



ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΣΧΟΛΗ: ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΤΜΗΜΑ: ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:**

**« ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΔΕΝΔΡΟΥ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ »**



**Επόπτης καθηγητής:**  
Κ. Μητρόπουλος Ιωάννης

**Επιμελήτρια:**  
Δασκαλάκη Κατερίνα

Πάτρα, Ιούνιος 2014



## **Περιεχόμενα**

<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	4
<b>Κεφάλαιο 1</b> .....	5
1.1 Πολυεπίπεδα προβλήματα αποφάσεων.....	5
1.2 Προωθώντας στην αγορά ένα νέο προϊόν στην εταιρεία ACME.....	5
1.3 Αναμενόμενη τιμή του δείγματος πληροφοριών.....	10
1.4 Αναμενόμενη τιμή τέλει πληροφόρησης ή EVPI.....	11
<b>Κεφάλαιο 2</b> .....	13
2.1 Ο κανόνας του BAYES.....	13
2.2 Έλεγχος ουσιών για αθλητές <b>Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης</b> .....	13
2.3 Παράδειγμα (συνεχίζεται)- Έλεγχος ουσιών για αθλητές κολεγιών.....	16
<b>Κεφάλαιο 3</b> .....	20
3.1 Ενσωματώνοντας συμπεριφορές εν όψει ρίσκου.....	20
3.2 Συναρτήσεις ωφελιμότητας.....	21
3.3 Αξιολογώντας μια συνάρτηση ωφελιμότητας.....	22
3.4 Αξιολογώντας μια συνάρτηση ωφελιμότητας για μια μικρή επιχείρηση.....	23
3.5 Εκθετική ωφελιμότητα.....	24
3.6 Αποφασίζοντας κατά πόσο να εισέρθουμε σε ριψοκίνδυνα εγχειρήματα στην VENTURE LIMITED.....	26
3.7 Χρησιμοποιώντας το δενδρόγραμμα ακρίβειας.....	27
3.8 Ισοδύναμα βεβαιότητας / Ασφάλειας.....	29
3.9 Χρησιμοποιείτε η μεγιστοποίηση της αναμενόμενης ωφελιμότητας.....	31
<b>Κεφάλαιο 4</b> .....	32
4.1 Περίπτωση: Η εταιρεία GMC MOTOR II.....	32
4.2 Περίπτωση: Η εταιρεία παπουτσιών Jogger.....	34
4.3 Περίπτωση: Η εταιρεία χαρτιού westhouser.....	34
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	36

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με τον όρο ανάλυση ευαισθησίας δένδρου αποφάσεων αναφερόμαστε σε μια συνειδητή επιλογή μεταξύ δύο ή περισσότερων εναλλακτικών λύσεων ενός προβλήματος. Κατά την διαδικασία λήψεως αποφάσεων, και ανεξάρτητα από την φύση του προβλήματος, υπάρχουν ορισμένα λογικά βήματα τα όποια είναι απαραίτητα.

Στην διαδικασία λήψεως αποφάσεων υπάρχουν συνήθως πολλές διαστάσεις πού καλύπτουν ένα ευρύτατο γνωστικό φάσμα (όπως φιλοσοφία, δίκαιο, ανθρωπολογία, μαθηματικά, ψυχολογία, κοινωνικές επιστήμες, κ.τ.λ.). Οι διαστάσεις αυτές είναι σχεδόν αδύνατον να εκφραστούν όλες κατά τρόπο ποσοτικό. Έτσι, σπάνια έχουμε σαφή και πλήρη γνώση για τον τρόπο πού αλληλοσυνδέονται και επηρεάζουν την λύση ενός προβλήματος.

Είναι γεγονός, ότι η σωστή λήψη αποφάσεων αποτελεί ένα θέμα ζωτικής σημασίας για την εύρυθμη λειτουργία μια επιχείρησης, καθώς τις παρέχει τη δυνατότητα να καταλήξει σε μια ορθή απόφαση αναφορικά με την στρατηγική που θα ακολουθήσει αποφεύγοντας με αυτόν τον τρόπο τη λήψη αποφάσεων, που μπορεί να οδηγήσει σε αποτυχία ακόμα και της ίδιας της εταιρίας, καθώς μια λανθασμένη απόφαση μπορεί να αποδειχθεί ιδιαίτερα επιζήμια και να οδηγήσει μέχρι και στην κατάρρευση μιας εταιρίας, αν έλαβε υπερβολικό ρίσκο, το οποίο είχε λιγοστές πιθανότητες να της αποφέρει κέρδη.

Ουσιαστικά, η εργασία αυτή προσφέρει στον οποιοδήποτε την δυνατότητα να μάθει από την αρχή και βήμα προς βήμα, πως εφαρμόζεται η διαδικασία της λήψης αποφάσεων, καθώς περιγράφει με πολύ απλοϊκό και κατανοητό τρόπο με απλά λόγια και χρήση πινάκων και σχημάτων, πως εφαρμόζεται η διαδικασία αυτή μέσω του προγράμματος excel και συγκεκριμένα του πρόσθετου PrecisionTree.

Αυτό μπορεί να λειτουργήσει ιδανικά ως εγχειρίδιο χρήσης, το οποίο μπορεί να μειώσει αρκετά από τα προβλήματα, που πιθανόν να εμφανιστούν στην πορεία, ενώ παράλληλα συμβάλλει ουσιαστικά στην εξοικονόμηση χρόνου αν για παράδειγμα έχουμε ένα σύνθετο πρόβλημα με πολλές εναλλακτικές για το οποίο πρέπει να ληφθεί η βέλτιστη απόφαση, είναι εξαιρετικά χρονοβόρο να γίνει προσπάθεια να πραγματοποιηθεί με το χέρι, ενώ πιθανότατα και το αποτέλεσμα να μην είναι το επιθυμητό και να απέχει αρκετά από την πραγματικότητα.

Συνεπώς, η σημαντικότητα της ανάλυσης ευαισθησίας του δένδρου αποφάσεων, καθώς και η απουσία ενός τέτοιου πονήματος από την ελληνική αγορά, αποτελεί θεμελιώδους σημασία για την επιστήμη.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### 1.1 Πολυεπίπεδα Προβλήματα Αποφάσεων

Τώρα θα εξετάσουμε ένα πρόβλημα όπου ο λήπτης της απόφασης πρέπει να πάρει τουλάχιστον δύο αποφάσεις που χωρίζονται χρονικά, όπως όταν μια εταιρία πρέπει να αποφασίσει εάν θα αγοράσει πληροφορίες που θα την βοηθήσουν να πάρει μια δεύτερη απόφαση. Το ακόλουθο παράδειγμα απεικονίζει αυτή την τυπική περίπτωση.

### 1.2 ΠΡΟΩΘΩΝΤΑΣ ΣΤΗΝ ΑΓΟΡΑ ΕΝΑ ΝΕΟ ΠΡΟΙΟΝ ΣΤΗΝ ΕΤΑΙΡΙΑ ACME

Η εταιρία ACME προσπαθεί να αποφασίσει εάν θα προωθήσει στην αγορά ένα νέο προϊόν. Όπως σε πολλές περιπτώσεις νέου προϊόντος, υπάρχει σημαντική αμφιβολία σχετικά με το εάν το νέο προϊόν "θα πιάσει" τελικά. Η ACME πιστεύει ότι ίσως είναι συνετό να εισάγει το προϊόν σε μια **τοπική δοκιμαστική αγορά** προτού να το εισάγει **εθνικά**.

Γι αυτό, η **πρώτη απόφαση** της εταιρίας είναι εάν θα διεξάγει την δοκιμή αγοράς. Η ACME υπολογίζει ότι το **σταθερό κόστος** για τη δοκιμή αγοράς είναι \$3 **εκατομμύρια**. Εάν αποφασίσει να διεξάγει την προώθηση στη δοκιμαστική αγορά, θα πρέπει τότε να περιμένει τα αποτελέσματα. Βάσει των αποτελεσμάτων της έρευνας, μπορεί έπειτα να αποφασίσει **εάν θα προωθήσει το προϊόν εθνικά**, στην οποία περίπτωση θα επιφορτιστεί με **καθορισμένο κόστος \$90 εκατομμυρίων**. Απ' την άλλη μεριά, εάν η αρχική απόφαση είναι να μην εκτελέσει την έρευνα αγοράς, τότε η τελική απόφαση- για το εάν θα προωθήσει το προϊόν εθνικά- μπορεί να παρθεί χωρίς περαιτέρω καθυστέρηση. Το περιθώριο διακύμανσης ανά προϊόν, **η διαφορά ανάμεσα στην τιμή πώλησης και στο μεταβλητό κόστος προϊόντος, είναι \$18** (στην έρευνα αγοράς και στην διεθνή αγορά).

Η ACME κατατάσσει τα αποτελέσματα είτε της δοκιμαστικής αγοράς είτε της εθνικής αγοράς, ως άριστα, ικανοποιητικά, ή απαίσια. Καθένα απ αυτά συνοδεύεται από μια **πρόβλεψη του συνόλου** των προϊόντων που θα πουληθούν. Αυτοί οι όγκοι πωλήσεων (σε 1000 κομμάτια) είναι 200, 100 και 30 για την δοκιμαστική αγορά και 6000, 3000, και 900 για την εθνική αγορά. Βασιζόμενοι σε προηγούμενες δοκιμές αγορών για παρόμοια προϊόντα, η ACME υπολογίζει ότι οι *πιθανότητες των τριών αποτελεσμάτων της έρευνας αγοράς είναι 0.3, 0.6, και τελικά 0.1.*

Τότε, βασιζόμενοι σε ιστορικά στοιχεία από προηγούμενα προϊόντα που πέρασαν την δοκιμή αγοράς και τελικά προωθήθηκαν εθνικά, αξιολογεί τις πιθανότητες των αποτελεσμάτων στην εθνική αγορά βάση κάθε πιθανού αποτελέσματος απ' την δοκιμαστική αγορά. *Εάν η δοκιμαστική αγορά είναι άριστη, οι πιθανότητες για τα αποτελέσματα της εθνικής αγοράς είναι 0,8, 0,15, και 0,05. Εάν η δοκιμαστική αγορά είναι ικανοποιητική, αυτές οι πιθανότητες είναι 0.3, 0.5, και 0.2. Εάν η δοκιμαστική αγορά είναι απαίσια, αυτές είναι 0,05, 0,25 και 0,7. (Προσέξτε πώς οι πιθανότητες των αποτελεσμάτων της εθνικής αγοράς τείνουν να αντικατοπτρίζουν τα αποτελέσματα της δοκιμαστικής αγοράς.)*

Η εταιρεία θέλει να χρησιμοποιήσει την **μέθοδο του δένδρογράμματος αποφάσεων** για να βρει την καλύτερη στρατηγική.

### Λύση

Ξεκινάμε αναλύοντας τρία βασικά στοιχεία αυτού του προβλήματος απόφασης: **α) τις πιθανές στρατηγικές, β) τα πιθανά αποτελέσματα και τις πιθανότητες τους, γ) και το μοντέλο τιμών.**

**α) Οι πιθανές στρατηγικές είναι ξεκάθαρες.** ACME πρέπει πρώτα να αποφασίσει κατά πόσο να εισάγει το προϊόν σε εθνικό επίπεδο. Ωστόσο, είναι σημαντικό να αντιληφθούμε ότι εάν η ACME αποφασίσει να διεξάγει μια έρευνα αγοράς, μπορεί να βασίσει την απόφαση της για την εθνική αγορά στα αποτελέσματα της έρευνας αγοράς. Σε αυτή την περίπτωση η τελική της στρατηγική θα είναι ένα **σχέδιο έκτακτης ανάγκης**, όπου διεξάγεται η έρευνα αγοράς, έπειτα εισάγεται το προϊόν εθνικά εάν λάβει αρκετά ικανοποιητικά αποτελέσματα και εγκαταλείπεται το προϊόν αν λάβει αρκετά αρνητικά αποτελέσματα στην έρευνα αγοράς. Οι βέλτιστες στρατηγικές σε πολλά πολυεπίπεδα προβλήματα αποφάσεων εμπεριέχουν παρόμοια σχέδια έκτακτης ανάγκης.

**β) Σχετικά με τα αβέβαια αποτελέσματα και τις πιθανότητες τους,** σημειώνουμε ότι οι δεδομένες πιθανότητες- πιθανότητες των αποτελεσμάτων έρευνας αγοράς και οι υποθετικές/ εξαρτώμενες πιθανότητες των εθνικών αποτελεσμάτων βάση των αποτελεσμάτων της έρευνας αγοράς- είναι ακριβώς αυτές που χρειαζόμαστε στο δένδρογράμμα αποφάσεων. Αυτό συμβαίνει επειδή το αποτέλεσμα της έρευνας αγοράς είναι γνωστό προτού προκύψει το αποτέλεσμα για την εθνική αγορά. Ωστόσο, υποθέστε ότι η ACME αποφασίσει να μην διεξάγει έρευνα αγοράς και έπειτα αποφασίσει να διοχετεύσει στην αγορά εθνικά. Τότε, ποιες είναι οι πιθανότητες των αποτελεσμάτων της εθνική αγοράς;

Είναι σημαντικό να συνειδητοποιήσουμε ότι δεν μπορούμε απλά να αξιολογήσουμε τρεις νέες πιθανότητες για αυτήν την περίπτωση. Αυτές οι πιθανότητες υπονοούνται απ τις δοσμένες πιθανότητες. Αυτό συνεπάγεται απ τους κανόνες των **εξαρτημένων/ υποθετικών πιθανοτήτων** .

*Αν ορίσουμε ως  $T_1$ ,  $T_2$ , και  $T_3$  τα αποτελέσματα της έρευνας αγοράς και  $N$  οποιοδήποτε απ' τα αποτελέσματα της εθνικής αγοράς , τότε με τον κανόνα της πρόσθεσης για τους τύπους των πιθανοτήτων και των εξαρτημένων/ υποθετικών πιθανοτήτων :*

$$P(N) = P(N \text{ and } T_1) + P(N \text{ and } T_2) + P(N \text{ and } T_3) \quad (10.1)$$

$$= P(N|T_1)P(T_1) + P(N|T_2)P(T_2) + P(N|T_3)P(T_3) \quad (10.2)$$

*(Αυτός ορισμένες φορές ονομάζεται ο νόμος των συνολικών πιθανοτήτων.)*

Για παράδειγμα , εάν  $N_1$  αντιπροσωπεύει ένα άριστο αποτέλεσμα για την εθνική αγορά, τότε απ την εξίσωση 10.1 :

$$P(N_1) = (0.8)(0.3) + (0.3)(0.6) + (0.05)(0.1) = 0.425$$

Παρομοίως, βρίσκουμε ότι  $P(N_2) = 0.37$  and  $P(N_3) = 0.205$  .

**Αυτές είναι οι πιθανότητες που χρειάζεται να χρησιμοποιήσουμε για τις διακλαδώσεις πιθανοτήτων όταν δεν εφαρμοστεί έρευνα αγοράς.**

*Τελικά, οι χρηματικές αξίες στο δενδρόγραμμα είναι απλές. Υπάρχουν καθορισμένα κόστη στο να προωθήσεις στην αγορά δοκιμαστικά και εθνικά, και αυτά επέρχονται αμέσως μετά την λήψη της απόφασης "προχωράμε." Απ' αυτό το σημείο, παρατηρούμε τον όγκο των πωλήσεων και τον πολλαπλασιάζουμε με το περιθώριο διακύμανσης κέρδους μονάδας για να πάρουμε τα κέρδη.*

**γ)Χρησιμοποιώντας το δενδρόγραμμα ακριβείας:** Τα δεδομένα για το δενδρόγραμμα ακριβείας εμφανίζονται στο σχ.10.26. Οι μόνες υπολογισμένες τιμές σε αυτό το τμήμα του φύλλου εργασίας είναι στην σειρά 28, οι οποίες συνεπάγονται από την εξίσωση (10.1). Ειδικά, ο τύπος στο κελί B28 είναι **=SUMPRODUCT(B22:B24,\$B\$16:\$B\$18)** τον οποίο αντιγράφουμε οριζόντια στη σειρά 28.

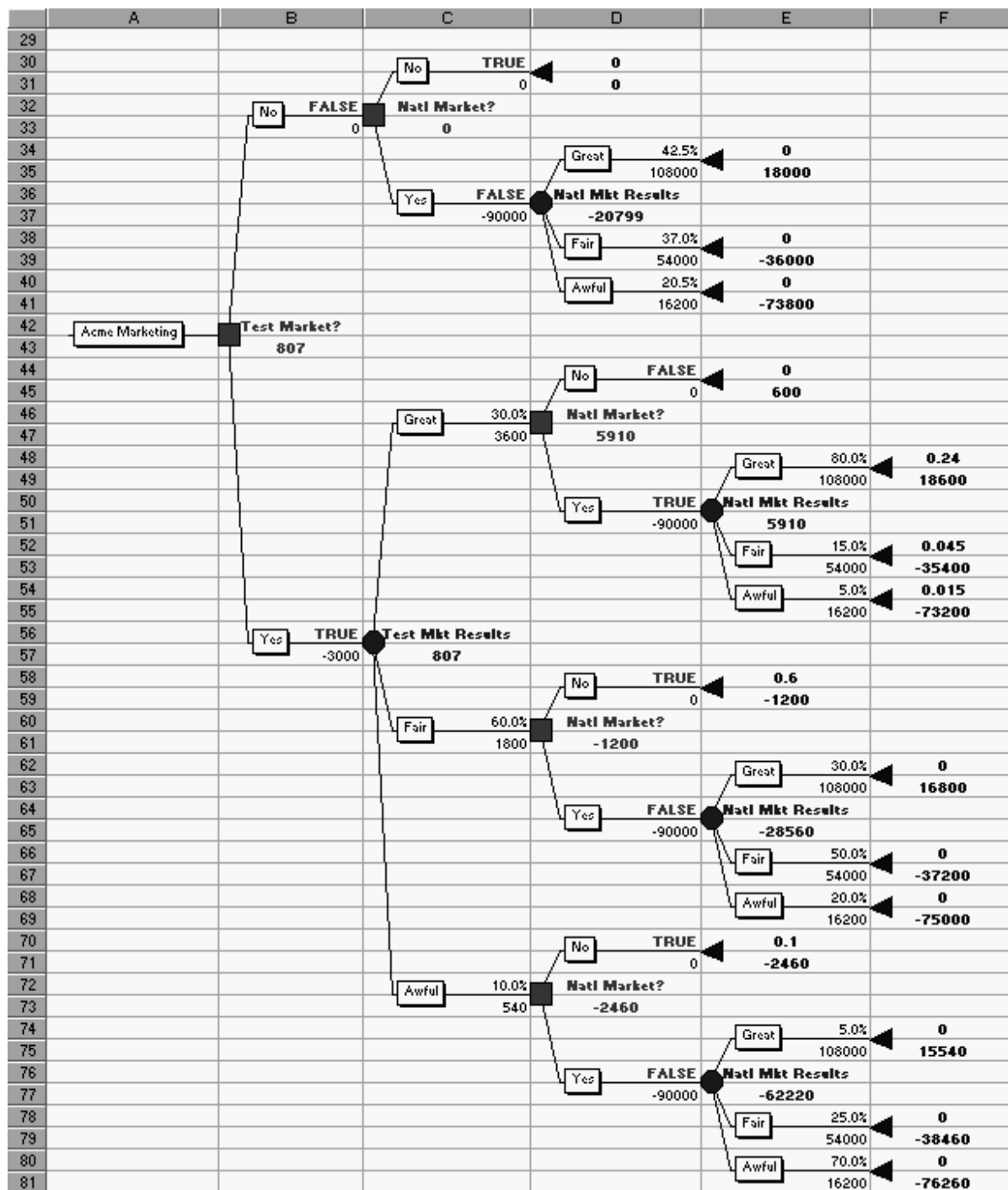
Το δενδρόγραμμα είναι έπειτα απλό να κατασκευαστεί και να ονομαστεί, όπως φαίνεται στο σχ. 10.27. Σημειώστε πώς τα καθορισμένα κόστη της δοκιμαστικής αγοράς και της εθνικής αγοράς εμφανίζονται στις διακλαδώσεις αποφάσεων όπου προκύπτουν, έτσι ώστε μόνο τα κέρδη των πωλήσεων να χρειάζεται να τοποθετηθούν στις διακλαδώσεις πιθανοτήτων. Επίσης, οι πιθανότητες στις διάφορες διακλαδώσεις πιθανοτήτων είναι ακριβώς αυτές που καταγράφονται στο σχήμα 10.26.

**Σχ..10.26 Δεδομένα για την προώθηση της ACME**

	A	B	C	D
1	<b>Acme marketing example</b>			
2				
3	Fixed costs (\$1000s)			
4	Test mkt	\$3,000	<b>Range names:</b> NatlMktCost: B5 TestMktCost: B4 UnitMargin: B18	
5	National mkt	\$90,000		
6				
7	Unit margin	\$18		
8				
9	Possible quantities sold (1000s)			
10		Test mkt	Natl mkt	
11	Great	200	6000	
12	Fair	100	3000	
13	Awful	30	900	
14				
15	Probabilities of test outcomes			
16	Great	0.30		
17	Fair	0.60		
18	Awful	0.10		
19				
20	Probabilities of natl mkt outcomes, given test mkt outcomes			
21		Natl great	Natl fair	Natl awful
22	Test great	0.80	0.15	0.05
23	Test fair	0.30	0.50	0.20
24	Test awful	0.05	0.25	0.70
25				
26	Probabilities of natl mkt outcomes without test mkt (calculated from above inputs)			
27		Natl great	Natl fair	Natl awful
28		0.425	0.370	0.205

Σχ. 10.27 Δενδρόγραμμα απόφασης για το παράδειγμα προώθησης της ACME





Η ερμηνεία αυτού του δενδρογράμματος είναι αρκετά απλή αν συνειδητοποιήσουμε ότι κάθε τιμή ακριβώς κάτω από το όνομα των κόμβων είναι μια **αναμενόμενη χρηματική τιμή (EMV)**.

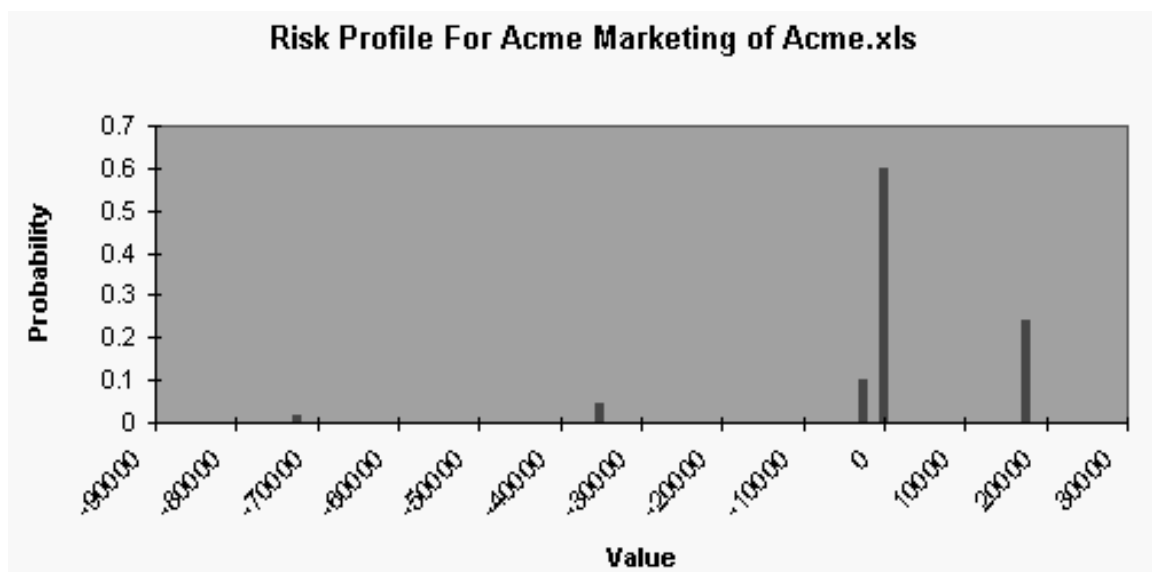
Για παράδειγμα, το 807 στο κελί B43 είναι η αναμενόμενη χρηματική τιμή για ολόκληρο το πρόβλημα απόφασης. Αυτό σημαίνει ότι η καλύτερη αναμενόμενη χρηματική τιμή της ACME είναι \$807.000.

Ως άλλο παράδειγμα, το 5910 στο κελί D47 σημαίνει ότι εάν η εταιρεία φτάσει ποτέ σ αυτό το σημείο- η έρευνα αγοράς έχει διεξαχθεί και έχει πάει άριστα- η αναμενόμενη χρηματική τιμή για την ACME είναι \$5910000. Κάθε μια απ αυτές τις τιμές έχει υπολογιστεί με την διαδικασία αναδίπλωσης που συζητήσαμε νωρίτερα, ξεκινώντας απ τα αριστερά και δουλεύοντας πίσω προς τα αριστερά. Το δενδρόγραμμα ακριβείας παίρνει τις αναμενόμενες χρηματικές τιμές στους κόμβους πιθανοτήτων και τις μέγιστες τιμές στους κόμβους αποφάσεων.

Μπορούμε επίσης να δούμε την βέλτιστη στρατηγική της ACME ακολουθώντας τις διακλαδώσεις "True"/"Σωστό" από αριστερά στα δεξιά. Η εταιρεία πρέπει πρώτα να κάνει έρευνα αγοράς. Αν τα αποτελέσματα είναι άριστα, τότε το προϊόν θα πρέπει να προωθηθεί εθνικά. Ωστόσο, εάν τα αποτελέσματα είναι μόνο ικανοποιητικά ή απαίσια, το προϊόν θα πρέπει να εγκαταλειφθεί. Σ αυτές τις περιπτώσεις οι προοπτικές από την εθνική αγορά φαίνονται κακές, γι αυτό η εταιρεία θα πρέπει να μειώσει τις απώλειες. (Και υπάρχουν απώλειες. Σ' αυτές τις δυο τελευταίες περιπτώσεις, η ACME έχει ξοδέψει \$3000000 στην έρευνα αγοράς και έχει αποσβέσει \$ 1800000 ή \$540000 απ τις αντίστοιχες πωλήσεις.)

Το προφίλ του ρίσκου απ' την βέλτιστη στρατηγική φαίνεται στο σχ. 10.28. Βασίζεται σε δεδομένα του σχ. 10.29. (Αυτά αποκτήθηκαν κάνοντας κλικ στο κουμπί σκάλας του δενδρογράμματος ακριβείας και επιλέγοντας τις επιλογές Στατιστικής και Προφίλ Ρίσκου.) Βλέπουμε ότι υπάρχει μικρή πιθανότητα δυο πιθανών μεγάλων απωλειών (περίπου \$73 εκατομμύρια και \$35 εκατομμύρια), υπάρχει 70% πιθανότητα μέτριας απώλειας ύψους περίπου \$1 ή \$2 εκατομμυρίων, και υπάρχει 24% πιθανότητα για κέρδος \$18,6 εκατομμυρίων. Φυσικά , το καθαρό αποτέλεσμα είναι η αναμενόμενη χρηματική τιμή/(EMV) των \$807.000.

Σχ.10.28 Το προφίλ ρίσκου της βέλτιστης στρατηγικής



Σχ.10.29 Κατανομή κέρδους/απώλειας από την βέλτιστη στρατηγική

	A	B	C
16	<b>PROFILE:</b>		
17	#	X	P
18	1	-73200	0.015
19	2	-35400	0.045
20	3	-2460	0.1
21	4	-1200	0.6
22	5	18600	0.24

Ίσως ισχυριστείτε ότι οι μεγάλες δυνατές απώλειες και οι ελαφρώς πάνω του 70% πιθανότητα κάποιες απώλειες θα έπρεπε να πείσουν την ACME να εγκαταλείψει το προϊόν αμέσως - χωρίς έρευνα αγοράς. Ωστόσο, αυτό σημαίνει το " Να παίζεις με τους μέσους όρους" με την αναμενόμενη χρηματική τιμή . Απ' την στιγμή που η αναμενόμενη χρηματική τιμή της βέλτιστης στρατηγικής είναι μεγαλύτερη του 0 , δηλαδή η αναμενόμενη χρηματική τιμή του να εγκαταλειφθεί το προϊόν αμέσως, η ACME θα πρέπει να προχωρήσει με αυτή την βέλτιστη στρατηγική αν η εταιρεία είναι πραγματικά στοχευμένη στη μεγιστοποίηση της αναμενόμενης χρηματικής τιμής.

### 1.3 Αναμενόμενη τιμή του δείγματος πληροφοριών

Ο ρόλος της έρευνας αγοράς στο παράδειγμα προώθησης της ACME είναι να παρέχει πληροφορίες με την μορφή των ακριβέστερων πιθανοτήτων για τα αποτελέσματα της εθνικής αγοράς. Η πληροφόρηση συνήθως κοστίζει κάτι όπως στο πρόβλημα της ACME. Επί του παρόντος, το καθορισμένο κόστος της έρευνας αγοράς είναι \$3 εκατομμύρια, το οποίο ποσό τελικά δεν είναι πολύ να πληρωθεί καθώς η καλύτερη πολιτική της εταιρείας είναι να διεξάγει την έρευνα. Ωστόσο, ίσως ρωτήσετε πόσο αξίζει η έρευνα. Αυτό είναι εύκολο να απαντηθεί. Από το δενδρόγραμμα στο σχ.10.27, βλέπουμε ότι η αναμενόμενη χρηματική τιμή απ' την έρευνα αγοράς είναι \$807,000 παραπάνω από την απόφαση να μην δοκιμαστεί στην αγορά το προϊόν (και έπειτα να εγκαταλειφθεί). Γι' αυτό το λόγο, εάν το καθορισμένο κόστος της έρευνας αγοράς ήταν κάπως περισσότερο από \$807,000 πάνω από την τωρινή τιμή του, η ACME θα ήταν καλύτερο να μην διεξάγει την έρευνα. Ισοδύναμα, το περισσότερο που θα ήταν πρόθυμη να πληρώσει η εταιρεία για την έρευνα αγοράς (ως καθορισμένο κόστος) είναι \$3,807 εκατομμύρια. Αυτή η τιμή ονομάζεται **αναμενόμενη τιμή δείγματος πληροφορίας ή EVSL** . Γενικά, μπορούμε να γράψουμε την ακόλουθη διατύπωση για την EVSL:

$$EVSI = EMV \text{ με δωρεάν πληροφόρηση} - EMV \text{ χωρίς πληροφόρηση}$$

Στο πρόβλημα της ACME , η EMV με δωρεάν πληροφόρηση είναι \$3,807 εκατομμύρια (απλά δεν χρεώνετε το καθορισμένο κόστος έρευνας αγοράς), και η ίδια χωρίς καθόλου πληροφόρηση για την

έρευνα αγοράς είναι \$0 (επειδή η ACME εγκαταλείπει το προϊόν όταν δεν υπάρχει έρευνα διαθέσιμη).  
Γι' αυτό το λόγο,

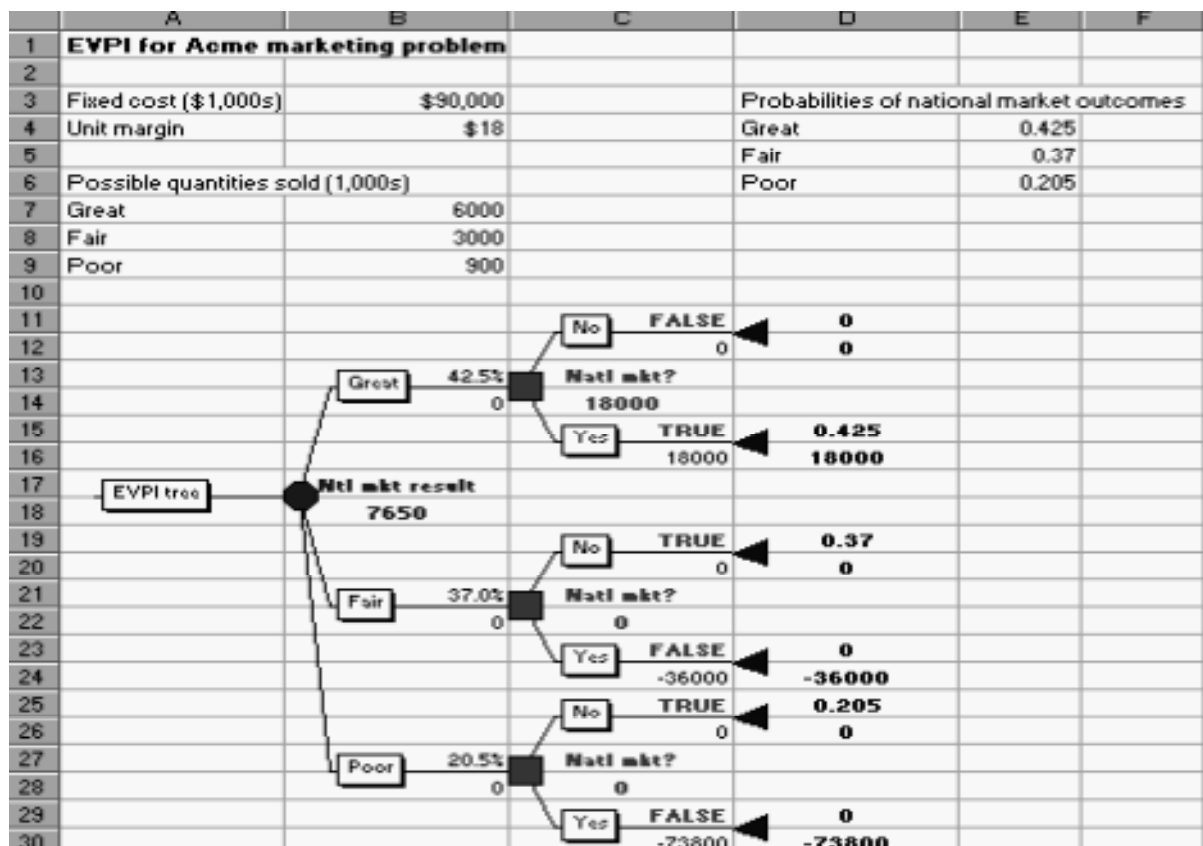
$$EVSI = \$3.807 - \$0 = \$3.807 \text{ εκατομμύρια}$$

#### 1.4 Αναμενόμενη τιμή τέλει πληροφόρησης

Ο λόγος το όρου δείγμα είναι ότι η πληροφόρηση δεν απομακρύνει όλη την αβεβαιότητα για το μέλλον. Δηλαδή, ακόμα και μετά την συγκέντρωση των αποτελεσμάτων της έρευνας αγοράς, υπάρχει αβεβαιότητα για τα εθνικά αποτελέσματα. Έτσι, ίσως πάμε ένα βήμα παραπέρα και ρωτήσουμε πόσο κοστίζει η τέλεια πληροφόρηση.

Μπορούμε να φανταστούμε την τέλεια πληροφόρηση ως ένα φάκελο που περιέχει το αληθινό τελικό αποτέλεσμα (της αγοράς σε εθνικό επίπεδο). Δηλαδή, είτε η εθνική αγορά θα είναι άριστη, ή θα είναι ικανοποιητική, ή η εθνική αγορά θα είναι κακή, θα αναγράφεται μέσα στο φάκελο. Κατά γενική παραδοχή, δεν υπάρχει τέτοιος φάκελος, αλλά αν υπήρχε, πόσο θα ήταν διατεθειμένη η ACME να πληρώσει για αυτόν; Μπορούμε να απαντήσουμε αυτή την ερώτηση με ένα απλό δενδρόγραμμα αποφάσεων στο σχ.10.30.

Σχ10.30 Η EVPI για το παράδειγμα προώθησης της ACME



Τώρα ο κόμβος πιθανοτήτων στα αριστερά αντιστοιχεί στο άνοιγμα του φακέλου. Οι πιθανότητες είναι οι ίδιες όπως πριν (όταν δεν υπήρχε διαθέσιμη έρευνα αγοράς). Σημειώστε την λογική εδώ. Η ACME δεν ξέρει ποια θα είναι τα περιεχόμενα του φακέλου, γι αυτό χρειαζόμαστε ένα κόμβο πιθανοτήτων. Ωστόσο, αφού ανοιχτεί ο φάκελος, το αληθινό αποτέλεσμα για την εθνική αγορά θα αποκαλυφθεί. Σε αυτό το σημείο η απόφαση της ACME είναι αρκετά προφανής. Εάν μάθει ότι η εθνική αγορά είναι άριστη, γνωρίζει ότι το προϊόν θα είναι επικερδές και θα το προωθήσει. Διαφορετικά, αν μάθει ότι η εθνική αγορά είναι ικανοποιητική ή κακή, γνωρίζει ότι θα υπάρξει απώλεια από το να προωθήσει το προϊόν εθνικά και έτσι θα εγκαταλείψει το προϊόν. Η διαδικασία της αναδίπλωσης του πίνακα, με τον συνηθισμένο τρόπο, παράγει μια αναμενόμενη χρηματική αξία \$7.65 εκατομμυρίων.

Τώρα συγκρίνετε αυτό το ποσό των \$7,65 εκατομμυρίων με την αναμενόμενη τιμή στην κορυφή του σχ.10.27 που δεν προκύπτει από έρευνα αγοράς, ουσιαστικά \$0.

Η διαφορά, \$7,65 εκατομμύρια, ονομάζεται **αναμενόμενη τιμή τέλειας πληροφόρησης ή EVPI**. Αντιπροσωπεύει το μέγιστο ποσό που η εταιρεία θα πλήρωνε για την τέλεια πληροφόρηση ως προς το τελικό αποτέλεσμα (της εθνικής αγοράς).

Γενικά η διατύπωση για την EVPI είναι:

**EVPI = EMV με δωρεάν τέλεια πληροφόρηση – EMV χωρίς πληροφόρηση**

*Στην περίπτωση της ACME αυτή η διατύπωση παίρνει τη μορφή:*

***EVPI = \$7.65 – \$0 = \$7.65 εκατομμύρια***

Η EVPI μπορεί να φανεί ότι είναι άσχετη ιδέα μια και η τέλεια πληροφόρηση δεν είναι σχεδόν ποτέ διαθέσιμη- σε οποιαδήποτε τιμή. Ωστόσο, είναι συχνά χρήσιμη επειδή αντιπροσωπεύει ένα ανώτατο όριο για την EVPI για όποια δυνατή δειγματοληπτική πληροφόρηση. Δηλαδή, καμιά δειγματοληπτική πληροφόρηση δεν μπορεί ποτέ να αξίζει περισσότερο από την EVPI. Για παράδειγμα, εάν η εταιρεία σκέπτεται μια ακριβή έρευνα αγοράς με ένα προσδοκώμενο σταθερό κόστος περισσότερο από \$8 εκατομμύρια, τότε δεν έχει πραγματικό νόημα να επιδιώξει περαιτέρω. Η πληροφορία που αποκτάται από την έρευνα αγοράς, άσχετα με το πόσο αξιόπιστη είναι, δεν μπορεί πιθανότατα, να αιτιολογήσει το κόστος επειδή το κόστος της είναι μεγαλύτερο απ την EVPI.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### 2.1 Ο ΚΑΝΟΝΑΣ ΤΟΥ BAYES

Στα προβλήματα πολυεπίπεδων αποφάσεων συνήθως έχουμε εναλλασσόμενα σετ κόμβων αποφάσεων και κόμβων πιθανοτήτων. Ο λήπτης της απόφασης παίρνει μια απόφαση, παρατηρούνται κάποια αβέβαια αποτελέσματα, ο λήπτης της απόφασης παίρνει μια άλλη απόφαση, παρατηρούνται πιο αβέβαια αποτελέσματα, και ούτω καθεξής.

Στο δενδρόγραμμα αποφάσεων που προκύπτει, όλα τα κλαδιά πιθανοτήτων στα δεξιά του δενδρογράμματος είναι εξαρτώμενα των αποτελεσμάτων που έχουν προκύψει νωρίτερα, στα αριστερά τους. Γι αυτό το λόγο, οι πιθανότητες αυτών των διακλαδώσεων είναι της μορφής  $P(A|B)$ , όπου  $B$  είναι ένα γεγονός που συμβαίνει πριν το γεγονός  $A$  χρονικά. Ωστόσο, είναι μερικές φορές πιο φυσικό να αξιολογήσουμε τις εξαρτώμενες πιθανότητες με την αντίθετη σειρά, δηλαδή,  $P(B|A)$ . Κάθε φορά που έτσι έχει η κατάσταση, χρειαζόμαστε τον κανόνα του Bayes για να πάρουμε τις πιθανότητες που ζητάμε στο δενδρόγραμμα. **Ουσιαστικά, ο κανόνας του Bayes είναι ένας μηχανισμός για την ανανέωση των πιθανοτήτων καθώς μας διατίθενται νέες πληροφορίες.** Απεικονίζουμε τον μηχανισμό του κανόνα του Bayes στο ακόλουθο παράδειγμα. (Βλ. Feinstein, 1990, για μια πραγματική εφαρμογή αυτού του παραδείγματος).

### 2.2 ΕΛΕΓΧΟΣ ΟΥΣΙΩΝ ΓΙΑ ΑΘΛΗΤΕΣ ΚΟΛΕΓΙΩΝ

Εάν ένας αθλητής ελέγχεται για την χρήση συγκεκριμένου τύπου ουσιών (ας πούμε στεροειδή), τότε τα αποτελέσματα του ελέγχου θα είναι είτε αρνητικά ή θετικά. Ωστόσο, αυτά τα τεστ δεν είναι ποτέ τέλεια. Μερικοί αθλητές που είναι καθαροί από ουσίες βρίσκονται θετικοί, και κάποιοι που είναι χρήστες ουσιών βρίσκονται αρνητικοί. Οι πρώτοι ονομάζονται ψευδείς αρνητικοί, οι δεύτεροι ονομάζονται ψευδείς θετικοί.

Θα υποθέσουμε ότι 5% απ' όλους τους αθλητές χρησιμοποιούν ουσίες, 3% απ' όλα τα τεστ σε καθαρούς αθλητές αποδίδουν ψευδή θετικά αποτελέσματα και 7% όλων των τεστ σε χρήστες ουσιών αποδίδουν ψευδή αρνητικά αποτελέσματα. Η ερώτηση τότε είναι τι μπορούμε να συμπεράνουμε από ένα θετικό ή αρνητικό αποτέλεσμα ελέγχου.

#### Λύση

Ας υποδηλώσουμε με  $D$  και  $ND$  ότι ένας τυχαία επιλεγμένος αθλητής είναι ή δεν είναι χρήστης ουσιών, και ας δείξουμε με  $T+$  και  $T-$  ένα θετικό και ένα αρνητικό αποτέλεσμα τεστ. Μας δίνονται οι ακόλουθες πιθανότητες. Πρώτον, αφού 5% απ' όλους τους αθλητές είναι χρήστες ουσιών, ξέρουμε ότι  $P(D) = 0.05$  and  $P(ND) = 0.95$ . Αυτές ονομάζονται **πρότερες πιθανότητες** επειδή αντιπροσωπεύουν την πιθανότητα ένας αθλητής να είναι ή όχι χρήστης πριν τα αποτελέσματα του τεστ ουσιών.

Δεύτερον, από τις πληροφορίες για την ορθότητα των τεστ ουσιών, γνωρίζουμε τις **εξαρτώμενες πιθανότητες**  $P(T+ | ND) = 0.03$  και  $P(T- | D) = 0.07$ . Αλλά ένας καθαρός από ουσίες αθλητής δίνει αποτελέσματα είτε θετικά ή αρνητικά, και το ίδιο ισχύει και για ένα χρήστη. Γι αυτό το λόγο, έχουμε επίσης τις πιθανότητες  $P(T- | ND) = 0.97$  και  $P(T+ | D) = 0.93$ . Αυτές οι 4 εξαρτώμενες πιθανότητες για

τα αποτελέσματα των τεστ δεδομένης της κατάστασης του χρήστη συχνά ονομάζονται **likelihoods/ ενδεχόμενα των αποτελεσμάτων των τεστ**.

Δεδομένων των πρότερων πιθανοτήτων και των ενδεχομένων, θέλουμε τις **μετέπειτα πιθανότητες** όπως  $P(D|T+)$  την πιθανότητα ότι ένας αθλητής με θετικό αποτέλεσμα είναι χρήσης ουσιών ή  $P(ND|T-)$ , την πιθανότητα ότι ένας αθλητής που κρίθηκε αρνητικός είναι καθαρός από ουσίες. Ονομάζονται **μετέπειτα πιθανότητες** επειδή αξιολογούνται μετά τα αποτελέσματα των τεστ. Εδώ μπαίνει ο κανόνας του Bayes. Θα αναπτύξουμε τον κανόνα αυτό σε γενικευμένη μορφή και έπειτα θα τον εφαρμόσουμε στο παρόν παράδειγμα.

Ας είναι **A** κάποιο γεγονός " πληροφόρησης", όπως το αποτέλεσμα του ελέγχου ουσιών, και ας είναι  $B_1, B_2, \dots, B_n$  οποιαδήποτε **αμοιβαία αποκλειόμενα και εκτενή σετ γεγονότων**. Αυτό σημαίνει ότι ακριβώς μια απ' τις περιπτώσεις B πρέπει να προκύψει.

Για να εφαρμόσουμε τον κανόνα του Bayes, υποθέτουμε ότι οι **πρότερες πιθανότητες**  $P(B_1), P(B_2), \dots, P(B_n)$  είναι δεδομένες, όπως συμβαίνει και με τα ενδεχόμενα για κάθε **πληροφορία i**. Τότε θέλουμε τις μετέπειτα πιθανότητες για κάθε πληροφορία. Ο κανόνας του Bayes δείχνει πώς τα βρίσκουμε

Για κάθε πληροφορία i έχουμε:

$$P(B_i | A) = \frac{P(A | B_i) P(B_i)}{P(A | B_1) P(B_1) + \dots + P(A | B_n) P(B_n)}$$

Αυτός ο τύπος λέει ότι μια χαρακτηριστική μετέπειτα πιθανότητα είναι αναλογία. Ο αριθμητής είναι ένα ενδεχόμενο επί τις πρότερες πιθανότητες, και ο παρονομαστής είναι το άθροισμα των ενδεχομένων επί τις πρότερες πιθανότητες. Προτού να απεικονίσουμε αριθμητικά τον κανόνα του Bayes, κάνουμε δυο άλλες παρατηρήσεις σχετικά με τους όρους σε αυτόν τον κανόνα.

Πρώτα, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τον **κανόνα πολλαπλασιασμού της πιθανότητας** για να γράψουμε οποιοδήποτε προϊόν ενός ενδεχομένου και μιας πρότερης πιθανότητας όπως:

$$P(A | B_i) P(B_i) = P(A \text{ and } B_i)$$

Η πιθανότητα στα δεξιά, ότι και τα δύο A και B<sub>i</sub> προκύπτουν, ονομάζεται **συνδυαστική** πιθανότητα.

Δεύτερον, μπορούμε να χρησιμοποιούμε τον **ορισμό της εξαρτώμενης πιθανότητας** κατευθείαν για να γράψουμε:

$$P(B_i | A) = \frac{P(A \text{ and } B_i)}{P(A)}$$

Γι' αυτό το λόγο, η πιθανότητα στον παρονομαστή του κανόνα του Bayes είναι στην πραγματικότητα απλά η πιθανότητα του A :

$$P(A) = P(A | B_1) P(B_1) + \dots + P(A | B_n) P(B_n)$$

Είναι σχετικά εύκολο να εφαρμόσουμε τον κανόνα του Bayes σε φύλλο εργασίας, όπως απεικονίζεται στο σχ. 10.31 για το παράδειγμα των ναρκωτικών ουσιών. Εδώ ο **A** αντιστοιχεί σε όποια απ' τα δυο αποτελέσματα του ελέγχου, και **B<sub>1</sub>** και **B<sub>2</sub>** αντιστοιχούν στον χρήστη ουσιών (D) και στον καθαρό από ουσίες (ND). Με άλλα λόγια, θέλουμε να δούμε πώς οι πιθανότητες του D και του ND αλλάζουν αφού δούμε τα αποτελέσματα του τεστ.

Οι δεδομένες πρότερες πιθανότητες και τα ενδεχόμενα είναι καταγεγραμμένα στα πεδία B5:C5 και B9:C10. Εμείς τότε υπολογίζουμε τα προϊόντα των πρότερων και των ενδεχόμενων στα πεδία B15:C16.

**Ο τύπος στο κελί B15 είναι:** =B\$5\*B9

Και αυτό αντιγράφεται στο υπόλοιπο του πεδίου B15:C16. Τα αθροίσματα των σειρών τους υπολογίζονται στο πεδίο D15:D16. Αυτά αντιπροσωπεύουν τις ανεξάρτητες πιθανότητες των δυο πιθανών αποτελεσμάτων. Αυτές είναι επίσης (όπως είδαμε παραπάνω) και οι παρονομαστές του κανόνα του Bayes. Τελικά, υπολογίζουμε τις μετέπειτα πιθανότητες στο πεδίο B21:C22.

**Ο τύπος στο κελί B21 είναι:** =B15/\$D15

Και αυτό αντιγράφεται στο υπόλοιπο πεδίο B21:C22. Οι διάφοροι άσοι (1) στα περιθώρια του σχ.10.31 είναι αθροίσματα σειρών ή αθροίσματα στηλών που πρέπει να ισούνται με 1. Εμείς τα δείχνουμε μόνο ως έλεγχο της λογικής μας.

**Σχ. 10.31 Ο κανόνας του Bayes για το παράδειγμα ελέγχου ουσιών**

	A	B	C	D
1	<b>Illustration of Bayes' rule using drug example</b>			
2				
3	Prior probabilities of drug user status			
4		User	Non-user	
5		0.05	0.95	1
6				
7	Likelihoods of test results, given drug user status			
8		User	Non-user	
9	Test positive	0.93	0.03	
10	Test negative	0.07	0.97	
11		1	1	
12				
13	Joint probabilities of drug user status and test results			
14		User	Non-user	Unconditional
15	Test positive	0.0465	0.0285	0.075
16	Test negative	0.0035	0.9215	0.925
17				1
18				
19	Posterior probabilities of drug user status			
20		User	Non-user	
21	Test positive	0.620	0.380	1
22	Test negative	0.004	0.996	1



Σημειώστε ότι ένα αρνητικό αποτέλεσμα ελέγχου αφήνει μικρή αμφιβολία ότι ο αθλητής είναι καθαρός ουσιών. Η μετέπειτα πιθανότητα ότι ο αθλητής είναι καθαρός, δοθέντος ενός αρνητικού αποτελέσματος ελέγχου είναι 0.996. Ωστόσο, υπάρχει ακόμα μεγάλη αμφιβολία για τον αθλητή που βρίσκεται θετικός. Η μετέπειτα πιθανότητα ότι ο αθλητής χρησιμοποιεί ουσίες, δοθέντος του θετικού αποτελέσματος, είναι μόνο 0.620. Αυτή η ασυμμετρία προκύπτει εξαιτίας των πρότερων πιθανοτήτων. Είμαστε αρκετά σίγουροι ότι ένας τυχαία επιλεγμένος αθλητής είναι καθαρός από ουσίες επειδή μόνο 5% από όλους κάνουν τέτοια χρήση. Απαιτούνται πολλές αποδείξεις για να μας πείσουν για κάτι διαφορετικό. Αυτή η αρχική προκατάληψη, συν το γεγονός ότι το τεστ παράγει μερικά ψευδή θετικά, σημαίνει ότι οι αθλητές με θετικά αποτελέσματα ακόμα έχει μια ευπρεπή πιθανότητα (πιθανότητα 0.380) του να είναι καθαροί.

Είναι αυτό ένα έγκυρο επιχείρημα για να μην ζητείται έλεγχος ουσιών για τους αθλητές; Ερευνούμε αυτό το ερώτημα στην ακόλουθη συνέχεια του εν λόγω παραδείγματος. Τα πάντα εξαρτώνται από το "κόστος".

### 2.3 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ (ΣΥΝΕΧΙΖΕΤΑΙ) :ΕΛΕΓΧΟΣ ΟΥΣΙΩΝ ΓΙΑ ΑΘΛΗΤΕΣ ΚΟΛΕΓΙΩΝ

Η διοίκηση του Κρατικού Πανεπιστημίου προσπαθεί να αποφασίσει εάν θα θεσμοθετήσει υποχρεωτικό έλεγχο ουσιών για τους αθλητές. Έχει την ίδια πληροφόρηση για τις πρότερες πιθανότητες και τα ενδεχόμενα όπως στο προηγούμενο παράδειγμα, όμως τώρα θέλουν να χρησιμοποιήσουν ένα δενδρόγραμμα απόφασης για να δουν αν τα πλεονεκτήματα υπερτερούν του κόστους.

#### Λύση

Έχουμε ήδη συζητήσει τα αβέβαια αποτελέσματα και τις πιθανότητες τους. Τώρα πρέπει να συζητήσουμε τις εναλλακτικές λύσεις των αποφάσεων και τις χρηματικές τους αξίες- τα άλλα δυο στοιχεία μιας ανάλυσης αποτελεσμάτων. Θα υποθέσουμε ότι υπάρχουν μόνο δύο εναλλακτικές: α) να εκτελεστεί έλεγχος για χρήση ουσιών σε όλους τους αθλητές ή β) να μην εκτελεστεί έλεγχος.

Στην πρώτη περίπτωση υποθέτουμε ότι εάν ένας αθλητής κριθεί θετικός, αυτός αποκλείεται από τα αθλήματα.

**Οι χρηματικές αξίες** είναι πιο δύσκολο να αξιολογηθούν. Αυτές συμπεριλαμβάνουν:

- Το όφελος B από το να αναγνωρίσουμε σωστά ένα χρήστη και να τον αποκλείσουμε από τα αθλήματα
- Το κόστος  $C_1$  του ίδιου του τεστ για ένα μόνο αθλητή (υλικά και εργασία)
- Το κόστος  $C_2$  του να κατηγορηθεί ψευδώς ένας μη χρήστης (και να αποκλειστεί από τα αθλήματα)
- Το κόστος  $C_3$  του να μην αναγνωριστεί ένας χρήσης (είτε με το να μην ελεγχθεί καθόλου ή λαμβάνοντας ψευδές αρνητικό αποτέλεσμα)
- Το κόστος  $C_4$  του να παραβιαστεί η ιδιωτική ζωή ενός μη χρήστη εκτελώντας τον έλεγχο

Είναι ξεκάθαρο ότι μόνο το  $C_1$  είναι ένα ευθέως χρηματικό κόστος που είναι εύκολο να μετρηθεί. Ωστόσο, τα άλλα "κόστη" και το όφελος B είναι πραγματικά, και αυτά πρέπει να συγκριθούν σε κάποια κλίμακα για να δοθεί η δυνατότητα στην διοίκηση να πάρει μια λογική απόφαση. Εμείς θα το κάνουμε αυτό συγκρίνοντας το καθένα με το κόστος  $C_1$ , στο οποίο θα θέσουμε την τιμή 1. (Αυτό δεν σημαίνει ότι το κόστος του ελέγχου αθλητή είναι απαραίτητα \$1, ( αυτό απλά σημαίνει ότι θα εκφράσουμε όλα τα κόστη ως πολλαπλάσια του  $C_1$ .) Ξεκάθαρα, υπάρχει μεγάλη υποκειμενικότητα που σχετίζεται με αυτές τις συγκρίσεις, γι αυτό είναι απόλυτα απαραίτητη μια sensitivity analysis/ανάλυση ευαισθησίας στο τελικό δενδρόγραμμα αποφάσεων.

Προτού να αναπτύξουμε το δενδρόγραμμα, είναι χρήσιμο να σχηματίσουμε ένα πίνακα οφέλους-κόστους και για τις δυο εναλλακτικές και όλα τα πιθανά αποτελέσματα. Επειδή τελικά θα μεγιστοποιήσουμε το αναμενόμενο καθαρό όφελος, όλα τα οφέλη στον πίνακα αυτό έχουν ένα θετικό πρόσημο και όλα τα κόστη έχουν αρνητικό πρόσημο.

**Αυτά τα καθαρά οφέλη εμφανίζονται στον παρακάτω πίνακα 10.25:**

Don't Test					Perform test
D	ND	D and T+	ND and T+	D and T-	ND and T-
$-C_3$	0	$B - C_1$	$-(C_1 + C_2 + C_4)$	$-(C_1 + C_3)$	$-(C_1 + C_4)$

Οι πρώτες δυο στήλες είναι σχετικές εάν δεν διεξαχθούν έλεγχοι, οι τέσσερις τελευταίες είναι σχετικές όταν διεξάγεται έλεγχος.

Για παράδειγμα, εάν θετικό τεστ ληφθεί για ένα μη χρήστη, υπάρχουν τρία κόστη:

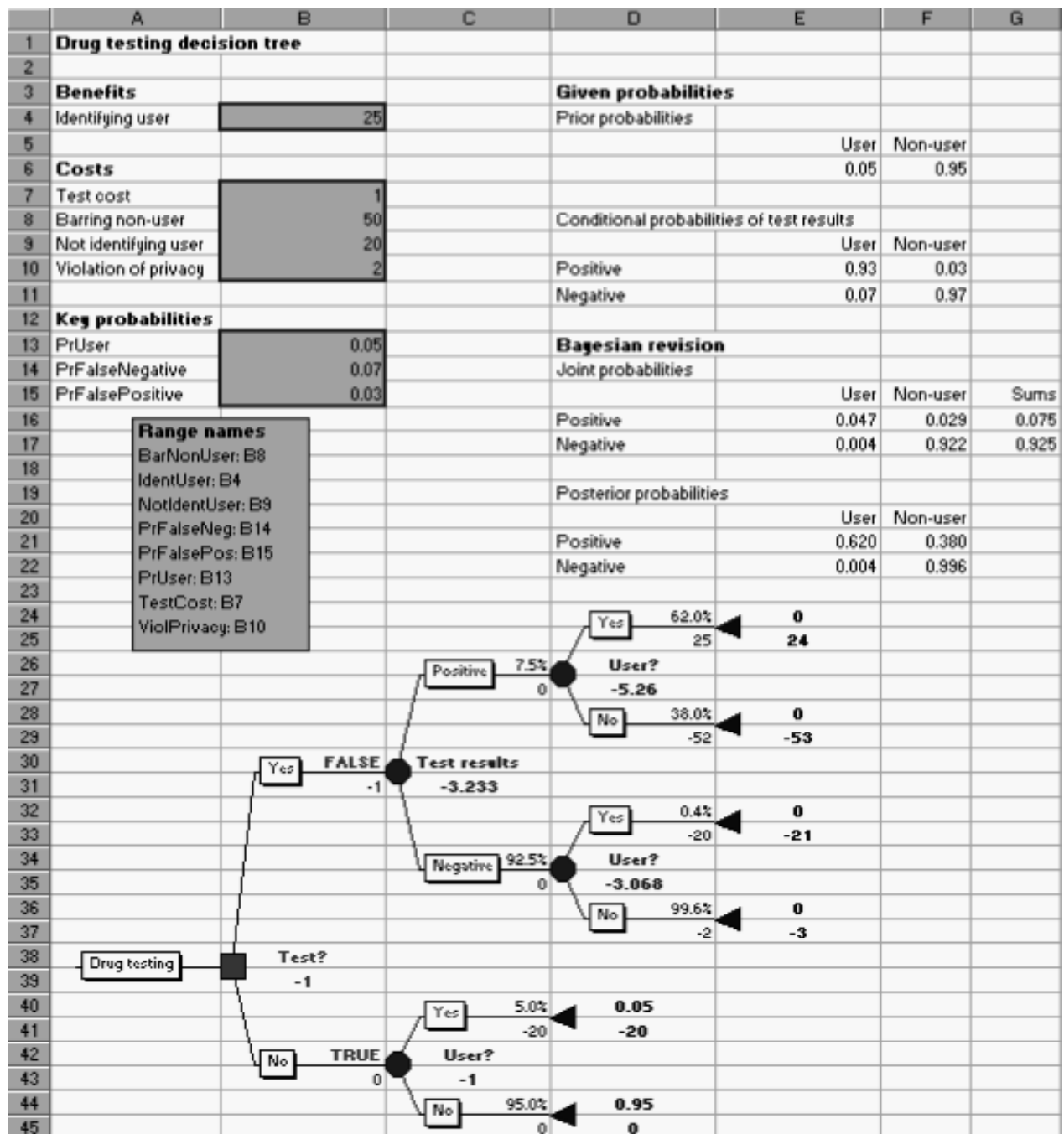
α) το κόστος του τεστ ( $C_1$ ), β) το κόστος του να κατηγορηθεί ψευδώς ένας μη χρήστης ( $C_2$ ), γ) και το κόστος του να παραβιαστεί η ιδιωτική ζωή ενός μη χρήστη ( $C_4$ ).

Η λύση με το Δενδρόγραμμα Ακριβείας που φαίνεται στο σχ.10.32 είναι τώρα αρκετά ευθύς. Πρώτα καταχωρούμε όλα τα οφέλη και τα κόστη στο τμήμα δεδομένων. Αυτά μαζί με τους υπολογισμούς του κανόνα του Bayes πρωτύτερα, εμφανίζονται στην κορυφή του φύλλου εργασίας. Τότε χρησιμοποιούμε το Δενδρόγραμμα Ακριβείας με τον συνήθη τρόπο για να χτίσουμε το δενδρόγραμμα και να εισάγουμε τους συνδέσμους με τις αξίες και τις πιθανότητες.

Προτού ερμηνεύσουμε αυτή τη λύση, συζητάμε τον συγχρονισμό (από τα αριστερά στα δεξιά). Εάν εκτελέσουμε έλεγχο ουσιών, το αποτέλεσμα του τεστ παρατηρείται πρώτο (ένας κόμβος πιθανοτήτων). Κάθε αποτέλεσμα τεστ οδηγεί σε μια πράξη (απαγόρευση από τα σπορ ή όχι), και τότε το τελικό όφελος ή κόστος εξαρτάται από το πόσο ο αθλητής χρησιμοποιεί ουσίες (πάλι κόμβος πιθανοτήτων). Ίσως ισχυριστείτε ότι το πανεπιστήμιο ποτέ δεν ξέρει σίγουρα αν ο αθλητής παίρνει φάρμακα, αλλά πρέπει να συμπεριλάβουμε την πληροφορία στο δενδρόγραμμα για να πάρουμε τα

οφέλη και τα κόστη σωστά. Αν δεν πραγματοποιηθεί έλεγχος, τότε δεν υπάρχει κόμβος ενδιάμεσου αποτελέσματος τεστ ή κλάδοι.

Σχ.10.32 Δενδρόγραμμα απόφασης για το παράδειγμα ελέγχου ουσιών



Τώρα στην ερμηνεία. Πρώτα, συζητάμε τα οφέλη και τα κόστη που φαίνονται στο σχήμα 10.32. Αυτά επιλέγονται αρκετά αυθαίρετα, αλλά με κάποια ελπίδα να αντικατοπτρίζουν την πραγματικότητα. Λένε ότι το μεγαλύτερο κόστος είναι να κατηγορείς λανθασμένα (και να αποκλείεις) ένα μη χρήστη. Αυτό είναι 50 φορές μεγαλύτερο από το κόστος του τεστ. Το πλεονέκτημα του να αναγνωρίζεις τον χρήστη

ουσιών είναι μόνο το μισό σε μέγεθος και το κόστος του να μην τον αναγνωρίσεις είναι 40% μεγαλύτερο το να αποκλείσεις τον μη χρήστη. Η παραβίαση της ιδιωτικής ζωής ενός μη χρήστη είναι δυο φορές μεγαλύτερη από το κόστος του τεστ. Βασιζόμενοι σ αυτές τις τιμές, το δενδρόγραμμα απόφασης υπονοεί ότι ο έλεγχος δεν θα έπρεπε να διενεργηθεί. Η αναμενόμενη χρηματική αξία για τον έλεγχο και για μη έλεγχο είναι επίσης αρνητικές, που υποδηλώνει ότι τα κόστη ξεπερνούν τα οφέλη για την κάθε περίπτωση, αλλά η αναμενόμενη χρηματική αξία είναι ελαφρώς λιγότερο αρνητική.

Τι θα απαιτούνταν για να αλλάξουμε αυτή την απόφαση; Θα αρχίσουμε με την υπόθεση, που πιθανώς είναι αποδεκτή από τους περισσότερους ανθρώπους στην κοινωνία μας, ότι το κόστος της ψευδής κατηγορίας μη χρήστη ( $C_2$ ) θα έπρεπε να ναι το μεγαλύτερο από τα οφέλη και τα κόστη στο πεδίο B4:B10.

Στην πραγματικότητα, εξαιτίας των πιθανών νομικών επιβαρύνσεων, ίσως ισχυριστούμε ότι το  $C_2$  θα έπρεπε να ναι περισσότερο από 50 φορές το κόστος του ελέγχου. Αλλά αν αυξήσουμε το  $C_2$ , η η ζυγαριά κλίνει ακόμα περισσότερο στην κατεύθυνση του μη ελέγχου. Από την άλλη μεριά, αν το όφελος B από την αναγνώριση ενός χρήστη και/ή το κόστος  $C_3$  για την μη αναγνώριση του αυξάνονται, τότε ο έλεγχος ίσως είναι η προτιμότερη εναλλακτική. Δοκιμάσαμε αυτό, κρατώντας το  $C_2$  σταθερό στο 50. Όταν B και  $C_3$  και τα δυο είχαν αξία 45, η βέλτιστη λύση ήταν ο μη έλεγχος, αλλά όταν και τα δύο αυξήθηκαν στο 50 - το ίδιο μέγεθος και ως μέγεθος και ως  $C_3$  - τότε η λύση του ελέγχου προκρίθηκε με μικρή διαφορά. Ωστόσο, θα ήταν δύσκολο να ισχυριστούμε ότι το B και το  $C_3$  θα έπρεπε να είναι του ίδιου μεγέθους με το  $C_2$ .

Εκτός των οφελών και των κοστών, το μόνο άλλο πράγμα που ίσως μεταβάλλουμε είναι η ορθότητα του ελέγχου, μετρημένη από τις πιθανότητες λάθους στα κελιά B14 και B15. Υποθετικά, αν ο έλεγχος δώσει λιγότερα ψευδή θετικά και ψευδή αρνητικά αποτελέσματα, ο έλεγχος μπορεί να αποτελέσει μια πιο ελκυστική εναλλακτική λύση. Δοκιμάσαμε αυτό, κρατώντας τα οφέλη και τα κόστη τα ίδια όπως αυτά που φαίνονται στο σχ.10.32 αλλά αλλάζοντας τις πιθανότητες λάθους. Ακόμα και όταν κάθε πιθανότητα λάθους μειώθηκε στο 0.01, ωστόσο, η εναλλακτική του μη ελέγχου ήταν ακόμη η βέλτιστη - κατά ένα αρκετά ευρύ περιθώριο.

Εν περιλήψει, βασιζόμενοι σε ένα αριθμό λογικών υποθέσεων και παραμέτρων, αυτό το παράδειγμα έχει δείξει ότι είναι δύσκολο να προσδιορίσουμε τις συνθήκες για υποχρεωτικό έλεγχο ουσιών.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

### **3.1 Ενσωματώνοντας συμπεριφορές ενόψει ρίσκου**

Μερικές φορές λογικοί λήπτες αποφάσεων είναι πρόθυμοι να παραβιάσουν το κριτήριο της μεγιστοποίησης της EMV, αναμενόμενης χρηματικής αξίας, όταν μεγάλα ποσά χρημάτων είναι σε κίνδυνο. Αυτοί οι λήπτες αποφάσεων είναι πρόθυμοι να θυσιάσουν τμήμα της EMV για να μειώσουν το κόστος. Θα ήσουν ποτέ πρόθυμος να κάνεις κάτι τέτοιο προσωπικά; Σκεφτείτε τα παρακάτω σενάρια.

1. Έχετε την ευκαιρία να μπειτε σε μια λαχειοφόρο κλήρωση όπου θα κερδίσετε \$100.000 με πιθανότητα 0.1 ή να μην κερδίσετε τίποτα με πιθανότητα 0.9. Εναλλακτικά, μπορείτε να λάβετε \$5000 σίγουρα. Πόσοι από εσάς - ειλικρινά- θα έπαιρναν τα σίγουρα \$5000, αν και η EMV της κλήρωσης είναι \$10000; Ή αλλάζτε τα \$100,000 σε \$1000000 και τις \$5000 σε \$50000 και αναρωτηθείτε αν θα προτιμούσατε τα σίγουρα \$50.000!

2. Μπορείτε είτε να αγοράσετε ασφάλεια ατυχήματος για το νέο ακριβό σας αμάξι ή να μην την αγοράσετε, όπου η ασφάλεια κοστίζει ένα συγκεκριμένο ασφάλιστρο και φέρει κάποια αφαιρετέα προμήθεια. Αν αποφασίσεις να πληρώσεις το ασφάλιστρο, τότε ουσιαστικά πληρώνεις ένα συγκεκριμένο ποσό για να αποφύγεις τον τζόγο- την πιθανότητα να καταστρέψεις το αυτοκίνητο σου και να μην το χεις ασφαλισμένο. Μπορείς να είσαι σίγουρος ότι το ασφάλιστρο είναι μεγαλύτερο από το αναμενόμενο κόστος της ζημιάς, αλλιώς η ασφαλιστική εταιρεία δεν θα παρέμενε στην αγορά. Γι αυτό το λόγο, από την οπτική γωνία της EMV δεν θα έπρεπε να αγοράσεις την ασφάλεια. Αλλά πόσοι από εμάς οδηγούν χωρίς αυτόν τον τύπο ασφάλειας;

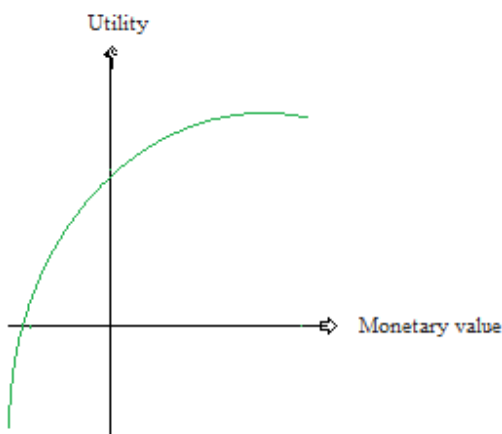
Αυτά τα παραδείγματα, το δεύτερο από τα οποία είναι σίγουρα ρεαλιστικό, απεικονίζουν καταστάσεις όπου λογικοί άνθρωποι δεν συμπεριφέρονται σαν αυτούς που στοχεύουν στην μεγιστοποίηση της EMV. Τότε πώς δρουν; Αυτή η ερώτηση έχει μελετηθεί εκτεταμένα από πολλούς ερευνητές, και μαθηματικά και συμπεριφοριστικά. Αν και η απάντηση ακόμα δεν έχει συμφωνηθεί παγκοσμίως, οι πιο πολλοί ερευνητές πιστεύουν ότι αν ισχύουν συγκεκριμένες βασικές συμπεριφοριστικές υποθέσεις, οι άνθρωποι είναι αναμενόμενοι μεγιστοποιητές χρησιμότητας - δηλαδή, επιλέγουν την εναλλακτική με την μεγαλύτερη αναμενόμενη χρησιμότητα. Αν και δεν θα εμβαθύνουμε στο θέμα της μεγιστοποίησης της αναμενόμενης χρησιμότητας, η συζήτηση σ αυτό τον τομέα θα σας γνωρίσει με τις βασικές του ιδέες.

### 3.2 Συναρτήσεις ωφελιμότητας

Αρχίζουμε συζητώντας την ατομική **συνάρτηση ωφελιμότητας**. Αυτή είναι μια μαθηματική συνάρτηση που μετατρέπει χρηματικές αξίες - αποπληρωμές και κόστη- σε αξίες χρησιμότητας. Ουσιαστικά, μια ατομική **συνάρτηση ωφελιμότητας** καθορίζει τις προτιμήσεις ενός ατόμου για διάφορες χρηματικές αποπληρωμές και κόστη και , κάνοντας το αυτό, αυτόματα κωδικοποιεί την συμπεριφορά του ατόμου ως προς το ρίσκο. Τα περισσότερα άτομα είναι **αντίθετοι του ρίσκου/ risk averse**, το οποίο σημαίνει διαισθητικά ότι είναι πρόθυμοι να θυσιάσουν τμήμα της EMV για να αποφύγουν τα ριψοκίνδυνα παιχνίδια. Σε σχέση με την **συνάρτηση, ωφελιμότητας** αυτό σημαίνει ότι κάθε παραπάνω δολάριο αποπληρωμής αξίζει ελαφρώς λιγότερο στο άτομο από το προηγούμενο δολάριο, και κάθε παραπάνω δολάριο κόστους θεωρείται ελαφρώς πιο ακριβό (σε σχέση με την ωφελιμότητα) από το προηγούμενο δολάριο. Οι προκύπτουσες συναρτήσεις ωφελιμότητας μορφοποιούνται όπως φαίνεται στο σχ.10.33.

Σχ.10.33 Συνάρτηση Ωφελιμότητας αντίθετης ρίσκου

(Γραφική παράσταση)



Μαθηματικώς, αυτές οι συναρτήσεις λέγεται ότι είναι **αυξανόμενες και κοίλες**. Το αυξανόμενο τμήμα σημαίνει ότι αυτές ανεβαίνουν- όλοι προτιμούν τα περισσότερα χρήματα από τα λιγότερα χρήματα. Το κοίλο τμήμα σημαίνει ότι αυξάνονται κατά μειούμενο ρυθμό. Αυτή είναι η αντίθετη του ρίσκου συμπεριφορά. Υπάρχουν δύο προβλήματα που σχετίζονται με την εφαρμογή της μεγιστοποίησης της ωφελιμότητας σε μια πραγματική ανάλυση απόφασης. Το πρώτο είναι να πάρουμε την συνάρτηση ωφελιμότητας του ατόμου (ή της εταιρείας), και αυτό θα το συζητήσουμε παρακάτω.

Το δεύτερο είναι να χρησιμοποιήσουμε την προκύπτουσα συνάρτηση ωφελιμότητας για να βρούμε την σωστή απόφαση. Αυτό το δεύτερο βήμα είναι στην πραγματικότητα αρκετά απλό. Απλά αντικαταστήσουμε τις τιμές ωφελιμότητας με τις χρηματικές τιμές στο δενδρόγραμμα αποφάσεων και δουλεύουμε προς τα πίσω ως συνήθως.

Δηλαδή, υπολογίζουμε τις αναμενόμενες **ωφελιμότητες** σε διακλαδώσεις πιθανοτήτων και παίρνουμε τις μέγιστες τιμές (των αναμενόμενων οφελών) στις διακλαδώσεις αποφάσεων. Θα κοιτάξουμε ένα

αριθμητικό παράδειγμα αργότερα σε αυτό το κεφάλαιο. Λοιπόν η πραγματική δουλειά έχει να κάνει πρωτίστως με το να βρούμε την συνάρτηση χρησιμότητας του ατόμου (ή της εταιρείας).

### 3.3 Αξιολογώντας μια συνάρτηση ωφελιμότητας

Θα συνοψίσουμε μια μέθοδο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να υπολογίσουμε την συνάρτηση ωφελιμότητας ενός ατόμου. Υπάρχουν δυο πράγματα που πρέπει να καταλάβουμε για αυτή τη μέθοδο. Πρώτα, ζητάει από το άτομο αυτό να κάνει μια σειρά από ανταλλαγές. Επειδή ο καθένας μας έχει μια διαφορετική στάση προς το ρίσκο, δεν θα κάνουμε όλοι τις ανταλλαγές μας με τον ίδιο τρόπο. Γι αυτό το λόγο, ο καθένας μας θα πάρει την δική του συνάρτηση.

Δεύτερον, ακόμα και ενός συγκεκριμένου ατόμου η συνάρτηση δεν είναι μοναδική. Εάν το  $U(x)$  αντιπροσωπεύει την συνάρτηση ενός, τότε αποδεικνύεται ότι  $a U(x) + b$  επίσης περιγράφει την συνάρτηση αυτού του ατόμου, **για οποίες σταθερές  $a$  και  $b$  με  $a > 0$** . Αυτές είναι ισοδύναμες με την έννοια ότι οδηγούν σε ακριβώς τις ίδιες αποφάσεις.

Εκμεταλλευόμαστε αυτή την μη μοναδικότητα προσδιορίζοντας δυο σημεία στην συνάρτηση. Ειδικότερα, αρχίζουμε ζητώντας από το άτομο δυο χρηματικές αξίες που αντιπροσωπεύουν την χειρότερη πιθανή απώλεια και το καλύτερο πιθανό κέρδος που μπορούμε να φανταστούμε. Ας πούμε ότι αυτές οι τιμές είναι  $-A$  και  $B$ . Τότε αυθαίρετα αναθέτουμε τιμές χρησιμότητας  $0$  και  $1$  σε αυτές τις δυο χρηματικές τιμές, δηλαδή,  $U(-A) = 0$  και  $U(B) = 1$ . Να μην ανησυχείτε για τα απόλυτα μεγέθη,  $0$  και  $1$  που αναθέσαμε - θα μπορούσαμε να αναθέσουμε άλλες τιμές, όπως  $14$  και  $320$ . Το σημαντικό είναι να τις χρησιμοποιήσουμε σαν "άγκυρες" και τότε να πάρουμε άλλες τιμές ωφελιμότητας σε σχέση με αυτά. Η διαδικασία είναι όπως ακολουθεί:

Δεδομένων δυο οποιοδήποτε γνωστών τιμών ωφελιμότητας, ας πούμε,  $U(x)$  και  $U(y)$ , όπου  $x$  και  $y$  είναι χρηματικές αξίες, παρουσιάζουμε στο άτομο την επιλογή ανάμεσα στις δυο ακόλουθες δυνατότητες:

- **Επιλογή 1 : Να πάρει συγκεκριμένη αποπληρωμή  $z$ .**
- **Επιλογή 2 : Να πάρει συγκεκριμένη αποπληρωμή είτε  $x$  ή  $y$ , ανάλογα με την ριπή ενός νομίσματος**

Τότε ζητάμε το άτομο να επιλέξει την χρηματική αξία  $z$  στην επιλογή 1 έτσι ώστε αυτός ή αυτή να είναι αδιάφοροι ανάμεσα στις δυο επιλογές. Αν το άτομο είναι αδιάφορο, τότε οι αναμενόμενες **ωφέλειες** από τις δυο επιλογές πρέπει να είναι ίσες. Θα αποκαλέσουμε την προκύπτουσα αξία του  $z$  ως **τιμή αδιαφορίας**. Αυτό οδηγεί στην εξίσωση για το  $U(z)$ :

$$U(z) = 0.5U(x) + 0.5U(y) \quad (10.3)$$

Με λέξεις, έχουμε παράγει μια νέα τιμή από δυο γνωστές τιμές ωφελιμότητας. Αυτή η διαδικασία συνεχίζεται μέχρι να έχουμε αρκετές τιμές ωφελιμότητας για να προσεγγίσουμε μια καμπύλη ωφελιμότητας. (Σημειώστε ότι αν όποιο από τα  $x$ ,  $y$ , και  $z$  είναι αρνητικά, τότε 'αποπληρωμή' πράγματι σημαίνει 'κόστος'.) Εμείς θα δείξουμε αυτή τη διαδικασία με το ακόλουθο παράδειγμα:

### 3.4 Αξιολογώντας την συνάρτηση ωφελιμότητας για μια μικρή επιχείρηση

Ο John Jacobs έχει την δική του επιχείρηση. Επειδή είναι έτοιμος να πάρει μια σημαντική απόφαση όπου μεγάλες απώλειες ή μεγάλα κέρδη είναι σε κίνδυνο, αυτός θέλει να χρησιμοποιήσει το κριτήριο της αναμενόμενης ωφελιμότητας για να πάρει την απόφαση του. Ξέρει ότι πρέπει πρώτα να αξιολογήσει την δική του συνάρτηση ωφελιμότητας, έτσι προσλαμβάνει έναν ειδικό στην ανάλυση αποφάσεων, την Susan Schilling για να τον βοηθήσει. Πώς μπορεί η συνάντηση ανάμεσα στον και John στην Susan να προχωρήσει;

Η Susan ρωτάει τον John για τη μεγαλύτερη απώλεια και το μεγαλύτερο κέρδος που μπορεί να φανταστεί. Αυτός απαντάει με τις τιμές \$200,000 και \$300,000, έτσι αυτή θέτει τιμές ωφελιμότητας  $U(-200,000) = 0$  και  $U(300,000) = 1$  ως άγκυρες για την συνάρτηση ωφελιμότητας. Τώρα δίνει στον John την επιλογή ανάμεσα στα δύο:

- *Επιλογή 1 : Παίρνουμε αποπληρωμή  $z$  (πραγματικά απώλεια εάν το  $z$  είναι αρνητικό)*
- *Επιλογή 2 : Παίρνουμε απώλεια των \$200,000 ή αποπληρωμή \$300,000, ανάλογα με την ρίψη του νομίσματος.*

Η Susan υπενθυμίζει στον John ότι η **αναμενόμενη χρηματική αξία / EMV της επιλογής 2** είναι \$50,000 στην μέση ανάμεσα στο -\$200,000 και στο \$300,000. Αυτός συνειδητοποιεί αυτό, αλλά επειδή είναι αντίθετος του ρίσκου, θα προτιμούσε κατά πολύ να είχε \$50,000 στα σίγουρα από το να πάρει το ρίσκο της επιλογής 2. Γι αυτό, η τιμή αδιαφορίας του  $z$  πρέπει να είναι λιγότερο από \$50,000. Η Susan τότε θέτει διάφορες τιμές στον John. Θα προτιμούσε να έχει \$10,000 στα σίγουρα ή να πάρει την επιλογή 2; Αυτός λέει θα προτιμούσε να πάρει τις \$10,000. Θα προτιμούσε να πληρώσει \$5000 στα σίγουρα ή την επιλογή 2; (Αυτό είναι κάτι σαν ασφάλιστρο) Αυτός λέει ότι θα προτιμούσε την επιλογή 2. Μέχρι τώρα, ξέρουμε ότι η τιμή αδιαφορίας του  $z$  πρέπει να είναι λιγότερη των \$10,000 και μεγαλύτερη από -\$5000. Με μερικές ακόμα ερωτήσεις αυτού του τύπου, ο John τελικά αποφασίζει στο  $z = \$5000$  ως τιμή αδιαφορίας. Αυτός είναι αδιάφορος ανάμεσα στο να πάρει \$5000 σίγουρα και να ρισκάρει με την επιλογή 2.. Μπορούμε να αντικαταστήσουμε τις τιμές στην εξίσωση (10.3):

$$U(5000) = 0.5U(-200,000) + 0.5U(300,000) = 0.5(0) + 0.5(1) = 0.5$$

Σημειώστε ότι ο John αφήνει \$45000 σε EMV εξαιτίας της αποφυγής του ρίσκου. Η EMV του ρίσκου στην επιλογή 2 είναι \$50,000, και είναι πρόθυμος να αποδεχτεί το σίγουρο \$5000 στην θέση του. Η διαδικασία τότε θα συνεχιζόταν. Για παράδειγμα, αφού ξέρει ότι  $U(5000)$  και  $U(300,000)$ , η Susan θα μπορούσε να ζητήσει από τον John να επιλέξει ανάμεσα σε αυτές τις εκδοχές.



- *Επιλογή 1 : Παίρνουμε αποπληρωμή z*
- *Επιλογή 2 : Παίρνουμε αποπληρωμή των \$5,000 ή αποπληρωμή \$300,000 , ανάλογα με την ρίψη του νομίσματος.*

*Εάν ο John αποφασίσει ότι η τιμή αδιαφορίας του τώρα είναι  $z = \$130,000$ , τότε με την εξίσωση (10.3) ξέρουμε ότι*

$$U(130,000) = 0.5U(5000) + 0.5U(300,000) = 0.5(0.5) + 0.5(1) = 0.75$$

Σημειώστε ότι τώρα ο John εγκαταλείπει \$22,500 σε EMV καθώς το ρίσκο της επιλογής 2 είναι \$152,000. Συνεχίζοντας με αυτό τον τρόπο, η Susan μπορεί να βοηθήσει τον John να εκτιμήσει αρκετές τιμές ωφελιμότητας για να προσεγγίσει μια συνεχή καμπύλη ωφελιμότητας.

Όπως απεικονίζει αυτό το παράδειγμα, η αξιολόγηση ωφελιμότητας είναι επίπονη. Ακόμα και στις καλύτερες περιστάσεις, όταν ένας έμπειρος σύμβουλος επιχειρεί να αξιολογήσει την συνάρτηση ωφελιμότητας ενός ατόμου, η διαδικασία απαιτεί το άτομο να κάνει μια σειρά επιλογών ανάμεσα σε υποθετικές εναλλακτικές συμπεριλαμβανομένων αβέβαιων αποτελεσμάτων. Εάν δεν έχει αυτό το άτομο εκπαίδευση στην πιθανότητα, αυτές οι επιλογές μπορεί να είναι δύσκολο να κατανοηθούν, για να μην αναφέρουμε το μα γίνουν καν, και είναι απίθανο ότι το άτομο θα απαντήσει με συνέπεια καθώς οι ερωτήσεις προχωρούν. Η διαδικασία είναι ακόμα πιο δύσκολη όταν εκτιμάμε την συνάρτηση ωφελιμότητας μιας εταιρείας. Επειδή τα στελέχη μιας εταιρείας που αναμειγνύονται συνήθως έχουν διαφορετικές στάσεις απέναντι στο ρίσκο, είναι δύσκολο για αυτούς να καταλήξουν σε ομοφωνία για μια κοινή συνάρτηση ωφελιμότητας.

### 3.5 Εκθετική Ωφελιμότητα

Για αυτούς τους λόγους υπάρχουν κατηγορίες με "ετοιμοπαράδοτες" συναρτήσεις ωφελιμότητας που έχουν αναπτυχθεί. Μια σημαντική κατηγορία ονομάζεται **εκθετική ωφελιμότητα** και έχει χρησιμοποιηθεί σε πολλές οικονομικές αναλύσεις επενδύσεων. Μια συνάρτηση εκθετικής ωφελιμότητας έχει μόνο μια προσαρμόσιμη αριθμητική παράμετρο, και υπάρχουν ευθείς τρόποι να ανακαλύψουμε την πιο κατάλληλα τιμή της παραμέτρου για ένα συγκεκριμένο άτομο ή εταιρεία. Έτσι τα πλεονέκτημα του να χρησιμοποιήσουμε μια εκθετική συνάρτηση ωφελιμότητας είναι ότι είναι σχετικά εύκολο να αξιολογηθεί. Το μειονέκτημα είναι ότι οι εκθετικές συναρτήσεις ωφελιμότητας δεν απεικονίζουν όλους τους τύπους συμπεριφορών ως προς το ρίσκο. Παρόλα αυτά, η ευκολία της χρήσης τους τις έχει κάνει δημοφιλείς.

**Μια εκθετική συνάρτηση ωφελιμότητας έχει την ακόλουθη μορφή:**

$$U(x) = 1 - e^{-x/R} \quad (10.4)$$

Εδώ το  $x$  είναι μια χρηματική τιμή (μια αποπληρωμή αν είναι θετική, κόστος αν είναι αρνητική), το  $U(x)$  είναι η ωφελιμότητα αυτής της τιμής, και  $R > 0$  είναι μια προσαρμόσιμη παράμετρος που ονομάζεται **ανοχή ρίσκου**. Βασικά, η ανοχή ρίσκου μετράει πόσο ρίσκο θα αντέξει ο λήπτης της απόφασης. Όσο μεγαλύτερη η τιμή του  $R$ , τόσο λιγότερο αντίθετος του ρίσκου είναι ο λήπτης της απόφασης. Δηλαδή, ένα άτομο με υψηλή αξία  $R$  είναι πιο πρόθυμο να πάρει ρίσκο από ένα άτομο με μικρή αξία του ιδίου.

Για να αξιολογήσουμε την συνάρτηση εκθετικής ωφελιμότητας ατόμου ή εταιρείας, χρειάζεται μόνο να αξιολογήσουμε την τιμή του  $R$ . Υπάρχουν μερικές συμβουλές για να το κάνουμε αυτό. Πρώτα, έχειδειχθεί ότι η ανοχή ρίσκου είναι περίπου ίση με εκείνο το ποσό  $R$  σε δολάρια τέτοιο ώστε ο λήπτης απόφασης να είναι αδιάφορος ανάμεσα στις δυο ακόλουθες επιλογές:

- Επιλογή 1 : Δεν παίρνουμε αποπληρωμή καθόλου
- Επιλογή 2 : παίρνουμε αποπληρωμή  $R$  δολαρίων ή απώλεια  $R/2$  δολαρίων, ανάλογα με την ρήψη του νομίσματος.

Για παράδειγμα, αν είσαι αδιάφορος ανάμεσα σε ένα στοιχείμα που κερδίζεις \$1000 ή να χάσουμε \$500, με πιθανότητα 0.5 το καθένα, και το να μην στοιχηματίσεις καθόλου, τότε το  $R$  σου είναι περίπου \$1000. Από αυτό το κριτήριο σίγουρα έχει νόημα διαισθητικά ένα πλουσιότερο άτομο (ή εταιρεία) να έχει μεγαλύτερη τιμή  $R$ . Αυτό έχει βρεθεί στην πράξη.

Μια δεύτερη συμβουλή για να βρούμε το  $R$  βασίζεται σε εμπειρικά στοιχεία που βρίσκονται στον Ronald Howard, ένα διακεκριμένο αναλυτή αποφάσεων. Μέσω αυτής της συμβουλευτικής εμπειρίας με αρκετές μεγάλες εταιρίες, ανακάλυψε ανιχνευτικές σχέσεις ανάμεσα στην ανοχή ρίσκου και αρκετές οικονομικές μεταβλητές - καθαρές πωλήσεις, καθαρό εισόδημα, και ισότητα. [βλέπε Howard (1992).] Ειδικά, βρήκε ότι το  $R$  ήταν περίπου 6,4% των καθαρών πωλήσεων, 12,4% του καθαρού εισοδήματος και 15,7 % της ισότητας για τις εταιρείες που μελέτησε. Για παράδειγμα, σύμφωνα με αυτή την συνταγή, η εταιρεία με καθαρές πωλήσεις \$30 εκατομμυρίων θα έπρεπε να έχει ανοχή ρίσκου περίπου \$1.92 εκατομμυρίων. Ο Ronald Howard παραδέχεται ότι αυτά τα ποσοστά είναι μόνο βασικές αρχές. Ωστόσο, δεν δείχνουν ότι μεγαλύτερες και πιο επικερδείς εταιρείες τείνουν να έχουν μεγαλύτερες τιμές  $R$ , το οποίο σημαίνει ότι είναι πιο πρόθυμες να πάρουν ρίσκο που έχει να κάνει με δεδομένα ποσά δολαρίων.

Με το ακόλουθο παράδειγμα απεικονίζουμε το κριτήριο αναμενόμενης ωφελιμότητας και την εκθετική ωφελιμότητα ειδικότερα.

### 3.6 ΑΠΟΦΑΣΙΖΟΝΤΑΣ ΚΑΤΑ ΠΟΣΟ ΝΑ ΕΙΣΕΡΘΟΥΜΕ ΣΕ ΡΙΨΟΚΙΝΔΥΝΑ ΕΓΧΕΙΡΗΜΑΤΑ ΣΤΗΝ VENTURE LIMITED.

Η Venture Limited είναι μια εταιρεία με καθαρές πωλήσεις \$30 εκατομμύρια. Η εταιρεία πρέπει επί του παρόντος να αποφασίσει κατά πόσο να μπει σε δυο ριψοκίνδυνα εγχειρήματα ή να μην κάνει τίποτα. Τα πιθανά αποτελέσματα του λιγότερο ριψοκίνδυνου εγχειρήματος είναι απώλεια \$0,5 εκατομμύρια, κέρδος \$0,1 και κέρδος \$1 εκατομμύριο. Οι πιθανότητες αυτών των αποτελεσμάτων είναι 0,25, 0,50, και 0,25. Τα πιθανά αποτελέσματα του πιο επικίνδυνου εγχειρήματος είναι απώλεια \$1 εκατομμύριου, κέρδος \$1,5 εκατομμύριου, και κέρδος \$3 εκατομμύρια. Οι πιθανότητες αυτών των αποτελεσμάτων είναι 0,35, 0,60, και 0,05. Αν η Venture Limited μπορεί να μπει σε ένα από τα εγχειρήματα το πολύ, τι θα έπρεπε να κάνει;

#### Λύση

Θα υποθέσουμε ότι η Venture Limited έχει μια συνάρτηση εκθετικής ωφελιμότητας. Επίσης, βασιζόμενοι στις αρχές του Howard, θα υποθέσουμε ότι η ανοχή ρίσκου της εταιρείας είναι 6,4% των καθαρών πωλήσεων της, ή \$1,92 εκατομμύρια. (Θα κάνουμε μια ανάλυση ευαισθησίας σε αυτή την παράμετρο αργότερα.) Μπορούμε να αντικαταστήσουμε αυτή την εξίσωση (10.4) για να βρούμε την ωφελιμότητα οποιουδήποτε χρηματικού αποτελέσματος. Για παράδειγμα, το όφελος του να μην κάνουμε τίποτα είναι \$0, και η ωφελιμότητα του είναι:

$$U(0) = 1 - e^{-0/1.92} = 1 - 1 = 0$$

Ως άλλο παράδειγμα, η ωφελιμότητα της απώλειας \$1 εκατομμύριου είναι

$$U(-1) = 1 - e^{-(-1)/1.92} = 1 - 1.683 = -0.683$$

Αυτές είναι οι τιμές που χρησιμοποιούμε (αντί για χρηματικές αξίες) στο δενδρόγραμμα

### 3.7 ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΩΝΤΑΣ ΤΟ ΔΕΝΔΡΟΓΡΑΜΜΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

Ευτυχώς το δενδρόγραμμα Ακριβείας φροντίζει για όλες τις λεπτομέρειες. Αφού χτίσουμε το δενδρόγραμμα απόφασης και το ονομάσουμε (με τις χρηματικές αξίες) με τον συνηθισμένο τρόπο, κάνουμε κλικ στο όνομα του δενδρογράμματος (το κουτί στην πέρα άκρη του δενδρογράμματος) για να ανοίξουμε το παράθυρο διαλόγου στο σχ.10.34. Έπειτα συμπληρώνουμε τις πληροφορίες στην συνάρτηση ωφελιμότητας όπως φαίνεται στο πάνω δεξιά τμήμα του κουτιού διαλόγου. Αυτό λέει να χρησιμοποιήσουμε μια συνάρτηση εκθετικής ωφελιμότητας με ανοχή ρίσκου 1.92. Επίσης δείχνει ότι θέλουμε αναμενόμενη ωφελιμότητα (σε αντίθεση με τις EMV) για να εμφανιστούν στο δενδρόγραμμα απόφασης.

Σχ. 10.34 Κουτί διαλόγου για τον προσδιορισμό κριτηρίου εκθετικής ωφελιμότητας

The image shows a dialog box titled "Tree Settings". It has several sections:

- Tree Name:** A text box containing "Risky ventures".
- Optimum Path:** A dropdown menu set to "Maximum".
- Utility Function:**
  - A checked checkbox labeled "Use Utility Function".
  - A dropdown menu for "Function" set to "Exponential".
  - A text box for "R value" containing "1.92".
  - A dropdown menu for "Display" set to "Expected Utility".
- Payoff Calculation:**
  - Two radio buttons: "Cumulative" (selected) and "Formula".
  - A text box for the formula.
  - Two radio buttons: "Link to Spreadsheet Model" (selected) and "Default Cell".
  - A text box for the default cell.
  - A checkbox for "Automatically Update Link" (unchecked).
  - A button labeled "Update Link Now".

At the bottom, there are five buttons: "@RISK...", "Delete Tree", "Save As Default", "OK", and "Cancel".

Το ολοκληρωμένο δενδρόγραμμα για αυτό το παράδειγμα φαίνεται στο σχ.10.35.

Σχ.10.35 Δενδρόγραμμα απόφασης για το παράδειγμα επικίνδυνου εγχειρήματος

	A	B	C	D
1	<b>Using exponential utility for a risky venture</b>			
2				
3	Note: All monetary values are in \$millions			
4				
5	Risk tolerance	1.32		
6				
7	Distributions of loss/gain			
8	Less risky venture		More risky venture	
9	Value	Prob	Value	Prob
10	-0.5	0.25	-1	0.35
11	0.1	0.5	1	0.6
12	1	0.25	3	0.05
13				
14	EMV	0.175	EMV	0.4
15				
16				
17		Nope	FALSE	0
18			0	0
19	Risky ventures	Which venture?		
20		0.05250		
21		Less risky	TRUE	0
22			Bad	25.0% → 0.25
23				-0.5 → -0.29747
24			Fair	50.0% → 0.5
25				0.1 → 0.05075
26			Good	25.0% → 0.25
27				1 → 0.40597
28			Bad	35.0% → 0
29				-1 → -0.68343
30			Fair	60.0% → 0
31				1 → 0.40597
32			Good	5.0% → 0
33				3 → 0.79039
34				
35				
36				

Το χτίζουμε με ακριβώς τον ίδιο τρόπο όπως συνήθως και συνδέουμε τις πιθανότητες με τις χρηματικές τους τιμές στις διακλαδώσεις τους με τον συνηθισμένο τρόπο. Για παράδειγμα, υπάρχει ένας σύνδεσμος στο κελί C22 με την χρηματική τιμή στο κελί A10. Ωστόσο, οι αναμενόμενες τιμές που φαίνονται στο δενδρόγραμμα (αυτές που φαίνονται έγχρωμα στην οθόνη σας)

Είναι οι αναμενόμενες ωφέλειες, και η βέλτιστη απόφαση είναι αυτή με την μεγαλύτερη αναμενόμενη ωφελιμότητα. Σε αυτή την περίπτωση η αναμενόμενη ωφελιμότητα του να μην κάνουμε τίποτα, επενδύοντας στο λιγότερο ριψοκίνδυνο εγχείρημα, και επενδύοντας στην πιο επικίνδυνη προσπάθεια είναι 0, 0,0525, και 0,0439. Γι αυτό το λόγο, η βέλτιστη απόφαση είναι να επενδύσουμε στο λιγότερο ριψοκίνδυνο εγχείρημα.

Σημειώστε ότι η EMV για τις τρεις αποφάσεις είναι \$0, \$0.175 εκατομμύρια και \$0.4 εκατομμύρια. Τα τελευταία δυο από αυτά υπολογίζονται στην σειρά 14 ως το σύνθηες "άθροισμα" των χρηματικών αξιών και πιθανοτήτων. Έτσι από την οπτική γωνία της EMV, το πιο ριψοκίνδυνο εγχείρημα είναι σίγουρα το καλύτερο. Ωστόσο, η Venture Limited είναι αρκετά αντίθετη του ρίσκου, και οι χρηματικές

τιμές είναι επαρκώς μεγάλες, ώστε η εταιρεία να είναι πρόθυμη να θυσιάσει την EMV για να μειώσει το ρίσκο της.

Πόσο ευαίσθητη είναι η βέλτιστη απόφαση στην παράμετρο κλειδί, την ανοχή του ρίσκου; Μπορούμε να το απαντήσουμε αυτό αλλάζοντας την ανοχή ρίσκου (μέσα από το κουτί διαλόγου στο σχ.10.34)

Και παρακολουθώντας πώς αλλάζει το δενδρόγραμμα απόφασης. Μπορείς να ελέγξεις ότι όταν η εταιρεία γίνεται πιο ανεκτική στο ρίσκο, το πιο ριψοκίνδυνο εγχείρημα γίνεται βέλτιστο. Στην πραγματικότητα, αυτό συμβαίνει όταν η ανοχή ρίσκου αυξάνεται περίπου στα \$2.075 εκατομμύρια. Στην άλλη κατεύθυνση, όταν η εταιρεία γίνεται λιγότερο ανεκτική στο ρίσκο, η "μην κάνεις τίποτα" απόφαση τελικά γίνεται βέλτιστη. Αυτό συμβαίνει όταν η ανοχή ρίσκου μειώνεται περίπου στα \$0.715 εκατομμύρια. Έτσι η βέλτιστη απόφαση εξαρτάται έντονα από τις στάσεις της διοίκησης της Venture Limited ως προς το ρίσκο.

### 3.8 Ισοδύναμο Βεβαιότητας /Ασφαλείας

Τώρα υποθέστε ότι η Venture Limited έχει μόνο δυο επιλογές. Είτε μπορεί να εισέλθει στο λιγότερο επικίνδυνο εγχείρημα ή να λάβει ένα συγκεκριμένο ποσό δολαρίων  $x$  και να αποφύγει το τσιγάρισμα συνολικά. Θέλουμε να βρούμε το ποσό  $x$  σε δολάρια έτσι ώστε η εταιρεία να παραμείνει αδιάφορη προς τις δυο επιλογές. Αν μπει στο επικίνδυνο εγχείρημα, η αναμενόμενη ωφελιμότητα είναι 0,0525, υπολογισμένη παραπάνω. Εάν λάβει  $x$  δολάρια στα σίγουρα, η αναμενόμενη ωφελιμότητα του θα είναι

$$U(x) = 1 - e^{-x/1.92}$$

Για να βρούμε την τιμή  $x$  όπου είναι το σημείο αδιαφορίας ανάμεσα στις δυο επιλογές, θέτουμε  $1 - e^{-x/1.92}$  ίσο με 0.0525, ή  $e^{-x/1.92} = 0.9475$ , και λύνουμε ως προς το  $x$ . Παίρνοντας τους φυσικούς αλγορίθμους και των δυο πλευρών και πολλαπλασιάζοντας με  $-1,92$ , παίρνουμε

$$x = -1.92 \ln (0.9475) \approx \$0.104 \text{ million}$$

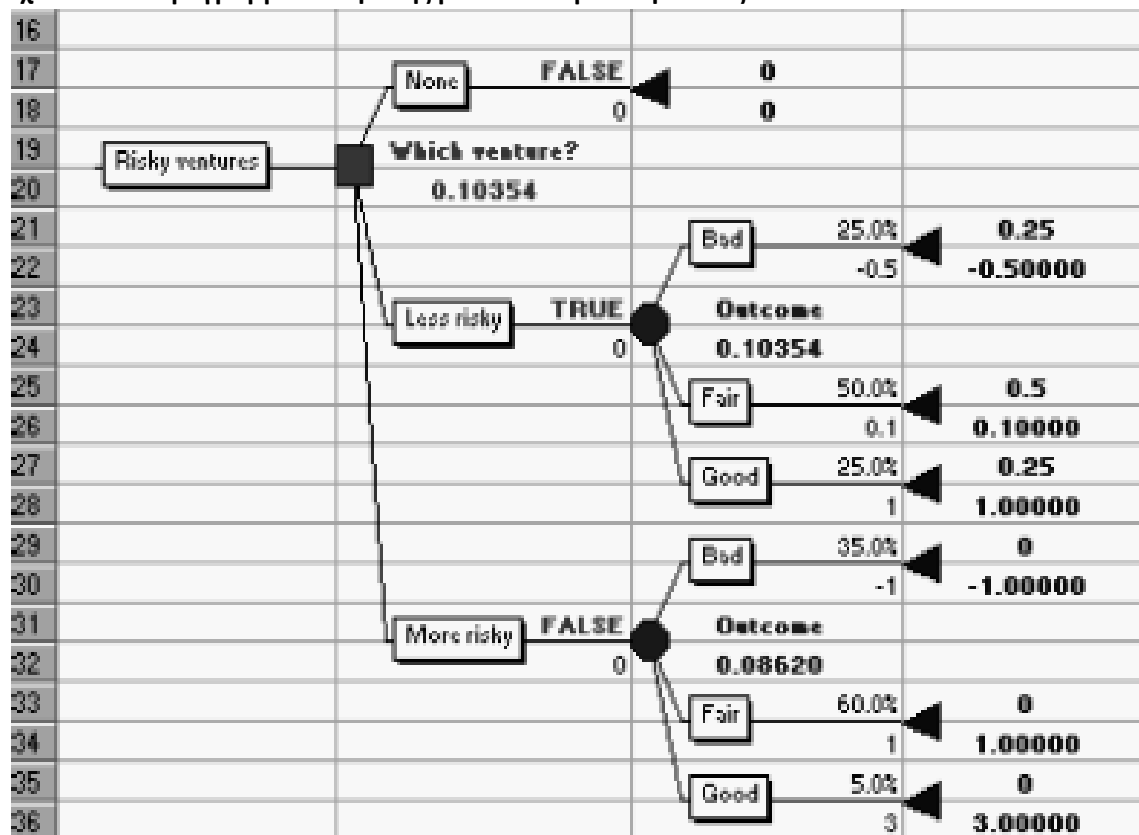
Αυτή η τιμή ονομάζεται **ισοδύναμο Βεβαιότητας /Ασφαλείας του** επικίνδυνου εγχειρήματος. Η εταιρεία είναι αδιάφορη ανάμεσα στο να μπει στο λιγότερο επικίνδυνο εγχείρημα και το να λάβει \$0.104 εκατομμύρια για να το αποφύγει. Αν και η EMV του λιγότερο επικίνδυνου εγχειρήματος είναι 0,175\$, η εταιρεία αντιδρά σαν να ήταν ισοδύναμο των σίγουρων \$0.104 εκατομμυρίων. Κατά αυτή την έννοια η εταιρεία είναι πρόθυμη να εγκαταλείψει την διαφορά σε σχέση με την EMV, \$71,000 εκατομμύρια, για να αποφύγει το ρίσκο.

Με ένα παρόμοιο υπολογισμό, το ισοδύναμο ασφαλείας ενός πιο επικίνδυνου εγχειρήματος είναι περίπου \$0.086 εκατομμύρια. Δηλαδή, η εταιρεία αντιδρά σαν αυτό το πιο επικίνδυνο εγχείρημα να ήταν ισοδύναμο των σίγουρων \$0.086 εκατομμυρίων, όταν η EMV είναι στην πραγματικότητα ένα ογκώδες ποσό \$0.4 εκατομμύρια! Έτσι σ αυτή την περίπτωση είναι πρόθυμη να αφήσει την διαφορά

στην EMV, \$314,000, για να αποφύγει αυτό το συγκεκριμένο ρίσκο. Και πάλι, ο λόγος είναι ότι η εταιρεία αντιπαθεί το ρίσκο. Μπορούμε να δούμε αυτά τα ισοδύναμα Βεβαιότητας /Ασφαλείας στο δενδρόγραμμα Ακριβείας προσαρμόζοντας το παράθυρο έκθεσης στο σχήμα 10.34 για να δείξουμε το Ισοδύναμο Βεβαιότητας /Ασφαλείας.

Το δενδρόγραμμα τότε φαίνεται όπως στο σχ. 10.36. Τα ισοδύναμα Βεβαιότητας /Ασφαλείας που μόλις συζητήσαμε εμφανίζονται στα κελιά C24 και C32.

Σχ.10.36 Δενδρόγραμμα απόφασης με ισοδύναμο ασφαλείας



### 3.9 Χρησιμοποιείται η μεγιστοποίηση της αναμενόμενης ωφελιμότητας;

Η παραπάνω συζήτηση δείχνει ότι η μεγιστοποίηση του οφέλους είναι ένα αρκετά σχετικό καθήκον. Το τελικό συμπέρασμα, λοιπόν, είναι εάν η δυσκολία αξίζει τον κόπο. Θεωρητικά, η μεγιστοποίηση της αναμενόμενης ωφελιμότητας ίσως να ενδιέφερε τους ερευνητές, όμως χρησιμοποιείται πραγματικά; Η απάντηση φαίνεται να είναι: όχι πολύ συχνά. Για παράδειγμα, ένα πρόσφατο άρθρο στην εφαρμογή της λήψης αποφάσεων (βλ. Kirkwood (1992) ) παραθέτει τον Ronald Howard - το ίδιο άτομο που παραθέσαμε νωρίτερα - ως αυτόν που έχει βρει ότι η αποφυγή του ρίσκου είναι πρακτικού ενδιαφέροντος μόνο σε ένα 5% με 10% των αναλύσεων αποφάσεων των επιχειρήσεων. Το ίδιο άρθρο παραθέτει τον πρόεδρο μιας εταιρείας Fortune 500 να λέει, " οι πιο πολλές από τις αποφάσεις που αναλύουμε είναι για μερικά εκατομμύρια δολάρια. Είναι αρκετό να χρησιμοποιούμε την αναμενόμενη αξία (EMV) για αυτές.

Με αυτά τα σχόλια στο μυαλό μας, είναι ξεκάθαρο ότι η γνώση της μεγιστοποίησης της αναμενόμενης ωφελιμότητας είναι ένα σημαντικό προαπαιτούμενο για οποιονδήποτε σκοπεύει να ειδικευθεί στον τομέα αυτό. Σε κάποια από τα μεγαλύτερα σενάρια επιτυχίας, (success stories), μεγιστοποίηση της αναμενόμενης ωφελιμότητας είχε εφαρμοστεί πράγματι. Για τους μη ειδικούς, ωστόσο, μια επιφανειακή γνώση της ιδέας είναι επαρκής.

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Σε αυτό το κεφάλαιο συζητήσαμε μεθόδους που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην λήψη αποφάσεων για προβλήματα στα οποία η αβεβαιότητα είναι το βασικό τους στοιχείο. Ίσως η πιο σημαντική ικανότητα που αποκτήσαμε από αυτό το κεφάλαιο είναι η ικανότητα να προσεγγίσουμε προβλήματα αποφάσεων που συμπεριλαμβάνουν αβεβαιότητα με πιο συστηματικό τρόπο. Αυτή η συστηματική μέθοδος απαιτεί ο λήπτης της απόφασης να καταγράψει όλες τις πιθανές λύσεις και στρατηγικές, να καταγράψει όλα τα πιθανά αβέβαια αποτελέσματα, να αξιολογήσει τις πιθανότητες αυτών των αποτελεσμάτων (πιθανώς με την βοήθεια του κανόνα του Bayes), να υπολογίσει όλες τις απαραίτητες χρηματικές αξίες, και τελικά να κάνει όλους τους απαραίτητους υπολογισμούς για να φτάσει στην άριστη απόφαση. Αν μεγάλα ποσά δολαρίων είναι σε κίνδυνο, ίσως να είναι απαραίτητο να εκτελεστεί και ανάλυση ωφελιμότητας, όπου τα συναισθήματα του λήπτη της απόφασης ως προς το ρίσκο λαμβάνονται υπόψιν. Αφού η βασική ανάλυση έχει ολοκληρωθεί, χρησιμοποιώντας τα "καλύτερα μαντέματα" για τις διάφορες παραμέτρους του προβλήματος, η ανάλυση ευαισθησίας θα πρέπει να διεξαχθεί για να δούμε αν η καλύτερη απόφαση συνεχίζει να είναι καλύτερη μέσα σε ένα πεδίο παραμέτρων του προβλήματος.



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

### **ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ (CASES)**

#### **4.1 Περίπτωση**

##### **Η εταιρεία GMC Motor II**

Η διοίκηση της GMC είναι γενικά ευχαριστημένη με την προσπάθεια που έχει γίνει στην κατανομή των μοντέλων σε σχέση με το σχεδιασμό δυνατοτήτων παραγωγής/capacity για το ερχόμενο έτος. Ωστόσο, μερικοί διευθυντές έχουν αναρωτηθεί για την επίδραση που θα μπορούσαν να έχουν οι προβλέψεις ζήτησης για την δεύτερη χρονιά στην προτεινόμενη στρατηγική.

Αν και οι προβλέψεις ζήτησης για το ερχόμενο έτος θεωρούνται αρκετά αξιόπιστες, οι προβλέψεις για δυο ή περισσότερα χρόνια στο μέλλον έχουν υπάρξει λιγότερο ακριβείς. Ανάλογα, οι αναλυτές στην GMC διατυπώνουν αρκετά σενάρια ζήτησης στο μέλλον, και αποδίδουν πιθανότητες σε κάθε σενάριο. Η κατάσταση για τα δυο επόμενα χρόνια δίνεται περιληπτικά στον πίνακα 10.34.

Τρία πιθανά σενάρια είναι πιθανά για την δεύτερη χρονιά. Το σενάριο A αντιστοιχεί σε μια δυνατή οικονομική επέκταση και στην αύξηση των μερισμάτων/ μετοχών της αγοράς για τα αυτοκίνητα της GMC. Το σενάριο B αντιπροσωπεύει μικρή αλλαγή από την πρώτη χρονιά αν και υπάρχει μια σχετική μετάπτωση από το μικρότερο μοντέλο Lyra στο μεγαλύτερο Libra και στα Hydra. Το σενάριο C αντιπροσωπεύει την οικονομική κρίση και την μειωμένη ζήτηση για όλες τις σειρές αυτοκινήτων. Στο σενάριο C, η μείωση στη ζήτηση για τα μοντέλα Libra και Hydra είναι μεγαλύτερη από ότι στα οικονομικά Lyra. Οι αναλυτές δίνουν στο σενάριο A μια ελαφρώς μεγαλύτερη πιθανότητα να προκύψει από τα σενάρια B και C.

Η διοίκηση της GMC θέλει να σκεφτεί κάθε πιθανή διαμόρφωση παραμέτρων παραγωγής στα επόμενα δυο χρόνια. Όπως πριν, τα εργοστάσια της Lyra και /ή της Libra μπορεί να αναδιαμορφώσουν τον εξοπλισμό τους αλλά η αναδιαμόρφωση μπορεί να γίνει είτε στον πρώτο ή στον δεύτερο χρόνο. Εξαιτίας του τεράστιου κόστους του να αλλάξεις την διαμόρφωση ενός εργοστασίου, ένα εργοστάσιο που ανανεώνει τον εξοπλισμό του στον πρώτο χρόνο δεν μπορεί να επιστρέψει στην αρχική του διαμόρφωση τον επόμενο χρόνο. Το κόστος και τα χαρακτηριστικά του αρχικού και των αναδιαμορφωμένων εργοστασίων είναι τα ίδια για όποιο από τα δυο χρόνια. Αυτά επαναλαμβάνονται στον πίνακα 10.35 πιο βολικά.

Συν της επιλογής των παραμέτρων διαμόρφωσης του εργοστασίου κάθε χρόνο, η GMC πρέπει να καθορίσει το πλάνο παραγωγής για κάθε εργοστάσιο κάθε χρόνο. Η αλληλουχία συμβάντων και αποφάσεων είναι η ακόλουθη. Στην αρχή της χρονιάς, η GMC πρέπει να αποφασίσει την διαμόρφωση του εργοστασίου. Η ζήτηση προκύπτει κατά την διάρκεια της χρονιάς και βάσει της παρατηρημένης ζήτησης, η GMC σχεδιάζει την παραγωγή της αντίστοιχα. Για παράδειγμα, την δεύτερη χρονιά, η GMC πρέπει να αποφασίσει για τις παραμέτρους διαμόρφωσης του εργοστασίου προτού αποκαλυφθεί το σενάριο ζήτησης αλλά μπορεί να αποφασίσει για το πλάνο παραγωγής της αφού αποκαλυφθεί το σενάριο ζήτησης. Αυτή η σειρά γεγονότων είναι αντίστοιχη με τις σχετικές χρονικές περιόδους που σχετίζονται. Το να αναδιαμορφώσουμε ένα εργοστάσιο είναι μεγάλο εγχείρημα που πρέπει να σχεδιαστεί εκ των προτέρων, για αυτό αυτή η απόφαση πρέπει να ληφθεί προτού αποκαλυφθεί το σενάριο ζήτησης. Η παραγωγή κατά τη διάρκεια της χρονιάς μπορεί να αλλάξει για να ανταποκριθεί

καλύτερα στη ζήτηση όπως εξελίσσεται μέσα σε ένα χρόνο. Με σκοπό την κατανομή των μοντέλων, η απόφαση παραγωγής μπορεί να ληφθεί αφού αποκαλυφθεί το σενάριο ζήτησης. Επίσης, κανένα Απόθεμα δεν μεταφέρεται από τον ένα χρόνο στον επόμενο.

Ο πίνακας απόκλισης της ζήτησης θεωρείται σταθερός για δυο χρόνια. Για πιο βολικά, επαναλαμβάνεται στο πίνακα 10.36.

#### Ερωτήσεις

Η GMC θέλει να αποφασίσει εάν θα αναδιαμορφώσει τα εργοστάσια της Lyra και Libra για καθένα από τα επόμενα δυο χρόνια. Βασιζόμενοι σε προηγούμενα στοιχεία, διατυπώνουμε ένα μεικτό ακέραιο μοντέλο προγραμματισμού για να λύσουμε το πρόβλημα σχεδιασμού παραγωγής- δυνατότητας επέκτασης παραγωγής για την GMC . Υποθέτουμε ότι ο στόχος της είναι να μεγιστοποιήσει το συνολικό κατά μέσο όρο κέρδος για τα δυο χρόνια. Για λόγους απλότητας, υποθέτουμε ότι δεν γίνεται έκπτωση των κερδών για τον δεύτερο χρόνο.

Στο παρελθόν, η GMC είχε λύσει τα προβλήματα αυτά χωριστά για κάθε σενάριο. Οι τρεις βέλτιστες λύσεις συγκρίθηκαν και πάρθηκε η τελική απόφαση. Ποιες είναι οι τρεις βέλτιστες λύσεις για το κάθε σενάριο; (Για παράδειγμα υποθέστε ότι το σενάριο A συμβαίνει με πιθανότητα 1.0, ποια είναι η βέλτιστη λύση; Έπειτα επαναλάβετε για τα σενάρια B και C .) Πώς συγκρίνονται αυτές οι τρεις λύσεις με την συνολική βέλτιστη λύση που βρήκαμε πρωτύτερα

**Πίνακας 10.34**

<b>Demand Forecasts and Probabilities for GMC Case Study</b>				
<b>(Προβλέψεις ζήτησης και πιθανότητες για την μελέτη της υπόθεσης GMC)</b>				
<b>Second Year</b>				
<b>Model</b>	<b>First Year</b>	<b>Scenario A</b>	<b>Scenario B</b>	<b>Scenario C</b>
Lyra	1400	1700	1300	1300
Libra	1100	1500	1200	800
Hydra	800	1100	850	600
Probability	1	0.4	0.3	0.3

**Πίνακας 10.35**

<b>Plant Characteristics for GMC Case Study</b>					
<b>Χαρακτηριστικά εργοστασίου για τη μελέτη της υπόθεσης GMC</b>					
	<b>Lyra</b>	<b>Libra</b>	<b>Hydra</b>	<b>New Lyra</b>	<b>New Libra</b>
Capacity (in 1000s)	1000	800	900	1600	1800
Fixed cost (in \$millions)	2000	2000	2600	3400	3700
<b>Profit Margin by Car Line (in 1000s)</b>					
Lyra	2	–	–	2.5	2.3
Libra	–	3	–	3	3.5
Hydra	–	–	5	–	4.8

**Πίνακας 10.36**

<b>Demand Diversion Matrix for GMC Case Study</b>			
<b>Πίνακας παρέκκλισης ζήτησης για την υπόθεση της GMC</b>			
	<b>Lyra</b>	<b>Libra</b>	<b>Hydra</b>
<b>Lyra</b>	–	0.3	0.05
<b>Libra</b>	0	–	0.10
<b>Hydra</b>	0	0.0	–

#### 4.2 Περίπτωση:

##### Η εταιρεία παπουτσιών Jogger

Η εταιρεία παπουτσιών Jogger προσπαθεί να αποφασίσει κατά πόσο να κάνει μια αλλαγή στην πιο δημοφιλή μάρκα παπουτσιών της για τρέξιμο. Το νέο στυλ θα κόστιζε το ίδιο για να παραχθεί, αλλά θα ενσωμάτωνε ένα νέο είδος δεσίματος κορδονιών που (σύμφωνα με τους ανθρώπους της έρευνας αγοράς της ) θα τα έκανε πιο δημοφιλή. Υπάρχει ένα σταθερό κόστος \$300,000 για να αλλάξει το νέο στυλ. Η συνεισφορά κάθε μονάδας προϊόντος στο προ φόρου κέρδος για όποιο από τα δυο στυλ είναι \$8. Το ποσοστό φόρου είναι 35%. Επίσης, επειδή το σταθερό κόστος μπορεί να υποτιμηθεί και γι αυτό μπορεί να επηρεαστεί η εισροή μετρητών μετά φόρου, χρειαζόμαστε μια μέθοδο υπολογισμού υποτίμησης. Θα υποθέσουμε ότι είναι υποτίμηση ευθείας γραμμής/straight- line.

Η τρέχουσα ζήτηση για αυτά τα παπούτσια είναι 190,000 ζευγάρια ετησίως. Η εταιρεία υποθέτει ότι η ζήτηση θα συνεχιστεί για τα επόμενα 3 χρόνια εάν το τωρινό στυλ διατηρηθεί. Ωστόσο, υπάρχει αβεβαιότητα για την ζήτηση του νέου στυλ, αν αυτό εισαχθεί. Η εταιρεία αποφασίζει με αυτή τη αβεβαιότητα να παράγει αντίστοιχα μοντέλα υποθέτοντας μια φυσική κατανομή τον πρώτο χρόνο, με μέση και σταθερή απόκλιση 220.000 και 20.000 αντίστοιχα. Η εταιρεία επίσης υποθέτει ότι αυτή η ζήτηση , όποια κι αν είναι, θα παραμείνει σταθερή για τα επόμενα 3 χρόνια. Ωστόσο, εάν η ζήτηση την πρώτη χρονιά είναι αρκετά χαμηλή, η εταιρεία μπορεί πάντα να γυρίσει στο τωρινό στυλ και να πραγματοποιήσει ετήσια ζήτηση 190.000. Η εταιρεία χρειάζεται μια στρατηγική που θα μεγιστοποιήσει την αναμενόμενη καθαρή τωρινή αξία (NPV) της συνολικής εισροής μετρητών για τα επόμενα 3 χρόνια, όπου ένα 15% του επιτοκίου χρησιμοποιείται με σκοπό τον υπολογισμό της NPV.

#### 4.3 Περίπτωση:

##### Η Εταιρεία χαρτιού Westhouser

Η εταιρεία χαρτιού Westhouser στην πολιτεία Washington έχει επί του παρόντος την επιλογή να αγοράσει ένα κομμάτι γη με καλό δάσος για ξυλεία πάνω της. Είναι τώρα 1η Μάιου και η τωρινή τιμή της γης είναι \$2.2 εκατομμύρια. Η Westhouser δεν χρειάζεται την ξυλεία από αυτή τη γη μέχρι τις αρχές Ιουλίου, αλλά τα ανώτερα στελέχη της φοβούνται ότι κάποια άλλη εταιρεία μπορεί να αγοράσει τη γη από τώρα και μέχρι τις αρχές Ιούλη. Εκτιμούν ότι υπάρχει 1 πιθανότητα στις 20 ένας ανταγωνιστής να αγοράσει τη γη στην διάρκεια του Μάη. Αν αυτό δεν προκύψει, εκτιμούν ότι υπάρχει 1 πιθανότητα στις 10 ο ανταγωνιστής να αγοράσει τη γη τον Ιούνη. Αν η Westhouser δεν εκμεταλλευτεί την τωρινή επιλογή της, μπορεί να επιχειρήσει να αγοράσει την γη στις αρχές του Ιούνη ή στις αρχές του Ιουλίου, με την προϋπόθεση ότι θα είναι ακόμη διαθέσιμη.

Το κίνητρο της Westhouser για την καθυστέρηση της αγοράς είναι ότι οι οικονομικοί ειδικοί πιστεύουν ότι υπάρχει καλή πιθανότητα η τιμή της γης να πέσει σημαντικά στον ένα ή και στους δυο επόμενους μήνες. Εκτιμούν τις πιθανές μειώσεις τιμών και τις πιθανότητες τους στους πίνακες 10.37 και 10.38. Ο πίνακας 10.37 δείχνει τις πιθανότητες των πιθανών μειώσεων τιμών κατά την διάρκεια του Μάη. Για παράδειγμα, αν η μείωση της τιμής τον Μάη είναι \$60,000, τότε οι πιθανές μειώσεις τιμών τον Ιούνιο είναι \$0, \$30,000, και \$60,000 με αντίστοιχες πιθανότητες 0.6, 0.2, και 0.2.

Αν η Westhouser αγοράσει την γη, πιστεύει ότι μπορεί να συγκεντρώσει μικτά \$3 εκατομμύρια. (Αυτό δεν μετράει το κόστος της αγοράς.) Αλλά αν δεν αγοράσει τη γη, πιστεύει ότι μπορεί να βγάλει \$650.000 από εναλλακτικές επενδύσεις. Τι θα πρέπει να κάνει η εταιρεία;

**Πίνακας 10.37**

<b>Distribution of Price Decrease in May</b> <b>Κατανομή της μείωσης τιμής τον Μάιο</b>	
Price Decrease	Probability
\$0	0.5
\$60,000	0.3
\$120,000	0.2

**Πίνακας 10.38**

<b>Distribution of Price Decrease in June</b> <b>Κατανομή της μείωσης τιμής τον Ιούνιο</b>					
Price Decrease in May					
\$0		\$60,000		\$120,000	
June Decrease	Probability	June Decrease	Probability	June Decrease	Probability
\$0	0.3	\$0	0.6	\$0	0.7
\$60,000	0.6	\$30,000	0.2	\$20,000	0.2
\$120,000	0.1	\$60,000	0.2	\$40,000	0.1

**BIBΙΟΓΡΑΦΙΑ:**

Practical Management Science (with CD-ROM Update): Spreadsheet Modeling and Applications  
[Hardcover]

Wayne L. Winston (Author), S. Christian Albright (Author)

- Hardcover: 976 pages
- Publisher: Cengage Learning; 2 edition (December 24, 2002)
- Language: English
- ISBN-10: 053442435X
- ISBN-13: 978-0534424350