγμάτευση αφορά στην τιμή του προϊόντος, το ποσό του επιπλέον κέρδους των 4.700€ ανά εξάμηνο πρέπει να αναχθεί στην τιμή του προϊόντος. Η εταιρεία μπορεί να υπολογίσει τη μέση εξαμηνιαία ζήτηση του προϊόντος, σύμφωνα με τις πιθανότητες ζήτησης ως εξής: Μέση ζήτηση ανά εξάμηνο: $1(20\%) + 2(50\%) + 3(30\%) = 2,1$ τόνοι.

Επομένως, η μέγιστη δυνατή μείωση της τιμής που θα μπορούσε να διαπραγματευθεί η επιχείρηση θα ήταν: $4.700/2,1 = 2238,1\text{€}$, θέτοντας το κατώτατο όριο της τιμής που θα μπορούσε να δεχτεί η εταιρεία στα $20.000 - 2.238,1 = 17.761,9\text{€}$ ανά τόνο.

7.3.3 Σχεδόν Άριστη Πληροφόρηση

Η κατάσταση άριστης πληροφόρησης είναι μια ιδανική κατάσταση η οποία δεν είναι πρακτικά πραγματοποιήσιμη, αλλά προσδιορίζει το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα που θα μπορούσε να επιτευχθεί σε κάθε πρόβλημα λήψης αποφάσεων. Σε πραγματικές συνθήκες η πρόβλεψη των πιθανών καταστάσεων υπόκειται πάντοτε στην πιθανότητα ενός σφάλματος. Το μέγεθος του σφάλματος καθορίζει και την αξιοπιστία της πρόβλεψης. Μία πρόβλεψη με μικρό σφάλμα θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως **σχεδόν άριστη πληροφόρηση**, και να αξιοποιηθεί ώστε να βελτιωθεί το αποτέλεσμα της διαδικασίας λήψης αποφάσεων, όπως θα δούμε στο παράδειγμα που ακολουθεί.

Αξιοποίηση Πληροφοριών Πρόβλεψης

Στη συνέχεια του παραδείγματος που εξετάζουμε από την αρχή του κεφαλαίου, αν υποθέσουμε ότι η εταιρεία χημικών προϊόντων του προηγούμενου παραδείγματος αφού απέτυχε στην αναθεώρηση των όρων του συμβολαίου με τον πελάτη της, αναζητά τρόπους να μειώσει τον κίνδυνο λανθασμένης πρόβλεψης ώστε να βελτιώσει το οικονομικό αποτέλεσμα της δεδομένης συμφωνίας. Στο πλαίσιο αυτό θεωρεί ότι μπορεί να βελτιώσει τη διαδικασία λήψης της συγκεκριμένης απόφασης με το να αναθέσει σε έναν ειδικό σύμβουλο να εκτιμήσει μετά από σχετική ανάλυση των συνθηκών της αγοράς τη ζήτηση του επομένου εξαμήνου. Η επιλογή του συμβούλου έγινε με βάση ανάλογες μελέτες που του είχαν ανατεθεί και στο παρελθόν και οι οποίες έδειξαν ότι η πιθανότητα λανθασμένης πρόβλεψης από την πλευρά του ήταν της τάξης του 10%, όπως φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί:

		Πραγματική ζήτηση προϊόντος		
		1 τόνος	2 τόνοι	3 τόνοι
Πρόβλεψη	1 τόνος	90%	5%	
Ειδικού	2 τόνοι	10%	90%	10%
Συμβούλου	3 τόνοι		5%	90%

Δηλαδή στις περιπτώσεις που η πραγματική ζήτηση θα είναι 1 τόνος, ο ειδικός αναμένεται να την προβλέψει σωστά στο 90% των περιπτώσεων, ενώ σε ένα 10% των περιπτώσεων η πρόβλεψη του μπορεί να έχει μία απόκλιση κατά 1 τόνο. Στην περίπτωση που η πραγματική ζήτηση είναι 2 τόνοι, ξανά η πρόβλεψή του θα έχει επιτυχία στο 90% των περιπτώσεων ενώ το λάθος υποεκτίμησης ή υπερεκτίμησης της ζήτησης είναι 5% σε κάθε περίπτωση. Ανάλογη είναι

και η περίπτωση όταν η πραγματική ζήτηση είναι 3 τόνοι όπου η πρόβλεψη έχει ένα περιθώριο λάθους 10%.

Με βάση τα παραπάνω δεδομένα η εταιρεία σκέπτεται να ακολουθήσει κάθε φορά την εκτίμηση που θα κάνει ο ειδικός σύμβουλος. Τα ερωτήματα που την απασχολούν είναι ποια θα είναι η βελτίωση που θα επιτευχθεί στο οικονομικό αποτέλεσμα για την επιχείρηση, έτσι ώστε να καθορίσει και αν τη συμφέρει να προσλάβει τον ειδικό σύμβουλο.

As εξετάσουμε τι συμβαίνει σε μία τέτοια περίπτωση. Κάθε εξάμνηο ο ειδικός σύμβουλος αξιοποιεί πληροφορίες και παρέχει στην εταιρεία μια πρόβλεψη για την ποσότητα που θα ζητήσει ο πελάτης στην επόμενη παραγγελία. Η πληροφορία αυτή παρέχεται εγκαίρως ώστε η εταιρεία να προσαρμόσει το επίπεδο παραγωγής της εγκαίρως. Επομένως, η εκτίμηση των πιθανοτήτων ζήτησης αλλάζει κάθε φορά μετά την πρόβλεψη του συμβούλου. Πριν την πρόβλεψη, οι πιθανότητες ζήτησης για 1, 2 ή 3 τόνους είναι 20%, 50% και 30% αντίστοιχα με βάση τα ιστορικά στοιχεία της ζήτησης. Στην ορολογία της στατιστικής οι αρχικές αυτές πιθανότητες καλούνται **προγενέστερες πιθανότητες (prior probabilities)**.

Αυτό όμως που ενδιαφέρει τώρα την εταιρεία είναι ποιες είναι οι πιθανότητες η ζήτηση να είναι 1, 2 ή 3 τόνοι αφού δοθεί μία συγκεκριμένη πρόβλεψη από τον ειδικό σύμβουλο. Για παράδειγμα, έστω ότι η πρόβλεψη δίνει ζήτηση 2 τόνων. Δεδομένου του περιθωρίου λάθους η πραγματική ζήτηση μπορεί να είναι 1, 2 ή 3 τόνοι. Ποια είναι η πιθανότητα κάθε περίπτωσης, δεδομένου ότι έχουμε μία ισχυρή ένδειξη από την πρόβλεψη που προηγήθηκε για ζήτηση 2 τόνων; Οι πιθανότητες αυτές, που ακολουθούν την πρόβλεψη, καλούνται **μεταγενέστερες (ή εκ των υστέρων) πιθανότητες (posterior probabilities)** και υπολογίζονται με τον τρόπο που θα εξηγήσουμε στη συνέχεια.

As συμβολίσουμε με Ψ την ποσότητα ζήτησης που θα προβλέψει ο ειδικός και με Z την πραγματική ποσότητα ζήτησης.

Τότε οι προγενέστερες πιθανότητες είναι οι εξής (P συμβολίζει την πιθανότητα):

$P(Z=1)=20\%$	$P(Z=2)=50\%$	$P(Z=3)=30\%$
---------------	---------------	---------------

Οι πιθανότητες αξιοπιστίας της πρόβλεψης του ειδικού ορίζονται ως δεσμευμένες πιθανότητες και συμβολίζονται ως εξής:⁹

$P(\Psi=1/Z=1)=90\%$	$P(\Psi=1/Z=2)=5\%$	$P(\Psi=1/Z=3)=0\%$
$P(\Psi=2/Z=1)=10\%$	$P(\Psi=2/Z=2)=90\%$	$P(\Psi=2/Z=3)=10\%$
$P(\Psi=3/Z=1)=0\%$	$P(\Psi=3/Z=2)=5\%$	$P(\Psi=3/Z=3)=90\%$

Οι παραπάνω δεσμευμένες πιθανότητες μετρούν την πιθανότητα σωστής ή λανθασμένης πρόβλεψης σε κάθε περίπτωση. Για παράδειγμα, με $P(\Psi=1/Z=1)$ αναφέρεται η πιθανότητα η πρόβλεψη της ζήτησης να είναι 1 τόνος ($\Psi=1$), δεδομένου ότι η πραγματική ζήτηση είναι 1 τόνος ($Z=1$), η $P(\Psi=2/Z=1)$ αντιστοιχεί στην πιθανότητα η πρόβλεψη να δείξει 2 τόνους ($\Psi=2$), δεδομένου ότι η πραγματική ζήτηση είναι 1 τόνος ($Z=1$) κ.ο.κ.

Με δεδομένο ότι η εταιρεία θα ακολουθήσει τις προβλέψεις του ειδικού, που θα προηγηθούν κάθε φορά της πραγματικής ζήτησης, είναι αναγκαίο να υπολογιστούν οι δεσμευμένες πιθανότητες της μορφής $P(Z=i/\Psi=j)$ που εκτιμούν την πιθανότητα η πραγματική ζήτηση να είναι 1, 2 ή 3 τόνοι σε κάθε περίπτωση πρόβλεψης, δηλαδή οι **μεταγενέστερες (ή εκ των υστέρων) πιθανότητες (posterior probabilities)**.

Οι υπολογισμοί αυτοί με βάση το θεώρημα του Bayes¹⁰ έχουν ως εξής:

Ολική πιθανότητα πρόβλεψης:

$$P(\Psi=j)=P(Z=1) \cdot P(\Psi=j/Z=1)+P(Z=2) \cdot P(\Psi=j/Z=2)+P(Z=3) \cdot P(\Psi=j/Z=3)$$

Μεταγενέστερη πιθανότητα:

$$P(Z=i/\Psi=j)=\frac{P(Z=i) \cdot P(\Psi=j/Z=i)}{P(\Psi=j)}$$

- 9 Η έννοια της δεσμευμένης πιθανότητας ή αλλιώς υπό συνθήκη πιθανότητας, αναφέρεται στην περίπτωση πραγματοποίησης ενός γεγονότος, δεδομένου ότι κάποιο άλλο γεγονός είναι γνωστό. Ο συμβολισμός $P(A/B)$ αναφέρεται στην πιθανότητα πραγματοποίησης του γεγονότος A με δεδομένο ότι έχει συμβεί το γεγονός B .
- 10 Οι έννοιες των δεσμευμένων πιθανοτήτων και οι υπολογισμοί που αφορούν το θεώρημα Bayes δεν είναι δυνατό να αναπτυχθούν σε έκταση στα πλαίσια αυτού του κεφαλαίου. Ο αναγνώστης που δεν είναι εξοικειωμένος με τις αντίστοιχες έννοιες των πιθανοτήτων παραπέμπεται σε οποιοδήποτε εγχειρίδιο Θεωρίας Πιθανοτήτων ή Στατιστικής για την πληρέστερη κατανόηση των εννοιών και του τρόπου υπολογισμού των δεσμευμένων πιθανοτήτων.

Ο υπολογισμός των μεταγενέστερων (posterior) πιθανοτήτων σε εφαρμογή του θεωρήματος του Bayes μπορεί να γίνει με την παρακάτω σειρά υπολογισμών, την οποία εφαρμόζουμε στα δεδομένα του συγκεκριμένου παραδείγματος που εξετάζουμε:

1. Δημιουργούμε τον πίνακα προγενέστερων πιθανοτήτων $P(Z=j)$ και δεσμευμένων πιθανοτήτων αξιοπιστίας της πρόβλεψης $P(\Psi=i / Z=j)$.

		$P(\Psi=i / Z=j)$		
		Z= 1	2	3
$\Psi=$	1	90%	5%	
	2	10%	90%	10%
	3		5%	90%
$P(Z=j)$		20%	50%	30%

2. Πολλαπλασιάζουμε τις δεσμευμένες πιθανότητες κάθε στήλης $P(\Psi=i / Z=j)$ με την αντίστοιχη αρχική πιθανότητα $P(Z=j)$.

Το άθροισμα όλων των πιθανοτήτων στα κελιά του πίνακα αθροίζει στο 100%.

Παράδειγμα:

1^η στήλη:

$$90\% \times 20\% = 18\%, 10\% \times 20\% = 2\%$$

2^η στήλη:

$$5\% \times 50\% = 2,5\%, 90\% \times 50\% = 45\%, \text{ κοκ}$$

		$P(\Psi=i).P(\Psi=i / Z=j)$		
		Z= 1	2	3
$\Psi=$	1	18%	2,5%	
	2	2%	45%	3%
	3		2,5%	27%
$P(Z=j)$		20%	50%	30%

3. Αθροίζουμε τα αποτελέσματα κάθε σειράς για να υπολογίσουμε τις πιθανότητες για κάθε πρόβλεψη:

Παράδειγμα:

$$P(\Psi=1) = 18\% + 2,5\% = 20,5\%$$

$$P(\Psi=2) = 2\% + 45\% + 3\% = 50\%$$

$$P(\Psi=3) = 2,5\% + 27\% = 29,5\%$$

		$P(\Psi=i).P(\Psi=i / Z=j)$			
		Z= 1	2	3	$P(\Psi=i)$
$\Psi=$	1	18%	2,5%		20,5%
	2	2%	45%	3%	50%
	3		2,5%	27%	29,5%
$P(Z=j)$		20%	50%	30%	

4. Διαιρούμε τις πιθανότητες σε κάθε κελί του πίνακα με την αντίστοιχη συνολική πιθανότητα κάθε γραμμής για να υπολογίσουμε τις μεταγενέστερες (posterior) πιθανότητες.

Παράδειγμα:

1^η γραμμή:

$$18\% / 20,5\% = 87,8\%, 2,5\% / 20,5\% = 12,2\%$$

2^η γραμμή:

$$2\% / 50\% = 4\%, 45\% / 50\% = 90\%, 3\% / 50\% = 6\%, \text{ κοκ}$$

		$P(Z=j).P(\Psi=i)$			
		Z= 1	2	3	$P(\Psi=i)$
$\Psi=$	1	87,8%	12,2%		20,5%
	2	4%	90%	6%	50%
	3		8,5%	91,5%	29,5%
$P(Z=j)$		20%	50%	30%	

Σύμφωνα λοιπόν με τις μεταγενέστερες πιθανότητες, το αναμενόμενο κέρδος σε κάθε περίπτωση πρόβλεψης αν υποθέσουμε ότι ακολουθείται η συμβουλή του ειδικού υπολογίζεται ως εξής:

Πρόβλεψη Ψ	Πιθανότητα $P(\Psi)$	Ποσότητα Παραγωγής	Αναμενόμενο κέρδος σε κάθε περίπτωση πρόβλεψης $AK(\Psi)$
1	20,5%	1	$5000(87,8\%) + 1000(12,2\%) - 3000(0\%) = 4512$
2	50%	2	$-5000(4\%) + 10000(90\%) + 6000(6\%) = 9160$
3	29,5%	3	$-15000(0\%) + 0(8,5\%) + 15000(91,5\%) = 13725$

Το αναμενόμενο κέρδος με χρήση των πληροφοριών πρόβλεψης υπολογίζεται ως εξής, με βάση το αναμενόμενο κέρδος σε κάθε περίπτωση πρόβλεψης και την αντίστοιχη πιθανότητα πρόβλεψης:

$$AK\Pi = 4512(20,5\%) + 9160(50\%) + 13725(29,5\%) = 9.561,80$$

Όπως ήταν αναμενόμενο, η χρήση της πληροφορίας πρόβλεψης βελτίωσε σημαντικά το αναμενόμενο για την επιχείρηση κέρδος. Ο υπολογισμός του συντελεστή αποτελεσματικότητας σε αυτή την περίπτωση δίνει:

$$\text{Συντελεστής Αποτελεσματικότητας με Πληροφορίες Πρόβλεψης} = \frac{9561,8}{10500} = 0,9106 \text{ ή } 91,06\%$$

όπου 10.500 είναι το αναμενόμενο κέρδος με άριστη πληροφόρηση που υπολογίστηκε προηγουμένως.

Η αξία των Πληροφοριών Πρόβλεψης

Η χρήση των πληροφοριών πρόβλεψης βελτίωσε σημαντικά το αναμενόμενο κέρδος για την επιχείρηση. Χωρίς τις πληροφορίες πρόβλεψης το

αναμενόμενο κέρδος είχε υπολογιστεί σε 5.800€ ανά εξάμηνο. Με χρήση των πληροφοριών πρόβλεψης αναμένεται να ανέλθει στα 9.561,8€.

Η διαφορά των 3.861,8€ αντιπροσωπεύει την αξία των πληροφοριών πρόβλεψης. Την εταιρεία τη συμφέρει να προσλάβει τον ειδικό σύμβουλο εφόσον η αμοιβή του (κόστος απόκτησης των πληροφοριών) είναι μικρότερη της αξίας που δημιουργεί η χρήση των πληροφοριών πρόβλεψης.

7.4 ΔΕΝΔΡΑ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Σε πολλές περιπτώσεις λήψης αποφάσεων, η πολυπλοκότητα του προβλήματος δεν επιτρέπει την απεικόνιση των δεδομένων του προβλήματος σε μορφή πίνακα, όπως είδαμε έως τώρα. Οι πιθανές καταστάσεις μπορεί να εξαρτώνται από τις αποφάσεις που θα ληφθούν, και η πραγματοποίηση κάποιων καταστάσεων μπορεί επίσης να οδηγεί σε επόμενες αποφάσεις κ.ο.κ. Σε αυτές τις περιπτώσεις, η πιο κατάλληλη απεικόνιση της δομής του προβλήματος και των σχετικών πληροφοριών και δεδομένων είναι αυτή της δενδροειδούς μορφής μέσω της οποίας γίνεται πιο εύκολη τόσο η απεικόνιση του προβλήματος όσο και η ανάλυση των στοιχείων. Η σχηματική παράσταση ενός προβλήματος επιλογής αποφάσεων σε δενδροειδή απεικόνιση των δεδομένων του αποκαλείται στην επιχειρησιακή έρευνα "δένδρο αποφάσεων" (decision tree). Το παράδειγμα που ακολουθεί εξηγεί την ανάλυση ενός προβλήματος αποφάσεων μέσω της απεικόνισής του σε μορφή δένδρου αποφάσεων.

Παράδειγμα: Πρόβλημα επέκτασης εγκαταστάσεων παραγωγής σε δύο στάδια

Μια βιομηχανία προτίθεται να επεκτείνει τις εγκαταστάσεις της έτσι ώστε να επιτύχει μεγαλύτερο ύψος παραγωγής και μικρότερο κόστος. Η παρατηρηθείσα αύξηση της ζήτησης των προϊόντων της επιχείρησης αναμένεται να διατηρηθεί και τα επόμενα χρόνια, σύμφωνα με τις προβλέψεις του τμήματος marketing, αν και τα στελέχη του τμήματος παραγωγής διαφωνούν με αυτή την εκτίμηση και πιστεύουν ότι η επιχείρηση θα πρέπει να μελετήσει και το σενάριο χαμηλής ζήτησης.

Τα τμήματα marketing και πωλήσεων επιμένουν στην κατασκευή μίας αρκετά μεγάλης μονάδας η οποία θα είναι σε θέση να καλύψει τη ζήτηση των επόμενων 7 ετών. Από την άλλη μεριά, οι υπεύθυνοι παραγωγής είναι πιο διστακτικοί και πιστεύουν ότι η επιχείρηση θα πρέπει να προχωρήσει

σταδιακά σε επεκτάσεις. Έτσι, προτείνουν μία αρχική επέκταση που θα καλύψει τη ζήτηση των δύο πρώτων ετών και σε μία περαιτέρω επέκταση μετά την παρέλευση των 2 ετών και εφόσον η ζήτηση συνεχίσει να παραμένει υψηλή.

Τα οικονομικά στοιχεία των εναλλακτικών λύσεων που προτείνονται έχουν ως εξής:

Η κατασκευή μίας νέας μεγάλης μονάδας θα στοιχίσει 2 εκ. ευρώ, ενώ η κατασκευή μίας μικρότερης στοιχίζει 1 εκ. ευρώ. Στην τελευταία περίπτωση η επί πλέον επέκταση της μικρότερης μονάδας μετά τα 2 έτη θα κοστίσει 1,5 εκ. ευρώ.

Στην περίπτωση που δημιουργηθεί μία μεγάλη μονάδα το μικτό κέρδος για την περίοδο των 7 ετών έχει υπολογιστεί στα 3,5 εκ. ευρώ (500.000 ευρώ ανά έτος) στην περίπτωση που η ζήτηση συνεχίσει να αυξάνεται, ή σε 700.000 ευρώ (100.000 ευρώ ανά έτος) στην περίπτωση που η ζήτηση είναι χαμηλή.

Στην περίπτωση που ανεγερθεί η μικρότερη μονάδα για τα πρώτα 2 χρόνια οι αντίστοιχες εκτιμήσεις ανέρχονται σε 300.000 ευρώ το χρόνο στην περίπτωση αυξανόμενης ζήτησης και 150.000 ευρώ το χρόνο σε περίπτωση μειωμένης ζήτησης.

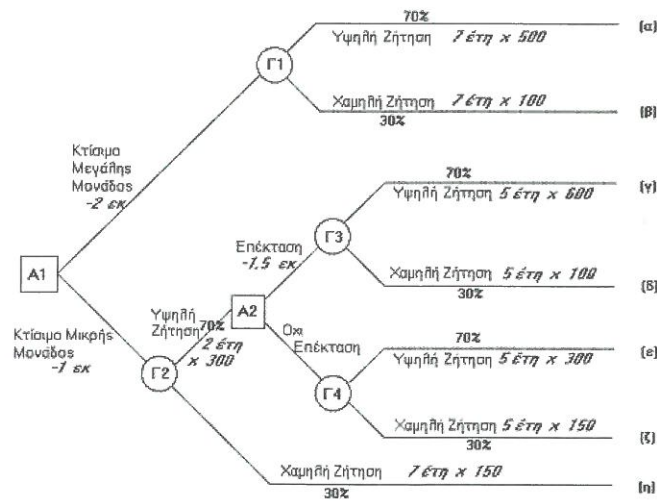
Στο τέλος της διετούς περιόδου θα πρέπει να ληφθεί μια απόφαση για το αν η μικρή μονάδα επεκταθεί. Στην περίπτωση αυτή, το επιπλέον κόστος είναι 1,5 εκ. ευρώ (δηλαδή συνολικό κόστος 2,5 εκ. ευρώ) και τα αντίστοιχα αποτελέσματα εκτιμώνται σε 600.000 ευρώ ανά έτος ή 100.000 ευρώ ανά έτος ανάλογα με το αν η ζήτηση αυξηθεί ή όχι. Στην περίπτωση που δεν γίνει επέκταση τα αποτελέσματα για τα τελευταία 5 χρόνια θα είναι όπως και την αρχική περίοδο των δύο ετών, δηλαδή 300.000 ευρώ το χρόνο με αυξανόμενη ζήτηση και 150.000 ευρώ το χρόνο με μειωμένη ζήτηση.

Οι προβλέψεις της επιχείρησης δίνουν πιθανότητα 70% για αύξηση της ζήτησης τα επόμενα χρόνια.

Πολύπλοκα προβλήματα αποφάσεων όπως αυτό είναι δυνατό να παρασταθούν σε γραφική μορφή δενδροειδούς απεικόνισης, όπως στο σχήμα 7.4.1

Απεικόνιση δεδομένων στα δένδρα αποφάσεων

Η αρχική απόφαση επιλογής μεταξύ του κτισίματος μίας μεγάλης ή μικρής μονάδας παριστάνεται με το κόμβο A1, ο οποίος είναι και ο πρώτος "κόμβος απόφασης". Στις παραστάσεις δένδρων αποφάσεων συνήθως χρησιμοποιούμε τετράγωνα για να συμβολίσουμε τους κόμβους αποφάσεων. Οι δύο κλάδοι που ξεκινούν από το κόμβο A1 αντιπροσωπεύουν τις δύο εναλλακτικές αποφάσεις. Σε κάθε κλάδο αναγράφεται το αντίστοιχο κόστος επιλογής σε εκατομμύρια ευρώ.



Σχήμα 7.4.1 – Δενδροειδής απεικόνιση δεδομένων προβλήματος λήψης απόφασης (σε χιλ. €)

Ας υποθέσουμε ότι επιλέγουμε τον πάνω κλάδο, δηλαδή επιλέγεται η απόφαση να δημιουργηθεί μια μεγάλη μονάδα. Σε αυτή την περίπτωση, το οικονομικό αποτέλεσμα εξαρτάται από την κατάσταση της ζήτησης, δηλαδή κατά πόσο η ζήτηση θα αυξάνεται ή θα μειωθεί. Οι δύο αυτές περιπτώσεις αντιπροσωπεύονται στον "Κόμβο Τυχαίων Γεγονότων" Γ1. Ο κόμβος αυτός συμβολίζει το γεγονός ότι έχει γίνει η επιλογή κατασκευής μεγάλης μονάδας και το οικονομικό αποτέλεσμα πλέον εξαρτάται από την αναμενόμενη ζήτηση.

Οι κόμβοι τυχαίων γεγονότων (ή σεναρίων) συμβολίζονται με κύκλους. Εφόσον δύο είναι τα σενάρια ζήτησης, υψηλή και χαμηλή ζήτηση, δύο κλάδοι ξεκινούν από τον κόμβο Γ1. Για κάθε κλάδο σημειώνουμε την πιθανότητα του αντίστοιχου γεγονότος, καθώς και το οικονομικό αποτέλεσμα που θα προκύψει.

Ο κάτω κλάδος που ξεκινά από τον κόμβο Α1 καταλήγει σε έναν παρόμοιο κόμβο, τον Γ2. Οι δύο όμως κλάδοι που ξεκινούν από τον κόμβο Γ2 είναι εντελώς διαφορετικοί.

Ο κάτω κλάδος αντιπροσωπεύει την περίπτωση στην οποία, αφού έγινε η επιλογή να κτιστεί αρχικά μια μικρή μονάδα, η ζήτηση ήταν χαμηλή και επομένως δεν τέθηκε το ερώτημα της επέκτασης μετά από 2 χρόνια. Σε αυτή την περίπτωση, το οικονομικό αποτέλεσμα που θα προκύψει είναι 7 χρόνια λειτουργίας με κέρδος 150.000 ανά έτος.

Ο πάνω κλάδος, που ξεκινά από τον κόμβο Γ2, αντιπροσωπεύει την περίπτωση υψηλής ζήτησης μετά την αρχική επιλογή να κτισθεί μία μικρή μονάδα. Σε αυτή την περίπτωση, η επιχείρηση θα λειτουργήσει με τη μικρή μονάδα για 2 έτη με αποτέλεσμα 300.000 ανά έτος και στο τέλος της περιόδου των δύο ετών θα εξετάσει κατά πόσον είναι συμφέρουσα η επέκταση της μικρής μονάδας.

Στο σημείο αυτό έχουμε ένα δεύτερο κόμβο απόφασης, τον Α2. Από τον κόμβο απόφασης Α2 ξεκινούν δύο κλάδοι που αντιπροσωπεύουν τις περιπτώσεις επέκτασης των εγκαταστάσεων ή της μη επέκτασής τους.

Καθένας από τους δύο αυτούς κλάδους καταλήγει σε έναν κόμβο τυχαίου γεγονότος (Γ3 και Γ4 αντίστοιχα), σε καθένα από τους οποίους υπάρχουν οι περιπτώσεις υψηλής και χαμηλής ζήτησης για τα τελευταία πέντε χρόνια του χρονικού ορίζοντα.

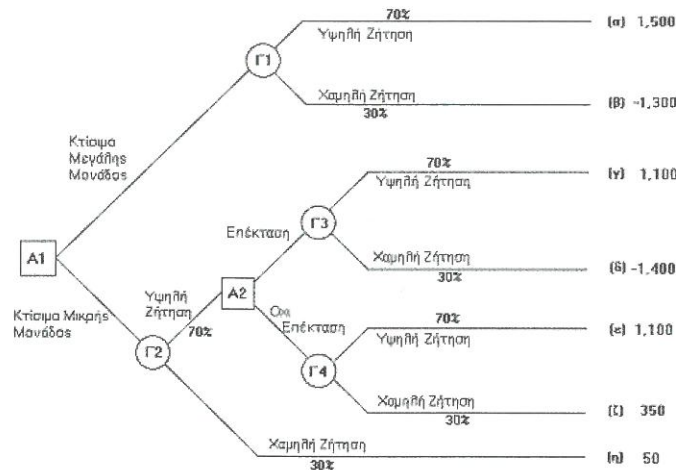
Η παραστατική αυτή απεικόνιση των πληροφοριών δίνει την εικόνα ενός δένδρου με την έννοια ότι ξεκινώντας από τον αρχικό κόμβο Α1 (ρίζα του δένδρου) με συνεχείς διακλαδώσεις καταλήγουμε στους τελικούς κλάδους, οι οποίοι έχουν αριθμηθεί από (α) έως (ν).

Κάθε τελικός κλάδος αντιπροσωπεύει μία αλληλουχία γεγονότων με συγκεκριμένο οικονομικό αποτέλεσμα.

Τελικός Κλάδος	Οικονομικό Αποτέλεσμα
(α) Κατασκευή μεγάλης μονάδας και αυξανόμενη ζήτηση για το χρονικό ορίζοντα των 7 ετών.	Κέρδη: $500.000 \times 7 \text{ έτη} = (3,5 \text{ εκ.})$ μείον κόστος μονάδας 2 εκ <u>$= 1,5 \text{ εκ.}$</u>
(β) Κατασκευή μεγάλης μονάδας και μειωμένη ζήτηση για το χρονικό ορίζοντα 7 ετών.	Κέρδη: $100.000 \times 7 \text{ έτη} = (700.000)$ μείον κόστος μονάδας 2 εκ $= -1,3 \text{ εκ.}$ (ζημία)
(γ) Κατασκευή μικρής μονάδας, αυξημένη ζήτηση τα πρώτα 2 χρόνια, απόφαση για επέκταση και συνέχεια αυξημένης ζήτησης για τα επόμενα 5 χρόνια	Κέρδη: $300.000 \times 2 \text{ έτη} =$ $600.000 \times 5 \text{ έτη} = (3,6 \text{ εκ.})$ μείον κόστος μικρής μονάδας 1 εκ. μείον κόστος επέκτασης 1,5 εκ. <u>$= 1,1 \text{ εκ.}$</u>
(δ) Κατασκευή μικρής μονάδας, αυξημένη ζήτηση τα πρώτα 2 χρόνια, απόφαση για επέκταση και συνέχεια μειωμένης ζήτησης για τα επόμενα 5 χρόνια	Κέρδη: $300.000 \times 2 \text{ έτη} = 600.000$ $100.000 \times 5 \text{ έτη} = (1,1 \text{ εκ.})$ μείον κόστος μικρής μονάδας 1 εκ. κόστος επέκτασης 1,5 εκ. <u>$= -1,4 \text{ εκ.}$</u> (ζημία)

(ε) Κατασκευή μικρής μονάδας, αυξημένη ζήτηση τα πρώτα 2 χρόνια, απόφαση για μη επέκταση και συνέχεια αυξημένης ζήτησης για τα επόμενα 5 χρόνια	Κέρδη: $300.000 \times 2 \text{ έτη} = 300.000 \times 5 \text{ έτη} = (2,1 \text{ εκ.})$ μείον κόστος μικρής μονάδας 1 εκ. <u>= 1,1 εκ</u>
(ζ) Κατασκευή μικρής μονάδας, αυξημένη ζήτηση τα πρώτα 2 χρόνια, απόφαση για μη επέκταση και συνέχεια μειωμένης ζήτησης για τα επόμενα 5 χρόνια	Κέρδη: $300.000 \times 2 \text{ έτη} = 150.000 \times 5 \text{ έτη} = (1,35 \text{ εκ.})$ μείον κόστος μικρής μονάδας 1 εκ. <u>= 350.000</u>
(η) Κατασκευή μικρής μονάδας, χαμηλή ζήτηση τα πρώτα 2 χρόνια, απόφαση για μη επέκταση και συνέχεια χαμηλής ζήτησης για τα επόμενα 5 χρόνια	Κέρδη: $150.000 \times 7 \text{ έτη} = (1,05 \text{ εκ.})$ μείον κόστος μικρής μονάδας 1 εκ. <u>= 50.000</u>

Έτσι, σε κάθε κλάδο του δένδρου αποφάσεων, αντιστοιχεί ένα οικονομικό αποτέλεσμα (σε χιλ. €) όπως φαίνεται στο σχήμα 7.4.2.



Σχήμα 7.4.2 – Δενδροειδής απεικόνιση αποτελεσμάτων εναλλακτικών επιλογών

Ανάλυση Δένδρων Αποφάσεων

Η ανάλυση ενός δένδρου αποφάσεων περιλαμβάνει τον προσδιορισμό των αποφάσεων που θα μεγιστοποιήσουν το αναμενόμενο κέρδος. Επομένως, για κάθε κόμβο του δένδρου θα υπολογιστεί το

αναμενόμενο κέρδος ξεκινώντας από τους τελικούς κλάδους και προχωρώντας προς τον αρχικό κόμβο. Ο υπολογισμός του αναμενόμενου κέρδους σε κάθε κόμβο του δένδρου γίνεται με τους εξής απλούς κανόνες:

Κόμβοι Τυχαίων Γεγονότων: Το αναμενόμενο κέρδος υπολογίζεται ως το άθροισμα των γινομένων των πιθανοτήτων κάθε κλάδου επί το αντίστοιχο κέρδος (ή ζημία).

Κόμβοι Αποφάσεων: Το αναμενόμενο κέρδος του κόμβου είναι το μεγαλύτερο από τα αναμενόμενα κέρδη των κλάδων που ξεκινούν από το συγκεκριμένο κόμβο (Εννοείται ότι επιλέγεται εκείνος ο κλάδος που αποφέρει το μεγαλύτερο κέρδος).

Ας δούμε την εφαρμογή αυτών των κανόνων στο συγκεκριμένο παράδειγμα.

Κόμβος Γ1:

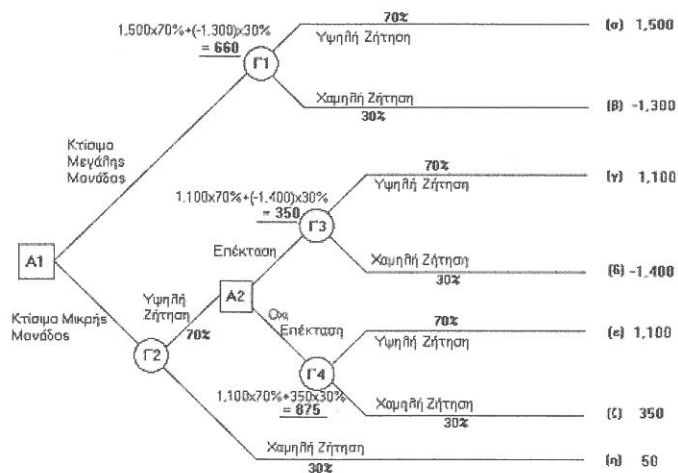
Ο κόμβος Γ1 αντιπροσωπεύει το σημείο στο οποίο έχει γίνει η επιλογή της μεγάλης μονάδας και υπάρχουν τα ενδεχόμενα αυξημένης ζήτησης με πιθανότητα 70% ή μειωμένης ζήτησης με πιθανότητα 30%. Οι δύο αυτές καταστάσεις θα οδηγήσουν είτε σε κέρδος 1,5 εκ ή σε ζημία 1,3 εκ. Το αναμενόμενο κέρδος του κόμβου υπολογίζεται ως: $1.500(70\%) + (-1.300)(30\%) = 660.000$

Κόμβος Γ3:

Ο κόμβος Γ3 αντιπροσωπεύει το σημείο στο οποίο έχει γίνει η επιλογή της μικρής μονάδας, έχουν παρέλθει 2 έτη υψηλής ζήτησης, έχει γίνει η επέκταση της μικρής μονάδας και υπάρχουν τώρα τα ενδεχόμενα αυξημένης ζήτησης για τα επόμενα 5 έτη με πιθανότητα 70% ή μειωμένης ζήτησης με πιθανότητα 30%. Οι δύο αυτές καταστάσεις θα οδηγήσουν είτε σε κέρδος 1,1 εκ ή σε ζημία 1,4 εκ. Το αναμενόμενο κέρδος στον κόμβο Γ3 είναι: $1.100(70\%) + (-1.400)(30\%) = 350.000$.

Κόμβος Γ4:

Ο κόμβος Γ4 αντιπροσωπεύει το σημείο στο οποίο έχει γίνει η επιλογή της μικρής μονάδας, έχουν παρέλθει 2 έτη υψηλής ζήτησης, έχει ληφθεί απόφαση να μην γίνει επέκταση της μικρής μονάδας και υπάρχουν τώρα τα ενδεχόμενα αυξημένης ζήτησης για τα επόμενα 5 έτη με πιθανότητα 70% ή μειωμένης ζήτησης με πιθανότητα 30%. Οι δύο αυτές καταστάσεις θα οδηγήσουν είτε σε κέρδος 1,1 εκ ή σε κέρδος 350.000. Το αναμενόμενο κέρδος στον κόμβο Γ4 είναι: $1.100(70\%) + (350)(30\%) = 875.000$ (βλέπε Σχήμα 7.4.3).



Σχήμα 7.4.3 – Υπολογισμοί αναμενόμενου κέρδους σε κόμβους τυχαίων γεγονότων

Κόμβος A2:

Ο κόμβος A2 είναι ένας κόμβος απόφασης. Αντιπροσωπεύει το σημείο στο οποίο έχει γίνει η αρχική επιλογή της μικρής μονάδας, έχουν παρέλθει 2 έτη υψηλής ζήτησης και πρέπει να ληφθεί απόφαση για την επέκταση ή όχι της μικρής μονάδας.

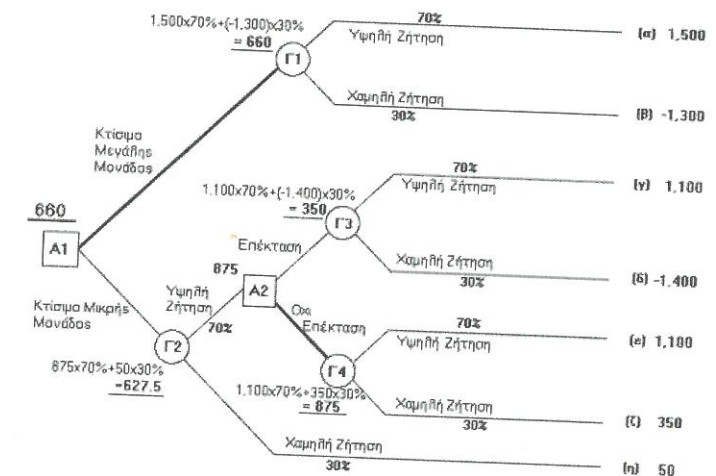
Με βάση τα προηγούμενα αποτελέσματα, η επέκταση οδηγεί στον κόμβο Γ3 με αναμενόμενο κέρδος 350.000, ενώ η μη επέκταση οδηγεί στον κόμβο Γ4 με αναμενόμενο κέρδος 875.000. Εφόσον πρόκειται περί μεγιστοποίησης του κέρδους, η απόφαση που θα επιλεγεί είναι η μη επέκταση, και επομένως το αναμενόμενο κέρδος στον κόμβο A2 είναι 875.000 (βλέπε σχήμα 7.4.4).

Δηλαδή, εάν η αρχική απόφαση ήταν να κτιστεί μία μικρή μονάδα και μετά πάροδο δύο ετών διαπιστώσουμε ότι η ζήτηση είναι υψηλή, δεν θα ήταν σκόπιμο να προβούμε στην επέκτασή της.

Κόμβος Γ2:

Ο κόμβος Γ2 αντιπροσωπεύει το σημείο στο οποίο έχει γίνει η αρχική επιλογή της μικρής μονάδας. Τα ενδεχόμενα που μπορούν συμβούν είναι η αυξημένη ζήτηση με πιθανότητα 70% ή η μειωμένη ζήτηση με πιθανότητα 30%. Με βάση τα αποτελέσματα που έχουν προκύψει από την έως τώρα ανάλυση, εάν η ζήτηση είναι αυξημένη, τότε το αναμενόμενο κέρδος είναι 875.000 (όπως προέκυψε από το προηγούμενο βήμα).

Αντίθετα, εάν η ζήτηση είναι χαμηλή, τότε το συνολικό κέρδος είναι 50.000 (βλέπε σχήμα 7.4.2). Επομένως, το αναμενόμενο κέρδος στον κόμβο Γ2 είναι: $875(70\%) + 50(30\%) = 627,5$.



Σχήμα 7.4.4 – Επίλυση του δέντρου αποφάσεων

Κόμβος A1:

Ο κόμβος A1 είναι ο αρχικός κόμβος απόφασης. Αντιπροσωπεύει το σημείο στο οποίο πρέπει να γίνει η αρχική επιλογή μεταξύ της μικρής ή μεγάλης μονάδας.

Με βάση τα προηγούμενα αποτελέσματα, η επιλογή της μεγάλης μονάδας οδηγεί στον κόμβο Γ1 με αναμενόμενο κέρδος 660.000, ενώ η επιλογή της μικρής μονάδας οδηγεί στον κόμβο Γ2 με αναμενόμενο κέρδος 627.500. Επομένως, η επιλογή που μεγιστοποιεί το κέρδος είναι αυτή της μεγάλης μονάδας με αναμενόμενο κέρδος 660 εκ. (βλέπε σχήμα 7.4.4).

Βέλτιστες και Υποβέλτιστες Λύσεις

Η ανάλυση ενός δέντρου αποφάσεων προσδιορίζει τη βέλτιστη λύση στο συνολικό πρόβλημα, αλλά ταυτόχρονα και βέλτιστες λύσεις που μπορεί να αφορούν ένα τμήμα του προβλήματος. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα που εξετάσαμε, βέλτιστη επιλογή είναι η αρχική κατασκευή μεγάλης μονάδας. Ας υποθέσουμε τώρα ότι οι λήπτες αποφάσεων υιοθετούσαν όχι τη βέλτιστη λύση, αλλά την εναλλακτική επιλογή, δηλαδή τη δημιουργία μιας μικρής μονάδας με σκοπό να εξετάσουν αργότερα τη σκοπιμότητα.

τητα επέκτασής της. Σε αυτή την περίπτωση, όποιο και να ήταν το αποτέλεσμα τα πρώτα δύο έτη λειτουργίας της, ακόμη και αν η αγορά παρουσίαζε συνεχή ανάπτυξη, η επέκτασή της μετά το τέλος της διετίας δεν είναι οικονομικά συμφέρουσα, όπως δείχνουν τα αποτελέσματα του αναμενόμενου κέρδους στον κόμβο απόφασης E2 (υπό βέλτιστη λύση).

7.5 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ

Το κριτήριο του αναμενόμενου κέρδους ή γενικότερα οφέλους είναι εύκολα κατανοητό σε περιπτώσεις όπου η διαδικασία λήψης απόφασης είναι επαναλαμβανόμενη, όπως στο παράδειγμα που εξετάσαμε στις προηγούμενες ενότητες. Σε αυτή την περίπτωση μπορεί να ερμηνευθεί ως το μακροπρόθεσμα οικονομικό αποτέλεσμα της βέλτιστης επιλογής. Υπάρχουν όμως περιπτώσεις όπου η διαδικασία λήψης απόφασης αφορά μία δεδομένη περίπτωση και δεν είναι επαναλαμβανόμενη, και στις οποίες η παραπάνω ερμηνεία δεν είναι εφαρμόσιμη, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν πρέπει να ληφθεί υπ' όψη από το λήπτη της απόφασης. Σε κάθε όμως περίπτωση, και συμπληρωματικά με το κριτήριο του αναμενόμενου κέρδους, ο λήπτης της απόφασης οφείλει να εξετάσει και τον κίνδυνο ή ρίσκο που συνδέεται με την οποιαδήποτε επιλογή του.

Η ανάλυση κινδύνου δείχνει το πώς και πόσο επηρεάζεται η βέλτιστη επιλογή από μεταβολές στις οικονομικές ή τεχνικές παραμέτρους του προβλήματος, και συνήθως απαιτεί τη χρήση υπολογιστή ώστε να είναι δυνατή η άμεση εκτίμηση και το εύρος των πιθανών μεταβολών στο αποτέλεσμα, που προκύπτουν από διαφοροποιήσεις στις παραμέτρους του προβλήματος.

Στη συνέχεια θα εξετάσουμε ενδεικτικές περιπτώσεις εφαρμογών ανάλυσης κινδύνου με βάση το παράδειγμα που χρησιμοποιήσαμε στις ενότητες 7.1 έως 7.3 του κεφαλαίου.

7.5.1 Ανάλυση Ευαισθησίας

Η ανάλυση ευαισθησίας, όπως είδαμε και σε προηγούμενα κεφάλαια, εφαρμόζεται μετά τον προσδιορισμό της βέλτιστης λύσης με σκοπό να εξεταστεί το πόσο εύκολα ή δύσκολα αλλάζει η βέλτιστη επιλογή σε διακυμάνσεις των τιμών των παραμέτρων του προβλήματος.

Στην ενότητα αυτή θα μελετήσουμε δύο διαφορετικές προσεγγίσεις ανάλυσης κινδύνου σε προβλήματα λήψης αποφάσεων:

Η πρώτη περίπτωση αφορά τον προσδιορισμό ορίων για συγκεκριμένες παραμέτρους του προβλήματος (κρίσιμων για το λήπτη αποφάσεων) μέσα στα οποία η βέλτιστη επιλογή παραμένει αμετάβλητη. Στην περίπτωση αυτή μπορούμε πρακτικά να εξετάσουμε τις επιπτώσεις από αλλαγές στις τιμές μίας ή το πολύ δύο παραμέτρων κάθε φορά.

Η δεύτερη περίπτωση αφορά τη δημιουργία πιθανών σεναρίων, τα οποία προσδιορίζονται από συγκεκριμένες τιμές περισσότερων παραμέτρων ή ακόμα και των πιθανοτήτων για πιθανά ενδεχόμενα.

Και στις δύο περιπτώσεις απαιτείται η επανάληψη των υπολογισμών του κριτηρίου αναμενόμενου κέρδους για κάθε διαφορετική τιμή ή συνδυασμό τιμών των παραμέτρων. Είναι ευνόμοτο ότι παρόμοια ανάλυση μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο με τη βοήθεια του υπολογιστή. Στα παραδείγματα που ακολουθούν χρησιμοποιείται το πρόγραμμα MS Excel® το οποίο διαθέτει δυνατότητες που διευκολύνουν παρόμοιου τύπου αναλύσεις.

Παράδειγμα: Ανάλυση ευαισθησίας σε μεταβολές του κόστους

Θεωρούμε ξανά την περίπτωση της εταιρείας του παραδείγματος που εξετάσαμε στην ενότητα 7.3.1. Με βάση τις εκτιμήσεις για τις πιθανότητες ζήτησης που προκύπτουν από ιστορικά στατιστικά στοιχεία, και το κριτήριο μεγιστοποίησης του αναμενόμενου κέρδους, βρέθηκε ότι η απόφαση παραγωγής 2 τόνων κάθε εξαμήνων είναι αυτή που δίνει το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα.

Οι υπεύθυνοι της εταιρείας εκτιμούν ότι η αστάθεια που επικρατεί στις αγορές πετροχημικών προϊόντων μπορεί να επηρεάσει τόσο το κόστος παραγωγής του προϊόντος όσο και το κόστος εισαγωγής του σε περίπτωση που η παραγωγή του εργοστασίου δεν επαρκεί.

Σε μια τέτοια περίπτωση πιθανόν η εταιρεία να χρειαστεί να αναθεωρήσει την επιλογή της για ποσότητα παραγωγής 2 τόνων.

Ο διευθυντής της εταιρείας επιθυμεί να έχει μία εικόνα για το πώς διαμορφώνεται η βέλτιστη επιλογή για ένα εύρος διακυμάνσεων $\pm 20\%$ από τις τρέχουσες τιμές τόσο για το κόστος αγοράς όσο και για το κόστος εισαγωγής.

Η ανάλυση ευαισθησίας στις τιμές μιας παραμέτρου μπορεί να γίνει αναλυτικά (αλγεβρικά) εφόσον η συνάρτηση αποτελεσμάτων είναι μία συνάρτηση που επιδέχεται αλγεβρική επίλυση. Αυτό δεν είναι πάντα εφικτό, δεδομένου ότι σε πολλές περιπτώσεις προβλημάτων λήψης

απόφασης η συνάρτηση αποτελεσμάτων δεν επιδέχεται αλγεβρική επίλυση λόγω της πολυπλοκότητας του προβλήματος. Σε αυτές τις περιπτώσεις απαιτείται ο επανυπολογισμός της βέλτιστης λύσης για τις διαφορετικές τιμές της παραμέτρου/ων.

Στην περίπτωση ανάλυσης ευαισθησίας που περιλαμβάνει μεταβολές σε δύο παραμέτρους, τα αποτελέσματα του επανυπολογισμού της βέλτιστης λύσης μπορεί να απεικονιστούν σε έναν πίνακα, οι γραμμές του οποίου αντιστοιχούν στις διαφορετικές πιθανές τιμές της μιας παραμέτρου, και οι στήλες στις πιθανές τιμές της άλλης παραμέτρου. Έτσι, για κάθε πιθανό συνδυασμό τιμών των δύο παραμέτρων, ο πίνακας δίνει την αντίστοιχη βέλτιστη λύση.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η διαδικασία δημιουργίας πίνακα ανάλυσης ευαισθησίας με χρήση του Excel, για το συγκεκριμένο παράδειγμα.

Πίνακας τιμών Ανάλυσης Ευαισθησίας σε προβλήματα λήψης αποφάσεων με χρήση του Excel

Βήμα 1

Τοποθετούμε σε ένα φύλλο Excel τις παραμέτρους του προβλήματος και ακολούθως καταστρώνουμε τον πίνακα κερδών χρησιμοποιώντας κατάλληλες αριθμητικές συναρτήσεις, όπως φαίνονται στο σχήμα που ακολουθεί. Το αποτέλεσμα της επιλογής πρέπει να υπολογίζεται και να εμφανίζεται σε ένα ξεχωριστό κελί του φύλλου. Στο σχήμα 7.5.1 φαίνονται οι συναρτήσεις και οι μαθηματικοί τύποι που έχουν χρησιμοποιηθεί ώστε να εμφανίζεται η βέλτιστη επιλογή στη θέση Π10.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2										
3										
4	Δεδομένα Κόστους									
5	Κόστος Παραγωγής	15.000								
6	Τιμή Πώλησης	20.000								
7	Αξία ανακύκλωσης	5.000								
8	Κόστος Εισαγωγής	24.000								
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										

Υπολογισμοί Πίνακα Κερδών
 F4: =F\$3*\$B\$5+MAX(\$E4-F\$3;0)*\$B\$6-\$E4*\$B\$4-MAX(F\$3-\$E4;0)*\$B\$7 (αντιγραφή σε θέσεις F4:H6)
 Υπολογισμοί Αναμενόμενου Κέρδους
 I4: =SUMPRODUCT(F4:H4;\$F\$7:\$H\$7) (αντιγραφή σε θέσεις I4:I6)
 Υπολογισμός Μέγιστου Αναμενόμενου Κέρδους
 Υπολογισμός Βέλτιστης Ποσότητας Παραγωγής
 I9: =MAX(I4:I6) Π10: =IF(I9=I4;1;IF(I9=I5;2;3))

Σχήμα 7.5.1 – Κατάστρωση πίνακα κερδών και υπολογισμός κριτηρίου αναμενόμενου κέρδους

Βήμα 2

Δημιουργούμε ένα δυσδιάστατο πίνακα τιμών των παραμέτρων των οποίων τις επιδράσεις στον καθορισμό της βέλτιστης λύσης ενδιαφερόμαστε να εξετάσουμε. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα ο πίνακας τιμών βρίσκεται στις θέσεις C15:L24 (σχήμα 7.5.2).

Στο πάνω δεξιά κελί του πίνακα τοποθετούμε τον τύπο που αναφέρεται στο κελί που περιέχει το υπό εξέταση αποτέλεσμα. Στην περίπτωση του παραδείγματος, ενδιαφερόμαστε για τη βέλτιστη ποσότητα παραγωγής που έχει υπολογιστεί στο κελί Π10.

Η πρώτη σειρά του πίνακα περιέχει την περιοχή τιμών της μιας παραμέτρου. Στην περίπτωση του παραδείγματος είναι οι τιμές στο κόστος εισαγωγής σε βήματα 5% στο διάστημα $\pm 20\%$ από την αρχική εκτίμηση των 24.000€ (Οι τιμές στις θέσεις D15:L15 θα μπορούσαν να καταχωρηθούν ως αριθμητικά δεδομένα αντί να υπολογιστούν μέσω της ποσοστιαίας μεταβολής).

Η πρώτη στήλη του πίνακα περιέχει την περιοχή τιμών της δεύτερης παραμέτρου. Στην περίπτωση του παραδείγματος είναι οι τιμές στο κόστος παραγωγής σε βήματα 5% στο διάστημα $\pm 20\%$ από την αρχική εκτίμηση των 15.000€ (Ξανά, οι τιμές στις θέσεις C16:C24 θα μπορούσαν να καταχωρηθούν ως αριθμητικά δεδομένα αντί να υπολογιστούν μέσω της ποσοστιαίας μεταβολής).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1													
2													
3													
4	Δεδομένα Κόστους												
5	Κόστος Παραγωγής	15.000											
6	Τιμή Πώλησης	20.000											
7	Αξία ανακύκλωσης	5.000											
8	Κόστος Εισαγωγής	24.000											
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26													
27													

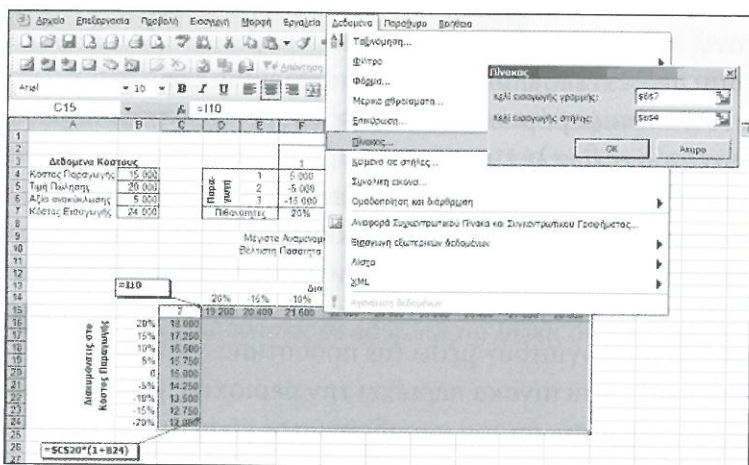
Διαμορφώσεις στο Κόστος Παραγωγής
 Δεδομένα Ζήτησης
 Αναμενόμενο Κέρδος
 Μέγιστο Αναμενόμενο Κέρδος
 Βέλτιστη Ποσότητα Παραγωγής
 Διαμορφώσεις στο Κόστος Εισαγωγής
 Δεδομένα Ζήτησης
 Αναμενόμενο Κέρδος
 Μέγιστο Αναμενόμενο Κέρδος
 Βέλτιστη Ποσότητα Παραγωγής

Σχήμα 7.5.2 – Κατάστρωση πίνακα ανάλυσης ευαισθησίας

Βήμα 3

Με την επιλογή Δεδομένα / Πίνακας το Excel υπολογίζει αυτόματα

την τιμή του κελιού I10 για όλους τους συνδυασμούς των δύο παραμέτρων. Ως παραμέτρους υπολογισμού του πίνακα ορίζουμε ότι οι τιμές της γραμμής (D15:L15) αντιστοιχούν στο κόστος εισαγωγής (κελί B7), ενώ οι τιμές της στήλης (C16:C24) αντιστοιχούν στο κόστος παραγωγής (κελί B4).



Σχήμα 7.5.3 – Εντολή δημιουργίας πίνακα τιμών (πίνακα ανάλυσης ευαισθησίας)

Οι υπολογισμοί για όλους του συνδυασμούς των τιμών των δύο παραμέτρων γίνονται αυτόματα από το Excel και φαίνονται στο σχήμα 7.5.4 που ακολουθεί.

		Διακυμάνσεις στο Κόστος Εισαγωγής									
		-20%	-15%	-10%	-5%	0	5%	10%	15%	20%	
Διακυμάνσεις στο Κόστος Παραγωγής	20%	18 000	1	1	2	2	2	2	2	2	2
	15%	17 250	1	2	2	2	2	2	2	2	2
	10%	16 500	1	2	2	2	2	2	2	2	2
	5%	15 750	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	0	15 000	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	-5%	14 250	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	-10%	13 500	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	-15%	12 750	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	-20%	12 000	2	2	2	2	2	2	2	2	3

Σχήμα 7.5.4 – Αποτελέσματα ανάλυσης ευαισθησίας (βέλτιστη ποσότητα παραγωγής)

Παρατηρούμε ότι η επιλεγείσα λύση της παραγωγής 2 τόνων προϊόντος δεν αλλάζει παρά μόνον εάν το κόστος παραγωγής αυξηθεί πάνω από 10%, ενώ ταυτόχρονα το κόστος εισαγωγής μειωθεί κατά 20% ή αν το κόστος εισαγωγής μειωθεί πάνω από 15% και το κόστος παρα-

γωγής αυξηθεί κατά 20%. Σε αυτές τις περιπτώσεις, η βέλτιστη λύση θα ήταν η παραγωγή μόνο ενός τόνου. Τέλος, μέσα στα όρια μεταβολών του κόστους κατά $\pm 20\%$, η επιλογή παραγωγής 3 τόνων είναι βέλτιστη μόνον στην περίπτωση που το κόστος εισαγωγής αυξηθεί κατά 20% ενώ ταυτόχρονα το κόστος παραγωγής μειωθεί κατά 20%.

Το σχήμα 7.5.5 περιέχει την ανάλυση ευαισθησίας σε ό,τι αφορά το οικονομικό αποτέλεσμα που θα προκύψει, δηλαδή του μέγιστου αναμενόμενου κέρδους σε κάθε περίπτωση. Η εξαγωγή των αποτελεσμάτων γίνεται με αλλαγή του τύπου στην πάνω δεξιά γωνία του πίνακα από “=I10” (βέλτιστη ποσότητα παραγωγής) σε “=I9” (μέγιστο αναμενόμενο κέρδος).

		Διακυμάνσεις στο Κόστος Εισαγωγής									
		-20%	-15%	-10%	-5%	0	5%	10%	15%	20%	
Διακυμάνσεις στο Κόστος Παραγωγής	20%	5800	19 200	20 400	21 600	22 800	24 000	25 200	26 400	27 600	28 800
	15%	18 000	2880	1550	520	160	-200	-560	-920	-1280	-1640
	10%	17 250	3630	2380	2020	1660	1300	940	580	220	-140
	5%	16 500	4380	3080	3520	3160	2800	2440	2080	1720	1360
	0	15 750	5140	5380	5620	4650	4300	3940	3580	3220	2860
	-5%	15 000	7240	6890	6520	6150	5800	5440	5080	4720	4360
	-10%	14 250	8740	8380	8020	7650	7300	6940	6580	6220	5860
	-15%	13 500	10240	9880	9520	9150	8800	8440	8080	7720	7360
	-20%	12 750	11740	11380	11020	10660	10300	9940	9580	9220	8860
	-20%	12 000	13240	12880	12520	12160	11800	11440	11080	10720	10360

Σχήμα 7.5.5 – Αποτελέσματα ανάλυσης ευαισθησίας (μέγιστο αναμενόμενο κέρδος)

7.5.2 Ανάλυση Σεναρίων

Ένας από τους βασικούς περιορισμούς της ανάλυσης ευαισθησίας, όχι μόνο στα προβλήματα λήψης αποφάσεων, αλλά και γενικότερα, είναι ότι εξετάζει την επίδραση των μεταβολών των τιμών μίας ή το πολύ δύο παραμέτρων στο αποτέλεσμα της βελτιστοποίησης.

Σε αρκετές περιπτώσεις οι λήπτες αποφάσεων ενδιαφέρονται να εξετάσουν τις επιπτώσεις στη βέλτιστη λύση από γενικότερες αλλαγές που αφορούν το οικονομικό και επιχειρησιακό περιβάλλον. Τέτοιες αλλαγές δεν μπορούν να περιοριστούν σε μεταβολές μιας ή δύο παραμέτρων, αλλά εκφράζονται με το συνολικό καθορισμό τιμών σε μια ομάδα παραμέτρων με τέτοιο τρόπο ώστε να περιγράφουν ένα δεδομένο επιχειρηματικό σενάριο.

Σε αντίθεση με την περίπτωση της ανάλυσης ευαισθησίας όπου απαιτείται ένας μεγάλος αριθμός επαναληπτικών υπολογισμών του κριτηρίου αναμενόμενου κέρδους για κάθε διαφορετικό συνδυασμό διαφορετικών τιμών των παραμέτρων, στην περίπτωση ανάλυσης

σεναρίων οι εξεταζόμενες περιπτώσεις είναι συνήθως λίγες, ώστε να είναι δυνατή η συγκριτική ανάλυση και η εξαγωγή συμπερασμάτων.

Το παράδειγμα που ακολουθεί επεξηγεί τη διαδικασία ανάλυσης σεναρίων μέσω του MS Excel® το οποίο διαθέτει ειδική δυνατότητα παρόμοιας ανάλυσης.

Παράδειγμα Ανάλυσης Σεναρίων

Θεωρούμε ξανά την περίπτωση της εταιρείας του παραδείγματος που εξετάσαμε στην ενότητα 7.3.1. Η εταιρεία θεωρεί ότι τα ιστορικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για την εκτίμηση των ποσοτήτων ζήτησης μπορεί να θεωρηθούν ότι εκφράζουν τη μελλοντική ζήτηση αν το γενικότερο οικονομικό περιβάλλον δεν αλλάξει ριζικά. Γεγονότα όμως όπως η αύξηση των τιμών πετρελαίου, η απελευθέρωση των αεροπορικών μεταφορών, διεθνείς αναταράξεις μπορεί να επηρεάσουν θετικά ή αρνητικά τα δεδομένα της ανάλυσης.

Έτσι, θεωρεί ότι οι τιμές των παραμέτρων που χρησιμοποιήθηκαν αρχικά αποτελούν το βασικό σενάριο ανάλυσης.

Παράλληλα όμως θεωρεί ότι θα πρέπει να εξεταστεί ένα σενάριο ύφεσης που μπορεί να προκύψει από διεθνείς αναταραχές και αύξηση στις τιμές των καυσίμων που θα οδηγήσει σε αύξηση κόστους παραγωγής από 15.000€ σε 18.000€ και αύξηση κόστους εισαγωγών σε 25.000€. Λόγω της ύφεσης αναμένεται επίσης η μείωση των ποσοτήτων που θα ζητηθούν από τον πελάτη, έτσι η πιθανότητα για ζήτηση 1 τόνου εκτιμάται σε 50%, ενώ για 2 και 3 τόνους σε 30% και 20% αντίστοιχα.

Από την άλλη πλευρά, εάν δεν προκύψουν δυσμενή γεγονότα και σημειωθεί μία ανάπτυξη των αγορών, η εταιρεία εκτιμά ότι η ζήτηση του πελάτη θα αυξηθεί και εκτιμά οι πιθανότητες για ζήτηση 1, 2 ή 3 τόνων σε αυτή την περίπτωση είναι 20%, 40% και 40% αντίστοιχα, ενώ λόγω της αυξημένης ζήτησης ό,τι ποσότητα δεν περισσέψει μπορεί να διοχετευθεί σε άλλες αγορές με τιμή 900€ αντί της ανακύκλωσης.

Ο διευθυντής της εταιρείας επιθυμεί να έχει μία συνοπτική εικόνα για το πώς διαμορφώνεται η βέλτιστη επιλογή παραγωγής και το αντίστοιχο οικονομικό αποτέλεσμα για κάθε ένα από τα τρία σενάρια.

Ο προσδιορισμός του αποτελέσματος και της βέλτιστης επιλογής για κάθε σενάριο απαιτεί τον επανυπολογισμό του πίνακα κερδών και του αναμενόμενου κέρδους με τις τιμές των παραμέτρων που αντιστοιχούν σε κάθε σενάριο. Η χρήση ενός προγράμματος επεξεργασία πινάκων, όπως το Excel, διευκολύνει τόσο στον υπολογισμό των αποτε-

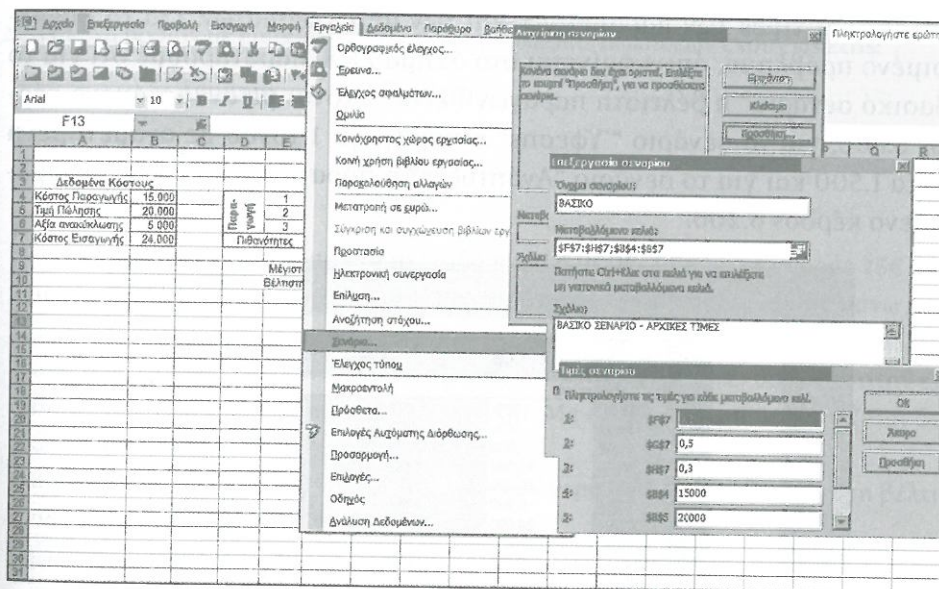
λεσμάτων κάθε σεναρίου, αλλά κυρίως στην αυτόματη συνοπτική και συγκριτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων όλων των σεναρίων.

Ανάλυση Σεναρίων σε προβλήματα λήψης αποφάσεων με χρήση του Excel Βήμα 1

Δημιουργούμε σε ένα φύλλο Excel την κατάσταση του προβλήματος, όπως αναπτύχθηκε στο βήμα 1 της ενότητας 7.5.1 (σχήμα 7.5.1).

Βήμα 2

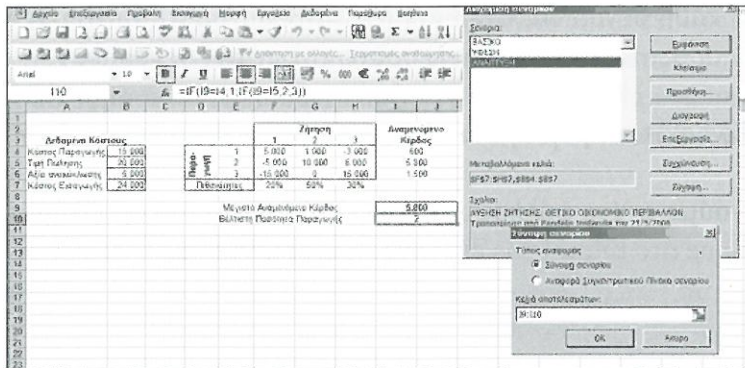
Καταχωρούμε τα τρία σενάρια επιλέγοντας την εντολή Εργαλεία / Σενάρια. Σε κάθε σενάριο καταχωρούμε τις θέσεις και τις τιμές των παραμέτρων που αλλάζουν, όπως φαίνεται στο σχήμα 7.5.6.



Σχήμα 7.5.6 – Καταχώρηση σεναρίων στο MS Excel

Βήμα 3

Με την ολοκλήρωση της καταχώρησης των σεναρίων, ο λήπτης αποφάσεων μπορεί να ζητήσει να λάβει μια συνοπτική συγκριτική εικόνα όλων των σεναρίων, ορίζοντας ποια συγκεκριμένα αποτελέσματα επιθυμεί να εξετάσει, ορίζοντας τα αντίστοιχα κελιά, όπως φαίνεται στο σχήμα 7.5.7.



Σχήμα 7.5.7 – Δημιουργία αναφοράς σεναρίων στο MS Excel

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης περιλαμβάνουν για κάθε σενάριο τις αντίστοιχες τιμές των παραμέτρων και των αποτελεσμάτων. Για το συγκεκριμένο πρόβλημα, όπως φαίνεται στο σχήμα 7.5.8. παρατηρούμε ότι για το “βασικό σενάριο” η βέλτιστη παραγωγή είναι 2 τόνοι με αναμενόμενο κέρδος 5.800, για το σενάριο “Υφεσης” η παραγωγή 1 τόνου με αναμενόμενη ζημία 1.500 και για το σενάριο “Ανάπτυξης” η παραγωγή 2 τόνων με αναμενόμενο κέρδος 6.200.

Σύνοψη σεναρίου		Τρέχουσες τιμές	ΒΑΣΙΚΟ	ΥΦΕΣΗ	ΑΝΑΠΤΥΞΗ
Μεταβαλλόμενα κελιά:					
\$F\$7	20%	20%	50%	20%	
\$G\$7	50%	50%	30%	40%	
\$H\$7	30%	30%	20%	40%	
\$B\$4	15.000	15.000	10.000	15.000	
\$B\$5	20.000	20.000	20.000	20.000	
\$B\$6	5.000	5.000	5.000	9.000	
\$B\$7	24.000	24.000	25.000	24.000	
Κελιά αποτελεσμάτων:					
\$I\$9	5.800	5.800	-1.500	6.200	
\$I\$10	2	2	1	2	

Σημειώσεις: Η τρέχουσα στήλη τιμών αναπαριστά τιμές στα μεταβαλλόμενα κελιά τη στιγμή που δημιουργείται η συνοπτική αναφορά σεναρίου. Τα κελιά που αλλάζουν για κάθε σενάριο έχουν επισημανθεί με γκρι.

Σχήμα 7.5.8 – Αναφορά ανάλυσης σεναρίων στο MS Excel

Ασκήσεις – Προβλήματα

1. Η εταιρεία XYZ προγραμματίζει την παραγωγή ενός εποχιακού προϊόντος. Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις του τμήματος marketing, οι προοπτικές για πωλήσεις έχουν εκτιμηθεί ως εξής:

- Πωλήσεις 10.000 μονάδων με πιθανότητα 30%,
- 15.000 μονάδων με πιθανότητα 50%, και
- 20.000 μονάδων με πιθανότητα 20%.

Δεδομένου ότι το κόστος παραγωγής είναι 1 € / τεμάχιο, η τιμή πώλησης 1,20€, ενώ όποια ποσότητα δεν πουληθεί στην κανονική σεζόν, θα δοθεί σε προσφορά με τιμή 0,70€, πόση θα πρέπει να είναι η ποσότητα που θα παραχθεί ώστε να μεγιστοποιηθεί το αναμενόμενο κέρδος;

2. Για ένα προϊόν με εποχιακή ζήτηση οι προβλέψεις πωλήσεων έχουν ως εξής:

Τεμάχια	Πιθανότητα
1.000	30%
1.500	50%
2.000	20%

Το κόστος διαφήμισης για μία περίοδο είναι 6.000€, το κόστος αγοράς 25€ ανά τεμάχιο αν αγοραστούν έως και 1.999 τεμάχια ή 23€ αν αγοραστούν πάνω από 2.000 τεμάχια. Η τιμή πώλησης στην κανονική διάρκεια της περιόδου είναι 30€ ανά τεμάχιο. Στο τέλος της περιόδου, όση ποσότητα απομείνει θα δοθεί στην ειδική τιμή προσφοράς των 22€ ανά τεμάχιο. Με αυτή την τιμή υπολογίζεται ότι όλη η απομένουσα ποσότητα θα πουληθεί.

α) Δημιουργήστε τον πίνακα αναμενόμενων κερδών και προσδιορίστε τη βέλτιστη απόφαση.

β) Εξετάστε το πώς επηρεάζεται η βέλτιστη λύση σε μεταβολές τόσο του κόστους αγοράς όσο και της τιμής πώλησης κατά ±10 από τα αρχικά δεδομένα.

3. Δίνεται ο πίνακας αναμενόμενων κερδών:

Αποφάσεις	Σενάρια			
	I	II	III	IV
A	50	30	-5	-15
B	10	20	0	-5
Γ	-5	0	-10	0
Δ	-10	-5	20	50
Πιθανότητες	30%	25%	30%	15%

- α) Δημιουργήστε τον πίνακα κόστους ευκαιρίας.
 β) Ποια απόφαση θα επιλέγατε με το κριτήριο αισιοδοξίας;
 γ) Ποια απόφαση θα επιλέγατε με το κριτήριο απαισιοδοξίας;
 δ) Ποια απόφαση θα επιλέγατε με το κριτήριο MINIMAX του κόστους ευκαιρίας;
 ε) Ποια απόφαση θα επιλέγατε με το κριτήριο ελαχιστοποίησης του αναμενόμενου κόστους ευκαιρίας;
 στ) Ποια είναι η αξία της άριστης πληροφόρησης;
4. Μία μικρή τοπική εταιρεία παγωτού προσπαθεί να προγραμματίσει την παραγωγή παγωτού για την περίοδο του καλοκαιριού. Οι προβλέψεις πωλήσεων είναι 10% για κατανάλωση 6 τόνων, 30% για 7 τόνους, 50% για 8 τόνους και 10% για 9 τόνους. Το κόστος παραγωγής ανά τόνο είναι 3 χιλιάδες ευρώ, ενώ η μέση τιμή πώλησης είναι 5 χιλιάδες ευρώ ο τόνος.
- α) Για πόσους τόνους πρέπει να προγραμματιστεί η παραγωγή, ώστε να μεγιστοποιηθεί το κέρδος της επιχείρησης;
 β) Τι ποσό θα ήταν διατεθειμένη η επιχείρηση να πληρώσει για μία αξιόπιστη μελέτη πρόβλεψης των πωλήσεων;
 γ) Εκτιμήσεις των ειδικών αναμένουν αυξήσεις στην τιμή του γάλακτος κατά 15%. Σε αυτή την περίπτωση η εταιρεία εξετάζει δύο επιλογές. Η μία είναι να διατηρήσει τις τιμές πώλησης. Η άλλη είναι να αυξήσει αντίστοιχα τις τιμές πώλησης, αλλά στην περίπτωση αυτή η ζήτηση θα είναι χαμηλότερη και οι αντίστοιχες πιθανότητες για ζήτηση 6, 7, 8 ή 9 τόνων εκτιμώνται σε 15%, 40%, 40% και 5%. Ποια απόφαση πρέπει να πάρει η επιχείρηση σε περίπτωση αύξησης της τιμής.
 δ) Εξετάστε το παραπάνω ερώτημα με χρήση της δυνατότητας ανάλυσης σεναρίων στο Excel.
5. Δίνεται ο συγκριτικός πίνακας κερδών / ζημιών για τις εναλλακτικές αποφάσεις A, B, Γ υπό τα πιθανά σενάρια I, II, III.

	I	II	III
A	300	100	-50
B	100	-50	150
Γ	-120	0	300
Πιθανότητες	20%	30%	50%

- α) Ποια απόφαση θα επιλέγατε με κριτήριο τη μεγιστοποίηση του αναμενόμενου κέρδους;
 β) Ποιο είναι το αναμενόμενο κέρδος με άριστη πληροφόρηση;

6. Ένα πολυκατάστημα πρόκειται να προμηθευτεί χριστουγεννιάτικα δέντρα εν όψει της ζήτησης στην περίοδο των Χριστουγέννων. Η ζήτηση υπολογίζεται με βάση τα περσινά στοιχεία σε 100 έως 200 δέντρα με πιθανότητα 20% για 100 τεμάχια, 30% για 150 τεμάχια και 50% για 200 τεμάχια. Η τιμή αγοράς από τον προμηθευτή είναι 20€, ενώ η τιμή πώλησης υπολογίζεται σε 50€. Ο προμηθευτής έχει συμφωνήσει στην περίπτωση που υπάρχει περίσσειμα να δεχθεί επιστροφές μέχρι 50 τεμάχια. Επιπλέον ποσότητα που δεν θα απορροφηθεί θα δοθεί σε ειδική προσφορά με τιμή 10€ το δέντρο.
- α) Δημιουργήστε τον πίνακα σύγκρισης των εναλλακτικών λύσεων.
 β) Ποιο είναι το πρώτο συμπέρασμα που μπορείτε να καταλήξετε παρατηρώντας τα στοιχεία του πίνακα.
 γ) Υπάρχει διαφορά στην επιλογή της ποσότητας των δέντρων που θα αγοράσει το πολυκατάστημα στην περίπτωση που ο προμηθευτής δεν θα δεχθεί καθόλου επιστροφές;
7. Δίνεται ο πίνακας αναμενόμενων κερδών:

Αποφάσεις	Σενάρια			
	I	II	III	IV
A	50	30	-5	-15
B	10	20	0	-5
Γ	-5	0	-10	0
Δ	-10	-5	20	50
Πιθανότητες	30%	25%	30%	15%

- α) Δημιουργήστε τον πίνακα κόστους ευκαιρίας.
 β) Ποια απόφαση θα επιλέγατε με το κριτήριο αισιοδοξίας;
 γ) Ποια απόφαση θα επιλέγατε με το κριτήριο απαισιοδοξίας;
 δ) Ποια απόφαση θα επιλέγατε με το κριτήριο MINMAX του κόστους ευκαιρίας;
 ε) Ποια απόφαση θα επιλέγατε με το κριτήριο ελαχιστοποίησης του αναμενόμενου κόστους ευκαιρίας;
 στ) Ποια είναι η αξία της άριστης πληροφόρησης;
8. Υποθέτουμε ότι για την επέκταση μίας μονάδας παραγωγής αγροτικών προϊόντων της ΑΓΡΟΤΙΚΑ Α.Ε. έχουμε να επιλέξουμε μεταξύ των εξής εναλλακτικών λύσεων:
1. Χτίσιμο νέας μονάδας.
 2. Επέκταση παλαιάς μονάδας.
 3. Καμιά επέκταση.

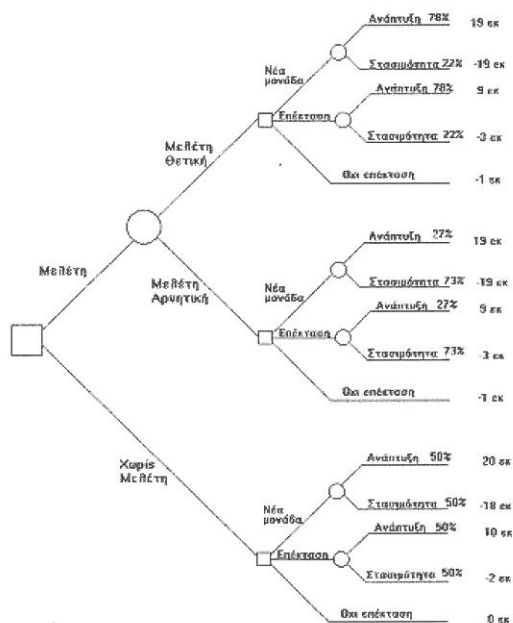
Τα αποτελέσματα της επέκτασης εξαρτώνται κυρίως από την ανάπτυξη της γεωργίας στη συγκεκριμένη περιοχή. Δύο σενάρια θα εξεταστούν σε σχέση με τη μελλοντική ανάπτυξη:

- α. Συνεχιζόμενη ανάπτυξη.
- β. Στασιμότητα.

Χωρίς καμιά άλλη μελέτη της αγοράς, η μόνη εκτίμηση πιθανοτήτων που μπορεί να γίνει για ανάπτυξη ή στασιμότητα είναι 50%-50%. Η διεύθυνση της ΑΓΡΟΤΙΚΑ σκέφτεται το ενδεχόμενο να αναθέσει σε μία εταιρεία συμβούλων επιχειρήσεων μία ερευνητική μελέτη για τη μελλοντική ανάπτυξη της αγοράς. Το κόστος αυτής της μελέτης είναι 1 εκ. ευρώ. Η πιθανότητα για να είναι η μελέτη θετική είναι 45%, ενώ φυσικά η αντίστοιχη πιθανότητα για αρνητικά αποτελέσματα είναι 55%. Ο πίνακας κερδών για τις τρεις εναλλακτικές αποφάσεις ακολουθεί:

Πίνακας Κερδών (εκ. ευρώ)		
Εναλλακτικές Λύσεις	Αγορά	
	Ανάπτυξη	Στάσιμη
Νέα Μονάδα	20	-18
Επέκταση	10	-2
Καμιά Επέκταση	0	0

Η δενδροειδής απεικόνιση των παραπάνω στοιχείων δίνεται στο παρακάτω σχήμα:



- α) Βρείτε κατά πόσο συμφέρει ή όχι η εκπόνηση της μελέτης.
 - β) Τι τελικά θα πρέπει να πράξει η ΑΓΡΟΤΙΚΑ Α.Ε.;
9. Οι ερωτήσεις που ακολουθούν αναφέρονται στο παράδειγμα του κεφαλαίου 7.4.
- α) Από τα δεδομένα του σχήματος 7.4.2 μπορείτε να συμπεράνετε ότι η επέκταση της μικρής μονάδας είναι σε κάθε περίπτωση ασύμφορη; Τεκμηριώστε την απάντησή σας.
 - β) Στην περίπτωση κατά την οποία οι πιθανότητες για αύξηση ή μείωση της ζήτησης ήταν αντίστοιχα 60% και 40%, ποια θα ήταν η πιο συμφέρουσα απόφαση για την επιχείρηση;
 - γ) Εξετάστε επίσης την περίπτωση κατά την οποία το κόστος επέκτασης δεν είναι 1,5 εκατομμύρια, αλλά 1,2 εκατομμύρια ευρώ.