

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
ΣΤΗΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

της

ΒΑΓΙΑ ΓΕΩΡΓΙΑΣ

(Αριθμός Μητρώου: 09111072)



Θέμα Διπλωματικής Εργασίας

*Έλεγχος Αποφάσεων και Διαχείριση Κινδύνων με Έμφαση στην Διαχείριση  
Χρηματοοικονομικών Κινδύνων*

*Decision Analysis and Risk Management with Emphasis to Financial Risk  
Management*

**Επιβλέπων:** Ιωάννης Κολέτσος  
Επίκουρος καθηγητής ΕΜΠ

**Εξεταστική επιτροπή:**

- 1)Κοκκίνης Βασίλειος, Επίκουρος καθηγητής
- 2)Κολέτσος Ιωάννης, Επίκουρος καθηγητής
- 3)Λουλάκης Μιχαήλ, Αναπληρωτής καθηγητής

Αθήνα, 2016

## Κατάλογος περιεχομένων

1.1 Εισαγωγή στην Επιχειρησιακή Έρευνα.....	4
2.1 Κατανόηση της Σημαντικότητας της Λήψης Αποφάσεων .....	8
2.2 Ένα Αρχικό Παράδειγμα.....	10
2.3 Λήψη Αποφάσεων Υπό Αβεβαιότητα (Decision Making Under Uncertainty).....	12
2.3.1 Maximin (payoff) Κριτήριο .....	13
2.3.2 Maximax Κριτήριο .....	15
2.3.3 Laplace Κριτήριο ή Κριτήριο Αναμενόμενης Τιμής .....	15
2.3.4 Minimax Regret (Savage Regret) .....	15
2.4 Λήψη Αποφάσεων Υπό Ρίσκο (Decision Making Under Risk) .....	16
2.4.1 Κανόνας Απόφασης του Bayes' Decision Rule .....	17
2.4.2 The Maximum Likelihood Κριτήριο .....	22
2.4.3 Αναμενόμενη Τιμή υπό Αβεβαιότητα-Expected Value under Uncertainty .....	24
2.4.4 Αναμενόμενη Απώλεια Ευκαιρίας (EOL) or Expected Regret .....	24
2.4.5 Αναμενόμενη Τιμή Τέλειας Πληροφόρησης (EVPI).....	25
2.4.6 EVPI and Αναμενόμενη Τιμή υπό Αβεβαιότητα.....	26
2.4.7 EVPI και EOL .....	26
2.4.8 Εκ των Υστέρων Πιθανότητες (Posterior Probabilities).....	28
2.4.9. Αναμενόμενο Αποδιδόμενο Ποσό του Πειραματισμού - Expected Payoff of Experimentation .....	33
2.4.10 Δένδρα Απόφασης .....	34
2.4.11 Συνάρτηση χρησιμότητας .....	39
2.4.11.1 Συνάρτηση χρησιμότητας του χρήματος (utility function for money) [3].....	40
2.5 Ανάλυση Αποφάσεων (Decision Analysis) .....	44
2.5.1 Ορισμός του Προβλήματος .....	45
2.5.2 Στόχοι .....	46
2.5.3 Εναλλακτικές.....	47
2.5.4 Συνέπειες .....	49
2.5.5 Αντισταθμίσιμα (Tradeoffs).....	50
2.5.6. Αβεβαιότητα .....	51
2.5.7 Ανοχή Κινδύνου .....	52
2.5.8 Συνδεδεόμενες Αποφάσεις .....	52
2.5.9 Conclusion .....	54
3.1 Ανάλυση Κινδύνου (Risk Analysis) .....	56
3.1.1 Διαδικασία Ανάλυσης Κινδύνου.....	56
3.1.1.1 Προσδιορισμός και εντοπισμός των κινδύνων.....	57
3.1.1.2. Μοντελοποίηση του προβλήματος κινδύνου και λήψη κατάλληλων αποφάσεων.....	58
3.2 Εναλλακτικές Δραστηριότητες Διαχείρισης Κινδύνων.....	59
3.3 Σχεδιασμός Διαδικασίας Ανάλυσης Κινδύνου.....	63
3.3.1 Ερωτήσεις και Κίνητρα .....	63
4.1 Διαχείριση των Χρηματοοικονομικών Κινδύνων (Financial Risk Management) .....	66
4.1.1 Το Πρώτο Βήμα στη Διαχείριση του Κινδύνου .....	66
4.1.2 Τα Οφέλη της Διαχείρισης Κινδύνου.....	67
4.2 Η Αξία σε Κίνδυνο (Value at Risk - VAR).....	68
4.2.1 Το Μέτρο της Αξίας σε Κίνδυνο (VAR)-Value at Risk Measure.....	70
4.2.2 Historical Method .....	71
4.2.3 Monte Carlo Simulation.....	72
4.3 Τύποι χρηματοοικονομικών κινδύνων.....	73
4.3.1 Κίνδυνος Αγοράς (Market Risk).....	73

4.3.2 Πιστωτικός Κίνδυνος (Credit Risk) .....	74
4.3.3 Κίνδυνος Ρευστότητας (Liquidity Risk) .....	74
4.3.3.1 Κίνδυνος Ρευστότητας Περιουσιακού Στοιχείου .....	75
4.3.3.2 Κίνδυνος Αναχρηματοδότησης της Ρευστότητας - Funding Liquidity Risk .....	75
4.3.3.3 Αντιμετώπιση του Κινδύνου Ρευστότητας Περιουσιακών Στοιχείων .....	75
4.3.4 Λειτουργικός Κίνδυνος (Operational Risk) .....	77
4.3.4.1 Σημαντικότητα του Λειτουργικού Κινδύνου.....	78
4.3.5 Νομικός Κίνδυνος (Legal Risk).....	79
5.1 Παράγωγα (Derivatives).....	80
5.1.1 Ο ρόλος της αγοράς παραγώγων.....	81
5.1.2 Λειτουργικά Πλεονεκτήματα - Operational advantages .....	82
5.1.3 Επικρίσεις της Αγοράς Παραγώγων - Criticisms of derivative markets.....	82
6.1 Προθεσμιακά Συμβόλαια .....	84
6.1.1 Προθεσμιακές Πράξεις (Forward Contracts or Forwards).....	84
6.1.2 Συμβόλαια Μελλοντικής Εκπλήρωσης (Futures Contracts).....	85
6.2 Δικαιώματα Προαίρεσης (Financial Options).....	86
6.2.1 Δικαιώματα Αγοράς (Call Options) .....	87
6.2.2 Δικαιώματα Πώλησης (Put Options).....	88
6.2.2.1 Δικαιώμα Αγοράς και Πώλησης Ευρωπαϊκού Τύπου.....	89
6.2.2.2 Αποδόσεις Δικαιωμάτων Προαίρεσης Ευρωπαϊκού και Αμερικάνικου Τύπου.....	89
6.3 Εξωτικά Δικαιώματα Προαίρεσης (Exotic Options).....	91
6.3.1 Forward-Start Options .....	91
6.3.2 Lookback Options .....	92
6.3.2.1 Δικαιώματα αγοράς και πώλησης .....	94
6.3.3 Asian Options .....	95
6.3.4 Compound Options .....	96
6.4. Η Διαφορά μεταξύ Real Options και Financial Options .....	97
6.5. Πραγματικά Δικαιώματα Προαίρεσης (Real Options).....	99
6.5.1 Real Options, Risk Adjusted Value and Probabilistic Assessments .....	99
6.5.2 Αξιολόγηση των Δικαιωμάτων Προαίρεσης σε μια Επενδυτική Ευκαιρία.....	100
7.1 Διωνυμικό Μοντέλο (Binomial Model).....	103
7.1.1 Διωνυμικό Μοντέλο .....	104
7.1.2 Βασικοί λόγοι εφαρμογής του διωνυμικού μοντέλου.....	107
7.1.3 Διάνυσμα απόδοσης .....	108
7.1.4. Απλή και πιο σύνθετη μορφή διωνυμικού μοντέλου .....	109
7.1.4.1 One step binomial tree .....	109
7.1.4.2 Two-Step Binomial Tree.....	116
7.2 Black Scholes Μοντέλο .....	124
7.2.1 Ο τρόπος με τον οποίο λειτουργεί το μοντέλο .....	125
7.2.2 Black Scholes Formula Parameters Παράμετροι .....	125
7.2.3 Black Scholes Model For European Options.....	126
7.3 Σύνοψη .....	129

## 1.1 Εισαγωγή στην Επιχειρησιακή Έρευνα

Η Επιχειρησιακή Έρευνα (Operational Research) είναι μια μαθηματική επιστήμη η οποία ασχολείται με τις διαμορφώσεις, τις λύσεις και τελικώς την λήψη της καλύτερης απόφασης των προβλημάτων. Είναι γενικά παραδεκτό ότι η αρχή της ως επιστήμη αναπτύχθηκε κατά τη διάρκεια του Δεύτερου Παγκοσμίου Πολέμου εκεί όπου οι αποτυχίες στις αποστολές τους ήταν ιδιαίτερα αυξημένες. Έτσι λοιπόν, ακριβώς λόγω του πολέμου διαμορφώθηκαν ομάδες οι οποίες είχαν ως στόχο να βρεθεί η πιο αποτελεσματική αξιοποίηση των περιορισμένων στρατιωτικών πόρων από τη χρήση των ποσοτικών μεθόδων που διέθεταν. Αυτές επομένως ήταν οι πρώτες ομάδες επιχειρησιακής έρευνας.[7]

Ταυτόχρονα είναι μια έρευνα σχεδιασμένη να προσδιορίζει τον αποτελεσματικότερο τρόπο για να κάνουμε κάτι καινούριο εφικτό. Η Επιχειρησιακή έρευνα χρησιμοποιεί για την λύση των προβλημάτων της μεθόδους που στηρίζονται στα μαθηματικά μοντέλα, στη στατιστική, στη θεωρία πιθανοτήτων καθώς και σε Μεθόδους και Θεωρίες της Επιχειρησιακής Έρευνας που υλοποιούνται κυρίως σε υπολογιστή με τη χρήση αλγορίθμων.[1] Είναι σημαντικό να πούμε όμως, ότι ο όρος Επιχειρησιακή Έρευνα έχει την έννοια μιας διαδικασίας και όχι μιας επιχείρησης ή εταιρείας.

Η Επιχειρησιακή Έρευνα είναι συνήθως να χρησιμοποιείται για να αναλυθούν σύνθετα προβλήματα στην πραγματική ζωή συνήθως με στόχο τη βελτίωση και τη βελτιστοποίηση της απόδοσης. Ορισμένες αποφάσεις μπορούν να ληφθούν από την κοινή λογική, την ορθή κρίση και την εμπειρία χωρίς τη χρήση των μαθηματικών, και σε ορισμένες περιπτώσεις αυτό δεν είναι δυνατό ή είναι πολύ δύσκολο και αρκετές φορές εξουθενωτικό. Επομένως, η χρήση άλλων τεχνικών είναι αναπόφευκτη. Επί πλέον, οι πληροφορίες που απαιτούνται για να παρθεί μια καλή απόφαση ποικίλλει σε μεγάλο βαθμό. Ορισμένες αποφάσεις απαιτούν ένα μεγάλο αριθμό πληροφοριών, ενώ άλλες πολύ λιγότερο. Μερικές φορές δεν διαθέτουμε πολλές πληροφορίες και επομένως, η απόφαση καθίσταται διαισθητική, αν όχι απλά μια εικασία. Πολλοί, αν όχι οι περισσότεροι, άνθρωποι παίρνουν αποφάσεις χωρίς ποτέ πραγματικά να αναλύσουν την κατάσταση και τις εναλλακτικές λύσεις που υπάρχουν. Υπάρχει μια υποκειμενική και ουσιαστική πτυχή για όλες τις αποφάσεις, αλλά υπάρχουν επίσης συστηματικοί τρόποι για να σκεφτούμε τα προβλήματα ώστε να μας βοηθήσουν στην ευκολότερη λήψη αποφάσεων. Ο σκοπός της ανάλυσης των αποφάσεων είναι να αναπτύξει τεχνικές για να βοηθήσουν τη διαδικασία της λήψης αποφάσεων αλλά να σημειωθεί ότι δεν αντικαθιστά τη λήψη της απόφασης.[6]

Στη διαδικασία λήψης των αποφάσεων ακολουθείται μια σειρά βημάτων η οποία είναι η εξής:

1. η κατανόηση του προβλήματος και η συλλογή των δεδομένων
2. η κατασκευή του κατάλληλου μοντέλου
3. η επίλυση του προτεινόμενου μοντέλου
4. η εφαρμογή και η αξιολόγηση της προτεινόμενης λύσης.

## **Ορισμός του Προβλήματος**

Αρχικά ας ορίσουμε την έννοια του συστήματος. Σύστημα για την επιχειρησιακή έρευνα είναι οι πάσης φύσεως επιχειρήσεις, οργανισμοί, βιομηχανίες, κρατικές επιχειρήσεις κτλ. Στη φάση αυτή στόχος είναι η μελέτη του συστήματος μέσω της οποίας επιδιώκεται ο προσδιορισμός της δομής του συστήματος, ο εντοπισμός των σημείων στα οποία μπορούμε εμείς να επηρεάσουμε τη λειτουργία του και ύστερα η καταγραφή των σημαντικών συνιστωσών του προβλήματος και ο καθορισμός των περιορισμών που επιβάλλονται από τη δομή του. Σε τελικό στάδιο θέτουμε τους επιθυμητούς στόχους, μια δύσκολη διαδικασία εφόσον υπάρχουν φορές που έχουμε περισσότερους από έναν στόχους και πρέπει να τους ιεραρχήσουμε καταλλήλως.

## **Διατύπωση του Μοντέλου**

Σειρά έχει η μετατροπή των βασικών παραμέτρων του προβλήματος σε μαθηματικές και/ή λογικές σχέσεις. Η μέθοδος που ακολουθείται εδώ έχει σαν βάση τον προσδιορισμό της εισόδου του μοντέλου το οποίο περιλαμβάνει τις μεταβλητές απόφασης, τους περιορισμούς, ικανοποιώντας ταυτόχρονα και τις παραμέτρους, καθώς και την έξοδο από αυτό η οποία περιλαμβάνει και αυτή με τη σειρά της τα κριτήρια απόδοσης του συστήματος. Ως μεταβλητές ορίζουμε τα δομικά στοιχεία του προβλήματος που επηρεάζουν τα κριτήρια απόδοσης του συστήματος. Τα κριτήρια αυτά μέσω της διαδικασίας της επίλυσης του μοντέλου βελτιστοποιούνται προσδιορίζοντας εκείνες τις τιμές που ικανοποιούν τους λειτουργικούς περιορισμούς του συστήματος. Ωστόσο, οι παράμετροι καθορίζονται από εξωτερικούς παράγοντες ως προς το εξεταζόμενο σύστημα και είναι γνωστές και σταθερές τιμές. Και όσον αφορά τα κριτήρια απόδοσης είναι συχνό να χρησιμοποιούμε τον όρο αντικειμενικές συναρτήσεις των μεταβλητών απόφασης.

Έχοντας ορίσει το πρόβλημα, οργανώσει τα δεδομένα και καθορίσει τις εισόδους και εξόδους του μοντέλου προσπαθούμε να εντοπίσουμε ένα μοντέλο για την επίλυση του

προβλήματος. Για να ελέγξουμε αν το μοντέλο αυτό είναι και το καταλληλότερο είναι σημαντικό να γίνει μια δοκιμαστική χρήση αυτού ελέγχοντας την ορθότητα όλων των παραπάνω. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι ο αναλυτής οφείλει να ελατώσει το μέγεθος του προβλήματος συναρτήσει όλων των σημαντικότερων μεταβλητών του, τόσο ώστε να μην γίνεται εις βάρος την βαθύτερης ανάλυσης, δεδομένου ότι από αυτό εξαρτάται το κόστος επίλυσης του προβλήματος. Στην περίπτωση που καμία από τις γνωστές μεθόδους την επιχειρησιακής έρευνας δεν προσφέρεται για την λύση του προβλήματος θα πρέπει να βρούμε ένα καινούριο μοντέλο.

### **Επίλυση του Μοντέλου**

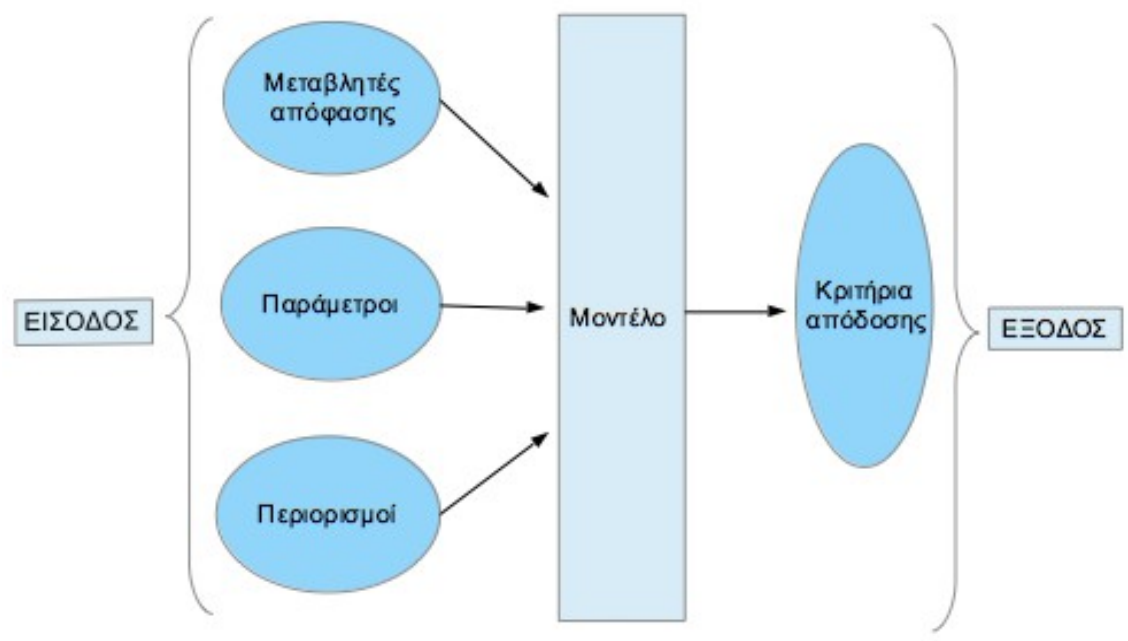
Η επίλυση του μαθηματικού μοντέλου συνήθως γίνεται με τη χρήση διάφορων τεχνικών-αλγορίθμων ενσωματωμένων σε κάποιο κατάλληλο λογισμικό για τον εντοπισμό της βέλτιστης λύσης όπως αναφέραμε παραπάνω. Για τη λύση που ορίσαμε ενδιαφερόμαστε συχνά, αν όχι πάντα, να γνωρίζουμε την ευαισθησία της σε τυχόν μεταβολές των παραμέτρων του. Αυτή η ανάλυση της λύσης ονομάζεται ανάλυση ευαισθησίας.

### **Εφαρμογή της προτεινόμενης λύσης**

Το στάδιο αυτό αποτελεί ίσως το δυσκολότερο μέρος της όλης διαδικασίας μιας και η μετατροπή των αποτελεσμάτων σε λειτουργικές οδηγίες πρέπει να είναι παρουσιασμένες έτσι ώστε να γίνονται κατανοητές στα άτομα που θα διαχειριστούν το προτεινόμενο σύστημα και θα το υλοποιήσουν στο πραγματικό σύστημα εν συνεχεία. Κατά τη διάρκεια εφαρμογής της λύσης, το τμήμα της επιχειρησιακής έρευνας οφείλει να είναι ιδιαίτερα προσεκτικό εφόσον ανα πάσα στιγμή μπορούν να παρουσιαστούν προβλήματα τα οποία δεν είχαν προβλεφθεί πρότινος.

Έστω ότι το πρόβλημα είναι να επιλέξετε μια πόλη μεταξύ πολλών άλλων, προκειμένου να ξεκινήσει μια παραγωγή υλικού και τεχνολογικού κέντρου. Έστω ότι υπάρχουν πολλές πόλεις που θεωρούνται υποψήφιες με παρόμοια χαρακτηριστικά όσον αφορά το μέγεθος του πληθυσμού, τη μέση τεχνική εκπαίδευση, τα πανεπιστήμια, την ιστορία Πληροφορικής, κλπ, και μια πόλη που θα πρέπει να επιλεγεί. Είναι σχεδόν αδύνατο να προβλεφθεί πώς θα εκτελεστεί το έργο στην επιλεγμένη πόλη σε σύγκριση με το ποια θα ήταν η απόδοσή του συγκεκριμένου έργου στις υπόλοιπες πόλεις. Με απλά λόγια, ένα άτομο ή μια ομάδα ατόμων, με βάση τις διαθέσιμες πληροφορίες σχετικά με τα ποσοτικά στοιχεία και υποθέτοντας τις τιμές των άυλων στοιχείων, έχουν ως ευθύνη να αποφασίσουν και τις περισσότερες φορές με αβεβαιότητα, ποια είναι η πιο

βολική λύση μεταξύ των διάφορων επιλογών τους. Για αυτό, είναι αναγκαίο να προστεθεί ότι, σε ένα μεγάλο έργο, θα μπορούσαν να υπάρχουν πολλαπλές επιπτώσεις όχι μόνο στο περιβάλλον και την οικονομία αλλά και στη ζωή των επόμενων γενεών. [8]



Εικόνα 1: Σχεδίαση διαδικασίας λήψης αποφάσεων

[1,2]

## 2.1 Κατανόηση της Σημαντικότητας της Λήψης Αποφάσεων

Καλό θα ήταν να δωθούν οι ορισμοί των όρων οι οποίοι θα χρησιμοποιηθούν παρακάτω επανειλημμένως. Αρχικά, ιθύνων ή υπεύθυνος για την λήψη των αποφάσεων (**decision maker**) ονομάζεται ο φορέας ο οποίος είναι ολοκληρωτικά υπεύθυνος για την λήψη των αποφάσεων. Θα μπορούσε να είναι ένας άνθρωπος, μια επιτροπή, μία εταιρεία κτλ. Οι εναλλακτικές (**alternatives**) είναι ο πεπερασμένος αριθμός πιθανών εναλλακτικών αποφάσεων που διαθέτει ο υπεύθυνος για την λήψη αποφάσεων. Ο ιθύνων έχει γενικά τον έλεγχο για τον προσδιορισμό και τη περιγραφή αυτών των εναλλακτικών λύσεων. Φυσικές καταστάσεις (**states of nature**) ορίζουμε τα σενάρια και τις καταστάσεις του περιβάλλοντος που μπορούν να συμβούν αλλά τα οποία δεν είναι κάτω από τον έλεγχο του ιθύνων. Αυτές είναι οι συνθήκες υπό τις οποίες μια απόφαση θα παρθεί. Οι φυσικές καταστάσεις είναι αμοιβαία αποκλειώμενα ενδεχόμενα που σημαίνει ότι μια και μόνο μία φυσική κατάσταση θεωρείται ότι θα συμβεί και ότι όλες οι άλλες πιθανές καταστάσεις εξετάζονται. Ενώ αποτελέσματα (**outcomes**) είναι τα μέτρα του καθαρού οφέλους (net profit) ή του αποδιδόμενου ποσού (payoff) τα οποία έχουν παρθεί από τον ιθύνων. Αυτό είναι το αποτέλεσμα της απόφασης και την φυσικής κατάστασης. Ως εκ τούτου υπάρχει ένα αποδιδόμενο ποσό για κάθε ζεύγος εναλλακτικής και αποτελέσματος. Τα μέτρα αυτού (αποδιδόμενου ποσού) θα πρέπει να είναι ενδεικτικές αξίες και προτιμήσεις του ιθύνων. Δίνονται συνήθως σε μορφή πινάκων στους οποίους μία θετική τιμή αντιπροσωπεύει τα καθαρά έσοδα, εισοδήματα ή κέρδη ενώ μια αρνητική τιμή αντιπροσωπεύει τη καθαρή ζημία, τα έξοδα ή τις δαπάνες. Αυτός ο πίνακας λοιπόν παράγει όλους τους συνδιασμούς εναλλακτικών και αποτελεσμάτων καθώς και το αντίστοιχο αποδιδόμενο ποσό και χρησιμοποιείται για να αντιπροσωπεύσει το αντίστοιχο πρόβλημα απόφασης.[6]

Η ανάλυση των αποφάσεων μπορεί επομένως να οριστεί ως η διαδικασία και η μεθοδολογία για τον προσδιορισμό, τη μοντελοποίηση και την αξιολόγηση του κατάλληλου σχεδίου δράσης για ένα δεδομένο πρόβλημα απόφασης. Αυτή η διαδικασία περιλαμβάνει συχνά ένα ευρύ φάσμα εργαλείων και γενικά η κύρια προσέγγιση είναι να σπάσει το πρόβλημα κάτω σε διαχειρίσιμα και κατανοητά μέρη τέτοια ώστε ο ιθύνων να μπορεί να κατανοήσει και να χειριστεί. Στη συνέχεια είναι απαραίτητο να ληφθούν αυτά τα μικρότερα υποπροβλήματα και να ανασυσταθούν σε μια σωστή λύση για το μεγαλύτερο αρχικό πρόβλημα. Μέσω αυτής της διαδικασίας, ο ιθύνων θα πρέπει επίσης να αποκτήσει σαφή εικόνα του προβλήματος και της επίλυσης του. Αυτό θα επιτρέψει στον ιθύνων να αναλύσει την πολυπλοκότητα των καταστάσεων και να επιλέξει ένα σχέδιο δράσης το οποίο θα συνάδει με τις βασικές αξίες και τις γνώσεις του. [6]



Κατα την ανάλυση του υπάρχοντος προβλήματος καθώς και την μελέτη της καταλληλότερης απόφασης που πρέπει να επιλεγεί μας δίνεται η δυνατότητα να κατηγοριοποιήσουμε τις αποφάσεις με βάση τη φύση του προβλήματος ή την φύση των δεδομένων (data) και πολλές φορές και των δύο ταυτόχρονα. Υπάρχουν δύο μεγάλες κατηγορίες προβλημάτων απόφασης: η λήψη αποφάσεων υπο βεβαιότητα (**decision making under certainty**) και η λήψη αποφάσεων υπό συνθήκες αβεβαιότητας (**decision making under uncertainty**). Μερικά τώρα από τα προβλήματα υπό αβεβαιότητα χωρίζονται επίσης σε κατηγορίες ανάλογα με το αν το πρόβλημα μπορεί να μοντελοποιηθεί με κατανομές πιθανότητας (κίνδυνος) ή όχι (αβεβαιότητα). Η απόφαση ανάλυσης γίνεται σχεδόν πάντα στο πλαίσιο της επιλογής μίας εναλλακτικής από ένα σύνολο εναλλακτικών λύσεων.

Η λήψη αποφάσεων **υπό βεβαιότητα** (under certainty) σημαίνει ότι τα δεδομένα είναι γνωστά σε ντετερμινιστικό ή τουλάχιστον σε ένα εκτιμώμενο επίπεδο όπου ο ιθύνων είναι εξοικειωμένος όσον αφορά τη μεταβολή τους. Ομοίως, οι εναλλακτικές λύσεις απόφασης πρέπει να μπορούν να προσδιοριστούν σαφώς και να μοντελοποιηθούν. Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για αυτούς τους τύπους προβλημάτων είναι πολλές όπως ο γραμμικός προγραμματισμός, ο μη γραμμικός προγραμματισμός, ο ακέραιος προγραμματισμός, η βελτιστοποίηση, ο προγραμματισμός των στόχων, η αναλυτική διαδικασία ιεράρχησης, και άλλοι.

Η λήψη αποφάσεων **υπό κίνδυνο** (under risk) σημαίνει ότι υπάρχει αβεβαιότητα όσον αφορά τα δεδομένα, αλλά αυτή η αβεβαιότητα μπορεί να μοντελοποιηθεί πιθανολογικά (με τη χρήση πιθανοτήτων). Ας σημειωθεί ότι υπάρχουν μερικοί που δεν χρησιμοποιούν αυτόν τον χαρακτηρισμό, καθώς πιστεύουν πως η πιθανότητα είναι υποκειμενική, ως εκ τούτου, όλες οι αποφάσεις αν δεν είναι γνωστές με βεβαιότητα είναι αβέβαιες.

Η λήψη αποφάσεων **υπό συνθήκες αβεβαιότητας** (under uncertainty) σημαίνει ότι το μοντέλο πιθανοτήτων για τα στοιχεία είναι άγνωστος ή δεν μπορεί να μοντελοποιηθεί πιθανολογικά, και ως εκ τούτου, τα δεδομένα είναι ανακριβή ή ασαφή. [6]

Όπως είπαμε δεν είναι λίγες οι φορές που πρέπει να παρθούν αποφάσεις οι οποίες είναι γεμάτες με αβεβαιότητα για το αποτέλεσμα τους. Ας δούμε μερικά παραδείγματα αυτών :

1. Μια επιχείρηση γεωργικών προϊόντων επιλέγει το μείγμα των καλλιεργειών και της

κτηνοτροφίας για την επερχόμενη σεζόν. Τα ερωτήματα που τους απασχολούν είναι το ποιες θα είναι οι καιρικές συνθήκες; Ποιό θα είναι το κόστος αλλά και ποιά η τελική τιμή των προϊόντων ;

2. Μια εταιρεία πετρελαίου έχει να αποφασίσει αν θα κάνει ή όχι εξόρυξη για πετρέλαιο σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία. Πόσο πιθανό είναι να βρεθεί πετρέλαιο εκεί αλλά και σε τί ποσότητα; Πόσο βαθιά θα πρέπει να γίνει η εξόρυξη; Μήπως πρέπει οι γεωλόγοι να διερευνήσουν περαιτέρω την περιοχή πριν από την γεώτρηση;

Αυτά είναι μερικά απο τα είδη που απαιτούν την λήψη αποφάσεων για την αντιμετώπιση της μεγάλης αβεβαιότητας και αυτές τις αποφάσεις έχει σχεδιαστεί να αντιμετωπίζει η ανάλυση αποφάσεων (**decision analysis**).

Συχνά ένα ερώτημα που πρέπει να αντιμετωπιστεί με την ανάλυση απόφασης είναι αν θα πάρει αμέσως την απαραίτητη απόφαση ή αν θα χρειαστεί προηγουμένως να κάνει κάποιες δοκιμές προκειμένου να μειώσει το επίπεδο της αβεβαιότητας σχετικά με την έκβαση της απόφασης. Παρόλα αυτά για αυτόν τον έλεγχο θα υπάρξει κάποιο κόστος, κάτι που θα αναπτυχθεί βαθύτερα παρακάτω.

Για παράδειγμα, ο έλεγχος μπορεί να είναι η δοκιμή ενός νέου προτεινόμενου προϊόντος από τους καταναλωτές για την εξέταση των αντιδράσεων και των προτιμήσεων εκείνων πριν απο την λήψη της απόφασης σχετικά με το αν θα προχωρήσει στην παραγωγή και την εμπορία του προϊόντος.

Όπως αναφέραμε λοιπόν προηγουμένως, η λήψη αποφάσεων υπό ρίσκο σημαίνει ότι υπάρχει αβεβαιότητα αλλά η αβεβαιότητα αυτή μπορεί να μοντελοποιηθεί πιθανολογικά μέσω πειραματισμού. Ενώ η λήψη αποφάσεων υπό αβεβαιότητα συμπίπτει με τη λήψη αποφάσεων που διεκπαιρώνεται χωρίς πειραματισμό. Επομένως απο εδώ και στο εξής θα χρησιμοποιούμε τους όρους λήψη αποφάσεων υπό ρίσκο και υπό αβεβαιότητα.

## 2.2 Ένα Αρχικό Παράδειγμα

Η εταιρεία Sylicon Dynamics αποφάσισε να κατασκευάσει ένα νέου τύπου μικροσίπ για ηλεκτρονικούς υπολογιστές, που θα της επιτρέψει εάν εκείνη το επιθυμεί, να αρχίσει την παραγωγή

και την εμπορία ενός προσωπικού τέτοιου υπολογιστή. Εναλλακτικά, έχει την δυνατότητα να πουλήσει τα δικαιώματα της εφεύρεσης αυτής έναντι 15 εκατομμυρίων €. Εάν όμως η Silicon Dynamics αποφασίσει τελικά να κατασκευάσει αυτούς τους υπολογιστές, η κερδοφορία της επιχείρησης εξαρτάται από την ικανότητα της εταιρείας όσον αφορά την εμπορία του υπολογιστή κατά τη διάρκεια του πρώτου έτους. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι εγγυάται την επαρκή πρόσβαση σε καταστήματα λιανικής πώλησης καθώς και την πώληση 10.000 ηλεκτρονικών υπολογιστών ακόμη και αν η εφευρεση αυτή δεν έχει θετικό αντίκτυπο στους καταναλωτές.. Απο την άλλη πλευρά, αν η εφεύρεση αυτή πετύχει, τότε η εταιρεία έχει την δυνατότητα να πουλήσει μέχρι και 100.000 ηλεκτρονικούς υπολογιστές κατά τη διάρκεια του πρώτου έτους. Ως εκ τούτου, τα δύο αυτά επίπεδα πωλήσεων θεωρείται ότι είναι τα δύο πιθανά αποτελέσματα της εμπορίας του υπολογιστή, αλλά δεν είναι σαφές ποιες είναι οι εκ των προτέρων πιθανότητες τους. Είναι γνωστό ότι το κόστος συναρμολόγησης της γραμμής παραγωγής είναι 6 εκατομμύρια €. Ενώ η διαφορά μεταξύ της τιμής πώλησης και του μεταβλητού κόστους κάθε υπολογιστή είναι 600€.

Ο παρακάτω πίνακας συνοψίζει όλα τα δεδομένα του προβλήματος. Στη συνέχεια, θα μπορούσαμε να εξηγήσουμε αναλυτικά τον τρόπο με τον οποίο είναι εφικτό να παρθεί η καλύτερη απόφαση, αν δηλαδή η εταιρεία είναι προτιμότερο να πουλήσει τα δικαιώματα της εφεύρεσης ή να ξεκινήσει την κατασκευή και εν συνεχεία την εμπορία των υπολογιστών.

Ωστόσο, προτού αποφασίσει αν θα κατασκευάσει τους υπολογιστές ή θα πουλήσει τα δικαιώματα, μια άλλη δυνατότητα που δίνεται στην εταιρεία είναι να διεξάγει μία λεπτομερή και ολοκληρωμένη έρευνα αγοράς με σκοπό να αποκτήσει μια καλύτερη εκτίμηση του τι είναι πιο πιθανόν να συμβεί. Η έρευνα αγοράς θα κοστίζει στην επιχείρηση 1 εκατομμύριο €. Επιπλέον, προηγούμενη εμπειρία δείχνει ότι η εν λόγω έρευνα αγοράς είναι ορθή δύο στις τρεις φορές (2/3).

Εναλλακτικές	Φυσικές Καταστάσεις	
	Αποδοτική	Μη αποδοτική
Κατασκευή ηλ. Υπολογιστών	54 εκατομμύρια € <sup>1</sup>	0 <sup>2</sup>
Πώληση Δικαιωμάτων	15 εκατομμύρια €	15 εκατομμύρια €
Εκ των προτέρων πιθανότητες	p	1-p

*Πίνακας 1: Πίνακας απόδοσης για την διαμόρφωση της ανάλυσης  
των αποφάσεων για την Silicon Dynamics*

<sup>1</sup>  $100.000 \times 600 - 6 \text{ εκατ.} = 60 \text{ εκατ.} - 6 \text{ εκατ.} = 54 \text{ εκατ.} \text{ €}$

<sup>2</sup>  $10.000 \times 600 - 6 \text{ εκατ.} = 6 \text{ εκατ.} - 6 \text{ εκατ.} = 0$

## **2.3 Λήψη Αποφάσεων Υπό Αβεβαιότητα (Decision Making Under Uncertainty)**

Σε γενικές γραμμές, ο ιθύνων πρέπει να επιλέξει μια ενέργεια από ένα σύνολο πιθανών ενεργειών. Το σύνολο περιέχει όλες τις εφικτές εναλλακτικές λύσεις που εξετάζονται για το πώς θα προχωρήσουμε με το πρόβλημα που μας ανησυχεί.

Η ενέργεια που θα επιλεγεί πρέπει να γίνει για την αντιμετώπιση της αβεβαιότητας, διότι η έκβαση αυτής θα επηρεαστεί από τυχαίους παράγοντες που είναι εκτός του ελέγχου του ιθύνων. Αυτοί οι τυχαίοι παράγοντες καθορίζουν τι κατάσταση θα βρεθεί κατά τη στιγμή που εκτελείται η ενέργεια. Κάθε μία από αυτές τις πιθανές περιπτώσεις αναφέρεται ως πιθανή φυσική κατάσταση. Για κάθε συνδυασμό μιας ενέργειας και μιας φυσικής κατάστασης, ο ιθύνων γνωρίζει ποιά θα είναι το προκύπτον αποδιδόμενο ποσό. Το αποδιδόμενο ποσό είναι ένα ποσοτικό μέτρο της αξίας για την λήψη της απόφασης σχετικά με τις συνέπειες του αποτελέσματος. Για παράδειγμα, συχνά εκπροσωπείται από το καθαρό χρηματικό κέρδος, αν και άλλα μέτρα μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν. Εάν τώρα οι συνέπειες για την έκβαση δεν ορισθούν πλήρως ακόμη και όταν η φυσική κατάσταση είναι δεδομένη, τότε το αποτέλεσμα γίνεται μια αναμενόμενη τιμή (από στατιστική άποψη) του μέτρου των συνεπειών.[3]

Όταν είναι αδύνατο να βρεθεί μια κατανομή πιθανότητας για ένα πρόβλημα απόφασης, ή δεν υπάρχει, τότε το πρόβλημα καθίσταται αβέβαιο. Σε αυτή τη περίπτωση, δεν είναι δυνατό να καθοριστούν οι αναμενόμενες τιμές και προκύπτει έτσι ότι ο ιθύνων οφείλει να βρεί άλλους παράγοντες κάτω από τους οποίους θα πάρει την απόφαση.

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι που ασχολούνται με τέτοιου είδους προβλήματα αβεβαιότητας. Αυτές οι μέθοδοι διαφέρουν, και διαφέρουν κυρίως στον τρόπο που ο ιθύνων αντιμετωπίζει το

ρίσκο και τις φυσικές καταστάσεις. Αυτές οι μέθοδοι θα μπορούσαν να θεωρηθούν παρόμοιες με τις πτυχές της θεωρίας της χρησιμότητας (utility theory) και θα αναλυθούν παρακάτω.[6]

### **Διαμόρφωση του παραδείγματος στο εν λόγω πλαίσιο**

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 1, η Sylicon Dynamics έχει δύο πιθανές εναλλακτικές δράσεις υπό εξέταση: κατασκευή και εμπορία των ηλεκτρονικών υπολογιστών ή πώληση δικαιωμάτων της εφεύρεσης. Οι πιθανές φυσικές καταστάσεις είναι ότι η εφεύρεση αυτή θα έχει θετικό αντίκτυπο στην αγορά ή ουδέτερο, όπως ορίζεται στις στήλες του Πίνακα 1 ως αποδοτική και μη αποδοτική. Οι εκ των προτέρων πιθανότητες των δύο φυσικών καταστάσεων δεν είναι προσδιορισμένες από εμπειρογνώμονα. Ως εκ τούτου, θα γίνουν κάποιες ενέργειες προκειμένου να προσδιοριστεί το σημείο το οποίο χωρίζει την περιοχή όπου η κατάλληλη απόφαση είναι να πωληθούν τα δικαιώματα και εκείνης που η καταλληλότερη επιλογή είναι να προχωρήσουν στην εμπορία των υπολογιστών.

Θα χρησιμοποιήσουμε τον Πίνακα 1 των αναμενόμενων αποδιδόμενων ποσών ώστε να βρεθεί η βέλτιστη ενέργεια σύμφωνα με τρία από τα κριτήρια που περιγράφονται παρακάτω. Σε ορισμένες περιπτώσεις θα χρησιμοποιείται το πρότυπο του Excel για τα κριτήρια αυτά.

#### **2.3.1 Maximin (payoff) Κριτήριο**

Το κριτήριο αυτό είναι μια συντηρητική προσέγγιση στη διαχείριση του άγνωστου κινδύνου. Σκοπός είναι να καθοριστεί το χειρότερο που μπορεί να συμβεί με την κάθε εναλλακτική και στη συνέχεια να επιλεγεί η εναλλακτική λύση που δίνει το καλύτερο χειρότερο αποτέλεσμα. Όταν το αποδιδόμενο ποσό είναι κέρδος τότε χρησιμοποιείται το maximin κριτήριο (μεγιστοποιεί την ελάχιστη δυνατή τιμή) ενώ όταν είναι κόστος χρησιμοποιείται το minimax κριτήριο (ελαχιστοποιεί την μέγιστη δυνατή τιμή). [6]

Εναλλακτικές	Φυσικές Καταστάσεις		Ελάχιστο στη σειρά	
	Αποδοτική	Μη αποδοτική		
Κατασκευή ηλ. Υπολογιστών	54 εκατομμύρια €	0	0	
Πώληση Δικαιωμάτων	15 εκατομμύρια €	15 εκατομμύρια €	15	<b>maximin</b>
Εκ των προτέρων πιθανότητες	$p$	$1-p$		

Πίνακας 2: *The Maximin Payoff Criterion για την εταιρεία Silicon Dynamics*

Έτσι, δεδομένου ότι το ελάχιστο ποσό για την πώληση (15) είναι μεγαλύτερο από εκείνο για την κατασκευή (0), η δεύτερη εναλλακτική λύση (πώληση δικαιωμάτων) θα πρέπει να επιλεγεί ως η ενέργεια που θα πραγματοποιηθεί.

Το σκεπτικό αυτού του κριτηρίου είναι ότι παρέχει την καλύτερη εγγύηση του αποδιδόμενου ποσού που θα ληφθεί εν τέλει. Ανεξάρτητα από το ποια φυσική κατάσταση αποδείχθηκε ότι είναι προτιμότερη για το παράδειγμα μας, το αποτέλεσμα από την πώληση των δικαιωμάτων δεν μπορεί να είναι μικρότερο του 15, το οποίο ορίζει την καλύτερη διαθέσιμη εγγύηση. Έτσι, το κριτήριο αυτό λαμβάνει την απαισιόδοξη άποψη ότι, ανεξάρτητα από το ποια ενέργεια έχει επιλεγεί, η χειρότερη φυσική κατάσταση για την εν λόγω ενέργεια είναι πιθανό να συμβεί. Τελικά, θα πρέπει να επιλεγεί η ενέργεια που παρέχει το καλύτερο αποδιδόμενο ποσό μαζί με την χειρότερη φυσική της κατάσταση.

Ωστόσο, το κριτήριο αυτό δεν χρησιμοποιείται συχνά σε παιχνίδια ενάντια στη φύση, διότι είναι ένα εξαιρετικά συντηρητικό κριτήριο. Στην πραγματικότητα, αυτό προϋποθέτει ότι η φύση είναι ένας αντίπαλος με επίγνωση στο που θέλει να προκαλέσει όσο το δυνατόν περισσότερη ζημιά. Η φύση δεν είναι κακόβουλη αντίπαλος, και η λήψη της απόφασης δεν πρέπει να επικεντρωθεί αποκλειστικά και μόνο στο χειρότερο δυνατό αποδιδόμενο ποσό κάθε ενέργειας. Αυτό είναι ιδιαίτερα αληθές όταν η χειρότερη πιθανότητα αποδιδόμενου ποσού μιας ενέργειας προέρχεται από μία σχετικά απίθανη φυσική κατάσταση. Έτσι, το κριτήριο αυτό συνήθως είναι ενδιαφέρον μόνο για έναν πολύ προσεκτικό ιθύνων. [3]

### 2.3.2 Maximax Κριτήριο

Αυτό το κριτήριο είναι το αντίθετο απο το maximin κριτήριο διότι είναι αρκετά αισιόδοξο μιας και επιδιώκει την αναζήτηση του κινδύνου. [6] Ο ιθύνων θα πρέπει να επιλέξει την πορεία της δράσης της οποίας το μέγιστο αποδιδόμενο ποσό είναι καλύτερο από ό, τι το καλύτερο αποδιδόμενο ποσό όλων των άλλων δυνατών ενεργειών σε δεδομένες συνθήκες.

### 2.3.3 Laplace Κριτήριο ή Κριτήριο Αναμενόμενης Τιμής

Ακόμη ένα αισιόδοξο κριτήριο είναι το κριτήριο Laplace ή αλλιώς κριτήριο Αναμενόμενης Τιμής. Η βάση αυτής της προσέγγισης είναι ότι, δεδομένου ότι οι πιθανότητες δεν είναι γνωστές για τις φυσικές καταστάσεις, κάθε φυσική κατάσταση θα πρέπει να θεωρείται εξίσου πιθανή. Αυτό δίνει μια κατανομή πιθανοτήτων για τις φυσικές καταστάσεις, η οποία στη συνέχεια επιτρέπει τον καθορισμό της αναμενόμενης τιμής. Ταυτόχρονα επιλέγεται και η εναλλακτική λύση με την καλύτερη αναμενόμενη τιμή.[6]

### 2.3.4 Minimax Regret (Savage Regret)

Σε αυτό το κριτήριο σκοπός δεν είναι να μελετήσουμε τα αποδιδόμενα ποσά αλλά αντίθετα τις χαμένες ευκαιρίες (regret). Πρακτικά σημαίνει οτι ο ιθύνων μετανιώνει για την επιλογή που είχε κάνει και προσπαθεί να μελετήσει και να προσδιορίσει το καλύτερο αποτέλεσμα της εν λόγω φυσικής κατάστασης με βάση τα υπόλοιπα πιθανά αποτελέσματα. Η λήψη αποφάσεων υπό συνθήκες αβεβαιότητας είναι ένα δύσκολο έργο. Η συμπεριφορά του ιθύνων απέναντι στον κίνδυνο θα επηρεάσει την προσέγγιση και τις δυνατότητες για μεγάλα κέρδη ή ζημίες καθώς και τη χαμένη ευκαιρία (regret). Σε γενικές γραμμές, είναι λογικό ότι όταν είναι πραγματικά άγνωστη η λήψη της απόφασης ο ιθύνων θα πρέπει να πάρει πιο συντηρητικές αποφάσεις .

## 2.4 Λήψη Αποφάσεων Υπό Ρίσκο (Decision Making Under Risk)

Οι περισσότερες κατατάσεις της ζωής και προφανώς των επιχειρήσεων βρίσκονται σε ένα επίπεδο αβεβαιότητας. Η μοντελοποίηση της αβεβαιότητας αποδίδει διαφορετικές προσεγγίσεις στο πρόβλημα της απόφασης. Σημαντικό για την αβεβαιότητα αυτή είναι λοιπόν να καταστήσεις το αβέβαιο πιο σίγουρο. Αυτό μπορεί να γίνει με τη χρήση πιθανοτήτων δηλαδή να μοντελοποιηθούν και να εκτιμηθούν οι ανεξέλεγκτοι παράγοντες. Όταν αυτό είναι δυνατό, η αβεβαιότητα χαρακτηρίζεται από μια κατανομή πιθανότητας. [6]

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχουν αναπόσπαστες δυσκολίες σε κάθε προσέγγιση που σχετίζεται με την αβεβαιότητα. Η αβεβαιότητα προκύπτει από την έλλειψη της τέλει πληροφόρησης και ο ιθύνων συχνά θα πρέπει να σκεφτεί σοβαρά εάν χρειάζονται περισσότερες πληροφορίες προτού ληφθεί η απόφαση. Αυτό απαιτεί κάποιο κόστος, και μπορεί να μην δώσει μια καλύτερη απόφαση. Επιπλέον, τα ίδια τα μοντέλα πιθανοτήτων μπορεί να μην αντικατοπτρίζουν την πραγματική κατάσταση ή μπορεί να είναι δύσκολο να αποκτηθούν. Ως εκ τούτου, ο ιθύνων πρέπει πάντα να έχει κατά νου ότι η χρήση των μοντέλων πιθανοτήτων έχουν στόχο να βοηθήσουν τον ιθύνων να αποφύγει τις αρνητικές αποφάσεις και να βοηθήσουν επίσης στην καλύτερη κατανόηση του κινδύνου σε κάθε απόφαση που λαμβάνεται. Τα μοντέλα πιθανοτήτων είναι εργαλεία υποστήριξης αποφάσεων και όχι ακριβείς μέθοδοι για να δοθεί μια λύση. Η ανθρώπινη παρέμβαση είναι πάντα απαραίτητη. [6]

Ένας τρόπος για να εκτιμηθούν οι πιθανότητες είναι να χρησιμοποιηθούν οι εκ των προτέρων πιθανότητες για τα δεδομένα γεγονότα. Οι εκ των προτέρων πιθανότητες προέρχονται από τις υπάρχουσες πληροφορίες σχετικά με τις πιθανές φυσικές καταστάσεις και οι οποίες μπορούν να μετατραπούν σε μια κατανομή πιθανοτήτων, αν οι φυσικές καταστάσεις θεωρούνται τυχαίες. Αυτές οι εκ των προτέρων πιθανότητες είναι συχνά υποκειμενικές και εξαρτώνται από την εμπειρία ενός ατόμου και πρέπει να καθοριστούν προσεκτικά. [6]

Το πλεονέκτημα των εκ των προτέρων πιθανοτήτων είναι ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό των αναμενόμενων αποδιδόμενων ποσών για διαφορετικά κριτήρια. Οι αναμενόμενες τιμές δίνουν συχνά μια αποδεκτή εκτίμηση ως προς το τι είναι πιο πιθανό να συμβεί



και ως εκ τούτου δίνουν μια καλή βάση για να βοηθήσουν να παρθεί μια απόφαση.[6]

Συχνά, οι πρόσθετες δοκιμές-πειραμάματα γίνονται για να βελτιώσουν τις εκτιμήσεις των πιθανοτήτων των αντίστοιχων φυσικών καταστάσεων που προβλέπονται από τις εκ των προτέρων πιθανότητες. Αυτές οι βελτιωμένες εκτιμήσεις τώρα ονομάζονται εκ των υστέρων πιθανότητες.

### **2.4.1 Κανόνας Απόφασης του Bayes' Decision Rule**

Το κριτήριο αυτό χρησιμοποιεί τις καλύτερες διαθέσιμες εκτιμήσεις των πιθανοτήτων των αντίστοιχων φυσικών καταστάσεων (προς το παρόν τις εκ των προτέρων πιθανότητες), υπολογίζει την αναμενόμενη τιμή του αποδιδόμενου ποσού για κάθε μία από τις πιθανές ενέργειες και έπειτα επιλέγει την ενέργεια με το μέγιστο αναμενόμενο αποδιδόμενο ποσό.

Η προέλευση αυτού του ονόματος συνδέεται συχνά με τον Thomas Bayes, έναν άγγλο υπουργό του 18ου αιώνα ο οποίος φημίζεται ως φιλόσοφος και μαθηματικός. Αυτός ο κανόνας απόφασης μερικές φορές αποκαλείται επίσης ως κριτήριο αναμενόμενη νομισματικής αξίας (EMF), αν και αυτό δεν ενδείκνυται για τις περιπτώσεις τις οποίες το μέτρο του αποδιδόμενου ποσού είναι κάτι άλλο εκτός από νομισματική αξία.

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα του κριτηρίου αυτού είναι ότι ενσωματώνει όλες τις διαθέσιμες πληροφορίες συμπεριλαμβανομένου και των αποδιδόμενων ποσών καθώς και όλες τις διαθέσιμες εκτιμήσεις των πιθανοτήτων των αντίστοιχων φυσικών καταστάσεων. Ορισμένες φορές υποστηρίζεται ότι οι εκτιμήσεις αυτές είναι αναγκαστικά σε μεγάλο βαθμό υποκειμενικές και επομένως καθίσταται πολύ ασταθείς για να είναι απολύτως αξιόπιστες. Ακόμη λοιπόν και πιθανολογικά είναι πολύ δύσκολο να βρεθεί ο ακριβής τρόπος για να προβλεφθεί το μέλλον και αυτό συνεπάγει ότι πρέπει να εκτιμάται και να ερευνάται η κάθε επιμέρους περίπτωση. Παρόλα αυτά οι εμπειρίες του ιθύνοντα απο το παρελθόν καθώς και τα σημερινά δεδομένα του επιτρέπουν να αναπτύξει λογικές εκτιμήσεις των πιθανοτήτων. Επιπλέον, ο πειραματισμός βοηθάει συχνά στη περάτωση και επιλογή αυτών των εκτιμήσεων.

Η ανάλυση ευαισθησίας που αναφέρθηκε προηγουμένως είναι ένας τρόπος με τον οποίο μπορεί να αξιολογηθεί καλύτερα η επίδραση των εκ των προτέρων πιθανοτήτων.[3]

## Sensitivity Analysis with Bayes' Decision Rule

Η ανάλυση ευαισθησία συνήθως χρησιμοποιείται με διάφορες εφαρμογές της επιχειρησιακής έρευνας, μελετά την επίδραση εάν ορισμένοι απο τους αριθμούς που περιλαμβάνονται στο μαθηματικό μοντέλο είναι σωστοί. Σε αυτή τη περίπτωση, το μαθηματικό μοντέλο αναπαριστάται από τον πίνακα αναμενόμενου αποδιδόμενου ποσού (Πίνακα 1) Οι αριθμοί σε αυτόν τον πίνακα που θεωρούνται πιο αμφισβητήσιμοι είναι οι εκ των προτέρων πιθανότητες. Θα εστιάσουμε την ανάλυση ευαισθησίας σε αυτούς τους αριθμούς, αν και μια παρόμοια προσέγγιση θα μπορούσε να εφαρμοστεί στα αποδιδόμενα ποσά που δίνονται στον πίνακα.

Είναι γνωστό ότι το άθροισμα των δύο εκ των προτέρων πιθανοτήτων πρέπει να ισούται με 1. Επομένως αν αυξηθεί μία απο αυτές τις πιθανότητες μειώνεται αυτόματα η άλλη κατά το ίδιο ποσό, και το αντίστροφο. Έστω ότι η Sylicon Dynamics αισθάνεται ότι οι αληθινές πιθανότητες που έχει η δημιουργία των υπολογιστών να είναι αποδοτική είναι πιθανό να βρίσκεται κάπου μεταξύ 15 και 35 τοις εκατό. Με άλλα λόγια, η πραγματική εκ των προτέρων πιθανότητα να είναι αποδοτική είναι πιθανό να κυμαίνεται στο εύρος από 0.15 έως 0.35, έτσι ώστε η αντίστοιχη εκ των προτέρων πιθανότητα να μην είναι αποδοτική η εμπορία των υπολογιστών θα κυμαίνεται από 0.85 έως 0.65 .

Η ανάλυση ευαισθησίας ξεκινά εκ νέου από την εφαρμογή του κανόνα απόφασης του Bayes δύο ξεχωριστές φορές, μία φορά όταν η εκ των προτέρων πιθανότητα της αποδοτικής φυσικής κατάστασης είναι στο χαμηλότερο άκρο του εύρους αυτού (0,15) και η επόμενη, όταν είναι στο άνω άκρο (0.35). Στους Πίνακες 3 και 4 αντίστοιχα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα αυτής της εφαρμογής. Όταν η εκ των προτέρων πιθανότητα του αποδοτικού αποτελέσματος είναι μόνο 0.15, η απόφαση ταλαντεύεται πάνω από την πώληση των δικαιωμάτων με μεγάλη διαφορά (ένα αναμενόμενο κέρδος 15 εκατ € έναντι μόνο 8.1 για την κατασκευή). Ωστόσο, όταν αυτή η πιθανότητα είναι 0.35, η σωστή απόφαση είναι να κατασκευάσει τους υπολογιστές με ένα μεγάλο περιθώριο (αναμενόμενο κέρδος = 18.9 εκατ € έναντι μόνο 15 για την πώληση). Έτσι, η απόφαση είναι πολύ ευαίσθητη στην εκ των προτέρων πιθανότητα του αποδοτικού αποτελέσματος. Αυτή η ανάλυση ευαισθησίας έχει δείξει ότι είναι σημαντικό να γίνουν περισσότερες ενέργειες, εάν είναι δυνατόν, ώστε να γίνει ακριβώς αντιληπτή ποια είναι η πραγματική αξία της πιθανότητας η φυσική κατάσταση να είναι αποδοτική.

	A	B	C	D
1		Αποδοτική	Μη αποδοτική	Αναμενόμενο αποδιδόμενο ποσό
2	Κατασκευή ηλ. Υπολογιστών	54	0	8.1
3	Πώληση δικαιωμάτων	15	15	15
4	Εκ των προτέρων πιθανότητα	0.15	0.85	
5				

Πίνακας 3: Εκτέλεση της ανάλυσης ευαισθησίας, επιχειρώντας εναλλακτικές τιμές της εκ των προτέρων πιθανότητας του να είναι αποδοτικό το αποτέλεσμα (χαμηλότερο άκρο)

	A	B	C	D
1		Αποδοτική	Μη αποδοτική	Αναμενόμενο αποδιδόμενο ποσό
2	Κατασκευή ηλ. Υπολογιστών	54	0	18.9
3	Πώληση δικαιωμάτων	15	15	15
4	Εκ των προτέρων πιθανότητα	0.35	0.65	
5				

Πίνακας 4: Εκτέλεση της ανάλυσης ευαισθησίας, επιχειρώντας εναλλακτικές τιμές της εκ των προτέρων πιθανότητας του να είναι αποδοτικό το αποτέλεσμα (υψηλότερο άκρο)

Έστω τώρα  $p$  = εκ των προτέρων πιθανότητα η φυσική κατάσταση να είναι αποδοτική. Η αναμενόμενη απόδοση κάθε εναλλακτικής υπολογίστηκε απευθείας απο τον Πίνακα 1 και είναι:

$$E[\text{payoff}(\text{κατασκευής})] = 54p + 0(1 - p) = 54p$$

$$E[\text{payoff}(\text{πώλησης})] = 15$$

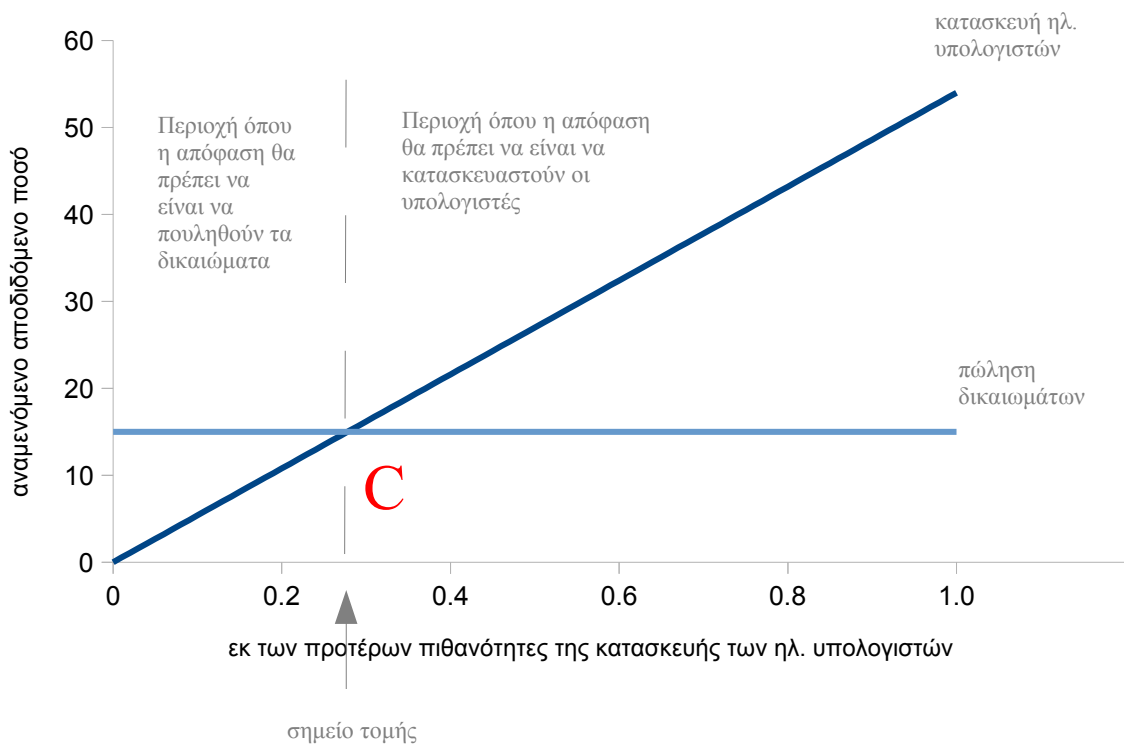
Η γραμμή με την κλίση στην Εικόνα 2 δείχνει το διάγραμμα αυτού του αναμενόμενου αποδιδόμενου ποσού (κατασκευή ηλ. υπολογιστών) σε σχέση με το  $p$ . Δεδομένου ότι το αποδιδόμενο ποσό από την πώληση των δικαιωμάτων θα είναι 15 για κάθε  $p$ , η οριζόντια γραμμή στην Εικόνα 2 δίνει το  $E[\text{payoff}(\text{πώλησης})]$  σε σχέση με το  $p$ .

Το σημείο C στην Εικόνα 2 όπου οι δύο γραμμές τέμνονται είναι το σημείο τομής, όπου η απόφαση μετατοπίζεται από τη μία εναλλακτική (πώληση δικαιωμάτων) στην άλλη (κατασκευή ηλ. υπολογιστών) καθώς αυξάνεται η εκ των προτέρων πιθανότητα. Για να βρεθεί το σημείο αυτό θέτουμε :

$$E[\text{payoff}(\text{πώλησης})] = E[\text{payoff}(\text{κατασκευής})]$$

$$15 = 54p$$

$$p = 0.278$$



Εικόνα 2: Γραφική απεικόνιση του πώς το αναμενόμενο κέρδος για κάθε εναλλακτική ενέργεια αλλάζει όταν η εκ των προτέρων πιθανότητα της αποδοτικότητας αλλάζει για την εταιρεία *Sylicon Dynamics*

Προκύπτει, λοιπόν ότι η εταιρεία θα πρέπει να επιλέξει την κατασκευή των ηλεκτρονικών υπολογιστών μόνο στην περίπτωση όπου η εκ των προτέρων πιθανότητα είναι μεγαλύτερη ή ίση του 0.278 (  $p \geq 0.278$  ) ενώ θα πρέπει να πουλήσει τα δικαιώματα αν η πιθανότητα είναι μικρότερη του 0.278 (  $p < 0.278$  ). Το σημείο τομής είναι το  $C(0.278,15)$  .

Για άλλα προβλήματα που απασχολούνται με περισσότερες από δύο εναλλακτικές ενέργειες, μπορεί να εφαρμοστεί η ίδια μορφή ανάλυσης . Η κύρια διαφορά είναι ότι τώρα θα υπάρχουν περισσότερες από δύο γραμμές (μία για κάθε εναλλακτική λύση) στην γραφική απεικόνιση που αντιστοιχεί στην Εικόνα 2. Ωστόσο, η πάνω γραμμή για κάθε συγκεκριμένη τιμή της εκ των προτέρων πιθανότητας θα εξακολουθεί να δείχνει ποια θα πρέπει να είναι η εναλλακτική που θα επιλεγεί εν τέλει. Με περισσότερες από δύο γραμμές, ενδέχεται να υπάρχουν περισσότερα από ένα σημεία τομής, όπου η απόφαση μετατοπίζεται από τη μια εναλλακτική στην άλλη.

Ενώ για τα προβλήματα με περισσότερες από δύο πιθανές φυσικές καταστάσεις, η πιο απλή

προσέγγιση είναι να επικεντρωνεται η ανάλυση ευαισθησίας μόνο σε δύο φυσικές καταστάσεις κάθε φορά, όπως περιγράφεται παραπάνω. Αυτό πάλι θα περιλαμβάνει τη διερεύνηση του τι συμβαίνει όταν η εκ των προτέρων πιθανότητα μιας φυσικής κατάστασης αυξάνεται καθώς η εκ των προτέρων πιθανότητα της άλλης φυσικής κατάστασης μειώνεται κατά την ίδια ποσότητα, κρατώντας σταθερή την εκ των προτέρων πιθανότητα των υπόλοιπων καταστάσεων. Αυτή η διαδικασία επομένως μπορεί να επαναληφθεί για όσα άλλα ζεύγη φυσικών καταστάσεων είναι επιθυμητό.

Επειδή όμως η απόφαση της Sylicon Dynamics πρέπει να εξαρτάται αποκλειστικά και μόνο από την πραγματική πιθανότητα της απόδοσης, θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη ότι ίσως είναι προτιμότερο να πραγματοποιηθεί η έρευνα αγοράς για μία καλύτερη εκτίμηση της πιθανότητας. Θα διερευνηθεί αυτή την επιλογή παρακάτω.

## 2.4.2 The Maximum Likelihood Κριτήριο

Προσδιορίζει τη πιο πιθανή φυσική κατάσταση (εκείνη με τη μεγαλύτερη εκ των προτέρων πιθανότητα). Για αυτή την φυσική κατάσταση, θα βρεθεί η ενέργεια με το μέγιστο αποδιδόμενο ποσό και θα επιλεγεί.

Εναλλακτικές	Φυσικές Καταστάσεις		
	Αποδοτική	Μη αποδοτική	
Κατασκευή ηλ. Υπολογιστών	54 εκατομμύρια € <sup>1</sup>	0 <sup>2</sup>	
Πώληση Δικαιωμάτων	15 εκατομμύρια €	15 εκατομμύρια €	<b>Maximun</b>
Εκ των προτέρων πιθανότητες	0.28	0.72	maximum

Πίνακας 5: *The Maximum Likelihood Criterion για την Sylicon Dynamics*

Η έκκληση του κριτηρίου αυτού είναι ότι η πιο σημαντική φυσική κατάσταση είναι και η

πιο πιθανή, έτσι ώστε η δράση που επιλέγεται να είναι η καλύτερη για αυτήν την ιδιαίτερα σημαντική φυσική κατάσταση. Στηρίζοντας την απόφαση στην υπόθεση ότι αυτή η κατάσταση θα απασχολήσει, τείνει να δώσει μια καλύτερη πιθανότητα για ένα ευνοϊκό αποτέλεσμα από ό, τι αναλαμβάνει οποιαδήποτε άλλη φυσική κατάσταση. Επιπλέον, το κριτήριο δεν στηρίζεται σε αμφισβητήσιμες υποκειμενικές εκτιμήσεις των πιθανοτήτων των αντίστοιχων καταστάσεων αλλά στον προσδιορισμό της πιο πιθανής κατάστασης.

Το μεγαλύτερο μειονέκτημα αυτού του κριτηρίου είναι ότι αγνοεί εντελώς πολλές σχετικές πληροφορίες. Καμία φυσική κατάσταση δεν εξετάζεται εκτός από την πιο πιθανή. Σε ένα πρόβλημα με πολλές πιθανές φυσικές καταστάσεις, η πιθανότητα της πιο ευνοϊκής μπορεί να είναι αρκετά μικρή, οπότε το να εστιάσουμε μόνο σε αυτή τη φυσική κατάσταση είναι αρκετά μικροπρεπές. Στην πραγματικότητα, το κριτήριο αυτό δεν επιτρέπει να στοιχηματίζουμε σε μία χαμηλή πιθανότητα ανεξάρτητα από το πόσο ελκυστικό μπορεί να είναι το ρίσκο.[3] Ακόμη και στο παράδειγμα, όπου η εκ των προτέρων πιθανότητα της μη αποδοτικής κατάστασης είναι 0.722, το κριτήριο αυτό αγνοεί το ελκυστικό ποσό των 54 εκατ. € αν η εταιρεία κατασκευάσει τους υπολογιστές και αποδειχθεί όντως μία αποδοτική ενέργεια.

Έστω τώρα ότι οι εκ των προτέρων πιθανότητες των δύο επιπέδων ζήτησης είναι και οι δύο 0.5. Τότε με τον ίδιο ακριβώς τρόπο όπως προηγουμένως υπολογίζεται η καταλληλότερη εναλλακτική ενέργεια.

$$E[\text{payoff}(\text{κατασκευή})]=0.5(54)=27 \text{ εκατ. €}$$

$$E[\text{payoff}(\text{πώληση})]=0.5(15)+0.5(15)=15 \text{ εκατ. € κ}$$

Ως εκ τούτου, εφόσον  $27 \text{ εκατ. €} > 15 \text{ εκατ. €}$ , η εναλλακτική που επιλέγεται είναι η κατασκευή των υπολογιστών. Είναι άξιο να σημειωθεί ότι αυτή η ενέργεια έρχεται σε αντίθεση με την επιλογή της εναλλακτικής ενέργειας του Maximin Criterion (πώληση δικαιωμάτων)

15		αποδοτική	μη αποδοτική	Αναμενόμενη απόδοση(expected payoff)	
16	κατασκευή ηλ. Υπολογιστών	54	0	27	maximum
17	πώληση δικαιωμάτων	15	15	15	
18					
19	prior probability	0.5	0.5		
20					

*Πίνακας 6 Πίνακας αποδιδόμενου ποσού με ίσες εκ των προτέρων πιθανότητες*

*και για τις δύο φυσικές καταστάσεις*

### 2.4.3 Αναμενόμενη Τιμή υπό Αβεβαιότητα-Expected Value under Uncertainty

Για μια πιο ισορροπημένη προσέγγιση, ο ιθύνων μπορεί να υποθέσει ότι οι εκ των προτέρων πιθανότητες δίνουν μια πιο ακριβή αναπαράσταση της πιθανότητας εμφάνισης. Επομένως, ο ιθύνων έχει την δυνατότητα να υπολογίσει την αναμενόμενη τιμή για κάθε εναλλακτική υπέρ μιας φυσικής κατάστασης και έπειτα να επιλέξει με βάση αυτές τις αναμενόμενες τιμές.

Για την εφαρμογή αυτής της προσέγγιση αρκεί να προσδιοριστεί για κάθε εναλλακτική η αναμενόμενη τιμή με βάση την πιθανότητα της φυσικής κατάστασης καθώς και το αποδιδόμενο ποσό για το εν λόγω ζεύγος εναλλακτικής και φυσικής κατάστασης.

Σημαντικό είναι να σημειωθεί ότι αυτού του είδους η ανάλυση μπορεί να αποτυπωθεί σε ένα υπολογιστικό φύλλο. Μιας και οι εκ των προτέρων πιθανότητες είναι οι πιο αμφισβητήσιμες των δεδομένων σε ένα υπολογιστικό φύλλο, θα ήταν πιθανό να προσαρμοστούν αυτές οι τιμές για να εμφανιστεί η επίδραση των διαφορετικών τιμών για τις αντίστοιχες εκ των προτέρων πιθανότητες. Ομοίως, είναι πιθανό να γίνει μια ανάλυση ευαισθησίας των εκ των προτέρων πιθανοτήτων και έτσι να προσδιοριστεί το εύρος αυτών για τις οποίες κάθε εναλλακτική θα μπορούσε να επιλεγεί. (Ένα από τα λογισμικά που θα μπορούσαν να εφαρμοστούν για αυτή την ανάλυση ονομάζεται SensIt.)

[6]

### 2.4.4 Αναμενόμενη Απώλεια Ευκαιρίας (EOL) or Expected Regret

Υπάρχουν φορές, όπου τα πραγματικά αποδιδόμενα ποσά και οι αναμενόμενες τιμές δεν είναι επαρκή στοιχεία για την λήψη αποφάσεων. Επίσης πολλές φορές όταν οι ιθύνοντες έρχονται

αντιμέτωποι με την αβεβαιότητα, αισθάνονται καλύτερα για την απόφαση που έχουν λάβει αν γνωρίζουν ότι δεν έχουν κάνει λάθος και ότι η απόφαση αυτή δεν τους έχει κοστίσει πολύ από την άποψη της ευκαιρίας που έχει χαθεί. Αυτή η ευκαιρία που χάθηκε συνήθως αποκαλείται regret και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καθοριστεί η κατάλληλη απόφαση. Αφού έχει παρθεί μία απόφαση και ενώ έχει γίνει γνωστή η αντίστοιχη φυσική κατάσταση, μπορεί να καθοριστεί η ευκαιρία που χάθηκε (regret).

Για να αποφευχθεί το ενδεχόμενο του να χαθεί μια μεγάλη-καλή ευκαιρία, η αναμενόμενη απώλεια ευκαιρίας (EOL) φαίνεται να προσπαθεί να ελαχιστοποιήσει την απώλεια ευκαιρίας. Για να συμβεί αυτό, η πιθανή απώλεια ευκαιρίας για κάθε φυσική κατάσταση καθορίζεται με βάση τις εναλλακτικές. Συμπερασματικά, αυτό το κριτήριο έχει ως στόχο να ελαχιστοποιήσει την αναμενόμενη απώλεια ευκαιρίας (EOL).

[6]

#### **2.4.5 Αναμενόμενη Τιμή Τέλειας Πληροφόρησης (EVPI)**

Όλες οι μέθοδοι που παρουσιάστηκαν μέχρι τώρα εξαρτούνταν από την εκ των προτέρων πληροφόρηση. Το ερώτημα που τίθεται είναι κατά πόσο θα ήταν επωφελές η απόκτηση επιπλέον πληροφοριών έτσι ώστε να βοηθήσουν στην καλύτερη διαδικασία της λήψης των αποφάσεων. Δεδομένου ότι οι πληροφορίες δεν είναι ποτέ απόλυτα αξιόπιστες καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι θα ήταν επωφελές. Επομένως, η ερώτηση αλλάζει και πλέον μας απασχολεί το ποιά είναι η αξία αυτών των πρόσθετων πληροφοριών. Το κριτήριο της αναμενόμενης αξίας της τέλει πληροφόρησης (expected value of perfect information-EVPI) δίνει έναν τρόπο για να απαντηθεί το ερώτημα μετρώντας τη βελτίωση μιας απόφασης η οποία είναι βασισμένη σε μία νέα πληροφορία. Η ιδέα πίσω από την αναμενόμενη αξία της τέλει πληροφόρησης είναι ότι εάν μια φυσική κατάσταση που απασχολεί είναι γνωστή με βεβαιότητα τότε η καλύτερη εναλλακτική μπορεί να καθοριστεί επίσης με βεβαιότητα. Αυτό θα δώσει την καλύτερη τιμή για την απόφαση, η οποία μπορεί στη συνέχεια να συγκριθεί με την τιμή που αναμένεται από τις τρέχουσες πληροφορίες. Η διαφορά των δύο θα δώσει την τιμή της επιπλέον πληροφορίας (additional information).[6]



## 2.4.6 EVPI and Αναμενόμενη Τιμή υπό Αβεβαιότητα

Αυτή η θεώρηση δίνει μια άμεση προσέγγιση για τον υπολογισμό της αναμενόμενης αξίας της τέλειας πληροφόρησης (EVPI). Η τιμή EVPI (expected payoff with perfect information) είναι απλά η αναμενόμενη τιμή υπό βεβαιότητα μείον την αναμενόμενη τιμή υπό συνθήκες αβεβαιότητας. Για να υπολογίσουμε την αναμενόμενη τιμή υπό βεβαιότητα, αρκεί να προσθέσουμε το καλύτερο αποδιδόμενο ποσό κάτω από κάθε φυσική κατάσταση πολλαπλασιασμένο με την αντίστοιχη εκ των προτέρων πιθανότητα της.[6]

$$\text{Additional information} = \text{EVPI} = (\text{αναμενόμενο αποδιδόμενο ποσό τέλειας πληροφόρησης}) - (\text{αναμενόμενο αποδιδόμενο ποσό χωρίς πειραματισμό})$$

Είναι γνωστό ότι

$$\text{EVPI} = \text{αναμενόμενο αποδιδόμενο ποσό τέλειας πληροφόρησης} = 0.5(54) + 0.5(15) = 34.5 \text{ εκατ. } \text{€}$$

$$\text{αναμενόμενη αποδιδόμενο ποσό χωρίς πειραματισμό} = 0.5(54) + 0.5(0) = 27 \text{ εκατ. } \text{€}$$

Επομένως,

$$\text{EVPI} = 34.5 - 27 = 7.5 \text{ εκατ. } \text{€}$$

Εφόσον το 7.5 υπερβαίνει κατά πολύ το 1 εκατομμύριο, το κόστος του πειραματισμού (έρευνα αγοράς), μπορεί να είναι όντως σκόπιμο να πραγματοποιηθεί η έρευνα αγοράς. Για να γίνει σίγουρη η διαπίστωση και όχι μία εικασία, πρέπει να γίνει μία δεύτερη μέθοδος αξιολόγησης του αναμενόμενου όφελους του πειραματισμού.

## 2.4.7 EVPI και EOL

Εάν η φυσική κατάσταση είναι γνωστή με βεβαιότητα τότε δεν θα υπήρχε απώλεια ευκαιρίας. Δηλαδή, η καλύτερη εναλλακτική λύση θα επιλεγόταν πάντα με βεβαιότητα και έτσι δεν θα υπήρχε καμία απώλεια ευκαιρίας, θα ήταν δηλαδή πάντα μηδέν. Ως εκ τούτου, υπό συνθήκες αβεβαιότητας η αναμενόμενη απώλεια ευκαιρίας (EOL) δίνει το κόστος της αβεβαιότητας που θα

μπορούσε να εξαλειφθεί με τέλεια πληροφόρηση. Προκύπτει λοιπίν ότι  $EVPI = EOL$ . [6]

### Συνέχεια του αρχικού παραδείγματος

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, μια διαθέσιμη επιλογή πριν από τη λήψη μιας απόφασης είναι να προβεί η εταιρεία σε μία λεπτομερή έρευνας αγοράς για να αποκτήσει μια καλύτερη εκτίμηση της πιθανότητα αν θα είναι αποδοτική η εμπορία των ηλεκτρονικών υπολογιστών ή όχι. Το κόστος της εν λόγω έρευνας αγοράς ανέρχεται στο 1 εκατομμύριο €.

Σκοπός της έρευνας αγοράς είναι να συλλέγει πληροφορίες σχετικά με την αγορά και τους καταναλωτές και να εξετάζει το κατα πόσον οι προτιμήσεις των καταναλωτών είναι ευνοϊκές ως προς την αγορά του συγκεκριμένου προϊόντος ( ηλ. υπολογιστή). Θα γίνει τώρα έναν χωρισμός των πιθανών αποτελεσμάτων της έρευνας στις εξής δύο κατηγορίες:

- ευνοϊκά αποτελέσματα της έρευνας αγοράς ; αποδοτικότητα μάλλον πιθανή = AMΠ
- δυσμενείς αποτελέσματα της έρευνας αγοράς ; αποδοτικότητα μάλλον απίθανη = AMA

Με βάση εμπειρίας του παρελθόντος, αν η εμπορία των ηλ. Υπολογιστών είναι αποδοτική, τότε η πιθανότητα δυσμενών αποτελεσμάτων της έρευνας αγοράς είναι

$$P(AMA|κατάσταση=αποδοτική)=\alpha=\frac{1}{3} \quad \text{άρα}$$

$$P(AMΠ|κατάσταση=αποδοτική)=1-\alpha=\beta=\frac{2}{3}$$

Ομοίως, αν η φυσική κατάσταση είναι μη αποδοτική, τότε η πιθανότητα για δυσμενείς αποτελέσματα της έρευνας αγοράς εκτιμάται ότι είναι

$$P(AMA|κατάσταση=μη\αποδοτική)=\gamma=\frac{2}{3} \quad \text{άρα}$$

$$P(AMΠ|κατάσταση=μη\αποδοτική)=1-\gamma=\delta=\frac{1}{3}$$

Σύντομα θα χρησιμοποιηθούν αυτά τα δεδομένα προκειμένου να βρεθούν οι εκ των υστέρων πιθανότητες των αντίστοιχων φυσικών καταστάσεων λόγω των αποτελεσμάτων της έρευνας αγοράς.

#### 2.4.8 Εκ των Υστέρων Πιθανότητες (Posterior Probabilities)

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, υπάρχει η δυνατότητα να αποκτηθούν νέες γνώσεις-πληροφορίες για να βοηθήσουν στον καλύτερο προσδιορισμό εμφάνισης μίας φυσικής κατάστασης. Αυτό μπορεί να γίνει μέσω πρόσθετων πειραμάτων ή δειγματοληψίας. Οι βελτιωμένες εκτιμήσεις των πιθανοτήτων ονομάζονται εκ των υστέρων πιθανότητες (posterior probabilities) ή Bayes πιθανότητες που οφείλονται στη χρήση του θεωρήματος του Bayes.

Για να βρεθούν οι εκ των υστέρων πιθανότητες, πρέπει να υπάρχουν πρόσθετες πληροφορίες σχετικά με τις φυσικές καταστάσεις. Αυτό μπορεί να γίνει με τον πειραματισμό όπως για παράδειγμα με τη χρήση των εμπειρογνομώνων, αναλυτών, ή συμβούλων ή με τον πραγματικό πρόσθετο πειραματισμό. Ως εκ τούτου, για οποιαδήποτε από αυτές τις μορφές, η πρόσθετη πληροφορία θεωρείται σαν να έχει ληφθεί από ένα πείραμα.[6]

Ο πειραματισμός θα έχει ένα δυνατό σύνολο αποτελεσμάτων που βοηθά να προσδιοριστεί ποια εναλλακτική πρέπει να επιλεγεί. Με βάση τα αποτελέσματα του πειραματισμού και την πιθανότητα εμφάνισής τους, το θεώρημα του Bayes δίνει την εκ των υστέρων πιθανότητα μιας φυσικής κατάστασης. Η εκ των υστέρων πιθανότητα της φυσικής κατάστασης δεδομένου του δοκιμαστικού αποτελέσματος ισούται με την εκ των προτέρων πιθανότητα της κατάστασης επί την πιθανότητα του δοκιμαστικού αποτελέσματος δεδομένης της φυσικής κατάστασης διαιρεμένη με το άθροισμα των δεσμευμένων πιθανοτήτων για όλες τις φυσικές καταστάσεις και των αποτελεσμάτων. Ας θεωρήσουμε την φυσική κατάσταση ως  $i$  και  $O_j$  το αποτέλεσμα του  $j$  επιπρόσθετου πειραματισμού. Επίσης, έστω  $P(S_i)$  η εκ των προτέρων πιθανότητα της φυσικής κατάστασης  $i$ , προκύπτει ότι η εκ των υστέρων πιθανότητα της κατάστασης  $i$  δεδομένου του δοκιμαστικού αποτελέσματος  $j$  είναι το  $P(S_i|O_j)$ . Άρα :

$$P(S_i|O_j) = \frac{P(S_i, O_j)}{P(O_j)}$$

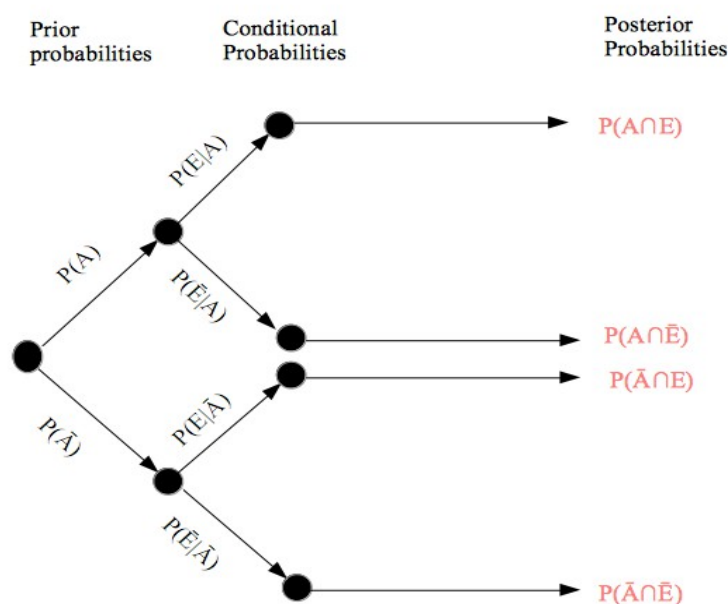
όπου όμως

$$P(O_j) = \sum_{k=1}^n P(S_k, O_j) \quad \text{και} \quad P(S_i, O_j) = P(O_j|S_i)$$

$$P(S_i|O_j) = \frac{P(O_j|S_i)P(S_i)}{\sum_{k=1}^n P(O_j|S_k)P(S_k)}$$

Ο τύπος αυτός συχνά αναφέρεται ως Bayes θεώρημα γιατί αναπτύχθηκε από τον Thomas Bayes, τον ίδιο μαθηματικό του 18ου αιώνα, ο οποίος πιστώνεται με την ανάπτυξη του κανόνα απόφασης του Bayes .[3]

*Δενδροδιάγραμμα πιθανοτήτων*



*Εικόνα 3: Δενδροδιάγραμμα πιθανοτήτων*

Τα δενδροδιαγράμματα μπορούν να αντιπροσωπεύουν μια σειρά από ανεξάρτητα γεγονότα ή δεσμευμένες πιθανότητες. Κάθε κόμβος ενός τέτοιου διαγράμματος αντιπροσωπεύει ένα γεγονός

και συνδέεται με την πιθανότητα αυτού του γεγονότος. Ο κόμβος-ρίζα(ο πρώτος κόμβος του διαγράμματος) αντιπροσωπεύει το συγκεκριμένο γεγονός και προφανώς έχει πιθανότητα 1.

Το δένδροδιάγραμμα πιθανοτήτων (probability tree diagram) δείχνει ένα ωραίο τρόπο οργάνωσης αυτών των υπολογισμών με ένα διαισθητικό τρόπο. [3]

Τώρα, ας επιστρέψουμε στο αρχικό παράδειγμα και να εφαρμόσουμε τον τύπο αυτό. Εάν το αποτέλεσμα της έρευνας αγοράς είναι δυσμενές (AMA), τότε οι εκ των υστέρων πιθανότητες είναι

$$P(S_{\text{αποδοτική}}|O_{AMA}) = \frac{\alpha p}{\alpha p + \gamma(1-p)} = \varepsilon = \frac{1}{3}$$

$$P(S_{\text{μη αποδοτική}}|O_{AMA}) = 1 - \varepsilon = \zeta = \frac{2}{3}$$

Ομοίως, αν η έρευνα αγοράς δίνει ευνοικά αποτελέσματα (AMΠ) τότε οι εκ των υστέρων πιθανότητες είναι

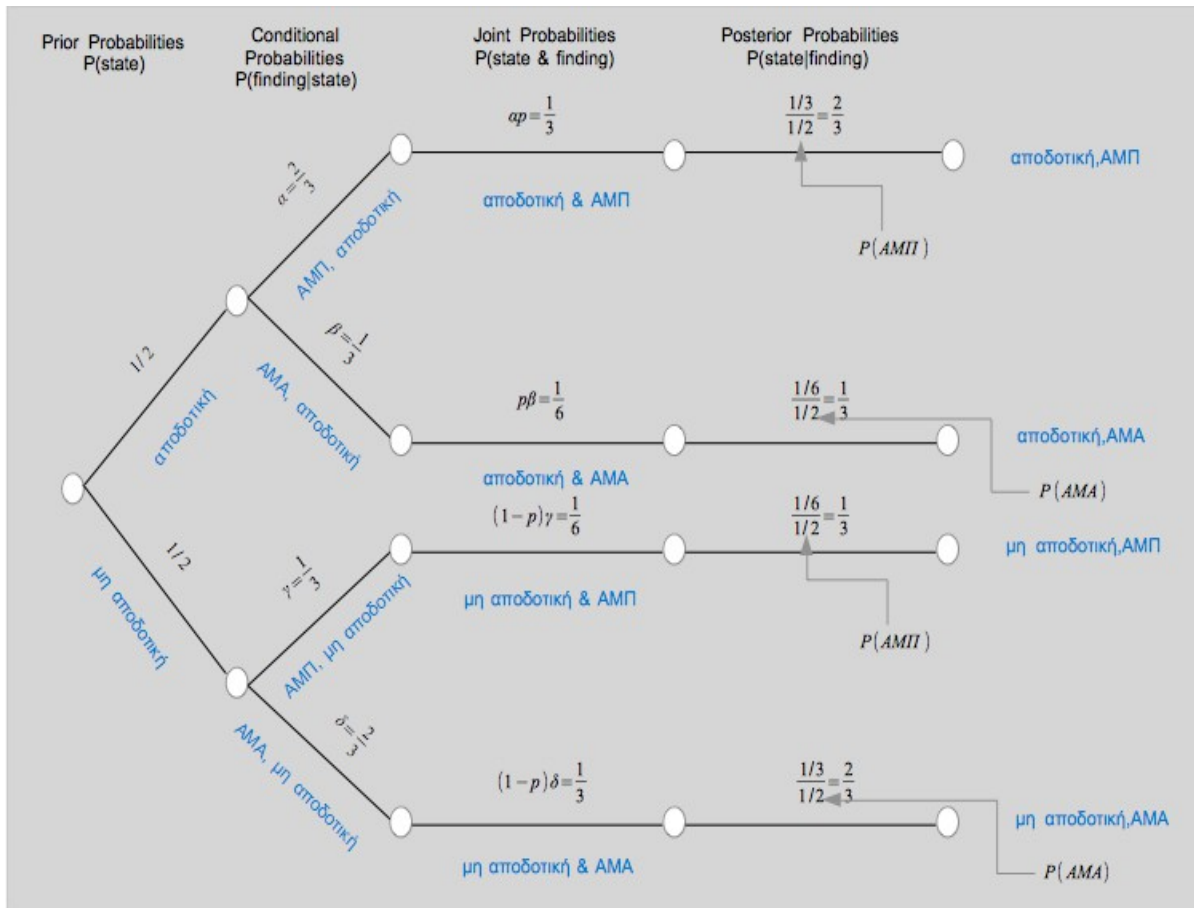
$$P(S_{\text{αποδοτική}}|O_{AMΠ}) = \frac{\beta p}{\beta p + \delta(1-p)} = \eta = \frac{2}{3}$$

$$P(S_{\text{μη αποδοτική}}|O_{AMΠ}) = 1 - \eta = \theta = \frac{1}{3}$$

Δένδροδιάγραμμα πιθανοτήτων του αρχικού παραδείγματος

όπου οι ανευ όρων πιθανότητες  $P(O_j)$  είναι

$$P(AMA) = \alpha p + \gamma(1-p) = \frac{1}{2} \quad \text{και} \quad P(AMΠ) = \beta p + \delta(1-p) = \frac{1}{2}$$



Εικόνα 4: Το Δενδροδιάγραμμα πιθανοτήτων για το πλήρες πρόβλημα της *Sylicon Dynamics* δείχνει όλες τις πιθανότητες που οδηγούν στον υπολογισμό της κάθε εκ των υστέρων πιθανότητας της φυσικής κατάστασης, δεδομένου του πορίσματος της έρευνας αγοράς.

Μετά την ολοκλήρωση αυτών των υπολογισμών, ο κανόνας απόφασης του Bayes μπορεί να εφαρμοστεί ακριβώς όπως και πριν, με τις εκ των υστέρων πιθανότητες να αντικαθιστούν τώρα τις εκ των προτέρων πιθανότητες. Πάλι, χρησιμοποιώντας τα αποδιδόμενα ποσά από τον Πίνακα 3 και αφαιρώντας το κόστος του πειραματισμού, έχουμε τα αποτελέσματα που φαίνονται παρακάτω.

Τα αναμενόμενα αποδιδόμενα ποσά αν το αποτέλεσμα είναι δυσμενές (ΑΜΑ)

$$E[\text{payoff}(\text{κατασκευή}|ΑΜΑ)] = \varepsilon(54) + \zeta(0) - 1 = \frac{1}{3}(54) - 1 = 17 \text{ εκατ. } \text{€}$$

$$E[\text{payoff}(\text{πώληση}|ΑΜΑ)] = \varepsilon(15) + \zeta(15) - 1 = \frac{1}{3}(15) + \frac{2}{3}(15) - 1 = 14 \text{ εκατ. } \text{€}$$

Τα αναμενόμενα αποδιδόμενα ποσά αν το αποτέλεσμα είναι ευνοϊκό (ΑΜΠ)

$$E[\text{payoff}(\text{κατασκευή}|ΑΜΠ)] = \eta(54) + \theta(0) - 1 = \frac{2}{3}(54) + \frac{1}{3}(0) - 1 = 35 \text{ εκατ. } \text{€}$$

$$E[\text{payoff}(\text{πώληση}|ΑΜΠ)] = \eta(15) + \theta(15) - 1 = \frac{2}{3}(15) + \frac{1}{3}(15) - 1 = 14 \text{ εκατ. } \text{€}$$

Πορίσματα(outcomes) από την έρευνα αγοράς	Βέλτιστη ενέργεια	Αναμενόμενο κέρδος Χωρίς το κόστος της έρευνας αγοράς	Αναμενόμενο κέρδος Συμπεριλαμβανομένου του κόστους της έρευνας αγοράς
ΑΜΑ	Πώληση δικαιωμάτων	18	17
ΑΜΠ	Κατασκευή ηλ. υπολογιστών	36	35

Πίνακας 7: Η βέλτιστη ενέργεια με τον πειραματισμό, σύμφωνα με τον κανόνα

απόφασης του Bayes για το πρόβλημα της *Sylicon Dynamics*.

Ωστόσο, αυτό που η ανάλυση αυτή δεν απάντησε είναι αν αξίζει να ξοδέψετε 1 εκατ. € για τη διεξαγωγή του πειραματισμού (έρευνα αγοράς). Ίσως θα ήταν καλύτερα να παραιτηθεί από αυτό το μεγάλο βάρος και απλά να χρησιμοποιήσει τη βέλτιστη λύση, χωρίς πειραματισμούς.

#### 2.4.9. Αναμενόμενο Αποδιδόμενο Ποσό του Πειραματισμού - Expected Payoff of Experimentation

Για είμαστε πιο σίγουροι για την απόφαση μας, τώρα πάμε στη δεύτερη μέθοδο αξιολόγησης του αναμενόμενου οφέλους του πειραματισμού.

**Αναμενόμενο αποδιδόμενο ποσό του πειραματισμού:** Αντί απλά να αποκτήσει ένα άνω όριο για την αναμενόμενη αύξηση του αποδιδόμενου ποσού (εξαιρουμένου του κόστους του πειράματος) που οφείλεται στην εκτέλεση του πειραματισμού, τώρα κατα κάποιον τρόπο θα γίνει περισσότερη δουλειά για να υπολογιστεί άμεσα αυτή η αναμενόμενη αύξηση. Η ποσότητα αυτή ονομάζεται

αναμενόμενο αποδιδόμενο ποσό του πειραματισμού.

Υπολογίζοντας την ποσότητα αυτή απαιτείται πρώτα ο υπολογισμός του αναμενόμενου αποδιδόμενου ποσού με πειραματισμό (χωρίς το κόστος του πειράματος). Αποκτώντας αυτή τη δεύτερη ποσότητα τώρα, απαιτείται να γίνει ξανά η δουλειά που περιγράφηκε παραπάνω για να βρεθούν όλες τις εκ των υστέρων πιθανότητες, το προκύπτον βέλτιστο αποτέλεσμα με τον πειραματισμό καθώς και το αντίστοιχο αναμενόμενο κέρδος (χωρίς το κόστος του πειράματος) για κάθε πιθανό συμπέρασμα μετά την διεξαγωγή του πειράματος. Στη συνέχεια, κάθε ένα από αυτά τα αναμενόμενα αποδιδόμενα ποσά πρέπει να σταθμίζονται από την πιθανότητα του αντίστοιχου αποτελέσματος, που είναι,

$$\text{Expected payoff with experimentation} = \sum_j P(O_j) E[\text{payoff} | O_j]$$

όπου το άθροισμα λαμβάνει όλες τις πιθανές τιμές των  $j$ . Για το αρχικό παράδειγμα, έχουν υπολογιστεί ήδη όλοι οι όροι στη δεξιά πλευρά αυτής της εξίσωσης.

Τελικά,

$$\begin{aligned} \text{Expected payoff with experimentation} &= P(AMA)(18) + P(AMΠ)(36) \\ &= \frac{1}{2}(18) + \frac{1}{2}(36) = 9 + 18 = 27 \text{ εκατ. €} \end{aligned}$$

$$EVE = 27 - 27 = 0 \text{ εκατ. €}$$

Παρατηρούμε λοιπόν ότι η αξία του EVE δεν ξεπερνάει το 1 εκατ. €, το κόστος της έρευνας αγοράς, και επομένως καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι αυτός ο πειραματισμός δεν πρέπει να διεξαχθεί.

#### 2.4.10 Δένδρα Απόφασης

Για την καλύτερη κατανόηση της διαδικασίας της λήψης των αποφάσεων μπορεί να



παρασταθεί γραφικά ένας συνδυασμός γραμμών και κόμβων ο οποίος ονομάζεται δέντρο απόφασης (**decision tree**). Σκοπός του δέντρου απόφασης είναι να απεικονίσει εικονογραφικά την ακολουθία των πιθανών δράσεων και των αποτελεσμάτων. Οι κόμβοι ενός δένδρου ονομάζονται διχάλες ενώ οι ακμές κλαδιά. Υπάρχουν δύο τύποι κόμβων που χρησιμοποιούνται σε ένα δέντρο απόφασης. Μία διχάλα ή κόμβος απόφασης, αντιπροσωπεύεται από ένα τετράγωνο και υποδεικνύει τι πρέπει να γίνει σε εκείνο το σημείο στη διαδικασία της απόφασης. Μία διχάλα ή κόμβος ευκαιρίας, αντιπροσωπεύεται από ένα κύκλο και δείχνει ότι ένα τυχαίο γεγονός συμβαίνει σε εκείνο το σημείο. Οι κλάδοι (γραμμές) στο δέντρο αντιπροσωπεύουν το μονοπάτι απόφασης το οποίο θα ληφθεί σχετικά με τις εναλλακτικές λύσεις και τις φυσικές καταστάσεις.

Συχνά, οι άνθρωποι είναι υποχρεωμένοι να λάβουν μία σειρά απο αποφάσεις σε διαφορετικές χρονικές στιγμές. Τα δένδρα απόφασης μπορούν να χρησιμοποιηθούν έτσι ώστε να προσδιορίσουν τις βέλτιστες αποφάσεις. Ένα δένδρο απόφασης επιτρέπει στον ιθύνων να αποσυνθέσει ένα μεγάλο σύνθετο πρόβλημα απόφασης σε μικρότερα προβλήματα. [4]

Τα δέντρα απόφασης είναι γενικά πιο χρήσιμα όταν πρέπει να ληφθεί μια σειρά από αποφάσεις, αλλά μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για να απεικονίσουν μια ενιαία απόφαση. Θα δωθεί παρακάτω το παράδειγμα του δένδρου απόφασης του αρχικού προβλήματος για να κατανοηθεί πλήρως η χρησιμότητα του. Σημειώστε ότι κάθε τετραγωνικός κόμβος υποδηλώνει την εναλλακτική λύση που επιλέγεται και κάθε κυκλικός κόμβος αντιπροσωπεύει την φυσική κατάσταση ενώ οι αριθμοί στο τέλος κάθε διαδρομής απόφασης (γραμμές) είναι τα κέρδη για αυτή την πορεία δράσης.[3,6]

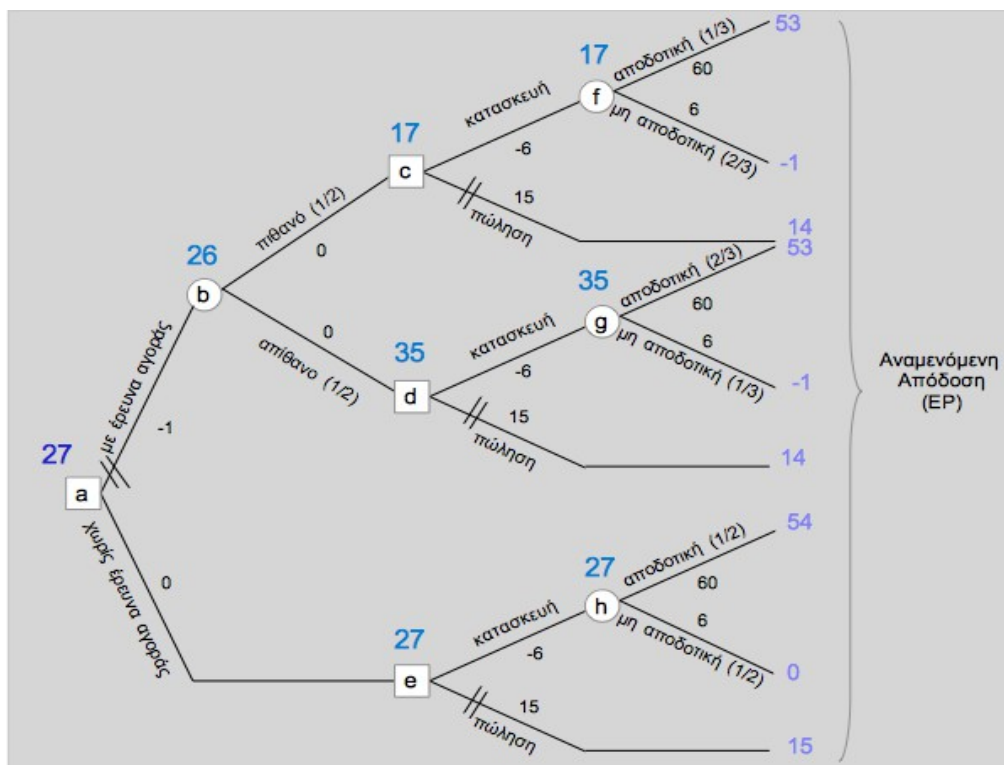
Ένα δένδρο απόφασης, ωστόσο, αντιπροσωπεύει μια και μόνο απόφαση. Τα δέντρα απόφασης είναι πολύ πιο χρήσιμα όταν ασχολούνται με μια σειρά εναλλακτικών λύσεων και φυσικών καταστάσεων για τα οποία πρέπει να παρθεί μια σειρά από αποφάσεις. Αυτοί οι τύποι των προβλημάτων δεν μπορούν να αναπαρασταθούν εύκολα σε μορφή πίνακα και, συνεπώς, τα δέντρα απόφασης είναι ένα εξαιρετικά ισχυρό εργαλείο.

#### Εκτέλεση της ανάλυσης ενός δένδρου απόφασης

Έχοντας κατασκευάσει το δέντρο απόφασης, συμπεριλαμβανομένων των αριθμών της, είμαστε τώρα έτοιμοι να αναλύσουμε το πρόβλημα χρησιμοποιώντας την ακόλουθη διαδικασία.

- Ξεκινήστε από τη δεξιά πλευρά του δέντρου απόφασης και μετακινηθείτε προς τα αριστερά μία στήλη κάθε φορά. Για κάθε στήλη, εκτελέστε είτε το βήμα 2 ή το βήμα 3 ανάλογα με το αν η διχάλα στην εν λόγω στήλη είναι διχάλα ευκαιρίας ή διχάλα απόφασης.
- Για κάθε κόμβο ευκαιρίας, υπολογίστε το αναμενόμενο αποδιδόμενο ποσό του πολλαπλασιάζοντας το αναμενόμενο αποδιδόμενο ποσό κάθε διακλάδωσης (που φαίνεται με μπλε γράμματα) με την πιθανότητα της διακλάδωσης και στη συνέχεια αθροίστε τα εν λόγω προϊόντα. Καταγράψτε αυτό το αναμενόμενο αποδιδόμενο ποσό για κάθε κόμβο απόφαση με έντονα γράμματα δίπλα από τη διχάλα, και ορίστε την ποσότητα αυτή.
- Για κάθε κόμβο απόφασης, να συγκρίνεται τις αναμενόμενες απολαβές των διακλαδώσεων της και να επιλέξετε την εναλλακτική λύση εκείνης της διακλάδωσης που έχει το μεγαλύτερο αναμενόμενο αποδιδόμενο ποσό. Σε κάθε περίπτωση, καταγράψτε την επιλογή σας πάνω στο δέντρο απόφασης με την εισαγωγή μιας διπλής παύλας ως ένα φράγμα μέσα από κάθε απορριφθήσα διακλάδωση .[3]

### Δένδρο απόφασης του αρχικού παραδείγματος



Εικόνα 5: Δένδρο Απόφασης

Για τον κόμβο f ισχύει :

$$EP_f = \frac{1}{3}(53) + \frac{2}{3}(-1) = 17$$

Για τον κόμβο g :

$$EP_g = \frac{2}{3}(53) + \frac{1}{3}(-1) = 35$$

Ενώ,

$$EP_h = \frac{1}{2}(54) + \frac{1}{2}(0) = 27$$

$$EP_b = \frac{1}{2}(35) + \frac{1}{2}(17) = 26$$

για τους κόμβους h και b αντίστοιχα.

Τοποθετήσαμε αυτές τις τιμές στο δένδρο όπως φαίνεται στην Εικόνα 5. Τώρα, μετακινούμαστε μία στήλη αριστερά, η οποία αποτελείται από τους κόμβους c,d και e. Το αναμενόμενο αποδιδόμενο ποσό για έναν κλάδο που οδηγεί σε έναν κόμβο ευκαιρίας καταγράφεται με μπλέ αριθμούς πάνω από τον αντίστοιχο κόμβο ευκαιρίας. Ως εκ τούτου, το βήμα 3 μπορεί να εφαρμοστεί ως εξής.

Επομένως, για τον κόμβο c,

$$17 > 14, \text{ άρα επιλέγεται η εναλλακτική ενέργεια της κατασκευής των ηλ. υπολογιστών}$$

για τον κόμβο d,

$$35 > 14, \text{ άρα επιλέγεται επίσης η εναλλακτική της κατασκευής των ηλ. υπολογιστών}$$

για τον κόμβο e,

$27 > 15$ , άρα επιλέγεται και εδώ η κατασκευή των ηλ. υπολογιστών.

Ταυτόχρονα, διπλή πάυλα στα κλαδιά του δένδρου υποδεικνύει την απόρριψη αυτής της εναλλακτικής ενέργειας.

Στη συνέχεια, μετακινούμαστε ακόμη μία στήλη αριστερά και μας φέρνει στον κόμβο b. Δεδομένου ότι αυτός είναι ένας κόμβος ευκαιρίας, το βήμα 2 της διαδικασίας πρέπει να εφαρμοστεί. Ως εκ τούτου, το αναμενόμενο αποδιδόμενο ποσό για αυτόν τον κόμβο b είναι

$$EP_b = \frac{1}{2}(35) + \frac{1}{2}(17) = 26$$

Τελικώς, μετακινούμαστε ακόμη μία θέση προς τα αριστερά στον κόμβο a, έναν κόμβο απόφασης. Επομένως, λόγω του βήματος 3

$27 > 26$ , άρα διαπιστώνεται ότι είναι προτιμότερο να μην υπάρξει έρευνα αγοράς.

Και τοποθετούμε το 27 πάνω από τον κόμβο a, ο οποίος είναι και κόμβος απόφασης.

Η διαδικασία αυτή της μετακίνησης από τα δεξιά προς τα αριστερά εφαρμόζεται για σκοπούς ανάλυσης. Ωστόσο, έχοντας ολοκληρώσει το δέντρο απόφασης με αυτόν τον τρόπο, ο ιθύνων τώρα μπορεί να διαβάσει το δέντρο από αριστερά προς τα δεξιά για να δει και να μελετήσει την πραγματική εξέλιξη των γεγονότων. Οι διπλές παύλες όπως αναφέρθηκε προηγουμένως είναι ανεπιθύμητες διαδρομές. Ως εκ τούτου, δεδομένων των αποδιδόμενων ποσών για τα τελικά αποτελέσματα που φαίνονται στη δεξιά πλευρά, ο κανόνας απόφασης του Bayes υποστηρίζει ότι πρέπει να ακολουθούνται μόνο οι ανοιχτές διαδρομές από αριστερά προς τα δεξιά για να επιτευχθεί το μεγαλύτερο δυνατό αναμενόμενο κέρδος.

Ακολουθώντας τα ανοιχτά μονοπάτια από τα δεξιά προς τα αριστερά στην Εικόνα 5, δίνεται

το βέλτιστο αποτέλεσμα σύμφωνα με τον κανόνα απόφασης του Bayes.

**Βέλτιστο αποτέλεσμα του παραδείγματος:** Να μην πραγματοποιηθεί τελικά η έρευνα αγοράς. Εάν το αποτέλεσμα είναι μη ευνοϊκό τότε πούλησε τα δικαιώματα. Ενώ αν το αποτέλεσμα είναι ευνοϊκό, προχώρησε προς την εμπορία των ηλ. υπολογιστών. Το αναμενόμενο αποδιδόμενο ποσό είναι 27 εκατ. €.

Αυτή η (μοναδική) βέλτιστη λύση είναι φυσικά η ίδια με εκείνη που ελήφθη προηγουμένως χωρίς την χρήση του δέντρου απόφασης. (βέλτιστη λύση του Πίνακα 7 και ότι αξίζει τον κόπο να γίνει ο πειραματισμός).

Για κάθε δέντρο απόφασης, αυτή η διαδικασία της προς τα πίσω επαγωγής πάντα θα οδηγεί στη βέλτιστη λύση ή λύσεις αφού οι πιθανότητες υπολογίζονται για τους κλάδους που προέρχονται από έναν κόμβο ευκαιρία.

#### 2.4.11 Συνάρτηση χρησιμότητας

Μέχρι στιγμής, κατά την εφαρμογή του κανόνα απόφασης του Bayes, έχουμε υποθέσει ότι το αναμενόμενο κέρδος σε χρηματικούς όρους είναι το κατάλληλο μέτρο για τις συνέπειες του να αναλαμβάνεις δράση. Ωστόσο, σε πολλές περιπτώσεις, αυτή η υπόθεση είναι ακατάλληλη. Για παράδειγμα, μια εταιρεία μπορεί να μην είναι πρόθυμη να επενδύσει ένα μεγάλο χρηματικό ποσό σε ένα νέο προϊόν, ακόμη και όταν το αναμενόμενο κέρδος είναι σημαντικό, αν υπάρχει κίνδυνος απώλειας της επένδυσής του δηλαδή να την οδηγηθεί σε πτώχευση. Οι άνθρωποι επίσης, αγοράζουν ασφάλιση αν και είναι μια κακή επένδυση από την άποψη του αναμενόμενου κέρδους.

Είναι λοιπόν δυνατό αυτά τα παραδείγματα να ακυρώσουν τον κανόνα απόφασης του Bayes; Ευτυχώς, η απάντηση είναι όχι, γιατί υπάρχει ένας τρόπος για τη μετατροπή χρηματικών αξιών σε κατάλληλη κλίμακα, που αντικατοπτρίζει τις προτιμήσεις του ιθύνοντα. Η κλίμακα αυτή ονομάζεται συνάρτηση χρησιμότητας του χρήματος (**utility function for money**). [3]

### 2.4.11.1 Συνάρτηση χρησιμότητας του χρήματος (utility function for money) [3]

Μία από τις πιο κοινές χρήσεις μιας συνάρτησης χρησιμότητας, ειδικά στην οικονομία, είναι η συνάρτηση χρησιμότητας του χρήματος. Η **συνάρτηση χρησιμότητας του χρήματος** είναι μια μη γραμμική συνάρτηση η οποία είναι συνδεδεμένη και ασύμμετρη σχετικά με την προέλευση της. Αυτές οι ιδιότητες μπορούν να προέρχονται από λογικές υποθέσεις που είναι γενικά αποδεκτές από τους οικονομολόγους και ιδίως από τους υποστηρικτές της θεωρίας της ορθολογικής επιλογής. Η συνάρτηση χρησιμότητας είναι κοίλη σε θετική περιοχή, γεγονός που οφείλεται στο φαινόμενο της φθίνουσας οριακής χρησιμότητας. Η έλλειψη οριοθέτησης οφείλεται στο γεγονός ότι πέρα από ένα ορισμένο σημείο τα χρήματα παύουν να είναι χρήσιμα σε όλους. Η ασυμμετρία όσον αφορά την προέλευση αντανακλά το γεγονός ότι του να κερδίζεις και να χάνεις χρήματα μπορεί να έχει ριζικές επιπτώσεις τόσο για τους ιδιώτες όσο και για τις επιχειρήσεις. Η μη γραμμικότητα της συνάρτησης χρησιμότητας του χρήματος έχει ωστόσο σοβαρές επιπτώσεις στη διαδικασία της λήψης των αποφάσεων. Τέτοιες επιπτώσεις υπάρχουν συνήθως στις περιπτώσεις όπου τα αποτελέσματα των επιλογών επηρεάζουν τη χρησιμότητα μέσω των κερδών ή των ζημιών των χρημάτων, τα οποία είναι ο κανόνας στους περισσότερους επιχειρησιακούς χώρους. Η βέλτιστη επιλογή για μια δεδομένη απόφαση εξαρτάται από τα πιθανά αποτελέσματα όλων των άλλων αποφάσεων για την ίδια χρονική περίοδο.[10]



*Εικόνα 6: Συνολική Χρησιμότητα*

Η πρώτη ιδιότητα που τοποθετείται στη συνάρτηση χρησιμότητας είναι εκείνη του να είναι συνεπής και να προτιμά τα περισσότερα αντί τα λιγότερα. Αυτό το χαρακτηριστικό, γνωστό στην οικονομική βιβλιογραφία ως μη κορεσμός, λέει απλά ότι η χρησιμότητα των περισσότερων χρηματικών μονάδων είναι πάντα υψηλότερη από την χρησιμότητα των λιγότερων. Αν θέλουμε να

επιλέξουμε μεταξύ δύο ορισμένων επενδύσεων, παίρνουμε πάντα τη μία με το μεγαλύτερο αποτέλεσμα. Αυτή η ιδιότητα στην συνέχεια υποστηρίζει ότι ο περισσότερος πλούτος είναι πάντα προτιμότερος από τον λιγότερο πλούτο.[12]

Η δεύτερη ιδιότητα της συνάρτησης χρησιμότητας είναι μια υπόθεση που αφορά την αίσθηση ενός επενδυτή για τον κίνδυνο. Τρεις υποθέσεις είναι πιθανές: ο επενδυτής να αποφεύγει τον κίνδυνο (**risk averse**), ο επενδυτής να είναι ουδέτερος στον κίνδυνο (**risk neutral**), και ο επενδυτής να επιδιώκει τον κίνδυνο (**risk seeking**).[12] Όσον αφορά λοιπόν την πρώτη περίπτωση, μερικοί άνθρωποι αναζητούν αντί να αποφεύγουν το ρίσκο-κίνδυνο, και περνούν τη ζωή τους ψάχνοντας για το "μεγάλο ρίσκο." Η κλίση της συνάρτησης χρησιμότητας αυξάνεται καθώς αυξάνεται το ποσό των χρημάτων, έτσι ώστε να έχουν μια αυξανόμενη οριακής χρησιμότητας του χρήματος[3]. Η ενδιάμεση περίπτωση είναι αυτή ενός ατόμου ο οποίος είναι ουδέτερος στον κίνδυνο, δηλαδή αντιμετωπίζει τα χρηματικά έπαθλα στην πραγματική τους αξία. Η χρησιμότητα αυτού του ατόμου για τα χρήματα είναι απλώς ανάλογη με το ποσό των χρημάτων που εμπλέκονται. Παρά το γεγονός ότι μερικοί άνθρωποι φαίνεται να είναι ουδέτεροι στην αίσθηση του κινδύνου, όταν μόνο μικρά χρηματικά ποσά είναι εκείνα που εμπλέκονται, είναι ασυνήθιστο να εξακολουθούν να είναι πραγματικά ουδέτεροι στον κίνδυνο όταν εμπλέκονται μεγάλα ποσά.[3] Είναι επίσης πιθανό να υπάρξει ένα μείγμα αυτών των τύπων συμπεριφοράς. Για παράδειγμα, ένα άτομο μπορεί να είναι ουσιαστικά ουδέτερο στο ρίσκο στα μικρά χρηματικά ποσά αλλά να ενεργοποιήσει την αίσθηση αυτού του ρίσκου σε μέτριες ποσότητες χρημάτων και στη συνέχεια να προσπαθεί να αποφύγει το ρίσκο στις μεγάλες ποσότητες. Επιπλέον, η στάση του ατόμου απέναντι στον κίνδυνο αλλάζει με την πάροδο του χρόνου, ανάλογα με τις περιστάσεις.[3]

Η αποστροφή κινδύνου (**risk averse**), η ουδετερότητα απέναντι στον κίνδυνο (**risk neutral**) και η αναζήτηση κινδύνου (**risk seeking**) μπορούν να οριστούν στη διάρκεια ενός δίκαιου στοιχήματος. Η τρίτη ιδιότητα λοιπόν των συναρτήσεων χρησιμότητας είναι μια υπόθεση για το πώς οι προτιμήσεις των επενδυτών αλλάζουν με την αλλαγή του πλούτου. Αν ο επενδυτής αυξάνει το ποσό που επενδύεται σε στοιχεία ενεργητικού υψηλού κινδύνου, όπως η αλλαγή του πλούτου, τότε ο επενδυτής λέγεται ότι παρουσιάζει μείωση απόλυτης αποστροφής κινδύνου. Εάν η επένδυση σε περιουσιακά στοιχεία υψηλού κινδύνου παραμένει αμετάβλητη αλλά και οι αλλαγές του πλούτου, τότε ο επενδυτής λέγεται ότι παρουσιάζει σταθερή απόλυτη αποστροφή κινδύνου. Τέλος, αν ο επενδυτής επενδύει λιγότερες νομισματικές μονάδες σε περιουσιακά στοιχεία υψηλού κινδύνου, τότε ο επενδυτής λέγεται ότι παρουσιάζει αύξηση απόλυτης αποστροφής κινδύνου. Το τελικό χαρακτηριστικό που χρησιμοποιείται για να περιορίσει τη συνάρτηση χρησιμότητας του

επενδυτή είναι πως το ποσοστό του πλούτου που επενδύεται σε στοιχεία ενεργητικού υψηλού κινδύνου αλλάζει όπως και οι μεταβολές του πλούτου[12]



*Εικόνα 7: Η αίσθηση του επενδυτή απέναντι στον κίνδυνο (πιθανές περιπτώσεις)*

Μία ατομική συμπεριφορά απέναντι στο ρίσκο θα μπορούσε επίσης να διαφέρει όταν πρόκειται να έρθει αντιμέτωπος με τα προσωπικά οικονομικά ενός άλλου ατόμου από όταν πρέπει να πάρει αποφάσεις για λογαριασμό μιας επιχείρησης. Για παράδειγμα, οι διαχειριστές μιας επιχείρησης πρέπει να εξετάσουν τις συνθήκες της εταιρείας και τη συλλογική φιλοσοφία των ανώτατων διοικητικών στελεχών στον καθορισμό της κατάλληλης στάσης απέναντι στον κίνδυνο κατά τη λήψη διοικητικών αποφάσεων.[3]

Το γεγονός ότι διαφορετικοί άνθρωποι έχουν διαφορετική συνάρτηση χρησιμότητας του χρήματος έχει μία σημαντική επίπτωση στη λήψη αποφάσεων υπό την αντιμετώπιση της αβεβαιότητας.[3]

Όταν μια συνάρτηση χρησιμότητας του χρήματος ενσωματώνεται σε μια προσέγγιση ανάλυσης αποφάσεων ενός προβλήματος, αυτή η συνάρτηση χρησιμότητας θα πρέπει να κατασκευάζεται έτσι ώστε να ταιριάζει με τις προτιμήσεις και τις αξίες του ιθύνοντα που εμπλέκεται. (Ο ιθύνων μπορεί να είναι είτε ένα μοναδικό άτομο ή μια ομάδα ατόμων.)[3]

Το κλειδί για την κατασκευή της συνάρτησης χρησιμότητας του χρήματος για να ταιριάζει με την λήψη αποφάσεων είναι η ακόλουθη θεμελιώδη ιδιότητα των συναρτήσεων χρησιμότητας.



**Θεμελιώδης ιδιότητα:** Σύμφωνα με τις παραδοχές της θεωρίας της χρησιμότητας, η συνάρτηση του χρήματος του ιθύνοντα έχει την ιδιότητα ότι είναι αδιάφορη μεταξύ των δύο εναλλακτικών τρόπων δράσης, εφόσον οι δύο εναλλακτικές έχουν την ίδια αναμενόμενη χρησιμότητα.[3]

Όταν η συνάρτηση χρησιμότητας του ιθύνοντα για τα χρήματα χρησιμοποιείται για να μετρήσει τη σχετική αξία των διαφόρων πιθανών χρηματικών αποτελεσμάτων, ο κανόνας απόφασης του Bayes αντικαθιστά τα νομισματικά αποδιδόμενα ποσά με τις αντίστοιχες επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας. Ως εκ τούτου, η βέλτιστη δράση ή σειρά ενεργειών, είναι εκείνη η οποία μεγιστοποιεί την αναμενόμενη χρησιμότητα.[3]

Μόνο οι συναρτήσεις χρησιμότητας του χρήματος έχουν συζητηθεί εδώ. Ωστόσο, θα πρέπει να αναφέρουμε ότι οι συναρτήσεις ωφέλειας μπορούν μερικές φορές να κατασκευαστούν όταν κάποιες ή όλες οι σημαντικές συνέπειες των εναλλακτικών τρόπων δράσης δεν είναι χρηματικά αποδιδόμενα ποσά. (Για παράδειγμα, οι συνέπειες των εναλλακτικών λύσεων απόφασης ενός γιατρού στη θεραπεία ενός ασθενούς συνεπάγει την μελλοντική υγεία του ασθενούς.) Παρόλα αυτά, κάτω από αυτές τις συνθήκες, είναι σημαντικό να ενσωματωθούν τέτοιες κρίσεις στη διαδικασία λήψης αποφάσεων.[3]

### *Αναμενόμενη χρησιμότητα*

Η αναμενόμενη θεωρία της χρησιμότητας ασχολείται με την ανάλυση των επιλογών μεταξύ ριψοκίνδυνων έργων με πιθανώς πολυδιάστατα αποτελέσματα.

Το αναμενόμενο μοντέλο χρησιμότητας προτάθηκε για πρώτη φορά από τον Nicholas Bernoulli το 1713 και επιλύθηκε από τον Daniel Bernoulli το 1738 ως το St. Petersburg paradox. Ο Bernoulli υποστήριξε ότι το παράδοξο θα μπορούσε να επιλυθεί αν οι ιθύνοντες εμφάνιζαν αποστροφή κινδύνου.

Η πρώτη σημαντική χρήση της αναμενόμενης θεωρίας της χρησιμότητας ήταν εκείνη του John von Neumann και Oskar Morgenstern οι οποίοι χρησιμοποίησαν για την υπόθεση της αναμενόμενης μεγιστοποίησης χρησιμότητας, την διατύπωση της θεωρίας παιγνίων. [12]

## 2.5 Ανάλυση Αποφάσεων (Decision Analysis)

Σε αυτό το κεφάλαιο, ένας αριθμός προσεγγίσεων για διαφορετικούς τύπους προβλημάτων λήψης αποφάσεων θα καλυφθούν και θα ανπτυχθούν. Οι μέθοδοι και οι διαδικασίες που παρουσιάζονται πρέπει να αντιμετωπίζονται ως εργαλεία υποστήριξης της λήψης αποφάσεων και όχι ως οριστικές λύσεις στα προβλήματα. Για την περάτωση της λήψης καλύτερων αποφάσεων στην πράξη υπάρχουν δομημένες προσεγγίσεις στη λήψη αποφάσεων που μπορούν να εφαρμοστούν χρησιμοποιώντας τεχνικές που συζητήθηκαν ως μέρος της διαδικασίας. Ο σκοπός αυτής της ενότητας είναι να αναπτυχθεί μία πρακτική, αλλά και μία μελετημένη προσέγγιση, για την επίλυση ενός προβλήματος στο οποίο εν μέρει είναι οι τεχνικές αυτού του κεφαλαίου. Η δομή που προτείνεται και η πλειοψηφία του υλικού στο τμήμα αυτό βασίζονται στην εργασία του Hammond και λοιπών. [6]

Υπάρχουν πολλές προσεγγίσεις για την επίλυση των προβλημάτων, αλλά οι περισσότεροι χρησιμοποιούν ένα βασικό πλαίσιο που περιλαμβάνει τον καθορισμό του προβλήματος και τις εναλλακτικές λύσεις. Ωστόσο, πολλές φορές η μεγαλύτερη δυνατή προστιθέμενη αξία στη διαδικασία λήψης αποφάσεων από μια δομημένη προσέγγιση είναι η σημαντικότερη αντίληψη και γνώση που έχει αποκτηθεί από τη λήψη της απόφασης. Αυτό από μόνο του θα οδηγήσει σε καλύτερες αποφάσεις, όπως οι περισσότερες αποφάσεις οι οποίες λαμβάνονται στην πράξη λόγω διαίσθησης, εμπειρίας και θαραλλέων ενεργειών χωρίς πολλή ανάλυση. Αυτό δεν σημαίνει ότι αυτές δεν μπορούν να οδηγήσουν σε καλές εκβάσεις, αλλά η προσέγγιση αυτή μακροπρόθεσμα θα παράγει περισσότερες κακές από καλές αποφάσεις.[6]

Κάθε διαδικασία που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να βοηθήσει στη διάρθρωση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων για οποιοδήποτε πρόβλημα είναι πολύ χρήσιμη στην πράξη. Το πρακτικό σχέδιο που δίνεται εδώ αναπτύχθηκε από τον Hammond και άλλους. [16], με βάση την πολυετή εμπειρία και την έρευνα στον τομέα της ανάλυσης αποφάσεων. Υπάρχει ένα πλαίσιο που περιέχει οκτώ βασικές πτυχές της λήψης αποφάσεων που αφορούν όλες τις αποφάσεις. Αυτοί οι οκτώ παράγοντες αποτελούν τον κορμό της διαδικασίας λήψης αποτελεσματικών αποφάσεων. Αυτοί οι οκτώ παράγοντες θα παρουσιαστούν παρακάτω.[6]

## 2.5.1 Ορισμός του Προβλήματος

Η πρώτη και βασική πτυχή της διαδικασίας λήψης αποφάσεων είναι να προσδιοριστεί το πραγματικό πρόβλημα. Αυτό γίνεται για να βεβαιωθείτε ότι λύνετε το σωστό πρόβλημα. Μια καλή λύση για ένα καλά ορισμένο πρόβλημα απόφασης είναι πάντα καλύτερη από μια εξαιρετική λύση για ένα κακώς ορισμένο πρόβλημα.[6]

Για να οριστεί σωστά το πρόβλημα απόφασης απαιτεί εξάσκηση και προσπάθεια. Κατ' αρχάς, πρέπει κανείς να καταλάβει τι προκάλεσε την ανάγκη για την λήψη της απόφασης. Για παράδειγμα, μπορεί να σας ζητηθεί να προσδιορίσετε το καλύτερο σύστημα μεταφοράς για να αντικαταστήσει το τρέχων, αλλά το πραγματικό πρόβλημα να μην ζητάει να αντικατασταθεί τον σημερινό σύστημα. Ο χρόνος και η σκέψη πρέπει να υπεισέλθουν στο γιατί έχει προκύψει το εμφανές πρόβλημα και ποια είναι τα πραγματικά στοιχεία που προσελκύουν το πρόβλημα. Πάρα πολλά λάθη έχουν γίνει λόγω επίλυσης του λάθος προβλήματος.[6]

Δεδομένου ότι το πρόβλημα μπορεί να οριστεί, υπάρχουν συνήθως περιορισμοί που εντοπίζονται και βοηθούν στο να μειωθούν οι εναλλακτικές λύσεις. Οι περιορισμοί αυτοί μπορεί να είναι αυτοεπιβαλλόμενοι ή επιβαλλόμενοι από εξωτερικό παράγοντα.[6]

Για παράδειγμα, μία εταιρεία μπορεί να επιθυμεί να διατηρήσει σε μηδενικό επίπεδο ένα ελλάτωμα ποιοτικής πολιτικής ελέγχου (αυτοεπιβαλλόμενο) αλλά ταυτόχρονα να πληρεί τους ομοσπονδιακούς κανονισμούς σχετικά με τη διάθεση των επικύνδωνων φθορών. Όλοι οι περιορισμοί θα πρέπει να αμφισβητηθούν για να είναι βέβαιο εν τέλει ότι είναι θεμιτοί και νόμιμοι ή ότι δεν είναι απλώς ενδείξεις που ορίζουν το λάθος πρόβλημα.[6]

Στη συνέχεια, για να βεβαιωθείτε ότι είστε επικεντρωμένοι στο σωστό στόχο, είναι σημαντικό τα σωστά στοιχεία του προβλήματος να είναι προσδιορισμένα, καθώς και όλες οι άλλες αποφάσεις που θα επηρεαστούν από την απόφαση αυτού του προβλήματος. Θα πρέπει επίσης να καθοριστεί το πώς αυτό επηρεάζει τη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Δηλαδή, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη όλες οι πτυχές του προβλήματος, αλλά δεν πρέπει να γίνει το πρόβλημα τόσο μεγάλο ή περίπλοκο που να μην μπορεί να παρθεί απόφαση.[6]

Τέλος, επανεξετάστε τον ορισμό του προβλήματος καθώς η διαδικασία είναι σε εξέλιξη. Ο χρόνος και οι πληροφορίες μπορούν να αλλάξουν την προοπτική σας ή να δώσουν νέες ιδέες σχετικά με το πρόβλημα οι οποίες θα επιτρέψουν στο πρόβλημα να αναμορφωθεί και να προσδιοριστεί καλύτερα. Πάντα αναζητούνται ευκαιρίες για να αμφισβητήσουν το πρόβλημα και να το επαναπροσδιορίσουν. Αυτός ο επαναπροσδιορισμός της κατάστασης του προβλήματος βοηθά να επικεντρωθείτε καλύτερα στο πρόβλημα, βοηθά στον προσδιορισμό των πληροφοριών που απαιτούνται και τείνει να οδηγήσει σε καλύτερες αποφάσεις.[6]

## 2.5.2 Στόχοι

Με το πρόβλημα καλώς ορισμένο, θα πρέπει να βρεθεί τώρα κάποιος τρόπος για να καθοριστεί η καλύτερη απόφαση. Αυτό γίνεται με τον προσδιορισμό του τι είναι αυτό που πραγματικά θέλει η 'επιχείρηση' να επιτύχει. Τα ερωτήματα όμως που πρέπει να απαντηθούν ποικίλουν. Δηλαδή, πώς θα ξέρουν αν η απόφασή είναι καλή καθώς και πώς θα μετρήσουν την επιτυχία της απόφασης; Τα κριτήρια αυτά ονομάζονται στόχοι. Ως εκ τούτου, οι στόχοι αυτοί απαντάνε στην ερώτηση τι πρέπει να επιτύχετε αλλά και να δοθεί ένας τρόπος αξιολόγησης την απόφαση που έχει παρθεί. Ένα από τα κλειδιά σε αυτή τη διαδικασία είναι να είναι σίγουρο ότι όλοι οι στόχοι για το πρόβλημα έχουν αρχικά εντοπιστεί. Αυτό βοηθά να σκεφτεί κανείς μέσα από το πρόβλημα αλλά ταυτόχρονα μέσω της διαδικασίας της ανάλυσης και του προσδιορισμού των στόχων, μπορεί να είναι δυνατό να εντοπιστούν ακόμα και οι πιθανές λύσεις. Αυτό ταυτόχρονα βοηθά κάποιον να αναπτύξει και να εντοπίσει τις εναλλακτικές λύσεις για το πρόβλημα.

Οι στόχοι θα πρέπει να βοηθήσουν στην καθοδήγηση της όλης διαδικασίας λήψης αποφάσεων. Οι στόχοι αυτοί λένε τι πληροφορίες χρειάζονται, ποια είναι η απόφαση που πρέπει να παρθεί, γιατί η απόφαση είναι καλή και ποιά είναι η σημασία της απόφασης όσον αφορά το χρόνο και την προσπάθεια. Ο Hammond μαζί με άλλους δίνουν πέντε βήματα για τον εντοπισμό των στόχων.

1. Να γράψετε όλες τις ανησυχίες που ελπίζετε να αντιμετωπισθούν μέσα από την απόφασή σας.
2. Να μετατρέψτε τις ανησυχίες σας σε συνοπτικούς στόχους.

3. Να ξεχωρίσετε τους τελικούς καθώς και τους ενδιάμεσους στόχους που έν τέλει θα καθορίσουν ποιοι από αυτούς είναι οι θεμελιώδεις. Οι ενδιάμεσοι στόχοι αποτελούν ορόσημα στον τελικό δρόμο προς την λήψη της κατάλληλης απόφασης. Οι τελικοί και οι θεμελιώδεις στόχοι είναι ό, τι απαιτείται προς όφελος της λήψης αποφάσεων. Οι μέσοι στόχοι συμβάλουν στη δημιουργία εναλλακτικών λύσεων και μπορούν να δώσουν μία εικόνα για το πρόβλημα, αλλά οι θεμελιώδεις στόχοι είναι αυτοί που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση και τη σύγκριση εναλλακτικών λύσεων.

4. Να διευκρινίσετε τη σημασία κάθε στόχου.

5. Να ελέγξτε τους στόχους σας για να δείτε αν δεσμεύουν τα ενδιαφέροντά σας. Δηλαδή, με βάση τους προερχόμενους στόχους, δοκιμάστε διάφορες εναλλακτικές λύσεις για να δείτε τι απόφαση θα πρέπει να παρθεί και αν η απόφαση είναι αυτή που θα μπορούσατε να υιοθετήσετε στη πράξη.

Κατά τον προσδιορισμό των βασικών στόχων να έχετε κατά νου ότι οι στόχοι είναι προσωπικοί, διαφορετικοί άνθρωποι μπορεί να έχουν διαφορετικούς στόχους για το ίδιο πρόβλημα. Οι στόχοι δεν θα πρέπει να περιορίζονται από το τι είναι εύκολο ή δύσκολο και οι θεμελιώδεις στόχοι θα πρέπει να παραμένουν σχετικά σταθεροί με την πάροδο του χρόνου. Αν μια πιθανή λύση σας κάνει να νιώθετε άβολα τότε είναι πιθανό να έχετε χάσει ή παραλείψει έναν στόχο. Η διαδικασία προσδιορισμού των στόχων είναι πολύ σημαντική για τη συνολική διαδικασία λήψης αποφάσεων. Είναι επιτακτική ανάγκη να πάρετε το χρόνο σας ώστε να τα διαβάσετε σωστά και να τις καθορίσετε πλήρως.

Σημειώστε ότι σε πολλά προβλήματα υπάρχουν πολλαπλοί στόχοι που πρέπει να εξεταστούν. Στις προηγούμενες ενότητες του παρόντος κεφαλαίου, οι μέθοδοι που παρουσιάστηκαν ήταν για ένα μόνο στόχο. Συχνά, όταν υπάρχουν πολλαπλοί στόχοι, εξακολουθεί να υπάρχει μόνο ένας θεμελιώδης ή τελικός στόχος και οι μέθοδοι που αναπτύχθηκαν εδώ θα μπορούσαν να εφαρμοστούν σε αυτόν. Εάν υπάρχουν πραγματικά πολλαπλοί θεμελιώδεις στόχοι, τότε θα πρέπει να εφαρμοστούν διάφορες τεχνικές όπως η λήψη αποφάσεων πολλαπλών στόχων.

[6]

### **2.5.3 Εναλλακτικές**

Οι εναλλακτικές λύσεις είναι οι πιθανές επιλογές που μπορεί κανείς να κάνει για να λύσει το συγκεκριμένο πρόβλημα. Το δίλημμα, όμως, είναι ότι η λύση θα είναι μόνο τόσο καλή όσο το σύνολο των εναλλακτικών λύσεων. Ως εκ τούτου, είναι σημαντικό να έχουμε ένα καλό σύνολο εναλλακτικών λύσεων που δεν περιορίζονται στο πεδίο εφαρμογής. Δεν πρέπει να θεωρείται ότι επειδή οι εναλλακτικές λύσεις σε ένα παρόμοιο πρόβλημα που είναι γνωστό, αυτές οι λύσεις θα είναι αρκετές για το νέο πρόβλημα ή ότι οι προφανείς εναλλακτικές λύσεις είναι όλα όσα χρειάζεστε για την επίλυση του προβλήματος. Πολλές φορές, λαμβάνονται κακές αποφάσεις διότι οι μόνες εναλλακτικές λύσεις που εξετάζονται είναι οι προφανείς ή εκείνες που είναι μόνο βαθμιαία καλύτερες από την τρέχουσα λύση. Συνειδητοποιήστε ότι ανεξάρτητα από το πόσο καλά θα έχουν δημιουργηθεί οι εναλλακτικές λύσεις, μπορεί ακόμα να υπάρχει μία καλύτερη εκεί έξω. Βρείτε μια σειρά από εναλλακτικές λύσεις με τις οποίες είστε ικανοποιημένοι, και σταματήστε εκεί, συνειδητοποιώντας ότι μπορείτε να προσαρμόσετε και να εξετάσετε τις νέες εναλλακτικές λύσεις καθώς περνάτε από τη διαδικασία.

Για να δημιουργηθεί ένα καλό σύνολο εναλλακτικών λύσεων απαιτεί χρόνο και προσπάθεια. Οι τεχνικές του Hammond και των υπολοίπων μπορούν να βοηθήσουν στην εξασφάλιση και ανάπτυξη καλών εναλλακτικών λύσεων.

1. Το ερώτημα που πρέπει να απαντήσετε εδώ είναι το πώς τόσο οι ενδιάμεσοι όσο και οι θεμελιώδεις στόχοι μπορούν να επιτευχθούν.
2. Βεβαιωθείτε ότι ένας περιορισμός είναι πραγματικός και αναγκαίος. Υποθέστε ότι δεν υπάρχουν περιορισμοί και αναπτύξτε εναλλακτικές λύσεις. Εν συνεχεία, δείτε αν ανταποκρίνονται στους περιορισμούς ή αν μπορούν να προσαρμοστούν σε αυτούς. Αναρωτηθείτε γιατί ο περιορισμός αυτός βρίσκεται εκεί και τι μπορεί να γίνει για να ανταποκριθεί και ύστερα αν υπάρχουν τρόποι για να εξουδετερώσουν τον περιορισμό αυτό.
3. Θέστε υψηλές προσδοκίες και υψηλούς στόχους. Πιεστείτε να φέρετε εις πέρας αυτή την υψηλή προσδοκία και σίγουρα να έχετε μία ποιο σφαιρική άποψη.
4. Κάντε τη δική σας σκέψη πρώτα. Αναπτύξτε τις δικές σας εναλλακτικές λύσεις πριν ζητήσετε από κάποιον άλλον να εισέλθει σε αυτές.
5. Χρησιμοποιείστε την εμπειρία σας ώστε να σας βοηθήσει να δημιουργήσετε εναλλακτικές

λύσεις αλλά μην πέσετε στην παγίδα και απλώς επαναλαμβάνετε παλιές λανθασμένες ή μη εξεταζόμενες ενλλακτικές λύσεις απο την στιγμή που δεν το έχετε επαναλάβει προηγουμένως.

6. Ζητείστε προτάσεις και υποδείξεις απο άλλους μόνο όταν εσείς έχετε αναπτύξει προσεκτικά το πρόβλημα και έχετε εντοπίσει τις δικές σας εναλλακτικές. Αυτό μπορεί να διεκπαιρωθεί μέσω μίας συνεδρίας καταιγισμού ιδεών (brainstorming). Να είστε ανοικτόμυαλοι και να εξετάσετε τις προτάσεις αυτών και να κρατήσετε τι εναλλακτικές λύσεις που θα μπορούσαν να κινήσουν τον ενδιαφέρον σας.
7. Μην σταματάτε ποτέ να ψάχνετε για εναλλακτικές. Κατα την διαδικασία λήψης της απόφασης μπορούν να παρουσιαστούς καινούριες εναλλακτικές ή να έχετε νέες καλύτερες ιδέες. Ποτέ δεν είναι αργά να εξετάσετε νέες διαφορετικές εναλλακτικές.
8. Οφείλετε να γνωρίζετε πότε πρέπει να σταματήσετε να ψάχνετε για εναλλακτικές λύσεις, αυτό πρακτικά σημαίνει ότι η τέλεια λύση συχνά δεν υπάρχει, επομένως σπαταλάτε πολύτιμο χρόνο κάτι που είναι συνήθως μη παραγωγικό. Εάν έχετε σκεφτεί καλά τις εναλλακτικές σας και έχετε συγκροτήσει ένα σύνολο αυτών το οποίο σας δίνει μια ποικιλομορφία επιλογών και για τουλάχιστον μία είστε ικανοποιημένοι τότε πρέπει να σταματήσετε. Παρόλα αυτά, να θυμάστε να εξετάζετε πάντα πρόσθετες εναλλακτικές λύσεις που παρουσιάζονται κατα τη διάρκεια της διαδικασίας λήψης αποφάσεων.

#### **2.5.4 Συνέπειες**

Σε αυτό το στάδιο όπου το πρόβλημα έχει οριστεί, οι στόχοι έχουν προσδιοριστεί, έχουν αναπτυχθεί και οι εναλλακτικές λύσεις, θα πρέπει να είστε σε θέση να καθορίσετε ποια εναλλακτική είναι η καλύτερη. Αυτό γίνεται με την εξέταση των επιπτώσεων των εναλλακτικών λύσεων που συνδέονται με τους στόχους και τον προσδιορισμό του ποιο θα είναι το αποδίδομενο ποσό για κάθε εναλλακτική λύση. Στην περίπτωση ενός μοναδικού στόχου, οι τεχνικές που περιγράφονται μπορούν να εφαρμοστούν για να βρεθεί η καλύτερη εναλλακτική λύση. Το κλειδί είναι να βεβαιωθείτε ότι εξετάζοντας κάθε εναλλακτική λύση το μέτρο των συνεπειών είναι συνεπές και είναι ένα μέτρο πρόθυμο να χρησιμοποιηθεί. Επίσης σημαντικό είναι να βεβαιωθείτε ότι έχοντας τις σωστές συνέπειες για τις εναλλακτικές λύσεις θα δημιουργήσετε ένα πίνακα

συνεπειών. Αυτό είναι πολύ παρόμοιο με το πλέγμα αποδιδόμενου ποσού, και γενικά ο πίνακας των αποδιδόμενων ποσών είναι μέρος του πίνακα συνεπειών. Η διαφορά είναι ότι ο πίνακας συνεπειών περιλαμβάνει περισσότερες μετρήσεις από την απλή μοναδική μέτρηση του αποδιδόμενου ποσού και χρησιμοποιείται για να βοηθήσει στον προσδιορισμό της κύριας μέτρησης (measure) που είναι συνεπής σε όλες τις εναλλακτικές λύσεις. [6]

### **2.5.5 Αντισταθμίσιμα (Tradeoffs)**

Στα οικονομικά ο όρος tradeoff συχνά εκφράζεται ως κόστος ευκαιρίας, το οποίο είναι και η πλέον προτιμώμενη εναλλακτική λύση. Η έννοια του αντισταθμίσιματος (tradeoffs) είναι πιο συνήθης να εφαρμόζεται σε προβλήματα με πολλαπλούς στόχους παρολα αυτά η βασική ιδέα έχει επίσης εφαρμογή σε προβλήματα με έναν και μοναδικό στόχο.

Ακόμη και με τις ισχύουσες τεχνικές και τις κατάλληλες συνέπειες ενδέχεται να υπάρχουν περισσότερες από μία πιθανή εναλλακτική λύση που εξετάζεται. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, κάθε τεχνική δίνει μια διαφορετική εναλλακτική λύση. Το ερώτημα είναι ποια εναλλακτική να διαλέξετε.

Για να βοηθήσει κάποιος σε αυτή τη διαδικασία πρέπει να εξετάσει τα πιθανά αντισταθμίσιμα (tradeoffs) στο πλαίσιο των εναλλακτικών λύσεων. Πρώτον, θα πρέπει να εξαλειφθεί κάθε εναλλακτική λύση η οποία κυριαρχείται από μια άλλη εναλλακτική λύση. Όπως συζητήθηκε νωρίτερα, όταν υπάρχει μια εναλλακτική λύση που είναι καλύτερη από μια άλλη δεν έχει σημασία η φυσική κατάσταση ή ο στόχος. Η κυριαρχούσα εναλλακτική εξαλείφεται από κάθε περαιτέρω εξέταση. Για τις άλλες εναλλακτικές λύσεις, εξετάστε ποια είναι τα μειονεκτήματα επιλέγοντας το ένα κατά του άλλου.

Στην περίπτωση ενός μόνο στόχου, όταν δύο εναλλακτικές λύσεις είναι "ίσες" τότε άλλα ζητήματα θα πρέπει να μπαίνουν στο παιχνίδι. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει υποκειμενικές εκτιμήσεις ή συμπληρωματικούς στόχους που δεν έχουν ληφθεί υπόψιν αρχικά.[6]



## 2.5.6. Αβεβαιότητα

Σχεδόν όλα τα προβλήματα είναι προβλήματα αντιμετώπισης της αβεβαιότητας με τον έναν τρόπο ή τον άλλον. Οι μέθοδοι που παρουσιάζονται στο κεφάλαιο αυτό έχουν σχεδιαστεί για την αντιμετώπιση της αβεβαιότητας. Η ουσία είναι να γίνει αντιληπτή η ύπαρξη της αβεβαιότητας και ότι θα πρέπει να αντιμετωπιστεί με τον κατάλληλο τρόπο. Πρόκειται για τον καθορισμό των πιθανών φυσικών καταστάσεων και την πιθανότητα εμφάνισής τους, αν αυτό είναι δυνατόν, καθώς και των κατάλληλων σχεδίων δράσης που βασίζονται σε αυτές τις φυσικές καταστάσεις. Τα δέντρα απόφασης που αναφέρθηκαν νωρίτερα είναι ένα εξαιρετικά σημαντικό εργαλείο που βοηθάει στην κατανόηση της αβεβαιότητας, των κινδύνων και των επιπτώσεων της στο πρόβλημα της απόφασης.

Είναι επίσης σημαντικό να γίνει κατανοητό ότι όταν υπάρχει αβεβαιότητα, είναι πιθανόν να παρθεί μια καλή απόφαση ακόμη και όταν οι επιπτώσεις της ανάλυσης αυτής μετατρέπονται σε ανεπαρκείς. Ομοίως, είναι δυνατόν να παρθεί μια κακή απόφαση ακόμη και όταν οι συνέπειες είναι καλές. Αυτή είναι η φύση του κινδύνου και της αβεβαιότητας. Ως εκ τούτου, υπό συνθήκες αβεβαιότητας και κινδύνου, οι συνέπειες της απόφασης μπορεί να μην είναι ο καλύτερος τρόπος για να αξιολογηθεί η απόφαση ή η διαδικασία που χρησιμοποιείται για να καταλήξουμε σε αυτή. Αυτό που πραγματικά χρειάζεται για να αξιολογηθεί είναι η ίδια η διαδικασία λήψης αποφάσεων. Μια κακή διαδικασία μπορεί περιστασιακά να δώσει καλά αποτελέσματα, αλλά μακροπρόθεσμα θα έχει αρνητική επιρροή. Επίσης, μια καλή διαδικασία μπορεί περιστασιακά να παράγει κακές συνέπειες, αλλά μακροπρόθεσμα η διαδικασία αυτή να είναι επωφελής.

Κατά την ανάπτυξη του προβλήματος, πρέπει να συμπεριληφθεί η κατάσταση της αβεβαιότητας. Αυτό γίνεται μέσω της χρήσης ενός προφίλ κινδύνου. Για τον προσδιορισμό αυτού, ο Hammond και οι λοιποί πρότειναν ξανά να απαντηθούν τα ακόλουθα τέσσερα ερωτήματα:

1. Ποιές είναι οι κύριες αβεβαιότητες;
2. Ποιά είναι τα πιθανά αποτελέσματα αυτών των αβεβαιότητων;
3. Ποιές είναι οι πιθανότητες εμφάνισης κάθε πιθανού αποτελέσματος;
4. Ποιές είναι οι επιπτώσεις κάθε αποτελέσματος;

Απαντώντας σε αυτές τις τέσσερις ερωτήσεις θα πρέπει να οδηγηθείτε σε ένα πλέγμα ή πίνακα των αποδιδόμενων ποσών με τις εκ των προτέρων πιθανότητες. Το πλέγμα αυτό μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί για να δημιουργηθούν λύσεις και να αναπτυχθεί ένα αντίστοιχο δέντρο απόφασης.

### **2.5.7 Ανοχή Κινδύνου**

Μίας και το προφίλ κινδύνου έχει οριστεί, είναι απαραίτητο να γίνει πλήρως κατανοητό ότι οι ιθύνοντες είναι εκείνοι οι οποίοι αναλαμβάνουν το ρίσκο. Αυτή είναι η διαδικασία κατά την οποία θα οριστεί η συνάρτηση χρησιμότητας. Οφείλουν να έχουν στο μυαλό τους σε ποια κατηγορία ανθρώπων ανήκουν (risk averse, risk neutral, risk seeking) και έτσι θα μπορέσουν να λάβουν καλύτερες αποφάσεις. Είναι σημαντικό να θυμάστε ότι τα μέτρα της επιτυχίας είναι η διαδικασία λήψης αποφάσεων και όχι οι συνέπειες της απόφασης αυτής. Εκείνος ο οποίος επιδιώκει τον κίνδυνο και εκείνος ο οποίος αποστρέφει τον κίνδυνο θα καταλήξουν σε δύο εντελώς διαφορετικές αποφάσεις, αλλά εάν η διαδικασία είναι σωστή, τότε και οι δύο είναι καλές επιλογές απόφασης για αυτούς.[6]

### **2.5.8 Συνδεδεόμενες Αποφάσεις**

Είναι γνωστό ότι πολύ λίγες αποφάσεις εκτελούνται πραγματικά αυτόνομα. Οι τρέχουσες αποφάσεις έχουν αντίκτυπο σε εκείνες που θα πρέπει να γίνουν αργότερα. Αυτές ονομάζονται συνδεδεόμενες αποφάσεις. Για να πάρετε μια καλή απόφαση, κατά την παρούσα χρονική στιγμή, απαιτείται από εσάς να σκεφτείτε τις επιπτώσεις της τρέχουσας απόφασης σχετικά με τις μεταγενέστερες. Μια κακή απόφαση τώρα μπορεί να οδηγήσει σε περιορισμένες εναλλακτικές λύσεις για τις μελλοντικές αποφάσεις. Η ουσία του να λαμβάνεις έξυπνες συνδεδεμένες αποφάσεις μπορεί να προγραμματίσει σημαντικά το μέλλον.

Οι συνδεδεμένες αποφάσεις τείνουν να περιέχουν πάντα ορισμένα στοιχεία. Τα στοιχεία αυτά είναι:

- Μια βασική απόφαση του τι πρέπει να γίνει τώρα.
- Οι εναλλακτικές λύσεις που πρέπει να διαλέξετε επηρεάζονται από την αβεβαιότητα.
- Η σκοπιμότητα μιας εναλλακτικής επηρεάζεται επίσης από τις πιθανές μελλοντικές αποφάσεις που θα πρέπει να γίνουν με βάση την τρέχουσα απόφαση.
- Το τυπικό μοτίβο της λήψης αποφάσεων είναι να αποφασίζει και να μαθαίνει, μία διαδικασία που επαναλαμβάνεται ξανά και ξανά.

Λάβετε υπόψη σας ότι οι συνδεδεμένες αποφάσεις είναι απλώς μόνο ένα άλλο πρόβλημα απόφασης. Η διαδικασία που περιγράφεται μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να βοηθήσει να παρθούν οι συνδεδεόμενες αποφάσεις. Πρέπει να γίνει μία σειρά βημάτων όσον αφορά την αντιμετώπιση των συνδεδεόμενων αποφάσεων.

Αρχικά, σημαντικό είναι να καταλάβετε το βασικό πρόβλημα απόφασης. Αυτό περιλαμβάνει να γίνουν κάποιες ενέργειες όπως ο καθορισμός του προβλήματος, ο προσδιορισμός των στόχων, η δημιουργία εναλλακτικών λύσεων, ο καθορισμός των συνεπειών, και ο εντοπισμός των αβεβαιοτήτων. Οι αβεβαιότητες είναι εκείνο που κάνει δύσκολη τη λήψη συνδεδεόμενων αποφάσεων, γι 'αυτό είναι σημαντικό να αξιοποιείται σωστά ο χρόνος στον εντοπισμό και στην αναγνώριση τους. Εν συνεχεία, προσδιορίστε τρόπους για να μειώσετε τις κρίσιμες αβεβαιότητες. Αυτή η διαδικασία περιλαμβάνει επίσης την λήψη συμπληρωματικών πληροφοριών και με την λήψη αυτών ενδέχεται να είναι δυνατό να προσδιοριστούν οι εκ των υστέρων πιθανότητες.

Επόμενο στάδιο, είναι να προσδιορίστε τις μελλοντικές αποφάσεις που συνδέονται με τη βασική απόφαση. Με τον τρόπο αυτό μπορείτε και είναι σημαντικό να βρείτε ένα κατάλληλο χρονικό ορίζοντα για να εξετάσετε το πρόβλημα. Αν ο χρονικός ορίζοντας είναι πολύ μεγάλος, ίσως τότε να εξετάσετε τις μελλοντικές δυνατότητες που δεν θα είναι πραγματικά μέσα στο παιχνίδι.

Κατανοήστε τις σχέσεις των συνδεδεόμενων αποφάσεων. Συχνά ένα δένδρο απόφασης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ώστε να βοηθήσει να περιγραφούν οι σχέσεις αυτές και έν τέλει να ανακαλυφθούν εκείνες που δεν είναι προφανώς ορατές. Τέλος, πρέπει να καταλήξετε τι θα κάνετε

με την βασική απόφαση. Το δένδρο απόφασης μπορεί ξανά να γίνει πολύ χρήσιμο καθώς αποθηκεύει τις συνδεδεόμενες αποφάσεις πριν απο εσάς. Παρατηρείστε τι θα συμβεί με τη δημιουργία του δένδρου απόφασης και δουλέψτε ανάποδα δηλαδή απο εκεί από όπου θα προσδιορίσετε τις επιπτώσεις κάθε επιλογής. Στο δένδρο απόφασης συμβαίνει το ίδιο ακριβώς, δηλαδή ξεκινάτε απο την δεξιά πλευρά του δένδρου δουλεύοντας προς τα πίσω μέσω των κλαδιών. Αντιμετωπίστε κάθε φορά τις μελλοντικές αποφάσεις ως νέα προβλήματα.

Η αναγνώριση των συνδεδεμένων αποφάσεων είναι η πρώτη κρίσιμη πτυχή. Είναι σημαντικό να αντιμετωπίζετε πάντα τις αποφάσεις σε όρους μικρής εμβέλειας, ακριβώς όπως και τις μεγάλης εμβέλειας επιπτώσεις. Μια πιο συνολική προσέγγιση επιτρέπει στην λήψη της απόφασης την καλύτερη αξιολόγηση του αντίκτυπου των αποφάσεων σχετικά με τους τρέχοντες στόχους καθώς και τις πιθανές απρόβλεπτες συνέπειες και αργότερα επιδράσεις. Η εξέταση της συνδεδεόμενης απόφασης για τις μελλοντικές εκτιμήσεις οδηγεί σε καλύτερες αποφάσεις. Μια πραγματικά καλή απόφαση θα πρέπει να προβληθεί ως εκ τούτου, όχι μόνο τώρα αλλά και στο μέλλον, όταν τα αποτελέσματά της είναι έμπειρα.

[6]

## 2.5.9 Conclusion

Η ανάλυση απόφασης έχει γίνει μία σημαντική τεχνική στην λήψη αποφάσεων για την αντιμετώπιση της αβεβαιότητας. Χαρακτηρίζεται απο την απαρίθμηση όλων των διαθέσιμων δράσεων, προσδιορίζοντας τα αποδιδόμενα ποσά για όλα τα πιθανά αποτελέσματα και ταυτόχρονα ποσοτικοποιεί τις υποκειμενικές πιθανότητες για όλα τα πιθανά και τυχαία γεγονότα. Όταν υπάρχουν αυτά τα στοιχεία, η ανάλυση απόφασης γίνεται ένα πανίσχυρο εργαλείο για τον προσδιορισμό της βέλτιστης δράσης.[3]

Τα δέντρα απόφασης είναι ένα χρήσιμο οπτικό εργαλείο για την ανάλυση αυτής της επιλογής ή της σειράς των αποφάσεων. Η θεωρία χρησιμότητας παρέχει έναν τρόπο ενσωμάτωσης της συμπεριφοράς του ιθύνων απέναντι στην ανάλυση του.[3]

Σε αυτό το κεφάλαιο λοιπόν, παρουσιάστηκαν τα προβλήματα ανάλυσης απόφασης υπό

αβεβαιότητα και υπό κίνδυνο. Τα εργαλεία που αναφέρθηκαν βοηθούν στη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Για να θεωρηθεί κάποιος καλός ιθύνων απαιτεί να τηρεί μια συστηματική και διεξοδική προσέγγιση για τη λήψη αποφάσεων. Σκοπός είναι να υπάρχει μια υγιή διαδικασία καθώς και ένα πλαίσιο που επιτρέπει στον ιθύνοντα να προσεγγίσει οποιοδήποτε πρόβλημα με εμπιστοσύνη. Ο στόχος του ιθύνοντα πρέπει να είναι να λάβει την καλύτερη δυνατή απόφαση με πληροφορίες που δόθηκαν κατά την τρέχουσα χρονική στιγμή. Εάν η διαδικασία είναι καλά μελετημένη τότε οι αποφάσεις σε γενικές γραμμές είναι καλά ορισμένες.[6]

Θα είναι πάντα αβέβαιο αν η απόφαση που έχει παρθεί είναι καλή ή όχι εφόσον είναι ενσωματωμένη η έννοια της αβεβαιότητας στο πρόβλημα απόφασης, αλλά οι πιθανότητες της είναι σημαντικά αυξημένες όταν η διαδικασία είναι καλή. Η λήψη θετικών αποφάσεων απαιτεί χρόνο και προσπάθεια, αλλά τα οφέλη αυτής αξίζουν τον κόπο για την επένδυση που θα ακολουθήσει. Αυτό ισχύει και για τις αποφάσεις στην καθημερινή ζωή. Για να καταφέρει κάποιος να κάνει συνεχώς καλές αποφάσεις θα πρέπει να αναπτύξει μια καλή διαδικασία, να εφαρμόσει τη διαδικασία σε όλες τις αποφάσεις, να είναι ευέλικτος, να προσαρμόζει τις αποφάσεις καθώς τον χρόνο και τις πληροφορίες που γίνονται διαθέσιμες, και τότε σίγουρα καλές αποφάσεις θα παρθούν. [6]

## 3.1 Ανάλυση Κινδύνου (Risk Analysis)

Στις επιχειρήσεις υπάρχουν κάποια άτομα τα οποία οφείλουν να παίρνουν αποφάσεις εκεί όπου η αβεβαιότητα κυριαρχεί. Η δυνατότητα της κατανόησης και της αντιμετώπισης της αβεβαιότητας μπορεί να βοηθήσει στη καλύτερη λήψη αποφάσεων.

Μπορούμε να σκεφτούμε δύο μορφές αβεβαιότητας που έχουμε να αντιμετωπίσουμε στην ανάλυση του κινδύνου. Η πρώτη είναι μια γενική αίσθηση ότι η ποσότητα που προσπαθούμε να εκτιμήσουμε έχει κάποια μορφή αβεβαιότητας ενώ υπάρχουν και τα γεγονότα του κινδύνου, τα οποία είναι τυχαία γεγονότα που μπορούν ή δεν μπορούν να συμβούν και για τα οποία υπάρχει κάποια επίπτωση που μας ενδιαφέρει. Μπορούμε να διακρίνουμε δύο τύπους γεγονότων.

- **Κίνδυνος** είναι ένα τυχαίο γεγονός το οποίο μπορεί ενδεχομένως να συμβεί και αν όντως συμβεί, θα μπορούσε να έχει αρνητικό αποτέλεσμα στους στόχους του οργανισμού-επιχείρησης. Έτσι, ο κίνδυνος αποτελείται από τρία στοιχεία: το σενάριο, τη πιθανότητα εμφάνισης του καθώς και το μέγεθος των επιπτώσεων αν και εφόσον συμβεί.
- **Ευκαιρία** είναι επίσης ένα τυχαίο γεγονός που μπορεί ενδεχομένως να συμβεί, αλλά, αν συμβεί, θα έχει θετικό αντίκτυπο στους στόχους της οργάνωσης. Έτσι, μια ευκαιρία αποτελείται από τα ίδια τρία στοιχεία όπως του κινδύνου.

Ο κίνδυνος και η ευκαιρία μπορούν να θεωρηθούν ως οι αντίθετες πλευρές του ίδιου νομίσματος. Συνήθως είναι ευκολότερο να θεωρηθεί ένα πιθανό γεγονός ως κίνδυνος αν αυτό έχει αρνητικές επιπτώσεις και η πιθανότητα του είναι μικρότερη από 50%, ενώ εάν ο κίνδυνος έχει πιθανότητα άνω του 50% θα μπορούσε να συμπεριληφθεί στο βασικό σχέδιο και στη συνέχεια να εξετασθεί η δυνατότητα του να μην συμβεί. [13]

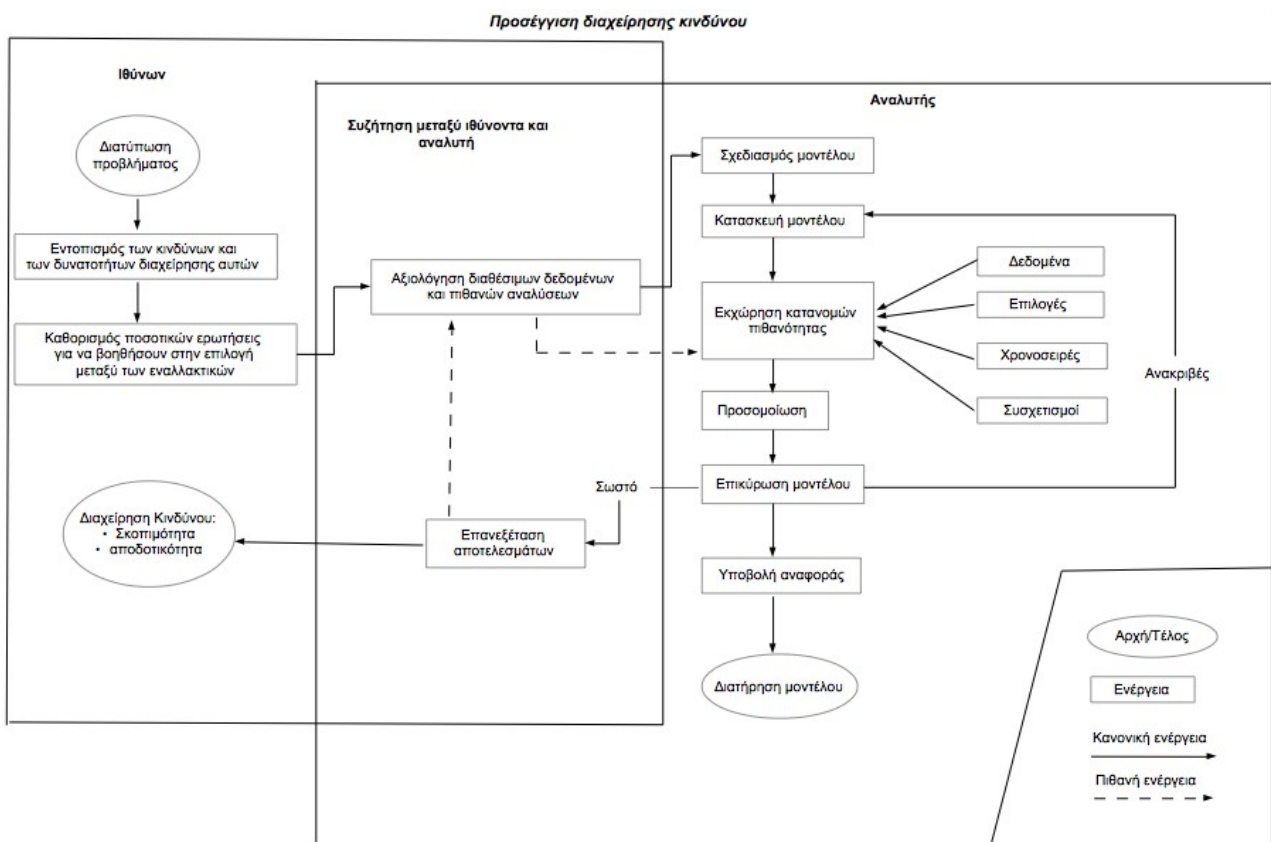
### 3.1.1 Διαδικασία Ανάλυσης Κινδύνου

Σε αυτή την ενότητα θα αναπτυχθούν οι ενέργειες που γίνονται στην ανάλυση ενός

κινδύνου προκειμένου να μεταβούμε από το πρόβλημα που έχει διατυπωθεί στην απόφαση. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται μία συνηθισμένη σειρά ενεργειών που πραγματοποιείται στο πλαίσιο της ανάλυσης αυτής.[13]

### 3.1.1.1 Προσδιορισμός και εντοπισμός των κινδύνων

Ο προσδιορισμός των κινδύνων είναι η πρώτη ενέργεια που εκτελείται σε μία ολοκληρωμένη διαδικασία ανάλυσης κινδύνου δεδομένου ότι οι στόχοι έχουν καλώς ορισθεί από τον ιθύνοντα. Υπάρχουν πολλές τεχνικές που βοηθούν στον εντοπισμό των κινδύνων αυτών. Είναι συχνό αυτό το στάδιο να θεωρείται το πιο σημαντικό και εποικοδομητικό της όλης διαδικασίας ενθαρρύνοντας την ομαδική προσπάθεια και μειώνοντας τις ευθύνες, για αυτόν ακριβώς τον λόγο πρέπει να εκτελείται με προσοχή. Οι φορείς που συμμετέχουν στην ανάλυση κινδύνου θα πρέπει να φροντίζουν να δημιουργείται ένα περιβάλλον στο οποίο θα μπορούν να εκφραστούν ανοιχτά οι ανησυχίες και οι αμφιβολίες.[13]



Εικόνα 8: Σειρά ενεργειών για την διαχείριση του κινδύνου

Ένα μέρος της διαδικασίας είναι η δημιουργία έγκαιρων λιστών οι οποίες παρέχουν ένα σύνολο κατηγοριών των κινδύνων που έχουν σχέση με τον τύπο του υπό εξέταση σχεδίου ή με το είδος του κινδύνου που εξετάζεται από την εν λόγω επιχείρηση. Οι λίστες αυτές χρησιμοποιούνται για να βοηθήσουν τους ανθρώπους να σκεφτούν και να εντοπίσουν τους κινδύνους. Μερικές φορές διαφορετικοί τύποι λιστών χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα για να βελτιώσουν περαιτέρω την πιθανότητα εντοπισμού όλων των σημαντικών κινδύνων που μπορούν να προκύψουν. Για παράδειγμα, στην διαχείριση των κινδύνων σε κάποιο πρόγραμμα, μία λίστα θα μπορούσε να εξετάσει διάφορες πτυχές του (π.χ. νομικές, εμπορικές, τεχνικές, κλπ) ή τα είδη των εργασιών που εμπλέκονται στο πρόγραμμα (σχεδιασμός, κατασκευή, δοκιμές). Μια φυσική λίστα αποτελείται από ένα σχέδιο προγράμματος και μία αναλυτική δομή των εργασιών, με ορισμένα όλα τα σημαντικά καθήκοντα. Κατά την ανάλυση θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν, η αξιοπιστία κάποιων μονάδων παραγωγής, μια λίστα των διαφορετικών τύπων αποτυχίας (μηχανικές, ηλεκτρικές, ηλεκτρονικές, ανθρώπινες, κλπ), ή μια λίστα με τις διαδικασίες. [13]

Μία λίστα δεν θα είναι ποτέ πλήρης αλλά λειτουργεί ως επίκεντρο στον προσδιορισμό των κινδύνων. Δεν έχει σημασία αν ένας κίνδυνος ανήκει στη μία ή στην άλλη κατηγορία, αρκεί ο κίνδυνος να έχει εντοπιστεί.[13]

### **3.1.1.2. Μοντελοποίηση του προβλήματος κινδύνου και λήψη κατάλληλων αποφάσεων**

Υπάρχουν πολλοί τρόποι αντιμετώπισης του προσδιορισμού και της ορθής αξιολόγησης των κινδύνων, αλλά γενικά εμπίπτουν στις εξής κατηγορίες:

1. Αύξηση (εάν το σχέδιο του έργου να είναι ιδιαίτερα επιφυλακτικό).
2. Αδράνεια (επειδή θα κόστιζε πάρα πολύ ή δεν υπάρχει τίποτα που μπορεί να γίνει).
3. Συλλογή περισσότερων στοιχείων (για την καλύτερη κατανόηση του κινδύνου).
4. Προσθήκη ενός σχεδίου έκτακτης ανάγκης (επιπλέον ποσό στον προϋπολογισμό, αλλαγή προθεσμίας, κ.λπ., για να καταστεί δυνατή η πιθανότητα κινδύνου).
5. Μείωση (π.χ. λήψη μιας λιγότερο επικίνδυνης προσέγγισης).



6. Κατανομή μεριδίων(π.χ. με το συνεργάτη υπό την προϋπόθεση ότι μπορεί να χειριστεί λογικά τις επιπτώσεις).
7. Μεταβίβαση (π.χ. ασφάλισης).
8. Εξάλειψη
9. Ακύρωση του έργου.

Αυτή η λίστα μπορεί να είναι χρήσιμη στον τρόπο σκέψης των πιθανών απαντήσεων σε προσδιορισμένους κινδύνους. Θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι αυτοί οι τρόποι αντιμετώπισης των κινδύνων μπορούν με τη σειρά τους να φέρουν δευτερεύων κινδύνους. Εφεδρικά σενάρια θα πρέπει να αναπτυχθούν για την αντιμετώπιση των κινδύνων που έχουν εντοπιστεί και δεν εξαλείφονται. Αν εντοπιστούν σωστά από την αρχή, μπορούν να βοηθήσουν την επιχείρηση να αντιδράσει αποτελεσματικά, ήρεμα και αρμονικά σε μια κατάσταση όπου η επίπληξη και η καταστροφή επικρατούν.

### **3.2 Εναλλακτικές Δραστηριότητες Διαχείρισης Κινδύνων**

Σκοπός της διαχείρισης κινδύνου είναι να βοηθήσει τους ιθύνοντες να καταλάβουν καλύτερα και να είναι ικανοί να αντιμετωπίσουν και να αξιολογήσουν τις δυνατές εναλλακτικές για τον έλεγχο του κινδύνου. Οι εναλλακτικές αυτές μπορούν να χωριστούν στις παρακάτω κατηγορίες:

- *Αποδοχή (Αδράνεια)*

Σε αυτή τη περίπτωση τίποτα δεν μπορεί να γίνει για τον έλεγχο του κινδύνου ή της έκθεσης ενός ατόμου σε αυτόν ενώ θα λέγαμε ότι συμβαίνει εκεί όπου το κόστος ελέγχου είναι δυσανάλογο του κινδύνου. Συνήθως καταλήγουμε σε αυτή την εναλλακτική όταν αναφερόμαστε σε κίνδυνο με χαμηλή πιθανότητα ή σε κινδύνους και ευκαιρίες με χαμηλές επιπτώσεις εκ των οποίων η μία έχει συχνά μια μεγάλη λίστα. Είναι πιθανόν επίσης να λείπουν κάποια υψηλής αξίας μέτρα μείωσης του κινδύνου ή επιλογές αποφυγής, ειδικά στις περιπτώσεις όπου γίνεται έλεγχος πολλών κινδύνων

ταυτόχρονα. Εάν λοιπόν, η επιλεγμένη εναλλακτική είναι η αποδοχή, πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στον σχεδιασμό ενός πλάνου έκτακτης ανάγκης

Ενδέχεται να διαπιστωθεί ότι δαπανούνται σημαντικοί πόροι για την διαχείριση ενός κινδύνου οι οποίοι είναι υπερβολικοί σε σχέση με το επίπεδο προστασίας που παρέχει ο κίνδυνος αυτός. Σε αυτές τις περιπτώσεις, είναι προφανώς λογικό να μειωθεί το επίπεδο προστασίας και να καταναμηθούν οι πόροι αυτοί στην διαχείριση άλλων κινδύνων επιτυγχάνοντας έτσι την καλύτερη συνολική αντιμετώπιση αυτών.

- ***Λήψη επιπρόσθετων πληροφοριών***

Η ανάλυση κινδύνου σε αυτή τη περίπτωση περιγράφει το επίπεδο της αβεβαιότητας που υπάρχει σε ένα πρόβλημα απόφασης. Η απόκτηση περισσότερων πληροφοριών μπορεί να μειώσει την αβεβαιότητα αυτή. Έτσι, ο ιθύνων μπορεί να προσδιορίσει το πότε υπάρχει υπερβολική αβεβαιότητα ώστε να ζητήσει περαιτέρω πληροφορίες. Καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι ο αναλυτής χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο ανάλυσης κινδύνου μπορεί να παρέχει συμβουλές για τη μέθοδο ελαχίστου κόστους συλλέγοντας δεδομένα τα οποία χρειάζονται για την επίτευξη του απαιτούμενου επιπέδου ακριβείας.

- ***Αποφυγή (Εξάλειψη)***

Η εναλλακτική αυτή περιλαμβάνει την αλλαγή μίας μεθόδου λειτουργίας ή ενός σχεδίου καθώς και μιας επιχειρηματικής στρατηγικής διότι ο κίνδυνος που είχε εντοπιστεί δεν είναι πλέον σχετικός ή επίκαιρος. Τώρα, σε κινδύνους με μεγάλες επιπτώσεις συνήθως καταφεύγουμε στην γενική αποφυγή αυτών. Σημειώστε ότι μπορεί να υπάρχει μια πολύ μεγάλη πιθανότητα εισαγωγής νέων (και ίσως πολύ πιο σημαντικών) κινδύνων λόγω της αλλαγής των σχεδίων σας.

- ***Μείωση (Μετρίαση)***

Μια σειρά απο τεχνικές μπορούν να χρησιμοποιηθούν ταυτόχρονα έτσι ώστε να μειωθεί η

πιθανότητα εμφάνισης του κινδύνου, των επιπτώσεων του ή και των δύο ταυτόχρονα. Όπως για παράδειγμα η εκτέλεση πιο ποιοτικών ελέγχων, η καλύτερη εκπαίδευση του προσωπικού καθώς και η εξάπλωση του κινδύνου σε διάφορα πεδία.

Οι στρατηγικές μείωσης χρησιμοποιούνται για οποιοδήποτε επίπεδο κινδύνου εφόσον ο εναπομένον κίνδυνος δεν είναι πολύ μεγάλης σοβαρότητας και εφόσον το ποσό κατά το οποίο μειώνεται ο κίνδυνος αντισταθμίζει το κόστος μείωσης.

Μια στρατηγική μείωσης κινδύνου που συμβαίνει συχνά είναι εκείνη της **ασφάλισης** και είναι σημαντικό να αναφερθούμε σε αυτή λίγο παραπάνω. Αν μία ασφαλιστική εταιρεία έχει κάνει τους υπολογισμούς της σωστά, σε μια ανταγωνιστική αγορά θα πληρώσει λίγο πάνω από το αναμενόμενο κόστος του κινδύνου. Ουσιαστικά, έχει την δυνατότητα να ασφαλίσει τους κινδύνους που έχουν επιπτώσεις έξω από τη περιοχή όπου εκτιμάται ότι ο κίνδυνος είναι υψηλότερος από την αναμενόμενη αξία του (περιοχές άνεσης της ασφαλιστικής). Εναλλακτικά, αισθάνεται ότι η έκθεση της εταιρείας είναι υψηλότερη από το μέσο όρο πολιτικής του αγοραστή, σε αυτή τη περίπτωση η ασφάλιση μπορεί να είναι κάτω από το αναμενόμενο κόστος και ως εκ τούτου να είναι εξαιρετικά ελκυστική.

- **Σχεδιασμός έκτακτης ανάγκης**

Στην προκειμένη περίπτωση υπάρχει ενδιαφέρον για προγράμματα τα οποία ασχολούνται με την βελτιστοποίηση της απάντησης απέναντι στους κινδύνους που θα συμβούν. Τα σχέδια αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με τις στρατηγικές αποδοχής και μείωσης. Ένα σχέδιο έκτακτης ανάγκης πρέπει να αναγνωρίσει τα άτομα που αναλαμβάνουν την ευθύνη για τον έλεγχο της εμφάνισης του κινδύνου, και/ή να εντοπίσει τους παράγοντες κινδύνου έτσι ώστε να κάνει αλλαγές στην πιθανότητα του κινδύνου ή στις πιθανές επιπτώσεις. Το σχέδιο θα πρέπει να προσδιορίζει τι πρέπει να κάνουμε, ποιος θα είναι εκείνος που θα το κάνει αλλά και με ποια σειρά κτλ.

- **Αποθεματικό κινδύνου - Risk reserve**

Η κίνηση της διοίκησης απέναντι στον κίνδυνο που εντοπίζεται, είτε μικρών είτε μεγάλων επιπτώσεων, είναι να ενισχύσει με κάποιο επιπλέον απόθεμα(reserve,buffer) έτσι ώστε να καλύψει τον κίνδυνο που θα συμβεί. Κινήσεις που θα μπορούσαν να αποδειχθούν αποτελεσματικές είναι η διάθεση περισσότερων κεφαλαίων σε ένα σχέδιο ή η διάθεση επιπλέον χρόνου για την ολοκλήρωση αυτού κλπ.

- **Μεταβίβαση κινδύνου**

Η εναλλακτική αυτή περιλαμβάνει το χειρισμό του προβλήματος, έτσι ώστε ο κίνδυνος να μεταφερθεί από ένα κομμάτι σε ένα άλλο. Ένας συχνός τρόπος μεταφοράς του κινδύνου είναι μέσω συμβάσεων όπου κάποια μορφή ποινής περιλαμβάνεται μέσα στην απόδοση ενός αναδόχου του σχεδίου αυτού. Στην πραγματικότητα η εναλλακτική αυτή θεωρείται ιδιαίτερα ελκυστική και χρησιμοποιείται συχνά αλλά ταυτόχρονα μπορεί να είναι πολύ αναποτελεσματική.

Ένας άλλος τρόπος που θα μπορούσε ίσως να ήταν λίγο πιο αποτελεσματικός είναι η μεταφορά ενός μέρους του κινδύνου σε ένα άλλο, εκεί όπου υπάρχει πιθανότητα οφέλους και στοχεύει στην ανακούφιση ενός άλλου μέρους του κινδύνου. Για παράδειγμα, αν μπορεί η εταιρεία να εγγυηθεί ένα δεύτερο μέρος ενάντια σε κάποιο μικρό κίνδυνο, ο οποίος προκύπτει από μια δραστηριότητα που επιθυμείτε να λάβετε, έτσι ώστε να σας παρέχει πολύ μεγαλύτερο όφελος από τον κίνδυνο του άλλου μέρους, τότε το δεύτερο μέρος μπορεί να καταργήσει την αντίρρηση που είχε στην προτεινόμενη δραστηριότητα σας.

Σε αυτό το σημείο, είναι προφανές να πούμε ότι ο ιθύνων θα θέλει πάντα να έχει καλύτερα δεδομένα, ή μεγαλύτερη βεβαιότητα σχετικά με τη μορφή του προβλήματος. Θέλει λοιπόν η κατανομή του τι θα συμβεί στο μέλλον να είναι όσο γίνεται πιο μικρή. Ωστόσο, δεν μπορεί να περιμένει επ'αόριστον για νέα, καλύτερα στοιχεία και από την πλευρά της αναλυτικής απόφασης, μπορεί να φθάσει γρήγορα στο σημείο όπου έχει καθοριστεί η καλύτερη εναλλακτική. Ενώ καμία περαιτέρω πληροφορία δεν μπορεί να κάνει μία άλλη εναλλακτική προτιμότερη, εκτός δραματικής αλλαγής της γνώσης του προβλήματος. Η έννοια αυτή είναι γνωστή ως ευαισθησία απόφασης.

## 3.3 Σχεδιασμός Διαδικασίας Ανάλυσης Κινδύνου

Προκειμένου να επιτευχθεί ο σχεδιασμός μίας διαδικασίας ανάλυσης κινδύνου πρέπει να γίνουν και να απαντηθούν τα παρακάτω ερωτήματα.

### 3.3.1 Ερωτήσεις και Κίνητρα

Σκόπός την ανάλυσης κινδύνου είναι να βοηθήσει να παρθούν καλύτερες αποφάσεις υπό καταστάσεις αβεβαιότητας παρέχοντας κάποιες επιπλέον πληροφορίες. Ο ιθύνων οφείλει να δουλέψει και να συνεργαστεί συγκεκριμένα με τον αναλυτή κινδύνου ώστε να πάρει απαντήσεις στις ερωτήσεις που τον ανησυχούν. Οι ενέργειες που πρέπει να γίνουν είναι οι παρακάτω:

***Κατατάξη των ερωτήσεων*** που χρειάζονται απάντηση ξεκινώντας από το πιο "κρίσιμο" προς το πιο "ενδιαφέρον". Συχνά ένα ενιαίο μοντέλο δεν μπορεί να απαντήσει σε όλες τις ερωτήσεις, ή πρέπει να κατασκευαστεί με έναν τέτοιο περίπλοκο τρόπο έτσι ώστε να απαντάει σε αρκετές ερωτήσεις. Επομένως, η κοινή αναγνώριση της επιπρόσθετης προσπάθειας που χρειάζεται για να δοθεί απάντηση σε κάθε ερώτηση, ακολουθώντας τη λίστα αυτή, βοηθά στο να καθοριστεί ένα οριακό σημείο, ένα σημείο αποκοπής.

***Συζήτηση με τον αναλυτή κινδύνου για την μορφή της απάντησης.*** Για παράδειγμα αν η απάντηση θα δοθεί σε μορφή ποσοστών, σε μορφή γραφημάτων κατανομής κτλ. Αυτό θα βοηθήσει τον αναλυτή κινδύνου να εξοικονομήσει χρόνο ή να καταλάβει ότι ίσως θα χρειαζόταν μια ασυνήθιστη προσέγγιση για να πάρει την απαιτούμενη ακρίβεια.

***Ανάπτυξη των επιχειρημάτων τα οποία βασίζονται ώστε να δωθούν τα αποτελέσματα (outputs).*** Πιθανόν να είναι ο πιο βασικός τομέας ανάλυσης, διότι ο ιθύνων θα μπορούσε να ζητήσει συγκεκριμένα αποτελέσματα και στη συνέχεια να τα συγκεντρώσει σε ένα επιχείρημα που είναι πιθανολογικά εσφαλμένο. Κάτι τέτοιο όμως θα μπορούσε να φέρει όλους σε αμηχανία και απογοήτευση. Είναι καλύτερα να εξηγήσει τα επιχειρήματα που θέλει να προβληθούν στον

αναλυτή ώστε και αυτός με την σειρά του να ελέγξει αν μπορεί να συμφωνήσει, δηλαδή αν αυτό είναι όντως τεχνικά σωστό πριν ξεκινήσει τη διαδικασία.

**Απόφαση για το αν η ανάλυση κινδύνου πρέπει να ακολουθήσει ένα συγκεκριμένο πλαίσιο.** Αυτό θα μπορούσε να είναι ένα τυπικό πλαίσιο, όπως μια ρυθμιστική απαίτηση ή μια πολιτική της εταιρείας, ή θα μπορούσε επίσης να είναι ένα άτυπο πλαίσιο, όπως η δημιουργία ενός χαρτοφυλαίου ανάλυσης κινδύνου που μπορεί να συγκριθεί υπό τους ίδιους όρους (για παράδειγμα, βοηθάμε μια μεγάλη χημική βιομηχανία να δημιουργήσει έναν συνδυασμό τοξικολογικής, περιβάλλοντικής κ.λπ., βάσης δεδομένων ανάλυσης κινδύνου για τις ενώσεις). Ο αναλυτής κινδύνου θα βοηθήσει να διασφαλιστεί το μέγιστο επίπεδο συμβατότητας.

**Προσδιορισμός κοινού στόχου.** Είναι δεδομένο ότι γράφονται αναφορές για όλες τις αναλύσεις κινδύνου, αλλά μερικές φορές μπορεί να υπάρχουν διάφορες εκδόσεις όπως η περίληψη, η κύρια έκθεση, καθώς και η τεχνική έκθεση με όλους τους τύπους και τους οδηγούς για τη δοκιμή. Συχνά, υπάρχουν κάποιοι οι οποίοι θέλουν να τρέξουν το μοντέλο και να αλλάξουν τις παραμέτρους, έτσι ώστε να κάνουν μία έκδοση μοντέλου που ελαχιστοποιεί τη δυνατότητα να 'χαλάσουν' τα μαθηματικά, και γράφουν έναν κωδικό ώστε να επιτρέψουν μεγαλύτερη ευελιξία.

**Συζήτηση για τυχόν εχθρικές-αρνητικές αντιδράσεις.** Τα αποτελέσματα της ανάλυσης κινδύνου δεν θα είναι πάντα αποδεκτά από τους ανθρώπους και τότε είναι που αρχίζουν να παραπονιούνται για το μοντέλο. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων συνήθως περιλαμβάνει ένα ζευγάρι ιδιαίτερα τεχνικών ατόμων με αντίθετα επιχειρήματα σχετικά με την καταλληλότητα μιας στατιστικής διαδικασίας που κανείς άλλος δεν μπορεί να καταλάβει. Η απόφαση να συμπεριληφθούν και να αποκληθούν ορισμένα σύνολα δεδομένων μπορεί επίσης να δημιουργήσει μεγάλη ένταση. Τα επιχειρήματα μπορούν να ελαχιστοποιηθούν, ή τουλάχιστον να απορριφθούν με πειστικό τρόπο. Ενδέχεται οι άνθρωποι να είναι εχθρικοί-αντίθετοι όσον αφορά την απόφαση και τότε εισέρχονται σε πρόωρη διαδικασία ανάλυσης, ή ένας εξωτερικός εμπειρογνώμονας καλείται να δώσει μια ανεξάρτητη επανεξέταση.

**Υπολογισμός ενός χρονοδιαγράμματος.** Οι ιθύνοντες έχουν κάτι σαν συνήθεια να θέτουν μη ρεαλιστικές προθεσμίες και συνήθως δεν είναι τόσο κακό όταν οι προθεσμίες αυτές δεν

τηρηθούν. Οι σύμβουλοι ασχολούνται συνεχώς με τις προθεσμίες, αλλά σημαντικό είναι να είναι κατάλληλα διαμορφωμένες έτσι ώστε η καλή ποιότητα της ανάλυσης να μπορεί να επιτευχθεί ακόμη και αν αυτό απαιτεί περισσότερο χρόνο. Ο ιθύνων πρέπει να είναι ειλικρινής σχετικά με τις προθεσμίες και να αποφασίζει αν αξίζει να αναβάλει κάποια πράγματα για λίγο χρονικό διάστημα.

***Εντοπισμός προτεραιοτήτων.*** Ο αναλυτής κινδύνου θα μπορούσε να έχει κι άλλες δουλειές που θα έπρεπε να τελειώσει αλλά αν το εν λόγω έργο είναι ίσως πιο υψηλής σημασίας τότε δικαιολογείται να 'παραμελλείσει' κάποιες άλλες υποχρεώσεις προκειμένου να βοηθήσει με την ανάλυση ή να εκπαιδεύσει τους άλλους πώς να οργανώσουν την εξοικονόμηση χρόνου για την ποιοτική λήψη δεδομένων-εισροών (inputs).

***Λήψη απόφασης σχετικά με το πόσο τακτικά θα συναντιέται ο ιθύνων με τον αναλυτή κινδύνου.*** Τα δεδομένα αλλάζουν και έτσι η ανάλυση κινδύνου μπορεί να χρειαστεί να τροποποιηθεί, κάτι που είναι ιδιαίτερα σημαντικό να εντοπιστεί πολύ γρήγορα.

[13]

## 4.1 Διαχείριση των Χρηματοοικονομικών Κινδύνων (Financial Risk Management)

*Measuring risk is essentially a passive activity. Managing risks is a proactive process, where, in dynamic markets, people are actively seeking to change their positions so that their institution has the risk profile they want it to have.*

**PATRICK BRAZEL, Managing Director, Sun Guard Capital Markets**

*Risk, January 1996*

*Μετάφραση: Η μέτρηση του κινδύνου είναι ουσιαστικά μια παθητική δραστηριότητα. Η διαχείριση κινδύνων όμως είναι μια δυναμική διαδικασία, όπου, σε δυναμικές αγορές, οι άνθρωποι αναζητούν ενεργά να αλλάξουν τις θέσεις τους, ώστε ο θεσμικός φορέας να έχει το προφίλ κινδύνου που επιθυμούν να έχει.*

### 4.1.1 Το Πρώτο Βήμα στη Διαχείριση του Κινδύνου

Η αύξηση της χρήσης των παραγώγων (derivatives), που θα αναληθούν παρακάτω, για τη διαχείριση του κινδύνου δεν συνέβησε μόνο και μόνο επειδή οι άνθρωποι γοητεύτηκαν από αυτά. Στην πραγματικότητα, υπήρχε πάντα μια μεγάλη καχυποψία, δυσπιστία για τα παράγωγα. Τελικά όμως, οι επιχειρήσεις άρχισαν να συνειδητοποιούν ότι τα παράγωγα ήταν το καλύτερο εργαλείο για την αντιγραφή των αγορών που είχαν γίνει όλο και πιο ασταθείς κατά τη διάρκεια των ετών.

Ορισμένες επιχειρήσεις είχαν ξεκινήσει να ασκούν τη διαχείριση του κινδύνου, διότι ορισμένες άλλες επιχειρήσεις απέτυχαν να το καταφέρουν και έτσι επιβαρύνθηκαν με επώδυνες και ενοχλητικές απώλειες.

Ένας άλλος παράγοντας που συνέβαλλε στην αύξηση της χρήσης των παραγώγων ήταν η ραγδαία αύξηση στον τομέα της τεχνολογίας των πληροφοριών που κατέστησε δυνατόν να γίνονται



γρήγορα οι πολυάριθμοι και πολύπλοκοι υπολογισμοί που είναι απαραίτητοι για τις τιμές των παραγώγων και σε χαμηλό κόστος και για να παρακολουθούνται οι θέσεις που λαμβάνονται. [17]

#### 4.1.2 Τα Οφέλη της Διαχείρισης Κινδύνου

Οι περισσότερες επιχειρήσεις μπορούν να εξασκήσουν τη διαχείριση κινδύνου πιο αποτελεσματικά και με χαμηλότερο κόστος από τους μετόχους. Το μέγεθος τους καθώς και η επένδυση στο πληροφοριακό σύστημα δίνει στις επιχειρήσεις ένα πλεονέκτημα έναντι των μετόχων.

Οι επιχειρήσεις οι οποίες βρίσκονται σε μια σχεδόν χρεοκοπημένη κατάσταση θα διαπιστώσουν ότι έχουν μικρό κίνητρο να εφεύρουν φαινομενικά ελκυστικά προγράμματα που θα βοηθήσουν απλώς τους πιστωτές τους, αυξάνοντας την πιθανότητα η εταιρεία να μπορέσει να εξοφλήσει τα χρέη της. Η διαχείριση του κινδύνου μπορεί να βοηθήσει να αποφύγει η επιχείρηση να εμπλακεί σε καταστάσεις σαν και αυτή και ως εκ τούτου αυξάνει την πιθανότητα οι επιχειρήσεις να μπορούν να επενδύουν πάντα σε ελκυστικά και αποτελεσματικά προγράμματα, τα οποία είναι καλά τόσο για εκείνες όσο και για την κοινωνία στο σύνολο της.

Όταν μια επιχείρηση μπαίνει σε μια συγκεκριμένη γραμμή επιχείρησης, δέχεται εν γνώση της τους κινδύνους. Οι αεροπορικές εταιρείες, για παράδειγμα, αποδέχονται τους κινδύνους του ανταγωνισμού στην αγορά όσον αφορά τη μεταφορά ανθρώπων από το ένα μέρος στο άλλο. Ο κίνδυνος που σχετίζεται με τις ευμετάβλητες τιμές του πετρελαίου είναι ένα εντελώς διαφορετικό είδος κινδύνου, που συχνά προτιμούν να ξεφορτωθούν. Ως εκ τούτου, πολλές αεροπορικές εταιρείες αντισταθμίζουν τις τιμές του πετρελαίου κάτι που τους επιτρέπει να επικεντρωθούν στη κύρια γραμμή της δραστηριότητάς τους.

Ορισμένες επιχειρήσεις χρησιμοποιούν τη διαχείριση κινδύνων ως δικαιολογία για να κερδοσκοπούν σε περιοχές όπου έχουν λιγότερη εμπειρία από ό, τι νομίζουν. Ενώ άλλες εταιρίες χρησιμοποιούν τη διαχείριση του κινδύνου, επειδή πιστεύουν ότι οι ευκαιρίες κερδοσκοπίας **arbitrage** είναι πιθανές.[17]

## 4.2 Η Αξία σε Κίνδυνο (Value at Risk - VAR)

Η έννοια αξία σε κίνδυνο (VAR) έχει τις ρίζες της στις οικονομικές καταστροφές από τις αρχές της δεκατίας του 1990. Στις καταστροφές αυτές χάθηκαν εκατομμύρια νομισματικές μονάδες λόγω κακής εποπτείας και διαχείρισης των χρηματοοικονομικών κινδύνων.

Η αξία σε κίνδυνο είναι μία μέθοδος για την εκτίμηση του κινδύνου που χρησιμοποιεί πρότυπα στατιστικών τεχνικών. Επίσημα το VAR μετρά την χειρότερη αναμενόμενη ζημία εντός δεδομένου χρονικού ορίζοντα υπό κανονικές συνθήκες της αγοράς σε ένα επίσης δεδομένο επίπεδο εμπιστοσύνης. Ουσιαστικά παρέχει στους χρήστες μια σύνοψη της μέτρησης του κινδύνου αγοράς. Για παράδειγμα, μία τράπεζα θα μπορούσε να πεί ότι η καθημερινή αξία σε κίνδυνο του χαρτοφυλακίου είναι 35 εκατομμύρια νομισματικές μονάδες σε επίπεδο εμπιστοσύνης 99%. Με άλλα λόγια, υπάρχει μόνο 1% πιθανότητα, υπό κανονικές συνθήκες της αγοράς, να υπάρξει απώλεια άνω των 35 εκ. Αυτός ο μοναδικός αριθμός συνοψίζει την θέση της τράπεζας στον κίνδυνο της αγοράς καθώς και την πιθανότητα μιας ανεπιθύμητης κίνησης. Εξίσου σημαντικό, μετρά τον κίνδυνο χρησιμοποιώντας τις ίδιες μονάδες όπως η κατώτατη γραμμή της τράπεζας. Οι μέτοχοι και οι διαχειριστές μπορούν στη συνέχεια να αποφασίσουν αν αισθάνονται άνετα με αυτό το επίπεδο του κινδύνου. Εάν η απάντηση είναι αρνητική, τότε η διαδικασία που οδήγησε στον υπολογισμό της τιμής της αξίας σε κίνδυνο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αποφασίσει που να ισορροπήσει τον κίνδυνο.

Σε αντίθεση με τα παραδοσιακά μέτρα διαχείρισης κινδύνων, η αξία σε κίνδυνο παρέχει μια συνολική άποψη του κινδύνου ενός χαρτοφυλακίου. Ως εκ τούτου, είναι ένα εξαιρετικά προνοητικό μέτρο κινδύνου. Η αξία σε κίνδυνο (VAR) ωστόσο δεν ισχύει μόνο για τα παράγωγα(derivatives) αλλά για όλα τα χρηματοπιστωτικά μέσα. Επιπλέον η μεθοδολογία μπορεί επίσης να διευρυνθεί απο τον κίνδυνο αγοράς σε άλλους τύπους χρηματοοικονομικών κινδύνων.

Η χρήση του VAR έχει επιφέρει σύγκλιση παραγόντων. Αυτό περιλαμβάνει αρχικά την πίεση από τις ρυθμιστικές αρχές για τον καλύτερο έλεγχο των χρηματοοικονομικών κινδύνων. Δεύτερον, την παγκοσμιοποίηση των χρηματοοικονομικών αγορών, η οποία έχει οδηγήσει στην έκθεση περισσότερων πηγών κινδύνου και τρίτον τις τεχνολογικές εξελίξεις, οι οποίες έχουν κάνει

ολόκληρη την επιχείρηση διαχείρισης κινδύνου μία όχι και τόσο μακρινή πραγματικότητα. [16]

Επομένως η αξία σε κίνδυνο (VAR) είναι μια προσπάθεια για την παροχή ενός μοναδικού αριθμού που συνοψίζει το σύνολο του κινδύνου σε ένα χαρτοφυλάκιο χρηματοοικονομικών στοιχείων για τα ανώτερα διοικητικά στελέχη. Έχει γίνει ευρέως χρησιμοποιούμενο από τα εταιρικά ταμεία, τα διαχειρίσιμα κεφάλαια καθώς και από τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα. Χρησιμοποιείται επίσης από τους ρυθμιστές της Κεντρικής Τράπεζας για τον καθορισμό του κεφαλαίου μιας και κάθε τράπεζα οφείλει να αντικατοπτρίζει τους κινδύνους αγοράς που φέρει.[15]

Στατιστικά ζητήματα της μεθόδου είναι:

- **volatility**- η μεταβλητότητα των τιμών
- **correlation**- η συσχέτιση που δείχνει τον τρόπο με τον οποίο κινείται ένα ομόλογο συγκριτικά με την τιμή ενός άλλου ομολόγου. Το  $-1$  δείχνει την καλύτερη συσχέτιση που σημαίνει ότι όταν ανεβαίνει η τιμή ενός ομολόγου του χαρτοφυλακίου τότε πέφτει η τιμή ενός άλλου ομολόγου, γεγονός που περιορίζει τους κινδύνους. Ενώ το  $+1$  σημαίνει ότι και τα δύο ομόλογα κινούνται παράλληλα ενώ για παράδειγμα το  $-0,4$  σημαίνει ότι όταν η τιμή του ενός αυξηθεί κατά 40% του άλλου θα μειωθεί σε σχέση με το πρώτο κατά 40%
- **normality**- η κανονικότητα, είναι υποχρεωτικό λοιπόν οι αποδόσεις των επενδύμενων περιουσιακών στοιχείων να ακολουθούν κανονική κατανομή πιθανότητας (normal distribution).

[18]

Ένα μειονέκτημα της μεθόδου αυτής θα μπορούσε να θεωρηθεί το γεγονός ότι ενώ μπορεί να προβλέψει την ανώτατη δυνατή ζημία, δεν μπορεί να προσδιορίσει με ποσοτική ακρίβεια τις περιπτώσεις των ακραίων αλλαγών των τιμών. Σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιείται μία άλλη μέθοδος που λέγεται **stress testing**. [18]

### **Stress testing**

Το stress testing είναι δυνατόν να περιγραφεί ως μια διαδικασία που μπορεί να προσδιορίσει

και να διαχειριστεί καταστάσεις οι οποίες θα μπορούσαν να προκαλέσουν ανεπανόρθωτες ζημιές - απώλειες σε μία επιχείρηση. Αυτή η διαδικασία μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση μιας σειράς από εργαλεία όπως η ανάλυση σεναρίων, τα μοντέλα μεταβλητότητας και συσχέτισης και τέλος μέσω των μέτρων πολιτικής της εταιρίας.

#### **4.2.1 Το Μέτρο της Αξίας σε Κίνδυνο (VAR)-Value at Risk Measure**

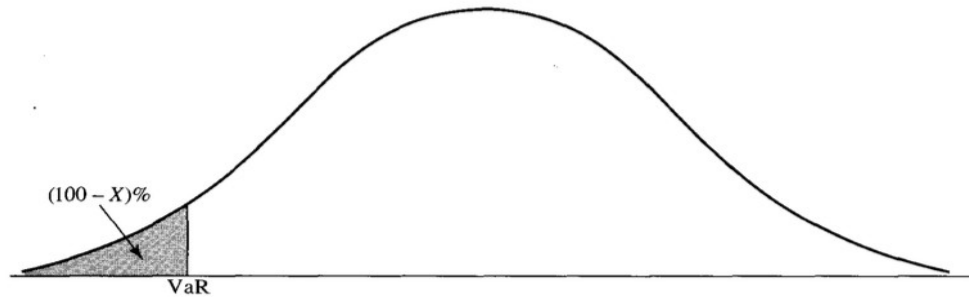
Όταν χρησιμοποιείται το μέτρο VAR, ο διαχειριστής ο οποίος είναι υπεύθυνος για ένα χαρτοφυλάκιο χρηματοοικονομικών μέσων ενδιαφέρεται να θέσει μία κατάσταση όπως η παρακάτω:

*" Είμαστε X τοις εκατό σίγουροι ότι δεν θα χάσουμε περισσότερες από V νομισματικές μονάδες τις επόμενες N μέρες."*

όπου V είναι η αξία σε κίνδυνο (VAR) του χαρτοφυλακίου και είναι μία συνάρτηση δύο παραμέτρων (N και X όπου N ο χρονικός ορίζοντας και X το επίπεδο εμπιστοσύνης). Είναι το επίπεδο απώλειας άνω των N ημερών όπου ο διαχειριστής είναι X% σίγουρος ότι δεν θα πρέπει να ξεπεράσει.

Για παράδειγμα, κατά τον υπολογισμό των τραπεζικών κεφαλαίων για τον κίνδυνο αγοράς, οι ρυθμιστικές αρχές χρησιμοποιούν  $N = 10$  και  $X = 99$ . Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι θα επικεντρωθούν στο επίπεδο απώλειας κατά τη διάρκεια της περιόδου των 10 ημερών που αναμένεται να ξεπεράσει μόνο το 1% του χρόνου. Το κεφάλαιο απαιτεί από την τράπεζα να κρατήσει τουλάχιστον τρεις φορές αυτό το μέτρο VAR.

Σε γενικές γραμμές, όταν οι N ημέρες είναι ο χρονικός ορίζοντας και X% είναι το επίπεδο εμπιστοσύνης, το μέτρο VAR είναι η απώλεια που αντιστοιχεί στο  $(100-X)$  επί τοις εκατό της κατανομής της μεταβολής της αξίας του χαρτοφυλακίου κατά τις επόμενες N ημέρες .



*Εικόνα 9: Υπολογισμός του VAR από την πιθανότητα κατανομής των αλλαγών στην αξία του χαρτοφυλακίου.*

*Το επίπεδο εμπιστοσύνης είναι  $X\%$*

Το μέτρο VAR είναι ένα ελκυστικό μέσο καθώς είναι εύκολο να κατανοηθεί. Ολοι οι διαχειριστές επιθυμούν να πάρουν απάντηση στο εξής ερώτημα: " Πόσο άσχημα μπορούν να γίνουν τα πράγματα; ". Η απάντηση σε αυτό το ερώτημα δίνεται από το εξαρτημένο μέσο του VAR (Conditional VAR ή C-VAR). Δηλαδή όπου το VAR θέτει την προηγούμενη ερώτηση, το Conditional VAR ρωτάει: " Εάν τα πράγματα όντως εξελιχθούν άσχημα, τότε ποια θα είναι η αναμενόμενη απώλεια; ". Το C-VAR είναι η αναμενόμενη απώλεια κατα τη διάρκεια της περιόδου των  $N$  ημερών υπό τον περιορισμό ότι βρισκόμαστε στην αριστερή ουρά της κατανομής. [15]

#### **4.2.2 Historical Method**

Η ιστορική μέθοδος είναι ένας δημοφιλής τρόπος εκτίμησης της VAR. Εκτιμά την κατανομή της απόδοσης του χαρτοφυλακίου συλλέγοντας δεδομένα από την παλιά απόδοση του και με τη χρήση της εκτιμάται η μελλοντική πιθανότητα κατανομής. Προφανώς, προϋποθέτει ότι η προηγούμενη κατανομή είναι μια καλή εκτίμηση της μελλοντικής κατανομής.

Η ορθότητα της ιστορικής μεθόδου εξαρτάται από το αν το χαρτοφυλάκιο της επιχείρησης που πραγματοποιήθηκε την περίοδο κατά την οποία γίνεται η δειγματοληψία είναι το ίδιο με αυτό που κατέχει σήμερα. Μιας και η σύνθεση του χαρτοφυλακίου αλλάζει συχνά, είναι δύσκολο να εφαρμοστεί αυτή η μέθοδος. Επίσης είναι απαραίτητο να έχει ένα μεγάλο αριθμό δεδομένων, που

σημαίνει ότι θα έπρεπε να συλλέγει τα δεδομένα για μεγάλο χρονικό διάστημα. Επομένως, αυξάνεται η πιθανότητα η σύνθεση του χαρτοφυλακίου κατά τη διάρκεια της περιόδου της δειγματοληψίας να είναι αρκετά διαφορετική από την τρέχουσα σύνθεση της.

### 4.2.3 Monte Carlo Simulation

Αυτή η μέθοδος περιλαμβάνει τη τυχαία δειγματοληψία για κάθε πιθανότητα κατανομής στο μοντέλο ώστε να παράγει εκατοντάδες ή ακόμη και χιλιάδες διαφορετικά σενάρια. Κάθε πιθανότητα κατανομής υφίσταται δειγματοληψία με τέτοιο τρόπο ώστε να παραχθεί το σχήμα της κατανομής. Κατα συνέπεια, οι τιμές των κατανομών υπολογισμένες για το αποτέλεσμα του μοντέλου αντικατοπτρίζει την πιθανότητα των τιμών που θα μπορούσαν να προκύψουν. Σε αντίθεση με άλλες μεθόδους η προσομοίωση Monte Carlo προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα όπως:

- Οι κατανομές των μεταβλητών του μοντέλου δεν είναι υποχρεωτικό να προσεγγιστούν με οποιονδήποτε τρόπο.
- Η συσχέτιση και οι αλληλεξαρτήσεις μπορούν να μοντελοποιηθούν.
- Το επίπεδο των μαθηματικών που απαιτούνται για την εκτέλεση μιας προσομοίωσης Monte Carlo είναι πολύ απλό.
- Ο υπολογιστής κάνει όλη τη δουλειά που απαιτείται για τον προσδιορισμό της κατανομής του αποτελέσματος.
- Το λογισμικό είναι διαθέσιμο στο εμπόριο για την αυτοματοποίηση των καθηκόντων που συμμετέχουν στην προσομοίωση.
- Πολύπλοκα μαθηματικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν (π.χ. δυναμικές συναρτήσεις, λογάριθμοι, καταστάσεις if κλπ) χωρίς καμία επιπλέον δυσκολία.

Η προσομοίωση Monte Carlo είναι ευρέως αναγνωρισμένη ως έγκυρη τεχνική, έτσι ώστε τα αποτελέσματά της να είναι πιο πιθανόν να γίνουν δεκτά. Η προσομοίωση αυτή θεωρείται συχνά από κάποιους ότι είναι μία προσεγγιστική προσομοίωση. Παρόλα αυτά, θεωρητικά τουλάχιστον, οποιοδήποτε απαιτούμενο επίπεδο ακριβείας ζητηθεί μπορεί να επιτευχθεί με την απλή αύξηση των

επαναλήψεων σε μία προσομοίωση. [13]

## 4.3 Τύποι χρηματοοικονομικών κινδύνων

Το VAR δημιουργήθηκε αρχικά για να αντιμετωπίζει μία πτυχή χρηματοοικονομικού κινδύνου, κινδύνου αγοράς. Είναι παρόλα αυτά κοινώς αναγνωρισμένο ότι υπάρχουν κι άλλες πτυχές χρηματοοικονομικού κινδύνου. Γενικά οι κίνδυνοι αυτοί χωρίζονται ως εξής: κίνδυνο αγοράς, κίνδυνο ρευστότητας, πιστωτικό κίνδυνο, επιχειρησιακό κίνδυνο και κάποιες φορές νομικό κίνδυνο, οι οποίοι θα αναλυθούν παρακάτω.

### 4.3.1 Κίνδυνος Αγοράς (Market Risk)

Ο κίνδυνος αγοράς προκύπτει από τις κινήσεις στο επίπεδο ή στη μεταβλητότητα των τιμών της αγοράς και μπορεί να πάρει δύο μορφές, τον *απόλυτο κίνδυνο* ο οποίος μετράται στο αντίστοιχο νόμισμα και τον *σχετικό κίνδυνο* που μετράται ως προς το δείκτη αναφοράς.

Ο κίνδυνος αγοράς μπορεί να χωριστεί σε κατευθυντικούς και μή κατευθυντικούς κινδύνους (directional and nondirectional risks). Οι directional risks περιλαμβάνουν ανοίγματα (exposures) προς τις κατευθύνσεις των κινήσεων στις χρηματοοικονομικές μεταβλητές, όπως οι τιμές των μετοχών, τα επιτόκια, οι συναλλαγματικές ισοτημίες καθώς και οι τιμές των βασικών εμπορευμάτων. Τα ανοίγματα (exposures) αυτά μετρώνται με γραμμικές προσεγγίσεις για παράδειγμα η βήτα για το άνοιγμα στις διακυμάνσεις των χρηματιστηρίων.

Οι non directional risks περιλαμβάνουν άλλους κινδύνους, που αποτελούνται από τα γραμμικά ανοίγματα και ανοίγματα σε αντισταθμιζόμενες θέσεις ή σε μεταβλητότητες. Τα δεύτερης τάξης ή τετραγωνικά ανοίγματα μετρούνται με βάση τη κυρτότητα όταν ασχολούνται με επιτόκια και με γάμμα κατανομή όταν ασχολούνται με τα δικαιώματα προαίρεσης. Ο βασικός κίνδυνος δημιουργήθηκε από απρόβλεπτες κινήσεις των σχετικών τιμών των περιουσιακών στοιχείων σε μία αντισταθμισμένη θέση, όπως τα μετρητά, τα συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης

ή οι αποκλίσεις των επιτοκίων. Τέλος, ο κίνδυνος μεταβλητότητας μετρά τον κίνδυνο έκθεσης σε διακυμάνσεις στην πραγματική ή τεκμαρτή μεταβλητότητα.

### **4.3.2 Πιστωτικός Κίνδυνος (Credit Risk)**

Σε πιστωτικό κίνδυνο μπορούν να οδηγήσουν ενέργειες όπως αθετήσεις υποχρεώσεων από τους δανειολήπτες, οι αντισυμβαλλόμενοι στις συναλλαγές παραγώγων. Ως αποτέλεσμα, τα περισσότερα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα διαθέτουν σημαντικούς πόρους για τη μέτρηση και τη διαχείριση του πιστωτικού κινδύνου. Οι ρυθμιστικές αρχές απαιτούν από τις τράπεζες να διατηρούν τα κεφάλαια τους για να αντανakλούν τους πιστωτικούς κινδύνους που φέρουν. [15]

Ο πιστωτικός κίνδυνος πηγάζει από το γεγονός ότι οι συμβαλλόμενοι μπορούν να είναι απρόθυμοι ή ανίκανοι να εκπληρώσουν τις συμβατικές τους υποχρεώσεις. Η ισχύς του μετριέται από το κόστος της αντικατάστασης των ταμειακών ροών, αν τα άλλα συμβαλλόμενα μέρη αθετήσουν τις υποχρεώσεις τους. Αυτή η απώλεια περιλαμβάνει το ποσό του κινδύνου, καθώς και το ποσοστό ανάκτησης, το οποίο είναι το ποσοστό το οποίο επιστρέφεται στο δανειστή και μετριέται σε νομισματικούς όρους.

### **4.3.3 Κίνδυνος Ρευστότητας (Liquidity Risk)**

Ο κίνδυνος ρευστότητας είναι ο κίνδυνος ότι μια επιχείρηση θα πρέπει να συνάψει μια συναλλαγή παραγώγων και να βρεί ότι η αγορά για την εν λόγω συναλλαγή είναι τόσο λεπτή που η τιμή δεν είναι ελκυστική. Κάτι τέτοιο θα πρέπει να προκύπτει από τις μεγάλες διαφορές μεταξύ προσφοράς και ζήτησης και από τους λιγιστούς πρόθυμους εμπόρους να κάνουν μια αγορά. Όσο πιο πολύπλοκη και εξωτική είναι η συναλλαγή, τόσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός του κινδύνου ρευστότητας. Παρόλα αυτά τα περισσότερα απλά swaps καθώς και δικαιώματα προαίρεσης που αναφέρονται παρακάτω, θα έχουν μικρό κίνδυνο ρευστότητας.[16]



#### 4.3.3.1 Κίνδυνος Ρευστότητας Περιουσιακού Στοιχείου

Πολλές φορές εκτός από τον όρο κίνδυνος ρευστότητας περιουσιακού στοιχείου μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίσης ο όρος κίνδυνος ρευστότητας αγοράς ή προϊόντος. Ο κίνδυνος αυτός αυξάνεται όταν μία συναλλαγή δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί στις τιμές της επικρατούσας αγοράς λόγω του μεγέθους της θέσης ως προς την συναλλαγή.

Η ρευστότητα μπορεί να μετρηθεί μέσω μίας ποσοτικής συνάρτησης κάτι το οποίο είναι γνωστό ως η επίδραση των επιπτώσεων της αγοράς (**market impact effect**). Τα υψηλής ρευστότητας περιουσιακά στοιχεία χαρακτηρίζονται ως **deep markets** όπου οι θέσεις μπορούν να αντισταθμιστούν με πολύ μικρό αντίκτυπο στην τιμή. Ενώ **thin markets** ονομάζονται εκείνες όπου οποιαδήποτε συναλλαγή μπορεί να επηρεάσει γρήγορα τις τιμές [16]

#### 4.3.3.2 Κίνδυνος Αναχρηματοδότησης της Ρευστότητας - Funding Liquidity Risk

Ο κίνδυνος ρευστότητας αναχρηματοδότησης ή αλλιώς ταμειακών ροών αναφέρεται στην αδυναμία να ανταποκριθεί στις υποχρεώσεις πληρωμής όταν ο οργανισμός ξεμένει από μετρητά και ταυτόχρονα δεν είναι σε θέση να συγκεντρώσει πρόσθετα κεφάλαια. Επομένως, συχνά αναγκάζει την ανεπιθύμητη ρευστοποίηση του χαρτοφυλακίου. Αυτό το είδος κινδύνου πρέπει να αναλυθεί στο πλαίσιο της δομής των περιουσιακών στοιχείων και των υποχρεώσεων του οργανισμού.

Απο την πλευρά των περιουσιακών στοιχείων, το ενδεχόμενο για ζήτηση ταμειακών αποθεμάτων εξαρτάται από τις προϋποθέσεις του περιθωρίου διαφορών αποτίμησης λόγω της καθημερινής αποτίμησης. Από την ασυμφωνία στον χρονοδιάγραμμα της καταβολής των ασφαλειών καθώς και από τις αλλαγές στις απαιτήσεις παροχής ασφαλείας, λόγω των αιτημάτων από τους δανειστές να αυξήσουν το απαιτούμενο ποσό εγγύησης. [16]

#### 4.3.3.3 Αντιμετώπιση του Κινδύνου Ρευστότητας Περιουσιακών Στοιχείων

Οι αποδόσεις των συναλλαγών συνήθως μετρώνται από τις μέσες αγοραίες τιμές. Κάτι το οποίο μπορεί να θεωρηθεί αρκετό για την μέτρηση του ημερήσιου κέρδους και της ημερήσιας ζημίας -profit and loss (P&L) αλλά δεν μπορεί να αντιπροσωπεύσει την ουσιαστική μείωση της αξίας ενός μεγάλου χαρτοφυλακίου το οποίο επρόκειτο να ρευστοποιηθεί. Ο κίνδυνος ρευστότητας μπορεί να υπολογιστεί αόριστα σε μέτρα VAR, εξασφαλίζοντας ότι ο ορίζοντας είναι τουλάχιστον μεγαλύτερος από μία ομαλή περίοδο ρευστοποίησης. Ο ίδιος ορίζοντας σε γεννικές γραμμές, χρησιμοποιείται ανεξαρτήτως από το πόσο ρευστό είναι και θεωρείται ένα περιουσιακό στοιχείο. Μερικές φορές μεγαλύτερες χρονικές περιόδους ρευστοποίησης για ορισμένα περιουσιακά στοιχεία λαμβάνονται υπόψη μέσω της τεχνικής αύξησης της μεταβλητότητας. [16]

### *Διαφορά τιμής πώλησης-αγοράς*

Είναι αρκετά εύκολο να μετρηθεί η επικρατούσα διαφορά τιμής πώλησης και αγοράς (bid and ask) που ορίζεται με σχετικούς όρους ως εξής:

$$S = \frac{P(ask) - P(bid)}{P(mid)}$$

*Τα έξοδα της επεξεργασίας των παραγγελιών καλύπτουν το κόστος της παροχής υπηρεσιών ρευστότητας και αντικατοπτρίζουν το κόστος των συναλλαγών, τον όγκο αυτών καθώς και την κατάσταση της τεχνολογίας και του ανταγωνισμού. Κρατώντας το λειτουργικό κόστος σταθερό, οι εν λόγω δαπάνες της επεξεργασίας παραγγελιών θα έπρεπε να μειώνονται σύμφωνα με το κόστος των συναλλαγών.*

*Το ασύμμετρο κόστος πληροφοριών αντικατοπτρίζει το γεγονός ότι ορισμένες παραγγελίες είναι πιθανόν να προέρχονται από συνειδητούς εμπόρους, εις βάρος ειδικών διαπραγματεύσεων, οι οποίοι μπορούν με κάποιον τρόπο να προστατευθούν από την αυξανόμενη διαφορά (spread). Τέλος, το λογιστικό κόστος απογραφής οφείλεται στο κόστος της διατήρησης ανοικτών θέσεων το οποίο αυξάνεται με την υψηλότερη μεταβλητότητα τιμών στα υψηλότερα επιτόκια τα οποία μεταφέρουν κόστος καθώς και στη μείωση της συναλλακτικής δραστηριότητας επί του κύκλου εργασιών. [16]*

Εάν η διαφορά ήταν σταθερή, τότε θα ήταν εφικτό κανείς να κατασκευάσει ένα προσαρμοσμένο VAR ρευστότητας (**liquidity adjusted VAR ή LVAR**) από το γνωστό VAR προσθέτοντας απλώς ένα όρο:

$$LVAR = VAR + L_1 = (W \alpha \sigma) + \frac{1}{2}(WS)$$

όπου W ο αρχικός πλούτος ή η αξία του χαρτοφυλακίου ενώ α είναι το επίπεδο εμπιστοσύνης και σ η καθημερινή μεταβλητότητα.

**Παραδείγμα:** έστω ότι επενδύθηκε 1 εκατ € σε μία τυπική μετοχή, με μία καθημερινή μεταβλητότητα  $\sigma = 1\%$  και διαφορά (spread) του  $S = 0.25\%$ , τότε το μίας ημέρας LVAR σε 95% ποσοστό εμπιστοσύνης θα είναι :

$$LVAR = (1 \text{ εκατ } €)(1.625)(0.01) + \frac{1}{2}(1 \text{ εκατ } €)(0.0025) = 16.450 \text{ €} + 1250 \text{ €} = 17.700 \text{ €}$$

#### 4.3.4 Λειτουργικός Κίνδυνος (Operational Risk)

Ο λειτουργικός κίνδυνος είναι συχνά έμμεσα υπεύθυνος για τις αποτυχίες χρηματοπιστωτικών οργανισμών και για αυτόν τον λόγο θεωρείται ίσως η πιο επιβλαβής μορφή κινδύνου. Ωστόσο, η αναγνώριση αυτής της μορφής είναι σχετικά καινούρια. Με την πάροδο του χρόνου οι οργανισμοί αλλάζουν τον τρόπο με τον οποίο λειτουργούσαν. Είχαν επικεντρωθεί λοιπόν, σε ένα υποσύνολο του λειτουργικού κινδύνου, το οποίο περιλάμβανε την επεξεργασία των συναλλαγών, αγνοώντας ταυτόχρονα άλλες πτυχές του επιχειρησιακού κινδύνου οι οποίες πιθανών να ήταν ιδιαίτερα σημαντικές. [16]

Η βιομηχανία με την σειρά της, έχει την δυνατότητα πλέον να μετρήσει τους επιχειρησιακούς κινδύνους με τη χρήση ορισμένων εργαλείων τα οποία δανείστηκε από τον

ασφαλιστικό κλάδο αλλά και να διαχειρηστεί τους κινδύνους αυτούς με εργαλεία που χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση του κινδύνου αγοράς. Αφού προσδιοριστεί ποσοτικά ο κίνδυνος τότε είναι δυνατόν να γίνουν έλεγχοι και κεφαλαιακές απαιτήσεις πάνω σε αυτόν με βάση τις τεχνικές της αξίας του κινδύνου (VAR). [16]

Για παράδειγμα, η αυξημένη έμφαση στην διαχείριση του λειτουργικού κινδύνου θα μπορούσε να δώσει κάποια άνεση στους ανωτέρους, στους υπεύθυνους καθώς και στους επενδυτές ότι ο κίνδυνος παρακολουθείται συστηματικά. Αυτή η αυξημένη επιτήρηση του λειτουργικού κινδύνου έχει και αυτή κεντρίσει το ενδιαφέρον των τραπεζικών ρυθμιστικών αρχών οι οποίες άρχισαν να σκέφτονται νέες κεφαλαιακές επιβαρύνσεις ως ένα επιπλέον κίνητρο για τον έλεγχο των κινδύνων αυτών. [16]

#### **4.3.4.1 Σημαντικότητα του Λειτουργικού Κινδύνου**

Ο κίνδυνος αυτός, περιλαμβάνει τις λειτουργικές βλάβες του προγραμμάτος παραγωγών ή στο σύστημα διαχείρισης κινδύνων. Τέτοια γεγονότα όπως διακοπές ρεύματος, προβλήματα που παρουσιάζονται στους υπολογιστές (ιοί, ελλωτάματα λογισμικού), η αποτυχία της σωστής παρακολούθησης και καταγραφής των συναλλαγών από το προσωπικό καθώς και η αδυναμία διάθεσης των απαραίτητων γνώσεων του προσωπικού όσον αφορά τις δυνητικά πολύπλοκες συναλλαγές.[17]

Η αποτελεσματικότητα των κατάλληλων ελέγχων είναι πιθανόν το πιο σημαντικό κομμάτι του λειτουργικού κινδύνου. Έστω ένας συγκεκριμένος αριθμός ατόμων οι οποίοι είναι υπεύθυνοι να συμμετέχουν στις συναλλαγές παραγωγών, τότε είναι επιτακτική ανάγκη οι δραστηριότητες τους να είναι ελεγχόμενες από το προσωπικό που είναι υψηλότερης βαθμίδας από αυτούς. Ο οποιοσδήποτε εξουσιοδοτημένος για τις συναλλαγές οφείλει να περιοριστεί στο ποιες συναλλαγές αλλά και πόσο το εν λόγω πρόσωπο μπορεί να κάνει την κατάλληλη συναλλαγή. Οι έλεγχοι πρέπει να μπορούν να βεβαιωθούν ότι αυτές οι πολιτικές τηρούνται. Είναι προφανές ότι ορισμένες εταιρείες δεν έχουν δουλέψει σωστά ώστε να διασφαλιστούν οι καθιερωμένες πολιτικές και διαδικασίες που ακολουθούνται στην πραγματικότητα. [17]

### 4.3.5 Νομικός Κίνδυνος (Legal Risk)

Ο νομικός κίνδυνος προκύπτει όταν μία συναλλαγή αποδεικνύεται ανεφάρμοστη στον νόμο. Ο νομικός κίνδυνος είναι συχνά συνδεδεμένος με τον πιστωτικό κίνδυνο δεδομένου ότι οι αντισυμβαλλόμενοι που χάνουν σε μία συναλλαγή μπορούν να προσπαθήσουν να βρουν νομικούς λόγους για να την ακυρώσουν. Επίσης μπορούν να πάρουν την μορφή εκκρεμοδικιών (δικαστικών αγωγών) από τους μετόχους κατά των εταιρειών που υποφέρουν από μεγάλες απώλειες. Οι νομικοί κίνδυνοι ελέγχονται μέσω των πολιτικών που αναπτύχθηκαν από τον νομικό σύμβουλο του ιδρύματος σε συνεννόηση με τους διαχειριστές κινδύνων και τα ανώτερα διοικητικά στελέχη. Το ίδρυμα θα πρέπει να βεβαιωθεί ότι μπορεί να επιβληθεί συμφωνίες με αντισυμβαλλόμενους πριν από την ολοκλήρωση οποιασδήποτε συμφωνίας. [16]

## 5.1 Παράγωγα (Derivatives)

Οι αγορές παραγώγων είναι αγορές για συμβατικά μέσα των οποίων η επίδοση καθορίζεται από το πώς εκτελείται ένα άλλο μέσο ή στοιχείο. Αναφερόμαστε στα παράγωγα ως συμβόλαια και επομένως όπως όλα τα συμβόλαια έτσι και τα παράγωγα είναι συμφωνίες μεταξύ δύο μερών (του πωλητή και του αγοραστή) στις οποίες κάθε συμβαλλόμενο μέρος κάνει κάτι για το άλλο. Αυτά τα συμβόλαια έχουν τιμές και οι αγοραστές προσπαθούν να αγοράσουν όσο το δυνατόν πιο φθηνά όσο οι πωλητές προσπαθούν να πουλήσουν όσο πιο ακριβά γίνεται.[17] Ένα τέτοιο συμβόλαιο καθορίζει ένα πλασματικό ποσό, που ορίζεται από την άποψη του νομίσματος, των μετοχών ή κάποιων άλλων μονάδων. [16]

Το πιο απλό παράδειγμα ενός παραγώγου είναι ένα προθεσμιακό συμβόλαιο σε ξένο συνάλλαγμα το οποίο είναι μία υπόσχεση να αγοράσει ένα σταθερό (πλασματικό) ποσό, σε καθορισμένη τιμή σε κάποια μελλοντική ημερομηνία. Σε γενικές γραμμές, η σύμβαση θα έχει αρχική τιμή μηδέν, αλλά μπορεί να αποφέρει κέρδη ή ζημιές όσο η συναλλαγματική ισοτιμία (υποκείμενο μέσο) εξελίσσεται με την πάροδο του χρόνου.[16]

Αυτό το παράγωγο είναι οικονομικά ισοδύναμο με μία θέση αγοράς σε μετρητά, επενδύόμενο σε ξένο συνάλλαγμα και χρηματοδοτούμενο από εγχώριο δάνειο. Δεδομένου ότι δεν υπάρχουν εκ των προτέρων ταμειακές ροές, το μέσο αυτό αποτελεί μόχλευση (leveraged), δηλαδή να συμπεριλάβει δανεισμό. Εκ φύσεως λοιπόν, δεν είναι πιο επικίνδυνη από την αντιμετώπιση της υποκείμενης αγοράς σε μετρητά. Μόλις αυτό αναγνωριστεί, ο κίνδυνος των παραγώγων μπορεί να μεταφραστεί σε κίνδυνο γνωστών ποσοτήτων. Αυτός είναι ένας από τους σκοπούς της VAR.[16]

Ο συντελεστής μόχλευσης ωστόσο, είναι ένα δίκικο μαχαίρι. Και αυτό γιατί κάνει το παράγωγο ένα αποτελεσματικό μέσο για την αντιστάθμιση του κινδύνου και της κερδοσκοπίας λόγω του πολύ χαμηλού κόστους συναλλαγών. Από την άλλη πλευρά, είναι σημαντικό να εντοπίζεται, όταν υπάρχει, η απουσία ενός εκ των προτέρων κινδύνων καταβολής μετρητών και να παρακολουθείται προσεκτικά.[16]

### 5.1.1 Ο ρόλος της αγοράς παραγώγων

Επειδή οι τιμές των παραγώγων είναι συνδεδεμένες με τις τιμές του σημείου της υποκείμενης αγοράς εμπορευμάτων, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να μειώσουν ή να αυξήσουν το ρίσκο κατοχής των στοιχείων του σημείου αυτού. Για παράδειγμα, η αγορά του αντικείμενου σημείου και η πώληση ενός συμβολαίου μελλοντικής εκπλήρωσης ή ενός δικαιώματος αγοράς μειώνει το ρίσκο του επενδυτή. Εάν οι τιμές των αγαθών πέσουν τότε θα πέσουν και οι τιμές των συμβαλαίων μελλοντικής εκπλήρωσης. Ο επενδυτής μπορεί τότε να εξαγοράσει το συμβόλαιο σε χαμηλότερη τιμή, πραγματοποιώντας ένα κέρδος που μπορεί τουλάχιστον εν μέρει να αντισταθμίσει τις απώλειες στο αντικείμενο σημείο. Αυτός ο τύπος συναλλαγής είναι γνωστός ως αντιστάθμιση (hedge).

Όπως αναφέραμε στο πρώτο κεφάλαιο οι επενδυτές μπορούν να έχουν διαφορετικές προτιμήσεις κινδύνου (risk neutral, risk averse ή risk seeking). Κάποιοι θεωρείται ότι είναι πιο ανεκτικοί στους κινδύνους από κάποιους άλλους. Παρόλα αυτά όλοι οι επενδυτές θέλουν να διατηρούν τις επιχειρήσεις τους σε ένα αποδεκτό επίπεδο ρίσκου. Οι αγορές παραγώγων επιτρέπουν σε όσους επιθυμούν να μειώσουν τον κίνδυνο, να τον μεταφέρουν σε εκείνους που επιθυμούν να τον αυξήσουν, τους οποίους ονομάζομαι κερδοσκόπους (**speculators**). Λόγω του ότι οι αγορές είναι τόσο αποτελεσματικές στην κατανομή των κινδύνων μεταξύ επενδυτών, κανένας δεν πρέπει να δεχτεί ένα άβολο για αυτόν επίπεδο κινδύνου. Κατά συνέπεια, οι επενδυτές είναι πρόθυμοι να παρέχουν περισσότερα κεφάλαια στις χρηματοοικονομικές αγορές. Επομένως, κάτι τέτοιο ωφελεί ιδιαίτερα την οικονομία, εφόσον επιτρέπει σε περισσότερες επιχειρήσεις να αυξήσουν το κεφάλαιο τους και ταυτόχρονα κρατά το κόστος του κεφαλαίου όσο το δυνατόν χαμηλότερο.

Όπως αναφέρθηκε, από την άλλη πλευρά της αντιστάθμισης βρίσκουμε την κερδοσκοπία. Αν όμως ένας αντισταθμιστής (hedger) μπορεί να βρει έναν άλλον hedger με αντίθετες ανάγκες από εκείνον, τότε ο κίνδυνος του πρώτου πρέπει να γίνει δεκτός από τον κερδοσκόπο. Οι αγορές των παραγώγων παρέχουν ένα εναλλακτικό και αποτελεσματικό μέσο κερδοσκοπίας. Αντί της διαπραγματεύσεως των υποκείμενων μετοχών ή ομολόγων, ένας επενδυτής μπορεί να ανταλλάξει-εμπορεύσει μια σύμβαση παραγώγου. Πολλοί επενδυτές προτιμούν να κερδοσκοπούν με παράγωγα παρά με υποκείμενους τίτλους. Η ευκολία με την οποία η κερδοσκοπία μπορεί να επιτευχθεί

χρησιμοποιώντας παράγωγα, καθιστά με τη σειρά της ολόκληρη τη διαδικασία ευκολότερη και λιγότερο δαπανηρή για τον αντισταθμιστή.

[17]

### **5.1.2 Λειτουργικά Πλεονεκτήματα - Operational advantages**

Οι αγορές παραγώγων προσφέρουν πολλά λειτουργικά πλεονεκτήματα. Αρχικά σημαντικό είναι ότι συνεπάγονται χαμηλότερο κόστος συναλλαγών. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι οι προμήθειες όπως και άλλα έξοδα συναλλαγών είναι χαμηλότερα για τους εμπόρους στις αγορές αυτές, καθώς καθίσταται ευκολότερο και πιο ελκυστικό να γίνεται χρήση των αγορών είτε στον χώρο εργασίας των επενδύσεων είτε ως ένα συμπλήρωμα εντοπισμού των σημαντικών θέσεων.

Δεύτερον, οι αγορές παραγώγων και πιο συγκεκριμένα οι συναλλαγές των συμβολαίων μελλοντικής εκπλήρωσης και των δικαιωμάτων προαίρεσης έχουν καλύτερη ρευστότητα από ό,τι οι ημερήσιες αγορές (spot markets). Παρόλα αυτά οι αγορές μετοχών και ομολόγων είναι αρκετά ρευστές για τους τίτλους μεγάλων εταιρειών. Δεν μπορούν πάντα να απορροφούν μερικές από τις μεγάλες συναλλαγές χωρίς ουσιαστικές μεταβολές των τιμών.

Τρίτον, οι αγορές παραγώγων επιτρέπουν στους επενδυτές να πωλούν σε σύντομο χρονικό διάστημα ευκολότερα. Οι αγορές κινητών αξιών (securities markets) επιβάλλουν πολλούς περιορισμούς που αποσκοπούν στον περιορισμό ή την αποθάρρυνση ανοικτών πωλήσεων οι οποίες δεν εφαρμόζονται σε συναλλαγές παραγώγων.[17]

### **5.1.3 Επικρίσεις της Αγοράς Παραγώγων - Criticisms of derivative markets**

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, τα παράγωγα επιτρέπουν να μεταφερθεί ο κίνδυνος από εκείνους που επιθυμούν να τον μετακινήσουν ή να τον μειώσουν σε εκείνους που επιθυμούν να τον λάβουν ή να τον αυξήσουν. Οι περισσότεροι κερδοσκόποι δεν ασχολούνται ιδιαίτερα με τα υποκείμενα εμπορεύματα-αγαθά και μερικές φορές φέρονται να μην γνωρίζουν τίποτα για αυτά.



Σε αντίθεση με τις χρηματοπιστωτικές αγορές, οι αγορές παραγώγων ούτε δημιουργούν αλλά ούτε και καταστρέφουν τον πλούτο, απλώς τον μεταφέρουν. Για παράδειγμα, έστω μία εταιρεία όπου οι πελάτες της αγοράζουν τα προϊόντα ή τις υπηρεσίες αυτής, τότε η εταιρεία έχει όφελος. Η τιμή της μετοχή ανεβαίνει και όλοι είναι σε καλύτερη θέση τότε. Αντίθετα με τις αγορές παραγώγων όπου εκεί τα κέρδη ενός επενδυτή είναι οι απώλειες κάποιου άλλου. Αυτές οι αγορές όμως δεν βάζουν επιπρόσθετο ρίσκο την οικονομία, απλώς επιτρέπουν ουσιαστικά την μεταβίβαση του ρίσκου από τον έναν επενδυτή στον άλλον. Πολύ σημαντικό είναι να τονιστεί, ότι επιτρέπουν τον κίνδυνο συναλλαγής σε πραγματικά αγαθά που θα μεταφερθούν από εκείνους που δεν το θέλουν σε εκείνους που είναι διατεθειμένοι να τον δεχτούν.

Οι αγορές παραγώγων και τα τυχερά παιχνίδια είναι στα οφέλη που παρέχονται στην κοινωνία. Τα παράγωγα βοηθούν τις χρηματοοικονομικές αγορές να γίνουν πιο αποτελεσματικές και παρέχουν καλύτερες ευκαιρίες διαχείρισης του κινδύνου. Αυτά τα οφέλη διαχέονται στο σύνολο της κοινωνίας.[17]

## 6.1 Προθεσμιακά Συμβόλαια

Τα προθεσμιακά συμβόλαια είναι ένα είδος παράγωγων προϊόντων και την απλούστερη μορφή αυτών. Ο κάτοχος ενός προθεσμιακού συμβολαίου είναι υποχρεωμένος να αγοράσει ή να πουλήσει αναλόγως, έναν τίτλο σε μία συγκεκριμένη μελλοντική χρονική στιγμή και σε μία προκαθορισμένη τιμή. Δύο τύποι προθεσμιακών συμβολαίων είναι τα **forwards** και **futures contracts**. Η διαφορά των ΣΜΕ με τα ΠΣ είναι ότι τα ΣΜΕ συναλλάσσονται καθημερινά στο Χρηματιστήριο Παραγώγων ενώ η διαπραγμάτευση των ΠΣ γίνεται κυρίως σε εξωχρηματιστηριακή αγορά.

### 6.1.1 Προθεσμιακές Πράξεις (Forward Contracts or Forwards)

Μία προθεσμιακή πράξη είναι μία συμφωνία και υποχρέωση για αγοραπωλησία προκαθορισμένης ποσότητας του υποκείμενου τίτλου μεταξύ δύο μερών-ενός αγοραστή και ενός πωλητή-σε μία χρονική στιγμή στο μέλλον (**delivery date**) και σε προκαθορισμένη τιμή (**delivery price**). Επομένως, οι προθεσμιακές πράξεις μπορούμε να πούμε ότι μοιάζουν πολύ με τα δικαιώματα προαίρεσης με την διαφορά ότι οι προθεσμιακές πράξεις δεν είναι τυποποιημένες και δεν διαπραγματεύονται σε οργανωμένα χρηματιστήρια. Ένα συμβόλαιο σαν και αυτό διευθετείται κατά την ημερομηνία παράδοσης και μόνο, ενώ ένα χαρακτηριστικό τους είναι ότι δεν υπάρχει ροή μετρητών κατά την έναρξη του. Υπάρχει παρόλα αυτά ένα αρχικό ποσό που κατατίθεται ως προκαταβολή-εγγύηση από τον αγοραστή και το οποίο αφαιρείται από την τελική τιμή κατά την ημερομηνία παράδοσης.

Οι προθεσμιακές πράξεις έχουν μία τιμή για τον υποκείμενο τίτλο η οποία είναι και τελική για το ορισμένο χρονικό διάστημα και ταυτόχρονα παρέχουν ασφάλεια στον κάτοχο του όσον αφορά τις μεταβολές της τιμής. [17]

Παρόλο που η αγορά των προθεσμιακών πράξεων υπάρχει εδώ και πολλά χρόνια, δεν είναι η χρηματοοικονομική αγορά τόσο εξοικειωμένη με αυτές. Σε αντίθεση με την αγορά των δικαιωμάτων προαίρεσης τα οποία δεν έχουν συγκεκριμένες εγκαταστάσεις για την εμπορία τους

δηλαδή δεν υπάρχει κτήριο ή επίσημη εταιρική αγορά που αποτελείται από άμεση επικοινωνία μεταξύ των σημαντικότερων χρηματιστηριακών οργανισμών. Οι προθεσμιακές πράξεις διευκολύνουν επίσης την κατανόηση των συμβολαίων μελλοντικής εκπλήρωσης.[19]

### 6.1.2 Συμβόλαια Μελλοντικής Εκπλήρωσης (Futures Contracts)

Ένα συμβόλαιο μελλοντικής εκπλήρωσης είναι μία συμφωνία μεταξύ δύο μερών για αγοραπωλησία ενός υποκείμενου τίτλου σε μία χρονική στιγμή στο μέλλον. Το συμβόλαιο διαπραγματεύεται στο χρηματιστήριο προθεσμιακών συμβολαίων και υπόκειται σε καθημερινή διαδικασία διακανονισμού. Τα συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης εξελίχθηκαν μέσα από τις προθεσμιακές συμβάσεις και έχουν πολλά κοινά χαρακτηριστικά. Βασικό χαρακτηριστικό τους είναι ότι δεν είναι υποχρεωμένος ο επενδυτής να καταβάλει ολόκληρο το ποσό της επένδυσης άλλα ένα ποσοστό αυτού. Αυτό το ποσό κατατίθεται σε ένα λογαριασμό περιθωρίου (**margin account**) ενώ το ποσό αυτό λέγεται αρχικό περιθώριο ασφάλισης (**initial margin**). Στην περίπτωση που το χρηματιστήριο ζητήσει ένα μεγαλύτερο ποσό για λόγους ασφαλείας τότε ο επενδυτής είναι υποχρεωμένος να καταβάλλει ένα ποσό που ονομάζεται περιθώριο συντήρησης (**maintenance margin**). [17,19]

Ο επενδυτής μπορεί να υιοθετήσει δύο μορφές αντιμετώπισης των συμβολαίων. Αν για παράδειγμα υιοθετήσει την αισιόδοξη θέση τότε λέμε ότι όταν η τιμή του υποκείμενου μέσου των συναλλαγών ανέβει, τότε τα κέρδη από την αύξηση αυτή προστίθενται στον λογαριασμό περιθωρίου διαφορετικά αφαιρείται από τον λογαριασμό του επενδυτή. Η άλλη μορφή είναι η λεγόμενη απαισιόδοξη θέση όπου τα κέρδη από την αύξηση της τιμής του υποκείμενου τίτλου αφαιρούνται από τον λογαριασμό περιθωρίου ενώ η ζημία προστίθενται. **Mark to mark** ονομάζεται η καθημερινή αυτή διευθέτηση των συμβολαίων. [17]

Τα συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης διαφέρουν από τα προθεσμιακά συμβόλαια υπό την έννοια ότι υπόκειται σε καθημερινή διαδικασία διακανονισμού. Καθημερινά, επενδυτές οι οποίοι υφίστανται απώλειες πληρώνουν στους επενδυτές οι οποίοι υποβάλλουν κέρδη.

Οι τιμές των μελλοντικών συμβολαίων παρουσιάζουν διακυμάνσεις από μέρα σε μέρα, και

έτσι οι αγοραστές και οι πωλητές αυτών προσπαθούν να επωφεληθούν από αυτές τις αλλαγές των τιμών και μειώνουν τον κίνδυνο που δραστηριοποιείται στους υποκείμενους τίτλους.

## 6.2 Δικαιώματα Προαίρεσης (Financial Options)

Ένα δικαίωμα προαίρεσης είναι ένα συμβόλαιο μεταξύ δύο μερών, ενός αγοραστή (buyer) και ενός πωλητή (writer ή seller) με την μεσολάβηση του Χρηματιστηρίου Παραγώγων, το οποίο δίνει στον κάτοχο του το δικαίωμα αλλά όχι την υποχρέωση να αγοράσει ή να πωλήσει τον υποκείμενο τίτλο σε κάποια χρονική στιγμή στο μέλλον και σε προκαθορισμένη τιμή. [17,19]

Για την αγορά ενός δικαιώματος προαίρεσης ο επενδυτής προφανώς πρέπει να πληρώσει μία τιμή η οποία ονομάζεται τιμή (price) ή ασφάλιστρο (**premium**) που σχετικά με την αξία του υποκείμενου τίτλου δέν είναι συνήθως πολύ υψηλή. Ο πωλητής του δικαιώματος από τη πλευρά του είναι έτοιμος να πωλήσει ή να αγοράσει, σύμφωνα με τους όρους της σύμβασης, εάν και όταν ο αγοραστής το επιθυμεί. Ένα δικαίωμα αγοράς ενός υποκείμενου τίτλου ονομάζεται **call option** ενώ ένα δικαίωμα πώλησης ονομάζεται **put option**. [17]

Οι συναλλαγές των δικαιωμάτων προαίρεσης είναι οργανωμένες αγορές (markets) οι οποίες γίνονται με τη βοήθεια ειδικών διαπραγματευτών (market makers), χρηματιστηριακών εταιριών ή γραφείων. Ωστόσο, ένα μεγάλο μέρος συναλλαγών των δικαιωμάτων προαίρεσης διεξάγεται μεταξύ δύο μερών κατ'ιδίαν οι οποίοι θεωρούν ότι με το να συνάψουν τη σύμβαση ο ένας με τον άλλον ενδέχεται να είναι προτιμότερο από το να γίνει δημόσια. Αυτή η μορφή ονομάζεται εξωχρηματιστηριακή αγορά και ουσιαστικά ήταν η πρώτη μορφή δικαιωμάτων προαίρεσης αγοράς.

Τα περισσότερα από τα δικαιώματα προαίρεσης που μας ενδιαφέρουν γίνονται για την αγορά ή την πώληση χρηματιστηριακών περιουσιακών στοιχείων-κεφαλαίων, όπως μετοχές και ομόλογα. Υπάρχουν όμως και άλλα δικαιώματα προαίρεσης όπως συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης καθώς και ξένα συναλλάγματα. Επιπλέον, μπορεί να θεωρηθεί ότι η ίδια η μετοχή είναι ισοδύναμη με ένα δικαίωμα προαίρεσης των περιουσιακών στοιχείων της εταιρείας. [17]

Ένα δικαίωμα προαίρεσης λέμε ότι είναι **Ευρωπαϊκού τύπου** (European option) όταν ο

κάτοχος του μπορεί να το εξασκήσει μόνο κατα την ημερομηνία εκπνοής ή λήξης (**expiraton date**) ,όπου ημερομηνία λήξης καλείται η ημερομηνία μετά την οποία το δικαίωμα είναι άκυρο. Αντίθετα, ένα δικαίωμα προαίρεσης είναι **Αμερικάνικου τύπου** (American option) όταν ο κάτοχος έχει το δικαίωμα να το εξασκήσει οποιαδήποτε χρονική στιγμή επιθυμεί μέχρι τη συμφωνημένη ημερομηνία λήξης. [19]

Μπορεί να θεωρηθεί ένα δικαίωμα ότι έχει εγκαταλειφθεί αν ο κάτοχος του κρίνει ότι το δικαίωμα είναι ασύμφωρο και έχει την δυνατότητα να μην το εξασκήσει περαιτέρω.

### 6.2.1 Δικαιώματα Αγοράς (Call Options)

Ένα δικαίωμα προαίρεσης λέγεται δικαίωμα αγοράς όταν επιτρέπει στον επενδυτή να αγοράσει ένα υποκείμενο τίτλο σε μία προκαθορισμένη τιμή η οποία ονομάζεται τιμή εξάσκησης (**exercise price or strike price**).

Για παράδειγμα, έστω ένα δικαίωμα αγοράς με τιμή εξάσκησης 70 € και ημερομηνία λήξης στις 16 Αυγούστου. Έστω επίσης μία μετοχή με τιμή 68.25€. Ο αγοραστής αυτού του δικαιώματος έχει το δικαίωμα να αγοράσει τη μετοχή οποιαδήποτε στιγμή επιθυμεί μέχρι την ημερομηνία λήξης( 16 Αυγούστου) για 70€ τη κάθε μία. Ενώ ο πωλητής από την πλευρά του είναι υποχρεωμένος να πουλήσει την μετοχή στην τιμή των 70€ τη μία έως τις 16 Αυγούστου οποιαδήποτε στιγμή ο αγοραστής επιθυμεί. Για τον λόγο αυτό, ο αγοραστής πληρώνει στον πωλητή τη τιμή (premium) των 2.75€.

Το ερώτημα που τίθεται είναι γιατί και τα δύο μέρη μπήκαν στην διαδικασία του συμβολαίου δικαιώματος αγοράς. Ο αγοραστής δεν έχει ασκήσει ακόμη το δικαίωμα γιατί το απόθεμα (**stock**) θα μπορούσε να αγοραστεί για 68.25€, το οποίο είναι λιγότερο από την τιμή εξάσκησης. Ο αγοραστής όμως οφείλει να περιμένει ότι η τιμή εξάσκησης θα υπερβεί τα 70€ πριν το δικαίωμα προαίρεσης λήξει, σε αντίθεση με τον πωλητή που περιμένει ότι η τιμή της μετοχής δεν θα πάρει μεγαλύτερη τιμή από 70€ πριν την ημερομηνία λήξεως. Επομένως τα δύο μέρη πλέον διαπραγματεύονται την τιμή (premium) των 2.25€, η οποία θα μπορούσε να θεωρηθεί ως

ποντάρισμα του αγοραστή στην τιμή της μετοχής που υπερβαίνουν τα 70€ στις 16 Αυγούστου. Εναλλακτικά, και ο αγοραστής και ο πωλητής θα μπορούσαν να είχαν χρησιμοποιήσει το δικαίωμα προαίρεσης για να προστατεύσουν μία θέση στην μετοχή. Η στατηγική αυτή ονομάζεται αντιστάθμιση (hedging).

Έστω ότι η τιμή της μετοχής αυξάνεται ακριβώς μετά την αγορά του δικαιώματος εφόσον η τιμή εξάσκησης είναι στιγμιαία και το δικαίωμα αγοράς είναι πλέον πιο πολύτιμο. Τελικά, καινούρια δικαιώματα αγοράς με τους ίδιους όρους θα πωληθούν σε μεγαλύτερη τιμή και ως εκ τούτου τα παλιά δικαιώματα με την ίδια ημερομηνία λήξης και τιμή εξάσκησης θα πρέπει επίσης να πωληθούν για μεγαλύτερες τιμές. Ενώ αν η τιμή της μετοχής μειωθεί τότε και η τιμή του δικαιώματος θα υποστεί μείωση. [17]

## 6.2.2 Δικαιώματα Πώλησης (Put Options)

Ο κάτοχος του δικαιώματος έχει το δικαίωμα να πωλήσει τον υποκείμενο τίτλο όπως για παράδειγμα μία μετοχή. Με τα ίδια δεδομένα όπως προηγουμένως, προκύπτει ότι η μετοχή πωλείται στη τιμή των 68.25€. Επομένως, ο κάτοχος θα μπορούσε να είχε επιλέξει να εξασκήσει το δικαίωμα προαίρεσης πουλώντας την μετοχή στον πωλητή για 70€ ανα μερίδιο. Παρόλα αυτά ο κάτοχος μπορεί να είχε προτιμήσει να περιμένει ώστε να δει αν η τιμή της μετοχής θα πέσει κάτω από την τιμή εξάσκησης. Πρακτικά, ο αγοραστής περιμένει να δει αν η τιμή της μετοχής θα πέσει όσο ο πωλητής ελπίζει για την διατήρηση ή την αύξηση αυτής.

Τα δύο μέρη πλέον διαπραγματεύονται την τιμή των 4€, την οποία ο αγοραστής θα πληρώσει στον πωλητή. Ο αγοραστής αποδέχεται την τιμή αυτή επειδή θεωρήθηκε ότι είναι δίκαιη αποζημίωση για την επιθυμία να αγοράσει τη μετοχή στην τιμή των 70€ ανα πάσα στιγμή έως 16 Αυγούστου. Είναι λοιπόν προφανές ότι ο αγοραστής ενός δικαιώματος πώλησης έχει πτωτικές προσδοκίες όσον αφορά την μετοχή. [17]

### 6.2.2.1 Δικαίωμα Αγοράς και Πώλησης Ευρωπαϊκού Τύπου.

Το δικαίωμα αγοράς Ευρωπαϊκού τύπου της μετοχής  $S$  με τιμή εξάσκησης  $E$  είναι το χρηματοοικονομικό συμβόλαιο με διάνυσμα απόδοσης  $W$  έτσι ώστε  $W_T=0$  για κάθε  $t < T$ , όπου  $T$  είναι η ημερομηνία λήξεως του συμβολαίου. Επομένως,

$$W_T(s) = (S_T(s) - E)^+ \text{ για κάθε } s \in S$$

Με τον ίδιο ακριβώς τρόπο και με τα ίδια δεδομένα, το δικαίωμα πώλησης Αμερικάνικου τύπου για κάθε  $t < T$  είναι

$$W_T(s) = (E - S_T(s))^+ \text{ για κάθε } s \in S$$

### 6.2.2.2 Αποδόσεις Δικαιωμάτων Προαίρεσης Ευρωπαϊκού και Αμερικάνικου Τύπου.

Έστω δικαίωμα αγοράς ευρωπαϊκού τύπου το οποίο είναι εγγεγραμμένο στο χρηματοοικονομικό συμβόλαιο  $x$  την χρονική στιγμή μηδέν και ημερομηνία λήξης  $\tau$  όπου  $\tau \in \{1, 2, \dots, T\}$ , με τιμή εξάσκησης  $E$  είναι ένα χρηματοοικονομικό συμβόλαιο  $C$  με απόδοση

$$C_\tau = (x_\tau - E \mathbf{1})^+ \text{ και } C_t = 0 \text{ για κάθε } t \neq \tau$$

Με τον ίδιο ακριβώς τρόπο το δικαίωμα πώλησης Ευρωπαϊκού τύπου είναι ένα χρηματοοικονομικό συμβόλαιο  $P$  με απόδοση

$$P_\tau = (E \mathbf{1} - x)^+ \text{ και } P_t = 0 \text{ για κάθε } t \neq \tau$$

Αναφέρθηκε προηγουμένως ότι τα δικαιώματα προαίρεσης Ευρωπαϊκού τύπου δεν μπορούν

να εξασκηθούν καμία άλλη χρονική στιγμή εκτός από την ημερομηνία λήξης, για αυτόν ακριβώς τον λόγο παρατηρείται ότι το δικαίωμα αγοράς και πώλησης είναι μηδενικό για  $t \neq \tau$ .

Το δικαίωμα αγοράς Αμερικάνικου τύπου με τα ακριβώς ίδια δεδομένα είναι ένα χρηματοοικονομικό συμβόλαιο C με απόδοση

$$C_t = (x_t - E \mathbf{1})^+ \text{ για κάθε } t \leq \tau$$

Επομένως, είναι προφανές ότι τις χρονικές περιόδους που δεν εξασκείται, το δικαίωμα έχει μηδενική απόδοση.

Ανάλογα το δικαίωμα πώλησης Αμερικάνικου Τύπου έχει απόδοση

$$P_t = (E \mathbf{1} - x_t)^+ \text{ για κάθε } t \leq \tau$$

από τη στιγμή που το δικαίωμα εξασκείται μόνο μία φορά τη χρονική στιγμή t.

Η ουσιαστική διαφορά επομένως μεταξύ των δικαιωμάτων προαίρεσης ευρωπαϊκού και αμερικάνικου τύπου είναι ότι τα δικαιώματα ευρωπαϊκού τύπου εξασκούνται μόνο κατά την ημερομηνία λήξης ενώ τα δικαιώματα αμερικανικού τύπου μπορούν να ασκηθούν οποιαδήποτε ενδιάμεση χρονική στιγμή.[19]

Ευρωπαϊκού Τύπου		Αμερικανικού Τύπου	
Δικαίωμα αγοράς	Δικαίωμα πώλησης	Δικαίωμα αγοράς	Δικαίωμα πώλησης
$C_t = (x_t - E \mathbf{1})^+$	$P_t = (E \mathbf{1} - x_t)^+$	$C_t = (x_t - E \mathbf{1})^+$	$P_t = (E \mathbf{1} - x_t)^+$
και	και	για κάθε $t \leq \tau$	για κάθε $t \leq \tau$
$C_t = 0 \text{ για κάθε } t \neq \tau$	$P_t = 0 \text{ για κάθε } t \neq \tau$		



## 6.3 Εξωτικά Δικαιώματα Προαίρεσης (Exotic Options)

Τα εξωτικά δικαιώματα προαίρεσης είναι ένας όρος που χρησιμοποιείται για να εφαρμόζεται σε σύμβασεις που έχουν προσαρμοστεί με πιο πολύπλοκες διατάξεις. Είναι επίσης ταξινομημένες ως μη τυποποιημένα δικαιώματα προαίρεσης. Υπάρχει μια πληθώρα διαφορετικών εξωτικών συμβάσεων, πολλά από τα οποία είναι διαθέσιμα μόνο από τις εξωχρηματιστηριακές αγορές. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι τα εξωτικά δικαιώματα δεν διαπραγματεύονται στα χρηματιστήρια, αλλά διαπραγματεύονται σε επίσημες εξωχρηματιστηριακές αγορές. Μερικές εξωτικές συμβάσεις, ωστόσο, γίνονται όλο και πιο δημοφιλής με την ενσωμάτωση των επενδυτών και αναγράφονται στα δημόσια χρηματιστήρια.

Τα δικαιώματα αυτά διακρίνονται για δύο σημαντικούς λόγους συγκριτικά με τα συνήθη δικαιώματα προαίρεσης. Τα εξωτικά δικαιώματα αρχικά, μπορούν να έχουν ένα μη σταθερό διάνυσμα εξάσκησης, χωρίς κίνδυνο διάνυσμα (**riskless vector 1**) το οποίο δεν είναι υποχρεωτικά σταθερό σε όλες τις δυνατές καταστάσεις της οικονομίας. Για το διάνυσμα αυτό είναι δυνατό να διαφοροποιούνται οι αποδόσεις ενώ το σταθερό διάνυσμα **1** εξαρτάται από το αν θα εμπεριέχει κίνδυνο ή όχι ανάλογα με τις καταστάσεις που εμφανίζονται (**risky vector**). Επίσης, σημαντικό είναι να τονίσουμε ότι το διάνυσμα εξάσκησης των εξωτικών δικαιωμάτων εξαρτάται πολλές φορές από τις αποδόσεις του χρηματοοικονομικού συμβολαίου σε κάποια συγκεκριμένη χρονική στιγμή ανάμεσα από την ημερομηνία εγγραφής και την ημερομηνία εξάσκησης. Ο τρόπος με τον οποίο μπορούμε να χωρίσουμε τα εξωτικά δικαιώματα προαίρεσης είναι ο εξής: αρχικά μπορούμε να θεωρήσουμε εξωτικά δικαιώματα προαίρεσης Ευρωπαϊκού και Αμερικάνικου τύπου ενώ υπάρχουν πολλές κατηγορίες αυτών όπως forward-start options, lookback options, basket, Asian, binary κλπ. Τα πιο κοινά είδη θα αναλυθούν παρακάτω. [19,20].

### 6.3.1 Forward-Start Options

Ένα forward start δικαίωμα προαίρεσης είναι μία εκ των προτέρων αγορά ενός δικαιώματος αγοράς (**put option**) ή πώλησης (**call option**) το οποίο θα γίνει ενεργό σε μία συγκεκριμένη χρονική στιγμή στο μέλλον. Ως διάνυσμα εξάσκησης του δικαιώματος θεωρείται η απόδοση του

συμβολαίου σε κάποια προκαθορισμένη χρονική στιγμή  $t$ , όπου  $0 \leq t \leq \tau$ , με  $\tau$  η χρονική στιγμή της ημερομηνίας εξάσκησης. Αν  $C_i$  είναι η απόδοση του δικαιώματος αγοράς και  $P_i$  είναι το δικαίωμα πώλησης την χρονική στιγμή  $i$ , όπου  $i=0,1,2,\dots$  και  $x_i$  οι αποδόσεις των χρηματοοικονομικών συμβολαίων, τότε ισχύουν τα παρακάτω:

[19,21]

#### *Δικαίωμα Αγοράς Ευρωπαϊκού Τύπου*

$$C_i = 0, \text{ για κάθε } i \neq \tau \text{ και}$$

$$C_\tau = (x_\tau - Ex_\tau)^+ \text{ με } E \text{ η τιμή εξάσκησης}$$

#### *Δικαίωμα Πώλησης Ευρωπαϊκού Τύπου*

$$P_i = 0, \text{ για κάθε } i \neq \tau \text{ και}$$

$$P_\tau = (Ex_\tau - x_\tau)^+ \text{ με } E \text{ η τιμή εξάσκησης}$$

#### *Δικαίωμα πώλησης Αμερικάνικου Τύπου*

$$C_i = (x_i - Ex_i)^+ \text{ για κάθε } t \leq i \leq \tau$$

#### *Δικαίωμα Πώλησης Αμερικάνικου Τύπου*

$$P_i = (Ex_i - x_i)^+ \text{ για κάθε } t \leq i \leq \tau$$

[19]

Η τιμολόγηση αυτών των δικαιωμάτων αναφέρεται συνήθως μόνο στις χρονικές περιόδους  $t, t+1, \dots, \tau-1$ . Όμως τα δικαιώματα αυτά θα μπορούσαν να τιμολογηθούν και σε προγενέστερες χρονικές περιόδους με τη χρήση των τύπων αποτελεσματικών αγορών, εφόσον είναι γνωστή η απόδοση  $V_t$  του υποκείμενου τίτλου τη χρονική στιγμή  $t$ .

### **6.3.2 Lookback Options**

Οι Lookback options είναι εξωτικά συμβόλαια που προσφέρουν στον κάτοχό τους το πλεονέκτημα να είναι σε θέση να ασκήσει στο βέλτιστο σημείο. Ουσιαστικά, κατά τη λήξη, ο κάτοχος μπορεί να κοιτάξει πίσω, στο πώς η τιμή του υποκείμενου περιουσιακού στοιχείου έχει εκτελεστεί και να μεγιστοποιήσει τα κέρδη του, εκμεταλλευόμενος τη μεγαλύτερη διαφορά τιμής μεταξύ της τιμής εξάσκησης και της τιμής της υποκείμενης αξίας.

Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα των lookback options είναι το γεγονός ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επίλυση ενός από τα μεγαλύτερα προβλήματα που αντιμετωπίζουν δηλαδή τα χρονοδιαγράμματα της αγοράς. Αυτή είναι βασικά μία επιλογή του πότε να εισάγετε σε μια θέση και πότε να βγαίνει από αυτή, με στόχο προφανώς να γίνεται τη σωστή στιγμή εισόδου και την σωστή στιγμή εξόδου ώστε να δημιουργούνται οι μεγαλύτερες δυνατές αποδόσεις.

Λόγω του τρόπου με τον οποίο λειτουργούν οι lookback options, το ζήτημα του χρονοδιαγράμματος της αγοράς γίνεται λιγότερο σημαντικό καθώς τα κέρδη είναι πραγματικά εξασφαλισμένα ώστε να να μεγιστοποιηθούν. Επίσης, οι πιθανότητες μιας σύμβασης αυτού του τύπου που λήγουν χωρίς αξία είναι πολύ χαμηλότερες από ό, τι σε άλλα είδη δικαιωμάτων προαίρεσης. Για τους λόγους αυτούς τα lookbacks δικαιώματα είναι γενικά πιο ακριβά, οπότε τα πλεονεκτήματα τους επιτυγχάνονται με κάποιο κόστος.

Τα lookback options μπορεί να είναι είτε δικαιώματα αγοράς (*call options*) είτε πώλησης (*put options*), έτσι ώστε να είναι δυνατόν να γίνουν εικασίες σχετικά με το αν η τιμή του υποκείμενου τίτλου ανεβαίνει σε αξία ή κατεβαίνει. Είναι επίσης γνωστές ως επιλογές εκ των υστέρων, αφού δίνουν πράγματι στον κάτοχο της το πλεονέκτημα της απόστασης κατά τον προσδιορισμό του πότε να ασκήσει.

Για να γίνει πλήρως κατανοητό το πώς λειτουργούν, θα πρέπει να είναι γνωστοί οι δύο διαφορετικοί τύποι lookback options – σταθερής εξάσκησης (**fixed strike**) και κυμαινόμενης εξάσκησης (**floating strike**). Αν και η έννοια αυτών των δύο τύπων είναι πολύ παρόμοια, και οι δύο προσφέρουν τη δυνατότητα για μεγιστοποίηση των αποδόσεων, υπάρχει μια θεμελιώδης διαφορά μεταξύ των δύο και στον τρόπο λειτουργίας τους.[20]

### ***Fixed Strike***

Οι fixed strike επιλογές, έχουν μια σταθερή τιμή εξάσκησης όπως και οι περισσότερες

συμβάσεις δικαιωμάτων προαίρεσης. Το πλεονέκτημα είναι το γεγονός ότι, κατά το χρόνο λήξης, ο κάτοχος των συμβάσεων της σταθερής εξάσκησης (fixed price) μπορεί να επιλέξει να τα ασκήσει στο σημείο κατά τη διάρκεια της σύμβασης όπου το υποκείμενο περιουσιακό στοιχείο ήταν στο πιο ευνοϊκό σημείο. Πρακτικά σημαίνει ότι ο κάτοχος αμείβεται με διακανονισμό τοις μετρητοίς ίσο με τα κέρδη που θα μπορούσε να έχει μέσω της άσκησης και της αγοράς ή της πώλησης του υποκείμενου περιουσιακού στοιχείου.[20]

### ***Floating Price***

Η floating price διαφέρει από την fixed price μιας και η τιμή εξάσκησης δεν έχει καθοριστεί κατά τη χρονική στιγμή που η σύμβαση έχει γραφεί. Αντ' αυτού, η τιμή εξάσκησης ορίζεται αυτόματα στη χαμηλότερη τιμή του υποκείμενου τίτλου κατά τη διάρκεια της σύμβασης.[20]

#### **6.3.2.1 Δικαιώματα αγοράς και πώλησης**

Έστω τώρα  $x_i$  οι αποδόσεις στις χρονικές στιγμές  $i=0,1,2,\dots$  όπου το δικαίωμα αγοράς εγγράφεται κατά τη χρονική στιγμή  $t$  και έχει ημερομηνία λήξης τη χρονική στιγμή  $\tau > t$ . Θεωρούμε ως διάνυσμα εξάσκησης του δικαιώματος αγοράς το διάνυσμα

$$u = \inf\{x_d \mid t \leq d \leq \tau\}$$

όπου  $\tau'$  είναι μία προκαθορισμένη περίοδος με  $t \leq \tau' \leq \tau$  και ονομάζεται ενδιάμεση ημερομηνία. Με αυτόν τον τρόπο ορίζουμε το  $u$  ως την ελάχιστη τιμή των αποδόσεων του συμβολαίου για όλες τις χρονικές περιόδους μεταξύ των χρονικών αυτών στιγμών. Αν  $C_i$  με  $i=0,1,2,\dots,\tau$  είναι η απόδοση του δικαιώματος τη χρονική στιγμή  $i$  τότε:

#### ***Δικαίωμα Αγοράς Ευρωπαϊκού Τύπου***

$$C_i = 0, \text{ για κάθε } i < \tau' \text{ και}$$

$$C_\tau = (x_\tau - Eu)^\dagger \text{ με } E \text{ η τιμή εξάσκησης για κάθε } \tau' \leq i \leq \tau$$

Θεωρούμε τώρα ως διάνυσμα εξάσκησης του δικαιώματος πώλησης το διάνυσμα

$$U = \sup \{x_d \mid t \leq d \leq \tau\}$$

Με αυτόν το τρόπο ορίζουμε το  $U$  ως την μέγιστη τιμή των αποδόσεων του συμβολαίου για όλες τις χρονικές περιόδους μεταξύ της χρονικής στιγμής  $t$  και  $\tau$ . Αν  $P_i$  με  $i=0,1,2,\dots,\tau$  είναι η απόδοση του δικαιώματος τη χρονική στιγμή  $i$  τότε:

#### *Δικαίωμα Πώλησης Ευρωπαϊκού Τύπου*

$$P_i = 0, \text{ για κάθε } i \neq \tau \text{ και}$$

$$P_\tau = (EU - x_\tau)^+ \text{ με } E \text{ η τιμή εξάσκησης}$$

Τα αντίστοιχα δικαιώματα Αμερικάνικου τύπου είναι τα εξής:

#### *Δικαίωμα Αγοράς και Πώλησης Αμερικάνικου Τύπου*

$$C_i = (x_i - Eu)^+$$

$$P_i = (EU - x_i)^+, \text{ για κάθε } t \leq i \leq \tau$$

[19]

### **6.3.3 Asian Options**

Οι Asian options είναι ιδιαίτερα δημοφιλής στην συναλλαγματική και εμπορεύσιμη αγορά και είναι επίσης γνωστές ως average options. Μια μέση αξία του δικαιώματος είναι λιγότερο ευμετάβλητη σε σχέση με το ίδιο το υποκείμενο στοιχείο. Οι επιλογές που βασίζονται σε μία μέση τιμή είναι πιο σταθερές και είναι πιο δύσκολο να χειραγωγηθούν στην τιμή από τον υποκείμενο τίτλο. Είναι δυνατόν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες όπως φαίνεται παρακάτω:

**Average price options:** στη λήξη του δικαιώματος πληρώνει τη διαφορά μεταξύ της εξάσκησης και μίας μέσης τιμής του υποκείμενου τίτλου που έχει επιτευχθεί κατά τη διάρκεια μιας καθορισμένης περιόδου της μέσης τιμής στην διάρκεια του δικαιώματος προαίρεσης.

**Average strike options:** η εξάσκηση του δικαιώματος είναι ο μέσος όρος της τιμής της

υποκείμενης αξίας κατά την προκαθορισμένη περίοδο αναφοράς, και κατά τη λήξη του δικαιώματος πληρώνει τη διαφορά μεταξύ αυτής της άσκησης του και της υποκείμενη τιμής της αγοράς

Η πιο κοινή απο αυτές τις δύο είναι με μεγάλη διαφορά η average price option. Και οι δύο μορφές μπορούν να δομηθούν ως δικαιώματα αγοράς ή πώλησης. Η άσκηση ενός δικαιώματος είναι γενικά Ευρωπαϊκού τύπου, αλλά είναι δυνατόν να προσδιορίσει πρόωρα την διάταξη της άσκησης του δικαιώματος βασιζόμενη στη μέση ημερομηνία.

[21]

### 6.3.4 Compound Options

Ένα compound option είναι απλώς ένα δικαίωμα προαίρεσης σε ένα άλλο δικαίωμα προαίρεσης. Πρακτικά σημαίνει ότι η πληρωμή εξάσκησης ενός compound δικαιώματος περιλαμβάνει την αξία ενός άλλου δικαιώματος προαίρεσης. Ένα compound δικαίωμα προαίρεσης έχει δύο ημερομηνίες λήξεως και δύο τιμές εξάσκησης. Έστω παράδειγμα ευρωπαϊκού τύπου δικαιώματος αγοράς σε ένα άλλο δικαίωμα αγοράς. Επίσης έστω  $t_1$  η πρώτη ημερομηνία λήξης όπου ο κάτοχος διαλέγει το δικαίωμα να αγοράσει ένα καινούριο δικαίωμα αγοράς χρησιμοποιώντας την τιμή εξάσκησης  $x_1$  ενώ  $t_2$  είναι η δεύτερη ημερομηνία λήξης του καινούριου δικαιώματος αγοράς και  $x_2$  η τιμή ξάσκησης του. Θεωρούμε τη χρονική στιγμή 0 ως την τρέχον στιγμή (current time) ενώ με  $S$  ορίζω τη τιμή του υποκείμενου περιουσιακού στοιχείου. Τότε ορίζω ως  $C(S, \tau; x)$  την αξία του δικαιώματος συναρτήσει της ημερομηνία λήξης  $\tau$  και της τιμής εξάσκησης  $x$ . Θεωρώ ως  $C_{call}$  του δικαιώματος αγοράς σε ένα δικαίωμα αγοράς την τρέχον χρονική στιγμή. Για την πρώτη χρονική στιγμή ημερομηνίας λήξης, η αξία του δικαιώματος θα είναι

$$C_{call} = \max[x_1, C(S, t_2 - t_1; x_2)]$$

Έστω  $S'$  η κρίσιμη τιμή του περιουσιακού στοιχείου έτσι ώστε  $C(S, t_2 - t_1; x_2) = x_1$ , τότε εάν  $S > S'$ , έχουμε  $C(S, t_2 - t_1; x_2) > x_1$  και κατά συνέπεια, ο κάτοχος θα πρέπει να ασκήσει

το δικαίωμα τη χρονική στιγμή  $t_1$ . Η τιμή του δικαιώματος αγοράς στο άλλο δικαίωμα την τρέχουσα χρονική στιγμή εξαρτάται από την από κοινού πιθανότητα ότι η τιμή του περιουσιακού στοιχείου είναι μεγαλύτερη από  $S$  τη χρονική στιγμή  $t_1$  και πάνω από  $x_2$  τη χρονική στιγμή  $t_2$ .

## 6.4. Η Διαφορά μεταξύ Real Options και Financial Options

Πολλές διαδικασίες αξιολόγησης των πραγματικών δικαιωμάτων προαίρεσης που προέρχεται από την αξιολόγηση των χρηματοοικονομικών δικαιωμάτων προαίρεσης έχουν το πρόβλημα ότι δεν ακολουθούν απαραίτητα τις ίδιες παραδοχές. Για παράδειγμα, η αξία των χρηματοοικονομικών δικαιωμάτων προαίρεσης δεν μπορεί ποτέ να είναι αρνητική, ενώ κάποια πραγματικά δικαιώματα προαίρεσης μπορούν να έχουν αρνητικές υποκείμενες αξίες των περιουσιακών στοιχείων. Μια άλλη σημαντική διαφορά είναι ότι οι πληροφορίες σχετικά με τις χρηματοοικονομικές παραμέτρους αποτίμησης δικαιωμάτων προαίρεσης είναι συχνά εύκολα διαθέσιμες για όλους στην αγορά. Αυτό δεν ισχύει για τα πραγματικά δικαιώματα προαίρεσης, και αυτή η αμφισημία θα πρέπει να θεωρείται τόσο στην πρακτική αποτίμηση όσο και στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων που υπολογίζονται. Για να γίνει αντιληπτή η έννοια καθώς και η διαφορά των χρηματοοικονομικών και πραγματικών δικαιωμάτων προαίρεσης θα παρουσιαστεί η παρακάτω συγκρητική λίστα.

### Χρηματοοικονομικά δικαιώματα προαίρεσης

#### Financial Options

- Μικρής διάρκειας, συνήθως μήνες.
- Η μεταβλητότητα είναι επαρκώς σταθερή.
- Η υποκείμενη μεταβλητή της κινητήριας αξίας τους είναι η τιμή των συμμετοχικών τίτλων ή είναι η τιμή ενός χρηματοοικονομικού περιουσιακού

### Πραγματικά δικαιώματα προαίρεσης

#### Real Options

- Μεγαλύτερης διάρκειας, συνήθως χρόνια.
- Χρονικά μεταβαλλόμενη μεταβλητότητα, συνήθως μείωση.
- Οι υποκείμενες μεταβλητές είναι ελεύθερες ταμειακές ροές, οι οποίες με τη σειρά τους καθοδηγούνται λόγω του ανταγωνισμού, της ζήτησης και της

- στοιχείου.
- Δεν μπορούν να ελέγχουν την αξία των δικαιωμάτων προαίρεσης χειρίζοντας τις τιμές των μετοχών.
- Οι αξίες είναι συνήθως μικρές.
- Οι ανταγωνιστικές ή οι αγοραίες επιπτώσεις είναι άσχετες με την αξία και την τιμολόγηση τους.
- Υπάρχουν και διαπραγματεύονται για περισσότερο από τρεις δεκαετίες.
- Συνήθως λύνονται με τη χρήση κλειστού τύπου Μερικών Διαφορικών Εξισώσεων και με τεχνικές μείωσης προσομοίωσης-διακύμανσης για τα εξωτικά δικαιώματα προαίρεσης
- Εμπορεύσιμη και διαπραγματεύσιμη ασφάλεια με συγκρίσιμα στοιχεία και πληροφορίες τιμολόγησης.
- Οι διοικητικές υποθέσεις και ενέργειες δεν έχουν καμία επίδραση στην εκτίμηση-αποτίμηση.
- Η αριθμητική ακρίβεια είναι πιο σημαντική.
- Έχουν υπάρξει για περισσότερο από 30 χρόνια.
- Εξαρτώνται μόνο από το άνευ κινδύνου επιτόκιο.
- Συνήθεις λειτουργίες εξόφλησης.
- Οι αυξήσεις της μεταβλητότητας είναι πάντα ευνοϊκές.
- διαχείρισης.
- Μπορεί να αυξήσει την στρατηγική αξία των δικαιωμάτων προαίρεσης με διοικητικές αποφάσεις και ευελιξία.
- Σημαντικές αποφάσεις εκατομμυριών και δισεκατομμυριών νομισματικών μονάδων.
- Ο ανταγωνισμός και η αγοραία αξία καθοδηγούν την αξία της στρατηγικής των δικαιωμάτων προαίρεσης.
- Μια πρόσφατη εξέλιξη στην εταιρική χρηματοδότηση εντός της τελευταίας δεκαετίας.
- Συνήθως λύνονται με τη χρήση εξισώσεων κλειστής μορφής και διωνυμικών πλεγμάτων με προσομοίωση των υποκείμενων μεταβλητών, όχι με επιλογή ανάλυσης.
- Μη διαπραγματεύσιμα και ιδιόκτητα στη φύση, χωρίς συγκρίσιμα στοιχεία της αγοράς
- Οι διοικητικές υποθέσεις και ενέργειες καθοδηγούν την αξία των πραγματικών δικαιωμάτων προαίρεσης.
- Η διαμόρφωση των δικαιωμάτων προαίρεσης είναι πιο σημαντική.
- Πρακτική χρήση για περίπου δύο δεκαετίες.
- Εξαρτώνται τόσο από το επιτόκιο χωρίς κίνδυνο όσο και από τον προσαρμοσμένο κίνδυνο πριμοδότησης ή ισορροπίας του επιτοκίου στο πλαίσιο του δυναμικού προγραμματισμού.
- Διαφορετικές και ενίοτε πολύπλοκες λειτουργίες εξόφλησης.
- Οι αύξεις της μεταβλητότητας μετά τις επενδύσεις μπορούν να έχουν αρνητικές επιπτώσεις.



- Συνήθως δεν υπάρχουν ασυμμετρίες στην πληροφόρηση.
- Μπορεί να υπάρξουν ασυμμετρίες με αυθαίρετες πιθανότητες.

## 6.5. Πραγματικά Δικαιώματα Προαίρεσης (Real Options)

Η προσέγγιση των real options είναι η μόνη που δίνει έμφαση στο περιθώριο ανόδου για τον κίνδυνο. Βασίζεται στο επιχείρημα ότι η αβεβαιότητα μπορεί μερικές φορές να είναι μια πηγή πρόσθετης αξίας, ιδίως σε εκείνους που είναι έτοιμοι να επωφεληθούν από αυτό.

Αυτή η ενότητα περιγράφει με πολύ γενικούς όρους, το επιχείρημα πίσω από την προσέγγιση των real options, επισημαίνοντας τα θεμέλια της σε δύο στοιχεία: την ικανότητα των ατόμων να μάθουν από ό, τι συμβαίνει γύρω τους όπως επίσης την προθυμία και την ικανότητα τους να τροποποιήσουν τη συμπεριφορά με βάση των όσων γνωρίζουν. Στη συνέχεια θα περιγραφούν οι διάφορες μορφές που μπορούν να λάβουν οι real options στην πράξη και πώς μπορούν να επηρεάσουν τον τρόπο που αξιολογείται η αξία των επενδύσεων και η συμπεριφορά.

### 6.5.1 Real Options, Risk Adjusted Value and Probabilistic Assessments

Κατά τον υπολογισμό του κινδύνου προσαρμοσμένης αξίας (**risk adjusted value**) των ριψοκίνδυνων κεφαλαίων (**risky assets**), γενικά εκτελείται μία προεξόφληση των αναμενόμενων μελλοντικών ταμειακών ροών, χρησιμοποιώντας ένα προεξοφλητικό επιτόκιο προσαρμοσμένο ώστε να αντικατοπτρίζει τον κίνδυνο. Χρησιμοποιούνται τα υψηλότερα ποσοστά προεξόφλησης για τα πιο ριψοκίνδυνα κεφάλαια και, επομένως, εκχωρείται μια χαμηλότερη τιμή για οποιοδήποτε δεδομένο σύνολο ταμειακών ροών. Κατά τη διαδικασία, πρέπει να αντιμετωπιστεί το έργο της μετατροπής όλων των δυνατών αποτελεσμάτων μελλοντικά σε ένα αναμενόμενο αριθμό. Οι αναμενόμενες ταμειακές ροές για ένα ριψοκίνδυνο κεφάλαιο, όταν ο κάτοχος του μπορεί να μάθει παρατηρώντας ό,τι συμβαίνει στις πρώιμες περιόδους και προσαρμόζοντας την συμπεριφορά, θα πρέπει να υποεκτιμηθούν, διότι ο κάτοχος δεν θα συλλάβει τη μείωση του καθοδικού-αρνητικού κινδύνου από την option to abandon και την επέκταση του περιθωρίου ανόδου από την options to expand και delay. Επομένως αυτό που προτείνουν οι real options είναι να υποστηρίζουν ότι ο

κίνδυνος προσαρμοσμένης αξίας, που προέρχεται από συμβατικές προσεγγίσεις αποτίμησης, είναι πολύ χαμηλός και ότι θα πρέπει να προστεθεί μια προσαύξηση ώστε να αντικατοπτρίζει τη δυνατότητα να προσαρμόσουν την παραγωγή σε αυτές τις επιχειρήσεις.

Η προσέγγιση που είναι πιο κοντά στις real options όσον αφορά την ενσωμάτωση της προσαρμοστικής συμπεριφοράς είναι τα δέντρα αποφάσεων (**decision trees**), όπου οι βέλτιστες αποφάσεις σε κάθε στάδιο εξαρτώνται από τα αποτελέσματα των προηγούμενων. Δύο προσεγγίσεις, όμως, είναι πιθανόν για δύο λόγους να αποδώσουν διαφορετικές τιμές για το ίδιο ριψοκίνδυνο κεφάλαιο. Αρχικά, το δένδρο απόφασης είναι χτισμένο σε πιθανότητες και επιτρέπει πολλαπλές καταλήξεις σε κάθε κλάδο, αντίθετα είναι δυσκολότερο να χειριστείς την αβεβαιότητα στην προσέγγιση της real option.

Στην διωνυμική εκδοχή του, μπορεί να υπάρχουν μόνο δύο αποτελέσματα σε κάθε στάδιο και οι πιθανότητες δεν προσδιορίζονται. Επίσης, τα προεξοφλητικά επιτόκια που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της παρούσας αξίας σε δέντρα απόφασης, τείνουν να είναι προσαρμοσμένοι κίνδυνοι και όχι εξαρτόμενοι από τον ενδιαφερόμενο κλάδο του δέντρου απόφασης.

Οι προσομοιώσεις και τα real options δεν είναι πολύ ανταγωνιστικές προσεγγίσεις για την αξιολόγηση του κινδύνου, καθώς είναι *συμπληρωματικές*. Δύο βασικά δεδομένα στην αποτίμηση των real options είναι πρώτον η αξία του υποκείμενου κεφαλαίου, η διακύμανση της αξίας αυτής και δεύτερον ότι συχνά προέρχονται από προσομοιώσεις. Παραδείγματος χάριν, για να εκτιμηθεί μία ευρεσιτεχνία απαιτείται η εκτίμηση της παρούσας αξίας των ταμειακών ροών από την ανάπτυξη αυτής καθώς και η μεταβλητότητα της αξίας αυτής, δίνοντας την αβεβαιότητα των εισροών. Δεδομένου ότι το συγκεκριμένο προϊόν δεν είναι αντικείμενο διαπραγμάτευσης, είναι δύσκολο να πάρει οποιαδήποτε από τις εισροές από την αγορά. Μια προσομοίωση Monte Carlo μπορεί να παρέχει και τις δύο τιμές.

### **6.5.2 Αξιολόγηση των Δικαιωμάτων Προαίρεσης σε μια Επενδυτική Ευκαιρία.**

Τα πραγματικά δικαιώματα προαίρεσης είναι παρόμοια με τα χρηματοοικονομικά

δικαιώματα προαίρεσης, εκτός από το ότι εφαρμόζουν την θεωρία των επιλογών για πραγματικά έργα ζωής και για όλους τους λόγους που παρουσιάστηκαν παραπάνω. Τα περισσότερα επενδυτικά σχέδια περιλαμβάνουν δικαιώματα προαίρεσης. Αυτά τα δικαιώματα προαίρεσης μπορούν να προσθέσουν σημαντική αξία στο έργο και συχνά είτε αγνοούνται είτε αξιολογούνται λανθασμένα. Παρακάτω θα αναλυθούν κάποια παραδείγματα των επιλογών αυτών.

### **Abandonment option – Δικαίωμα Εγκατάλειψης**

Είναι ένα δικαίωμα πώλησης ή διακοπής ενός έργου-σχεδίου. Είναι ένα *Αμερικάνικο δικαίωμα πώλησης* σχετικά με τη αξία του έργου. Η τιμή εξάσκησης του δικαιώματος προαίρεσης είναι η τιμή ρευστοποίησης (ή τιμή μεταπώλησης) του σχεδίου μείον τυχόν έξοδα κατά τη διαδικασία πάυσης αυτού. Για όσο η τιμή της ρευστοποίησης είναι χαμηλή, η τιμή εξάσκησης μπορεί να είναι αρνητική. Τα αποτελέσματα της διακοπής αυτής μετριάζουν τις επιπτώσεις των πολύ κακών επενδυτικών αποδόσεων και αυξάνουν την αποτίμηση του σχεδίου.

### **Expansion Option – Δικαίωμα Επέκτασης**

Σε αυτή την περίπτωση επιλέγει να προβεί σε περαιτέρω επενδύσεις και να αυξήσει την παραγωγή αν οι συνθήκες είναι ευνοϊκές. Είναι ένα *Αμερικάνικο δικαίωμα αγοράς* αυτή τη φορά, σχετικά με την αξία της επιπλέον δυναμικότητας (**capacity**). Η τιμή εξάσκησης του δικαιώματος αγοράς είναι το κόστος δημιουργίας της επιπλέον δυναμικότητας μειωμένη κατά τον χρόνο εξάσκησης του δικαιώματος προαίρεσης. Η τιμή εξάσκησης επίσης, πολλές φορές εξαρτάται από την αρχική επένδυση. Εάν αρχικώς η διοίκηση επιλέξει να χτίσει την δυναμικότητα της πέραν του αναμενόμενου επιπέδου της παραγωγής, η τιμή εξάσκησης μπορεί να είναι σχετικά μικρή.

### **Contraction Option – Δικαίωμα Συρρίκνωσης**

Αυτή είναι η επιλογή μείωσης του μεγέθους λειτουργίας του έργου. Είναι επίσης ένα *Αμερικάνικο δικαίωμα πώλησης* επί της αξίας της χαμένης δυναμικότητας. Η τιμή εξάσκησης είναι η τρέχουσα αξία των μελλοντικών δαπανών αποθηκευμένες την στιγμή της εξάσκησης του

δικαιώματος προαίρεσης.

### **Option to defer – Δικαίωμα Αναβολής**

Μία απο τις πιο σημαντικές επιλογές καθώς είναι ανοικτή στον διαχειριστή της. Είναι ένα *Αμερικάνικο δικαίωμα αγοράς* σχετικά με την αξία του σχεδίου

### **Option to Extend – Δικαίωμα Παράτασης**

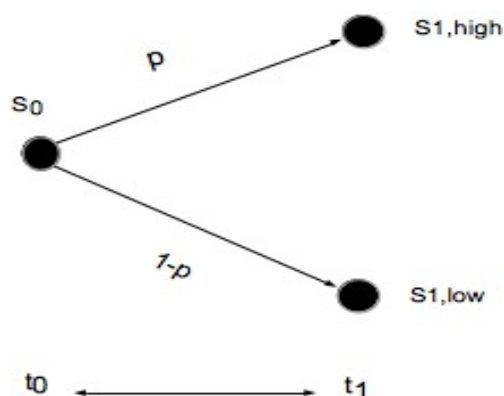
Μερικές φορές είναι δυνατόν να παρατείνεις τη διάρκεια ζωής ενός κεφαλαίου πληρώνοντας ένα σταθερό ποσό και αναφερόμαστε σε ένα *Ευρωπαϊκό δικαίωμα αγοράς* σχετικά με τη μελλοντική αξία του κεφαλαίου.

[15]

## 7.1 Διωνυμικό Μοντέλο (Binomial Model)

Η κατασκευή ενός διωνυμικού δένδρου αποτελεί μία χρήσιμη και ιδιαίτερα δημοφιλή τεχνική τιμολόγησης των μετοχών. Αυτό το διάγραμμα αντιπροσωπεύει διαφορετικά πιθανά μονοπάτια τα οποία θα μπορούσε να ακολουθήσει η τιμή της μετοχής κατά τη διάρκεια ζωής του δικαιώματος προαίρεσης.

Στον χρηματοοικονομικό κόσμο, το **Black-Scholes μοντέλο** καθώς και το **Διωνυμικό μοντέλο** αποτίμησης είναι δύο από τις πιο σημαντικές έννοιες στη σύγχρονη χρηματοοικονομική θεωρία. Και οι δύο χρησιμοποιούνται για να εκτιμήσουν ένα δικαίωμα προαίρεσης, και το καθένα έχει τα δικά του πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά. [23]



Εικόνα 10: One step model

Θεωρείται λοιπόν ότι σε κάθε χρονική στιγμή η τιμή της μετοχή έχει δυνατότητα ανόδου με πιθανότητα  $p$  και δυνατότητα καθόδου με πιθανότητα  $1-p$ , όπως φαίνεται στην Εικόνα 10 και το οποίο αποτελεί και την πιο απλή μορφή διωνυμικού δένδρου (one step).

### 7.1.1 Διωνυμικό Μοντέλο

Το διωνυμικό μοντέλο αποτίμησης δικαιωμάτων προαίρεσης βασίζεται σε μια ειδική περίπτωση κατά την οποία η τιμή μιας μετοχής πάνω από κάποιο χρονικό διάστημα μπορεί είτε να αυξηθεί κατά ποσοστό  $u$  (**συντελεστής ανόδου**) ή να μειωθεί κατά  $d$  (**συντελεστής καθόδου**) τοις εκατό. Προφανώς έχουμε ότι  $0 < d < 1 < u$ . Ταυτόχρονα συμβολίζουμε την άνοδο με  $0$  ενώ την κάθοδο με  $1$ , επομένως το σύνολο των καταστάσεων την χρονική στιγμή  $T$  προκύπτει από όλους τους δυνατούς συνδυασμούς αυτών.

Για να γίνει πλήρως κατανοητό το δένδρο που θα δημιουργηθεί, το οποίο ονομάζεται και δένδρο πληροφόρησης κάνουμε τα εξής: έστω ότι  $S_0$  είναι η τιμή της μετοχής την χρονική στιγμή μηδέν, αυτό σημαίνει ότι την χρονική στιγμή 1 θα είναι  $u S_0$  σε περίπτωση ανόδου και  $d S_0$  σε περίπτωση καθόδου, ενώ τη χρονική στιγμή 2 θα είναι  $u^2 S_0$ ,  $u d S_0$ ,  $d u S_0$ ,  $d^2 S_0$  στις καταστάσεις 00,01,10 και 11 αντίστοιχα. Με τον ίδιο ακριβώς τρόπο συνεχίζεται το δένδρο μέχρι την χρονική στιγμή  $T$ .

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι στο διωνυμικό μοντέλο υποθέτουμε ότι η μετοχή δεν δίνει μερίσματα και η τιμή πώλησης της μετοχής είναι εκείνη που θεωρείται ως απόδοση. Με  $q$  θα συμβολίζεται το *διάνυσμα τιμών* της μετοχής που όπως αναφέραμε, υποθέτουμε ότι η τιμή της μετοχής την χρονική στιγμή μηδέν είναι  $S_0$ . Επιπλέον, θα συμβολίζουμε με  $r$  το *σταθερό επιτόκιο* μεταξύ δύο διαδοχικών χρονικών περιόδων.

Αν ένα δικαίωμα αγοράς (call option) πραγματοποιήθηκε στο χρηματιστήριο με τιμή εξάσκησης  $E$  τότε το αποτέλεσμα – απόδοση (payoff) για την αγορά (call) είναι:

$$C_u = \max((S_u - E), 0)$$

ή

$$C_d = \max((S_d - E), 0)$$

όπου  $E$  η τιμή εξάσκησης (strike price),  $S_u = S_0(1+u)$  και  $S_d = S_0(1+d)$  [19,23]

Τώρα σκεφτείτε ένα χαρτοφυλάκιο που αποτελείται από ένα πωληθέν δικαίωμα προαίρεσης (call) και έστω  $h$  μετοχές του αποθέματος. Δηλαδή, ο ιδιοκτήτης του χαρτοφυλακίου κατέχει  $h$  μετοχές του αποθέματος και στη συνέχεια πωλεί (γράφει) ένα δικαίωμα αγοράς με ημερομηνία λήξης μιας περιόδου. Αν η τιμή της μετοχής ανέβει, το χαρτοφυλάκιο έχει αξία

$$V_u = hS_u - C_u$$

ενώ αν κατέβει προς τα κάτω τότε έχει αξία

$$V_d = hS_d - C_d$$

[23]

Εάν το ίδιο αποτέλεσμα επιτυγχάνεται ανεξάρτητα από το τι κάνει η τιμή της μετοχής, η κατάσταση θεωρείται ακίνδυνη (riskless). Είναι εφικτό λοιπόν να επιλεγεί μία τιμή του  $h$  έτσι ώστε να συμβεί το παραπάνω. Απλώς θέτουμε  $V_u = V_d$

$$hS_u - C_u = hS_d - C_d$$

Λύνοντας ως προς  $h$ ,

$$h = \frac{C_u - C_d}{S_u - S_d}$$

όπου  $h$  ο αριθμός των μετοχών για την αγορά ενός risk-free χαρτοφυλακίου.

Μία ακίνδυνη (riskless) επένδυση πρέπει να κερδίσει μια επιστροφή ίση με το επιτόκιο

μηδενικού κινδύνου. Ως εκ τούτου, η αξία του χαρτοφυλακίου μία περίοδο αργότερα θα πρέπει να ισούται με την τρέχουσα αξία που προστέθηκε για ένα χρονικό διάστημα στο επιτόκιο μηδενικού κινδύνου. Αν κάτι τέτοιο δεν συμβεί τότε το χαρτοφυλάκιο θα αποτιμηθεί εσφαλμένα και θα αντιπροσωπεύει ένα πιθανό arbitrage.

Εάν η τρέχουσα αξία του χαρτοφυλακίου αυξηθεί κατά το επιτόκιο μηδενικού κινδύνου, η αξία του στη λήξη του δικαιώματος προαίρεσης θα είναι  $(hS-C)(1+r)$ . Οι δύο τιμές του χαρτοφυλακίου στη λήξη του δικαιώματος,  $V_u$  και  $V_d$ , είναι ίσες, έτσι μπορεί να επιλεγεί οποιοδήποτε από τα δύο. Επιλέγοντας το  $V_u$  και θέτοντας το ίσο με την αρχική αξία του χαρτοφυλακίου επηρεασμένο από το επιτόκιο μηδενικού κινδύνου δίνει

$$V(1+r) = V_u$$

$$(hS - C)(1+r) = hS(1+u) - C_u$$

Λαμβάνοντας υπόψιν τον τύπο του  $h$  και λύνοντας ως προς  $h$  μας δίνεται ο **τύπος τιμολόγησης** του δικαιώματος προαίρεσης,

$$C = \frac{pC_u + (1-p)C_d}{1+r}$$

όπου  $p = \frac{r-d}{u-d}$

## Arbitrage

Arbitrage ορίζεται ως η ευκαιρία ή το ενδεχόμενο μη μηδενικής πιθανότητας παραγωγής κέρδους. Ένας επενδυτής μπορεί να κερδίσει αυτό το ποσό (κέρδος) χωρίς να εμπλακεί καθόλου με την έννοια του ρίσκου- επενδυτικού κινδύνου.



Ένας επιπλέον ορισμός που θα μπορούσαμε να δώσουμε για το arbitrage είναι ότι αποτελεί μια μη μηδενική πιθανότητα στο ενδεχόμενο να ξεκινήσει ο επενδυτής με μηδενικό κεφάλαιο και να καταλήξει μετά από κάποιο χρονικό διάστημα με μη μηδενικό κεφάλαιο.

Είναι γνωστό λοιπόν ότι  $C_{1,t}$  η τιμή διαπραγμάτευσης ενός δικαιώματος αγοράς (call option) τη χρονική στιγμή  $t$  και  $C_{2,t}$  η τιμή διαπραγμάτευσης ενός δεύτερου δικαιώματος τη χρονική στιγμή  $t$ . Η ημερομηνία λήξεως και για τα δύο δικαιώματα θεωρούμαι ότι είναι τη χρονική στιγμή  $\tau$  και προφανώς σχετίζονται με τον ίδιο υποκείμενο τίτλο. Επίσης, η αξία του υποκείμενου τίτλου τη χρονική στιγμή  $t$  είναι  $S_t$ .

Υποθέτουμε ότι υπάρχει δυνατότητα δανείου ύψους  $E$ , μηδενικού ρίσκου και επιτοκίου  $r$ , τότε ισχύει η ισότητα (σύμφωνα με τη θεωρία για το arbitrage) :

$$S_t + C_{2,t} = C_{1,t} + Ee^{-r\tau}$$

η παραπάνω ισότητα είναι γνωστή ως «Put-Call Parity», ενώ είναι γνωστό πως  $E$  είναι η τιμή εξάσκησης του υποκείμενου τίτλου κατά την ημερομηνία λήξεως του δικαιώματος μετά από χρόνο  $\tau$ .

Το arbitrage υπάρχει ως αποτέλεσμα της αναποτελεσματικότητας της αγοράς και παρέχει ένα μηχανισμό για την εξασφάλιση των τιμών και ότι δεν αποκλίνουν σημαντικά από την δίκαιη αξία για μεγάλες χρονικές περιόδους.

### 7.1.2 Βασικοί λόγοι εφαρμογής του διωνυμικού μοντέλου.

- Μέθοδοι που βασίζονται σε δέντρο μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη απόκτηση των τιμών των δικαιωμάτων προαίρεσης, οι οποίες είναι ιδιαίτερα δημοφιλής για την τιμολόγηση των Αμερικάνικων δικαιωμάτων προαίρεσης, δεδομένου ότι πολλές φόρμουλες που διατίθενται σήμερα κλειστής μορφής είναι μόνο τα Ευρωπαϊκά δικαιώματα προαίρεσης.
- Διωνυμικά και τριωνυμικά δέντρα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να τιμολογήσουν πολλά από τα δικαιώματα προαίρεσης, συμπεριλαμβανομένων των δικαιωμάτων

προαίρεσης plain vanilla, αλλά και τα εξωτικά δικαιώματα καθώς και τις barrier options, τις Asian options και πολλά άλλα.

- Για τα δέντρα, η τιμή ενός Ευρωπαϊκού δικαιώματος προαίρεσης συγκλίνει με την τιμή των Black-Scholes. Η εκτίμηση των Αμερικανικών δικαιωμάτων προαίρεσης γίνεται μέσω της εκτίμησης του αν η πρόωρη εξάσκηση αυτών είναι κερδοφόρα σε κάθε κόμβο του δέντρου.
- Το πλεονέκτημα των διωνυμικών και τριωνυμικών δέντρων είναι ότι όχι μόνο μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση σχεδόν κάθε είδους δικαιώματος προαίρεσης, αλλά είναι πολύ εύκολο να εφαρμοστούν.

[22]

### 7.1.3 Διάνυσμα απόδοσης

Το δικαίωμα αγοράς (call option) Ευρωπαϊκού τύπου της μετοχής με διάνυσμα τιμών  $q$  το οποίο είναι συναρτήσεως του  $s$  και τιμή εξάσκησης  $E$ , είναι το ένα χρηματοοικονομικό συμβόλαιο με διάνυσμα απόδοσης  $W$  τέτοιο ώστε:

$$W_t = 0, \text{ για κάθε } t < T$$

και

$$W_t = (q_T - E)^+, \text{ για κάθε } s \in S$$

Ενώ το δικαίωμα πώλησης (put option) Ευρωπαϊκού τύπου με τα ίδια ακριβώς δεδομένα είναι:

$$W_t = 0, \text{ για κάθε } t < T$$

και

$$W_t = (E - q_T)^+, \text{ για κάθε } s \in S$$

## 7.1.4. Απλή και πιο σύνθετη μορφή διωνυμικού μοντέλου

### 7.1.4.1 One step binomial tree

#### Ενδεικτικό παράδειγμα

Εξετάζουμε ένα απόθεμα το οποίο διατίθεται στην τιμή των 60€ την συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Την επόμενη περίοδο μπορεί να ανέβει στην τιμή των 69€, μία αύξηση της τάξης του 15%, ή να κατέβει προς τα κάτω στην τιμή των 48€, μία μείωση του 20%. Υποθέτουμε την ύπαρξη ενός δικαιώματος αγοράς (call option) με τιμή εξάσκησης 50€. Το επιτόκιο μηδενικού κινδύνου είναι ίσο με 10%.

Επομένως τα ακόλουθα δεδομένα είναι γνωστά:

$$S_0 = 60\text{€}$$

$$u = 0,15$$

$$d = - 0,20$$

$$E = 50\text{€}$$

$$r = 0,10$$

Αρχικά θα υπολογιστούν οι τιμές των  $C_u$  και  $C_d$  :

$$\begin{aligned} C_u &= \max(0, S_u - E) \\ &= \max(0, 60(1,15) - 50) \\ &= \max(0, 19) = 19 \end{aligned}$$

$$C_d = \max(0, S_d - E)$$

$$\begin{aligned}
&= \max(0, 60(0,80) - 50) \\
&= \max(0, -2) = 0
\end{aligned}$$

ενώ για τη σχέση αντιστάθμισης  $h$  ισχύει,

$$h = \frac{19 - 0}{69 - 48} = 0,905$$

Η αντιστάθμιση απαιτεί 0.905 μετοχές του αποθέματος για κάθε αγορά (call). Η τιμή του  $p$  είναι

$$p = \frac{0,10 - (-0,20)}{0,15 - (-0,20)} = 0,857$$

$$\text{τότε } 1 - p = 0,143$$

Εν συνεχεία θα υπολογιστεί η θεωρητική δίκαιη αξία του δικαιώματος αγοράς,

$$C = \frac{19(0,857)}{0,10 + 1} = 14,80 \text{ €}$$

### Ένα αντισταθμισμένο χαρτοφυλάκιο

Έστω ένα αντισταθμισμένο χαρτοφυλάκιο το οποίο αποτελείται από μία short position των 1000 calls ενώ αποτελείται από μία long position των 905 μετοχών. Είναι σημαντικό να τονίσουμε ότι ο αριθμός των μετοχών καθορίζεται από τη σχέση αντιστάθμισης η οποία έχει υπολογιστεί σε 0.905 μετοχές ανά γραπτή αγορά (written call).

Ως εκ τούτου, η τρέχουσα αξία του χαρτοφυλακίου θα είναι

$$V = hS_0 - C$$

$$\begin{aligned}
&= 905(60\text{€}) - 1.000(14,80\text{€}) \\
&= 39.500\text{€}
\end{aligned}$$

Επομένως, γίνεται αγορά 905 μετοχών στην τιμή των 60€ ανα μετοχή και γράφονται 1.000 αγορές (calls) στην τιμή των 14,80€. Αυτό απαιτεί την καταβολή πληρωμής του ποσού  $905(60\text{€}) = 54.300\text{€}$  για το απόθεμα ενώ λαμβάνει για τις αγορές (calls)  $1000(14,80\text{€}) = 14.800\text{€}$ . Τελικά, η καθαρή δαπάνη σε μετρητά θα είναι  $54.300\text{€} - 14.800\text{€} = 39.500\text{€}$ . Αυτό το ποσό αντοπροσωπεύει τα περιουσιακά στοιχεία ή αλλιώς το απόθεμα μείον τις υποχρεώσεις ή αλλιώς τις αγορές και ως εκ τούτου την καθαρή αξία, ή μπορούμε να πούμε ότι είναι το ποσό που πρέπει ο επενδυτής να δεσμευτεί για την συναλλαγή.

Εάν τώρα το απόθεμα έχει ανοδική πορεία στη τιμή των 60€ τότε το δικαίωμα αγοράς θα ασκηθεί για μία τιμή της τάξης  $69\text{€} - 50\text{€} = 19\text{€}$ . Το απόθεμα θα αξίζει  $905(69\text{€}) = 62.445\text{€}$ . Επομένως, το χαρτοφυλάκιο θα αξίζει

$$\begin{aligned}
V_u &= hS_u - C_u \\
&= 905(69\text{€}) - 1000(19\text{€}) \\
&= 43.445\text{€}
\end{aligned}$$

ενώ αν το απόθεμα έχει καθοδική πορεία στη τιμή των 48€ τότε η αγορά θα λήξει χωρίς καμία επιβάρυνση. Το χαρτοφυλάκιο θα έχει αξία η οποία θα ανέρχεται στην τιμή των

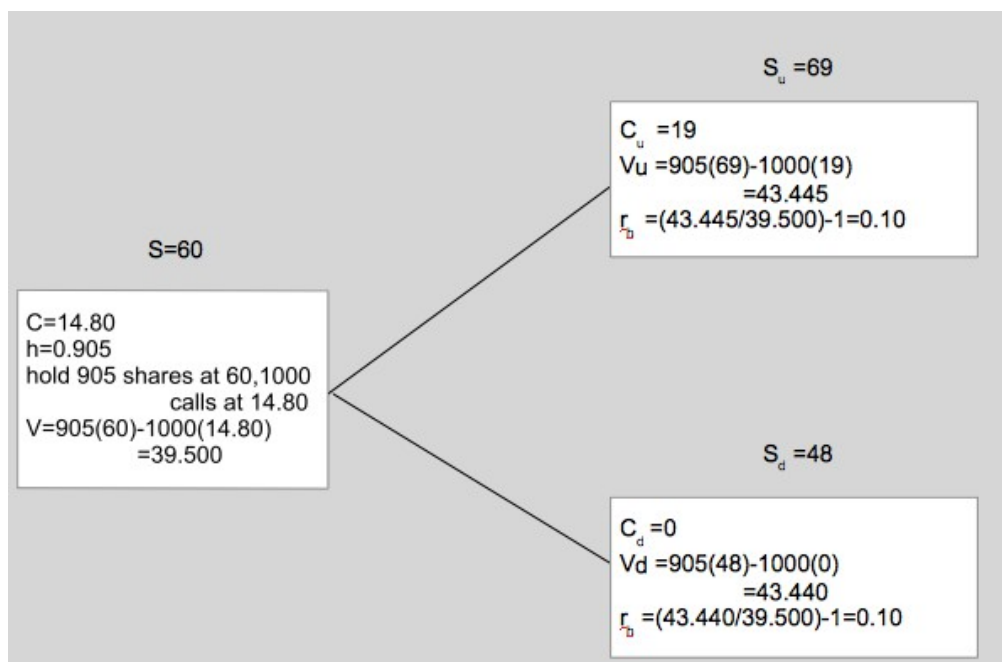
$$\begin{aligned}
V_d &= hS_d - C_d \\
&= 905(48\text{€}) \\
&= 43.400\text{€}
\end{aligned}$$

Είναι σημαντικό να τονιστεί και να θεωρείται δεδομένο από εδώ και στο εξής ότι αυτές οι δύο αξίες του χρηματοφυλακίου κατά τη λήξη του δικαιώματος αγοράς είναι ουσιαστικά ίσες για τον λόγο ότι η διαφορά των 5€ οφείλεται στην στρογγυλοποίηση της σχέσης αντιστάθμισης και της αρχικής τιμής της αγοράς.

Η απόδοση σε αυτό το αντισταθμισμένο χαρτοφυλάκιο είναι η εξής,

$$r_h = \frac{43.445 \text{ €}}{39.500 \text{ €}} - 1 = 0,10$$

το οποίο είναι το επιτόκιο μηδενικού κινδύνου. Η αρχική επένδυση των 39.500€ θα έχει αυξηθεί σε 43.445€, μία απόδοση γύρω στο 10% - ουσιαστικά όσο το επιτόκιο μηδενικού κινδύνου.



Εικόνα 11: One-Period Binomial Model

Εάν η τιμή του δικαιώματος αγοράς δεν ήταν 14,80€ τότε θα υπήρχε μία ευκαιρία arbitrage. Αρχικά θα εξετάσουμε την περίπτωση όπου το δικαίωμα αγοράς είναι υπερεκτιμημένο.

### Υπερτιμημένο Δικαίωμα Αγοράς

Εάν το δικαίωμα αγοράς ήταν υπερεκτιμημένο, μία ακίνδυνη αντιστάθμιση θα μπορούσε να δημιουργήσει μία απόδοση που δεν εμπεριέχει επίσης την έννοια του κινδύνου και θα υπερβαίνει το επιτόκιο μηδενικού κινδύνου. Υποθέτουμε ότι η τιμή του δικαιώματος αγοράς είναι 15.50€. Εάν

αγοραστούν 905 μετοχές και γραφτούν 1000 αγορές, η αξία της επένδυσης σήμερα είναι

$$V = 905(60 \text{ €}) - 1.000(15,50 \text{ €}) = 38.800 \text{ €}$$

εάν το απόθεμα έχει ανοδική πορεία τότε,

$$\begin{aligned} V_u &= hS_u - C_u \\ &= 905(69 \text{ €}) - 1.000(19 \text{ €}) \\ &= 43.445 \text{ €} \end{aligned}$$

ενώ αν η μετοχή έχει καθοδική πορεία τότε

$$\begin{aligned} V_d &= hS_d - C_d \\ &= 905(48 \text{ €}) \\ &= 43.440 \text{ €} \end{aligned}$$

Το ίδιο ακριβώς ισχύει και σε αυτή την περίπτωση όσον αφορά την διαφορά των 5€. Εν τέλει, η αρχική επένδυση των 38.800€ θα έχει αυξηθεί σε 43.445€, με απόδοση

$$r_h = \frac{43.445 \text{ €}}{38.800 \text{ €}} - 1 = 0,12$$

η οποία είναι σημαντικά μεγαλύτερη από το επιτόκιο μηδενικού κινδύνου.

Ένα riskless χαρτοφυλάκιο το οποίο κερδίζει περισσότερα από ό,τι το επιτόκιο μηδενικού κινδύνου είναι προφανές ότι θα θεωρείται ιδιαίτερα ελκυστικό. Όλοι οι επενδυτές θα αναγνωρίσουν αυτήν την ευκαιρία και θα βιαστούν να εκτελέσουν την συναλλαγή. Αυτή η τάση αυτομάτως θα

αυξήσει την ζήτηση του αποθέματος και της προμήθειας του δικαιώματος προαίρεσης. Συνεπώς, η τιμή του αποθέματος θα τείνει να αυξηθεί και η τιμή του δικαιώματος προαίρεσης θα μειωθεί έως ότου το δικαίωμα προαίρεσης να τιμολογηθεί σωστά. Ποιο αναλυτικά, υποθέτουμε ότι η τιμή του αποθέματος παραμένει στα 60€. Τότε η τιμή του δικαιώματος προαίρεσης θα πρέπει να πέσει από την τιμή των 15.50€ στην τιμή των 14.80€. Μόνο στην τιμή των 14.80€ το χαρτοφυλάκιο μηδενικού κινδύνου θα μπορέσει να αποφέρει μία απόδοση ίση με το επιτόκιο μηδενικού κινδύνου.

### Υποτιμημένο Δικαίωμα Αγοράς

Εάν τώρα το δικαίωμα προαίρεσης είναι υποεκτιμημένο, είναι απαραίτητο να επιτευχθεί η αγορά του. Για να αντισταθμιστεί μια long position-θετική θέση, θα πρέπει να πουληθεί το απόθεμα βραχυπρόθεσμα. Γίνεται η υπόθεση ότι το δικαίωμα αγοράς διατίθεται στην τιμή των 14€. Τότε, πωλούνται σε σύντομο χρονικό διάστημα 905 μετοχές στην τιμή των 60€, η οποία δημιουργεί μια ταμειακή εισροή της τάξης  $905(60€)=54.300€$ . Στην συνέχεια, αγοράζονται 1000 calls των 14€ το κάθε ένα με ένα συνολικό κόστος 14.000€. Αυτό παράγει μία καθαρή ταμειακή εισροή 40.300€.

Εάν το απόθεμα έχει ανοδική πορεία τότε η καθαρή ταμειακή εισροή θα είναι

$$-905(69€)+1.000(69€-50€)=62.445€+19.000€=-43.445€$$

Ενώ αν το απόθεμα έχει καθοδική πορεία τότε πληρώνεις  $905*48€=43.440€$  καθώς τα calls λήγουν άνευ αξίας. Η διαφορά των 5€ δημιουργείται καθαρά και μόνο λόγω της στρογγυλοποίησης.

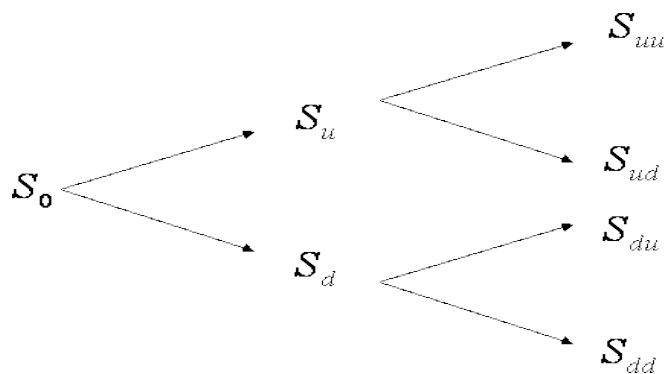
Και στα δύο αποτελέσματα, οι αποδόσεις είναι ουσιαστικά ισοδύναμες. Η συνολική συναλλαγή θα μπορούσε να παρομοιαστεί σαν ένα δάνειο στο οποίο δέχεσαι εκ των προτέρων (μπροστά) 40.300€ και πληρώνεις πίσω αργότερα 43.400€. Επομένως το επιτόκιο θα είναι

$$r_h = \frac{43.440€}{40.300€} = 0,078$$



Επειδή όμως αυτή η συναλλαγή είναι η ίδια με το να δανειστείς με επιτόκιο 7,8% ενώ το επιτόκιο μηδενικού κινδύνου είναι 10,0%, είναι μια ελκυστική ευκαιρία δανεισμού. Όλοι οι επενδυτές θα αναγνωρίσουν την ευκαιρία αυτή και θα εκτελέσουν την συναλλαγή. Αυτό όμως θα τείνει να οδηγήσει την τιμή του δικαιώματος αγοράς σε αύξηση, ή πιθανώς να οδηγήσει την τιμή του αποθέματος σε μείωση έως ότου να επιτευχθεί η ισορροπία. Εάν η τιμή του αποθέματος παραμείνει σταθερή στα 60€, η ισορροπία θα επιτευχθεί όταν η τιμή του δικαιώματος προαίρεσης ανέλθει στα 14.80€.

#### 7.1.4.2 Two-Step Binomial Tree



Εικόνα 12: Two-Step Binomial Tree

Όπως και με το one step tree, κατά την πρώτη περίοδο του χρόνου στο μοντέλο δύο σταδίων η τιμή του περιουσιακού στοιχείου μπορεί να κινηθεί είτε προς τα πάνω  $S_u$  ή προς τα κάτω  $S_d$ . Κατά τη διάρκεια της δεύτερης περιόδου, εάν η τιμή ανεβεί σε  $S_u$  κατά την πρώτη περίοδο, τότε η τιμή μπορεί να κινηθεί είτε  $S_{uu}$  ή  $S_{ud}$ . Ωστόσο, αν η τιμή μετακινηθεί προς τα κάτω κατά την πρώτη περίοδο σε  $S_d$ , στη συνέχεια, κατά τη δεύτερη περίοδο μπορεί να κινηθεί είτε  $S_{du}$  ή  $S_{dd}$ .

Αν  $S_{ud} = S_{du}$  τότε το δέντρο με τις τιμές λέγεται ότι είναι ανασυνδυασμένο. Ωστόσο, αν δεν είναι ίσες, τότε το δέντρο λέγεται ότι είναι θαμνώδες.

Δεδομένου ότι υπάρχουν συνήθως δεκάδες αν όχι εκατοντάδες ή χιλιάδες χρονικά βήματα που ελήφθησαν κατά την τιμολόγηση ενός δικαιώματος προαίρεσης, η ποσότητα των δεδομένων (και επομένως η μνήμη του υπολογιστή, και ο χρόνος υπολογισμού) που απαιτούνται για τον υπολογισμό ενός μη θαμνώδους δέντρου είναι συνήθως απαγορευτικός και ως εκ τούτου χρησιμοποιούνται σπάνια.[24]

### **Example (συνέχεια του προηγούμενου)**

Εξετάζουμε τώρα το παράδειγμα σε δύο περιόδους. Όλα τα δεδομένα παραμένουν ίδια. Οι πιθανές τιμές του αποθέματος κατά τη λήξη είναι

$$S_{u^2} = S(1+u)^2 = 60(1.15)^2 = 79.35$$

$$S_{ud} = S(1+u)(1+d) = 60(1.15)(0.80) = 55.20$$

$$S_{d^2} = S(1+d)^2 = 60(0.80)^2 = 38.40$$

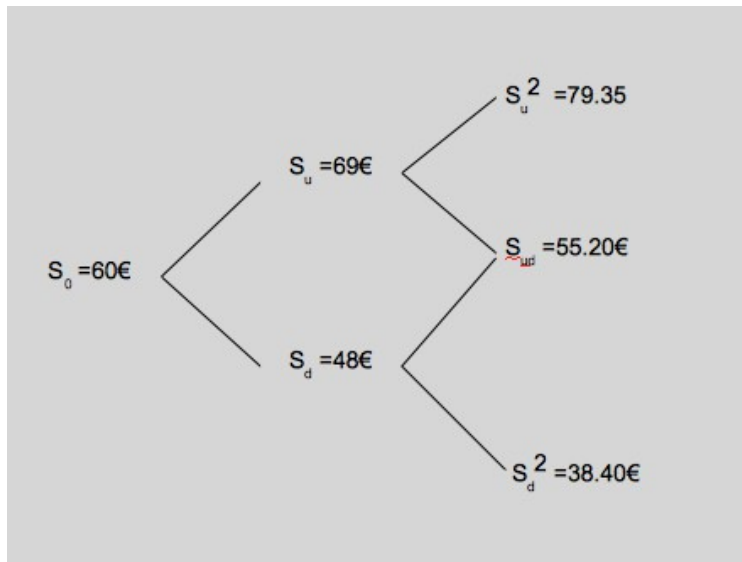
Οι τιμές των calls κατά την ημερομηνία λήξης είναι

$$C_{u^2} = \max(0, S_{u^2} - E) = \max(0, 29.35) = 29.35 \text{ €}$$

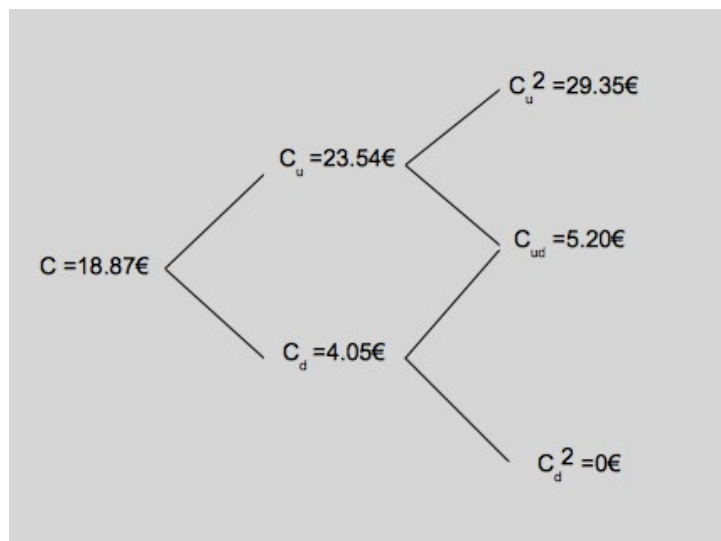
$$C_{ud} = \max(0, S_{ud} - E) = \max(0, 5.20) = 5.20 \text{ €}$$

$$C_{d^2} = \max(0, S_{d^2} - E) = \max(0, -1.16) = 0$$

Η τιμή του  $p$  είναι η ίδια ανεξάρτητα από τον αριθμό των περιόδων στο μοντέλο.



*Εικόνα 13: The stock price path*



*Εικόνα 14: The call price path*

Είναι δυνατόν να βρεθούν οι τιμές των calls για κάθε μία από τις δύο μεθόδους που περιγράφηκαν στον πρώτο παράδειγμα.

$$C_u = \frac{(0,857)(29,35) + (0,143)(5,20)}{1,10} = 23,54 \text{ €}$$

$$C_d = \frac{(0,857)(5,20) + (0,143)(0)}{1,10} = 4,05 \text{ €}$$

Τελικά, η αξία του δικαιώματος αγοράς σήμερα είναι ένας σταθμισμένος μέσος όρος των δύο δυνατών τιμών των call μία περίοδο μεταγενέστερα.

$$C = \frac{pC_u + (1-p)C_{ud}}{1+r}$$

$$C = \frac{(0,857)(23,54) + (0,143)(4,05)}{1,10} = 18,87 \text{ €}$$

Σημείωση: Ένα δικαίωμα αγοράς μεγαλύτερης διάρκειας, με μεγαλύτερο περιθώριο λήξεως δηλαδή, δεν γίνεται ποτέ να αξίζει λιγότερο από ό,τι ένα άλλο με μικρότερη διάρκεια και συνήθως αξίζει περισσότερο. Εάν η αρχή αυτή δεν ισχύει, σημαίνει πως κάποιο λάθος έχει συμβεί με το μοντέλο μας.

### Αντισταθμισμένο χαρτοφυλάκιο

Το χαρτοφυλάκιο θα περιέχει 1000 short calls ενώ ξεκινάει με  $C=18,87\text{€}$ . Ο αριθμός των μετοχών είναι

$$h = \frac{C_u - C_d}{S_u - S_d}$$

$$h = \frac{23,54 \text{ €} - 4,05 \text{ €}}{69 \text{ €} - 48 \text{ €}} = 0,928$$

Ως εκ τούτου, εκτελείται αγορά 928 μετοχών του αποθέματος και γράφονται 1000 calls. Η συναλλαγή μπορεί να συνοψιστεί ως εξής:

- αγορά 928 μετοχών στην τιμή των 60€ = 55.680€ (assets)
- γράφονται 1000 calls στην τιμή των 18.87€ = -18.870€ (liabilities)
- καθαρή επένδυση = 36.810€ (net worth)

### Από την κατάσταση $S_0$ στην κατάσταση $S_u$

Χαρτοφυλάκιο: 928 μετοχές (69€)

1000 calls (23,54€)

Επομένως προκύπτει η αξία του χαρτοφυλακίου που είναι

$$V_u = (928)(69 \text{ €}) - 23,54 = 40.492 \text{ €}$$

Η επένδυση τελικά αυξήθηκε απο το ποσό των 36.810€ στο ποσό των 40.492€. Σε αυτό το στάδιο, θα πρέπει να ελεγχθεί ότι αυτή η διαφορά έχει ένα 10% επιστροφή (απόδοση), δηλαδή όσο το επιτόκιο μηδενικού κινδύνου. Για να γίνει εφικτό να διατηρηθεί μια αντιστάθμιση στο επόμενο χρονικό διάστημα, πρέπει να αναθεωρήσουμε τη σχέση αντιστάθμισης. Η καινούρια σχέση αντιστάθμισης είναι

$$h_u = \frac{C_{u^2} - C_{ud}}{S_{u^2} - S_{ud}}$$

$$h_u = \frac{29,35 - 5,20}{79,35 - 55,20} = 1$$

Η καινούρια σχέση αντιστάθμισης  $h_u$  θα είναι μία μετοχή του αποθέματος για κάθε αγορά (call). Στην πραγματικότητα, εάν η αγορά έχει μία υπολοιπόμενη περίοδο και δεν υπάρχει καμία πιθανότητα να λήξει έξω από το όριο των χρημάτων, τότε το  $h_u$  θα είναι 1. Για την ουσιαστική καθιέρωση της καινούριας σχέσης αντιστάθμισης χρειαζόμαστε είτε 928 μετοχές είτε 1.000 calls. Επομένως, είτε μπορεί να γίνει επαναγορά 72 calls και να μείνουν 928, είτε να αγοραστούν 72 μετοχές δίνοντας αποτέλεσμα 1.000 μετοχών. Μιας και είναι όμως πιο φθηνή η αγορά των calls, επιλέγεται η επαναγορά τους στην τιμή των 23,54€/call , συνολικό ποσό που ανέρχεται στα 1.695€.

Για την αποφυγή της έκθεσης των ατομικών κερδών, συνήθως δανείζονται απο τα χρήματα του επιτόκιου μηδενικού κινδύνου.

### Από την κατάσταση $S_0$ στην κατάσταση $S_d$

Χαρτοφυλάκιο: 928 μετοχές στην τιμή των 48€ = 44.544€

1000 calls στην τιμή των 4,05€ = 4.050€

Η αξία χαρτοφυλακίου θα είναι

$$V_d = 928(48 \text{ €}) - 1000(4,05 \text{ €}) = 40.494 \text{ €}$$

το οποίο διαφέρει από το αποτέλεσμα όταν η τιμή της μετοχής ήταν 69€ μόνο κατά ένα σφάλμα στρογγυλοποίησης. Δεδομένου ότι η απόδοση είναι η ίδια, ανεξάρτητα από την αλλαγή στην τιμή της μετοχής, το χαρτοφυλάκιο θεωρείται πως είναι ακίνδυνο.

Η προσαρμοσμένη σχέση αντιστάθμισης θα είναι

$$h_d = \frac{C_{ud} - C_{d^2}}{S_{ud} - S_{d^2}}$$

$$h_u = \frac{5,20 - 0}{55,20 - 38,40} = 0,31$$

Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητες οι 310 ( $0,31 \cdot 1.000$ ) μετοχές του αποθέματος για τα 1000 calls. Τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή, υπάρχουν 928 μετοχές επομένως υπάρχει η δυνατότητα να πωληθούν 618 από αυτές ( $928 - 310 = 618$ ) στην τιμή των 48€ και να λάβουν  $618 \cdot 48\text{€} = 29.664\text{€}$ . Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να επενδυθούν αυτά τα χρήματα σε riskless ομόλογα πληρώνοντας το επιτόκιο μηδενικού κινδύνου. Στο τέλος της δεύτερης χρονικής περιόδου, τα ομόλογα θα αποδίδουν καρπούς της τάξης των 29.664€ σύν το 10% του επιτοκίου.

### Από την κατάσταση $S_u$ στην κατάσταση $S_u^2$

Χαρτοφυλάκιο: 928 μετοχές στην τιμή 79,35€ = 73.636,8 €

1000 calls εξασκούνται στην τιμή 29,35€ η κάθε μία = 29.350€

αποπληρωμή του δανείου των 1.695€ συν του 10% του επιτοκίου.

Η αξία του χαρτοφυλακίου είναι

$$V_{u^2} = 928(79,35 \text{ €}) - 1000(29,35 \text{ €}) - 1.695(1,10) = 44.436 \text{ €}$$

απόδοση 10% απο την προηγούμενη περίοδο.

**Από την κατάσταση  $S_u$  στην κατάσταση  $S_{ud}$ .**

Χαρτοφυλάκιο: 928 μετοχές στην τιμή 55,20€ = 51.225,6€

928 calls που ασκούνται στην τιμή 5,20€ = 4.825,6€

αποπληρωμή των 1.695€ του δανείου συν το 10% του επιτοκίου

Η αξία του χαρτοφυλακίου θα είναι

$$V_{ud} = 928(55,20) - 928(5,20) - 1.695(1,10) = 44.536 \text{ €}$$

επίσης απόδοση της τάξης του 10% από την προηγούμενη περίοδο.

**Από την κατάσταση  $S_d$  στην κατάσταση  $S_{ud}$ .**

Χαρτοφυλάκιο: 310 μετοχές με τιμή 55,20€ = 17.112€

1000 calls ασκούνται με τιμή 5,20€ η κάθε μία = 5.200€

αξία ομολόγων = 29.664€ + 10% του τόκου

Η αξία του χαρτοφυλακίου

$$V_{du} = 310(55,20) - 1000(5,20) + 29.664(1,10) = 44.542 \text{ €}$$

μία 10% απόδοση από την προηγούμενη περίοδο.

**Από την κατάσταση  $S_d$  στην κατάσταση  $S_d^2$**

Χαρτοφυλάκιο: (310 μετοχές)(38.40€) = 11.904€

$$(1000 \text{ calls})0 = 0$$

αξία ομολόγων = 29.664€ συν το 10%

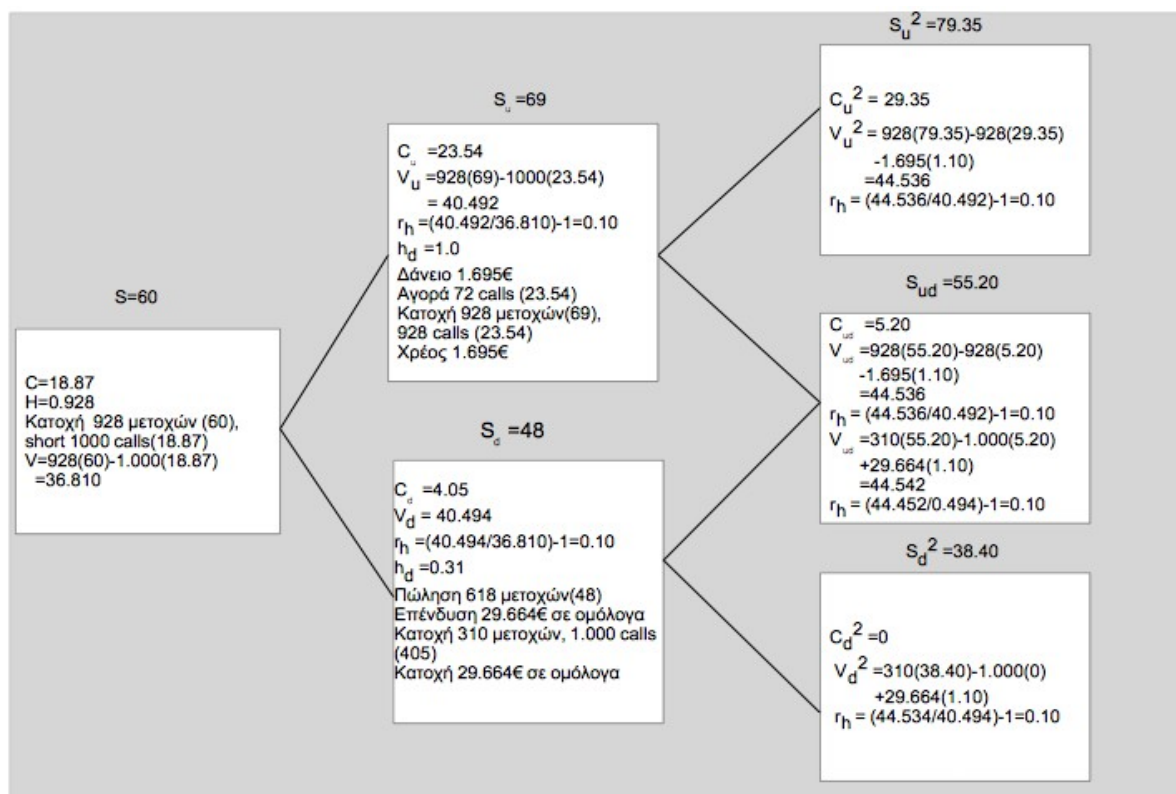
$$V_u = r_h = h_d = C_u^2 =$$

Η αξία του χαρτοφυλακίου θα είναι και σε αυτήν την περίπτωση η παρακάτω.

$$V_{d^2} = 310(38,40) + 29.664(1,10) = 44.534 \text{ €}$$

Ουσιαστικά, το αποτέλεσμα είναι το ίδιο σε κάθε επιμέρους περίπτωση, η μικρή διαφορά οφείλεται όπως έχει προαναφερθεί στο σφάλμα της στρογγυλοποίησης.





Εικόνα 15: Two - period Binomial Model

Τέλος, ανεξάρτητα από το ποια διαδρομή θα επιλεγεί, η αντιστάθμιση θα προκαλέσει αύξηση του πλούτου 10% σε κάθε περίοδο.

## 7.2 Black Scholes Μοντέλο

Το Black Scholes μοντέλο αποτίμησης δικαιωμάτων προαίρεσης στην πραγματικότητα ξεκίνησε από την προσπάθεια του Fisher Black να δημιουργήσει ένα μοντέλο αποτίμησης για τα δελτία αποθεμάτων. Η εργασία αυτή περιλαμβάνει τον υπολογισμό ενός παραγώγου να μετρήσει πόσο το προεξοφλητικό επιτόκιο του εντάλματος ποικίλλει ανάλογα με το χρόνο και την τιμή της μετοχής. Το αποτέλεσμα αυτού του υπολογισμού παρουσίασε μια εντυπωσιακή ομοιότητα με μία γνωστή εξίσωση μεταφοράς της θερμότητας. Μετά από αυτή την ανακάλυψη, σε σύντομο χρονικό διάστημα ο Myron Scholes και ο Fisher Black αποτέλεσαν μία ομάδα, δούλεψαν ομαδικά και το

αποτέλεσμα της δουλειάς τους είναι το ακριβές μοντέλο αποτίμησης των δικαιωμάτων προαίρεσης. Στην πραγματικότητα, το μοντέλο αυτό είναι μια βελτιωμένη έκδοση του προηγούμενου μοντέλου που αναπτύχθηκε από τον James A. Boness στη διατριβή του διδακτορικού του στο Πανεπιστήμιο του Σικάγο. Η βελτίωση του μοντέλου μετά την επέμβαση του Black and Scholes άγεται στο γεγονός ότι το risk free επιτόκιο είναι ο σωστός συντελεστής προεξόφλησης.[27]

### **7.2.1 Ο τρόπος με τον οποίο λειτουργεί το μοντέλο**

Το μοντέλο Black-Scholes χρησιμοποιείται για να τιμολογήσει τα Ευρωπαϊκά δικαιώματα προαίρεσης (το οποίο προϋποθέτει ότι πρέπει να πραγματοποιηθεί κατά την ημερομηνία λήξης) και τα σχετικά προσαρμοσμένα παράγωγα. Λαμβάνει υπόψη το γεγονός ότι υπάρχει η δυνατότητα να γίνει μία επένδυση σε ένα περιουσιακό στοιχείο για την απόκτηση του risk free επιτοκίου.

Είναι γνωστό ότι η τιμή του δικαιώματος είναι καθαρά συνάρτηση της μεταβλητότητας της τιμής της μετοχής (όσο μεγαλύτερη είναι η μεταβλητότητα τόσο μεγαλύτερη είναι η πριμοδότηση για το δικαίωμα προαίρεσης ).

Η Black-Scholes αντιμετωπίζει ένα δικαίωμα αγοράς (call option) ως ένα προθεσμιακό συμβόλαιο να παραδώσει το απόθεμα σε μία συμβατική τιμή, η οποία είναι, φυσικά, η τιμή εξάσκησης E.[28]

### **7.2.2 Black Sholes Formula Parameters Παράμετροι**

Σύμφωνα με το Black Sholes μοντέλο, έξι είναι οι παράμετροι που επηρεάζουν τις τιμές των δικαιωμάτων προαίρεσης:

S = current stock price

t = time until option expiration(% of year)

E = option strike price

r = risk free interest rate(% p.a)

C = theoretical call value

$\sigma$  = daily stock volatility (% p.a)

q = continuously compounded dividend yield(% p.a)

### 7.2.3 Black Sholes Model For European Options

**Call option τιμή:**

$$C = SN(d_1) - Ee^{-rt} N(d_2)$$

**Put option τιμή:**

$$P = Ee^{-rt} N(-d_2) - SN(-d_1)$$

$$\text{όπου } d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{E} + (r + \sigma^2/2)t\right)}{\sigma\sqrt{t}} \quad \text{και} \quad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{t}$$

#### **παράδειγμα**

Τα δοθέντα δεδομένα του παραδείγματος είναι η τιμή της μετοχής που είναι 164€, η τιμή εξάσκησης 165€ καθώς και ο χρόνος μέχρι την λήξη που είναι 0,0959. Επίσης, το επιτόκιο μηδενικού κινδύνου είναι 5,35%. Στο Black Scholes μοντέλο όμως, το επιτόκιο μηδενικού κινδύνου πρέπει να εκφραστεί ως μία συνεχώς ανατοκίζομενη απόδοση παραγωγής. Το συνεχώς ανατοκίζόμενο ποσοστό που ισοδυναμεί με το 5,35% είναι  $\ln(1,0535)=0.0521$ . Ενώ 0,29 θα θεωρηθεί ως η τυπική απόκλιση, η οποία αντιστοιχεί σε μία διακύμανση της τάξης 0,0841.

Ο αριθμός  $T=0.0959$  προέκυψε από το γεγονός ότι το δικαίωμα προαίρεσης του

παραδείγματος έχει 35 μέρες μέχρι την ημερομηνία λήξεως, το οποίο σημαίνει ότι ο χρόνος μέχρι τη λήξη είναι  $35/365=0.0959$ .

Τελικά τα δεδομένα του προβλήματος είναι τα εξής

$S=164$                        $E=165$                        $r_c=0,0521$                        $\sigma^2=0,0841$                        $T=0,0959$

Υπολογισμός του  $d_1$

$$d_1 = \frac{\ln(164/165) + (0,0521 + 0,0841/2)0,0959}{0,29\sqrt{0,0959}} = 0,0328$$

Υπολογισμός του  $d_2$

$$d_2 = 0,0328 - 0,29\sqrt{0,0959} = -0,0570$$

Από τον παρακάτω πίνακα των Standard Normal Probabilities βρίσκω τα  $N(d_1)$  και  $N(d_2)$

<b>z</b>	<b>+0.00</b>	<b>+0.01</b>	<b>+0.02</b>	<b>+0.03</b>	<b>+0.04</b>	<b>+0.05</b>	<b>+0.06</b>	<b>+0.07</b>	<b>+0.08</b>	<b>+0.09</b>
<b>0.0</b>	0.50000	0.50399	0.50798	0.51197	0.51595	0.51994	0.52392	0.52790	0.53188	0.53586
<b>0.1</b>	0.53980	0.54380	0.54776	0.55172	0.55567	0.55966	0.56360	0.56749	0.57142	0.57535
<b>0.2</b>	0.57930	0.58317	0.58706	0.59095	0.59483	0.59871	0.60257	0.60642	0.61026	0.61409
<b>0.3</b>	0.61791	0.62172	0.62552	0.62930	0.63307	0.63683	0.64058	0.64431	0.64803	0.65173
<b>0.4</b>	0.65542	0.65910	0.66276	0.66640	0.67003	0.67364	0.67724	0.68082	0.68439	0.68793
<b>0.5</b>	0.69146	0.69497	0.69847	0.70194	0.70540	0.70884	0.71226	0.71566	0.71904	0.72240
<b>0.6</b>	0.72575	0.72907	0.73237	0.73565	0.73891	0.74215	0.74537	0.74857	0.75175	0.75490
<b>0.7</b>	0.75804	0.76115	0.76424	0.76730	0.77035	0.77337	0.77637	0.77935	0.78230	0.78524
<b>0.8</b>	0.78814	0.79103	0.79389	0.79673	0.79955	0.80234	0.80511	0.80785	0.81057	0.81327
<b>0.9</b>	0.81594	0.81859	0.82121	0.82381	0.82639	0.82894	0.83147	0.83398	0.83646	0.83891
<b>1.0</b>	0.84134	0.84375	0.84614	0.84849	0.85083	0.85314	0.85543	0.85769	0.85993	0.86214

*Εικόνα 16: Standard Normal Probabilities*

$$N(0.03)=0.5120 \quad N(-0.06)=0.4761$$

Χρησιμοποιώντας το τύπο του C παίρνουμε το παρακάτω αποτέλεσμα

$$C = 164(0,5120) - 165 e^{-(0,0521)(0,0959)} (0,4761) = 5,803$$

Προκύπτει το συμπέρασμα ότι η θεωρητική εύλογη αξία του δικαιώματος προαίρεσης είναι 5,803 €. Η πραγματική τιμή αγοράς του δικαιώματος αγοράς όμως είναι 5,75€. Από αυτήν την υπόθεση προκύπτει το γεγονός ότι το δικαίωμα είναι ελαφρώς υποτιμημένο. Υποθέτοντας ότι δεν υπάρχουν έξοδα συναλλαγής, ο επενδυτής θα πρέπει να αγοράσει το call.

Excel template

	A	B	C	D	E
1					
2					
3	<b>Inputs</b>				
4					
5	Asset Price S	164			
6	Exercise Price E	165			
7	Risk-free Rate r	5.21%			
8	Time to Expiration T	0.0959			
9	Standard Deviation $\sigma$	29.00%			
10					
11	d1	0.03			
12	d2	-0.06			
13					
14	Call	5.801163539			
15	Put	5.49078176			
16					
17					
18					
19					
20					

Οι εντολές στο excel ώστε να δωθούν τα παραπάνω αποτελέσματα είναι

$$\text{Call} = B5 * \text{normsdist}(B11) - B6 * \exp(-B7 * B8) * \text{normsdist}(B12)$$

$$\text{Put} = B6 * \exp(-B7 * B8) * \text{normsdist}(-B12) - B5 * \text{normsdist}(-B11)$$

### 7.3 Σύνοψη

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάστηκε και διερευνήθηκε ο τρόπος με τον οποίο ένας οργανισμός θα πρέπει να έρχεται αντιμέτωπος και να παίρνει αποφάσεις σε τέτοιου είδους προβλήματα με όλα τα δυνατά εργαλεία διαχείρισης κινδύνων. Οι υπεύθυνοι για την λήψη αυτών των αποφάσεων είναι υποχρεωμένοι να λαμβάνουν υπόψιν όλες τις εναλλακτικές καθώς και όλα τα πιθανά αποτελέσματα κατά την εκτέλεση αυτών των εναλλακτικών δραστηριοτήτων.

Είδαμε λοιπόν, ότι μια φαινομενικά καλή εναλλακτική ουσιαστικά μπορεί να μην είναι κερδοφόρα για τον εν λόγω οργανισμό αλλά το αντίθετο. Ακόμη και αν είναι μπορεί να επηρεάζει σημαντικά μία άλλη δραστηριότητα του οργανισμού και ως εκ τούτου η εναλλακτική αυτή καθίσταται ανεπιθύμητη.

Τελικώς, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η Επιχειρησιακή Έρευνα αποτελεί τη δημιουργική επιστημονική έρευνα σχετικά με τις βασικές ιδιοκτησίες των επιχειρήσεων. Επιχειρεί να επιλύσει τις συγκρούσεις που τυχόν παρουσιάζονται ανάμεσα στα μέρη του οργανισμού με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι καλύτερο για τον οργανισμό στο σύνολο του. Αυτό δεν σημαίνει ότι η μελέτη κάθε προβλήματος πρέπει να δώσει ουσιαστική προσοχή σε όλες τις πτυχές του οργανισμού. Προτιμότερο είναι και πρέπει οι στόχοι που επιδιώκονται, να είναι σύμφωνοι με εκείνους του οργανισμού.

Εμπειρικές μελέτες έχουν δείξει ότι η συντριπτική πλειοψηφία των εταιρικών στρατηγικών αποτύγχανει κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης. Οικονομικές μετρήσεις όπως οι παραπάνω, βοηθούν τις επιχειρήσεις να εφαρμόζουν και να παρακολουθούν τις στρατηγικές τους με συγκεκριμένους, συνδεδεμένους με τη βιομηχανία καθώς και μετρήσιμους οικονομικούς στόχους. Επιπλέον, ενίσχυει τις δυνατότητες του οργανισμού με μη μιμούμενες και υποκατάστατες ικανότητες και

αρμοδιότητες. Δημιουργούν βιώσιμα ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα που μεγιστοποιούν την αξία μιας επιχείρησης, κάτι το οποίο αποτελεί τον κύριο στόχο όλων των εμπλεκόμενων φορέων.

## Βιβλιογραφία

- [1] Εισαγωγή στην Επιχειρησιακή Έρευνα Κολέτσος Ιωάννης Στογιάννης Δημήτρης Εκδόσεις Συμεών Αθήνα 2012
- [2] Εισαγωγή στην Επιχειρησιακή Έρευνα Ν.Δ.Τσάντας Π.Χ.Γ. Βασιλείου Εκδόσεις Ζήτη Θεσσαλονίκη 2000
- [3] HILLIER McGraw-Hill,.Introduction to Operations Research, 7th Edition
- [4] Operations Research Applications and Algorithms by Wayne L. Winston
- [5] OR/MS Models and Methods 5<sup>th</sup> Chapter Multiple Criteria Decision Making Abu S.M. Masud and A. Ravi Ravindran
- [6] OR/MS Models and Methods 6<sup>th</sup> Chapter Decision Analysis Cerry M. Klein
- [7] Newagepublishers 1<sup>st</sup> Chapter Introduction to Operational Research
- [8] Nolberto Munier A Strategy for Using Multicriteria Analysis in Decision-Making A Guide for Simple and Complex Environmental Projects - Springer 2011
- [9] <http://www.behind-the-enemy-lines.com/2009/11/utility-of-money-and-st-petersburg.html>
- [10] <http://en.wikipedia.org/wiki/Utility>
- [11] [http://en.wikipedia.org/wiki/Risk\\_aversion](http://en.wikipedia.org/wiki/Risk_aversion)
- [12] [http://androulakis.bma.upatras.gr/mediawiki/index.php/Utility\\_analysis](http://androulakis.bma.upatras.gr/mediawiki/index.php/Utility_analysis)
- [13] Risk Analysis A quantitative guide David Vose Third Edition Publishe by John Wiley and Sons, Lth
- [14] Real Options Analysis as a Decision Tool in Oil Field Developments by Abisoye Babajide FEBRUARY 2007 Massachusetts Institute of Technology



- [15] Options, Futures And Other Derivative Securities - 5th edition - J Hull.pdf
- [16] Value At Risk - 2nd edition - Philippe Jorion.pdf
- [17] An Introduction to Derivatives fourth Edition Don M. Chance DRYDEN
- [18] <http://www.ine.otoe.gr/ekdoseisDetails.asp?id=361>
- [19] Εισαγωγή στη Μαθηματική Χρηματοοικονομία Ιωάννης Α. Πολυράκης, Καθηγητής ΕΜΠ Αθήνα 2010
- [20] <http://www.optionstrading.org/basics/option-types/>
- [21] [http://www.riskencyclopedia.com/articles/forward\\_start\\_option](http://www.riskencyclopedia.com/articles/forward_start_option)
- [21] <http://prosoftware.se/doc/lnotes/AFI/Exotic%20Options.pdf>
- [22] Tree-Based Methods Hui Gong PhD student in Financial Mathematics Head of Crescent Quant Club University College London (UCL)
- [23] applet-magic.com *Thayer Watkins* Silicon Valley & Tornado Alley USA  
<http://www.sjsu.edu/faculty/watkins/binomial.htm>
- [24] <http://www.goddardconsulting.ca/option-pricing-binomial-index.html>
- [25] <http://www.investopedia.com/articles/investing/021215/examples-understand-binomial-option-pricing-model.asp>
- [26] [http://www.prenhall.com/behindthebook/0132242265/pdf/Hull-Feature5\\_Whats\\_New.pdf](http://www.prenhall.com/behindthebook/0132242265/pdf/Hull-Feature5_Whats_New.pdf)
- [27] <http://bradley.bradley.edu/~arr/bsm/pg04.html>
- [28] <http://www2.hmc.edu/~evans/e13619.pdf>