



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ  
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

**ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ ΜΕ ΤΗΝ  
ΜΕΘΟΔΟ MONTE CARLO**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

ΤΟΥ

**ΜΑΣΤΡΟΜΙΧΑΛΑΚΗ ΝΙΚΟΛΑΟΥ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ :** ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΑΣΚΟΥΝΗΣ  
ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Αθήνα, Ιούλιος 2015





**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

**ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

**ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ  
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ**

**ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ ΜΕ ΤΗΝ  
ΜΕΘΟΔΟ MONTE CARLO**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΤΟΥ**

**ΜΑΣΤΡΟΜΙΧΑΛΑΚΗ ΝΙΚΟΛΑΟΥ**

**Επιβλέπων :** Δημήτριος Ασκούνης  
Αναπληρωτής καθηγητής

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 20<sup>η</sup> Ιουλίου 2015.

.....  
Δημήτριος Ασκούνης  
Αν. καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....  
Ι. Ψαρράς  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....  
Χ. Δούκας  
Επ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2015

.....  
**Νικόλαος Μαστρομιχαλάκης**

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Νικόλαος Ι. Μαστρομιχαλάκης.  
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στο σημερινό πολύπλοκο επιχειρηματικό περιβάλλον, οι ραγδαίες κοινωνικές, τεχνολογικές και επιστημονικές εξελίξεις αυξάνουν σε σημαντικό βαθμό την πολύπλοκότητα της σύγχρονης λήψης αποφάσεων, ασκώντας σημαντική επιρροή στην αυξανόμενη αβεβαιότητα κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της αξιολόγησης των επενδύσεων στο σύγχρονο επιχειρηματικό περιβάλλον. Η παγκοσμιοποίηση, ο συνεχώς εντεινόμενος ανταγωνισμός καθώς και η απελευθέρωση των πάσης φύσεως αγορών καθιστούν τις παραδοσιακές μεθόδους αξιολόγησης, οι οποίες για δεκαετίες αποτελούσαν την ραχοκοκαλιά για την απόφαση αποδοχής ενός επενδυτικού σχεδίου, παρωχημένες, καθώς δεν μπορούν να συμπεριλάβουν τον κίνδυνο που υπάρχει στο επιχειρηματικό περιβάλλον. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζουμε μια στοχαστική μέθοδο αξιολόγησης επενδύσεων, την μέθοδο προσομοίωσης Monte Carlo. Οι στοχαστικές μέθοδοι εισάγουν την έννοια των πιθανοτήτων για να αντιμετωπίσουν τον επιχειρηματικό κίνδυνο. Δημιουργούν ένα πολύπλοκο εικονικό, δυναμικό περιβάλλον στο οποίο αφήνονται οι μεταβλητές να επιδράσουν και να αλληλεπιδράσουν σε εικονικό χρόνο οδηγώντας σε συμπεράσματα για την πραγματική αξία των επενδυτικών προτάσεων. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να αναδείξει τα προβλήματα των στατικών μεθόδων αξιολόγησης καθώς και τον τρόπο με τον οποία αυτά επιλύονται χάρη στην μέθοδο Monte Carlo. Τέλος παρουσιάζουμε την μέθοδο στην πράξη παραθέτοντας δύο εφαρμογές της.

**Λέξεις Κλειδιά :** Αξιολόγηση επενδύσεων, Προυπολογισμός κεφαλαίου, Στοχαστικές μέθοδοι, Monte Carlo, Προσομοίωση

## ABSTRACT

In today's turbulent business environment, rapid technological, informational, societal progress and scientific development add to the complexity of modern-day decision making, by exerting significant influence on the growing uncertainty during the capital budgeting process. Globalisation, the ever-increasing competition and the liberalization of all kinds of markets make the traditional evaluation methods, which for decades formed the backbone for the decision to accept an investment plan, obsolete, and can not include the risk which exists in business environment. In this thesis we present a stochastic investment evaluation method, the simulation Monte Carlo method. Stochastic methods introduce the concept of probability to face the risk. They create a complex virtual environment in which dynamic variables are allowed to influence and interact in virtual time, leading to conclusions on the real value of investment proposals. The purpose of this paper is to highlight the problems of static evaluation methods and the way in which they are solved thanks to the method of Monte Carlo. Finally we present the method in practice with two applications.

**Keywords :** Capital budgeting, investments, stochastic methods, Monte Carlo, simulation

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	<b>10</b>
1.1 Το πρόβλημα .....	10
1.2 Το αντικείμενο και ο στόχος της διπλωματικής .....	11
1.3 Δομή διπλωματικής εργασίας .....	13
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ</b> .....	<b>15</b>
2.1 Εισαγωγή .....	15
2.2 Παρουσίαση αξιολόγησης επενδύσεων .....	16
2.3 Η έννοια των ταμειακών ροών .....	24
2.4 Κόστος Ευκαιρίας .....	24
2.5 Κίνδυνος, σημαντικότητα στοχαστικών μεθόδων .....	25
2.6 Συμπεράσματα .....	28
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Η ΜΕΘΟΔΟΣ MONTE CARLO</b> .....	<b>31</b>
3.1 Εισαγωγή .....	31
3.2 Έννοια της προσομοίωσης .....	32
3.3 Αναλυτική παρουσίαση της μεθόδου Monte Carlo .....	38
3.4 Συμπεράσματα .....	50
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ</b> .....	<b>52</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ MONTE CARLO</b> .....	<b>62</b>
5.1 Εισαγωγή .....	62
5.2 Ανάλυση περίπτωσης κινητού τηλεφώνου .....	63
5.3 Μελέτη γραμμής για ταχεία ακτοπλοϊκή σύνδεση .....	71
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b> .....	<b>82</b>
6.1 Εισαγωγή .....	82
6.2 Συμπεράσματα .....	82
6.3 Προοπτικές .....	84
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ</b> .....	<b>86</b>

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΠΙΝΑΚΩΝ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup> : ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ

Σχήμα 2.1	Διαδικασία αξιολόγησης επενδύσεων	23
Σχήμα 2.2	Μοντέλο προσομοίωσης σε Η/Υ	33

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup> : Η ΜΕΘΟΔΟΣ MONTE CARLO

Σχήμα 3.2	Γραφική απεικόνιση τυχαίων μεταβλητών	36
Σχήμα 3.3	Στοχαστική διαδικασία	37
Σχήμα 3.4	Ομοιόμορφη κατανομή	39
Σχήμα 3.5	Κανονική κατανομή	39
Σχήμα 3.6	Τριγωνική κατανομή	39
Σχήμα 3.7	Μοντελοποίηση Monte Carlo	42
Σχήμα 3.8	Μορφή μοντέλου προσομοίωσης	45

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup> : ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Σχήμα 4.1	Τίτλοι δημοσιεύσεων που χρησιμοποιήθηκαν στην ανασκόπηση	63
-----------	---	----



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup> : ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ MONTE CARLO

Σχήμα 5.1	Επιλεγμένες τιμές για ταμειακές ροές	65
Σχήμα 5.2	Τυχαίοι αριθμοί για τις πέντε πρώτες επαναλήψεις	67
Σχήμα 5.3	Παραγόμενες τιμές με βάση την κατανομή	67
Σχήμα 5.4	Ταμειακές ροές και ΚΠΑ πέντε πρώτων ετών	68
Σχήμα 5.5	Σχετικές αθροιστικές συχνότητες	69
Σχήμα 5.6	Δελφίνι : Παράμετροι βασικού μοντέλου	69
Σχήμα 5.7	Προσομοίωση βασικού μοντέλου	71
Σχήμα 5.8	Επίπεδα ΚΠΑ ντετερμινιστικής προσομοίωσης	78

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Σχήμα 7.1	Παράμετροι και ανάλυση ευαισθησίας περίπτωσης κινητού τηλεφώνου	86
Σχήμα 7.2	Τιμές τυχαίων μεταβλητών των 10 πρώτων επαναλήψεων	86
Σχήμα 7.3	Αντίστοιχες πραγματικές τιμές μεταβλητών 10 πρώτων επαναλήψεων	87
Σχήμα 7.4	Υπολογισμός ΚΠΑ των 10 πρώτων επαναλήψεων	87
Σχήμα 7.5	Υπολογισμός ΚΠΑ απλού μοντέλου	88
Σχήμα 7.6	Δελφίνι : Παράμετροι βασικού μοντέλου	88
Σχήμα 7.7	Προσομοίωση ντετερμινιστικού μοντέλου	89
Σχήμα 7.8	Παράμετροι στοχαστικού μοντέλου	89
Σχήμα 7.9	Υπολογισμός ΚΠΑ στοχαστικού μοντέλου	90

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 Το πρόβλημα

Η αξιολόγηση επενδύσεων είναι ένας κλάδος της οικονομικής επιστήμης και των χρηματοοικονομικών που πραγματεύεται την εκτίμηση επενδυτικών προτάσεων. Η αξιολόγηση επενδύσεων με τα εργαλεία που διαθέτει κρίνει αν μια επένδυση είναι συμφέρουσα και συγκρίνει επενδυτικές προτάσεις μεταξύ τους. Έχει αξιόπιστα αποτελέσματα σε όλα τα είδη επενδύσεων.

Οι επενδύσεις αποτελούν μακροχρόνια δέσμευση χρημάτων με σκοπό τη δημιουργία κέρδους από επιχειρηματική δραστηριότητα. Η αξιολόγηση επενδύσεων δύναται να προβλέψει χρηματοοικονομικά αποτελέσματα πολλών οικονομικών ετών που περιλαμβάνουν πωλήσεις, μεταβλητό και σταθερό κόστος, καθαρά κέρδη, ταμειακές ροές, χρηματοοικονομικούς δείκτες. Για τις προβλέψεις αυτές χρησιμοποιούνται πληροφορίες από το παρόν, μετρήσιμες ή μη, των οποίων το βασικό χαρακτηριστικό είναι η στατικότητα. Δηλαδή δεν μπορούν να συμπεριλάβουν την επιχειρηματική αβεβαιότητα η οποία μπορεί να οδηγήσει σε πολύ διαφορετικά αποτελέσματα στην πράξη.

Συνοψίζοντας, το πρώτο πρόβλημα που πραγματεύεται η παρούσα εργασία είναι η λύση στο πρόβλημα της στατικότητας που διέπουν τα εργαλεία αξιολόγησης επενδύσεων. Η αξιολόγηση επενδύσεων δίνει λύση στο πρόβλημα της στατικότητας εισάγοντας την έννοια του κινδύνου. Η επιχειρηματική δραστηριότητα, συνεπώς και τα χρηματοοικονομικά αποτελέσματα εξαρτώνται από γεγονότα που χαρακτηρίζονται αβέβαια. Τα αβέβαια αυτά γεγονότα, είναι τόσο μετρήσιμα (κίνδυνος) όσο και μη μετρήσιμα (αβεβαιότητα). Η αξιολόγηση επενδύσεων μπορεί να προβλέψει επιτυχώς τον κίνδυνο χρησιμοποιώντας στατιστικές πιθανότητες, ελαχιστοποιώντας τον κίνδυνο λάθους.

Μια τέτοια μέθοδος είναι η μέθοδος Monte Carlo η οποία προσφέρει δυνατότητα αξιολόγησης του επιχειρηματικού κινδύνου ενώ παράλληλα αποτελεί εργαλείο λήψης επιχειρηματικών αποφάσεων.

Ιστορικά, αξίζει να αναφερθεί πως το όνομα της μεθόδου προέκυψε λόγω της παρόμοιας λειτουργίας της με τα τυχερά παιχνίδια (καζίνο, ρουλέτα), καθώς και οι δυο παράγουν τυχαίες τιμές. Για αυτό έχει πάρει το όνομά της από την αντίστοιχη πρωτεύουσα του Μονακό, όπου δραστηριοποιείται ένα διάσημο καζίνο. Η μέθοδος παρουσιάστηκε για πρώτη φορά το 1949 στο περιοδικό Journal of the American Statistics Association από τους N. Metropolis και S. Ulam.

Η μέθοδος Monte Carlo αποτελεί μοντέλο προσομοίωσης που μεταβάλλει όλους τους παράγοντες που επηρεάζουν βασικά χρηματοοικονομικά μεγέθη ταυτόχρονα σε ένα συγκεκριμένο εύρος τιμών ενώ παράλληλα καταγράφει τις αλλαγές που πραγματοποιούνται έτσι ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα χρήσιμα για τις αποφάσεις μιας επιχείρησης στο μέλλον. Ουσιαστικά, εντοπίζει τις ευαισθησίες ενός επιχειρηματικού σχεδίου ή μιας επιχείρησης και παρουσιάζει πόσο κρίσιμες είναι τόσο για τη βιωσιμότητα όσο και για την επίτευξη κερδών. Έτσι, δίνει στον επιχειρηματία ή επενδυτή, τη δυνατότητα να αντιμετωπίσει αυτές τις ευαισθησίες και να λάβει καλύτερες επιχειρηματικές αποφάσεις.

Η μέθοδος Monte Carlo, δίνει λύσεις στα πολύπλοκα προβλήματα επιχειρηματικών αποφάσεων καθώς με τη μορφή της προσομοίωσης εισάγονται δεδομένα και εξάγονται αποτελέσματα. Παρόλα αυτά, για την μέθοδο Monte Carlo συνήθως χρησιμοποιείται συνήθως ειδικό λογισμικό ή χρήση του Microsoft Excel (πρόγραμμα υπολογιστικών φύλλων της Microsoft) με προσθήκη κώδικα Visual Basic (γλώσσα προγραμματισμού).

Στην παρούσα εργασία, θα παρουσιαστεί μια τρίτη μέθοδος η οποία απαιτεί μόνο το Microsoft Excel. Στην εργασία αυτή δεν κάναμε χρήση κάποιων λογισμικών πακέτων που υπάρχουν στο εμπόριο και διευκολύνουν πολύ τη διαδικασία της μεθόδου, επιτρέποντας μας να κάνουμε πολύπλοκότερους υπολογισμούς. Αυτό έγινε συνειδητά ώστε να παρουσιάσουμε βήμα – βήμα τη διαδικασία της μεθόδου, χωρίς να την αντιλαμβανόμαστε σαν «μαύρο κουτί».

## **1.2 Το αντικείμενο και ο στόχος της διπλωματικής**

Το αντικείμενο της παρούσας μελέτης είναι η εφαρμογή της μεθόδου Monte Carlo στην αξιολόγηση επενδύσεων.

Στην παρούσα μελέτη θα αναλυθούν αρχικά τα βασικά στάδια της αξιολόγησης επενδύσεων με σκοπό την ολοκληρωμένη αντίληψη της μεθόδου. Τα εργαλεία

αξιολόγησης που θα χρησιμοποιηθούν είναι η καθαρά παρούσα αξία και ο εσωτερικός συντελεστής αποδοτικότητας. Τα παραπάνω χρησιμοποιούνται ευρέως στην αξιολόγηση επενδύσεων για πλήθος επενδυτικών προτάσεων.

Στην συνέχεια θα αναλυθούν μέθοδοι που χρησιμοποιούνται μετά την αξιολόγηση μιας επένδυσης με σκοπό την εκτίμηση των παραγόντων που επηρεάζουν τα χρηματοοικονομικά μεγέθη μια επιχείρησης ή ενός επιχειρηματικού σχεδίου. Τέτοιες μέθοδοι είναι η ανάλυση του νεκρού σημείου και η ανάλυση ευαισθησίας.

Τα εργαλεία αυτά είναι χρήσιμα καθώς παρέχουν πληροφορίες για την μετέπειτα χρήση ενός μοντέλου προσομοίωσης όπως είναι η Monte Carlo. Θα εισαχθεί η έννοια των αισιόδοξων και απαισιόδοξων σεναρίων. Αμέσως μετά, θα αναλυθεί σε βάθος η μέθοδος Monte Carlo, θα παρουσιαστεί η μέθοδος καθώς και ο τρόπος λειτουργίας της. Παράλληλα, θα παρουσιαστούν μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί στα χρηματοοικονομικά με τη χρήση της μεθόδου καθώς και παρόμοιων μεθόδων προσομοίωσης που χρησιμοποιούνται.

Για την καλύτερη κατανόηση και παρουσίαση της μεθόδου, πραγματοποιήθηκαν σχετικές μελέτες περίπτωσης που χρησιμοποιούν τη μέθοδο Monte Carlo. Οι μελέτες περίπτωσης αποτελούν ζωντανό παράδειγμα της χρήσης της μεθόδου και βοηθούν στην καλύτερη κατανόησή της. Τέλος θα εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με τη χρήση της μεθόδου και την εφαρμογή της στην αξιολόγηση επενδύσεων. Επίσης, θα πραγματοποιηθεί σχετική αναφορά στις προοπτικές της μεθόδου Monte Carlo.

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι:

- ❖ να εισχωρήσει σε βάθος στην χρήση της αξιολόγησης επενδύσεων,
- ❖ να παρουσιάσει τη χρησιμότητα των εργαλείων αξιολόγησης,
- ❖ να παρουσιάσει τη μέθοδο Monte Carlo αναλυτικά προς καλύτερη κατανόηση του αναγνώστη,
- ❖ να δώσει μια εικόνα των ευρέων εφαρμογών της μεθόδου Monte Carlo καθώς και να παρουσιάσει τα οφέλη της μεθόδου,
- ❖ να εξάγει συμπεράσματα ως προς τη χρήση και τις προοπτικές της μεθόδου Monte Carlo στο μέλλον.

## 1.3 Δομή διπλωματικής εργασίας

Η εργασία αποτελείται από έξι κεφάλαια και ένα παράρτημα. Ακολουθεί μία σύντομη περιγραφή των περιεχομένων του καθενός:

### **Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή**

Πραγματοποιήθηκε μία σύντομη εισαγωγή στο πρόβλημα το οποίο καλούμαστε να αντιμετωπίσουμε, όπως επίσης και στους στόχους και το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής.

### **Κεφάλαιο 2: Παρουσίαση αξιολόγησης επενδύσεων**

Θα παρουσιαστεί η έννοια της αξιολόγησης επενδύσεων και η χρήση της. Στην συνέχεια θα αναφερθούν οι κατηγορίες των επενδυτικών σχεδίων. Παράλληλα, θα εξεταστεί η έννοια του κινδύνου καθώς και πως αντιμετωπίζεται. Τέλος, θα εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με την αξιολόγηση επενδύσεων και τα προβλήματα που επιλύουν οι στοχαστικές μέθοδοι.

### **Κεφάλαιο 3: Παρουσίαση της μεθόδου Monte Carlo**

Στο τρίτο κεφάλαιο θα πραγματοποιηθεί ανάλυση της προτεινόμενης μεθοδολογίας. Θα παρουσιαστούν οι μαθηματικές συναρτήσεις που την αποτελούν καθώς και οι χρήσεις της. Θα αναλυθούν οι έννοιες αισιόδοξων-απαισιόδοξων σεναρίων και θα εξαχθούν συμπεράσματα για τη χρήση της μεθόδου.

### **Κεφάλαιο 4: Ανασκόπηση βιβλιογραφίας**

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν συσχετιζόμενες έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί στο παρελθόν με στοχαστικές μεθόδους με έμφαση στην προσομοίωση Monte Carlo.

### **Κεφάλαιο 5: Μελέτες περίπτωσης**

Θα παρουσιαστούν μελέτες περίπτωσης στις οποίες χρησιμοποιείται η μέθοδος Monte Carlo για την αξιολόγηση επενδύσεων. Οι μελέτες αυτές είναι: κυκλοφορία ενός νέου μοντέλου κινητού τηλεφώνου και η εισαγωγή νέας γραμμής από μια ναυτιλιακή εταιρεία. Σκοπός είναι να παρουσιαστεί τόσο η απλή εφαρμογή της μεθόδου Monte Carlo όσο και

η πιο σύνθετη με τη μορφή διαφοροποιημένων μοντέλων εξατομικευμένων σε κάθε περίπτωση

### **Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα**

Μετά την ανάλυση των μελετών περίπτωσης και τη συνολική παρουσίαση της αξιολόγησης επενδύσεων, θα παρουσιαστούν συμπεράσματα σχετικά με την εφαρμογή της μεθόδου Monte Carlo στην αξιολόγηση επενδύσεων καθώς και οι προοπτικές της μεθόδου.

Σημειώνεται πως στο τέλος κάθε κεφαλαίου θα γίνεται αναφορά στη σχετική βιβλιογραφία για την καλύτερη ενημέρωση και αναφορά του αναγνώστη.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

## ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ

### 2.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό πρόκειται να αναλυθεί εκτενώς η έννοια αξιολόγησης επενδύσεων καθώς και η χρησιμότητα της. Η αξιολόγηση επενδύσεων είναι ένας κλάδος των οικονομικών που μετράει την αξία εκφρασμένη σε χρήματα οποιασδήποτε επενδυτικής ενέργειας. Όπως είναι γνωστό, η αξία των χρημάτων μεταβάλλεται στις διάφορες χρονικές περιόδους. Επομένως και η αξία των επενδύσεων μεταβάλλεται.

Με τον όρο επένδυση χαρακτηρίζεται η πράξη απόκτησης ενός διαρκούς αγαθού, το οποίο σε αντιδιαστολή με ένα καταναλωτικό, θα χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή άλλων αγαθών ή υπηρεσιών. Γενικότερα κάθε πράξη η οποία έχει ως αποτέλεσμα τη στέρηση πόρων αλλά και ικανοποίησης σημερινών αναγκών, με την ελπίδα αποκόμισης ωφελειών στο μέλλον και μάλιστα για μακρά περίοδο, αποτελεί επένδυση.<sup>1</sup>

Η αξιολόγηση επενδύσεων δύναται να εκτιμήσει να το ύψος του χρηματικού κεφαλαίου που απαιτείται για την πραγματοποίηση ενός επενδυτικού έργου, τα κόστη (μεταβλητά και σταθερά) για τα οικονομικά έτη πραγματοποίησής του, την πρόβλεψη επιπρόσθετης επένδυσης σε κάποια χρονική στιγμή. Συμπληρωματικά, συγκεντρώνει όλα τα παραπάνω στοιχεία και αποτιμά σε σημερινή χρηματική αξία την διαφορά των χρηματικών ροών (καθαρές χρηματοοικονομικές ροές-net cash flows = εισροές – εκροές).

Με την παρουσίαση της αξιολόγησης επενδύσεων στο παρόν κεφάλαιο πρόκειται να δοθεί μια συνολική εικόνα στον αναγνώστη σχετικά την επιστήμη αυτή ενώ παράλληλα θα παρουσιαστούν τα προβλήματα που συναντώνται στην αξιολόγηση επενδύσεων που καθιστούν ιδιαίτερα χρήσιμες τις στοχαστικές μεθόδους.

Η αξιολόγηση επενδύσεων αποτιμά τον επιχειρηματικό κίνδυνο καθώς και τα δυνατά και αδύνατα σημεία του επενδυτικού έργου εισάγοντας μέσα στο επιχειρηματικό σχέδιο

την έννοια της ευαισθησίας. Με αυτό τον τρόπο ο επιχειρηματίας είναι σε θέση να λάβει μέτρα ώστε να αντιμετωπίσει πιθανούς μελλοντικούς κινδύνους.

## 2.2 Παρουσίαση αξιολόγησης επενδύσεων

Η αξιολόγηση επενδύσεων είναι μια επιστήμη που εμπεριέχει την έννοια των αποφάσεων. Οι επιχειρηματίες-μέτοχοι-επενδυτές καλούνται να πάρουν πολλές αποφάσεις αξιολογώντας τους τρόπους χρηματοδότησης ενός πιθανού σχεδίου, το πως θα διανεμηθούν τα μερίσματα των μετόχων καθώς αποφάσεις σχετικά με την ανάληψη ή όχι μιας επένδυσης. Όπως είναι γνωστό, ο απώτερος στόχος την ύπαρξης των επιχειρήσεων και παράλληλα η πιο θεμελιώδη αρχή των οικονομικών είναι η μεγιστοποίηση της αξίας της με άμεση συνέπεια να μεγιστοποιηθούν τα κέρδη που απολαμβάνουν οι μέτοχοί της.

Έτσι λοιπόν και οι αποφάσεις σχετίζονται με την αξιολόγηση επενδύσεων:

- ❖ **Οι αποφάσεις χρηματοδότησης** σχετίζονται με την βελτιστοποίηση της διανομής του κεφαλαίου μιας επιχείρησης.
- ❖ **Οι αποφάσεις διανομής μερισμάτων** σχετίζονται με τις μορφές όπου τα κέρδη μιας επιχείρησης μετακυλίνουν στους μετόχους της επιχείρησης.
- ❖ **Οι επενδυτικές αποφάσεις** σχετίζονται με τον τρόπο τον οποίο το κεφάλαιο μιας επιχείρησης κατανέμεται σε παραγωγικές δραστηριότητες που έχουν ως στόχο την μεγιστοποίηση των κερδών. Δηλαδή ασχολούνται με το ποιο είναι το ιδανικό ύψος κεφαλαίου για να τοποθετηθεί σε μια επένδυση καθώς και με ποια μορφή θα επενδυθεί αυτό το κεφάλαιο.

Τα κεφάλαια που προορίζονται για χρηματοδότηση μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την απόκτηση τόσο πάγιου κεφαλαίου όσο και κυκλοφορούντος. Βέβαια στα πρώτα βήματα της αξιολόγησης μιας επένδυσης πρώτα καθορίζεται το πάγιο κεφάλαιο καθώς είναι και αυτό που έχει τη μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και καθορίζει σημαντικούς παράγοντες όπως είναι η δυναμικότητα παραγωγής προϊόντων μιας επιχείρησης ή το λειτουργικό κόστος που έχει να αντιμετωπίσει.

Το κατά πόσο μια επένδυση αξιολογείται σωστά ή όχι έχει μακροχρόνια επίδραση σε μια επιχείρηση καθώς αν δεν προβλέψει κάτι σωστά ή αν υπάρχει μεγάλος επιχειρηματικός κίνδυνος κρίνεται η βιωσιμότητά της, η επιτυχία της, η εικόνα της στην αγορά που



δραστηριοποιείται, στην μεγιστοποίηση των κερδών της, στην ικανοποίηση των μετόχων της.

### **Χαρακτηριστικά στοιχεία επένδυσης**

Από τον ορισμό της επένδυσης προκύπτει ότι τα κύρια χαρακτηριστικά στοιχεία της είναι<sup>1</sup>:

- ❖ **Η διάρκεια ζωής της επένδυσης**, η οποία δεν προσδιορίζεται μόνο από τη φυσική φθορά της αλλά εξαρτάται και από την τεχνολογική πρόοδο καθώς και τα τεχνικοοικονομικά χαρακτηριστικά μιας μεταγενέστερης σχετικής επένδυσης καθώς επίσης και από τις μεταβολές στο οικονομικό περιβάλλον και τις προτιμήσεις των καταναλωτών.
- ❖ **Η ροή των οικονομικών πόρων που δεσμεύονται** για την κατασκευή και λειτουργία της επένδυσης. Οι οικονομικοί πόροι είναι εκφρασμένοι σε χρήμα και περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων τις πληρωμές για την αγορά και κατασκευή της παραγωγικής μονάδας (κόστος επένδυσης) καθώς επίσης και τις πληρωμές για μισθούς, πρώτες ύλες και υλικά συντήρησης, δηλαδή τις δαπάνες εκμετάλλευσης κατά τη διάρκεια ζωής της επένδυσης.
- ❖ **Η ροή των ωφελειών** από την παραγωγή αγαθών ή υπηρεσιών. Οι ωφέλειες εκφράζονται σε χρήμα και περιλαμβάνουν τα έσοδα από την πώληση αγαθών ή υπηρεσιών
- ❖ **Η ημερομηνία πραγματοποίησης της επένδυσης**, η οποία αποτελεί αντικείμενο επιλογής και εξαρτάται από την δεδομένη οικονομική συγκυρία καθώς επίσης και από τις επιπτώσεις της στη διαμόρφωση της αναμενόμενης ροής των εσόδων και δαπανών.

### **Κατηγορίες επενδυτικών σχεδίων**

Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες επενδυτικών σχεδίων, ανάλογα με τα επιμέρους χαρακτηριστικά καθώς και τους σκοπούς που αυτά εξυπηρετούν. Η κατηγοριοποίηση των επενδύσεων γίνεται προκειμένου να βελτιωθεί η διαδικασία λήψης αποφάσεων σε μία επιχείρηση. Οι διαδικασίες διαχείρισης της επιχείρησης για την έγκριση και την αξιοποίηση επενδυτικών σχεδίων διαφέρουν ανάλογα με αυτά. Έτσι είναι απαραίτητο για την επιχείρηση να ταξινομεί ανάλογα με συγκεκριμένα κριτήρια τις επενδυτικές της επιλογές και να αναπτύσσει ορισμένες τυποποιημένες διαχειριστικές διαδικασίες, προκειμένου να αξιολογήσει τους διάφορους τύπου επενδυτικών προτάσεων.<sup>2</sup>

Μία πρώτη διάκριση έχει να κάνει με τον φορέα εκπόνησης της επένδυσης. Από αυτήν την σκοπιά οι επενδύσεις διακρίνονται σε δημόσιες επενδύσεις, οι οποίες χρηματοδοτούνται από δημόσιους φορείς και έχουν συνήθως ως αντικειμενικό σκοπό την πραγματοποίηση έργων συλλογικής ή κοινωνικής ωφέλειας, σε ιδιωτικές επενδύσεις οι οποίες γίνονται από τις επιχειρήσεις και αποβλέπουν στην υλοποίηση έργων που ως στόχο έχουν την εξυπηρέτηση ιδιωτικών συμφερόντων και κινήτρων καθώς και σε μικτές επενδύσεις στις οποίες υπάρχει συνεργασία τόσο του δημοσίου όσο και ιδιωτικών φορέων και προωθούνται κατά κανόνα από μικτούς ιδιωτικούς, συνεταιριστικούς ή κρατικούς φορείς.

Μία διαφορετική οπτική είναι ανάλογα με το αν η επένδυση προσανατολίζεται στην αύξηση ή όχι της παραγωγικής δυναμικότητας. Σύμφωνα με αυτήν οι επενδύσεις χωρίζονται σε καθαρές επενδύσεις, οι οποίες συμβάλλουν στην αύξηση της παραγωγικής δυναμικότητας, σε επενδύσεις αντικατάστασης, οι οποίες γίνονται με σκοπό την αντικατάσταση αποσβεσθέντων παγίων καθώς και τις ακαθάριστες επενδύσεις οι οποίες αποτελούν συνδυασμό καθαρών και επενδύσεων αντικατάστασης.

Ανάλογα με τον τομέα της οικονομικής δραστηριότητας οι επενδύσεις μπορούν να διακριθούν σε επενδύσεις στον πρωτογενή τομέα, όπως είναι οι γεωργικές επενδύσεις καθώς και οι επενδύσεις στην αλιεία ή στην κτηνοτροφία, και σε επενδύσεις στον δευτερογενή τομέα όπως για παράδειγμα στην μεταποίηση προϊόντων, στην βιοτεχνία ή στην βιομηχανία.

Οι επενδύσεις μπορούν να ταξινομηθούν ανάλογα με τη φύση του επενδυόμενου αγαθού. Έτσι μπορούμε να διαχωρίσουμε τις επενδύσεις σε υλικές, οι οποίες αφορούν πραγματικά περιουσιακά στοιχεία όπως είναι η αγορά μιας μηχανής ή ενός εργοστασίου, και σε άυλες όπως για παράδειγμα η διαφήμιση, η αγορά χρηματιστηριακών τίτλων ή ακόμα και επενδύσεις που στοχεύουν σε καλύτερες συνθήκες εργασίας και ανύψωσης του ηθικού των εργαζομένων.

Ένας τρόπος διαχωρισμού των επενδύσεων έχει να κάνει με την ένταξη στους παραγωγικούς κλάδους της οικονομίας. Έτσι μπορούμε να τις διακρίνουμε σε επενδύσεις αγροτικές αν αφορούν παραγωγή αγροτικών αγαθών, βιομηχανικές για βιομηχανικά, τουριστικές, περιβάλλοντος, ενεργειακές, ναυτιλιακές κ.τ.λ.

Μια άλλη κατηγοριοποίηση των επενδύσεων έχει να κάνει με την επιφάνεια επιρροής τους. Έτσι μπορούμε να τις διακρίνουμε σε επενδύσεις τοπικές, αν αφορούν μια πολύ

περιορισμένη κλίμακα, επενδύσεις περιφερειακές αν δραστηριοποιείται σε ολόκληρη την περιφέρεια καθώς και σε εθνικές. Επίσης μπορεί μια επένδυση να είναι κοινοτική, δηλαδή να επηρεάζει ολόκληρη την γεωγραφική κλίμακα της Ευρωπαϊκής Ένωσης ή και ακόμα και παγκόσμια.

Το μέγεθος μιας επενδυτικής πρότασης έχει ιδιαίτερη σημασία και υπολογίζεται από τα χρηματοδοτικά κεφάλαια και τους πόρους που απαιτούνται για την αξιοποίηση του σχεδίου. Πολλές επιχειρήσεις περιορίζουν τις κεφαλαιουχικές δαπάνες σε ένα ανώτατο προκαθορισμένο ποσό, το οποίο όμως ενδέχεται να αυξάνεται καθώς αυξάνεται και το μέγεθος του επενδυτικού σχεδίου. Έτσι ανάλογα με τα χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν μια επένδυση μπορεί να χαρακτηριστεί σαν μικρή, μεσαία ή μεγάλη. Το μέγεθος παρουσιάζει εξαιρετικό ενδιαφέρον στο στάδιο της αξιολόγησης των σχεδίων επένδυσης. Τα μεγάλα έργα λόγω του γεγονότος ότι έχουν σημαντικές αναπτυξιακές επιπτώσεις στην εθνική οικονομία, χαρακτηρίζονται και ως στρατηγικές επενδύσεις, σε σχέση με τα μικρά, τα οποία δεν παρουσιάζουν αξιόλογες επιδράσεις στους άλλους κλάδους της οικονομίας, φαίνονται να προσελκύουν περισσότερο το ενδιαφέρον.

Μπορούμε να διακρίνουμε τις επενδύσεις ανάλογα με το φυσικό τους αντικείμενο σε κατηγορίες. Αυτές μπορεί να είναι η επένδυση για μια νέα παραγωγική μονάδα, η επέκταση μιας ήδη υπάρχουσας παραγωγικής μονάδας, ο εκσυγχρονισμός του μηχανολογικού και παραγωγικού εξοπλισμού της, καθώς και η εξαγορά μίας παραγωγικής μονάδας.

Ανάλογα με τη χρήση συγκεκριμένων συντελεστών παραγωγής μπορούμε να διακρίνουμε τις επενδυτικές προτάσεις τρεις κατηγορίες. Σε εντάσεως εργασίας, δηλαδή σχέδια επένδυσης που χρησιμοποιούν αναλογικά περισσότερη εισροή εργασίας, δηλαδή εργατικό δυναμικό, σε εντάσεως κεφαλαίου, δηλαδή σχέδια επένδυσης που χρησιμοποιούν αναλογικά περισσότερη εισροή κεφαλαίου καθώς και σε εντάσεως εδαφικών πόρων, όπου απαιτείται σημαντική χρήση εκτάσεων γης

Ιδιαίτερη σημασία για την ανάληψη επενδυτικών σχεδίων έχει και η επίδραση που ασκείται στον κίνδυνο του χαρτοφυλακίου της εταιρίας μέσα από την ανάληψη ενός σχεδίου. Έτσι οι επενδύσεις ανάλογα με τον βαθμό επικινδυνότητας τους διακρίνονται σε επενδύσεις μηδενικού κινδύνου ή απολύτως εξασφαλισμένα, χαμηλού κινδύνου καθώς και επενδύσεις υψηλού κινδύνου.

Οι κατηγορίες των επενδύσεων βέβαια δεν σταματούν εδώ. Σύμφωνα με τους Lawrence και Joehnk οι επενδύσεις άλλη μια διάκριση των επενδύσεων είναι σε άμεσες και έμμεσες<sup>7</sup>. Άμεσες επενδύσεις είναι αυτές με τις οποίες οι επενδυτές αποκτούν άμεσα δικαιώματα σε χρεόγραφα ή κυριότητες. Για παράδειγμα αν ένας επενδυτής αγοράσει μετοχές ή ομολογίες με σκοπό την απόκτηση εισοδήματος ή την διατήρηση της αξίας έχει πραγματοποιήσει μία άμεση επένδυση. Έμμεσες επενδύσεις είναι οι επενδύσεις που γίνονται σε ένα χαρτοφυλάκιο ή σύνολο χρεογράφων ή κυριοτήτων. Για παράδειγμα μπορεί ένας επενδυτής να αγοράσει μετοχές αμοιβαίου κεφαλαίου, δηλαδή ενός διαφοροποιημένου χαρτοφυλακίου χρεογράφων, προερχόμενου από πολλές εταιρείες.

Μια σημαντική διάκριση των επενδύσεων είναι ανάλογα με τον χρονικό ορίζοντα τους. Σύμφωνα με αυτήν οι επενδύσεις διακρίνονται σε βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες. Μακροπρόθεσμες επενδύσεις είναι αυτές που λήγουν μετά από χρονική περίοδο μεγαλύτερη του ενός έτους ή που δεν έχουν καθόλου λήξη, ενώ βραχυπρόθεσμες είναι αυτές που λήγουν το αργότερο μέσα σε ένα έτος. Σε αρκετές περιπτώσεις οι επενδυτές συνδυάζουν την διάρκεια μιας επένδυσης με την χρονική στιγμή που επιθυμούν να επενδύσουν.

Τέλος, οι επενδυτικές προτάσεις κατηγοριοποιούνται σε τρεις βασικές κατηγορίες με κριτήριο το πως επηρεάζουν τις επιχειρηματικές αποφάσεις για την ανάληψη μιας επένδυσης. Η πρώτη κατηγορία είναι οι ανεξάρτητες επενδυτικές προτάσεις. Μια ανεξάρτητη επένδυση πρόκειται να αξιολογηθεί σχετικά με το αν θα πραγματοποιηθεί ή όχι και δεν επηρεάζει την ανάληψη ή όχι άλλων επενδυτικών προτάσεων. Δηλαδή μια ανεξάρτητη επένδυση αποφασίζεται αν είναι ελκυστική ή όχι χωρίς να εξαρτάται από κάποια άλλη επένδυση ή κάποιον πόρο που επηρεάζει σε μια άλλη επενδυτική πρόταση. Η δεύτερη κατηγορία αποτελείται από τις αμοιβαία αποκλειόμενες επενδυτικές προτάσεις. Δυο ή παραπάνω επενδύσεις ορίζονται ως αμοιβαία αποκλειόμενες όταν δεν μπορούν να πραγματοποιηθούν ταυτόχρονα. Δηλαδή η αποδοχή της μιας επένδυσης μηδενίζει το όφελος από την ανάληψη της άλλης. Οι αμοιβαία αποκλειόμενες επενδύσεις αξιολογούνται ξεχωριστά η μία από την άλλη και επιλέγεται εκείνη που προσδίδει μεγαλύτερη αξία στην επενδυτή-επιχειρηματία. Χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή ώστε να αναγνωριστεί το γεγονός ότι δυο ή παραπάνω σχέδια είναι αμοιβαία αποκλειόμενα έτσι ώστε να αποφευχθεί η πιθανότητα το να υπάρχουν σοβαρές επιπτώσεις στο μέλλον. Τέλος υπάρχουν οι εξαρτημένες επενδυτικές προτάσεις. Μια επενδυτική πρόταση είναι εξαρτημένη όταν η ανάληψη της ή όχι εξαρτάται από την ανάληψη ή όχι μιας άλλης επενδυτικής πρότασης. Οι εξαρτημένες επενδύσεις μπορεί να είναι συμπληρωματικές ή

υποκατάστατες. Συμπληρωματική ονομάζεται η επένδυση όπου η αποδοχή της αυξάνει το όφελος μιας άλλης επένδυσης ενώ υποκατάστατη η επένδυση όπου η αποδοχή της μειώνει το όφελος από μια άλλη επένδυση ή της αυξάνει το κόστος.

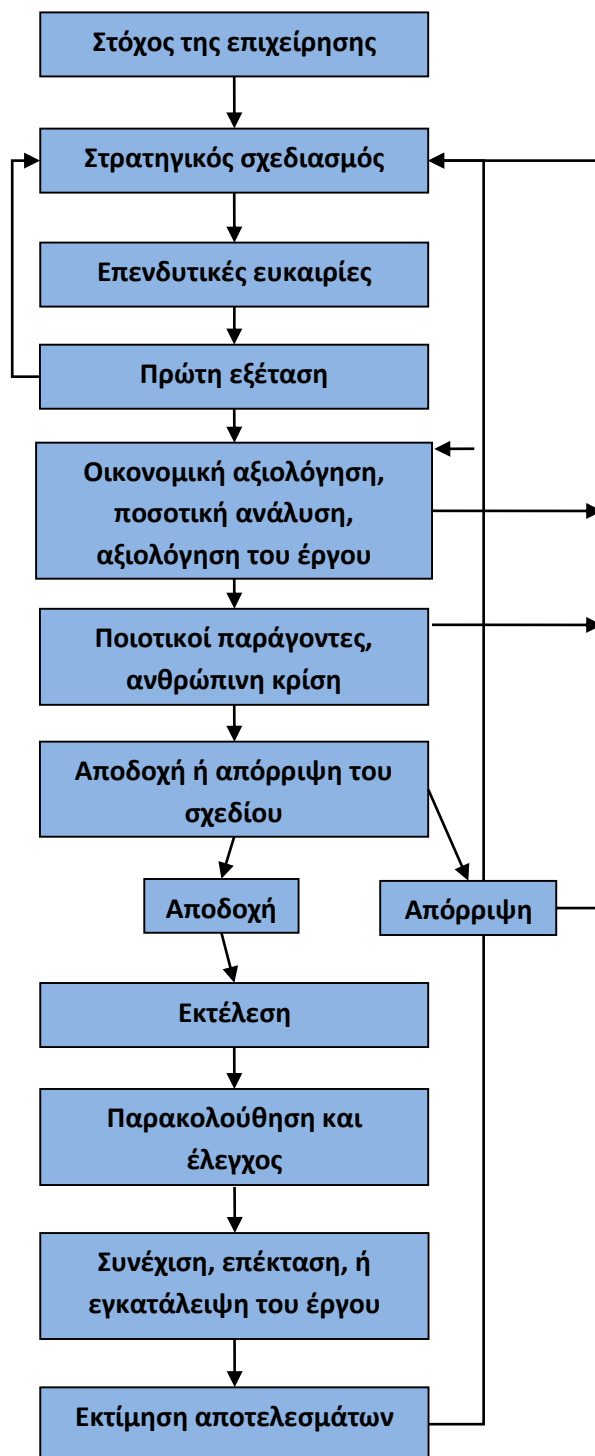
### Στάδια αξιολόγησης μιας επένδυσης

Η αξιολόγηση μιας επένδυσης ώστε να μπορεί να διακρίνει και να ξεχωρίσει επενδυτικά σχέδια πραγματοποιείται σε διάφορα στάδια:

- ❖ **Στρατηγικός σχεδιασμός.** Καθορίζεται το μέγεθος μιας επιχείρησης, η θέση της στο μέλλον καθώς και η στρατηγική με βάση την οποία θα μεγιστοποιήσει την αξία της. Καθορίζονται οι δραστηριότητες κλειδιά. Ο στρατηγικός σχεδιασμός οδηγεί την επιχείρηση προς την εκπλήρωση των στόχων της.
- ❖ **Αναγνώριση επενδυτικών ευκαιριών.** Οι επενδυτικές ευκαιρίες έχουν πολύ μεγάλη σημασία στην επίτευξη των εταιρικών στόχων. Η αναγνώρισή τους πρέπει να γίνεται με τα κριτήρια του κάθε επιχειρηματία ή επενδυτή ή με τα κριτήρια μιας υπάρχουσας επιχείρησης. Η φιλοσοφία και το όραμα του επενδυτή-επιχειρηματία πρέπει να ταιριάζει με αυτό της επενδυτικής πρότασης ώστε να αποτελεί επενδυτική ευκαιρία.
- ❖ **Πρώτη εξέταση μιας επενδυτικής πρότασης.** Πριν ο επιχειρηματίας-επενδυτής προχωρήσει σε ανάληψη μιας επένδυσης πρέπει να εξεταστεί για να εντοπιστεί αν θα είναι πραγματικά κερδοφόρα. Κάποιες επενδυτικές προτάσεις μπορούν να απορριφθούν ακόμα και με την εμπειρία του πιθανού επενδυτή-επιχειρηματία.
- ❖ **Οικονομική αξιολόγηση επενδυτικών σχεδίων.** Η πρόταση που έχει περάσει την πρώτη εξέταση προσδίδει αξία στον επενδυτή και σε αυτό το στάδιο πρόκειται να αναλυθεί εκτενώς οικονομικά έτσι ώστε να ποσοτικοποιήσει την αξία που πρόκειται να προσδώσει στον επιχειρηματία. Η οικονομική αξιολόγηση περιλαμβάνει την πρόβλεψη των μελλοντικών χρηματοοικονομικών ροών της επένδυσης, την ανάλυση του απαραίτητου κεφαλαίου, την μέτρηση του επιχειρηματικού κινδύνου, την κατάστρωση αισιόδοξων και απαισιόδοξων σεναρίων. Η μέτρηση των μελλοντικών χρηματοοικονομικών ροών πραγματοποιείται με την βοήθεια διάφορων εργαλείων. Ένα τέτοιο εργαλείο είναι η Καθαρά Παρούσα Αξία. Με την Καθαρά Παρούσα Αξία, ο επενδυτής μπορεί να διακρίνει αν είναι θετική πόση αξία έχει το παρόν έργο αλλά μπορεί και να το απορρίψει αν είναι αρνητική. Σε περίπτωση όπου η Καθαρά Παρούσα Αξία είναι αρνητική πρέπει να επανεξεταστεί η στρατηγική του επενδυτή.

- ❖ **Προσδιορισμός ποιοτικών παραγόντων στην αξιολόγηση επενδύσεων.**  
Μετά την χρηματοοικονομική αξιολόγηση ενός σχεδίου, πρέπει να αξιολογηθεί επιπλέον ως προς ποιοτικούς παράγοντες που ασκούν επίδραση σε αυτό και δεν μπορούν να μετρηθούν. Τέτοια παραδείγματα παραγόντων είναι: η επίπτωση στο περιβάλλον του σχεδίου, η πολιτική της κυβέρνησης σε συγκεκριμένα θέματα που μπορεί να το επηρεάζουν, η κατανάλωση σπάνιων πόρων, η επίδραση εργατικών συνδικάτων πάνω στο σχέδιο. Ο επιχειρηματίας πρέπει να διασφαλίσει πως οι ποιοτικοί παράγοντες που επηρεάζουν την επένδυσή του δεν θα έχουν σοβαρή επίδραση σε αυτό, μελετώντας τους και προετοιμάζοντας το κατάλληλο περιβάλλον για την υλοποίησή της.
- ❖ **Η αποδοχή ή όχι ενός επιχειρηματικού σχεδίου.** Τα κριτήρια αξιολόγησης και οι τιμές τους σε σχέση με τις προσδοκίες του επιχειρηματία και σε σχέση με το μέγεθος της επίδρασης ποιοτικών παραγόντων στο σχέδιο οδηγούν στην επιχειρηματική απόφαση τελικά για το αν θα πραγματοποιηθεί ή όχι.
- ❖ **Η παρακολούθηση και καταγραφή των αποκλίσεων** ως προς τις προβλέψεις, μετά την πραγματοποίησή του, με σκοπό την άσκηση μίας θετικής κριτικής, χρήσιμης για το μέλλον.

Σχηματικά η διαδικασία που αναλύθηκε απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα.



*D. Dayananda, R. Irrons, S. Harisson, J. Herbohn. Capital Budgeting 2002*

Σχήμα 2.1 : Διαδικασία αξιολόγησης επενδύσεων

## 2.3 Η έννοια των ταμειακών ροών

Οι ταμειακές ροές αναφέρονται πολύ συχνά στην αξιολόγηση επενδύσεων. Τις ταμειακές ροές χρησιμοποιούν τα εργαλεία της αξιολόγηση επενδύσεων έτσι ώστε να επιλέξουν ή να απορρίψουν ένα επενδυτικό σχέδιο.

Οι ταμειακές ροές είναι ουσιαστικά χρηματοοικονομικά μεγέθη που προσθέτουν τις εισροές από μια επιχειρηματική δραστηριότητα και αφαιρούν τις εκροές ανά οικονομικό έτος, αφήνοντας μετά τους υπολογισμούς, καθαρούς αριθμούς (αξίες) που μπορούν να προεξοφληθούν με τη βοήθεια των εργαλείων αξιολόγησης ώστε να διαφανεί η πραγματική αξία μιας επένδυσης.

Για να προσδιοριστούν οι ταμειακές ροές πρέπει να έχει προηγηθεί προσεκτική μελέτη του κεφαλαίου που χρειάζεται μια επιχείρηση, του κόστους (μεταβλητού και λειτουργικού), των τιμών πώλησης, των επιπλέον εισοδημάτων και όλων εκείνων των χρηματοοικονομικών μεγεθών που τη συνθέτουν. Οι ταμειακές ροές φανερώνουν την πραγματική αξία ενός σχεδίου και βοηθούν στην ανάληψη επιχειρηματικών αποφάσεων αξιολόγησης.<sup>4</sup>

## 2.4 Κόστος Ευκαιρίας

Η έννοια του κόστους ευκαιρίας στοιχειώνει την αξιολόγηση επενδύσεων. Το κόστος ευκαιρίας αποτελεί ουσιαστικό το αλγεβρικό και καθαρά λογικό, αξιοκρατικό κίνητρο για την ανάληψη ή όχι ενός επενδυτικού σχεδίου. Είναι η θυσία που πραγματοποιεί ο επιχειρηματίας στην επιλογή του να πραγματοποιήσει ένα επενδυτικό σχέδιο ενώ θα μπορούσε με το ίδιο κεφάλαιο να πραγματοποιήσει κάποιο άλλο.

Η εφαρμογή της έννοιας του κόστους ευκαιρίας στην αξιολόγηση επενδύσεων είναι καίρια και πέρα από την τεχνική οικονομική ανάλυση εξαρτάται από την φύση και τα κίνητρα του επιχειρηματία-επενδυτή. Για μικρές επενδύσεις σαν κόστος ευκαιρίας μπορεί να είναι η κατάθεση των χρημάτων στην τράπεζα (με σκοπό την αύξηση τους με τους τόκους) και σε αυτή την περίπτωση συγκρίνονται με τον εσωτερικό συντελεστή αποδοτικότητας.

Ο εσωτερικός συντελεστής αποδοτικότητας στην αξιολόγηση επενδύσεων βοηθά στη σύγκριση με χρηματοοικονομικούς δείκτες που ποικίλουν ανά περίπτωση (ανάλογα με τις προσδοκίες και τα κριτήρια του επιχειρηματία) και βοηθά στο να αναγνωριστεί το κόστος ευκαιρίας από την πραγματοποίηση μιας επενδυτικής πρότασης. Σε άλλες



περιπτώσεις το κόστος ευκαιρίας μπορεί να προστεθεί στις ταμειακές ροές για να φανεί η πραγματική αξία ενός σχεδίου.

## 2.5 Κίνδυνος, σημαντικότητα στοχαστικών μεθόδων

Μέχρι αυτή την ενότητα, παρουσιάστηκε η αξιολόγηση επενδύσεων σε σταθερό οικονομικό περιβάλλον. Το σταθερό οικονομικό περιβάλλον είναι μια ιδεατή κατάσταση κατά την οποία οι οικονομικές και επιχειρηματικές προβλέψεις μπορούν να υπολογιστούν ακριβέστατα με ελάχιστο περιθώριο λάθους καθώς το περιβάλλον δεν αλλάζει άρα μπορεί να προβλεφθεί η συμπεριφορά του στο μέλλον.

Η πραγματικότητα όμως είναι διαφορετική. Οι επιχειρήσεις και οι επενδυτικές αποφάσεις παίρνονται σε αβέβαιο περιβάλλον γεμάτο εκπλήξεις καθώς ποτέ καμία επενδυτική πρόταση δεν μπορεί να προβλεφθεί χωρίς αποκλίσεις. Το περιβάλλον που δραστηριοποιούνται οι επιχειρήσεις συνεχώς μεταβάλλεται. Πολιτικοί, κοινωνικοί, οικονομικοί, νομικοί, περιβαλλοντικοί παράγοντες μπορεί να επηρεάσουν την επιτυχία μιας επένδυσης. Ενώ παράλληλα, το μικροπεριβάλλον της επιχείρησης, η στρατηγική των προμηθευτών και των πελατών αν δεν προβλεφθούν σωστά τότε μια επενδυτική πρόταση μπορεί να μην πετύχει.

Μέχρι αυτή την ενότητα έχει παρουσιαστεί η αξιολόγηση επενδύσεων με δεδομένο ότι η επιχειρηματική δραστηριότητα ασκείται σε περιβάλλον σταθερότητας. Στην πραγματικότητα όμως οι επιχειρήσεις ασκούν τη δραστηριότητά τους σε ένα αβέβαιο επιχειρηματικό περιβάλλον όπως προαναφέρθηκε. Το γεγονός αυτό έχει σαν συμπέρασμα πως οποιαδήποτε τιμή των χρηματοοικονομικών ροών απλά αποτελεί μια πρόβλεψη της κατάστασης της επιχείρησης στο μέλλον. Το πόσο επιτυχημένες ή όχι είναι αυτές οι προβλέψεις καθορίζονται με την εισαγωγή της έννοιας του κινδύνου και της αβεβαιότητας.

Ο επιχειρηματικός κίνδυνος και η αβεβαιότητα έρχονται να προσδώσουν μια δυναμική στην αξιολόγηση επενδύσεων. Τα εργαλεία που χρησιμοποιεί η αξιολόγηση για να εξετάσει μια επένδυση δεν μπορούν να προβλέψουν τον κίνδυνο καθώς δεν εμπεριέχουν τις έννοιες της αλληλεπίδρασης παραγόντων, των πιθανοτήτων σε συνδυασμό με τη μεταβλητή του χρόνου και τη σημασία της τυχαιότητας.

**Κίνδυνος:** αναφέρεται στην πιθανότητα του να χαθεί κεφάλαιο ή εισροές από τον επενδυτή-επιχειρηματία. Ο επιχειρηματικός κίνδυνος είναι ένα μετρήσιμο μέγεθος μέσω

της βοήθειας των στατιστικών πιθανοτήτων. Ο επιχειρηματικός κίνδυνος μετράει θετικές και αρνητικές επιπτώσεις του επιχειρηματικού περιβάλλοντος σε μια επενδυτική πρόταση.

**Αβεβαιότητα:** η αβεβαιότητα στην επιχειρηματική δραστηριότητα είναι ο μη μετρήσιμος κίνδυνος που πρόκειται να αντιμετωπίσει. Είναι όλοι εκείνοι οι παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν την πορεία μιας επένδυσης αλλά είναι δυνατόν να φανούν μόνο μετά την έναρξη της επιχειρηματικής δραστηριότητας. Η αβεβαιότητα περιλαμβάνει παράγοντες όπως είναι για παράδειγμα οι καιρικές συνθήκες που δεν μπορούν να προβλεφθούν σε βάθος χρόνου.<sup>5</sup>

Οι ανάγκες που δημιουργούνται στην αξιολόγηση επενδύσεων λόγω της πίεσης του περιβάλλοντος στο οποίο θα πραγματοποιηθεί μια επένδυση, οδήγησαν στη δημιουργία και χρήση μεθόδων, των στοχαστικών μεθόδων. Μια τέτοια μέθοδος είναι η μέθοδος Monte Carlo που αναλύεται στην παρούσα μελέτη.

Αξίζει να αναφερθεί πως η αξιολόγηση διαθέτει εργαλεία ώστε να αναγνωρίσει τους παράγοντες που εμπεριέχουν κίνδυνο για μια επένδυση. Τα εργαλεία αυτά χρησιμοποιούνται πριν τις στοχαστικές μεθόδους ώστε να αναγνωριστούν οι παράγοντες ευαισθησίας. Τέτοια είναι η ανάλυση ευαισθησίας η οποία υπολογίζει απαισιόδοξα και αισιόδοξα σενάρια και εξάγει συμπεράσματα παρατηρώντας τις τιμές της καθαρής παρούσας αξίας με την αλλαγή ενός παράγοντα τη φορά. Ένα άλλο εργαλείο είναι η ανάλυση του νεκρού σημείου. Η ανάλυση νεκρού σημείου είναι μια ειδική εφαρμογή της ανάλυσης ευαισθησίας. Μέσα από την ανάλυση του νεκρού σημείου, εντοπίζονται οι μεταβλητές που προκαλούν μεγάλες μεταβολές στην καθαρά παρούσα αξία και από αυτές δύναται να εντοπιστούν οι μεταβλητές που μπορούν ακόμα και να μηδενίσουν την καθαρά παρούσα αξία.

## Προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι στατικές μέθοδοι

- ❖ Στατικές προβλέψεις.
- ❖ Χωρίς τη χρήση των στοχαστικών μεθόδων οι προβλέψεις εμπεριέχουν μη μετρήσιμο κίνδυνο και αβεβαιότητα για τον επιχειρηματία.
- ❖ Μπορεί να απορρίψει ένα κερδοφόρο σχέδιο ή να επιλέξει ένα μη κερδοφόρο. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τη μείωση του ποσοστού αποτυχίας επενδυτικών σχεδίων.
- ❖ Οι προβλέψεις εμπεριέχουν πολύ μεγάλη πιθανότητα σημαντικών αποκλίσεων στην πραγματικότητα.
- ❖ Ο κίνδυνος του ανθρώπινου λάθους κατά τους υπολογισμούς.
- ❖ Οι στατικές μέθοδοι δεν συνυπολογίζουν το επιχειρηματικό περιβάλλον.

## Χρησιμότητα στοχαστικών μεθόδων

Σε συνέχεια των παραπάνω, αναφέρονται οι διαφοροποιήσεις των στοχαστικών μεθόδων σε σχέση με την ανάλυση ευαισθησίας, δηλαδή η πραγματική χρησιμότητά τους: <sup>6</sup>

- ❖ Οι στοχαστικές μέθοδοι ξεφεύγουν από την στατικότητα των εργαλείων αξιολόγησης δημιουργώντας ένα εικονικό μεταβαλλόμενο περιβάλλον στο οποίο αξιολογείται μια επένδυση.
- ❖ Ξεφεύγουν από τις αλγεβρικές πράξεις σε ένα μη μεταβαλλόμενο περιβάλλον χρησιμοποιώντας στατιστικές πιθανότητες.
- ❖ Δημιουργούν ένα πολύπλοκο δυναμικό περιβάλλον.
- ❖ Όλα τα χρηματοοικονομικά μεγέθη αντιμετωπίζονται σαν μια πιθανότητα.
- ❖ Βοηθούν τον επιχειρηματία-επενδυτή να λάβει επενδυτικές αποφάσεις έχοντας τη συνολική εικόνα.
- ❖ Μετρούν τον επιχειρηματικό κίνδυνο.
- ❖ Μειώνουν την πιθανότητα σφάλματος.
- ❖ Περιορίζουν τους παράγοντες που προκαλούν αβεβαιότητα σε πολύ μικρά ποσοστά.

## 2.6 Συμπεράσματα

Στο παρόν κεφάλαιο εξετάστηκαν οι έννοιες της αξιολόγησης τα προβλήματα που αντιμετωπίζει η αξιολόγηση, η χρησιμότητα των στοχαστικών μεθόδων καθώς και η έννοια του επιχειρηματικού κινδύνου και της αβεβαιότητας.

Τα συμπεράσματα τα οποία προκύπτουν από τη μελέτη των παραπάνω είναι τα εξής:

- ❖ Η αξιολόγηση επενδύσεων είναι μια πολύ χρήσιμη επιστήμη στις επιχειρηματικές αποφάσεις.
  - Λαμβάνοντας υπόψη τη στρατηγική, το όραμα και τη φιλοσοφία του επιχειρηματία εξετάζει τις επενδυτικές προτάσεις.
  - Συνάδει με τον βασικό στόχο των οικονομικών δηλαδή τη μεγιστοποίηση της αξίας μιας επιχειρηματικής δραστηριότητας.
  - Η έννοια των ταμειακών ροών είναι θεμελιώδης στην αξιολόγηση επενδύσεων. Οι ταμειακές ροές εισάγονται στα κριτήρια αξιολόγησης ώστε να διαφανεί η ελκυστικότητα ενός σχεδίου.
  - Μπορεί να προβλέψει μελλοντικές χρηματικές ροές της επιχείρησης με τη χρήση των ποικίλων εργαλείων που διαθέτει. Κύρια κριτήρια αξιολόγησης είναι η καθαρά παρούσα αξία και ο εσωτερικός συντελεστής αποδοτικότητας.
  - Χρησιμοποιείται η έννοια του κόστους ευκαιρίας ώστε να διαφανεί η πραγματική αξία ενός επενδυτικού σχεδίου.
  - Συστήνεται η χρήση όλων των κριτηρίων αξιολόγησης κατά την δόμηση ενός επενδυτικού σχεδίου έτσι ώστε ο επιχειρηματίας να έχει πιο ολοκληρωμένη εικόνα για τις μελλοντικές του αποφάσεις. Ο επιχειρηματίας πρέπει να γνωρίζει πότε θα επανακτήσει το αρχικά επενδυμένο του κεφάλαιο, το μέγεθος των χρηματικών ροών που θα του αποφέρει η επένδυση και την απόδοση που θα έχει η δεδομένη επένδυση. Επίσης, η αξιολόγηση του δίνουν τη δυνατότητα να επιλέξει ανάμεσα σε επενδυτικές προτάσεις την πιο ελκυστική μελετώντας τις πληροφορίες που του παρέχονται.
- ❖ Εισήχθηκε η έννοια του επιχειρηματικού κινδύνου και της αβεβαιότητας:
  - Ο επιχειρηματικός κίνδυνος και η αβεβαιότητα αποτελούν μια πραγματικότητα στο επιχειρηματικό περιβάλλον. Επηρεάζουν τη διαύγεια των επιχειρηματικών αποφάσεων καθώς και την επιτυχία μιας επένδυσης.

- Μπορούν να αναγνωριστούν και να προσδιοριστούν με τη βοήθεια των στοχαστικών μεθόδων.
- Ο κίνδυνος και η αβεβαιότητα εισάγουν την έννοια της δυναμικότητας στις επιχειρήσεις. Δηλαδή, πως στην πραγματικότητα πολλοί παράγοντες μεταβάλλονται και αλληλεπιδρούν μεταξύ τους.
- ❖ Εισήχθηκε η έννοια των στοχαστικών μεθόδων, της χρησιμότητάς τους καθώς και των αναλύσεων που προηγούνται αυτών:
  - Η ανάλυση ευαισθησίας είναι χρήσιμο εργαλείο για τον επιχειρηματία καθώς του παρέχει πολύ χρήσιμες πληροφορίες για την επιτυχία του επενδυτικού σχεδίου. Του παρέχει πληροφόρηση σχετικά με τους παράγοντες που επηρεάζουν την πορεία της επένδυσης και σε ποιο βαθμό έτσι ώστε να λάβει τα κατάλληλα μέτρα και σε ακραίες περιπτώσεις ακόμα και να προτιμήσει να μην αναλάβει την επένδυση.
  - Οι παραπάνω αναλύσεις αποτιμούν σε ένα βαθμό τον επιχειρηματικό κίνδυνο όπως προαναφέρθηκε όμως χωρίς να συμπεριλαμβάνει το πραγματικό δυναμικό περιβάλλον που δραστηριοποιούνται οι επιχειρήσεις. Όμως δίνουν μια πρώτη εικόνα που κρίνει αν χρειάζεται να πραγματοποιηθούν επιπλέον διερευνήσεις για συγκεκριμένους παράγοντες.
  - Οι στοχαστικές μέθοδοι εισάγουν την έννοια των πιθανοτήτων για να αντιμετωπίσουν τον επιχειρηματικό κίνδυνο. Δημιουργούν ένα πολύπλοκο εικονικό δυναμικό περιβάλλον στο οποίο αφήνονται οι μεταβλητές να επιδράσουν και να αλληλεπιδράσουν σε εικονικό χρόνο οδηγώντας σε συμπεράσματα για την πραγματική αξία των επενδυτικών προτάσεων. Οι στοχαστικές μέθοδοι συνυπολογίζουν το λάθος και το περιορίζουν ενώ δύνανται να συνυπολογίσουν το κόστος ευκαιρίας και άλλα μεγέθη.

## **Βιβλιογραφία 2<sup>ου</sup> κεφαλαίου**

- <sup>1</sup> Παντελής Κάπρος, 2004. *Οικονομική αξιολόγηση επιχειρήσεων*. **Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο**
- <sup>2</sup> W. Bruce Allen, Keith Weigelt, Neil A. Doherty, Edwin Mansfield, 2006. *Managerial Economics*, **W.W Norton International Student Edition**
- <sup>3</sup> Παναγιώτης Ξυδώνας, Ιωάννης Ψαρράς, Κωνσταντίνος Ζοπουνίδης, 2010. *Σύγχρονη θεωρία χαρτοφυλακίου*, **Εκδόσεις Κλειδάριθμος**
- <sup>4</sup> Don Dayananda, Richard Irrons, Steve Harisson, John Herbohn, Patric Rowland, 2002. *Capital Budgeting: Financial Appraisal of Investment Projects*. **Cambridge University Press**.
- <sup>5</sup> Brealey, Richard A., Stewart C. Myers, and Franklin Allen. 2006. *Principles of corporate finance*. **NY: McGraw-Hill/Irwin**.
- <sup>6</sup> Καλλιόπη Ι. Παπαπολύζου, 2006. *Αξιολόγηση Επενδυτικών Σχεδίων κάτω από τα Διεθνή Λογιστικά Πρότυπα*. **Τμήμα Χρηματοοικονομικής και Τραπεζικής Διοικητικής, Πανεπιστήμιο Πειραιώς, Μεταπτυχιακή Μελέτη**.
- <sup>7</sup> Scheig, Gregory E. og Robert T. Barnett. 2007. "Monte Carlo Simulation Improves Decision Making." **Natural Gas & Electricity**
- <sup>7</sup> Lawrence J. Gitman , Michael D. Joehnk, 2010. *Fundamentals of Investing*. **Student Value Edition**

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

## Η ΜΕΘΟΔΟΣ MONTE CARLO

### 3.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο πρόκειται να μελετηθεί αναλυτικά η έννοια της προσομοίωσης στην αξιολόγηση επενδύσεων καθώς και ένα από τα πιο εφαρμοσμένα μοντέλα προσομοίωσης, την μέθοδο Monte Carlo. Η ονομασία της οφείλεται στον τυχαίο χαρακτήρα της μεθόδου κατ' αναλογία με τα παιχνίδια τύχης των οποίων η πρωτεύουσα του Μονακό ήταν το αδιαφιλονίκητο κέντρο της εποχής την εποχή του δεύτερου παγκοσμίου πολέμου, όπου και ξεκίνησε η χρήση της.

Μέχρι το παρόν κεφάλαιο, αναλύθηκε η έννοια του κινδύνου και πως μπορεί να επηρεάσει η προσέγγιση του τις επιχειρηματικές αποφάσεις. Η ανάλυση ευαισθησίας και η ανάλυση νεκρού σημείου προσεγγίζει την έννοια του κινδύνου χωρίς όμως να συμπεριλαμβάνει την έννοια της αλληλεπίδρασης μεταξύ των μεταβλητών ευαισθησίας. Αποτελούν όμως χρήσιμα εργαλεία για να αναγνωριστούν οι «κρίσιμες» μεταβλητές που επηρεάζουν το επιχειρηματικό πλάνο και στη συνέχεια να γίνουν το επίκεντρο μιας προσομοίωσης Monte Carlo.

Η μέθοδος εισάγει την έννοια της αλληλεπίδρασης μεταβλητών σε ένα υπολογιστικό περιβάλλον. Αφήνει τις μεταβλητές ευαισθησίας να ασκήσουν οποιαδήποτε αλληλεπίδραση στις καθαρές ταμειακές ροές και παρατηρεί την μεταβολή της καθαρής παρούσας αξίας. Ουσιαστικά προσομοιώνει την πραγματικότητα ενός επιχειρηματικού περιβάλλοντος.

Η μέθοδος Monte Carlo μπορεί να αλλάξει ταυτόχρονα και με άπειρους συνδυασμούς πλήθος μεταβλητών και στη συνέχεια να αποτυπώσει την επίδραση στις καθαρές ταμειακές ροές. Επιτρέπει έτσι στον επιχειρηματία-επενδυτή να παρατηρήσει σε επίπεδο προσομοίωσης την πραγματικότητα πραγματοποίησης ενός επιχειρηματικού πλάνου η οποία μπορεί να είναι είτε αισιόδοξη είτε απαισιόδοξη.

Η μέθοδος συνήθως χρησιμοποιείται για πολύπλοκα προβλήματα που είναι δύσκολο να μελετηθούν – λυθούν με εξισώσεις. Υπάρχουν διάφορα προγράμματα που κάνουν την μέθοδο δύσκολη στην εφαρμογή της και απρόσιτη. Σε αυτή όμως την μελέτη, αναλύεται η μέθοδος που χρησιμοποιεί σαν βάση το Microsoft Excel και μετατρέπει τις στατικές σε τυχαίες μεταβλητές.

Για την καλύτερη κατανόηση-ανάλυση της μεθόδου παρατίθεται η έννοια της προσομοίωσης.

### 3.2 Έννοια της προσομοίωσης

Η έννοια της προσομοίωσης γενικά χρησιμοποιείται για να περιγράψει μια κατάσταση που μιμείται κάποιες πτυχές της πραγματικότητας. Αναφέρεται σε οποιαδήποτε αναλυτική μέθοδο έχει στόχο να μιμηθεί ένα πραγματικό σύστημα, ιδίως όταν οι αλλαγές είναι πολύπλοκες μαθηματικά ή είναι πολύ δύσκολο να παραχθούν.

Στην οικονομική επιστήμη η προσομοίωση αναπτύσσει ένα επιχειρηματικό ή οικονομικό μοντέλο και εξάγει πειράματα χρησιμοποιώντας αυτό το μοντέλο ώστε να προβλέψει πως η πραγματική οικονομία ή επιχείρηση θα συμπεριφερόταν εφαρμόζοντας διάφορες στρατηγικές. Η έννοια του μοντέλου έχει βοηθήσει την οικονομική επιστήμη να αναπαραστήσει την πολυπλοκότητα ενός οικονομικού συστήματος.

Ο όρος προσομοίωση είναι συνυφασμένος με την διαδικασία δημιουργίας ενός μοντέλου και παραγωγής πληροφοριών που βοηθούν στη λήψη αποφάσεων. Πολλές φορές χρησιμοποιείται για να ορίσει την διαδικασία διεξαγωγής δοκιμών στο μοντέλο.

Ένα μοντέλο προσομοίωσης αποτελείται από μικρότερα τμήματα όπου το καθένα συμβάλλει στην πραγματοποίηση του έργου. Συνήθως ξεκινά από ένα στατικό μοντέλο (χωρίς αλληλεπιδράσεις) που αποτελεί τη βάση για να αναπτυχθεί το δυναμικό μοντέλο της προσομοίωσης.

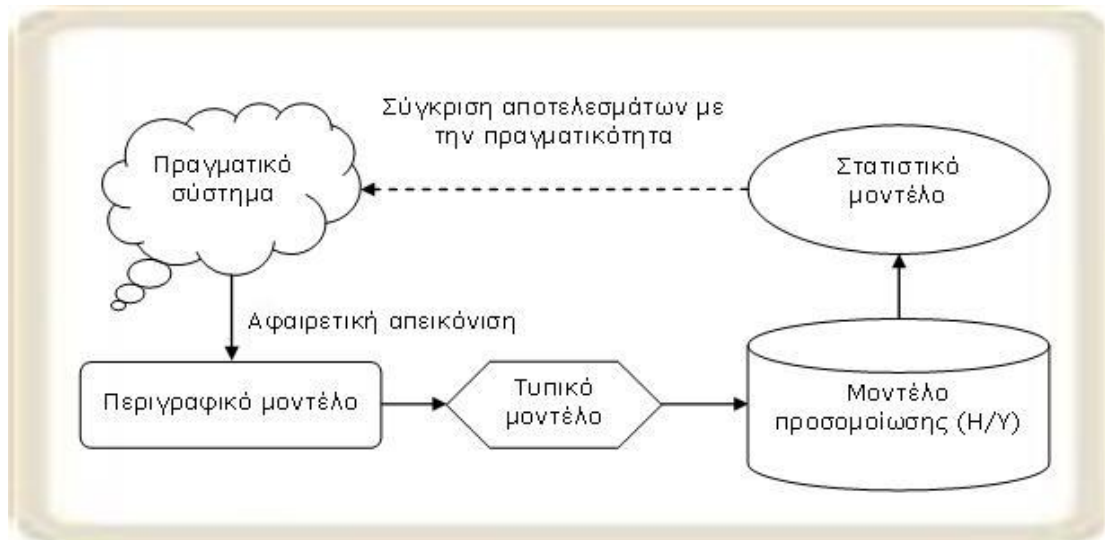
Κατά συνέπεια, σε αντιδιαστολή με τα αναλυτικά μοντέλα, ένα μοντέλο προσομοίωσης είναι ένα πρόγραμμα στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, το οποίο περιλαμβάνει : <sup>1</sup>

- a. Ένα σύνολο μεταβλητών που αναπαριστούν και αντιπροσωπεύουν τα βασικά χαρακτηριστικά του πραγματικού συστήματος.
- b. Ένα σύνολο λογικών εντολών του στον υπολογιστή, που μετατρέπουν αυτά τα χαρακτηριστικά με την πάροδο του χρόνου, σύμφωνα με τους κανόνες, λογικούς



ή φυσικούς, που κυβερνούν το αληθινό σύστημα. Το σύστημα θα αλλάζει κατάσταση όταν μία ή περισσότερες μεταβλητές στο μοντέλο αλλάζουν τιμή.

Στο **σχήμα 3.1** φαίνεται μια γραφική απεικόνιση ενός μοντέλου προσομοίωσης σε Η/Υ.



Σχήμα 3.1 Μοντέλο προσομοίωσης σε Η/Υ

Είναι προφανές ότι εάν κατασκευάσουμε ένα σωστό μοντέλο προσομοίωσης, δηλαδή ένα μοντέλο το οποίο μπορεί με ακρίβεια να προβλέπει τη συμπεριφορά και τα χαρακτηριστικά ενδιαφέροντος του πραγματικού συστήματος, έχουμε ένα πολύ ισχυρό εργαλείο αξιολόγησης και επιλογής στρατηγικής για την επιχείρηση ή για το πρόβλημα που μας ενδιαφέρει.

## Μεταβλητές

Οι μεταβλητές σε μια προσομοίωση διαχωρίζονται σε εξωγενείς και ενδογενείς και μεταβλητές κατάστασης.<sup>2</sup>

**Εξωγενείς μεταβλητές:** είναι οι μεταβλητές που εξαρτώνται από παράγοντες εκτός του μοντέλου ενώ μπορεί να ελέγχονται από τον επιχειρηματία, όπως είναι για παράδειγμα οι κεφαλαιουχικές δαπάνες ή και όχι όπως είναι η αγοραστική ζήτηση των καταναλωτών

σε μία συγκεκριμένη τιμή πώλησης. Οι εξωγενείς μεταβλητές ελέγχουν τα δεδομένα που εισάγονται στο μοντέλο και έμμεσα το διαμορφώνουν.

**Ενδογενείς μεταβλητές:** είναι οι μεταβλητές που ορίζονται και εξαρτώνται πλήρως από το σύστημα, όπως είναι για παράδειγμα η καθαρή παρούσα αξία της επένδυσης ή οποιοδήποτε άλλο κριτήριο αποδοτικότητας αποφασιστεί.

**Μεταβλητές κατάστασης:** είναι οι μεταβλητές που περιγράφουν-χαρακτηρίζουν την κατάσταση του μοντέλου σε οποιαδήποτε οικονομικό έτος προσομοίωσης, για παράδειγμα τα ταμειακά διαθέσιμα και τα χρέη της επιχείρησης.

### Γενικός τύπος ενός μοντέλου προσομοίωσης

Οποιοδήποτε μοντέλο προσομοίωσης μπορεί να απεικονιστεί με την παρακάτω σχέση:

$$\text{Τύπος: } Z = f(X, Y, S, A)$$

Όπου:

*Z είναι ένα σύνολο μεταβλητών αποδοτικότητας*

*X είναι ένα σύνολο μεταβλητών πολιτικής-στρατηγικής*

*Y είναι ένα σύνολο περιβαλλοντικών μεταβλητών*

*S είναι ένα σύνολο αρχικών μεταβλητών ή μεταβλητών κατάστασης*

*A είναι ένα σύνολο τιμών από διάφορες παραμέτρους.*

Η παραπάνω σχέση ουσιαστικά δείχνει την αλληλεπίδραση όλων εκείνων των παραγόντων που επηρεάζουν ένα επιχειρηματικό σχέδιο και πλησιάζει την έννοια της προσομοίωσης με τη μορφή εξίσωσης. Σε αυτή τη λογική στηρίζεται και η ανάπτυξη της μεθόδου Monte Carlo.

## Βήματα για την ανάπτυξη ενός μοντέλου προσομοίωσης

Παρακάτω θα παρουσιαστεί η διαδικασία ανάπτυξης-διαμόρφωσης ενός μοντέλου τα οποία έχουν διαμορφωθεί με λογική-επιστημονική βάση:

1. Αναγνώριση του προβλήματος
2. Ανάλυση του μοντέλου
3. Σύνθεση του μοντέλου
4. Προγραμματισμός του μοντέλου σε ηλεκτρονικό υπολογιστή.
5. Έλεγχος του μοντέλου πως λειτουργεί σωστά.
6. Πραγματοποίηση πειραμάτων
7. Καταγραφή αποτελεσμάτων
8. Ερμηνεία αποτελεσμάτων και δημιουργία σχετικής αναφοράς.

Σε περίπτωση που το μοντέλο χρειάζεται κάποιες τροποποιήσεις ο μελετητής επανέρχεται στο σχεδιασμό του και υλοποιεί ξανά τα υπόλοιπα βήματα για να εξάγει συμπεράσματα.

## Στοχαστικές εξισώσεις - Αλυσίδες Markov

Σκόπιμο σε αυτό το σημείο είναι να αναφερθούμε στις τυχαίες μεταβλητές καθώς και στον ορισμό της στοχαστικής διαδικασίας μια ειδική περίπτωση των οποίων αποτελούν οι αλυσίδες Markov, καθώς βοηθούν στην κατανόηση του εύρους εφαρμογών της προσομοίωσης.

Οι μαρκοβιανές αλυσίδες έχουν πλήθος εφαρμογών στην οικονομική επιστήμη καθώς βοηθούν στη μοντελοποίηση ποικίλων προβλημάτων όπως οι τιμές των κεφαλαίων και οι πτώσεις των αγορών.

### Τυχαίες μεταβλητές

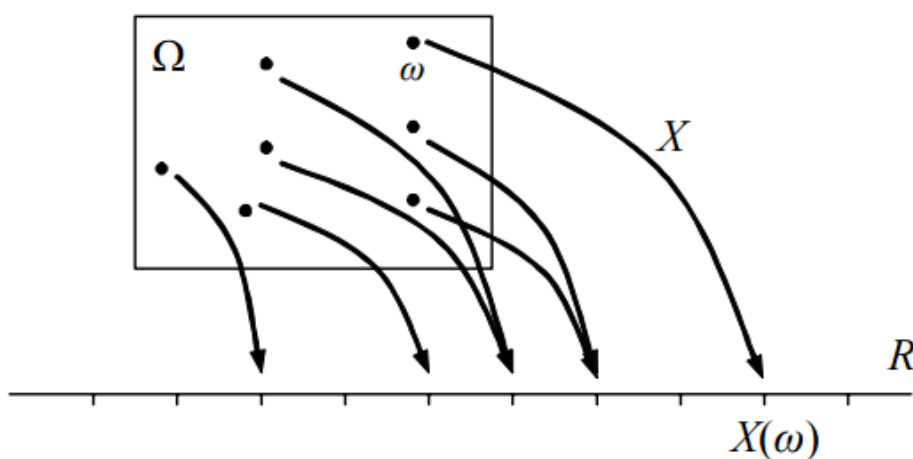
Κατά την εκτέλεση ενός πειράματος τύχης μπορούμε να αντιστοιχίσουμε σε κάθε δειγματικό σημείο έναν αριθμό χρησιμοποιώντας έναν προκαθορισμένο κανόνα αντιστοίχησης. Υπάρχει δηλαδή η δυνατότητα ορισμού μιας συνάρτησης  $X$  η οποία σε κάθε σημείο  $\omega$  του δειγματικού χώρου  $\Omega$  να αντιστοιχεί έναν πραγματικό αριθμό  $X(\omega)$ . Μία συνάρτηση της οποίας το πεδίο ορισμού είναι ένας χώρος δειγμάτων  $\mathcal{F}$  και της οποίας το πεδίο τιμών είναι κάποιο σύνολο πραγματικών αριθμών  $R$  ονομάζεται τυχαία μεταβλητή του πειράματος.<sup>3</sup>

Αυτή ακριβώς η απαίτηση οδηγεί στον ακόλουθο ορισμό :

Η απεικόνιση  $X : \Omega \rightarrow R$  ονομάζεται τυχαία μεταβλητή όταν

$$\{\omega \in \Omega : X(\omega) \leq x\} \in \mathcal{F} \quad \forall x \in R$$

Οι τυχαίες μεταβλητές διακρίνονται σε διακριτές και συνεχείς. Αν η τυχαία μεταβλητή  $X$  καλείται διακριτή, αν μπορεί να πάρει μόνο έναν πεπερασμένο αριθμό τιμών σε οποιοδήποτε πεπερασμένο διάστημα παρατήρησης. Εάν ωστόσο η τυχαία μεταβλητή  $X$  μπορεί να πάρει οποιαδήποτε τιμή σε ένα διάστημα παρατήρησης, αυτή ονομάζεται συνεχής. Η γραφική απεικόνιση του ορισμού παρατίθεται στο παρακάτω σχήμα .



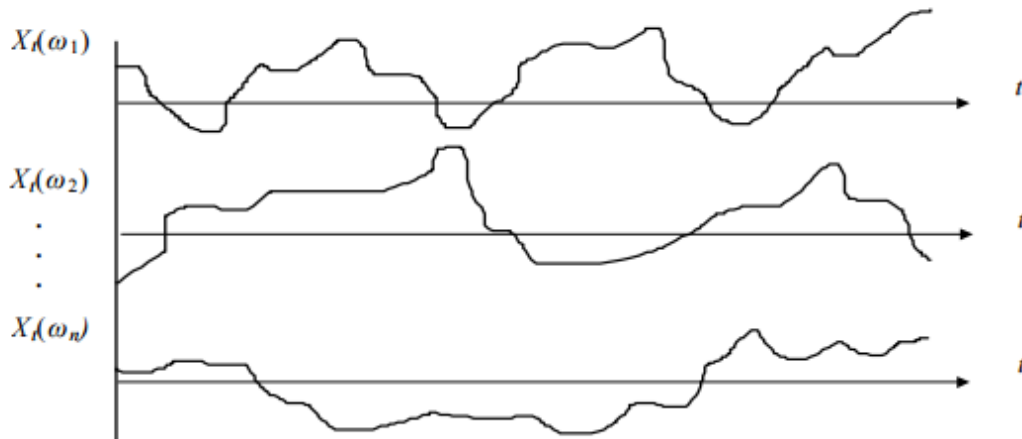
Σχήμα 3.2 Γραφική απεικόνιση τυχαίων μεταβλητών

### Στοχαστικές εξισώσεις

Στοχαστική διαδικασία  $\{X_t(\omega), t \in T\}$  ονομάζεται μια οικογένεια τυχαίων μεταβλητών οι οποίες ορίζονται σε κοινό χώρο πιθανοτήτων  $(\Omega, \mathfrak{F}, P)$  με παράμετρο την πραγματική μεταβλητή  $t$  (χρόνος). Έτσι σε κάθε εξαγόμενο  $\omega$  του τυχαίου πειράματος ορίζουμε μία συνάρτηση  $X_t(\omega)$ . Ισχύει ότι  $\omega \in \Omega$ . Αν το σύνολο  $T$  είναι ο άξονας των πραγματικών τότε η διαδικασία λέγεται διαδικασία συνεχούς χρόνου. Αν το  $T$  είναι σύνολο ακεραίων τότε η διαδικασία λέγεται διακεκριμένου χρόνου.<sup>4</sup>

Επιπλέον η διαδικασία  $X_t(\omega)$  λέγεται διακεκριμένης κατάστασης αν οι τιμές της είναι μετρητέες (αριθμήσιμες). Αλλιώς λέγεται συνεχούς κατάστασης.

Επομένως η στοχαστική διαδικασία συνίσταται από μια οικογένεια συναρτήσεων  $X_t(\omega)$ . Για δεδομένο  $\omega$  η  $X_t = X_t(\omega)$  είναι συνάρτηση του χρόνου, ενώ για δεδομένο χρόνο  $t$  η  $X(\omega) = X_t(\omega)$  είναι μια τυχαία μεταβλητή. Συνήθως παραλείπουμε το  $\omega$  και γράφουμε  $X_t$  ή  $X(t)$ . Στο **σχήμα 3.3** απεικονίζεται γραφικά μια στοχαστική διαδικασία. Ανάλογα με το τυχαίο γεγονός  $A_j$   $j = 1, 2, 3, \dots, N$  προκύπτει μια μοναδική συνάρτηση του χρόνου.<sup>5</sup>



Σχήμα 3.3 Στοχαστική διαδικασία

Μια από τις σπουδαιότερες ειδικές περιπτώσεις των στοχαστικών διαδικασιών είναι οι στοχαστικές διαδικασίες Markov.

### Αλυσίδες Markov

Η αλυσίδα Markov είναι ένα μαθηματικό σύστημα που μεταβάλλεται από μια κατάσταση σε μια άλλη, ανάμεσα σε ένα πεπερασμένο αριθμό καταστάσεων. Είναι μια τυχαία διαδικασία που δεν συγκρατεί το παρελθόν των προηγούμενων μεταβολών. Δηλαδή, η μελλοντική κατάσταση εξαρτάται μόνο από την τωρινή κατάσταση και σε καμία περίπτωση από αυτές που προηγήθηκαν. Αυτό το χαρακτηριστικό ορίζεται ως μαρκοβιανή ιδιότητα.<sup>6</sup>

Έστω  $X_0, X_1, X_2, \dots, X_n$  μια ακολουθία από τυχαίες μεταβλητές που παίρνουν τιμές σε κάποιο σύνολο  $S$ , δηλαδή μια στοχαστική διαδικασία σε διακριτό χρόνο. Το σύνολο  $S$  θα

ονομάζεται χώρος καταστάσεων και γενικά θα είναι πεπερασμένο ή άπειρο αλλά αριθμήσιμο σύνολο. Συχνά το  $S$  θα ταυτίζεται με τους φυσικούς αριθμούς ή ένα πεπερασμένο υποσύνολο τους. Μια στοχαστική διαδικασία θα ονομάζεται αλυσίδα Markov αν :

$$P(X_{n+1} = i_{n+1} | P(X_n = i_n | P(X_{n-1} = i_{n-1} \dots, P(X_0 = i_0)) = P(X_{n+1} = i_{n+1} | P(X_n = i_n))$$

Στην συντριπτική τους πλειοψηφία οι εφαρμογές της μεθόδου Monte Carlo κάνουν χρήση των διαδικασιών Markov με σκοπό την παραγωγή του συνόλου των καταστάσεων. Σε μια προσομοίωση Monte Carlo χρησιμοποιούμε διαδοχικές διαδικασίες Markov έτσι ώστε να παράγουμε μια αλληλουχία ή αλυσίδα Markov καταστάσεων.

### 3.3 Αναλυτική παρουσίαση της μεθόδου Monte Carlo

Στην παρούσα ενότητα πρόκειται να παρουσιαστεί αναλυτικά η μέθοδος Monte Carlo χρησιμοποιώντας το Microsoft Office.

Η μέθοδος Monte Carlo είναι μοντέλο προσομοίωσης το οποίο χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της απόδοσης επενδυτικών σχεδίων συμπεριλαμβανομένου του παράγοντα της αβεβαιότητας. Οι κατανομές των μεταβλητών εξαρτώνται από εξωγενείς μεταβλητές. Οι εξωγενείς αυτές μεταβλητές καθορίζουν τις καθαρές ταμειακές ροές. Μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή, πραγματοποιείται δειγματοληψία έτσι ώστε να συντεθούν οι πιθανές κατανομές των κριτηρίων που επηρεάζουν την χρηματοοικονομική απόδοση του σχεδίου.<sup>7</sup>

#### Εισαγωγικά

Η μέθοδος προσομοίωσης Monte Carlo αποτελεί μια κατηγορία υπολογιστικών αλγορίθμων που χρησιμοποιείται ευρέως στην προσομοίωση της συμπεριφορών ποικίλων μαθηματικών ή άλλων φυσικών συστημάτων. Διακρίνεται από τις υπόλοιπες τεχνικές προσομοίωσης από το γεγονός ότι είναι στοχαστική. Βασίζεται στην χρήση τυχαίων αριθμών οι οποίοι ακολουθούν μια καθορισμένη συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας.

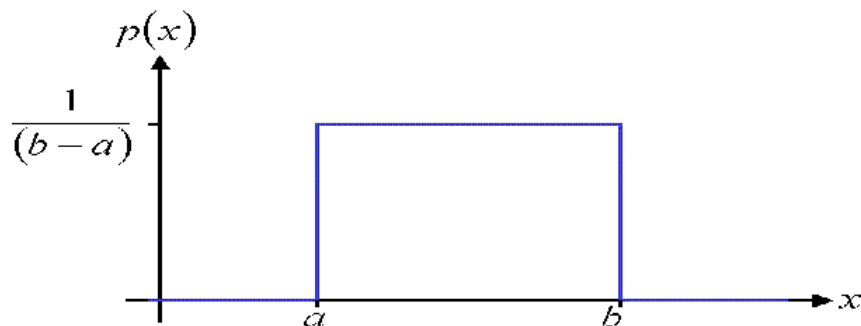
Πριν την δημιουργία της προσομοίωσης είναι απαραίτητη η δημιουργία ενός στατικού μοντέλου το οποίο θα περιέχει όλες τις μεταβλητές και τα δεδομένα που είναι απαραίτητα για την κατασκευή του δυναμικού μοντέλου. Το στατικό μοντέλο θα

αναφέρεται σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Από το στατικό μοντέλο, θα πρέπει ο μελετητής να ξεχωρίσει εκείνες τις μεταβλητές που είναι κρίσιμες και επηρεάζουν τις καθαρές χρηματικές ροές.

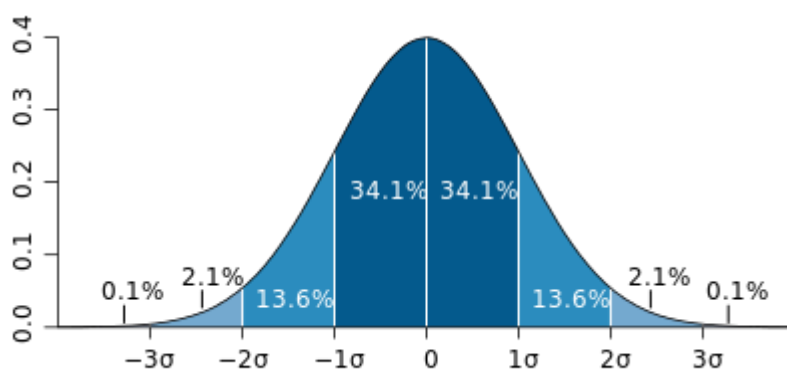
Δηλαδή, θα πρέπει να ξεχωρίσει τις μεταβλητές που υπόκεινται σε αβεβαιότητα και να βρει την κατανομή που υπάγονται.

- ❖ Η ομοιόμορφη κατανομή είναι κατάλληλη για μεταβλητές που παρουσιάζουν υψηλό βαθμό αβεβαιότητας, χωρίς όμως ταυτόχρονα να παρουσιάζουν κεντρική τάση.
- ❖ Η κανονική κατανομή είναι κατάλληλη για μεταβλητές των οποίων η κατανομή παρουσιάζει συμμετρία γύρω από το μέσο.
- ❖ Η τριγωνική κατανομή είναι κατάλληλη για μεταβλητές που χαμηλά είναι διακεκομμένες και παρουσιάζουν ανοδική τάση.

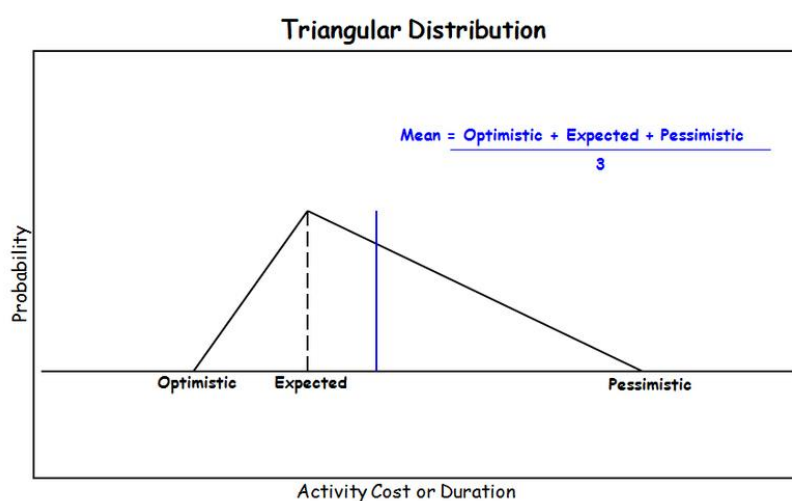
Οι γραφικές παραστάσεις των παραπάνω κατανομών φαίνονται στα ακόλουθα σχήματα.



Σχήμα 3.4 Ομοιόμορφη κατανομή



Σχήμα 3.5 Κανονική κατανομή

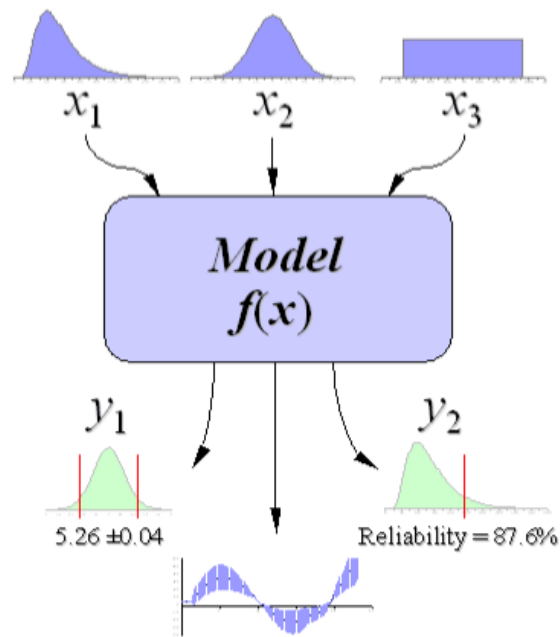


Σχήμα 3.6 Τριγωνική κατανομή

Ο μελετητής πρέπει να είναι ιδιαίτερα προσεκτικός κατά την επιλογή κατανομών στο μοντέλο και να διασταυρώνει τις επιλογές του με διαφορετικές μεθόδους.

Στην συνέχεια εισάγονται οι μεταβλητές στο μοντέλο. Ο υπολογιστής μπορεί να παράγει και να παρουσιάσει τυχαιοποιημένες καθαρές χρηματικές ροές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην παραγωγή κατανομών καθαρών ροών. Συνήθως σαν εργαλείο αποτύπωσης των καθαρών ταμειακών ροών εφαρμόζονται η καθαρά παρούσα αξία και ο εσωτερικός συντελεστής αποδοτικότητας. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η διαδικασία η οποία αναλύθηκε παραπάνω.





Σχήμα 3.7 Μοντελοποίηση Monte Carlo

### Αλγεβρική μορφή καθαρών ταμειακών ροών στην γενική τους μορφή

Στο σημείο αυτό πρόκειται να παρουσιαστεί η αλγεβρική μορφή των καθαρών ταμειακών ροών που χρησιμοποιείται στην προσομοίωση Monte Carlo. Οι τύποι αυτοί χρησιμοποιούνται στις προσομοιώσεις με μερικές τροποποιήσεις ανάλογα με τη φύση της επένδυσης.<sup>2</sup>

Για να παραχθούν οι τυχαίες μεταβλητές χρησιμοποιείται γεννήτορας αριθμών που ακολουθεί τριγωνική κατανομή για τον υπολογισμό τυχαίων ταμειακών ροών.

$$\text{Για } r \leq d: \quad y = a + \sqrt{r(c-a)(b-a)}$$

$$\text{Για } r \geq d: \quad y = c - \sqrt{(1-r)(c-a)(c-b)}$$

Όπου  $d = (b-a)/(c-a)$  και  $r$  τυχαίος αριθμός από ομοιόμορφη κατανομή με εύρος τιμών από 0 ως 1.

$a$  = απαισιόδοξη τιμή

$b$  = μεσαία τιμή

$c$  = αισιόδοξη τιμή

Απλή μορφή μοντέλου

$$NFC_t = REV_t - CO_t - OC_t$$

Όπου:

$$REV_t = PRICE_t \times QTY_t$$

$$OC_t = QTY_t \times (COMP_t + LAB_t + OTHER_t)$$

Και :

$$NFC_t = \text{καθαρές ταμειακές ροές}$$

$$REV_t = \text{Ακαθάριστες εισπράξεις από πωλήσεις}$$

$$PRICE_t = \text{τιμή πώλησης προϊόντος}$$

$$QTY_t = \text{Αριθμός πωλήσεων ανά έτος}$$

$$CO_t = \text{κεφαλαιουχική δαπάνη}$$

$$OC_t = \text{ετήσιο λειτουργικό κόστος}$$

$$COMP_t = \text{κόστος πρώτων υλών ανά μονάδα προϊόντος}$$

$$LAB_t = \text{κόστος εργασίας ανά μονάδα προϊόντος}$$

$$OTHER_t = \text{Γενικά έξοδα ανά μονάδα προϊόντος}$$

## Περιγραφή στατικού μοντέλου

Το στατικό μοντέλο της προσομοίωσης είναι το θεμέλιο για την ανάπτυξη της μεθόδου. Ανάλογα με τη φύση του επενδυτικού έργου πρέπει να καθοριστούν όλοι εκείνοι οι παράγοντες που το καθορίζουν. Τέτοιοι είναι ο χρόνος υλοποίησης, το ύψος της επένδυσης, οι τιμές πώλησης, το κόστος πρώτων υλών, το κόστος μεταφοράς, οι δαπάνες marketing, το επιτόκιο προεξόφλησης, τα τρέχοντα επιτόκια της αγοράς καθώς και πολλοί άλλοι που εξαρτώνται από τη φύση του σχεδίου. Ανάλογα με τη φύση και τις ιδιαιτερότητες τα παραπάνω συνθέτονται και πλέκονται μεταξύ τους κάνοντας το μοναδικό.

Ουσιαστικά το στατικό μοντέλο, είναι ένα λογιστικό φύλλο όπου περιγράφεται το σύνολο του επιχειρηματικού σχεδίου αλγεβρικά.

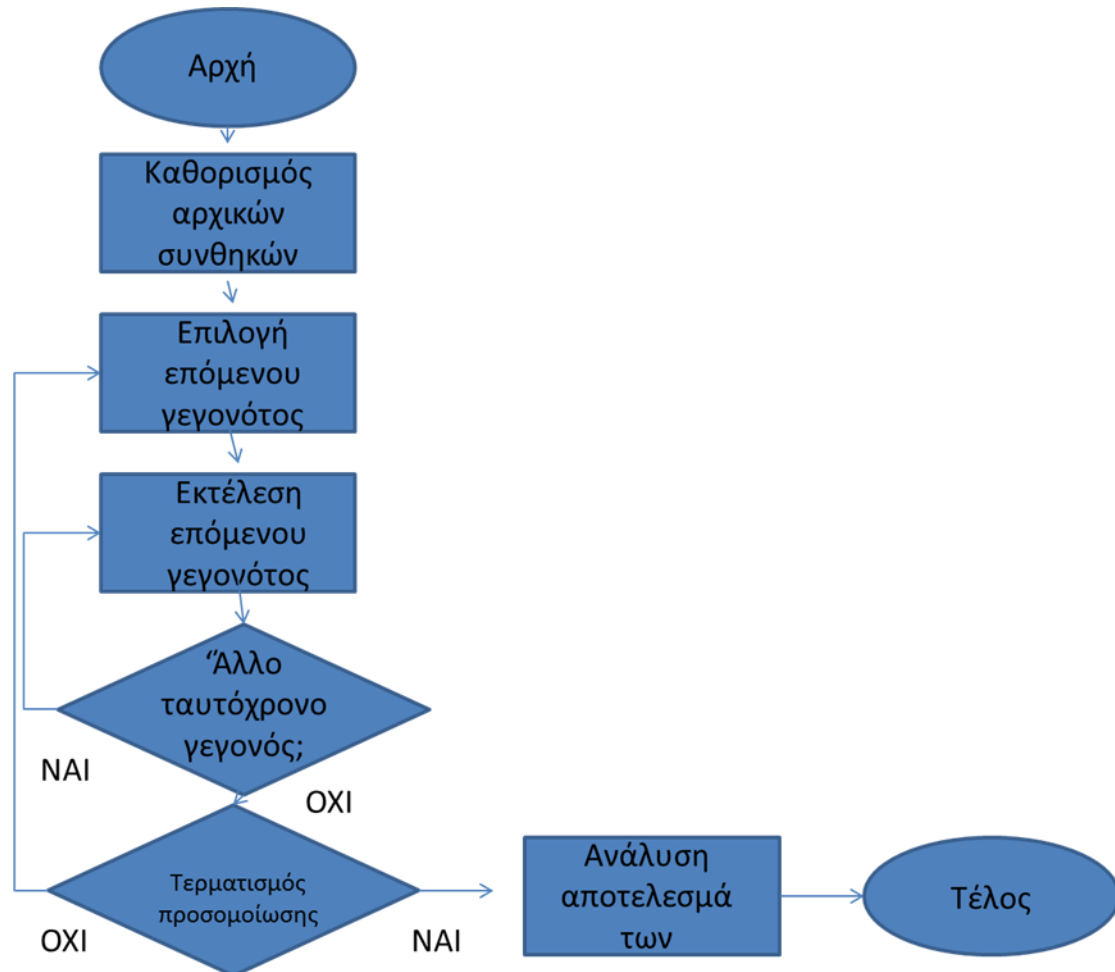
## Μετατροπή στατικού μοντέλου σε δυναμικό

Για να μετατραπεί το στατικό μοντέλο σε δυναμικό ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα:

1. Αντιγραφή του στατικού μοντέλου σε ένα άλλο φύλλο εργασίας.
2. Μετατροπή των στατικών μεταβλητών σε τυχαίες.
3. Δημιουργία ενός πίνακα δεδομένων σε άλλο φύλλο εργασίας. Ο πίνακας αυτός χρησιμεύει στην αποτύπωση των αποτελεσμάτων.
4. Δημιουργία πίνακα που περιλαμβάνει τις στατιστικές τιμές των μεταβλητών.
5. Υπολογισμός καθαρής παρούσας αξίας και εσωτερικού συντελεστή αποδοτικότητας χρησιμοποιώντας τις μέσες καθαρές ταμειακές ροές από τον πίνακα με τις στατιστικές τιμές.

Κατά τη δημιουργία του μοντέλου, ορίζεται η τυπική απόκλιση κάθε μεταβλητής καθώς και τα διαστήματα εμπιστοσύνης ή το σφάλμα. Πραγματοποιούνται πολλές δοκιμές έτσι ώστε τα αποτελέσματα που θα εξαχθούν να δίνουν όσο το δυνατόν πιο ολοκληρωμένη εικόνα για το επιχειρηματικό σχέδιο. Χωρίς τη βοήθεια της προσομοίωσης, ένα υπολογιστικό φύλλο μιας μελέτης, θα έδινε μόνο μία έκβαση, την πιο πιθανή. Η ανάλυση ρίσκου χρησιμοποιεί συνδυασμό υπολογιστικών φύλλων και προσομοίωσης προκειμένου να αναλύσει την επιρροή των μεταβαλλόμενων εισόδων στις εξόδους του εκάστοτε υπό μελέτη μοντελοποιημένου συστήματος.

Η μορφή του μοντέλου προσομοίωσης αποκτά οπτική διάσταση με τη βοήθεια του παρακάτω σχήματος:



Σχήμα 3.7 Μορφή μοντέλου προσομοίωσης

## Χρήσεις μοντέλου προσομοίωσης Monte Carlo

Η μέθοδος Monte Carlo μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τα παρακάτω:

- ❖ *Λήψη αποφάσεων και πρόβλεψη χρηματοοικονομικών ροών.* Η μέθοδος παράγει χρηματοοικονομικές ροές οι οποίες χρησιμοποιούνται στον υπολογισμό της καθαρής παρούσας αξίας και του εσωτερικού συντελεστή αποδοτικότητας. Έτσι μπορεί να υπολογιστούν οι μέσες τιμές καθαρής παρούσας αξίας και του εσωτερικού συντελεστή αποδοτικότητας καθώς και να καθοριστούν τα ανώτατα και κατώτατα όρια αυτών των τιμών. Αν συγκριθούν αυτές οι τιμές με τις τιμές του στατικού μοντέλου διαφαίνεται η αξιοπιστία του μοντέλου καθώς μπορεί να προβλέψει με πολύ μικρό περιθώριο λάθους (εφόσον οι κατανομές των μεταβλητών έχουν οριστεί σωστά) τα εργαλεία αυτά της αξιολόγησης επενδύσεων. Οι κατανομές της καθαρής παρούσας αξίας και του εσωτερικού συντελεστή είναι πολύ χρήσιμες στις μακροχρόνιες προβλέψεις των χρηματοοικονομικών ροών ενός επενδυτικού έργου. Υπάρχει βέβαια η πιθανότητα η προσομοίωση να οδηγήσει και σε αρνητικές τιμές της καθαρής παρούσας αξίας, γεγονός το οποίο δύναται να επηρεάσει την λήψη αποφάσεων σχετικά με την ανάληψη ή όχι του έργου.
- ❖ *Εντοπισμός και διαχείριση του κινδύνου.* Όπως έχει προαναφερθεί είναι πολύ σημαντική η μέτρηση του κινδύνου που πρόκειται να αντιμετωπιστεί κατά την υλοποίηση ενός επενδυτικού σχεδίου. Στην μέθοδο Monte Carlo αυτό επιτυγχάνεται μέσω διάφορων εργαλείων τα οποία είναι:
  - Μέτρα κεντρικής τάσης: μέσω των μέτρων κεντρικής τάσης (μέσο, διάμεσο) είναι εύκολο να εντοπιστούν οι κεντρικές τιμές των καθαρών ταμειακών ροών καθώς και να προσεγγιστεί το αν η κατανομή που ακολουθούν είναι συμμετρική.
  - Μέτρα διασποράς: Τα μέτρα διασποράς, το ελάχιστο, το μέγιστο, η τυπική απόκλιση και το τυπικό σφάλμα του μέσου είναι χρήσιμα εργαλεία καθώς το εύρος των χρηματοοικονομικών ροών μπορεί να είναι καθοριστικό για την υγεία μιας επένδυσης. Τα μέτρα διασποράς είναι χρήσιμα καθώς παρουσιάζουν την ακρίβεια των πειραμάτων δηλαδή το πόσο κοντά είναι η προσομοίωση στην πραγματικότητα. Όσο μικρότερο είναι το περιθώριο σφάλματος τόσο μικρότερη και η αβεβαιότητα που μπορεί να επηρεάσει την πορεία μιας επένδυσης. Παράλληλα από τα μέτρα διασποράς μπορούν να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα για την αποδοτικότητα

της επένδυσης καθώς τα άκρα δείχνουν τις μέγιστες και ελάχιστες τιμές των καθαρών χρηματικών ροών μέσω της καθαρής παρούσας αξίας.

- Τεστ κανονικότητας: τα τεστ κανονικότητας επιτρέπουν στο μελετητή να δει το πώς διαμορφώνονται οι ταμειακές ροές ανά έτος από το έτος υλοποίησης της επένδυσης. Μπορεί να παρατηρηθεί η συμμετρία της κατανομής τους, η κορύφωση, ο βαθμός κύρτωσης. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε πολύ χρήσιμα συμπεράσματα για το πώς κατανέμονται οι ταμειακές ροές και τι οδηγεί σε αυτή την κατανομή τους.
- Βαθμός συσχέτισης, Κατανομή συχνοτήτων, Ιστογράμματα: ο βαθμός συσχέτισης είναι χρήσιμος για να εντοπιστεί αν ταμειακές ροές διαφορετικών ετών συσχετίζονται μεταξύ τους. Εάν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των ταμειακών ροών σε ένα οικονομικό έτος και οι ταμειακές ροές έχουν πολύ υψηλή ή χαμηλή τιμή είναι πολύ πιθανό το ίδιο να συμβαίνει και το επόμενο έτος. Η κατανομή συχνοτήτων των ταμειακών ροών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή ιστογράμματος το οποίο δείχνει την κυρτότητα των συχνοτήτων που αν είναι μεγάλη είναι πιθανό να συμβαίνει και μετά το πέρας του έργου. Παράλληλα οι μεγάλες συχνότητες εμφάνισης υψηλών τιμών καθαρής παρούσας αξίας δείχνουν το πόσο αποδοτικό είναι ένα επενδυτικό σχέδιο σε μεταβαλλόμενο επιχειρηματικό περιβάλλον και φανερώνει ότι διακατέχεται από μικρότερο κίνδυνο.
- Πιθανότητα έλλειψης ρευστότητας: οι κατανομές της προσομοίωσης Monte Carlo μπορούν να προσεγγίσουν την πιθανότητα οι ταμειακές ροές να λάβουν τιμές κάτω από ένα συγκεκριμένο όριο για ένα συγκεκριμένο οικονομικό έτος. Το όριο αυτό μπορεί να οριστεί είτε από τα χρηματοοικονομικά αποτελέσματα του στατικού μοντέλου είτε από τον ισολογισμό. Αυτό χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις που πρέπει να πληρωθούν δαπάνες ή να αποπληρωθεί κάποιο δάνειο οπότε και πρέπει να καθοριστεί εάν οι ταμειακές ροές που παράγονται από το έργο είναι ικανές να το αποπληρώσουν ή να καλύψουν τις τρέχοντες δαπάνες. Αυτού του είδους οι πληροφορίες σε ένα δυναμικό περιβάλλον όπως είναι η Monte Carlo μπορεί να επηρεάσουν τις αποφάσεις του επιχειρηματία για το αν θα αναλάβει ή όχι το έργο ή αν ακόμα πρέπει να γίνουν επιπλέον τροποποιήσεις πριν την πραγματοποίησή του.

- Άλλες χρήσεις: η περιγραφική στατιστική που χρησιμοποιείται στην μέθοδο Monte Carlo βοηθά στην εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με το πόσο ένα έργο και οι υποθέσεις που έχουν βασιστεί στη δημιουργία του, ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα. Δηλαδή, με την κριτική ματιά του μελετητή και όλα αυτά τα εργαλεία που έχει στη διάθεσή του δύναται να κρίνει αν τα αποτελέσματα είναι ρεαλιστικά σύμφωνα με τον οικονομικό κλάδο και το είδος του προϊόντος ή υπηρεσίας ή όχι.
- ❖ Ένα φύλλο εργασίας που περιέχει μια προσομοίωση Monte Carlo μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν οδηγός-πλατφόρμα για την εξέταση και άλλων επιχειρηματικών σχεδίων που ανήκουν ή όχι στον ίδιο οικονομικό κλάδο.

### **Αποδοχή ή μη αποδοχή επένδυσης με τη χρήση της μεθόδου Monte Carlo**

Σε αντίθεση με ένα στατικό επενδυτικό μοντέλο που οι αποφάσεις παίρνονται χρησιμοποιώντας τις τιμές της καθαρής παρούσας αξίας ή και του εσωτερικού συντελεστή αποδοτικότητας, η λήψη αποφάσεων με τη χρήση ενός δυναμικού μοντέλου προσομοίωσης όπως η Monte Carlo είναι πιο δύσκολη. Σημαντικός λόγος για την δυσκολία αυτή των αποφάσεων είναι ο μεγάλος όγκος πληροφορίας που παρέχει η προσομοίωση. Παρόλα αυτά, αυτό που διαφοροποιεί τη μέθοδο είναι ότι παρέχει ολοκληρωμένη εικόνα στον επιχειρηματία λόγω του ότι παράγει τιμές βάσει κατανομών. Συμπερασματικά, του επιτρέπει να δει τις πιθανότητες επιτυχίας ενός σχεδίου.

Ένα σχέδιο είναι αποδεκτό όταν κανένας παράγοντας δεν καταφέρει σε καμία αλλαγή να μηδενίσει την καθαρά παρούσα αξία (δεδομένου ότι έχει ληφθεί ικανοποιητικός αριθμός τυχαίων αλλαγών). Σε αυτή την περίπτωση θεωρείται πως το σχέδιο δεν παρουσιάζει ιδιαίτερη ευαισθησία.

Βέβαια, η λήψη ή όχι ενός επενδυτικού σχεδίου εξαρτάται και από τις προσωπικές προσδοκίες του επιχειρηματία-επενδυτή, δηλαδή τα κατώτατα όρια που έχει θέσει σε κριτήρια αξιολόγησης κάτω από τα οποία θεωρεί πως δεν πρέπει να επενδύσει. Δηλαδή, η υλοποίηση ή όχι ενός έργου εξαρτάται και από υποκειμενικούς παράγοντες και όχι μόνο από τα αποτελέσματα που θα εξαχθούν από το μοντέλο.

Τις περισσότερες φορές, η μέθοδος Monte Carlo χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση ενός μόνο έργου. Μπορεί όμως να χρησιμοποιηθεί για να συγκρίνει διαφορετικά επενδυτικά σχέδια μεταξύ τους ή ακόμα και διαφορετικές εκδοχές του ίδιου σχεδίου. Η σύγκριση είναι πολύπλοκη και περιλαμβάνει σαν κριτήριο και τις υποκειμενικές προσδοκίες του επιχειρηματία. Η σύγκριση μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω των κατανομών της

καθαρής παρούσας αξίας σε κάθε έργο καθώς και παρατηρώντας τις ακραίες τιμές καθώς και τις συχνότητες αυτών.



## Πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα της μεθόδου

### Πλεονεκτήματα της μεθόδου Monte Carlo

Στα πλεονεκτήματα της μεθόδου ανήκει η δυνατότητα επεξεργασίας ιδιαίτερα πολύπλοκων προβλημάτων. Επίσης, η αναγκαιότητα συσχέτισης των προσδιοριστικών παραγόντων της επένδυσης μέσω μαθηματικών εκφράσεων και η σύνδεση τους με τις χρηματοροές της επένδυσης βοηθά τον κατασκευαστή του μοντέλου στην καλύτερη αφομοίωση όλων των παραγόντων που επηρεάζουν το επενδυτικό σχέδιο και του κινδύνου που εμπεριέχουν αυτές.

Η προσομοίωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για να εκτιμήσει μια επένδυση όσο και σαν ένα εργαλείο πρόβλεψης μελλοντικών χρηματοοικονομικών αποτελεσμάτων και προγραμματισμού των διαθέσιμων πόρων. Μπορεί να προβλέψει με μεγαλύτερη ακρίβεια τον επιχειρηματικό κίνδυνο καθώς αποτελεί δυναμικό μοντέλο σε σχέση με τη στατικότητα που διακρίνει την ανάλυση ευαισθησίας και την ανάλυση νεκρού σημείου. Οι δυο τελευταίες όπως έχει προαναφερθεί, αλλάζουν ένα παράγοντα τη φορά και παρατηρούν πως μεταβάλλεται η καθαρά παρούσα αξία.

Προσφέρει περισσότερες πληροφορίες για την λήψη αποφάσεων σε σχέση με άλλα εργαλεία αξιολόγησης αφού οι μεταβλητές αφήνονται να μεταβληθούν αυθόρμητα, ταυτόχρονα καθώς και να αλληλεπιδράσουν σαν σύστημα, παράγοντας έτσι πιο αξιόπιστα αποτελέσματα.

Ο επιχειρηματίας μπορεί να παρατηρήσει όλο το εύρος τιμών των καθαρών ταμειακών ροών και της καθαρής παρούσας αξίας με πολύ μικρό περιθώριο σφάλματος (αβεβαιότητα). Ταυτόχρονα μπορεί να παρατηρήσει την συχνότητα με την οποία η καθαρά παρούσα αξία παίρνει ακραίες τιμές και ποιοι παράγοντες την προκαλούν. Συμπερασματικά λοιπόν μπορούμε να πούμε ότι υπάρχει πολύ μεγάλη ευελιξία στην δημιουργία του μοντέλου.

### Μειονεκτήματα της μεθόδου Monte Carlo

Στα μειονεκτήματα της μεθόδου συγκαταλέγεται το γεγονός ότι οι αρχικές κατανομές πιθανοτήτων στις οποίες βασίζεται το μοντέλο είναι υποκειμενικές, διαφέρουν μεταξύ των αναλυτών και πιθανότατα διαφέρουν από τις αντίστοιχες πραγματικές κατανομές. Εξίσου σημαντικό μειονέκτημα είναι ο πολύπλοκος ο σχεδιασμός ενός μοντέλου Monte Carlo.

Προσφέρει πολύ μεγάλο όγκο πληροφοριών που μπορεί ο επιχειρηματίας να μην είναι εξοικειωμένος. Αυτό έχει σαν συνέπεια την δυσκολία στην λήψη αποφάσεων παρόλο που σκοπός του είναι να την διευκολύνει.

Τέλος, η τεχνική της προσομοίωσης Monte Carlo δε λαμβάνει υπόψιν της τη δυνατότητα αναπροσαρμογής των αρχικών επενδυτικών επιλογών ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες. Για παράδειγμα στην περίπτωση υψηλής καθαρής παρούσας αξίας τα στελέχη μίας επιχείρησης θα επέλεγαν την επέκταση της επένδυσης, γεγονός που θα αύξανε ακόμα περισσότερο τις χρηματοροές της επένδυσης. Αντίθετα, στην περίπτωση αρνητικών αποτελεσμάτων τα στελέχη θα επέλεγαν ακύρωση του επενδυτικού σχεδίου προκειμένου να μειώσουν τις ζημιές. Η μέθοδος Monte Carlo λαμβάνει υπόψιν τις ανωτέρω ενδεχόμενες αποφάσεις, παρουσιάζει μια κατανομή πιθανών τιμών της ΚΠΑ μιας επένδυσης, της οποίας οι ακραίες τιμές αποκλίνουν από την πραγματικότητα. Όσο μεγαλύτερη είναι η απόκλιση των πραγματικών τιμών των προσδιοριστικών παραγόντων της επένδυσης από τις αναμενόμενες τιμές τους, τόσο λιγότερο έγκυρο είναι το αποτέλεσμα της προσομοίωσης Monte Carlo.<sup>8</sup>

### 3.4 Συμπεράσματα

Από την ανάλυση της μεθόδου προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- ❖ Σε αυτή την ενότητα αναλύθηκε η μέθοδος Monte Carlo ως μέθοδος προσομοίωσης με τη χρήση προγραμμάτων σε ηλεκτρονικό υπολογιστή. Η φιλοσοφία της μεθόδου βασίζεται στο γεγονός πως στην πραγματική οικονομία οι παράγοντες που επηρεάζουν την επιτυχία και απόδοση ενός επενδυτικού έργου αλληλεπιδρούν μέσω πολύπλοκων σχέσεων. Η μέθοδος αναλύει προσεκτικά όλα τα δεδομένα που συνθέτουν το έργο και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους ενώ τα παρουσιάζει σε ένα απλοποιημένο και περιληπτικό μοντέλο.
- ❖ Η μέθοδος κυρίως χρησιμοποιείται για την ανάλυση και την εξαγωγή αποτελεσμάτων από την εφαρμογή επιχειρηματικών στρατηγικών. Επομένως παρέχει την ασφάλεια κατά την λήψη αποφάσεων σχετικά με το ποια στρατηγική επιφέρει μεγαλύτερη αποδοτικότητα και καλύτερα χρηματοοικονομικά αποτελέσματα.
- ❖ Το μοντέλο μιμείται τις πραγματικές συνθήκες μέσω της προσομοίωσης σε ηλεκτρονικού υπολογιστή, γεγονός που προσφέρει ευελιξία στην χρήση και εξαγωγή

συμπερασμάτων. Ο έλεγχος του πριν την εκκίνηση των πειραμάτων το κάνει ασφαλές ως προς την μίμηση του αυτή και εξασφαλίζει πολύ μικρό περιθώριο λάθους.

- ❖ Επίσης, η μέθοδος συμπεριλαμβάνει ολοκληρωμένα την έννοια του επιχειρηματικού κινδύνου. Η μέθοδος Monte Carlo μπορεί να προβλέψει με επιτυχία όλους εκείνους τους παράγοντες που επηρεάζουν τις καθαρές ταμειακές ροές ενός σχεδίου καθώς και σε ποιο βαθμό το επηρεάζουν. Ένα τέτοιο εργαλείο είναι ιδιαίτερα σημαντικό για την αξιολόγηση επενδύσεων καθώς οδηγεί μακροπρόθεσμα σε λιγότερο αριθμό αποτυχημένων επενδυτικών προσπαθειών.
- ❖ Πρέπει ο μελετητής να είναι ιδιαίτερα προσεκτικός κατά το σχεδιασμό ενός μοντέλου προσομοίωσης Monte Carlo καθώς μπορεί να γίνει υπερβολικά περίπλοκο. Η περιπλοκότητα είναι ανασταλτικός παράγοντας για την εξαγωγή συμπερασμάτων και τη λήψη αποφάσεων. Πρέπει να μελετάται η φύση κάθε έργου προσεκτικά ώστε να σχεδιάζεται ανάλογα με τις παρούσες ανάγκες. Παράλληλα, θα πρέπει να εξάγει αποτελέσματα με τρόπο διακριτό ώστε να αποφευχθεί η πιθανότητα δυσκολίας λήψης επιχειρηματικών αποφάσεων.

### **Βιβλιογραφία 3<sup>ου</sup> κεφαλαίου**

<sup>1</sup> John Rozycki, 2011. *Excel Based Monte Carlo Simulation as a Capital Budgeting Risk Management Tool*. **Journal of Financial Education**

<sup>2</sup> Don Dayananda, Richard Irrons, Steve Harisson, John Herbohn, Patric Rowland, 2002. *Capital Budgeting: Financial Appraisal of Investment Projects*. **Cambridge University Press**.

<sup>3</sup> Γ.Κοκολάκης, Ι.Σπηλιώτης, 1999. *Εισαγωγή στη θεωρία πιθανοτήτων και στατιστική*. **Εκδόσεις Συμεών**

<sup>4</sup> Simon Haykin, Michael Moher, 2010. *Συστήματα Επικοινωνίας*, **εκδόσεις Παπασωτηρίου**.

<sup>5</sup> Boutsikas M.V. ,2003. *Σημειώσεις Στατιστικής II*, **Τμήμα Οικονομικής Επιστήμης, Πανεπιστήμιο Πειραιώς**

<sup>6</sup> Γιάννης Α. Φίλης, 2006. *Στοχαστικές διαδικασίες*, **Πολυτεχνείο Κρήτης**

## Κεφάλαιο 4

# ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Στο προηγούμενο κεφάλαιο, αναλύθηκε η έννοια του κινδύνου στην αξιολόγηση επενδύσεων καθώς και ένα από τα αντιπροσωπευτικά μοντέλα εκτίμησης του, η μέθοδος Monte Carlo η οποία μπορεί να αξιολογήσει ολοκληρωμένα ένα επενδυτικό σχέδιο.

Στο κεφάλαιο αυτό πρόκειται να παρουσιαστούν σχετικές μελέτες στα χρηματοοικονομικά με τη χρήση της μεθόδου Monte Carlo. Θα παρουσιαστούν εφαρμογές της μεθόδου στην χρηματοοικονομική επιστήμη.

Η μέθοδος Monte Carlo είναι μια αριθμητική τεχνική επίλυσης μαθηματικών, φυσικών, οικονομικών και λοιπών προβλημάτων που χρησιμοποιεί τυχαίες μεταβλητές, όταν είναι αδύνατο να λυθεί το πρόβλημα με κάποιο ντετερμινιστικό αλγόριθμο. Βρίσκει πολλές εφαρμογές στο επιστημονικό πεδίο των βελτιστοποιήσεων, κυρίως όσον αφορά τη διαχείριση ρίσκου. Επομένως οι εφαρμογές της είναι άπειρες και χρησιμοποιείται όπως και στα χρηματοοικονομικά για την επίλυση πολύπλοκων προβλημάτων που δεν μπορούν να λυθούν αλγεβρικά.

Η γέννηση καθώς και η συστηματική χρήση της προσομοίωσης Monte Carlo τοποθετούνται στο 1944. Υπάρχει ωστόσο ένας αριθμός μεμονωμένων περιπτώσεων αναφορών εφαρμογής της μεθόδου και σε προγενέστερα έτη. Στις αρχές του εικοστού αιώνα βρετανικά πανεπιστήμια διδασκαλίας της Στατιστικής Επιστήμης εφαρμόζουν τη μέθοδο προσομοίωσης Monte Carlo, βασιζόμενα στην αντίληψη ότι οι φοιτητές μπορούν να εκτιμήσουν καλύτερα τις δυνατότητες της στατιστικής θεωρίας μέσω απλοποιημένων παραδειγμάτων με τη βοήθεια εργαστηριακών συσκευών. Ωστόσο οι εφαρμογές της μεθόδου είχαν περισσότερο ως σκοπό τη βελτιστοποίηση της διδασκαλίας της στατιστικής επιστήμης και λιγότερο τη διεξαγωγή εμπειρικών πειραμάτων για ερευνητικούς σκοπούς. Μεμονωμένη περίπτωση εφαρμογής της μεθόδου Monte Carlo αποτελεί η χρήση της μεθόδου από τον W.S Gosset το 1908 ο οποίος χρησιμοποίησε εικονικά εμπειρικά δείγματα προκειμένου να εκτιμήσει την κατανομή του συντελεστή συσχέτισης.

Παρακάτω παρατίθεται πίνακας με τις εργασίες, τα αποτελέσματα των οποίων αναφέρονται στην επερχόμενη ανασκόπηση.

Τίτλος δημοσίευσης	Χρόνος δημοσίευσης
Frederick S. Hillier , The Derivation of Probabilistic Information for the Evaluation of Risky Investments	1963
David B. Hertz, Investment Policies That Pay Off	1968
Coats, P. K., & Chesser, D. L. Coping with business risk through probabilistic financial statements	1982
Seila, A. F., & Banks, J. Spreadsheet risk analysis using simulation	1990
Alloway, J. A. Jr. Spreadsheets: Enhancing Learning and Application of Engineering Economy Techniques	1994
Smith, D. Incorporating Risk into Capital Budgeting Decisions Using Simulation	1994
Longstaff and Schwartz, Valuing American Options by Simulation: A Simple Least-Squares Approach	2001
Meuwissen et al. Prediction of total genetic value using genome-wide dense marker maps	2001
Coates, E.R. and Kuhl, M.E. Using simulation software to solve engineering economy problems	2003
Gilchrist, A., Allouche, E.N. and Cowan, D. Prediction and mitigation of construction noise in an urban environment	2003
Perry, R. Monte Carlo Simulation in Design for Six Sigma	2006
Hatice Tekiner, David W. Coit and Frank A. Felder. Multi-period multi-objective electricity generation expansion planning problem with Monte Carlo simulation	2010
Goran Karanovic and Bisera Gjosevska. Analysis of Risk and Uncertainty Using Monte Carlo Simulation and its Influence on Project Realization	2012

Σχήμα 4.1 Τίτλοι δημοσιεύσεων που χρησιμοποιήθηκαν στην ανασκόπηση

Η πρώτη απόπειρα χρήσης της κατανομής πιθανοτήτων στον υπολογισμό της παρούσας αξίας ενός επενδυτικού σχεδίου ανήκει στον Hillier (1963). Αν και η έρευνα του δεν αποτελεί ακριβώς εφαρμογή της μεθόδου Monte Carlo, είναι ο πρώτος ο οποίος έδειξε ότι η κατανομή πιθανότητας για τον υπολογισμό της καθαρής παρούσας αξίας είναι φυσιολογική και μπορεί να εξαχθεί, εφόσον γίνουν ορισμένες υποθέσεις, από τις ταμειακές ροές της επιχείρησης, οι οποίες αποτελούν τυχαίες μεταβλητές.<sup>1</sup> Επίσης παρουσίασε εξισώσεις για τον υπολογισμό παραμέτρων της ΚΠΑ, όπως είναι η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση, όταν οι ταμειακές ροές είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους ή εξαρτώμενες τυχαίες μεταβλητές.<sup>2</sup>

Η εφαρμογή της μεθόδου Monte Carlo στον τομέα της χρηματοοικονομικής επιστήμης εμφανίζεται επίσης για πρώτη φορά το 1968 από τον David Hertz και McKinsey – εταιρεία συμβούλων επιχειρήσεων.<sup>2</sup> Λαμβάνοντας υπόψιν ότι η αβεβαιότητα αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό των επιχειρηματικών σχεδίων, η προσομοίωση Monte Carlo δεν άργησε να εξαπλωθεί στον τομέα της επιχειρησιακής οικονομικής.<sup>3</sup>

Στα πρώτα χρόνια της δεκαετίας του '80, οι Coats και Chesser (1982) χρησιμοποίησαν την μέθοδο Monte Carlo σε συνδυασμό με την κλασική ανάλυση των λογιστικών καταστάσεων προκειμένου να εμφανίσουν χρήσιμες στατιστικές μετρήσεις, όπως πιθανότητες εμφάνισης, διαστήματα εμπιστοσύνης και τυπικές αποκλίσεις συνάμα με τις τυπικές οικονομικές εκθέσεις.<sup>4</sup>

Κάποια χρόνια αργότερα, οι Seila και Banks (1990) προσομοίωσαν τον χρηματοοικονομικό κίνδυνο με την μέθοδο Monte Carlo. Εξετάζοντας την κατανομή πιθανότητας της καθαρής παρούσας αξίας ενός επενδυτικού σχεδίασαν μια συνάρτηση από άγνωστες τυχαίες μεταβλητές – εισροές. Ως δείκτης απόδοσης του υποδείγματος χρησιμοποιήθηκε η καθαρή παρούσα αξία, η οποία ήταν επίσης μια τυχαία μεταβλητή και είχε σαν στόχο να εκτιμήσει τον κίνδυνο που σχετίζονταν με αποφάσεις που βασίζονταν σε αυτή, εξαιτίας της αβεβαιότητας της τιμής της. Οι συγκεκριμένοι ερευνητές εφάρμοσαν την προσομοίωση Monte Carlo σ' ένα ηλεκτρονικό υπολογιστικό φύλλο και επεξήγησαν ολόκληρη τη διαδικασία με ένα παράδειγμα χρησιμοποιώντας τύπου για να παράγουν τυχαίες τιμές με τη βοήθεια του λογισμικού LOTUS 1-2-3.<sup>5</sup>

Ο Alloway (1994) υποστήριξε τη δυνατότητα εφαρμογής των ηλεκτρονικών υπολογιστικών φύλλων στα πλαίσια του σχεδιασμού της οικονομικής ανάλυσης. Ταξινομώντας το σχετικό λογισμικό σε τρεις κατηγορίες : προ-γεγραμμένο λογισμικό εφαρμογής, κοινο-γραμμένο λογισμικό και σε εργαλεία παραγωγικότητας ( στα οποία

εμπεριέχονται τα ηλεκτρονικά υπολογιστικά φύλλα), χαρακτήρισε τα υπολογιστικά φύλλα σαν «ένα υβρίδιο μεταξύ των δύο άκρων του φάσματος λογισμικού», τα οποία διατηρούν τα πλεονεκτήματα της εκάστοτε προσέγγισης ενώ εξαλείφουν τα μειονεκτήματά τους. Συγκρίνοντας αυτά με τις δύο άλλες προσεγγίσεις, κατέληξε στο ότι τα ηλεκτρονικά υπολογιστικά φύλλα παρέχουν τον καλύτερο λόγο οφέλους/κόστους. Ισχυρίστηκε επίσης ότι στα πλεονεκτήματα των υπολογιστικών φύλλων συμπεριλαμβάνεται η ευρεία εφαρμογή του σε όλα σχεδόν τα αντικείμενα, οι χαμηλές απαιτήσεις σε χρόνο ή εκπαίδευση, το μικρό κόστος και οι ελάχιστες απαιτήσεις στη λύση και στο χρόνο εμφάνισης.

Η δυνατότητα μοντελοποίησης ενός υπολογιστικού φύλλου σε πολύπλοκα οικονομικά προβλήματα παρουσιάστηκε από τον Alloway με ένα παράδειγμα προσομοίωσης Monte Carlo, στο οποίο σκοπός του ήταν να καθορίσει την αναμενόμενη παρούσα αξία για μια εναλλακτική επένδυση όπου οι διάφορες ταμειακές ροές ήταν αβέβαιες. Το υπόδειγμα αποτελούνταν από τέσσερις «περιοχές» : a) την «περιοχή» εισροών που έδειχνε την κατανομή και τις τιμές των παραμέτρων για κάθε τύπο ταμειακής ροής, b) την «περιοχή» προσομοίωσης στην οποία καθοριζόταν η παρούσα αξία για κάθε δοκιμή, c) την «περιοχή» συνοπτικών πληροφοριών που παρείχε στατιστικά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν από τον ερευνητή ώστε να καταλήξει στην απόφαση του και d) την «περιοχή» γεννήτριας τυχαίων αριθμών που παρείχε τις τιμές που χρησιμοποιήθηκαν στο κομμάτι της προσομοίωσης.

Η παρούσα αξία του επενδυτικού σχεδίου οριζόνταν σαν μια συνάρτηση των μεταβλητών στοιχείων, περιλαμβάνοντας τη διάρκεια ζωής, την υπολειμματική αξία, τις ετήσιες αποταμιεύσεις και δαπάνες, οι τιμές των οποίων βασιζόνταν σε τυχαίους αριθμούς που παράγονταν στην τέταρτη "περιοχή" του υποδείγματος. Κάθε τυχαία ταμιακή ροή μοντελοποιούνται ξεχωριστά, και στην συνέχεια εισαγόταν σε μια απλή στήλη. Κάθε γραμμή στο υπολογιστικό φύλλο αποτελούσε μία από τις συνολικά 1.000 δοκιμές που εκτελέστηκαν στην προσομοίωση, μοντελοποιημένες με τη χρήση διαφορετικών εκδόσεων του λογισμικού Lotus 1-2-3. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης αξιολογούνταν γραφικά με τη βοήθεια ιστογράμματος της παρούσας αξίας για τις 1.000 δοκιμές, αφού ένα τέτοιο είδος διαγράμματος αποδίδει μια καλύτερη εντύπωση της κατανομής της παρούσας αξίας σε σχέση με τα συνοπτικά στατιστικά. Πέραν αυτού, η αθροιστική μέση παρούσα αξία σχεδιαζόταν για να καθορίσει αν η προσομοίωση είχε προσεγγίσει μια σταθερή κατάσταση με τις 1.000 δοκιμές.

Πέρα από τη χρήση των τελευταίων εκδόσεων του Lotus 1-2-3, ο Alloway επίσης πειραματίστηκε με τη χρήση πρόσθετου λογισμικού, όπως το @RISK, έτσι ώστε να απλοποιήσει το αρχικό μοντέλο προσομοίωσης. Συγκρίνοντας τρία διαφορετικά μοντέλα του Lotus 1-2-3 (Έκδοση 1.1, Έκδοση 4 και @RISK με DOS έκδοσης 2.2) για 20 προσομοιώσεις των 1.000 δοκιμών έκαστη, δεν διαπίστωσε αξιόλογη διαφορά στις μέσες τιμές της παρούσας αξίας.<sup>6</sup>

Την ίδια χρονιά, ο Smith (1994) σε έρευνα του σκιαγράφησε τον τρόπο με τον οποίο η προσομοίωση βοηθάει τον επενδυτή στην επιλογή του μεταξύ διαφορετικών πιθανών επενδυτικών σχεδίων. Ο Smith κατέστησε σαφές το γεγονός ότι αντικαθιστώντας τις εκτιμήσεις των καθαρών ταμειακών ροών για κάθε έτος, με κατανομές πιθανότητας για κάθε παράγοντα ο οποίος επηρεάζει τις ταμειακές ροές, ο εκάστοτε επενδυτής μπορεί να αναπτύξει μια κατανομή για πιθανές ΚΠΑ μιας επένδυσης, αντί για μία απλή τιμή. Αυτό είναι πολύ χρήσιμο σε περιπτώσεις επιλογής μεταξύ επενδυτικών σχεδίων τα οποία έχουν παρόμοιες μέσες τιμές της ΚΠΑ, αλλά διαφορετικά επίπεδα διακύμανσης στην κατανομή της.<sup>7</sup>

Οι Longstaff και Schwartz (2001) παρουσίασαν μία νέα προσέγγιση για τον υπολογισμό της τιμής των πραγματικών δικαιωμάτων μέσω της διαδικασίας της προσομοίωσης. Το κλειδί αυτής της προσέγγισης αποτελούσε η χρήση της μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων για την εκτίμηση του υποθετικού αναμενόμενου κέρδους στον κάτοχο του δικαιώματος. Αυτό έκανε την μέθοδο εφαρμόσιμη σε περίπλοκες και πολυπαραγοντικές περιπτώσεις, στις οποίες οι παραδοσιακές μέθοδοι αξιολόγησης δεν μπορούσαν να εφαρμοστούν.<sup>8</sup>

Οι Meuwissen, Hayes και Goddard (2001) αναφέρθηκαν στον τρόπο με τον οποίο οι καταστροφές στον τομέα της κτηνοτροφίας, οι οποίες οφείλονται σε αιφνίδιους θανάτους ζώων, δύναται να χρηματοδοτηθούν με αποτελεσματικό τρόπο μέσω κάποιου αποθεματικού, τραπεζικής εγγύησης, ή ασφαλιστικής κάλυψης. Τα προαναφερθέντα μέσα κάλυψης του χρηματοοικονομικού κινδύνου αξιολογήθηκαν και τιμολογήθηκαν βασισμένα στο απαιτούμενο κόστος για την κάλυψη του κινδύνου χρησιμοποιώντας το υπόδειγμα προσομοίωσης Monte Carlo.<sup>9</sup>

Η προσομοίωση Monte Carlo έχει χρησιμοποιηθεί σε κατασκευαστικά έργα για την καλύτερη κατανόηση των πιθανών κινδύνων που αντιμετωπίζει το έργο. Για παράδειγμα ο θόρυβος και οι αρνητικές επιπτώσεις του στην περιβάλλουσα κοινότητα αποτελεί κίνδυνο σε πολλές αστικές κατασκευές. Ο Gilchrist (2003) ανέπτυξε ένα μοντέλο



προσομοίωσης Monte Carlo το οποίο επιτρέπει στις ανάδοχες εταιρείες κατασκευής να προβλέψουν και να μετριάσουν την παρουσία και τις επιπτώσεις του θορύβου στην κατασκευή των έργων τους. Το μοντέλο αυτό ελέγχθηκε και εφαρμόστηκε κατά την διάρκεια της κατασκευής ενός οκταόροφου χώρου στάθμευσης στο Οντάριο του Καναδά.

10

Τον ίδιο χρόνο οι Coates και Kuhl (2003), σε μία δημοσίευση τους, χρησιμοποίησαν τρία απλά παραδείγματα δείχνοντας την ευκολία με την οποία οικονομικά προβλήματα με στοχαστικές μεταβλητές – εισροές μπορούν να μοντελοποιηθούν με τη χρήση ευρέως διαθέσιμου βιομηχανικού λογισμικού προσομοίωσης. Στα παραδείγματα τα οποία παρουσίασαν, οι απεικονίσεις των πιθανοτήτων των τυχαίων μεταβλητών – εισροών, μαζί με τις τεχνικές της μεθόδου Monte Carlo, παρείχαν μια πρακτική μέθοδο εύρεσης της κατανομής των επιθυμητών μεταβλητών – εκροών, με τη βοήθεια “πακέτων” προσομοίωσης τα οποία μπορούσαν να χειριστούν μεγάλες ποσότητες δειγματοληπτικών δεδομένων και είχαν την δυνατότητα να εμφανίσουν ένα αξιολογικό αποτέλεσμα.

Στο πρώτο τους παράδειγμα, παρουσίασαν τον υπολογισμό της μελλοντικής αξίας μιας σειράς ετήσιων πληρωμών, με την απεικόνιση της καθαρής παρούσας αξίας όπου τα επιτόκια διέφεραν από χρόνο σε χρόνο. Υπέθεσαν ότι σε μια χρηματιστηριακή επένδυση για μια συνολική περίοδο πληρωμών, υπάρχει μια σταθερή μακροχρόνια μέση απόδοση ωστόσο οι ετήσιες αποδόσεις κατανέμονται κανονικά με μια δεδομένη τυπική απόκλιση. Τα επιτόκια επιλέχθηκαν μέσω δειγματοληψίας της μεθόδου Monte Carlo από τις κατανομές. Στην περίπτωση ενός σταθερού και γνωστού επιτοκίου, ο υπολογισμός της μελλοντικής αξίας θα ήταν ο γνωστός, μέσα από τον συνηθισμένο τύπο της καθαρής παρούσας αξίας. Οι ερευνητές χρησιμοποίησαν το λογισμικό προσομοίωσης SLAM II αντί να εκτιμήσουν την κατανομή της καθαρής παρούσας αξίας για ένα μεγάλο αριθμό επαναλήψεων. Από τα εμφανιζόμενα συνοπτικά στατιστικά, το εύρος της μελλοντικής αξίας καθοριζόταν ενώ ο συνήθης τύπος της θα μπορούσε μόνο να δώσει μια εκτίμηση σημείου χωρίς καμία ένδειξη του πιθανού εύρους.

Στο δεύτερο παράδειγμα της δημοσίευσης επιχειρείται η μοντελοποίηση του κινδύνου στην αξιολόγηση ενός επενδυτικού σχεδίου, έχοντας αβέβαιες, κοινά ανεξάρτητες, κανονικά κατανομημένες, ετήσιες ταμιακές ροές, όπως στο αρχικό παράδειγμα του Hillier (1963). Επιπρόσθετα, οι Coates και Kuhl “επέτρεψαν” στα επιτόκια να διαφέρουν από χρόνο σε χρόνο, έτσι ώστε να κάνουν το πρόβλημα πιο περίπλοκο. Αρχικά, ορίστηκε μια εναρκτήρια τιμή για το επιτόκιο του πρώτου έτους. Το επιτόκιο κάθε επόμενου έτους

παραγόταν από μια πρώτης τάξεως αυτοπαλινδρομική στοχαστική διαδικασία. Επίσης, ο χρόνος ζωής της επένδυσης κυμαίνονταν από 4 ως 6 χρόνια, με μια δεδομένη πιθανότητα για κάθε ένα από τα τρία σενάρια (4, 5 ή 6 χρόνια). Όπως φαίνεται και στο παράδειγμα τους, η σημασία στο να περιλαμβάνεται η μεταβλητότητα των επιτοκίων και του χρόνου ζωής σε ένα πρόβλημα αξιολόγησης επένδυσης καθορίζεται από το γεγονός ότι η πιθανότητα μιας αρνητικής καθαρής παρούσας αξίας, σε μια τέτοια περίπτωση, θα μπορούσε να αυξηθεί σημαντικά (ακόμα και μέχρι 10 φορές) από ότι σε ένα παρεμφερές πρόβλημα με αβέβαιες ετήσιες ταμιακές ροές μόνο. Επιπλέον, ακόμα και στην περίπτωση όπου η μέση καθαρή παρούσα αξία θα μπορούσε να είναι παρόμοια ή ίδια στις δύο περιπτώσεις, η τυπική απόκλιση της κατανομής της καθαρής παρούσας αξίας ενδέχεται να διπλασιαζόταν.

Στο τελευταίο παράδειγμα τους, οι Coates και Kuhl συνέκριναν δύο κοινώς αποκλειόμενα, εναλλακτικών επενδυτικών σχεδίων με διαφορετικές αναμενόμενες καθαρές ταμιακές ροές, με κανονικές κατανομές ταμιακών ροών και με κατανομές επιτοκίων αντίστοιχη με αυτή που περιεγράφηκε στο δεύτερο παράδειγμα. Η σύγκριση μεταξύ των δύο σχεδίων βασιζόταν στη διαφορά της αναμενόμενης καθαρής παρούσας αξίας των επενδύσεων. Εφάρμοσαν ένα υπόδειγμα προσομοίωσης για κάθε εναλλακτικό σχέδιο, όπως αυτό που αναλύθηκε στην προηγούμενη παράγραφο, πήραν ανεξάρτητες παρατηρήσεις της καθαρής παρούσας αξίας για το καθένα και ως αποτέλεσμα κατασκεύασαν ένα διάστημα εμπιστοσύνης της διαφοράς ανάμεσα στους πληθυσμιακούς μέσους όρους. Χρησιμοποιώντας κοινούς τυχαίους αριθμούς, επεξεργάστηκαν τις αντίστοιχες ανεξάρτητες παρατηρήσεις της καθαρής παρούσας αξίας από κάθε επένδυση σαν ταιριασμένα ζεύγη ενώ κατασκεύαζαν το διάστημα εμπιστοσύνης. Με τον τρόπο αυτό, υπολόγισαν μια εκτίμηση σημείου της μέσης διαφοράς στην καθαρή παρούσα αξία των δύο εναλλακτικών σχεδίων και κατασκευάστηκε ένα διάστημα εμπιστοσύνης. Από την ένδειξη της μέσης διαφοράς και του εύρους του διαστήματος εμπιστοσύνης, συμπέραναν ποια επένδυση θα μπορούσε να αποφέρει την μεγαλύτερη απόδοση. Οι δύο ερευνητές ισχυρίστηκαν ότι επειδή μέχρι τότε στα περισσότερα επενδυτικά προβλήματα ο λήπτης της απόφασης θα έχει μόνο μία ευκαιρία να επενδύσει σε κάποιο συγκεκριμένο σχέδιο, επομένως μια καλύτερη τεχνική ανάλυσης θα μπορούσε να κατασκευάσει ένα διάστημα ανοχής στη διαφορά της καθαρής παρούσας αξίας περισσότερων επενδύσεων αντί για μία μόνο επένδυση.<sup>11</sup>

Ο Perry (2006) παρουσίασε μία ανασκόπηση του σχεδιασμού της μεθόδου "SixSigma" (μία μεθοδολογία η οποία επεκτείνει τη συνολική διαδικασία εμπορευματοποίησης του

προϊόντος από την ανάπτυξη της επιχειρηματικής ιδέας στις αρχικές πωλήσεις του προϊόντος), χρησιμοποιώντας συγκεκριμένες εφαρμογές της προσομοίωσης Monte Carlo με τη χρήση του λογισμικού Crystal Ball®. Μεταξύ άλλων, απέδειξε ότι η προσομοίωση Monte Carlo σε συνδυασμό με τεχνικές βελτιστοποίησης προϊόντος μπορούν να εφαρμοστούν στην ανάλυση της οικονομικής αξίας των επιχειρήσεων. Με αυτόν τον τρόπο, παρουσίασε ένα παράδειγμα μελέτης περίπτωσης για το σχεδιασμό ενός νέου προϊόντος. Στο παράδειγμα αυτό, μια τελική χρηματοοικονομική ανάλυση ήταν απαραίτητη στην τελευταία φάση του σχεδίου, αφού αρχικά προηγήθηκε μια και στα πρώτα στάδια. Όταν οι πρωταρχικές μεταβλητές της αρχικής χρηματοοικονομικής ανάλυσης (όγκος πωλήσεων, τιμή μονάδας, μοναδιαίο κόστος πρώτης ύλης, λειτουργικό κόστος ανά μονάδα κ.τ.λ.) ορίστηκαν, μια παραδοσιακή χρηματοοικονομική ανάλυση έλαβε χώρα προκειμένου να καθοριστεί την αναμενόμενη τιμή της καθαρής παρούσας αξίας του σχεδίου. Έχοντας εκτελέσει μία προσομοίωση Monte Carlo και σε συμφωνία με τον τύπο κατανομής των εκτιμώμενων τιμών, ήταν ολοφάνερο ότι, παρόλο που το σχέδιο αναμενόταν να δημιουργήσει μια θετική παρούσα αξία, αυτό δεν ήταν στατιστικά βέβαιο. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, τα αποτελέσματα της προσομοίωσης έδειχναν ότι υπάρχει μία πιθανότητα 20% για αρνητική καθαρή παρούσα αξία, οπότε έπρεπε να εξεταστεί σοβαρά παρόλο που η τιμή της αναμενόταν να είναι θετική.<sup>12</sup>

Οι Tekiner, Coit και Felder (2010) παρουσίασαν μια νέα προσέγγιση στον τομέα της επέκτασης της παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας με στόχο την ταυτόχρονη ελαχιστοποίηση πολλαπλών αντικειμένων, όπως είναι το κόστος και η εκπομπή καυσαερίων σε μακροπρόθεσμο ορίζοντα. Στην συγκεκριμένη προσέγγιση οι αποφάσεις σχετικά με την επέκταση της παραγωγής είχαν να κάνουν με την επιλογή του τρόπου παραγωγής της ενέργειας, αν θα είναι πυρηνική, αιολική ή με καύση άνθρακα, την τοποθεσία στην οποία θα επιλεγόταν καθώς και την χρονική στιγμή της επένδυσης. Η προσομοίωση Monte Carlo χρησιμοποιήθηκε ώστε να παράγει έναν επαρκή αριθμό σεναρίων βασισμένη στην υπάρχουσα διαθεσιμότητα των πρώτων υλών και την αναμενόμενη ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας. Το μαθηματικό μοντέλο εφαρμόστηκε σε ένα παράδειγμα με ενδιαφέροντα αποτελέσματα τα οποία εξαρτόνταν σε μεγάλο βαθμό από το αν οι αποφάσεις επέκτασης έδιναν μεγαλύτερη βαρύτητα στην ελαχιστοποίηση του κόστους ή της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.<sup>13</sup>

Οι Karanovic και Gjosevska (2012) σε έρευνα τους εξέτασαν τον αντίκτυπο του κινδύνου και της αβεβαιότητας στην διαδικασία του προϋπολογισμού κεφαλαίου στο σύγχρονο επιχειρηματικό περιβάλλον. Το περιβάλλον των επιχειρήσεων καθώς και οι ραγδαίες

κοινωνικές, τεχνολογικές και επιστημονικές εξελίξεις αυξάνουν την πολυπλοκότητα της σύγχρονης λήψης αποφάσεων, ασκώντας σημαντική επιρροή στην αυξανόμενη αβεβαιότητα κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της αξιολόγησης των επενδύσεων.. Στην έρευνα τους αυτή παρουσίασαν μια σύνοψη των περισσότερο κοινών πηγών κινδύνου και αβεβαιότητας κατά τη διαδικασία του προϋπολογισμού κεφαλαίου, καθώς και μια επισκόπηση των πιο αντιπροσωπευτικών μεθόδων για την αξιολόγηση της οικονομικής αποδοτικότητας. Ο προσδιορισμός και η ποσοτικοποίηση του κινδύνου και της αβεβαιότητας όσον αφορά τις βασικές μεταβλητές είναι υψίστης σημασίας για την εν λόγω μελέτη. Στην εργασία αυτή υλοποιήθηκε μια μελέτη περίπτωσης για την κατασκευή ή μη μιας ξενοδοχειακής μονάδας χρησιμοποιώντας την μέθοδο προσομοίωσης Monte Carlo για τον υπολογισμό της ΚΠΑ, παρουσιάζοντας τα σημαντικά πλεονεκτήματα της μεθόδου σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους αξιολόγησης.<sup>14</sup>

#### **Βιβλιογραφία 4<sup>ου</sup> κεφαλαίου**

<sup>1</sup> Hillier, F.S. , 1963. *The derivation of probabilistic information for the evaluation of risky investments*, **Management Science**

<sup>2</sup> Nikolaos A. Kalantzopoulos, Alexandros M. Hatzigeorgiou, Theodoros C. Spyridis, 2008. *Modeling uncertainty and risk investment appraisal decisions : a Monte Carlo simulation approach*, **University of Piraeus**

<sup>3</sup> David B. Hertz, 1968. *Investment Policies That Pay Off*, **Harvard Business Review**

<sup>4</sup> Coats, P.K. and Chesser, D.L. , 1982. *Coping with business risk through probabilistic financial statements*, **Simulation**

<sup>5</sup> Seila, A. F. and Banks, J. , 1990, *Spreadsheet risk analysis using simulation*, **Simulation**

<sup>6</sup> Alloway, J.A.Jr. , 1994 , *Spreadsheets: Enhancing Learning and Application of Engineering Economy Techniques*, **The Engineering Economist**

<sup>7</sup> Smith, D. , 1994 , *Incorporating Risk into Capital Budgeting Decisions Using Simulation*, **Management Decision**

<sup>8</sup> Longstaff and Schwartz, 2001, *Valuing American Options by Simulation: A Simple Least-Squares Approach*, **UCLA**

- <sup>9</sup> Meuwissen et al. , 2001, *Prediction of total genetic value using genome-wide dense marker maps*. **University of Melbourne**
- <sup>10</sup> Coates, E.R. and Kuhl, M.E. , 2003, *Using simulation software to solve engineering economy problems*, **Computers & Industrial Engineering**
- <sup>11</sup> Gilchrist, A., Allouche, E.N. and Cowan, D. , 2003 , *Prediction and mitigation of construction noise in an urban environment*. **Canadian Journal of Civil Engineering**
- <sup>12</sup> Perry, R. , 2006, *Monte Carlo Simulation in Design for Six Sigma*, **Proceedings of the 2006 Crystal Ball User Conference**
- <sup>13</sup> Hatice Tekiner , David W. Coit , Frank A. Felder, 2010, *Industrial Engineering*, **College of Engineering and Natural Sciences, Istanbul Sehir University**
- <sup>14</sup> Goran Karanovic and Bisera Gjosevska, 2012, *The International Conference on Economics and Administration, Faculty of Business and Administration*, **University of Bucharest, Romania**

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

# ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ MONTE CARLO

### 5.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο πρόκειται να αναλυθούν δυο μελέτες περίπτωσης που χρησιμοποιούν τη μέθοδο Monte Carlo για να αξιολογήσουν δυο επενδυτικές προτάσεις. Και στις δυο περιπτώσεις πρόκειται για επενδύσεις σε νέες υπηρεσίες και προϊόντα από δυο εταιρείες.

Η πρώτη μελέτη περίπτωσης αφορά μια εταιρεία κατασκευής κινητών τηλεφώνων, η οποία σχεδιάζει να κυκλοφορήσει ένα νέο μοντέλο κινητού τηλεφώνου. Το μοντέλο της προσομοίωσης που χρησιμοποιείται είναι σχετικά απλό καθώς οι ταμειακές ροές καθορίζονται από λίγους παράγοντες και το ύψος της επένδυσης είναι μικρό.

Η δεύτερη μελέτη περίπτωσης αφορά μια ναυτιλιακή εταιρεία που επιθυμεί να εισάγει μια νέα γραμμή που θα παρέχει ακτοπλοϊκή σύνδεση ταχείας φύσεως 2 φορές την εβδομάδα με ένα μικρό νησί. Η εταιρεία θα χρησιμοποιήσει ένα ταχύπλοο πλοίο το οποίο πρόκειται να το αγοράσει. Η περίπτωση αυτή είναι περισσότερο σύνθετη καθώς περιλαμβάνει πολλούς παράγοντες κάνοντας το μοντέλο προσομοίωσης περισσότερο σύνθετο και φανερώνοντας περισσότερες πτυχές και δυνατότητες. Το παράδειγμα περιλαμβάνει ντετερμινιστικό μοντέλο ναυτιλιακής επένδυσης το οποίο επεκτείνεται σε στοχαστικό με τη μέθοδο Monte Carlo.

Μετά το πέρας των πειραμάτων σε κάθε μελέτη περίπτωσης, στο τέλος της κάθε ενότητας παρατίθενται σχετικά συμπεράσματα.

## 5.2 Ανάλυση περίπτωσης κινητού τηλεφώνου

### Περιγραφή πρότασης

Μια κατασκευάστρια εταιρία κινητών τηλεφώνων σχεδιάζει να κυκλοφορήσει στην αγορά ένα νέο μοντέλο και θέλει να υπολογίσει τον χρηματοοικονομικό αντίκτυπο που θα έχει στα έσοδα της επιχείρησης καθώς και την έκταση του χρηματοοικονομικού ρίσκου της επένδυσης. Η αρχική επένδυση υπολογίζεται στα 40.000€ τα οποία απαιτούνται για την προμήθεια των εξαρτημάτων και την πρόσληψη εξειδικευμένου προσωπικού.

Τα εξαρτήματα για το μοντέλο θα προμηθευτούν από διάφορους εμπόρους. Γνωρίζουμε ότι υπάρχει χώρος ο οποίος δεν χρησιμοποιείται, και εκεί μπορεί να σχεδιασθεί και να υλοποιηθεί το μοντέλο. Το κόστος των εξαρτημάτων μειώνεται με την πάροδο του χρόνου, αλλά αυτό θα αντισταθμίζεται με το γεγονός ότι θα αυξάνονται οι προδιαγραφές για την απόδοση του μοντέλου. Λόγω του ότι η αγορά κινητών τηλεφώνων είναι άκρως ανταγωνιστική, η εταιρία έχει μικρά περιθώρια στον καθορισμό της τιμής πώλησης.

Το τμήμα πωλήσεων της εταιρίας έχει αναγνωρίσει τέσσερις αβέβαιες μεταβλητές, οι οποίες θεωρεί ότι θα είναι καθοριστικές για την απόδοση του έργου. Αυτές είναι:

- ❖ Ο ετήσιος αριθμός πωλήσεων
- ❖ Η τιμή πώλησης
- ❖ Το κόστος πρώτων υλών
- ❖ Το κόστος εργασίας

Πέρα από αυτά, εκτιμάται ότι τα γενικά έξοδα της επιχείρησης, μαζί με το κόστος της διαφήμισης, θα κυμαίνονται στα 50€ για κάθε προϊόν που πωλείται.

Η διοίκηση της επιχείρησης εκτιμά ότι το συγκεκριμένο μοντέλο τηλεφώνου έχει διάρκεια ζωής πέντε χρόνων και έτσι θέτει έναν χρονικό ορίζοντα πέντε ετών, μαζί με ένα προεξοφλητικό επιτόκιο της τάξης του 7%.

Η διοίκηση της επιχείρησης αποφάσισε ότι η τριγωνική κατανομή ταιριάζει καλύτερα στην αναπαράσταση του συγκεκριμένου μοντέλου, και θα μας δώσει μια καλή προσέγγιση του των μεταβλητών των ταμειακών ροών της επιχείρησης. Ο οικονομικός αναλυτής της επιχείρησης, σε συνεργασία με τον επικεφαλής του τμήματος που έχει

αναλάβει το νέο προϊόν καθόρισε τρία επίπεδα για καθεμία από τις αβέβαιες μεταβλητές. Αυτά είναι η απαισιόδοξη τιμή, η φυσιολογική και η αισιόδοξη όπως αυτά φαίνονται στο παρακάτω σχήμα. Αυτές δεν πρέπει να είναι τόσο ακραίες, ώστε να είναι απίθανο να υπάρξουν τιμές πέραν από αυτές, αλλά η πιθανότητα κάποια τιμή να βρίσκεται εκτός των ορίων θα πρέπει να είναι μικρότερη από 1%. Η φυσιολογική τιμή αναπαριστά το ψηλότερο σημείο στην συνάρτηση πιθανότητας, και για μία διακριτή μεταβλητή είναι η πιο πιθανή\*.

	<b>Απαισιόδοξη τιμή</b>	<b>Φυσιολογική τιμή</b>	<b>Αισιόδοξη τιμή</b>
<b>Αριθμός πωλήσεων (αριθμό/έτος)</b>	80	130	160
<b>Τιμή πώλησης (€/μονάδα)</b>	500	700	1000
<b>Κόστος πρώτων υλών (€/μονάδα)</b>	200	150	120
<b>Κόστος εργασίας(€/μονάδα)</b>	100	80	70

Σχήμα 5.1 Επιλεγμένες τιμές για ταμειακές ροές

Σκόπιμο είναι εδώ να σημειωθεί ότι τα τρία αυτά επίπεδα για τις αβέβαιες μεταβλητές, και η κατανομή πιθανότητας έχουν εκτιμηθεί καθαρά υποκειμενικά, με βάση παλαιότερη εμπειρία και γνώση της αγοράς. Καλό θα ήταν βέβαια να υπάρχουν αντικειμενικές πιθανότητες αλλά δυστυχώς το μοντέλο που εισάγει η εταιρία τυγχάνει να έχει πολύ διαφορετικά χαρακτηριστικά από προηγούμενα, οπότε δεν μπορεί να γίνει αντιστοίχιση, καθώς επίσης και οι μελλοντικές συνθήκες στην αγορά κινητών τηλεφώνων δεν είναι απαραίτητα οι ίδιες με τις παρούσες.

\*Για μια συνεχή μεταβλητή, η πιθανότητα οποιαδήποτε ακριβής τιμή να πραγματοποιηθεί πλησιάζει το μηδέν καθώς το πλάτος του διαστήματος κάτω από την κατανομή πιθανοτήτων προσεγγίζει το μηδέν, ως εκ τούτου, δεν έχει στατιστικώς νόημα να μιλάμε για την «πιο πιθανή τιμή».



Καθορίζοντας τις κατανομές πιθανοτήτων, δεν είναι απαραίτητο αυτές να είναι συμμετρικές. Στη συγκεκριμένη εφαρμογή για παράδειγμα ο αριθμός των πωλήσεων κλίνει προς τα αριστερά, ενώ η τιμή πώλησης προς τα δεξιά.

### Παραγωγή καθαρών ταμειακών ροών και ΚΠΑ υπό φυσιολογικές τιμές

Το μοντέλο ταμειακών ροών για κάθε χρόνο της διάρκειας ζωής του έργου είναι:

$$NFC_t = REV_t - CO_t - OC_t$$

Όπου:

$$REV_t = PRICE_t \times QTY_t$$

$$OC_t = QTY_t \times (COMP_t + LAB_t + OTHER_t)$$

Και :

$$NFC_t = \text{καθαρές ταμειακές ροές}$$

$$REV_t = \text{Ακαθάριστες εισπράξεις από πωλήσεις}$$

$$PRICE_t = \text{τιμή πώλησης προϊόντος}$$

$$QTY_t = \text{Αριθμός πωλήσεων ανά έτος}$$

$$CO_t = \text{κεφαλαιουχική δαπάνη}$$

$$OC_t = \text{ετήσιο λειτουργικό κόστος}$$

$$COMP_t = \text{κόστος πρώτων υλών ανά μονάδα προϊόντος}$$

$$LAB_t = \text{κόστος εργασίας ανά μονάδα προϊόντος}$$

$$OTHER_t = \text{Γενικά έξοδα ανά μονάδα προϊόντος}$$

Η Καθαρή Παρούσα Αξία υπολογίζεται όπως γνωρίζουμε από τον τύπο:

$$\sum_{t=0}^5 \frac{NCF_t}{(1+r)^t}$$

Όπου:

$r$  είναι το προεξοφλητικό επιτόκιο

Αν προχωρούσαμε σε στατική ανάλυση θα βρίσκαμε απλά την καθαρή παρούσα αξία της επένδυσης, θα εφαρμόζαμε αυτόν τον τύπο για τις φυσιολογικές τιμές των αβέβαιων μεταβλητών. Αντίθετα, στην προσομοίωση Μόντε Κάρλο οι μεταβλητές μπορούν να πάρουν τυχαίες τιμές μέσα στην τριγωνική κατανομή πιθανοτήτων. Αυτό επιτυγχάνεται με τη δειγματοληψία ή την παραγωγή τιμών για τα σύνολο των μεταβλητών για κάθε χρόνο της διάρκειας ζωής, και μετά να υπολογίσουμε την ΚΠΑ για καθένα από αυτό το σύνολο ξεχωριστά.

Στο παρακάτω σχήματα (σχήμα 5.2, σχήμα 5.3) παρουσιάζονται οι τυχαίοι αριθμοί και οι παραγόμενες τιμές από τις τέσσερις τυχαίες μεταβλητές, έτσι όπως εμφανίζονται στο λογιστικό φύλλο του Excel για τις πέντε πρώτες επαναλήψεις της προσομοίωσης μας. Παρουσιάζονται σε κάθε στήλη 20 τυχαίοι αριθμοί και 20 αντίστοιχες παρατηρήσεις για τις μεταβλητές. Οι τυχαίοι αριθμοί, το εύρος των οποίων είναι μεταξύ του 0 και του 1, παράχθηκαν από την γεννήτρια τυχαίων αριθμών του Excel και στους αριθμούς αυτούς εφαρμόστηκε η τριγωνική κατανομή, έτσι ώστε να παραχθεί η τυχαία παρατήρηση για τις μεταβλητές. Ειδικότερα για την τριγωνική κατανομή με τρία σημεία επισήμανσης,  $a$  (απαισιόδοξη τιμή),  $b$  (φυσιολογική),  $c$  (αισιόδοξη), μία τυχαία τιμή  $y$  παράγεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$\text{Για } r \leq d: \quad y = a + \sqrt{r(c-a)(b-a)}$$

$$\text{Για } r \geq d: \quad y = c - \sqrt{(1-r)(c-a)(c-b)}$$

Όπου  $d = (b-a)/(c-a)$  και  $r$  είναι ο τυχαίος αριθμός που παράχθηκε από την κανονική κατανομή.

Τιμές τυχαίων μεταβλητών (οι τιμές παράχθηκαν τυχαία από την κατανομή)						
	Έτος	Επανάληψη ->				
		1	2	3	4	5
<b>Πωλήσεις</b>	1	0,2546	0,5624	0,0138	0,4651	0,6666
	2	0,8654	0,1318	0,6674	0,2691	0,7802
	3	0,7044	0,2915	0,0166	0,2964	0,1963
	4	0,0432	0,2219	0,7905	0,0774	0,2686
	5	0,4194	0,5922	0,4623	0,7642	0,6090
<b>Τιμή</b>	1	0,6696	0,0859	0,2738	0,1789	0,8249
	2	0,7634	0,5465	0,1862	0,6624	0,8751
	3	0,8199	0,6051	0,2669	0,7659	0,8268
	4	0,4823	0,2060	0,2418	0,6317	0,3793
	5	0,5247	0,6133	0,6252	0,2579	0,1353
<b>Πρώτες ύλες</b>	1	0,2562	0,0837	0,7600	0,0093	0,3327
	2	0,2580	0,3249	0,8085	0,9496	0,0801
	3	0,0694	0,7337	0,7810	0,8635	0,2082
	4	0,1853	0,1213	0,4338	0,8264	0,2752
	5	0,2280	0,6614	0,4277	0,1575	0,8425
<b>Εργασία</b>	1	0,6508	0,3186	0,2081	0,8905	0,3415
	2	0,3937	0,7434	0,4131	0,5663	0,7577
	3	0,6355	0,4734	0,7607	0,3670	0,6478
	4	0,5525	0,2959	0,6359	0,6626	0,7794
	5	0,6215	0,6111	0,2159	0,2920	0,0073

Σχήμα 5.2 Τυχαίοι αριθμοί για τις 5 πρώτες επαναλήψεις

Πραγματικές τιμές σε ευρώ των μεταβλητών, σε αντιστοιχία με τους τυχαία παραγόμενους αριθμούς						
	Έτος	Επανάληψη ->				
		1	2	3	4	5
<b>Πωλήσεις</b>	1	112	127	87	123	132
	2	142	103	132	113	137
	3	133	114	88	114	108
	4	93	110	138	98	113
	5	121	129	123	136	129
<b>Τιμή</b>	1	777	593	665	634	838
	2	812	739	636	775	863
	3	836	757	663	813	839
	4	721	644	655	765	695
	5	733	759	763	661	616
<b>Πρώτες ύλες</b>	1	232	218	96	206	236
	2	232	236	99	109	218
	3	217	95	97	102	229
	4	227	222	242	100	233
	5	230	91	241	225	101
<b>Εργασία</b>	1	120	114	111	64	114
	2	115	61	116	118	61
	3	120	117	62	115	120
	4	118	113	120	120	62
	5	119	119	111	113	102

Σχήμα 5.3 Παραγόμενες τιμές με βάση την κατανομή

Ας δούμε τώρα ένα παράδειγμα για να κατανοήσουμε καλύτερα την μέθοδο. Βλέποντας την μεταβλητή του αριθμού των πωλήσεων, η παράμετρος  $d$  υπολογίζεται από τη σχέση :

$$d = \frac{130 - 80}{160 - 80} = \frac{50}{80} = 0.625$$

Στον παραπάνω πίνακα ο πρώτος τυχαίος αριθμός για την μεταβλητή του αριθμού των πωλήσεων είναι 0.2546. Επειδή ο αριθμός αυτός είναι μικρότερος από το 0.625 η παραγόμενη τιμή για τον αριθμό πωλήσεων υπολογίζεται από τον τύπο

$y = 80 + \sqrt{0.2546(160 - 80)(130 - 80)} = 111.91$ , η οποία στρογγυλοποιείται στον κοντινότερο ακέραιο, δηλαδή 112, όπως φαίνεται και στον πίνακα.

Αντίστοιχα γίνονται οι υπολογισμοί για τα έτη 2 έως 5 στην πρώτη επανάληψη. Παρατηρούμε ότι ο αριθμός των πωλήσεων για τα 5 πρώτα έτη κυμαίνεται μεταξύ του 87 και του 132. Με τον ίδιο τρόπο παράγονται και οι τιμές για τις υπόλοιπες τρεις μεταβλητές. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται 100 φορές.

Στον παρακάτω πίνακα από την εφαρμογή στο Excel φαίνονται οι καθαρές ετήσιες ταμειακές ροές και η αντίστοιχη ΚΠΑ για τα πρώτα πέντε έτη της επένδυσης.

Έτος	Επανάληψη ->				
	1	2	3	4	5
<b>0</b>	- 40.000 €	- 40.000 €	- 40.000 €	- 40.000 €	- 40.000 €
<b>1</b>	36.441 €	20.463 €	31.326 €	32.430 €	50.990 €
<b>2</b>	51.717 €	35.202 €	42.441 €	50.486 €	66.290 €
<b>3</b>	53.272 €	50.802 €	35.675 €	56.743 €	42.154 €
<b>4</b>	25.698 €	22.856 €	26.731 €	43.472 €	33.802 €
<b>5</b>	34.289 €	57.712 €	38.148 €	30.275 €	40.577 €
<b>ΚΠΑ</b>	126.767 €	109.926 €	103.059 €	135.474 €	154.683 €

Σχήμα 5.4 Ταμειακές ροές και ΚΠΑ πέντε πρώτων ετών

Η αρχική δαπάνη χρονολογείται στο έτος 0 και οι μετέπειτα ταμειακές ροές υποθέτουμε ότι λαμβάνουν μέρος μετά το πέρας των αντίστοιχων ετών.

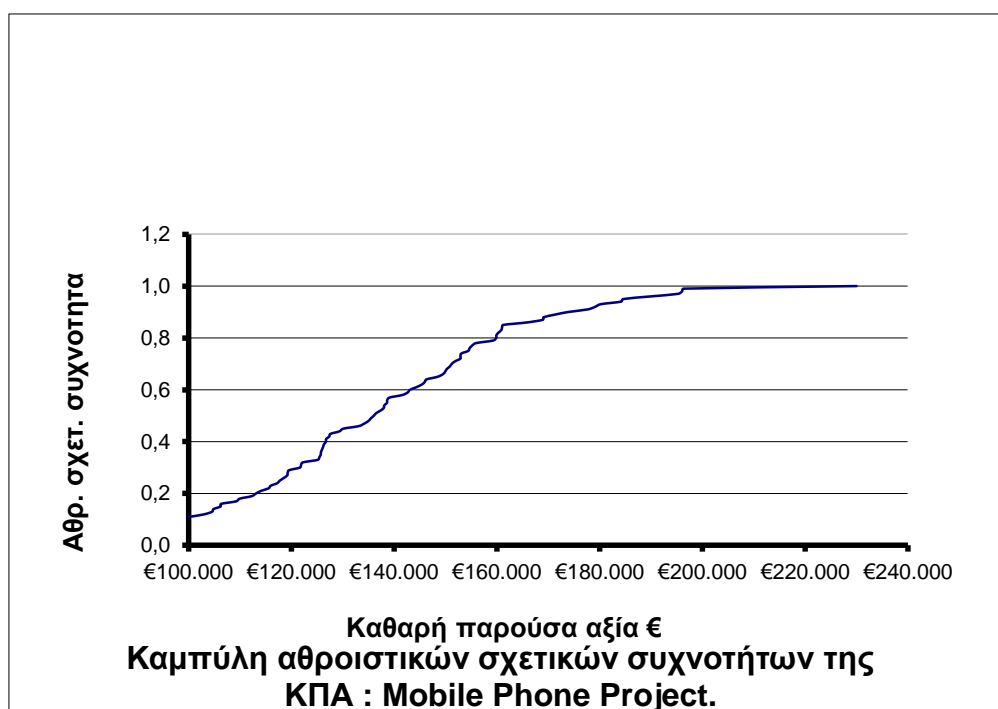
## Η σχετική αθροιστική συχνότητα

Οι σχετικές συχνότητες της οικονομικής απόδοσης της επένδυσης, μπορούν να αποτυπωθούν με ένα απλό ιστόγραμμα. Ωστόσο, όπως θα δούμε, είναι χρησιμότερο να τις εκφράσουμε σαν αθροιστικές σχετικές συχνότητες. Ταξινομήσαμε σε αύξουσα σειρά τις τιμές της ΚΠΑ για τις 100 επαναλήψεις και παρουσιάζουμε στον παρακάτω πίνακα μερικές από αυτές. Για προφανείς λόγους παρουσιάζουμε μόνο τις κατώτερες και ανώτερες τιμές της κατανομής. Η χαμηλότερη ΚΠΑ είναι 68.599 € ενώ η υψηλότερη 229.967 €. Παρακάτω επίσης παρουσιάζεται το διάγραμμα των αθροιστικών σχετικών συχνοτήτων της επένδυσης. Για κάθε τιμή της ΚΠΑ στον οριζόντιο άξονα, ο κάθετος μας δείχνει την πιθανότητα η να είναι η τιμή της μικρότερη ή ίση από αυτήν.

Η καμπύλη των αθροιστικών σχετικών συχνοτήτων μας παρέχει μια καλή πληροφορία για την απόδοση του έργου μας. Η εκτιμώμενη πιθανότητα για τα διάφορα επίπεδα απόδοσης μπορούν να φανούν στο συγκεκριμένο διάγραμμα.

Σχήμα 5.5 Σχετικές αθροιστικές συχνότητες

<b>ΚΠΑ (€)</b>	<b>68.599</b>	<b>74.764</b>	<b>80.153</b>	<b>82.361</b>	<b>...</b>	<b>196.298</b>	<b>229.967</b>
<b>Αθρ.Σχ.Συχν.</b>	<b>0.01</b>	<b>0.02</b>	<b>0.03</b>	<b>0.04</b>	<b>...</b>	<b>0.99</b>	<b>1.00</b>



## Αποφασίζοντας για την αποδοχή ή μη του επενδυτικού σχεδίου

Όπως παρουσιάσαμε σε προηγούμενα κεφάλαια, η αξιολόγηση επενδυτικών σχεδίων σε περιβάλλον που δεν εμπεριέχει τον παράγοντα του ρίσκου, το αποτέλεσμα της ανάλυσης ήταν απλά ένας αριθμός όπως η καθαρή παρούσα αξία, ή ο εσωτερικός συντελεστής απόδοσης. Άρα είναι πολύ απλό να πούμε για παράδειγμα στο συγκεκριμένο επενδυτικό σχέδιο ότι εφόσον η ΚΠΑ είναι θετική ή ο ΕΣΑ είναι μεγαλύτερος ή ίσο από την απαιτούμενη απόδοση τότε η επένδυση είναι αποδεκτή. Στην προσομοίωση όμως που χρησιμοποιήσαμε μας παρέχεται πληροφορία για την συνολική κατανομή του σχεδίου, και αυτό κάνει την απόφαση δυσκολότερη λόγω του μεγάλου όγκου πληροφορίας που μας παρέχεται. Προφανώς δεν θα λάβουμε υπόψη και τις 100 επαναλήψεις της προσομοίωσης, και η μέση τιμή της ΚΠΑ ίσως θα ήταν ένα καλό κριτήριο, αλλά αυτό υποβαθμίζει τον σκοπό της ανάλυσης μας. Στην πράξη αυτός που καλείται να αποφασίσει έχει στο μυαλό του κάποια σημεία αναφοράς, όπως να έχει κέρδος μεγαλύτερο από ένα συγκεκριμένο ποσό.

Στο παράδειγμα που προηγήθηκε οι μεταβλητές των ταμειακών ροών ήταν ανεξάρτητες μεταξύ τους, δηλαδή η μεταβολή της μίας δεν επηρέαζε τις υπόλοιπες. Πρακτικά είναι πολύ πιθανό κάποιες μεταβλητές να είναι θετικά συσχετισμένες, όπως για παράδειγμα η τιμή των πρώτων υλών με την τιμή πώλησης, ή αρνητικά συσχετισμένες όπως η τιμή πώλησης με τον αριθμό των πωλήσεων. Στο επόμενο παράδειγμα θα συναντήσουμε τέτοιους συσχετισμούς και θα δείξουμε τον τρόπο με τον οποίο τους αντιμετωπίζουμε.

## 5.3 Μελέτη γραμμής για ταχεία ακτοπλοϊκή σύνδεση

### Περιγραφή πρότασης

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα θα εξεταστεί μια επένδυση, με μεγαλύτερο βαθμό πολυπλοκότητας ώστε να παρουσιαστούν περισσότερες πτυχές της προσομοίωσης. Το συγκεκριμένο παράδειγμα αρχικά περιλαμβάνει ένα ντετερμινιστικό μοντέλο μιας ναυτιλιακής επένδυσης. Το μοντέλο αυτό στη συνέχεια επεκτείνεται σε στοχαστικό όπου θα γίνει περισσότερο κατανοητή η φύση της προσομοίωσης Μόντε Κάρλο.

Η ναυτιλιακή εταιρία Gold Travel σχεδιάζει να εισαγάγει μια νέα γραμμή, η οποία θα παρέχει ταχεία ακτοπλοϊκή σύνδεση με την πρωτεύουσα δύο φορές την εβδομάδα (104 ανά έτος) σε ένα μικρό αγροτικό νησί με περίπου 20000 κατοίκους. Η ονομασία του έργου θα είναι ΔΕΛΦΙΝΙ. Η εταιρία θα χρησιμοποιήσει ένα ταχύπλοο πλοίο χωρητικότητας 1000 επιβατών το οποίο μπορεί να προμηθευτεί στην τιμή των 10 εκατομμυρίων ευρώ. Στο νησί υπάρχει λιμάνι το οποίο χρησιμοποιείται χωρίς περαιτέρω οικονομικές επιβαρύνσεις αλλά θα χρειαστούν κάποια έργα για την επέκταση του τα οποία θα τα αναλάβει η εταιρία με κόστος 200.000€ . Θα πρέπει να αναπτυχθεί οικονομικό μοντέλο ώστε να προσομοιώνει τα έσοδα και τα έξοδα για το συγκεκριμένο έργο σε χρονικό ορίζοντα 10 ετών καθώς και να παρέχει μία εκτίμηση για την καθαρή παρούσα αξία της επένδυσης.

Άλλες χρήσιμες πληροφορίες για την ανάπτυξη του μοντέλου είναι:

- ❖ **Ζήτηση επιβατών:** Υπολογίζεται ο ετήσιος αριθμός των επιβατών αρχικά να είναι 140.000 , με μια ετήσια αύξηση της τάξης των 2000 επιβατών
- ❖ **Έσοδα από ταχυδρομικές υπηρεσίες:** Πέραν της εξυπηρέτησης των επιβατών, η εταιρία έχει συνάψει συμβόλαιο με την ταχυδρομική εταιρία με σταθερό ετήσιο αντίτιμο ίσο με 150.000 €.
- ❖ **Σταθερά έξοδα:** Τα σταθερά ετήσια έξοδα για το πλήρωμα του πλοίου υπολογίζονται στα 200.000 €. Το ετήσιο κόστος συντήρησης του πλοίου υπολογίζεται στο 7% της αρχικής τιμής.
- ❖ **Έξοδα καυσίμων:** Το κόστος θα είναι 1.500 € ανά δρομολόγιο, με πρόσθετη επιβάρυνση 2 € ανά επιβάτη.
- ❖ **Έξοδα διεκπεραίωσης:** Το κόστος για την κράτηση και τις υπόλοιπες υπηρεσίες κυμαίνεται στα 15 € ανά επιβάτη.

- ❖ **Εισιτήρια:** Η τιμή των εισιτηρίων θα είναι 40 €.
- ❖ **Οι φόροι** της εταιρίας θα είναι της τάξεως του 30% των ετησίως κερδών της επιχείρησης, με μία ετήσια μείωση 10% στην αντικειμενική αξία του πλοίου.
- ❖ Μετά την πάροδο 10 ετών το πλοίο θα έχει **υπολειμματική αξία** 2.500.000€.

### Ανάπτυξη του βασικού μοντέλου προσομοίωσης

Σύμφωνα με τις παραπάνω πληροφορίες, θα καταστρώσουμε το μοντέλο το οποίο θα προβλέπει τις ετήσιες ταμειακές ροές της επιχείρησης για κάθε χρόνο  $t$ .

$$NPV = \sum AS_t / (1 + r)^t, t \text{ από } 0 \text{ έως } 10$$

$$AS_t = AR_t - CO_t - AC_t - TAX_t$$

$$AR_t = NPAS_t \times FARE_t + MAIL_t$$

$$AC_t = MAIN_t + STAFF_t + FUEL_t + HAND_t + ADV_t$$

$$NPAS_t = 140000 + 2000 t$$

$$TY_t = AR_t - AC_t - DEP_t + SALV_t$$

$$TAX_t = ART_t \times TY_t$$

Όπου :

$$AS_t = \text{Ετήσιες καθαρές ταμειακές ροές}$$

$$AR_t = \text{Ετήσια έσοδα από επιβάτες και ταχυδρομικές υπηρεσίες.}$$

$$CO_t = \text{Κεφαλαιουχική δαπάνη}$$

$$AC_t = \text{Ετήσια κόστη}$$

$$TAX_t = \text{Ετήσιο κόστος φορολογίας}$$

$$FARE_t = \text{Κόστος εισιτηρίου}$$

$$MAIL_t = \text{Ετήσια έσοδα από ταχυδρομικές υπηρεσίες}$$

$$NFLT_t = \text{Ετήσιος αριθμός δρομολογίων}$$

$$NPAS_t = \text{Ετήσιος αριθμός επιβατών}$$



$MAIN_t =$  Ετήσιο κόστος συντήρησης

$STAFF_t =$  Ετήσιο μισθολογικό κόστος προσωπικού

$FUEL_t =$  Ετήσια έξοδα για καύσιμα

$HAND_t =$  Ετήσια έξοδα διεκπεραίωσης

$ADV_t =$  Ετήσιο κόστος διαφήμισης (μηδενικό αρχικά)

$DEP_t =$  Ετήσιο κόστος απόσβεσης

$SALV_t =$  Υπολειμματική αξία

$TY_t =$  Ετήσιο φορολογητέο εισόδημα

$ART_t =$  Ετήσιος φορολογικός συντελεστής

$r =$  Ετήσιο προεξοφλητικό επιτόκιο

$t =$  Χρόνος σε έτη

Χαρακτηριστικά της δομής του μοντέλου:

- ❖ Όπως και στο προηγούμενο παράδειγμα θα χρησιμοποιήσουμε την καθαρή παρούσα αξία για να εκτιμήσουμε την απόδοση της επένδυσης
- ❖ Ένα λειτουργικό χαρακτηριστικό του μοντέλου είναι η εξίσωση που δίνει τον αριθμό των επιβατών :  $NPAS_t = 140000 + 2000 t$ .
- ❖ Οι τιμές των ενδογενών μεταβλητών παράγονται κατά την εκτέλεση της προσομοίωσης.
- ❖ Η τιμή του εισιτηρίου είναι μία ελεγχόμενη εξωγενής μεταβλητή, η οποία έχει σταθερή τιμή.
- ❖ Το συγκεκριμένο μοντέλο δεν έχει μη ελεγχόμενες εξωγενείς μεταβλητές.

Το μοντέλο υλοποιήθηκε σε λογιστικό φύλλο του Excel και στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι διάφοροι παράμετροί του.

<b>Κόστος πλοίου</b>	<b>10.000.000€</b>
<b>Επέκταση λιμανιού</b>	<b>200.000€</b>
<b>Χωρητικότητα</b>	<b>1000</b>
<b>Αριθμός δρομολογίων</b>	<b>208</b>
<b>Αρχικός αριθμός επιβατών</b>	<b>140.000</b>
<b>Ετήσια αύξηση επιβατών</b>	<b>2000</b>
<b>Έσοδα από ταχυδρομικές υπηρεσίες</b>	<b>150.000 €</b>
<b>Ετήσιο κόστος συντήρησης</b>	<b>7%</b>
<b>Κόστος προσωπικού</b>	<b>200.000 €</b>
<b>Σταθερό κόστος καυσίμων</b>	<b>1.500 €</b>
<b>Κόστος καυσίμων ανά επιβάτη</b>	<b>2 €</b>
<b>Έξοδα διεκπεραίωσης ανά επιβάτη</b>	<b>15 €</b>
<b>Τιμή εισιτηρίου</b>	<b>40 €</b>
<b>Φορολογικός συντελεστής</b>	<b>30 %</b>
<b>Υπολειμματική αξία μετά από 10 έτη</b>	<b>2.500.000 €</b>
<b>Προεξοφλητικό επιτόκιο</b>	<b>8%</b>

Σχήμα 5.6 Δελφίνι : Παράμετροι βασικού μοντέλου

## Εξετάζοντας το βασικό μοντέλο προσομοίωσης

Πριν χρησιμοποιήσουμε το μοντέλο ώστε να μας βοηθήσει στην απόφαση μας για την επένδυση ή μη στο συγκεκριμένο έργο, ενδείκνυται να εξετάσουμε την σωστή λειτουργία του, δηλαδή να ελέγξουμε ότι οι εξισώσεις και η λογική που έχουμε αποτυπώσει στο λογιστικό φύλλο είναι ορθά. Για το συγκεκριμένο μοντέλο, το οποίο περιέχει λίγες εξισώσεις ο έλεγχος αυτός είναι σχετικά απλός.

Στη συνέχεια, το μοντέλο θα πρέπει να αξιολογηθεί ελέγχοντας αν η συνολική συμπεριφορά του συστήματος αντιστοιχεί σε αυτήν που θα συνέβαινε σε ένα πραγματικό σύστημα. Με άλλα λόγια θα πρέπει να ελεγχθεί η ορθότητα της δομής και των σχέσεων μεταξύ των μεταβλητών. Αυτό ίσως περιλαμβάνει την εξέταση του κόστους, της ζήτησης και των πωλήσεων από παλαιότερες αντίστοιχες επενδύσεις σε γραμμές με παρόμοια χαρακτηριστικά.

Αφού υλοποιήσουμε το μοντέλο στο λογιστικό φύλλο του Excel, η προσομοίωση θα μας δώσει θα πράξει αυτόματα τις τιμές. Το αποτέλεσμα του μοντέλου μπορούμε να το δούμε στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 5.7). Η τιμή της ΚΠΑ φαίνεται στο κάτω μέρος και μας δίνει μία εκτίμηση για την επένδυση μας.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΑΜΕΙΑΚΩΝ ΡΟΩΝ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Έτος											
Ροές κεφαλαίου											
Αρχική κεφαλαιουχική δαπάνη											
Υπολειμματική αξία											
<b>Έσοδα έργου</b>											
Αριθμός επιβαίων		140000	142000	144000	146000	148000	150000	152000	154000	156000	158000
Έσοδα εισιρίων		5.600.000 €	5.680.000 €	5.760.000 €	5.840.000 €	5.920.000 €	6.000.000 €	6.080.000 €	6.160.000 €	6.240.000 €	6.320.000 €
+ έσοδα ταχυδρομείου		200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €
= Συνολικά έσοδα		5.800.000 €	5.880.000 €	5.960.000 €	6.040.000 €	6.120.000 €	6.200.000 €	6.280.000 €	6.360.000 €	6.440.000 €	6.520.000 €
<b>Λειτουργικά κόστη</b>											
Συντήρηση πλοίου		700.000 €	700.000 €	700.000 €	700.000 €	700.000 €	700.000 €	700.000 €	700.000 €	700.000 €	700.000 €
+ Κόστος προσωπικού		200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €
+ Κόστος καυσίμων		592.000 €	596.000 €	600.000 €	604.000 €	608.000 €	612.000 €	616.000 €	620.000 €	624.000 €	628.000 €
+ Διεκπεραιωτικά έξοδα		2.100.000 €	2.130.000 €	2.160.000 €	2.190.000 €	2.220.000 €	2.250.000 €	2.280.000 €	2.310.000 €	2.340.000 €	2.370.000 €
+Κόστος διαφήμισης		- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
= Συνολικά κόστη		3.592.000 €	3.626.000 €	3.660.000 €	3.694.000 €	3.728.000 €	3.762.000 €	3.796.000 €	3.830.000 €	3.864.000 €	3.898.000 €
<b>Υπλογισμός φόρου</b>											
Καθαρά λειτουργικά έσοδα		2.208.000 €	2.254.000 €	2.300.000 €	2.346.000 €	2.392.000 €	2.438.000 €	2.484.000 €	2.530.000 €	2.576.000 €	2.622.000 €
-Απόσβεση		1.020.000 €	1.020.000 €	1.020.000 €	1.020.000 €	1.020.000 €	1.020.000 €	1.020.000 €	1.020.000 €	1.020.000 €	1.020.000 €
= Φορολογητέο εισόδημα		1.188.000 €	1.234.000 €	1.280.000 €	1.326.000 €	1.372.000 €	1.418.000 €	1.464.000 €	1.510.000 €	1.556.000 €	1.602.000 €
+ Φορολογική μείωση υπολειμματικής αξίας											
= Συνολικό φορολογητέο εισόδημα		1.188.000 €	1.234.000 €	1.280.000 €	1.326.000 €	1.372.000 €	1.418.000 €	1.464.000 €	1.510.000 €	1.556.000 €	1.602.000 €
Φόρος		356.400 €	370.200 €	384.000 €	397.800 €	411.600 €	425.400 €	439.200 €	453.000 €	466.800 €	480.600 €
Καθαρές τομειακές ροές		1.851.600 €	1.883.800 €	1.916.000 €	1.948.200 €	1.980.400 €	2.012.600 €	2.044.800 €	2.077.000 €	2.109.200 €	2.141.400 €
ΚΠΑ =		3.060.841 €									

Σχήμα 5.7 Προσομοίωση βασικού μοντέλου

## Ντετερμινιστική προσομοίωση της οικονομικής απόδοσης

Ορίσαμε την προσομοίωση σαν μία διαδικασία μοντελοποίησης και διεξαγωγής επαναλήψεων σε έναν υπολογιστή. Στο προηγούμενο παράδειγμα φαίνεται περιττό να περιγράψουμε την εκτίμηση της επένδυσης απλά αξιολογώντας τις εξισώσεις του λογιστικού φύλλου, σαν προσομοίωση. Η εφαρμογή που κάναμε ήταν απλά ένας υπολογισμός της ΚΠΑ του έργου. Ωστόσο με μικρές μετατροπές, το συγκεκριμένο μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για «πειράματα» με μεγαλύτερο βαθμό πολυπλοκότητας.

## Μελέτη ντετερμινιστικού μοντέλου για το έργο ΔΕΛΦΙΝΙ

Υποθέτουμε ότι η εταιρία θέλει να αυξήσει τον αριθμό των επιβατών, και για τον σκοπό αυτό έχει καταλήξει σε δύο μεθόδους. Διαφήμιση ή μείωση τιμής εισιτηρίου. Μετά από έρευνα προέκυψαν τα παρακάτω :

1. Ο ετήσιος αριθμός των επιβατών,  $NPAS_t$ , σχετίζεται με τα έξοδα διαφήμισης του συγκεκριμένου έτους ( $x_1$  σε χιλιάδες ευρώ) με την τριωνυμική συνάρτηση η οποία έχει σαν γραμμικό συντελεστή 800 και σαν συντελεστή του μεγιστοβάθμιου όρου -1.4.
2. Ο ετήσιος αριθμός των επιβατών αυξάνεται γραμμικά κατά 15000 για κάθε 2 € μείωσης του εισιτηρίου.

Η πληροφορία αυτή ενσωματώνεται στη συνάρτηση και έτσι :

$$NPAS_t = (5000 + 2000t) + 800x_1 - 1.4x_1^2 + 15000x_2$$

Όπου  $x_1$  είναι τα έξοδα για τη διαφήμιση σε χιλιάδες ευρώ και  $x_2$  η τιμή της έκπτωσης.

Επιπλέον υπάρχει ένας περιορισμός για τη χωρητικότητα η οποία δεν μπορεί να υπερβαίνει τις 208.000 (208 ταξίδια από 1000 επιβάτες). Για απλότητα υποθέτουμε ότι όποια πολιτική για διαφήμιση ή έκπτωση ακολουθηθεί αρχικά θα ισχύσει για όλο τον χρονικό ορίζοντα των 10 ετών. Η λειτουργία της επένδυσης προσομοιώθηκε για τα επόμενα 10 χρόνια χρησιμοποιώντας τις ακόλουθες τεχνικές προώθησης. Διαφημιστικά έξοδα 0, 2.000 €, 4.000 € και 6.000 €, και μείωση τιμής 0, 2 €, 4 €, 6 €. Στο σημείο αυτό κάθε επίπεδο διαφήμισης θα συνδυαστεί με καθεμία από τις μειώσεις τιμής. Αυτό σημαίνει ότι θα γίνουν 16 διαφορετικοί συνδυασμοί τιμής και διαφήμισης. Η λειτουργία αυτή γίνεται πολύ απλά και γρήγορα με τη συνάρτηση Data Table του Microsoft Excel. Παρακάτω παραθέτουμε τις τιμές της ΚΠΑ για κάθε συνδυασμό τιμής-διαφήμισης. Ο υπολογισμός της ΚΠΑ της βέλτιστης λύσης φαίνεται στο σχήμα 7.5 του παραρτήματος.

Ετήσιο κόστος διαφήμισης (€)					
	3,59	0	2000	4000	6000
Μείωση	0	3,06	3,22	3,39	3,55
Τιμή (€/ταξίδι)	2	3,15	3,30	3,45	3,59
	4	2,96	3,10	3,23	3,36
	6	2,49	2,61	2,73	2,84

Σχήμα 5.8 Επίπεδα ΚΠΑ ντετερμινιστικής προσομοίωσης

Βλέποντας τον πίνακα παρατηρούμε ότι η βέλτιστη λύση είναι να ξοδέψουμε 6000 ευρώ για διαφήμιση και να μειώσουμε 2 ευρώ την τιμή του εισιτηρίου.

## Στοχαστική προσομοίωση οικονομικής απόδοσης

Τα παραπάνω παραδείγματα του έργου ΔΕΛΦΙΝΙ βασίζονται στο μοντέλο ντετερμινιστικής προσομοίωσης. Στην πράξη όμως, τα μοντέλα προσομοίωσης συχνά είναι στοχαστικά, περιέχουν δηλαδή μεταβλητές οι τιμές των οποίων παράγονται από κάποια γεννήτρια τυχαίων αριθμών. Στην ουσία αυτή η στοχαστική προσομοίωση αποτελεί την προσομοίωση Μόντε Κάρλο.

## Στοχαστική προσομοίωση για το έργο ΔΕΛΦΙΝΙ

Υποθέτουμε τώρα ότι ο αριθμός των επιβατών, η βασική πηγή της αβεβαιότητας για την εταιρία, μπορεί να αναπαρασταθεί με την εξίσωση (προηγούμενη) , με την προσθήκη όμως μίας τυχαίας μεταβλητής  $y$ :

$$NPAS_t = (5000 + 300t) + 800x_1 - 1.4x_1^2 + 15000x_2 + y$$

Όπου η τυχαία μεταβλητή ακολουθεί την κανονική κατανομή, με μέση τιμή το 0 και τυπική απόκλιση της τάξης των 5000 επιβατών. Το οικονομικό μοντέλο μπορεί τώρα να χρησιμοποιηθεί για την προσομοίωση στην οποία η συνάρτηση ζήτησης περιέχει και αυτήν την μη ελεγχόμενη μεταβλητή περιβάλλοντος. Κάθε φορά που εκτελείτε η προσομοίωση παράγεται και ένα νέο σύνολο από συναρτήσεις ζήτησης, και ως εκ τούτου μια νέα ΚΠΑ λαμβάνεται. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητο να περιλαμβάνεται στην προσομοίωση μας ένας αριθμός επαναλήψεων και να προκύψει από αυτές ένας μέσος όρος της καθαρής παρούσας αξίας.

Μια μέθοδος για την παραγωγή τυχαίων αριθμών είναι από την ομοιόμορφη κατανομή  $N(0,500)$  όπου οι αριθμοί προκύπτουν από:

$$y = \left( \sum_{i=1}^{12} r_i - 6 \right) \times 5000$$

Όπου οι 12 μεταβλητές  $r_i$  είναι παρατηρήσεις της ομοιόμορφης κατανομής, με εύρος από 0 έως 1.

Θα εκτελέσουμε τώρα την προσομοίωση με τους 16 διαφορετικούς συνδυασμούς, όπως στο προηγούμενο παράδειγμα, αλλά θα το κάνουμε αυτό για πέντε επαναλήψεις. Τα αποτελέσματα τα παραθέτουμε στον παρακάτω πίνακα. Για το συγκεκριμένο παράδειγμα τα επίπεδα της τυχαίας μεταβλητής ζήτησης λήφθηκαν χρησιμοποιώντας την προηγούμενη εξίσωση για παραγωγή τυχαίων αριθμών, στην γεννήτρια τυχαίων αριθμών του λογιστικού φύλλου.

## 1η επανάληψη

Ετήσιο κόστος διαφήμισης (€)					
	4,54	0	2000	4000	6000
<b>Μείωση</b>	0	3,64	3,74	4,25	4,60
<b>Τιμής</b>	2	4,25	4,06	4,50	4,20
<b>(€/ταξίδι)</b>	4	3,76	3,91	4,13	4,45
	6	3,54	3,32	3,52	3,79

## 2η επανάληψη

Ετήσιο κόστος διαφήμισης (€)					
	4,54	0	2000	4000	6000
<b>Μείωση</b>	0	3,77	3,94	4,21	4,37
<b>Τιμής</b>	2	4,23	4,09	4,40	4,56
<b>(€/ταξίδι)</b>	4	3,73	4,04	4,08	4,13
	6	3,33	3,54	3,54	3,65

## 3η επανάληψη

Ετήσιο κόστος διαφήμισης (€)					
	4,54	0	2000	4000	6000
<b>Μείωση</b>	0	3,72	3,76	4,11	4,59
<b>Τιμής</b>	2	3,86	4,24	4,39	4,46
<b>(€/ταξίδι)</b>	4	3,63	3,61	4,19	4,29
	6	3,20	3,44	3,57	3,65

## 4η επανάληψη

Ετήσιο κόστος διαφήμισης (€)					
	4,54	0	2000	4000	6000
<b>Μείωση</b>	0	3,88	3,82	4,60	4,28
<b>Τιμής</b>	2	4,13	4,04	4,10	4,41
<b>(€/ταξίδι)</b>	4	3,74	4,01	3,99	4,19
	6	3,42	3,40	3,56	3,61



5η επανάληψη

	Ετήσιο κόστος διαφήμισης (€)				
	4,54	0	2000	4000	6000
<b>Μείωση</b>	0	3,98	4,00	4,22	4,48
<b>Τιμής</b>	2	3,95	4,40	4,19	4,21
<b>(€/ταξίδι)</b>	4	4,24	4,06	4,14	4,54
	6	3,30	3,65	3,59	3,68

Μέσος Όρος

	Ετήσιο κόστος διαφήμισης (€)				
		0	2000	4000	6000
<b>Μείωση</b>	0	3,80	3,85	4,28	4,46
<b>Τιμής</b>	2	4,08	4,17	4,32	4,47
<b>(€/ταξίδι)</b>	4	3,82	3,93	4,11	4,32
	6	3,36	3,47	3,55	3,67

Ας κάνουμε τώρα κάποιες παρατηρήσεις για το επενδυτικό σχέδιο. Η ΚΠΑ του σχεδίου παίρνει την μεγαλύτερη τιμή της όταν η τιμή του εισιτηρίου μειωθεί κατά 2 ευρώ. Από εκεί και πέρα είναι συνεχώς μειούμενη. Από την άλλη η διαφήμιση φαίνεται να επηρεάζει σε σημαντικότερο βαθμό την ζήτηση των επιβατών. Παρατηρούμε λοιπόν ότι η μέγιστη ΚΠΑ σημειώνεται για διαφημιστικά έξοδα της τάξης των 6.000 € και για έκπτωση τιμής 2 €.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

### 6.1 Εισαγωγή

Σε αυτή τη μελέτη παρουσιάστηκαν πτυχές του κλάδου της οικονομικής επιστήμης που ασχολείται με την αξιολόγηση επενδύσεων. Συγκεκριμένα αναλύθηκε μια στοχαστική μέθοδος για την αξιολόγηση επενδύσεων, η μέθοδος Monte Carlo. Αναλύθηκε η σημασία της και τα σημαντικά της οφέλη στην αξιολόγηση επενδύσεων. Με σκοπό να γίνει περισσότερο κατανοητή η μέθοδος, παρουσιάστηκαν σχετικές μελέτες περίπτωσης. Παράλληλα, παρουσιάστηκαν έρευνες της μεθόδου Monte Carlo και σε άλλες πτυχές της οικονομικής επιστήμης.

Στην παρούσα ενότητα αυτής της μελέτης, πρόκειται να παρουσιαστούν τα συμπεράσματα στα οποία καταλήγει η μελέτη μετά την ανάλυση της μεθόδου Monte Carlo καθώς και οι προοπτικές της μεθόδου και γενικότερα των στοχαστικών μεθόδων στην αξιολόγηση επενδύσεων.

### 6.2 Συμπεράσματα

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν μετά από μελέτη και χρήση της μεθόδου Monte Carlo στην αξιολόγηση επενδύσεων είναι τα κάτωθι: <sup>1</sup>

- ❖ Η αξιολόγηση επενδύσεων πρέπει να λειτουργεί κάτω από το γενικό πέπλο των προσδοκιών, της φιλοσοφίας και της στρατηγικής του επιχειρηματία ώστε να αντικατοπτρίζει όσον το δυνατόν καλύτερα τα αποτελέσματα σύμφωνα με τις ανάγκες του.
- ❖ Η αξιολόγηση χρησιμοποιεί κριτήρια ώστε να εξάγει συμπεράσματα για τη χρηματοοικονομική πορεία μιας επενδυτικής πρότασης. Για να συμπεριληφθεί η έννοια του κινδύνου όμως και της αβεβαιότητας ειδικά στις σημερινές συνθήκες

του επιχειρείν, είναι σχεδόν απαραίτητη η χρήση στοχαστικών μεθόδων όπως η μέθοδος Monte Carlo. Ο επιχειρηματικός κίνδυνος και η αβεβαιότητα επηρεάζουν τη διαύγεια τις επενδυτικές αποφάσεις αποδοχής ή απόρριψης. Η μέθοδος Monte Carlo αφήνει το σύστημα να αλληλεπιδράσει και εξάγει συμπεράσματα σχετικά με το πόσοι και ποιοι παράγοντες δημιουργούν επιχειρηματικό κίνδυνο καθώς και πως ένα επενδυτικό σχέδιο επηρεάζεται από τις συνθήκες του εξωτερικού του περιβάλλοντος.

- ❖ Η μέθοδος Monte Carlo παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα στην εφαρμογή της στην αξιολόγηση επενδύσεων. Τα σημαντικότερα είναι:
  - Βοηθά στον προγραμματισμό μελλοντικής κατανομής των πόρων και πρόβλεψης χρηματοοικονομικών αποτελεσμάτων.
  - Διαθέτει εργαλεία πρόβλεψης του επιχειρηματικού κινδύνου με μεγάλη ακρίβεια.
  - Προσφέρει πλήθος χρήσιμων πληροφοριών στον επιχειρηματία-επενδυτή.
  - Είναι ιδιαίτερα εύελικο στην προσθήκη εργαλείων.
  - Η μέθοδος Monte Carlo παρέχει την ασφάλεια κατά την λήψη αποφάσεων σχετικά με το ποια στρατηγική επιφέρει μεγαλύτερη αποδοτικότητα και καλύτερα χρηματοοικονομικά αποτελέσματα.
- ❖ Ένα μοντέλο προσομοίωσης μπορεί να γίνει ιδιαίτερα περίπλοκο για αυτό χρειάζεται προσοχή κατά την κατασκευή του. Το μοντέλο πρέπει να είναι εύελικο και να φανερώνει τα αποτελέσματα με διαφάνεια στον επιχειρηματία έτσι ώστε να τον βοηθήσει να πάρει αποφάσεις.
- ❖ Η μέθοδος Monte Carlo έχει ποικίλες εφαρμογές σε πολλές επιστήμες και στην οικονομική επιστήμη πέρα από την αξιολόγηση επενδύσεων. Είναι μια μέθοδος με ποικίλες εφαρμογές λόγω της ασφάλειας των αποτελεσμάτων που προσφέρει όμως έχει και κάποιες ιδιομορφίες όπως και κάθε άλλη μέθοδος που χρειάζονται προσοχή. Τέτοιες ιδιομορφίες είναι για παράδειγμα πως πρέπει να οριστεί το κατάλληλο δείγμα σε κάθε περίπτωση το οποίο πρέπει να είναι μεγάλο ενώ παράλληλα πρέπει να πραγματοποιηθούν πολλές επαναλήψεις. Μια άλλη ιδιομορφία είναι πως το μοντέλο δεν είναι ικανό να διαμορφώσει στρατηγική για τον επιχειρηματία, απλά του παρέχει τα αποτελέσματα και τον αφήνει να αποφασίσει. Επίσης σημαντικό είναι το γεγονός πως δεν μπορεί να συμπεριλάβει μεταβλητές που δεν μπορούν να εκφραστούν σε μονάδες χρήματος.

Συμπερασματικά, διαπιστώνεται πως η μέθοδος Monte Carlo δίνει αξιόπιστα αποτελέσματα κατά την εφαρμογή της στην αξιολόγηση επενδύσεων. Συμπεριλαμβάνει τον επιχειρηματικό κίνδυνο με δυναμικό τρόπο μέσα στην προσομοίωση παραθέτοντας στον επιχειρηματία-επενδυτή ρεαλιστικά αποτελέσματα. Είναι μια αξιολογική ευέλικτη μέθοδος που μελλοντικά μπορεί να οδηγήσει σε μικρότερα ποσοστά αποτυχίας επενδυτικών σχεδίων, γεγονός πολύ σημαντικό για το μελλοντικό επιχειρηματικό περιβάλλον.<sup>2</sup>

### 6.3 Προοπτικές

Η μέθοδος Monte Carlo έχει πάρα πολλές χρήσεις. Ακόμα και στις περιπτώσεις που δεν δίνει τα βέλτιστα αποτελέσματα είναι μια καλή μέθοδος έναρξης ώστε να αξιολογηθεί αν χρειάζεται να προχωρήσει ο μελετητής σε επιπλέον ανάλυση. Το παραπάνω διαφαίνεται από διάφορες μελέτες που συστήνουν την μέθοδο έτσι ώστε να εξάγουν συμπεράσματα και να προχωρήσουν σε άλλες μεθόδους. Οι στοχαστικές μέθοδοι άνοιξαν τον δρόμο για την δημιουργία περισσότερο πολύπλοκων μεθόδων όπως είναι η μέθοδος των πραγματικών δικαιωμάτων.

Τα πραγματικά δικαιώματα αποτελούν περιουσιακά στοιχεία μιας επιχείρησης τα οποία των οποίων η αξία δεν έχει εκτιμηθεί. Περιλαμβάνει και ποιοτικά στοιχεία που μέχρι τη στιγμή της χρήσης της μεθόδου των πραγματικών δικαιωμάτων δεν μπορούσαν να εκτιμηθούν. Αποτελούν ένα χρήσιμο εργαλείο που μπορεί να διερευνηθεί παράλληλα με μια προσομοίωση και συνδυαστικά να παρθούν επενδυτικές αποφάσεις.<sup>3</sup>

Οι στοχαστικές μέθοδοι αποτελούν τη βάση για επιπλέον διερεύνηση από την οικονομική επιστήμη και εύρεση-κατασκευή περισσότερο πολύπλοκων μοντέλων τα οποία δίνουν αποτελέσματα ακόμα πιο κοντά στην πραγματικότητα. Οι προοπτικές των μοντέλων προσομοίωσης είναι μεγάλες και δύνανται να αξιολογηθούν οι δυνατότητες τους ώστε να προσφέρουν το μέγιστο στην αξιολόγηση επενδύσεων.

Τέλος, τα συγκεκριμένα αποτελέσματα και οι προβλέψεις που εξήχθησαν, θα μπορούσαν να συγκριθούν με άλλες μεθοδολογίες που προσεγγίζουν το ίδιο πρόβλημα με διαφορετικό τρόπο, ώστε να ελεγχθεί η εγκυρότητα της μεθόδου και των αποτελεσμάτων που προέκυψαν.

### **Βιβλιογραφία 6<sup>ου</sup> κεφαλαίου**

<sup>1</sup> Don Dayananda, Richard Irrons, Steve Harisson, John Herbohn, Patric Rowland, 2002. *Capital Budgeting: Financial Appraisal of Investment Projects*. **Cambridge University Press**.

<sup>2</sup> John Rozycki, 2011. *Excel Based Monte Carlo Simulation as a Capital Budgeting Risk Management Tool*. **Journal of Financial Education**.

<sup>3</sup> Κωνσταντακόπουλος Σωτήρης, 2010. *Αξιολόγηση επενδύσεων με πραγματικά δικαιώματα (Real Options)-Εφαρμογές σε Ειδικά Υπόγεια Έργα*. **Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο, Μεταπτυχιακή Διατριβή**.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Στο συγκεκριμένο παράρτημα περιέχονται τα λογιστικά φύλλα του Microsoft Excel τα οποία χρησιμοποιήθηκαν κατά την εφαρμογή του μοντέλου.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1		Mobile Phone								
2		Computation of NPVs and Plot of Cumulative Relative Frequencies.								
3										
4										
5		Δεδομένα								
6		Αρχική δαπάνη (ετός 0)			40.000 €					
7		Γενικά έξοδα			100 €					
8		Προεξοφλητικό επιτόκιο			7%					
9										
10										
11		VARIABLE			Απαισιόδοξο	Φυσιολογικό	Αισιόδοξο	d	(c-a)/(b-a)	(c-a)/(c-b)
12		Αριθμός πωλήσεων (no./month)			80	130	160	0,6250	4000	2400
13		Τιμή πώλησης(€/unit)			500	700	1000	0,4000	100000	150000
14		Κόστος πρώτων υλών (€/unit)			200	150	120	0,6250	4000	2400
15		Κόστος εργασίας €/unit)			100	80	70	0,6667	600	300
16										
17										

Σχήμα 7.1 Παράμετροι και ανάλυση ευαισθησίας περίπτωσης κινητού τηλεφώνου

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
16												
17												
18		Τιμές τυχαίων μεταβλητών (οι τιμές παράχθηκαν τυχαία από την κατανομή)										
19		Έτος	Επανάληψη ->									
20			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
21	Πωλήσεις	1	0,2546	0,5624	0,0138	0,4651	0,6666	0,6067	0,4185	0,9966	0,2840	0,0487
22		2	0,8654	0,1318	0,6674	0,2691	0,7802	0,5009	0,4438	0,2258	0,8436	0,9240
23		3	0,7044	0,2915	0,0166	0,2964	0,1963	0,0479	0,7834	0,6505	0,9999	0,1255
24		4	0,0432	0,2219	0,7905	0,0774	0,2686	0,3812	0,9695	0,5708	0,6401	0,3998
25		5	0,4194	0,5922	0,4623	0,7642	0,6090	0,9957	0,2045	0,7510	0,3734	0,4115
26	Τιμή	1	0,6696	0,0859	0,2738	0,1789	0,8249	0,3816	0,4861	0,4398	0,5376	0,9111
27		2	0,7634	0,5465	0,1862	0,6624	0,8751	0,6491	0,0702	0,3371	0,0585	0,3890
28		3	0,8199	0,6051	0,2669	0,7659	0,8268	0,1811	0,6455	0,5177	0,3620	0,4975
29		4	0,4823	0,2060	0,2418	0,6317	0,3793	0,6453	0,4146	0,9398	0,9369	0,8467
30		5	0,5247	0,6133	0,6252	0,2579	0,1353	0,3379	0,3219	0,4977	0,5849	0,6959
31	Πρώτες ύλες	1	0,2562	0,0837	0,7600	0,0093	0,3327	0,7712	0,8342	0,0554	0,8659	0,8645
32		2	0,2580	0,3249	0,8085	0,9496	0,0801	0,9160	0,8634	0,1488	0,3480	0,3037
33		3	0,0694	0,7337	0,7810	0,8635	0,2082	0,8591	0,9205	0,7105	0,6772	0,1485
34		4	0,1853	0,1213	0,4338	0,8264	0,2752	0,4387	0,4805	0,6210	0,7555	0,2471
35		5	0,2280	0,6614	0,4277	0,1575	0,8425	0,5455	0,9996	0,3092	0,4187	0,6985
36	Εργασία	1	0,6508	0,3186	0,2081	0,8905	0,3415	0,3368	0,9233	0,1754	0,5107	0,8195
37		2	0,3937	0,7434	0,4131	0,5663	0,7577	0,6975	0,0698	0,4086	0,1240	0,6661
38		3	0,6355	0,4734	0,7607	0,3670	0,6478	0,2967	0,9169	0,7234	0,8466	0,4678
39		4	0,5525	0,2959	0,6359	0,6626	0,7794	0,3883	0,4483	0,9787	0,4945	0,6523
40		5	0,6215	0,6111	0,2159	0,2920	0,0073	0,5948	0,7044	0,6549	0,6256	0,9672

Σχήμα 7.2 Τιμές τυχαίων μεταβλητών των 10 πρώτων επαναλήψεων

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
41												
42		Πραγματικές τιμές σε ευρώ των μεταβλητών, σε αντιστοιχία με τους τυχαία παραγόμενους αριθμούς										
43		Έτος	Επανάληψη ->									
44			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
45	Πωλήσεις	1	112	127	87	123	132	129,26	120,91	157,16	113,70	93,96
46		2	142	103	132	113	137	124,76	122,14	110,05	140,62	146,50
47		3	133	114	88	114	108	93,84	137,20	131,04	159,48	102,40
48		4	93	110	138	98	113	119,05	151,44	127,78	130,61	119,99
49		5	121	129	123	136	129	156,80	108,60	135,55	118,65	120,57
50	Τιμή	1	777	593	665	634	838	695,33	722,36	710,12	736,64	884,55
51		2	812	739	636	775	863	770,58	583,77	683,61	576,46	697,23
52		3	836	757	663	813	839	634,57	769,40	731,02	690,27	725,45
53		4	721	644	655	765	695	769,33	703,67	904,97	902,74	848,38
54		5	733	759	763	661	616	683,81	679,41	725,52	750,48	786,44
55	Πρώτες ύλες	1	232	218	96	206	236	96,56	100,05	214,88	102,06	101,96
56		2	232	236	99	109	218	105,80	101,90	224,39	237,31	234,85
57		3	217	95	97	102	229	101,61	106,19	93,64	92,17	224,37
58		4	227	222	242	100	233	241,89	243,84	249,84	95,78	231,44
59		5	230	91	241	225	101	246,71	119,02	235,17	240,93	93,10
60	Εργασία	1	120	114	111	64	114	114,22	65,20	110,26	117,50	62,64
61		2	115	61	116	118	61	60,47	106,47	115,66	108,62	119,99
62		3	120	117	62	115	120	113,34	65,01	60,89	63,22	116,75
63		4	118	113	120	120	62	115,26	116,40	67,47	117,22	119,78
64		5	119	119	111	113	102	118,89	60,58	119,82	119,37	66,86

Σχήμα 7.3 Αντίστοιχες πραγματικές τιμές μεταβλητών των 10 πρώτων επαναλήψεων

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
65												
66		Καθαρές Ταμειακές ροές										
67		Έτος	Επανάληψη ->									
68			1	2	3	4	5	6	7	8	9	
69		0	- 40.000 €	- 40.000 €	- 40.000 €	- 40.000 €	- 40.000 €	- 40.000 €	- 40.000 €	- 40.000 €	- 40.000 €	- 40.000 €
70		1	36.441 €	20.463 €	31.326 €	32.430 €	50.990 €	49.708 €	55.270 €	44.789 €	47.422 €	
71		2	51.717 €	35.202 €	42.441 €	50.486 €	66.290 €	62.918 €	33.636 €	26.804 €	18.355 €	
72		3	53.272 €	50.802 €	35.675 €	56.743 €	42.154 €	29.994 €	68.353 €	62.439 €	69.357 €	
73		4	25.698 €	22.856 €	26.731 €	43.472 €	33.802 €	37.164 €	36.865 €	62.313 €	77.025 €	
74		5	34.289 €	57.712 €	38.148 €	30.275 €	40.577 €	34.214 €	43.420 €	36.672 €	34.429 €	
75		ΚΠΑ	126.767 €	109.926 €	103.059 €	135.474 €	154.683 €	138.641 €	155.912 €	149.925 €	160.277 €	

Σχήμα 7.4 Υπολογισμός ΚΠΑ των 10 πρώτων επαναλήψεων

28	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΑΜΕΙΑΚΩΝ ΡΟΩΝ											
29												
30	Έτος	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
31	Ροές κεφαλαίου											
32	Αρχική κεφαλαιουχική δαπάνη	10.200.000 €										
33	Υπολειμματική αξία	2.500.000										
34												
35												
36	<b>Έσοδα έργου</b>											
37	Αριθμός επιβατών		140000	142000	144000	146000	148000	150000	152000	154000	156000	158000
38	Έσοδα εισιτηρίων		5.600.000 €	5.680.000 €	5.760.000 €	5.840.000 €	5.920.000 €	6.000.000 €	6.080.000 €	6.160.000 €	6.240.000 €	6.320.000 €
39	+ έσοδα ταχυδρομείου		200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €
40	= Συνολικά έσοδα		5.800.000 €	5.880.000 €	5.960.000 €	6.040.000 €	6.120.000 €	6.200.000 €	6.280.000 €	6.360.000 €	6.440.000 €	6.520.000 €
41												
42	<b>Λειτουργικά κόστη</b>											
43	Συντήρηση πλοίου		700.000 €	700.000 €	700.000 €	700.000 €	700.000 €	700.000 €	700.000 €	700.000 €	700.000 €	700.000 €
44	+ Κόστος προσωπικού		200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €
45	+ Κόστος καυσίμων		592.000 €	598.000 €	600.000 €	604.000 €	608.000 €	612.000 €	616.000 €	620.000 €	624.000 €	628.000 €
46	+ Διεκπεραιωτικά έξοδα		2.100.000 €	2.130.000 €	2.160.000 €	2.190.000 €	2.220.000 €	2.250.000 €	2.280.000 €	2.310.000 €	2.340.000 €	2.370.000 €
47	+Κόστος διαφήμισης		- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
48	= Συνολικό κόστος		3.592.000 €	3.628.000 €	3.660.000 €	3.694.000 €	3.728.000 €	3.762.000 €	3.796.000 €	3.830.000 €	3.864.000 €	3.898.000 €
49												
50	<b>Υπολογισμός φόρου</b>											
51	Καθαρά λειτουργικά έσοδα		2.208.000 €	2.254.000 €	2.300.000 €	2.346.000 €	2.392.000 €	2.438.000 €	2.484.000 €	2.530.000 €	2.576.000 €	2.622.000 €
52	-Απόσβεση		1.020.000 €	1.020.000 €	1.020.000 €	1.020.000 €	1.020.000 €	1.020.000 €	1.020.000 €	1.020.000 €	1.020.000 €	1.020.000 €
53	= Φορολογητέο εισόδημα		1.188.000 €	1.234.000 €	1.280.000 €	1.326.000 €	1.372.000 €	1.418.000 €	1.464.000 €	1.510.000 €	1.556.000 €	1.602.000 €
54	+ Φορολογική ρύθμιση υπολειμματικής αξίας											
55	= Συνολικό φορολογητέο εισόδημα		1.188.000 €	1.234.000 €	1.280.000 €	1.326.000 €	1.372.000 €	1.418.000 €	1.464.000 €	1.510.000 €	1.556.000 €	1.602.000 €
56	Φόρος		366.400 €	370.200 €	384.000 €	397.800 €	411.600 €	425.400 €	439.200 €	453.000 €	466.800 €	480.600 €
57												
58	Καθαρές ταμειακές ροές	10.200.000 €	1.851.600 €	1.883.800 €	1.916.000 €	1.948.200 €	1.980.400 €	2.012.600 €	2.044.800 €	2.077.000 €	2.109.200 €	2.141.400 €
59												
60	<b>ΚΠΑ =</b>	<b>3.080.841 €</b>										

Σχήμα 7.5 Υπολογισμός ΚΠΑ απλού μοντέλου

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Workbook 9.3 - Ταξίδι - Deterministic Simulation Experiment								
2									
3									
4									
5	MODEL PARAMETERS AND CONSTRAINTS								
6									
7	Κόστος πλοίου				10.000.000 €				
8	Επέκταση λιμανιού				200.000 €				
9	Χωρητικότητα				1000				
10	Αριθμός δρομολογίων				208				
11	Αρχικός αριθμός επιβατών				140.000				
12	Ετήσια αύξηση επιβατών				2000				
13	Έσοδα από ταχυδρομικές υπηρεσίες				200.000 €				
14	Ετήσιο κόστος συντήρησης				7%				
15	Κόστος προσωπικού				200.000 €				
16	Σταθερό κόστος καυσίμων				1.500 €				
17	Κόστος καυσίμων ανά επιβατή				2 €				
18	Έξοδα διεκπεραίωσης ανά επιβατή				15 €				
19	Τιμή εισιτηρίου				40 €				
20	Φορολογικός συντελεστής				30%				
21	Υπολειμματική αξία μετά από 10 έτη				2.500.000 €				
22	Προεξοφλητικό επιτόκιο				8%				
23	Διαφημιστικά έξοδα				6.000 €		Linear advert. Coeff.		800
24	Έκπτωση εισιτηρίου				2 €		Quad. Advert. Coeff		-1,4
25							Linear price coeff.		15000
26									
27									

Σχήμα 7.6 Παράμετροι ντετερμινιστικού μοντέλου



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
28	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΑΜΕΙΑΚΩΝ ΡΟΩΝ											
29												
30	Έτος	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
31												
32	Ροές κεφαλαίου											
33	Αρχική κεφαλαιουχική δαπάνη	10.200.000 €										
34	Υπολειμματική αξία											
35												
36	<b>Έσοδα έργου</b>											
37	Αριθμός επιβατών	169.750	161.750	163.750	165.750	167.750	169.750	171.750	173.750	175.750	177.750	
38	Έσοδα εισιτηρίων	6.070.485 €	6.146.485 €	6.222.485 €	6.298.485 €	6.374.485 €	6.450.485 €	6.526.485 €	6.602.485 €	6.678.485 €	6.754.485 €	
39	+ έσοδα ταχυδρομείου	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	
40	= Συνολικά έσοδα	6.270.485 €	6.346.485 €	6.422.485 €	6.498.485 €	6.574.485 €	6.650.485 €	6.726.485 €	6.802.485 €	6.878.485 €	6.954.485 €	
41												
42	<b>Λειτουργικά κόστη</b>											
43	Συντήρηση πλοίου	700.000 €	700.000 €	700.000 €	700.000 €	700.000 €	700.000 €	700.000 €	700.000 €	700.000 €	700.000 €	
44	+ Κόστος προσωπικού	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	
45	+ Κόστος καυσίμων	631.499 €	635.499 €	639.499 €	643.499 €	647.499 €	651.499 €	655.499 €	659.499 €	663.499 €	667.499 €	
46	+ Διεκπεραιωτικά έξοδα	2.396.244 €	2.426.244 €	2.456.244 €	2.486.244 €	2.516.244 €	2.546.244 €	2.576.244 €	2.606.244 €	2.636.244 €	2.666.244 €	
47	+Κόστος διαφήμισης	6.000 €	6.000 €	6.000 €	6.000 €	6.000 €	6.000 €	6.000 €	6.000 €	6.000 €	6.000 €	
48	= Συνολικά κόστος	3.933.743 €	3.967.743 €	4.001.743 €	4.035.743 €	4.069.743 €	4.103.743 €	4.137.743 €	4.171.743 €	4.205.743 €	4.239.743 €	
49												
50	<b>Υπολογισμός φόρου</b>											
51	Καθαρά λειτουργικά έσοδα	2.336.742 €	2.378.742 €	2.420.742 €	2.462.742 €	2.504.742 €	2.546.742 €	2.588.742 €	2.630.742 €	2.672.742 €	2.714.742 €	
52	-Απόσβεση	1.020.000 €	1.020.000 €	1.020.000 €	1.020.000 €	1.020.000 €	1.020.000 €	1.020.000 €	1.020.000 €	1.020.000 €	1.020.000 €	
53	= Φορολογητέο εισόδημα	1.316.742 €	1.358.742 €	1.400.742 €	1.442.742 €	1.484.742 €	1.526.742 €	1.568.742 €	1.610.742 €	1.652.742 €	1.694.742 €	
54	= Φορολογική ρυθμίση υπολειμματικής αξίας											0 €
55	= Συνολικό φορολογητέο εισόδημα	1.316.742 €	1.358.742 €	1.400.742 €	1.442.742 €	1.484.742 €	1.526.742 €	1.568.742 €	1.610.742 €	1.652.742 €	1.694.742 €	
56	Φόρος	395.022 €	407.622 €	420.222 €	432.822 €	445.422 €	458.022 €	470.622 €	483.222 €	495.822 €	508.423 €	
57												
58	Καθαρές ταμειακές ροές	10.200.000 €	1.941.719 €	1.971.119 €	2.000.519 €	2.029.919 €	2.059.319 €	2.088.719 €	2.118.119 €	2.147.519 €	2.176.919 €	2.206.319 €
59												
60	ΚΠΑ =	3.592.812 €										
61	ΚΠΑ (€) =	3,59										

Σχήμα 7.7 Προσομοίωση ντετερμινιστικού μοντέλου

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
1	ΔΕΛΦΙΝΙ Α.Ε. - Stochastic Simulation									
2										
3										
4										
5	MODEL PARAMETERS AND CONSTRAINTS									
6										
7	Κόστος πλοίου				10.000.000 €					
8	Επέκταση λιμανιού				200.000 €					
9	Χωρητικότητα				1000					
10	Αριθμός δρομολογίων				208					
11	Αρχικός αριθμός επιβατών				140.000					
12	Ετήσια αύξηση επιβατών				2000					
13	Έσοδα από ταχυδρομικές υπηρεσίες				200.000 €					
14	Ετήσιο κόστος συντήρησης				7%					
15	Κόστος προσωπικού				200.000 €					
16	Σταθερό κόστος καυσίμων				1.500 €					
17	Κόστος καυσίμων ανά επιβατή				2 €					
18	Έξοδα διεκπεραίωσης ανά επιβάτη				15 €					
19	Τιμή εισιτηρίου				40 €					
20	Φορολογικός συντελεστής				30%					
21	Υπολειμματική αξία μετά από 10 έτη				2.500.000 €		Linear advertising coeff.		800	
22	Προεξοφλητικό επιτόκιο				8%		Quadratic advertising coeff.		-1,4	
23	Διαφημιστικά έξοδα				6.000 €		Linear price coeff.		15000	
24	Έκπτωση εισιτηρίου				2 €		Standard deviation		5000	

Σχήμα 7.8 Παράμετροι στοχαστικού μοντέλου

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
41	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΑΜΕΙΑΚΩΝ ΡΟΩΝ											
42												
43	Έτος	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
44												
45	Ροές κεφαλαίου											
46	Αρχική κεφαλαιουχική	10.200.000 €										
47	Υπολειμματική αξία											2.500.000 €
48												
49	<b>Έσοδα έργου</b>											
50	Αριθμός επιβατών	155.207	166.533	171.439	157.892	167.931	162.554	170.343	172.771	176.555	175.731	
51	Έσοδα εισιτηρίων	5.897.851 €	6.328.239 €	6.514.667 €	5.999.881 €	6.381.363 €	6.177.037 €	6.473.019 €	6.565.283 €	6.709.075 €	6.677.763 €	
52	+ έσοδα ταχυδρομείου	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	
53	= Συνολικά έσοδα	6.097.851 €	6.528.239 €	6.714.667 €	6.199.881 €	6.581.363 €	6.377.037 €	6.673.019 €	6.765.283 €	6.909.075 €	6.877.763 €	
54												
55	<b>Λειτουργικά κόστη</b>											
56	Συντήρηση πλοίου	700.000 €	700.000 €	700.000 €	700.000 €	700.000 €	700.000 €	700.000 €	700.000 €	700.000 €	700.000 €	
57	+ Κόστος προσωπικού	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	200.000 €	
58	+ Κόστος καυσίμων	622.413 €	645.085 €	654.877 €	627.783 €	647.861 €	637.107 €	652.685 €	657.541 €	665.109 €	663.461 €	
59	+ Διεκπαιρωτικά έξοδα	2.328.099 €	2.497.989 €	2.571.579 €	2.368.374 €	2.518.959 €	2.438.304 €	2.555.139 €	2.591.559 €	2.648.319 €	2.635.959 €	
60	+Κόστος διαφήμισης	6.000 €	6.000 €	6.000 €	6.000 €	6.000 €	6.000 €	6.000 €	6.000 €	6.000 €	6.000 €	
61	= Συνολικό κόστος	3.856.512 €	4.049.054 €	4.132.456 €	3.902.157 €	4.072.820 €	3.981.411 €	4.113.824 €	4.155.100 €	4.219.428 €	4.205.420 €	
62												
63	<b>Υπολογισμός φόρου</b>											
64	Καθαρά λειτουργικά έσοδα	2.241.339 €	2.479.185 €	2.582.211 €	2.297.724 €	2.508.543 €	2.395.626 €	2.559.195 €	2.610.183 €	2.689.647 €	2.672.343 €	
65	-Απόσβεση	1.020.000 €	1.020.000 €	1.020.000 €	1.020.000 €	1.020.000 €	1.020.000 €	1.020.000 €	1.020.000 €	1.020.000 €	1.020.000 €	
66	= Φορολογητέο εισόδημα	1.221.339 €	1.459.185 €	1.562.211 €	1.277.724 €	1.488.543 €	1.375.626 €	1.539.195 €	1.590.183 €	1.669.647 €	1.652.343 €	
67	+ Φορολογική ρύθμιση υπολειμματικής αξίας											2.500.000 €
68	= Συνολικό φορολογητέο εισόδημα	1.221.339 €	1.459.185 €	1.562.211 €	1.277.724 €	1.488.543 €	1.375.626 €	1.539.195 €	1.590.183 €	1.669.647 €	1.652.343 €	
69	Φόρος	366.402 €	437.755 €	468.663 €	383.317 €	446.563 €	412.688 €	461.758 €	477.055 €	500.894 €	500.894 €	
70												
71	Καθαρές ταμειακές ροές	10.200.000 €	1.874.937 €	2.041.429 €	2.113.547 €	1.914.407 €	2.061.980 €	1.982.938 €	2.097.436 €	2.133.128 €	2.188.753 €	3.928.640 €
72												
73	ΚΠΑ =	4.314.145 €										
74	ΚΠΑ (€) =	4,31										

Σχήμα 7.9 Υπολογισμός ΚΠΑ βέλτιστης λύσης στοχαστικού μοντέλου