

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**« ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ:
ΜΕΘΟΔΟΙ & ΕΡΓΑΛΕΙΑ »**

ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ: ΧΡΙΣΤΟΠΟΥΛΟΥ ΜΑΡΙΑ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: Καθηγητής Ι. ΜΗΤΡΟΠΟΥΛΟΣ

ΠΑΤΡΑ, 2015

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία με θέμα «Ανάλυση αποφάσεων: Μέθοδοι & Εργαλεία», πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της πτυχιακής εργασίας του τμήματος Διοίκησης Επιχειρήσεων, της σχολής Διοίκησης και Οικονομίας του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πατρών.

Στο σημείο αυτό αισθάνομαι την ανάγκη να εκφράσω τις ειλικρινείς και θερμές ευχαριστίες μου σε όσους συνέβαλαν στην ολοκλήρωση αυτής της προσπάθειας:

Και πρώτα απ' όλα, στον επιβλέποντα καθηγητή μου και πρόεδρο του τμήματος Κ. Ιωάννη Μητρόπουλο για την απαραίτητη καθοδήγηση, υποστήριξη και ενθάρρυνση που μου παρείχε σε όλο αυτό το διάστημα, με αποτέλεσμα την άψογη συνεργασία μας.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω όλους εκείνους που με έμαθαν να «προσπερνώ» και βοήθησαν να γίνουν «ανεκτοί» οι συμβιβασμοί των τελευταίων χρόνων: τους φίλους μου, τους συναδέλφους μου, την οικογένειά μου και κυρίως τα αγγελούδια μου από τα οποία αντλούσα δύναμη. Σε αυτούς, που με την καθημερινή τους συμπαράσταση και την θετική τους σκέψη, συνέβαλαν στην εκπλήρωση του στόχου μου, αφιερώνεται η εργασία αυτή.

Μαρία Β. Χριστοπούλου

Πάτρα, 2014

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Παρά το γεγονός ότι η ικανότητα λήψης αποφάσεων αποτελεί βασικότατο προσόν των περισσότερων ανώτερων στελεχών για την επιτυχία τους στον τομέα της διαχείρισης , αυτοί οι ίδιοι άνθρωποι είναι συνήθως απρόθυμοι να δαπανήσουν χρόνο για την περαιτέρω ανάπτυξη αυτού του προσόντος . Ίσως η λήψη αποφάσεων να θεωρείται τόσο θεμελιώδης όσο η αναπνοή : απαραίτητη για τη ζωή , μία φυσικά και αυτόματη διαδικασία . Επομένως , γιατί να την μελετήσει κανείς;

Στην παρούσα εργασία , παρουσιάζουμε το γιατί: γιατί η έρευνα κατά τη διάρκεια των τελευταίων 40 χρόνων έχει αποκαλύψει πολλές τρόπους με τους οποίους η διαδικασία λήψης αποφάσεων προχωρά εσφαλμένα , χωρίς συνήθως να το γνωρίζουμε. Αλλά ο κύριος στόχος αυτής της εργασίας είναι να δείξει πώς μπορεί να εφαρμοστεί η ανάλυση απόφασης, έτσι ώστε οι αποφάσεις να λαμβάνονται σωστά. Έτσι, παρέχονται πολλές τεχνικές ανάλυσης απόφασης σε τέτοια μορφή, που να μπορούν να χρησιμοποιηθούν από πολυάσχολους διευθυντές και μάνατζερς.

Από το 1960 που εισήχθη η θεωρία αποφάσεων, από τους Howard Raiffa και Robert Schlaifer του Τμήματος Διοίκησης Επιχειρήσεων του Πανεπιστημίου του Harvard, έχουν υπάρξει πολλά βιβλία που εξιστορούν αυτή την εξέλιξη φτάνοντας σε μια δυνητικά χρήσιμη τεχνολογία που είναι γνωστή ως ανάλυση αποφάσεων, μέσω των πολυάριθμων επιτυχημένων εφαρμογών της στο εμπόριο, τη βιομηχανία, την κυβέρνηση, το στρατό και την ιατρική. Αλλά όλα αυτά τα βιβλία, είτε δεν εγείρουν το ενδιαφέρον των διευθυντών και των μάνατζερς ,είτε περιορίζονται μόνο σε μια στενή αντίληψη της ανάλυσης αποφάσεων , όπως τα δέντρα απόφασης.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε αυτή την πτυχιακή εργασία δεν ξεκινάμε με τα δέντρα απόφασης. Τα προβλήματα πολλαπλών στόχων, αποτελούν μια συχνή πηγή δυσκολίας, τόσο στον δημόσιο όσο και στον ιδιωτικό τομέα: μια πορεία δράσης είναι καλύτερη βάσει κάποιων κριτηρίων , αλλά μία άλλη είναι καλύτερη σε άλλα κριτήρια. Ποιά να προτιμηθεί; Στο πρώτο κεφάλαιο, ξεκινάμε με ένα τέτοιο πρόβλημα και παρουσιάζουμε μια νέα, άμεση τεχνική για να το χειριστούμε, που ονομάζεται SMART .

Αξίζει να σταματήσετε μετά το πρώτο κεφάλαιο και να εφαρμόσετε την SMART σε ένα πρόβλημα που πραγματικά σας απασχολεί. Η ανάλυση απόφασης λειτουργεί καλύτερα σε πραγματικά προβλήματα, και είναι πιο χρήσιμη όταν μπορούμε να πάρουμε ένα αποτέλεσμα που δεν περιμέναμε. Μετά από αρκετές προσπάθειες, αλλάζοντας την αναπαράσταση του προβλήματος, ή τις αρχικές σας απόψεις, είναι σχεδόν βέβαιο ότι θα έχετε εμβαθύνει στην κατανόηση του προβλήματος, και θα αισθανέστε πολύ πιο άνετα με τη λήψη μιας απόφασης.

Ο κύριος στόχος της εργασίας αυτής είναι σε πρακτικά προβλήματα διαχείρισης, αλλά αναφέρονται επίσης και θεωρητικά ζητήματα, όπου κρίνεται απαραίτητο για τους αναγνώστες ώστε να κατανοήσουν το πεδίο και τη δυνατότητα εφαρμογής μιας συγκεκριμένης τεχνικής.

Οι διάφορες προσεγγίσεις που καλύπτονται σε αυτή την εργασία, επενδύοντας χρόνο και προσπάθεια για να τις δοκιμάσετε, πραγματικά θα σας ανταμείψουν. Δεν χρειάζονται ανώτερα μαθηματικά, πέρα από την ικανότητα εφαρμογής μαθηματικών πράξεων όπως πρόσθεση, πολλαπλασιασμός και μερικές φορές και διαίρεση. Θα χρειαστεί να εκφράσετε τις κρίσεις σας σε αριθμητική μορφή (ακόμη και αν δεν έχετε πειστεί από την αρχή), και υπομονή να ακολουθήσετε βήμα προς βήμα τη διαδικασία που προτείνεται κάθε φορά.

Είτε το πρόβλημα σας είναι να αξιολογήσετε τις επιλογές όταν οι στόχοι μεταξύ τους συγκρούονται, είτε να κάνετε μια επιλογή στην οποία αντιμετωπίζετε σημαντική αβεβαιότητα για το μέλλον, είτε για να αξιολογήσετε την αβεβαιότητα που σχετίζεται με κάποιο μελλοντικό γεγονός, είτε για να αποφασίσετε σχετικά με την αναζήτηση νέων πληροφοριών πριν κάνετε μια επιλογή, θα βρείτε οπωσδήποτε πρακτική βοήθεια σε αυτές τις σελίδες. Οι προοπτικές για τη λήψη αποφάσεων που παρέχονται από την ανάλυση

αποφάσεων θα σας βοηθήσει να ασχοληθείτε με πολύπλοκα θέματα πιο αποτελεσματικά και να οξύνετε τις δεξιότητές σας στην καθημερινής λήψης αποφάσεων.

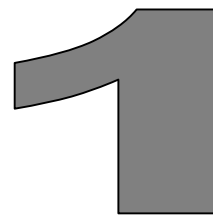
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ ΠΟΥ ΑΦΟΡΟΥΝ ΠΟΛΛΑΠΛΟΥΣ ΣΤΟΧΟΥΣ: SMART	9
Εισαγωγή.....	9
Βασική ορολογία.....	10
Στόχοι και χαρακτηριστικά.....	10
Αξία και χρησιμότητα.....	10
Πρόβλημα τοποθεσίας ενός γραφείου.....	10
Επισκόπηση της ανάλυσης.....	11
Κατασκευάζοντας ένα δέντρο αξιών.....	12
Πόσο καλά ανταποκρίνονται οι επιλογές σε κάθε χαρακτηριστικό;.....	14
Άμεση αξιολόγηση.....	15
Συναρτήσεις αξιών.....	17
Καθορισμός των βαρών των χαρακτηριστικών.....	20
Ομαδοποίηση των κερδών βάσει του αθροιστικού μοντέλου.....	23
Αντισταθμιστικά οφέλη έναντι του κόστους.....	24
Ανάλυση ευαισθησίας.....	26
Θεωρητικές σκέψεις.....	27
Τα αξιώματα της μεθόδου.....	27
Παραδοχές κατά τον συνυπολογισμό αξιών.....	28
Συγκρούσεις μεταξύ διαισθητικών και αναλυτικών αποτελεσμάτων.....	30
Περίληψη.....	31
ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ ΣΕ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΣΤΟΧΩΝ: ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΝΑΝΤΙ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ SMART.....	33
Εισαγωγή.....	33
Μέθοδος SMARTER.....	33
Μέθοδος Even Swaps.....	36
Η Even Swaps έναντι της SMART.....	40
Δυνατά σημεία της μεθόδου Even Swaps.....	41
Περιορισμοί της μεθόδου Even Swaps.....	41
Η αναλυτική διαδικασία ιεράρχησης (AHP).....	43
Εκτελώντας τους υπολογισμούς της AHP με το χέρι.....	49

Τα αξιώματα της AHP	51
Η AHP έναντι SMART	52
Κριτικές γύρω από την μέθοδο AHP	53
Μέθοδος MACBETH.....	55
Περίληψη	56
ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑΣ.....	57
Εισαγωγή.....	57
Ενδεχόμενα και γεγονότα.....	58
Προσεγγίσεις για την πιθανότητα	58
Η κλασική προσέγγιση	58
Η προσέγγιση σχετικής συχνότητας.....	59
Η υποκειμενική προσέγγιση	60
Αμοιβαίως αποκλειόμενα και εξαντλητικά γεγονότα	61
Ο κανόνας πρόσθεσης.....	61
Συμπληρωματικά γεγονότα.....	62
Οριακές και εξαρτημένες πιθανότητες.....	63
Ανεξάρτητα και εξαρτημένα γεγονότα.....	64
Ο πολλαπλασιαστικός κανόνας.....	64
Δέντρα πιθανοτήτων	65
Κατανομές πιθανότητας.....	67
Αναμενόμενες τιμές	71
Τα αξιώματα της θεωρίας των πιθανοτήτων.....	72
Περίληψη	73
ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΥΠΟ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ	74
Εισαγωγή.....	74
Το κριτήριο maximin	74
Το κριτήριο του αναμενόμενου χρηματικού κέρδους	76
Περιορισμοί του κριτηρίου EMV	78
Χρησιμότητα ενός χαρακτηριστικού	80
Ερμηνεύοντας τις συναρτήσεις χρησιμότητας.....	86

Συναρτήσεις χρησιμότητας για μη χρηματικά χαρακτηριστικά	88
Τα αξιώματα της χρησιμότητας	91
Περισσότερα για την εύρεση της χρησιμότητας	94
Διατύπωση ασφάλειας	95
Διατύπωση τυχερού παιχνιδιού	96
Πόσο απαραίτητη είναι η χρησιμότητα στην πράξη;	97
Χρησιμότητα πολλαπλών χαρακτηριστικών	100
Η εταιρεία Decanal Engineering.....	100
Αμοιβαία ανεξαρτησία χρησιμότητας	101
Εξάγοντας την πολλαπλών-χαρακτηριστικών συνάρτηση χρησιμότητας	102
Ερμηνεία των χρησιμοτήτων πολλαπλών χαρακτηριστικών	108
Επιπλέον σημεία της χρησιμότητας πολλαπλών χαρακτηριστικών	108
Περίληψη	109
ΔΕΝΤΡΑ ΑΠΟΦΑΣΗΣ & ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΕΠΙΡΡΟΗΣ	110
Εισαγωγή.....	110
Κατασκευή ενός δέντρου απόφασης.....	111
Προσδιορισμός της βέλτιστης στρατηγικής	113
Δέντρα απόφασης και χρησιμότητα.....	115
Δέντρα απόφασης με συνεχείς κατανομές πιθανότητας	117
Αξιολόγηση της δομής απόφασης	118
Περίληψη	127
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	128

Αποφάσεις που αφορούν πολλαπλούς στόχους: SMART



Εισαγωγή

Όταν τα προβλήματα απόφασης περιλαμβάνουν πολλούς στόχους, οι φορείς λήψης αποφάσεων αποφεύγουν τους συμβιβασμούς μεταξύ των στόχων αυτών. Αυτό μπορεί να οδηγήσει στην απόρριψη κάποιων σχετικά ελκυστικών επιλογών επειδή οι καλές επιδόσεις τους σε ορισμένους στόχους δεν αποζημιώνουν τις χαμηλές επιδόσεις τους σε άλλους. Για παράδειγμα, ένας προμηθευτής μπορεί να απορριφθεί λόγω της υψηλής τιμής του, παρά τους γρήγορους χρόνους παράδοσής του και την άριστη μεταπωλητική εξυπηρέτηση. Αυτά τα προβλήματα μπορούν να προκύψουν όταν ο υπεύθυνος πρέπει να χειριστεί ταυτόχρονα πάρα πολλές πληροφορίες οπότε αναγκάζεται να χρησιμοποιεί απλουστευμένες ορθολογικές ή εμπειρικές στρατηγικές, προκειμένου να κάνει μια επιλογή.

Σ' αυτό το κεφάλαιο θα διερευνήσουμε πώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί η ανάλυση αποφάσεων για να βοηθήσει τους λήπτες αποφάσεων σε προβλήματα πολλαπλών στόχων. Η κεντρική ιδέα είναι η διάσπαση του προβλήματος σε μικρότερα τμήματα, όπου εστιάζοντας ο υπεύθυνος σε κάθε τμήμα ξεχωριστά, είναι πιθανό να αποκτήσει καλύτερη κατανόηση του προβλήματος από ότι θα μπορούσε να επιτευχθεί αντιμετωπίζοντας το πρόβλημα συνολικά. Επίσης, απαιτώντας τη δέσμευση χρόνου και προσπάθειας, η ανάλυση ενθαρρύνει τον λήπτη απόφασης να σκεφτεί σοβαρά το πρόβλημα και σαφώς πιο λογικά. Ως αποτέλεσμα, ο υπεύθυνος στη λήψη αποφάσεων μπορεί να εξηγήσει και να δικαιολογήσει καλύτερα, γιατί ευνοείται μια συγκεκριμένη επιλογή.

Η μεθοδολογία που περιγράφεται σε αυτό το κεφάλαιο, υποστηρίζεται από ένα σύνολο αξιωμάτων. Θα τα συζητήσουμε προς το τέλος του κεφαλαίου, αλλά προς το παρόν, μπορούμε να τα θεωρούμε ως ένα σύνολο γενικά αποδεκτών προτάσεων ή ως «επισημοποίηση της κοινής λογικής» (Keeney, 1982). Αν ο υπεύθυνος αποδέχεται τα αξιώματα, τότε έπεται ότι τα αποτελέσματα της ανάλυσης θα του υποδείξουν πώς να συμπεριφέρεται εάν η απόφαση παρθεί με ορθολογικό τρόπο. Η ανάλυση επομένως, είναι κανονιστική, ακολουθώντας δηλαδή κανόνες ή συμβουλευτική; Δείχνει ποιά εναλλακτική θα πρέπει να επιλέξει ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων, εάν λειτουργήσει με συνέπεια απέναντι στις δεδηλωμένες προτιμήσεις του.

Η μέθοδος που εξηγείται εδώ, εφαρμόζεται συνήθως σε περιπτώσεις όπου μια συγκεκριμένη πορεία δράσης θεωρείται βέβαια (ή σχεδόν βέβαια) ότι θα οδηγήσει σε ένα δεδομένο αποτέλεσμα, οπότε η αβεβαιότητα δεν μας απασχολεί (θα συζητήσουμε τεχνικές για τον χειρισμό της αβεβαιότητας στα επόμενα κεφάλαια). Παρ' όλα αυτά, υπάρχουν εξαιρέσεις στον κανόνα, και θα δείξουμε αργότερα πώς μπορεί η μέθοδος να προσαρμοστεί σε προβλήματα που σχετίζονται με τον κίνδυνο και την αβεβαιότητα.

Ο κύριος ρόλος της ανάλυσής μας είναι να αποκτήσει ο λήπτης απόφασης μια αυξημένη κατανόηση του προβλήματος απόφασης. Εάν στο τέλος της διαδικασίας, δεν αναγνωρίζεται μια ενιαία καλύτερη πορεία δράσης, αυτό δεν σημαίνει ότι η ανάλυση ήταν

άνευ αξίας. Συχνά, οι γνώσεις που αποκτήθηκαν μπορεί να οδηγήσουν σε άλλες προσεγγίσεις στο πρόβλημα ή σε μεγαλύτερη κοινή κατανόηση ανάμεσα σε μια ετερογενή ομάδα φορέων λήψης αποφάσεων. Μπορεί να οδηγήσουν σε μια συνολική επανεξέταση της φύσης του προβλήματος ή να επιτρέψουν σε έναν μάνατζερ να μειώσει τον μεγάλο αριθμό εναλλακτικών λύσεων σε μερικές, που μπορούν στη συνέχεια να υποβληθούν σε ανώτερα διευθυντικά στελέχη με τα υπέρ και κατά, επιχειρήματα. Ενώ παρουσιάζουμε τη μέθοδο ως μια σειρά σταδίων, ο υπεύθυνος μπορεί, σε οποιοδήποτε σημείο, να επιστρέψει σε ένα προηγούμενο στάδιο ή να αλλάξει τον ορισμό του προβλήματος. Πράγματι, είναι πιθανό να συμβεί κάτι τέτοιο, καθώς επιτυγχάνεται μέσα από την ανάλυση μια βαθύτερη κατανόηση της φύσης του προβλήματος.

Βασική ορολογία

Στόχοι και χαρακτηριστικά

Πριν προχωρήσουμε, θα πρέπει να διευκρινίσουμε ορισμένες από τις βασικές έννοιες που θα χρησιμοποιούμε. Ως στόχος, έχει οριστεί από τους Keeney και Raiffa (1976a), η ένδειξη της προτιμώμενης κατεύθυνση της κίνησης. Γι' αυτό, όταν ορίζουμε τους στόχους χρησιμοποιούμε όρους όπως «ελαχιστοποίηση» ή «μεγιστοποίηση». Τυπικοί στόχοι μπορεί να είναι η ελαχιστοποίηση της ρύπανσης ή η μεγιστοποίηση του μεριδίου της αγοράς. Ένα χαρακτηριστικό χρησιμοποιείται για τη μέτρηση των επιδόσεων σε σχέση με ένα στόχο. Για παράδειγμα, αν έχουμε ως στόχο «να μεγιστοποιηθεί η έκθεση του τηλεοπτικού σποτ» μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το χαρακτηριστικό «αριθμός των ερωτηθέντων που θυμούνται βλέποντας την διαφήμιση», προκειμένου να μετρηθεί ο βαθμός στον οποίο επιτεύχθηκε ο στόχος. Μερικές φορές μπορεί να χρειαστεί να χρησιμοποιήσουμε ένα χαρακτηριστικό το οποίο δεν σχετίζεται άμεσα με τον στόχο. Αυτό το χαρακτηριστικό αναφέρεται ως *χαρακτηριστικό μεσολάβησης*. Για παράδειγμα, μια εταιρεία μπορεί να χρησιμοποιήσει τον κύκλο εργασιών του προσωπικού της ως χαρακτηριστικό μεσολάβησης για να μετρηθεί πόσο καλά επιτυγχάνει το στόχο της, δηλαδή την μεγιστοποίηση της ικανοποίησης του προσωπικού από την εργασία του.

Αξία και χρησιμότητα

Για κάθε πορεία δράσης που αντιμετωπίζει ο λήπτης απόφασης, απορρέουν αριθμητικές τιμές που μετρούν την ελκυστικότητα της πορείας δράσης προς αυτόν. Αν η απόφαση δεν περιλαμβάνει κανένα στοιχείο κινδύνου και αβεβαιότητας, θα αναφερόμαστε σε αυτό το σκορ ως αξία για την πορεία δράσης. Εναλλακτικά, όπου η απόφαση περιλαμβάνει κίνδυνο και αβεβαιότητα, θα αναφερόμαστε σε αυτό το σκορ, ως η χρησιμότητα της πορείας δράσης. Για την χρησιμότητα γίνεται λόγος στο κεφάλαιο 2.

Πρόβλημα τοποθεσίας ενός γραφείου

Για να φανεί η ανάλυση αποφάσεων που αφορούν πολλαπλούς στόχους, ας σκεφτούμε το εξής πρόβλημα. Μια μικρή επιχείρηση εκτύπωσης και φωτοτυπιών πρέπει να μετακομίσει από τα υπάρχοντα γραφεία του, διότι η περιοχή χρήζει αναδιαμόρφωσης. Ο ιδιοκτήτης της

επιχείρησης εξετάζει επτά πιθανά νέα γραφεία, τα οποία θα ενοικιάζονται. Οι λεπτομέρειες της θέσης των γραφείων, καθώς και το ετήσιο μίσθωμα που καταβάλλεται δίνονται παρακάτω.

Τοποθεσία γραφείου		Ετήσιο ενοίκιο (\$)
Addison Square	(A)	30 000
Bilton Village	(B)	15 000
Carlisle Walk	(C)	5 000
Denver Street	(D)	12 000
Elton Street	(E)	30 000
Filton Vilage	(F)	15 000
Gorton Square	(G)	10 000

Ενώ ο ιδιοκτήτης θα ήθελε να κρατήσει το κόστος του όσο το δυνατόν χαμηλότερα, θα ήθελε επίσης, να λάβει υπόψη άλλους παράγοντες. Για παράδειγμα, το γραφείο στην πλατεία Addison είναι σε τοποθεσία κοντά σε δυνητικούς πελάτες, αλλά είναι ακριβοί να νοικιάσουν. Είναι επίσης, ένα παλιό, σκοτεινό κτίριο, το οποίο δεν θα είναι άνετο στο προσωπικό να εργαστεί. Σε αντίθεση, το γραφείο Bilton Village είναι ένα νέο κτίριο το οποίο θα παρέχει άριστες συνθήκες εργασίας, αλλά είναι αρκετά χιλιόμετρα από το κέντρο της πόλης, όπου πελάτες μπορούν να βρεθούν οι περισσότεροι δυνητικοί πελάτες. Ο ιδιοκτήτης δεν είναι σίγουρος για το πώς να κάνει την επιλογή του, λαμβάνοντας υπόψη τον αριθμό των παραγόντων που εμπλέκονται.

Επισκόπηση της ανάλυσης

Η τεχνική που θα χρησιμοποιήσουμε για να αναλύσουμε το πρόβλημα τοποθεσίας του γραφείου βασίζεται στην απλή τεχνική της αξιολόγησης πολλαπλών χαρακτηριστικών (SMART). Η μέθοδος SMART έχει εφαρμοστεί ευρέως, λόγω της σχετικής απλότητας και διαφάνειας που τη διακατέχει, πράγμα που σημαίνει ότι οι φορείς λήψης αποφάσεων με διαφορετικά υπόβαθρα μεταξύ τους, μπορούν εύκολα να εφαρμόσουν την μέθοδο και να κατανοήσουν τα προτερήματά της. Αν και η μέθοδος SMART δεν μπορεί πάντα να συμπεριλάβει όλες τις λεπτομέρειες και την πολυπλοκότητα μιας απόφασης, ωστόσο είναι μια εξαιρετική μέθοδος για να αναδειχτούν οι σημαντικές πτυχές του προβλήματος και ο τρόπος που σχετίζονται μεταξύ τους. Συχνά, αρκεί για μια απόφαση που πρέπει να γίνει με διορατικότητα.

Τα κύρια στάδια της ανάλυσης δείχνονται παρακάτω.

Στάδιο 1: Προσδιορίζουμε τον φορέα λήψης αποφάσεων (ή τους φορείς λήψης αποφάσεων). Στο πρόβλημά μας, θα υποθέσουμε ότι λήπτης απόφασης είναι μόνο ο ιδιοκτήτης της επιχείρησης.

Στάδιο 2: Προσδιορίζουμε τους εναλλακτικούς τρόπους δράσης. Στο πρόβλημα μας αυτοί είναι τα διάφορα γραφεία που μπορεί να επιλέξει ο ιδιοκτήτης.

Στάδιο 3: Προσδιορίζουμε τα χαρακτηριστικά του προβλήματος απόφασης. Τα χαρακτηριστικά που διακρίνουν τα διάφορα γραφεία, είναι παράγοντες του προβλήματος, όπως το ενοίκιο, το μέγεθος και η ποιότητα των συνθηκών εργασίας. Στην επόμενη ενότητα θα δείξουμε πώς ένα δέντρο τιμών μπορεί να είναι χρήσιμο κατά τον προσδιορισμό των σχετικών χαρακτηριστικών.

Στάδιο 4: Για κάθε χαρακτηριστικό, αναθέτουμε τιμές για τη μέτρηση της απόδοσης των εναλλακτικών λύσεων σχετικά με αυτό το χαρακτηριστικό. Για παράδειγμα, πόσο καλά συγκρίνουμε τα γραφεία κατά την εξέταση της ποιότητας των συνθηκών εργασίας που προσφέρουν;

Στάδιο 5: Καθορίζουμε ένα θάρος για κάθε χαρακτηριστικό. Αυτό μπορεί να αντανακλά το πόσο σημαντικό είναι κάθε χαρακτηριστικό στην λήψη της απόφασης (αν και θα συζητήσουμε το πρόβλημα της χρησιμοποίησης των βαρών αργότερα).

Στάδιο 6: Για κάθε εναλλακτική λύση, παίρνουμε ένα σταθμισμένο μέσο όρο των τιμών που αποδίδονται στην εναλλακτική αυτή. Αυτό θα μας δώσει ένα μέτρο του πόσο καλά ανταποκρίνεται ένα γραφείο σε όλα τα χαρακτηριστικά.

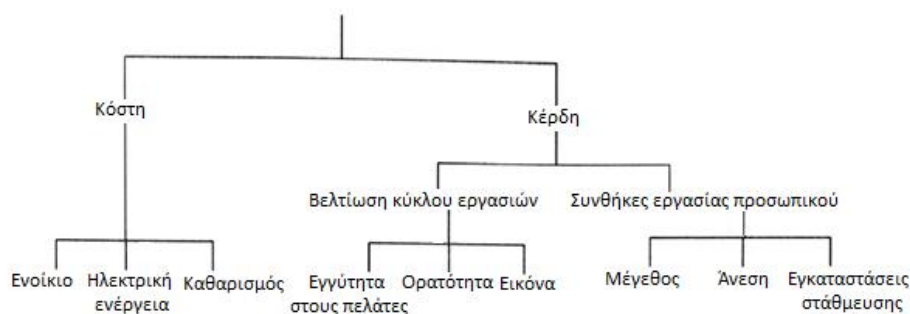
Στάδιο 7: Παίρνουμε μια προσωρινή απόφαση.

Στάδιο 8: Εκτελούμε ανάλυση ευαισθησίας για να δούμε πόσο ισχυρή είναι η απόφαση στις αλλαγές των στοιχείων που παρέχονται από τον λήπτη απόφασης.

Κατασκευάζοντας ένα δέντρο αξιών

Τα στάδια 1 και 2 της ανάλυσής μας έχουν ήδη ολοκληρωθεί: γνωρίζουμε ποιός είναι ο λήπτης αποφάσεων και έχουμε προσδιορίσει τις εναλλακτικές λύσεις που έχει στη διάθεσή του. Το επόμενο βήμα είναι να καθορίσουμε τα χαρακτηριστικά που θεωρεί ο υπεύθυνος ότι είναι συναφή με το πρόβλημά του.

Ας θυμηθούμε ότι τα χαρακτηριστικά χρησιμοποιούνται για να μετρούν την απόδοση των πορειών δράσης απέναντι στους στόχους. Για να το καταφέρουμε αυτό, στόχος μας είναι να καταλήξουμε σε ένα πλήθος χαρακτηριστικών που θα μας επιτρέψει να μετρήσουμε την απόδοση σε αριθμητική κλίμακα. Ωστόσο, τα αρχικά χαρακτηριστικά που αποσπάσαμε από τον λήπτη απόφασης μπορεί να είναι ασαφή (π.χ. θα μπορούσε να δηλώσει ότι ψάχνει γραφείο που θα είναι «το καλύτερο για την επιχείρησή του»), και ως εκ τούτου μπορεί να χρειάζεται να αναλυθούν σε πιο συγκεκριμένα χαρακτηριστικά πριν πραγματοποιηθεί μέτρηση. Ένα δέντρο αξιών μπορεί να φανεί χρήσιμο σ' αυτό το σημείο (Σχήμα 1.1).



Σχήμα 1.1: Ένα δέντρο αξιών για το πρόβλημα τοποθεσίας του γραφείου

Μπορούμε να αρχίσουμε να κατασκευάζουμε το δέντρο καταγράφοντας τα χαρακτηριστικά που αντιπροσωπεύουν τις γενικότερες ανησυχίες του λήπτη αποφάσεων. Αρχικά, ο ιδιοκτήτης εντοπίζει δύο βασικά χαρακτηριστικά, που αποφασίζει να ονομάσει «κόστη» και «κέρδη». Δεν υπάρχει περιορισμός στον αριθμό των χαρακτηριστικών που μπορεί αρχικά να εντοπίσει ο υπεύθυνος (π.χ. θα μπορούσε να καθορίσει το

«βραχυπρόθεσμο κόστος», το «μακροπρόθεσμο κόστος, την «ευκολία κίνησης» και τα «κέρδη» ως τα αρχικά του χαρακτηριστικά). Επίσης, δεν επιβάλλεται να κατηγοριοποιηθούν τα κύρια χαρακτηριστικά, ως κόστη και κέρδη.

Έπειτα χρειάζεται να διασπάσουμε τα κόστη και τα κέρδη των γραφείων σε πιο συγκεκριμένα χαρακτηριστικά που θα μας διευκολύνουν στη σύγκριση των τοποθεσιών. Ο ιδιοκτήτης προσδιορίζει τρεις κύριες δαπάνες που τον απασχολούν: το ετήσιο μίσθωμα, το κόστος ηλεκτρικής ενέργειας (για θέρμανση, φωτισμό, λειτουργία εξοπλισμού, κλπ) και το κόστος του τακτικού καθαρισμού του γραφείου. Ομοίως, αποφασίζει ότι τα κέρδη μπορούν να υποδιαιρεθούν σε «προοπτική βελτίωσης του κύκλου εργασιών» και «συνθήκες εργασίας του προσωπικού.» Ωστόσο, ο ίδιος πιστεύει ότι θα έχει δυσκολία στο να συγκρίνει τις δυνατότητες κάθε γραφείου για βελτίωση του κύκλου εργασιών, χωρίς να εντοπίσει πιο συγκεκριμένα χαρακτηριστικά που θα επηρεάσουν τον κύκλο εργασιών. Θεωρεί ότι αυτά τα χαρακτηριστικά είναι «η εγγύτητα του γραφείου σε πιθανούς πελάτες», «η ορατότητα του γραφείου» (πολλές επιχειρήσεις δημιουργούνται από ανθρώπους που τις βλέπουν καθώς περνούν από μπροστά) και «η εικόνα της θέσης» (ένας παλιό κτίριο σε μη κεντρικό δρόμο μπορεί να δημιουργήσει μια κακή εικόνα και να οδηγήσει σε απώλεια πελατών). Ομοίως, ο ιδιοκτήτης αισθάνεται ότι θα μπορεί καλύτερα να συγκρίνουν τις συνθήκες εργασίας, αν διασπάσει αυτό το χαρακτηριστικό σε «μέγεθος», «άνεση» και «εγκαταστάσεις στάθμευσης αυτοκινήτων».

Έχοντας κατασκευάσει ένα δέντρο τιμών, πώς μπορούμε να κρίνουμε αν αποτελεί μια ακριβή και χρήσιμη αναπαράσταση των ανησυχιών του λήπτη αποφάσεων; Οι Keeney και Raiffa (1976a), έχουν προτείνει πέντε κριτήρια που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να κρίνουν το δέντρο.

(i) *Πληρότητα*. Αν το δέντρο είναι πλήρες, όλα τα χαρακτηριστικά που θα μπορούσαν να αφορούν τον λήπτη απόφασης θα έχουν συμπεριληφθεί. Πρόσφατη έρευνα έχει διαπιστώσει ότι, χωρίς βοήθεια, οι άνθρωποι είναι πιο πιθανό να δημιουργήσουν ελλιπή σύνολα στόχων (και ως εκ τούτου, οι ελλειπείς λίστες χαρακτηριστικών). Σε μια μελέτη (Bond, Carlson and Keeney, 2008) οι άνθρωποι κλήθηκαν να αναφέρουν τους στόχους τους για μια απόφαση που ήταν σημαντική για αυτούς. Στη συνέχεια τους παρουσιάστηκε ένας γενικός κατάλογος πιθανών στόχων και κλήθηκαν να κατατάξουν τους 10 πιο σημαντικούς στόχους αυτής της λίστας. Διαπιστώθηκε ότι το 10% των ατόμων είχαν αποτύχει να συμπεριλάβουν τον πιο σημαντικό στόχο τους στην αρχική τους λίστα και το 71% είχε παραλείψει τουλάχιστον έναν από τους πέντε κορυφαίους στόχους τους.

Σε μια μεταγενέστερη μελέτη (Bond, Carlson and Keeney, 2010), οι ερευνητές πρότειναν διάφορους τρόπους για να ενθαρρύνουν την παραγωγή πληρέστερων καταλόγων στόχων. Το κλειδί, βάσει των ερευνητών ήταν, μετά τη δημιουργία ενός πρώτου καταλόγου, να επανεξετάσουν οι ενδιαφερόμενοι τη λίστα τους για να δημιουργήσουν περαιτέρω στόχους. Αρκετές μέθοδοι βρέθηκαν να είναι αποτελεσματικές στην επέκταση των αρχικών καταλόγων. Πολλές από αυτές τους παρότρυναν να διπλασιάσουν το μήκος της λίστας τους, παρέχοντάς τους - όπου ήταν δυνατόν - έναν κύριο κατάλογο (π.χ. χαρακτηριστικά προϊόντος έπειτα από έρευνα στους καταναλωτές) ή δίνοντας τους μια λίστα κατηγοριών στις οποίες μπορεί να ανήκουν οι στόχοι (π.χ. σε μια επιλογή θέσης εργασίας, αυτές μπορεί να είναι «ευκαιρίες για μελλοντική σταδιοδρομία», «ικανοποίηση από την εργασία», κτλ). Σε περίπτωση που οι αποφάσεις αφορούν ομάδες φορέων λήψης αποφάσεων, συνδυάζοντας τις λίστες που δημιουργούν ανεξάρτητα ο ένας από τον άλλον, είναι πιο πιθανό να οδηγηθούμε σε ένα πιο ολοκληρωμένο σύνολο στόχων.

(ii) *Λειτουργικότητα*. Το κριτήριο αυτό πληρούται όταν στο δέντρο, όλα τα χαμηλότερου επιπέδου χαρακτηριστικά, είναι αρκετά συγκεκριμένα πια για την λήψη της απόφασης

ώστε να αξιολογηθούν και να συγκριθούν για τις διάφορες εναλλακτικές επιλογές. Για παράδειγμα, εάν ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων του παραδείγματός μας δεν ήταν σε θέση να κρίνει την «εικόνα» των τοποθεσιών σε αριθμητική κλίμακα, το δέντρο δεν θα είναι λειτουργικό. Σε αυτή την περίπτωση θα επιχειρούσαμε να υποδιαιρέσουμε περαιτέρω την «εικόνα» σε νέα χαρακτηριστικά, τα οποία θα ήταν ικανά να εκτιμηθούν, ή θα επιχειρούσαμε να βρούμε ένα χαρακτηριστικό που θα αντικαθιστούσε την «εικόνα».

- (iii) *Ανεξαρτησία*. Το κριτήριο αυτό προϋποθέτει ότι η ελκυστικότητα μιας επιλογής σε ένα χαρακτηριστικό, μπορεί να εκτιμηθεί ανεξάρτητα από την ελκυστικότητά της για άλλα χαρακτηριστικά. Εάν ο υπεύθυνος λήψης απόφασης δεν είναι σε θέση να εκτιμήσει τη σχετική άνεση που παρέχουν τα γραφεία χωρίς να εξετάζει ταυτόχρονα το μέγεθός τους, τότε δεν έχει επιτευχθεί ανεξαρτησία. Ανεξαρτησία σημαίνει ότι ο υπεύθυνος μπορεί να επικεντρωθεί στο πόσο καλά ανταποκρίνονται οι επιλογές σε κάθε χαρακτηριστικό ξεχωριστά, χωρίς την ανάγκη να σκεφτεί την ίδια στιγμή τις επιδόσεις τους σε άλλα χαρακτηριστικά. Αυτό απλοποιεί σαφώς τη διαδικασία αξιολόγησης. Αν διαπιστώσουμε ότι δεν έχουμε επιτύχει ανεξαρτησία θα πρέπει να εξετάσουμε και πάλι το δέντρο για να δούμε αν μπορούμε να επαναπροσδιορίσουμε ή να ομαδοποιήσουμε διαφορετικά τα χαρακτηριστικά αυτά.
- (iv) *Απουσία πλεονασμού*. Αν δύο χαρακτηριστικά αλληλοκαλύπτονται γιατί αντιπροσωπεύουν στην πραγματικότητα το ίδιο πράγμα, τότε ένα από αυτά τα χαρακτηριστικά είναι σαφώς περιττό. Για παράδειγμα, ο υπεύθυνος μπορεί εσφαλμένα να περιλαμβάνει στο δέντρο, τόσο το «μέγεθος», όσο και την «ευρυχωρία» των γραφείων. Αν τα διπλά χαρακτηριστικά δεν εξαλείφονται, τότε υπολογίζονται διπλά και ως εκ τούτου έχουν υπερβολική βαρύτητα στην τελική απόφαση.
- (v) *Ελάχιστο μέγεθος*. Αν το δέντρο είναι πολύ μεγάλο τότε οποιαδήποτε ουσιώδης ανάλυση είναι αδύνατη. Για να εξασφαλίσουμε ότι δεν θα συμβεί κάτι τέτοιο, τα χαρακτηριστικά δεν θα πρέπει να αποσυντίθεται, πέρα από το επίπεδο όπου μπορούν να αξιολογηθούν. Μερικές φορές το μέγεθος του δέντρου μπορεί να μειωθεί με την εξάλειψη χαρακτηριστικών που δεν δημιουργούν κάποια διάκριση μεταξύ των επιλογών. Για παράδειγμα, εάν όλα τα γραφεία στο πρόβλημά μας προσέφεραν πανομοιότυπες εγκαταστάσεις στάθμευσης αυτοκινήτων, στη συνέχεια, αυτό το χαρακτηριστικό θα μπορούσε να αφαιρεθεί από το δέντρο.

Μερικές φορές είναι απαραίτητο να βρεθεί η χρυσή τομή μεταξύ αυτών των κριτηρίων. Για παράδειγμα, για να κάνουμε το δέντρο λειτουργικό ίσως να καταστεί αναγκαίο να αυξηθεί το μέγεθος του. Συχνά απαιτούνται πολλές προσπάθειες για τη διαμόρφωση ενός δένδρου πριν φτάσουμε σε μια αποδεκτή δομή.

Πόσο καλά ανταποκρίνονται οι επιλογές σε κάθε χαρακτηριστικό;

Έχοντας εντοπίσει τα χαρακτηριστικά που απασχολούν τον υπεύθυνο του προβλήματός μας, το επόμενο βήμα είναι να μάθουμε πόσο καλά ανταποκρίνονται οι διαφορετικοί χώροι γραφείων σε κάθε ένα από τα χαρακτηριστικά χαμηλότερου επιπέδου στο δέντρο τιμών. Ο προσδιορισμός του ετήσιου κόστους λειτουργίας των γραφείων είναι σχετικά απλός. Ο υπεύθυνος γνωρίζει ήδη το ετήσιο μίσθωμα και μπορεί να λάβει τις εκτιμήσεις του κόστους καθαρισμού και της ηλεκτρικής ενέργειας από τις επιχειρήσεις που παρέχουν αυτές τις υπηρεσίες. Λεπτομέρειες για όλα αυτά τα έξοδα δίνονται στον Πίνακα 1.1.

Σε μεταγενέστερο στάδιο στην ανάλυσή μας, θα πρέπει να βρεθεί μια ισορροπία μεταξύ των δαπανών και των κερδών. Κάτι τέτοιο αποτελεί συνήθως μια εξαιρετικά δύσκολη απόφαση. Οι Edwards και Newman (1986), θεωρούν αυτό το είδος κρίσης «την λιγότερο ασφαλή και πιο άβολη» όλων των κρίσεων που απαιτούνται στις αποφάσεις που αφορούν πολλαπλούς στόχους. Εξαιτίας αυτού, θα αγνοήσουμε τώρα τα κόστη μέχρι το τέλος της ανάλυσής μας και, προς το παρόν, θα επικεντρωθούμε στα χαρακτηριστικά του κέρδους.

Για να μετρήσουμε αυτά τα χαρακτηριστικά, πρέπει να προσδιορίσουμε τις μεταβλητές που τα αντιπροσωπεύουν. Για παράδειγμα, το μέγεθος του γραφείου μπορεί να αντιπροσωπεύεται από το εμβαδόν του δαπέδου του σε ft². Ομοίως, η απόσταση του γραφείου από το κέντρο της πόλης αποτελεί μια καλή προσέγγιση του χαρακτηριστικού «απόσταση από πιθανούς πελάτες».

Τοποθεσία γραφείου	Ετήσιο μίσθωμα (\$)	Ετήσιο κόστος καθαρισμού (\$)	Ετήσιο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας (\$)	Συνολικό κόστος (\$)
Addison Square	30000	3000	2000	35000
Bilton Village	15000	2000	800	17800
Carlisle Walk	5000	1000	700	6700
Denver Street	12000	1000	1100	14100
Elton Street	30000	2500	2300	34800
Filton Village	15000	1000	2600	18600
Gorton Square	10000	1000	900	12000

Πίνακας 1.1: Δαπάνες που σχετίζονται με τα επτά γραφεία

Ωστόσο, για άλλα χαρακτηριστικά, όπως η «εικόνα» και η «άνεση», θα είναι πιο δύσκολο να βρεθεί μια μεταβλητή η οποία μπορεί να προσδιοριστεί ποσοτικά. Εξαιτίας αυτού, υπάρχουν δύο προσεγγίσεις οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μέτρηση της απόδοσης των γραφείων σε κάθε χαρακτηριστικό: η άμεση αξιολόγηση και η χρήση των συναρτήσεων αξίας.

Άμεση αξιολόγηση

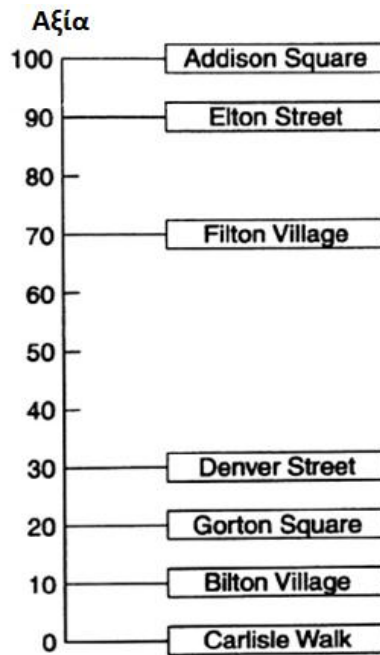
Ας εξετάσουμε πρώτα τα χαρακτηριστικά που δεν μπορούν εύκολα να εκφραστούν από μετρήσιμες μεταβλητές, αρχής γενομένης με το χαρακτηριστικό «εικόνα». Ο υπεύθυνος καλείται αρχικά να κατατάξει τις θέσεις των γραφείων, όσον αφορά στην εικόνα τους, από την πλέον προτιμώμενη στην λιγότερο προτιμώμενη. Η κατάταξη που δίνει είναι:

- (1) Addison Square
- (2) Elton Street
- (3) Filton Village
- (4) Denver Street
- (5) Gorton Square
- (6) Bilton Village

(7) Carlisle Walk

Έτσι, στην Addison Square, που κατέχει την καλύτερη θέση για το χαρακτηριστικό «εικόνα», μπορεί τώρα να δωθεί η τιμή 100 και στην Carlisle Walk, την τοποθεσία με την λιγότερο ελκυστική εικόνα, μπορεί να δωθεί η τιμή 0. Όπως θα εξηγήσουμε παρακάτω, θα μπορούσαν να έχουν χρησιμοποιηθεί εδώ δύο οποιοδήποτε αριθμοί αρκεί ο αριθμός που αποδίδεται στην πλέον προτιμώμενη θέση να είναι υψηλότερος από αυτόν που αποδίδεται στην λιγότερο προτιμώμενη. Ωστόσο, η χρήση των 0 και 100 καθιστά τις κρίσεις που ακολουθούν πολύ πιο εύκολες κι επίσης απλοποιούν τους μαθηματικούς υπολογισμούς.

Ζητάμε τώρα από τον λήπτη απόφασης να βαθμολογήσει τις άλλες τοποθεσίες, έτσι ώστε οι τιμές που θα δώσει να αντιπροσωπεύουν την προτίμησή του για ένα γραφείο συγκριτικά με τα άλλα όσον αφορά την «εικόνα» του. Το σχήμα 3.2 δείχνει τις τιμές που αποδίδονται από τον λήπτη απόφασης. Όπως φαίνεται, η βελτίωση της «εικόνας» στη θέση Bilton Village από την Gorton Square γίνεται αντιληπτή από τον ιδιοκτήτη να είναι δύο φορές πιο προτιμότερη από την βελτίωση της «εικόνας» από τη θέση Carlisle Walk στην Bilton Village. Ομοίως, η βελτίωση της «εικόνας» από τη θέση Carlisle Walk στην Addison Square φαίνεται να είναι 10 φορές προτιμότερη από τη βελτίωση από την θέση Carlisle Walk στην Bilton Village.



Σχήμα 1.2: Κλίμακα αξιών για την εικόνα του γραφείου

Ας σημειώσουμε ότι στην κλίμακα αυτή, συγκρίνουμε το διάστημα (ή η βελτίωση) μεταξύ των σημείων. Δεν μπορούμε να πούμε ότι η «εικόνα» της Gorton Square είναι δύο φορές προτιμότερη από αυτήν του γραφείου στην περιοχή Bilton Village. Αυτό συμβαίνει γιατί δώθηκε η τιμή μηδέν για να εκπροσωπεί την «εικόνα» της περιοχής Carlisle Walk αυθαίρετα, και ως εκ τούτου έχουμε τη γνωστή ως κλίμακα διαστημάτων, η οποία επιτρέπει να συγκριθούν μόνο τα διαστήματα μεταξύ των σημείων. Οι κλίμακες θερμοκρασίας Φαρενάιτ και Κελσίου αποτελούν τα πιο γνωστά παραδείγματα της κλίμακας αυτής. Δεν μπορεί, για παράδειγμα, να πούμε ότι το νερό στους 80 °C έχει διπλάσια θερμοκρασία από αυτήν στους 40 °C. Μπορούμε να το επιβεβαιώσουμε αυτό μετατρέποντας τις προηγούμενες θερμοκρασίες σε βαθμούς Fahrenheit καταλήγοντας στους 175 F και 104 F, αντίστοιχα. Η πρώτη θερμοκρασία δεν είναι πλέον διπλάσια της

δεύτερης θερμοκρασίας. Ωστόσο, μπορούμε να πούμε ότι μία αύξηση της θερμοκρασίας από τους 40 °C στους 80 °C είναι διπλάσια της αύξησης από τους 40 °C στους 60 °C. Θα διαπιστώσετε ότι μια τέτοια σύγκριση ισχύει ακόμα και αν έχουμε μετατρέψει τις θερμοκρασίες σε βαθμούς Φαρενάιτ.

Αφού δωθεί ένα αρχικό σύνολο τιμών για την «εικόνα», αυτές θα πρέπει να ελέγχονται για να διαπιστωθεί εάν αντιπροσωπεύουν σταθερά τις προτιμήσεις του λήπτη αποφάσεων. Αυτό μπορούμε να το επιτύχουμε, ρωτώντας για παράδειγμα τον λήπτη αποφάσεων, αν είναι ικανοποιημένος από το γεγονός ότι η βελτίωση της «εικόνας» ανάμεσα στις τοποθεσίες Elton Street και Addison Square είναι σε γενικές γραμμές προτιμότερη από την βελτίωση στην εικόνα ανάμεσα σε Gorton Square και Denver Street. Ομοίως, είναι ικανοποιημένος που η βελτίωση της εικόνας μεταξύ Carlisle Walk και Denver Street είναι λιγότερο προτιμητέα από την βελτίωση της «εικόνας» μεταξύ Denver Street και Elton Street; Οι απαντήσεις του σε αυτά τα ερωτήματα, μπορούν να οδηγήσουν σε μια αναθεώρηση των τιμών. Φυσικά, αν ο λήπτης απόφασης θεωρήσει πολύ δύσκολο να κάνει αυτές τις κρίσεις, ίσως χρειαστεί να επιστρέψουμε στο δέντρο αξιών και να δούμε αν μπορούμε να υποδιαιρέσουμε την «εικόνα» σε πιο μετρήσιμα χαρακτηριστικά. Ωστόσο, θα πρέπει να τονίσουμε ότι οι αριθμοί που μας έδωσε ο λήπτης αποφάσεων για κάθε γραφείο ξεχωριστά, δεν χρειάζεται να είναι ακριβείς. Όπως θα δούμε αργότερα, η επιλογή της κατάλληλης πορείας δράσης είναι γενικότερα αρκετά ισχυρή, και συχνά απαιτεί αρκετά σημαντικές αλλαγές στα στοιχεία που παρέχει ο λήπτης απόφασης, πριν προτιμηθεί μια άλλη επιλογή.

Η προαναφερόμενη διαδικασία, για τη λήψη τιμών, μπορεί να επαναληφθεί και για τα άλλα ποσοτικά χαρακτηριστικά. Οι τιμές που μας έδωσε ο λήπτης απόφασης για τα χαρακτηριστικά «άνεση», «ορατότητα» και «εγκαταστάσεις στάθμευσης αυτοκινήτων» παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.2. Όσο για τους άλλους αριθμούς στον πίνακα αυτό, θα εξηγηθούν αργότερα.

Χαρακτηριστικό	Βάρος	Γραφείο						
		A	B	C	D	E	F	G
Εγγύτητα	32	100	20	80	70	40	0	60
Ορατότητα	26	60	80	70	50	60	0	100
Εικόνα	23	100	10	0	30	90	70	20
Μέγεθος	10	75	30	0	55	100	0	50
Άνεση	6	0	100	10	30	60	80	50
Parking	3	90	30	100	90	70	0	80
Συνολικά κέρδη		80.8	39.4	47.4	52.3	64.8	20.9	60.2

Πίνακας 1.2: Αξίες και βάρη για το πρόβλημα τοποθεσίας του γραφείου

Συναρτήσεις αξιών

Ας εξετάσουμε στη συνέχεια τα χαρακτηριστικά του κέρδους που μπορούν εύκολα να εκπροσωπηθούν από ποσοτικές μεταβλητές, ξεκινώντας με την σχετική προτίμηση του

λήπτη απόφασης ιδιοκτήτη ως προς τα γραφεία διαφορετικών μεγεθών. Το εμβαδόν των γραφείων φαίνεται παρακάτω.

Τώρα μία αύξηση του εμβαδού από 500 ft² σε 1.000 ft² μπορεί να είναι πολύ ελκυστική για τον λήπτη απόφασης, αφού κάτι τέτοιο θα βελτιώσει σημαντικά τις συνθήκες εργασίας. Ωστόσο, η βελτίωση που μπορεί να προκύψει με την αύξηση του εμβαδού από 1000 σε 1500 ft² θα μπορούσε να είναι οριακή και να κάνει αυτή την αύξηση λιγότερο ελκυστική. Για να μεταφράσουμε τις προτιμήσεις του λήπτη αποφάσεων, για το εμβαδόν των γραφείων, σε τιμές κλίμακας από 0 έως 100, μπορούμε να προχωρήσουμε ως εξής.

		Εμβαδόν (ft ²)
Addison Square	(A)	1000
Bilton Village	(B)	550
Carlisle Walk	(C)	400
Denver Street	(D)	800
Elton Street	(E)	1500
Filton Village	(F)	400
Gorton Square	(G)	700

Ο λήπτης κρίνει ότι όσο μεγαλύτερο είναι το γραφείο, τόσο πιο ελκυστικό είναι. Το μεγαλύτερο γραφείο, στην Elton Street, έχει έκταση 1500 ft², έτσι μπορούμε να δώσουμε στα 1500 ft² την τιμή 100. Μαθηματικά μπορούμε να πούμε ότι $v(1500)=100$, όπου $v(1500)$ σημαίνει «η αξία των 1500 ft²». Ομοίως, τα μικρότερα γραφεία (στις τοποθεσίες Carlisle Walk και Filton Village) έχουν και τα δύο εμβαδόν 400 ft², οπότε $v(400)=0$.

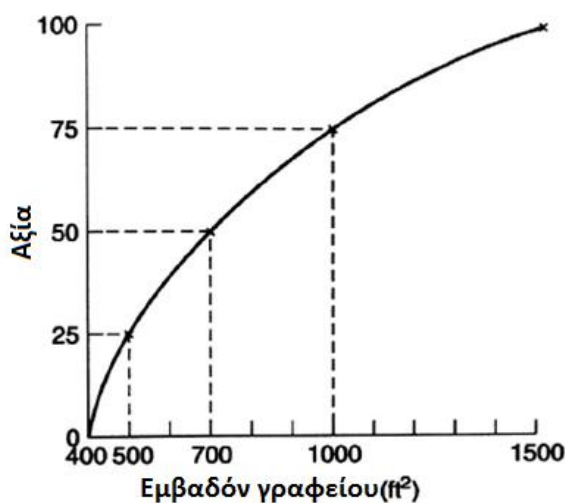
Πρέπει τώρα να βρούμε την αξία των χώρων των γραφείων, που βρίσκονται μεταξύ της πλέον προτιμώμενης και των λιγότερο προτιμώμενων περιοχών. Κάτι τέτοιο μπορεί να γίνει εξάγοντας τη συνάρτηση αξίας. Αρκετές μέθοδοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εξάγουμε μια συνάρτηση αξίας, αλλά μία μέθοδος που εφαρμόζεται ευρέως είναι η *διχοτόμηση*.

Στην διχοτόμηση ο λήπτης απόφασης πρέπει να προσδιορίσει μια περιοχή γραφείου, η οποία έχει αξία την μισή μεταξύ της λιγότερο προτιμώμενης περιοχής (400 ft²) και της πλέον προτιμώμενης (1500 ft²). Ας σημειώσουμε ότι αυτή η περιοχή δεν πρέπει αναγκαστικά να αντιστοιχεί σε εκείνη των υπό εξέταση γραφείων. Αρχικά, ο λήπτης απόφασης υποδηλώνει ότι το εμβαδόν των 1000 ft² θα βρίσκεται στο μέσον μεταξύ της λιγότερο και της περισσότερο προτιμώμενης θέσης. Αυτό συνεπάγεται ότι μια αύξηση εμβαδού από 400 σε 1000 ft² είναι εξίσου ελκυστική με μια αύξηση από 1000 σε 1500 ft². Ωστόσο, μετά από λίγη σκέψη, απορρίπτει αυτήν την τιμή. Οι αυξήσεις στα μικρότερα εμβαδά μπορούν να μειώσουν τον συνωστισμό και έτσι είναι πολύ πιο ελκυστικές απ' ό,τι οι αυξήσεις σε μεγαλύτερα εμβαδά, οι οποίες μπορούν να οδηγήσουν μόνο σε μικρές βελτιώσεις. Έτσι υποδεικνύει άλλες τιμές εμβαδού για την μεσαία θέση (για παράδειγμα,

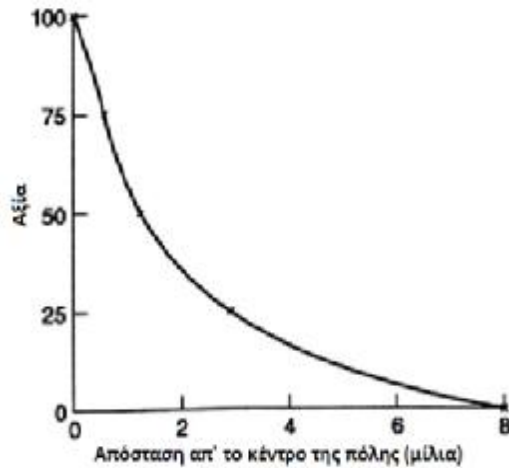
900 ft² και 600 ft²), αλλά απορρίπτει κι αυτές τις τιμές. Τέλος, καταλήγει ότι τα 700 ft² θα έχουν την μεσαία τιμή, ώστε $v(700)=50$.

Έχοντας εντοπίσει την μεσαία αξία,καλείται τώρα ο λήπτης απόφασης να προσδιορίσει τα «σημεία τετάρτων». Η πρώτη από αυτές θα είναι το εμβαδόν γραφείου που έχει την μεσαία τιμή μεταξύ της λιγότερο προτιμώμενης περιοχής (400 ft²) και της μεσαίας περιοχής (700 ft²). Έχει αποφασίσει ότι αυτή θα είναι τα 500 ft², ώστε $v(500)=25$. Ομοίως, του ζητάμε να προσδιορίσει μια περιοχή που έχει την μέση αξία μεταξύ της περιοχής (700 ft²) και της καλύτερης περιοχής (1500 ft²). Κρίνει ότι αυτή είναι τα 1000 ft², που σημαίνει ότι $v(1000)=75$. Τώρα έχουμε τις τιμές για πέντε σημεία εμβαδά γραφείων κι έτσι μπορούμε να σχεδιάσουμε τη συνάρτηση αξιών για το μέγεθος του γραφείου, η οποία φαίνεται στο Σχήμα 1.3. Αυτή η συνάρτηση αξιών μπορεί να χρησιμοποιηθεί τώρα για την εκτίμηση των τιμών των πραγματικών εμβαδών των υπό εξέταση γραφείων. Για παράδειγμα, το γραφείο στην περιοχή Bilton Village βρίσκεται σε μια έκταση 550 ft² και η καμπύλη δείχνει ότι η αξία αυτής της περιοχής είναι περίπου 30.

Μία παρόμοια μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί στο χαρακτηριστικό «εγγύτητα προς τους πελάτες». Αυτό το χαρακτηριστικό αντιπροσωπεύεται από την μεταβλητή «απόσταση από το κέντρο της πόλης» και η συνάρτηση αξιών φαίνεται στο Σχήμα 1.4. Να σημειώστε ότι όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση από το κέντρο της πόλης, τόσο χαμηλότερη θα είναι και η τιμή. Η καμπύλη δείχνει επίσης, ότι μια μετακίνηση από τα 0 στα 2 μίλια μακρύτερα από το κέντρο της πόλης είναι πολύ πιο επιζήμια για την επιχείρηση, απ' ό,τι μια μετακίνηση από 6 σε 8 μίλια μακρύτερα. Οι τιμές που προσδιορίζονται για τα επτά γραφεία για τον «χώρο γραφείου» και την «εγγύτητα στους πελάτες» παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.2.



Σχήμα 1.3: Κατασκευάζοντας μία λειτουργία αξία για την περιοχή όροφο γραφείων



Σχήμα 1.4: Συνάρτηση αξιών για την εγγύτητα στους πελάτες

Καθορισμός των βαρών των χαρακτηριστικών

Έχοντας λάβει τις τιμές που φαίνονται στον Πίνακα 1.2, ο λήπτης αποφάσεων θα πρέπει τώρα να τα συνδυάσει, έτσι ώστε η συνολική ελκυστικότητα κάθε γραφείου να μπορεί να μετρηθεί για όλα τα χαρακτηριστικά (εκτός του κόστους). Για να γίνει αυτό χρειάζεται να εκχωρήσει ένα βάρος σε κάθε χαρακτηριστικό.

Ένας κοινός τρόπος για να γίνει αυτό, είναι να εκχωρήσει αριθμούς που θα αντανακλούν τη σχετική σημασία των χαρακτηριστικών (θα αναφερόμαστε σε αυτά ως «βάρη σημασίας»). Για παράδειγμα, ο υπεύθυνος μπορεί να θεωρεί το εμβαδόν του γραφείου πέντε φορές πιο σημαντικό από την απόσταση από τους πελάτες και, ως εκ τούτου δίνει τα βάρη: 5 στο εμβαδόν και 1 στην απόσταση από τους πελάτες. Δυστυχώς, αυτή η προσέγγιση μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρά προβλήματα. Για να το δούμε αυτό, ας εξετάσουμε την ακόλουθη απόφαση.

Ας υποθέσουμε ότι η επιλογή μας βρίσκεται μεταξύ δύο μόνο γραφείων, τα Χ και Υ, και ότι τα αξιολογούμε μόνο ως προς δύο χαρακτηριστικά: το εμβαδόν και την απόσταση από τους πελάτες. Ο παρακάτω πίνακας δείχνει πώς ανταποκρίνονται τα γραφεία σε αυτά τα δύο χαρακτηριστικά:

Γραφείο	Εμβαδόν	Εγγύτητα στους πελάτες
Χ	400 ft^2	0 (μίλια)
Υ	402 ft^2	15 (μίλια)

Ως εκ τούτου, οι τιμές που αποδίδονται στα γραφεία είναι:

Γραφείο	Εμβαδόν	Εγγύτητα στους πελάτες
Χ	0	100
Υ	100	0
Βάρη	5	1

Αν υποθέσουμε ότι ισχύουν τα βάρη των 5 και 1, τότε η συνολική τιμή για κάθε γραφείο μπορεί να ληφθεί πολλαπλασιάζοντας κάθε τιμή με το βάρος της και αθροίζοντας τα αποτελέσματα, όπως φαίνεται παρακάτω.

Γραφείο X: Συνολική αξία = $(5 \times 0) + (1 \times 100) = 100$

Γραφείο Y: Συνολική αξία = $(5 \times 100) + (1 \times 0) = 500$

Σύμφωνα με τα παραπάνω, ο λήπτης απόφασης θα πρέπει να επιλέξει το γραφείο Y. Κι αυτό επειδή έχει τον μεγαλύτερο χώρο και ως εκ τούτου τις καλύτερες επιδόσεις για το χαρακτηριστικό που έχει θεωρηθεί ως το πιο σημαντικό. Ωστόσο, ρίχνοντας μια ματιά στα αρχικά στοιχεία, προκύπτει ότι το εμβαδόν του γραφείου Y υπερβαίνει μόνο κατά 2 ft^2 του εμβαδού του γραφείου X! Πράγματι, τα βάρη συνεπάγονται ότι ο λήπτης απόφασης είναι διατεθειμένος να μετακινηθεί 15 μίλια για να είναι πιο κοντά στους πελάτες του και για να κερδίσει δύο μόλις επιπλέον ft^2 στο εμβαδόν του, κάτι που φαίνεται μια απίθανη πρόταση.

Το πρόβλημα με τα βάρη σημασίας είναι ότι δεν μπορούν να λάβουν υπόψη το εύρος μεταξύ των λιγότερο και πλέον προτιμώμενων επιλογών για κάθε χαρακτηριστικό (βλέπε Von Winterfeldt και Edwards, 1986). Εάν οι εναλλακτικές επιλογές ανταποκρίνονται πολύ παρόμοια σε ένα συγκεκριμένο χαρακτηριστικό, έτσι ώστε το εύρος μεταξύ της πλέον προτιμώμενης εναλλακτικής και της καλύτερης. Αν και ο ιθύνων μπορεί να θεωρήσει ότι είναι ένα σημαντικό χαρακτηριστικό. Σε μια ακραία περίπτωση, ας υποθέσουμε ότι και τα δύο γραφεία έχουν 400 ft^2 . Στην περίπτωση αυτή, η βαρύτητα του εμβαδού πρέπει να είναι μηδέν, αφού το χαρακτηριστικό αυτό δεν βοηθά καθόλου στη διάκριση μεταξύ των δύο γραφείων.

Ευτυχώς, το πρόβλημα αυτό μπορεί να αποφευχθεί με τη χρήση των βαρών των μεταστροφών. Αυτά προκύπτουν ζητώντας από την λήπτη απόφασης να συγκρίνει μια αλλαγή (ή μεταστροφή) από την λιγότερο προτιμώμενη στην πλέον προτιμώμενη τιμή για ένα χαρακτηριστικό, σε μια παρόμοια αλλαγή σε ένα άλλο χαρακτηριστικό. Η απλούστερη προσέγγιση είναι να προχωρήσουμε ως εξής: Ας σκεφτούμε τα χαρακτηριστικά του χαμηλότερου επιπέδου του κλάδου «κέρδη» του δέντρου αξιών (Σχήμα 1.1). Ο λήπτης απόφασης καλείται να φανταστεί ένα υποθετικό γραφείο με όλα αυτά τα χαρακτηριστικά στα λιγότερο προτιμώμενα επίπεδα, δηλαδή, ένα γραφείο με την μεγαλύτερη απόσταση (δηλαδή 8 μίλια) από το κέντρο της πόλης, που να έχει τη χειρότερη θέση για την προβολή του, την χειρότερη εικόνα, το μικρότερο μέγεθος και ούτω καθεξής. Στη συνέχεια ζητείται από τον λήπτη, αν ένα μόνο από αυτά τα χαρακτηριστικά μπορούσε να μεταφερθεί στο καλύτερο επίπεδο, ποιό θα επέλεγε; Ο λήπτης απόφασης διαλέγει λοιπόν την «εγγύτητα στους πελάτες». Μετά από αυτήν την αλλαγή που γίνεται, καλείται να επιλέξει ποιό χαρακτηριστικό θα ήθελε στη συνέχεια να μετακινηθεί στο καλύτερο επίπεδο, και ούτω καθεξής, έως ότου όλα τα χαρακτηριστικά να έχουν ταξινομηθεί. Η κατάταξη του λήπτη απόφασης είναι:

- (1) Εγγύτητα στους πελάτες
- (2) Ορατότητα
- (3) Εικόνα
- (4) Μέγεθος
- (5) Άνεση
- (6) Εγκαταστάσεις στάθμευσης αυτοκινήτων

Μπορούμε τώρα να δώσουμε στην «εγγύτητα στους πελάτες» ένα βάρος της τάξης του 100. Τα άλλα βάρη θα αξιολογηθούν ως εξής: Ο λήπτης απόφασης καλείται να συγκρίνει μια μεταστροφή από την λιγότερο ορατή θέση στην πιο ορατή, με μια μεταστροφή από την πιο μακρινή θέση από το κέντρο της πόλης, στην πλησιέστερη θέση. Μετά από λίγη σκέψη, αποφασίζει ότι η μεταστροφή στην «ορατότητα» είναι 80% σημαντική συγκριτικά με την μεταστροφή της «εγγύτητας στους πελάτες», έτσι στην ορατότητα αποδίδεται ένα βάρος της τάξης του 80. Ομοίως, μια μεταστροφή από την χειρότερη «εικόνα» στην καλύτερη θεωρείται ότι είναι 70% σημαντική συγκριτικά με μια μεταστροφή από την χειρότερη στην καλύτερη τοποθεσία ως προς την «εγγύτητα στους πελάτες», κι έτσι στην «εικόνα» αποδίδεται ένα βάρος της τάξεως του 70. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται για όλα τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά του χαμηλότερου επιπέδου και το Σχήμα 1.5 απεικονίζει τα αποτελέσματα. Όπως φαίνεται παρακάτω, τα έξι βάρη αθροιστικά, φτάνουν στα 310. Θα αναφερθούμε σε αυτά ως αρχικά βάρη. Συνηθίζεται να «κανονικοποιούμε» αυτά τα αρχικά βάρη, έτσι ώστε αθροιστικά να φτάνουν στο 100 (το γεγονός αυτό θα κάνει τα επόμενα στάδια της ανάλυσης πιο εύκολο κατανοητά). Η κανονικοποίηση επιτυγχάνεται με διαίρεση του κάθε αρχικού βάρους με το άθροισμα όλων των αρχικών βαρών (310), και πολλαπλασιάζοντας με 100.



Σχήμα 1.5: Προέλευση των βαρών μεταστροφής. Για παράδειγμα, μια μεταστροφή από την χειρότερη στην καλύτερη θέση ως προς την ορατότητα, θεωρείται ότι είναι 80% σημαντική, όσο και μια μεταστροφή από την χειρότερη στην καλύτερη θέση ως προς την εγγύτητα προς πελάτες

Χαρακτηριστικό	Αρχικά βάρη	Κανονικοποιημένα βάρη (to nearest whole number)
Εγγύτητα στους πελάτες	100	32
Ορατότητα	80	26
Εικόνα	70	23
Μέγεθος	30	10
Άνεση	20	6
Εγκαταστάσεις parking	10	3
	<u>310</u>	<u>100</u>

Τα βάρη για τα υψηλότερου επιπέδου χαρακτηριστικά στο δέντρο αξιών, «κύκλος εργασιών» και «συνθήκες εργασίας», βρίσκονται αθροίζοντας τα κατάλληλα βάρη του χαμηλότερου επιπέδου, έτσι το βάρος για τον κύκλο εργασιών είναι 81 (δηλαδή 32 + 26 +

23) και το βάρος για τις συνθήκες εργασίας είναι 19 (δηλαδή 10 + 6 + 3). Να σημειώστε ότι τα πειράματα του Poyhonen (Pöyhönen, Vrolijk and Härmäläinen, 2001) και των Härmäläinen και Alaja (2008) έχουν δείξει ότι το βάρος που αποδίδει κάποιος σε ένα δεδομένο χαρακτηριστικό είναι ευαίσθητο ως προς το εάν ή όχι το χαρακτηριστικό αυτό διαχωρίζεται στο δέντρο αξιών σε χαρακτηριστικά χαμηλότερου επιπέδου. Για παράδειγμα, το βάρος που αποδίδεται στις «εγκαταστάσεις στάθμευσης αυτοκινήτων» στο δέντρο αξιών του γραφείου, μπορεί να ήταν διαφορετικό αν ο λήπτης απόφασης είχε αποφασίσει να διαχωρίσει αυτό το χαρακτηριστικό σε τρία επιμέρους χαρακτηριστικά: την «ποιότητα του χώρου στάθμευσης αυτοκινήτων», την «ασφάλεια του χώρου στάθμευσης» και την «απόσταση του χώρου στάθμευσης απ' το γραφείο». Εξαιτίας αυτού, ο Poyhonen και οι υπόλοιποι (Pöyhönen, Vrolijk and Härmäläinen, 2001), επισημαίνουν ότι αξίζει επίσης να ρωτηθεί ο λήπτης απόφασης τι βάρος θα προσέδιδε σε ένα χαρακτηριστικό, εάν χωρίζεται σε επιμέρους χαρακτηριστικά. Τυχόν αντιφάσεις μεταξύ των δύο βαρών μπορούν στη συνέχεια να συζητηθούν και, να λυθούν.

Ομαδοποίηση των κερδών βάσει του αθροιστικού μοντέλου

Έχουμε τώρα (1) ένα μέτρο του πόσο καλά ανταποκρίνεται κάθε γραφείο σε κάθε χαρακτηριστικό και (2) τα βάρη που μας δίνουν τη δυνατότητα να συγκρίνουμε τις αξίες που αποδίδονται σε ένα χαρακτηριστικό με τις αξίες που αποδίδονται σε άλλα. Το επόμενο βήμα είναι να υπολογίσουμε πόσο καλά ανταποκρίνεται κάθε γραφείο συνολικά, από τον συνδυασμό των έξι βαθμολογιών που αποδίδονται στο εν λόγω γραφείο.

Για να το κάνουμε αυτό, θα υποθέσουμε ότι το αθροιστικό μοντέλο είναι το κατάλληλο. Όπως θα δείξουμε παρακάτω, αυτό απλώς περιλαμβάνει την πρόσθεση των σταθμισμένων βαθμολογιών ενός γραφείου για να ληφθεί ένα μέτρο των συνολικών κερδών του. Το αθροιστικό μοντέλο είναι μακράν το πιο ευρέως διαδεδομένο, αλλά δεν είναι κατάλληλο για όλες τις περιστάσεις. Πιο συγκεκριμένα, το μοντέλο είναι ακατάλληλο όταν υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ των τιμών που σχετίζονται με μερικά από τα χαρακτηριστικά. Για παράδειγμα, όταν επιλέγουμε ένα σπίτι, μια ελκυστική αρχιτεκτονική και ένας όμορφος κήπος μπορούν να συμπληρώνουν ο ένας τον άλλο, οδηγώντας σε μια συνδυασμένη τιμή η οποία είναι μεγαλύτερη από το άθροισμα των επιμέρους τιμών. Θα εξετάσουμε τους περιορισμούς του αθροιστικού μοντέλου αργότερα.

Οι υπολογισμοί του αθροιστικού μοντέλου φαίνονται παρακάτω για την Addison Square. Κάθε τιμή πολλαπλασιάζεται με το βάρος που έχουμε προσδώσει σε αυτό το χαρακτηριστικό. Τα προκύπτοντα γινόμενα αθροίζονται κατόπιν και διαιρούνται με το 100 για να ληφθεί η συνολική αξία των κερδών σε αυτή την τοποθεσία.

Χαρακτηριστικό	Αξίες της Addison Square	Κανονικοποιημένο βάρος	Αξία x βάρος
Εγγύτητα στους	100	32	3200
Ορατότητα	60	26	1560
Εικόνα	100	23	2300
Μέγεθος	75	10	750
Άνεση	0	6	0
Εγκαταστάσεις parking	90	3	270
			8080

αλλά και υψηλότερα κέρδη σε σχέση με το Bilton Village (B), Denver Street (D) και Filton Village (F). Ως εκ τούτου, τα B, D και F είναι γραφεία που επίσης κυριαρχούνται. Έτσι, τα μόνα γραφεία που αξίζει να εξεταστούν είναι στην Addison Square (A), στην Gorton Square (G) και στο Carlisle Walk (C). Αυτά τα μη κυριαρχούμενα γραφεία λέγεται ότι βρίσκονται στο αποτελεσματικό σύνορο.

Η επιλογή μεταξύ των τριών γραφείων στο αποτελεσματικό σύνορο θα εξαρτηθεί από το σχετικό βάρος που αποδίδει ο λήπτης απόφασης στο κόστος και τα κέρδη. Αν αυτός ενδιαφέρεται πολύ περισσότερο για τα κέρδη, τότε επιλογή του θα είναι η Addison Square. Εναλλακτικά, αν ενδιαφέρεται περισσότερο να κρατήσει το κόστος χαμηλά, τότε θα πρέπει να επιλέξει το Carlisle Walk. Η Gorton Square θα ήταν μια ενδιάμεση επιλογή. Κοστίζει \$5300 παραπάνω ετησίως από το Carlisle Walk, αλλά προσφέρει ελαφρώς υψηλότερα κέρδη.

Αυτή η πληροφορία μπορεί να είναι επαρκής για να επιλέξει ο λήπτης απόφασης. Μπορεί να εκπλαγεί που το Bilton Village πήγε τόσο άσχημα ή ότι το Carlisle Walk τόσο καλά, και μπορεί να θέλει να ελέγξει τα δεδομένα που είχε παράσχει για να δει γιατί συμβαίνει κάτι τέτοιο.

Ωστόσο, είναι πιθανό ο λήπτης απόφασης να εξακολουθεί να δυσκολεύεται να επιλέξει μεταξύ των τριών γραφείων που βρίσκονται στο αποτελεσματικό σύνορο και να θεωρεί ότι μια πιο επίσημη προσέγγιση θα τον βοηθούσε. Αν συμβεί κάτι τέτοιο, τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί η ακόλουθη διαδικασία που προτείνεται από τους Edwards και Newman (1986).

Ας εξετάσουμε την περίπτωση της μετακίνησης από την Carlisle Walk(C) στην Gorton Square(G). Αυτή θα οδηγήσει σε αύξηση της αξίας των κερδών από τα 47.4 στα 60.2, δηλαδή μια αύξηση κατά 12.8 . Ωστόσο, θα οδηγήσει επίσης και σε αύξηση του κόστους στα \$5.300. Έτσι, κάθε μοναδιαία αύξηση στην αξία των κερδών θα του κοστίζει \$5300/12.8, δηλαδή \$414. Ομοίως, μια μετακίνηση από την Gorton Square(G) στην Addison Square(A) θα αυξήσει την αξία των κερδών κατά 20,6 μονάδες και το επιπλέον κόστος θα είναι \$23000. Επομένως, αυτή η μετακίνηση θα κόστιζε \$23000/20.6, που είναι \$1117 για κάθε επιπλέον μοναδιαία αξία κερδών. Έτσι, εάν μια επιπλέον μοναδιαία αξία κοστίζει λιγότερο από \$414 για τον λήπτη απόφασης, θα πρέπει να επιλέξει την τοποθεσία Carlisle Walk. Εάν κοστίζει μεταξύ \$414 και \$1117 θα πρέπει να επιλέξει την τοποθεσία Gorton Square, και αν κοστίζει περισσότερο από \$1117 για κάθε επιπλέον μοναδιαία αξία, θα πρέπει να επιλέξει την Addison Square.

Τώρα πρέπει να καθορίσουμε πόσο κοστίζει επιπλέον κάθε μοναδιαία αξία στον λήπτη απόφασης. Για να το κάνουμε αυτό, θα ζητήσουμε από τον λήπτη απόφασης να εξετάσει τα χαρακτηριστικά χαμηλότερου επιπέδου στο δέντρο αξιών. Θα του ζητήσουμε να προσδιορίσει ένα χαρακτηριστικό που θέλει να τοποθετήσει μια νομισματική αξία για τη βελτίωση του από την χειρότερη θέση, στην καλύτερη. Του ζητάμε κάτι τέτοιο υποθέτοντας ότι τίποτα άλλο δεν αλλάζει. Για παράδειγμα, πόσο είναι διατεθειμένος να πληρώσει για να βελτιώσει το μέγεθος του γραφείου από 400 ft² (ισοδύναμο με το μικρότερο στον κατάλογο του) σε 1500 ft² (ισοδύναμο με το μεγαλύτερο μέγεθος), ενώ τα άλλα χαρακτηριστικά δεν αλλάζουν; Ο λήπτης απόφασης δηλώνει ότι προτιμά να τοποθετήσει χρήματα για την βελτίωση της «εικόνας». Ο ίδιος δηλώνει ότι είναι διατεθειμένος να πληρώσει επιπλέον \$15000 ανά έτος, για την αναβάθμιση της εικόνας ενός γραφείου από αυτό με την χειρότερη «εικόνα» σε ένα με καλύτερη «εικόνα», όταν όλα τα άλλα παραμένουν ίδια. Αυτό σημαίνει ότι κρίνει πως αξίζει να πληρώσει \$15000 για μια αύξηση 100 μονάδων στην αξία της «εικόνας». Τώρα, το κανονικοποιημένο βάρος της «εικόνας» είναι 23% του συνολικού βάρους των χαρακτηριστικών. Έτσι, μια αύξηση κατά 100 μονάδες στην κλίμακα της «εικόνας» θα αυξήσει τη συνολική αξία των κερδών ενός γραφείου κατά 23 μονάδες. Ως εκ τούτου, ο λήπτης απόφασης είναι διατεθειμένος να πληρώσει \$15000 για να κερδίσει 23

μονάδες στην αξία του συνόλου των κερδών. Αυτό σημαίνει ότι ο ίδιος είναι πρόθυμος να πληρώσει \$15000/23 ή \$652 ανά μονάδα. Θα πρέπει επομένως, να επιλέξει το γραφείο στην Gorton Square.

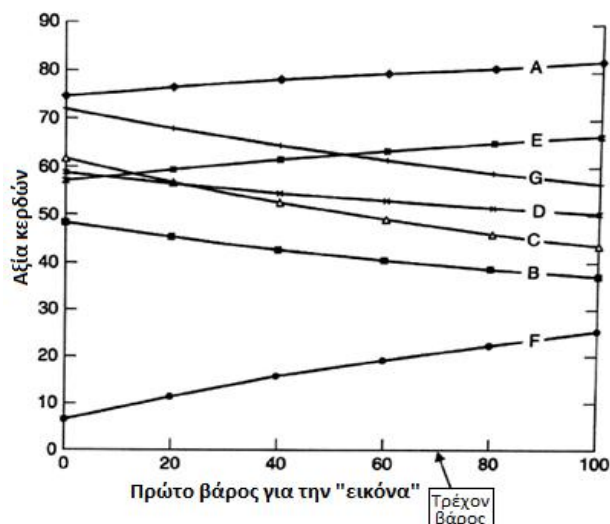
Φυσικά, τα δεδομένα με τα οποία έχουμε ήδη ασχοληθεί είναι πολύ λιγότερο ακριβή απ' ό,τι η παραπάνω ανάλυση, κι έτσι είναι απίθανο ο λήπτης να είναι 100% σίγουρος για τα στοιχεία που έχει υποβάλει. Πριν την οριστική σύσταση των δεδομένων, θα πρέπει συνεπώς να διερευνήσουμε την επίδραση των μεταβολών σε αυτά τα στοιχεία. Αυτό το θέμα καλύπτεται στην επόμενη ενότητα.

Ανάλυση ευαισθησίας

Η ανάλυση ευαισθησίας χρησιμοποιείται για να εξετάσει πόσο ισχυρή είναι η επιλογή μιας εναλλακτικής στις μεταβολές στα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση. Ο λήπτης απόφασης ανησυχεί για το αρχικό βάρος που απέδωσε στην «εικόνα» (δηλαδή 70). Ήταν λίγο αβέβαιος για το πόσο πρέπει να είναι αυτό το βάρος και θα ήθελε να ξέρει τι θα συμβεί αν αυτό μεταβληθεί. Το σχήμα 1.7 δείχνει πώς η αξία των κερδών για τα διάφορα γραφεία ποικίλλει, με τις αλλαγές του αρχικού βάρους που αποδίδεται στην «εικόνα». Για παράδειγμα, αν στην «εικόνα» ανατεθεί βάρος 0, αντί για 70, και υπολογίσουμε εκ νέου τα κέρδη, η Addison Square(A) θα εξακολουθεί να έχει την υψηλότερη αξία κερδών (80.5) και το Filton Village(F) θα εξακολουθεί να έχει την χαμηλότερη (6.7). Στην πραγματικότητα, αυτό εξακολουθεί να ισχύει σε κάθε περίπτωση, ανεξάρτητα από την τιμή του αρχικού βάρους που θα αποδοθεί στην «εικόνα». Ωστόσο, αν η «εικόνα» είχε βάρος 0, στην Elton Street(E) δεν θα είναι πλέον το γραφείο με τη δεύτερη υψηλότερη τιμή κερδών - θα έχει μόνο την πέμπτη υψηλότερη τιμή κερδών. Παραμένει στη δεύτερη υψηλότερη τιμή κερδών, εάν το βάρος είναι πάνω από 50.

Συνολικά, η σχετική κατάταξη των γραφείων όσον αφορά τα κέρδη φαίνεται αρκετά ανθεκτική στις αλλαγές του αρχικού βάρους στην «εικόνα». Το αποτελεσματικό σύνορο είναι επίσης ισχυρό. Για να πάει και η Denver Street(D) επάνω στο αποτελεσματικό σύνορο, πρέπει να έχει υψηλότερα κέρδη από την Gorton Square(G). Όποιο κι αν είναι το βάρος που εφαρμόζεται στην «εικόνα», αυτό δεν θα συμβεί ποτέ. Το ίδιο ισχύει και για το Bilton Village(B) και το Filton Village(F). Ομοίως, η Elton Street(E) θα πρέπει να έχει υψηλότερα κέρδη από την Addison Square(A) και πάλι, αυτό δεν θα συμβεί ό,τι αρχικό βάρος αποδοθεί στην «εικόνα».

Παρόμοια ανάλυση μπορεί να πραγματοποιηθεί και για τα βάρη των άλλων χαρακτηριστικών χαμηλότερου επιπέδου στο δέντρο αξιών. Υπολογιστικά φύλλα, όπως το Microsoft ExcelTM, μπορούν γρήγορα να παράγουν γραφήματα όπως αυτό που φαίνεται στο Σχήμα 1.7 και πιο εξειδικευμένα προϊόντα λογισμικού απόφασης-ανάλυσης παράγουν παρόμοια διαγράμματα. Η διενέργεια ανάλυσης ευαισθησίας θα πρέπει να συμβάλει στην κατανόηση του προβλήματος από τον λήπτη αποφάσεων και μπορεί να τον οδηγήσει να αναθεωρήσει ορισμένα στοιχεία στα οποία έχει καταλήξει. Σε πολλές περιπτώσεις, η ανάλυση ευαισθησίας δείχνει επίσης ότι τα στοιχεία δεν χρειάζεται να είναι ακριβή. Σε ορισμένες περιπτώσεις η απόφαση παραμένει η ίδια, ανεξάρτητα από τα στοιχεία που δίνει ο λήπτης απόφασης. Σε άλλες περιπτώσεις, απαιτούνται μεγάλες αλλαγές σε αυτά τα στοιχεία πριν γίνει μία επιλογή πιο ελκυστική από μια άλλη: ένα φαινόμενο που αναφέρεται ως «flat maxima» από τους Von Winterfeldt και Edwards(1986).



Σχήμα 1.7: Ανάλυση ευαισθησίας του βάρους της «εικόνας»

Να σημειώσουμε ότι η ανάλυση ευαισθησίας επιτρέπει στον λήπτη απόφασης μόνο να διερευνήσει την επίδραση της αλλαγής σε ένα βάρος τη φορά. Ο Mustajoki κ.ά. (Mustajoki, Hämmäläinen and Lindstedt, 2006) έχουν αναπτύξει μια μέθοδο που ονομάζεται διάστημα ανάλυσης ευαισθησίας που επιτρέπει στους λήπτες απόφασης να καθορίσουν περιοχές τιμών για τα βάρη και τις αξίες, ώστε να δείξουν πόσο αβέβαιοι είναι σχετικά με τα στοιχεία που έχουν υποβάλει. Με την ταυτόχρονη μεταβολή των βαρών και των αξιών σε όλες αυτές τις περιοχές, η μέθοδος δείχνει πόσο ευαίσθητα είναι τα συνολικά αποτελέσματα των εναλλακτικών επιλογών στο να συνδυάσουν τις αλλαγές αυτές στα στοιχεία (Chambal et al., 2011).

Θεωρητικές σκέψεις

Τα αξιώματα της μεθόδου

Στην ανάλυσή μας για το πρόβλημα τοποθεσίας του γραφείου, κάναμε σιωπηρά μια σειρά παραδοχών σχετικά με τις προτιμήσεις του λήπτη αποφάσεως. Αυτές οι υποθέσεις, οι οποίες αναφέρονται παρακάτω, μπορούν να θεωρηθούν ως τα αξιώματα της μεθόδου. Αποτελούν ένα σύνολο από αξιώματα τα οποία μπορούν να θεωρηθούν ως εύλογα. Εάν ο λήπτης απόφασης αποδέχεται αυτά τα αξιώματα, και αν είναι ορθολογιστής (δηλαδή, αν συμπεριφέρεται με συνέπεια σε σχέση με τα αξιώματα), τότε θα πρέπει επίσης να αποδεχθεί την κατάταξη προτίμησης που υποδεικνύεται από την μέθοδο. Ας εξετάσουμε τώρα τα αξιώματα:

- (1) *Αποφασιστικότητα*. Υποθέσαμε ότι ο λήπτης απόφασης ήταν σε θέση να αποφασίσει ποιά από τις δύο επιλογές προτιμά. Για παράδειγμα, υποθέτουμε ότι θα μπορούσε να αναρωτιέται κατά πόσον η βελτίωση της «εικόνας» ανάμεσα στην Carlisle Walk και την Gorton Square θα ήταν μεγαλύτερη από την βελτίωση μεταξύ της Carlisle Walk και του Bilton Village. Που σημαίνει ότι ο λήπτης απόφασης δεν θα ήταν καθόλου σίγουρος για την πραγματοποίηση αυτής της σύγκρισης ή μπορεί να αρνιόταν να την κάνει.
- (2) *Μεταβατικότητα*. Ο λήπτης απόφασης προτίμησε την εικόνα της Addison Square από αυτήν του Bilton Village (δηλαδή, το A απ' το B). Προτίμησε επίσης την εικόνα του Bilton

Village σε σχέση με την Carlisle Walk (δηλαδή, το B απ' το C). Εάν ισχύει η μεταβατικότητα θα πρέπει συνεπώς να, προτιμήσει την εικόνα της Addison Square σε σχέση με την Carlisle Walk (δηλαδή, το A απ' το C).

- (3) *Αθροιση*. Αυτό σημαίνει ότι εάν ο λήπτης απόφασης προτιμά το A έναντι του B και το B έναντι του C, τότε η δύναμη προτίμηση του A έναντι του C, πρέπει να είναι μεγαλύτερη από τη δύναμη προτίμησης του A έναντι του B (ή του B έναντι του C).
- (4) *Εύκολη επιλυσιμότητα*. Η υπόθεση αυτή ήταν αναγκαία για τη μέθοδο διχοτόμηση και την εύρεση μιας συνάρτησης αξιών. Εδώ ο λήπτης απόφασης καλείται να εντοπίσει μια απόσταση από το κέντρο της πόλης, που έχει μέση τιμή μεταξύ της χειρότερης και της καλύτερης απόστασης. Ήταν η σιωπηρή παραδοχή ότι υπήρχε μια τέτοια απόσταση. Σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να υπάρχουν «κενά» στις τιμές που μπορεί να λάβει ένα χαρακτηριστικό. Για παράδειγμα, η ύπαρξη μιας ζώνης χωροταξικού περιορισμού ανάμεσα στο κέντρο της πόλης και ορισμένων πιθανών θέσεων μπορεί να σημαίνει ότι η θέση του γραφείου σε μία απόσταση που έχει μέση τιμή μεταξύ της χειρότερης και της βέλτιστης απόστασης δεν μπορεί να προβλεφθεί από τον λήπτη απόφασης.
- (5) *Πεπερασμένα άνω και κάτω φράγματα στην αξία*. Κατά την αξιολόγηση των τιμών θα πρέπει να υποθέσουμε ότι η καλύτερη επιλογή δεν ήταν τόσο ιδανική και η χειρότερη επιλογή δεν ήταν τόσο κακή, ώστε τιμές $+\infty$ και $-\infty$ να αντιστοιχιστούν σε αυτές τις επιλογές.

Παραδοχές κατά τον συνυπολογισμό αξιών

Στην ανάλυσή μας χρησιμοποιήσαμε το αθροιστικό μοντέλο για τη συγκέντρωση των αξιών των διαφόρων χαρακτηριστικών. Όπως έχουμε επισημάνει, η χρήση αυτού του μοντέλου δεν είναι κατάλληλη όταν υπάρχει μια αλληλεπίδραση μεταξύ των αποτελεσμάτων στα χαρακτηριστικά. Με τεχνικούς όρους, προκειμένου να εφαρμόσουμε το μοντέλο θα πρέπει να υποθέσουμε ότι υπάρχει ανεξάρτητη προτίμηση μεταξύ των χαρακτηριστικών.

Για να δείξουμε την ανεξαρτησία προτίμησης ως υποθέσουμε ότι το πρόβλημα τοποθεσίας του γραφείου μας περιλαμβάνει μόνο δύο χαρακτηριστικά: «εγγύτητα στους πελάτες» και «μέγεθος». Ο λήπτης απόφασης ενδιαφέρεται τώρα για δύο γραφεία, τα X και Y. Και τα δύο έχουν το ίδιο μέγεθος (1000 ft²), αλλά το X είναι πιο κοντά στους πελάτες, όπως φαίνεται παρακάτω:

Γραφείο	Εγγύτητα στους πελάτες	Μέγεθος
X	3 miles	1000 ft ²
Y	5 miles	1000 ft ²

Χωρίς να μας προκαλεί έκπληξη, ο λήπτης απόφασης προτιμά το X έναντι του Y. Τώρα, ως υποθέσουμε ότι αλλάζουμε το μέγεθος και των δύο γραφείων σε 400 ft². Αν, όπως είναι πιθανό, εξακολουθεί ο λήπτης απόφασης να προτιμά το X έναντι του Y τότε, η προτίμησή του για μια απόσταση 3 μιλίων σε σχέση με μια απόσταση 5 μιλίων, δεν επηρεάζεται σαφώς από την αλλαγή του μεγέθους του γραφείου. Αυτό μπορεί να ισχύει ακόμη και αν αλλάξουμε το μέγεθος και των δύο γραφείων σε οποιοδήποτε άλλο δυνατό

εμβადόν. Αν συμβαίνει κάτι τέτοιο, μπορούμε να πούμε ότι «η εγγύτητα στους πελάτες» είναι προτίμηση ανεξάρτητη από το «μέγεθος» του γραφείου, επειδή η προτίμηση για μία απόσταση έναντι μιας άλλης, δεν εξαρτάται από το μέγεθος των γραφείων.

Αν βρεθεί επίσης, ότι το «μέγεθος» του γραφείου είναι προτίμηση ανεξάρτητη από την «εγγύτητα στους πελάτες», τότε μπορούμε να πούμε ότι τα δύο χαρακτηριστικά είναι ανεξάρτητης προτίμησης. Ας σημειωθεί ότι η ανεξαρτησία προτίμησης δεν ακολουθείται αυτόματα. Κατά την επιλογή ενός προορισμού διακοπών, μπορούμε να προτιμήσουμε ένα θερμότερο κλίμα από ένα ψυχρό, ανεξάρτητα του κατά πόσον ή όχι το ξενοδοχείο διαθέτει μια υπαίθρια ή εσωτερική πισίνα. Ωστόσο, η προτίμησή μας ανάμεσα στα ξενοδοχεία με υπαίθριες ή κλειστές πισίνες, θα εξαρτηθεί πιθανόν, από το εάν το τοπικό κλίμα είναι ζεστό ή κρύο.

Για να δούμε τι μπορεί να συμβεί όταν το αθροιστικό μοντέλο χρησιμοποιείται σε ένα πρόβλημα όπου δεν υπάρχει ανεξαρτησία προτίμησης, ας δούμε παρακάτω. Ας υποθέσουμε τώρα, ότι η απόφαση τοποθεσίας του γραφείου εξαρτάται μόνο από τα χαρακτηριστικά «ορατότητα» και «εικόνα» και ο λήπτης απόφασης έχει δώσει τα βάρη 40 και 60 αντίστοιχα, στα δύο χαρακτηριστικά. Δύο νέα γραφεία, P και Q, συγκρίνονται και οι τιμές που τους αποδίδονται για κάθε ένα από αυτά τα χαρακτηριστικά φαίνεται παρακάτω (0 = χειρότερο, 100 = καλύτερο).

Γραφείο	Ορατότητα	Εικόνα
P	0	100
Q	100	0

Χρησιμοποιώντας το αθροιστικό μοντέλο, η συνολική αξία των κερδών του P θα είναι:

$$(40 \times 0) + (60 \times 100) = 6000 \text{ [δηλαδή, } 60 \text{ διαιρώντας με } 100]$$

ενώ η συνολική αξία των κερδών του Q θα είναι:

$$(40 \times 100) + (60 \times 0) = 4000 \text{ [δηλαδή, } 40 \text{ διαιρώντας με } 100]$$

Τα παραπάνω υποδηλώνουν σαφώς ότι ο υπεύθυνος πρέπει να επιλέξει το γραφείο P. Ωστόσο, αυτό μπορεί να σημαίνει ότι θεωρεί την «εικόνα» να έχει αξία, μόνο εάν το γραφείο είναι ιδιαίτερα ορατό. Πιστεύει ότι η καλή εικόνα του γραφείου P είναι σχεδόν άνευ αξίας, επειδή δεν είναι σε αρκετά εμφανή θέση και θα μπορούσε συνεπώς, να προτιμήσει το γραφείο Q. Έτσι, εάν η εικόνα δεν είναι ανεξάρτητης προτίμησης της ορατότητας, το αθροιστικό μοντέλο δεν θα αναπαραστήσει σωστά τις προτιμήσεις του υπευθύνου.

Πώς μπορεί να προσδιοριστεί η απουσία ανεξαρτησίας προτίμησης; Ο πιο προφανής τρόπος με τον οποίο θα αποκαλυφθεί, είναι από την χρήση φράσεων όπως «αυτό εξαρτάται από ...», όταν ο υπεύθυνος απαντά σε ερωτήσεις. Για παράδειγμα, όταν του ζητήθηκε να εκχωρήσει μια τιμή στην «εικόνα» ενός γραφείου, ο υπεύθυνος θα μπορούσε κάλλιστα να πει: «Εξαρτάται από το πόσο ορατό είναι το γραφείο».

Εάν η ανεξαρτησία προτίμησης δεν υφίστανται, είναι συνήθως δυνατόν να επιστρέψουμε στο δέντρο αξιών και να επαναπροσδιορίσουμε τα χαρακτηριστικά, έτσι ώστε να μπορεί να προσδιοριστεί ένα σύνολο χαρακτηριστικών που να είναι ανεξάρτητης

προτίμησης. Για παράδειγμα η ορατότητα και η εικόνα, ίσως θα μπορούσε να αντικατασταθεί από ένα ενιαίο χαρακτηριστικό την «ικανότητα προσέλκυσης τυχαίων πελατών».

Σε περιστασιακά προβλήματα, όπου αυτό δεν είναι δυνατό, είναι διαθέσιμα άλλα μοντέλα που μπορούν να χειριστούν την αλληλεπίδραση μεταξύ των χαρακτηριστικών. Το πιο γνωστό από αυτά είναι το πολλαπλασιαστικό μοντέλο. Ας εξετάσουμε πάλι την περίπτωση της απόφασης για την αγορά του σπιτιού, όπου η ποιότητα της αρχιτεκτονικής και η ελκυστικότητα του κήπου συμπληρώνουν η μία την άλλη. Αν θέσουμε $v(A)$ την αξία της αρχιτεκτονικής του συγκεκριμένου σπιτιού και $v(G)$ την αξία της ελκυστικότητας του κήπου, τότε θα μπορούσαμε να βρούμε ότι η συνολική αξία του σπιτιού είναι:

$$\text{Αξία} = 0.6v(A) + 0.3v(G) + 0.1v(A)v(G)$$

Οι αριθμοί ανωτέρω, αντιπροσωπεύουν τα βάρη (σημειώστε ότι έχουν άθροισμα 1) και η τελευταία έκφραση, η οποία περιλαμβάνει τον πολλαπλασιασμό των αξιών μαζί, αντιπροσωπεύει την αλληλεπίδραση μεταξύ αρχιτεκτονικής και ελκυστικότητας του κήπου. Επειδή το πολλαπλασιαστικό μοντέλο δεν χρησιμοποιείται ευρέως, δεν το εξετάζουμε λεπτομερώς. Περισσότερες λεπτομέρειες μπορούν να βρεθούν στον Bodily (1985) και τους Von Winterfeldt και Edwards (1986).

Συγκρούσεις μεταξύ διαισθητικών και αναλυτικών αποτελεσμάτων

Συγκρούσεις έχουμε όταν ο υπεύθυνος δει το πρόβλημα ολιστικά (ή διαισθητικά) και κατατάξει τις προτιμήσεις του για τα γραφεία σε μια πολύ διαφορετική σειρά από εκείνη που λαμβάνεται μέσω της ανάλυσης μας. Αυτό μπορεί να συμβαίνει επειδή το πρόβλημα ήταν πολύ μεγάλο και πολύπλοκο για να το χειριστεί ως σύνολο, οπότε οι πραγματικές προτιμήσεις του δεν αντανakλώνονται στις ολιστικές κρίσεις του. Μπορεί να δημιουργηθεί μια αναλογία προσπαθώντας να απαντήσει σε ένα μαθηματικό πρόβλημα χρησιμοποιώντας μαθηματικά ψυχολογίας παρά μια αριθμομηχανή. Η άποψη αυτή υποστηρίζεται από έρευνα που δείχνει ότι η συσχέτιση της κατάταξης προτίμησης, που προέρχεται από ολιστικές κρίσεις με εκείνες που προέρχονται αναλύσεις SMART-τύπου πρωκτικό, μειώνεται καθώς ο αριθμός των χαρακτηριστικών του προβλήματος μεγαλώνει. Με άλλα λόγια, όσο μεγαλύτερο είναι το πρόβλημα, τόσο λιγότερο αξιόπιστες μπορεί να είναι οι ολιστικές κρίσεις (βλέπε Von Winterfeldt και Edwards, 1986, για μια περίληψη αυτής της έρευνας).

Εναλλακτικά, μπορεί να εμφανιστούν αποκλίσεις μεταξύ ολιστικών και αναλυτικών αποτελεσμάτων, όταν τα αξιώματα δεν γίνονται αποδεκτά από τον λήπτη απόφασης. Είναι πιθανό ο λήπτης απόφασης να υποστηρίζει την υπόθεση για ένα διαφορετικό σύνολο λογικών αξιωμάτων. Εφ' όσον ο ίδιος συμπεριφέρεται με συνέπεια με αυτά τα αξιώματα, δεν θα μπορούσαμε να υποστηρίξουμε ότι η απόρριψη του για τα αποτελέσματα της ανάλυσης μας ήταν παράλογη.

Παρ' όλα αυτά, οποιαδήποτε σύγκρουση μεταξύ ολιστικών και αναλυτικών βαθμολογιών θα πρέπει να εξεταστεί, δεδομένου ότι μπορεί να υποδηλώνει ότι ένα σημαντικό στοιχείο του προβλήματος έχει παραληφθεί από την ανάλυση. Για παράδειγμα, ένα σημαντικό χαρακτηριστικό ή η αλληλεπίδραση μεταξύ δύο χαρακτηριστικών μπορεί να μην έχουν ληφθεί υπόψη. Ποτέ δεν μπορούμε να είμαστε βέβαιοι ότι ένα μοντέλο απόφασης αποτελεί πιστή αναπαράσταση των προτιμήσεων του λήπτη απόφασης. Σε ένα

υπολογιστικό μοντέλο ενός συστήματος κυκλοφορίας για παράδειγμα, η εγκυρότητα του μοντέλου μπορεί να εκτιμηθεί συγκρίνοντας τις προβλέψεις του με τη συμπεριφορά του πραγματικού συστήματος, αλλά εδώ προσπαθούμε να διαμορφώσουμε τις πεποιθήσεις και τις στάσεις του λήπτη απόφασης για τις οποίες δεν υπάρχει φυσικό ανάλογο. Αυτό θέτει το ερώτημα: σε ποιο σημείο αποφασίζουμε ότι ένα μοντέλο απόφασης είναι επαρκές ώστε δεν αξίζουν περαιτέρω βελτιώσεις και αναθεωρήσεις;

Μία προσέγγιση στο ερώτημα αυτό είναι να χρησιμοποιήσουμε τον όρο του Phillips (1984) του απαιτούμενου μοντέλου απόφασης. Εν συντομία, ένα μοντέλο θεωρείται ότι είναι απαιτούμενο όταν παρέχει στον λήπτη απόφασης αρκετή καθοδήγηση και διορατικότητα ώστε να καταλήξει σε μια πορεία δράσης. Έτσι, στο σημείο που ο λήπτης απόφασης ξέρει τι να κάνει στη συνέχεια, το απαιτούμενο μοντέλο έχει επιτευχθεί. Ο Phillips υποστηρίζει ότι:

Η διαδικασία μοντελοποίησης χρησιμοποιεί την αίσθηση αμηχανίας μεταξύ των υπευθύνων στο πρόβλημα, σχετικά με τα αποτελέσματα του τρέχοντος μοντέλου ως ένα μήνυμα ότι μπορεί να χρειαστούν περαιτέρω μοντελοποιήσεις, ή ότι η διαίσθηση μπορεί να είναι λανθασμένη. Αν η εξερεύνηση της διαφοράς μεταξύ ολιστικής κρίσης και των αποτελεσμάτων του μοντέλου δείξει ότι το μοντέλο είναι λανθασμένο, τότε το μοντέλο δεν είναι απαιτούμενο - αφού δεν είναι ακόμη επαρκές για την επίλυση του προβλήματος. Το μοντέλο μπορεί να θεωρηθεί απαιτούμενο, μόνο όταν δεν προκύπτουν νέες διαισθήσεις για το πρόβλημα.

Έτσι, η διαδικασία απαιτούμενης μοντελοποίησης δεν επιχειρεί μια ακριβή αναπαράσταση των πεποιθήσεων και προτιμήσεων του λήπτη απόφασης, ή τον καθορισμό της βέλτιστης λύσης για το πρόβλημά του. Ωστόσο, αξιοποιώντας τις συγκρούσεις μεταξύ των αναλυτικών αποτελεσμάτων και των διασθητικών αποφάσεών του, βοηθά στην επίλυση των συγκρούσεων και αντιφάσεων στον τρόπο σκέψης του. Καθώς προκύπτει βαθύτερη κατανόηση του προβλήματος, το μοντέλο αναθεωρείται και η διαφορά μεταξύ των αναλυτικών και διαισθητικών κρίσεων μειώνεται. Τελικά, ο λήπτης απόφασης θα διαπιστώσει ότι το μοντέλο παρέχει επαρκή καθοδήγηση για να φτάσει σε μια απόφαση.

Περίληψη

Σε αυτό το κεφάλαιο εξετάσαμε μία μέθοδο για την ανάλυση των προβλημάτων απόφασης, όπου κάθε εναλλακτική λύση έχει πολλά χαρακτηριστικά που σχετίζονται με αυτή. Αυτό σημαίνει ότι κάθε εναλλακτική λύση πρέπει να μετράται ως προς κάθε χαρακτηριστικό και στη συνέχεια τα ίδια τα χαρακτηριστικά πρέπει να “σταθμίζονται έναντι” κάθε άλλου χαρακτηριστικού πριν μπορέσει να ληφθεί η απόφαση. Η κεντρική ιδέα είναι ότι, με τη διάσπαση του προβλήματος σε μικρότερα τμήματα και εστιάζοντας σε κάθε τμήμα ξεχωριστά, ο λήπτης απόφασης είναι πιθανό να αποκτήσει μια καλύτερη κατανόηση του προβλήματός του απ’ ό,τι θα είχε επιτευχθεί, υιοθετώντας μια ολιστική άποψη. Ωστόσο, μπορεί να προκύψουν και πολλά άλλα οφέλη, όπως να λάβει ο υπεύθυνος ένα δομημένο τρόπο για να εργαστεί για την απόφαση, έναν τρόπο να εξηγήσει την απόφαση, και την τόνωση της συζήτησης και ανταλλαγής ιδεών.

Το πρόβλημα απόφασης που παρουσιάσαμε σε αυτό το κεφάλαιο είχε σχεδιαστεί έτσι ώστε να είναι δεκτικό σε υπολογισμούς με το χέρι. Αυτό όμως, είναι ένας εξαιρετικά επίπονος τρόπος προσέγγισης μεγαλύτερων προβλημάτων, για τα οποία είναι απαραίτητο

να χρησιμοποιήσουμε υπολογιστή. Τα προϊόντα λογισμικού που διατίθενται για τέτοιες περιπτώσεις είναι τα Hiview (Catalyze Ltd), V-I-S-A (SIMUL8 Corporation) και Logical Decisions®.

Στην εισαγωγή του κεφαλαίου αυτού, αναφέραμε ότι η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται όπου ο κίνδυνος και η αβεβαιότητα δεν απασχολούν τον λήπτη αποφάσεων. Ωστόσο, είναι δυνατό να εφαρμοστεί η μέθοδος ακόμη και σε αυτές τις περιστάσεις αντιμετωπίζοντας τον κίνδυνο ως χαρακτηριστικό. Οι Wooler και Barclay (1988) περιγράφουν μια τέτοια περίπτωση στην οποία μια εγκατάσταση παραγωγής είναι επιρρεπής στις απεργίες. (Η ανάλυση απασχόλησε μια ομάδα μάνατζερ σε συνεδρίαση για την απόφαση). Χρησιμοποιήθηκε ένα δέντρο αξιών για να αποσυντεθεί ο «κίνδυνος» σε χαμηλότερου επιπέδου χαρακτηριστικά, όπως «κίνδυνος απεργιών» και «κίνδυνοι δημοσίων σχέσεων», και οι διάφορες στρατηγικές κατέληξαν σε αποτελέσματα όσον αφορά τις επιδόσεις τους σε αυτά τα χαρακτηριστικά, χρησιμοποιώντας την άμεση εκτίμηση (για παράδειγμα, στην λιγότερο επικίνδυνη επιλογή αποδώθηκε η υψηλότερη τιμή). Το δέντρο αξιών ασχολήθηκε με τα κέρδη των στρατηγικών. Στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε ένα γράφημα όπως αυτό του σχήματος 1.6, για να εμφανίσει τον συνολικό κίνδυνο των στρατηγικών έναντι των συνολικών κερδών τους (και όχι το κόστος έναντι του κέρδους). Ωστόσο, έχουν σχεδιαστεί πολλές τεχνικές για να χειριστούν αποφάσεις που αφορούν πολύ τον κίνδυνο και την αβεβαιότητα, και θα εξετάσουμε τις μεθόδους αυτές σε μεταγενέστερο κεφάλαιο.

Αποφάσεις σε προβλήματα πολλαπλών στόχων: εναλλακτικές μέθοδοι έναντι της μεθόδου SMART

2

Εισαγωγή

Παρόλο που η μέθοδος SMART είναι σχετικά απλή για την λήψη αποφάσεων σε προβλήματα με πολλαπλούς στόχους, ορισμένες κρίσεις που απαιτούνται από τη μέθοδο μπορεί να είναι αρκετά πολύπλοκες. Στο κεφάλαιο αυτό, θα εξεταστούν εναλλακτικές μέθοδοι σχεδιασμένες με σκοπό την ευκολότερη λήψη αποφάσεων. Όπως θα δούμε, η μέθοδος SMARTER απλοποιεί τη διαδικασία λήψης αποφάσεων με τη χρήση γραμμικών συναρτήσεων αξίας, αλλά και μιας προσεγγιστικής μεθόδου για την εκτίμηση των βαρών των μεταστροφών του λήπτη αποφάσεων. Η μέθοδος Even Swaps, αποφεύγει να εκτιμήσει τα αποτελέσματα και τα βάρη ταυτόχρονα. Τέλος, η μέθοδος της αναλυτικής διαδικασίας ιεράρχησης (AHP) και η MACBETH, επιτρέπουν στους υπευθύνους ως προς την λήψη αποφάσεων να εκφράσουν τις προτιμήσεις τους, χρησιμοποιώντας λέξεις αντί για αριθμούς.

Μέθοδος SMARTER

Η εκτίμηση των αποτελεσμάτων των συναρτήσεων και των βαρών των μεταστροφών στην μέθοδο SMART μπορεί πολλές φορές να γίνει αρκετά δύσκολα κι έτσι, οι λήπτες αποφάσεων δεν μπορούν να είναι απόλυτα σίγουροι για τα νούμερα που παρέχουν στο εκάστοτε μοντέλο απόφασης. Ως εκ τούτου, το μοντέλο μπορεί να μην αντικατοπτρίζει με ακρίβεια τις πραγματικές προτιμήσεις του λήπτη αποφάσεων. Έτσι, οι Edwards και Barron υποστήριξαν τη «στρατηγική ηρωικής προσέγγισης». Σύμφωνα με αυτήν, ένα πολύ απλό μοντέλο λήψης αποφάσεων μπορεί να προσεγγίζει το πραγματικό πρόβλημα απόφασης και είναι λιγότερο πιθανό να εμπεριέχονται σφάλματα στις τιμές που εξάγονται αφού προέρχονται από απλούστερες κρίσεις. Σταθεροί στη στρατηγική αυτή, οι Edwards και Barron, προτείνουν μια απλοποιημένη μορφή της μεθόδου SMART και την αποκαλούν SMARTER (δηλ. η μέθοδος SMART κάνοντας χρήση τάξεων-κατηγοριών).

Η μέθοδος SMARTER διαφέρει από τη SMART σε δύο σημεία. Πρώτον, οι συναρτήσεις θεωρούνται ότι είναι γραμμικές. Έτσι, για παράδειγμα για την εκτίμηση της τιμής της συνάρτησης του εμβαδού ενός ορόφου γραφείων, μεταξύ των τιμών 400 έως 1500 m², αποδίδεται στα 400 m² η τιμή 0 και στα 1500 m² η τιμή 100, και στη συνέχεια χαράσσεται μια ευθεία γραμμή, παρά μια καμπύλη, μεταξύ αυτών των δύο σημείων σε ένα διάγραμμα όπως το σχήμα 1.3 στο Κεφάλαιο 1. Σαφώς, αυτή η προσέγγιση γίνεται πιο ανακριβής όσο η κυρτότητα των «πραγματικών» τιμών της συνάρτησης αυξάνει, κι έτσι οι Edwards και Barron συνιστούν να γίνεται αρχικός έλεγχος.

Για παράδειγμα, θα θέλαμε να σκεφτεί ο λήπτης απόφασης, τις μικρές αυξήσεις στο εμβαδόν του ορόφου. Ειδικότερα, τότε θα ήταν πιο επιθυμητή μια αύξηση των 100 m² στο εμβαδόν, εάν έπεφτε κοντά στο κάτω άκρο της κλίμακας (π.χ., από 400 έως 500 m²), στη μέση (π.χ., 1000-1100 m²) ή κοντά στην κορυφή (π.χ., 1400-1500 m²), ή δεν θα είχε σημασία σε ποιό σημείο συνέβη η αύξηση; Εάν δεν έχει σημασία, τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια γραμμική προσέγγιση. Ας υποθέσουμε όμως, ότι η αύξηση στο κατώτερο άκρο της κλίμακας είναι πιο ελκυστική, ενώ η αύξηση στο ανώτερο άκρο της κλίμακας θα ήταν λιγότερο χρήσιμη. Τότε, πόσο πιο επιθυμητή είναι η βελτίωση στο κάτω μέρος σε σχέση με την κορυφή; Ως γενικός κανόνας, αν η αναλογία είναι μικρότερη από 2:1, τότε οι Edwards και Barron, δείχνουν ότι η γραμμική προσέγγιση είναι πιθανώς ασφαλής, αλλιώς θα πρέπει να καταφύγουμε σε μεθόδους όπως η διχοτόμηση (Κεφάλαιο 1) για να ληφθεί η συνάρτηση αξίας.

Η δεύτερη διαφορά μεταξύ της μεθόδου SMART και της SMARTER, αφορά στην εξαγωγή των βαρών των μεταστροφών. Στο πρόβλημα της εύρεσης της κατάλληλης τοποθεσίας του γραφείου του Κεφαλαίου 1, για την λήψη της απόφασης συγκρίθηκαν και αξιολογήθηκαν οι εναλλακτικές από την χειρότερη στην καλύτερη τοποθεσία, για τα διάφορα χαρακτηριστικά. Για παράδειγμα, μια μεταστροφή από την χειρότερη στην καλύτερη θέση, όσον αφορά στο χαρακτηριστικό της «ορατότητας του γραφείου» θεωρήθηκε ότι είναι 80% σημαντική, όσο και μια μεταστροφή από την χειρότερη στην καλύτερη θέση όσον αφορά στο χαρακτηριστικό της «εγγύτητας στους πελάτες». Στην μέθοδο SMARTER έχουμε επίσης να συγκρίνουμε μεταστροφές, αλλά η διαδικασία γίνεται πιο εύκολη ζητώντας από τον λήπτη απόφασης την κατάταξη των μεταστροφών κατά σειρά σπουδαιότητας. Έτσι αποφεύγεται η ανάγκη εκτίμησης ενός αριθμού που θα εκπροσωπεί τη «σχετική» τους σπουδαιότητα. Η μέθοδος SMARTER στη συνέχεια, χρησιμοποιεί την σειρά κατάταξης «ROC» (Rank Centroid Order) ώστε να μετατρέψει αυτές τις εκτιμήσεις σπουδαιότητας, σε ένα σύνολο βαρών.

Ενώ απαιτείται ένα σύνολο εξισώσεων, ή πινάκων, για να ληφθούν τα βάρη ROC, η βασική ιδέα γίνεται εύκολα κατανοητή. Ας υποθέσουμε ότι στην απόφαση της τοποθεσίας του γραφείου εμπλέκονται μόνο δύο χαρακτηριστικά, η «εγγύτητα στους πελάτες» και η «ορατότητα» και ότι θεωρείται η μεταστροφή στην «εγγύτητα στους πελάτες» να είναι πιο σημαντική από την μεταστροφή στην «ορατότητα». Γνωρίζουμε ότι, μετά από την κανονικοποίηση, το άθροισμα των δύο βαρών θα ισούται με 100. Δεδομένου ότι η μεταστροφή στην «εγγύτητα στους πελάτες» είναι πιο σημαντική, το κανονικοποιημένο βάρος της θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ, λίγο πιο πάνω από 50 και σχεδόν 100. Δηλαδή κατά προσέγγιση ένα βάρος της τάξης του 75, και είναι όντως αυτό που θα μας δώσουν και οι εξισώσεις ROC. Προφανώς, το βάρος ROC για την «ορατότητα» θα είναι 25.

Ο Πίνακας 2.1 παρουσιάζει τα βάρη ROC για τα προβλήματα λήψης που αφορούν έως και επτά χαρακτηριστικά. Στο «αρχικό» πρόβλημα τοποθεσίας του γραφείου, ο λήπτης απόφασης έστω ότι είχε κατατάξει τη σπουδαιότητα των διακυμάνσεων για τα έξι χαρακτηριστικά, όπως φαίνεται παρακάτω:

Αριθμός χαρακτηριστικών						
Τάξη	2	3	4	5	6	7
1	75	61.1	52.1	45.7	40.8	37.0
2	25	27.8	27.1	25.7	24.2	22.8
3		11.1	14.6	15.7	15.8	15.6
4			6.3	9.0	10.3	10.9
5				4.0	6.1	7.3
6					2.8	4.4
7						2.0

Πίνακας 2.1: Βάρη ROC

και θα είχε τα βάρη ROC που υποδεικνύονται παρακάτω, και που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για να ληφθεί το συνολικό όφελος των γραφείων (τα αντίστοιχα κανονικοποιημένα βάρη της μεθόδου SMART, δίνονται παρακάτω για σύγκριση).

Τάξη διακυμάνσεων	Χαρακτηριστικό	Βάρη ROC	Βάρη SMART
1	Εγγύτητα στους πελάτες	40.8	32.0
2	Ορατότητα	24.2	26.0
3	Εικόνα	15.8	23.0
4	Μέγεθος	10.3	10.0
5	Άνεση	6.1	6.0
6	Θέση parking	<u>2.8</u>	<u>3.0</u>
		100.0	100.0

Πόσο «καλά» είναι τα βάρη ROC ως προσεγγίσεις των βαρών που θα μπορούσαν να είχαν ληφθεί με την μέθοδο SMART; Οι Edwards και Barron αναφέρουν ότι τα αποτελέσματα εκτεταμένων προσομοιώσεων, δείχνουν ότι οι μέθοδοι SMART και SMARTER συμφωνούν στο ποιά επιλογή έχει τα υψηλότερα συνολικά οφέλη σε ποσοστό 75% με 87% των περιπτώσεων. Ακόμα και όταν δεν συμφωνούν, οι επιλογές που αναγνωρίζονται να έχουν τα υψηλότερα συνολικά οφέλη τείνουν να έχουν παρόμοια αποτελέσματα, γεγονός που υποδηλώνει ότι η SMARTER κατέληξε σε μια επιλογή που δεν ήταν «τόσο κακή».

Όλα αυτά δείχνουν ότι η μέθοδος SMARTER είναι μια τεχνική που αξίζει να ασχοληθεί

κανείς αλλά, θα πρέπει να επισημάνουμε και ορισμένες επιφυλάξεις. Κατ' αρχάς, σε προβλήματα όπου είναι απαραίτητο να διαχωριστεί το κόστος από τα οφέλη, μπορεί να αποκτήσουμε διαφορετικό αποδοτικό εύρος τιμών, αν χρησιμοποιήσουμε την μέθοδο SMARTER αντί της SMART. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να είμαστε πολύ προσεκτικοί πριν αποκλείσουμε επιλογές από περαιτέρω εξέταση. Ειδικότερα, εάν επρόκειτο να χρησιμοποιήσουμε τη μέθοδο που προτείνουν οι Edwards και Newman (1986), για να διαλέξουμε μια επιλογή από το αποδοτικό εύρος τιμών, τότε η SMART και η SMARTER μπορούν κάλλιστα να δείχνουν διαφορετικές επιλογές ως κατάλληλες. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η εκτίμηση της αξίας ενός σημείου στην λήψη αποφάσεων βασίζεται στα κανονικοποιημένα βάρη, και οι διαφορές μεταξύ των βαρών SMART και ROC μπορούν να οδηγήσουν σε μεγάλες αποκλίσεις στην εκτίμηση αυτή.

Αυτές οι αποκλίσεις γίνονται λιγότερο σημαντικές, αν θυμηθούμε ότι ο κύριος σκοπός ενός μοντέλου ανάλυσης αποφάσεων δεν είναι να μας δείξει ακριβώς τι πρέπει να κάνουμε, αλλά να δώσει ιδέες και να μας βοηθήσει να κατανοήσουμε το πρόβλημα λύνοντάς το στο χέρι. Ωστόσο, έτσι ανακύπτει μια άλλη ανησυχία για την μέθοδο SMARTER που αναγνωρίζουν οι Edwards και Barron. Απλοποιώντας τα κριτήρια για την λήψη αποφάσεων, ξεετάζεται επιφανειακά το πρόβλημα κι έτσι αποκλείονται ουσιαστικές γνώσεις, στις οποίες ελπίζουμε. Οι αναλυτές διαπιστώνουν ότι, μερικές φορές αυτές οι γνώσεις προκύπτουν μόνο όταν ο λήπτης αποφάσεων αναγκάζεται να καταπιαστεί με πιο απαιτητικά κριτήρια που απαιτούν βαθύτερη σκέψη.

Τέλος, δημιουργούνται ερωτήματα γύρω από τα βάρη ROC. Η μέθοδος μέσω της οποίας προκύπτουν, περιλαμβάνει ανώτερα μαθηματικά, με αποτέλεσμα να μην μπορούν να τα παρακολουθήσουν οι περισσότεροι λήπτες αποφάσεων. Λέγοντας ότι το βάρος ενός χαρακτηριστικού είναι 15.8, χωρίς να γνωρίζουμε πώς προκύπτει αυτό, πολύ πιθανόν να μειώνει την αίσθηση ότι το συγκεκριμένο μοντέλο εκπροσωπεί το πρόβλημα απόφασής μας. Έτσι μειώνεται η αξιοπιστία του μοντέλου. Επιπλέον, οι Belton και Stewart επισημαίνουν ότι, ο λόγος των βαρών ROC μεταξύ των περισσότερο και των λιγότερο σημαντικών χαρακτηριστικών είναι γενικά πολύ μεγάλος. Για παράδειγμα, σε ένα πρόβλημα επτά χαρακτηριστικών αυτή η αναλογία είναι $37/2 = 18.5$ (βλ. Πίνακα 2.1). Αυτό κάνει τη σχετική σημαντικότητα του χαρακτηριστικού της χαμηλότερης κατάταξης τόσο χαμηλή, ώστε στην πράξη, πιθανότερα να απορριφθεί από την ανάλυση.

Τα δύο αυτά προβλήματα της μεθόδου μπορούν να μετριαστούν σε κάποιο βαθμό χρησιμοποιώντας μια εναλλακτική μέθοδο προσέγγισης των βαρών. Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι, αλλά οι Roberts και Goodwin υπέδειξαν την απλούστερη μέθοδο, την *rank-sum*, για τα προβλήματα που αφορούν περισσότερα από δύο ή τρία χαρακτηριστικά. Τα *rank-sum* βάρη υπολογίζονται εύκολα και ως εκ τούτου είναι κατανοητά. Ας υποθέσουμε ότι έχουμε τρία χαρακτηριστικά να ταξινομήσουμε. Το άθροισμα της σειράς ταξινόμησής τους θα είναι $1 + 2 + 3 = 6$. Ως εκ τούτου, στο χαρακτηριστικό στην χαμηλότερη ταξινόμηση αποδίδεται η τιμή $1/6$, στο δεύτερο χαρακτηριστικό η $2/6$ και στο χαρακτηριστικό με την υψηλότερη κατάταξη η τιμή $3/6$ (δηλαδή, τα βάρη είναι 0.167, 0.333 και 0.5). Για τέσσερα χαρακτηριστικά τα βάρη θα ήταν 0.1, 0.2, 0.3 και 0.4, και ούτω καθεξής.

Μέθοδος Even Swaps

Όπως είδαμε στο Κεφάλαιο 1, οι συμβιβασμοί είναι από τα πιο δύσκολα σημεία, όταν έχουμε αποφάσεις που αφορούν πολλαπλούς στόχους. Όταν επιλέγουμε να πάμε διακοπές, πόσες επιπλέον ώρες είμαστε διατεθειμένοι να ταξιδέψουμε για να κάνουμε ηλιοθεραπεία σε μια παραλία, όπου το κλίμα είναι 5 βαθμούς πιο ζεστό; Όταν επιλέγουμε

μια θέση εργασίας που μας προσφέρει \$8.000 επιπλέον του μισθού μας, αλλά βρίσκεται 1.000 μίλια μακριά, μπορεί να μας αποζημιώσει για την όλη ταλαιπωρία της μετακόμισης αλλά και για το τέλος της κοινωνικής ζωής που απολαμβάναμε μέχρι σήμερα; Όπως είδαμε, οι μέθοδοι SMART και SMARTER χρησιμοποιούν τα βάρη των μεταστροφών για αυτούς τους συμβιβασμούς. Ο Hammond κ.ά. (Edwards and Barron, 1994) έχουν προτείνει μια τελείως διαφορετική προσέγγιση, την οποία αποκαλούν Even Swaps. Σε αυτή την προσέγγιση οι υπεύθυνοι για την λήψη αποφάσεων, καλούνται να εξετάσουν άμεσα το κέρδος που θα πρέπει να έχουν ως προς ένα χαρακτηριστικό, προκειμένου να αποζημιωθούν για την απώλεια ως προς ένα άλλο χαρακτηριστικό, ο λεγόμενος αντίποδος (swap). Όπως φαίνεται στη συνέχεια, η μέθοδος Even Swaps χρησιμοποιεί αντίποδες για να μειώσει σταδιακά το μέγεθος του προβλήματος απόφασης, μέχρι να παραμείνει μία μόνο επιλογή.

Ας εξετάσουμε το ακόλουθο πρόβλημα απόφασης που αντιμετωπίζει ένας κατασκευαστής, ο οποίος έχει να επιλέξει έναν προμηθευτή εξαρτημάτων από το εξωτερικό. Η επιλογή θα πρέπει να βασίζεται σε τέσσερις στόχους. Ο κατασκευαστής επιθυμεί να ελαχιστοποιήσει το ετήσιο κόστος αγοράς των εξαρτημάτων, τον μέσο χρόνο παράδοσης, τον μέσο όρο του ποσοστού ελαττωματικών εξαρτημάτων σε κάθε παράδοση και να έχει και την καλύτερη εξυπηρέτηση μετά την πώληση από τον προμηθευτή. Ο παρακάτω πίνακας δείχνει κατά πόσο ανταποκρίνονται οι προμηθευτές σ' αυτούς τους στόχους. Στην μέθοδο Even Swaps, η ακόλουθη διαδικασία είναι γνωστή ως πίνακας επιδράσεων.

Τοποθεσία προμηθευτή	Ετήσιο κόστος Αγοράς (σε \$)	Μέσος χρόνος Διανομής (σε μέρες)	Μέσο % Ελαττωματικών	Εξυπηρέτηση Μετά την πώληση
Καναδάς	140000	3	2	Μέτρια
Μεξικό	80000	4	4	Καλή
Ιαπωνία	190000	5	6	Μέτρια
Νότια Κορέα	90000	5	3	Καλή
Κίνα	70000	8	5	Μέτρια
Ινδία	75000	7	4	Φτωχή

Για να εφαρμόσουμε την μέθοδο, προχωρούμε ως εξής:

- (1) Προσδιορίζουμε τις επιλογές που μπορούν να εξαλειφθούν, εφόσον είναι κυριαρχούμενες. Αν μία επιλογή αποδίδει καλύτερα από μία άλλη, σε όλα τα χαρακτηριστικά, τότε λέμε ότι είναι κυρίαρχη της άλλης επιλογής. Κυριαρχία μπορεί επίσης να προκύψει εάν μία επιλογή αποδίδει καλύτερα από ό, τι μια άλλη επιλογή σε μερικά χαρακτηριστικά, αλλά αποδίδει εξίσου καλά στα υπόλοιπα χαρακτηριστικά. Μπορούμε συνήθως να εντοπίσουμε την κυριαρχία πιο εύκολα, αν οι επιλογές κατατάσσονται από την καλύτερη στη χειρότερη για κάθε χαρακτηριστικό, όπως φαίνεται παρακάτω (1 = καλύτερη, 6 = χειρότερη).

Τοποθεσία προμηθευτή	Ετήσιο κόστος αγοράς (σε \$)	Μέσος χρόνος διανομής (σε μέρες)	Μέσο όρος ποσοστού ελλατωματικών	Εξυπηρέτηση μετά την πώληση
Καναδάς	5	1	1	3
Μεξικό	3	2	3	1
Ιαπωνία	6	3	6	3
Νότια Κορέα	4	3	2	1
Κίνα	1	6	5	3
Ινδία	1	5	3	6

Αν μελετήσουμε προσεκτικά τον παραπάνω πίνακα, μπορούμε να δούμε ότι ο Ιάπωνας προμηθευτής ανταποκρίνεται χειρότερα από τον Καναδό, σε όλα τα χαρακτηριστικά, εκτός από την εξυπηρέτηση μετά την πώληση όπου ισοβαθούν. Αυτό σημαίνει ότι ο Ιάπωνας προμηθευτής μπορεί να εξαλειφθεί από το πρόβλημα απόφασης.

- (2) Προσδιορίζουμε τις επιλογές που μπορούν να εξαλειφθούν, επειδή είναι σχεδόν κυριαρχούμενες. Αν συγκρίνουμε τον προμηθευτή από τη Νότια Κορέα με τον Μεξικανό, βλέπουμε ότι ο Μεξικανός ανταποκρίνεται είτε καλύτερα, ή τουλάχιστον τόσο καλά όπως της Νότιας Κορέας σε ένα από όλα τα χαρακτηριστικά, εκτός από τον μέσο όρο του ποσοστού των ελαττωματικών. Ωστόσο, ότι ο Κορεάτης προμηθευτής είναι ελαφρώς καλύτερα από τον Μεξικανό σε ένα χαρακτηριστικό (προσφέροντας κατά μέσο όρο 2% ελλατωματικά προϊόντα αντί 3%). Ο κατασκευαστής κρίνει ότι αυτό αποτελεί μικρό πλεονέκτημα που δεν αντισταθμίζει ωστόσο τα \$10.000 επιπλέον κόστος του Κορεάτη προμηθευτή, αλλά και την επιπλέον ημέρα στον χρόνο παράδοσης. Ο Μεξικανός προμηθευτής λοιπόν «πρακτικά» κυριαρχεί του Κορεάτη, κι έτσι ο Κορεάτης προμηθευτής μπορεί να αποκλειστεί από την περαιτέρω εξέταση του προβλήματος απόφασης. Το πρόβλημα απόφασης μας έχει πλέον μειωθεί ως εξής:

Τοποθεσία προμηθευτή	Ετήσιο κόστος Αγοράς (σε \$)	Μέσος χρόνος Διανομής (σε μέρες)	Μέσο % Ελλατωματικών	Εξυπηρέτηση Μετά την πώληση
Καναδάς	140000	3	2	Μέτρια
Μεξικό	80000	4	4	Καλή
Κίνα	70000	8	5	Μέτρια
Ινδία	75000	7	4	Φτωχή

- (3) Εκτελούμε την *Even Swaps* έτσι ώστε να μειωθούν τα χαρακτηριστικά. Ας υποθέσουμε ότι το ποσοστό ελαττωματικών προϊόντων του συνόλου των προμηθευτών ήταν ακριβώς το ίδιο π.χ. 5%. Τότε το χαρακτηριστικό αυτό θα ήταν άσχετο με την απόφαση, δεδομένου ότι ανάλογα με το ποιόν προμηθευτή θα επιλέγαμε, θα καταλήγαμε στο ίδιο ποσοστό ελαττωματικών προϊόντων. Η μέθοδος *Even Swaps* χρησιμοποιεί αυτή την παράμετρο για να απλοποιηθεί περισσότερο το πρόβλημα απαλορίζοντας κάποια χαρακτηριστικά.

Έστω ότι ο μέσος όρος του ποσοστού των ελαττωματικών του Καναδού προμηθευτή είναι 2%. Ας υποθέσουμε ότι αυξήθηκε σε 5%. Τι αποζημίωση θα απαιτούσε ο κατασκευαστής σε ένα άλλο χαρακτηριστικό, έτσι ώστε η επιλογή του Καναδού προμηθευτή να παρέμενε ανεπηρέαστη; Ο κατασκευαστής θεωρεί ότι μια μείωση του ετήσιου κόστους του Καναδού στα \$80.000 θα ήταν αρκετά καλή ως αποζημίωση για τη μεγάλη αυτή μείωση της ποιότητας των προϊόντων. Έτσι, στον πίνακά μας παρακάτω, μπορούμε να αντικαταστήσουμε την απόδοση του Καναδού προμηθευτή, με μια εξίσου ελκυστική απόδοση, όπως φαίνεται παρακάτω:

Τοποθεσία προμηθευτή	Ετήσιο κόστος αγοράς (σε \$)	Μέσος χρόνος διανομής (σε μέρες)	Μέσο όρος ποσοστού ελαττωματικών	Εξυπηρέτηση μετά την πώληση
Καναδάς	80000 140000	3	5 2	Μέτρια

Ας υποθέσουμε ότι το ποσοστό των ελαττωματικών προϊόντων του Μεξικανού προμηθευτή έφτασε στα 5%. Ο κατασκευαστής θα απαιτούσε τη μείωση των ετήσιων δαπανών του ως προς τον Μεξικανό στα \$60.000 για να αντισταθμίσει αυτή την αύξηση κατά 1% στα ελαττωματικά προϊόντα, αν θέλει ο συγκεκριμένος προμηθευτής να παραμείνει εξίσου ελκυστικός γι' αυτόν. Θα απαιτούσε την ίδια μείωση κόστους και από τον Ινδό προμηθευτή, εάν το ποσοστό των ελαττωματικών προϊόντων αυξανόταν από 4% σε 5%. Ο παρακάτω πίνακας δείχνει τις μεταβολές.

Τοποθεσία προμηθευτή	Ετήσιο κόστος αγοράς (σε \$)	Μέσος χρόνος διανομής (σε μέρες)	Μέσο % ελαττωματικών	Εξυπηρέτηση μετά την πώληση
Καναδάς	80000 140000	3	5 2	Μέτρια
Μεξικό	60000 80000	4	5 4	Καλή
Κίνα	70000	8	5	Μέτρια
Ινδία	55000 75000	7	5 4	Φτωχή

Μπορούμε τώρα να δούμε ότι το μέσο ποσοστό των ελαττωματικών προϊόντων είναι ίδιο για όλους τους προμηθευτές, οπότε αυτό το χαρακτηριστικό μπορεί να εξαλειφθεί. Σημειώνουμε επίσης ότι ο Κινέζος προμηθευτής κυριαρχείται πλέον από τον Μεξικανό, κι έτσι μπορούμε επίσης να αφαιρέσουμε την Κίνα από το πρόβλημα απόφασής μας που απλοποιείται σημαντικά όπως φαίνεται παρακάτω.

Τοποθεσία προμηθευτή	Ετήσιο κόστος αγοράς (σε \$)	Μέσος χρόνος διανομής (σε μέρες)	Εξυπηρέτηση μετά την πώληση
Καναδάς	80000	3	Μέτρια
Μεξικό	60000	4	Καλή
Ινδία	55000	7	Φτωχή

Ας δούμε τώρα πώς θα αλλάξει ο πίνακας, εάν η ποιότητα των υπηρεσιών μετά την πώληση όλων των προμηθευτών άλλαξε σε «καλή». Ο κατασκευαστής κρίνει ότι, εάν η ποιότητα υπηρεσιών μετά την πώληση του Καναδού προμηθευτή βελτιωνόταν σε αυτό το επίπεδο, θα ήταν διατεθειμένος να αποδεχθεί την αύξηση στο μέσο χρόνο παράδοσης έως και 5 ημέρες. Εάν η επίδοση του Ινδού προμηθευτή βελτιωνόταν από το σημερινό επίπεδο «Κακή» σε «Καλή» θα δεχόταν μια αύξηση στο μέσο χρόνο παράδοσης έως και 12 ημέρες. Έτσι ο νέος πίνακας που προκύπτει φαίνεται παρακάτω.

Τοποθεσία προμηθευτή	Ετήσιο κόστος αγοράς (σε \$)	Μέσος χρόνος διανομής (σε μέρες)	Εξυπηρέτηση μετά την πώληση
Καναδάς	80000	5	Καλή
Μεξικό	60000	4	Καλή
Ινδία	55000	12	Καλή

Βλέπουμε ότι η εξυπηρέτηση μετά την πώληση δεν διακρίνει πλέον τους προμηθευτές και επίσης, ότι ο Καναδάς κυριαρχείται πιά από το Μεξικό. Έτσι το πρόβλημα απόφασης γίνεται:

Τοποθεσία προμηθευτή	Ετήσιο κόστος αγοράς (σε \$)	Μέσος χρόνος διανομής (σε μέρες)
Μεξικό	60000	4
Ινδία	55000	12

Τέλος, ο κατασκευαστής δηλώνει ότι θα απαιτούσε μια μείωση του ετήσιου κόστους του Μεξικανού προμηθευτή στα \$30.000, αν ο χρόνος παράδοσης του προμηθευτή αυξανόταν σε 12 ημέρες. Ο τελικός πίνακας φαίνεται παρακάτω.

Τοποθεσία προμηθευτή	Ετήσιο κόστος αγοράς (σε \$)	Μέσος χρόνος διανομής (σε μέρες)
Μεξικό	30000 60000	12 4
Ινδία	55000	12

Σαφώς, ο Μεξικανός προμηθευτής κατέχει κυρίαρχη θέση και ως εκ τούτου θα πρέπει να επιλεγεί.

Η Even Swaps έναντι της SMART

Ποιά είναι τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα κάνοντας χρήση της μεθόδου Even Swaps σε ένα πρόβλημα απόφασης, αντί της μεθόδου SMART;

Δυνατά σημεία της μεθόδου Even Swaps

- (1) *Αποφεύγει την ανάγκη εκχώρησης τιμής.* Στην μέθοδο αυτή, η διαδικασία λήψης απόφασης εφαρμόζεται απ' ευθείας στα δεδομένα του πίνακα επιδράσεων. Στο προηγούμενο παράδειγμα ο υπεύθυνος ασχολήθηκε άμεσα με το κόστος, τον χρόνο παράδοσης και το επίπεδο εξυπηρέτησης μετά την πώληση, χωρίς να χρειάζεται να εκχωρήσει τιμή σε κλίμακα 0-100, που θα εκπροσωπούσε την απόδοση των εναλλακτικών επιλογών σε κάθε χαρακτηριστικό, διαδικασία απαραίτητη για την μέθοδο SMART.
- (2) *Αποφεύγει την ανάγκη καθορισμού των βαρών των μεταστροφών.* Στην μέθοδο SMART, συχνά οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην κατανόηση της σημασίας των βαρών των μεταστροφών. Με την μέθοδο Even Swaps, αποφεύγεται αυτό, ζητώντας από τους υπευθύνους να προσδιορίσουν τους συμβιβασμούς που πιθανό να πρέπει να αντιμετωπίσουν. Υποστηρίζεται ότι, επειδή η μέθοδος Even Swaps ασχολείται με συγκεκριμένες αλλαγές στους στόχους, είναι πιο εύκολο να σκεφτούμε τους συμβιβασμούς και είναι πιο κατανοητοί. Ομοίως, η ιδέα της κυριαρχίας, η οποία βρίσκεται στο επίκεντρο της Even Swaps, είναι επίσης πολύ πιθανό να γίνεται καλά κατανοητή από τους υπευθύνους λήψης αποφάσεων.
- (3) *Η μέθοδος Even Swaps μπορεί να είναι πιο κοντά σε μια φυσική διαδικασία λήψης αποφάσεων.* Η έρευνα δείχνει ότι οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων, οι οποίοι δεν έχουν πρόσβαση σε τεχνολογίες εύστοχης λήψης αποφάσεων, συχνά περνούν από μια διαδικασία σταδιακής απλοποίησης του προβλήματος απόφασης έως ότου ληφθεί η τελική απόφαση. Όπως είδαμε, η διαδικασία αυτή εφαρμόζεται στην μέθοδο Even Swaps. Για παράδειγμα, όταν βρισκόμαστε αντιμέτωποι με πολύπλοκες αποφάσεις, που αφορούν πολλές εναλλακτικές επιλογές και χαρακτηριστικά, συχνά χρησιμοποιούμε στην αρχή μια μη αντισταθμιστική διαδικασία, όπως την εξάλειψη κάποιων επιλογών, ώστε να μειωθεί ο αριθμός των επιλογών που πρέπει να εξεταστεί, φτάνοντας σε έναν αριθμό που μπορούμε να διαχειριστούμε. Στη συνέχεια, εφαρμόζουμε περισσότερο απαιτητικές αντισταθμιστικές στρατηγικές λήψης απόφασης για τις υπόλοιπες εναλλακτικές επιλογές. Άλλη έρευνα δείχνει ότι οι υπεύθυνοι αναδιαρθρώνουν αρκετές φορές τα προβλήματα απόφασης μέχρι μια εναλλακτική λύση να φαίνεται ως κυρίαρχη. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει δραστηριότητες όπως, τη συγχώνευση δύο ή περισσότερων χαρακτηριστικών σε ένα πιο περιεκτικό, δίνοντας έμφαση στην ιδιότητα ή με την προσθήκη νέων χαρακτηριστικών στο πρόβλημα, που θα ενισχύσουν μια εναλλακτική λύση. Έτσι, αν και οι δύο μέθοδοι, SMART και Even Swaps κάνουν χρήση συμβιβασμών, η αρχή της προοδευτικής απλοποίησης που χρησιμοποιείται από την Even Swaps έρχεται πιο κοντά στα αποτελέσματα ψυχολογικών μελετών μη υποβοηθούμενης επιλογής. Αντίθετα, η προσέγγιση SMART, που διατηρεί όλες τις εναλλακτικές λύσεις μέσα σε ένα σύνολο επιλογών, είναι λιγότερο κοντά στις περιγραφές μη υποβοηθούμενης επιλογής.

Περιορισμοί της μεθόδου Even Swaps

- (1) *Είναι σχετικά δύσκολη να εφαρμοστεί χωρίς εξάσκηση.* Υπάρχουν κάποιες ενδείξεις ότι η μέθοδος Even Swaps είναι πιο δύσκολη από την μέθοδο SMART, ειδικά όταν κάποιος δεν έχει εξασκηθεί στην εφαρμογή της. Συγκεκριμένα, ο προσδιορισμός της κυριαρχίας ή της «πρακτικής» κυριαρχίας μπορεί να είναι απαιτητικός και

χρονοβόρος, αν γίνει με το χέρι. Επίσης, προβλήματα απόφασης μεγάλου μεγέθους, ο υπεύθυνος θα ασχοληθεί με έναν πολύ μεγάλο αριθμό συμβιβασμών, έτσι ώστε η προσπάθεια και ο χρόνος που απαιτούνται θα είναι σημαντικοί. Σε μία μελέτη, η οποία συνέκρινε τις δύο μεθόδους, έγιναν πολλά λάθη κατά την εφαρμογή της τεχνικής. Για παράδειγμα, υπήρχε σύγχυση όταν περισσότερες από μία εναλλακτικές ήταν καλές σε ένα χαρακτηριστικό (π.χ., μεγαλύτερο μερίδιο αγοράς), ενώ περισσότερες ήταν χειρότερες σχετικά με ένα άλλο χαρακτηριστικό (π.χ., υψηλότερο κόστος) και απαιτούνταν αποζημιώσεις σε λάθος κατεύθυνση. Μια άλλη μελέτη διαπίστωσε ότι οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων μερικές φορές προσπαθούν να κάνουν συνδέσεις μεταξύ των συμβιβασμών και του ό,τι νομίζουν πιθανό να συμβεί στην πράξη. Στο παράδειγμα με τον προμηθευτή, η εμπειρία θα μπορούσε να διδάξει στον υπεύθυνο λήψης αποφάσεων, ότι η καλύτερη εξυπηρέτηση μετά την πώληση συνήθως συνδέεται με μικρότερο χρόνο παράδοσης και λιγότερα ελαττωματικά προϊόντα. Ως εκ τούτου, θα έπρεπε να προσπαθήσει να κάνει έναν συμβιβασμό, όπου τα υψηλότερα κόστη αντισταθμίζονται όχι μόνο με την καλύτερη εξυπηρέτηση μετά την πώληση, αλλά και με βελτιώσεις στο μέσο χρόνο παράδοσης και τον μέσο αριθμό των ελαττωματικών προϊόντων. Έτσι, η αύξηση του κόστους αντισταθμίζεται πολλές φορές κατά τη διάρκεια λήψης απόφασης. Υπάρχει επίσης το πρόβλημα της διασφάλισης ότι όλοι οι συμβιβασμοί είναι συνεπείς μεταξύ τους, αλλά ο έλεγχος συνοχής δεν είναι μια απλή διαδικασία στην μέθοδο Even Swaps. Όλα αυτά τονίζουν την ανάγκη λογισμικού για την υποστήριξη των εφαρμογών της μεθόδου Even Swaps, ειδικά για μεγάλου μεγέθους προβλήματα. Ένα πακέτο λογισμικού SMART SWAPS, παρέχει καθοδήγηση στους χρήστες προτείνοντας πιθανούς συμβιβασμούς που θα μπορούσαν να είναι ελκυστικοί για αυτούς και έχει επίσης σχεδιαστεί για να εμποδίζει τυχόν λάθη που μπορεί να κάνει ο χρήστης κατά την εφαρμογή των συμβιβασμών.

- (2) *Το αποτέλεσμα της μεθόδου είναι λιγότερο κατατοπιστικό.* Ακόμη και εάν οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων μπορούν να εφαρμόσουν την μέθοδο χωρίς σφάλματα, το αποτέλεσμα αυτής παρέχει λιγότερες πληροφορίες από αυτό της SMART. Στο παράδειγμα του προμηθευτή, η μέθοδος έδειξε μόνο ποιόν προμηθευτή να επιλέξουμε επομένως, δεν είχαμε καμία ιδέα για το πόσο κοντά είναι οι άλλοι προμηθευτές στην καλύτερη επιλογή. Στην μέθοδο SMART θα είχαμε μια λίστα με όλες τις επιλογές και τις σχετικές βαθμολογίες τους, έτσι ώστε να μπορεί να εντοπιστεί η επιλογή που ήρθε δεύτερη. Είναι επίσης δύσκολο να εκτελεστεί η ανάλυση ευαισθησίας στην μέθοδο Even Swaps. Για να γίνει αυτό θα πρέπει να επιστρέψουμε σε προηγούμενα στάδια της διαδικασίας και να εφαρμόσουμε διαφορετικούς συμβιβασμούς για να εξετάσουμε τις επιπτώσεις τους. Ωστόσο, χωρίς την ανάλυση ευαισθησίας δεν μπορούμε να γνωρίζουμε πόσο ευμετάβλητη είναι η τελική επιλογή στις μικρές αλλαγές των συμβιβασμών που κάναμε. Τα μοντέλα απόφασης παίζουν σημαντικό ρόλο στη διευκόλυνση των managers να διερευνήσουν τα προβλήματα λήψης απόφασης και βοηθούν στο να εξηγήσουν το σκεπτικό για την επιλογή μια συγκεκριμένης διαδικασίας. Τα οφέλη αυτά θα είναι λιγότερο εύκολο να επιτευχθούν, όταν έχει χρησιμοποιηθεί η Even Swaps για να παρθεί μια απόφαση.
- (3) *Η χρήση της Even Swaps μπορεί να επηρεάσει την τελική επιλογή.* Αρχικά, όπως είδαμε, η Even Swaps δημιουργεί πίνακες όπου όλες οι εναλλακτικές λύσεις αποδίδουν εξίσου καλά σε ένα συγκεκριμένο χαρακτηριστικό (π.χ., στην επιλογή προμηθευτή δημιουργήσαμε έναν πίνακα όπου το ποσοστό των ελαττωματικών προϊόντων από όλους τους προμηθευτές ήταν το ίδιο). Σύμφωνα με την θεωρία κανονικοποίησης αποφάσεων (normative decision theory) θα πρέπει στη συνέχεια, να αγνοήσουμε αυτό το χαρακτηριστικό και η επιλογή μας να εξαρτηθεί από το πώς

οι εναλλακτικές επιλογές ανταποκρίνονται στα υπόλοιπα χαρακτηριστικά. Από έρευνες φαίνεται ότι αυτό μπορεί να μην αποτελεί λύση, αφού τα χαρακτηριστικά που έχουν ίση απόδοση απ'όλες τις πιθανές επιλογές, μπορεί να εξακολουθούν να έχουν επιπτώσεις στο πώς τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά γίνονται αντιληπτά. Υπό ορισμένες συνθήκες, αυτές οι ίσες επιδόσεις, δημιουργούν την εντύπωση ότι οι εναλλακτικές επιλογές είναι παρόμοιες, ενώ δίνουν έμφαση στη σημασία των υπόλοιπων χαρακτηριστικών, όταν αυτές διαφέρουν. Στην μέθοδο Even Swaps, αυτό μπορεί να έχει επιπτώσεις στην αναγνώριση της πρακτικής κυριαρχίας. Δηλαδή, στο παράδειγμα του προμηθευτή, η δημιουργία ίσων αποδόσεων σε μερικά από τα χαρακτηριστικά μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα, είτε την υποτίμηση, είτε την υπερτίμηση της σημασίας μιας διαφοράς 3 ημερών στο χρόνο παράδοσης των δύο προμηθευτών από τον υπεύθυνο λήψης αποφάσεων. Αν η σημασία μειώνεται, τότε αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μια απόφαση όπου η πρακτική κυριαρχία θα ισχύει - μια απόφαση που προκύπτει αποκλειστικά από την διαδικασία εξάλειψης χαρακτηριστικών. Πράγματι, αυτό αυξάνει την πιθανότητα, η τελική επιλογή μίας εναλλακτικής να εξαρτάται από τη σειρά με την οποία τα χαρακτηριστικά απαλείφονται κατά τη διαδικασία της Even Swaps.

Δεύτερον, σε μια άλλη μελέτη διαπιστώθηκε ότι οι φαινομενικά ισοδύναμες διαδικασίες αξιολόγησης προτίμησης της επιλογής (π.χ., «επιλογή προϊόντος μεταξύ ενός καταστήματος με δικό του εμπορικό σήμα cola στα 40 σεντ κι ενός καταστήματος Coke στα 55 σεντ») και αντιστοίχιση (π.χ., «φανταστείτε αν η μονάδα προϊόντος σε κατάστημα με δικό του εμπορικό σήμα cola κοστίζει 40 cents, σε ποιά τιμή για μας θα ήταν ελκυστική μια μονάδα προϊόντος από ένα κατάστημα Coke;»), παράγουν συστηματικά διαφορετικές εκτιμήσεις τιμής-ποιότητας στους συμβιβασμούς του καταναλωτή. Οι άνθρωποι είναι πιο πιθανό να προτιμούν την εναλλακτική λύση που υπερέχει στο πιο σημαντικό χαρακτηριστικό σε μια απλή επιλογή, από ό,τι σε μια σύνθετη επιλογή. Αυτό σημαίνει ότι, το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό είναι πιο εμφανές κατά την επιλογή, από ό,τι κατά την αντιστοίχιση. Η μέθοδος Even Swaps είναι ουσιαστικά μια διαδικασία αντιστοίχισης και ως εκ τούτου η χρήση της μπορεί να επηρεάσει τη λήψη αποφάσεων.

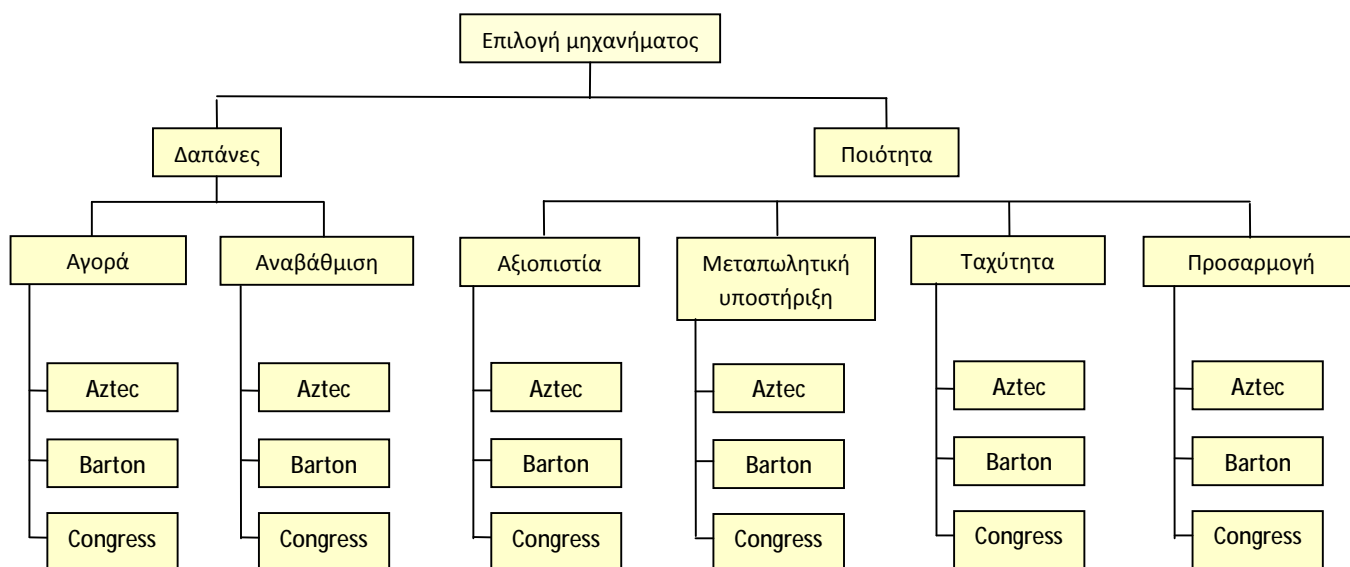
Η αναλυτική διαδικασία ιεράρχησης (AHP)

Η αναλυτική διαδικασία ιεράρχησης (Analytic Hierarchy Process), η οποία αναπτύχθηκε από τον Thomas Saaty όταν ήταν σύμβουλος της κυβέρνησης των ΗΠΑ, έχει εφαρμοστεί ευρέως σε προβλήματα απόφασης σε τομείς όπως η οικονομία, η ενεργειακή πολιτική, ο χειρισμός υλικών και προμηθειών, η επιλογή έργων, σε επιχορηγήσεις και την πρόβλεψη του προϋπολογισμού. Ο Saaty ανέπτυξε ένα φιλικό προς το χρήστη, πακέτο υπολογιστή που ονομάζεται EXPERT CHOICE, για να υποστηρίξει την μέθοδο.

Θα χρησιμοποιήσουμε το ακόλουθο πρόβλημα για να παρουσιάσουμε την εφαρμογή της AHP. Ένας διευθυντής σε μια εταιρεία μεταποίησης τροφίμων πρέπει να επιλέξει ένα νέο μηχάνημα συσκευασίας για να αντικαταστήσει το ήδη υπάρχον, το οποίο έχει φθαρεί. Ο διευθυντής έχει έναν περιορισμένο προϋπολογισμό για την αγορά, γι'αυτό κι έχει περιορισθεί στις ακόλουθες τρεις πιθανές επιλογές: (i) το Aztec, (ii) το Barton και (iii) το Congress. Ωστόσο, η απόφαση εξακολουθεί να αποδεικνύεται δύσκολη λόγω της ποικιλίας των χαρακτηριστικών που σχετίζονται με τις μηχανές, όπως η τιμή αγοράς, η φήμη για την αξιοπιστία και η ποιότητα των υπηρεσιών μετά την πώληση που παρέχεται από τους διάφορους κατασκευαστές.

Για να εφαρμόσουμε την διαδικασία AHP προχωρούμε ως εξής:

- (1) *Ρύθμιση ιεραρχίας.* Το βήμα αυτό είναι παρόμοιο με το δέντρο αξιών της μεθόδου SMART. Η κύρια διαφορά είναι ότι οι εναλλακτικοί τρόποι δράσης εμφανίζονται επίσης στην ιεραρχία στο χαμηλότερο επίπεδό της. Το σχήμα 2.1 δείχνει την ιεραρχία απόφασης για το πρόβλημα της μηχανής συσκευασίας. Στην κορυφή του δέντρου βρίσκεται ο γενικός στόχος της απόφασης, που στην περίπτωσή μας είναι “Επιλέξτε ένα μηχάνημα”. Τα γενικότερα χαρακτηριστικά του προβλήματος απόφασης , «Δαπάνες» και «Ποιότητα», καθορίζονται στη συνέχεια κάτω από τον στόχο. Όπως φαίνεται, αυτά τα χαρακτηριστικά μπορούν να αναλυθούν με περισσότερες λεπτομέρειες στο επόμενο επίπεδο. Για παράδειγμα, στο πλαίσιο της «Ποιότητας» ο διευθυντής επιθυμεί να εξετάσει τα χαρακτηριστικά «Αξιοπιστία», «Υποστήριξη μετά την πώληση», «Ταχύτητα παράδοσης» και «Προσαρμογή» (δηλαδή, ο βαθμός στον οποίο ο κατασκευαστής είναι σε θέση να προσαρμόσει το μηχάνημα στις ειδικές απαιτήσεις της εταιρείας τροφίμων). Εάν είναι απαραίτητο, αυτή η διαδικασία της περεταίρω ανάλυσης των χαρακτηριστικών συνεχίζεται, έως ότου έχουν προσδιοριστεί όλα τα απαραίτητα κριτήρια για τη λήψη της απόφασης. Τέλος, οι εναλλακτικές ενέργειες προστίθενται στην ιεραρχία, κάτω από κάθε ένα από τα χαρακτηριστικά χαμηλότερου επιπέδου.



Σχήμα 2.1 – Η ιεραρχία του προβλήματος επιλογής μηχανήματος συσκευασίας

- (2) *Γίνονται συγκρίσεις κατά ζεύγη, των χαρακτηριστικών και των εναλλακτικών λύσεων.* Χρησιμοποιούνται οι συγκρίσεις, για να προσδιοριστεί η σχετική σημασία των χαρακτηριστικών και επίσης για να φανεί πόσο καλά ανταποκρίνονται οι επιλογές στα διάφορα χαρακτηριστικά. Για παράδειγμα, πόσο πιο σημαντική είναι η αρχική τιμή αγοράς σε σχέση με το κόστος της αναβάθμισης του μηχανήματος σε μεταγενέστερη ημερομηνία; Είναι προτιμότερο το Aztec από το Barton ως προς την ποιότητα της υποστήριξης μετά την πώληση;

Μέσα από κάθε κατάταξη στην ιεραρχία, η σημασία κάθε χαρακτηριστικού συγκρίνεται με κάθε άλλο χαρακτηριστικό, που βρίσκεται αμέσως κάτω από αυτό στην ίδια κατάταξη. Έτσι, η σημασία των χαρακτηριστικών «Δαπάνες» και «Ποιότητα» είναι η πρώτη σύγκριση. Στη συνέχεια, τα τέσσερα χαρακτηριστικά της «Ποιότητας» συγκρίνονται μεταξύ τους ως προς τη σπουδαιότητα, και ούτω καθεξής.

Σημειώστε ότι οι συγκρίσεις γίνονται ανά ζεύγη, οπότε εάν υπάρχουν τέσσερα χαρακτηριστικά Α, Β, Γ και Δ, τότε θα πρέπει να γίνουν οι έξι συγκρίσεις: το Α με το Β, το Α με το Γ, το Α με το Δ, το Β με το Γ, το Β με το Δ και τέλος, το Γ με το Δ.

Ο Saaty προτείνει αυτές οι συγκρίσεις ανά ζεύγη, να διεξάγονται με τη χρήση λεκτικών φράσεων. Για παράδειγμα, ο διευθυντής καλείται να εξετάσει κατά πόσον τα χαρακτηριστικά «Δαπάνες» και «Ποιότητα» είναι ίσης σπουδαιότητας, ή αν το ένα είναι πιο σημαντικό από το άλλο. Ο διευθυντής αναφέρει ότι το κόστος είναι πιο σημαντικό, γι' αυτό στη συνέχεια κάνει τις παρακάτω διαβαθμίσεις του κόστους:

Εβδομαδιαία πιο σημαντικό	(3)
Αρκετά πιο σημαντικό	(5)
Πολύ πιο σημαντικό	(7)
Εξαιρετικά πιο σημαντικό	(9)

Η μέθοδος μετατρέπει την πρόταση στον αριθμό εντός της παρενθέσεως. Για παράδειγμα, εάν το «Κόστος» είναι «αρκετά πιο σημαντικό» από την «Ποιότητα», τότε υποτίθεται ότι είναι πέντε φορές πιο σημαντικό. Σημειώστε ότι οι ενδιαμέσες απαντήσεις επιτρέπονται, εφόσον ο υπεύθυνος προτιμά και αυτές (π.χ., «μεταξύ ασθενώς και αρκετά πιο σημαντικό», που θα μπορούσε να μετατραπεί σε '4'). Επίσης, εάν ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων προτιμά να μην χρησιμοποιήσει λεκτικές φράσεις, τότε μπορεί είτε να χρησιμοποιηθεί μια κλίμακα από το 1 (που αντιστοιχεί δηλαδή στην φράση «εξίσου σημαντικό») μέχρι το 9, είτε να χρησιμοποιήσει μια γραφική δυνατότητα του EXPERT CHOICE με αυτά τα δεδομένα.

Κάθε ζεύγος συγκρίσεων μπορεί να αναπαρασταθεί με έναν πίνακα (ή μήτρα). Από τη σύγκριση του «Κόστους» με την «Ποιότητα», προκύπτει ο πίνακας 2.2.

	Κόστη	Ποιότητα
Κόστη	1	5
Ποιότητα		1

Πίνακας 2.2 – Σύγκριση της σημαντικότητας «Κόστη» και «Ποιότητα»

	Αξιοπιστία	Μεταπωλητική εξυπηρέτηση	Ταχύτητα παράδοσης	Προσαρμογή
Αξιοπιστία	1	4	5	4
Μεταπωλητική εξυπηρέτηση		1	3	½
Ταχύτητα παράδοσης			1	1/3
Προσαρμογή				1

Πίνακας 2.3 – Σύγκριση των επιμέρους χαρακτηριστικών της «Ποιότητας»

Ομοίως, για τα τέσσερα επιμέρους χαρακτηριστικά του γενικότερου χαρακτηριστικού «Ποιότητα», οι κρίσεις του διευθυντή οδηγούν στις τιμές του πίνακα 2.3. Οι αριθμοί στους πίνακες αντιπροσωπεύουν πόσο πιο σημαντικό είναι το χαρακτηριστικό της «γραμμής» συγκριτικά με το χαρακτηριστικό της «στήλης». Για παράδειγμα, η

«Αξιοπιστία» είναι τέσσερις φορές πιο σημαντική από ό,τι η «Μεταπωλητική υποστήριξη». Ως εκ τούτου, κλασματικές τιμές δείχνουν ότι το χαρακτηριστικό της «στήλης» είναι πιο σημαντικό. Για παράδειγμα, η «Ταχύτητα παράδοσης» είναι μόνο 1/3 σημαντική ως προς την «Προσαρμογή». Σημειώστε ότι μόνο μονάδες εμφανίζονται στη διαγώνιο των πινάκων, αφού το κάθε χαρακτηριστικό πρέπει να έχει την ίδια σημαντικότητα με τον εαυτό του. Ένας παρόμοιος πίνακας προκύπτει από τη σύγκριση της σημαντικότητας της «Αγοράς» και της «Αναβάθμισης» του χαρακτηριστικού του κόστους.

Τέλος, η ίδια διαδικασία χρησιμοποιείται για τη σύγκριση των μηχανών ως προς τα χαρακτηριστικά χαμηλότερου επιπέδου. Για παράδειγμα, θα εξεταστεί το κόστος αγοράς των μηχανημάτων και θα πρέπει να αποφασίσει ο διευθυντής, αν όσον αφορά το κόστος αγοράς, το Aztec και το Barton προτιμώνται εξίσου. Αν αποφασίσει ότι το Barton προτιμάται, στη συνέχεια θα πρέπει να αποφασίσει αν «προτιμάται λίγο», αν «προτιμάται αρκετά», ή αν «προτιμάται πάρα πολύ» (κι ενδιάμεσες απαντήσεις επιτρέπονται). Έτσι θα οδηγηθούμε στον πίνακα 2.4 που δείχνει, για παράδειγμα, ότι το μηχάνημα Aztec είναι δύο φορές προτιμότερο από το Congress, σχετικά με το κόστος αγοράς.

	Aztec	Barton	Congress
Aztec	1	1/3	2
Barton		1	6
Congress			1

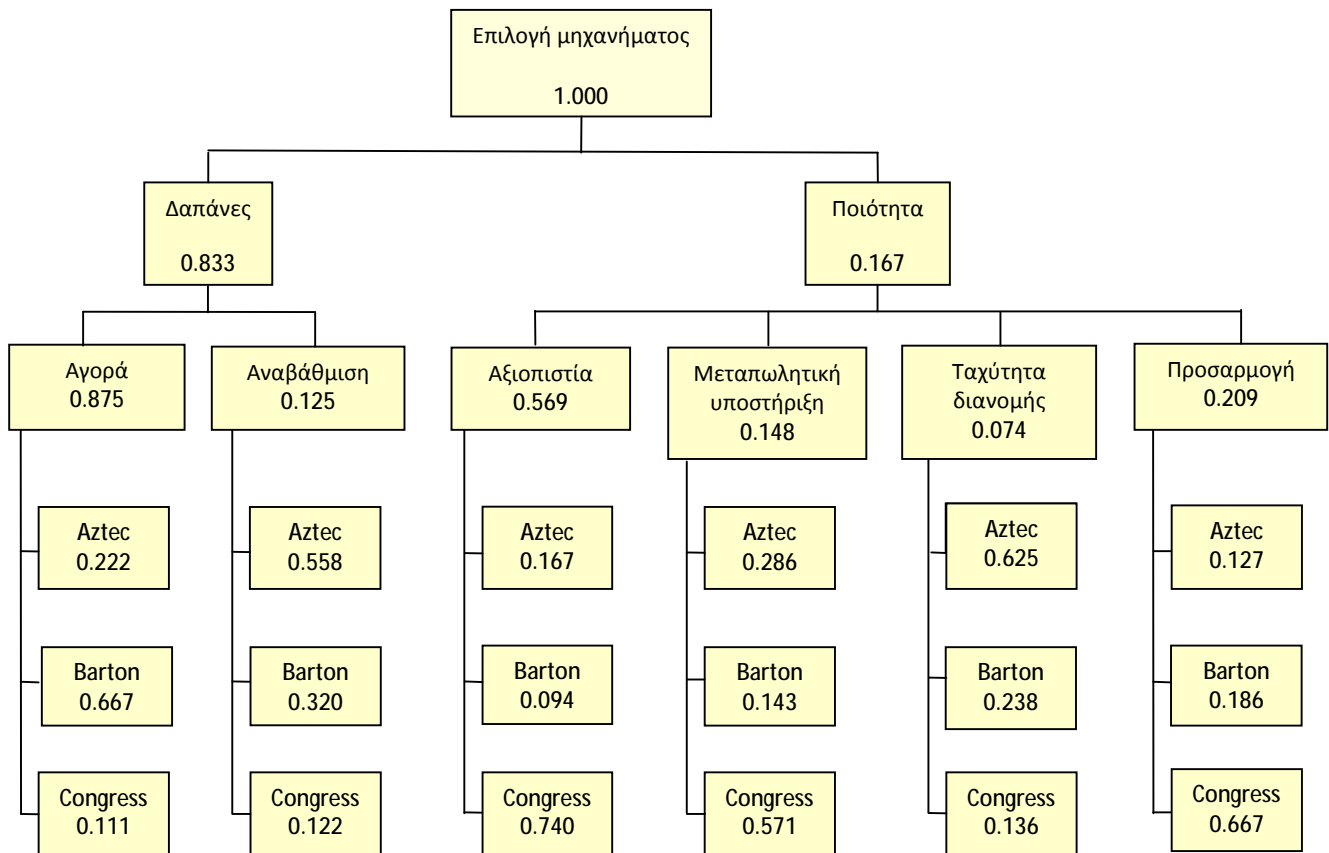
Πίνακας 2.4 – Σύγκριση των μηχανημάτων ως προς το κόστος αγοράς

Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται, οδηγώντας σε έναν πίνακα για κάθε ένα από τα χαμηλότερου επιπέδου χαρακτηριστικά, που αντιπροσωπεύει τις προτιμήσεις του διευθυντή για τις μηχανές για το εν λόγω χαρακτηριστικό κάθε φορά.

- (3) *Μετατροπή των συγκρίσεων σε βάρη και έλεγχος της συνέπειας των συγκρίσεων αυτών.* Αφού έχουν δημιουργηθεί όλοι οι πίνακες, από κάθε ζεύγος συγκρίσεων, η μέθοδος AHP τους μετατρέπει σε ένα σύνολο βαρών που μετέπειτα κανονικοποιούνται αυτόματα και το άθροισμά τους ισούται με την μονάδα. Υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός μεθόδων μετατροπής, αλλά ο Saaty συστήνει μια μαθηματική προσέγγιση που βασίζεται στις ιδιοτιμές (βλέπε Saaty, 1990, για λεπτομέρειες σχετικά με αυτή τη μέθοδο). Επειδή πρόκειται για μια σχετικά περίπλοκη μαθηματική διαδικασία, συνήθως απαιτούνται λογισμικά όπως το EXPERT CHOICE για την εκτέλεση των υπολογισμών. Ωστόσο, αργότερα θα δείξουμε μια απλή μέθοδο για την προσέγγιση των συντελεστών στάθμισης που χρησιμοποιούνται στην AHP.

Το σχήμα 2.2 δείχνει τα βάρη που προέρχονται από όλους τους πίνακες της ιεραρχίας, χρησιμοποιώντας το EXPERT CHOICE. Για τον πίνακα 2.2, όπου θεωρήθηκε το «Κόστος» να είναι πέντε φορές πιο σημαντικό από ό,τι η «Ποιότητα», ο υπολογισμός των βαρών είναι σαφής (μια αναλογία 5:1 αποδίδει στάθμιση 5/6 και 1/6, δηλαδή 0.833 και 0.167). Η εξαγωγή αυτών είναι λιγότερο προφανής για μεγαλύτερους πίνακες. Για παράδειγμα, για τον πίνακα 2.3 οι σταθμίσεις είναι: «Αξιοπιστία» (0.569), «Μεταπωλητική εξυπηρέτηση» (0.148), «Ταχύτητα παράδοσης» (0.074), «Προσαρμογή» (0.209), γεγονός που υποδηλώνει ότι ο

υπεύθυνος για την λήψη αποφάσεων θεώρησε την «Αξιοπιστία» να είναι μακράν το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό από τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά της «Ποιότητας».



Σχήμα 2.2 - Τα βάρη του προβλήματος επιλογής μηχανήματος συσκευασίας

Εκτός από τα βάρη, η AHP υπολογίζει επίσης και μια αναλογία ασυνέπειας. Αυτή παράγεται αυτόματα από το EXPERT CHOICE (βλ. Saaty, 1990, για λεπτομέρειες της μεθόδου υπολογισμού), αλλά αργότερα θα δείξουμε έναν τρόπο για να πάρουμε μια καλή προσέγγιση αυτής της αναλογίας με υπολογισμούς με το χέρι. Η αναλογία ειδοποιεί για οποιεσδήποτε ασυνέπειες στις συγκρίσεις που έχουν γίνει, και με την τιμή μηδέν, δείχνει την τέλεια συνοχή. Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι οι προτιμήσεις του υπευθύνου υποδεικνύουν ότι το χαρακτηριστικό A είναι δύο φορές πιο σημαντικό από το B, ενώ το B τρεις φορές πιο σημαντικό από το Γ. Για να είναι απόλυτα συνεπής ο υπεύθυνος θα πρέπει να έχει δηλώσει ότι το χαρακτηριστικό A είναι έξι φορές πιο σημαντικό από το Γ. Οποιαδήποτε άλλη απάντηση θα οδηγήσει σε έναν δείκτη μεγαλύτερο του μηδενός. Ο Saaty υποστηρίζει ότι αυτή η ασυνέπεια θα πρέπει να μας ανησυχεί μόνο εάν η αναλογία υπερβαίνει το 0.1 (ως γενικός κανόνας), οπότε οι συγκρίσεις θα πρέπει να επανεξεταστούν. Προφανώς, δεν μπορεί να υπάρξει καμία ασυνέπεια στον Πίνακα 1.2, δεδομένου ότι αναπαριστά μία μόνο σύγκριση. Για τους πίνακες 2.3 και 2.4, οι αναλογίες ασυνέπειας ήταν 0.059 και 0, αντίστοιχα. Οι τιμές επίσης που ελήφθησαν από όλους τους άλλους πίνακες στην ιεραρχία, ήταν μικρότερες από 0.1. Ο Saaty τονίζει ωστόσο, ότι η ελαχιστοποίηση αυτής της ασυνέπειας δεν θα πρέπει να αποτελεί κύριο στόχο της ανάλυσης. Μια σειρά από λανθασμένες αποφάσεις σχετικά με τη σημαντικότητα και την προτίμηση

μπορεί να είναι απόλυτα συνεπείς, αλλά δεν θα οδηγήσουν στην «καλύτερη επιλογή». Για παράδειγμα, ένα πείραμα που πραγματοποιήθηκε από τον Linages (2009) έδειξε ότι χρησιμοποιώντας μια μαθηματική διαδικασία για να εξαιρεθούν οι ασυνέπειες, ο υπεύθυνος δεν οδηγήθηκε σε μια κατάταξη των εναλλακτικών λύσεων που να ήταν πιο κοντά στις προτιμήσεις του. Εξέφρασε αμφιβολίες μάλιστα, για το αν άξιζε η όλη διαδικασία ώστε να υπάρχει συνέπεια.

- (4) *Χρήση των βαρών για την απόκτηση βαθμολογίας στις διαφορετικές επιλογές και κατάληξη σε μια προσωρινή απόφαση.* Αν και το EXPERT CHOICE υπολογίζει αυτόματα τις βαθμολογίες για τις επιλογές, είναι χρήσιμο να δείξουμε πώς υπολογίστηκε η βαθμολογία του μηχανήματος Aztec. Στο Σχήμα 2.2, προσδιορίζονται όλα τα μονοπάτια που οδηγούν από την κορυφή της ιεραρχίας για την επιλογή του Aztec. Στη συνέχεια, όλα τα βάρη σε κάθε διαδρομή πολλαπλασιάζονται μαζί, και τα αποτελέσματα για τις διαφορετικές διαδρομές αθροίζονται, όπως φαίνεται παρακάτω:

$$\begin{aligned} \text{Αποτέλεσμα για το μηχάνημα Aztec} &= 0.833 \times 0.875 \times 0.222 \\ &+ 0.833 \times 0.125 \times 0.558 \\ &+ 0.167 \times 0.569 \times 0.167 \\ &+ 0.167 \times 0.148 \times 0.286 \\ &+ 0.167 \times 0.074 \times 0.625 \\ &+ 0.167 \times 0.209 \times 0.127 = 0.255 \end{aligned}$$

Να σημειώσουμε ότι το μηχάνημα Aztec παρουσιάζει καλά αποτελέσματα όσον αφορά τα χαρακτηριστικά που θεωρούνται σχετικά ασήμαντα, όπως το χαρακτηριστικό «Κόστη αναβάθμισης» (το οποίο φέρει μόνο 0.125 από το βάρος που διατίθεται στα κόστη) και το χαρακτηριστικό «Χρόνος παράδοσης» (το οποίο φέρει μόνο 0.074 από το βάρος που διατίθεται για την «Ποιότητα», το οποίο είναι από μόνο του σχετικά ασήμαντο). Το Aztec δεν παρουσιάζει ιδιαίτερα καλά αποτελέσματα στα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά, οπότε η συνολική βαθμολογία του είναι σχετικά χαμηλή. Οι βαθμολογίες που προκύπτουν για τις τρεις μηχανές δίνονται παρακάτω:

Aztec	0.255
Barton	0.541
Congress	0.204

Αυτό δείχνει σαφώς ότι θα πρέπει να επιλέξουμε να αγοράσουμε το μηχάνημα Barton.

- (5) *Ανάλυση ευαισθησίας.* Όπως σε κάθε μοντέλο απόφασης, είναι σημαντικό να εξετάσουμε πόσο ευαίσθητη είναι η κατάλληλη πορεία δράσης, στις αλλαγές των προτιμήσεων του λήπτη απόφασης. Πολλές από αυτές τις προτιμήσεις είναι «πρόχειρες» μιας και ο υπεύθυνος μπορεί να μην είναι σίγουρος για το ποιές ακριβώς προτιμήσεις να θέσει. Το EXPERT CHOICE έχει μια σειρά λειτουργιών για τη διενέργεια ανάλυσης ευαισθησίας. Σε δυναμική ανάλυση ευαισθησίας ένα ιστόγραμμα δείχνει τα βάρη που συνδέονται με τα χαρακτηριστικά σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο της ιεραρχίας. Με την αλλαγή των μηκών των ράβδων αυτών, θα πρέπει να εξεταστούν οι βαθμολογίες στις εναλλακτικές πορείες δράσης. Άλλες γραφικές παραστάσεις επιτρέπουν στους υπευθύνους λήψης αποφάσεων να εξετάσουν το ποσό της μεταβολής στο βάρος ενός χαρακτηριστικού, πριν αλλάξει η προτιμώμενη πορεία δράσης.

Εκτελώντας τους υπολογισμούς της AHP με το χέρι

Αν δεν υπάρχει πρόσβαση στο λογισμικό AHP, τότε μπορούν να ληφθούν προσεγγιστικά τα βάρη, χρησιμοποιώντας την ακόλουθη απλή διαδικασία. Ας υποθέσουμε ότι διαθέτουμε τον πίνακα 2.3. Αρχικά εισάγουμε τους αριθμούς στο κάτω τρίγωνο του πίνακα. Για παράδειγμα, δεδομένου ότι η «αξιοπιστία» είναι τέσσερις φορές πιο σημαντικό χαρακτηριστικό από ό,τι η «Μεταπωλητική υποστήριξη», το χαρακτηριστικό «Μεταπωλητική υποστήριξη» πρέπει να είναι μόνο κατά 1/4 σημαντικό όσο και αυτό της «Αξιοπιστίας». Κατ' αυτόν τον τρόπο οδηγούμαστε στον παρακάτω πίνακα:

	Αξιοπιστία	Μεταπωλητική εξυπηρέτηση	Ταχύτητα παράδοσης	Προσαρμογή
Αξιοπιστία	1	4	5	4
Μεταπωλητική εξυπηρέτηση	1/4	1	3	1/2
Ταχύτητα παράδοσης	1/5	1/3	1	1/3
Προσαρμογή	1/4	2	3	1

Στη συνέχεια αθροίζονται οι στήλες του πίνακα κι έπειτα διαιρούμε κάθε αριθμό στον πίνακα, με το σύνολο της στήλης του. Για παράδειγμα, το σύνολο της στήλης «Αξιοπιστία» είναι 1.7. Αυτό σημαίνει ότι οι τέσσερις τιμές στη στήλη «Αξιοπιστία» γίνονται 0.588 (1/1.7), 0.147, 0.118 και 0.147. Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει όλα τα αποτελέσματα. Στο τέλος υπολογίζεται ο μέσος όρος των αριθμών σε κάθε γραμμή. Αυτοί οι μέσοι όροι, οι οποίοι φαίνονται επίσης στον πίνακα, μπορούν τώρα να χρησιμοποιηθούν, κατά προσέγγιση, ως τα βάρη για τα τέσσερα χαρακτηριστικά. Παρόμοιοι υπολογισμοί μπορούν να εφαρμοστούν σε άλλους πίνακες στην ιεραρχία.

	Αξιοπιστία	Μεταπωλητική εξυπηρέτηση	Ταχύτητα παράδοσης	Προσαρμογή	Μέσος όρος ανά σειρά
Αξιοπιστία	0.588	0.545	0.417	0.686	0.559
Μεταπωλητική εξυπηρέτηση	0.147	0.136	0.250	0.086	0.155
Ταχύτητα παράδοσης	0.118	0.045	0.083	0.057	0.076
Προσαρμογή	0.147	0.273	0.250	0.171	0.210

Είναι επίσης δυνατό να υπολογιστεί μια προσέγγιση της αναλογίας ασυνέπειας χρησιμοποιώντας την ακόλουθη διαδικασία. Μπορεί να φαίνεται περίπλοκο, αλλά είναι εύκολο να εφαρμοστεί στο χαρτί. Παρακάτω, θα δείξουμε τη διαδικασία στον πίνακα 2.3.

Βήμα 1: Συμπληρώστε το κάτω τρίγωνο του πίνακα, όπως και πριν. Στη συνέχεια, γράψτε το βάρος για κάθε χαρακτηριστικό (ή επιλογή) στην κορυφή της κάθε στήλης. Τα αποτελέσματα δείχνονται παρακάτω.

	Αξιοπιστία	Μεταπωλητική εξυπηρέτηση	Ταχύτητα παράδοσης	Προσαρμογή
Βάρη	0.559	0.155	0.076	0.210
Αξιοπιστία	1	4	5	4
Μεταπωλητική εξυπηρέτηση	1/4	1	3	½
Ταχύτητα παράδοσης	1/5	1/3	1	1/3
Προσαρμογή	1/4	2	3	1

Βήμα 2: Πολλαπλασιάζουμε το βάρος στην κορυφή της κάθε στήλης με κάθε έναν από τους αριθμούς της στήλης αυτής. Στη συνέχεια προσθέτουμε τα στοιχεία κάθε γραμμής του πίνακα που προκύπτει.

	Αξιοπιστία	Μεταπωλητική Εξυπηρέτηση	Ταχύτητα παράδοσης	Προσαρμογή	Άθροισμα
Αξιοπιστία	0.588	0.620	0.380	0.840	2.399
Μεταπωλητική εξυπηρέτηση	0.140	0.155	0.228	0.105	0.628
Ταχύτητα διανομής	0.112	0.052	0.076	0.070	0.309
Customization	0.140	0.310	0.228	0.210	0.888

Βήμα 3: Διαιρούμε κάθε ένα από αυτά τα ποσά με το βάρος αυτού του χαρακτηριστικού (ή της επιλογής). Στη συνέχεια, βρίσκουμε τον μέσο όρο των αναλογιών που προκύπτουν.

	Άθροισμα	Βάρος	Αναλογία
Αξιοπιστία	2.399	0.559	4.291
Μεταπωλητική εξυπηρέτηση	0.628	0.155	4.056
Ταχύτητα παράδοσης	0.309	0.076	4.078
Προσαρμογή	0.888	0.210	4.221
		Μέση τιμή αναλογίας	4.161

Βήμα 4: Ένας δείκτης ασυνέπειας μπορεί να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας τον ακόλουθο τύπο:

$$\text{Δείκτης ασυνέπειας} = \frac{(\text{Μέση τιμή αναλογίας από το βήμα 3}) - n}{n - 1}$$

όπου n είναι ο αριθμός των γραμμών στον πίνακα που ερευνούμε. Στην περίπτωση μας αυτό είναι 4, οπότε έχουμε:

$$\text{Δείκτης ασυνέπειας} = \frac{4.161 - 4}{4 - 1} = 0.054$$

Σημειώστε ότι, αν ο πίνακάς μας ήταν απόλυτα συνεπής, η μέση αναλογία από το βήμα 3 θα ήταν 4,0 κι έτσι ο δείκτης ασυνέπειας μας θα είχε μηδενική αξία.

Βήμα 5: Διάρθρωση του δείκτη ασυνέπειας με την κατάλληλη τιμή του πίνακα 2.5 για να υπολογίσουμε το λόγο ασυνέπειας. Οι τιμές σε αυτόν τον πίνακα παρήχθησαν από τον Saaty για την εκτίμηση των δεικτών ασυνέπειας για διάφορους πίνακες.

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Τυχαίος δείκτης	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Ως εκ τούτου, η αναλογία ασυνέπειάς μας είναι $0.054/0.90 = 0.06$. Δεδομένου ότι αυτή είναι κάτω από 0.1, δεν υπάρχει λόγος να ανησυχούμε για ασυνέπεια σε αυτόν τον πίνακα. Παρατηρείστε ότι αυτή η τιμή είναι πολύ κοντά στην τιμή 0.059 που μας δίνει το EXPERT CHOICE.

Τα αξιώματα της AHP

Η μέθοδος AHP βασίζεται σε τέσσερα αξιώματα:

- (1) Το *αξίωμα της αμοιβαιότητας* αναφέρει ότι, αν τα A και B είναι επιλογές ή χαρακτηριστικά στην ιεραρχία απόφασης και το A είναι n φορές προτιμότερο (ή πιο σημαντικό ή πιο πιθανό) από το B, τότε το B θα είναι $1/n$ φορές προτιμότερο (ή πιο σημαντικό ή πιο πιθανό) από το A. Για παράδειγμα, εάν η «Αξιοπιστία» είναι 4 φορές πιο σημαντική από ό,τι η «Μεταπωλητική υποστήριξη», τότε η «Μεταπωλητική υποστήριξη» πρέπει να είναι μόνο $1/4$ σημαντική ως προς την «Αξιοπιστία».
- (2) Το *αξίωμα ομοιογένειας* αναφέρει ότι τα στοιχεία που συγκρίνονται δεν πρέπει να διαφέρουν κατά πολύ, ως προς ένα κριτήριο. Για παράδειγμα, αυτό το αξίωμα θα παραβιαζόταν αν το A είναι 24 φορές πιο σημαντικό από το B. Καθώς θα προχωρήσουμε παρακάτω, αυτό το αξίωμα μπορεί να παραβλεφθεί εάν κριθεί απολύτως αναγκαίο.
- (3) Το *αξίωμα σύνθεσης* ορίζει ότι τα κριτήρια σημαντικότητας των στοιχείων σε μια ιεραρχία, δεν εξαρτώνται από τα στοιχεία χαμηλότερων επιπέδων. Για παράδειγμα, στην ιεραρχία μας, η απόφαση για τη σχετική σημαντικότητα της «Αξιοπιστίας» και της «Μεταπωλητικής υποστήριξης» δεν εξαρτάται από τις διαθέσιμες μηχανές συσκευασίας. Έτσι, η σχετική σημαντικότητα θα ήταν η ίδια, ακόμη και αν ήταν διαθέσιμο ένα διαφορετικό σύνολο μηχανών. Αυτό το αξίωμα μπορεί να παραβιάζεται στην πράξη, σε πολλές εφαρμογές. Για παράδειγμα, αν υποθέσουμε ότι έχουμε δηλώσει ότι η «Αξιοπιστία» είναι τέσσερις φορές

πιο σημαντική από ό,τι η «Μεταπωλητική υποστήριξη» και στη συνέχεια, ανακαλύπτουμε ότι όλα τα διαθέσιμα μηχανήματα έχουν εξαιρετικά υψηλά και παρόμοια επίπεδα αξιοπιστίας που υπερβαίνουν κατά πολύ το ελάχιστο αποδεκτό επίπεδο. Ωστόσο, διαφέρουν σε μεγάλο βαθμό στην ποιότητα υποστήριξης που προσφέρουν μετά την πώληση. Σε αυτή την περίπτωση μπορεί να θέλουμε να αλλάξουμε το κριτήριό μας και η «Μεταπωλητική υποστήριξη» να είναι πιο σημαντική ως προς την επιλογή μας μεταξύ των μηχανών. Για να αποφευχθεί ο κίνδυνος αυτός, προτείνεται να εφαρμοστεί μια προσέγγιση «από κάτω προς τα πάνω», κατά την αξιολόγηση των στοιχείων σε μια ιεραρχία AHP (δηλαδή, θα πρέπει να αρχίσουμε με τους εναλλακτικούς τρόπους δράσης και να εργαστούμε προς τα πάνω). Συγκρίνοντας τα μηχανήματα ως προς την «Αξιοπιστία» και την «Μεταπωλητική υποστήριξη» θα μάθουμε πρώτα για τις ομοιότητές τους ως προς την αξιοπιστία και έτσι θα μπορούμε να συγκρίνουμε τη σημαντικότητα αυτών των δύο χαρακτηριστικών.

- (4) Το αξίωμα προσδοκιών δηλώνει ότι οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων, θα πρέπει να βεβαιωθούν ότι οι ιδέες τους εκπροσωπούνται επαρκώς από το μοντέλο απόφασης. Αν διαισθητικά η προτιμώμενη επιλογή του λήπτη αποφάσεων διαφέρει από την καλύτερη εναλλακτική λύση που προτάθηκε από το μοντέλο, το μοντέλο θα πρέπει να διερευνηθεί για να προσδιοριστεί η αιτία αυτής της διαφοράς. Ίσως η ιεραρχία δεν είναι πλήρης, ή η σχετική σημαντικότητα των χαρακτηριστικών, δεν είναι ανεξάρτητη από τις επιλογές (βλ. το αξίωμα σύνθεσης παραπάνω). Εναλλακτικά, η έρευνα μπορεί να αποκαλύψει ότι η διαίσθηση του υπευθύνου είναι λανθασμένη, επειδή δεν είναι σε θέση να κατανοήσει στο σύνολό του ένα πολύπλοκο πρόβλημα απόφασης.

Η AHP έναντι SMART

Φαίνεται ότι η μέθοδος AHP είναι εντελώς διαφορετική από την SMART από πολλές απόψεις. Στη συνέχεια θα εξετάσουμε τα πλεονεκτήματα της AHP και τις κριτικές που έχουν γίνει γύρω από την τεχνική αυτή.

Τα πλεονεκτήματα της AHP

- (1) *Η απλότητα των συγκρίσεων ανά ζεύγη.* Η χρήση των συγκρίσεων ανά ζεύγη σημαίνει ότι κατά την λήψη απόφασης μπορούμε να εστιάσουμε σταδιακά, σε κάθε μικρό κομμάτι του προβλήματος. Μόνο δύο χαρακτηριστικά ή επιλογές πρέπει να συγκρίνονται κάθε φορά, έτσι ώστε το θέμα των κριτηρίων να απλουστεύεται. Συγκρίσεις μέσω φράσεων επίσης, προτιμούνται από τους υπευθύνους που δυσκολεύονται να εκφράσουν τις προτιμήσεις τους αριθμητικά.
- (2) *Ο πλεονασμός επιτρέπει τον έλεγχο της συνέπειας.* Η μέθοδος AHP απαιτεί περισσότερες συγκρίσεις από όσες χρειάζονται για να βρεθούν τα βάρη. Για παράδειγμα, εάν ο υπεύθυνος υποδεικνύει ότι το χαρακτηριστικό A είναι δυο φορές πιο σημαντικό από το B, και το B με τη σειρά του, είναι τέσσερις φορές πιο σημαντικό από το Γ, τότε μπορεί να ειπωθεί ότι το A είναι οκτώ φορές πιο σημαντικό από το Γ. Ωστόσο, ζητώντας από τον υπεύθυνο να συγκρίνει το A με το Γ, μπορούμε να ελέγξουμε τη συνέπεια των κριτηρίων. Θεωρείται καλή πρακτική στην ανάλυση απόφασης, να κυριαρχεί μία είσοδος στο μοντέλο απόφασης και στη συνέχεια, ο λήπτης απόφασης να προβληματίζεται σχετικά με τυχόν ασυνέπειες στα κριτήρια που έθεσε. Στην AHP αυτό γίνεται αυτόματα.
- (3) *Ευελιξία.* Το ευρύ φάσμα εφαρμογών της AHP είναι απόδειξη της προσαρμοστικότητάς της. Εκτός από τα κριτήρια σημαντικότητας και προτίμησης, η μέθοδος AHP επιτρέπει επίσης κριτήρια γύρω από την σχετική πιθανότητα να γίνουν τα γεγονότα. Έτσι έχει εφαρμοστεί σε προβλήματα αβεβαιότητας κι επίσης, σε

προβλήματα προβλέψεων. Τα μοντέλα AHP έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί και σε σενάρια, λαμβάνοντας υπόψη την πιθανή συμπεριφορά και τη σχετική σημαντικότητα των βασικών παραγόντων που τα αποτελούν, αλλά και της αλληλεπίδρασής τους με πολιτικούς, τεχνολογικούς, περιβαλλοντικούς, οικονομικούς και κοινωνικούς παράγοντες.

Κριτικές γύρω από την μέθοδο AHP

- (1) *Μετατροπή από φραστική σε αριθμητική κλίμακα.* Οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων με τη χρήση της λεκτικής μεθόδου σύγκρισης μετατρέπουν αυτόματα τα κριτήριά τους σε αριθμητική κλίμακα, αλλά η αντιστοιχία μεταξύ των δύο κλιμάκων βασίζεται σε μη δοκιμασμένες υποθέσεις. Αν θεωρήσουμε ότι το χαρακτηριστικό A είναι ασθενώς πιο σημαντικό από το B, η AHP θα υποθέσει ότι θεωρούμε το A τρεις φορές πιο σημαντικό, αλλά αυτό μπορεί να μην ισχύει. Ειδικότερα, αρκετοί συγγραφείς υποστηρίζουν ότι ο πολλαπλασιαστικός συντελεστής 5 είναι πολύ υψηλός για να εκφράσει την έννοια της «ισχυρής» προτίμησης.
- (2) *Προβλήματα στην κλίμακα από 1 μέχρι 9.* Πειραματικές διεργασίες δείχνουν ότι, όταν ένα χαρακτηριστικό (ή μια επιλογή) είναι «εξαιρετικά πιο σημαντικό» από ένα άλλο, τότε οι αναλογίες από 1 έως 3 ή από 1 έως 5 είναι πιο κατάλληλες από την αναλογία από 1 έως 9 που υιοθετεί η AHP. Ωστόσο, εάν ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων με τη χρήση της λεκτικής κλίμακας επιθυμεί να ενσωματώσει στο μοντέλο απόφασης, πολύ ακραίες αναλογίες, ο περιορισμός των συγκρίσεων κατά ζεύγη, σε κλίμακα από 1 έως 9 θα δημιουργήσει αντιφάσεις. Για παράδειγμα, αν το χαρακτηριστικό A θεωρείται τέσσερις φορές πιο σημαντικό από το B, και το B είναι τέσσερις φορές πιο σημαντικό από το Γ, στη συνέχεια για να είμαστε συνεπείς, θα πρέπει να θεωρήσουμε ότι το A είναι 16 φορές πιο σημαντικό από το Γ, κάτι που δεν είναι δυνατό με την φραστική κλίμακα AHP.
Για να αποφύγουμε αυτό το πρόβλημα, οι Forman και Gass συνιστούν, κατά τη σύσταση της AHP ιεραρχίας, ο λήπτης απόφασης να προσπαθήσει να οργανώσει τα στοιχεία σε ομάδες, έτσι ώστε να μην διαφέρουν κατά πολύ (αυτό συμβαδίζει και με το αξίωμα 2). Αυτό είναι επιθυμητό έτσι κι αλλιώς όπως υποστηρίζουν, γιατί τα κριτήρια που εμπεριέχουν πολύ μεγάλες διαφορές τείνουν να είναι αναξιόπιστα. Ωστόσο, όπου απαιτούνται κριτήρια με μεγάλες διαφορές, μπορεί κανείς να αποφύγει να χρησιμοποιήσει απευθείας τις επιθυμητές αριθμητικές αναλογίες.
- (4) *Τη σημαντικότητα των απαντήσεων σε ερωτήσεις.* Σε αντίθεση με την μέθοδο SMART, τα βάρη παράγονται στην AHP, χωρίς αναφορά στις κλίμακες στις οποίες μετρώνται τα χαρακτηριστικά. Για παράδειγμα, ένα άτομο που χρησιμοποιεί την SMART για να επιλέξει ένα σπίτι, θα πρέπει να απαντήσει σε ερωτήματα όπως τι είναι πιο σημαντικό, η μείωση της διαδρομής προς την δουλειά από 80 μίλια σε 10, ή η αύξηση του αριθμού των υπνοδωματίων του σπιτιού από 2 σε 4; Σε αυτόν τον τύπο σύγκρισης συναντάμε την έννοια του ανταλλάγματος: 70 λιγότερα μίλια μπορεί να κατέχουν τη μισή σημαντικότητα απ' ότι τα δύο επιπλέον υπνοδωμάτια. Μπορεί να δειχθεί ότι τα ερωτήματα που θέτουμε στην AHP, που απλώς ζητούν τη σχετική σημαντικότητα των χαρακτηριστικών, χωρίς να γίνεται αναφορά στις κλίμακές τους, παράγουν βάρη τα οποία αντιπροσωπεύουν τη σχετική αξία του μέσου όρου της βαθμολογίας των επιλογών στα διαφορετικά κριτήρια, έννοια δύσκολη να τη συλλάβει κανείς. Αυτό ίσως σημαίνει ότι τα ερωτήματα ερμηνεύονται διαφορετικά, και πιθανώς εσφαλμένα, από τους υπευθύνους λήψης αποφάσεων.

- (5) *Νέες εναλλακτικές λύσεις μπορεί να αντιστρέψουν την κατάταξη των ήδη υπάρχοντων εναλλακτικών λύσεων.* Αυτό το θέμα προσελκύει μεγάλη προσοχή. Ας υποθέσουμε ότι χρησιμοποιούμε την ΑΗΡ για να επιλέξουμε τη θέση για ένα νέο γραφείο πωλήσεων και τα βάρη που λαμβάνονται από τη μέθοδο δίνοντας την ακόλουθη σειρά προτίμησης: 1. Albuquerque, 2. Boston, 3. Σικάγο. Ωστόσο, πριν την λήψη της απόφασης, ανακαλύπτουμε ότι και μια τοποθεσία στο Ντένβερ, αξίζει επίσης να εξεταστεί, οπότε επαναλαμβάνουμε την ΑΗΡ για να συμπεριλάβουμε αυτή τη νέα επιλογή. Παρόλο που απομακρυνόμαστε από τη σημαντικότητα των αμετάβλητων χαρακτηριστικών, η νέα ανάλυση δίνει την ακόλουθη κατάταξη: 1. Βοστώνη, 2. Albuquerque, 3. Ντένβερ, 4. Σικάγο, οπότε η κατάταξη των Albuquerque και Βοστώνης έχει αντιστραφεί, ενώ διαισθητικά μπορεί να μην φαίνεται λογικό. Αν το Albuquerque είναι καλύτερο από ό,τι η Βοστώνη, τότε σίγουρα είναι ακόμα καλύτερο από τη Βοστώνη, ανεξαρτήτως απ' το αν το Ντένβερ είναι διαθέσιμο ή όχι.

Αυτές οι ανατροπές στην κατάταξη δεν μπορούν να συμβούν στην SMART, αλλά ορισμένοι αναλυτές υποστηρίζουν ότι σε ορισμένες περιπτώσεις είναι επιθυμητές (Forman και Gass, 2001). Ας υποθέσουμε ότι δύο άνθρωποι, ο Alan και η Barbara, εργάζονται σε ένα γραφείο πωλήσεων. Ο Alan έχει άριστες δεξιότητες πληροφορικής, αλλά είναι λιγότερο καλός στις πωλήσεις απ' ό,τι η Barbara. Η Barbara ξέρει πολύ λίγα πράγματα στους υπολογιστές. Ως εκ τούτου, ο Alan αξιολογήθηκε ως πιο χρήσιμος από τους δύο υπαλλήλους διότι, αν λήψει δεν μπορεί κανείς να διορθώσει τα προβλήματα των υπολογιστών. Στη συνέχεια, ένα τρίτο πρόσωπο, η Colin, προσλαμβάνεται στο γραφείο. Ενώ η Colin δεν γνωρίζει όσα ο Alan στους υπολογιστές, ωστόσο είναι αρκετά ικανή. Τώρα η Barbara θεωρείται ως πιο χρήσιμη από τον Alan (δηλαδή, η κατάταξή τους έχει αντιστραφεί). Είναι καλύτερη πωλητής και οι γνώσεις του Alan στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές δεν είναι τώρα ζωτικής σημασίας, δεδομένου ότι δεν είναι πλέον ο μόνος γνώστης υπολογιστών στο γραφείο. Η αξία των δεξιοτήτων του στους υπολογιστές έχει «αλλοιωθεί».

Παρά το παράδειγμα αυτό, έρευνες δείχνουν ότι σπανίως συμβαίνουν ανατροπές στην κατάταξη σε εφαρμογές της ΑΗΡ. Ωστόσο, εάν ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων θέλει να αποφύγει τον κίνδυνο από τέτοιες ανατροπές, είναι δυνατόν να επιλέξει να τρέξει την ΑΗΡ σε ό,τι αναφέρεται ως «ιδανική κατάσταση». Ο όρος «ιδανική» αναφέρεται στο γεγονός ότι τα βάρη των εναλλακτικών λύσεων εκχωρούνται βάσει της ιδανικής (ή πλέον προτιμώμενης) εναλλακτικής λύσης. Για παράδειγμα, η καλύτερη επιλογή για ένα χαρακτηριστικό μπορεί να έχει βάρος 0.6. Αν είναι δύο φορές προτιμότερη από την δεύτερη καλύτερη επιλογή, τότε αυτή η δεύτερη επιλογή θα έχει βάρος 0.3 και ούτω καθεξής. Η προσθήκη επιπλέον επιλογών σε μεταγενέστερο στάδιο, δεν θα αλλάξει την κατάταξη αυτών των βαρών, διότι όλα τα βάρη συγκρίνονται με μια σταθερή τιμή (το ιδανικό). Αυτό είναι παρόμοιο με την SMART, όπου οι βαθμολογίες που δίνονται στις επιλογές ενός χαρακτηριστικού έχουν επίσης ανατεθεί βάσει της επιλογής με τις καλύτερες επιδόσεις, δηλαδή βαθμολογία 100.

- (5) *Ο αριθμός των συγκρίσεων που απαιτείται μπορεί να είναι μεγάλος.* Ενώ ο πλεονασμός που εμπεριέχεται στην ΑΗΡ μέθοδο αποτελεί πλεονέκτημα, απαιτεί επίσης έναν μεγάλο αριθμό κριτηρίων από τον λήπτη απόφασης. Ας θυμηθούμε για παράδειγμα, το πρόβλημα της τοποθεσίας του γραφείου στο κεφάλαιο 1, στο οποίο συμμετείχαν επτά εναλλακτικές λύσεις και επτά χαρακτηριστικά (αν απλοποιήσουμε το πρόβλημα να συμπεριλαμβάνει το «Συνολικό κόστος» και μόνο τα χαρακτηριστικά οφέλους χαμηλότερων επιπέδων). Έτσι θα περιληφθούν 168 ζεύγη συγκρίσεων σημαντικότητας ή προτίμησης. Σε μια μελέτη του Olson (1995), αυτή η απαίτηση να απαντηθούν τόσα πολλά ερωτήματα, μείωσε την

ελκυστικότητα της μεθόδου AHP στα μάτια των δυνητικών χρηστών, ακόμη και αν τα ερωτήματα αυτά τέθηκαν για μεγαλύτερη ευκολία.

Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος, το EXPERT CHOICE χρησιμοποιεί μια προσέγγιση «αξιολογήσεων», όπου κάθε μία από τις εναλλακτικές λύσεις βαθμολογείται σε μια ενιαία κλίμακα που μπορεί να καθορίσει ο υπεύθυνος. Για παράδειγμα, θα μπορούσαμε να καθορίσουμε μια κλίμακα για τις δεξιότητες των υποψηφίων υπαλλήλων στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές με τις διαβαθμίσεις «Άριστα», «Καλή», «Μέτρια», «Κακή» και «Πολύ κακή». Ο λήπτης απόφασης θα μπορούσε στη συνέχεια να αποδώσει αριθμητικές τιμές, που θα αντιπροσωπεύουν την «αξία» των λεκτικών περιγραφών. Για παράδειγμα, στο «Άριστα» μπορεί να αποδοθεί η τιμή 1, στο «Καλή» η τιμή 0.7, και ούτω καθεξής. Αφού ολοκληρωθεί η κλίμακα αυτή, κάθε υποψήφιος υπάλληλος μπορεί να αξιολογηθεί άμεσα. Έτσι αποφεύγεται η ανάγκη των συγκρίσεων κατά ζεύγη, μεταξύ όλων των υποψηφίων. Για παράδειγμα, αν είχαμε 10 υποψήφιους για την εργασία θα έπρεπε να γίνουν μόνο 10 αξιολογήσεις, αντί των 45 ζευγών αποφάσεων για κάθε χαρακτηριστικό.

Μέθοδος MACBETH

Η μέθοδος MACBETH (Measuring Attractiveness by a Categorical-Based Evaluation Technique), αναπτύχθηκε από τον Carlos Bana e Costa και τον Jean-Claude Vansnick και είναι αρκετά παρόμοια με την AHP. Πρώτον, οι χρήστες καλούνται να συγκρίνουν μόνο ζεύγη επιλογών ή χαρακτηριστικών, και δεύτερον εκφράζουν τις προτιμήσεις τους με λέξεις αντί για αριθμούς. Όπως και στην AHP, αυτό οδηγεί σε έναν πίνακα συγκρίσεων με τον οποίο ενημερώνονται οι υπεύθυνοι της λήψης αποφάσεων σχετικά με τη συνοχή, αλληλουχία, στα ζεύγη των κριτηρίων.

Υπάρχουν, ωστόσο, σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεθόδων. Ενώ η AHP δημιουργεί μια αναλογία για τη σημαντικότητα ή προτίμηση μεταξύ των στοιχείων της ιεραρχίας (π.χ., το χαρακτηριστικό «Αξιοπιστία» είναι 5 φορές πιο σημαντικό από ό,τι το χαρακτηριστικό «Μεταπωλητική υπηρεσία»), η MACBETH ζητά από τους χρήστες να συγκρίνουν τις διαφορές στην ελκυστικότητα. Για παράδειγμα, ως υποθέσουμε ότι οι δύο μηχανές συσκευασίας, Aztec και Barton, συγκρίνονται ως προς την ελκυστικότητα των υπηρεσιών που προσφέρουν μετά την πώληση. Οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων θα κληθούν να αποφασίσουν αν η διαφορά στην ελκυστικότητά τους ήταν «πολύ αδύναμη», «αδύναμη», «μέτρια ισχυρή», «ισχυρή», «πολύ ισχυρή», ή «ακραία». Εναλλακτικά, ο υπεύθυνος θα μπορούσε να υποδείξει ότι οι μηχανές ήταν εξίσου ελκυστικές ως προς την εξυπηρέτηση μετά την πώληση. Μια παρόμοια διαδικασία χρησιμοποιείται για να λάβουμε τα βάρη των μεταστροφών για τα χαρακτηριστικά. Μόλις ο υπεύθυνος της λήψης απόφασης έχει κάνει αυτές τις υποδείξεις, η MACBETH χρησιμοποιεί έναν μαθηματικό αλγόριθμο για να ελέγξει την συνοχή τους και να δημιουργήσει αριθμητικές βαθμολογίες και σταθμίσεις. Όταν η μέθοδος ανακαλύψει ασυνέπειες, παρουσιάζει το πώς αυτές έχουν προκύψει και προτείνει πώς θα μπορούσε να επιτευχθεί μεγαλύτερη συνοχή.

Επειδή η MACBETH χρησιμοποιεί το μοντέλο πρόσθετης αξίας, είναι δυνατόν να ενσωματωθεί με την SMART. Αυτή η ολοκληρωμένη μέθοδος είναι διαθέσιμη σε ένα τουλάχιστον προϊόν λογισμικού (HiView 3) και είναι χρήσιμη, όταν οι υπεύθυνοι έχουν προβλήματα στην απευθείας ανάθεση αριθμητικών δεδομένων που απαιτεί η SMART, ενώ με αυτήν εκφράζουν τις προτιμήσεις τους λεκτικά. Ειδικότερα, ορισμένοι υπεύθυνοι μπορεί να έχουν προβλήματα στην κατανόηση της από 0 έως 100 κλίμακας που χρησιμοποιήθηκε στην SMART. Για παράδειγμα, μια τιμή 0 δείχνει απλώς ότι μια επιλογή έχει την χειρότερη

επίδοση σε ένα χαρακτηριστικό και όχι ότι δεν έχει καμία αξία. Ομοίως, επειδή το 0 ορίζεται με αυτόν τον τρόπο, οι κλίμακες που χρησιμοποιούνται στην SMART είναι κλίμακες διαστημάτων κι έτσι μια επιλογή με τιμή 50 σε ένα χαρακτηριστικό δεν είναι απαραίτητα διπλάσιας προτίμησης ως προς μια επιλογή με τιμή 25. Η ιδέα ότι το σχετικό μέγεθος της διαφοράς (ή του διαστήματος) μεταξύ των τιμών είναι που έχει σημασία, μπορεί να είναι δύσκολο να μεταφερθεί. Η MACBETH όμως το αντιμετωπίζει αυτό, ζητώντας από τους χρήστες να συγκρίνουν τις διαφορές αυτές με λόγια.

Εκτός από αυτά τα πλεονεκτήματα, η MACBETH είναι πολύ χρήσιμη στην εξέταση της εγκυρότητας της απόφασης και της ευαισθησίας της στις μεταβολές των κριτηρίων του υπευθύνου. Όμως, ο μαθηματικός αλγόριθμος στον οποίο βασίζεται η μέθοδος αναγκάζει τους χρήστες να απευθύνονται σε λογισμικό ηλεκτρονικών υπολογιστών για την εφαρμογή της τεχνικής και αυτό μειώνει την «εσωτερική γνώση» της διαδικασίας. Εξαιτίας αυτού, σε κάθε εφαρμογή της MACBETH οι φορείς λήψης αποφάσης θα πρέπει να αφιερώνουν χρόνο στην εξέταση των αποτελεσμάτων της μεθόδου, εξασφαλίζοντας ότι οι προτιμήσεις τους αντιπροσωπεύονται με ακρίβεια.

Περίληψη

Σε αυτό το κεφάλαιο αξιολογήσαμε κάποιες εναλλακτικές μεθόδους της SMART. Είδαμε ότι κάθε μία από αυτές τις εναλλακτικές λύσεις περιλαμβάνει ελκυστικά χαρακτηριστικά, όπως τον αυτόματο έλεγχο συνέπειας στις κρίσεις του υπευθύνου λήψης αποφάσεων, την αποφυγή της ανάγκης καθορισμού βαρών ή την ευκολία να εκφραστούν οι προτιμήσεις λεκτικά αντί αριθμητικά. Ωστόσο, καμία από τις μεθόδους δεν ήταν σαφώς ανώτερη από τις άλλες, από όλες τις απόψεις. Εξαιτίας αυτού έχει υπάρξει μια σύγκλιση μεταξύ μερικών από αυτές σε μια προσπάθεια να συγκεντρωθούν τα καλύτερα χαρακτηριστικά καθεμιάς. Για παράδειγμα, οι λεκτικές αποφάσεις μπορούν τώρα να χρησιμοποιηθούν παράλληλα με την SMART μέσω της διαδικασίας MACBETH. Ομοίως, ορισμένα εμπορικά προϊόντα λογισμικού περιλαμβάνουν πλέον εργαλεία, τόσο για την SMART όσο και για την AHP, προσφέροντας στους υπευθύνους μεγάλη ευελιξία στον τρόπο προσέγγισης διαφορετικών προβλημάτων απόφασης.

Εισαγωγή στην έννοια της πιθανότητας

3

Εισαγωγή

Στο προηγούμενο κεφάλαιο συζητήσαμε για την ανάλυση των αποφάσεων όπου η αβεβαιότητα δεν θεωρήθηκε ως σημαντικός παράγοντας. Ωστόσο, σε πολλά προβλήματα, ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων δεν είναι σίγουρος για το τι θα συμβεί αν επιλεγεί μια συγκεκριμένη πορεία δράσης. Μια εταιρεία που εξετάζει την αγορά ενός ακριβού νέου μηχανήματος θα αντιμετωπίσει την αβεβαιότητα σε παράγοντες όπως η αξιοπιστία του μηχανήματος, η διάρκεια ζωής του και η αξία μεταπώλησής του. Ομοίως, ένα άτομο που σκέφτεται να κάνει ασφάλεια σπιτιού δεν είναι βέβαιο για το αν το σπίτι του θα διαρρηχθεί, πλημμυρίσει ή υποστεί ζημιές από πυρκαγιά. Στο επόμενο κεφάλαιο θα εξετάσουμε πώς να αναλύουμε αποφάσεις που εμπεριέχουν αβεβαιότητα, αλλά πριν από αυτό θα πρέπει να εξετάσουμε πώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί η έννοια της πιθανότητας, ώστε να παρέχει ένα μέτρο αβεβαιότητας.

Οι αριθμοί προσφέρουν έναν ακριβή τρόπο μέτρησης της αβεβαιότητας και οι περισσότεροι άνθρωποι είναι εξοικειωμένοι με τη χρήση των αποδόσεων. Παρ' όλα αυτά, κι ενώ πολλοί φορείς λήψης αποφάσεων μπορεί να αρέσκονται στην χρήση εκφράσεων για τις αποδόσεις, όπως «100 προς 1» ή «εξίσου», οι αποδόσεις έχουν το μειονέκτημα ότι είναι δύσκολο να χειριστούν με μαθηματικό τρόπο όταν για παράδειγμα, θέλουμε να καθορίσουμε τις πιθανότητες να συμβούν πολλά διαφορετικά ενδεχόμενα.

Γ' αυτό, θα πρέπει να χρησιμοποιούμε την έννοια της πιθανότητας στα μοντέλα απόφασής μας. Οι πιθανότητες μετρούνται σε κλίμακα με εύρος τιμών από 0 έως 1. Εάν η πιθανότητα να συμβεί ένα ενδεχόμενο είναι 0, τότε αυτό σημαίνει ότι το ενδεχόμενο αυτό είναι αδύνατο. Στην αντίθετη περίπτωση, αν θεωρηθεί ότι το ενδεχόμενο είναι βέβαιο ότι θα συμβεί, τότε αυτό θα πρέπει να αντιπροσωπεύεται από την πιθανότητα 1 και όσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα ενός ενδεχομένου να συμβεί, τόσο πιο κοντά θα είναι η τιμή αυτή στο 1. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι αποδόσεις μπορούν να μετατραπούν σε πιθανότητες. Για παράδειγμα, απόδοση 1 προς 50 σημαίνει ότι υπάρχει 1 περίπτωση να συμβεί ένα αποτέλεσμα και 50 να μην συμβεί, δηλαδή συνολικά 51 περιπτώσεις. Ως εκ τούτου, η πιθανότητα εκδήλωσης του αποτελέσματος είναι $1/51$ (ή 0.0196). Η φράση «εξίσου» αντιπροσωπεύεται από την πιθανότητα $1/2$.

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιάσουμε τις βασικές ιδέες και τους κανόνες που χρησιμοποιούνται στον υπολογισμό πιθανοτήτων. Στη συνέχεια, όπου θα χρησιμοποιούμε

τον συμβολισμό $p(\dots)$, θα σημαίνει «η πιθανότητα του ...». Για παράδειγμα, θα γράψουμε «την πιθανότητα της βροχής» ως p (βροχή).

Ενδεχόμενα και γεγονότα

Πριν προχωρήσουμε, πρέπει να είμαστε σαφείς όσον αφορά τους ορισμούς των ενδεχομένων και γεγονότων. Ας υποθέσουμε ότι μια εταιρεία σκέφτεται ταυτόχρονα το λανσάρισμα δύο νέων προϊόντων, του Α και του Β. Ο διευθυντής μάρκετινγκ της εταιρείας αποφασίζει να καταγράψει όλες τις πιθανές περιπτώσεις που μπορεί να συμβούν εάν ξεκινήσει το λανσάρισμα ταυτόχρονα. Ο κατάλογός του παρουσιάζεται παρακάτω:

Και τα δύο προϊόντα αποτυγχάνουν.
Το προϊόν Α επιτυγχάνει, αλλά το Β αποτυγχάνει.
Το προϊόν Α αποτυγχάνει, αλλά το Β επιτυγχάνει.
Και τα δύο προϊόντα επιτυγχάνουν.

Κάθε μια από τις τέσσερις πιθανές περιπτώσεις που μπορεί να συμβεί ονομάζεται ενδεχόμενο. Το γεγονός αποτελείται από ένα ή περισσότερα πιθανά ενδεχόμενα. Για παράδειγμα, το γεγονός «μόνο ένα προϊόν τα καταφέρνει» αποτελείται από τα δύο ενδεχόμενα: «Το προϊόν Α επιτυγχάνει, αλλά το Β αποτυγχάνει» και «Το προϊόν Α αποτυγχάνει, αλλά το Β επιτυγχάνει». Το γεγονός «τουλάχιστον ένα προϊόν τα καταφέρνει» αποτελείται από τα τρία τελευταία ενδεχόμενα στη λίστα. Ωστόσο, το γεγονός «και τα δύο προϊόντα αποτυγχάνουν» αποτελείται σαφώς μόνο από ένα ενδεχόμενο.

Προσεγγίσεις για την πιθανότητα

Υπάρχουν τρεις διαφορετικές προσεγγίσεις εξαγωγής πιθανοτήτων: η κλασική προσέγγιση, η προσέγγιση σχετικής συχνότητας και η υποκειμενική προσέγγιση. Οι δύο πρώτες μέθοδοι οδηγούν σε αυτό που συχνά αναφέρεται ως αντικειμενικές πιθανότητες, διότι εάν διαφορετικοί άνθρωποι έχουν πρόσβαση στις ίδιες πληροφορίες και χρησιμοποιήσουν κάποια από αυτές τις προσεγγίσεις θα φτάσουν ακριβώς στις ίδιες πιθανότητες. Αντίθετα, αν υιοθετηθεί η υποκειμενική προσέγγιση είναι πιθανό οι άνθρωποι να παρουσιάζουν διαφορές στις πιθανότητες που θα προβάλλουν.

Η κλασική προσέγγιση

Σκεφτείτε το εξής πρόβλημα. Εργάζεστε για μια εταιρεία, η οποία είναι μάλλον αμφίβολη προμηθευτής ηλεκτρονικών εξαρτημάτων, και έχετε μόλις στείλει μια παρτίδα 200 εξαρτημάτων σε έναν πελάτη. Γνωρίζετε ότι 80 από τα εξαρτήματα έχουν καταστραφεί και δεν επιδέχονται επισκευή, 30 είναι ελαφρώς κατεστραμμένα και τα υπόλοιπα είναι σε κατάσταση λειτουργίας. Επιπλέον, γνωρίζετε ότι πριν ο πελάτης υπογράψει έντυπο αποδοχής της παρτίδας διαλέγει πάντα ένα εξάρτημα τυχαία για δοκιμή. Ποιές είναι οι πιθανότητες ο πελάτης να επιλέξει ένα εξάρτημα το οποίο έχει υποστεί ζημιά και δεν επιδέχεται επισκευή;

Η κλασική προσέγγιση για την πιθανότητα περιλαμβάνει την εφαρμογή του ακόλουθου τύπου:

$$\text{Πιθανότητα να συμβεί ένα συμβάν} = \frac{\text{Αριθμός αποτελεσμάτων που αντιπροσωπεύουν το να συμβεί ένα συμβάν}}{\text{Συνολικός αριθμός πιθανών αποτελεσμάτων}}$$

Στο πρόβλημά μας ο πελάτης μπορεί να επιλέξει οποιοδήποτε από τα 200 εξαρτήματα, έτσι υπάρχουν 200 πιθανά ενδεχόμενα. Σε 80 από αυτά τα ενδεχόμενα επιλέγεται ένα εξάρτημα που έχει υποστεί ζημιά και δεν επιδέχεται επισκευή, οπότε:

$$p(\text{στοιχείο κατεστραμμένο που δεν επιδέχεται επισκευή}) = 80/200 = 0.40$$

Προκειμένου να εφαρμοστεί η κλασική προσέγγιση σε ένα πρόβλημα πρέπει να υποθέσουμε ότι κάθε ενδεχόμενο είναι ισοπίθανο να συμβεί, οπότε σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να υποθέσουμε ότι ο πελάτης είναι εξίσου πιθανό να επιλέξει κάθε εξάρτημα. Φυσικά, αυτό δεν θα συνέβαινε αν γνωρίζατε ότι ο πελάτης τείνει να επιλέγει ένα εξάρτημα από την κορυφή του δέματος, οπότε εσκεμμένα θα συσκευάζατε τα ελαττωματικά εξαρτήματα στο κάτω μέρος του δέματος. Τις περισσότερες φορές στην πράξη τα ενδεχόμενα δεν είναι εξίσου πιθανά και συνεπώς η χρησιμότητα αυτής της προσέγγισης είναι περιορισμένη.

Η προσέγγιση σχετικής συχνότητας

Στην προσέγγιση σχετικής συχνότητας η πιθανότητα ενός γεγονότος θεωρείται ως το ποσοστό των φορών που πραγματοποιείται το γεγονός μακροπρόθεσμα, εάν διατηρούνται οι συνθήκες σταθερές. Αυτή η πιθανότητα μπορεί να υπολογιστεί επαναλαμβάνοντας ένα πείραμα πλήθος φορών, ή συγκεντρώνοντας σχετικά στοιχεία και καθορίζοντας τη συχνότητα με την οποία έχει συμβεί στο παρελθόν το γεγονός που μας ενδιαφέρει. Για παράδειγμα, ένας επιθεωρητής ποιοτικού ελέγχου σε ένα εργοστάσιο μπορεί να δοκιμάσει 250 ηλεκτρικούς λαμπτήρες και να διαπιστώσει ότι μόνο οκτώ είναι ελαττωματικοί. Αυτό σημαίνει, ότι η πιθανότητα ένας λαμπτήρας να είναι ελαττωματικός είναι $8/250$ (ή 0.032). Η αξιοπιστία της εκτίμησης της πιθανότητας του επιθεωρητή θα βελτιωνόταν εάν μάζευε περισσότερα δεδομένα: μια εκτίμηση που βασίζεται σε δείγμα 10 λαμπτήρων θα είναι λιγότερο αξιόπιστη από ό,τι μια εκτίμηση σε δείγμα 250 λαμπτήρων. Βεβαίως, η εκτίμηση είναι έγκυρη μόνον, εάν οι συνθήκες παραμένουν αμετάβλητες. Ομοίως, εάν ο εκδότης ενός εβδομαδιαίου περιοδικού διαπίστωνε ότι η κυκλοφορία είχε υπερβεί το νεκρό σημείο στις 35 από τις τελευταίες 60 εβδομάδες, τότε θα μπορούσε να εκτιμήσει ότι η πιθανότητα υπέρβασης του νεκρού σημείου των πωλήσεων την επόμενη εβδομάδα είναι $35/60$ (ή 0.583). Είναι σαφές ότι, για να είναι αυτή η εκτίμηση πιθανότητας αξιόπιστη, θα πρέπει να διατηρούνται οι ίδιες συνθήκες αγοράς για κάθε εβδομάδα που εξετάζεται, γιατί αν υπάρχει μια τάση ή εποχικές διακυμάνσεις των πωλήσεων δεν θα είναι αξιόπιστη.

Αυτό θέτει το πρόβλημα του προσδιορισμού της κατάλληλης τάξης αναφοράς. Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι θέλουμε να καθορίσουμε την πιθανότητα η Μαρία, μία 40χρονη άνεργη προγραμματίστρια ηλεκτρονικών υπολογιστών, να βρει εργασία μέσα στους επόμενους 12 μήνες. Εξετάζοντας πρόσφατα στοιχεία, παρατηρούμε ότι το 30% των ανέργων βρήκαν δουλειά μέσα σε ένα χρόνο και ως εκ τούτου, εκτιμούμε ότι η πιθανότητα εύρεσης εργασίας είναι $0,3$. Ωστόσο, ίσως πρέπει να εξετάσουμε μόνο τα αρχεία αυτά που αφορούν ανέργες γυναίκες προγραμματίστριες υπολογιστών στην ηλικία της Μαρίας και που ζουν στην περιοχή της Μαρίας, ή ίσως πρέπει να προχωρήσουμε ακόμη περισσότερο και να δούμε μόνο τα άτομα με παρόμοια προσόντα, λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι η

Μαρία έχει ένα ιστορικό με την υγεία της. Είναι σαφές ότι, αν τα δεδομένα, κριτήρια που θα χρησιμοποιήσουμε γίνουν πολύ συγκεκριμένα, είναι πιθανό να διαπιστώσουμε ότι η μόνη σχετική εγγραφή που έχουμε και σχετίζεται με την Μαρία είναι αυτή που αντιστοιχεί στην ίδια την Μαρία. Φαίνεται λοιπόν ότι υπάρχει μια σύγκρουση μεταξύ της ανάγκης διατήρησης ενός μεγάλου συνόλου παρελθοντικών στοιχείων και της ανάγκης να έχουν τα δεδομένα στενή σχέση με την υπό εξέταση περίπτωση. Γι' αυτό απαιτούνται κριτήρια ώστε να επιτευχθεί μια ισορροπία μεταξύ αυτών των δύο αναγκών.

Η υποκειμενική προσέγγιση

Τα περισσότερα από τα προβλήματα λήψης που εξετάζουμε σε αυτή την εργασία απαιτούν από εμάς να εκτιμήσουμε την πιθανότητα να συμβούν κάποια μοναδικά γεγονότα (δηλαδή, γεγονότα που συμβαίνουν μόνο μία φορά). Για παράδειγμα, εάν μια εταιρεία πρέπει να υπολογίσει την πιθανότητα ένα νέο προϊόν της να είναι επιτυχές ή ένα νέο μηχάνημα με την τελευταία λέξη της τεχνολογίας να λειτουργεί αξιόπιστα, τότε λόγω της ιδιαιτερότητας της κατάστασης, δεν είναι διαθέσιμα τα τελευταία στοιχεία που απαιτούνται από τη σχετική προσέγγιση συχνότητας. Η εταιρεία μπορεί να έχει πρόσβαση σε δεδομένα σχετικά με την επιτυχία ή την αποτυχία των προηγούμενων προϊόντων ή μηχανημάτων, αλλά είναι απίθανο να διατηρούνται ίδιες οι συνθήκες με το τρέχον πρόβλημα. Σε αυτές τις περιπτώσεις, η πιθανότητα μπορεί να εκτιμηθεί χρησιμοποιώντας την υποκειμενική προσέγγιση. Μια υποκειμενική πιθανότητα είναι μια ατομική πεποίθηση ότι ένα συγκεκριμένο γεγονός θα συμβεί. Έτσι, ένας διευθυντής πωλήσεων μπορεί να πει «Εκτιμώ ότι υπάρχει μια πιθανότητα 0.75 ότι οι πωλήσεις του νέου προϊόντος μας θα υπερβαίνουν τα 2 εκατομμύρια δολάρια το επόμενο έτος». Φυσικά, μια τέτοια δήλωση μπορεί να επηρεαστεί από παλιότερα δεδομένα ή οποιαδήποτε άλλη πληροφορία που ο διευθυντής θεωρεί ότι είναι σχετική, αλλά εν τέλει είναι μια προσωπική εκτίμηση και ως εκ τούτου είναι πιθανό οι προσωπικές εκτιμήσεις να διαφέρουν από άτομο σε άτομο, ακόμη και αν τα άτομα αυτά έχουν πρόσβαση στις ίδιες πληροφορίες.

Πολλοί άνθρωποι είναι δύσπιστοι ως προς τις υποκειμενικές πιθανότητες και όμως τέτοιες εκτιμήσεις γίνονται όλη την ώρα. Αν αποφασίσουμε να ρισκάρουμε και να μην ασφαλίσουμε το σπίτι μας αυτό το έτος, τότε θα πρέπει να έχουμε κάνει κάποια εκτίμηση της πιθανότητας να παραμείνει ασφαλές το σπίτι κατά τη διάρκεια των επόμενων 12 μηνών. Ομοίως, αν αποφασίσουμε να επενδύσουμε στο χρηματιστήριο, να αγοράσουμε ένα νέο αυτοκίνητο ή να μετακομίσουμε σε ένα νέο σπίτι, θα πρέπει να αφιερώσουμε κάποιο χρονικό διάστημα σταθμίζοντας τις πιθανότητες τα πράγματα να πάνε στραβά ή να πάνε καλά. Στις εταιρείες, οι αποφάσεις σχετικά με την πρόσληψη νέου προσωπικού, την έναρξη μιας διαφημιστικής εκστρατείας ή την αλλαγή σε νέο σύστημα ηλεκτρονικών υπολογιστών, απαιτούν κάποια αξιολόγηση της αβεβαιότητας. Αναπαριστώντας την απόφαση αυτή αριθμητικά και όχι φραστικά επιτυγχάνεται πιο σαφής αξιολόγηση. Μπορεί να ανακοινωθεί με ακρίβεια και δίνει τη δυνατότητα για διερεύνηση.

Μερικοί άνθρωποι θεωρούν ότι οι εκτιμήσεις υποκειμενικής πιθανότητας είναι συνήθως κακής ποιότητας. Πολλές έρευνες από ψυχολόγους, έχουν διεξαχθεί για να φανεί πόσο ικανοί είναι οι άνθρωποι στο να κάνουν τέτοιες εκτιμήσεις. Όπως θα δούμε, η ανάλυση ευαισθησίας αποκαλύπτει ότι συχνά απαιτούνται αρκετά σημαντικές αλλαγές στις πιθανότητες μέχρι να γίνει προφανές ότι ο υπεύθυνος στην λήψη αποφάσεων θα πρέπει να αλλάξει πορεία δράσης.

Έχοντας κάνει αναφορά στις τρεις προσεγγίσεις της πιθανότητας, θα πρέπει τώρα να εξετάσουμε τις έννοιες και τους κανόνες που χρησιμοποιούνται στον υπολογισμό πιθανοτήτων. Οι υπολογισμοί αυτοί εφαρμόζονται εξίσου καλά και στις τρεις προσεγγίσεις.

Αμοιβαίως αποκλειόμενα και εξαντλητικά γεγονότα

Δύο γεγονότα είναι αμοιβαίως αποκλειόμενα (ή το ένα ή το άλλο), εάν η εμφάνιση ενός από αυτά αποκλείει την ταυτόχρονη εμφάνιση του άλλου. Για παράδειγμα, αν οι πωλήσεις ενός προϊόντος στις ΗΠΑ το επόμενο έτος υπερβούν τις 10.000 μονάδες δεν μπορούν επίσης, να είναι λιγότερο από 10.000 μονάδες. Ομοίως, αν ο έλεγχος ποιότητας μιας νέας σειράς τηλεόρασης αποκαλύψει ότι είναι σε τέλεια κατάσταση λειτουργίας, δεν μπορεί ταυτόχρονα να φανεί ελαττωματική. Ωστόσο, τα γεγονότα «αύριο, το δολάριο θα σημειώσει άνοδο έναντι του γιεν» και «αύριο, ο δείκτης Dow Jones θα πέσει», δεν αλληλοαποκλείονται: υπάρχει σαφώς μια πιθανότητα και τα δύο γεγονότα να συμβούν ταυτόχρονα. Αν κάνουμε μια λίστα με τα γεγονότα που μπορούν να συμβούν όταν υιοθετούμε μια συγκεκριμένη πορεία δράσης, τότε η λίστα αυτή θα είναι *εξαντλητική* εάν περιλαμβάνει *κάθε δυνατή* περίπτωση.

Ο κανόνας πρόσθεσης

Σε ορισμένα προβλήματα, πρέπει να υπολογίσουμε την πιθανότητα να συμβεί είτε το ένα γεγονός είτε το άλλο (αν A και B είναι δύο γεγονότα, μπορεί να δούμε το «A ή B» να αναφέρεται ως «ένωση» των A και B γεγονότων). Για παράδειγμα, μπορεί να χρειαστεί να υπολογίσουμε την πιθανότητα, η ανάπτυξη ενός νέου προϊόντος να λάβει 3 ή 4 χρόνια, ή την πιθανότητα ένα κατασκευαστικό έργο να καθυστερήσει από κακοκαιρία ή απεργία. Σε αυτές τις περιπτώσεις ο κανόνας πρόσθεσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της πιθανότητας, αλλά πριν από την εφαρμογή του κανόνα είναι σημαντικό να διαπιστωθεί κατά πόσον ή όχι τα δύο γεγονότα είναι αμοιβαίως αποκλειόμενα.

Αν τα γεγονότα είναι αμοιβαίως αποκλειόμενα, τότε ο κανόνας πρόσθεσης είναι:

$$p(A \text{ ή } B) = p(A) + p(B) \quad (\text{όπου } A \text{ και } B \text{ είναι τα γεγονότα})$$

Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι ο διευθυντής υπολογίζει τις ακόλουθες πιθανότητες για το χρόνο που θα πάρει να λανσαριστεί ένα νέο προϊόν:

Χρόνος λανσαρίσματος προϊόντος	Πιθανότητα
1 έτος	0.1
2 έτη	0.3
3 έτη	0.4
4 έτη	0.2

Ας υποθέσουμε ότι θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε αυτές τις πληροφορίες για να καθορίσουμε την πιθανότητα το λανσάρισμα να διαρκέσει 1 ή 2 έτη. Σαφώς, τα δύο γεγονότα είναι αμοιβαίως αποκλειόμενα, οπότε:

$$p(\text{το λανσάρισμα θα διαρκέσει 1 ή 2 έτη}) = p(\text{διαρκεί 1 έτος}) + p(\text{διαρκεί 2 έτη}) = \\ = 0.1 + 0.3 = 0.4$$

Ομοίως, εάν θέλουμε να καθορίσουμε την πιθανότητα το λανσάρισμα να διαρκέσει τουλάχιστον 2 έτη έχουμε:

$$p(\text{το λανσάρισμα θα διαρκέσει 2 ή 3 ή 4 έτη}) = 0.3 + 0.4 + 0.2 = 0.9$$

Σημειώστε ότι το σύνολο των πιθανοτήτων που δίνεται από τον διευθυντή ισούται με 1, πράγμα που σημαίνει ότι η λίστα όλων των πιθανών χρονικών διαρκειών λανσαρίσματος είναι καθολική. Κατά την άποψη του διευθυντή είναι βέβαιο ότι το λανσάρισμα θα διαρκέσει ή 1 ή 2 ή 3 ή 4 χρόνια.

Ας δούμε τώρα τι θα συμβεί αν ο κανόνας πρόσθεσης για αμοιβαίως αποκλειόμενα γεγονότα εφαρμοστεί λανθασμένα. Ας παρατηρήσουμε τον πίνακα 2.1, ο οποίος αναφέρεται σε έναν ποταμό που μπορεί να προκαλέσει πλημμύρες κατά τη διάρκεια του μήνα Απριλίου. Ο πίνακας δίνει τις λεπτομέρειες των βροχοπτώσεων κατά τη διάρκεια του Απριλίου για τα τελευταία 20 χρόνια και επίσης, κατά πόσον ή όχι, το ποτάμι προκάλεσε πλημμύρες. Για παράδειγμα, υπήρχε ασθενής βροχόπτωση και όμως ο ποταμός πλημμύρισε τέσσερις φορές κατά τον Απρίλιο στα τελευταία 20 χρόνια.

Ας υποθέσουμε ότι για να πάρουμε μια συγκεκριμένη απόφαση θα πρέπει να υπολογίσουμε την πιθανότητα την επόμενη χρονιά να υπάρχει έντονη βροχόπτωση ή το ποτάμι να πλημμυρίσει. Θα χρησιμοποιήσουμε τη μέθοδο σχετικής συχνότητας με βάση τα στοιχεία των τελευταίων 20 χρόνων ως εξής:

$$p(\text{έντονη βροχή ή πλημμύρα}) = p(\text{έντονη βροχή}) + p(\text{πλημμύρα}) \\ = 11/20 + 13/20 = 24/20, \text{ η οποία υπερβαίνει το 1!}$$

Το λάθος που κάναμε είναι να αγνοήσουμε το γεγονός ότι οι ισχυρές βροχοπτώσεις και οι πλημμύρες δεν είναι αμοιβαίως αποκλειόμενα γεγονότα, αλλά μπορούν και να εμφανιστούν μαζί. Αυτό σημαίνει ότι υπολογίσαμε διπλά τα 9 χρόνια, στα οποία είχαν συμβεί και τα δύο γεγονότα, μετρώντας τα και σαν χρόνια με μεγάλες βροχοπτώσεις, αλλά και σαν χρόνια με πλημμύρες.

Αν τα γεγονότα δεν είναι αμοιβαίως αποκλειόμενα θα πρέπει να εφαρμόσουμε τον κανόνα πρόσθεσης ως εξής:

$$p(A \text{ ή } B) = p(A) + p(B) - p(A \text{ και } B)$$

Ο τελευταίος όρος στην παραπάνω σχέση έχει ως αποτέλεσμα την αναίρεση της διπλής καταμέτρησης. Έτσι, η σωστή απάντηση στο πρόβλημά μας είναι:

$$p(\text{έντονη βροχή ή πλημμύρα}) = p(\text{έντονη βροχή}) + p(\text{πλημμύρες}) \\ - p(\text{έντονη βροχή και πλημμύρα}) \\ = 11/20 + 13/20 - 9/20 = 15/20 \text{ (ή } 0.75)$$

Συμπληρωματικά γεγονότα

Εάν το A είναι ένα γεγονός, τότε το γεγονός «το A δεν συμβαίνει», λέμε ότι είναι το συμπλήρωμα του A. Για παράδειγμα, το συμπλήρωμα του γεγονότος «το έργο ολοκληρώθηκε στην ώρα του» είναι το γεγονός «το έργο δεν έχει ολοκληρωθεί στην ώρα

του», ενώ το συμπλήρωμα του γεγονότος «ο πληθωρισμός αναμένεται να υπερβεί το 5% το επόμενο έτος» είναι το γεγονός «ο πληθωρισμός θα είναι μικρότερος ή ίσος με 5% το επόμενο έτος». Το συμπλήρωμα του γεγονότος A μπορεί να γράφεται ως \bar{A} (και προφέρεται ως A γραμμή).

Επειδή είναι βέβαιο ότι πρέπει να συμβεί ένα γεγονός ή το συμπλήρωμά του, το άθροισμα των πιθανοτήτων τους είναι πάντα ένα. Έτσι οδηγούμαστε στην χρήσιμη έκφραση:

$$p(\bar{A}) = 1 - p(A)$$

Για παράδειγμα, εάν η πιθανότητα να ολοκληρωθεί το έργο στην ώρα του είναι 0.6, ποιά είναι η πιθανότητα να μην ολοκληρωθεί στην ώρα του; Η απάντηση είναι εύκολο να βρεθεί:

$$\begin{aligned} p(\text{δεν έχει ολοκληρωθεί στην ώρα του}) &= 1 - p(\text{έχει ολοκληρωθεί στην ώρα του}) \\ &= 1 - 0.6 = 0.4 \end{aligned}$$

Οριακές και εξαρτημένες πιθανότητες

Ο πίνακας 3.2 παρουσιάζει τα αποτελέσματα μιας έρευνας 1000 εργαζομένων οι οποίοι απασχολούνται σε υποκατάστημα χημικής βιομηχανίας. Οι εργαζόμενοι έχουν ταξινομηθεί με βάση το κατά πόσον ή όχι, είχαν εκτεθεί στο παρελθόν σε μια επικίνδυνη χημική ουσία και κατά πόσον προσβληθήκαν στη συνέχεια, από καρκίνο ή όχι.

	Αριθμός υπαλλήλων		Συνολικά
	Προσβεβλημένοι από καρκίνο	Μη προσβεβλημένοι από καρκίνο	
Εκτεθειμένος σε χημικά	220	135	355
Μη εκτεθειμένος σε χημικά	48	597	645
Συνολικά	268	732	1000

Ας υποθέσουμε ότι θέλουμε να καθορίσουμε την πιθανότητα ο εργαζόμενος σε αυτή τη βιομηχανία να προσβληθεί από καρκίνο, ανεξάρτητα από το εάν αυτός ή αυτή, είχε εκτεθεί στην επικίνδυνη χημική ουσία. Υποθέτοντας ότι η έρευνα είναι αντιπροσωπευτική και χρησιμοποιώντας την προσέγγιση σχετικής συχνότητας, έχουμε:

$$p(\text{εργαζόμενος προσβάλλεται από τον καρκίνο}) = 268/1000 = 0.268$$

Αυτή η πιθανότητα ονομάζεται μη δεσμευμένη ή οριακή πιθανότητα, διότι δεν εξαρτάται από το εάν ο εργαζόμενος εκτέθηκε στη χημική ουσία (σημειώστε ότι υπολογίζεται λαμβάνοντας τον αριθμό όλων των εργαζομένων που έχουν προσβληθεί από καρκίνο).

Ας υποθέσουμε τώρα, ότι επιθυμούμε να υπολογίσουμε την πιθανότητα ενός εργαζομένου να πάσχει από καρκίνο, δεδομένου ότι αυτός ή αυτή, είχε εκτεθεί στην χημική ουσία. Η συγκεκριμένη πιθανότητα είναι γνωστή ως δεσμευμένη πιθανότητα, επειδή

εξαρτάται από το εάν ο εργαζόμενος έχει εκτεθεί στη χημική ουσία ή όχι. Η πιθανότητα να συμβεί το γεγονός A ενώ έχει ήδη συμβεί το γεγονός B, γράφεται συνήθως ως $p(A|B)$, έτσι και στην περίπτωση μας θέλουμε να βρούμε την πιθανότητα $p(\text{εργαζόμενος με καρκίνο} | \text{εκτεθειμένος στην χημική ουσία})$. Έχουμε μόνο 355 αρχεία των εργαζομένων που εκτέθηκαν στη χημική ουσία και από αυτά, οι 220 έχουν προσβληθεί από καρκίνο, άρα:

$$p(\text{εργαζόμενος με καρκίνο} | \text{εκτεθειμένος στην χημική ουσία}) = 220/355 = 0.620$$

Σημειώστε ότι αυτή, η δεσμευμένη πιθανότητα, είναι μεγαλύτερη από την οριακή πιθανότητα να προσβληθεί ένας εργαζόμενος από καρκίνο (0.268), γεγονός που σημαίνει ότι η έκθεση στη χημική ουσία αυξάνει τις πιθανότητες ενός εργαζομένου να αναπτύξει καρκίνο. Θα εξετάσουμε αυτό το είδος της σχέσης μεταξύ των γεγονότων στη συνέχεια.

Ανεξάρτητα και εξαρτημένα γεγονότα

Δύο γεγονότα A και B, λέγονται ανεξάρτητα αν η πιθανότητα της εκδήλωσης του A δεν επηρεάζεται από την εκδήλωση, ή μη, του B. Για παράδειγμα, η πιθανότητα ενός τυχαία επιλεγμένου συζύγου να ανήκει στην ομάδα αίματος O, δεν επηρεάζεται από το γεγονός ότι η σύζυγός του ανήκει στην ομάδα αίματος O (εκτός και αν, οι ομάδες αίματος προσελκύουν ή απωθούν!). Ομοίως, η πιθανότητα να συμβούν πολύ υψηλές θερμοκρασίες στην Αγγλία, τον επόμενο Αύγουστο, δεν επηρεάζεται από το αν θα έχει χορηγηθεί την επόμενη εβδομάδα η οικοδομική άδεια κατασκευής μιας πισίνας σε ένα παραθαλάσσιο θέρετρο. Αν λοιπόν δύο γεγονότα A και B είναι ανεξάρτητα, τότε σαφώς:

$$p(A|B) = p(A)$$

αφού το γεγονός ότι έχει συμβεί το B, δεν αλλάζει την πιθανότητα να συμβεί το A. Με άλλα λόγια, η πιθανότητα υπό συνθήκες, είναι ίδια με την οριακή πιθανότητα.

Στην προηγούμενη ενότητα είδαμε ότι η πιθανότητα ενός εργαζομένου να εμφανίσει καρκίνο επηρεάζεται από το εάν αυτός ή αυτή, είχε εκτεθεί σε μια επικίνδυνη χημική ουσία. Αυτά τα δύο γεγονότα, συνεπώς λέγεται ότι είναι εξαρτώμενα.

Ο πολλαπλασιαστικός κανόνας

Είδαμε προηγουμένως ότι η πιθανότητα να συμβεί είτε το A είτε το B γεγονός, μπορεί να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας τον κανόνα πρόσθεσης. Σε πολλές περιπτώσεις ωστόσο, θα πρέπει να υπολογίσουμε την πιθανότητα να συμβούν και τα δύο γεγονότα μαζί, A και B. Για παράδειγμα, ποιά είναι η πιθανότητα τόσο στη Νέα Υόρκη όσο και στο Λονδίνο, να πέσει σήμερα ο δείκτης του Χρηματιστηρίου, ή ποιά είναι η πιθανότητα να απεργήσουν αυτό το μήνα, δύο από τις μονάδες παραγωγής μας; Η πιθανότητα να συμβούν τα A και B, είναι γνωστή ως κοινή πιθανότητα, και οι κοινές πιθανότητες μπορούν να υπολογιστούν χρησιμοποιώντας τον κανόνα πολλαπλασιασμού.

Πριν από την εφαρμογή του κανόνα αυτού θα πρέπει να διαπιστωθεί κατά πόσον ή όχι τα δύο γεγονότα είναι ανεξάρτητα. Αν είναι, τότε ο πολλαπλασιαστικός κανόνας είναι:

$$p(A \text{ και } B) = p(A) \times p(B)$$

Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι μια μεγάλη κατασκευαστική εταιρεία συμμετέχει σε δύο μεγάλα έργα: την κατασκευή μιας γέφυρας στη Νότια Αμερική και ενός φράγματος στην Ευρώπη. Εκτιμάται ότι η πιθανότητα η κατασκευή της γέφυρας να ολοκληρωθεί στην ώρα της είναι 0.8, ενώ η πιθανότητα να ολοκληρωθεί το φράγμα στην ώρα του είναι 0.6. Οι ομάδες που εμπλέκονται στα δύο έργα δρουν εντελώς ανεξάρτητα, και η εταιρεία θέλει να καθορίσει την πιθανότητα και τα δύο έργα να ολοκληρωθούν στην ώρα τους.

Επειδή φαίνεται λογικό να υποθέσουμε ότι οι δύο χρόνοι ολοκλήρωσης είναι ανεξάρτητοι, έχουμε:

$$\begin{aligned} p(\text{γέφυρα-φράγμα ολοκληρώνονται εγκαίρως}) &= p(\text{γέφυρα ολοκληρώνεται εγκαίρως}) \\ &\quad \times p(\text{φράγμα ολοκληρώνεται εγκαίρως}) \\ &= 0.8 \times 0.6 = 0.48 \end{aligned}$$

Η χρήση του παραπάνω κανόνα πολλαπλασιασμού δεν περιορίζεται σε δύο ανεξάρτητα γεγονότα. Για παράδειγμα, αν έχουμε τέσσερα ανεξάρτητα γεγονότα A, B, Γ και Δ, τότε:

$$p(A \text{ και } B \text{ και } \Gamma \text{ και } \Delta) = p(A) \times p(B) \times p(\Gamma) \times p(\Delta)$$

Αν τα γεγονότα δεν είναι ανεξάρτητα, ο πολλαπλασιαστικός κανόνας είναι:

$$p(A \text{ και } B) = p(A) \times p(B|A)$$

επειδή το ότι συνέβη το A θα μπορούσε να επηρεάσει την πιθανότητα να συμβεί το B. Έτσι έχουμε την πιθανότητα να συμβεί το A, πολλαπλασιασμένη επί την πιθανότητα να συμβεί το B, δεδομένου ότι το A έχει συμβεί.

Για να δούμε πώς μπορεί να εφαρμοστεί ο κανόνας, ας δούμε το παρακάτω πρόβλημα. Ένα νέο προϊόν, πρόκειται να διατεθεί προς δοκιμή στην αγορά της Φλόριντα και εκτιμάται ότι υπάρχει μια πιθανότητα της τάξεως του 0.7 το δοκιμαστικό τεστ να είναι επιτυχές. Αν είναι επιτυχές, εκτιμάται ότι υπάρχει πιθανότητα 0.85 το προϊόν να έχει επιτυχία σε εθνικό επίπεδο. Ποιά είναι η πιθανότητα το προϊόν να έχει επιτυχία τόσο στο δοκιμαστικό τεστ όσο και σε εθνικό επίπεδο;

Σαφώς, πρέπει να αναμένουμε ότι η πιθανότητα του προϊόντος να έχει επιτυχία σε εθνικό επίπεδο, θα εξαρτηθεί από το αν είναι επιτυχές το δοκιμαστικό τεστ στην αγορά της Φλώριντα. Εφαρμόζοντας τον κανόνα πολλαπλασιασμού, έχουμε:

$$\begin{aligned} p(\text{επιτυχία στη Φλόριντα και σε εθνικό επίπεδο}) \\ &= p(\text{επιτυχία στην Φλόριντα}) \times p(\text{επιτυχία σε εθνικό επίπεδο} | \text{επιτυχία στη Φλόριντα}) \\ &= 0.7 \times 0.85 = 0.59 \end{aligned}$$

Δέντρα πιθανοτήτων

Όπως έχουμε δει μέχρι τώρα, οι υπολογισμοί πιθανοτήτων απαιτούν καθαρή σκέψη. Ένα εργαλείο που μπορεί να αποδειχθεί ιδιαίτερα χρήσιμο, όταν πρέπει να επιλυθούν απαιτητικά προβλήματα, είναι το δέντρο πιθανότητας, και το ακόλουθο πρόβλημα έχει σχεδιαστεί για να παρουσιαστεί η χρήση του.

Μία μεγάλη πολυεθνική εταιρία ανησυχεί ότι ορισμένα από τα περιουσιακά στοιχεία της σε μια ασιατική χώρα μπορεί να κρατικοποιηθούν μετά τις επόμενες εκλογές της χώρας. Εκτιμάται ότι υπάρχει μια πιθανότητα 0.6 να κερδίσει τις επόμενες εκλογές το Σοσιαλιστικό Κόμμα και μια πιθανότητα 0.4 να κερδίσει το Συντηρητικό Κόμμα. Αν το Σοσιαλιστικό Κόμμα κερδίσει, τότε εκτιμάται ότι υπάρχει πιθανότητα 0.8 τα περιουσιακά στοιχεία να πρέπει να κρατικοποιηθούν μετά τις εκλογές. Σε περίπτωση που κερδίσει το Συντηρητικό Κόμμα η αντίστοιχη πιθανότητα διαμορφώνεται στο 0.3 .

Το δέντρο πιθανότητας για αυτό το πρόβλημα παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.1. Σημειώστε ότι το δέντρο δείχνει τα πιθανά ενδεχόμενα σε χρονολογική σειρά, από τα αριστερά προς τα δεξιά. Θεωρούμε πρώτα ποιά κόμμα θα κερδίσει τις εκλογές και στη συνέχεια κατά πόσον κάθε κόμμα θα κρατικοποιήσει τα περιουσιακά στοιχεία. Οι τέσσερις διαδρομές μέσα από το δέντρο αντιπροσωπεύουν τα τέσσερα πιθανά γεγονότα που μπορεί να συμβούν (π.χ., οι Σοσιαλιστές να κερδίσουν και τα περιουσιακά στοιχεία να μην κρατικοποιηθούν). Οι υπολογισμοί που εμφανίζονται στο δέντρο εξηγούνται παρακάτω.

Πρώτα θα καθορίσουμε την πιθανότητα να κερδίσουν οι Σοσιαλιστές και τα περιουσιακά στοιχεία να κρατικοποιηθούν, χρησιμοποιώντας τον κανόνα πολλαπλασιασμού των εξαρτημένων γεγονότων:

$$\begin{aligned} &P(\text{νίκη Σοσιαλιστών και περιουσιακά στοιχεία κρατικοποιούνται}) \\ &= P(\text{νίκη Σοσιαλιστών}) \times P(\text{περιουσιακά στοιχεία κρατικοποιούνται} | \text{νίκη Σοσιαλιστών}) \\ &= 0.6 \times 0.8 = 0.48 \end{aligned}$$

Στη συνέχεια καθορίζουμε την πιθανότητα να κερδίσουν οι Συντηρητικοί και τα περιουσιακά στοιχεία να κρατικοποιηθούν:

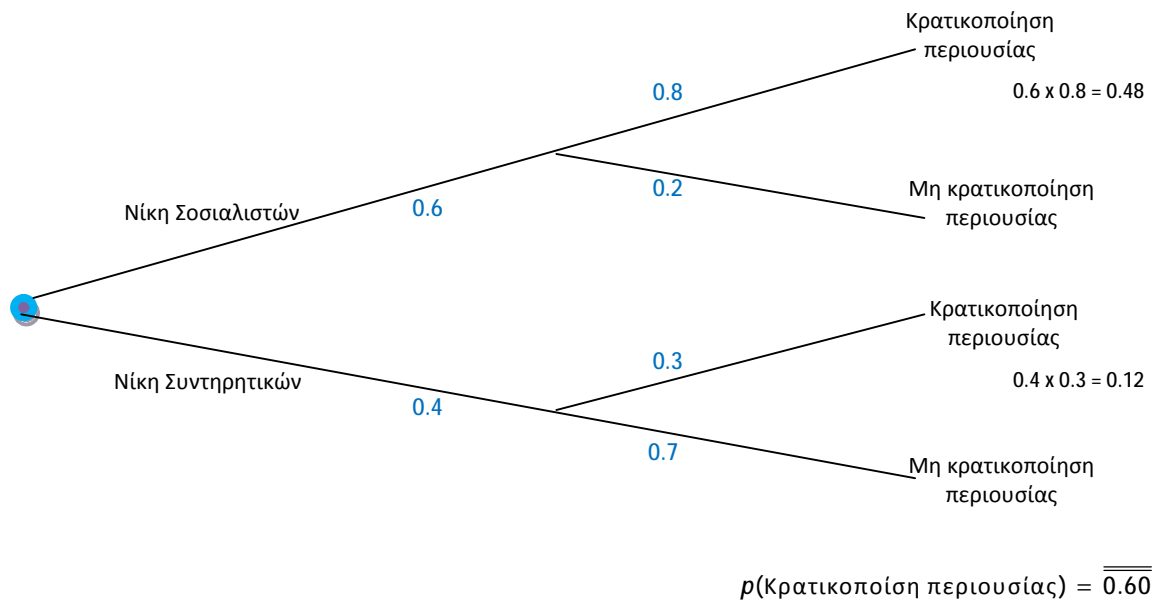
$$\begin{aligned} &P(\text{νίκη Συντηρητικών και περιουσιακά στοιχεία κρατικοποιούνται}) \\ &= P(\text{νίκη Συντηρητικών}) \times P(\text{περιουσιακά στοιχεία κρατικοποιούνται} | \text{νίκη Συντηρητικών}) \\ &= 0.4 \times 0.3 = 0.12 \end{aligned}$$

Τώρα μπορούμε να πάρουμε τη συνολική πιθανότητα τα περιουσιακά στοιχεία να κρατικοποιηθούν ως εξής:

$$P(\text{περιουσιακά στοιχεία κρατικοποιούνται}) = P(\text{είτε κερδίζουν οι Σοσιαλιστές και κρατικοποιούνται, είτε οι Συντηρητικοί και πάλι κρατικοποιούνται})$$

Αυτά τα δύο γεγονότα είναι αμοιβαίως αποκλειόμενα, αφού θεωρούμε ότι η εκλογή ενός κόμματος αποκλείει την εκλογή του άλλου, οπότε προσθέτοντας τις δύο πιθανότητες που έχουμε ήδη υπολογίσει:

$$P(\text{περιουσιακά στοιχεία κρατικοποιούνται}) = 0.48 + 0.12 = 0.60$$

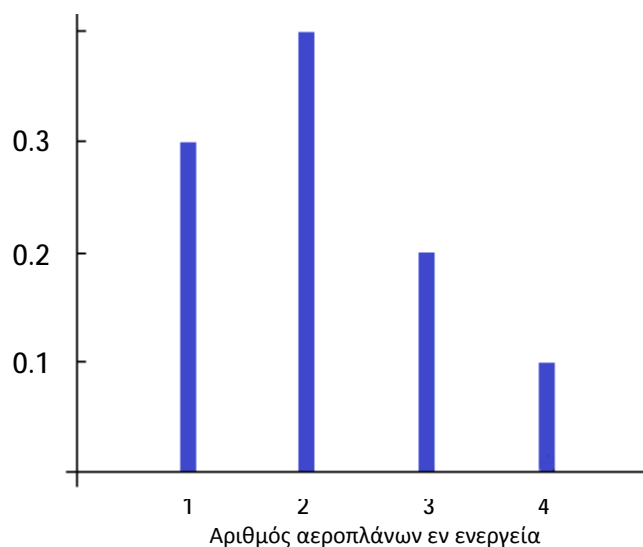


Σχήμα 3.1: Δέντρο πιθανοτήτων

Κατανομές πιθανότητας

Μέχρι στιγμής, σε αυτό το κεφάλαιο, εξετάσαμε πώς υπολογίζουμε την πιθανότητα να συμβεί ένα συγκεκριμένο γεγονός. Ωστόσο, όταν βρισκόμαστε αντιμέτωποι με μια απόφαση, θα πρέπει να προσδιορίσουμε όλες τις πιθανές περιπτώσεις βάσει της συγκεκριμένης πορείας δράσης που επιλέγεται, μαζί με τις πιθανότητες εμφάνισής τους. Η διαδικασία υπολογισμού όλων των πιθανών γεγονότων και των πιθανοτήτων τους, είναι γνωστή ως κατανομή πιθανότητας. Για παράδειγμα, μια κοινοπραξία επιχειρηματιών, οι οποίοι εξετάζουν τη δημιουργία μιας νέας αεροπορικής εταιρείας, μπορεί να εκτιμήσει την ακόλουθη κατανομή πιθανότητας, για τον αριθμό των αεροπλάνων που θα είναι σε θέση να λειτουργούν μέχρι το τέλος του έτους (η κατανομή αυτή απεικονίζεται στο σχήμα 2.2) :

P
0.4



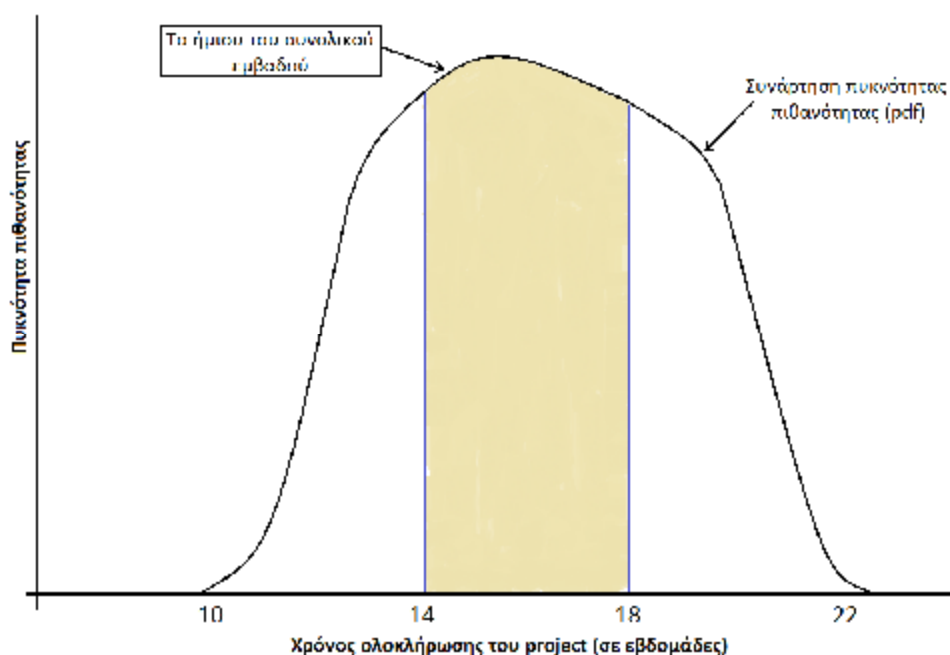
Σχήμα 3.2: Κατανομή πιθανότητας των ενεργών αεροπλάνων μέχρι το τέλος του χρόνου

Αριθμός ενεργών αεροπλάνων	Πιθανότητα
1	0.3
2	0.4
3	0.2
4	<u>0.2</u>
	1.0

Σημειώστε ότι οι πιθανότητες δίνουν άθροισμα 1, δεδομένου ότι όλα τα πιθανά γεγονότα έχουν συμπεριληφθεί. Ο «αριθμός των αεροπλάνων σε λειτουργία» είναι μια αβέβαιη ποσότητα. Αν σχεδιάσουμε σε συνεχή κλίμακα, τις τιμές που θα μπορούσε να πάρει αυτή η ποσότητα, τότε θα υπάρχουν κενά μεταξύ των σημείων αφού είναι αδύνατο να έχει η αεροπορική εταιρεία 2.32 ή 3.2451 αεροπλάνα σε λειτουργία, δηλαδή μη ακέραια ποσότητα. Αυτό είναι ένα παράδειγμα της διακριτής κατανομής πιθανότητας.

Αντίθετα, σε μια συνεχή κατανομή πιθανότητας η αβέβαιη ποσότητα μπορεί να πάρει οποιαδήποτε τιμή μέσα σε ένα συγκεκριμένο εύρος τιμών. Για παράδειγμα, ο χρόνος που απαιτείται για τη συναρμολόγηση ενός εξαρτήματος σε μία γραμμή παραγωγής θα μπορούσε να λάβει οποιαδήποτε τιμή ανάμεσα σε, ας πούμε, 0 και 30 λεπτά. Δεν υπάρχει κανένας λόγος για τον οποίο ο χρόνος θα πρέπει να περιορίζεται σε ακέραιο αριθμό λεπτών. Αν επιθυμούσαμε, θα μπορούσαμε να τον εκφράσουμε σε χιλιοστά ή ακόμα και εκατομμυριοστά του ενός λεπτού, ο μόνος περιορισμός θα ήταν η ακρίβεια των οργάνων μέτρησής μας.

Οι συνεχείς αβέβαιες ποσότητες μπορούν, θεωρητικά, να πάρουν άπειρο αριθμό τιμών, γι' αυτό καθορίζουμε την πιθανότητα η μεταβλητή να πάρει μια τιμή μέσα σε ένα συγκεκριμένο εύρος (π.χ., ποιά είναι η πιθανότητα σε ένα χρόνο, το μερίδιο αγοράς μας να είναι μεταξύ 5% και 10%;). Το σχήμα 3.3 δείχνει μια κατανομή πιθανοτήτων όσον αφορά στον χρόνο ολοκλήρωσης ενός κατασκευαστικού έργου.

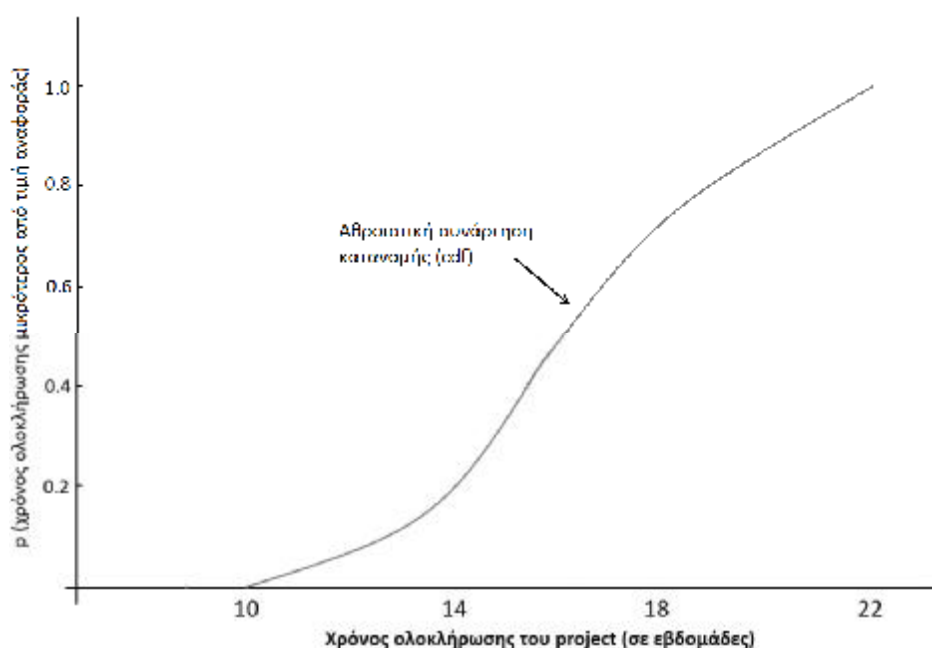


Σχήμα 3.3: Κατανομή πιθανότητας χρόνου ολοκλήρωσης κατασκευαστικού έργου

Ο κατακόρυφος άξονας της γραφικής παράστασης έχει ονομαστεί πυκνότητα πιθανότητας και όχι πιθανότητα, επειδή δεν χρησιμοποιούμε το γράφημα για να δείξουμε την πιθανότητα να συμβούν συγκεκριμένες τιμές. Η καμπύλη που παρουσιάζεται είναι γνωστή ως συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας (pdf). Η πιθανότητα ο χρόνος ολοκλήρωσης να είναι μεταξύ δύο τιμών, βρίσκεται υπολογίζοντας την περιοχή κάτω από την καμπύλη και μεταξύ αυτών των δύο σημείων. Δεδομένου ότι η εταιρεία είναι σίγουρη ότι ο χρόνος ολοκλήρωσης θα κυμανθεί μεταξύ 10 και 22 εβδομάδων, ολόκληρη η περιοχή κάτω από την καμπύλη είναι ίση με 1. Επειδή το ήμισυ της περιοχής κάτω από την καμπύλη βρίσκεται μεταξύ των χρονικών στιγμών 14 και 18 εβδομάδων, αυτό σημαίνει ότι υπάρχει πιθανότητα 0.5 ο χρόνος ολοκλήρωσης να είναι μεταξύ των δύο αυτών τιμών. Παρομοίως, 0.2 (ή 20%) της συνολικής περιοχής κάτω από την καμπύλη, βρίσκεται μεταξύ 10 και 14 εβδομάδων, πράγμα που σημαίνει ότι η πιθανότητα ο χρόνος ολοκλήρωσης να πέσει μέσα σε αυτό το χρονικό διάστημα είναι 0.2. Αυτή η κατανομή πιθανοτήτων παρουσιάζεται συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα.

Χρόνος ολοκλήρωσης του project	Πιθανότητα
10 έως 14 εβδομάδες	0.2
14 έως 18	0.5
18 έως 22	<u>0.3</u>
	1.0

Όταν έχουμε μια κατανομή πιθανοτήτων, είναι μερικές φορές πιο εύκολο να σκεφτούμε την πιθανότητα μια μεταβλητή να έχει τιμή μικρότερη από μια συγκεκριμένη τιμή στην οποία αναφερόμαστε. Για παράδειγμα, «ποιά είναι η πιθανότητα το μερίδιο αγοράς μας, σε ένα χρόνο, να είναι λιγότερο από 10%; ». Η αθροιστική συνάρτηση κατανομής (CDF) μας διευκολύνει, αφού δίνει την πιθανότητα μια μεταβλητή να έχει τιμή μικρότερη από μια συγκεκριμένη τιμή. Η αθροιστική συνάρτηση κατανομής για τον χρόνο ολοκλήρωσης του έργου του παραδειγμάτος μας, παρουσιάζεται στο σχήμα 3.4. Φαίνεται ότι υπάρχει πιθανότητα 0.2 ο χρόνος ολοκλήρωσης να είναι μικρότερος από 14 εβδομάδες, πιθανότητα 0.7 να είναι μικρότερος από 18 εβδομάδες και είναι βέβαιο ότι ο χρόνος θα είναι μικρότερος από 22 εβδομάδες.



Σχήμα 3.4: Αθροιστική συνάρτηση κατανομής του χρόνου ολοκλήρωσης του έργου.

Μερικές φορές είναι χρήσιμο να χρησιμοποιούμε συνεχείς κατανομές ως προσεγγίσεις διακριτών κατανομών και αντίστροφα. Για παράδειγμα, όταν μία διακριτή μεταβλητή μπορεί να λάβει ένα μεγάλο αριθμό πιθανών τιμών, ίσως είναι ευκολότερο να την αντιμετωπίσουμε ως συνεχή μεταβλητή. Στην πράξη, η νομισματική αξία μπορεί συνήθως να θεωρηθεί ως συνεχής, λόγω του πολύ μεγάλου πλήθους τιμών που μπορεί να πάρει σε ένα καθορισμένο εύρος τιμών (ας σκεφτούμε, για παράδειγμα, τα πιθανά έσοδα που μπορεί να έχει μια εταιρεία από \$0 έως \$1.000.000). Κάτι ανάλογο ισχύει και για τις πωλήσεις ενός προϊόντος. Για παράδειγμα, ο αριθμός κονσερβών από φασόλια που πωλούνται, πρέπει να είναι ένας ακέραιος αριθμός, αλλά εάν οι πωλήσεις κυμανθούν από 0 έως 5 εκατομμύρια κονσερβες τότε, και πάλι, η αβέβαιη ποσότητα μπορεί να πάρει τιμή μεταξύ ενός πολύ μεγάλου πλήθους πιθανών τιμών. Ομοίως, είναι συχνά χρήσιμο να χρησιμοποιούμε διακριτές κατανομές ως προσεγγίσεις συνεχών κατανομών, ιδιαίτερα στα μοντέλα των δέντρων απόφασης. Για παράδειγμα, θα μπορούσαμε να προσεγγίσουμε την συνεχή κατανομή του χρόνου ολοκλήρωσης του παραπάνω έργου χρησιμοποιώντας τις μεσαίες τιμές των τριών χρονικών διαστημάτων για να ληφθεί η ακόλουθη διακριτή κατανομή:

Χρόνος ολοκλήρωσης του project	Πιθανότητα
12 εβδομάδες	0.2
16 εβδομάδες	0.5
20 εβδομάδες	<u>0.3</u>
	1.0

Αναμενόμενες τιμές

Ας υποθέσουμε έναν λιανοπωλητή ενός μικρού καταστήματος πώλησης τηλεοράσεων. Ο αριθμός των τηλεοράσεων που πουλάει ανά εβδομάδα, ακολουθεί την κατανομή πιθανοτήτων που φαίνεται παρακάτω:

Αριθμός πωληθέντων sets	Πιθανότητα
0	0.01
1	0.10
2	0.40
3	0.30
4	0.10
5	<u>0.09</u>
	1.0

Εάν αυτή η κατανομή πιθανοτήτων ισχύει για όλες τις εβδομάδες (έστω ότι δεν υπάρχει τάση ή εποχική διακύμανση στις πωλήσεις), τότε μπορούμε να υπολογίσουμε την μέση τιμή (ή τον μέσο όρο) των εβδομαδιαίων πωλήσεων. Γίνεται εύκολα, πολλαπλασιάζοντας κάθε επίπεδο πωλήσεων με την πιθανότητα εμφάνισής του και αθροίζοντας τα γινόμενα που προκύπτουν, όπως φαίνεται παρακάτω. Το συνολικό αποτέλεσμα είναι γνωστό ως αναμενόμενη αξία.

Αριθμός πωληθέντων sets	Πιθανότητα	Αριθμός των sets x πιθανότητα
0	0.01	0.00
1	0.10	0.10
2	0.40	0.80
3	0.30	0.90

4	0.10	0.40
5	<u>0.09</u>	<u>0.45</u>
	1.0	Αναμενόμενες πωλήσεις = 2.65

Φαίνεται ότι η αναμενόμενη τιμή είναι ένας σταθμισμένος μέσος όρος όπου κάθε πιθανή τιμή της αβέβαιης ποσότητας σταθμίζεται με την πιθανότητα εμφάνισής της. Ο αριθμός που προκύπτει αντιπροσωπεύει το μέσο επίπεδο των πωλήσεων που θα περίμενε κανείς αν κοιτάζαμε τα αρχεία πωλήσεων ενός μεγάλου αριθμού εβδομάδων. Ας σημειωθεί ότι μια αναμενόμενη τιμή δεν χρειάζεται να συμπίπτει με μια πραγματική τιμή στην κατανομή, αφού προφανώς δεν είναι δυνατόν να πουληθούν 2.65 τηλεοράσεις σε μια οποιαδήποτε εβδομάδα.

Παρά το γεγονός ότι η αναμενόμενη τιμή θα ήταν πιο εύκολο να ερμηνευθεί ως «μέση τιμή που προκύπτει αν η διαδικασία επαναλαμβάνεται πολλές φορές», όπως θα δούμε στο επόμενο κεφάλαιο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμη και σε μεμονωμένες καταστάσεις. Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι μια εταιρεία αγοράζει την κύρια πρώτη ύλη της από μια χώρα που μόλις έχει βιώσει στρατιωτικό πραξικόπημα. Ως αποτέλεσμα του πραξικοπήματος, θεωρείται ότι υπάρχει κάποια πιθανότητα η τιμή του υλικού να αυξηθεί στο εγγύς μέλλον, και η εταιρεία ως εκ τούτου, σκέφτεται την αγορά μιας μεγάλης προμήθειας του υλικού από τώρα. Εκτιμά ότι υπάρχει μια πιθανότητα 0.7 η τιμή να αυξηθεί, οπότε θα πρέπει να γίνει μια εξοικονόμηση της τάξης των 350.000 δολαρίων, και μια πιθανότητα 0.3 η τιμή να πέσει εξαιτίας άλλων συνθηκών της παγκόσμιας αγοράς. Σε αυτή την περίπτωση, η αγορά πρώτης ύλης από τώρα, θα έχει κοστίσει 200.000 δολάρια. Ποιό είναι το αναμενόμενο κέρδος της εταιρίας από την αγορά μεγάλης ποσότητας πρώτης ύλης από νωρίς; Οι υπολογισμοί φαίνονται παρακάτω:

$$\begin{aligned} \text{Αναμενόμενο κέρδος} &= (0.7 \times \$350.000) + (0.3 \times -\$200.000) \\ &= 185.000 \text{ δολάρια} \end{aligned}$$

Ας σημειωθεί ότι δεν μπορεί να επιτευχθεί το κέρδος των 185.000 δολαρίων, αφού η εταιρεία θα εξοικονομήσει είτε 350.000 είτε θα χάσει 200.000 δολάρια. Το ποσοστό αυτό είναι απλώς ένας μέσος όρος των δύο χρηματικών αξιών, λαμβάνοντας υπόψη τις πιθανότητες εμφάνισής τους. Η πρακτική χρήση της παραπάνω διαδικασίας είναι ότι μπορεί ο υπεύθυνος για την λήψη αποφάσεων, να αξιολογήσει την ελκυστικότητα των διαφόρων επιλογών στα προβλήματα λήψης αποφάσεων που εμπεριέχουν αβεβαιότητα.

Τα αξιώματα της θεωρίας των πιθανοτήτων

Εάν χρησιμοποιήσουμε υποκειμενικές πιθανότητες για να εκφράσουμε το βαθμό που πιστεύουμε πως θα συμβούν τα γεγονότα, τότε η σκέψη μας πρέπει να είναι σύμφωνη με τα αξιώματα της θεωρίας των πιθανοτήτων. Αυτά τα αξιώματα δηλώνονται ρητά παρακάτω.

Αξίωμα 1: Θετικότητα. Η πιθανότητα που συμβαίνουν τα γεγονότα, πρέπει να είναι μη-αρνητική.

Αξίωμα 2: Βεβαιότητα. Η πιθανότητα ενός γεγονότος που είναι βέβαιο ότι θα συμβεί είναι

1. Έτσι, τα αξιώματα 1 και 2 υποδηλώνουν ότι η πιθανότητα ενός συμβάντος θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 0 και όχι μεγαλύτερη από 1.

Αξίωμα 3: Ενώσεις. Εάν τα γεγονότα A και B είναι αμοιβαίως αποκλειόμενα, τότε:

$$P(A \text{ ή } B) = P(A) + P(B)$$

Μπορεί να αποδειχθεί ότι όλοι οι νόμοι των πιθανοτήτων στους οποίους αναφερόμαστε σε αυτό το κεφάλαιο, προέρχονται από αυτά τα τρία αξιώματα, γνωστά ως αξιώματα Kolmogoroff και, όπως προαναφέρθηκε, αφορούν σε περιπτώσεις όπου ο αριθμός των πιθανών αποτελεσμάτων είναι πεπερασμένος.

Στα επόμενα κεφάλαια θα χρησιμοποιήσουμε υποκειμενικές εκτιμήσεις πιθανοτήτων στους υπολογισμούς μας, χωρίς να προσπαθήσουμε να αξιολογήσουμε την ποιότητα των εν λόγω εισροών στις αναλύσεις μας.

Περίληψη

Όπως θα δούμε στο επόμενο κεφάλαιο, οι εκτιμήσεις πιθανότητας αποτελούν βασικό στοιχείο των μοντέλων απόφασης όταν ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων, αντιμετωπίζει τον κίνδυνο και την αβεβαιότητα. Στα περισσότερα πρακτικά προβλήματα οι πιθανότητες που χρησιμοποιούνται είναι υποκειμενικές, αλλά πρέπει να συμμορφώνονται με τα βασικά αξιώματα της θεωρίας πιθανοτήτων. Και πάλι, η προσέγγισή μας έχει κανονικοποιηθεί, αφού ο λογισμός πιθανοτήτων έχει σχεδιαστεί για να δείξει πώς θα πρέπει να μοιάζουν οι αποφάσεις μας, αν δεχτούμε τα αξιώματά του.

Σε επόμενα κεφάλαια θα εξετάσουμε τις μεθόδους που έχουν σχεδιαστεί για να βοηθήσουν τον υπεύθυνο λήψης αποφάσεων να παράγει συνεκτικές εκτιμήσεις. Συχνά, οι νέες πληροφορίες, όπως τα αποτελέσματα της έρευνας της αγοράς ή τα νεότερα στοιχεία των πωλήσεων, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ώστε να τροποποιηθεί η αρχική εκτίμηση πιθανοτήτων.

Πάνω απ' όλα, η ορθή εφαρμογή των κανόνων και των εννοιών που αναφέραμε σε αυτό το κεφάλαιο, απαιτούν τόσο πρακτική σκέψη, όσο και διαύγεια.

Εισαγωγή

Σε πολλές αποφάσεις οι συνέπειες των εναλλακτικών τρόπων δράσης, δεν μπορούν να προβλεφθούν με βεβαιότητα. Μια εταιρεία η οποία εξετάζει το λανσάρισμα ενός νέου προϊόντος θα είναι αβέβαιη για το πόσο επιτυχές θα είναι το προϊόν, ενώ ένας επενδυτής στο χρηματιστήριο θα είναι γενικότερα ανασφαλής για τις αποδόσεις που θα προκύψουν εάν επιλέξει μια συγκεκριμένη επένδυση. Σε αυτό το κεφάλαιο θα δείξουμε πώς οι ιδέες για την πιθανότητα, που παρουσιάσαμε στο Κεφάλαιο 3, μπορούν να εφαρμοστούν σε προβλήματα όπου πρέπει να παρθεί μια απόφαση κάτω από συνθήκες αβεβαιότητας.

Αρχικά, θα παρουσιάσουμε μια μέθοδο σύμφωνα με την οποία, ο υπεύθυνος για την λήψη της απόφασης δεν είναι σε θέση ή δεν επιθυμεί, να εκτιμήσει τις πιθανότητες για τα αποτελέσματα αυτής της απόφασης. Η μέθοδος αυτή οδηγεί σε πολύ απαισιόδοξες υποθέσεις σχετικά με τα αποτελέσματα της απόφασης. Στη συνέχεια, αν υποθεθεί ότι μπορούν να εκτιμηθούν οι πιθανότητες, θα εξετάσουμε μια προσέγγιση με βάση την αναμενόμενη τιμή που συναντήσαμε στο Κεφάλαιο 3. Επειδή η αναμενόμενη τιμή μπορεί να θεωρηθεί ως ένας μέσος όρος, αν μια διαδικασία επαναλαμβάνεται πολλές φορές, αυτή η προσέγγιση είναι αναμφισβήτητη η πιο σχετική για περιπτώσεις όπου μια απόφαση παίρνεται επανειλημμένα, για μεγάλο χρονικό διάστημα. Η καθημερινή λήψη από έναν λιανοπωλητή σχετικά με το πόσα στοιχεία έχει στη διάθεσή του προς πώληση, θα μπορούσε να είναι ένα παράδειγμα αυτού του είδους προβλημάτων απόφασης. Σε πολλές περιπτώσεις, ωστόσο, η απόφαση δεν γίνεται κατ' επανάληψη, και ο υπεύθυνος της λήψης αποφάσεων μπορεί να έχει τη δυνατότητα να επιλέξει μόνο την καλύτερη πορεία δράσης. Εάν τα πράγματα πάνε στραβά τότε δεν θα υπάρξει καμία πιθανότητα ανάκτησης των ζημιών στις μελλοντικές επαναλήψεις της απόφασης. Σε αυτή την περίπτωση, μερικοί μπορεί να προτιμούν τη λιγότερο επικίνδυνη πορεία δράσης, και θα συζητήσουμε για το πώς μπορεί να αξιολογηθεί και να ενσωματωθεί σε ένα μοντέλο απόφασης, η στάση του υπευθύνου στη λήψη αποφάσεων, απέναντι στον κίνδυνο.

Τέλος, θα διευρύνουμε τη συζήτηση και θα εξετάσουμε τα προβλήματα που αφορούν την αβεβαιότητα και πολλαπλούς στόχους. Τα προβλήματα που αφορούν πολλαπλούς στόχους είναι συχνά πολύ σύνθετα ώστε να τα κατανοήσει ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων στο σύνολό τους. Για το λόγο αυτό, θα δούμε μια μέθοδο που έχει σχεδιαστεί ώστε ένα σύνθετο πρόβλημα να «σπάει» σε μικρότερα τμήματα, κι έτσι το καθήκον του υπευθύνου λήψης αποφάσεων να γίνεται πιο προσιτό.

Το κριτήριο maximin

Έχουμε το εξής πρόβλημα. Κάθε πρωί, ένας κατασκευαστής τροφίμων πρέπει να αποφασίζει τον αριθμό των παρτίδων ενός φθαρτού προϊόντος που πρέπει να παραχθεί. Κάθε παρτίδα που παράγεται κοστίζει \$800, ενώ κάθε παρτίδα που πωλείται αποφέρει

έσοδα \$1000. Κάθε παρτίδα που παραμένει απούλητη στο τέλος της ημέρας, είναι άχρηστη. Η καθημερινή ζήτηση για το προϊόν είναι μία ή δύο παρτίδες, αλλά κατά το χρόνο της παραγωγής, η ζήτηση της ημέρας είναι άγνωστη. Ο κατασκευαστής τροφίμων δεν είναι σε θέση να εκτιμήσει τις πιθανότητες των δύο επιπέδων της ζήτησης και θα ήθελε να καθορίσει το βέλτιστο αριθμό παρτίδων που θα παράγει κάθε πρωί.

Είναι σαφές ότι ο κατασκευαστής βρίσκεται σε δίλημμα. Αν παράγει πολλές παρτίδες, θα έχει σπαταλήσει χρήματα στην παραγωγή τροφίμων που θα πρέπει να καταστραφούν στο τέλος της ημέρας. Ενώ, αν παράγει πολύ λίγες παρτίδες παραιτείται ουσιαστικά από τα ενδεχόμενα κέρδη. Μπορούμε να αναπαραστήσουμε το πρόβλημά του, με τη μορφή ενός πίνακα απόφασης (Πίνακας 4.1). Οι σειρές του πίνακα αντιπροσωπεύουν τις εναλλακτικές πορείες δράσης που είναι ανοικτές στην λήψη αποφάσεων (δηλαδή, να παράγει μία ή δύο παρτίδες), ενώ οι στήλες αντιπροσωπεύουν τα πιθανά επίπεδα των απαιτήσεων, που δεν είναι υπό τον έλεγχο του υπευθύνου λήψης αποφάσεων. Οι νομισματικές αξίες του πίνακα δείχνουν τα ημερήσια κέρδη των επιπέδων παραγωγής και ζήτησης. Για παράδειγμα, αν μία παρτίδα παράγεται και μία μόνο απαιτείται, το κέρδος θα είναι \$1.000 - \$800 (δηλαδή, \$200). Το κέρδος αυτό θα ισχύει και στην περίπτωση που απαιτήθηκαν δύο παρτίδες, δεδομένου ότι το κέρδος υπολογίζεται βάσει της παραγόμενης παρτίδας.

(Ημερήσια κέρδη)	<u>Ζήτηση (αριθμός παρτίδων)</u>	
	1	2
Πορεία δράσης		
Παραγωγή μιας παρτίδας	\$200	\$200
Παραγωγή δύο παρτίδων	-\$600	\$400

Πίνακας 4.1: Πίνακας απόφασης του κατασκευαστή τροφίμων

Λαμβάνοντας υπόψη αυτά τα πιθανά κέρδη και ζημίες, πώς θα πρέπει να αποφασίσει ο κατασκευαστής τροφίμων; (Εμείς θα υποθέσουμε ότι έχει μόνο ένα στόχο, δηλαδή τη μεγιστοποίηση του κέρδους, έτσι ώστε άλλοι πιθανοί στόχοι, όπως η μεγιστοποίηση της υπεραξίας του πελάτη ή το μερίδιο της αγοράς, να είναι εκτός ενδιαφέροντος). Σύμφωνα με το κριτήριο της μεγιστοποίησης, ο κατασκευαστής θα πρέπει πρώτα να προσδιορίσει το χειρότερο δυνατό αποτέλεσμα για κάθε πορεία δράσης και, στη συνέχεια, να επιλέξει την εναλλακτική λύση που αποφέρει το καλύτερο από αυτά τα αποτελέσματα, δηλαδή το μη χειρόν βέλτιστον. Αν ο κατασκευαστής παράγει μια παρτίδα, θα έχει το ίδιο κέρδος όποια κι αν θα είναι η ζήτηση, οπότε το χειρότερο δυνατό αποτέλεσμα είναι ένα κέρδος \$200. Αν αποφασίσει να παράγει δύο παρτίδες, το χειρότερο δυνατό αποτέλεσμα είναι η ζημία των \$600. Όπως φαίνεται παρακάτω, η καλύτερη από αυτές τις χειρότερες δυνατές εκβάσεις (το μέγιστο κέρδος, από τα ελάχιστα πιθανά) συνδέεται με την παραγωγή μιας παρτίδας καθημερινά, οπότε σύμφωνα με την μεγιστοποίηση του κέρδους, η απόφαση του υπευθύνου λήψης αποφάσεων θα είναι η ακόλουθη:

Πορεία δράσης	Χειρότερο δυνατό κέρδος
Παραγωγή μιας παρτίδας	\$200 (Το μεγαλύτερο κέρδος)
Παραγωγή δύο παρτίδων	-\$600

Αξίζει να σημειωθεί ότι, αν οι πιθανές εκβάσεις εκφράζονταν από άποψη κόστους και όχι κέρδους, τότε θα αναφερόμασταν στο υψηλότερο δυνατό κόστος κάθε επιλογής και θα επιλέγαμε την πορεία δράσης στην οποία θα ήταν χαμηλότερο το υψηλότερο δυνατό κόστος. Επειδή θα επιλέγαμε το ελάχιστο μέγιστο δυνατό κόστος, το κριτήριο απόφασής μας θα αναφέρεται ως *minimax*.

Το κύριο πρόβλημα με το *maximin* κριτήριο είναι, η έμφυτη απαισιοδοξία του. Κάθε επιλογή αξιολογείται μόνο στη χειρότερη δυνατή έκβασή της, έτσι ώστε όλες οι άλλες πιθανές ενδιάμεσες εκβάσεις να αγνοούνται. Βασίζεται στην παραδοχή ότι το χειρότερο είναι βέβαιο ότι θα συμβεί, ενώ στην πραγματικότητα, η πιθανότητα να συμβεί το χειρότερο, είναι εξαιρετικά μικρή. Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι μας προσφέρεται η επιλογή να λάβουμε \$1 στα σίγουρα ή να στοιχηματίσουμε σε ένα τυχερό παιχνίδι που έχει 0.9999 πιθανότητα να δώσει \$1.000.000 και μόνο 0.00001 πιθανότητα να χάσουμε \$1. Σύμφωνα με το *maximin* κριτήριο, δεν θα πρέπει να εμπλακούμε στο τυχερό παιχνίδι, γιατί υποθέτει, παρά τις πιθανότητες, ότι θα χάσουμε. Αυτό βεβαίως είναι απίθανο να αποτελεί μια λογική αναπαράσταση των προτιμήσεων του υπευθύνου λήψης αποφάσεων. Παρ' όλα αυτά, η ακραία αποφυγή κινδύνου που επιβάλλει το *maximin* κριτήριο, μπορεί να ενδεικνύεται όταν οι αποφάσεις αφορούν τη δημόσια ασφάλεια ή την πιθανόν μη αναστρέψιμη βλάβη στο περιβάλλον. Μια νέα, φθηνότερη μορφή επεξεργασίας τροφίμων, με 1/10.000 πιθανότητα να δηλητηριαστεί το σύνολο του πληθυσμού, θα ήταν σαφώς απαράδεκτη από τους περισσότερους.

Το κριτήριο του αναμενόμενου χρηματικού κέρδους

Εάν ο κατασκευαστής τροφίμων μπορεί, και είναι πρόθυμος, να εκτιμήσει τις πιθανότητες για τα δύο πιθανά επίπεδα της ζήτησης, τότε μπορεί να είναι κατάλληλο γι' αυτόν να επιλέξει την εναλλακτική που θα τον οδηγήσει στα υψηλότερα αναμενόμενα ημερήσια κέρδη. Αν η απόφασή του βασιστεί σε αυτή τη λογική, τότε λέγεται ότι χρησιμοποιεί το κριτήριο του αναμενόμενου χρηματικού κέρδους ή αναμενόμενης νομισματικής αξίας (EMV, Expected Monetary Value). Ας θυμηθούμε από το Κεφάλαιο 3, ότι η αναμενόμενη αξία μπορεί να θεωρηθεί ως ένα μέσο αποτέλεσμα που επιτυγχάνεται αν μία διαδικασία επαναλαμβάνεται πάρα πολλές φορές. Το κριτήριο αυτό, μπορεί να είναι ιδιαίτερα κατάλληλο για τον λιανοπωλητή, ο οποίος θα πρέπει να επαναλάβει την απόφασή του κάθε μέρα. Ο Πίνακας 4.2 παρουσιάζει τον πίνακα απόφασης του κατασκευαστή τροφίμων και πάλι, αλλά αυτή τη φορά έχουν προστεθεί και οι αντίστοιχες πιθανότητες.

(Ημερήσια κέρδη)		Ζήτηση (αριθμός παρτίδων)	
		1	2
Πορεία δράσης	Πιθανότητα	0.3	0.7
Παραγωγή μιας παρτίδας		\$200	\$200
Παραγωγή δύο παρτίδων		-\$600	\$400

Πίνακας 4.2: Ένας άλλος πίνακας απόφασης για τον κατασκευαστή τροφίμων

Όπως δείξαμε στο κεφάλαιο 3, η αναμενόμενη τιμή υπολογίζεται από τον πολλαπλασιασμό κάθε αποτελέσματος με την πιθανότητα της εμφάνισής του, και στη συνέχεια αθροίζοντας τα παραγόμενα γινόμενα. Επομένως, τα αναμενόμενα καθημερινά κέρδη για τα δύο επίπεδα της παραγωγής είναι τα ακόλουθα.

Παραγωγή μιας παρτίδας:

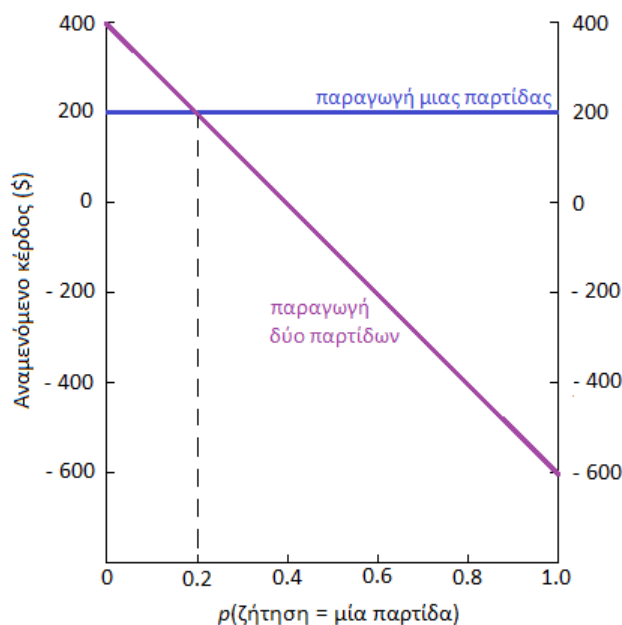
$$\text{Αναμενόμενα καθημερινά κέρδη} = (0.3 \times \$200) + (0.7 \times \$200) = \$200$$

Παραγωγή δύο παρτίδων:

$$\text{Αναμενόμενα καθημερινά κέρδη} = (0.3 \times (-\$600)) + (0.7 \times \$400) = \$100$$

Αυτά τα αναμενόμενα κέρδη δείχνουν ότι, μακροπρόθεσμα, η υψηλότερη μέση τιμή ημερήσιων κερδών θα επιτευχθεί με την παραγωγή μόνο μίας παρτίδας την ημέρα και, αν το κριτήριο EMV είναι αποδεκτό από τον παρασκευαστή τροφίμων, τότε αυτή είναι η ιδανική πορεία δράσης.

Φυσικά, οι πιθανότητες και τα κέρδη που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτό το πρόβλημα μπορεί να είναι μόνο πρόχειρες εκτιμήσεις ή, αν βασίζονται σε αξιόπιστα δεδομένα του παρελθόντος, μπορούν να υποστούν αλλαγές. Θα πρέπει λοιπόν να πραγματοποιήσουμε ανάλυση ευαισθησίας για να προσδιορίσουμε πόσο μεγάλη αλλαγή θα πρέπει να γίνει σε αυτές τις τιμές πριν επιλέξουμε πορεία δράσης. Για να απεικονίσουμε την διαδικασία, το Σχήμα 4.1 δείχνει τα αποτελέσματα μιας ανάλυσης ευαισθησίας για την πιθανότητα που απαιτείται παραγωγή μίας μόνο παρτίδας. Η παραγωγή μιας παρτίδας δίνει πάντα το αναμενόμενο κέρδος των \$200, όποια κι αν είναι η πιθανότητα. Ωστόσο, εάν η πιθανότητα ζήτησης μίας μόνο παρτίδας είναι 0, τότε το αναμενόμενο κέρδος από την παραγωγή δύο παρτίδων θα είναι \$400.0 Στην αντίθετη περίπτωση, αν η πιθανότητα ζήτησης μίας μόνο παρτίδας είναι 1.0 τότε η παραγωγή δύο παρτίδων θα δώσει ένα αναμενόμενο κέρδος των -\$600. Η ευθεία που ενώνει τα σημεία αυτά δείχνει τα αναμενόμενα κέρδη για όλες τις ενδιάμεσες πιθανότητες. Φαίνεται ότι η παραγωγή μίας παρτίδας θα συνεχίσει να αποδίδει το υψηλότερο αναμενόμενο κέρδος, όσο η πιθανότητα ζήτησης μίας μόνο παρτίδας είναι μεγαλύτερη από 0.2. Από τη στιγμή που αυτή η πιθανότητα γίνει 0.3, θα υπάρξει μόνο μια μικρή αλλαγή στην εκτίμηση της εναλλακτικής πορείας δράσης που πρέπει να προτιμηθεί. Ως εκ τούτου, πρέπει να υπολογίζεται με προσοχή η πιθανότητα.



Σχήμα 4.1 – Ανάλυση ευαισθησίας για το πρόβλημα του κατασκευαστή τροφίμων.

Περιορισμοί του κριτηρίου EMV

Το EMV κριτήριο μπορεί να ήταν κατάλληλο για τον παρασκευαστή τροφίμων, επειδή τον αφορούσε μόνο η χρηματική αμοιβή, και η απόφασή του αυτή επαναλαμβανόταν πολλές φορές, έτσι ώστε ένα μακροπρόθεσμο αποτέλεσμα θα είχε σημασία για 'αυτόν. Ας εξετάσουμε τώρα ένα διαφορετικό πρόβλημα απόφασης.

Έστω ότι έχουμε στην κατοχή μας μια εταιρεία υψηλής τεχνολογίας, η οποία έχει αναλάβει σαν έργο την ανάπτυξη ενός νέου στοιχείου για μια μεγάλη εταιρεία ηλεκτρονικών. Εξετάζονται δύο εναλλακτικά σχέδια, που για λόγους απλότητας θα αναφερόμαστε σε αυτά ως σχέδιο 1 και 2, χωρίς να έχουν δοκιμαστεί, και λόγω του χρόνου αλλά και των περιορισμένων πόρων μπορεί να αναπτυχθεί μόνο ένα σχέδιο. Ο πίνακας 4.3 δείχνει τις εκτιμώμενες καθαρές αποδόσεις που θα προκύψουν για την εταιρεία μας, κατά την ανάπτυξη κάθε σχεδίου. Οι αποδόσεις αυτές, θα εξαρτηθούν από το πόσο επιτυχής είναι ο σχεδιασμός. Οι εκτιμώμενες πιθανότητες αποτυχίας, μερικής επιτυχίας και συνολικής επιτυχίας, για κάθε σχέδιο, παρουσιάζονται επίσης στον πίνακα 4.3.

Πορεία δράσης	Έκβαση					
	Ολική αποτυχία		Μερική επιτυχία		Ολική επιτυχία	
	Απόδοση (σε εκ.\$)	Πιθανότητα	Απόδοση (σε εκ.\$)	Πιθανότητα	Απόδοση (σε εκ.\$)	Πιθανότητα
Παραγωγή μιας παρτίδας	-1	0.1	0	0.1	3	0.8
Παραγωγή δύο παρτίδων	-6	0.3	1	0.1	10	0.6

Πίνακας 4.3: Αποδόσεις και πιθανότητες στο πρόβλημα ανάπτυξης νέου στοιχείου

Οι αναμενόμενες αποδόσεις για το σχέδιο 1 είναι:

$$0.1 \times (-\$1.000.000) + 0.1 \times \$0 + 0.8 \times (\$3.000.000) = \$2.300.000$$

ενώ για το σχέδιο 2, οι αναμενόμενες αποδόσεις είναι:

$$0.3 \times (-\$6.000.000) + 0.1 \times (\$1.000.000) + 0.6 \times (\$10.000.000) = \$4.300.000$$

Έτσι, σύμφωνα με το κριτήριο EMV θα πρέπει να αναπτυχθεί το σχέδιο 2, αλλά θα ήταν στην πραγματικότητα αυτή η πορεία δράσης που θα προτιμούσαμε; Υπάρχει πιθανότητα 30% να αποτύχει το σχέδιο 2 και να οδηγήσει σε απώλεια \$6.000.000. Εάν η εταιρεία μας είναι μικρή ή αντιμετωπίζει οικονομικά προβλήματα, τότε τέτοιου μεγέθους ζημιά, μπορεί να μας πετάξει έξω από την αγορά. Το σχέδιο 1 έχει μικρότερη πιθανότητα αποτυχίας, και εάν συμβεί η αποτυχία, τότε οι απώλειες είναι επίσης μικρότερες. Θα πρέπει να επισημάνουμε ότι αυτή είναι μια απόφαση εφάπαξ, και συνεπώς, δεν υπάρχει πιθανότητα να αποκατασταθούν οι ζημιές από μεταγενέστερες επαναλήψεις της απόφασης. Σαφώς, ο κίνδυνος αποτυχίας του σχεδίου 2 θα αποτρέψει πολλούς από εμάς. Το κριτήριο EMV, συνεπώς, δεν λαμβάνει υπόψιν του τη στάση του υπευθύνου λήψης αποφάσεων ως προς τον κίνδυνο.

Αυτό μπορεί επίσης να εξεταστεί και με το περίφημο παράδοξο της Αγίας Πετρούπολης που περιγράφεται από τον Bernoulli. Φανταστείτε ότι σας προσφέρεται το ακόλουθο τυχερό παιχνίδι. Ένα δίκαιο κέρμα θα ρίχεται, μέχρι να εμφανιστεί κεφαλή για πρώτη φορά. Αν η κεφαλή εμφανιστεί στην πρώτη ρίψη θα πρέπει να καταβληθεί σε εμάς το ποσό των \$2, αν εμφανιστεί στη δεύτερη ρίψη το ποσό των \$4, αν εμφανιστεί στην τρίτη ρίψη \$8, και ούτω καθεξής. Πόσο είμαστε διατεθειμένοι να πληρώσουμε για να έχουμε την ευκαιρία συμμετοχής σε αυτό το τυχερό παιχνίδι; Οι αναμενόμενες αποδόσεις του παιχνιδιού αυτού, είναι:

$$\$2 \times (0.5) + \$4 \times (0.25) + \$8 \times (0.125) + \dots, \text{ κ.λπ.}$$

που ισούνται με $1 + 1 + 1 + \dots$ μέχρι το άπειρο. Έτσι οι αναμενόμενες αποδόσεις μας θα είναι απείρως μεγάλες. Σε αυτή τη βάση και σύμφωνα με το κριτήριο EMV, θα πρέπει να είμαστε διατεθειμένοι να πληρώσουμε ένα απεριόριστο ποσό χρημάτων για να λάβουμε μέρος στο τυχερό παιχνίδι. Δεδομένου ότι υπάρχει μια πιθανότητα 50% η απόδοσή μας να είναι μόνο \$2 (και μια πιθανότητα 87,5% ότι θα είναι \$8 ή και λιγότερη), είναι απίθανο να είναι αρκετοί διατεθειμένοι να πληρώσουν οποιοδήποτε ποσό προβλέπει το κριτήριο EMV!

Πρέπει επίσης να σημειωθεί, ότι το κριτήριο EMV υποθέτει ότι ο υπεύθυνος ως προς τη λήψη αποφάσεων διαθέτει μια γραμμική συνάρτηση για τα χρήματα. Στην πραγματικότητα, η αύξηση των αποδόσεων από \$0 έως \$1.000.000 μπορεί να θεωρηθεί από τον υπεύθυνο λήψης απόφασης, πολύ προτιμότερη από μια αύξηση από \$9.000.000 σε \$10.000.000, ωστόσο το κριτήριο EMV θεωρεί και τις δύο αυξήσεις επιθυμητές κατά τον ίδιο βαθμό.

Ένας επιπλέον περιορισμός του κριτηρίου EMV είναι ότι επικεντρώνεται σε ένα μόνο χαρακτηριστικό: τα χρήματα. Κατά την επιλογή του κατάλληλου σχεδίου στο πρόβλημα που αναλύσαμε παραπάνω, θα μπορούσαμε επίσης να εξετάσουμε χαρακτηριστικά, όπως την επίδραση στην εικόνα της εταιρείας από την επιτυχή ανάπτυξη ενός νέου εξελιγμένου σχεδίου, τα υποπροϊόντα και τις γνώσεις που προκύπτουν κατά την ανάπτυξη, τον χρόνο που χρειάζεται για την υλοποίηση των σχεδίων. Όλα αυτά τα χαρακτηριστικά, όπως οι νομισματικές αποδόσεις, θα εμπεριέχουν πιθανώς κάποιο κίνδυνο.

Στο υπόλοιπο αυτού του κεφαλαίου θα ασχοληθούμε με αυτούς τους περιορισμούς του κριτηρίου EMV. Πρώτον, θα δούμε πώς μπορεί ένα μόνο χαρακτηριστικό να χρησιμοποιηθεί για να ληφθεί υπόψη η στάση του υπευθύνου λήψης αποφάσεων απέναντι στον κίνδυνο (ή την προτίμηση στον κίνδυνο) σε προβλήματα όπου υπάρχει μόνο ένα χαρακτηριστικό. Η προσέγγιση που θα υιοθετηθεί βασίζεται στη θεωρία της χρησιμότητας, η οποία αναπτύχθηκε από τους Von Neumann και Morgenstern (Neuman, Morgenstern and O. 1994). Στη συνέχεια, θα εξετάσουμε την χρησιμότητα πολλαπλών χαρακτηριστικών, η οποία μπορεί να εφαρμοστεί σε προβλήματα αποφάσεων που αφορούν την αβεβαιότητα και περισσότερο από ένα χαρακτηριστικά.

Ωστόσο, παρά τους παραπάνω περιορισμούς, θα πρέπει να επισημάνουμε ότι το κριτήριο EMV χρησιμοποιείται ευρέως στην πράξη. Πολλοί θα ισχυρίζονταν ακόμη, ότι είναι κατάλληλο να εφαρμόζεται σε προβλήματα που απαιτούν εφάπαξ αποφάσεις. Παρά το γεγονός ότι μια ατομική απόφαση μπορεί να είναι μοναδική, στο πέρασμα του χρόνου ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων μπορεί να έχει πάρει πολλές τέτοιες αποφάσεις που αφορούν παρόμοια χρηματικά ποσά, ώστε οι αποδόσεις να πρέπει ακόμα να μεγιστοποιηθούν με τη συνεπή εφαρμογή του κριτηρίου. Επιπλέον, οι μεγάλοι οργανισμοί μπορεί να είναι σε θέση να αντέξουν ζημίες σχετικά με έργα που αντιπροσωπεύουν μόνο ένα μικρό μέρος των δραστηριοτήτων τους. Σε αυτές τις περιπτώσεις μπορεί να είναι λογικό να υποθέσουμε ότι δεν υπάρχει κίνδυνος, κι έτσι ενδείκνυται το κριτήριο EMV.

Όπως έχουμε δει, όσοι επιλέγουν να μεγιστοποιήσουν την αναμενόμενη αξία σε όλο το φάσμα των αποφάσεών τους, θα αντιμετωπίσουν τόσο ανεπιτυχή αποτελέσματα, όσο και επιτυχή. Αντιθέτως, αυτός που επιλέγει πάντα να μεγιστοποιήσει το ελάχιστο αποτέλεσμα σε κάθε μία σημαντική απόφαση που κάνει στη ζωή, αυτό το άτομο, ποτέ δεν θα αντιμετωπίσει τα πολύ χειρότερα αποτελέσματα. Μια μελέτη έδειξε κατά πόσον οι «maximizers» είναι λιγότερο ευχαριστημένοι από τους «satisficers» λόγω αυτής της εμπειρίας των αποτελεσμάτων. Εδώ, η τάση των συμμετεχόντων για μεγιστοποίηση μετρήθηκε με ένα ερωτηματολόγιο που περιελάμβανε, ενδεικτικά δηλώσεις όπως «Όταν βλέπω τηλεόραση, κάνω ζάπινγκ, σαρώνοντας τα κανάλια, ακόμη κι όταν προσπαθώ να παρακολουθήσω ένα πρόγραμμα». Η μελέτη μέτρησε τα συναισθήματα των συμμετεχόντων αμέσως μετά τις ριψοκίνδυνες επιλογές και το συμπέρασμα ήταν ότι οι maximizers ήταν λιγότερο ευχαριστημένοι από τους satisficers, αποδεικνύοντας ότι η προσπάθεια για τη βέλτιστη επιλογή, μερικές φορές οδηγεί σε φτωχά αποτελέσματα που μπορεί να προκαλέσει τη δυστυχία (Polman, 2010).

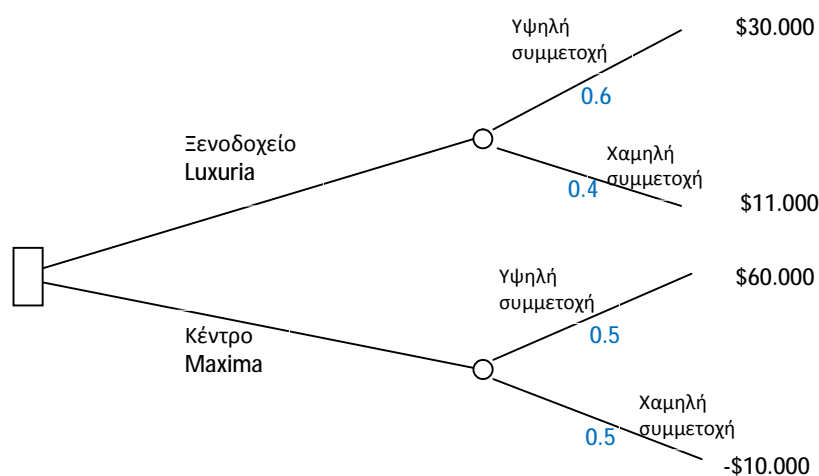
Χρησιμότητα ενός χαρακτηριστικού

Η στάση του υπευθύνου λήψης αποφάσεων απέναντι στον κίνδυνο μπορεί να εκτιμηθεί με τη βοήθεια της συνάρτησης χρησιμότητας, διαφορετική από τη συνάρτηση αξίας. Οι συναρτήσεις αξίας χρησιμοποιούνται στη λήψη αποφάσεων, όπου η αβεβαιότητα δεν θεωρείται αξιόλογος παράγοντας, και ως εκ τούτου δεν συνεπάγονται καμία εξέταση των συμπεριφορών κινδύνου. (Θα πούμε περισσότερο σχετικά με τη διάκριση μεταξύ της χρησιμότητας και της αξίας στην πράξη σε επόμενη ενότητα αυτού του κεφαλαίου).

Για να δείξουμε πώς εξάγεται μια συνάρτηση χρησιμότητας, ας παρακολουθήσουμε το εξής πρόβλημα. Μία επιχειρηματίας, η οποία διοργανώνει μια έκθεση επαγγελματικού εξοπλισμού σε μια επαρχιακή πόλη, έχει να επιλέξει ανάμεσα σε δύο χώρους: το ξενοδοχείο Luxuria και το κέντρο Maxima. Για να απλοποιηθεί το πρόβλημά της, αποφασίζει να εκτιμήσει το πιθανό κέρδος της σε αυτούς τους χώρους, βάσει δύο σεναρίων: την υψηλή και την χαμηλή προσέλευση στην έκθεση. Αν επιλέξει το ξενοδοχείο Luxuria, υπολογίζει ότι έχει πιθανότητα 60% να επιτευχθεί υψηλή προσέλευση και ως εκ

τούτου θα έχει κέρδος \$30.000 (έχοντας ήδη αφαιρέσει τα έξοδα διαφήμισης, ενοικίασης του χώρου, κλπ). Υπάρχει ωστόσο και μια πιθανότητα 40%, η συμμετοχή να είναι χαμηλή, οπότε το κέρδος της θα είναι μόλις \$11.000 Αν επιλέξει το κέντρο Maxima, υπολογίζει ότι υπάρχει πιθανότητα 50% να επιτευχθεί υψηλή συμμετοχή οδηγώντας σε κέρδη \$60.000, και μια πιθανότητα 50% χαμηλής συμμετοχής, με αποτέλεσμα την απώλεια των \$10.000.

Μπορούμε να αναπαραστήσουμε το πρόβλημα της επιχειρηματία με τη μορφή ενός διαγράμματος που είναι γνωστό ως δέντρο απόφασης (Σχήμα 4.2). Σε αυτό το διάγραμμα ένα τετράγωνο αντιπροσωπεύει τον κόμβο απόφασης και αμέσως μετά από αυτό, ο υπεύθυνος λήψης της απόφασης μπορεί να επιλέξει ποιά διαδρομή θα ακολουθήσει. Ένας κύκλος αντιπροσωπεύει έναν κόμβο πιθανότητας. Αμέσως μετά από αυτό, η ευκαιρία καθορίζει, με τις αναφερόμενες πιθανότητες, ποιά διαδρομή θα ακολουθηθεί, οπότε η επιλογή της διαδρομής δεν είναι υπό τον έλεγχο του υπευθύνου λήψης αποφάσεων. (Θα αναφερθούμε στα δέντρα αποφάσεων με περισσότερες λεπτομέρειες στο Κεφάλαιο 5). Οι νομισματικές αξίες δείχνουν τα κέρδη που αποκομίζει η επιχειρηματία, αν επιλεγεί μια συγκεκριμένη πορεία δράσης και εμφανιστεί ένα συγκεκριμένο αποτέλεσμα.



Σχήμα 4.2 - Το δέντρο απόφασης του προβλήματος της διοργάνωσης της έκθεσης.

Τώρα, εάν εφαρμοστεί το κριτήριο EMV στο πρόβλημα απόφασης, βρίσκουμε ότι το αναμενόμενο κέρδος της επιχειρηματία είναι \$22.400 (δηλαδή, $0.6 \times \$30.000 + 0.4 \times \11.000) κατά την επιλογή του ξενοδοχείου Luxuria και \$25.000 κατά την επιλογή του κέντρου Maxima. Αυτό υποδηλώνει ότι πρέπει να επιλεγεί το κέντρο Maxima, αλλά αυτή είναι η πιο ριψοκίνδυνη επιλογή, προσφέροντας υψηλές αμοιβές αν τα πράγματα πάνε καλά, αλλά ζημίες, εάν τα πράγματα πάνε άσχημα.

Ας προσπαθήσουμε τώρα να αντιλήσουμε μια συνάρτηση χρησιμότητας που αντιπροσωπεύει τη στάση της επιχειρηματία στον κίνδυνο. Θα χρησιμοποιήσουμε το συμβολισμό $u()$ για να δηλώσουμε την χρησιμότητα, του ποσού των χρημάτων που βρίσκεται στις παρενθέσεις. Πρώτα, κατατάσσουμε όλα τα χρηματικά ποσά που εμφανίζονται στο δέντρο, από το καλύτερο προς το χειρότερο και εκχωρούμε την χρησιμότητα 1.0 για το καλύτερο ποσό των χρημάτων και 0 στο χειρότερο άθροισμα. Όπως και με τις συναρτήσεις αξιών στο Κεφάλαιο 1, θα μπορούσαν να έχουν ανατεθεί στη θέση του 0 και 1 που εκχωρήσαμε προηγουμένως, δύο οποιοδήποτε αριθμοί, αρκεί το καλύτερο

αποτέλεσμα να έχει εκχωρηθεί στον μεγαλύτερο αριθμό. Χρησιμοποιήσαμε το 0 και το 100 για τις συναρτήσεις αξίας, αλλά η χρήση του 0 και 1 εδώ, θα μας επιτρέψει να ερμηνεύσουμε τι σημαίνει στην πραγματικότητα η χρησιμότητα. (Εάν χρησιμοποιούνταν άλλες τιμές θα μπορούσαν εύκολα να μετατραπούν σε μια κλίμακα 0 - 1, χωρίς να επηρεάζουν την επιλογή του υπευθύνου λήψης απόφασης μεταξύ των πορειών δράσης) Έτσι, μέχρι στιγμής έχουμε:

Χρηματικό άθροισμα	Χρησιμότητα
\$60.000	1.0
\$30.000	Άγνωστη ακόμα
\$11.000	Άγνωστη ακόμα
-\$10.000	0

Πρέπει τώρα να καθορίσουμε τις χρησιμότητες της επιχειρηματία για τα ενδιάμεσα ποσά χρημάτων. Υπάρχουν διάφορες προσεγγίσεις που μπορούν να υιοθετηθούν για να υπολογίσουμε την χρησιμότητα. Οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες μέθοδοι προσφέρουν στον υπεύθυνο λήψης αποφάσεων μια σειρά από επιλογές, όπως τα χρηματικά ποσά για συγκεκριμένα ή υποθετικά, αρχικά δεδομένα. Η συνάρτηση χρησιμότητας του υπευθύνου λήψης αποφάσεων προκύπτει τότε, από τις επιλογές που γίνονται. Η μέθοδος η οποία θα δείξουμε εδώ είναι ένα παράδειγμα της προσέγγισης του ισοδύναμου της πιθανότητας(εναλλακτική προσέγγιση θα συζητηθεί σε μεταγενέστερο τμήμα του κεφαλαίου).

Για να αποκτήσει η επιχειρηματίας την χρησιμότητα των \$30.000 χρησιμοποιώντας αυτή την προσέγγιση, της προσφέρεται η δυνατότητα επιλογής μεταξύ αυτού του ποσού στα σίγουρα ή της εισαγωγής μιας υποθετικής λοταρίας που θα καταλήξει είτε στο καλύτερο αποτέλεσμα του δέντρου (δηλαδή, σε κέρδος \$60.000) είτε στο χειρότερο (δηλαδή, σε απώλεια \$10.000), με συγκεκριμένες πιθανότητες. Αυτές οι πιθανότητες ποικίλουν μέχρι ο λήπτης αποφάσεων να αδιαφορεί μεταξύ των σίγουρων χρημάτων και της λοταρίας. Σε αυτό το σημείο, όπως θα δούμε, η χρησιμότητα μπορεί να υπολογιστεί. Μια τυπική συνεδρία υπολογισμού θα μπορούσε να προχωρήσει ως εξής:

Ερώτηση: Ποιό από τα ακόλουθα θα προτιμούσατε;

A: \$ 30.000 στα σίγουρα.

B: Ένα λαχείο του οποίου η πιθανότητα είναι 70% να οδηγήσει σε κέρδος \$60.000 και 30% να οδηγήσει σε απώλεια -\$10.000.

Απάντηση: Μια πιθανότητα 30% να χάσω \$10.000 είναι μεγάλο ρίσκο, οπότε θα προτιμήσω τα σίγουρα χρήματα.

Πρέπει λοιπόν, η λαχειοφόρος αγορά να γίνει πιο ελκυστική αυξάνοντας την πιθανότητα του καλύτερου αποτελέσματος.

Ερώτηση: Ποιό από τα παρακάτω θα προτιμούσατε;

A: \$30.000 στα σίγουρα.

B: Ένα λαχείο του οποίου η πιθανότητα είναι 90% να οδηγήσει σε κέρδος \$60.000 και 10% να οδηγήσει σε απώλεια -\$10.000.

Απάντηση: Θεωρώ ότι είναι τώρα μια καλή ευκαιρία να κερδίσω, που νομίζω ότι θα αγοράσω το λαχείο.

Το σημείο λοιπόν, όπου αδιαφορούμε ανάμεσα στα σίγουρα χρήματα και την απόδοση του λαχείου, θα πρέπει συνεπώς να βρίσκεται, κάπου ανάμεσα σε μια πιθανότητα 70% να κερδίσουμε \$60.000 (όταν προτιμούνται τα σίγουρα χρήματα) και μια πιθανότητα 90% (όταν προτιμάται η αγορά του λαχείου). Ας υποθέσουμε ότι αφού προσπαθήσαμε πολλές πιθανότητες, θέτουμε την ακόλουθη ερώτηση.

Ερώτηση: Ποιό από τα παρακάτω θα προτιμούσατε;

A: \$30.000 στα σίγουρα.

B: Ένα λαχείο του οποίου η πιθανότητα είναι 85% να οδηγήσει σε κέρδος \$60.000 και 15% να οδηγήσει σε απώλεια -\$10.000.

Απάντηση: Τώρα είμαι αδιάφορος μεταξύ των σίγουρων χρημάτων και του λαχείου.

Είμαστε τώρα σε θέση να υπολογίσουμε την χρησιμότητα των \$30.000. Δεδομένου ότι η επιχειρηματίας είναι αδιάφορη μεταξύ των επιλογών A και B, η χρησιμότητα των \$30.000 θα είναι ίση με την αναμενόμενη χρησιμότητα του λαχείου. Έτσι:

$$u(\$30.000) = 0.85 u(\$60.000) + 0.15 u(-\$10.000)$$

Από τη στιγμή που έχουν ήδη εντοπιστεί οι χρησιμότητες 1.0 και 0 στα \$60.000 και -\$10.000 αντίστοιχα, έχουμε:

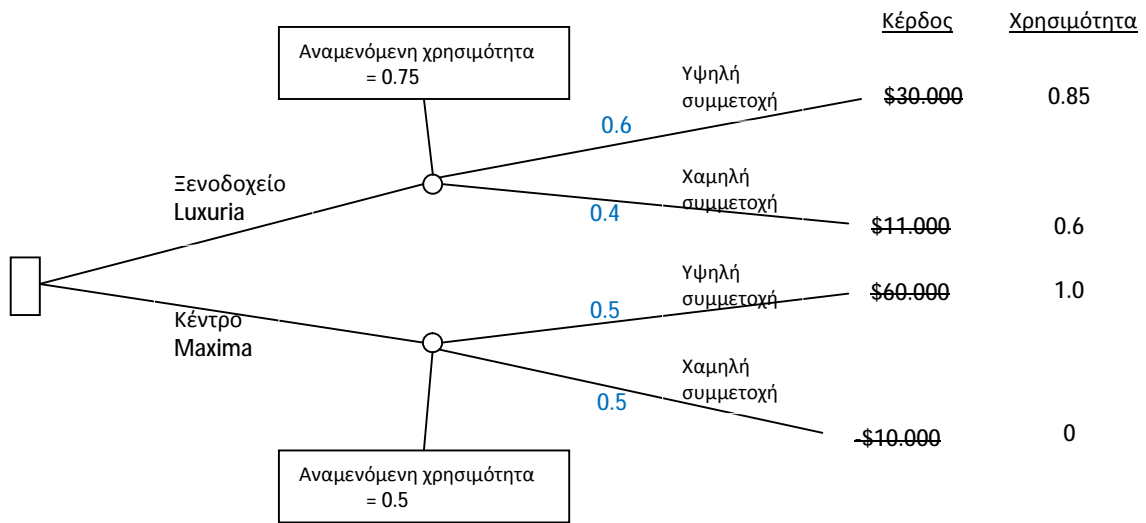
$$u(\$30.000) = 0.85(1.0) + 0.15(0) = 0.85$$

Από τη στιγμή που βρίσκεται το σημείο αδιαφορίας, η χρησιμότητα των σίγουρων χρημάτων είναι απλά ίση με την πιθανότητα του καλύτερου αποτελέσματος του λαχείου. Έτσι, αν ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων ήταν αδιάφορος μεταξύ των επιλογών που ετέθησαν στο πρώτο ερώτημα, η χρησιμότητα των \$30.000 θα ήταν 0.7 .

Θα πρέπει τώρα να καθοριστεί η χρησιμότητα των \$11.000. Ας υποθέσουμε ότι, αφού έγινε πάλι μια σειρά ανάλογων ερωτήσεων η επιχειρηματίας δηλώνει τελικά, ότι είναι αδιάφορη μεταξύ των σίγουρων \$11.000 και ενός λαχείου που προσφέρει με πιθανότητα 60% την καλύτερη έκβαση (\$60.000) και με πιθανότητα 40% την χειρότερη έκβαση (-\$10.000). Αυτό συνεπάγεται ότι $u(\$11.000) = 0.6$. Μπορούμε τώρα να αναφέρουμε το πλήρες σύνολο χρησιμοτήτων που παρουσιάζονται παρακάτω:

Χρηματικό άθροισμα	Χρησιμότητα
\$60.000	1.0
\$30.000	0.85
\$11.000	0.60
-\$10.000	0

Αυτά τα αποτελέσματα εφαρμόζονται στη συνέχεια στο δέντρο απόφασης, αντικαθιστώντας τα χρηματικά κέρδη με την χρησιμότητά τους (βλέπε σχήμα 4.3).



Σχήμα 4.3 - Το δέντρο απόφασης της διοργάνωσης της έκθεσης με χρησιμότητες

Αντιμετωπίζοντας αυτές τις χρησιμότητες με τον ίδιο τρόπο όπως και τις νομισματικές αξίες, είμαστε σε θέση να προσδιορίσουμε την πορεία δράσης που οδηγεί στην υψηλότερη αναμενόμενη χρησιμότητα.

Η επιλογή του ξενοδοχείου Luxuria δίνει την αναμενόμενη χρησιμότητα:

$$0.6 \times 0.85 + 0.4 \times 0.6 = 0.75$$

Η επιλογή του κέντρου Maxima δίνει μια αναμενόμενη χρησιμότητα:

$$0.5 \times 1.0 + 0.5 \times 0 = 0.5$$

Έτσι, η επιχειρηματίας θα πρέπει να επιλέξει το ξενοδοχείο Luxuria σαν τον κατάλληλο χώρο για την έκθεσή της. Είναι σαφές ότι το κέντρο Maxima θα είναι πολύ ριψοκίνδυνο.

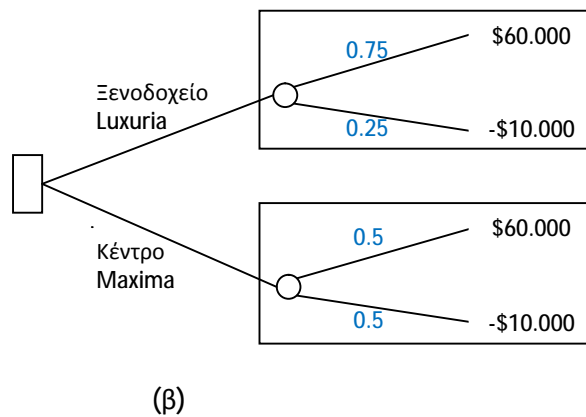
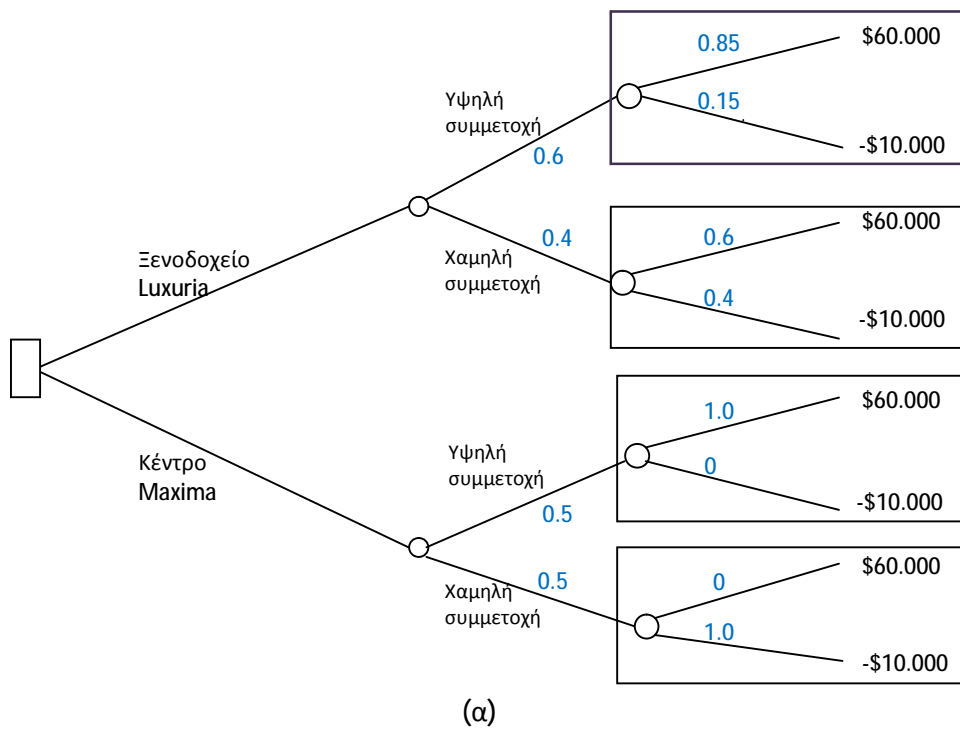
Είναι χρήσιμο στο σημείο αυτό να καθορίσουμε τι αναπαριστούν στην πραγματικότητα οι αναμενόμενες χρησιμότητες. Πράγματι, δεδομένου ότι έχουμε εφαρμόσει την ιδέα σε μία απόφαση που λαμβάνεται μία φορά, γιατί χρησιμοποιούμε τον όρο αναμενόμενη χρησιμότητα; Για να δούμε τι έχουμε κάνει, ας παρατηρήσουμε το Σχήμα 4.4(α). Στο σχήμα αυτό, έχουμε το δέντρο απόφασης της επιχειρηματία με τα πρωτότυπα χρηματικά ποσά που αντικαθίστανται από τα λαχεία, που θεωρούνται εξίσου ελκυστικά.

Για παράδειγμα, η λήψη \$30.000 θεωρήθηκε ότι είναι ισοδύναμη με ένα λαχείο που προσφέρει 0.85 πιθανότητα για κέρδος \$60.000 και 0.15 πιθανότητα για απώλεια -\$10.000. Προφανώς, η λήψη \$60.000 είναι ισοδύναμη με ένα λαχείο που προσφέρει \$60.000 στα σίγουρα. Θα δούμε ότι κάθε πληρωμή στο δέντρο, εκφράζεται πλέον σε όρους της πιθανότητας απόκτησης είτε του καλύτερου αποτελέσματος (\$60.000) είτε του χειρότερου αποτελέσματος (-\$10.000).

Τώρα, αν η επιχειρηματίας επιλέξει το ξενοδοχείο *Luxuria* θα έχει 0.6 πιθανότητα να έχει κέρδος, το οποίο αντιλαμβάνεται ότι είναι ισοδύναμο με ένα λαχείο που προσφέρει 0.85 πιθανότητα για κέρδος \$60.000 και 0.15 πιθανότητα για απώλεια \$-10.000. Ομοίως, θα έχει 0.4 πιθανότητα κέρδους, το οποίο είναι ισοδύναμο με ένα λαχείο που προσφέρει 0.6 πιθανότητα για κέρδος \$60.000 δολάρια και 0.4 πιθανότητα για απώλεια -\$10.000. Ως εκ τούτου, το ξενοδοχείο *Luxuria* της προσφέρει το ισοδύναμο μιας πιθανότητας $0.6 \times 0.85 + 0.4 \times 0.6 = 0.75$ για το καλύτερο αποτέλεσμα (και 0.25 πιθανότητα για το χειρότερο αποτέλεσμα). Ας σημειωθεί ότι το 0.75 είναι η αναμενόμενη χρησιμότητα της επιλογής του ξενοδοχείου *Luxuria*.

Προφανώς, η επιλογή του κέντρου *Maxima* προσφέρει το ισοδύναμο της πιθανότητας 0.5 για το καλύτερο αποτέλεσμα για το δέντρο (και 0.5 πιθανότητα για το χειρότερο αποτέλεσμα). Έτσι, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.4(β), η χρησιμότητα μας επιτρέπει να εκφράσουμε τις αποδόσεις όλων των πορειών δράσης σε σχέση με απλά λαχεία που προσφέρουν τα ίδια βραβεία, δηλαδή τα καλύτερα και τα χειρότερα αποτελέσματα, αλλά με διαφορετικές πιθανότητες. Έτσι, οι εναλλακτικές λύσεις είναι εύκολο να συγκριθούν. Η πιθανότητα να κερδίσει το καλύτερο αποτέλεσμα σε αυτά τα λαχεία είναι η αναμενόμενη χρησιμότητα. Ως εκ τούτου, φαίνεται λογικό ότι θα πρέπει να επιλέγουμε την επιλογή που προσφέρει την υψηλότερη αναμενόμενη χρησιμότητα.

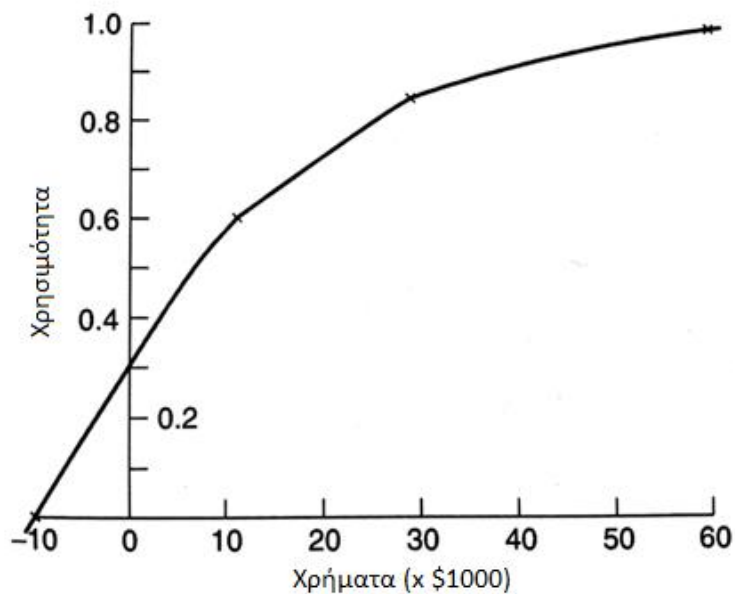
Σημειώστε ότι η χρήση εδώ του όρου «αναμένεται», είναι κάπως παραπλανητική. Χρησιμοποιείται, επειδή η διαδικασία για τον υπολογισμό των αναμενόμενων χρησιμότητων είναι μαθηματικά η ίδια, με εκείνη για τον υπολογισμό των αναμενόμενων αξιών στη στατιστική. Ωστόσο δεν αναφέρεται σε ένα αποτέλεσμα το οποίο πρέπει να ληφθεί από ένα μεγάλο αριθμό επαναλήψεων μιας πορείας δράσης και ούτε σημαίνει ένα αποτέλεσμα ή συνέπεια που πρέπει να «αναμένεται».



Σχήμα 4.4 - Μια επίδειξη του πώς η αναμενόμενη χρησιμότητα μετατρέπει την απόφαση σε μια απλή επιλογή μεταξύ λαχείων

Ερμηνεύοντας τις συναρτήσεις χρησιμότητας

Η συνάρτηση χρησιμότητας της επιχειρηματία απεικονίζεται στο γράφημα του Σχήματος 4.5. Αν επιλέξουμε οποιαδήποτε δύο σημεία σε αυτήν την καμπύλη και τα ενώσουμε με μια ευθεία γραμμή μεταξύ τους, τότε φαίνεται ότι η καμπύλη θα είναι πάντα πάνω από τη γραμμή. Οι συναρτήσεις χρησιμότητας που έχουν αυτό το κοίλο σχήμα παρέχουν στοιχεία αποστροφής του ρίσκου (που είναι σύμφωνα με τις απόψεις της επιχειρηματία περί αποφυγής ριψοκίνδυνων επιλογών). Για να δούμε γιατί συμβαίνει αυτό, θεωρούμε το εξής παράδειγμα.



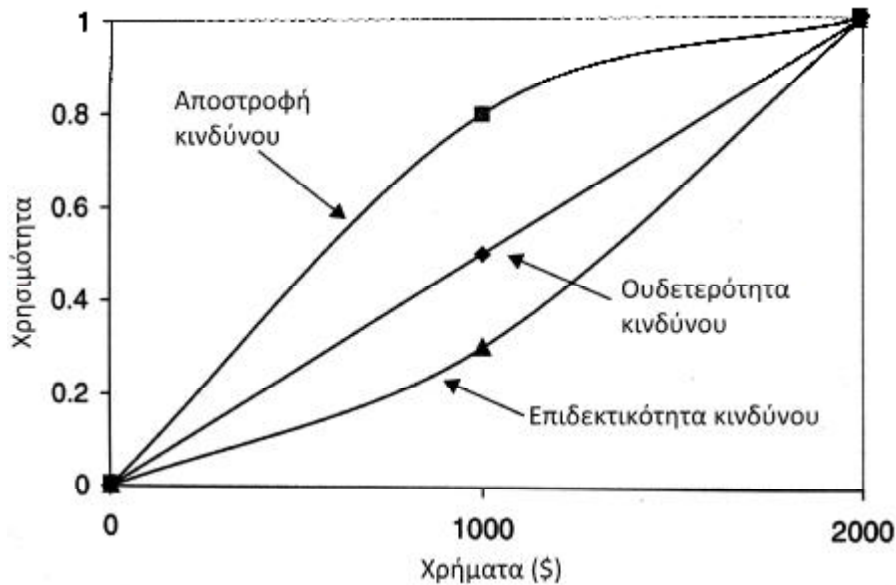
Σχήμα 4.5 - Η συνάρτηση χρησιμότητας για τον διοργανωτή του συνεδρίου

Ας υποθέσουμε ότι πρέπει να βρούμε τις χρησιμότητες των \$0, \$1000 και \$2.000. Θετούμε $u(\$0)$ ίσο με 0 και $u(\$2000)$ ίσο με 1. Για να προσδιορίσουμε τη χρησιμότητα των \$1.000, κάνουμε την εξής προσφορά στον υπεύθυνο λήψης αποφάσεων:

A: \$1.000 στα σίγουρα

B: Ένα λαχείο που προσφέρει κέρδος \$2.000 με πιθανότητα 0.5 και \$0 με πιθανότητα 0.5.

Βλέπουμε ότι τα αναμενόμενα κέρδη των επιλογών A και B είναι τα ίδια (δηλαδή, \$1000). Ας υπενθυμίσουμε ότι το κριτήριο EMV αντιπροσωπεύει τις προτιμήσεις του του υπευθύνου λήψης αποφάσεων που είναι ουδέτερου κινδύνου, έτσι ώστε ένα άτομο με ανάλογη στάση απέναντι στον κίνδυνο θα ήταν αδιάφορο μεταξύ των A και B επιλογών. Η χρησιμότητά τους για \$1000 θα ήταν επομένως 0.5. Το σχήμα 4.6 δείχνει τη συνάρτηση χρησιμότητας του εν λόγω προσώπου. Σημειώστε ότι είναι γραμμική.



Σχήμα 4.6 - Ερμηνεύοντας το σχήμα της συνάρτησης χρησιμότητας

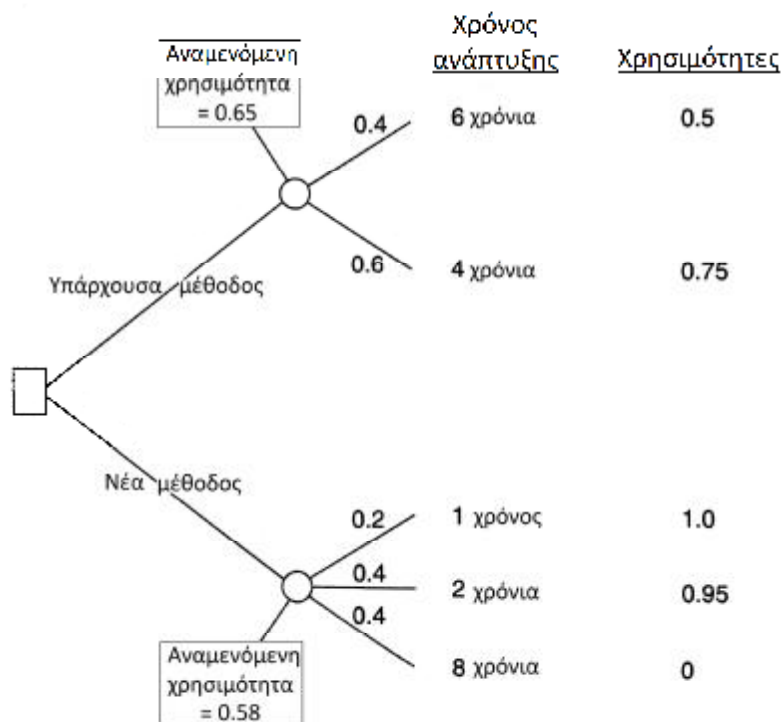
Ωστόσο, τι θα συμβεί αν ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων θεωρήσει την επιλογή B ότι είναι πολύ ριψοκίνδυνη; Χρειάζεται μεγαλύτερη τιμή πιθανότητας που θα δίνει κέρδος \$2.000, προτού να είναι αδιάφορος μεταξύ των επιλογών A και B. Αν είναι αδιάφορος όταν αυτή η πιθανότητα γίνει 0.8, στη συνέχεια, γι' αυτές τις επιλογές, η χρησιμότητα των \$1.000 θα είναι 0.8. Το σχήμα 4.6 δείχνει επίσης τη συνάρτηση χρησιμότητας του εν λόγω προσώπου. Σημειώστε ότι αυτό έχει ένα κοίλο σχήμα παρόμοιο με αυτό της επιχειρηματία. Δεδομένου ότι αυτό το άτομο χρειάζεται μεγαλύτερη πιθανότητα για να έχει κέρδος από το λαχείο, λέμε ότι αποστρέφεται τον κίνδυνο-ρίσκο. Ο βαθμός στον οποίο μια συνάρτηση χρησιμότητας απομακρύνεται από τη διαγώνια γραμμή μπορεί να θεωρηθεί ότι αντικατοπτρίζει το βαθμό της αποστροφής προς τον κίνδυνο του υπευθύνου λήψης αποφάσεων. Κάποιος εξαιρετικά απρόθυμος να αναλάβει ρίσκο, μπορεί να είναι διατεθειμένος να εξετάσει την επιλογή B όταν η πιθανότητα να κερδίσει τα \$2.000 γίνει 0.95. Αυτή η συνάρτηση χρησιμότητας θα απέχεε από την διαγώνιο σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό από ό,τι αυτή του σχήματος 4.6.

Τέλος, ας υποθέσουμε ότι κάποιο άλλο άτομο θα ήταν αδιάφορο μεταξύ των A και B επιλογών, αν η πιθανότητα να κερδίσει τα \$2.000 ήταν μόνο 0.3. Σε σύγκριση με αυτόν που διατηρεί ουδέτερη στάση απέναντι στον κίνδυνο, το πρόσωπο αυτό είναι διατεθειμένο να αναλάβει τον κίνδυνο της επιλογής B, όταν η πιθανότητα κέρδους γίνει πολύ χαμηλότερη. Αυτό δείχνει ότι υπάρχουν άτομα που αναζητούν τον κίνδυνο (προδιάθεση κινδύνου). Για αυτό το άτομο η χρησιμότητα των \$1.000 είναι 0.3. Όταν η συνάρτηση χρησιμότητας ριψοκίνδυνων ατόμων σχεδιάζεται στο σχήμα 4.6, φαίνεται ότι έχει ένα κυρτό σχήμα, το οποίο πέφτει πάντα κάτω από τη διαγώνιο γραμμή.

Συναρτήσεις χρησιμότητας για μη χρηματικά χαρακτηριστικά

Συναρτήσεις χρησιμότητας μπορούν να προκύψουν και για χαρακτηριστικά, που δεν αφορούν τα χρήματα. Ας εξετάσουμε το πρόβλημα που εκπροσωπεί το δέντρο αποφάσεων του σχήματος 4.7. Αυτό σχετίζεται με μια φαρμακευτική εταιρεία που ελπίζει να αναπτύξει

ένα νέο προϊόν. Εάν η εταιρεία προχωρήσει με τις υπάρχουσες ερευνητικές μεθόδους της, εκτιμά ότι υπάρχει 0.4 πιθανότητα το φάρμακο να χρειαστεί 6 χρόνια για να αναπτυχθεί και μια πιθανότητα 0.6, η ανάπτυξη αυτή να πάρει 4 χρόνια. Ωστόσο πρόσφατα, έχει προταθεί μια σύντομη μέθοδος η οποία θα μπορούσε να οδηγήσει σε σημαντική μείωση του χρόνου ανάπτυξης, και η εταιρεία, η οποία έχει περιορισμένους διαθέσιμους πόρους για έρευνα, πρέπει να αποφασίσει αν θα πάρει το ρίσκο να στραφεί εξολοκλήρου στην προτεινόμενη νέα μέθοδο. Ο επικεφαλής της έρευνας εκτιμά ότι, αν υιοθετηθεί η νέα προσέγγιση, υπάρχει μια πιθανότητα 0.2 η ανάπτυξη να πάρει ένα χρόνο, μια πιθανότητα 0.4 να πάρει 2 χρόνια και μια πιθανότητα 0.4 ότι η προσέγγιση αυτή δεν θα λειτουργήσει και, λόγω της σπατάλης του χρόνου, θα πάρει 8 χρόνια για να αναπτυχθεί το προϊόν.



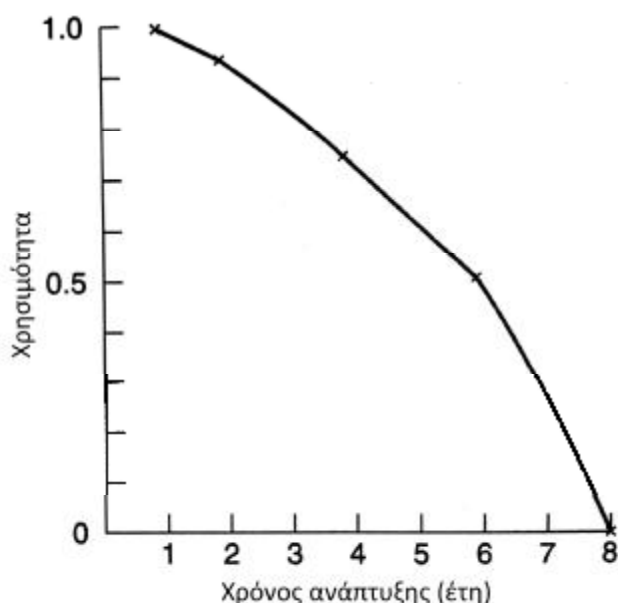
Σχήμα 4.7 - Ένα δέντρο απόφασης για τη φαρμακευτική εταιρεία προβλήματος τμήμα έρευνας

Προφανώς, η υιοθέτηση της νέας προσέγγισης είναι ριψοκίνδυνη, γι' αυτό πρέπει να υπολογίσουμε τις χρησιμότητες για τους χρόνους ανάπτυξης. Ο χειρότερος χρόνος ανάπτυξης είναι 8 χρόνια, οπότε αποδίδουμε την τιμή $u(8 \text{ χρόνια})=0$ και ο καλύτερος χρόνος είναι 1 χρόνος, οπότε αποδίδουμε την τιμή $u(1 \text{ χρόνος})=1.0$. Μετά από μια σειρά ερωτήσεων, ο επικεφαλής της έρευνας είναι σε θέση να πει ότι είναι αδιάφορος μεταξύ των χρόνων ανάπτυξης των 2 ετών και της συμμετοχής σε μια κλήρωση που θα του δώσει πιθανότητα 0.95 για ανάπτυξη σε 1 χρόνο και 0.05 πιθανότητα ανάπτυξης σε 8 χρόνια. Έτσι:

$$\begin{aligned} u(2 \text{ χρόνια}) &= 0.95 u(1 \text{ χρόνος}) + 0.05 u(8 \text{ ετών}) \\ &= 0.95 (1.0) + 0.05 (0) = 0.95 \end{aligned}$$

Με μια παρόμοια διαδικασία βρίσκουμε ότι $u(4 \text{ χρόνια}) = 0.75$ και $u(6 \text{ χρόνια}) = 0.5$.

Οι χρησιμότητες εμφανίζονται στο δέντρο αποφάσεων στο σχήμα 4.7, όπου μπορεί να δει κανείς ότι η συνέχιση της υπάρχουσας μεθόδου δίνει την υψηλότερη αναμενόμενη χρησιμότητα. Να σημειώσουμε ωστόσο, ότι τα δύο αποτελέσματα είναι κοντά, και μια ανάλυση ευαισθησίας θα μπορούσε να αποκαλύψει ότι μικρές αλλαγές στις πιθανότητες ή τις χρησιμότητες θα οδηγούσαν στην επιλογή της άλλης εναλλακτικής λύσης. Η συνάρτηση χρησιμότητας δείχνεται στο Σχήμα 4.8 . Αυτή έχει ένα κοίλο σχήμα που δείχνει την αποστροφή κινδύνου.



Σχήμα 4.8 - Η συνάρτηση χρησιμότητας για το χρόνο ανάπτυξης του προϊόντος

Είναι δυνατόν επίσης, να βρεθούν οι συναρτήσεις χρησιμότητας για χαρακτηριστικά τα οποία δεν είναι εύκολο να μετρηθούν σε αριθμητικούς όρους. Για παράδειγμα, σκεφτείτε την επιλογή του σχεδιασμού ενός εργοστασίου χημικών. Το σχέδιο Α μπορεί να έχει μια μικρή πιθανότητα αποτυχίας, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε ρύπανση του τοπικού περιβάλλοντος. Μια εναλλακτική λύση, το σχέδιο Β, μπορεί επίσης να φέρει μια μικρή πιθανότητα αποτυχίας, η οποία δεν θα οδηγήσει σε μόλυνση αλλά θα μπορούσε να προκαλέσει βλάβη σε κάποιο ακριβό εξοπλισμό. Εάν ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων κατατάσσει τις πιθανές εκβάσεις από την καλύτερη στην χειρότερη, όπως: (i) καμία αποτυχία, (ii) βλάβη του εξοπλισμού και (iii) ρύπανση, τότε θα έχουμε $u(\text{καμία βλάβη})=1$ και $u(\text{ρύπανση})=0$. Η τιμή της $u(\text{ζημιά στον εξοπλισμό})$ θα μπορούσε στη συνέχεια να προσδιοριστεί θέτωντας ερωτήσεις όπως τι θα προτιμούσατε:

- (1) Ένα σχέδιο που σίγουρα σε κάποιο στάδιο θα αποτύχει, προκαλώντας ζημιά στον εξοπλισμό;
- ή
- (2) Ένα σχέδιο το οποίο θα είχε 90% πιθανότητα να μην αποτύχει και 10% πιθανότητα αποτυχίας προκαλώντας ρύπανση;

Μόλις θα βρισκόταν το σημείο αδιαφορίας, η u (βλάβη του εξοπλισμού) θα μπορούσε να υπολογιστεί.

Ο Ronen και άλλοι (Ronen, Pliskin and Feldman, 1984), περιγράφουν μια παρόμοια εφαρμογή στη βιομηχανία των ηλεκτρονικών ειδών, όπου η απόφαση αφορά σε σχέδια ηλεκτρονικών κυκλωμάτων για καρδιακούς βηματοδότες. Τα σχέδια ενέχουν τον κίνδυνο συγκεκριμένων δυσλειτουργιών και οι χρησιμότητες αφορούν σε αποτελέσματα όπως «ο βηματοδότης δεν λειτουργεί καθόλου», «ο βηματοδότης εργάζεται πάρα πολύ γρήγορα», «ο βηματοδότης εργάζεται πάρα πολύ αργά» και «ο βηματοδότης λειτουργεί κανονικά».

Τα αξιώματα της χρησιμότητας

Στις δύο τελευταίες ενότητες, έχουμε επισημάνει ότι ορθολογική λήψη αποφάσεων αποτελεί η προτίμηση της πορείας δράσης που μεγιστοποιεί την αναμενόμενη χρησιμότητα. Για να συμβεί κάτι τέτοιο, θα πρέπει οι προτιμήσεις να είναι σύμφωνες με τα ακόλουθα αξιώματα.

Αξίωμα 1: Συγκρισιμότητα - Πληρότητα.

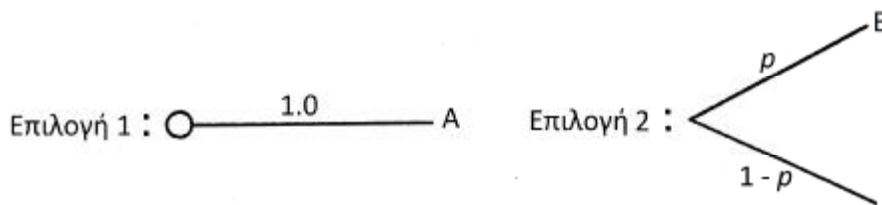
Για να ικανοποιήσει αυτό το αξίωμα ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων πρέπει να είναι σε θέση να κατατάξει όλες τις επιλογές σε σειρά προτίμησης. Για παράδειγμα, αν έχει τη δυνατότητα επιλογής μεταξύ δύο πορειών δράσης, ο υπεύθυνος θα πρέπει να είναι σε θέση να πει ποιά προτιμά ή αν είναι αδιάφορος μεταξύ αυτών των επιλογών.

Αξίωμα 2: Μεταβατικότητα - Συνέπεια

Αν ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων προτιμά την εναλλακτική Α από την εναλλακτική Β και την εναλλακτική Β από την εναλλακτική Γ, στη συνέχεια, αν είναι σύμφωνος με το αξίωμα αυτό, θα πρέπει επίσης να προτιμά την εναλλακτική Α από την εναλλακτική Γ (δηλαδή, θα πρέπει να υπάρχει εσωτερική συνέπεια στις προτιμήσεις του).

Αξίωμα 3: Συνέχεια

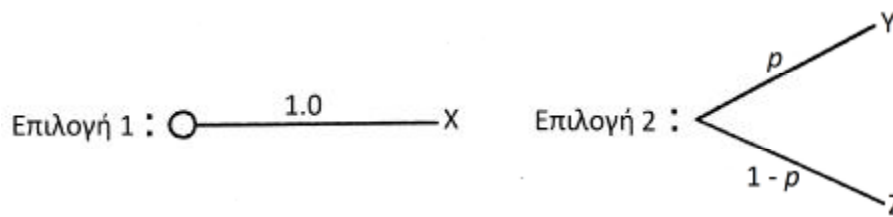
Ας υποθέσουμε ότι προσφέρουμε στον υπεύθυνο λήψης αποφάσεων την επιλογή μεταξύ δύο εναλλακτικών πορειών δράσης που φαίνονται στο Σχήμα 4.9. Αυτό δείχνει ότι η εναλλακτική 1 προσφέρει στα σίγουρα κέρδος Β, ενώ η εναλλακτική 2 προσφέρει κέρδος Α με πιθανότητα p και κέρδος Γ με πιθανότητα $1 - p$. Το κέρδος Α είναι προτιμότερο του Β, και το Β με τη σειρά του είναι προτιμότερο του Γ. Δηλαδή Αν $A > B$ και $B > \Gamma$ τότε και $A > \Gamma$ ^{δικό μου}. Το αξίωμα της συνέχειας ορίζει ότι πρέπει να υπάρχει κάποια τιμή του p κατά την οποία η λήψη αποφάσεων θα είναι αδιάφορη μεταξύ των δύο εναλλακτικών δράσεων. Εμείς προφανώς και θεωρήσαμε δεδομένο ότι το αξίωμα αυτό εφαρμόστηκε όταν υπολογίσαμε την χρησιμότητα των \$30.000 νωρίτερα, στη διοργάνωση της έκθεσης.



Σχήμα 4.9 - Το αξίωμα της συνέχειας

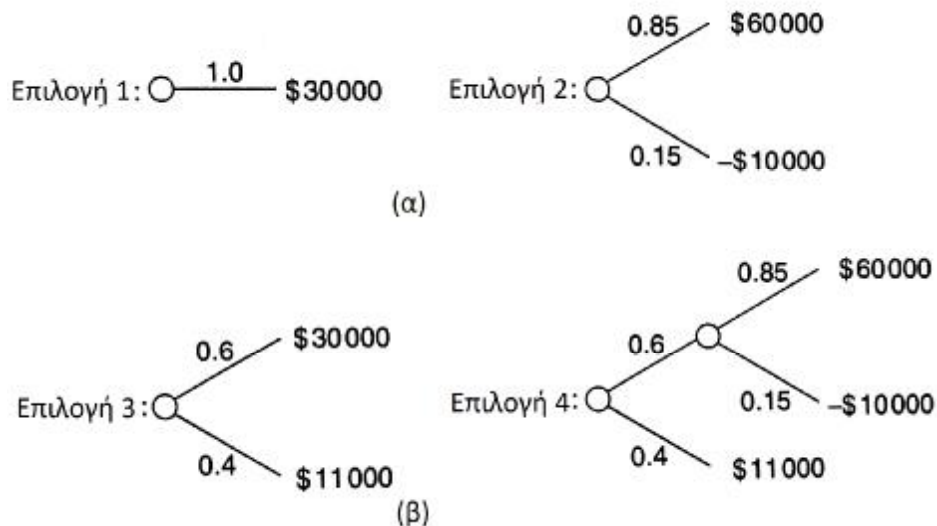
Αξίωμα 4: Υποκατάσταση.

Ας υποθέσουμε ότι ο υπεύθυνος δηλώνει πως είναι αδιάφορος μεταξύ των επιλογών που φαίνονται στο Σχήμα 4.10, όπου X, Y και Z είναι τα οφέλη και p είναι μια πιθανότητα.



Σχήμα 4.10 - Το αξίωμα υποκατάστασης

Σύμφωνα με το αξίωμα υποκατάστασης, εάν το όφελος X εμφανίζεται ως όφελος και σε άλλη πορεία δράσης, μπορεί πάντα να αντικατασταθεί με την εναλλακτική 2, επειδή ο υπεύθυνος λήψη της απόφασης θεωρεί το X και την εναλλακτική 2 της ίδιας προτίμησης. Για παράδειγμα, η διοργανωτής του συνεδρίου έδειξε ότι ήταν αδιάφορη μεταξύ των εναλλακτικών που φαίνονται στο Σχήμα 4.11 (α). Αν εφαρμοστεί το αξίωμα υποκατάστασης, θα είναι επίσης αδιάφορη μεταξύ των εναλλακτικών 3 και 4, που παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.11 (β). Να σημειώσουμε ότι αυτές οι εναλλακτικές είναι ταυτόσημες, εκτός από το ότι στην 4 έχουμε αντικαταστήσει την 2 για τα \$30.000. Η επιλογή 4 προσφέρει μια πιθανότητα 0.6 να κερδίσουμε ένα εισιτήριο σε μια άλλη λαχειοφόρο αγορά και ως εκ τούτου αναφέρεται ως υποκείμενη λοταρία.

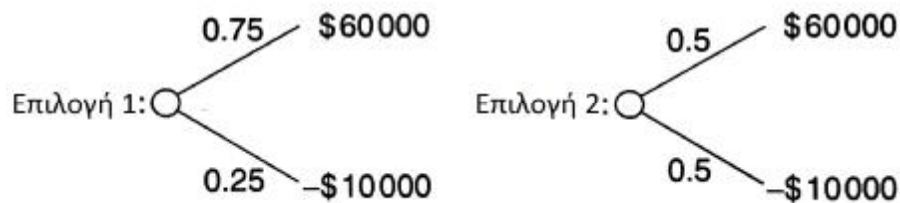


Σχήμα 4.11 - Επίδειξη του αξιώματος υποκατάστασης

Αξίωμα 5: Άνιση πιθανότητα.

Ας υποθέσουμε ότι ο υπεύθυνος προτιμά το κέρδος A αντί του B. Στη συνέχεια, σύμφωνα με το αξίωμα αυτό, αν του προσφερθούν δύο εναλλακτικές που δίνουν κέρδος μόνο A και B ως πιθανές εκβάσεις, θα προτιμήσει την εναλλακτική που προσφέρει την υψηλότερη πιθανότητα κέρδους A. Χρησιμοποιήσαμε το αξίωμα αυτό, στην επεξήγηση της χρησιμότητας νωρίτερα, όταν απλοποιήσαμε την απόφαση του διοργανωτή του συνεδρίου

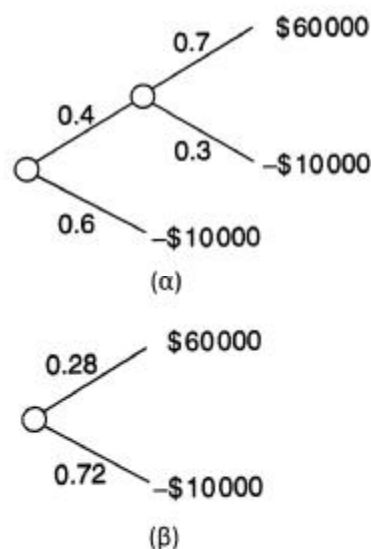
σε μια σύγκριση δύο εναλλακτικών που φαίνονται στο Σχήμα 4.12. Είναι προφανές ότι, αν οι προτιμήσεις του διοργανωτή συνεδρίου είναι σύμφωνες με αυτό το αξίωμα τότε θα προτιμηθεί η εναλλακτική 1.



Σχήμα 4.12 – Επίδειξη του αξιώματος άνισης πιθανότητας

Αξίωμα 6: Σύνθετη λαχειοφόρος εναλλακτικών επιλογών.

Αν αυτό το αξίωμα ισχύει, τότε ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων είναι αδιάφορος μεταξύ ενός συνδυασμού εναλλακτικών και μιας απλής εναλλακτικής πορείας δράσης που προσφέρει τα ίδια κέρδη με τις ίδιες πιθανότητες. Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι στη διοργανώτρια του συνεδρίου προσφέρεται ο συνδυασμός των εναλλακτικών που φαίνεται στο Σχήμα 4.13(α). Σημειώστε ότι αυτή η εναλλακτική έχει πιθανότητα 0.28 (δηλαδή, 0.4×0.7) για κέρδος \$60.000 και 0.72 (δηλαδή, $0.4 \times 0.3 + 0.6$) για κέρδος -\$10.000. Σύμφωνα με αυτό το αξίωμα, θα είναι αδιάφορη μεταξύ του συνδυασμού των εναλλακτικών λύσεων και της απλής εναλλακτικής λύσης που φαίνεται στο Σχήμα 4.13 (β).



Σχήμα 4.13 - Επίδειξη του αξιώματος σύνθετης λαχειοφότου εναλλακτικών επιλογών

Μπορεί να αποδειχθεί (βλέπε French, 1988), ότι εάν ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων αποδέχεται αυτά τα έξι αξιώματα, τότε υπάρχει μια συνάρτηση χρησιμότητας που αντιπροσωπεύει τις προτιμήσεις του. Επιπλέον, εάν ο υπεύθυνος συμπεριφέρεται με τρόπο που να συνάδει με τα αξιώματα (δηλαδή, λογικά), τότε αυτός ή αυτή, θα επιλέξει την

πορεία δράσης που έχει την υψηλότερη αναμενόμενη χρησιμότητα. Εφαρμόζοντας την ανάλυση λήψης αποφάσεων ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων μπορεί να διατυπώνει τις προτιμήσεις του, την εκτίμηση αβεβαιότητας και να φτιάχνει κριτήρια με συνεκτικό τρόπο. Έτσι, η συνοχή είναι το αποτέλεσμα της ανάλυσης αποφάσεων και όχι προϋπόθεση.

Περισσότερα για την εύρεση της χρησιμότητας

Μέχρι τώρα, έχουμε εξετάσει την εκτίμηση χρησιμότητας μόνο βάσει της προσέγγισης του ισοδύναμου πιθανότητας. Ένα μειονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι ότι ο υπεύθυνος της λήψης της απόφασης μπορεί να αντιμετωπίζει δυσκολία στο να σκεφτεί με όρους πιθανοτήτων, όπως 0.90 ή 0.95. Εξαιτίας αυτού, ένας αριθμός εναλλακτικών προσεγγίσεων έχουν αναπτυχθεί (για παράδειγμα, ο Farquahar αναφέρει 24 διαφορετικές μεθόδους). Ίσως η πιο διαδεδομένη από αυτές είναι η προσέγγιση του ισοδύναμου βεβαιότητας, η οποία στην πιο κοινή μορφή της, απαιτεί ο λήπτης της απόφασης να σκέφτεται με βάση την πιθανότητα 50:50 στα τυχερά παιχνίδια.

Για να παρουσιάσουμε την προσέγγιση, ας υποθέσουμε ότι θέλουμε να αποσπάσουμε τη συνάρτηση χρησιμότητας ενός λήπτη απόφασης για νομισματικές τιμές εύρους \$0-\$40.000 (έτσι ώστε $u(\$0)=0$ και $u(\$40.000)=1$). Μια συνεδρία εκμαίευσης μπορεί να προχωρήσει ως εξής.

Αναλυτής: Αν σας προσφέρουν ένα υποθετικό λαχείο με πιθανότητα 50% να δώσει κέρδος \$0 και πιθανότητα 50% να δώσει κέρδος \$40.000, πόσο θα ήσασταν διατεθειμένος να πληρώσετε για αυτό; Προφανώς, η αναμενόμενη νομισματική αξία είναι \$20.000, αλλά θα ήθελα να ξέρω το ελάχιστο ποσό των χρημάτων που θα ήσασταν διατεθειμένος να πληρώσετε για αυτό το λαχείο.

Υπεύθυνος λήψης απόφασης (μετά από κάποια σκέψη): \$10.000.

Έτσι:

$$u(\$10.000) = 0.5 u(\$0) + 0.5 u(\$40.000) = 0.5(0) + 0.5(1) = 0.5$$

Ο αναλυτής θα χρησιμοποιήσει τώρα το ποσό των \$10.000 ως την χειρότερη απόδοση σε ένα νέο υποθετικό λαχείο.

Αναλυτής: Αν τώρα σας προσέφερα ένα υποθετικό λαχείο με πιθανότητα 50% να σας αποδώσει \$40.000 και πιθανότητα 50% να σας αποδώσει \$10.000, πόσο θα ήσασταν διατεθειμένος να πληρώσετε για αυτό το λαχείο;

Υπεύθυνος λήψης απόφασης : Περίπου \$18.000 .

Έτσι:

$$\begin{aligned} u(\$18.000) &= 0.5u(\$10.000) + 0.5u(\$40.000) \\ &= 0.5(0.5) + 0.5(1) = 0.75 \end{aligned}$$

Το ποσό των \$10.000 χρησιμοποιείται επίσης ως η καλύτερη απόδοση σε μια κλήρωση που θα προσφέρει επίσης την πιθανότητα των \$0.

Αναλυτής: Τι θα ήσασταν διατεθειμένος να πληρώσετε για ένα εισιτήριο που προσφέρει με πιθανότητα 50% το κέρδος των \$10.000 και με πιθανότητα 50% το κέρδος των \$0; Υπεύθυνος λήψης απόφασης: \$3.000 .

Έτσι:

$$u(\$3.000) = 0.5u(\$0) + 0.5u(\$10.000) = 0.5(0) + 0.5(0.5) = 0.25$$

Οπότε το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι να εκμαιεύσει ο αναλυτής τις χρηματικές αξίες που έχουν τις χρησιμότητες 0, 0.25, 0.5, 0.75 και 1. Έτσι, έχουμε:

Χρηματικές αξίες	\$0	\$3.000	\$10.000	\$18.000	\$40.000
Χρησιμότητα	0	0.25	0.5	0.75	1.0

Αν σχεδιάζαμε αυτή τη συνάρτηση χρησιμότητας σε ένα γράφημα, θα φαινόταν ότι ο υπεύθυνος αποστρέφεται τον κίνδυνο για αυτό το εύρος των νομισματικών αξιών. Η καμπύλη θα μπορούσε φυσικά, να χρησιμοποιηθεί και για την εκτίμηση των χρησιμοτήτων και άλλων χρηματικών ποσών.

Ενώ η μέθοδος του ισοδύναμου βεβαιότητας, που μόλις παρουσιάσαμε, απελευθερώνει τον υπεύθυνο λήψης απόφασης από την ανάγκη να σκεφτεί γύρω από δύσκολες πιθανότητες, δεν είναι άμοιρη κινδύνων. Να σημειώσουμε ότι η πρώτη απάντηση του υπευθύνου λήψης απόφασης (\$10.000) χρησιμοποιήθηκε από τον αναλυτή στις επόμενες εναλλακτικές λύσεις, τόσο ως καλύτερο όσο και ως χειρότερο αποτέλεσμα. Αυτή η διαδικασία είναι γνωστή ως αλυσιδωτή, και η επίδραση αυτής φτάνει να διευρύνει τα σφάλματα που μπορεί να έχουν γίνει στα κριτήρια νωρίτερα.

Το προφανές ερώτημα είναι, φτάνουν αυτές οι δύο προσεγγίσεις για την εύρεση της χρησιμότητας σε συνεπείς απαντήσεις; Δυστυχώς, υπάρχουν ενδείξεις ότι δεν φτάνουν. Πράγματι, οι χρησιμότητες είναι εξαιρετικά ευαίσθητες στη μέθοδο εύρεσής τους που υιοθετείται κάθε φορά. Για παράδειγμα, ο Hershey (Hershey et al., 1982) προσδιόρισε μια σειρά ασυνεπειών. Οι μέθοδοι ισοδύναμης βεβαιότητας κρύβουν μεγαλύτερο ρίσκο από ό,τι οι μέθοδοι ισοδύναμης πιθανότητας. Οι αποδόσεις και οι πιθανότητες που χρησιμοποιούνται στα λαχεία και, ειδικότερα, κατά πόσον ή όχι θα περιλαμβάνονται πιθανές ζημιές οδηγεί σε διαφορετικές συναρτήσεις χρησιμότητας. Επιπλέον, διαπιστώθηκε ότι οι απαντήσεις διέφεραν ανάλογα με το αν στην εναλλακτική επιλογή που προσφέρεται εμπεριέχεται κίνδυνος ή όχι. Για παράδειγμα, στη μέθοδο βεβαιότητα-ισοδυναμίας μπορούσαμε είτε να ζητήσουμε από τον υπεύθυνο λήψης αποφάσεων τι ποσό θα ήταν διατεθειμένος να πληρώσει για να αγοράσει το λαχείο είτε, αν υποθεθεί ότι το κατείχε ήδη, για πόσο θα δεχόταν να το πουλήσει. Η έρευνα δείχνει ότι υπάρχει η τάση να προτιμούμε να αγοράζουμε σε χαμηλότερη τιμή το λαχείο, από ό,τι δεχόμαστε να το πουλήσουμε. Τέλος, το πλαίσιο γύρω από το οποίο διαμορφώθηκαν οι ερωτήσεις, βρέθηκε να επηρεάζει τις απαντήσεις. Για παράδειγμα, ο Hershey (Hershey et al., 1982) αναφέρεται σε ένα προηγούμενο πείραμα, όταν η ίδια επιλογή είχε τεθεί με διαφορετικούς τρόπους, αρχικά για μια απόφαση ασφάλειας και έπειτα για ένα τυχερό παιχνίδι, όπως φαίνεται παρακάτω.

Διατύπωση ασφάλειας

Περίπτωση Α: Έχετε 1/1000 πιθανότητα να χάσετε \$1.000 .

Περίπτωση Β: Μπορείτε να αγοράσετε μια ασφάλεια με \$10 για να σας προστατεύσει από αυτή την απώλεια.

Διατύπωση τυχερού παιχνιδιού

Περίπτωση Α: Έχετε 1/1000 πιθανότητα να χάσετε \$1.000 .

Περίπτωση Β: Θα χάσετε \$10 στα σίγουρα.

Διαπιστώθηκε ότι το 81% των ερωτηθέντων προτίμησαν την περίπτωση Β στη διατύπωση της ασφάλειας, ενώ μόνο το 56% προτίμησε την περίπτωση Β στη διατύπωση του τυχερού παιχνιδιού.

Οι Tversky και Kahneman (1981), παρέχουν περαιτέρω στοιχεία που δείχνουν ότι ο τρόπος με τον οποίο πλαισιώνεται η επιλογή επηρεάζει την απάντηση της λήψης απόφασης. Βρήκαν ότι οι επιλογές που αφορούν δηλώσεις γύρω από κέρδη τείνουν να καταλήγουν σε απαντήσεις που αποστρέφονται το ρίσκο, ενώ αυτές που αφορούν ζημιές συχνά καταλήγουν σε απαντήσεις που επιζητούν το ρίσκο. Για παράδειγμα, σε ένα πείραμα ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να επιλέξουν πρόγραμμα για την καταπολέμηση μιας ασθένειας, η οποία αναμένεται να σκοτώσει 600 άτομα. Μια ομάδα είτε ότι το πρόγραμμα Α θα σώσει σίγουρα 200 ζωές, ενώ το πρόγραμμα Β προσφέρει 1/3 πιθανότητα να σώσει και τα 600 άτομα και 2/3 πιθανότητα να μην σωθεί κανείς. Οι περισσότεροι προτίμησαν το πρόγραμμα Α. Σε μια άλλη ομάδα προσφέρθηκε η ισοδύναμη επιλογή, αλλά αυτή τη φορά οι δηλώσεις αναφέρθηκαν στον αριθμό των θανάτων και όχι στο πόσες ζωές θα σωθούν. Κατά συνέπεια, είπαν ότι το πρώτο πρόγραμμα θα οδηγήσει σε 400 θανάτους, ενώ το δεύτερο θα προσφέρει 1/3 πιθανότητα να μην έχουμε θανάτους και 2/3 πιθανότητα να έχουμε 600 θανάτους. Οι περισσότεροι αυτής της ομάδας προτίμησαν το δεύτερο πρόγραμμα, το οποίο εμπεριέχει το μεγαλύτερο κίνδυνο. Περαιτέρω πειραματικά στοιχεία ότι διαφορετικές μέθοδοι αξιολόγησης οδηγούν σε διαφορετικές χρησιμότητες μπορούν να βρεθούν στη δημοσίευση των Johnson και Schkade (1989).

Ποιές είναι οι συνέπειες αυτής της έρευνας για την εκτίμηση της χρησιμότητας; Πρώτον, είναι σαφές ότι η εκτίμηση της χρησιμότητας απαιτεί προσπάθεια και δέσμευση από τον υπεύθυνο της λήψης της απόφασης. Αυτό σημαίνει ότι, πριν λάβει χώρα η πραγματική πρόκληση, θα πρέπει να υπάρχει ένα στάδιο ανάλυσης νωρίτερα, στο οποίο θα εξηγείται η σημασία του θέματος στον υπεύθυνο λήψης αποφάσεων, έτσι ώστε αυτός ή αυτή, να σκεφτεί προσεκτικά τις απαντήσεις που θα δώσει στα ερωτήματα που θα τεθούν.

Δεύτερον, το γεγονός ότι διαφορετικές μέθοδοι εύρεσης της χρησιμότητας είναι πιθανό να παραγάγουν διαφορετικές εκτιμήσεις σημαίνει, ότι κρίνεται σκόπιμη η χρήση διαφόρων μεθόδων. Θέτοντας ερωτήσεις με διαφορετικό τρόπο, μπορεί να ελεγχθεί η συνοχή των αρχικών χρησιμότητων και να διερευνηθούν οι τυχόν ασυνέπειες μεταξύ των αξιολογήσεων.

Τρίτον, δεδομένου ότι οι εκτιμήσεις χρησιμότητας είναι πολύ ευαίσθητες τόσο στις τιμές που χρησιμοποιήθηκαν όσο και στον τρόπο με τον οποίο διατυπώθηκαν οι ερωτήσεις, είναι καλή ιδέα να διατυπώσουμε τις ερωτήσεις χρησιμότητας με όρους που έχουν άμεση σχέση με τις τιμές που εμφανίζονται στο αρχικό πρόβλημα απόφασης. Για παράδειγμα, εάν δεν υπάρχει καμία πιθανότητα ζημιών που να προκύπτει από το αρχικό πρόβλημα, τα λαχεία που χρησιμοποιούνται για την εύρεση χρησιμότητας δεν πρέπει να περιλαμβάνουν πιθανότητες ζημιάς. Ομοίως, εάν το πρόβλημα απόφασης αφορά μόνο πολύ υψηλές ή χαμηλές πιθανότητες, τότε θα πρέπει να αποφεύγεται η χρήση λαχείων με πιθανότητα 50/50.

Πόσο απαραίτητη είναι η χρησιμότητα στην πράξη;

Έχουμε δει ότι η θεωρία της χρησιμότητας έχει σχεδιαστεί για να παρέχει καθοδήγηση στο πώς να επιλέξουμε ανάμεσα σε εναλλακτικές πορείες δράσης υπό συνθήκες αβεβαιότητας, αλλά πόσο χρήσιμη είναι η χρησιμότητα στην πράξη; Αξίζει πραγματικά να μπούμε στον κόπο να κάνουμε μια σειρά από δύσκολες ερωτήσεις στον υπεύθυνο λήψης της απόφασης σχετικά με λαχεία, δεδομένου ότι, όπως είδαμε, είναι πιθανό να υπάρξουν λάθη στις εκτιμήσεις που προκύπτουν; Σε μια έρευνα που δημοσιεύθηκε γύρω από εφαρμογές ανάλυσης αποφάσεων κατά τη διάρκεια μιας περιόδου 20 ετών, οι Corner και Corner (1995) διαπίστωσαν ότι τα 2/3 των εφαρμογών χρησιμοποιούσαν τις αναμενόμενες τιμές ως κριτήρια απόφασης και δεν ανέφεραν καμία εκτίμηση στάσης απέναντι στον κίνδυνο. Θα συνοψίσουμε εδώ τα επιχειρήματα τόσο τα υπέρ, όσο και τα κατά, για την εφαρμογή της χρησιμότητας και στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε τις δικές μας απόψεις στο τέλος της ενότητας.

Πρώτον, ας επαναλάβουμε ότι η χρησιμότητα επιτρέπει να ληφθεί υπόψη στο μοντέλο απόφασης, η στάση του υπευθύνου λήψης αποφάσεων απέναντι στον κίνδυνο. Ας εξετάσουμε και πάλι το πρόβλημα της έρευνας του φαρμάκου που συζητήσαμε νωρίτερα. Θα μπορούσαμε να το έχουμε προσεγγίσει με τρεις διαφορετικούς τρόπους. Πρώτον, θα μπορούσαμε να έχουμε επιλέξει την πορεία δράσης που θα οδηγούσε στον μικρότερο αναμενόμενο χρόνο ανάπτυξης. Αυτοί οι αναμενόμενοι χρόνοι θα υπολογίζονταν ως εξής:

$$\begin{aligned} \text{Αναμενόμενος χρόνος ανάπτυξης συνεχίζοντας με την υπάρχουσα μέθοδο} \\ = 0.4 \times 6 + 0.6 \times 4 = 4.8 \text{ χρόνια} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Αναμενόμενος χρόνος ανάπτυξης με τη νέα ερευνητική μέθοδο} \\ = 0.2 \times 1 + 0.4 \times 2 + 0.4 \times 8 = 4.2 \text{ χρόνια} \end{aligned}$$

Η υιοθέτηση του κριτηρίου αυτού, θα οδηγούσε στο συμπέρασμα ότι πρέπει να στραφούν προς τη νέα ερευνητική μέθοδο. Ωστόσο, το κριτήριο αυτό αγνοεί δύο παράγοντες. Πρώτον, υποθέτει ότι κάθε επιπλέον έτος της χρονικής διάρκειας ανάπτυξης είναι εξίσου κακό για τον υπεύθυνο λήψης της απόφασης, ενώ είναι δυνατό, για παράδειγμα, μια αύξηση στο διάστημα των 2 πρώτων ετών να είναι πολύ λιγότερο σοβαρή από ό,τι μια αύξηση στον 7ο ή 8ο χρόνο. Ο παράγοντας αυτός θα μπορούσε να περιγραφεί από μια συνάρτηση αξίας. Θα μπορούσε, επομένως, να χρησιμοποιηθεί μία μέθοδος για να συνδέσουμε τους αριθμούς της κλίμακα 0-100 σε διαφορετικούς χρόνους ανάπτυξης, ώστε να αντιπροσωπεύουν την προτίμηση του λήπτη απόφασης. Έτσι, οι αξίες αυτές θα αντικαταθιστούσαν τους πραγματικούς χρόνους ανάπτυξης στους παραπάνω υπολογισμούς και θα μπορούσε να επιλεγεί η πορεία δράσης που θα οδηγούσε στην υψηλότερη αναμενόμενη τιμή. Η εξαγωγή της συνάρτησης αξίας, όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 1, δεν συνεπάγεται εκτιμήσεις για πιθανότητες, και γι' αυτό δεν θα μπορούσε να συμπεριλάβει τη δεύτερη παράλειψη της παραπάνω ανάλυσης, η οποία είναι φυσικά, η στάση του υπευθύνου λήψης αποφάσεων απέναντι στον κίνδυνο. Συνεπώς, η συνάρτηση χρησιμότητας έχει σχεδιαστεί για να επιτρέπει σε αυτούς τους παράγοντες να συμπεριλαμβάνονται στην ανάλυση.

Παρά το γεγονός αυτό, υπάρχουν μια σειρά από επιχειρήματα κατά της χρήσης της χρησιμότητας. Το πιο πειστικό ίσως, σχετίζεται με τα προβλήματα της μέτρησης της χρησιμότητας. Όπως υποστήριξε ο Tocher (1977), ο υπολογισμός των χρησιμοτήτων μεταφέρει τον υπεύθυνο λήψης απόφασης από τον πραγματικό κόσμο της απόφασης, σε έναν υποθετικό. Επειδή αυτά τα λαχεία είναι μόνο φανταστικά, τα κριτήρια του υπευθύνου λήψης αποφάσεων γύρω από τη σχετική ελκυστικότητα των λαχείων μπορεί να μην

αντανακλούν αυτό που θα έκανε στην πραγματικότητα. Είναι εύκολο να πούμε ότι είμαστε έτοιμοι να αποδεχθούμε το ρίσκο κατά 10% να χάσουμε \$10.000 σε μια υποθετική λαχειοφόρο αγορά, αλλά θα αναλαμβάναμε τον κίνδυνο, αν πραγματικά αντιμετωπίζαμε αυτό το δίλημμα; Άλλοι (π.χ., οι von Winterfeldt και Edwards, 1986) υποστηρίζουν ότι εάν οι χρησιμότητες μπορούν να μετρηθούν μόνο κατά προσέγγιση, τότε μπορεί να μην αξίζει πάντα τον κόπο να τις αξιολογήσουμε, αφού μια συνάρτηση αξίας, που αξιολογείται πιο εύκολα, θα προσέφερε μια αρκετά καλή προσέγγιση. Πράγματι, ακόμη και ο Raiffa (1982), πρωτοστάτης της προσέγγισης χρησιμότητας, υποστηρίζει:

Πολλοί αναλυτές υποστηρίζουν ότι ένα σύστημα βαθμολόγησης αξίας – που έχει σχεδιαστεί για τις αποδόσεις σε συνθήκες βεβαιότητας - μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την πιθανολογική επιλογή (χρησιμοποιώντας αναμενόμενες τιμές). Μια τέτοια υπόθεση είναι λάθος θεωρητικά, αλλά όσο γίνονται πιο έμπειροι, τολμώ περισσότερο αυτές τις αναλυτικές απλουστεύσεις. Αυτό είναι, πιστεύω, ένα σχετικά ήπιο λάθος στην πράξη.

Μια άλλη επίκριση της χρησιμότητας σχετίζεται με αυτό που είναι γνωστό ως το παράδοξο του Allais. Για να το παρουσιάσουμε, ας υποθέσουμε ότι μας προσέφεραν την επιλογή των εναλλακτικών A και B, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.14 (α). Ποιό θα επιλέγαμε; Τα πειράματα δείχνουν ότι οι περισσότεροι θα επιλέγαμε την εναλλακτική A (π.χ., βλέπε Slovic and Tversky, 1974). Εξάλλου, \$1.000.000 στα σίγουρα είναι εξαιρετικά ελκυστικό, ενώ η επιλογή B προσφέρει μόνο μια μικρή πιθανότητα για \$5.000.000 και μια μεγάλη πιθανότητα να λάβουμε \$0.

Τώρα ας εξετάσουμε τις δύο επιλογές X και Y που φαίνονται στο Σχήμα 4.14 (β). Ποιά από αυτές θα διαλέγατε; Η πιο δημοφιλής επιλογή στα πειράματα είναι η X. Και με τις δύο εναλλακτικές X και Y, οι πιθανότητες να κερδίσουμε είναι σχεδόν οι ίδιες, γι' αυτό φαίνεται πως έχει νόημα να στραφούμε στην επιλογή που προσφέρει το μεγαλύτερο κέρδος.

Ωστόσο, εάν διαλέγαμε τις επιλογές A και X, οι αποφάσεις μας θα ήταν σε αντίθεση με τη θεωρία χρησιμότητας, όπως θα δείξουμε τώρα. Αν θέσουμε $u(\$5.000.000)=1$ και $u(\$0)=0$, τότε διαλέγοντας την επιλογή A έχουμε:

$$u(\$1.000.000) > 0.89u(\$1.000.000) + 0.1u(\$5.000.000) + 0.01u(\$0),$$

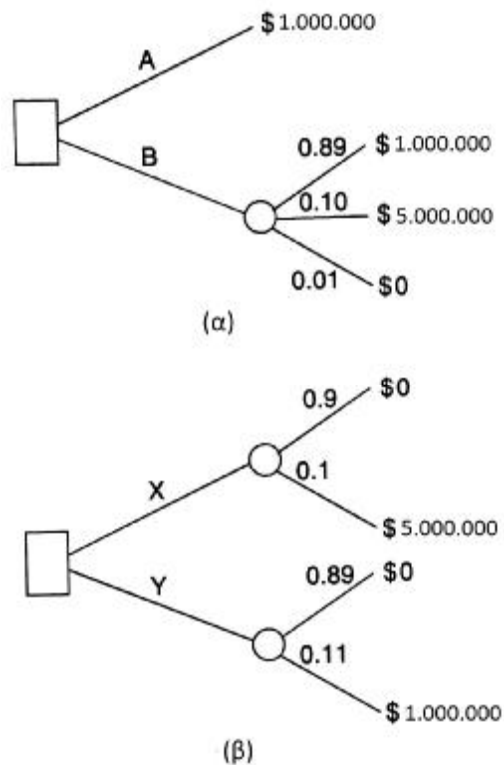
δηλαδή, $u(\$1.000.000) > 0.89u(\$1.000.000) + 0.1,$
 που συνεπάγεται: $u(\$1.000.000) > 0.1 / 0.11$

Ωστόσο, η επιλογή X σημαίνει ότι:

$$0.9u(\$0) + 0.1u(\$5.000.000) > 0.89u(\$0) + 0.11u(\$1.000.000),$$

δηλαδή, $0.1 > 0.11u(\$1.000.000)$
 που συνεπάγεται: $u(\$1.000.000) < 0.1/0.11$

Αυτό το παράδοξο αποτέλεσε το έναυσμα για πολύ συζήτηση (Stigum and Wenstop, 1983) από το 1953. Ωστόσο, θα πρέπει να τονίσουμε ότι η θεωρία της χρησιμότητας δεν επιχειρεί να περιγράψει τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι παίρνουν αποφάσεις όπως αυτές που δείξαμε παραπάνω. Προορίζεται ως κανονιστική θεωρία, η οποία υποδεικνύει τι πρέπει να κάνει ένας ορθολογικός λήπτης αποφάσεων, εάν αποδέχεται τα αξιώματα της θεωρίας. Το γεγονός ότι οι άνθρωποι παίρνουν ασυνεπείς αποφάσεις δεν μπορεί να ακυρώσει τη θεωρία. Ας θυμηθούμε ότι η θεωρία χρησιμότητας έχει σχεδιαστεί ως βοηθητική στη λήψη αποφάσεων, και εάν ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων θέλει να αγνοήσει τις ενδείξεις της, τότε αυτό είναι δικαίωμά του.



Σχήμα 4.14 - Το παράδοξο του Allais

Έχοντας συνοψίσει μερικά από τα κύρια επιχειρήματα, ποιά είναι η γνώμη μας για την πρακτική χρησιμότητα των χρησιμοτήτων; Πρώτον, έχουμε αμφιβολίες σχετικά με την πρακτική που ακολουθούν ορισμένοι αναλυτές και εφαρμόζουν την χρησιμότητα σε αποφάσεις όπου ο κίνδυνος και η αβεβαιότητα δεν αποτελούν ουσιαστική ανησυχία για τον υπεύθυνο λήψης αποφάσεων. Έτσι, οι ερωτήσεις σχετικά με τα λαχεία και τις πιθανότητες σε αυτά τα είδη των προβλημάτων, μας φαίνεται ότι είναι περιττή. Σε αυτές τις περιπτώσεις το πρόβλημα των αποδόσεων αντικρουόμενων στόχων πρέπει να είναι το κύριο μέλημα, και ως εκ τούτου, εμείς θα προτείνουμε την προσέγγιση του κεφαλαίου 1. Σε σημαντικά προβλήματα που συνεπάγονται υψηλό βαθμό αβεβαιότητας και κινδύνων, πιστεύουμε ότι η χρησιμότητα παίζει πολύτιμο ρόλο, όσο ο υπεύθυνος είναι εξοικειωμένος με την έννοια της πιθανότητας και έχει το χρόνο και την υπομονή να αφιερώσει την απαραίτητη προσπάθεια και σκέψη στα ερωτήματα που απαιτούνται από τη διαδικασία υπολογισμού της. Σε αυτές τις περιπτώσεις, ο υπολογισμός των χρησιμοτήτων μπορεί να οδηγήσει σε πολύτιμες γνώσεις σχετικά με το πρόβλημα απόφασης. Λόγω των προβλημάτων που σχετίζονται με την εκτίμηση χρησιμότητας, δεν θα πρέπει να θεωρηθούν οι χρησιμότητες ως τα τέλεια μέτρα και αυτόματα να ακολουθούμε την πορεία της δράσης, που ορίζουν αυτές. Αντ' αυτού, είναι πιο λογικό να σκεφτούμε τη συνάρτηση χρησιμότητας ως ένα χρήσιμο εργαλείο για να αποκτήσουμε μεγαλύτερη κατανόηση του προβλήματος.

Αν ο υπεύθυνος λήψης της απόφασης δεν έχει τα χαρακτηριστικά που περιγράφονται παραπάνω ή απαιτεί μόνο πρόχειρη καθοδήγηση σχετικά με ένα πρόβλημα, τότε μπορεί να μην αξίζει να εξάγει τις χρησιμότητες. Λαμβάνοντας υπόψη τα σφάλματα που είναι πιθανόν να προκύψουν κατά την αξιολόγηση των χρησιμοτήτων, η εξαγωγή των αξιών (σε αντίθεση με τις χρησιμότητες) και ο προσδιορισμός της πορείας δράσης που αποδίδει την υψηλότερη αναμενόμενη τιμή, μπορεί να προσφέρουν μια αρκετά ισχυρή προσέγγιση. (Πράγματι,

υπάρχουν ενδείξεις ότι οι γραμμικές συναρτήσεις χρησιμότητας είναι εξαιρετικά ισχυρές προσεγγίσεις). Η ανάλυση ευαισθησίας θα πρέπει, βέβαια, να δείξει πόσο ακριβείς είναι οι κρίσεις που απαιτούνται (π.χ., βλέπε Kirkwood, 2004).

Στο τελευταίο τμήμα αυτού του κεφαλαίου θα επεκτείνουμε την εφαρμογή της χρησιμότητας, σε προβλήματα που αφορούν περισσότερα από ένα, χαρακτηριστικά. Θα πρέπει να επισημάνουμε ότι η ανάλυση χρησιμότητας πολλαπλών χαρακτηριστικών μπορεί να είναι αρκετά περίπλοκη και ο αριθμός των ατόμων που την εφαρμόζουν δεν είναι μεγάλος. Υπό το πρίσμα αυτό, και τα σημεία που διατυπώθηκαν κατά τη συζήτηση μας παραπάνω, αποφασίσαμε να δώσουμε μόνο μια εισαγωγή σε αυτόν τον τομέα, έτσι ώστε να μπορεί να αποκτηθεί μια γενική εκτίμηση των κριτηρίων που απαιτούνται.

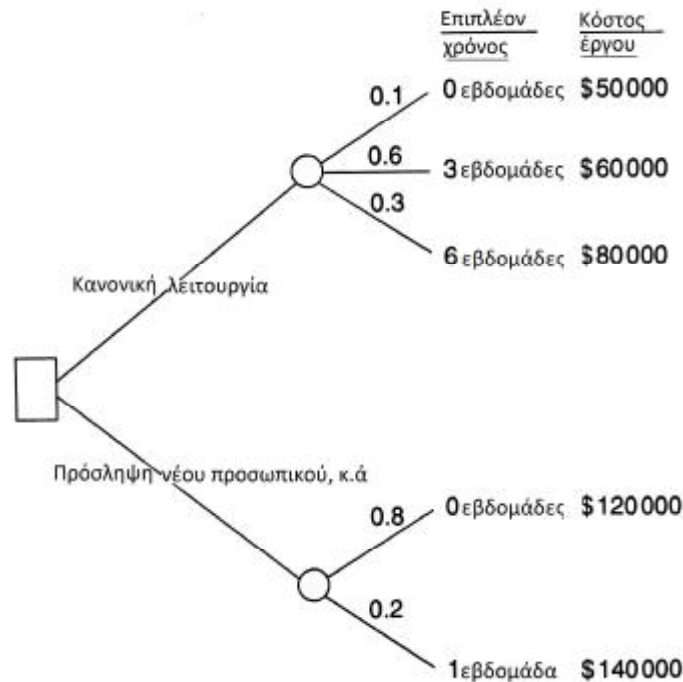
Χρησιμότητα πολλαπλών χαρακτηριστικών

Μέχρι τώρα στο κεφάλαιο αυτό, έχουμε επικεντρωθεί σε προβλήματα λήψης που εμπεριέχουν αβεβαιότητα και μόνο ένα χαρακτηριστικό. Στη συνέχεια, θα εξετάσουμε πώς μπορούμε να χειριστούμε προβλήματα που σχετίζονται με αβεβαιότητα και πολλαπλά χαρακτηριστικά. Στην ουσία, το πρόβλημα υπολογισμού της συνάρτησης χρησιμότητας πολλαπλών χαρακτηριστικών είναι ανάλογη με εκείνη της συνάρτησης αξίας πολλαπλών χαρακτηριστικών. Και πάλι, εφαρμόζεται η φιλοσοφία του "διαίρει και βασίλευε". Όπως υποστηρίξαμε και προηγουμένως, μεγάλα και πολύπλευρα προβλήματα είναι συχνά δύσκολο να γίνουν αντιληπτά στο σύνολό τους. Με τη διαίρεση του προβλήματος σε μικρά κομμάτια και επιτρέποντας στον λήπτη απόφασης να επικεντρωθεί σε κάθε μικρό τμήμα ξεχωριστά, έχουμε ως στόχο να απλοποιήσουμε το έργο του. Έτσι, εάν ισχύουν συγκεκριμένες συνθήκες, μπορούμε να υπολογίσουμε τη συνάρτηση χρησιμότητας για κάθε χαρακτηριστικό, χρησιμοποιώντας τις μεθόδους που αναφέραμε σε προηγούμενες ενότητες, κι έπειτα να τις συνδυάσουμε για να πάρουμε τη συνάρτηση χρησιμότητας πολλαπλών χαρακτηριστικών. Έχει προταθεί ένας μεγάλος αριθμός μεθόδων για την εκτέλεση αυτής της ανάλυσης, αλλά η προσέγγιση που θα συζητήσουμε σχετίζεται με αυτήν των Keeney και Raiffa (1976b). Η προσέγγιση αυτή έχει εφαρμοστεί σε προβλήματα απόφασης όπως την επέκταση του αεροδρομίου του Μεξικό (de Neufville και Keeney, 1972), την επιλογή των χώρων για τους πυρηνικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (Kirkwood, 1982).

Η εταιρεία Decanal Engineering

Για να παρουσιάσουμε την προσέγγιση, ας εξετάσουμε το ακόλουθο πρόβλημα που αφορά μόνο δύο χαρακτηριστικά. Η Decanal Engineering Corporation υπέγραψε πρόσφατα σύμβαση για μια σημαντική γενική επισκευή του εξοπλισμού μιας εταιρείας. Στην ιδανική περίπτωση, ο πελάτης επιθυμεί να ολοκληρωθεί η επισκευή σε 12 εβδομάδες και, αν η Decanal πετύχει τον στόχο ή δεν υπερβεί κατά ένα σημαντικό χρονικό διάστημα, είναι πιθανό να κερδίσει ένα σημαντικό ποσό υπεραξίας από τον πελάτη και αυξημένη φήμη σε όλη τη βιομηχανία. Ωστόσο, για να αυξήσει τις πιθανότητες επίτευξης του στόχου, η εταιρεία θα πρέπει να προσλάβει επιπλέον υπαλλήλους ώστε να δουλεύει η εταιρεία σε 24ωρη βάση, κάτι που θα αυξήσει το κόστος της. Έτσι, η εταιρεία έχει δύο αντικρουόμενους στόχους: (1) την ελαχιστοποίηση του χρόνου που υπερβαίνει την ημερομηνία-στόχο και (2) την ελαχιστοποίηση του κόστους του έργου.

Για λόγους απλότητας, θα υποθέσουμε ότι ο διαχειριστής του έργου της εταιρείας έχει δύο επιλογές: (1) κανονική λειτουργία ή (2) την πρόσληψη εργαζομένων που θα εργάζονται σε 24ωρες βάρδιες. Οι εκτιμήσεις του για τις πιθανότητες να υπερβεί το έργο την ημερομηνία-στόχο για έναν ορισμένο αριθμό εβδομάδων εμφανίζεται στο δέντρο απόφασης στο σχήμα 4.15. Το κόστος του έργου για τις δύο επιλογές και για διαφορετικές διάρκειες αυτού, εμφανίζεται επίσης στο δέντρο. (Σημειώστε ότι, αφού επιλεγεί μια συγκεκριμένη επιλογή, όσο περισσότερος χρόνος χρειαστεί για να ολοκληρωθεί το έργο, τόσο μεγαλύτερο θα είναι το κόστος, αφού υπάλληλοι, μηχανήματα, κλπ θα πρέπει να απασχολούνται στο έργο για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα).



Σχήμα 4.15: Δέντρο απόφασης για το πρόβλημα του έργου επισκευής.

Για να αναλύσουμε το πρόβλημα αυτό, πρέπει να εξάγουμε την πολλαπλών χαρακτηριστικών συνάρτηση χρησιμότητας που θα επιτρέψει στον υπεύθυνο του έργου να συγκρίνει τις δύο επιλογές. Η διαδικασία αυτή απλοποιείται αν μπορούν να γίνουν ορισμένες παραδοχές. Η πιο σημαντική από αυτές είναι εκείνη της ανεξαρτησίας της αμοιβαίας χρησιμότητας.

Αμοιβαία ανεξαρτησία χρησιμότητας

Ας υποθέσουμε ότι ο διαχειριστής του έργου είναι αδιάφορος μεταξύ των ακόλουθων εναλλακτικών λύσεων:

- A. Ένα έργο που σίγουρα θα υπερβεί χρονικά κατά 2 εβδομάδες και θα κοστίσει σίγουρα \$50.000.

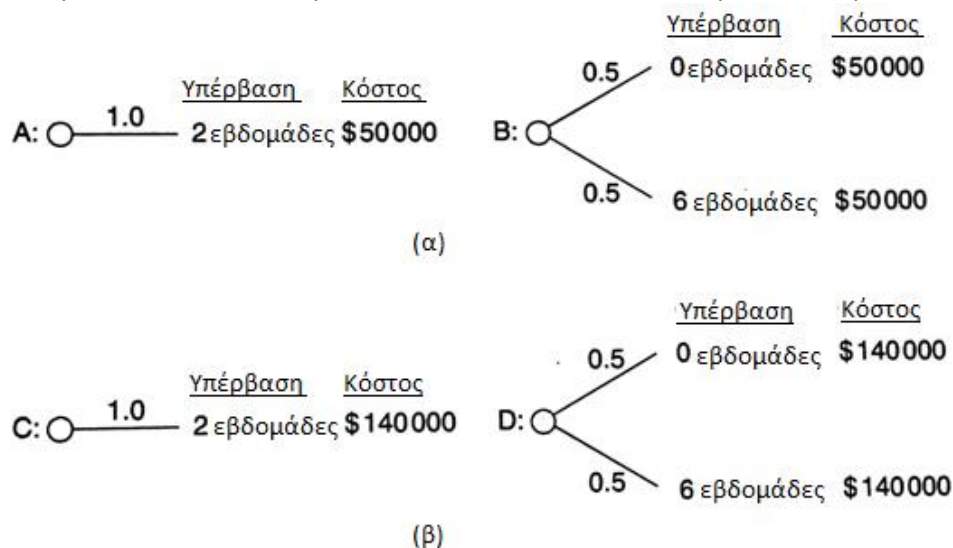
- B. Ένα στοίχημα που θα του δώσει μια πιθανότητα 50% το έργο να υπερβεί κατά 0 εβδομάδες (δηλαδή, ικανοποιείται ο στόχος) και να κοστίζει \$50.000 και μια πιθανότητα 50% το έργο να υπερβεί κατά 6 εβδομάδες και να κοστίζει \$50.000.

Αυτές οι εναλλακτικές λύσεις φαίνονται στο Σχήμα 4.16 (α) (ας σημειώσουμε ότι όλα τα έξοδα είναι τα ίδια).

Ας υποθέσουμε ότι προσφέρουμε τώρα στον διαχειριστή του έργου τις δύο ίδιες επιλογές, αλλά με τις δαπάνες του έργου να αυξάνονται στα \$140.000, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.16 (β). Αν ο διαχειριστής του έργου εξακολουθεί να είναι αδιάφορος μεταξύ των επιλογών τότε σαφώς η προτίμησή του μεταξύ των χρονικών υπερβάσεων δεν επηρεάζεται από την αλλαγή του κόστους. Αν αυτή η περίπτωση ισχύει για όλα τα πιθανά κόστη, τότε ο χρόνος υπέρβασης λέγεται ότι είναι ανεξάρτητης χρησιμότητας από το κόστος του έργου. Γενικότερα, το χαρακτηριστικό A είναι ανεξάρτητης χρησιμότητας του χαρακτηριστικού B, εάν οι προτιμήσεις του αποφασίζοντα των τυχερών παιχνιδιών που περιλαμβάνουν διαφορετικά επίπεδα του A, αλλά το ίδιο επίπεδο του B, δεν εξαρτώνται από το επίπεδο του χαρακτηριστικού B.

Μπορεί να δει κανείς ότι η ανεξαρτησία χρησιμότητας είναι ανάλογη με την ανεξαρτησία προτίμησης, εκτός από το ότι τώρα εξετάζουμε προβλήματα που εμπεριέχουν αβεβαιότητα. Εάν το κόστος του έργου είναι επίσης ανεξάρτητης χρησιμότητας του χρόνου υπέρβασης, τότε μπορούμε να πούμε ότι η υπέρβαση του χρόνου και το κόστος του έργου είναι αμοιβαία ανεξάρτητης χρησιμότητας.

Το μεγάλο πλεονέκτημα της αμοιβαίας ανεξαρτησίας της χρησιμότητας, εάν υπάρχει, είναι ότι επιτρέπει στον υπεύθυνο λήψης αποφάσεων να επικεντρωθεί αρχικά στην εύρεση των συναρτήσεων χρησιμότητας για ένα χαρακτηριστικό κάθε φορά, χωρίς να χρειάζεται να ανησυχεί για τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά. Εάν αυτή η ανεξαρτησία δεν υφίσταται, τότε η ανάλυση μπορεί να είναι εξαιρετικά πολύπλοκη (βλέπε Keeney και Raiffa, 1976), αλλά σε πολλές και διαφορετικές καταστάσεις στην πράξη, είναι δυνατόν συνήθως να καθοριστούν τα χαρακτηριστικά κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να έχουν την απαιτούμενη ανεξαρτησία.



Σχήμα 4.16: Καθορισμός της ανεξαρτησίας της χρησιμότητας.

Εξάγοντας την πολλαπλών-χαρακτηριστικών συνάρτηση

χρησιμότητας

Υποθέτοντας ότι υπάρχει αμοιβαία ανεξαρτησία χρησιμότητας, θα εξάγουμε την συνάρτηση χρησιμότητας πολλαπλών χαρακτηριστικών ως εξής.

Στάδιο 1: Υπολογισμός των συναρτήσεων χρησιμότητας ενός χαρακτηριστικού, για την υπέρβαση του χρόνου και για το κόστους του έργου.

Στάδιο 2: Συνδυασμός των παραπάνω συναρτήσεων για να αποκτήσουμε τη συνάρτηση χρησιμότητας πολλαπλών χαρακτηριστικών, ώστε να μπορούμε να συγκρίνουμε τις εναλλακτικές πορείες δράσης όσον αφορά τις επιδόσεις τους σε πάνω από δύο χαρακτηριστικά.

Στάδιο 3: Εκτελούμε τους ελέγχους συνέπειας, για να δούμε αν η συνάρτηση χρησιμότητας πολλαπλών χαρακτηριστικών αντιπροσωπεύει πραγματικά τις προτιμήσεις του αποφασίζοντα, και επίσης την ανάλυση ευαισθησίας για να εξετάσουμε την επίδραση των μεταβολών στα στοιχεία που παρέχονται από τον λήπτη απόφασης.

Στάδιο 1

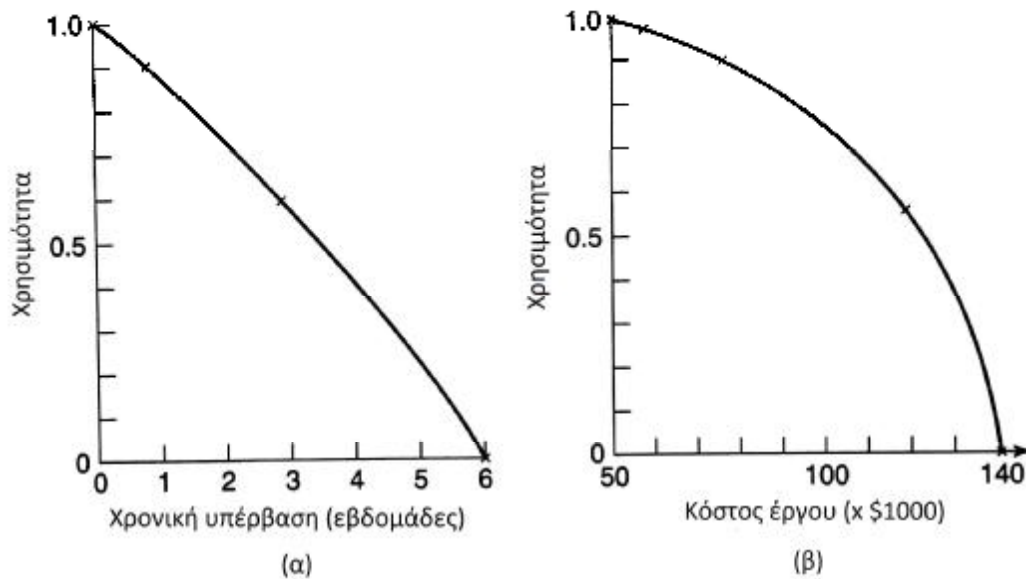
Πρώτα θα πρέπει να εξάγουμε μία συνάρτηση χρησιμότητας για την χρονική υπέρβαση του έργου. Χρησιμοποιώντας την προσέγγιση που συζητήσαμε νωρίτερα στο πλαίσιο της χρησιμότητας ενός χαρακτηριστικού, δίνουμε στην καλύτερη υπέρβαση (0 εβδομάδες) την χρησιμότητα 1,0 και στην χειρότερη (6 εβδομάδες), την χρησιμότητα 0. Στη συνέχεια προσπαθούμε να βρούμε τη χρησιμότητα των ενδιάμεσων τιμών, ξεκινώντας με την υπέρβαση των 3 εβδομάδων. Αφού έγιναν μια σειρά από ερωτήσεις στον διαχειριστή του έργου, έδειξε ότι είναι αδιάφορος μεταξύ:

A. Ένα έργο που σίγουρα θα υπερβεί κατά 3 εβδομάδες.

B. Ένα τυχερό παιχνίδι που προσφέρουν 60% πιθανότητα το έργο να υπερβεί κατά 0 εβδομάδες και 40% πιθανότητα να υποστεί υπέρβαση 6 εβδομάδων.

Αυτό συνεπάγεται ότι $u(3 \text{ εβδομάδες υπέρβαση}) = 0.6$. Με μια παρόμοια διαδικασία, ο διαχειριστής αναφέρει ότι $u(1 \text{ εβδομάδα υπέρβαση}) = 0.9$. Η προκύπτουσα συνάρτηση χρησιμότητας δείχνεται στο Σχήμα 4.17(α).

Στη συνέχεια, επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία εξαγωγής της συνάρτησης χρησιμότητας για το κόστος του έργου. Η συνάρτηση που προκύπτει από το διαχειριστή δείχνεται στο Σχήμα 4.17(β). Ο Πίνακας 4.4 συνοψίζει τις χρησιμότητες που έχουν υπολογιστεί για την χρονική υπέρβαση και το κόστος.



Σχήμα 4.17: Συναρτήσεις χρησιμότητας για την χρονική υπέρβαση και το κόστος του έργου

Χρόνος υπέρβασης (σε εβδομάδες)	Χρησιμότητα	Κόστος (\$)	Χρησιμότητα
0	1.0	50 000	1.00
1	0.9	60 000	0.96
3	0.6	80 000	0.90
6	0.0	120 000	0.55
		140 000	0.00

Πίνακας 4.4: Συναρτήσεις χρησιμότητας του διαχειριστή του έργου για την χρονική υπέρβαση και το κόστος

Στάδιο 2

Πρέπει τώρα να συνδυάσουμε αυτές τις συναρτήσεις χρησιμότητας για να πάρουμε τη συνάρτηση χρησιμότητας πολλαπλών χαρακτηριστικών. Αν τα δύο χαρακτηριστικά είναι αμοιβαίως ανεξάρτητης χρησιμότητας τότε μπορεί να αποδειχθεί ότι η συνάρτηση χρησιμότητας πολλαπλών χαρακτηριστικών θα έχει την ακόλουθη μορφή:

$$u(x_1, x_2) = k_1 u(x_1) + k_2 u(x_2) + k_3 u(x_3) u(x_2)$$

όπου

$$\begin{aligned} x_1 &= \text{το επίπεδο του χαρακτηριστικού 1} \\ x_2 &= \text{το επίπεδο του χαρακτηριστικού 2} \end{aligned}$$

$u(x_1, x_2)$ = η χρησιμότητα πολλαπλών χαρακτηριστικών, εάν το χαρακτηριστικό 1 έχει επίπεδο x_1 και το χαρακτηριστικό 2 έχει επίπεδο x_2

$$\begin{aligned} u(x_1) &= \text{η χρησιμότητα του χαρακτηριστικού 1, αν έχει επίπεδο } x_1 \\ u(x_2) &= \text{η χρησιμότητα του χαρακτηριστικού 2, αν έχει επίπεδο } x_2 \end{aligned}$$

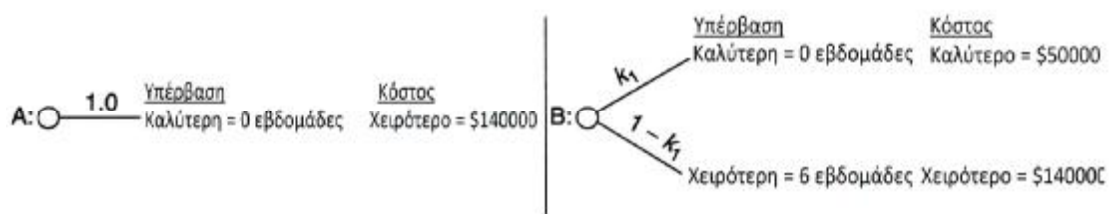
και k_1, k_2, k_3 είναι αριθμοί που χρησιμοποιούνται για "σταθμίσειν" τις χρησιμότητες μονού χαρακτηριστικού.

Στο στάδιο 1 υπολογίσαμε τις $u(x_1)$ και $u(x_2)$, οπότε τώρα χρειάζεται να βρούμε τις τιμές των k_1, k_2 και k_3 . Σημειώνουμε ότι το k_1 είναι το βάρος που συνδέεται με την χρησιμότητα για την υπέρβαση του χρόνου. Για να βρείτε την αξία των k_1, k_2 και k_3 , θα προσφέρουμε στον διαχειριστή του έργου να επιλέξει μεταξύ των ακόλουθων εναλλακτικών λύσεων.

- A. Ένα έργο όπου η χρονική υπέρβαση σίγουρα θα είναι στο καλύτερο επίπεδο της (δηλαδή, 0 εβδομάδες), αλλά όπου το κόστος είναι βέβαιο ότι θα είναι στο χειρότερο επίπεδο του (δηλαδή, \$140 000) ή
- B. Μια κλήρωση που προσφέρει πιθανότητα k_1 , τόσο το κόστος όσο και η υπέρβαση να είναι στα καλύτερα επίπεδά τους (δηλαδή, 0 εβδομάδες και \$50 000) και πιθανότητα $(1 - k_1)$ ότι και τα δύο θα είναι στα χειρότερα επίπεδα τους (δηλαδή, έξι εβδομάδες και \$140 000, αντίστοιχα).

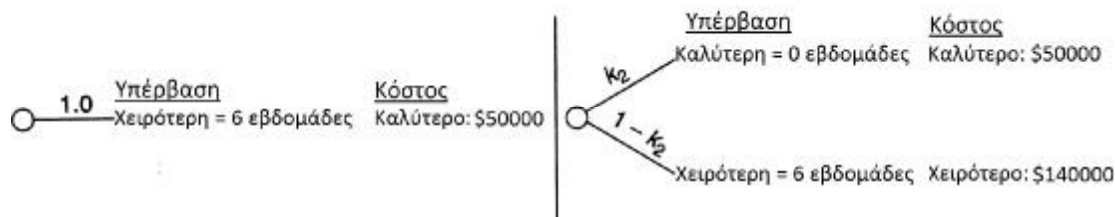
Οι επιλογές αυτές παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.18. Σημειώστε ότι επειδή ψάχνουμε την τιμή του k_1 , το χαρακτηριστικό 1 (δηλαδή, η υπέρβαση) εμφανίζεται στο καλύτερο επίπεδο στο συγκεκριμένο αποτέλεσμα.

Ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων τώρα ρώταται για ποιά τιμή της πιθανότητας k_1 θα αδιαφορήσει μεταξύ της σίγουρης έκβασης και της κλήρωσης. Μετά από λίγη σκέψη, ο ίδιος δηλώνει ότι η πιθανότητα αυτή θα πρέπει να είναι 0.8, έτσι $k_1 = 0.8$. Αυτό υποδηλώνει ότι η "μεταστροφή" από τον χειρότερο στον καλύτερο χρόνο υπέρβασης θεωρείται σημαντική από τον υπεύθυνο του έργου σε σχέση με το κόστος του έργου. Αν μόλις που νοιαζόταν για το αν η υπέρβαση ήταν 0 ή 6 εβδομάδες, θα αρκούσε μια μικρή μόνο τιμή του k_1 για να τον κάνει να αδιαφορεί για ένα τυχερό παιχνίδι, όπου η υπέρβαση του χρόνου θα μπορούσε να καταλήξει στο χειρότερο επίπεδο.



Σχήμα 4.18: Καθορίζοντας την τιμή k_1 .

Για να υπολογίσουμε την τιμή k_2 , το βάρος του κόστους του έργου, προσφέρουμε στον διαχειριστή ένα παρόμοιο ζευγάρι επιλογών. Ωστόσο, στο σίγουρο αποτέλεσμα, το κόστος του έργου είναι στο καλύτερο επίπεδο, ενώ το άλλο χαρακτηριστικό είναι στο χειρότερο επίπεδο. Η πιθανότητα της καλύτερης έκβασης στην λοταρία είναι τώρα η k_2 . Αυτές οι δύο επιλογές παρουσιάζονται στο σχήμα 4.19.



Σχήμα 4.19: Καθορίζοντας την τιμή k_2 .

Στη συνέχεια ρωτάμε τον διαχειριστή για ποιά τιμή k_2 θα γινόταν αδιάφορος μεταξύ των δύο επιλογών. Θεωρεί για την τιμή 0.6, οπότε $k_2 = 0.6$. Το γεγονός ότι η τιμή k_2 είναι μικρότερη από την k_1 σημαίνει ότι ο διαχειριστής του έργου αντιμετωπίζει την ταλάντευση (swing) του κόστους από το χειρότερο στο καλύτερο επίπεδο ως μικρότερης σημασίας απ' ό τι την ταλάντευση του χρόνου υπέρβασης από το χειρότερο στο καλύτερο επίπεδο, αντίστοιχα. Όταν του προσφέρεται μια υλοποίηση του έργου ως σίγουρη επιλογή και με το χαμηλότερο κόστος, αυτός απαιτεί μικρότερη τιμή πιθανότητας k_2 για να συμμετέχει σε μια λοταρία που μπορεί να του εξασφαλίσει τον καλύτερο χρόνο υπέρβασης, αλλά με τον κίνδυνο του κόστους να βρεθεί στο χειρότερο επίπεδο.

Και τέλος πρέπει να υπολογίσουμε και την τιμή k_3 . Πρόκειται για έναν απλό υπολογισμό που προκύπτει ως εξής:

$$k_1 + k_2 + k_3 = 1, \text{ οπότε } k_3 = 1 - k_1 - k_2$$

Έτσι, στην περίπτωση μας:

$$k_3 = 1 - 0.8 - 0.6 = -0.4$$

Άρα, η συνάρτηση χρησιμότητας πολλαπλών χαρακτηριστικών του διαχειριστή του έργου είναι:

$$u(x_1, x_2) = 0.8 u(x_1) + 0.6 u(x_2) - 0.4 u(x_1)u(x_2)$$

Σ' αυτό το σημείο μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την παραπάνω συνάρτηση, για να καθορίσουμε τις χρησιμότητες των διαφορετικών εκβάσεων του δέντρου απόφασης. Για παράδειγμα, για να βρεθεί η χρησιμότητα του έργου που έχει χρόνο υπέρβασης 3 εβδομάδες και κοστίζει \$60 000, λειτουργούμε ως εξής:

Από τις συναρτήσεις ενός μόνο χαρακτηριστικού, που βρέθηκαν αρχικά, γνωρίζουμε ότι

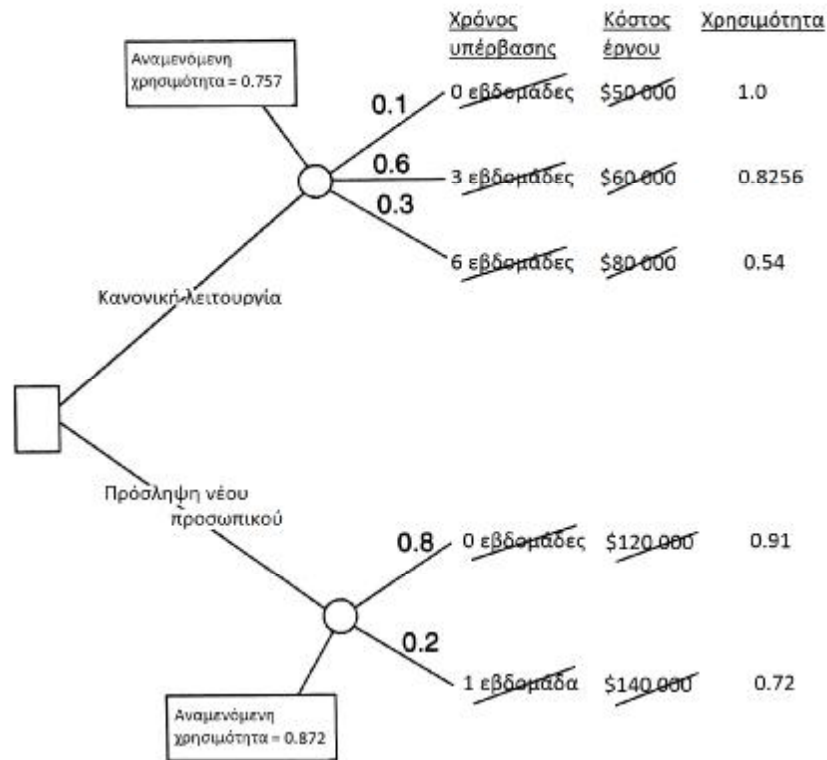
$$u(\text{υπέρβαση } 3 \text{ εβδομάδων}) = 0.6 \text{ και } u(\text{κόστος } \$60 \text{ 000}) = 0.96$$

οπότε:

$$\begin{aligned} u(\text{υπέρβαση } 3 \text{ εβδομάδων, κόστος } \$60 \text{ 000}) &= \\ &= 0.8u(\text{υπέρβαση } 3 \text{ εβδομάδων}) \\ &+ 0.6u(\text{κόστος } \$60 \text{ 000}) \\ &- 0.4u(\text{υπέρβαση } 3 \text{ εβδομάδων})u(\text{κόστος } \$60 \text{ 000}) \end{aligned}$$

Το σχήμα 4.20 δείχνει ξανά το δέντρο απόφασης με τις χρησιμότητες πολλαπλών χαρακτηριστικών, αντικαθιστώντας τις αρχικές τιμές των χαρακτηριστικών. Πολλαπλασιάζοντας τις πιθανότητες των εκβάσεων με τις αντίστοιχες χρησιμότητες,

καταλήγουμε στην αναμενόμενη χρησιμότητα κάθε επιλογής. Τα αποτελέσματα που φαίνονται στο δέντρο υποδηλώνουν ότι ο διαχειριστής του έργου πρέπει να προβεί σε πρόσληψη επιπλέον προσωπικού προς 24ωρη λειτουργία της εταιρίας, αφού σ' αυτήν την επιλογή παρατηρείται η μέγιστη αναμενόμενη πιθανότητα.

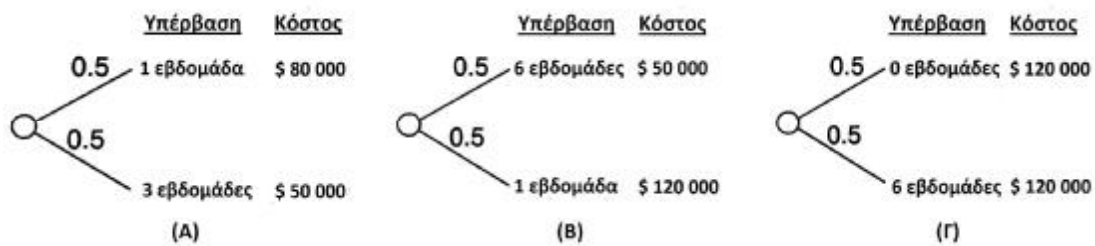


Σχήμα 4.20: Το δέντρο απόφασης του διαχειριστή του έργου, με τις χρησιμότητες

Στάδιο 3

Είναι πολύ σημαντικό να ελέγξουμε εάν τα αποτελέσματα της ανάλυσης αναπαριστούν πραγματικά, τις προτιμήσεις του διαχειριστή του έργου. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να χρειαστεί να γυρίσουμε προς τα πίσω και να δούμε γιατί η μια επιλογή λειτουργεί καλά και η άλλη όχι. Εάν ο υπεύθυνος λήψης της απόφασης θεωρήσει ότι οι εξηγήσεις αυτές δεν είναι συνεπείς με τις προτιμήσεις του, τότε η ανάλυση θα χρειαστεί να επαναληφθεί. Στην πραγματικότητα, χρειάζονται πολλές επαναλήψεις πριν επιτευχθεί μια συνεπής αναπαράσταση, και όσο περισσότερο κατανοεί το πρόβλημα ο υπεύθυνος λήψης της απόφασης, μπορεί να επαναλάβει προηγούμενα διλήμματα.

Ένας άλλος τρόπος να ελέγξουμε την συνέπεια των προτιμήσεων του υπεύθυνου λήψης αποφάσεων, είναι να του θέσουμε νέα ζεύγη λοταριών και να του ζητήσουμε να τα κατατάξει κατά σειρά προτίμησης. Για παράδειγμα, θα μπορούσαμε να του κάνουμε την προσφορά των τριών λοταριών που φαίνονται στο σχήμα 4.21. Οι αναμενόμενες χρησιμότητες και των τριών είναι A: 0.726, B: 0.888 και Γ:0.620, οπότε αν είναι συνεπής θα πρέπει να κατατάξει τις τρεις λοταρίες ως εξής B, A, Γ. Θα πρέπει επίσης να κάνουμε ανάλυση ευαισθησίας για τις πιθανότητες και τις χρησιμότητες, ελέγχοντας για παράδειγμα την επιρροή των αλλαγών των τιμών των k_1 και k_2 .



Σχήμα 4.21: Έλεγχος συνέπειας των απαντήσεων του υπευθύνου λήψης αποφάσεων.

Ερμηνεία των χρησιμοτήτων πολλαπλών χαρακτηριστικών

Στην προηγούμενη ανάλυση, σε μια αναμενόμενη χρησιμότητα 0.872 για την επιλογή «πρόσληψη επιπλέον προσωπικού...», αλλά τι σημαίνει αυτό στην πραγματικότητα; Νωρίτερα στο κεφάλαιο, παρουσιάσαμε πως μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την έννοια της χρησιμότητας για να μετατρέψουμε ένα πρόβλημα απόφασης σε μια επιλογή μεταξύ λοταριών, τις οποίες θεώρησε ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων ως ισοδύναμες με τις εκβάσεις του προβλήματος. Κάθε μία από αυτές τις λοταρίες, καταλήγει είτε στο καλύτερο, είτε στο χειρότερο πιθανό αποτέλεσμα, αλλά με διαφορετική τιμή πιθανότητας. Το ίδιο ισχύει και με την χρησιμότητα πολλαπλών χαρακτηριστικών. Στην περίπτωση των πολλαπλών χαρακτηριστικών, οι λοταρίες θα καταλήξουν είτε στο καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα και για τα δύο χαρακτηριστικά, είτε στο χειρότερο και για τα δύο πάλι χαρακτηριστικά. Έτσι η αναμενόμενη χρησιμότητα 0.872 για την επιλογή «πρόσληψη επιπλέον προσωπικού...» σημαίνει ότι ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων θεωρεί αυτή την επιλογή ως ισοδύναμη με μία λοταρία που προσφέρει 0.872 πιθανότητα για το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα και για τα δύο χαρακτηριστικά (και την συμπληρωματική πιθανότητα για το χειρότερο δυνατό αποτέλεσμα και για τα δύο χαρακτηριστικά). Φαίνεται λοιπόν λογικό, να προτιμήσει την επιλογή αυτή έναντι της εναλλακτικής, δηλαδή της κανονικής λειτουργίας, που θεωρεί ότι ισοδυναμεί με μια λοταρία που δίνει 0.757 πιθανότητα για το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα και για τα δύο χαρακτηριστικά.

Επιπλέον σημεία της χρησιμότητας πολλαπλών χαρακτηριστικών

Οι αρχές που εφαρμόσαμε στο πρόβλημα των δύο χαρακτηριστικών παραπάνω, μπορούν να επεκταθούν για οποιονδήποτε αριθμό χαρακτηριστικών (δείτε για παράδειγμα, τον Bunn (1982) που εξετάζει ένα πρόβλημα τεσσάρων χαρακτηριστικών) παρόλο που ο τύπος της συνάρτησης χρησιμότητας γίνεται ολοένα και πιο πολύπλοκος καθώς ο αριθμός των χαρακτηριστικών αυξάνει. Ωστόσο, έχουν αναπτυχθεί πολλά μοντέλα που χειρίζονται αυτά τα προβλήματα όπου δεν υπάρχει αμοιβαία ανεξαρτησία χρησιμότητας (Keeney and Raiffa, 1976) όμως η πολυπλοκότητα αυτών των μοντέλων τα καθιστά δύσκολα στην πράξη. Σε κάθε περίπτωση, εάν δεν υπάρχει αμοιβαία ανεξαρτησία χρησιμότητας, είναι πιθανό με επαναπροσδιορισμό των χαρακτηριστικών να βρεθεί ένα νέο σύνολο που θα έχει την απαιτούμενη ανεξαρτησία (έγινε αναφορά σε ανάλογο πρόβλημα στο κεφάλαιο 1 στις συναρτήσεις αξίας πολλαπλών χαρακτηριστικών).

Η προσέγγιση χρησιμότητας πολλαπλών χαρακτηριστικών που συζητήθηκε νωρίτερα, απαιτεί προφανώς μεγάλη δέσμευση χρόνου και προσπάθειας από την μεριά του υπευθύνου λήψης αποφάσεων και ένα άτομο χωρίς μαθηματικό υπόβαθρο μπορεί να διατηρεί αμφιβολίες για τα αποτελέσματα της προσέγγισης μιας και λείπει η «διαφάνεια» της μεθόδου SMART, στην οποία αναφερθήκαμε στο Κεφάλαιο 1. Σε όλα τα μοντέλα πρέπει να υπάρξει μια ισορροπία μεταξύ της ευθύτητας με την οποία αναπαριστά το μοντέλο το πραγματικό πρόβλημα και της προσπάθειας που απαιτείται για τον σχηματισμό του μοντέλου.

Περίληψη

Σ' αυτό το κεφάλαιο αναφέραμε έναν αριθμό μεθόδων που βοηθούν τον υπεύθυνο λήψης της απόφασης να πάρει ορθολογικές αποφάσεις όταν τα αποτελέσματα κάθε πορείας δράσης εμπεριέχουν αβεβαιότητα. Η προσέγγιση που βασίστηκε στην αναμενόμενη νομισματική αξία ήταν σχετικά απλή, αλλά αν ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων δεν είναι ουδέτερος απέναντι στον κίνδυνο τότε μπορεί να οδηγηθεί σε διαφορετική πορεία δράσης απ' ότι θα έπρεπε. Γι' αυτό, εισαγάγαμε την έννοια της αναμενόμενης χρησιμότητας, για να δείξουμε πώς μπορεί να συμπεριληφθεί στο μοντέλο απόφασης και η στάση του υπευθύνου λήψης απόφασης απέναντι στον κίνδυνο. Στο τέλος, δείξαμε πώς μπορεί να επεκταθεί η εφαρμογή της χρησιμότητας σε προβλήματα απόφασης με περισσότερα από ένα χαρακτηριστικά.



Εισαγωγή

Την πρώτη φορά που καλούμαστε να αντιμετωπίσουμε προβλήματα απόφασης, κάποια από αυτά μοιάζουν να είναι αρκετά σύνθετα. Κάθε απόπειρα καθαρής σκέψης αποτυγχάνει, λόγω του μεγάλου αριθμού αλληλένδετων στοιχείων τα οποία σχετίζονται με το πρόβλημα, έτσι ώστε στην καλύτερη περίπτωση, ο λήπτης αποφάσεων να έχει μια θολή εικόνα των θεμάτων που εμπλέκονται, χωρίς τη βοήθεια ενός ειδικού στην επίλυση αυτών των προβλημάτων. Υπό αυτές τις συνθήκες, τα δέντρα απόφασης και τα διαγράμματα επιρροής μπορούν να αποβούν εξαιρετικά χρήσιμα, βοηθώντας στο να κατανοήσουμε την δομή των προβλημάτων που αντιμετωπίζουμε.

Έχουμε ήδη κάνει αναφορά σε απλά δέντρα απόφασης στο Κεφάλαιο 4, αλλά σε αυτό το κεφάλαιο θα επεκταθούμε, για να δείξουμε πώς μπορούν να διαμορφωθούν τα προβλήματα πολλαπλών σταδίων. Τα προβλήματα απόφασης χαρακτηρίζονται ως προβλήματα απόφασης πολλαπλών σταδίων, όταν η επιλογή μιας συγκεκριμένης εναλλακτικής μπορεί να οδηγήσει σε συνθήκες που θα απαιτήσουν να πάρουμε ακόμα μια απόφαση. Για παράδειγμα, μια εταιρεία μπορεί να πρέπει να πάρει μια άμεση απόφαση σχετικά με την ικανότητα παραγωγής που θα πρέπει να παρέχεται σε ένα νέο προϊόν. Αργότερα, όταν το προϊόν θα βρίσκεται ήδη στην αγορά για αρκετά χρόνια, μπορεί να πρέπει να αποφασίσει η εταιρεία, εάν θα επεκτείνει ή θα μειώσει την ικανότητα αυτή. Αυτή η μεταγενέστερη απόφαση θα πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά την αρχική απόφαση, διότι το κόστος της μετατροπής από το ένα επίπεδο ικανότητας στο άλλο, ενδέχεται να διαφέρει. Η απόφαση λοιπόν να επενδύσει τώρα σε μια πολύ μικρή μονάδα παραγωγής, μπορεί να οδηγήσει σε υψηλό κόστος στο μέλλον, αν χρειαστεί να οδηγηθεί σε μεγάλη επέκταση. Αυτό σημαίνει ότι οι αποφάσεις που λαμβάνονται σε διαφορετικά χρονικά σημεία, είναι άρρηκτα συνδεδεμένες.

Όπως θα δούμε, τα δέντρα απόφασης μπορούν να εξυπηρετήσουν πάρα πολύ στα σύνθετα προβλήματα πολλαπλών σταδίων. Μπορούν να βοηθήσουν τον λήπτη απόφασης να αναπτύξει μια σαφή εικόνα της δομής του προβλήματος και να γίνει ευκολότερος ο προσδιορισμός των πιθανών σεναρίων που μπορεί να προκύψουν, εάν επιλεγεί μια συγκεκριμένη πορεία δράσης. Έτσι οδηγούμαστε σε πιο δημιουργική σκέψη και στην παραγωγή επιλογών που δεν εξετάζαμε προηγουμένως. Τα δέντρα απόφασης μπορούν επίσης να βοηθήσουν τον λήπτη απόφασης να κρίνει τη φύση των πληροφοριών που πρέπει να συγκεντρωθούν προκειμένου να αντιμετωπιστεί ένα πρόβλημα και, επειδή είναι γενικότερα προσιτά, μπορούν να αποτελέσουν ένα εξαιρετικό μέσο στην επικοινωνία ατόμων με διαφορετική αντίληψη πάνω στο ίδιο πρόβλημα.

Η διαδικασία της κατασκευής ενός δέντρου απόφασης είναι συνήθως επαναληπτική, με πολλές αλλαγές οι οποίες γίνονται πάνω στην αρχική δομή, καθώς επιτυγχάνεται όλο και μεγαλύτερη κατανόηση του προβλήματος από τον λήπτη αποφάσεων. Επειδή σκοπός είναι να βοηθηθεί ο λήπτης απόφασης με το πρόβλημα, τα πολύ μεγάλα και πολύπλοκα δέντρα

που έχουν σχεδιαστεί ώστε να αντιπροσωπεύουν κάθε πιθανό σενάριο, μπορούν να αποβούν αντιπαραγωγικά σε πολλές περιπτώσεις. Τα δέντρα απόφασης είναι μοντέλα, και ως εκ τούτου αποτελούν την απλούστευση του πραγματικού προβλήματος. Αυτή η απλούστευση αποτελεί το δυνατό σημείο της διαδικασίας της μοντελοποίησης, διότι προωθεί την κατανόηση και τη διορατικότητα, που θα μπορούσε να επισκιάζεται από την λεπτομέρεια και την πολυπλοκότητα. Ωστόσο, σε σπάνιες περιπτώσεις μπορεί να είναι απαραίτητα τα πολύπλοκα δέντρα απόφασης και η κατάλληλη ανάπτυξη λογισμικού να βοηθά στη διάρθρωση και την ανάλυσή τους με σχετική ευκολία. Για παράδειγμα, ο Dunning και άλλοι (2001), χρησιμοποίησαν λογισμικό για να εφαρμόσουν ένα δέντρο απόφασης με πάνω από 200 διαδρομές, σε ένα πρόβλημα που σχεδίαζε επί 10 έτη η New York Power Authority. Ομοίως, ο Beccue (Keefter and Beccue, 2001), χρησιμοποίησε ένα δέντρο με περίπου μισό εκατομμύριο σενάρια για να βοηθήσει μια φαρμακευτική εταιρεία να πάρει αποφάσεις σχετικά με την ανάπτυξη και τη διάθεση στην αγορά ενός νέου φαρμάκου.

Τα διαγράμματα επιρροής προσφέρουν έναν εναλλακτικό τρόπο συγκρότησης ενός σύνθετου προβλήματος απόφασης και ορισμένοι αναλυτές διαπιστώνουν ότι οι άνθρωποι εξοικειώνονται με αυτά πολύ πιο εύκολα. Πράγματι, ο Howard (1988) είπε γι' αυτά: «Το σημαντικότερο βήμα που έχω δει στην επικοινωνία, εκμείευση και λεπτομερή αναπαράσταση της ανθρώπινης γνώσης ... το καλύτερο εργαλείο που ξέρω για τη διέλευση της γέφυρας από την αρχική αδιαφανή κατάσταση σε μια σαφή βάση, την απόφαση». Όπως θα δείξουμε αργότερα, τα διαγράμματα επιρροής μπορούν να μετατραπούν σε δέντρα απόφασης και ως εκ τούτου θα τα θεωρήσουμε στο κεφάλαιο αυτό, ως μια μέθοδο εκμείευσης των δέντρων απόφασης. Ωστόσο, ορισμένα προγράμματα ηλεκτρονικών υπολογιστών που υπάρχουν τώρα, χρησιμοποιούν πολύπλοκους αλγόριθμους για να μπορέσουν να χρησιμοποιήσουν το διάγραμμα επιρροής όχι μόνο ως ένα εργαλείο για την αρχική εξαγωγή σεναρίων, αλλά και ως ένα μέσο προσδιορισμού της καλύτερης ακολουθίας αποφάσεων.

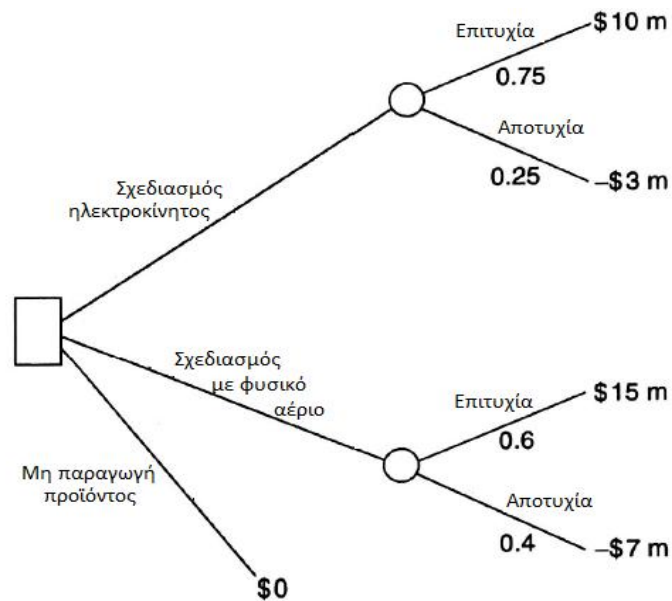
Κατασκευή ενός δέντρου απόφασης

Όπως έχει ήδη αναφερθεί σε προηγούμενα κεφάλαια, στα δέντρα απόφασης χρησιμοποιούνται δύο σύμβολα. Χρησιμοποιείται ένα τετράγωνο για να αντιπροσωπεύσει έναν κόμβο απόφασης και, επειδή κάθε κλάδος που προέρχεται από τον κόμβο αυτό παρουσιάζει μια δυνατή επιλογή, ο λήπτης απόφασης μπορεί να επιλέξει ποιόν κλάδο θα ακολουθήσει. Επίσης χρησιμοποιείται ένας κύκλος, που αντιπροσωπεύει έναν κόμβο πιθανότητας. Οι κλάδοι που προέρχονται από αυτό το είδος κόμβου αναπαριστούν τις πιθανές εκβάσεις της πορείας δράσης και ο κλάδος που θα ακολουθηθεί καθορίζεται όχι από τον λήπτη της απόφασης, αλλά από περιστάσεις που βρίσκονται πέρα από τον έλεγχό του. Τα κλαδιά που προέρχονται από κύκλο επισημαίνονται με πιθανότητες, οι οποίες αντιπροσωπεύουν την εκτίμηση του λήπτη αποφάσεων ως προς την πιθανότητα να ακολουθηθεί ο συγκεκριμένος κλάδος. Προφανώς, δεν είναι λογικό να επισυνάψουμε πιθανότητες στους κλάδους που απορρέουν από ένα τετράγωνο.

Το ακόλουθο παράδειγμα δείχνει πώς ένα δέντρο απόφασης μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην ανάλυση ενός προβλήματος πολλαπλών σταδίων. Ένας μηχανικός, που εργάζεται σε εταιρεία που παράγει εξοπλισμό για τη βιομηχανία τροφίμων, έχει κληθεί να εξετάσει την ανάπτυξη ενός νέου τύπου επεξεργαστή και να προβεί σε σύσταση του κατάλληλου τύπου στο διοικητικό συμβούλιο της εταιρείας. Δύο εναλλακτικές πηγές ενέργειας θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για τον επεξεργαστή, το φυσικό αέριο και η ηλεκτρική ενέργεια, αλλά για τεχνικούς λόγους, κάθε πηγή ενέργειας απαιτεί ένα ριζικά

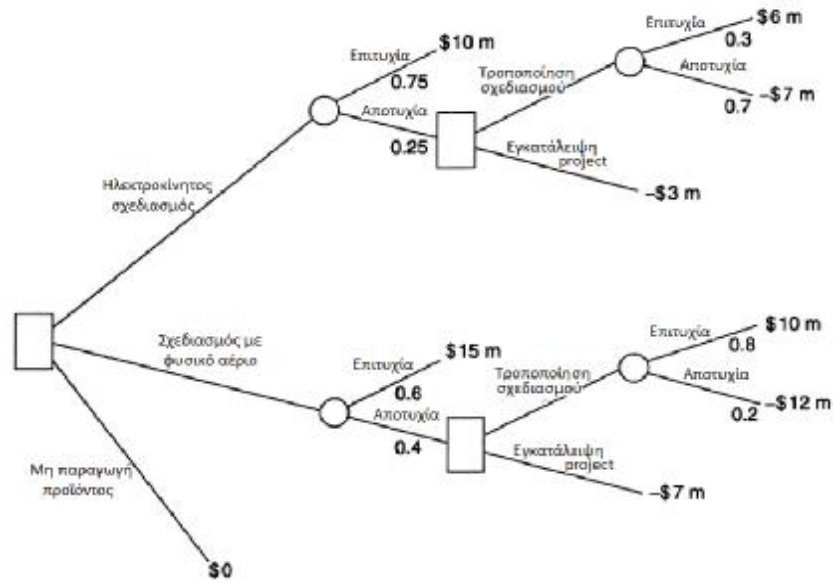
διαφορετικό σχεδιασμό. Λόγω περιορισμού των πόρων, η εταιρεία θα είναι σε θέση να συνεχίσει ένα από τα δύο σχέδια, και επειδή ο επεξεργαστής θα είναι πιο εξελιγμένος από τους άλλους που έχουν ήδη αναπτυχθεί, είναι αδιαμφισβήτητο ότι ο σχεδιασμός θα είναι μια επιτυχία. Ο μηχανικός εκτιμά ότι υπάρχει πιθανότητα 75% ο ηλεκτροκίνητος σχεδιασμός να είναι επιτυχής και πιθανότητα 60% μόνο, ο σχεδιασμός με φυσικό αέριο να είναι επιτυχής.

Το σχήμα 5.1 δείχνει ένα αρχικό δέντρο απόφασης για το πρόβλημα με εκτιμήσεις κέρδους σε εκατομμύρια δολάρια.



Σχήμα 5.1: Το αρχικό δέντρο απόφασης για το πρόβλημα του επεξεργαστή τροφίμων.

Ο μηχανικός, αφού εξετάζει το δέντρο αυτό, συνειδητοποιεί ότι σε όποιο σχεδιασμό καταλήξει, αν αποτύχει η εταιρεία θα εξακολουθεί να εξετάζει το ενδεχόμενο τροποποίησης του σχεδιασμού, αφού θα συνεπάγεται μεγαλύτερη επένδυση και δεν θα εξακολουθεί να εγγυάται την επιτυχία. Εκτιμά ότι η πιθανότητα τροποποίησης του ηλεκτροκίνητου σχεδιασμού με επιτυχία είναι μόνο 30%, ενώ ο σχεδιασμός με φυσικό αέριο θα έχει μια πιθανότητα επιτυχίας 80%, με πλήρη τροποποίηση. Έτσι οδηγούμαστε στο νέο δέντρο απόφασης που παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.2. Ας σημειώσουμε ότι το πρόβλημα απόφασης είναι πλέον αντιληπτό σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο πρέπει να παρθεί απόφαση για το αν πρέπει να προχωρήσει η εταιρεία σε νέους σχεδιασμούς ανάπτυξης ή όχι, και στο δεύτερο στάδιο πρέπει να παρθεί απόφαση για το αν θα χρειαστεί να γίνουν τροποποιήσεις στους νέους σχεδιασμούς.



Σχήμα 5.2: Νέο δέντρο απόφασης για το πρόβλημα του επεξεργαστή τροφίμων.

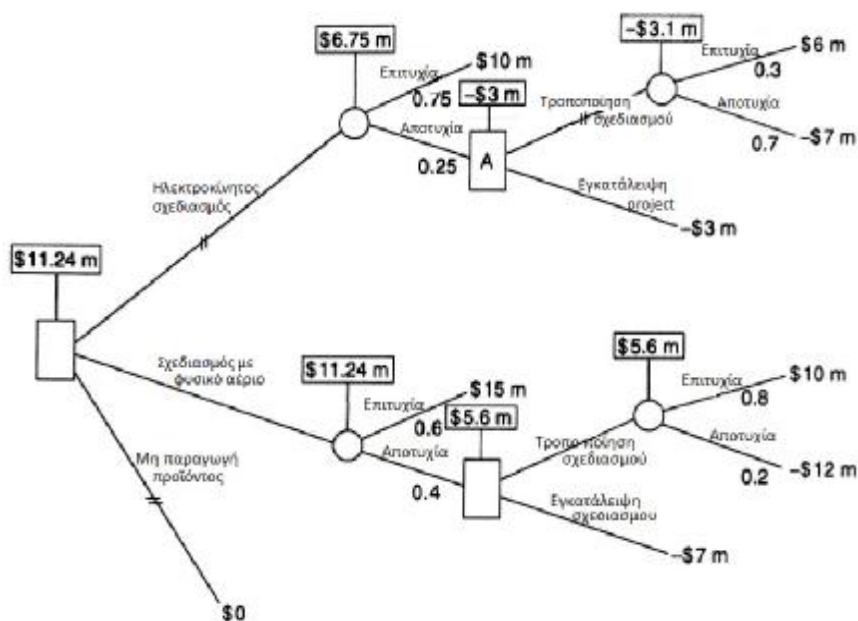
Ο μηχανικός συμπεραίνει ότι αυτό το δέντρο απόφασης αποτελεί μια ικανοποιητική αναπαράσταση των επιλογών που αντιμετωπίζει η εταιρεία. Άλλες εναλλακτικές λύσεις όπως π.χ. η στροφή προς την ανάπτυξη του σχεδιασμού με αέριο αν ο ηλεκτροκίνητος σχεδιασμός αποτύχει, δεν θεωρούνται εφικτές λαμβάνοντας υπόψη τους διαθέσιμους πόρους της εταιρείας.

Προσδιορισμός της βέλτιστης στρατηγικής

Όπως φαίνεται, το δέντρο απόφασης αποτελείται από ένα σύνολο στρατηγικών. Μια στρατηγική είναι ένα σχέδιο δράσης στο οποίο δηλώνεται η εναλλακτική επιλογή που πρέπει να επιλεγεί σε κάθε κόμβο απόφασης και που θα μπορούσε να επιτευχθεί στο πλαίσιο αυτής της στρατηγικής. Για παράδειγμα, μια στρατηγική θα μπορούσε να είναι: επιλογή του ηλεκτρικού σχεδιασμού και αν αποτύχει, να τροποποιηθεί ο σχεδιασμός. Μια άλλη στρατηγική θα μπορούσε να είναι: επιλογή του ηλεκτρικού σχεδιασμού και αν αποτύχει, να εγκαταληφθεί το έργο.

Θα δείξουμε τώρα πώς το δέντρο απόφασης μπορεί να χρησιμοποιηθεί, για τον προσδιορισμό της βέλτιστης στρατηγικής. Για λόγους απλότητας, θα υποθέσουμε ότι ο μηχανικός θεωρεί ότι το χρηματικό κέρδος είναι το μόνο χαρακτηριστικό που είναι σχετικό με την απόφαση, και θα υποθέσουμε επίσης, ότι επειδή η εταιρεία δραστηριοποιείται σε ένα μεγάλο αριθμό έργων, είναι ουδέτερη ως προς τον κίνδυνο κι έτσι, το κριτήριο του αναμενόμενου χρηματικού κέρδους (EMV) είναι απαραίτητο.

Η τεχνική προσδιορισμού της βέλτιστης στρατηγικής σε ένα δέντρο αποφάσεων είναι γνωστή ως μέθοδος επαναφοράς (*rollback method*). Για την εφαρμογή αυτής της μεθόδου, αναλύουμε το δέντρο από δεξιά προς τα αριστερά από την τελευταία των μεταγενέστερων αποφάσεων. Η μέθοδος απεικονίζεται στο Σχήμα 5.3.



Σχήμα 5.3: Η μέθοδος rollback στο δέντρο απόφασης.

Έτσι, εάν η εταιρεία επιλέξει τον ηλεκτρικό σχεδιασμό και αποτύχει (δηλαδή, αν επιτευχθεί ο κόμβος απόφασης A), ποιά θα ήταν η καλύτερη πορεία δράσης; Η τροποποίηση του σχεδιασμού θα οδηγήσει σε ένα αναμενόμενο κέρδος $(0.3 \times \$6 \text{ εκ.}) + (0.7 \times (-\$7 \text{ εκ.}))$, που ισούται με $-\$3.1$ εκατομμύρια. Δεδομένου ότι αυτό είναι χειρότερο από το ποσό $-\$3$ εκατομμύρια που επιτυγχάνεται αν ο σχεδιασμός εγκαταληφθεί, η εγκατάλειψη του σχεδιασμού θα ήταν η καλύτερη πορεία δράσης. Για τον λόγο αυτό τοποθετούνται δύο γραμμές στον κλάδο που βρίσκεται επάνω από τον κατώτερο και η «νικητήρια» απόδοση κινείται πίσω στον κόμβο απόφασης που αντιμετωπίζεται τώρα ως απόδοση του κλάδου «αποτυχίας». Αυτό σημαίνει ότι το αναμενόμενο κέρδος του ηλεκτρικού σχεδιασμού είναι $(0.75 \times \$10 \text{ εκ.}) + (0.25 \times (-\$3 \text{ εκ.}))$, που ισούται με $\$6.75 \text{ εκ.}$

Η ίδια ανάλυση εφαρμόζεται στο τμήμα του δέντρου που αντιπροσωπεύει τον σχεδιασμό με φυσικό αέριο. Όπως φαίνεται, αν ο σχεδιασμός αποτύχει, τότε η καλύτερη επιλογή είναι να τροποποιηθεί. Ως εκ τούτου, το αναμενόμενο κέρδος του σχεδιασμού με φυσικό αέριο είναι $\$11.24 \text{ εκ.}$ Αυτό το κέρδος υπερβαίνει το αναμενόμενο κέρδος του ηλεκτρικού σχεδιασμού και το αναμενόμενο κέρδος των $\$0$, όταν η εταιρεία δεν προχωρήσει σε ανάπτυξη. Επομένως, πάνω στα κλαδιά που αντιπροσωπεύουν αυτές τις επιλογές τοποθετούνται δύο γραμμές και το ποσό των $\$11.24 \text{ εκ.}$, κινείται πίσω στον αρχικό κόμβο απόφασης. Ως εκ τούτου, η βέλτιστη στρατηγική είναι να αναπτυχθεί ο σχεδιασμός με το φυσικό αέριο και, αν αποτύχει, να τροποποιηθεί.

Βλέπουμε ότι η μέθοδος επαναφοράς επιτρέπει σε ένα σύνθετο πρόβλημα απόφασης να αναλυθεί σε μια σειρά μικρότερων προβλημάτων απόφασης. Θα πρέπει τώρα βέβαια, να εφαρμόσουμε την ανάλυση ευαισθησίας στις πιθανότητες και τις αποδόσεις, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο που παρουσιάσαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Για λόγους συντομίας, η ανάλυση αυτή δεν θα διεξαχθεί εδώ. Θα πρέπει επίσης να επισημανθεί ότι το δέντρο απόφασης προτείνει την καλύτερη στρατηγική που βασίζεται στις πληροφορίες που υπάρχουν τη στιγμή που αυτό κατασκευάζεται. Μέχρι τη στιγμή που ο μηχανικός μάθει, αν ο σχεδιασμός με φυσικό αέριο είναι επιτυχής ή όχι, η εκτίμησή του για το πρόβλημα μπορεί να έχει αλλάξει και τότε θα πρέπει φυσικά να επανεξετάσει την απόφαση. Για παράδειγμα, αν ο σχεδιασμός αποτύχει, η γνώση που έχει αποκτηθεί στην προσπάθεια ανάπτυξης του

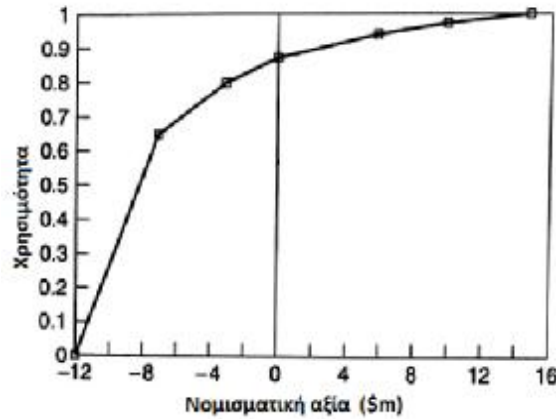
εξοπλισμού μπορεί να τον οδηγήσει στο συμπέρασμα ότι η τροποποίηση θα είναι απίθανο να επιτευχθεί και έτσι μπορεί να συστήσει την εγκατάλειψη του έργου.

Επίσης, να σημειώσουμε ότι η περίοδος προγραμματισμού που αντιπροσωπεύει το δέντρο είναι αυθαίρετη. Ακόμα κι αν έχει αναπτυχθεί ένας επιτυχημένος σχεδιασμός με φυσικό αέριο, σίγουρα αυτό δεν θα είναι το τέλος της ιστορίας, δεδομένου ότι αυτή η επιλογή σχεδιασμού είναι σίγουρο ότι θα έχει επιπτώσεις στο μέλλον. Για παράδειγμα, όσα χρήματα αποκτήθηκαν από τον σχεδιασμό μπορούν επίσης να επανεπενδυθούν στην έρευνα και την ανάπτυξη μελλοντικών προϊόντων και η ανάπτυξη αυτών μπορεί να είναι ή όχι επιτυχής, και ούτω καθεξής. Επιπλέον, εάν η εταιρεία επιλέξει να εξελίξει τις γνώσεις της στο φυσικό αέριο, αντί στον ηλεκτρισμό, την τεχνολογία, μπορεί να περιορίσει τις επιλογές της μακροπρόθεσμα. Ωστόσο, κάθε προσπάθεια σχεδιασμού ενός δέντρου που αντιπροσωπεύει κάθε δυνατή συνέπεια και απόφαση που μπορεί να προκύψουν κατά τη διάρκεια μιας περιόδου που εκτείνεται στο μακρινό μέλλον, είναι σαφές ότι θα οδηγήσει σε ένα μοντέλο τόσο περίπλοκο που θα είναι δυσεπίλυτο. Ως εκ τούτου πρέπει να καθορίζεται αποφασιστικά το σημείο που θα πρέπει να τελειώνει το δέντρο.

Σαφώς, οι υπολογισμοί που εμπλέκονται στην ανάλυση ενός μεγάλου δέντρου απόφασης μπορεί να είναι αρκετά κουραστικοί. Γι' αυτό, έχουν αναπτυχθεί μια σειρά από υπολογιστικά πακέτα που επιδεικνύουν και αναλύουν τα δέντρα απόφασης και τα διαγράμματα επιρροής και τους επιτρέπουν να τροποποιηθούν εύκολα. Για παράδειγμα, το DPL, της Syncopation Software είναι μια εφαρμογή των Microsoft® Windows® που μας συνδέει με το Microsoft Excel, ενώ το PrecisionTree®, που παράγεται από την Palisade Corporation, επιτρέπει στα δέντρα απόφασης και τα διαγράμματα επιρροής να αναπτυχθούν σε υπολογιστικά φύλλα του Excel. Άλλα προϊόντα λογισμικού ανάλυσης δέντρων και λήψης αποφάσεων είναι το TreeAge Pro (TreeAge Software Inc) και το TreePlan® (Decision Toolworks™), τα οποία λειτουργούν επίσης σε Excel.

Δέντρα απόφασης και χρησιμότητα

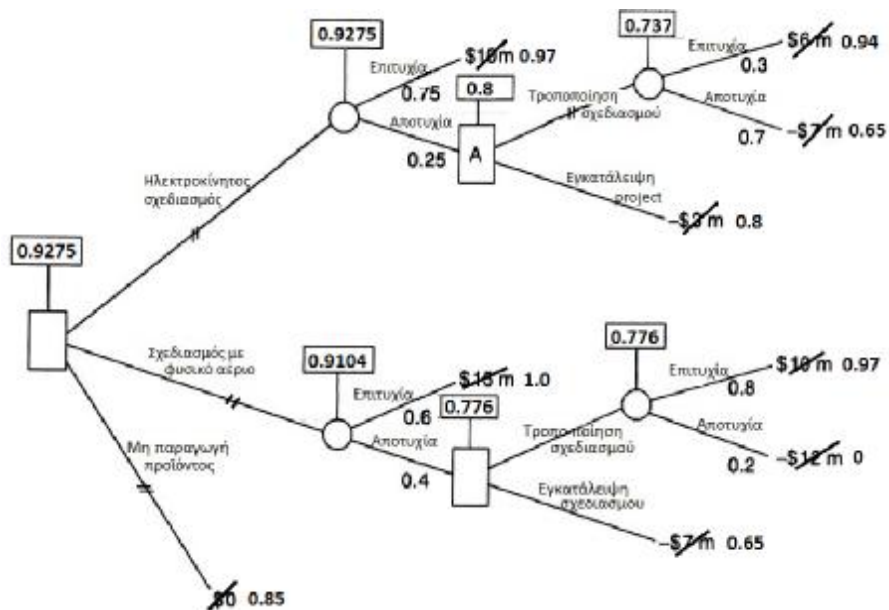
Στην προηγούμενη ενότητα κάναμε την υπόθεση ότι ο υπεύθυνος λήψης απόφασης ήταν ουδέτερος στον κίνδυνο. Ας υποθέσουμε λοιπόν, ότι ο μηχανικός έχει την ανησυχία ότι οι προοπτικές σταδιοδρομίας του θα καταστραφούν, εάν η ανάπτυξη του επεξεργαστή οδηγήσει σε μεγάλη απώλεια χρημάτων την εταιρεία. Ως εκ τούτου είναι πρόθυμος να αναλάβει κινδύνους, και η συνάρτηση χρησιμότητάς του για τα χρηματικά ποσά που εμπλέκονται στο πρόβλημα αυτό παρουσιάζεται στο σχήμα 5.4.



Σχήμα 5.4: Η συνάρτηση χρησιμότητας του μηχανικού.

Η διαδικασία για την ανάλυση του δέντρου όταν συμμετέχουν χρησιμότητες, είναι ακριβώς η ίδια με εκείνη που χρησιμοποιήθηκε στο κριτήριο EMV. Το σχήμα 5.5 δείχνει το δέντρο αποφάσεων, με τις χρησιμότητες να αντικαθιστούν τα χρηματικά κέρδη. Μετά την εφαρμογή της μεθόδου επαναφοράς μπορούμε να δούμε τώρα ότι η βέλτιστη στρατηγική είναι να αναπτυχθεί ο ηλεκτροκίνητος σχεδιασμός και, αν αποτύχει, να εγκαταληφθεί ο σχεδιασμός. Σημειώστε, ωστόσο, ότι η εγγύτητα των αναμενόμενων χρησιμοτήτων ωφέλειας δείχνει ότι θα πρέπει να εφαρμοστεί στο δέντρο ανάλυση ευαισθησίας, προτού ληφθεί μια οριστική απόφαση.

Αν ο μηχανικός ήθελε να συμπεριλάβει στο μοντέλο απόφασής του και άλλα χαρακτηριστικά εκτός από τα χρήματα, τότε θα εμφανίζονταν στα άκρα του δέντρου χρησιμότητες πολλαπλών χαρακτηριστικών. Ωστόσο, η διαδικασία επαναφοράς θα εξακολουθούσε να εφαρμόζεται με τον ίδιο τρόπο. Επίσης, αυτό θα μπορούσε να συμβεί αν οι αποδόσεις του δέντρου εκπροσωπούσαν από τις καθαρές παρούσες αξίες.



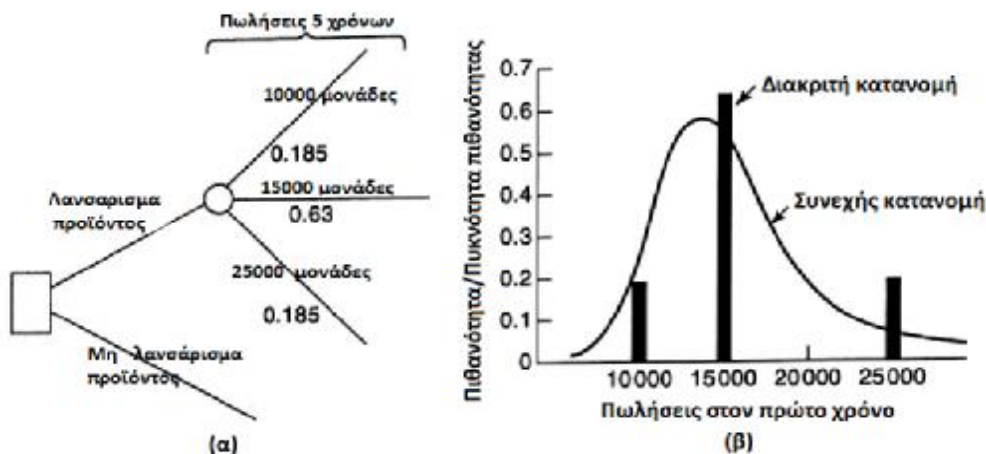
Δέντρα απόφασης με συνεχείς κατανομές πιθανότητας

Στο προηγούμενο πρόβλημα απόφασης υπήρχαν μόνο δύο πιθανές εκβάσεις για κάθε πορεία δράσης, η επιτυχία και η αποτυχία.

Ωστόσο, σε ορισμένα προβλήματα, ο αριθμός των πιθανών εκβάσεων μπορεί να είναι πολύ μεγάλος ή ακόμη και άπειρος. Ας σκεφτούμε για παράδειγμα, το πιθανό ποσοστό του μεριδίου αγοράς που μπορεί να πετύχει μια εταιρεία μετά από μια διαφημιστική εκστρατεία ή τα πιθανά επίπεδα κόστους που μπορεί να προκύψουν από την ανάπτυξη ενός νέου προϊόντος. Μεταβλητές, όπως αυτές θα μπορούσαν να αναπαρασταθούν από συνεχείς κατανομές πιθανοτήτων, αλλά πώς θα μπορούσαμε να ενσωματώσουμε τέτοιες κατανομές στην μορφή του δέντρου απόφασής μας; Μια προφανής λύση είναι να χρησιμοποιήσουμε μια διακριτή κατανομή πιθανότητας ως προσέγγιση. Για παράδειγμα, θα μπορούσαμε να προσεγγίσουμε την κατανομή του μεριδίου αγοράς με μόλις τρεις εκβάσεις: υψηλό, μεσαίο και χαμηλό μερίδιο αγοράς. Έχουν προταθεί μια σειρά μεθόδων για την πραγματοποίηση αυτού του είδους της προσέγγισης, κι εμείς θα εξετάσουμε την εκτεταμένη προσέγγιση *Pearson-Tukey* (EP-T). Αυτή προτάθηκε από τους Keefe και Bodily (1983), οι οποίοι διαπίστωσαν ότι είναι μια καλή προσέγγιση για ένα ευρύ φάσμα συνεχών κατανομών. Πιο πρόσφατες έρευνες επιβεβαιώνουν την ακρίβεια που δίνει η προσέγγιση (Hammond and Bickel, 2013). Η μέθοδος βασίζεται σε προηγούμενες εργασίες των Pearson και Tukey (1965) και απαιτεί να γίνουν τρεις εκτιμήσεις από τον λήπτη απόφασης:

- (i) Την τιμή στην κατανομή η οποία έχει πιθανότητα υπέρβασης 95%. Η τιμή αυτή αντιστοιχεί σε μια πιθανότητα 0,185 .
- (ii) Την τιμή στην κατανομή η οποία έχει πιθανότητα υπέρβασης 50%. Η τιμή αυτή αντιστοιχεί σε μια πιθανότητα 0,63 .
- (iii) Την τιμή στην κατανομή η οποία έχει πιθανότητα υπέρβασης μόνο 5% . Η τιμή αυτή αντιστοιχεί σε μια πιθανότητα 0,185 .

Για να παρουσιάσουμε την μέθοδο, ας υποθέσουμε ότι ένας διευθυντής μάρκετινγκ πρέπει να αποφασίσει εάν θα λανσάρει ένα νέο προϊόν, και επιθυμεί με ένα δέντρο αποφάσεων να αποτυπωθούν τα πιθανά επίπεδα πωλήσεων που θα επιτευχθούν κατά το πρώτο έτος, εάν το προϊόν έχει λανσαριστεί. Για να εφαρμόσουμε την προσέγγιση EP-T για την κατανομή πιθανοτήτων των πωλήσεων, θα πρέπει ο λήπτης απόφασης να μας δώσει τις τρεις εκτιμήσεις του. Ας υποθέσουμε ότι εκτιμά ότι υπάρχει πιθανότητα 95%, οι πωλήσεις του πρώτου έτους να υπερβούν τις 10.000 μονάδες προϊόντος, πιθανότητα 50% να υπερβούν τις 15.000 μονάδες και πιθανότητα 5% να υπερβούν τις 25.000 μονάδες. Το δέντρο αποφάσεων που προκύπτει, φαίνεται στο Σχήμα 5.6(α), ενώ το Σχήμα 5.6(β) απεικονίζει το πώς έχει χρησιμοποιηθεί η διακριτή κατανομή για να προσεγγίσει την συνεχή κατανομή.



Σχήμα 5.6 : Η εκτεταμένη μέθοδος προσέγγισης Pearson-Tukey (EP-T).

Φυσικά, σε πολλά δέντρα απόφασης οι κατανομές πιθανότητας θα είναι εξαρτώμενες. Για παράδειγμα, στο παράδειγμά μας του λανσαρίσματος του προϊόντος, θα περίμενε κανείς το δεύτερο έτος των πωλήσεων να σχετίζεται με τις πωλήσεις που επιτεύχθηκαν κατά το πρώτο έτος. Σε αυτή την περίπτωση, θα πρέπει να απαντηθούν ερωτήματα όπως τα παρακάτω, για την κατανομή των πωλήσεων του δεύτερου έτους : «Δεδομένου ότι το πρώτο έτος οι πωλήσεις ήταν περίπου 25.000 μονάδες, ποιο επίπεδο πωλήσεων, κατά το δεύτερο έτος, θα έχει πιθανότητα υπέρβασης 50%;

Όπως έχουν επισημάνει οι Keefee και Bodily, η προσέγγιση EP-T έχει τα όριά της. Δεν θα ήταν σωστό να την χρησιμοποιήσουμε όπου η συνεχής κατανομή πιθανότητας έχει περισσότερες από μία κορυφές και η προσέγγιση δεν θα ήταν πιθανώς καλή, αν το σχήμα της συνεχούς κατανομής ήταν αρκετά ασύμμετρο. Επιπλέον, σε ορισμένα προβλήματα απόφασης, μια μελλοντική απόφαση εξαρτάται από την επίτευξη ενός συγκεκριμένου επιπέδου μιας μεταβλητής. Για παράδειγμα, στο πρόβλημα λανσαρίσματος του προϊόντος μας, ο manager μπορεί να αποφασίσει να διακόψει το προϊόν μετά το πρώτο έτος, αν οι πωλήσεις δεν φτάσουν τις 12.000 μονάδες. Σε αυτή την περίπτωση, η προσοχή θα πρέπει σαφώς να επικεντρωθεί στην πιθανότητα επίτευξης αυτού του κρίσιμου επιπέδου των πωλήσεων, παρά στις τρεις εκβάσεις που χρησιμοποιήθηκαν στην προσέγγιση EP-T. Παρ' όλα αυτά, σε γενικές γραμμές, υπάρχουν σαφή πλεονεκτήματα στη χρήση αυτής της προσέγγισης. Πάνω απ' όλα, είναι απλή και κάθε κατανομή απαιτεί να γίνουν μόνο τρεις εκτιμήσεις, που έχουν την προφανή επίδραση των κριτηρίων του λήπτη αποφάσεων. Η συζήτηση με άλλους, για το μοντέλο απόφασης, μπορεί επίσης να είναι πιο εύκολη εάν χρησιμοποιείται αυτή η μέθοδος. Για παράδειγμα, σε ένα πείραμα, οι Durbach και Stewart (2011) διαπίστωσαν ότι, όταν παρουσίαζαν κατανομές πιθανοτήτων, οι ακροατές φαίνονταν να «πνίγονται» στις πληροφορίες, ενώ ανταποκρίνονταν πολύ καλύτερα στον χειρισμό των προσεγγίσεων των τριών σημείων, αυτών των κατανομών.

Αξιολόγηση της δομής απόφασης

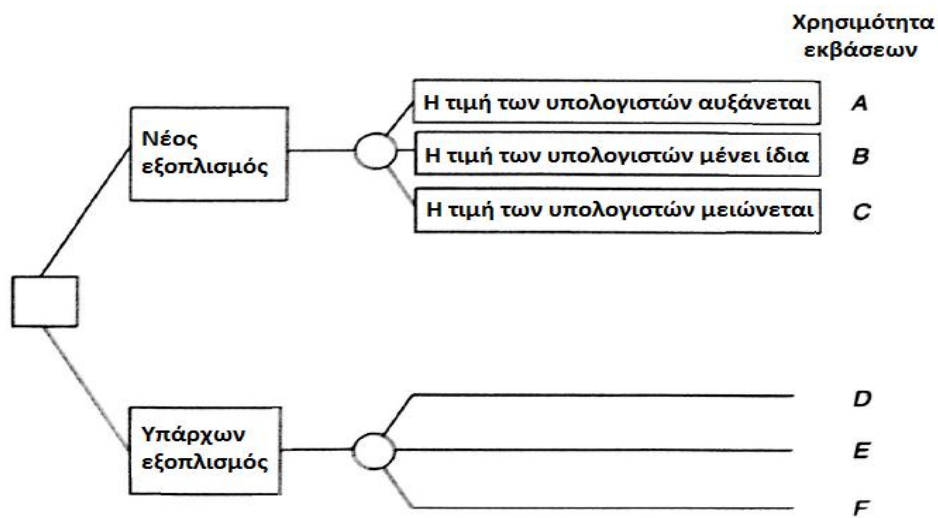
Όπως έχουμε δει, τα δέντρα απόφασης είναι οι μεγαλύτερες αναλυτικές δομές που διέπουν την ανάλυση αποφάσεων σε προβλήματα που αφορούν την αβεβαιότητα. Στα παραδείγματα που χρησιμοποιούνται μέχρι στιγμής σε αυτό το βιβλίο, έχουμε δώσει είτε μια αναπαράσταση του δέντρου απόφασης, είτε παράδειγμα περίπτωσης όπου τα επιμέρους κομμάτια του προβλήματος ήταν επαρκή για να ολοκληρωθεί η κατά περίπτωση

ανάλυση για τους επόμενες υπολογισμούς. Τα προβλήματα απόφασης της πραγματικής ζωής μπορεί, σε πρώτο πέρασμα, να περιέχουν κομμάτια από πολλά διαφορετικά παζλ. Το κόλπο είναι, να γνωρίζουμε ποιιά κομμάτια λείπουν (ώστε να βρεθούν) και ποιιά είναι είτε περιττά είτε δεν σχετίζονται με την ανάλυση του εκάστοτε προβλήματος.

Ας σκεφτούμε το εξής πρόβλημα απόφασης της «πραγματικής ζωής», που θα θέλαμε να προσπαθήσουμε να αναπαραστήσουμε, με τη μορφή ενός δέντρου απόφασης.

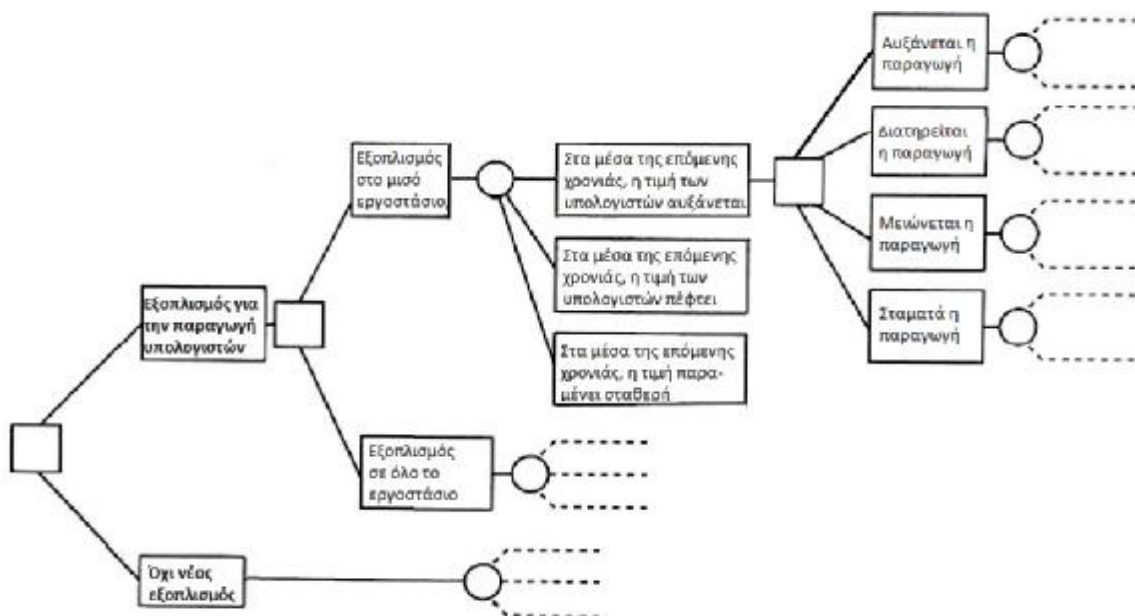
Φανταστείτε ότι είστε ένας επιχειρηματίας και σκέφτεστε να παράγετε ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Το εργοστάσιό σας μπορεί να είναι εξοπλισμένο για την παρασκευή τους και γνωρίζετε ότι και άλλες εταιρείες έχουν επωφεληθεί από την παραγωγή τους. Ωστόσο, ο εξοπλισμός του εργοστασίου για την παραγωγή θα είναι πολύ ακριβός και βλέπετε ότι η τιμή των υπολογιστών πέφτει σταθερά. Τι πρέπει να κάνετε;

Ποιά είναι η σωστή αναλυτική αναπαράσταση του προβλήματος απόφασης; Το σχήμα 5.7 παρουσιάζει μια αναπαράσταση η οποία μπορεί να ταιριάζει ή όχι, με τη δική σας.



Σχήμα 5.7: Ενδεικτική αναλυτική αναπαράσταση μιας απόφασης στο πρόβλημα υπολογιστών.

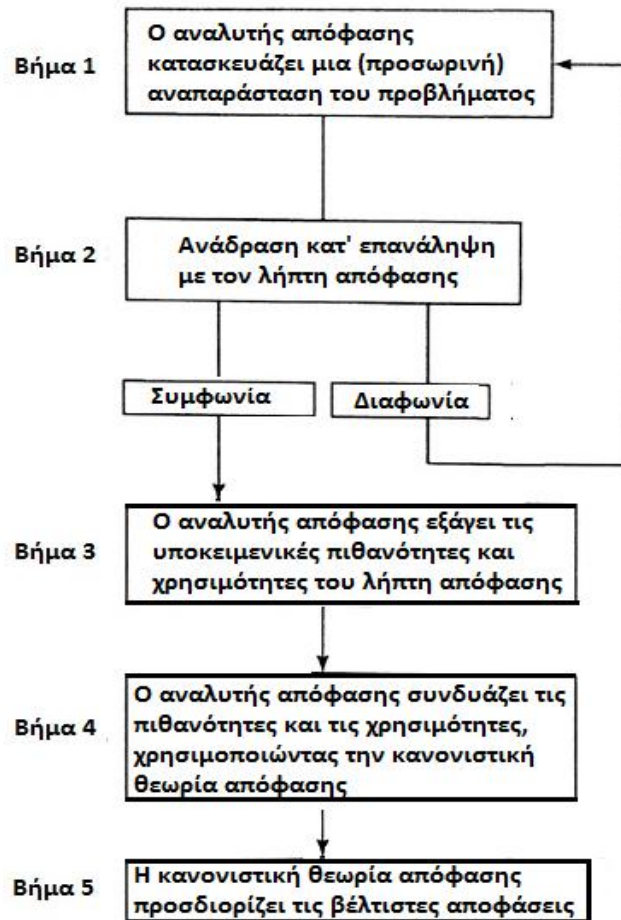
Το σχήμα 5.8 είναι μια πιο περίτεχνη και ίσως πιο ρεαλιστική απεικόνιση του προβλήματος.



Σχήμα 5.8: Πιο αντιπροσωπευτική-ολοκληρωμένη αναπαράσταση του προβλήματος υπολογιστών.

Συμφωνείτε; Στην πραγματικότητα, όπως θα έχετε ίσως μαντέψει, δεν υπάρχει προφανώς σωστή ή λάθος αναπαράσταση για κάθε πρόβλημα που σχετίζεται με την πραγματική ζωή. Παρά το γεγονός ότι η αναμενόμενη χρησιμότητα μπορεί να αποτελεί το καλύτερο δυνατό κριτήριο απόφασης, δεν υπάρχει συγκεκριμένη τεχνική ώστε να οδηγηθούμε από το λήπτη απόφασης στη δομή του προβλήματος απόφασης. Είναι πραγματικά απόφαση του αναλυτή, εάν το δέντρο απόφασης αποτελεί καλή αναπαράσταση του προβλήματος. Μόλις σχηματιστεί μια δομή, τότε ο υπολογισμός της αναμενόμενης χρησιμότητας είναι αρκετά απλός. Η κατάλληλη δομή είναι, επομένως, ένα σημαντικό πρόβλημα στην ανάλυση αποφάσεων, γιατί αν η δόμηση είναι λάθος, τότε οι εκτιμήσεις των χρησιμότητων και των πιθανοτήτων μπορεί να είναι ακατάλληλες και οι υπολογισμοί των αναμενόμενων χρησιμότητων μπορεί να είναι άκυροι.

Το σχήμα 5.9 παρουσιάζει μια περιγραφή των τυπικών φάσεων στην ανάλυση απόφασης ενός προβλήματος, όπου ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων επιθυμεί να επιλύσει με τη βοήθεια του αναλυτή αποφάσεων.



Σχήμα 5.9: Φάσεις στην ανάλυση απόφασης.

Τα στάδια 1 και 2 της διαδικασίας είναι επαναληπτικά. Η δομή του προβλήματος απόφασης προκύπτει από τις συζητήσεις μεταξύ του λήπτη απόφασης και του αναλυτή. Μόλις συμφωνηθεί η δομή για την αναπαράσταση του προβλήματος απόφασης και εξαχθούν οι πιθανότητες και οι χρησιμότητες (στάδιο 3), η αναμενόμενη χρησιμότητα για τις διάφορες υπό εξέταση δράσεις μπορεί να υπολογιστεί (στάδιο 4) και θα επιλεγεί η δράση που έχει τη μέγιστη αναμενόμενη χρησιμότητα (στάδιο 5).

Τι καθορίζει την προσωρινή αναπαράσταση του προβλήματος του αναλυτή απόφασης; Σε γενικές γραμμές, βασίζεται σε προηγούμενη εμπειρία του με παρόμοιες κατηγορίες προβλημάτων απόφασης και, σε σημαντικό βαθμό, στη διαίσθηση. Να παραθέσουμε τη δήλωση του von Winterfeldt (Von Winterfeldt and Edwards, 1986):

Συχνά ο αναλυτής καταλήγει σε μια συγκεκριμένη δομή και αργότερα βρίσκει ότι δεν μπορεί να την χειριστεί ... γνωρίζοντας για την αναδρομική φύση της διαδικασίας της δόμησης, προτείνεται καλή ανάλυση του προβλήματος απόφασης καταβάλλοντας περισσότερη προσπάθεια στη δόμηση και έχοντας κατά νου την πιθανότητα για αναθεωρήσεις.

Πολλοί λήπτες αποφάσεων αναφέρουν ότι η διαδικασία της αναπαράστασης του προβλήματος είναι ίσως πιο σημαντική από τους μετέπειτα υπολογισμούς. Ο Humphreys (1980) έχει επισημάνει ως ελάχιστης σημασίας την «άμεση τιμή» της ανάλυσης του

προβλήματος απόφασης και ως υψίστης σημασίας την «έμμεση τιμή». Η ανάλυση προβλημάτων απόφασης παρέχει στον λήπτη απόφασης

μια πειστική αιτιολόγηση για την επιλογή, βελτιώνει την επικοινωνία μεταξύ των ενδιαφερομένων και επιτρέπει άμεσες, αλλά και ξεχωριστές συγκρίσεις διαφορετικών αντιλήψεων της δομής του προβλήματος, καθώς και την αξιολόγηση των στοιχείων που συνθέτουν την δομή του, αυξάνοντας έτσι την απαιτούμενη προσοχή μας.

Ωστόσο, ορισμένες μελέτες κατέδειξαν ότι οι εκτιμήσεις των φορέων λήψης αποφάσεων, τα κριτήρια και οι επιλογές επηρεάζονται από τον τρόπο που παρήχθη η γνώση.

Η έρευνα αυτή έχει άμεση σχέση με τις προσπάθειες δόμησης των αναλυτών απόφασης. Σε μία μελέτη, ο Fischhoff και άλλοι (1978), διερεύνησαν την εκτίμηση των πιθανοτήτων αποτυχίας σε αναπαραστάσεις προβλημάτων απόφασης που ονομάζονται δέντρα σφαλμάτων. Αυτά τα δέντρα σφαλμάτων, είναι ουσιαστικά παρόμοια με τα δέντρα απόφασης, με την εξαίρεση ότι αναπαριστούν γεγονότα, και όχι πράξεις και γεγονότα. Το σχήμα 5.10 δείχνει μια αναπαράσταση δέντρου σφαλμάτων για το γεγονός «αποτυχία ενός αυτοκινήτου να ξεκινήσει». Αυτή είναι η πλήρης έκδοση του δένδρου σφαλμάτων που παρήγαγε ο Fischhoff, κάνοντας χρήση διαφόρων κειμένων αναφοράς κατά την επισκευή του αυτοκινήτου.

Σε πολλά πειράματα ο Fischhoff παρουσίασε διάφορα «πλήρη» και «τακτοποιημένα» δέντρα σφαλμάτων. Για παράδειγμα, τρία από τα πρώτα έξι υπο-γεγονότα στο σχήμα 5.10, πρέπει να παραλειφθούν και να περιλαμβάνονται σιωπηρά στο έβδομο υπο-γεγονός «όλα τα υπόλοιπα προβλήματα». Ο Fischhoff ρώτησε:

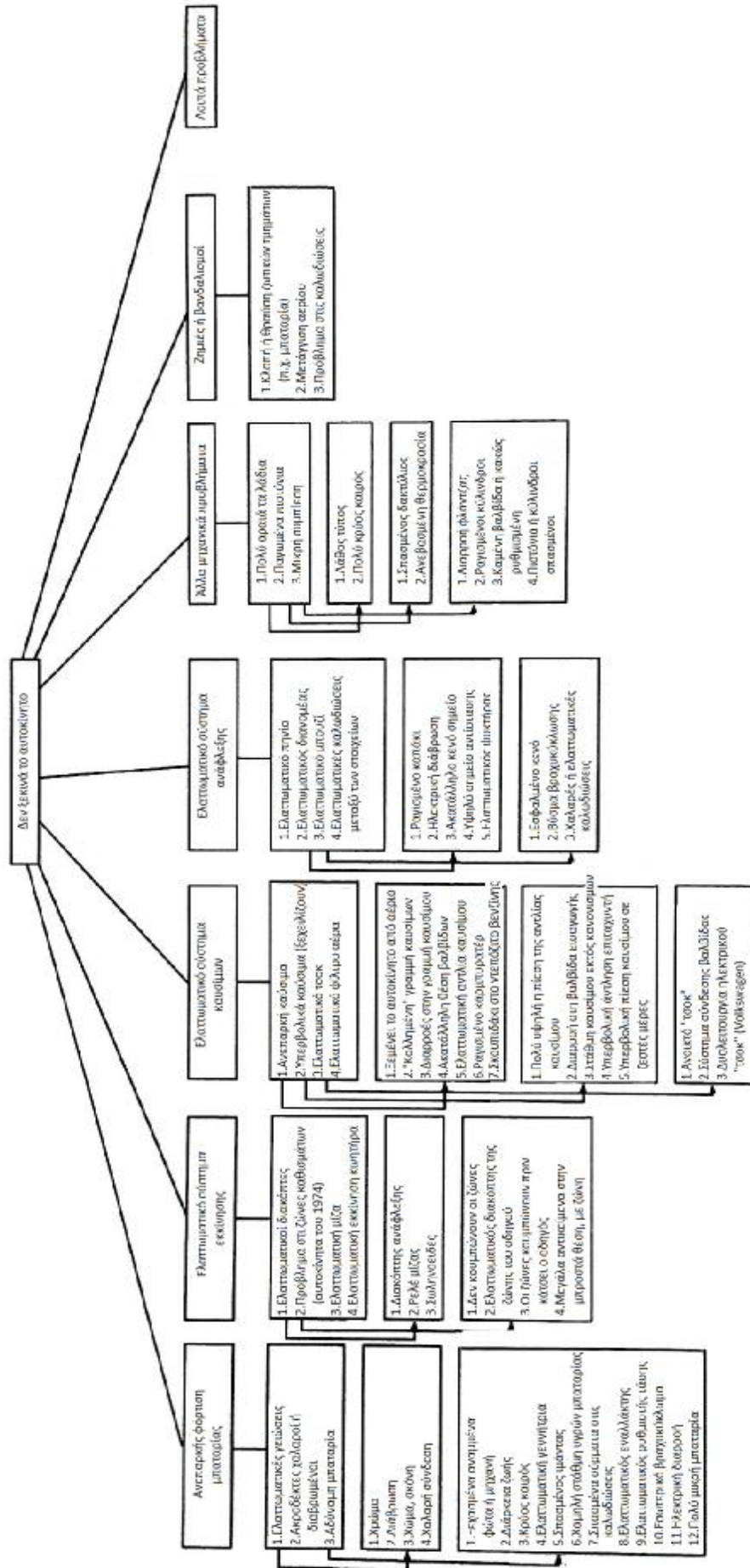
Για κάθε 100 φορές που το ταξίδι καθυστερεί εξαιτίας μιας εκτίμησης «αποτυχημένης εκκίνησης», κατά μέσο όρο, πόσες από τις καθυστερήσεις προκαλούνται από τους 7 (4) παράγοντες;

Ο Fischhoff διαπίστωσε ότι η πιθανότητα που αντιστοιχεί στο «όλα τα υπόλοιπα προβλήματα» δεν αυξάνει σημαντικά όταν περιέχει και τα τρία από τα άλλα κύρια υπο-γεγονότα. Σε μια συνέχεια του πειράματος, για την σημασία του «όλα τα υπόλοιπα προβλήματα» τονίστηκε:

Συγκεκριμένα, θα θέλαμε να εξετάσετε την πληρότητα του δέντρου σφαλμάτων. Δηλαδή, τι ποσοστό από τους πιθανούς λόγους που δεν ξεκινά ένα αυτοκίνητο, μένουν απ' έξω και περιλαμβάνεται στην κατηγορία «όλα τα υπόλοιπα προβλήματα»;

Ο Fischhoff επισήμανε για την αδιαφορία της μη πληρότητας του δένδρου σφαλμάτων «ό,τι δεν βλέπω, δεν το σκέφτομαι». Η επισήμανση αυτή επιβεβαιώθηκε από τεχνικούς εμπειρογνώμονες και μηχανικούς. Κανείς τους όμως δεν ήταν σε θέση να γνωρίζει τι λείπει από το δέντρο σφαλμάτων.

Ένα άλλο εύρημα της μελέτης ήταν η συνειδητοποίηση της σημασίας ενός συγκεκριμένου υπο-γεγονότος ή κλαδιού του δέντρου σφαλμάτων, η οποία αυξήθηκε παρουσιάζοντάς το σε κομμάτια (δηλαδή, ως δύο ξεχωριστά κλαδιά). Οι συνέπειες αυτού του αποτελέσματος είναι εκτεταμένες. Τα δέντρα απόφασης που κατασκευάστηκαν αρχικά μέσω της αλληλεπίδρασης του αναλυτή και του λήπτη αποφάσεων μπορεί να είναι ατελείς αναπαραστάσεις του προβλήματος που έχουμε να αντιμετωπίσουμε.

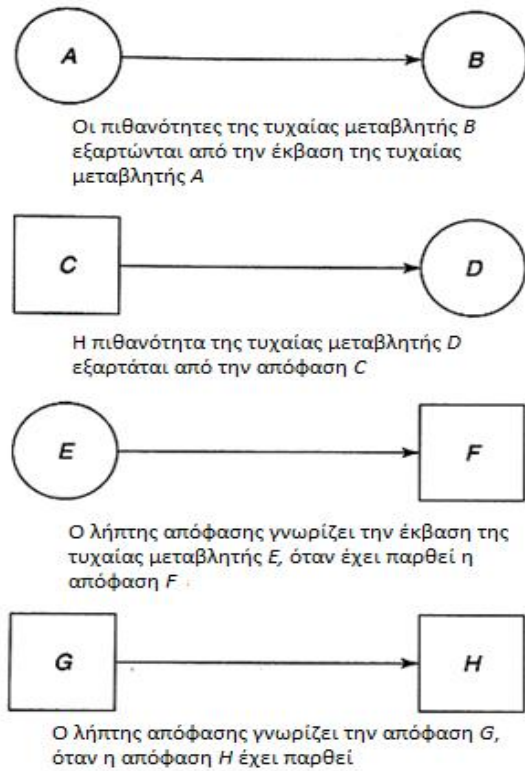


Σχήμα 5.10: Ένα πιθανό δέντρο σφαλμάτων διερευνώντας γιατί δεν ξεκινά ένα αυτοκίνητο.

Πώς αναπαριστούμε τα δέντρα απόφασης

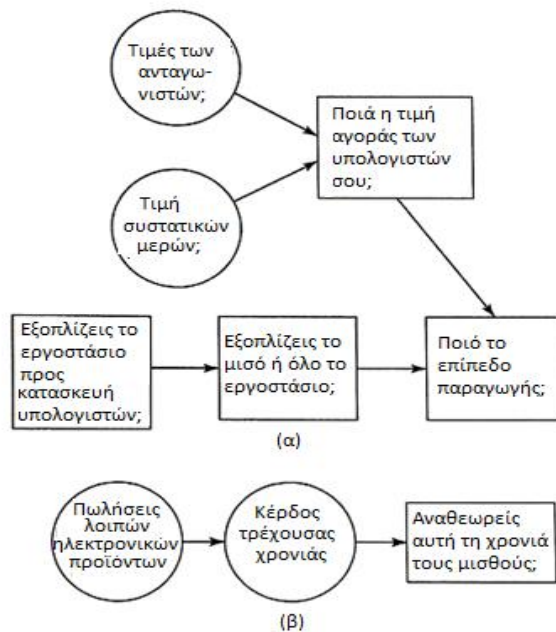
Ποιές μέθοδοι έχουν αναπτυχθεί για να βοηθήσουν στις αναπαραστάσεις των δέντρων απόφασης; Μια σημαντική μέθοδος, που χρησιμοποιείται πολύ από ορισμένους αναλυτές απόφασης, είναι τα διαγράμματα επιρροής (Howard, 1989), που έχουν σχεδιαστεί για να συνοψίσουν τις εξαρτήσεις που υπάρχουν μεταξύ των γεγονότων και των δράσεων μέσα σε μια απόφαση. Αυτές οι εξαρτήσεις μπορούν να τροποποιηθούν από τη ροή του χρόνου, όπως είδαμε στα παραδείγματα μας με τα δέντρα απόφασης. Όπως θα δούμε, υπάρχει μια στενή σχέση μεταξύ των διαγραμμάτων επιρροής και των πιο γνωστών δέντρων απόφασης. Πράγματι, υπό ορισμένες προϋποθέσεις, τα διαγράμματα επιρροής μπορούν να μετατραπούν σε δέντρα. Το πλεονέκτημα της εκκίνησης με διαγράμματα επιρροής είναι ότι η γραφική αναπαράστασή τους είναι πιο ελκυστική στους φορείς λήψης αποφάσεων που μπορεί να μην είναι εξοικειωμένοι με τεχνολογίες απόφασης. Επιπλέον, τα διαγράμματα επιρροής μπορούν πιο εύκολα να αναθεωρηθούν και να τροποποιηθούν όσο συνεργάζεται ο λήπτης απόφασης με τον αναλυτή απόφασης. Τα δέντρα απόφασης, λόγω της αυστηρής τακτοποίησης των δράσεων και γεγονότων, πρέπει να αναθεωρηθούν πλήρως όταν εισαχθούν πρόσθετες δράσεις και γεγονότα στις αρχικές αναπαραστάσεις. Θα πρέπει λοιπόν να παρουσιάσουμε την εφαρμογή των διαγραμμάτων επιρροής μέσω ενός παραδείγματος. Πρώτα όμως, θα παρουσιάσουμε τις βασικές έννοιες και αναπαραστάσεις που διέπουν την προσέγγιση αυτή.

Το σχήμα 5.11 παρουσιάζει τις βασικές έννοιες. Όπως και με το δέντρο απόφασης, οι κόμβοι γεγονότων αναπαρίστανται από κύκλους και οι κόμβοι απόφασης από τετράγωνα. Τα βέλη μεταξύ των κόμβων, δείχνουν την επιρροή του ενός κόμβου σε έναν άλλο. Για παράδειγμα, ένα βέλος που δείχνει προς ένα κόμβο γεγονόςτος δείχνει ότι η πιθανότητα των γεγονότων (που περιέχονται στον κόμβο) επηρεάζεται είτε από προηγούμενη απόφαση ή από την εμφάνιση (ή μη) των προηγούμενων γεγονότων. Ομοίως, ένα βέλος που δείχνει σε έναν κόμβο απόφασης αναφέρει ότι η απόφαση επηρεάζεται είτε από προηγούμενη απόφαση ή από την εμφάνιση (ή μη) των προηγούμενων γεγονότων. Το σύνολο των διασυνδεδεμένων αποφάσεων και γεγονότων ονομάζεται διάγραμμα επιρροής.

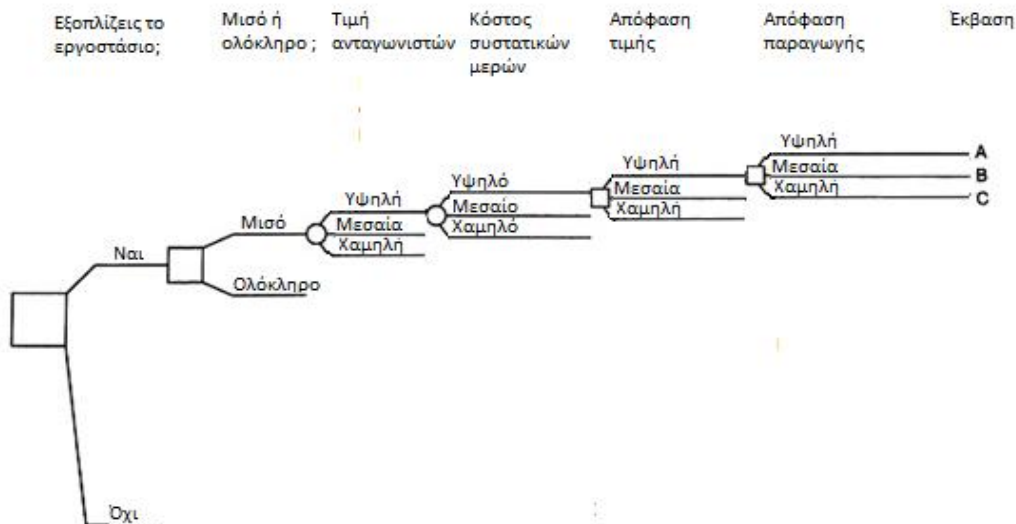


Σχήμα 5.11: Ορισμοί που χρησιμοποιούνται στα διαγράμματα επιρροής.

Το σχήμα 5.12(α) δείχνει ένα υπόδειγμα διαγράμματος επιρροής για το πρόβλημα της παραγωγής υπολογιστή και το σχήμα 5.13 δίνει την αναπαράσταση του δέντρου απόφασης αυτού του διαγράμματος επιρροής.



Σχήμα 5.12: Διάγραμμα επιρροής.



Σχήμα 5.13: Δέντρο απόφασης προερχόμενο από διάγραμμα επιρροής.

Δύο προϋποθέσεις πρέπει να πληρούνται προκειμένου ένα διάγραμμα επιρροής να εκπροσωπείται από ένα δέντρο απόφασης. Πρώτον, το διάγραμμα δεν πρέπει να περιλαμβάνει βέλη επιρροής που σχηματίζουν κύκλους(βρόχους). Ένας βρόχος δείχνει ότι ένας κόμβος (μεταβλητή), επηρεάζει αλλά και επηρεάζεται από έναν άλλο κόμβο. Μια τέτοια σχέση δεν θα μπορούσε να αναπαριστάται με την από αριστερά προς τα δεξιά διάταξη επιρροή που αντιπροσωπεύεται από ένα δέντρο απόφασης. Δεύτερον, δεδομένου ότι τα δέντρα απόφασης χρησιμοποιούνται κυρίως για να βοηθήσουν έναν λήπτη απόφασης που είναι γνώστης εξαρχής όλων των δράσεων και γεγονότων, οι κόμβοι που έχουν άμεση επίδραση (απευθείας βέλη) σε μια συγκεκριμένη απόφαση, πρέπει να είναι ένα υποσύνολο στις επιρροές των μεταγενέστερων αποφάσεων. Αν μια τέτοια διάταξη δεν αντιπροσωπεύεται σε ένα διάγραμμα επιρροής (για παράδειγμα, ο συνδυασμός των σχημάτων 5.12(α) και (β)), τότε θα πρέπει να αναπτυχθούν τουλάχιστον δύο δέντρα απόφασης για να αναπαραστήσουν το διάγραμμα.

Προφανώς, μια αναπαράσταση ενός δέντρου απόφασης πρέπει να διατηρήσει την διάταξη των βελών του διαγράμματος επιρροής και το δέντρο δεν πρέπει να έχει έναν κόμβο γεγονότος ως προκάτοχο του κόμβου απόφασης, ο οποίος δεν συνδέεται άμεσα με ένα βέλος στο διάγραμμα επιρροής. Αν το δέντρο έκανε κάτι τέτοιο, αυτό θα σήμαινε ότι η απόφαση εξαρτάται από τον κόμβο γεγονότος, που από το διάγραμμα επιρροής, δεν θα συνέβαινε αυτό.

Η διαδικασία βήμα-προς-βήμα, για τη μετατροπή ενός διαγράμματος επιρροής σε ένα δέντρο απόφασης έχει ως εξής:

- (1) Προσδιορίζουμε έναν κόμβο χωρίς να δείχνουν βέλη προς αυτόν (αφού δεν μπορούν να υπάρξουν βρόχοι, θα υπάρχει τουλάχιστον ένας τέτοιος κόμβος).
- (2) Αν υπάρχει επιλογή ανάμεσα σε έναν κόμβο απόφασης και έναν κόμβο γεγονότος, επιλέγουμε τον κόμβο απόφασης.
- (3) Τοποθετούμε τον κόμβο κατά την έναρξη του δέντρου και τον «αφαιρούμε» από το διάγραμμα επιρροής.
- (4) Για το πλέον «μειωμένο» διάγραμμα, επιλέγουμε έναν άλλο κόμβο που να μη δείχνουν βέλη προς αυτόν. Εάν υπάρχει επιλογή, θα πρέπει να επιλέξουμε έναν κόμβο απόφασης.

(5) Τοποθετούμε αυτόν τον κόμβο στη συνέχεια του δέντρου και τον «αφαιρούμε» από το διάγραμμα επιρροής.

(6) Επαναλαμβάνουμε την παραπάνω διαδικασία μέχρι να «αφαιρεθούν» όλοι οι κόμβοι από το διάγραμμα επιρροής.

Για πρακτική εξάσκηση, δοκιμάστε τη διαδικασία αυτή με το περιεχόμενο του σχήματος 5.12(α). Θα πρέπει να επιτευχθεί το δένδρο αποφάσεων που απεικονίζεται στο σχήμα 5.13. Για να ολοκληρώσετε το δέντρο, πρέπει να προσδιοριστούν οι πιθανές επιλογές σε κάθε κόμβο απόφασης και τα πιθανά γεγονότα σε κάθε κόμβο γεγονότος. Τέλος, θα πρέπει να εκτιμηθούν οι υποκειμενικές πιθανότητες για τα γεγονότα και να ανατεθούν στα τελικά σημεία του δέντρου απόφασης, οι χρησιμότητες.

Πολύ περίπλοκα δέντρα απόφασης μπορούν να αναπαρασταθούν από διαγράμματα επιρροής μίας σελίδας. Ωστόσο η χρήση διαγραμμάτων επιρροής, για να κατασκευάσουμε δέντρα αποφάσεων όπου μετέπειτα γεγονότα και πράξεις εξαρτώνται από την αρχική απόφαση (δηλαδή, όπου το δέντρο αποφάσεων είναι ασύμμετρο), είναι πιο προβληματική. Σε αυτές τις περιπτώσεις, το διάγραμμα επιρροής μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο ως οδηγός για τη δομή του δέντρου απόφασης.

Απ' όσα διαγράμματα επιρροής παρουσιάσαμε, θα έχετε δει ότι τέτοια διαγράμματα βοηθούν στην εξελικτική διάρθρωση των δέντρων απόφασης. Επιτρέπουν την εύκολη εισαγωγή πρόσθετων δράσεων και γεγονότων, καθώς ο λήπτης αποφάσεων συνομιλεί με τον αναλυτή απόφασης για το πρόβλημα (βλέπε στάδια 1 και 2 του σχήματος 5.9). Από μόνα τους, τα διαγράμματα επιρροής δεν βοηθούν στη δημιουργία επιλογών απόφασης ή στην αναγνώριση των πιθανοτήτων εκδήλωσης των γεγονότων. Τέτοια δημιουργία και αναγνώριση δραστηριοτήτων ίσως να θεωρηθεί καλύτερα, ως δημιουργική συμπεριφορά. Όπως έχουμε δει, ο Fischhoff και άλλοι (Fischhoff, Slovic and Lichtenstein, 1978) , διαπίστωσαν ότι οι άνθρωποι τείνουν προς την κατεύθυνση «ό,τι δεν βλέπω, δεν το σκέφτομαι» κατά την αξιολόγηση της πληρότητας των αναπαραστάσεων των δέντρων απόφασης.

Με άλλα λόγια, από μόνοι τους οι φορείς λήψης αποφάσεων μπορεί να μην είναι κατάλληλοι να σχετιστούν με τις αναπαραστάσεις του περιεχομένου του προβλήματος απόφασης που δημιουργούνται στην αρχή, κατά την αλληλεπίδρασή τους με τον αναλυτή λήψης αποφάσεων. Ένα σημαντικό μέσο για την καταπολέμηση αυτής της τάσης είναι να τεθεί η αναπαράσταση του αρχικού προβλήματος σε εξωτερική κριτική από άλλους, που έχουν γνώση του θέματος. Έτσι, σε μια διάσκεψη οι κριτικές αυτές είναι άμεσα διαθέσιμες στο πλαίσιο της απόφασης και τα άτομα, με ποσοστό συμμετοχής σε μια βασική απόφαση, αλληλεπιδρούν με τη βοήθεια ενός αναλυτή απόφασης που ενεργεί για να διευκολύνει την απόφαση.

Περίληψη

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάσαμε την κατασκευή των δέντρων απόφασης και την μέθοδο επαναφοράς, για τον εντοπισμό της βέλτιστης στρατηγικής. Περιγράψαμε μια μέθοδο

προσέγγισης για την αντιμετώπιση των συνεχών κατανομών πιθανότητας μέσα στα δέντρα απόφασης και συνοψίσαμε κάποιες πρακτικές εφαρμογές των δέντρων απόφασης στην ανάλυση αποφάσεων. Τέλος, αναλύσαμε τη διαδικασία δημιουργίας αναπαραστάσεων δέντρων απόφασης σε προβλήματα απόφασης και υποστηρίξαμε το διάγραμμα επιρροής ως βασική τεχνική στην διευκόλυνση της δόμησης της απόφασης.

Παρά τα οφέλη από τη χρήση δέντρων απόφασης, ορισμένοι αναλυτές απόφασης είναι κατά στη χρήση τους από πολύ νωρίς στη διαδικασία λήψης αποφάσεων, πριν ληφθεί μια ευρεία προοπτική του προβλήματος απόφασης. Για παράδειγμα, οι Charman και Ward (Charman και Ward, 2002) υποστηρίζουν ότι τα δέντρα απόφασης θα πρέπει συχνά να ενσωματώνονται σε μια πιο εκτεταμένη ανάλυση που περιλαμβάνει τοποθετήσεις των πηγών της αβεβαιότητας και την εξερεύνηση των στόχων του λήπτη απόφασης (Κεφάλαιο 1). Σε γενικές γραμμές συμφωνούμε με την άποψη αυτή, και ως εκ τούτου παρουσιάζουμε τα δέντρα απόφασης ως ένα μόνο από τα πολλά χρήσιμα εργαλεία λήψης αποφάσεων - σε αντίθεση με τα περισσότερα άλλα κείμενα ανάλυσης αποφάσεων, που επικεντρώνονται σχεδόν αποκλειστικά στα δέντρα απόφασης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Arkes, H. and Hammond, K. (1986). *Judgment and decision making*. Cambridge [Cambridgeshire]: Cambridge University Press.

Bodily, S. (1985). *Modern decision making*. New York: McGraw-Hill.

Bond, S., Carlson, K. and Keeney, R. (2008). Generating Objectives: Can Decision Makers Articulate What They Want?. *Management Science*, 54(1), pp.56-70.

Bond, S., Carlson, K. and Keeney, R. (2010). Improving the Generation of Decision Objectives. *Decision Analysis*, 7(3), pp.238-255.

Bunn, D. (1982). *Analysis for optimal decisions*. Chichester, Sussex: Wiley.

Chambal, S., Weir, J., Kahraman, Y. and Gutman, A. (2011). A Practical Procedure for Customizable One-Way Sensitivity Analysis in Additive Value Models. *Decision Analysis*, 8(4), pp.303-321.

Chapman, C. and Ward, S. (2002). *Managing project risk and uncertainty*. Chichester: Wiley.

- Corner, J. and Corner, P. (1995). Characteristics of Decisions in Decision Analysis Practice. *Journal of the Operational Research Society*, 46(3), pp.304-314.
- De Neufville, R. and Keeney, R.L. (1972) Systems Evaluation through Decision Analysis: Mexico City Airport, *Journal of Systems Engineering*, 3(1), 34-50.
- Dunning, D., Lockfort, S., Ross, Q., Beccue, P. and Stonebraker, J. (2001). New York Power Authority Uses Decision Analysis to Schedule Refueling of Its Indian Point 3 Nuclear Power Plant. *Interfaces*, 31(5), pp.121-135.
- Durbach, I. and Stewart, T. (2011). An experimental study of the effect of uncertainty representation on decision making. *European Journal of Operational Research*, 214(2), pp.380-392.
- Edwards, W. and Barron, F. (1994). SMARTS and SMARTER: Improved Simple Methods for Multiattribute Utility Measurement. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 60(3), pp.306-325.
- Edwards, W. and Newman, J.R. (1986). Multiattribute Evaluation, in H.R. Arkes and K.R.Hammond (eds), *Judgment and Decision Making*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Farquhar, P. (1984). State of the Art - Utility Assessment Methods. *Management Science*, 30(11), pp.1283-1300.
- Fischhoff, B., Slovic, P. and Lichtenstein, S. (1978). Fault trees: Sensitivity of estimated failure probabilities to problem representation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 4(2), pp.330-344.
- Forman, E.H. and Gass, S.L, (2001) The Analytic Hierarchy Process – An Exposition, *Operations Research*, 49, 469–486.
- French, S. (1988). *Decision Theory: An Introduction to the Mathematics of Rationality*. Chichester: Ellis Horwood.
- Hammond, R. and Bickel, J. (2013). Reexamining Discrete Approximations to Continuous Distributions. *Decision Analysis*, 10(1), pp.6-25.
- Hershey, J., Kunreuther, H. and Schoemaker, P. (1982). Sources of Bias in Assessment Procedures for Utility Functions. *Management Science*, 28(8), pp.936-954.
- Howard, R. (1988). Decision Analysis: Practice and Promise. *Management Science*, 34(6), pp.679-695.
- Howard, R.A. (1989) Knowledge Maps, *Management Science*, 35, 903-923.
- Humphreys, P. (1980) Decision Aids: Aiding Decisions, in L. Sjoberg, T. Tyszka and J.A. Wise (eds), *Human Decision Making*, Bodafors, Doxa.
- Hämäläinen, R. and Alaja, S. (2008). The threat of weighting biases in environmental decision analysis. *Ecological Economics*, 68(1-2), pp.556-569.
- Johnson, E. and Schkade, D. (1989). Bias in Utility Assessments: Further Evidence and Explanations. *Management Science*, 35(4), pp.406-424.

- Keefer, D. and Beccue, P. (2001). Practice Abstract. *Interfaces*, 31(5), pp.62-64.
- Keefer, D. and Bodily, S. (1983). Three-Point Approximations for Continuous Random Variables. *Management Science*, 29(5), pp.595-609.
- Keeney, R. (1982). Feature Article—Decision Analysis: An Overview. *Operations Research*, 30(5), pp.803-838.
- Keeney, R.L. and Raiffa, H. (1976a) Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs, Wiley, New York.
- Keeney, R. and Raiffa, H. (1976b). *Decisions with multiple objectives*. New York: Wiley.
- Kirkwood, C.W. (1982) A Case History of Nuclear Power Plant Site Selection, *Journal of the Operational Research Society*, 33, 353-363.
- Kirkwood, C. (2004). Approximating Risk Aversion in Decision Analysis Applications. *Decision Analysis*, 1(1), pp.51-67.
- Linares, P. (2009) Are Inconsistent Decisions Better? An Experiment with Pairwise Comparisons, *European Journal of Operational Research*, 193, 492–498.
- Mustajoki, J., Hämäläinen, R. and Lindstedt, M. (2006). Using intervals for global sensitivity and worst-case analyses in multiattribute value trees. *European Journal of Operational Research*, 174(1), pp.278-292.
- Olson, D., Moshkovich, H., Schellenberger, R. and Mechitov, A. (1995). Consistency and Accuracy in Decision Aids: Experiments with Four Multiattribute Systems. *Decision Sciences*, 26(6), pp.723-747.
- Pearson, E. and Tukey, J. (1965). Approximate means and standard deviations based on distances between percentage points of frequency curves. *Biometrika*, 52(3-4), pp.533-546.
- Phillips, L. (1984). A theory of requisite decision models. *Acta Psychologica*, 56(1-3), pp.29-48.
- Polman, E. (2010). Why are maximizers less happy than satisficers? Because they maximize positive and negative outcomes. *Journal of Behavioral Decision Making*, 23(2), pp.179-190.
- Pöyhönen, M., Vrolijk, H. and Hämäläinen, R. (2001). Behavioral and procedural consequences of structural variation in value trees. *European Journal of Operational Research*, 134(1), pp.216-227.
- Raiffa, H. (1982). *The art and science of negotiation*. Cambridge, Mass.: Belknap Press of Harvard University Press.
- Ronen, B., Pliskin, J. and Feldman, S. (1984). Balancing the Failure Modes in the Electronic Circuit of a Cardiac Pacemaker: A Decision Analysis. *The Journal of the Operational Research Society*, 35(5), p.379.
- Saaty, T.L. (1990) *The Analytic Hierarchy Process*, RWS Publications, Pittsburgh, PA.
- Slovic, P. and Tversky, A. (1974). Who accepts Savage's axiom?. *Behavioral Science*, 19(6), pp.368-373.

Stigum, B. and Wenstop, F. (1983). *Foundations of utility and risk theory with applications*. Dordrecht: D. Reidel.

Tocher, K. (1977). Planning Systems. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 287(1346), pp.425-441.

Tversky, A. and Kahneman, D. (1981). The framing of decisions and the psychology of choice. *Science*, 211(4481), pp.453-458.

Von Neuman, J. and Morgenstern, and O., (1994). *The Theory of Games and Economic Behavior*. Princeton: Princeton University Press.

Von Winterfeldt, D. and Edwards, W. (1986). *Decision analysis and behavioral research*. Cambridge [Cambridgeshire]: Cambridge University Press.

Winterfeldt, D. (1980). Structuring decision problems for decision analysis. *Acta Psychologica*, 45(1-3), pp.71-93.

Wooler, S. and Barclay, S. (1988) Strategy for Reducing Dependence on a Strike-Prone Production Facility, in P. Humphreys, A. Vari, J. Vecsenyi and O. Larichev (eds) *Strategic Decision Support Systems*, North-Holland, Amsterdam.

ANA (EMV)_i =