



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**  
**ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗ ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΗ**

**Κλινικές αποφάσεις για τη θεραπεία του καρκίνου του μαστού  
(Breast Cancer Treatment), μέσα από δεδομένα του Ηλεκτρονικού  
Ιατρικού Φακέλου: Μοντέλο αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας  
και της αποδοτικότητας σε επίπεδο Μονάδας υγείας.**

**Μιόβολος Σταύρος**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Υπεύθυνος**

**Γκουλιώνης Ιωάννης**

**Λαμία, 2011**

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**  
**ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗ ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΗ**

**Κλινικές αποφάσεις για τη θεραπεία του καρκίνου του μαστού  
(Breast Cancer Treatment), μέσα από δεδομένα του Ηλεκτρονικού  
Ιατρικού Φακέλου: Μοντέλο αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας  
και της αποδοτικότητας σε επίπεδο Μονάδας υγείας.**

**Μιόβολος Σταύρος**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Υπεύθυνος**

**Γκουλιώνης Ιωάννης**

**Λαμία, 2011**

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Κατ' αρχήν θέλω να εκφράσω ένα πολύ μεγάλο ευχαριστώ στον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Γκουλιώνη Ιωάννη για την υποστήριξη και τη βοήθεια που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της πτυχιακής μου εργασίας και πάνω απ' όλα για τη φιλική του διάθεση.

Να ευχαριστήσω επίσης τα μέλη της τριμελούς επιτροπής κ. Πλαγιανάκο Βασίλειο και κ. Μαγκλογιάννη Ηλία για το χρόνο που αφιέρωσαν για τη συγκεκριμένη εργασία.

Επίσης, ευχαριστώ θερμά τον κ. Βοζίκη Αθανάσιο λέκτορα του Πανεπιστημίου Πειραιώς, για το πολύτιμο υλικό, τις εύστοχες παρατηρήσεις του και τη βοήθεια που μου προσέφερε.

Ακόμη ένα μεγάλο ευχαριστώ στον κ. Κόντη καθώς επίσης και στο διοικητικό προσωπικό του Αντικαρκινικού – Ογκολογικού Νοσοκομείου Αθηνών «Ο Άγιος Σάββας» για την πολύτιμη βοήθειά τους, στην δυσκολία που αντιμετώπισα για την εύρεση δεδομένων που αφορούν το κόστος της θεραπείας του καρκίνου του μαστού.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για τη συμπαράσταση και την υποστήριξη που μου παρείχε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου, καθώς επίσης και όλους τους φίλους μου.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ</b> .....	6
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....	7
<b>ABSTRACT</b> .....	8
<b>ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ</b> .....	9
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	10
• Σκοπός εργασίας .....	10
• Διάρθρωση εργασίας.....	11
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Ο ΚΑΡΚΙΝΟΣ ΤΟΥ ΜΑΣΤΟΥ</b> .....	14
1.1 Γενικά.....	14
1.2 Η ανατομία του μαστού .....	15
1.3 Τύποι καρκίνων του μαστού .....	16
1.4 Τα στάδια του καρκίνου του μαστού .....	17
1.5 Παράγοντες κινδύνου για τον καρκίνο του μαστού .....	18
1.6 Ποιούς προσβάλλει η νόσος .....	18
1.7 Διάγνωση του καρκίνου του μαστού .....	19
1.8 Μέθοδοι θεραπείας .....	19
1.9 Θεραπευτικά πρωτόκολλα με βάση τα στάδια του καρκίνου.....	21
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΣ ΙΑΤΡΙΚΟΣ ΦΑΚΕΛΟΣ</b> .....	23
2.1 Γενικά.....	23
2.2 Ο όρος της ιατρικής πληροφορίας .....	23
2.3 Ιατρικός φάκελος βασισμένος σε χαρτί .....	24
2.4 Ορισμός Ηλεκτρονικού Ιατρικού Φακέλου .....	25
2.5 Τα χαρακτηριστικά του Ηλεκτρονικού Ιατρικού Φακέλου .....	26
2.6 Οφέλη της χρήσης του Ηλεκτρονικού Ιατρικού Φακέλου .....	27
2.7 Αποδοχή και χρήση του Ηλεκτρονικού Ιατρικού Φακέλου .....	28
2.8 Ο Ηλεκτρονικός Ιατρικός Φάκελος στην Ελλάδα .....	29
2.9 Πρότυπα και κωδικοποιήσεις ιατρικής πληροφορίας.....	30

2.9.1 Πρότυπα ανταλλαγής ιατρικών δεδομένων .....	31
2.9.2 Πρότυπα κωδικοποίησης για κλινικά δεδομένα .....	33
2.10 Παρουσίαση Ηλεκτρονικού Ιατρικού Φακέλου .....	34
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΤΗΣ ΥΓΕΙΑΣ .....</b>	<b>47</b>
3.1 Γενικά.....	47
3.2 Ανάλυση των αποφάσεων.....	47
3.2.1 Διαδικασία λήψης αποφάσεων .....	49
3.3 Ορισμός Συστήματος Υποστήριξης Αποφάσεων .....	49
3.3.1 Τα χαρακτηριστικά των Συστημάτων Υποστήριξης Αποφάσεων .....	51
3.3.2 Δομή των Συστημάτων Υποστήριξης Αποφάσεων .....	52
3.4 Συστήματα Υποστήριξης Κλινικών Αποφάσεων .....	54
3.5 Υποστήριξη Διάγνωσης – Θεραπείας.....	56
3.6 Επισκόπηση στα Συστήματα Υποστήριξης Κλινικών Αποφάσεων .....	58
3.7 Η επιτυχία των ΣΥΚΑ στην κλινική πρακτική.....	61
3.8 Συμπεράσματα .....	63
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΥΓΕΙΑΣ .....</b>	<b>64</b>
4.1 Γενικά.....	64
4.2 Αποτελεσματικότητα στο χώρο της υγείας.....	65
4.3 Μέθοδος αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας.....	65
4.4 Έλεγχος Κόστους – Αποτελεσματικότητας.....	67
4.5 Αποδοτικότητα στο χώρο της υγείας.....	68
4.6 Μέθοδοι αξιολόγησης της αποδοτικότητας.....	68
4.7 Οικονομική αξιολόγηση υπηρεσιών υγείας.....	69
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΤΟ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟ ΜΟΝΤΕΛΟ.....</b>	<b>72</b>
5.1 Γενικά.....	72
5.2 Μαρκοβιανά μοντέλα αποφάσεων.....	72
5.3 Μαρκοβιανές διαδικασίες αποφάσεων (MDP's).....	74
5.4 Περιγραφή του μοντέλου των MDP's .....	75
5.5 Εύρεση βέλτιστης πολιτικής.....	79
5.5.1 Αλγόριθμος εύρεσης βέλτιστης πολιτικής.....	80
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ .....</b>	<b>81</b>
• Δεδομένα.....	81

• Αποτελέσματα.....	86
• Συμπεράσματα .....	90
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ .....</b>	<b>91</b>
7.1 Μελλοντικές προεκτάσεις.....	92
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ .....</b>	<b>94</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ <i>Mathematica</i></b>	
<b>5.2.....</b>	<b>102</b>

# ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Προγράμματος Προπτυχιακών Σπουδών του τμήματος Πληροφορικής με εφαρμογές στη Βιοϊατρική, του Πανεπιστημίου Στερεάς Ελλάδας. Έπειτα από την ανακοίνωση των υποψήφιων θεμάτων για την εκπόνηση διπλωματικών εργασιών, εκδηλώθηκε άμεσα το ενδιαφέρον μου για την παρούσα εργασία. Θεώρησα ότι πρόκειται για ένα πρωτότυπο θέμα το οποίο αφορά στην αξιολόγηση των κλινικών αποφάσεων για τη θεραπεία του καρκίνου του μαστού, λαμβάνοντας υπόψη και το κόστος θεραπείας της ασθένειας. Έτσι λοιπόν ανέλαβα την εκπόνηση της συγκεκριμένης εργασίας, σε συνεργασία με τον κ. Γκουλιώνη.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο καρκίνος του μαστού είναι μία από τις συχνότερες ασθένειες που προσβάλλουν έναν μεγάλο αριθμό γυναικών. Η αντιμετώπισή του απαιτεί συνδυασμό διαφόρων θεραπευτικών μεθόδων ανάλογα με το στάδιο εξάπλωσης της ασθένειας. Στην αποτελεσματική αντιμετώπιση του καρκίνου του μαστού συμβάλλει ο Ηλεκτρονικός Ιατρικός Φάκελος (ΗΙΦ), μειώνοντας τα ιατρικά λάθη και παράλληλα το κόστος θεραπείας της ασθένειας. Στη συγκεκριμένη εργασία προτείνουμε ένα μοντέλο Μαρκοβιανών διαδικασιών απόφασης (Markov Decision Processes), που λειτουργεί σαν ένα υποστηρικτικό εργαλείο στη διαχείριση των ασθενών με καρκίνο του μαστού. Το συγκεκριμένο στοχαστικό μοντέλο, δέχεται δεδομένα από τον ΗΙΦ (πιθανότητες μετάβασης στα διάφορα στάδια της ασθένειας και κόστη θεραπείας) και μας παρουσιάζει τις βέλτιστες αποφάσεις (θεραπευτικές μεθόδους), από άποψη κόστους-αποτελεσματικότητας, για την αντιμετώπιση του καρκίνου του μαστού.

**Λέξεις Κλειδιά:** Ηλεκτρονικός Ιατρικός Φάκελος, Μαρκοβιανές διαδικασίες αποφάσεων (Markov Decision Processes), Στοχαστικό μοντέλο, Κόστος-Αποτελεσματικότητα.



## **ABSTRACT**

Breast cancer is one of the most common diseases affecting a large number of women. Its treatment requires a combination of different therapies for the different stages of the disease spreading. Electronic Medical Record helps for the effective treatment of the disease by reducing medical errors and treatment costs. In this paper we propose a model of Markov Decision Processes, as a supportive tool for the management of patients with breast cancer. This stochastic model uses data from the Electronic Medical Record (transition probabilities at the various stages of the disease and treatment costs) and shows us the most cost-effective decisions (treatment methods) for the treatment of breast cancer.

**Key Words:** Electronic Medical Record, Markov Decision Processes, Stochastic model, Cost-Effective.

# ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

ΗΙΦ: Ηλεκτρονικός Ιατρικός Φάκελος

ΣΥΑ: Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων

ΣΥΚΑ: Συστήματα Υποστήριξης Κλινικών Αποφάσεων

ΤΕΔ: Τυχαιοποιημένες Ελεγχόμενες Δοκιμές

DBMS: Data Base Management System

DCIS: Ductal Carcinoma in Situ

DEA: Data Envelopment Analysis

DGMS: Dialog Generation Management System

DICOM: Digital Imaging and Communications in Medicine

HL7: Health Level seven

ICD: International Classification of Diseases

IDC: Invasive Ductal Carcinoma

ILC: Invasive Lobular Carcinoma

LCIS: Lobular Carcinoma in Situ

MBMS: Model Base Management System

MDP: Markov Decision Process

QUALY's: Quality Adjusted Life Years

SNOMED: Systematized Nomenclature of Human & Veterinary Medicine

# ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο καρκίνος του μαστού είναι μια κακοήθης νεοπλασματική νόσος, η οποία μπορεί να προσβάλλει τον έναν ή και τους δύο μαστούς. Κάθε είδος καρκίνου έτσι και αυτό, εμφανίζεται λόγω κάποιας γενετικής ανωμαλίας στα κύτταρα του σώματος. Το συγκεκριμένο είδος καρκίνου είναι το συχνότερο στο σύνολο των γυναικών σε όλο τον κόσμο. Η έλλειψη έγκαιρης πρόσβασης σε ιατρικές πληροφορίες, σωστής και γρήγορης διάγνωσης, καθώς επίσης και άμεσης αντιμετώπισης του προβλήματος, μπορεί να καθυστερήσει τη θεραπεία και πολλές φορές να στερήσει τη ζωή ενός ανθρώπου. Η προσπάθεια να αποκατασταθούν οποιαδήποτε από αυτά τα ζητήματα, θα ελαχιστοποιήσει τη χρονική καθυστέρηση μεταξύ της παρατήρησης και της θεραπείας του καρκίνου του μαστού. Συμβάλλοντας έτσι στην μείωση του χρόνου της διάγνωσης και της θεραπείας της νόσου, καθώς επίσης και στην ελαχιστοποίηση του κόστους θεραπείας.

- **Σκοπός εργασίας**

Στα πλαίσια αυτής της εργασίας, αναπτύσσεται ένα υποστηρικτικό εργαλείο για την λήψη κλινικών αποφάσεων, με στόχο την θεραπεία του καρκίνου του μαστού. Έτσι ώστε οι αποφάσεις αυτές (η χαραχθείσα πολιτική θεραπείας), να ελαχιστοποιούν το ολικό αναμενόμενο αποπληθωρισμένο κόστος θεραπείας της νόσου σε άπειρο χρονικό ορίζοντα.

Σκοπός της παρούσας εργασίας, είναι η δημιουργία ενός μαθηματικού μοντέλου απόφασης, για την θεραπεία των ασθενών με καρκίνο του μαστού. Για την εφαρμογή αυτού του μοντέλου αντλούμε δεδομένα (πιθανότητες μετάβασης του ασθενούς από το ένα στάδιο του καρκίνου σε κάποιο άλλο και κόστος θεραπευτικών μεθόδων) από τον Ηλεκτρονικό Ιατρικό Φάκελο (ΗΙΦ) ή από προηγούμενες κλινικές έρευνες. Βασικό κριτήριο για την χάραξη της κατάλληλης πολιτικής θεραπείας είναι το κριτήριο του ολικού αναμενόμενου αποπληθωρισμένου κόστους.

Ο ιατρός με βάση τον ΗΙΦ του ασθενούς, την πείρα του και με βάση κάποια υπάρχοντα ιατρικά πρωτόκολλα απόφασης, μπορεί να χαράξει τη δική του πολιτική θεραπείας της νόσου.

Το μαθηματικό μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τον ιατρό σαν ένα υποστηρικτικό εργαλείο στην λήψη απόφασης και επομένως στην χάραξη της κατάλληλης πολιτικής θεραπείας, για τις καταστάσεις όπου ο θεράπων ιατρός προβληματίζεται για την λήψη κάποιας απόφασης. Το συγκεκριμένο μαθηματικό μοντέλο, δίνει μία καρικατούρα της πραγματικότητας, χωρίς να θέτει σε κίνδυνο την υγεία των ασθενών και μπορεί να χρησιμοποιηθεί παράλληλα με τα ιατρικά πρωτόκολλα απόφασης που βασίζονται σε κλινικές έρευνες, λειτουργώντας υποστηρικτικά.

- **Διάρθρωση εργασίας**

Η παρούσα πτυχιακή εργασία απαρτίζεται από τα επόμενα κεφάλαια:

Στο **Κεφάλαιο 1** γίνεται αναφορά στον καρκίνο του μαστού, τη νόσο που προσβάλλει ένα μεγάλο αριθμό γυναικών όχι μόνο στην χώρα μας αλλά και σε ολόκληρο τον πλανήτη. Συγκεκριμένα αναφέρονται οι διάφοροι τύποι καρκίνων του μαστού, τα στάδια εξέλιξης της ασθένειας και οι διάφοροι παράγοντες κινδύνου που συμβάλλουν στην εμφάνιση της συγκεκριμένης νόσου. Επίσης αναφέρονται οι ομάδες των ατόμων που προσβάλλει η νόσος, ο τρόπος διάγνωσής της, οι δυνατές θεραπευτικές μέθοδοι και τέλος τα συνηθέστερα θεραπευτικά πρωτόκολλα για την θεραπεία της, ανάλογα με το στάδιο εξάπλωσής της.

Στο **Κεφάλαιο 2** πραγματοποιείται ανασκόπηση και παρουσίαση του ΗΙΦ του ασθενούς, που είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για την υποστήριξη ιατρικών αποφάσεων. Στον ΗΙΦ είναι συγκεντρωμένες όλες οι πληροφορίες των ασθενών (δημογραφικά στοιχεία, διαγνώσεις, θεραπείες, ιστορικό κ.τ.λ.) προσφέροντας στους θεράποντες ιατρούς έγκαιρη πρόσβαση στα δεδομένα των ασθενών τους, ώστε να έχουν πλήρη εικόνα της κατάστασης της υγείας τους. Αυτό συντελεί στην σωστή λήψη της απόφασης με βάση κατάλληλα ιατρικά πρωτόκολλα που βασίζονται σε προηγούμενες κλινικές έρευνες. Γίνεται αναφορά στον ιατρικό φάκελο βασισμένο στο χαρτί, που χρησιμοποιούνταν στο παρελθόν, αλλά εν μέρει ακόμη και σήμερα. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά του ΗΙΦ, τα οφέλη της χρήσης του, η αποδοχή

του από τους επαγγελματίες υγείας, καθώς και ο βαθμός εφαρμογής του στη χώρα μας. Τέλος αναφέρονται ορισμένα πρότυπα επικοινωνίας και κωδικοποιήσεις που απαιτεί η χρήση του ΗΙΦ και παρουσιάζεται μια δοκιμαστική έκδοση ενός λογισμικού που υποστηρίζει υπηρεσίες ΗΙΦ.

Το **Κεφάλαιο 3** αναφέρεται στην λήψη αποφάσεων στο χώρο της υγείας. Γίνεται γενική αναφορά στην ανάλυση των αποφάσεων και στη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Έπειτα ακολουθεί ο ορισμός των Συστημάτων Υποστήριξης Αποφάσεων (ΣΥΑ), τα χαρακτηριστικά τους και η δομή ενός ΣΥΑ. Ακολουθεί η αναφορά στα Συστήματα Υποστήριξης Κλινικών Αποφάσεων (ΣΥΚΑ) και στην διαδικασία της υποστήριξης του κύκλου Διάγνωσης – Θεραπείας. Τέλος γίνεται επισκόπηση στα ΣΥΚΑ και παρουσιάζονται κάποιες επιτυχημένες εφαρμογές τους στην κλινική πρακτική.

Στο **Κεφάλαιο 4** αναλύονται οι έννοιες της αποτελεσματικότητας στο χώρο της υγείας και η συνηθέστερη μέθοδος αξιολόγησής της, καθώς και η έννοια της αποδοτικότητας και οι μέθοδοι αξιολόγησής της σε επίπεδο συστήματος υγείας. Επίσης γίνεται αναφορά στην οικονομική αξιολόγηση των υπηρεσιών υγείας και στην ανάλυση κόστους-αποτελεσματικότητας, που είναι μία από τις κυριότερες μεθόδους οικονομικής αξιολόγησης διαφόρων θεραπευτικών μεθόδων, για την αντιμετώπιση ασθενειών.

Στο **Κεφάλαιο 5** παρουσιάζεται το προτεινόμενο μοντέλο των Μαρκοβιανών διαδικασιών απόφασης (Markov Decision Processes-MDP's) που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διαχείριση των ασθενών με καρκίνο του μαστού. Μετά από μία σύντομη αναφορά γενικά στα Μαρκοβιανά μοντέλα και στη μοντελοποίηση των αποφάσεων, παρουσιάζονται οι βασικές αρχές του προτεινόμενου μοντέλου και ο αλγόριθμος που χρησιμοποιείται για την εύρεση της βέλτιστης πολιτικής θεραπείας του καρκίνου του μαστού, που θα ελαχιστοποιεί το ολικό αναμενόμενο αποπληθωρισμένο κόστος θεραπείας της ασθένειας, σε άπειρο χρονικό ορίζοντα.

Στο **Κεφάλαιο 6** παρουσιάζεται η προσομοίωση της λειτουργίας του προτεινόμενου μοντέλου και τα αποτελέσματα που προέκυψαν με βάση τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν.

Το **Κεφάλαιο 7** αποτελεί το κεφάλαιο των γενικών συμπερασμάτων της εργασίας και της συζήτησης. Συγκρίνεται η βέλτιστη πολιτική αντιμετώπισης του

καρκίνου του μαστού που προέκυψε από την προσομοίωση της λειτουργίας του μοντέλου, με την πολιτική ενός από τα ποιά συνηθισμένα ιατρικά πρωτόκολλα αντιμετώπισης του καρκίνου του μαστού. Τέλος δίνονται κάποιες μελλοντικές προεκτάσεις της παρούσας εργασίας.

Στο **Παράρτημα Α** παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα της προσομοίωσης της λειτουργίας του μοντέλου, όπως προέκυψαν από τη χρήση του *Mathematica 5.2* και εξηγείται βήμα-βήμα η μεθοδολογία που ακολουθείται για την εύρεση της βέλτιστης πολιτικής.

Ελπίζουμε η παρούσα εργασία να αποτελέσει στο μέλλον ένα εφαρμόσιμο και χρήσιμο εργαλείο για την αξιολόγηση των αποφάσεων, για τη θεραπεία του καρκίνου του μαστού καθώς επίσης και άλλων ασθενειών.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Ο ΚΑΡΚΙΝΟΣ ΤΟΥ ΜΑΣΤΟΥ

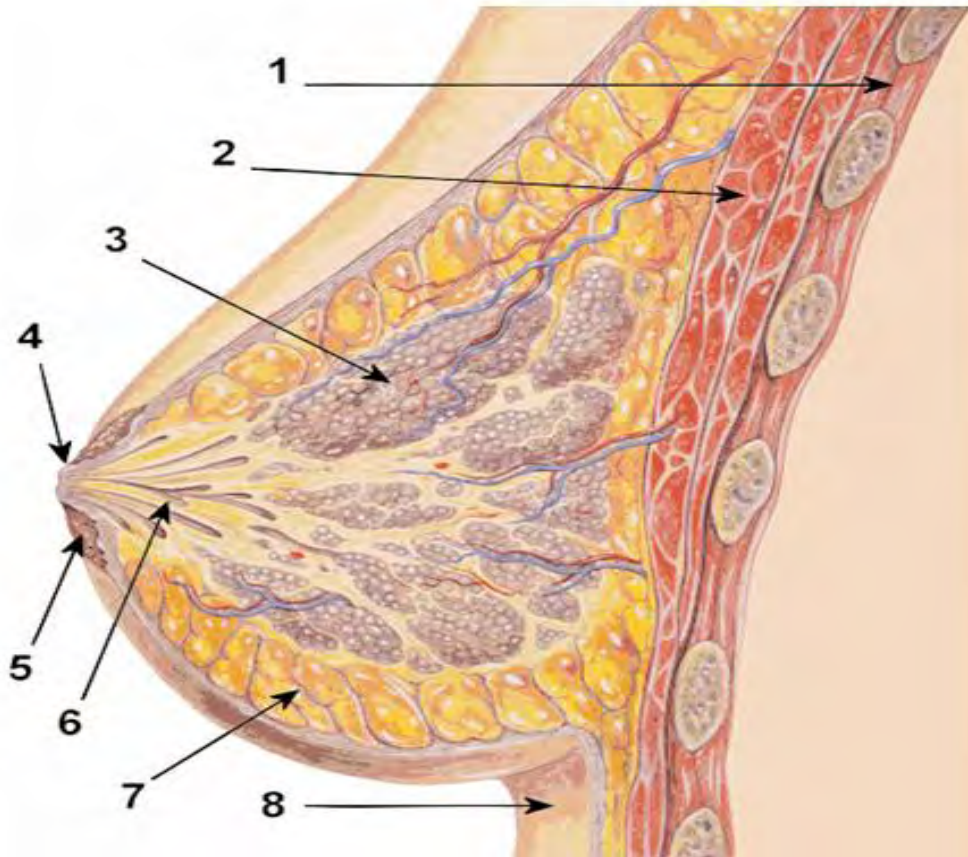
## 1.1 Γενικά

Ο καρκίνος του μαστού είναι η συχνότερη μορφή καρκίνου που προσβάλλει τις γυναίκες, στις χώρες του δυτικού κόσμου. Προσβάλλει περίπου μία στις δέκα γυναίκες, στις υγειονομικά αναπτυγμένες χώρες. Η επίπτωση της νόσου αυξάνει με την ηλικία. Ο καρκίνος του μαστού εμφανίζεται συνήθως σε γυναίκες ηλικίας άνω των 40 ετών. Αν και ο καρκίνος του μαστού συναντάται συχνότερα στις γυναίκες, μπορεί να προσβάλλει και τους άνδρες. Ο καρκίνος του μαστού των ανδρών έχει πολύ χαμηλή επίπτωση, είναι περίπου 100 φορές σπανιότερος από τον καρκίνο του μαστού των γυναικών [1].

Το ανθρώπινο σώμα αποτελείται από πολλές αυτόνομες μονάδες, τα κύτταρα. Υπό φυσιολογικές συνθήκες τα περισσότερα κύτταρα διαιρούνται, παράγοντας τον απαραίτητο αριθμό νέων κυττάρων για τις ανάγκες του κάθε οργανισμού. Ωστόσο μερικές φορές λόγω λανθασμένων μηνυμάτων ή λόγω σφάλματος στο DNA, τα κύτταρα διαιρούνται ανεξέλεγκτα, δημιουργώντας έτσι έναν όγκο. Υπάρχουν δύο τύποι όγκων, οι καλοήθεις και οι κακοήθεις όγκοι. Οι καλοήθεις όγκοι είναι μία μάζα από ανενεργά κύτταρα που παραμένει μέσα στον ιστό από τον οποίο προήλθαν και επομένως δεν συνιστούν καρκίνο. Αντίθετα οι κακοήθεις όγκοι εξαπλώνονται και προκαλούν βλάβες και σε άλλους ιστούς, επομένως συνιστούν καρκίνο.

Αν δεν πραγματοποιηθεί έγκαιρα η θεραπεία, τα καρκινικά κύτταρα μπορούν να εξαπλωθούν και να προσβάλλουν διάφορα άλλα όργανα του σώματος, όπως το ήπαρ, τα οστά και τους πνεύμονες. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό ως μετάσταση. Ο καρκίνος του μαστού μπορεί να μετατραπεί από έναν μικροσκοπικό όγκο, σε έναν μεγαλύτερο. Όταν ο όγκος είναι ακόμη μικρός τα καρκινικά κύτταρα μπορούν να εισέλθουν στο αίμα και στο λεμφικό σύστημα, το οποίο συμβάλει στην καταπολέμηση των ασθενειών και των λοιμώξεων. Κάθε καρκίνος του μαστού έχει τα δικά του χαρακτηριστικά. Συγκεκριμένα, διάφοροι τύποι καρκίνου αναπτύσσονται αργά, ενώ άλλοι είναι πολύ πιο επιθετικοί [2],[3].

## 1.2 Η ανατομία του μαστού



**Εικόνα 1.1:** Ανατομία του Μαστού [4]

- 1: Θωρακικό τοίχωμα
- 2: Θωρακικοί μύες
- 3: Λοβία
- 4: Θηλή
- 5: Θηλαία άλως
- 6: Γαλακτοφόροι πόροι
- 7: Περιμαστικό λίπος
- 8: Δέρμα

Ο μαστός αποτελεί μία λιπώδη πτυχή του δέρματος στο μπροστινό μέρος του θωρακικού τοιχώματος. Η θηλή είναι μία προεξοχή που αυξάνεται σε μέγεθος κατά



την περίοδο του θηλασμού. Εμφανίζει κάποιες ρωγμές, στον πυθμένα των οποίων εκβάλλουν οι γαλακτοφόροι πόροι του μαστού.

Η θηλαία άλω περιβάλλει τη θηλή και έχει ρυτιδωμένη επιφάνεια. Μεταξύ των ρυτίδων παρατηρούνται μικρά επέρματα. Τα μεγαλύτερα από αυτά αποτελούν οσμηγόνους αδένες και μεγεθύνονται ακόμα περισσότερο κατά την κύηση, ενώ τα μικρότερα αποτελούν σμηγματογόνους αδένες.

Ο μαστός περιβάλλεται από ινώδη κάψα και το εσωτερικό του αποτελείται από τα λοβία που παράγουν το γάλα. Από κάθε ένα από τα λοβία ξεκινάει γαλακτοφόρος πόρος που εκβάλλει στη θηλή.

Το περιμαστικό λίπος σχηματίζει ένα λιπώδες στρώμα που περιβάλλει όλο το μαστό εκτός από τη θηλή και τη θηλαία άλω [5].

### 1.3 Τύποι καρκίνων του μαστού

Οι διάφοροι τύποι καρκίνων του μαστού είναι οι εξής [6]:

- **Μη διηθητικό (in situ) πορογενές καρκίνωμα (DCIS):** Είναι καρκίνωμα το οποίο προέρχεται από το επιθήλιο των γαλακτοφόρων πόρων του στήθους, όταν δεν έχει διασπαστεί η μεμβράνη των κυττάρων. Αποτελεί την πιο πρώιμη μορφή καρκίνου του μαστού και εφόσον αντιμετωπιστεί έγκαιρα δεν κινδυνεύει η ζωή του ασθενούς. Ωστόσο υπάρχουν αυξημένες πιθανότητες (25-50%) για τις γυναίκες που αντιμετώπισαν μη διηθητικό καρκίνωμα, να αναπτύξουν κάποια μορφή διηθητικού καρκίνου στα επόμενα χρόνια της ζωής τους.
- **Διηθητικό πορογενές καρκίνωμα (IDC):** Όταν τα καρκινικά κύτταρα διασπάσουν την μεμβράνη των γαλακτοφόρων πόρων. Είναι η συχνότερη μορφή καρκίνου και αποτελεί το 80% των διηθητικών καρκινωμάτων του μαστού.
- **Μη διηθητικό (in situ) λοβιακό καρκίνωμα (LCIS):** Είναι το καρκίνωμα το οποίο προέρχεται από τους λοβιακούς αδένες του μαστού, εκεί όπου παράγεται το γάλα, όταν δεν έχει διασπαστεί η μεμβράνη των λοβιακών αδένων.

- **Διηθητικό λοβιακό καρκίνωμα (ILC):** Προέρχεται όταν τα καρκινικά κύτταρα διασπάσουν τη μεμβράνη των λοβιακών αδένων. Σε αρχικά στάδια δεν σχηματίζονται ψηλαφητά ογκίδια, έτσι η διάγνωση με ψηλάφηση είναι πολύ δύσκολη.

## 1.4 Τα στάδια του καρκίνου του μαστού

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα διάφορα στάδια του καρκίνου του μαστού [7].

**Πίνακας 1.1:** Τα Στάδια του Καρκίνου του Μαστού.

<b>Τα Στάδια του Καρκίνου του Μαστού</b>	
<b>ΣΤΑΔΙΟ 0</b>	Αυτό το στάδιο είναι πολύ πρώιμο, τα καρκινικά κύτταρα δεν έχουν εξαπλωθεί. Στο στάδιο αυτό ανήκει το μη διηθητικό πορογενές καρκίνωμα (DCIS) και το μη διηθητικό λοβιακό καρκίνωμα (LCIS).
<b>ΣΤΑΔΙΟ 1</b>	Είναι το πρώιμο στάδιο του καρκίνου, ο όγκος δεν έχει επεκταθεί εκτός μαστού και δεν ξεπερνά τα 2 cm.
<b>ΣΤΑΔΙΟ 2</b>	Ο καρκινικός όγκος είναι μεταξύ 2-5 cm και συνήθως έχει επεκταθεί στους μασχαλιαίους λεμφαδένες.
<b>ΣΤΑΔΙΟ 3</b>	Ο καρκινικός όγκος συνήθως έχει επεκταθεί στους μασχαλιαίους λεμφαδένες και είναι μεγαλύτερος από 5 cm. Μπορεί ακόμα να έχει μεταφερθεί στην περιοχή του θώρακα.
<b>ΣΤΑΔΙΟ 4</b>	Ο καρκινικός όγκος έχει επεκταθεί εκτός από τους λεμφαδένες και σε άλλα όργανα του σώματος (μετάσταση) π.χ. πνεύμονες, οστά, ήπαρ.

## 1.5 Παράγοντες κινδύνου για τον καρκίνο του μαστού

Ορισμένες περιπτώσεις του καρκίνου του μαστού έχουν συνδεθεί με την παρουσία ενός γονιδίου (γενετική προδιάθεση). Η συχνότητα όμως της νόσου είναι τόσο μεγάλη, που δεν μπορεί να αποδοθεί μόνο σε γενετική προδιάθεση. Υπάρχουν διάφοροι παράγοντες που αυξάνουν την πιθανότητα εμφάνισης της νόσου, όπως [8]:

- Ηλικία.
- Οικογενειακό ιστορικό.
- Μακροχρόνια χρήση αντισυλληπτικών χαπιών.
- Τελευταία έμμηνος ρύση μετά από το 50<sup>ο</sup> έτος ηλικίας της γυναίκας.
- Πρώτη τεκνοποίηση μετά την ηλικία των 30 ή απουσία τεκνοποίησης.
- Έναρξη της εμμήνου ρήσεως σε ηλικία μικρότερη των 13 ετών.
- Χρήση αλκοόλ.
- Κάπνισμα.
- Κακή διατροφή σε συνδυασμό με καθιστική ζωή.

## 1.6 Ποιούς προσβάλλει η νόσος

Αντιμέτωπες με τη νόσο του καρκίνου του μαστού έρχονται κυρίως γυναίκες μεγάλης ηλικίας. Ο κίνδυνος εμφάνισης καρκίνου του μαστού αυξάνεται όσο αυξάνεται η ηλικία της γυναίκας. Τα περισσότερα περιστατικά γυναικών που προσβλήθηκαν από τη συγκεκριμένη νόσο, αλλά και κατέληξαν από αυτή, αφορούν γυναίκες ηλικίας από 50 ετών και άνω. Επίσης οι γυναίκες της λευκής φυλής έχουν περισσότερες πιθανότητες από τις γυναίκες της μαύρης φυλής να αναπτύξουν καρκίνο του μαστού.

Όσον αφορά τις νεαρές γυναίκες, πολύ σπάνια υπάρχει περίπτωση να προσβληθούν από την αναφερόμενη νόσο. Μόλις το 5% των περιπτώσεων εμφάνισης καρκίνου του μαστού παρατηρείται σε γυναίκες ηλικίας μικρότερης των 40 ετών.

Επίσης ο καρκίνος του μαστού είναι ένας από τις συχνότερες μορφές καρκίνου που προσβάλλουν τις εγκύους. Συμβαίνει μία φορά στις 3.000 εγκυμοσύνες. Είναι πολύ πιο δύσκολο να βρεθεί ένας όγκος στο στήθος μιας εγκυμονούσας ή μιας

γυναίκας που θηλάζει, εξαιτίας του γεγονότος ότι σε αυτές τις περιπτώσεις τα στήθη είναι πιο διευρυμένα [9].

Αξίζει να σημειωθεί ότι η συγκεκριμένη νόσος αν και είναι πάρα πολύ σπάνιο, μπορεί να προσβάλλει και άντρες. Σύμφωνα με έρευνα που έγινε στο παρελθόν, είχε εκτιμηθεί ότι το έτος 2010, 1.970 άντρες θα προσβάλλονταν από το συγκεκριμένο είδος καρκίνου και οι 390 θα πέθαιναν [10].

## **1.7 Διάγνωση του καρκίνου του μαστού**

Ο έγκαιρος εντοπισμός ενός όγκου βελτιώνει αρκετά τις πιθανότητες για μία επιτυχή θεραπεία. Με τον όρο πρόωμη ανίχνευση, αναφερόμαστε στην διαδικασία αναζήτησης μιας νόσου, στην συγκεκριμένη περίπτωση αναφερόμαστε στην αναζήτηση κάποιου όγκου. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει την λήψη του ιστορικού του ασθενούς, την ψηλάφηση του στήθους, καθώς επίσης ακτινογραφία θώρακος και αιματολογικές εξετάσεις. Μετά την ηλικία των 40 και για όγκους που δεν γίνονται αντιληπτοί με την ψηλάφηση, η μαστογραφία κρίνεται απαραίτητη.

Υποψίες για παρουσία καρκίνου του μαστού υπάρχουν όταν σημειωθεί μια αλλαγή στο στήθος ή όταν εντοπιστεί μια ανώμαλη περιοχή στη μαστογραφία. Αρκετές φορές αυτές οι ενδείξεις δεν αποδεικνύουν καρκίνο. Ο μόνος τρόπος για να εξακριβωθεί η ύπαρξη ή όχι του καρκίνου είναι η βιοψία.

Κατά την βιοψία αφαιρούνται κύτταρα ή ιστός από το στήθος και γίνεται εξέταση για να εξακριβωθεί η παρουσία καρκίνου. Εάν τα κύτταρα είναι όντως καρκινικά, γίνονται κάποιες δοκιμές για να αποφασιστεί ποιά είναι η πιο αποτελεσματική θεραπεία για τον συγκεκριμένο ασθενή [7].

## **1.8 Μέθοδοι θεραπείας**

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων είκοσι ετών, έχουν σημειωθεί μεγάλες βελτιώσεις στην θεραπεία του καρκίνου του μαστού. Κατά συνέπεια ο αριθμός των επιζώντων ασθενών έχει αυξηθεί σημαντικά. Παρά το γεγονός ότι η θεραπεία είναι διαφορετική για κάθε ασθενή, συχνότερα η αντιμετώπιση του καρκίνου του μαστού

περιλαμβάνει συνδυασμό ορμονοθεραπείας, χημειοθεραπείας, ακτινοθεραπείας, και χειρουργικών επεμβάσεων.

**Ακτινοθεραπεία:** Στην ακτινοθεραπεία χρησιμοποιείται ακτινοβολία υψηλής ενέργειας, έτσι ώστε να εξουδετερώσει τα καρκινικά κύτταρα και να επιφέρει τη μικρότερη δυνατή βλάβη στα φυσιολογικά κύτταρα. Τις περισσότερες φορές η ακτινοθεραπεία χρησιμοποιείται είτε μετά από τη χειρουργική επέμβαση, είτε πριν από αυτή. Μετά την χειρουργική επέμβαση, χρησιμοποιείται ως συμπληρωματική θεραπεία, για να εξουδετερώσει τον καρκίνο που μπορεί να έχει παραμείνει γύρο από το στήθος. Πριν την χειρουργική επέμβαση, χρησιμοποιείται για να μειώσει τις διαστάσεις του όγκου που πρόκειται να αφαιρεθεί. Η ακτινοθεραπεία μετά από την εγχείρηση αφαίρεσης του όγκου, μειώνει τον κίνδυνο επανεμφάνισης του καρκίνου [11].

**Χειρουργικές επεμβάσεις:** Ο στόχος της χειρουργικής επέμβασης είναι να αφαιρεθεί ολόκληρος ο όγκος από το στήθος. Επίσης μπορεί να αφαιρεθούν μερικοί λεμφαδένες από τη μασχάλη εάν παρουσιάζουν σημάδια του καρκίνου. Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι χειρουργικών επεμβάσεων για να αφαιρεθεί ο καρκίνος του μαστού. Ο ένας είναι απλά η αφαίρεση του όγκου (ογκεκτομή). Με αυτή τη μέθοδο σώζεται το μεγαλύτερο μέρος του στήθους, αφαιρείται μόνο ο καρκίνος και οι περιβάλλοντες ιστοί. Η ογκεκτομή συνήθως συνδυάζεται και με ακτινοθεραπεία. Ο δεύτερος τύπος χειρουργικής επέμβασης είναι η μαστεκτομή, γίνεται ολική αφαίρεση του μαστού και αφαιρούνται και κάποιοι μασχαλιαίοι λεμφαδένες [12]. Υπάρχουν διάφορα είδη μαστεκτομών, όλα όμως προϋποθέτουν αφαίρεση ολόκληρου του μαστού. Η συχνότερα εφαρμοζόμενη μέθοδος μαστεκτομής είναι η τροποποιημένη ριζική μαστεκτομή, όπου γίνεται αφαίρεση όλου του μαστού και λεμφαδενικός καθαρισμός στην περιοχή της μασχάλης [6]. Ωστόσο με τη βοήθεια της πλαστικής χειρουργικής είναι εφικτή η αποκατάσταση του μαστού που αφαιρέθηκε.

**Ορμονοθεραπεία:** Μερικοί τύποι καρκίνου του μαστού είναι ορμονοεξαρτώμενοι, δηλαδή για να αναπτυχθούν χρειάζονται κάποιες ορμόνες. Η ορμονοθεραπεία είναι μια μέθοδος όπου αναστέλλεται η παραγωγή ή η δράση αυτών των ορμονών και έτσι παρεμποδίζεται η ανάπτυξη του καρκίνου. Τα τελευταία χρόνια τα φάρμακα έχουν βοηθήσει αρκετά στην θεραπεία του καρκίνου του μαστού. Χορηγούνται είτε προεγχειρητικά, ώστε να συμβάλλουν στην μείωση του όγκου, είτε

μετεγχειρητικά ως συμπλήρωμα της εγχείρησης. Ένα φάρμακο που έχει συμβάλει αποτελεσματικά στην αντιμετώπιση αυτής της νόσου είναι η ταμοξιφαίνη. Όπως ανέφερε ο Άγγλος συνεφευρέτης της ταμοξιφαίνης Βιργκίλ Γκρεγκ Τζόρνταν σε συνέντευξή του, «η ταμοξιφαίνη ήταν το πρωτότυπο φάρμακο που άνοιξε νέους δρόμους στη θεραπεία του καρκίνου του μαστού των γυναικών, δείχνοντας τον τρόπο στοχευόμενης θεραπείας χωρίς παρενέργειες. Σε αντίθεση με τη χημειοθεραπεία, η οποία επιτίθεται εκτός από τα καρκινικά κύτταρα και σε άλλα κύτταρα του σώματος. Τα τελευταία χρόνια υπήρξε δημιουργία και άλλων φαρμάκων αυτής της κατηγορίας, όπως η ραλοξιφαίνη. Η ραλοξιφαίνη ξεκίνησε αρχικά ως ειδικό φάρμακο για τη γυναικεία οστεοπόρωση. Πεντακόσιες χιλιάδες γυναίκες σήμερα βρίσκονται σε θεραπεία για την οστεοπόρωση η οποία ως συνέπεια έχει και τη θεραπεία του καρκίνου του μαστού [13]».

**Χημειοθεραπεία:** Η χημειοθεραπεία είναι μια μορφή θεραπείας για τα περισσότερα είδη καρκίνων του μαστού. Η χρήση της εξαρτάται από το στάδιο και τα χαρακτηριστικά του όγκου. Ακόμη σημαντικό ρόλο παίζει και η ηλικία του ασθενούς. Για τους ασθενείς που βρίσκονται στα αρχικά στάδια του καρκίνου, η χημειοθεραπεία εφαρμόζεται μετά από την εγχείρηση αφαίρεσης όγκου. Αυτή η θεραπεία καλείται βοηθητική θεραπεία και βοηθά στην μείωση του κινδύνου επανεμφάνισης του όγκου. Η χημειοθεραπεία χρησιμοποιείται και πριν από τη χειρουργική επέμβαση. Σε αυτήν την περίπτωση καλείται προεγχειρητική χημειοθεραπεία. Εφαρμόζεται όταν υπάρχουν μεγαλύτεροι όγκοι που απαιτούν μαστεκτομή. Στην περίπτωση της μετάστασης εφαρμόζεται χημειοθεραπεία ώστε να καταστραφούν τα καρκινικά κύτταρα που μπορεί να προσβάλλουν άλλα όργανα του σώματος [14].

## **1.9 Θεραπευτικά πρωτόκολλα με βάση τα στάδια του καρκίνου**

Κάθε ασθενής ανταποκρίνεται διαφορετικά σε κάθε θεραπεία. Τα θεραπευτικά σχήματα για την αντιμετώπιση του καρκίνου του μαστού είναι εξατομικευμένα για κάθε ασθενή και εφαρμόζονται ανάλογα με το στάδιο της νόσου, το μέγεθος του όγκου, την ύπαρξη εμμήνου ρήσης κ.τ.λ. Ένα από τα πιο συνηθισμένα θεραπευτικά πρωτόκολλα παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα [7].

**Πίνακας 1.2:** Θεραπευτικά Πρωτόκολλα.

<b>ΣΤΑΔΙΑ</b>	<b>ΘΕΡΑΠΕΙΑ</b>
<b>ΣΤΑΔΙΟ 0 (Πολύ πρώιμο στάδιο-καρκίνωμα in situ)</b>	<p>-Στην περίπτωση του μη διηθητικού πορογενούς καρκινώματος (DCIS) εφαρμόζεται χειρουργική επέμβαση αφαίρεσης όγκου, σε συνδυασμό με ακτινοθεραπεία.</p> <p>-Στην περίπτωση του μη διηθητικού λοβιακού καρκινώματος (LCIS) η ασθενής τίθεται υπό παρακολούθηση για όλη της τη ζωή και όταν κριθεί απαραίτητο πραγματοποιείται ριζική μαστεκτομή.</p>
<b>ΣΤΑΔΙΑ 1 ΚΑΙ 2 (Πρώιμο στάδιο του καρκίνου)</b>	<p>-Σε αυτά τα στάδια εφαρμόζεται χειρουργική επέμβαση και αφαίρεση των μασχαλαίων λεμφαδένων καθώς επίσης μετά την επέμβαση εφαρμόζεται ακτινοθεραπεία για να εξαλείφουν όλα τα καρκινικά κύτταρα.</p> <p>Εφαρμόζεται επίσης και χημειοθεραπεία και ορμονοθεραπεία πριν και μετά την επέμβαση.</p>
<b>ΣΤΑΔΙΟ 3 (Τοπικά προχωρημένο στάδιο)</b>	<p>-Το στάδιο αυτό σπάνια αντιμετωπίζεται μόνο με χειρουργική επέμβαση. Αρχικά εφαρμόζεται ακτινοθεραπεία και ορμονοθεραπεία ή χημειοθεραπεία για να περιοριστεί ο όγκος. Αν ο όγκος μειωθεί, τότε γίνεται τροποποιημένη ριζική μαστεκτομή και ακολουθείται ακτινοθεραπεία.</p>
<b>ΣΤΑΔΙΟ 4 (Μετάσταση)</b>	<p>-Σε αυτό το στάδιο δεν ενδείκνυται χειρουργική επέμβαση. Εφαρμόζεται χημειοθεραπεία ή ορμονοθεραπεία ή και τα δύο. Επίσης εφαρμόζεται ακτινοθεραπεία στις μεταστατικές περιοχές για ανακούφιση από τα συμπτώματα.</p>

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΣ ΙΑΤΡΙΚΟΣ ΦΑΚΕΛΟΣ

## 2.1 Γενικά

Τα τελευταία χρόνια η ποσότητα των πληροφοριών που έχουν σχέση με την υγεία και την φροντίδα των ασθενών έχει αυξηθεί σε μεγάλο βαθμό. Αιτία αυτού του φαινομένου είναι η ενσωμάτωση μεγάλου αριθμού εργαστηριακών και παρακλινικών εξετάσεων στον ιατρικό φάκελο κάθε ασθενούς. Το πρόβλημα αυτό καλείται να επιλύσει ο Ηλεκτρονικός Ιατρικός Φάκελος (ΗΙΦ). Ο ΗΙΦ είναι μια εφαρμογή της επιστήμης της πληροφορικής στην υγεία. Στοχεύει στη συγκέντρωση, ανάλυση και αποθήκευση κλινικών δεδομένων, καθώς και στην ανταλλαγή αυτών των δεδομένων ανάμεσα στις μονάδες υγείας, τους ασφαλιστικούς φορείς και τις υγειονομικές αρχές.

Στην Ελλάδα ο ΗΙΦ χρησιμοποιείται από ελάχιστες μονάδες υγείας (νοσοκομεία, κλινικές, διαγνωστικά κέντρα κ.τ.λ.). Αντίθετα είναι ευρέως διαδεδομένος σε πολλές χώρες του εξωτερικού και η χρήση του παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα. Κατά την εισαγωγή των ασθενών από το ένα τμήμα του νοσοκομείου στο άλλο, ή τη διακομιδή τους σε άλλο νοσοκομείο, επιβάλλεται αποτελεσματική και διαφανής ροή ιατρικών πληροφοριών. Πράγμα που επιτυγχάνεται με τη χρήση του ΗΙΦ. Μέσω αυτού, τα δεδομένα μπορούν να διατηρηθούν και να συντηρηθούν από ιατρούς και παραϊατρικό προσωπικό, ώστε να βελτιστοποιηθεί το επίπεδο ποιότητας των υπηρεσιών υγείας [15].

Η πρόσβαση στον ΗΙΦ του ασθενούς συμβάλλει στη διευκόλυνση της διαχείρισης της δημόσιας υγείας, αρκεί βέβαια να ακολουθηθούν τα διεθνή πρότυπα για τις απαιτούμενες διασυνδέσεις και τις κωδικοποιήσεις των νόσων.

## 2.2 Ο όρος της ιατρικής πληροφορίας

Όταν οι θεράποντες ιατροί πρέπει να αποφασίσουν για κάποιον ασθενή, θα πρέπει αρχικά να πληροφορηθούν για το ιατρικό ιστορικό του ασθενούς (προηγούμενες νοσηλείες, ευρήματα εργαστηριακών και απεικονιστικών εξετάσεων



κ.τ.λ.). Η πληροφόρηση των ιατρών είναι μία δύσκολη και πολύπλοκη διαδικασία. Απαιτεί ενημέρωση των ιατρών για το ιστορικό του κάθε ασθενή με χρήση κοινών αρχείων και συμμετοχή στη λήψη αποφάσεων. Η συμμετοχή στη λήψη αποφάσεων είναι απαραίτητη διότι η παροχή ιατρικής περίθαλψης δεν πρέπει να βασίζεται σε υποκειμενικές αντιλήψεις ενός ιατρού. Τα νοσοκομεία παρέχουν καθημερινά υπηρεσίες υγείας σε έναν μεγάλο αριθμό ασθενών, έτσι ο όγκος των δεδομένων που προκύπτει είναι τεράστιος. Το γεγονός αυτό καθιστά τις ιατρικές πληροφορίες ιδιαίτερα πολύπλοκες. Αρκετές φορές τα διάφορα ιατρικά σφάλματα που παρατηρούνται στον χώρο της υγείας, οφείλονται στην αδυναμία του νοσοκομειακού συστήματος να παρέχει στους ιατρούς όλες τις διαθέσιμες πληροφορίες που έχουν μεγάλη σημασία στην λήψη κλινικών αποφάσεων.

Η σωστή και καλή διαχείριση των ιατρικών πληροφοριών από μία μονάδα υγείας, βελτιώνει την ποιότητα, την αποτελεσματικότητα και την αποδοτικότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών υγείας. Διότι στην περίπτωση ενός ιατρικού λάθους που μπορεί να οφείλεται σε λάθος πληροφόρηση των ιατρών, οι αρνητικές συνέπειες δεν σχετίζονται μόνο με την υγεία του ασθενούς, αλλά και με την οικονομική επιβάρυνση τόσο του ασθενούς, όσο και του υγειονομικού συστήματος γενικότερα. Η διακίνηση της ιατρικής πληροφορίας μεταξύ των επαγγελματιών υγείας, είναι μία διαδικασία που εξαρτάται από αρκετούς παράγοντες. Αυτό συμβαίνει διότι σε αυτήν τη διαδικασία εμπίπτουν θέματα εμπιστευτικότητας των στοιχείων των ασθενών, αλλά και γιατί έχει σχέση με την έλλειψη οργανωτικών υποδομών που εξασφαλίζουν την χρήση προτύπων και κατευθυντήριων οδηγιών κλινικής πρακτικής [16].

Για τους λόγους που αναφέρθηκαν παραπάνω η ανάγκη ανάπτυξης μίας πληροφοριακής βάσης που θα παρέχει έγκαιρη και αξιόπιστη πληροφόρηση στους ιατρούς, είναι επιτακτική. Η συμβολή του ΗΙΦ στα ζητήματα της παρουσίασης και της διαχείρισης της ιατρικής πληροφορίας είναι καθοριστική.

### **2.3 Ιατρικός φάκελος βασισμένος σε χαρτί**

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή Προτυποποίησης, ο ιατρικός φάκελος είναι η συλλογή όλων των πληροφοριών που αφορούν στο ιατρικό ιστορικό των ασθενών. Αποτελεί τη βάση της διάγνωσης και της θεραπευτικής αντιμετώπισης του

ασθενούς, αλλά και τη βάση επιδημιολογικών ερευνών. Επιπλέον, παρέχει πληροφορίες διοικητικής, οικονομικής και στατιστικής φύσεως [17].

Στο παρελθόν, η χρήση ιατρικού φακέλου που βασίζεται στο χαρτί (paper-based ιατρικός φάκελος) είχε σημειώσει μεγάλη επιτυχία. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιεί ως βάση το χαρτί για την καταγραφή των ιατρικών πληροφοριών. Το υλικό με το οποίο είναι εξοικειωμένοι οι περισσότεροι επαγγελματίες υγείας. Η μέθοδος αυτή παρέχει αυτονομία στους χρήστες, αφού δεν είναι απαραίτητη η χρήση ηλεκτρικού ρεύματος και ηλεκτρονικού υπολογιστή για την εισαγωγή και ανάκτηση πληροφοριών [18].

Το χαρτί ως υλικό παρουσιάζει κάποια σημαντικά μειονεκτήματα. Για παράδειγμα, μπορεί να καταστραφεί πολύ εύκολα και έχει περιορισμένη διάρκεια ζωής. Επίσης η διαδικασία της δημιουργίας αντιγράφων ασφαλείας σε περίπτωση ανάγκης, είναι ιδιαίτερα κοπιαστική διαδικασία. Ένα άλλο μειονέκτημα είναι ότι ο μεγάλος αριθμός ιατρικών φακέλων σε ένα νοσοκομείο απαιτεί υψηλό κόστος σε χρόνο και χρήμα για τη σωστή ταξινόμηση και αποθήκευσή τους. Τέλος, όσον αφορά τον ιατρικό φάκελο βασισμένο σε χαρτί, η χρησιμοποίηση του περιεχομένου των φακέλων δεν είναι άμεση αλλά απαιτεί αρκετό χρόνο για την εύρεση συγκεκριμένων πληροφοριών.

## 2.4 Ορισμός Ηλεκτρονικού Ιατρικού Φακέλου

Σύμφωνα με το Ινστιτούτο Ιατρικής των ΗΠΑ «Ηλεκτρονικός Ιατρικός Φάκελος (Electronic Medical Record) είναι ένα σύστημα που είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να υποστηρίζει την απόλυτη διαθεσιμότητα και ακρίβεια ιατρικών ή άλλων πληροφοριών, με στόχο την παροχή ιατρικής περίθαλψης» [19]. Συγκεκριμένα, ο ΗΙΦ αποτελεί τη συλλογή του ιστορικού κάθε ασθενή. Πρόκειται για μια «αποθήκη» όλων των πληροφοριών που έχουν σχέση με τον ασθενή. Αυτές οι πληροφορίες μπορεί να είναι:

- Δημογραφικά στοιχεία (ονοματεπώνυμο, ηλικία, ασφαλιστικό ταμείο, τόπος διαμονής κ.τ.λ.). Αυτά τα δεδομένα εισάγονται μόνο μια φορά και υπάρχει δυνατότητα ανάκτησής τους για εμφάνιση, διαγραφή ή διόρθωση οποτεδήποτε επιθυμεί ο εξουσιοδοτημένος χρήστης.
- Εισιτήριο/εξιτήριο ασθενή.

- Διαγνώσεις.
- Παραπεμπτικά εξετάσεων.
- Αποτελέσματα κλινικών εργαστηριακών εξετάσεων.
- Εικόνες ραδιολογικών εξετάσεων.
- Χορήγηση θεραπευτικών αγωγών.
- Στοιχεία για τις επισκέψεις στα επείγοντα και τακτικά ιατρία.
- Στοιχεία για το ιατρικό ιστορικό και εξετάσεις από ιατρούς άλλων ειδικοτήτων.
- Πρακτικά χειρουργικών επεμβάσεων.
- Πορεία της νόσου.
- Οικονομικά στοιχεία ιατρικών πράξεων και νοσηλειών.

Ο ΗΙΦ μπορεί να περιέχει μόνο τις στοιχειώδεις από τις παραπάνω ιατρικές πληροφορίες, ή να είναι «πολυμεσικός». Συγκεκριμένα, ο ΗΙΦ που περιέχει μόνο τις στοιχειώδεις ιατρικές πληροφορίες, αναφέρεται στα δημογραφικά στοιχεία του ασθενούς, το ιστορικό του, τη διάγνωση, τη συνταγογραφία και τα αποτελέσματα των εργαστηριακών εξετάσεων. Ο «πολυμεσικός» ΗΙΦ περιέχει επιπλέον πληροφορίες από τα διάφορα υποσυστήματα του νοσοκομειακού πληροφοριακού συστήματος και συνδέεται και με άλλες μονάδες υγείας. Σε κάθε περίπτωση πρέπει να διασφαλίζεται η πληροφόρηση των ιατρών για την υποστήριξη των αποφάσεών τους.

## 2.5 Τα χαρακτηριστικά του Ηλεκτρονικού Ιατρικού Φακέλου

Ο ΗΙΦ έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά [20]:

- Είναι ένα σύστημα που μπορεί να καλύψει ολόκληρη τη μονάδα υγείας (νοσοκομείο, κλινική, κέντρο διάγνωσης κ.τ.λ.).
- Είναι ένα μέσο πληροφόρησης και επικοινωνίας των ιατρών του ίδιου ή ακόμα και διαφορετικών νοσοκομείων, για την κατάσταση της υγείας των ασθενών. Με απώτερο στόχο τη σωστή διάγνωση και θεραπεία των ασθενών.
- Προκειμένου όλοι οι χρήστες να χρησιμοποιούν αυτή την εφαρμογή, το περιβάλλον εργασίας είναι απλουστευμένο και κοινό για όλους τους χρήστες.
- Όλες οι πληροφορίες που αφορούν τον κάθε ασθενή είναι ανά πάσα στιγμή διαθέσιμες στους εξουσιοδοτημένους χρήστες.

- Παροχή ασφάλειας των δεδομένων λόγω των ευαίσθητων πληροφοριών που περιέχουν. Έτσι ο ΗΙΦ παρέχει:
  - **Έλεγχο πρόσβασης:** Δίνονται μοναδικοί κωδικοί στους χρήστες ανάλογα με την εξουσιοδότησή τους να ανακτούν πληροφορίες ή να εκτελούν συγκεκριμένες ενέργειες π.χ. είδος θεραπευτικής μεθόδου για την αντιμετώπιση του καρκίνου του μαστού.
  - **Ακεραιότητα των δεδομένων:** Μετά την εισαγωγή των δεδομένων καμία πληροφορία δεν μπορεί να τροποποιηθεί από μη εξουσιοδοτημένο χρήστη.
  - **Ηλεκτρονική υπογραφή:** Ένα σύστημα που επιτρέπει μόνο στο δημιουργό να τροποποιεί την υπογραφή και να ελέγχει αν έχει αλλοιωθεί.
  - **Auditing:** Γίνεται καταγραφή σε ένα αρχείο όλων των χρηστών που τροποποίησαν κάποια δεδομένα, καθώς επίσης και η ημερομηνία της τροποποίησης.
  - **Διαφάνεια:** Τεκμηρίωση των διαδικασιών της επεξεργασίας ώστε να μπορούν να ελεγχθούν.
  - **Ευθύνη:** Καθορισμός της ευθύνης για την πρόσβαση, τροποποίηση ή εισαγωγή δεδομένων.

## 2.6 Οφέλη της χρήσης του Ηλεκτρονικού Ιατρικού Φακέλου

Η χρήση του ΗΙΦ είναι αναγκαία για τους παρακάτω λόγους [18]:

- Αποτελεί ένα σημαντικό μέσο επικοινωνίας μεταξύ ιατρικού και παραϊατρικού προσωπικού που ασχολούνται με την περίπτωση ενός συγκεκριμένου ασθενή. Διαγνώσεις, παραπεμπτικά, θεραπευτικές αγωγές κ.τ.λ. δρομολογούνται στο προσωπικό της μονάδας υγείας με σκοπό την βελτίωση του επιπέδου υγείας του ασθενούς.
- Οι άμεσα εμπλεκόμενοι σε κάποιο ιατρικό περιστατικό, για να έχουν μια σφαιρική και πλήρη εικόνα της κατάστασης κάθε ασθενή, ανατρέχουν στον ΗΙΦ. Με αυτόν τον τρόπο αντιμετωπίζουν το συγκεκριμένο πρόβλημα του πάσχοντος.
- Όσον αφορά το χρόνο, ο ΗΙΦ εξασφαλίζει γρήγορη πρόσβαση στα στοιχεία των ασθενών και αυτό λειτουργεί προς όφελος τους.

- Μετά την ολοκλήρωση κάθε περιστατικού, ο ΗΙΦ είναι η εφαρμογή που φυλάσσονται όλα τα κλινικά δεδομένα για μελλοντική θεραπεία του ασθενούς ή για καθαρά ερευνητικούς λόγους, όπως επιδημιολογικές μελέτες, έρευνες αποτελεσματικότητας φαρμάκων και διάφορες άλλες κλινικές έρευνες [21].
- Ο ΗΙΦ χρησιμεύει για τον μετέπειτα έλεγχο των ενεργειών που πραγματοποιήθηκαν για τη θεραπεία του ασθενούς, όταν υπάρχει περίπτωση ιατρικού λάθους.
- Επίσης ο ΗΙΦ είναι χρήσιμος για την παρουσίαση των οικονομικών στοιχείων για τη θεραπεία μιας ασθένειας. Αφού πολλές ασφαλιστικές εταιρίες ζητούν στοιχεία του ιατρικού φακέλου, ώστε να αποφασίσουν αν κάποιες εξετάσεις που καλύπτουν στους ασφαλιζόμενους είναι απαραίτητες ή περιττές.
- Ακόμη ο ΗΙΦ είναι απαραίτητος για τη διοίκηση και τη διαχείριση μιας μονάδας υγείας. Διότι όσο περισσότερες και όσο πιο καλά οργανωμένες είναι οι πληροφορίες, τόσο πιο αποτελεσματικές είναι οι αποφάσεις που λαμβάνονται από τους επαγγελματίες υγείας.
- Όσον αφορά τις οικονομικές δαπάνες του συστήματος υγείας γενικότερα, παρατηρείται μείωση των δαπανών λόγω της αποτελεσματικής αντιμετώπισης των περιστατικών.

## 2.7 Αποδοχή και χρήση του Ηλεκτρονικού Ιατρικού Φακέλου

Παρακάτω παρουσιάζονται ορισμένοι παράγοντες που καθορίζουν την χρήση και την αποδοχή του ΗΙΦ στα δημόσια νοσοκομεία [22]:

**Η στάση του ιατρικού προσωπικού:** Η πλειοψηφία των ιατρών είναι αρνητικοί στη χρήση υπολογιστικών συστημάτων. Οι ιατροί έχουν μεγάλη εξουσία στο νοσοκομείο αφού είναι εκείνοι που κυριαρχούν στην αντιμετώπιση της ασθένειας, έτσι αρκετές φορές θέτουν οι ίδιοι τους κανόνες. Οι ίδιοι θεωρούν ότι η ηλεκτρονική καταχώριση δεδομένων δεν αποτελεί στοιχείο της επιστήμης τους.

**Δυσκολία κατάρτισης ιατρικού και παραϊατρικού προσωπικού:** Στην Ελλάδα δεν υπάρχουν αναπτυγμένα συστήματα επαγγελματικής εκπαίδευσης, έτσι οι χρήστες ενός τέτοιου συστήματος αντιμετωπίζουν πολλές δυσκολίες στην πράξη. Σημαντικός παράγοντας είναι επίσης και η ηλικία, όσο αυξάνεται τόσο παρατηρείται μεγαλύτερη απροθυμία στην αποδοχή μιας τέτοιας καινοτομίας.

**Κοινωνικές αντιλήψεις:** Αρκετοί είναι αυτοί που φοβούνται μήπως παραβιαστούν προσωπικά δεδομένα με την χρησιμοποίηση του ΗΙΦ.

**Πρακτικά προβλήματα στο εσωτερικό του νοσοκομείου:** Όταν οι ιατροί και το νοσηλευτικό προσωπικό κάνουν επισκέψεις στους θαλάμους των ασθενών, κρατούν κάποιες σημειώσεις για την κατάσταση της υγείας τους και την έκβαση της νόσου. Αυτές τις σημειώσεις πρέπει μετά να τις καταχωρήσουν στον ΗΙΦ. Έτσι σπαταλούν χρόνο που θα μπορούσε να αφιερωθεί σε άλλους ασθενείς. Αυτό το πρόβλημα θα μπορούσε να επιλυθεί με τη χρήση ασύρματων δικτύων, το κόστος όμως είναι ιδιαίτερα υψηλό και δεν μπορεί να καλυφθεί από τον προϋπολογισμό για την υγεία.

**Έλλειψη ιατρικών πληροφοριακών συστημάτων:** Η πληροφοριακή υποδομή των δημοσίων νοσοκομείων στην Ελλάδα δεν έχει επικεντρωθεί στην διαχείριση ιατρικών εφαρμογών, αλλά έχει στραφεί περισσότερο στις λογιστικές εφαρμογές.

**Έλλειψη ανταγωνισμού στα δημόσια νοσοκομεία:** Σε αντίθεση με τον ιδιωτικό τομέα, στα δημόσια νοσοκομεία δεν παρατηρείται ανταγωνισμός. Το γεγονός αυτό οδηγεί στην αποτυχία εφαρμογής της νέας τεχνολογίας.

## **2.8 Ο Ηλεκτρονικός Ιατρικός Φάκελος στην Ελλάδα**

Η εφαρμογή της επιστήμης της πληροφορικής στα δημόσια νοσοκομεία της χώρας μας εξελίσσεται με αργούς ρυθμούς. Ξεκίνησε κυρίως για λόγους υποστήριξης της διοίκησης των νοσοκομείων. Οι ιατρικοί φάκελοι στα περισσότερα δημόσια νοσοκομεία ακόμα και σήμερα εξακολουθούν να είναι χειρόγραφοι, ογκώδεις, ασαφείς, δυσεύρετοι, ενώ πολλές φορές χάνονται και φθείρονται. Παρόλα αυτά γίνονται προσπάθειες από δημόσια νοσοκομεία της χώρας μας για εφαρμογές ολοκληρωμένου συστήματος ΗΙΦ. Στην εφαρμογή ενός τέτοιου συστήματος προχώρησε το Γενικό Νοσοκομείο Παπαγεωργίου. Όπως αναφέρει η εφημερίδα «ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ», πρόκειται για το πρώτο νοσοκομείο στην Ελλάδα που εφαρμόζει ολοκληρωμένα το σύστημα του ΗΙΦ. Ο διευθυντής πληροφορικής του νοσοκομείου αναφέρει στην συνέντευξή του «Το... χαρτί και το μολύβι ανήκουν ουσιαστικά στο παρελθόν για τους γιατρούς του νοσοκομείου μας. Τα πλεονεκτήματα του νέου συστήματος είναι ταχύτερη και άμεση ενημέρωση του ιατρού, μειωμένος χρόνος

διάγνωσης, λιγότερες χαμένες εξετάσεις, λιγότερες επαναλήψεις εξετάσεων, μείωση χρόνου νοσηλείας, απεξάρτηση από τους φακέλους του αρχείου και μείωση του φόρτου διαχείρισης». Επίσης αναφέρει ότι εκτός από τις κλινικές που εφαρμόζουν τον ΗΙΦ, έχει ήδη προχωρήσει και εφαρμόζεται και η διασύνδεση με τα απεικονιστικά εργαστήρια του νοσοκομείου. Καταργώντας έτσι τα φιλμ που χρησιμοποιούνταν μέχρι σήμερα. Αυτό σημαίνει ότι η ιατρική εικόνα από το ακτινολογικό εργαστήριο, το ενδοσκοπικό εργαστήριο και το εργαστήριο πυρηνικής ιατρικής, είναι πλέον διαθέσιμη σε κάθε γιατρό ηλεκτρονικά, μέσω του υπολογιστή του, συνοδευόμενη από το πόρισμα και το ενημερωτικό σημείωμα για την κατάσταση του ασθενούς [23].

## 2.9 Πρότυπα και κωδικοποιήσεις ιατρικής πληροφορίας

Η ανάπτυξη ενός πληροφοριακού συστήματος που θα ανταποκρίνεται στις ανάγκες του χώρου της υγείας, απαιτεί την συνύπαρξη νέων τεχνολογικών εφαρμογών και διαφόρων μεθόδων του παρελθόντος. Αυτό προϋποθέτει την θέσπιση και εφαρμογή κωδικών και προτύπων, που θα καθορίζουν τον τρόπο συλλογής, επεξεργασίας και παρουσίασης των δεδομένων από διαφορετικά πληροφοριακά συστήματα. Με τον όρο «πρότυπα επικοινωνίας», αναφερόμαστε σε ένα σύνολο από πρωτόκολλα επικοινωνίας, δηλαδή κανόνες και μεθόδους που πρέπει να ακολουθούνται ώστε να εξασφαλίζεται η ορθή επικοινωνία μεταξύ διαφορετικών πληροφοριακών συστημάτων. Ο τρόπος κωδικοποίησης δεν θα πρέπει απλά να κάνει τα δεδομένα χρήσιμα για περιγραφικούς σκοπούς, αλλά θα πρέπει να διερευνάται σε μεγαλύτερο βάθος. Με στόχο την αξιοποίηση κλινικών και οικονομικών πληροφοριών. Είναι πιθανό ότι οι νοσοκομειακοί ιατροί μπορεί να χρησιμοποιούν ίδιες λέξεις για διαφορετικές έννοιες. Απαιτείται συνεπώς περαιτέρω έρευνα που θα καθορίσει τις περιοχές στις οποίες οι περισσότεροι ιατροί συμφωνούν σχετικά με την έννοια των όρων για τις διαγνώσεις. Απαιτείται μια κοινή γλώσσα ιατρικής ορολογίας τόσο σε επίπεδο κωδικοποίησης, όσο και σε επίπεδο ονοματολογίας. Έτσι ώστε να αποδίδεται αξιοπιστία και ποιότητα στην παραγόμενη ιατρική πληροφορία.

Η κωδικοποίηση της ιατρικής πληροφορίας αποτελεί αναπόσπαστο στοιχείο της σύγχρονης ιατρικής. Επιτρέπει σε ετερογενή ιατρικά πληροφοριακά συστήματα να επικοινωνούν μεταξύ τους. Η χρήση των κωδικοποιήσεων της ιατρικής

πληροφορίας, επιτρέπει συγκρίσεις και αναλύσεις δεδομένων. Στοχεύοντας στη τήρηση πραγματικών στατιστικών δεδομένων που αφορούν στην Δημόσια Υγεία ενός κράτους. Επίσης, επιτρέπει στην διοίκηση των μονάδων υγείας να πετύχει τον βέλτιστο επιμερισμό του κόστους, για κάθε ιατρική πράξη και τον σωστό προγραμματισμό των προμηθειών. Σε κλινικό επίπεδο, η χρήση δομημένων κωδικοποιήσεων επιτρέπει την ενίσχυση της ποιότητας διαγνώσεων, τη μείωση του χρόνου αναμονής του πολίτη κατά τη παροχή υπηρεσιών ιατρικής περίθαλψης, την εργασιακή ικανοποίηση του εμπλεκόμενου προσωπικού λόγω του συστηματοποιημένου τρόπου εργασίας, την ενίσχυση της ιατρικής έρευνας και τη μείωση των ιατρικών λαθών [24].

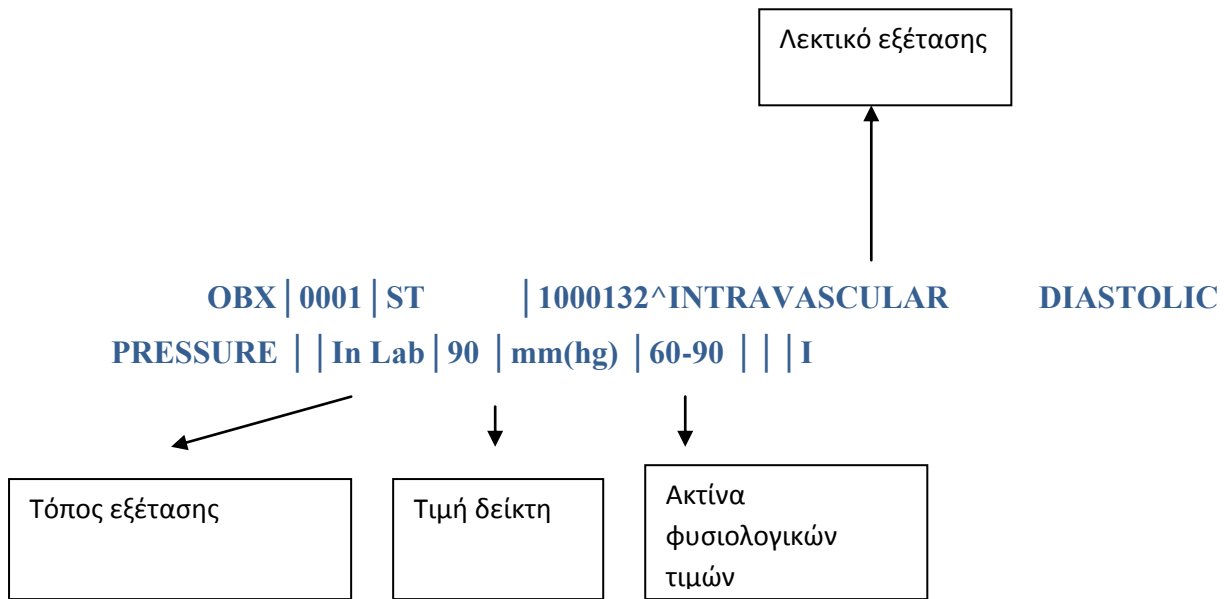
### **2.9.1 Πρότυπα ανταλλαγής ιατρικών δεδομένων**

#### **➤ HL7**

Ένα από τα πιο γνωστά πρότυπα είναι το Health Level seven (HL7), που είναι το πλέον ευρέως χρησιμοποιημένο πρότυπο ανταλλαγής πληροφοριών μέσω ηλεκτρονικών μηνυμάτων στο χώρο της υγείας. Το HL7 είναι ένα σύνολο από ανοιχτά πρότυπα, που επιτρέπει σε ετερογενή ιατρικά πληροφοριακά συστήματα να επικοινωνούν μεταξύ τους. Απαιτεί σύστημα παραγωγής και διαχείρισης τυποποιημένων μηνυμάτων μεταξύ των μερών ενός νοσοκομειακού πληροφοριακού συστήματος, καθώς και διαφορετικών νοσοκομειακών πληροφοριακών συστημάτων. Σχεδόν όλα τα ιατρικά πληροφοριακά συστήματα υψηλού επιπέδου έχουν την ικανότητα να στέλνουν και να λαμβάνουν τα κατάλληλα HL7 μηνύματα, χρησιμοποιώντας τους κανόνες ανταλλαγής μηνυμάτων του πρωτοκόλλου του HL7. Κάθε μήνυμα αποτελείται από μία ομάδα τμημάτων (segments) σε μία καθορισμένη σειρά. Τα segments μπορεί να είναι άλλοτε υποχρεωτικά και άλλοτε προαιρετικά, επίσης είναι δυνατόν να επαναλαμβάνονται μέσα σε ένα μήνυμα. Κάθε τέτοιο μήνυμα έχει έναν συγκεκριμένο τύπο ανάλογα με το σκοπό του. Κάθε τύπος μηνύματος αντιστοιχεί σε κάποια αληθινά περιστατικά. Αυτά τα περιστατικά μπορεί να είναι μία παραγγελία στα εργαστήρια, η εισαγωγή ενός ασθενή κ.τ.λ.[25].

Ακολουθεί ένα παράδειγμα μηνύματος HL7 από τα εργαστήρια ενός νοσοκομείου [26].





Ο οργανισμός HL7 ιδρύθηκε με σκοπό την αξιόπιστη επικοινωνία μεταξύ των φορέων υγείας. Αυτό αποδεικνύεται από το πλήθος των μελών του, που είναι δημόσιοι και ιδιωτικοί φορείς υγείας, εταιρίες ιατρικής πληροφορικής, ασφαλιστικοί φορείς και εταιρίες ιατροτεχνολογικού εξοπλισμού. Στηρίζοντας τις προσπάθειες αυτών των μελών ο οργανισμός HL7 δημιουργεί τοπικά παραρτήματα σε αρκετές χώρες. Έτσι στην Ελλάδα ιδρύθηκε και λειτουργεί από το 2003 το παράρτημα του διεθνούς οργανισμού HL7 [27].

### ➤ DICOM

Το πρότυπο Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) είναι παγκοσμίως γνωστό για την μεταφορά ψηφιακών εικόνων από ένα πλήθος ιατρικών μηχανημάτων που διαθέτουν αυτή την τεχνολογία. Ενεργοποιεί την ψηφιακή επικοινωνία μεταξύ διαγνωστικών και θεραπευτικών μηχανημάτων από διάφορους κατασκευαστές. Βρίσκει εφαρμογή σε δικτυακό περιβάλλον χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο TCP/IP. Ο αρχικός στόχος στην ανάπτυξη ενός προτύπου για τη μεταφορά ψηφιακών εικόνων, είναι να επιτρέψει σε χρήστες την ανάκτηση εικόνων και σχετιζομένων πληροφοριών από συσκευές με ένα προτυποποιημένο τρόπο που θα είναι ο ίδιος για όλες τις συσκευές, ανεξαρτήτως κατασκευαστή.

Το πρώτο αποτέλεσμα προς αυτήν την κατεύθυνση ήταν το πρότυπο που αφορούσε εικόνες ραδιολογίας από τον αμερικανικό οργανισμό American College of Radiology – National Electrical Manufacturer’s Association. Το πρότυπο αυτό όμως

εφαρμόζονταν σε ένα περιβάλλον επικοινωνίας σημείο-προς-σημείο. Η ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας δικτύων περιόρισε τη χρησιμότητα αυτού του προτύπου. Σαν συνέπεια, το πρότυπο επανασχεδιάστηκε παίρνοντας υπόψη υπάρχοντα πρότυπα δικτύωσης. Το αποτέλεσμα ήταν το πρότυπο DICOM. Σήμερα, το DICOM είναι ένα εξαιρετικά διαδεδομένο πρότυπο για διαγνωστικές απεικονιστικές εξετάσεις και οι περισσότεροι κατασκευαστές ιατρικών συσκευών το υποστηρίζουν. Χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο για αποθήκευση και ανταλλαγή ιατρικών εικόνων αλλά περιλαμβάνει και διαχειριστική πληροφορία για κάθε απεικονιστική εξέταση [24].

### 2.9.2 Πρότυπα κωδικοποίησης για κλινικά δεδομένα

Τα πιο γνωστά πρότυπα που έχουν δημιουργηθεί για την παρουσίαση των κλινικών δεδομένων είναι:

**Η διεθνής κατηγοριοποίηση ασθενειών-International Classification of Diseases (ICD):** Οι κωδικοί των ασθενειών συντηρούνται από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας WHO και είναι παγκοσμίως αποδεκτοί [28]. Η κωδικοποίηση ICD αποτελείται από τις εκδόσεις ICD-9 και ICD-10. Στις Η.Π.Α. το Εθνικό Κέντρο Στατιστικής για την Υγεία (National Center for Health Statistics) και το Κέντρο Οικονομικής Διαχείρισης των Οργανισμών Υγείας (Health Care Financing Administration) έχουν υποστηρίξει την ανάπτυξη κάποιων αλλαγών για τους κωδικούς του ICD-9 και δημιούργησαν το ICD-9-CM. Στις ΗΠΑ παρατηρείται ότι οι ασφαλιστικές εταιρείες, απαιτούν τη χρήση του ICD-9-CM για να δώσουν τις όποιες αποζημιώσεις, αλλά σε ότι αφορά την αξία των κωδικών αυτών σε ότι έχει να κάνει με το κλινικό μέρος, θεωρείται πολύ περιορισμένη λόγω της έλλειψης κλινικής σαφήνειας.

**Systematized Nomenclature of Human & Veterinary Medicine (SNOMED):** Η διεθνής κωδικοποίηση με την ονομασία SNOMED συντηρείται από το College of American Pathologists και είναι ευρέως αποδεκτή για την εξαγωγή αποτελεσμάτων από παθολογικές εξετάσεις. Έχει πολύ-αξονική δομή κωδικοποίησης (έντεκα πεδία) η οποία επιτρέπει μεγαλύτερη σαφήνεια σε σχέση με την κωδικοποίηση ICD και έχει σημαντική αξία όσον αφορά το κλινικό κομμάτι. Το SNOMED αποτελεί έναν από τους πρώτους υποψήφιους για να γίνει το πρότυπο για τον ΗΙΦ [29]. Η αρχιτεκτονική του SNOMED επιτρέπει την επεξεργασία αλγορίθμων

που ενσωματώνουν διαγνωστικά κριτήρια των ασθενειών. Έτσι για παράδειγμα μπορεί να διατυπωθεί κωδικοποιημένα ότι: Εάν στη θέση Τα που παρατηρείται μία μορφολογική αλλοίωση M, και κάποια δυσλειτουργία F, υπάρχει ένας παθολογικός παράγοντας E, τότε ο ασθενής πάσχει από την ασθένεια D [30].

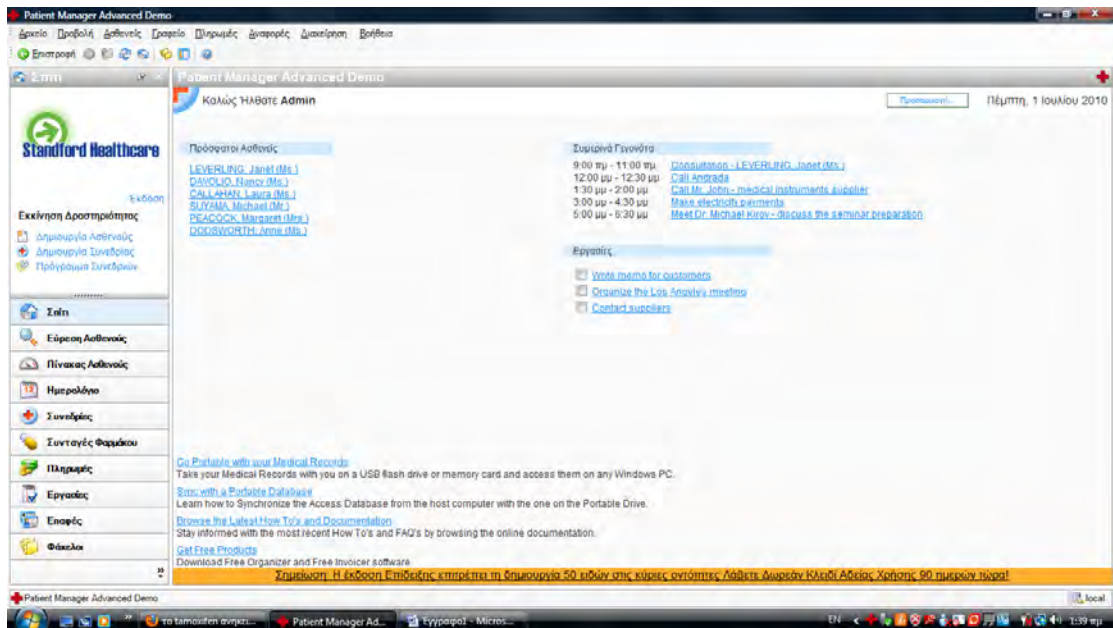
Ακολουθεί ένα παράδειγμα κωδικοποίησης SNOMED για διάγνωση καρκίνου του μαστού, με μεταστάσεις σε ήπαρ, πνεύμονες και οστά [26].

SNOMED Expression	Interpretation
DF-00000	Disease
- &(G-C006 T-04000)	& Has topography Breast
- &(G-C480 M-80103)	& Has morphology Carcinoma
- &(G-C016 T-62000)	& Metastatic to Liver
- &(G-C016 T-28000)	& Metastatic to Lung
- &(G-C016 T-11001)	& Metastatic to Bone

## 2.10 Παρουσίαση Ηλεκτρονικού Ιατρικού Φακέλου

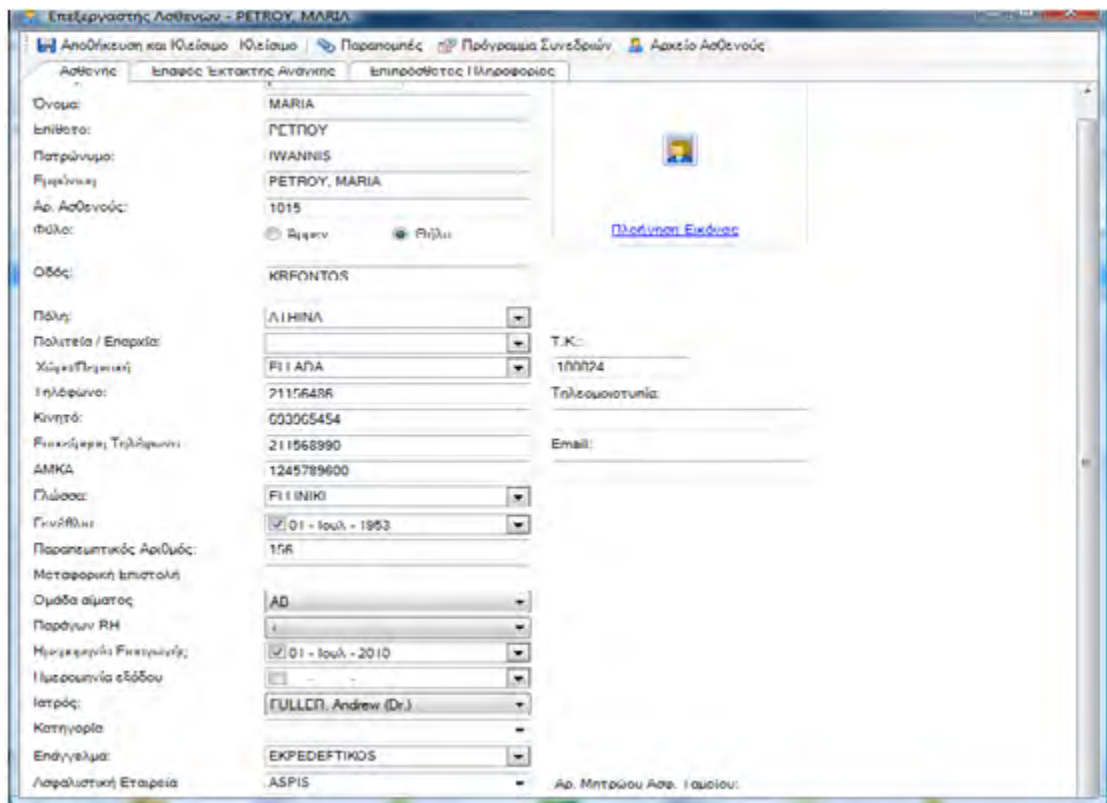
Για την καλύτερη κατανόηση της δομής και της λειτουργίας του ΗΙΦ, παρουσιάζεται μια δοκιμαστική έκδοση του λογισμικού Patient Manager Advanced, η οποία είναι διαθέσιμη στη διεύθυνση: <http://www.patientmanager.com/>.





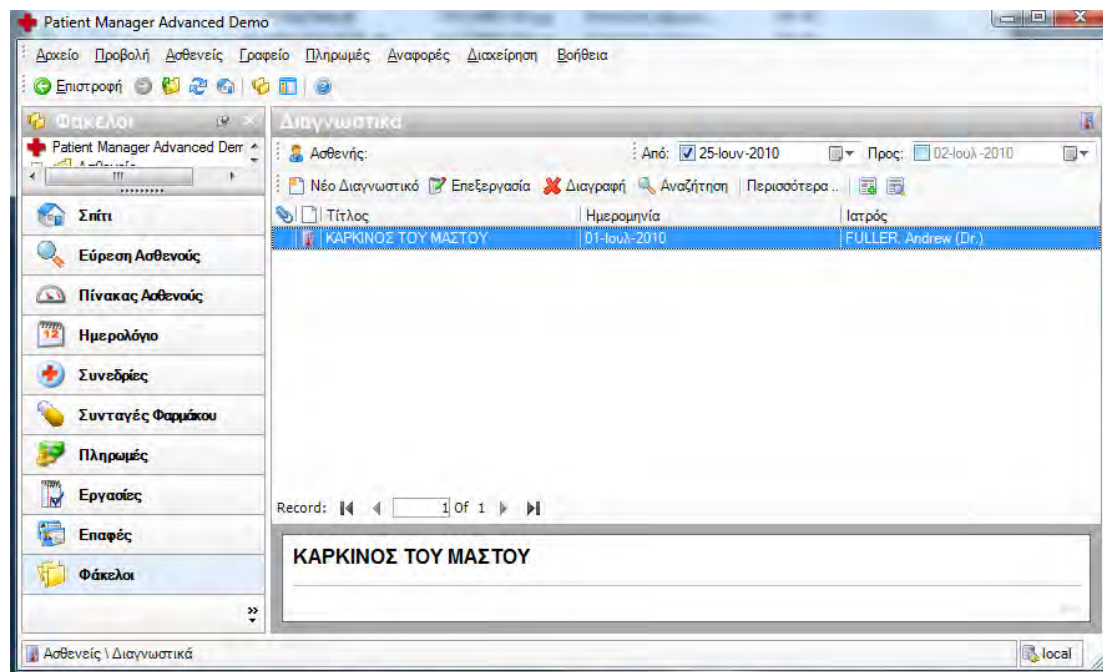
**Εικόνα 2.1:** Βασικό Μενού.

Αφού ο εξουσιοδοτημένος χρήστης εισάγει τον κωδικό του, εμφανίζεται το βασικό μενού (Εικόνα 2.1) όπου ο χρήστης επιλέγει, ανάλογα με την ενέργεια που θέλει να εκτελέσει.



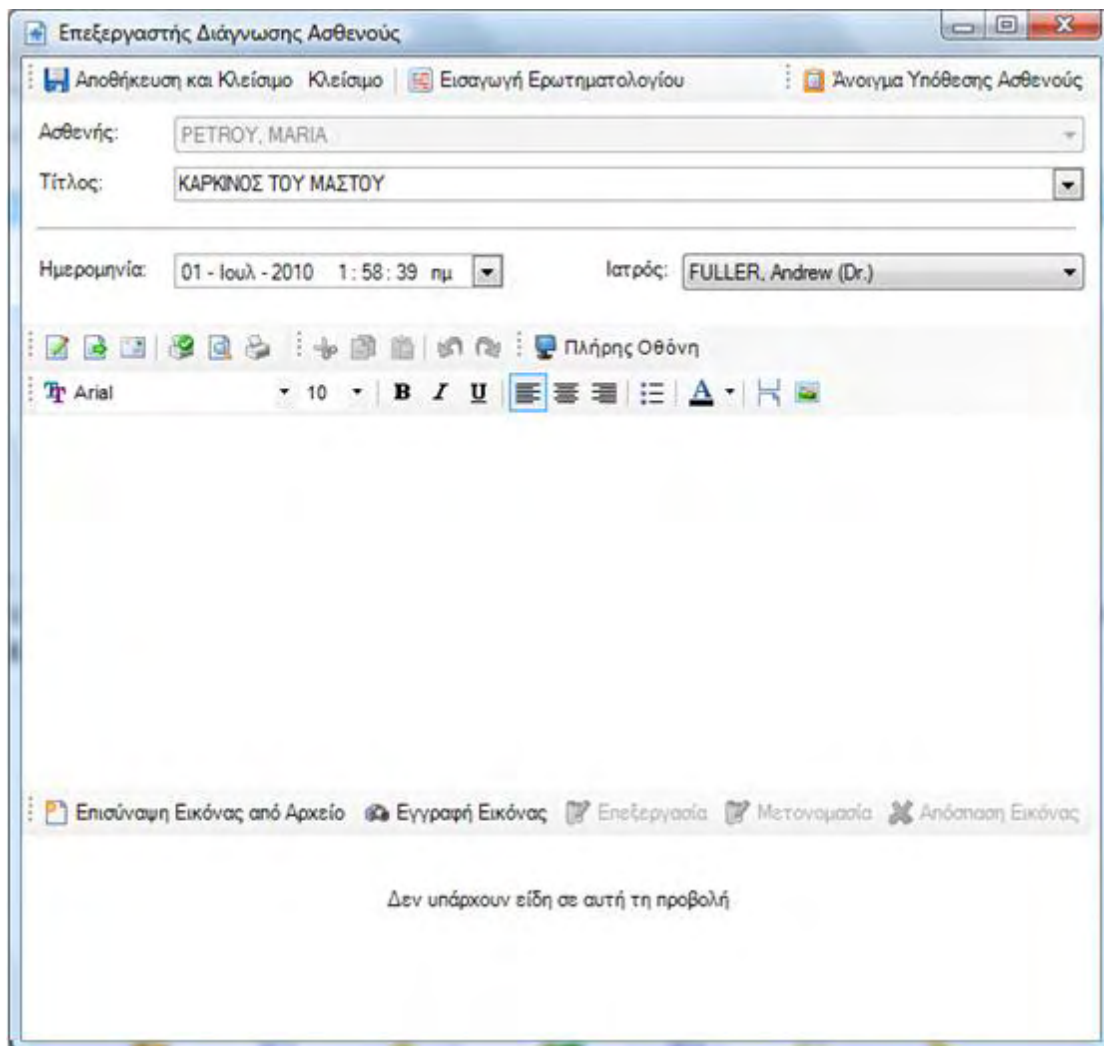
**Εικόνα 2.2:** Εισαγωγή νέου ασθενή.

Ο χρήστης επιλέγοντας «Εισαγωγή Ασθενούς» (Εικόνα 2.2) καταχωρεί τα στοιχεία του νέου ασθενή (όνομα, επίθετο, διεύθυνση, ασφαλιστικό ταμείο κ.τ.λ.).

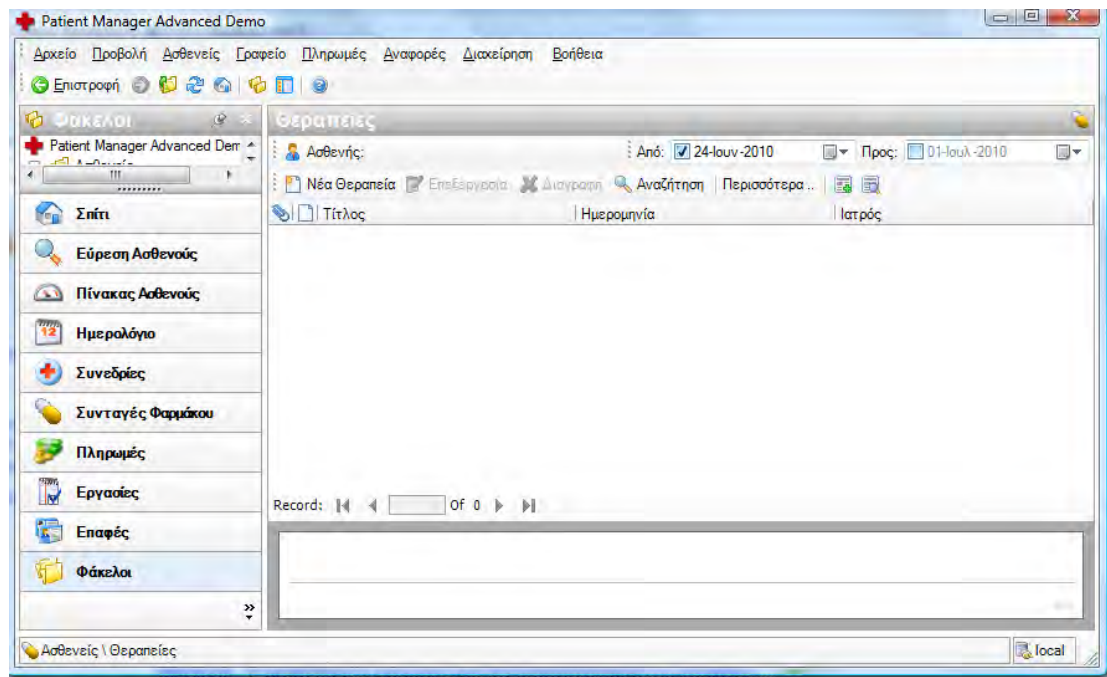


**Εικόνα 2.3:** Διαγνωστικά.

Αν ο χρήστης επιθυμεί να εισάγει διαγνώσεις για έναν ασθενή, κάνει κλικ στο «Φάκελοι» επιλέγει «Διαγνωστικά» και το όνομα του ασθενή από τη λίστα ασθενών στον οποίο αναφέρεται η διάγνωση (Εικόνα 2.3). Έπειτα γράφει την ασθένεια που έχει διαγνωσθεί επιλέγοντας «Νέο Διαγνωστικό» (Εικόνα 2.4).

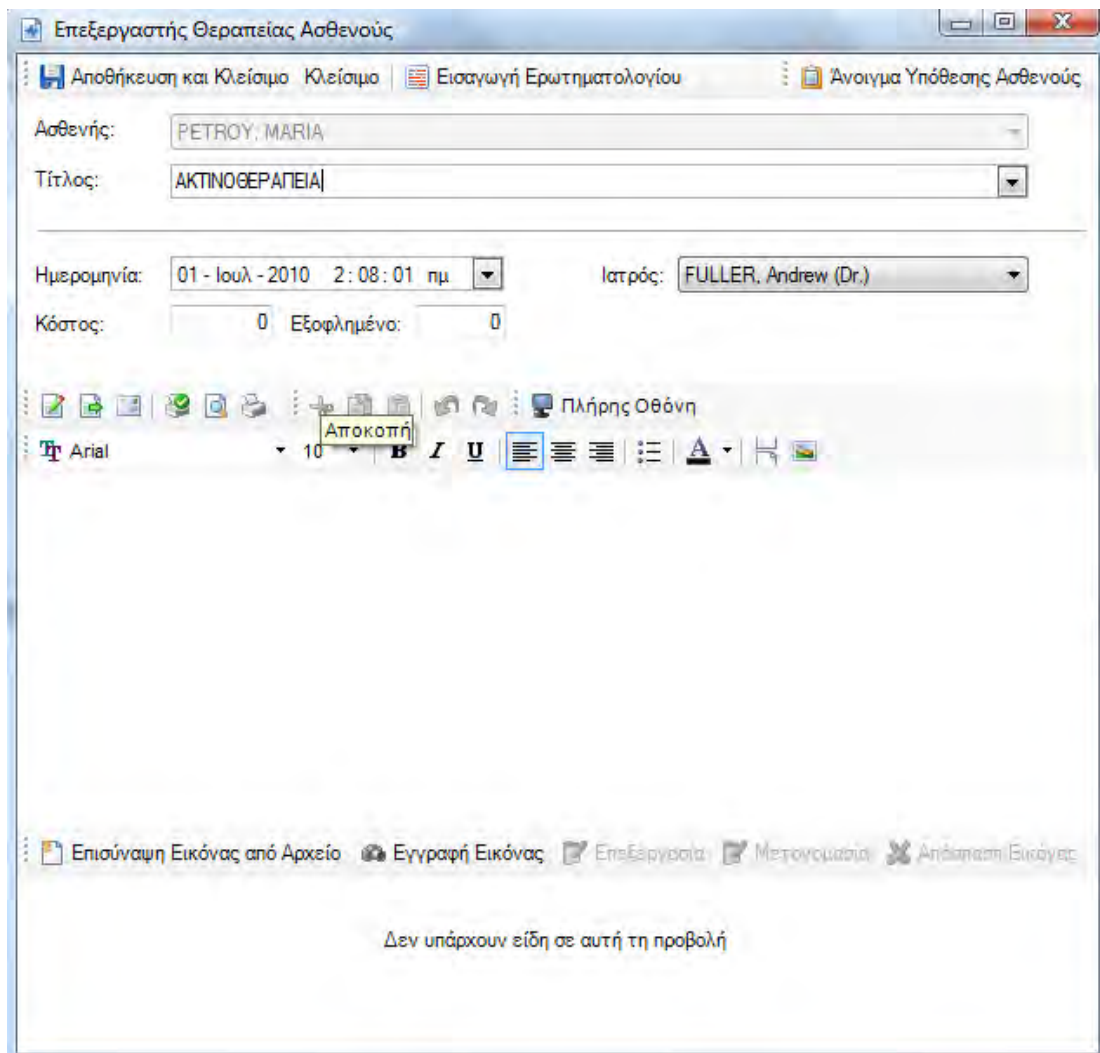


Εικόνα 2.4: Νέο Διαγνωστικό.



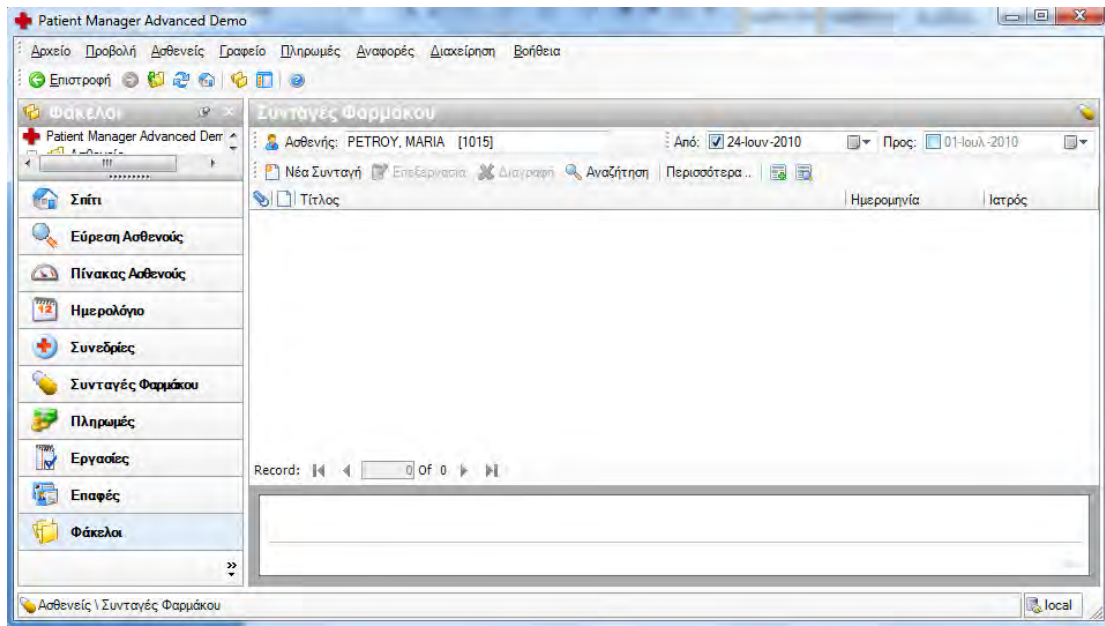
Εικόνα 2.5: Θεραπίες.

Στη συνέχεια αν ο χρήστης επιθυμεί να καταχωρήσει τις μεθόδους θεραπείας που θα ακολουθηθούν για την αντιμετώπιση της ασθένειας, κάνει κλικ στο «Φάκελοι» επιλέγει «Θεραπίες» και το όνομα του ασθενούς (Εικόνα 2.5). Κάνοντας κλικ στο «Νέα Θεραπεία» καταγράφει τις θεραπευτικές μεθόδους που θα ακολουθηθούν, π.χ. ακτινοθεραπεία. Καθώς επίσης αναγράφεται η ημερομηνία της θεραπείας, ο ιατρός και το κόστος της (Εικόνα 2.6).



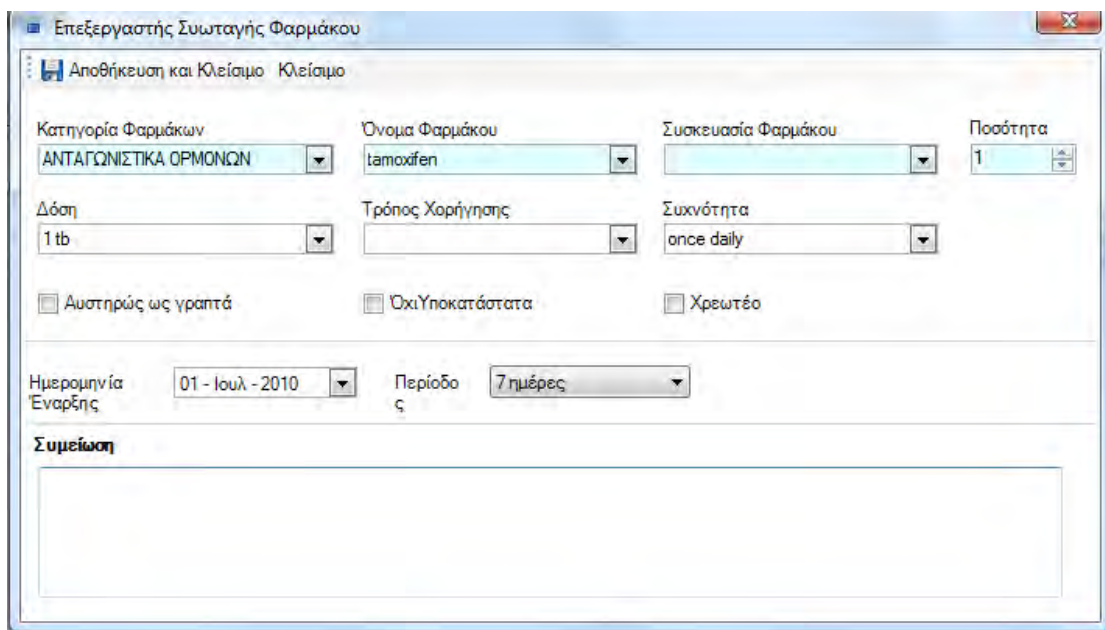
**Εικόνα 2.6:** Νέα Θεραπεία.



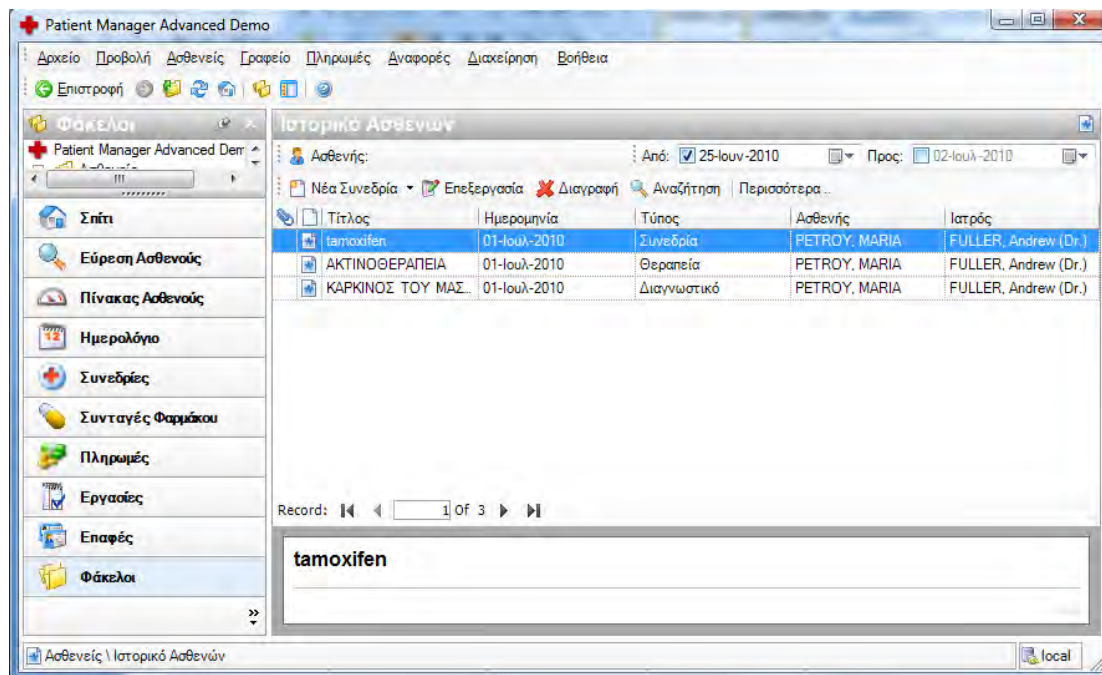


**Εικόνα 2.7:** Συνταγές Φαρμάκου.

Για την καταχώρηση της φαρμακευτικής συνταγής, ο χρήστης κάνοντας κλικ στο «Φάκελοι» επιλέγει «Συνταγές Φαρμάκου» και το όνομα του ασθενή (Εικόνα 2.7). Κάνοντας κλικ στο «Νέα Συνταγή» και «Πρόσθεση Φαρμάκου» καταχωρεί το φάρμακο που θα χορηγηθεί, την κατηγορία στην οποία ανήκει το συγκεκριμένο φάρμακο, τη δόση, τη συχνότητα λήψης κ.τ.λ. (Εικόνα 2.8).

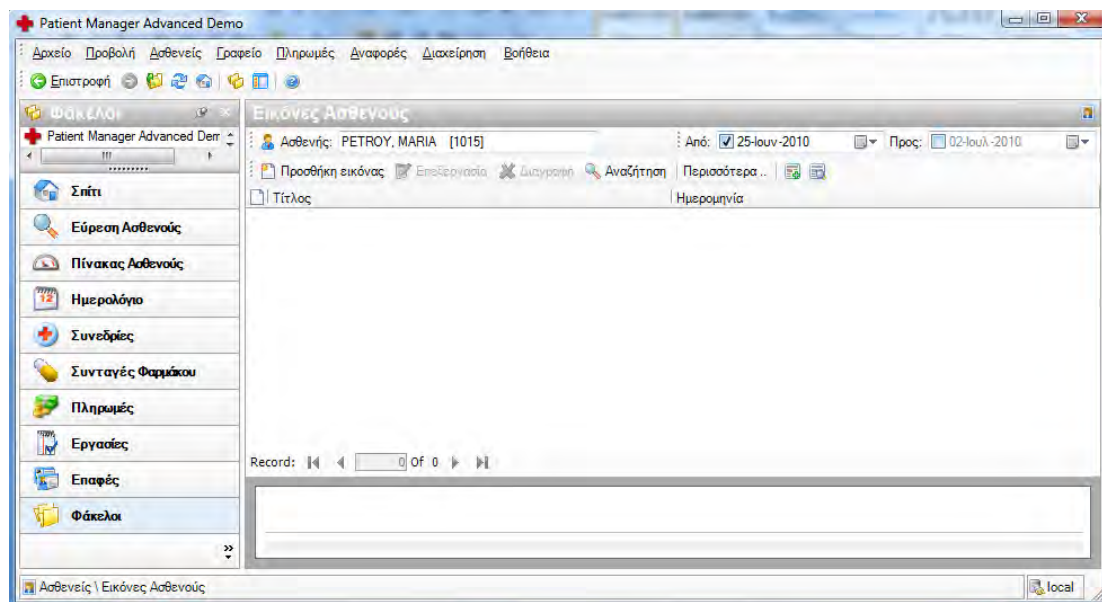


**Εικόνα 2.8:** Πρόσθεση Φαρμάκου.



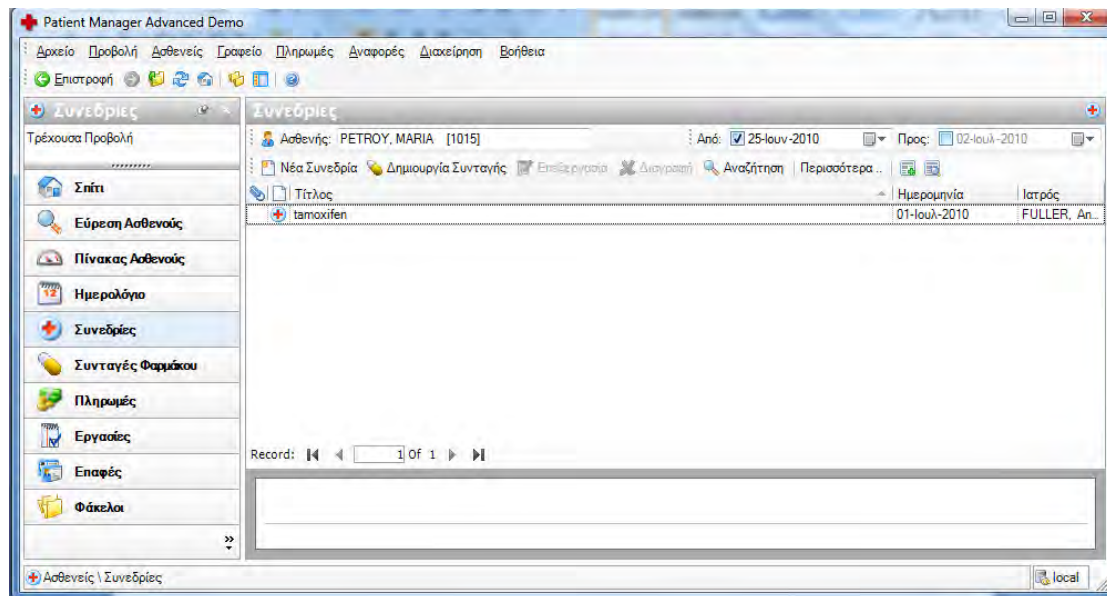
Εικόνα 2.9: Ιστορικό Ασθενών.

Κάνοντας κλικ «Φάκελοι» και επιλέγοντας «Ιστορικό Ασθενών» και το όνομα του ασθενούς, εμφανίζεται το ιστορικό του συγκεκριμένου ασθενούς (Εικόνα 2.9).



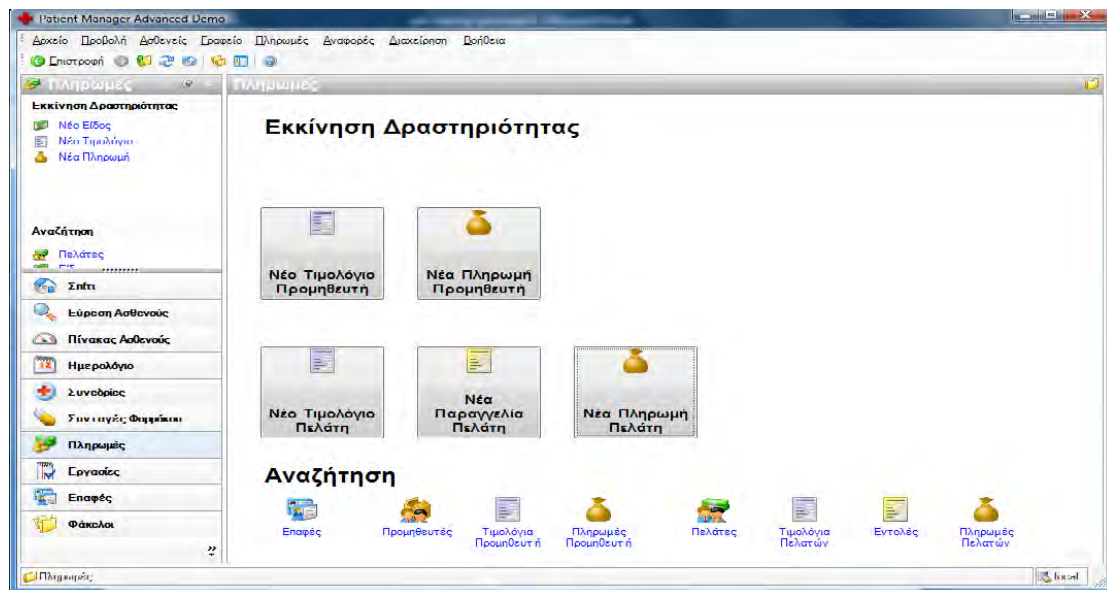
Εικόνα 2.10: Εικόνες Ασθενή.

Κάνοντας κλικ «Φάκελοι» και στη συνέχεια «Εικόνες Ασθενούς» και αφού ο χρήστης επιλέξει έναν συγκεκριμένο ασθενή (Εικόνα 2.10), καταχωρεί στον ΗΙΦ τις εικόνες από τις διάφορες εξετάσεις που ενδεχομένως έχει κάνει ο ασθενής, για παράδειγμα μια μαστογραφία, κάνοντας κλικ «Προσθήκη Εικόνας».



**Εικόνα 2.11:** Συνεδρίες.

Για την καλύτερη οργάνωση της μονάδας υγείας υποστηρίζεται και η καταγραφή των προγραμματισμένων συνεδριών του ασθενούς με τον θεράποντα ιατρό του. Κάνοντας κλικ «Συνεδρίες» και επιλέγοντας το όνομα του συγκεκριμένου ασθενή και στη συνέχεια κλικ στο «Νέα Συνεδρία» (Εικόνα 2.11).



Εικόνα 2.12: Πληρωμές.

Επίσης υποστηρίζεται και η οικονομική διαχείριση της μονάδας υγείας που χρησιμοποιεί αυτό το σύστημα (Εικόνα 2.12). Κάνοντας κλικ «Πληρωμές» και στη συνέχεια επιλέγοντας κάθε φορά την ενέργεια που επιθυμεί ο χρήστης, (Νέο τιμολόγιο προμηθευτή, Νέα πληρωμή προμηθευτή, Νέο τιμολόγιο πελάτη, Νέα παραγγελία πελάτη, Νέα πληρωμή πελάτη) όπως φαίνεται στις επόμενες εικόνες (Εικόνα 2.13, Εικόνα 2.14, Εικόνα 2.15, Εικόνα 2.16, Εικόνα 2.17).

Τιμολόγιο Προμηθευτή

Αποθήκευση και Κλείσιμο Κλείσιμο Προβολή Τιμολογίου

# Τιμολόγιο

Ημερομηνία: 02 - Ιουλ - 2010 Όχι: 1  
Νόμισμα: USD Συναλ Ισοτιμία: 1

Προμηθευτής:  Τοποθεσία:  Προθεσμία: 02 - Ιουλ - 2010

Κωδικός είδος:  Μον. Μετρ.:  Ποσ.:  Τιμή Μονάδας:  ΦΠΑ%: 19 Εκπτώση:   
Παραληφθείσα Ποσ.:

Όνομα Είδους	IM	Ποσότητα	Τιμή Μονάδας	ΦΠΑ%	Εκπτωση	Αξία	Ποσό ΦΠΑ
<b>Συνολικό</b>							
						<b>0</b>	<b>0</b>
						<b>0</b>	<b>0</b>

Εικόνα 2.13: Νέο Τιμολόγιο Προμηθευτή.

Επεξεργαστής Πληρωμής Προμηθευτή

Αποθήκευση και Κλείσιμο Κλείσιμο Προβολή Πληρωμής

# Πληρωμή

Ημερομηνία: 02 - Ιουλ - 2010 Όχι: 1  
Νόμισμα: USD Συναλ Ισοτιμία: 1

Προμηθευτής:  Τοποθεσία:   
**Ποσό:** 0 **\$0.00** Μέθοδος: Μετρηταίς

Οφειλώμενη Πληρωμή:

	Προθεσμία	Τιμολόγιο	Ποσό	Εκκρεμές Υπόλοιπο	Πληρωμή

Εκκρεμές Υπόλοιπο: **\$0.00** Αχρηματοποίητες Πληρωμές: **\$0.00**

Εικόνα 2.14: Πληρωμή Προμηθευτή.

Τιμολόγιο Πελάτη

Αποθήκευση και Κλείσιμο Κλείσιμο Προβολή Τιμολογίου

## Τιμολόγιο

Ημερομηνία: 02 - Ιουλ - 2010 Όχι: 4  
Νόμισμα: USD Συναλ Ισοτιμία: 1

Πελάτης:  Πράκτορας:   
Τοποθεσία:  Προθεσμία: 02 - Ιουλ - 2010

Κωδικός: είδος: Μον. Μετρ. Ποσ.: Τιμή Μονάδας ΦΠΑ%: Έκπτωση: Προσθήκη Στοιχείου

Όνομα Είδους	IM	Ποσότητα	Τιμή Μονάδας	ΦΠΑ%	Έκπτωση	Αξ

Create Payment on Closing 0 0  
Συνολικό 0

Εικόνα 2.15: Νέο Τιμολόγιο Πελάτη.

Εντολή

Αποθήκευση και Κλείσιμο Κλείσιμο Προβολή Παραγγελίας

## Εντολή

Ημερομηνία: 25 - Ιουλ - 2010 Όχι: 1  
Νόμισμα: USD Συναλ Ισοτιμία: 1

Πελάτης:  Πράκτορας:   
Τοποθεσία:  Προθεσμία: 02 - Ιουλ - 2010

Κωδικός: είδος: Μον. Μετρ. Ποσ.: Τιμή Μονάδα ΦΠΑ%: Έκπτωση: Προσθήκη Στοιχείου

Όνομα Είδους	IM	Ποσότητα	Τιμή Μονάδας	ΦΠΑ%	Έκπτωση	Αξ

Create Payment on Closing 0 0  
Συνολικό 0

Εικόνα 2.16: Νέα Παραγγελία Πελάτη.

Επεξεργαστής Πληρωμής Πελάτη

Αποθήκευση και Κλείσιμο   Κλείσιμο   Προβολή Πληρωμής

## Πληρωμή

Ημερομηνία: 02 - Ιουλ - 2016   Όχι: 2  
 Νόμισμα: USD   Συνολ. Ισοτιμία: 1   [Λάβετε Online τιμές](#)

Πελάτης:    Τοποθεσία:   
 Ποσό: 0   **\$0.00**   Μέθοδος: Μετρητοίς

Οφειλόμενη Πληρωμή:

	Προθεσμία	Τιμολόγιο	Ποσό	Εκκρεμές Υπόλοιπο	Πληρωμή

Εκκρεμές Υπόλοιπο: **\$0.00**   Αχρησιμοποίητες Πληρωμές: **\$0.00**

Εικόνα 2.17: Νέα Πληρωμή Πελάτη.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΤΗΣ ΥΓΕΙΑΣ

## 3.1 Γενικά

Η λήψη αποφάσεων από επαγγελματίες σε νοσοκομεία, επιχειρήσεις και διάφορους άλλους οργανισμούς παρουσιάζει μεγάλο βαθμό δυσκολίας, λόγω της αυξημένης πολυπλοκότητας που παρατηρείται. Δημιουργείται έτσι η ανάγκη για αποτελεσματικότερη και αποδοτικότερη οργάνωση, την κάλυψη της οποίας επιδιώκει η επιστήμη των αποφάσεων (Decision Science). Η υποστήριξη αποφάσεων αποτελεί μέρος της επιστήμης των αποφάσεων και αφορά στην υποστήριξη των ατόμων που πρέπει να λάβουν αποφάσεις για διάφορα ζητήματα με την βοήθεια των Συστημάτων Υποστήριξης Αποφάσεων (ΣΥΑ). Ένα παράδειγμα εφαρμογής, είναι η υποστήριξη στην λήψη της τελικής απόφασης κλινικών ιατρών διαφόρων ειδικοτήτων, για την επιλογή της καταλληλότερης θεραπείας για κάποιον ασθενή. Η υποστήριξη αποφάσεων είναι υποσύνολο της διαδικασίας λήψης αποφάσεων. Στην διαδικασία λήψης αποφάσεων, υπάρχει ένας αριθμός εναλλακτικών επιλογών από τις οποίες πρέπει να επιλεγεί μία. Η επιχειρησιακή έρευνα που είναι η επιστήμη προπαρασκευής των αποφάσεων και βασίζεται σε μαθηματικά μοντέλα απόφασης, μαζί με την διοικητική επιστήμη, «συνεργάζονται» σε θέματα μοντελοποίησης αποφάσεων και ανάλυσης αποφάσεων. Στοχεύοντας έτσι στην παραγωγή μοντέλων, με την βοήθεια των οποίων να προκύπτει η βέλτιστη απόφαση για το κάθε πρόβλημα. Συγκεκριμένα τα ΣΥΑ βοηθούν τους διάφορους επαγγελματίες να λάβουν κάποια απόφαση, παρουσιάζοντάς τους τις βέλτιστες αποφάσεις. Όμως για την λήψη της τελικής και καθοριστικής απόφασης υπεύθυνος είναι ο άνθρωπος [20].

## 3.2 Ανάλυση των αποφάσεων

Η λήψη αποφάσεων είναι ένα από τα σημαντικότερα και συνηθέστερα φαινόμενα της καθημερινής δραστηριότητας των ανθρώπων σε διάφορα επίπεδα (νοσοκομείου, επιχείρησης, καταναλωτή κ.τ.λ.). Η έννοια της απόφασης προφανώς



περιλαμβάνει κάποιον που είναι υπεύθυνος για τη λήψη μιας συγκεκριμένης απόφασης, ο οποίος καλείται αποφασίζων (decision maker). Ο αποφασίζων μπορεί να είναι ένα συγκεκριμένο άτομο (ιατρός, διευθυντής κ.τ.λ.), μπορεί όμως να είναι και κάποιο όργανο που δρα συλλογικά (διοικητικό συμβούλιο, επιτροπή κ.τ.λ.). Η υποστήριξη στην λήψη μιας απόφασης παρέχεται από επιστήμονες που διαθέτουν γνώσεις μοντέλων και επιχειρησιακής έρευνας, χωρίς όμως να αντικαθιστούν τον ρόλο του αποφασίζοντος. Τα μοντέλα είναι ένα από τα βασικά συστατικά των ΣΥΑ. Αποτελούν μια απλοποιημένη αναπαράσταση της πραγματικότητας και αποτρέπουν τον πειραματισμό με το πραγματικό σύστημα.

Η λήψη κάποιας απόφασης είναι το αποτέλεσμα μιας καλά οργανωμένης διαδικασίας, γνωστή ως διαδικασία αποφάσεων (decision process). Σύμφωνα με αυτή τη διαδικασία, συλλέγονται πληροφορίες σχετικές με το πρόβλημα, αναζητούνται λύσεις για το συγκεκριμένο πρόβλημα, ανταλλάσσονται διάφορες αποφάσεις μεταξύ των εμπλεκόμενων του προβλήματος και τέλος κατακερματίζεται το πρόβλημα σε επιμέρους προβλήματα, ώστε να διευκολυνθεί η επίλυση του κυρίως προβλήματος. Έτσι συνεπάγεται ότι απόφαση και διαδικασία αποφάσεων είναι δύο στενά συνδεδεμένες έννοιες. Ο αποφασίζων επιθυμεί να λαμβάνει τις καλύτερες δυνατές αποφάσεις και να τις επιλέγει μέσα από ένα σύνολο εναλλακτικών αποφάσεων. Όταν δεν υπάρχουν περισσότερες από μια επιλογές, τότε δεν μπορούμε να κάνουμε λόγο για πρόβλημα απόφασης. Οι περισσότερες αποφάσεις μπορούν να χαρακτηριστούν ως πολυδιάστατες. Για παράδειγμα, σε επίπεδο μονάδας υγείας όταν κάποιος ιατρός επιθυμεί να λάβει μια απόφαση για την θεραπεία κάποιου ασθενή, δεν θα πρέπει να επιλέγει με κριτήριο μόνο την αποτελεσματικότητα του φαρμάκου, άλλα στην επιλογή του θα πρέπει να συμπεριλάβει το κατά πόσο η θεραπεία είναι αποδοτική σε επίπεδο μονάδας υγείας (έλεγχος κόστους-αποτελεσματικότητας). Αναφερόμαστε δηλαδή στη βέλτιστη απόφαση που ελαχιστοποιεί το κόστος θεραπείας, σε σχέση πάντα με την αποτελεσματικότητα της θεραπείας (π.χ. προστιθέμενα έτη ζωής). Για να είναι μια απόφαση βέλτιστη, πρέπει το κριτήριο που θέλουμε να βελτιστοποιήσουμε να παίρνει την καλύτερη δυνατή τιμή [31].

### 3.2.1 Διαδικασία λήψης αποφάσεων

Η λήψη αποφάσεων απαιτεί αρκετές σύνθετες διαδικασίες. Σε πρώτη φάση συγκεντρώνονται οι εναλλακτικές αποφάσεις που οδηγούν στην λύση του προβλήματος (π.χ. διαφορετικές θεραπευτικές μέθοδοι για την αντιμετώπιση μιας ασθένειας). Έπειτα αναλύονται διεξοδικά οι επιπτώσεις όλων αυτών των εναλλακτικών αποφάσεων, ώστε να βρεθεί η πλέον κοινά αποδεκτή λύση που ικανοποιεί τους στόχους όλων των εμπλεκομένων στην διαδικασία απόφασης.

Σύμφωνα με το μοντέλο που παρουσίασε ο Simon, η διαδικασία λήψης των αποφάσεων αποτελείται από τρεις φάσεις [32], [33] :

- **Νοητική Φάση:** Πρωτίστως γίνεται αναζήτηση για όλα τα πιθανά προβλήματα που απαιτείται η λήψη κάποιας απόφασης. Έπειτα καθορίζεται ο βαθμός σημαντικότητας κάθε προβλήματος. Έτσι ώστε να προσδιοριστεί η προτεραιότητα επίλυσης του κάθε προβλήματος. Στην συνέχεια τα προβλήματα ταξινομούνται ανάλογα με την λήψη κάποιας απόφασης σε δομημένα, ημιδομημένα και αδόμητα. Στο τέλος της συγκεκριμένης φάσης, γίνεται η πλήρης καταγραφή του προβλήματος.
- **Φάση Σχεδιασμού:** Αρχικά μελετάται το πρόβλημα ώστε να γίνει κατανοητό. Έπειτα αναζητούνται όλοι οι πιθανοί τρόποι δράσης που θα εφαρμοσθούν για τον υπολογισμό των λύσεων και υπολογίζονται οι επιπτώσεις κάθε εναλλακτικής λύσης. Στην συνέχεια κατασκευάζεται ένα μοντέλο για την αναπαράσταση της κατάστασης του προβλήματος.
- **Φάση Επιλογής:** Σε αυτήν την τελική φάση επιλέγεται η καταλληλότερη απόφαση μέσα από ένα σύνολο εναλλακτικών αποφάσεων. Οι τεχνικές αναζήτησης της καταλληλότερης απόφασης εξαρτώνται από τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται.

### 3.3 Ορισμός Συστήματος Υποστήριξης Αποφάσεων

Η γρήγορη ανάπτυξη της επιστήμης της πληροφορικής και η ανάγκη ανάπτυξης βοηθητικών μέσων για αποτελεσματική λήψη αποφάσεων, είχαν ως επακόλουθο την εμφάνιση των ΣΥΑ στις αρχές της δεκαετίας του 1970. Βοηθώντας έτσι αρκετούς επαγγελματίες χωρίς να τους αντικαθιστούν, να κατανοήσουν

καλύτερα το πρόβλημα προς επίλυση και παράλληλα να λάβουν αποτελεσματικές αποφάσεις. Τα συστήματα αυτά συνδέονται άμεσα με τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές που παίζουν καθοριστικό ρόλο στην διαδικασία λήψης αποφάσεων. Αποτελούν λειτουργικά προγράμματα που τρέχουν σε πραγματικό χρόνο και επιτρέπουν την πρόσβαση στους χρήστες τους σε διάφορα στάδια. Με τη χρήση των ΣΥΑ γίνεται προσπάθεια βελτιστοποίησης της ποιότητας της πληροφόρησης στην οποία βασίζεται μία απόφαση. Επιπλέον το σύστημα παρέχει όχι μόνο μία λύση, αλλά ένα σύνολο εναλλακτικών λύσεων. Η τελική απόφαση δεν λαμβάνεται από το σύστημα, αλλά από το υπεύθυνο. Παρέχεται πληροφόρηση στον αποφασίζοντα, ώστε εκείνος να κάνει την σωστή επιλογή χρησιμοποιώντας την κρίση του. Τα ΣΥΑ αξιοποιούν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο διάφορα μοντέλα αποφάσεων (μαθηματικά, σχεσιακά κ.τ.λ.) ώστε η αποπεράτωση μιας διαδικασίας απόφασης να είναι επιτυχής. Στην βιβλιογραφία υπάρχουν αρκετοί ορισμοί για αυτά τα συστήματα, ορισμένοι από αυτούς αναφέρονται παρακάτω.

Κατά τους Sprague & Carlson τα ΣΥΑ είναι συστήματα βασισμένα σε ηλεκτρονικό υπολογιστή που διαθέτουν περιβάλλον άμεσης αλληλεπίδρασης με τον χρήστη, υποβοηθώντας έτσι στην λήψη αποφάσεων. Αντιμετωπίζουν κακώς δομημένα προβλήματα και χρησιμοποιούν δεδομένα και μοντέλα [34]. Στον ορισμό αυτόν έδωσαν μία άλλη προέκταση οι Andriole και Adelman και η τελική του ερμηνεία είναι: Τα ΣΥΑ είναι αλληλεπιδραστικά συστήματα που χρησιμοποιούν αναλυτικές μεθόδους, για παράδειγμα αλγορίθμους βελτιστοποίησης, για την δημιουργία κατάλληλων μοντέλων αποσκοπώντας στην υποβοήθηση των αποφασιζόντων για την επιλογή της καταλληλότερης απόφασης [35], [36].

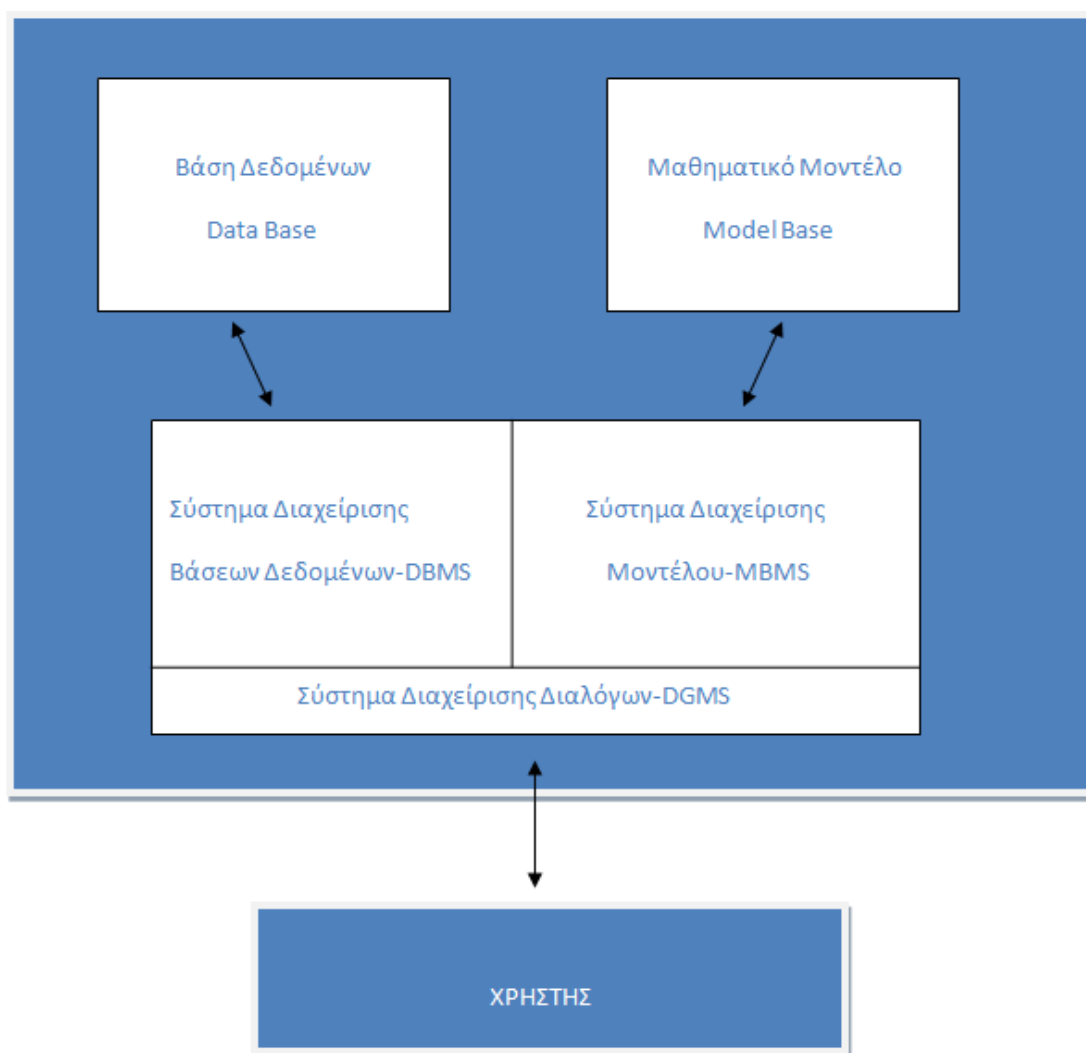
Συνδυάζοντας τους παραπάνω ορισμούς τα ΣΥΑ μπορούν να οριστούν ως αλληλεπιδραστικά υπολογιστικά συστήματα που έχουν στόχο την επίλυση αδόμητων και ημιδομημένων προβλημάτων, υποβοηθώντας τους αποφασίζοντες στην λήψη κάποιας απόφασης. Βοηθούν στην διαδικασία λήψης αποφάσεων χωρίς να αντικαθιστούν τους αποφασίζοντες.

### 3.3.1 Τα χαρακτηριστικά των Συστημάτων Υποστήριξης Αποφάσεων

Τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά των ΣΥΑ είναι [34]:

- Τα ΣΥΑ έχουν την δυνατότητα να υποστηρίξουν ημιδομημένα ή και αδόμητα προβλήματα. Η λήψη των αποφάσεων μπορεί να γίνει τόσο σε ατομικό όσο και σε ομαδικό επίπεδο.
- Παρέχουν γραφική διεπαφή χρήστη, πράγμα που τα καθιστά ιδιαίτερα εύχρηστα και φιλικά στο σύνολο των χρηστών.
- Υποστηρίζουν τον συνδυασμό των ανθρώπινων ικανοτήτων με τις δυνατότητες των ηλεκτρονικών υπολογιστών, στοχεύοντας στην βελτίωση της ποιότητας των αποφάσεων.
- Επεκτείνουν τις δυνατότητες των χρηστών. Συγκεκριμένα μειώνουν τον χρόνο για την αναζήτηση και επεξεργασία των δεδομένων, ενισχύουν την εξαγωγή συμπερασμάτων και τις γνώσεις του αποφασίζοντος (π.χ. μέσω της πρόσβασης σε γνώσεις άλλων ατόμων).
- Υποστηρίζουν και τις τέσσερις φάσεις της λήψης των αποφάσεων (νοητική, σχεδίασης, επιλογής και ολοκλήρωσης).
- Αλληλεπιδρούν με άλλα εγκατεστημένα πληροφοριακά συστήματα.
- Χρησιμοποιούν μοντέλα αποφάσεων (π.χ. μαθηματικά μοντέλα) για την επιλογή αποφάσεων και τα συνδυάζουν με βάσεις δεδομένων και τεχνικές παρουσίασης των αποτελεσμάτων.
- Διαθέτουν προσαρμοστικότητα και ευελιξία.

### 3.3.2 Δομή των Συστημάτων Υποστήριξης Αποφάσεων



**Εικόνα 3.1:** Δομή Συστημάτων Υποστήριξης Αποφάσεων [37].

Ένα ΣΥΑ αποτελείται από μία Βάση Δεδομένων (data base) που περιέχει δεδομένα τα οποία αξιοποιούνται από το συγκεκριμένο μοντέλο (model base) που χρησιμοποιείται. Προκειμένου να αξιοποιηθεί η βάση δεδομένων, είναι απαραίτητο ένα Σύστημα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων (Data Base Management System-DBMS) όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα. Για την περιγραφή του μοντέλου με υπολογιστικούς όρους, χρειάζεται ένα ειδικό λογισμικό το οποίο ονομάζεται Σύστημα Διαχείρισης Μοντέλου (Model Base Management System-MBMS). Τέλος για την διευκόλυνση της επικοινωνίας του χρήστη, ο οποίος αρκετές φορές δεν έχει τις απαραίτητες τεχνικές γνώσεις για το σύστημα, δημιουργείται ένα λογισμικό το οποίο

ονομάζεται Σύστημα Διαχείρισης Διαλόγων (Dialog Generation Management System-DGMS).

Αναλυτικότερα τα μέρη ενός τέτοιου συστήματος είναι [38]:

- **Βάση Δεδομένων:** Με τον όρο βάση δεδομένων αναφερόμαστε σε ένα σύνολο οργανωμένων και χρήσιμων πληροφοριών τις οποίες επεξεργάζονται τα ΣΥΑ.
- **Σύστημα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων-DBMS:** Πρόκειται για ένα πακέτο λογισμικού που ασχολείται με την αποθήκευση, αναζήτηση και συντήρηση των δεδομένων. Αυτό το σύστημα παρέχει πληροφόρηση στους χρήστες μέσω των υπαρχόντων δεδομένων, χωρίς να απασχολούνται οι ίδιοι με τις διαδικασίες χειρισμού των δεδομένων. Δεδομένα που προέρχονται από διάφορες πηγές, αποθηκεύονται σε ένα σύνολο αρχείων που αποτελούν τις βάσεις δεδομένων για την υποστήριξη της απόφασης. Κύριος ρόλος αυτού του συστήματος είναι να ενημερώνει τις βάσεις δεδομένων που χρησιμοποιούνται προσθέτοντας, διαγράφοντας ή μεταβάλλοντας εγγραφές. Καθώς επίσης να συσχετίζει δεδομένα που προέρχονται από διαφορετικές πηγές, και να ανακτά δεδομένα από βάσεις δεδομένων.
- **Μοντέλο:** Μέσω ενός μοντέλου (στρατηγικό, επιχειρησιακής έρευνας, στατιστικό, πρόβλεψης κ.τ.λ.) αναλύεται μια μοντελοποιημένη αναπαράσταση της πραγματικότητας. Η αναπαράσταση αυτή είναι απλοποιημένη, διότι η πραγματικότητα είναι αρκετά σύνθετη για να αναπαρασταθεί ακριβώς.
- **Σύστημα Διαχείρισης Βάσεων Μοντέλων-MBMS:** Στοχεύει να απαλλάξει τον χρήστη από την αποθήκευση και την επεξεργασία στις βάσεις μοντέλων, όπως ακριβώς και το Σύστημα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων απαλλάσσει τον χρήστη από την αποθήκευση και την επεξεργασία στις βάσεις δεδομένων. Τα πιο σημαντικά θέματα στην διαχείριση των μοντέλων είναι η δομή της βάσης μοντέλων, η επεξεργασία αυτής της βάσης που γίνεται χρησιμοποιώντας τεχνικές της τεχνητής νοημοσύνης, με στόχο την επικοινωνία μεταξύ χρηστών και μοντέλων, την ολοκλήρωση των μοντέλων και την υποβοήθηση των χρηστών στην εξαγωγή των αποτελεσμάτων της εφαρμογής. Επίσης ένα άλλο σημαντικό θέμα στη διαχείριση των μοντέλων είναι η οργάνωση του περιβάλλοντος του συστήματος διαχείρισης μοντέλων, όπου πάλι χρησιμοποιούνται μέθοδοι της τεχνητής νοημοσύνης.
- **Σύστημα Διαχείρισης Διαλόγων-DGMS:** Αποτελείται από όλα εκείνα τα μέσα που εμπλέκονται μεταξύ των χρηστών και του συστήματος, εξασφαλίζοντας έτσι

την επικοινωνία τους. Θεωρείται ένα από τα σημαντικότερα συστατικά ενός ΣΥΑ, διότι είναι το μέσω με το οποίο έρχεται σε επαφή ο χρήστης για κάθε εργασία που πραγματοποιεί [34]. Η επικοινωνία πραγματοποιείται με αλληλεπιδραστικό διάλογο μεταξύ χρήστη και συστήματος.

### 3.4 Συστήματα Υποστήριξης Κλινικών Αποφάσεων

Ο συνδυασμός της ανάπτυξης της ιατρικής και των τεχνολογικών επιτευγμάτων, δημιουργεί τις προϋποθέσεις για διαρκή βελτίωση όχι μόνο σε ποιότητα ιατρικών υπηρεσιών αλλά και σε ακρίβεια, αποτελεσματικότητα και χαμηλό κόστος στο χώρο της υγείας. Ο άνθρωπος έχει περιορισμένες δυνατότητες στο να διαχειρίζεται και να αξιοποιεί όλες τις διαθέσιμες πληροφορίες που αναφέρονται σε έναν ασθενή, για τη λήψη κάποιας απόφασης. Η ανθρώπινη μνήμη μπορεί να επεξεργαστεί και να συνδυάσει αποτελεσματικά έναν περιορισμένο αριθμό παραμέτρων. Για το λόγο αυτό αναπτύχθηκαν τα Συστήματα Υποστήριξης Κλινικών Αποφάσεων (ΣΥΚΑ), τα οποία έχουν μεγαλύτερες υπολογιστικές και συνδυαστικές ικανότητες και είναι σε θέση να επεξεργάζονται περισσότερο αποτελεσματικά τις κλινικές πληροφορίες παράγοντας πιο αξιόπιστα αποτελέσματα. Τα ΣΥΚΑ, αποτελούν μία εφαρμογή των ΣΥΑ στον χώρο της υγείας. Πρόκειται για συμβουλευτικά συστήματα που χρησιμοποιούν μαθηματικά μοντέλα, μεθόδους τεχνητής νοημοσύνης και μεθόδους επεξεργασίας ιατρικών δεδομένων, για την επίλυση σύνθετων προβλημάτων που εμφανίζονται στην κλινική πράξη [39]. Τα κύρια συστατικά ενός ΣΥΚΑ είναι [40]:

- **Ιατρική γνώση:** Ο τρόπος αναπαράστασης της ιατρικής γνώσης δεν είναι ίδιος για όλα τα συστήματα.
- **Σύνολο δεδομένων του ασθενούς:** Η ιατρική γνώση του ΣΥΚΑ χρησιμοποιείται για την ερμηνεία των δεδομένων κάθε ασθενή. Έτσι για παράδειγμα, τα δεδομένα του ασθενούς χρησιμοποιούνται σαν παράμετροι σε ένα Μαρκοβιανό μοντέλο.
- **Εφαρμογή των δεδομένων:** Τα δεδομένα του ασθενούς εφαρμόζονται στην ιατρική γνωσιακή βάση.

Τα ΣΥΚΑ παρέχουν στους κλινικούς ιατρούς και στο παραϊατρικό προσωπικό γνώση, μέσω της πρόσβασης σε συγκεκριμένες πληροφορίες που είναι διαθέσιμες τις κατάλληλες χρονικές στιγμές, ακόμη και από εξωτερικές βάσεις δεδομένων. Με

άμεσο στόχο την βελτίωση του επιπέδου της ιατρικής φροντίδας. Επίσης περιλαμβάνουν υπενθυμίσεις για προληπτική φροντίδα και ειδοποιήσεις για πιθανές επικίνδυνες καταστάσεις όσον αφορά την υγεία των ασθενών. Έχει αναπτυχθεί ένας μεγάλος αριθμός τέτοιων συστημάτων που καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών. Για παράδειγμα, την υποβοήθηση της διάγνωσης, τη μοντελοποίηση της πιθανότητας εμφάνισης διαφόρων ασθενειών ή της αποτελεσματικότητας διαφόρων θεραπευτικών σχημάτων. Με χρήση τόσο των δεδομένων του ασθενούς, όσο και παραγόντων επικινδυνότητας και αποτελεσματικότητας των διαθέσιμων θεραπευτικών σχημάτων για τη συγκεκριμένη ασθένεια. Η συνηθέστερη χρήση των ΣΥΚΑ είναι για την εξασφάλιση ακριβών και έγκυρων διαγνώσεων, αποτελεσματικών θεραπευτικών μεθόδων αντιμετώπισης ασθενειών, έγκαιρο προ-συμπτωματικό έλεγχο για διάφορες αποτρέψιμες ασθένειες, καθώς και για αποτροπή δυσμενών γεγονότων κατά τη διάρκεια της φαρμακευτικής αγωγής. Ωστόσο τα ΣΥΚΑ συμβάλλουν στη μείωση του κόστους και βελτιώνουν την αποδοτικότητα σε επίπεδο μονάδας υγείας. Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 3.1) παρουσιάζονται ορισμένα παραδείγματα χρήσης των ΣΥΚΑ ανάλογα με τον εκάστοτε στόχο.



**Πίνακας 3.1:** Παραδείγματα χρήσης των ΣΥΚΑ.

<b>ΣΤΟΧΟΣ</b>	<b>ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ</b>
<b>Διάγνωση</b>	Προτάσεις για τις πιθανές διαγνώσεις που ταιριάζουν με τα σημάδια και τα συμπτώματα ενός ασθενή.
<b>Σχεδίαση φαρμακευτικής αγωγής</b>	Οδηγίες θεραπείας για τις συγκεκριμένες διαγνώσεις, συστάσεις δόσης φαρμάκων και προειδοποιήσεις για αλληλεπιδράσεις φαρμάκων.
<b>Προληπτική φροντίδα</b>	Προ-συμπτωματικός έλεγχος
<b>Αποδοτικότητα</b>	Σχεδιασμός θεραπείας ώστε να ελαχιστοποιηθεί η διάρκεια παραμονής του ασθενούς στο νοσοκομείο (ελαχιστοποίηση κόστους θεραπείας της ασθένειας).
<b>Μείωση του κόστους δαπανών</b>	Εφαρμογή μαθηματικών μοντέλων για την εύρεση της βέλτιστης πολιτικής ελαχιστοποίησης του κόστους, για την θεραπευτική αντιμετώπιση του καρκίνου του μαστού.

### **3.5 Υποστήριξη Διάγνωσης – Θεραπείας**

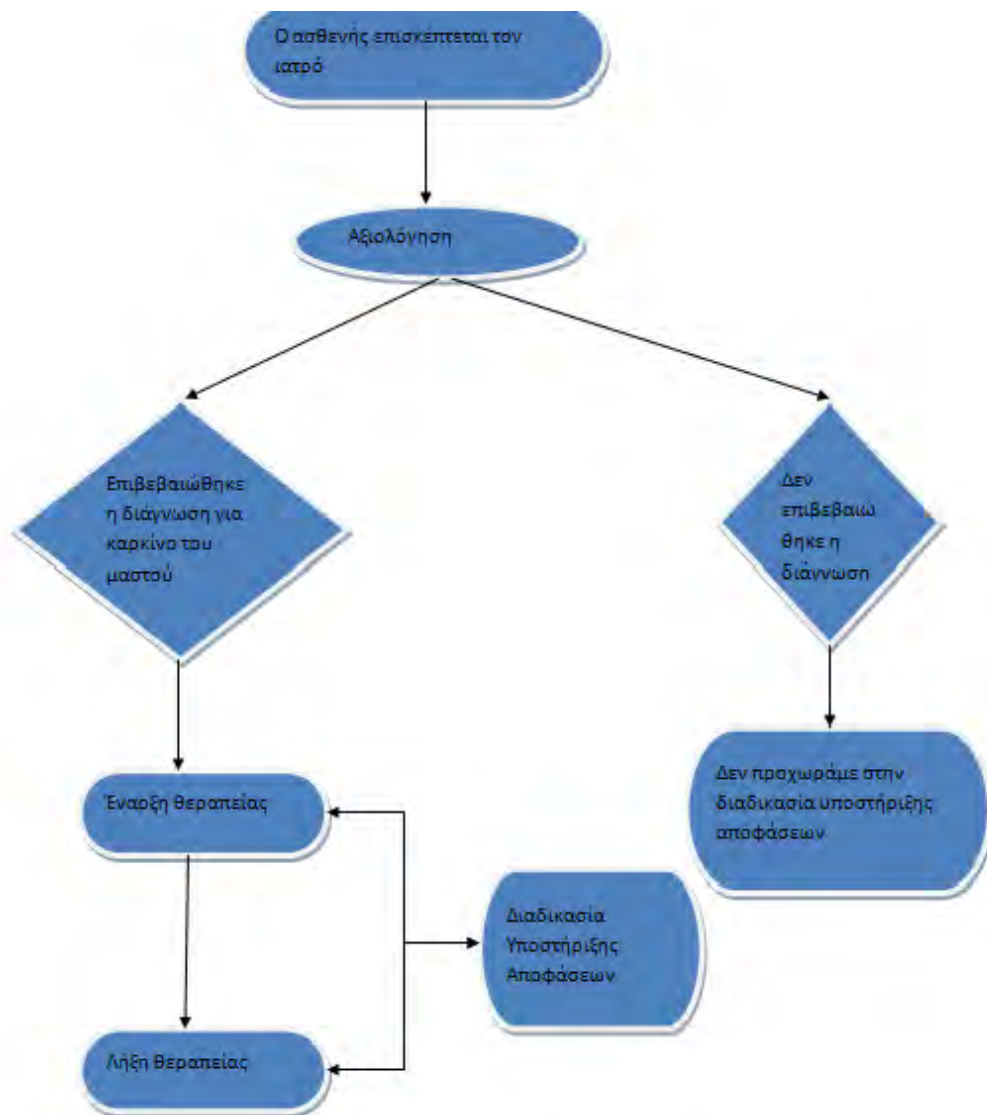
Η αντιμετώπιση οποιασδήποτε ασθένειας στηρίζεται στην αλληλουχία: παρατήρηση, αιτιολόγηση-διάγνωση, δράση-θεραπεία. Οι παραπάνω διαδικασίες αποτελούν τον κύκλο Διάγνωσης – Θεραπείας (Εικόνα 3.2) [41]. Συγκεκριμένα ο θεράπων ιατρός, προκειμένου να καταλήξει στη διάγνωση κάποιας ασθένειας και στη συνέχεια να εφαρμόσει την απαραίτητη θεραπευτική αγωγή, συλλέγει διάφορες πληροφορίες για τον ασθενή από τον ΗΙΦ του ασθενούς, τις οποίες συνδυάζει με την εμπειρία του, με πληροφορίες από τη βιβλιογραφία ή άλλες πηγές. Το αποτέλεσμα της επεξεργασίας των παραπάνω πληροφοριών αποτελεί τμήμα της διαδικασίας λήψης απόφασης, και αποτελεί τη διάγνωση. Στη συνέχεια, ανάλογα με τη διάγνωση πραγματοποιείται η χάραξη της θεραπευτικής αγωγής/θεραπευτικής μεθόδου. Όταν

ολοκληρωθεί η διαδικασία της χάραξης της θεραπευτικής αγωγής εφαρμόζεται στον ασθενή η κατάλληλη θεραπεία. Ανάλογα με το αποτέλεσμα της θεραπείας, ο κύκλος μπορεί να εκτελεστεί ξανά μία ή περισσότερες φορές.



**Εικόνα 3.2:** Κύκλος Διάγνωσης – Θεραπείας.

Ακολουθεί ένα παράδειγμα αλγορίθμου για υποστήριξη αποφάσεων, σε ασθενείς που ενδεχομένως να έχουν προσβληθεί από καρκίνο του μαστού (Εικόνα 3.3).



Εικόνα 3.3: Υποστηρικτικός αλγόριθμος [42].

### 3.6 Επισκόπηση στα Συστήματα Υποστήριξης Κλινικών Αποφάσεων

Τα παραδοσιακά Ιατρικά Πληροφοριακά Συστήματα (Health Information Systems) και τα Ιατρικά Διοικητικά Πληροφοριακά Συστήματα (Health Management Information Systems) διαθέτουν εσωστρεφείς βάσεις δεδομένων, περιορισμένες αναλυτικές ικανότητες και μικρή δυνατότητα συγκριτικών μεθόδων. Τα περισσότερα από αυτά τα συστήματα επιτυγχάνουν πλέον την σωστή συλλογή και αποθήκευση πληθώρας δεδομένων, ιατρικών και διοικητικών διεργασιών. Όμως τα συστήματα αυτά δεν έχουν την δυνατότητα να εξάγουν χρήσιμα και εύλογα συμπεράσματα ή πληροφορίες.

Το κενό αυτό έρχονται να το καλύψουν τα ΣΥΚΑ. Οι σημαντικότεροι στόχοι αυτών των συστημάτων είναι: Η υποβοήθηση των διοικητών στην επίλυση ημιδομημένων προβλημάτων και η υποστήριξη των αποφάσεών τους χωρίς την αντικατάστασή τους. Καθώς επίσης και η αύξηση της αποτελεσματικότητας λήψεως αποφάσεων. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι διαφορές μεταξύ των παραδοσιακών πληροφοριακών συστημάτων υγείας και των ΣΥΚΑ [43].

**Πίνακας 3.2:** Διαφορές Παραδοσιακών Πληροφοριακών Συστημάτων Υγείας-ΣΥΚΑ.

<b>ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΓΕΙΑΣ</b>	<b>ΣΥΚΑ</b>
Επεξεργάζονται εσωτερικά δεδομένα. Περιγραφικά στατιστικά. Περιγραφικές αναφορές.	Επεξεργάζονται εσωτερικά και εξωτερικά δεδομένα. Χρησιμοποιούν μοντέλα αποφάσεων.
Εφαρμόζονται σε δομημένα προβλήματα. Προβλήματα ρουτίνας.	Εφαρμόζονται σε ημιδομημένα και πολύπλοκα προβλήματα. Κλινικά και διοικητικά θέματα.
Παθητική χρήση.	Ενεργή συμμετοχή του χρήστη.

Ο J.Tan διαχωρίζει την εξέλιξη των ΣΥΚΑ σε τρεις περιόδους. Συγκεκριμένα κατά την πρώτη περίοδο 1950-1960, έκαναν την εμφάνισή τους διαγνωστικά συστήματα που είχαν εκπαιδευτικό και ερευνητικό χαρακτήρα. Χρησιμοποιήθηκαν στην ιατρική διάγνωση και στην υποβοήθηση των κλινικών αποφάσεων με την χρήση των Η/Υ. Στοχεύοντας στην αύξηση της εγκυρότητας των κλινικών δεδομένων. Κατά την δεύτερη περίοδο της εξέλιξης των ΣΥΚΑ, αναπτύχθηκαν συστήματα που ενσωμάτωναν τις κλινικές και τις διοικητικές διεργασίες. Δόθηκε ιδιαίτερο βάρος στην μείωση του κόστους και στην καλύτερη εξυπηρέτηση των ασθενών. Την συγκεκριμένη περίοδο εμφανίστηκαν δύο είδη συστημάτων, από τη μία τα ΣΥΚΑ μεγάλης κλίμακας και από την άλλη τα συστήματα για τον έλεγχο του κόστους της θεραπείας. Τα πρώτα ενσωμάτωναν ιατρικά δεδομένα π.χ. μέσω του ιατρικού φακέλου του ασθενούς και χρησιμοποιούσαν μοντέλα αποφάσεων για την λήψη κάποιας απόφασης. Ενώ τα δεύτερα περιλάμβαναν δεδομένα και μοντέλα για τον έλεγχο του κόστους και τη διοίκηση των πόρων. Τέλος κατά την τρίτη περίοδο που

ξεκίνησε στις αρχές της δεκαετίας του 1990, αναπτύχθηκαν συστήματα που βασίζονται σε γνώση (Knowledge-based systems), συστήματα με queries για τεράστιες βάσεις δεδομένων και διαδικτυακά συστήματα [43].

Η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης στην ιατρική για την υποστήριξη των κλινικών ιατρών, ξεκινά στις αρχές της δεκαετίας του 1970. Έτσι ο De Dombal [44] ανέπτυξε ένα σύστημα το οποίο έκανε διάγνωση σε ασθενείς με οξύ κοιλιακό πόνο. Ο ιατρός εισήγαγε τα συμπτώματα του ασθενούς και το σύστημα παρήγαγε τις πιθανότητες των πιθανών διαγνώσεων. Το συγκεκριμένο σύστημα παρά τον απλοϊκό του χαρακτήρα μελετήθηκε σε οκτώ ιατρικά κέντρα και αποδείχθηκε ότι μπορεί να αυξήσει την διαγνωστική ακρίβεια, μειώνοντας την θνησιμότητα και το κόστος [45].

Τα πιθανοτικά συστήματα παρά την αρχική τους επιτυχία στην συνέχεια έπαψαν να θεωρούνται πρακτικά. Αρκετοί αμφισβητούσαν την καταλληλότητα της θεωρίας των πιθανοτήτων για την υποστήριξη αποφάσεων σε συνθήκες αβεβαιότητας. Έτσι στις Ηνωμένες Πολιτείες αναπτύχθηκε ένα νέο σύστημα για να βοηθήσει τους ιατρούς στην διαδικασία της διάγνωσης, το MYCIN [46]. Το MYCIN βασίζεται σε ένα σύνολο από κανόνες, μέσω των οποίων γίνεται η εξαγωγή συμπερασμάτων. Το σύστημα μέσω αυτών των κανόνων δημιουργεί ένα «δίκτυο συλλογισμών». Αρχικά ξεκινά από δεδομένα που αφορούν τον ασθενή, αποτελέσματα εξετάσεων, συμπτώματα κ.τ.λ. και συνεχίζοντας το συλλογισμό μέσα από διάφορα ενδιάμεσα επίπεδα καταλήγει σε μια διάγνωση ή θεραπεία. Τα συστήματα που βασίζονται σε κανόνες αναφέρονται και σαν «έμπειρα συστήματα», γιατί προσπαθούν να μιμηθούν τον τρόπο σκέψης διαφόρων ειδικών επαγγελματιών με σύνολα από κανόνες. Η διαχείριση της αβεβαιότητας πραγματοποιείται με την ανάθεση συγκεκριμένων συντελεστών βεβαιότητας σε κάθε κανόνα.

Στη δεκαετία του 1980 αναπτύχθηκε στο πανεπιστήμιο Stanford ένα άλλο ΣΥΚΑ, το PATHFINDER, το οποίο είναι ένα «έμπειρο σύστημα». Παρακάτω παρουσιάζονται οι τέσσερις εκδόσεις του συστήματος που δημιουργήθηκαν για το χειρισμό των διαφόρων καταστάσεων αβεβαιότητας. Η έκδοση PATHFINDER I δεν είχε την δυνατότητα να ανταπεξέρχεται σε καταστάσεις αβεβαιότητας και ήταν βασισμένη σε κανόνες. Στην έκδοση PATHFINDER II για την εξαγωγή συμπερασμάτων, ύστερα από αρκετούς πειραματισμούς, χρησιμοποιήθηκε ένα απλοϊκό μοντέλο Bayes. Σύμφωνα με αυτό το μοντέλο όλα τα ευρήματα θεωρούνται υπό συνθήκη ανεξάρτητα μεταξύ τους. Για το PATHFINDER II, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η διάγνωση ήταν λανθασμένη για το 10% των περιστατικών, λόγω του

ότι είχε μηδενιστεί η πιθανότητα ενός σπάνιου άλλα πιθανού γεγονότος. Το PATHFINDER III χρησιμοποιούσε το ίδιο μοντέλο Bayes με το II, όμως χρησιμοποιούσε ένα διαφορετικό πρωτόκολλο με το οποίο δεν αγνοούσε τα γεγονότα με μικρή πιθανότητα εμφάνισης. Το PATHFINDER IV για την αναπαράσταση των εξαρτήσεων που δεν μπορούσε να χειριστεί το μοντέλο Bayes, χρησιμοποιούσε ένα δίκτυο πεποίθησης [47].

### 3.7 Η επιτυχία των ΣΥΚΑ στην κλινική πρακτική

Οι σημαντικότεροι παράγοντες που συμβάλουν στην επιτυχία των ΣΥΚΑ, στην βελτίωση του επιπέδου των παρεχόμενων υπηρεσιών υγείας και γενικότερα στην βελτίωση της κλινικής πρακτικής είναι οι ακόλουθοι [48]:

- **Χρησιμοποίηση συστημάτων ΗΙΦ:** Άμεση πρόσβαση στο ιατρικό ιστορικό του ασθενούς.
- **Αυτόματη παροχή υποστήριξης αποφάσεων:** Για παράδειγμα συστάσεις για τη θεραπεία του καρκίνου του μαστού επισυνάπτονται στον ΗΙΦ του ασθενούς από το παραϊατρικό προσωπικό. Έτσι ο ιατρός μπορεί εύκολα να αναζητήσει την προτεινόμενη θεραπεία του ΣΥΚΑ.
- **Υποστήριξη αποφάσεων με τη βοήθεια Η/Υ:** Για παράδειγμα όσοι ασθενείς έχουν καθυστερήσει να υποβληθούν σε προληπτικό μαστογραφικό έλεγχο, ανιχνεύονται με ερώτηση στη βάση δεδομένων και όχι με την χρονοβόρα αναζήτηση μέσα στους φακέλους.
- **Παροχή συστάσεων και όχι μόνο απλή αξιολόγηση ενός περιστατικού:** Για παράδειγμα το σύστημα προτείνει κάποια θεραπεία για τον καρκίνο του μαστού. Χωρίς να αναγνωρίζει απλά τα συμπτώματα του ασθενούς.
- **Η υποστήριξη των αποφάσεων συμβαίνει κατά τον χρόνο της λήψης των αποφάσεων:** Με αυτόν τον τρόπο, οι συστάσεις για τον εκάστοτε προληπτικό έλεγχο, παρέχονται με τη μορφή υπενθυμίσεων στο φάκελο του ασθενούς, κατά τη διάρκεια της εξέτασης.
- **Όταν ο ιατρός δεν ακολουθήσει τις συστάσεις του ΣΥΚΑ απαιτείται αιτιολόγηση:** Για παράδειγμα αν ο ιατρός δεν παρέχει εμβολιασμό σε κάποιον ασθενή όπως του συστήνει το σύστημα, πρέπει να αιτιολογήσει γιατί συνέβη αυτό. Μπορεί να αρνήθηκε ο ασθενής ή να μη το έκρινε αναγκαίο ο ιατρός.

- **Συμμετοχή των χρηστών στην ανάπτυξη των ΣΥΚΑ:** Ο σχεδιασμός και η υλοποίηση των ΣΥΚΑ οριστικοποιήθηκε με τη συμμετοχή ορισμένων αντιπροσώπων των μελλοντικών χρηστών, για αποτελεσματικότερη λειτουργία.
- **Μείωση του αριθμού των λαθών κατά τη διάρκεια χορήγησης φαρμακευτικής αγωγής:** Τα συστήματα που αυτοματοποιούν την παραγγελία των φαρμάκων περιλαμβάνουν συστήματα υποστήριξης αποφάσεων. Καθορίζοντας έτσι τη δόση του φαρμάκου, τη συχνότητα λήψης και τον τρόπο χορήγησης. Υπάρχει όμως και δυνατότητα πιο σύνθετων λειτουργιών, όπως έλεγχος για αλλεργίες σε φάρμακα, αλληλεπίδραση ενός φαρμάκου με άλλα φάρμακα και υπενθυμίσεις για επόμενες παραγγελίες φαρμάκων. Έτσι τα συγκεκριμένα συστήματα μειώνουν τα λάθη κατά την θεραπευτική αγωγή [49].
- **Βελτίωση προληπτικής περίθαλψης:** Η παροχή αυτόματων μηνυμάτων και υπενθυμίσεων στο στάδιο της λήψης αποφάσεων, μειώνει τα λάθη που οφείλονται στην τεράστια ποσότητα πληροφοριών. Επίσης κινεί το ενδιαφέρον του ιατρού στο να κάνει κάποιους απαραίτητους προληπτικούς ελέγχους, όπως προληπτικό μαστογραφικό έλεγχο. Τα προαναφερθέντα αυτόματα μηνύματα αφορούν κριτήρια για εξετάσεις και επεμβάσεις, ενδείξεις ότι πλησιάζει ο χρόνος για κάποια επέμβαση ή κάποια προγραμματισμένη μαστογραφία, ειδοποιήσεις για εξετάσεις όταν υπάρχουν αποκλίσεις από τα κανονικά επίπεδα κ.τ.λ. [50].
- **Βελτίωση των πρακτικών συνταγογράφησης των φαρμάκων:** Τα ΣΥΚΑ που παράγουν υπενθυμίσεις σχετικά με την φαρμακευτική αγωγή, οδηγούν τους ιατρούς σε καλύτερη διαχείριση της φαρμακευτικής αγωγής. Για παράδειγμα με την παραγγελία κατάλληλων διαγνωστικών εξετάσεων [51].
- **Εξοικονόμηση χρόνου στον χώρο της ιατρικής περίθαλψης:** Στο χώρο της ιατρικής περίθαλψης ο χρόνος παίζει πολύ σημαντικό ρόλο. Ένας από τους σημαντικότερους λόγους που παρεμποδίζεται η αποδοχή των ΣΥΚΑ, είναι ο φόβος ότι η υιοθέτησή τους θα αυξήσει τον απαιτούμενο χρόνο στην ιατρική περίθαλψη. Αρκετές μελέτες έχουν δείξει ότι η εξοικονόμηση χρόνου για το ιατρικό και παραϊατρικό προσωπικό με τη χρήση ενός ΣΥΚΑ, αποτελεί έναν από τους βασικότερους παράγοντες που καθορίζουν την επιτυχία των ΣΥΚΑ [52].

### **3.8 Συμπεράσματα**

Στο παραπάνω κεφάλαιο δώσαμε τους βασικούς μηχανισμούς λήψης ιατρικών αποφάσεων, που βασίζονται σε διάφορα ιατρικά πρωτόκολλα και ανιχνεύσαμε τα πλεονεκτήματα μιας τέτοιας διεργασίας λήψης ιατρικών αποφάσεων. Εντοπίζοντας παράλληλα και τους βασικούς παράγοντες που καθορίζουν την επιτυχία ενός τέτοιου εγχειρήματος.



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΥΓΕΙΑΣ

## 4.1 Γενικά

Οι υγειονομικές ανάγκες στις περισσότερες χώρες, αυξάνονται με δυσανάλογους ρυθμούς σε σχέση με τους διαθέσιμους πόρους για υγειονομική φροντίδα. Το φαινόμενο αυτό οδηγεί στην ανάγκη για έλεγχο του υγειονομικού κόστους. Οι πιέσεις για τη μείωση του κόστους και τη βελτίωση της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών υγείας, οδήγησαν στην ανάπτυξη ποικίλων μέτρων απόδοσης των οργανισμών φροντίδας υγείας. Τα μέτρα απόδοσης σχετίζονται με τη μέτρηση της αποδοτικότητας και της αποτελεσματικότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών υγείας.

Αυτό το οποίο απασχολεί τις υπηρεσίες υγείας είναι η αποδοτικότητα, δηλαδή η χρήση αποδοτικών τεχνικών με σωστό τρόπο, στον κατάλληλο χρόνο. Αντιθέτως, αυτό το οποίο απασχολεί την ιατρική, είναι η αποτελεσματικότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών υγείας. Η χρήση θεραπευτικών και διαγνωστικών μέτρων με τέτοιον τρόπο, έτσι ώστε να επιφέρουν θετικά αποτελέσματα στην κατάσταση της υγείας των ασθενών. Όμως, μια αναγκαία αλλά όχι απολύτως ικανή προϋπόθεση για να αποδειχθεί μία ιατρική πράξη αποδοτική, είναι να αποδειχθεί αρχικά αποτελεσματική, όπως αναφέρει ο Cochrane [53].

Η εφαρμογή του κριτηρίου της αποτελεσματικότητας στις υπηρεσίες υγείας δεν επαρκεί αν δεν ακολουθηθεί από το στάδιο της ανάλυσης κόστους-αποτελεσματικότητας. Στο στάδιο αυτό γίνεται αξιολόγηση, έτσι ώστε να χρησιμοποιηθούν οι αποτελεσματικότερες ιατρικές τεχνικές με το μικρότερο δυνατό κόστος και συνεπώς με τη μέγιστη δυνατή αποδοτικότητα.

## 4.2 Αποτελεσματικότητα στο χώρο της υγείας

Ως αποτελεσματικότητα μιας υπηρεσίας ή ενός συστήματος υγείας, ορίζεται ο βαθμός επίτευξης των στόχων που σχετίζονται με τα αποτελέσματα στην υγεία του πληθυσμού [54]. Η αποτελεσματικότητα μιας θεραπευτικής παρέμβασης αντανακλά το βαθμό επιτυχίας των επιθυμητών αποτελεσμάτων και την έκβαση της νόσου προς το καλύτερο. Σύμφωνα με την κριτική του Cochrane (1972), η αναποτελεσματικότητα στις υπηρεσίες υγείας, προκύπτει κυρίως από τη χρήση αναποτελεσματικών θεραπειών αλλά και από τη χρήση αποτελεσματικών θεραπειών σε λανθασμένο χρόνο. Στοιχεία για την αποτελεσματικότητα στις υπηρεσίες υγείας μπορούν να συλλεχθούν μέσω διαφόρων ερευνητικών μεθόδων. Συνήθως χρησιμοποιείται η μέθοδος των Τυχαιοποιημένων Ελεγχόμενων Δοκιμών (ΤΕΔ).

Σε μια εποχή που σε αρκετές χώρες υπήρξε έντονος προβληματισμός για τις αυξανόμενες υγειονομικές δαπάνες και το υψηλό κόστος της ιατρικής τεχνολογίας, ο Cochrane (1972) άσκησε κριτική για τον τρόπο της παροχής και της οργάνωσης των υπηρεσιών υγείας. Μελέτησε το Εθνικό Σύστημα Υγείας της Μεγάλης Βρετανίας και παρουσίασε κάποια παραδείγματα αναποτελεσματικής και βλαβερής θεραπευτικής παρέμβασης. Τα παραδείγματα αυτά έδειξαν ότι ένα σημαντικό τμήμα της παρεχόμενης ιατρικής φροντίδας, δε βασίζεται σε επαρκές γνωστικό υπόβαθρο και πρότεινε την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των υπηρεσιών υγείας μέσω της μεθοδολογίας των ΤΕΔ [55].

## 4.3 Μέθοδος αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας

Η αξιολόγηση των υπηρεσιών υγείας είναι αναγκαία, αφού οι άνθρωποι που επιζητούν βοήθεια από επαγγελματίες υγείας δικαιούνται να θεωρούν δεδομένο ότι γίνεται η κατάλληλη αξιολόγηση των διαφόρων μορφών φροντίδας που μπορεί να εφαρμοστούν στην περίπτωσή τους. Κάθε προσπάθεια αξιολόγησης των επιπτώσεων της ιατρικής φροντίδας, προϋποθέτει τη σύγκριση ανάμεσα σε δύο ομάδες πληθυσμού. Μία ομάδα που λαμβάνει τη συγκεκριμένη φροντίδα υγείας και μια που δε λαμβάνει αυτήν τη φροντίδα [56].

Όπως προαναφέρθηκε, η ΤΕΔ αποτελεί τη βασική μέθοδο αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας μιας θεραπευτικής παρέμβασης. Η εμφάνισή της

σηματοδότησε την είσοδο της πειραματικής προσέγγισης στην ιατρική έρευνα, η οποία είναι χρήσιμη για την διερεύνηση της υπεροχής ή μη υπεροχής, μιας νέας θεραπείας σε σχέση με την καθιερωμένη. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, για την αξιολόγηση διαφορετικών ιατρικών παρεμβάσεων, πραγματοποιείται τυχαία κατανομή των ασθενών σε δύο ομάδες. Μία που λαμβάνει τη νέα θεραπεία, η οποία ονομάζεται ομάδα παρέμβασης και μια που λαμβάνει εικονική θεραπεία (εικονικό φάρμακο) ή κάποια ήδη αποτελεσματική θεραπεία και ονομάζεται ομάδα ελέγχου. Τα άτομα αυτά που κατανέμονται στις δύο ομάδες πάσχουν από μια συγκεκριμένη ασθένεια. Σκοπός των ΤΕΔ είναι συγκριτική εκτίμηση της αποτελεσματικότητας της νέας θεραπευτικής παρέμβασης. Η είσοδος των ασθενών στη μελέτη πρέπει να γίνεται σε χρόνο που να επιτρέπεται η εφαρμογή της θεραπευτικής παρέμβασης. Αν για παράδειγμα η νέα θεραπευτική μέθοδος χορηγηθεί σε πάσχοντες οι οποίοι βρίσκονται σε προχωρημένο στάδιο, τότε αυξάνεται ο κίνδυνος για λανθασμένη εκτίμηση της νέας θεραπείας [57].

Σημαντικός παράγοντας σε μία ΤΕΔ είναι οι ασθενείς να κατανέμονται στις διαφορετικές ομάδες με τέτοιο τρόπο, ώστε να μεγιστοποιείται η πιθανότητα των ομάδων αυτών να είναι παρόμοιες. Ο στόχος αυτός επιτυγχάνεται με την τυχαία κατανομή των μελετώμενων ασθενών στις δύο ομάδες. Αυτή η διαδικασία της τυχαίας κατανομής των συμμετεχόντων ονομάζεται τυχαιοποίηση. Στην περίπτωση που υπάρχουν δύο μελετώμενες θεραπευτικές μέθοδοι, με ισοδύναμο αριθμό ατόμων σε κάθε ομάδα, η πιθανότητα κάθε ασθενή να ανήκει σε μία από τις δύο ομάδες είναι 50%. Η τυχαία αυτή κατανομή των ασθενών στις δύο ομάδες μπορεί να επιτευχθεί απλά με την ρίψη ενός νομίσματος. Δύο ομάδες ατόμων που πάσχουν από την ίδια πάθηση αλλά ακολουθούν διαφορετικές θεραπείες, διαφέρουν μεταξύ τους σύμφωνα με την ένδειξη για την οποία χορηγείται η κάθε θεραπεία. Οι διαφορές αυτές εισάγουν ένα συστηματικό σφάλμα στη μελέτη. Το σφάλμα αυτό οφείλεται στις διαφορές που παρουσιάζονται στην πρόγνωση μεταξύ ασθενών που λαμβάνουν διαφορετικές θεραπευτικές μεθόδους. Το πλεονέκτημα της διαδικασίας της τυχαιοποίησης, είναι η απουσία συστηματικού σφάλματος ανάμεσα στις πειραματικές ομάδες, όσον αφορά την ανταπόκριση στη θεραπεία [56]. Η τυχαία κατανομή των μελετώμενων ασθενών στις δύο ομάδες, έχει σαν αποτέλεσμα να εξισώνονται οι παράγοντες σύγκρισης μεταξύ των δύο ομάδων. Η διαδικασία της τυχαιοποίησης είναι το βασικό χαρακτηριστικό που διαχωρίζει τις ΤΕΔ από τις άλλες ερευνητικές

μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της επίδρασης των παρεμβάσεων που σχετίζονται με την υγεία.

Η απόλυτη καταλληλότητα των ΤΕΔ για τον υπολογισμό της αποτελεσματικότητας των διαφόρων θεραπευτικών παρεμβάσεων είναι αναμφισβήτητη. Εκτός από τις κλασικές θεραπευτικές εφαρμογές, η χρήση των ΤΕΔ μπορεί να επεκταθεί σε παρεμβάσεις που σχετίζονται με τη διάγνωση και τον έλεγχο μιας νόσου, καθώς επίσης μπορεί να εφαρμοστεί και σε πολυσύνθετα μη ιατρικά προβλήματα. Χωρίς την υποστήριξη κάποιας ΤΕΔ, κάθε θεραπευτική παρέμβαση αποτελεί ένα μη ελεγχόμενο πείραμα, το αποτέλεσμα του οποίου, καλό ή κακό, δεν είναι εφικτό να προβλεφθεί. Αυτό όμως δεν αποκλείει και την ύπαρξη περιπτώσεων όπου η χρήση των ΤΕΔ είναι πρακτικά ανέφικτη [58].

#### **4.4 Έλεγχος Κόστους – Αποτελεσματικότητας**

Η βελτίωση της αποδοτικότητας των θεραπευτικών παρεμβάσεων και η ελάττωση του κόστους, είναι οι κύριοι στόχοι του τομέα της υγείας. Έτσι το ενδιαφέρον στις κλινικές δοκιμές για την θεραπεία κάποιας ασθένειας, δεν στρέφεται μόνο στην αξιολόγηση του θεραπευτικού ωφελήματος μιας θεραπευτικής μεθόδου, αλλά ιδιαίτερο ενδιαφέρον συγκεντρώνει η αξιολόγηση της σχέσης κόστους-αποτελεσματικότητας. Με τις κλινικές δοκιμές ελέγχεται η αποτελεσματικότητα θεραπευτικών προτύπων που πρόκειται να αποτελέσουν θεραπευτικά πρωτόκολλα για την αντιμετώπιση διαφόρων ασθενειών. Υψηλή αναλογία δημοσιευμένων κλινικών δοκιμών αποβλέπουν στον έλεγχο κόστους-αποτελεσματικότητας ενός θεραπευτικού σχήματος και εφαρμόζονται μέθοδοι εκτίμησης της απόδοσης μιας επένδυσης. Επιχειρώντας να προσδιοριστεί η σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας, παρατίθεται το ακόλουθο παράδειγμα.

Αναφέροντας ως παράδειγμα τις μελέτες «σάρωσης-screening», που στοχεύουν στην πρόωμη διάγνωση των καρκίνων, έχει αποδειχθεί ότι αποδίδουν στην αναγνώριση των καρκινοπαθών ασθενών σε πολύ πρόωμο στάδιο της πάθησής τους, συγκριτικά με εκείνους που διαγιγνώσκονται μετά από την προσέλευσή τους στον ιατρό τους, έπειτα από συμπτώματα που παρουσίασαν. Ωστόσο ενώ η διάγνωση γίνεται πολύ νωρίτερα, δεν έχει επιτευχθεί στατιστικά σημαντική βελτίωση του προσδόκιμου επιβίωσης, ούτε έχει επηρεαστεί σημαντικά η ποιότητα ζωής των

ασθενών. Επομένως στην περίπτωση αυτή δεν υπάρχει καλή σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας [59].

#### **4.5 Αποδοτικότητα στο χώρο της υγείας**

Η αποδοτικότητα στον χώρο της υγείας αξιολογεί τα τελικά αποτελέσματα μιας υπηρεσίας ή ενός συστήματος υγείας, σε σχέση με τους πόρους που χρησιμοποιούνται (οικονομικοί, ανθρώπινοι κ.τ.λ.). Αποτελεί το πρωταρχικό βήμα για την αξιολόγηση της λειτουργίας των νοσοκομείων και πιθανώς αποτελεί το βασικότερο μέσο για τον έλεγχο και την κατανομή των ανθρώπινων και οικονομικών πόρων. Αποτελεί επίσης έναν από τους βασικότερους στόχους των διοικητών των υπηρεσιών υγείας, λόγω του ότι το υψηλό κόστος των ιατρικών υπηρεσιών συνδέεται με την έλλειψη αποδοτικότητας στις υπηρεσίες υγείας. Μια ιατρική παρέμβαση παρουσιάζει μέγιστη αποδοτικότητα, όταν επιτυγχάνονται τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα με το ελάχιστο δυνατό κόστος. Σε επίπεδο συστήματος ή υπηρεσιών υγείας, ο προσδιορισμός της αποδοτικότητας γίνεται από το λόγο εκροές/εισροές. Στις εισροές συμπεριλαμβάνονται το κόστος λειτουργίας, το ανθρώπινο δυναμικό κ.τ.λ. Αντίθετα στις εκροές συμπεριλαμβάνονται η βελτίωση των δεικτών νοσηρότητας ή θνητότητας ή τα προστιθέμενα ποιοτικά έτη ζωής (Quality Adjusted Life Years - QALY'S) [60]. Τα QALY'S εκτιμούν την αποτελεσματικότητα μιας ιατρικής παρέμβασης, σε ποιοτικά προστιθέμενα έτη ζωής. Αυτό γίνεται πολλαπλασιάζοντας κάθε χρόνο ζωής με έναν συντελεστή που κυμαίνεται από το 0 (θάνατος) έως το 1 (κατάσταση πλήρους υγείας), ο συντελεστής αυτός καθορίζεται από τις απαντήσεις των ασθενών σε ειδικά ερωτηματολόγια.

Η μέτρηση της αποδοτικότητας στο χώρο της υγείας γίνεται σε δύο επίπεδα, σε επίπεδο συστήματος υγείας με τη βοήθεια μεθόδων οικονομικής αξιολόγησης και σε επίπεδο υπηρεσιών υγείας με τη βοήθεια των μεθόδων συγκριτικής ανάλυσης.

#### **4.6 Μέθοδοι αξιολόγησης της αποδοτικότητας**

Η αξιολόγηση της αποδοτικότητας των μονάδων υγείας συνήθως οδηγεί τους ενδιαφερόμενους στην κατασκευή συναρτήσεων κόστους των νοσοκομειακών

δαπανών. Στο πεδίο της αξιολόγησης των μονάδων έχει γίνει σημαντική πρόοδος που εντοπίζεται στην ανάπτυξη νέων τεχνικών ή στη μεταφορά της αξιολόγησης από το επίπεδο του οργανισμού στα επιμέρους τμήματα των νοσοκομείων. Οι πιο αποδεκτές μέθοδοι αξιολόγησης της αποδοτικότητας στις υπηρεσίες υγείας, είναι οι μέθοδοι συγκριτικής αξιολόγησης και οι οικονομομετρικές μέθοδοι.

Οι πρώτες αξιόπιστες μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη της αποδοτικότητας συστημάτων μιας σειράς όμοιων ομάδων, για παράδειγμα νοσοκομείων, ονομάστηκαν παραμετρικές μέθοδοι. Στηρίζονται στη χρήση θεωρητικών συναρτήσεων παραγωγής, η καταλληλότητα των οποίων ελέγχεται σε σύνολα πραγματικών δεδομένων. Άλλες μέθοδοι αξιολογούν την αποδοτικότητα του συστήματος χρησιμοποιώντας εμπειρικά δεδομένα. Οι μέθοδοι που ακολουθούν αυτή την προσέγγιση χαρακτηρίζονται ως μη παραμετρικές.

Μία ευρέως γνωστή μέθοδος αξιολόγησης της αποδοτικότητας είναι η μέθοδος των Βέλτιστων Προτύπων Αποδοτικότητας, γνωστή στη διεθνή βιβλιογραφία ως Data Envelopment Analysis (DEA). Η συγκεκριμένη μέθοδος είναι μία μέθοδος συγκριτικής αξιολόγησης. Συνδυάζει πολλές εισροές (ανθρώπινους πόρους, οικονομικούς πόρους, τεχνολογία κ.τ.λ.) με πολλές εκροές και μετρά την τεχνική αποδοτικότητα των νοσοκομείων χρησιμοποιώντας μία από τις ακόλουθες κατευθύνσεις [61]:

**Βάσει μοντέλων γραμμικού προγραμματισμού που στοχεύουν στη ελαχιστοποίηση των πόρων:** Σύμφωνα με αυτά τα μοντέλα υπολογίζεται κατά πόσον κάθε νοσοκομείο του δείγματος είναι δυνατόν να μειώσει την ποσότητα των πόρων που χρησιμοποιεί για να παράγει μία συγκεκριμένη ποσότητα προϊόντος.

**Βάσει μοντέλων γραμμικού προγραμματισμού που στοχεύουν στη μεγιστοποίηση της ποσότητας του παραγόμενου προϊόντος:** Σύμφωνα με τα μοντέλα αυτά υπολογίζεται κατά πόσον κάθε νοσοκομείο του δείγματος είναι δυνατόν να αυξήσει την ποσότητα του παραγόμενου προϊόντος, χρησιμοποιώντας μία συγκεκριμένη ποσότητα πόρων.

#### 4.7 Οικονομική αξιολόγηση υπηρεσιών υγείας

Η μέθοδος της οικονομικής αξιολόγησης, αποτελεί διεθνώς ένα από τα πιο αποδεκτά εργαλεία αποτίμησης της φροντίδας υγείας και κύριο μέλημα των

οικονομολόγων και προγραμματιστών των υπηρεσιών υγείας. Η οικονομική αξιολόγηση μπορεί να βοηθήσει τους διοικούντες να βελτιώσουν την πολιτική της φροντίδας υγείας. Σε επίπεδο συστήματος υγείας, με την μέθοδο της οικονομικής αξιολόγησης αποτιμάται ένα μεγάλο σύνολο διαγνωστικών και θεραπευτικών μεθόδων που εφαρμόζονται στο χώρο της υγείας. Η οικονομική αξιολόγηση αφορά στη σύγκριση ιατρικών μέτρων που εφαρμόζονται για την αντιμετώπιση διαφόρων προβλημάτων υγείας. Για παράδειγμα, σύγκριση χειρουργικής επέμβασης και ακτινοθεραπείας για την θεραπεία του καρκίνου του μαστού. Πρέπει να βρεθεί η αποδοτικότερη κλινική αντιμετώπιση. Δηλαδή πρέπει να βρεθεί ο βαθμός στον οποίο κάθε εναλλακτικό ιατρικό μέσο (π.χ. χειρουργική επέμβαση-ακτινοθεραπεία) δίνει το μέγιστο δυνατό αποτέλεσμα, χρησιμοποιώντας το μικρότερο αριθμό εισροών (τεχνική αποδοτικότητα). Τα στάδια μιας οικονομικής αξιολόγησης ενός ή περισσότερων ιατρικών μέτρων κατά τον Drummond είναι τα ακόλουθα [62]:

- Αρχικά γίνεται η διατύπωση του ερωτήματος της μελέτης αξιολόγησης (ορίζεται το πρόβλημα).
- Έπειτα γίνεται εκτενής καταγραφή των διαφόρων εναλλακτικών ιατρικών μέτρων (π.χ. εναλλακτικές θεραπευτικές μέθοδοι).
- Στη συνέχεια γίνεται η τεκμηρίωση της αποτελεσματικότητας του κάθε ιατρικού μέτρου.
- Ακολουθεί η ακριβής μέτρηση κάθε κόστους και αποτελέσματος με βάση τις κατάλληλες υλικές μονάδες (π.χ. ώρες νοσηλείας, αριθμός ιατρικών επισκέψεων).
- Πρόβλεψη αβεβαιότητας στην εκτίμηση κόστους και αποτελεσμάτων. Αν υπάρχει αμφιβολία για την ποιότητα και την αξιοπιστία των κλινικών δεδομένων, θα πρέπει να γίνεται ανάλυση ευαισθησίας.
- Τέλος γίνεται η κατάταξη των εναλλακτικών λύσεων με βάση το λόγο κόστους-αποτελεσματικότητας.

Η οικονομική αξιολόγηση βασίζεται στην ποιότητα των δεδομένων κλινικής αποτελεσματικότητας και ως εκ τούτου οι πιο αξιόπιστες μελέτες στην οικονομική αξιολόγηση θεωρούνται οι κλινικές δοκιμές. Τις περισσότερες φορές τα δεδομένα που σχετίζονται με τα αποτελέσματα στην υγεία των ασθενών και τα κόστη, προέρχονται από ασθενείς που συμμετέχουν σε μία και μόνο κλινική δοκιμή. Μία άλλη εναλλακτική μέθοδο αποτελούν τα αναλυτικά μοντέλα απόφασης, τα οποία συνθέτουν συσσωρευμένα δεδομένα μέσω ενός εύρους διαφορετικών πηγών.

Οι κυριότερες μέθοδοι οικονομικής αξιολόγησης είναι οι ακόλουθες [63]:

**Έλεγχος κόστους-αποτελεσματικότητας (cost-effectiveness analysis):** Η συνηθέστερη μεθοδολογία οικονομικής αξιολόγησης στον χώρο της υγείας είναι ο έλεγχος κόστους-αποτελεσματικότητας, όπως προαναφέρθηκε στην ενότητα 4.4. Εκφράζεται από τον δείκτη κόστος/αποτέλεσμα. Το αποτέλεσμα αντιπροσωπεύει μία τελική εκροή υγείας, όπως για παράδειγμα τα επιπρόσθετα έτη ζωής. Χρησιμοποιείται για τη σύγκριση ιατρικών μέτρων που σκοπό έχουν την αντιμετώπιση κάποιας ασθένειας, τα οποία μέτρα παρουσιάζουν διαφορετικά κόστη και αποτελέσματα (π.χ. σύγκριση ακτινοθεραπείας-χημειοθεραπείας για την αντιμετώπιση του καρκίνου του μαστού).

**Ανάλυση ελαχιστοποίησης του κόστους (cost minimization analysis):** Με την ανάλυση ελαχιστοποίησης του κόστους εντοπίζεται το ιατρικό μέτρο με το ελάχιστο δυνατό κόστος.

**Ανάλυση κόστους χρησιμότητας (cost-utility analysis):** Αποτελεί παραλλαγή της ανάλυσης κόστους-αποτελεσματικότητας. Χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση ιατρικών μέτρων όταν η ποιότητα ζωής των ασθενών αποτελεί τη σπουδαιότερη παράμετρο ή όταν τα συγκρινόμενα ιατρικά μέτρα επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τη νοσηρότητα. Η ανάλυση κόστους-χρησιμότητας εκφράζεται από τον δείκτη κόστος/χρησιμότητα. Η έννοια της χρησιμότητας αντιστοιχεί στα ποιοτικά σταθμισμένα έτη ζωής (QUALY'S).



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΤΟ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

## 5.1 Γενικά

Οι κλινικές αποφάσεις για την θεραπεία του καρκίνου του μαστού χαρακτηρίζονται από έναν υψηλό βαθμό αβεβαιότητας. Ένας ιατρός για να αποφασίσει ποιός είναι ο καλύτερος τρόπος δράσης για κάθε ασθενή, πρέπει να εξετάσει την τρέχουσα κατάσταση της υγείας του ασθενούς, καθώς επίσης και τις καλύτερες αποφάσεις που μπορεί να πάρει στο μέλλον. Οι Μαρκοβιανές διαδικασίες αποφάσεων (Markov Decision Processes-MDP's) αποτελούν μία κατάλληλη τεχνική για τη μοντελοποίηση αυτών των αποφάσεων.

## 5.2 Μαρκοβιανά μοντέλα αποφάσεων

Σε ένα σύστημα όπου οι επαγγελματίες υγείας καλούνται να πάρουν αποφάσεις για την θεραπεία του καρκίνου του μαστού, οι αποφάσεις αυτές εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες. Για παράδειγμα η γνώση της κατάστασης της υγείας του ασθενούς, το στάδιο του καρκίνου, εμπειρία για τις συνέπειες των ποικίλων αποφάσεων κ.τ.λ. Όσο τα συστήματα γίνονται περισσότερο πολύπλοκα, η λήψη αποφάσεων δεν είναι καθόλου απλή υπόθεση, διότι υπάρχει μεγάλη αλληλεπίδραση ανάμεσα σε πολλές παραμέτρους. Αυτή η δυσκολία αυξάνεται δραματικά σε συστήματα όταν υπάρχει υψηλός βαθμός αβεβαιότητας. Για να αντιμετωπισθεί λοιπόν η παραπάνω δυσκολία, προβλήθηκε η ανάγκη αναζήτησης νέων θεωρητικών μοντέλων, που βασίζονται στη θεωρία των πιθανοτήτων [64].

Τα Μαρκοβιανά μοντέλα είναι στοχαστικά μοντέλα, για τα οποία ισχύει η Μαρκοβιανή ιδιότητα. Σύμφωνα με αυτή την ιδιότητα, η επόμενη κατάσταση του συστήματος εξαρτάται μόνο από την παρούσα κατάσταση (π.χ. η παρούσα κατάσταση που βρίσκεται ο ασθενής) και όχι από τις προηγούμενες καταστάσεις. Δεν απαιτείται δηλαδή η γνώση της ιστορίας του συστήματος.

Τα Μαρκοβιανά μοντέλα αποτελούν ένα χρήσιμο εργαλείο για την λήψη αποφάσεων στο χώρο της υγείας, έτσι ώστε να εφαρμοστεί το καλύτερο σχέδιο δράσης. Ένας τελικός κόμβος ενός δέντρου απόφασης συνήθως αντιπροσωπεύει την

αναμενόμενη χρησιμότητα, για παράδειγμα την αναμενόμενη διάρκεια ζωής ή τα ποιοτικά σταθμισμένα έτη ζωής ενός ασθενούς, που η πρόοδος της υγείας του ακολουθεί το συγκεκριμένο κλαδί του δένδρου απόφασης. Η πορεία για τον τελικό κόμβο του δένδρου απόφασης μπορεί να είναι σύνθετη και ο υπολογισμός της τελικής τιμής, απαιτεί γνώση για το πώς έγινε η μετάβαση στα διάφορα στάδια της υγείας του ασθενούς, από την αρχική απόφαση, μέχρι την αντιμετώπιση της ασθένειας ή τον θάνατο του ασθενούς. Διαμορφώνοντας αυτές τις μεταβάσεις σε ένα δένδρο απόφασης, απαιτείται ένας μεγάλος αριθμός κόμβων που να αντιπροσωπεύουν τα διάφορα χρονικά στάδια. Έχοντας σαν αποτέλεσμα ένα αχανές δένδρο απόφασης. Κάνοντας την ανάλυση και την ερμηνεία των δένδρων σχεδόν αδύνατη. Όσο η πολυπλοκότητα του προβλήματος αυξάνεται, τόσο το δένδρο απόφασης γίνεται λιγότερο πρακτικό [65].

Τα Μαρκοβιανά μοντέλα είναι αρκετά δημοφιλή στην λήψη κλινικών αποφάσεων διότι μπορούν να αντιμετωπίσουν μερικές από τις δυσκολίες που αναφέρθηκαν παραπάνω. Επιτρέπουν μια απλούστερη παρουσίαση των μελλοντικών καταστάσεων και των πιθανών μεταβάσεων που μπορεί να παρατηρηθούν από την στιγμή που εμφανίστηκε η ασθένεια, μέχρι την αντιμετώπισή της ή τον θάνατο του ασθενούς. Στα Μαρκοβιανά μοντέλα οι μεταβάσεις από την μία κατάσταση στην άλλη απεικονίζονται μέσω πινάκων πιθανοτήτων μετάβασης, οι οποίοι αναλύονται παρακάτω. Οι πίνακες αυτοί προσδιορίζονται μέσω μελετών κοορτής (cohort studies), κλινικών ερευνών, στατιστικών στοιχείων από ΗΙΦ κ.τ.λ. Ωστόσο τα Μαρκοβιανά μοντέλα έχουν και τους περιορισμούς τους. Όπως στην περίπτωση όπου οι αποφάσεις πρέπει να ληφθούν σε πολλαπλά χρονικά στάδια. Αυτή η ανεπάρκεια των παραδοσιακών Μαρκοβιανών μοντέλων για λήψη αποφάσεων σε πολλαπλά χρονικά στάδια, είναι το πλεονέκτημα της χρησιμοποίησης των Μαρκοβιανών διαδικασιών απόφασης (MDP's) για κλινικές αποφάσεις [64].

### 5.3 Μαρκοβιανές διαδικασίες αποφάσεων (Markov Decision Processes-MDP's)

Οι Μαρκοβιανές διαδικασίες αποφάσεων (Markov Decision Processes-MDP's) για την λήψη κλινικών αποφάσεων, είναι ένα απλό στοχαστικό μοντέλο, στο οποίο σε κάθε χρονικό στάδιο, έχουμε γνώση της κατάστασης της υγείας του ασθενούς πριν την λήψη κάποιας απόφασης. Η χρήση τους είναι πολύτιμη για τα συστήματα λήψης αποφάσεων που χαρακτηρίζονται από αβεβαιότητα. Οι MDP's είναι ιδιαίτερα ωφέλιμες διότι προσφέρουν την ευελιξία της επιλογής διαφορετικών δράσεων στα διάφορα χρονικά στάδια, ανάλογα με την κατάσταση της υγείας του ασθενούς. Μπορούν να εφαρμοστούν σε ποικίλα συστήματα όπου οι αποφάσεις λαμβάνονται διαδοχικά, ώστε να βελτιστοποιηθεί η απόδοση του συστήματος. Οι MDP's έχουν μελετηθεί στα πλαίσια του βέλτιστου στοχαστικού ελέγχου (optimal stochastic control) και του στοχαστικού δυναμικού προγραμματισμού από τους Howard [66], Derman [67], Bellman [68], Puterman [69], Bertsekas [70] κ.α.

Οι ιατροί πάντα χρειάζονται να κάνουν αντικειμενικές κριτικές για τις θεραπείες που χορηγούν. Εντούτοις, τα μαθηματικά μοντέλα αποφάσεων που παρέχουν διορατικότητα για βέλτιστες αποφάσεις, μπορούν να βοηθήσουν για την αποτελεσματική και αποδοτική θεραπεία του ασθενούς. Οι MDP's βρίσκουν βέλτιστες λύσεις σε διαδοχικά και πιθανολογικά προβλήματα αποφάσεων. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα των MDP's είναι η ευελιξία τους. Αν και ουσιαστικά κάθε ιατρική απόφαση μπορεί να μοντελοποιηθεί σαν μια MDP, αυτή η τεχνική είναι πιο χρήσιμη για κατηγορίες σύνθετων προβλημάτων και για προβλήματα που απαιτούν πιθανολογικές και δυναμικές αποφάσεις, για τα οποία οι MDP's μπορούν να βρίσκουν βέλτιστες λύσεις.

Μία MDP είναι ένα Μαρκοβιανό μοντέλο, με την διαφορά όμως ότι ο ιθύνων πρέπει να λαμβάνει αποφάσεις σε διάφορα χρονικά στάδια (time-epochs), όταν για παράδειγμα γίνεται η προγραμματισμένη επίσκεψη στον ιατρό. Στόχος της MDP είναι να παρέχει μια βέλτιστη πολιτική, που είναι μια στρατηγική αποφάσεων για να βελτιστοποιηθεί ένα συγκεκριμένο κριτήριο, όπως η μείωση του κόστους θεραπείας. Κατά αυτόν τον τρόπο, μια MDP διαφέρει από άλλες πιθανολογικές τεχνικές μοντελοποίησης που δεν μπορούν να αξιολογήσουν κάθε εφικτή πολιτική σε κάθε χρονικό στάδιο.

Ωστόσο οι MDP's παρουσιάζουν και κάποια μειονεκτήματα. Το μεγαλύτερο εμπόδιο στην ευρύτερη εφαρμογή των MDP's είναι τα δεδομένα. Η λήψη ποιοτικών και έγκυρων ιατρικών δεδομένων είναι δύσκολη και απαιτεί υψηλό κόστος. Οι MDP's βασίζονται στα δεδομένα περισσότερο από κάθε άλλη τεχνική μοντελοποίησης. Αυτό συμβαίνει διότι οι πιθανότητες μετάβασης που κατέχουν καθοριστικό ρόλο στην πιθανολογική διαδικασία, καθώς επίσης και τα αποτελέσματα που προκύπτουν, ποικίλουν σύμφωνα με την απόφαση που λαμβάνεται σε κάθε χρονικό στάδιο. Ενώ η ευελιξία της εφαρμογής των MDP's είναι ένα μεγάλο πλεονέκτημα στην λήψη κλινικών αποφάσεων, για κάθε πιθανή περιγραφή της κατάστασης της υγείας του ασθενούς και για κάθε πιθανή θεραπευτική αντιμετώπιση, μια MDP απαιτεί αρκετές παρατηρήσεις για να εκτιμήσει ακριβώς τις πιθανότητες μετάβασης στο επόμενο χρονικό στάδιο. Στην πράξη, αυτό χαρακτηριστικά σημαίνει ότι για ένα επιτυχημένο και ρεαλιστικό μοντέλο Μαρκοβιανών διαδικασιών απόφασης για λήψη κλινικών αποφάσεων, είναι αναγκαία έγκυρα και ποιοτικά δεδομένα που αφορούν τους ασθενείς. Η χρήση του ΗΙΦ ενισχύει την ικανότητα χρησιμοποίησης αυτών των ιατρικών δεδομένων [71].

#### 5.4 Περιγραφή του μοντέλου των MDP's

Σε αυτό το σημείο θα περιγραφεί το μοντέλο των MDP's, που θα χρησιμοποιηθεί για την λήψη κλινικών αποφάσεων, στη θεραπεία του καρκίνου του μαστού. Το προτεινόμενο μοντέλο αποτελείται από το σύνολο  $\langle S, A, P^a, r \rangle$ . Θεωρούμε ένα δυναμικό σύστημα του οποίου η κατάσταση επιθεωρείται στα χρονικά στάδια (time epochs)  $t = 0, 1, 2 \dots \infty$  όπου ο ασθενής επισκέπτεται τον θεράποντα ιατρό του και ενδεχομένως κάνει κάποιες εξετάσεις [72], [73], [74], [75], [76].

Το σύνολο  $S$  αντιπροσωπεύει το σύνολο των δυνατών καταστάσεων (health states) που δείχνουν τη βαθμιαία χειροτέρευση και κωδικοποιούνται με τους αριθμούς 1 (η καλύτερη κατάσταση) μέχρι την κατάσταση 6 (η χειρίστη κατάσταση) και στις οποίες μπορεί να βρεθεί κάθε φορά ο ασθενής.

$$S = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$$

Για το συγκεκριμένο μοντέλο κάθε κατάσταση αντιπροσωπεύει τα εξής:

- 1: Πολύ πρώιμο στάδιο, μη διηθητικό πορογενές καρκίνωμα (DCIS).
- 2: Πολύ πρώιμο στάδιο, μη διηθητικό λοβιακό καρκίνωμα (LCIS).
- 3: Πρώιμο στάδιο του καρκίνου, όγκος μέχρι 2cm.
- 4: Πρώιμο στάδιο όπου ο όγκος είναι 2-5cm.
- 5: Τοπικά εξαπλωμένος καρκινικός όγκος.
- 6: Μετάσταση.

Σε κάθε χρονικό στάδιο, αφού έχει παρατηρηθεί η κατάσταση του συστήματος, δηλαδή η κατάσταση της υγείας του ασθενούς μέσω του ΗΙΦ. Ο χρήστης του συστήματος επιλέγει μία απόφαση, από ένα πεπερασμένο σύνολο εναλλακτικών αποφάσεων το οποίο συμβολίζουμε με:

$$A = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$$

Αυτές οι αποφάσεις είναι :

- 1: Χειρουργική επέμβαση αφαίρεσης όγκου σε συνδυασμό με ακτινοθεραπεία.
- 2: Συνεχής παρακολούθηση και όταν κριθεί απαραίτητο ολική μαστεκτομή.
- 3: Χειρουργική επέμβαση όπου διασώζεται το μεγαλύτερο μέρος του μαστού, σε συνδυασμό με ακτινοθεραπεία και αφαίρεση των λεμφαδένων.
- 4: Τροποποιημένη ριζική μαστεκτομή, σε συνδυασμό με ακτινοθεραπεία και ορμονοθεραπεία/χημειοθεραπεία.
- 5: Ακτινοθεραπεία και ορμονοθεραπεία/χημειοθεραπεία για να μειωθεί ο όγκος και στη συνέχεια τροποποιημένη ριζική μαστεκτομή σε συνδυασμό με ακτινοθεραπεία.
- 6: Συνδυασμός χημειοθεραπείας, ορμονοθεραπείας και ακτινοθεραπείας.

Έστω  $X_t$  η κατάσταση της υγείας του ασθενούς το χρονικό στάδιο  $t$  και  $A_t$  η απόφαση που επιλέγεται από τον θεράποντα ιατρό στο ίδιο χρονικό στάδιο. Έστω ότι το χρονικό στάδιο  $t$ , ο ασθενής βρίσκεται στην κατάσταση « $i$ » και η απόφαση που λαμβάνεται είναι η « $a$ », δηλαδή  $X_t = i$  και  $A_t = a$ . Τότε η πιθανότητα για τον ασθενή να μεταβεί στην κατάσταση  $j$  το επόμενο χρονικό στάδιο  $t+1$  είναι η  $p_{ij}^a$ . Η στοχαστική διαδικασία  $\{X_t, t \in \mathbf{N}_0\}$  περιγράφεται από έναν πίνακα πιθανοτήτων

μετάβασης στις διάφορες καταστάσεις, ανάλογα με την απόφαση που έχει ληφθεί. Ο πίνακας αυτός είναι ο  $\mathbf{P}^a = (\mathbf{p}_{ij}^a)$ ,  $a \in A$ . Σύμφωνα με την ακόλουθη σχέση:

Για  $i, j \in S, a \in A$ ,

$$P\{X_{t+1} = j \mid X_t = i, A_t = a\} = p_{ij}^a$$

Η πιθανότητα μετάβασης του συστήματος σε μια κατάσταση το επόμενο χρονικό στάδιο, εξαρτάται αποκλειστικά από την κατάσταση και την απόφαση που επιλέχθηκε στο τρέχον χρονικό στάδιο (Μαρκοβιανή ιδιότητα).

Ο πίνακας των πιθανοτήτων μετάβασης από την κατάσταση που βρίσκεται κάθε φορά ο ασθενής, σε κάποια άλλη κατάσταση, όταν ληφθεί μία απόφαση από το σύνολο  $A$  είναι ο ακόλουθος:

$$\mathbf{P}^a = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} & p_{14} & p_{15} & p_{16} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} & p_{24} & p_{25} & p_{26} \\ p_{31} & p_{32} & p_{33} & p_{34} & p_{35} & p_{36} \\ p_{41} & p_{42} & p_{43} & p_{44} & p_{45} & p_{46} \\ p_{51} & p_{52} & p_{53} & p_{54} & p_{55} & p_{56} \\ p_{61} & p_{62} & p_{63} & p_{64} & p_{65} & p_{66} \end{pmatrix}$$

- Ο  $\mathbf{P}^a$  είναι ένας πίνακας πιθανοτήτων μετάβασης από μια κατάσταση στην οποία βρίσκεται ο ασθενής, σε κάποια άλλη, όταν ληφθεί η απόφαση « $a$ » από το σύνολο αποφάσεων  $A$ .
- $p_{ij}$  με  $i = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$  και  $j = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$ , είναι η πιθανότητα ο ασθενής να μεταβεί από την κατάσταση « $i$ » στην οποία βρίσκεται το χρονικό στάδιο  $t$ , στην κατάσταση « $j$ » το επόμενο χρονικό στάδιο  $t+1$ .
- Το άθροισμα κάθε γραμμής του πίνακα πιθανοτήτων μετάβασης είναι ίσο με τη μονάδα.
- Για κάθε απόφαση « $a$ » από το σύνολο αποφάσεων  $A$ , θα έχουμε και έναν πίνακα πιθανοτήτων μετάβασης. Μία απόφαση μπορεί να αποτελεί συνδυασμό δύο ή περισσότερων θεραπευτικών μεθόδων (π.χ. μαστεκτομή σε συνδυασμό με ακτινοθεραπεία).

Επίσης εισάγεται μια δομή κόστους. Θεωρούμε ότι  $r(i, \alpha)$  είναι το άμεσο κόστος (immediate cost) της απόφασης, όταν ο ασθενής βρίσκεται στην κατάσταση « $i$ » και επιλέγεται η απόφαση « $\alpha$ » από το σύνολο αποφάσεων  $A$ .

Στο εξής με τον όρο **πολιτική**, θα αναφερόμαστε στην αντιστοιχία καταστάσεων-αποφάσεων. Πρόκειται για την απεικόνιση της στρατηγικής που ακολουθείται για κάθε κατάσταση του συστήματος σε κάθε χρονικό στάδιο. Συγκεκριμένα ποιά απόφαση λαμβάνεται για κάθε κατάσταση (στάδιο της ασθένειας) του συστήματος και συμβολίζεται με  $\delta_i(s) \in A_s$ . Ένα παράδειγμα μίας πολιτικής είναι:

$$\delta = \{ \delta(1)=1, \delta(2)=3, \delta(3)=3, \delta(4)=5, \delta(5)=4, \delta(6)=6 \}$$

Δηλαδή όταν ο ασθενής βρίσκεται στην κατάσταση 1 επιλέγεται η απόφαση 1, όταν βρίσκεται στην κατάσταση 2 επιλέγεται η απόφαση 3, όταν βρίσκεται στην κατάσταση 3 επιλέγεται πάλι η απόφαση 3 κ.τ.λ.

Για να αξιολογήσουμε δύο ή περισσότερες πολιτικές αντιμετώπισης του καρκίνου του μαστού, η σύγκριση πρέπει να γίνει με βάση κάποιο κριτήριο. Στη συγκεκριμένη περίπτωση η σύγκριση γίνεται με βάση το κριτήριο του ολικού αναμενόμενου αποπληθωρισμένου κόστους (total discounted expected cost).

Έστω  $V_\delta(s_t)$  το ολικό αναμενόμενο αποπληθωρισμένο κόστος για τον ασθενή ο οποίος βρίσκεται στην κατάσταση  $s$  το χρονικό στάδιο  $t$ , όταν ακολουθείται η πολιτική « $\delta$ », με συντελεστή έκπτωσης  $0 < \beta < 1$  για την αξία του χρήματος. Το ολικό αναμενόμενο αποπληθωρισμένο κόστος περιγράφεται από τον παρακάτω τύπο [77], [78], [79].

$$V_\delta(s_t = i) = r(s_t = i, \delta_{s_t} = \alpha) + \beta \sum_{j=1}^N [P(s_t = i, \alpha, s_{t+1} = j) V_\delta(s_{t+1} = j)] \quad (1.1)$$

- $V_\delta(s_t)$  είναι το ολικό αναμενόμενο αποπληθωρισμένο κόστος, όταν η αρχική κατάσταση του ασθενούς είναι η κατάσταση  $s_t$  και ακολουθείται η πολιτική « $\delta$ ».
- $r(s_t, \delta_{s_t})$  είναι το άμεσο κόστος όταν ο ασθενής βρίσκεται στην κατάσταση  $s_t$  και επιλέγεται μία απόφαση από το σύνολο  $A$  των αποφάσεων, με βάση την πολιτική « $\delta$ ».
- Το « $\beta$ » εκφράζει τον συντελεστή έκπτωσης για την αξία του χρήματος με  $0 < \beta < 1$ .

- « $N$ » ο αριθμός των καταστάσεων του συστήματος.
- $P(s_t, a, s_{t+1})$  είναι η πιθανότητα ο ασθενής να μεταβεί από την κατάσταση  $s_t$ , σε μία νέα κατάσταση  $s_{t+1}$  όταν ληφθεί μία απόφαση « $a$ » από το σύνολο των αποφάσεων, σύμφωνα με την πολιτική « $\delta$ » που ακολουθείται.
- $V_\delta(s_{t+1})$  είναι το ολικό αναμενόμενο αποπληθωρισμένο κόστος όταν το σύστημα μεταβαίνει στην επόμενη κατάσταση.

## 5.5 Εύρεση βέλτιστης πολιτικής

Όταν επιλέγεται μια απόφαση « $a$ » από το σύνολο  $A$  των αποφάσεων, τη στιγμή που ο ασθενής βρίσκεται σε μια συγκεκριμένη κατάσταση  $s$  του συνόλου  $S$  των καταστάσεων, προκύπτει ένα κόστος  $r(s,a)$ . Καθορίζουμε μια πολιτική  $\delta = \{\delta_0, \delta_1, \dots\}$  ως μία ακολουθία κανόνων, όπου ένας κανόνας απόφασης είναι μια χαρτογράφηση της κατάστασης της υγείας του ασθενούς και της απόφασης που λήφθηκε και ισχύει  $\delta_t(s) \in A_s$ .

Στόχος είναι να βρεθεί η βέλτιστη πολιτική « $\delta^*$ » που θα ελαχιστοποιεί το ολικό αναμενόμενο αποπληθωρισμένο κόστος το οποίο περιγράφεται από τον τύπο (1.1).

Η μορφή που παίρνει ο τύπος (1.1) για την ελαχιστοποίηση του ολικού αναμενόμενου αποπληθωρισμένου κόστους, με τη βοήθεια του δυναμικού προγραμματισμού είναι:

$$V_\delta(s_t = i) = \min \left\{ r(s_t = i, \alpha_t) + \beta \sum_{j=1}^N [P(s_t = i, \alpha, s_{t+1} = j) V_\delta(s_{t+1} = j)] \right\} \quad (1.2)$$

Όπου  $\beta$  είναι ένας συντελεστής έκπτωσης με  $0 < \beta < 1$  για την αξία του χρήματος,  $N$  το σύνολο των καταστάσεων του συστήματος, το « $a$ » ανήκει στο σύνολο  $A$  (των αποφάσεων) και το  $s$  στο σύνολο  $S$  (των καταστάσεων). Επίσης η πιθανότητα  $P(s_t, a, s_{t+1})$ , είναι η πιθανότητα να μεταβεί ο ασθενής από την κατάσταση στην οποία βρίσκεται το χρονικό στάδιο  $t$  έστω « $i$ », στην κατάσταση που



θα βρίσκεται το επόμενο χρονικό στάδιο  $t+1$  έστω « $j$ », όταν ληφθεί η απόφαση « $a$ » από το σύνολο  $A$  των αποφάσεων. Η διαδικασία για την εύρεση της βέλτιστης πολιτικής που θα ελαχιστοποιεί το ολικό αναμενόμενο αποπληθωρισμένο κόστος θεραπείας, περιγράφεται από τον επόμενο αλγόριθμο [80], [81], [82], [83].

### 5.5.1 Αλγόριθμος εύρεσης βέλτιστης πολιτικής

Για να εφαρμόσουμε τον αλγόριθμο εύρεσης βέλτιστης πολιτικής [83], πρέπει αρχικά να επιλέξουμε μία αρχική αυθαίρετη πολιτική. Δηλαδή ποιιά απόφαση θα πάρουμε αρχικά για κάθε κατάσταση του συστήματος. Αν δεν είναι γνωστή κάποια πολιτική που να προσεγγίζει τη βέλτιστη, επιλέγουμε ως αυθαίρετη πολιτική αυτή με το ελάχιστο άμεσο κόστος « $v$ ». Στη συγκεκριμένη μοντελοποίηση στο επόμενο κεφάλαιο, επιλέγουμε ως αυθαίρετη πολιτική, την πολιτική που εφαρμόζεται σύμφωνα με ένα από τα ποιά συνηθισμένα ιατρικά πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται για την αντιμετώπιση του καρκίνου του μαστού.

**ΒΗΜΑ 1:** Για την αρχική πολιτική « $\delta$ » που ακολουθείται, λύσε το σύστημα των  $N$  εξισώσεων (όσες οι καταστάσεις του συστήματος) για τις άγνωστες τιμές των  $V_{\delta}(i)$ .

**ΒΗΜΑ 2:** Χρησιμοποιώντας τις τιμές  $V_{\delta}(i)$  που υπολογίστηκαν στο ΒΗΜΑ 1, βρες την πολιτική  $\delta^*$ , έτσι ώστε για κάθε κατάσταση « $i$ », η  $\delta^*(i)$  να είναι η απόφαση που θα ελαχιστοποιεί το ολικό αναμενόμενο αποπληθωρισμένο κόστος που περιγράφεται από τον τύπο (1.2).

**ΒΗΜΑ 3:** Αν  $\delta(i) \neq \delta^*(i)$  τότε πήγαινε ξανά στο ΒΗΜΑ 1, χρησιμοποιώντας την πολιτική  $\delta^*$  αντί για την  $\delta$ . Αλλιώς αν  $\delta(i) = \delta^*(i)$  για κάθε κατάσταση του συστήματος, η διαδικασία εύρεσης της βέλτιστης πολιτικής τερματίζει. Η βέλτιστη πολιτική είναι η  $\delta^*$ .

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Στο κεφάλαιο αυτό δίνουμε ένα παράδειγμα εφαρμογής του μοντέλου των Μαρκοβιανών διαδικασιών απόφασης, στη θεραπεία ασθενών που πάσχουν από καρκίνο του μαστού, εφαρμόζοντας τα απαιτούμενα κλινικά δεδομένα (άμεσα κόστη θεραπείας και πιθανότητες μετάβασης). Σημαντικό πλεονέκτημα της χρήσης του μοντέλου είναι η λήψη αποφάσεων λαμβάνοντας υπόψη τον παράγοντα του κόστους. Πράγμα που αποτελεί ένα ωφέλιμο στοιχείο για την συντήρηση και διατήρηση εύρωστων οικονομικά μονάδων υγείας σε χαλεπούς οικονομικά καιρούς.

- **Δεδομένα**

Το συγκεκριμένο μοντέλο που χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση των αποφάσεων της θεραπείας του καρκίνου του μαστού, αποτελείται από ένα σύνολο έξι καταστάσεων που αντιπροσωπεύουν τα στάδια του καρκίνου του μαστού. Το σύνολο των καταστάσεων είναι:

$$S = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$$

- 1: Πολύ πρώιμο στάδιο, μη διηθητικό πορογενές καρκίνωμα.
- 2: Πολύ πρώιμο στάδιο, μη διηθητικό λοβιακό καρκίνωμα.
- 3: Πρώιμο στάδιο του καρκίνου, όγκος μέχρι 2cm.
- 4: Πρώιμο στάδιο όπου ο όγκος είναι 2-5cm.
- 5: Τοπικά εξαπλωμένος καρκινικός όγκος.
- 6: Μετάσταση.

Σε κάθε κατάσταση πρέπει να ληφθεί μία απόφαση από ένα σύνολο αποφάσεων. Για την περίπτωση του καρκίνου του μαστού, το σύνολο των αποφάσεων είναι:

$$A = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$$

- 1 : Χειρουργική επέμβαση αφαίρεσης όγκου σε συνδυασμό με ακτινοθεραπεία.
- 2 : Συνεχής παρακολούθηση και όταν κριθεί απαραίτητο ολική μαστεκτομή.
- 3 : Χειρουργική επέμβαση όπου διασώζεται το μεγαλύτερο μέρος του μαστού, σε συνδυασμό με ακτινοθεραπεία και αφαίρεση των λεμφαδένων.
- 4 : Τροποποιημένη ριζική μαστεκτομή, σε συνδυασμό με ακτινοθεραπεία και ορμονοθεραπεία/χημειοθεραπεία.
- 5 : Ακτινοθεραπεία και ορμονοθεραπεία/χημειοθεραπεία για να μειωθεί ο όγκος και στη συνέχεια τροποποιημένη ριζική μαστεκτομή σε συνδυασμό με ακτινοθεραπεία.
- 6 : Συνδυασμός χημειοθεραπείας, ορμονοθεραπείας και ακτινοθεραπείας.

Τα δεδομένα που αφορούν τα άμεσα κόστη  $r(i, \alpha)$ , με  $i = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$  οι καταστάσεις του συστήματος και  $\alpha = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$  οι αποφάσεις, προέρχονται από ιατρικούς φακέλους του αντικαρκινικού νοσοκομείου «Ο ΑΓΙΟΣ ΣΑΒΒΑΣ». Επισημαίνουμε το γεγονός ότι συναντήσαμε αρκετή δυσκολία στη συγκέντρωση των παρακάτω δεδομένων.

**Πίνακας 6.1:** Άμεσο κόστος για την απόφαση 1.

$r(1,1)$	2519 €
$r(2,1)$	2680 €
$r(3,1)$	3200 €
$r(4,1)$	3350 €
$r(5,1)$	3480 €
$r(6,1)$	4790 €

**Πίνακας 6.2:** Άμεσο κόστος για την απόφαση 2.

r(1,2)	2700 €
r(2,2)	3200 €
r(3,2)	3400 €
r(4,2)	3650 €
r(5,2)	3800 €
r(6,2)	4710 €

**Πίνακας 6.3:** Άμεσο κόστος για την απόφαση 3.

r(1,3)	2720 €
r(2,3)	2980 €
r(3,3)	3100 €
r(4,3)	3250 €
r(5,3)	3750 €
r(6,3)	4750 €

**Πίνακας 6.4:** Άμεσο κόστος για την απόφαση 4.

r(1,4)	2900 €
r(2,4)	3200 €
r(3,4)	3350 €
r(4,4)	3470 €
r(5,4)	3590 €
r(6,4)	4800 €

**Πίνακας 6.5:** Άμεσο κόστος για την απόφαση 5.

r(1,5)	4235 €
r(2,5)	4380 €
r(3,5)	4450 €
r(4,5)	4560 €
r(5,5)	4640 €
r(6,5)	4720 €

**Πίνακας 6.6:** Άμεσο κόστος για την απόφαση 6.

r(1,6)	2954 €
r(2,6)	3200 €
r(3,6)	3390 €
r(4,6)	4460 €
r(5,6)	4530 €
r(6,6)	4690 €

Ακολουθούν οι πίνακες των πιθανοτήτων μετάβασης  $p_{ij}^a$  με  $i = j = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$  στις διάφορες καταστάσεις του συστήματος. Για κάθε απόφαση « $a$ » από το σύνολο αποφάσεων « $A$ », με  $a = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$  έχουμε και έναν πίνακα πιθανοτήτων μετάβασης. Οπότε θα έχουμε συνολικά έξι πίνακες πιθανοτήτων μετάβασης.

$$P^1 = \begin{pmatrix} 0.90 & 0.10 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.20 & 0.55 & 0.25 & 0 & 0 & 0 \\ 0.10 & 0.15 & 0.55 & 0.20 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.25 & 0.45 & 0.20 & 0.10 \\ 0 & 0 & 0 & 0.10 & 0.20 & 0.70 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$P^2 = \begin{pmatrix} 0.45 & 0.55 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.55 & 0.40 & 0.05 & 0 & 0 & 0 \\ 0.20 & 0.25 & 0.50 & 0.05 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.55 & 0.35 & 0.10 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.15 & 0.85 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$P^3 = \begin{pmatrix} 0.60 & 0.40 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.70 & 0.30 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.20 & 0.22 & 0.36 & 0.12 & 0.10 & 0 \\ 0 & 0 & 0.30 & 0.35 & 0.20 & 0.15 \\ 0 & 0 & 0 & 0.15 & 0.35 & 0.50 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.15 & 0.85 \end{pmatrix}$$

$$P^4 = \begin{pmatrix} 0.39 & 0.38 & 0.23 & 0 & 0 & 0 \\ 0.38 & 0.36 & 0.22 & 0.04 & 0 & 0 \\ 0.21 & 0.20 & 0.25 & 0.21 & 0.09 & 0.04 \\ 0 & 0 & 0.40 & 0.25 & 0.20 & 0.15 \\ 0 & 0 & 0 & 0.20 & 0.30 & 0.50 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.20 & 0.80 \end{pmatrix}$$

$$P^5 = \begin{pmatrix} 0.84 & 0.16 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.20 & 0.25 & 0.30 & 0.25 & 0 & 0 \\ 0.25 & 0.35 & 0.25 & 0.15 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.25 & 0.45 & 0.30 & 0 \\ 0 & 0 & 0.15 & 0.35 & 0.40 & 0.10 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.25 & 0.75 \end{pmatrix}$$

$$P^6 = \begin{pmatrix} 0.29 & 0.31 & 0.28 & 0.03 & 0.05 & 0.04 \\ 0.17 & 0.21 & 0.30 & 0.12 & 0.14 & 0.06 \\ 0.11 & 0.13 & 0.20 & 0.39 & 0.10 & 0.07 \\ 0 & 0 & 0.15 & 0.30 & 0.40 & 0.15 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.10 & 0.90 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.60 & 0.40 \end{pmatrix}$$

- **Αποτελέσματα**

Για την εφαρμογή του μοντέλου επιλέγουμε αρχικά μία αυθαίρετη πολιτική  $\delta^I$ . Η πολιτική αυτή αντιπροσωπεύει ένα από τα πιο συνηθισμένα ιατρικά πρωτόκολλα που ακολουθούνται για την αντιμετώπιση του καρκίνου του μαστού. Σύμφωνα με αυτή την πολιτική έχουμε:  $\delta^I = \{\delta^I(1)=1, \delta^I(2)=2, \delta^I(3)=3, \delta^I(4)=4, \delta^I(5)=5, \delta^I(6)=6\}$ . Δηλαδή όταν ο ασθενής βρίσκεται στην κατάσταση 1 επιλέγουμε την απόφαση 1, στην κατάσταση 2 την απόφαση 2, στην κατάσταση 3 την απόφαση 3 κ.τ.λ.

Για να υπολογίσουμε τα ολικά αναμενόμενα αποπληθωρισμένα κόστη για κάθε κατάσταση του συστήματος (τύπος 1.1) που αντιστοιχούν στην αυθαίρετη πολιτική  $\delta^I$ , επιλύουμε με τη χρήση του *Mathematica 5.2* το ακόλουθο σύστημα εξισώσεων. Θεωρούμε ότι ο συντελεστής έκπτωσης για την αξία του χρήματος είναι  $\beta = 0.95$ .

$$V_{\delta^I}^1(1) = r(1,1) + \beta * [p_{11}^1 * V_{\delta^I}^1(1) + p_{12}^1 * V_{\delta^I}^1(2) + p_{13}^1 * V_{\delta^I}^1(3) + p_{14}^1 * V_{\delta^I}^1(4) + p_{15}^1 * V_{\delta^I}^1(5) + p_{16}^1 * V_{\delta^I}^1(6)]$$

$$V_{\delta^I}^1(2) = r(2,2) + \beta * [p_{21}^2 * V_{\delta^I}^1(1) + p_{22}^2 * V_{\delta^I}^1(2) + p_{23}^2 * V_{\delta^I}^1(3) + p_{24}^2 * V_{\delta^I}^1(4) + p_{25}^2 * V_{\delta^I}^1(5) + p_{26}^2 * V_{\delta^I}^1(6)]$$

$$V_{\delta^I}^1(3) = r(3,3) + \beta * [p_{31}^3 * V_{\delta^I}^1(1) + p_{32}^3 * V_{\delta^I}^1(2) + p_{33}^3 * V_{\delta^I}^1(3) + p_{34}^3 * V_{\delta^I}^1(4) + p_{35}^3 * V_{\delta^I}^1(5) + p_{36}^3 * V_{\delta^I}^1(6)]$$

$$V_{\delta^I}^1(4) = r(4,4) + \beta * [p_{41}^4 * V_{\delta^I}^1(1) + p_{42}^4 * V_{\delta^I}^1(2) + p_{43}^4 * V_{\delta^I}^1(3) + p_{44}^4 * V_{\delta^I}^1(4) + p_{45}^4 * V_{\delta^I}^1(5) + p_{46}^4 * V_{\delta^I}^1(6)]$$

$$V_{\delta^I}^1(5) = r(5,5) + \beta * [p_{51}^5 * V_{\delta^I}^1(1) + p_{52}^5 * V_{\delta^I}^1(2) + p_{53}^5 * V_{\delta^I}^1(3) + p_{54}^5 * V_{\delta^I}^1(4) + p_{55}^5 * V_{\delta^I}^1(5) + p_{56}^5 * V_{\delta^I}^1(6)]$$

$$V_{\delta^I}^1(6) = r(6,6) + \beta * [p_{61}^6 * V_{\delta^I}^1(1) + p_{62}^6 * V_{\delta^I}^1(2) + p_{63}^6 * V_{\delta^I}^1(3) + p_{64}^6 * V_{\delta^I}^1(4) + p_{65}^6 * V_{\delta^I}^1(5) + p_{66}^6 * V_{\delta^I}^1(6)]$$

Το αποτέλεσμα της λύσης του συστήματος (βλ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α, Εικόνα Α.1) με βάση την πολιτική  $\delta^I$  όπως προκύπτει από τη χρήση του *Mathematica 5.2* είναι:

$$V_{\delta^I}^1(1) = 52697.7 \text{ €}$$

$$V_{\delta^I}^1(2) = 53917.5 \text{ €}$$

$$V_{\delta^I}^1(3) = 56722.5 \text{ €}$$

$$V_{\delta^1}(4) = 60846.7 \text{ €}$$

$$V_{\delta^1}(5) = 63216.7 \text{ €}$$

$$V_{\delta^1}(6) = 65683.1 \text{ €}$$

Στη συνέχεια προσπαθούμε να βελτιστοποιήσουμε την πολιτική  $\delta^1$  σύμφωνα με τον Αλγόριθμο Βελτιστοποίησης. Χρησιμοποιώντας τις τιμές  $V_{\delta^1}(i)$  που υπολογίστηκαν στο ΒΗΜΑ 1, θα βρούμε μία πολιτική  $\delta^2$  έτσι ώστε για κάθε κατάσταση « $i$ » η  $\delta^2(i)$  να είναι η απόφαση που θα ελαχιστοποιεί το ολικό αναμενόμενο αποπληθωρισμένο κόστος για κάθε κατάσταση (τύπος 1.2).

Οι βέλτιστες αποφάσεις που προκύπτουν (βλ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α, Εικόνα Α.2-Εικόνα Α.7) για κάθε κατάσταση του συστήματος που ελαχιστοποιούν το ολικό κόστος θεραπείας είναι:

**Πίνακας 6.7:** Βέλτιστες αποφάσεις/κόστος 1<sup>η</sup> επανάληψη.

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ( $i$ )	ΑΠΟΦΑΣΗ ( $a = \delta^2(i)$ )	ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΚΟΣΤΟΣ
1	1	52697.7 €
2	3	53390.5 €
3	2	56051.4 €
4	2	59524.6 €
5	5	63216.7 €
6	6	65683.1 €

Συνεπώς μία ποιά βελτιωμένη πολιτική από άποψη κόστους-αποτελεσματικότητας είναι η εξής:

$$\delta^2 = \{ \delta^2(1)=1, \delta^2(2)=3, \delta^2(3)=2, \delta^2(4)=2, \delta^2(5)=5, \delta^2(6)=6 \}$$



Παρατηρούμε ότι  $\delta^2(i) \neq \delta^1(i)$ , οπότε με βάση τον Αλγόριθμο Βελτιστοποίησης ξαναγυρίζουμε στο ΒΗΜΑ 1 και επιλύουμε το σύστημα εξισώσεων με αγνώστους τα ολικά αναμενόμενα αποπληθωρισμένα κόστη  $V_{\delta^2}(i)$  που αντιστοιχούν τώρα στην πολιτική  $\delta^2$  και όχι στην  $\delta^1$ .

$$V_{\delta^2}^2(1) = r(1,1) + \beta * [p_{11}^1 * V_{\delta^2}^2(1) + p_{12}^1 * V_{\delta^2}^2(2) + p_{13}^1 * V_{\delta^2}^2(3) + p_{14}^1 * V_{\delta^2}^2(4) + p_{15}^1 * V_{\delta^2}^2(5) + p_{16}^1 * V_{\delta^2}^2(6)]$$

$$V_{\delta^2}^2(2) = r(2,3) + \beta * [p_{21}^3 * V_{\delta^2}^2(1) + p_{22}^3 * V_{\delta^2}^2(2) + p_{23}^3 * V_{\delta^2}^2(3) + p_{24}^3 * V_{\delta^2}^2(4) + p_{25}^3 * V_{\delta^2}^2(5) + p_{26}^3 * V_{\delta^2}^2(6)]$$

$$V_{\delta^2}^2(3) = r(3,2) + \beta * [p_{31}^2 * V_{\delta^2}^2(1) + p_{32}^2 * V_{\delta^2}^2(2) + p_{33}^2 * V_{\delta^2}^2(3) + p_{34}^2 * V_{\delta^2}^2(4) + p_{35}^2 * V_{\delta^2}^2(5) + p_{36}^2 * V_{\delta^2}^2(6)]$$

$$V_{\delta^2}^2(4) = r(4,2) + \beta * [p_{41}^2 * V_{\delta^2}^2(1) + p_{42}^2 * V_{\delta^2}^2(2) + p_{43}^2 * V_{\delta^2}^2(3) + p_{44}^2 * V_{\delta^2}^2(4) + p_{45}^2 * V_{\delta^2}^2(5) + p_{46}^2 * V_{\delta^2}^2(6)]$$

$$V_{\delta^2}^2(5) = r(5,5) + \beta * [p_{51}^5 * V_{\delta^2}^2(1) + p_{52}^5 * V_{\delta^2}^2(2) + p_{53}^5 * V_{\delta^2}^2(3) + p_{54}^5 * V_{\delta^2}^2(4) + p_{55}^5 * V_{\delta^2}^2(5) + p_{56}^5 * V_{\delta^2}^2(6)]$$

$$V_{\delta^2}^2(6) = r(6,6) + \beta * [p_{61}^6 * V_{\delta^2}^2(1) + p_{62}^6 * V_{\delta^2}^2(2) + p_{63}^6 * V_{\delta^2}^2(3) + p_{64}^6 * V_{\delta^2}^2(4) + p_{65}^6 * V_{\delta^2}^2(5) + p_{66}^6 * V_{\delta^2}^2(6)]$$

Το αποτέλεσμα της λύσης του συστήματος (βλ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α, Εικόνα Α.8) με βάση την πολιτική  $\delta^2$  είναι:

$$V_{\delta^2}^2(1) = 51461.4 \text{ €}$$

$$V_{\delta^2}^2(2) = 52030.5 \text{ €}$$

$$V_{\delta^2}^2(3) = 53700.1 \text{ €}$$

$$V_{\delta^2}^2(4) = 55950.1 \text{ €}$$

$$V_{\delta^2}^2(5) = 59351.6 \text{ €}$$

$$V_{\delta^2}^2(6) = 62129.7 \text{ €}$$

Στη συνέχεια προσπαθούμε να βελτιστοποιήσουμε την πολιτική  $\delta^2$  σύμφωνα με τον Αλγόριθμο Βελτιστοποίησης. Χρησιμοποιώντας τις τιμές  $V_{\delta^2}(i)$  που υπολογίστηκαν στο ΒΗΜΑ 1, θα βρούμε μία πολιτική  $\delta^3$  έτσι ώστε για κάθε κατάσταση « $i$ » η  $\delta^3(i)$  να είναι η απόφαση που θα ελαχιστοποιεί το ολικό αναμενόμενο αποπληθωρισμένο κόστος για κάθε κατάσταση (τύπος 1.2).

Οι βέλτιστες αποφάσεις που προκύπτουν (βλ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α, Εικόνα Α.9-Εικόνα Α.14) για κάθε κατάσταση του συστήματος που ελαχιστοποιούν το ολικό αναμενόμενο κόστος θεραπείας είναι:

**Πίνακας 6.8:** Βέλτιστες αποφάσεις/κόστος 2<sup>η</sup> επανάληψη.

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ (i)	ΑΠΟΦΑΣΗ (α = δ <sup>3</sup> (i))	ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΚΟΣΤΟΣ
1	1	51461.4 €
2	3	52030.5 €
3	2	53700.1 €
4	2	55950.1 €
5	5	59351.6 €
6	6	62129.7 €

Συνεπώς μία ακόμα πιο βελτιωμένη πολιτική από άποψη κόστους-αποτελεσματικότητας είναι:

$$\delta^3(i) = \{ \delta^3(1)=1, \delta^3(2)=3, \delta^3(3)=2, \delta^3(4)=2, \delta^3(5)=5, \delta^3(6)=6 \}$$

Παρατηρούμε όμως ότι για τη νέα βελτιωμένη πολιτική ισχύει  $\delta^3(i) = \delta^2(i)$ . Οπότε σύμφωνα με τον Αλγόριθμο Βελτιστοποίησης η διαδικασία εύρεσης της βέλτιστης πολιτικής τερματίζει.

Άρα η βέλτιστη πολιτική αντιμετώπισης του καρκίνου του μαστού, που ελαχιστοποιεί το ολικό αναμενόμενο κόστος θεραπείας, με βάση τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν είναι η:

$$\delta^* = \delta^3 = \{ \delta^*(1)=1, \delta^*(2)=3, \delta^*(3)=2, \delta^*(4)=2, \delta^*(5)=5, \delta^*(6)=6 \}$$

- **Συμπεράσματα**

Δώσαμε μια εφαρμογή του μοντέλου των Μαρκοβιανών διαδικασιών απόφασης, στην χάραξη μιας κατάλληλης πολιτικής για τη θεραπεία ασθενών που πάσχουν από καρκίνο του μαστού. Το μοντέλο χρησιμοποιεί κλινικά δεδομένα προηγούμενων ερευνών και άμεσα κόστη, αντλούμενα από τον ΗΙΦ του ασθενούς ή από προηγούμενες κλινικές έρευνες, για τον υπολογισμό των παραμέτρων του. Παρέχει την βέλτιστη πολιτική σε άπειρο χρονικό ορίζοντα. Ο άπειρος χρονικός ορίζοντας ενσωματώνει την αβεβαιότητα ως προς το πέρας της θεραπευτικής διαδικασίας. Είναι όπως είδαμε ένα ρεαλιστικό απλό και άρα εφαρμόσιμο μοντέλο, που μπορεί να βοηθήσει υποστηρικτικά στη λήψη απόφασης ενός θεράποντος ιατρού.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην παρούσα εργασία αναπτύχθηκε ένα Μαρκοβιανό μοντέλο αποφάσεων, για το πρόβλημα της διαχείρισης των ασθενών που πάσχουν από καρκίνο του μαστού. Δόθηκε μία αναλυτική προσέγγιση, που αντιμετωπίζει αυτό το στοχαστικό πρόβλημα, σαν ένα πρόβλημα δυναμικού προγραμματισμού, με στόχο την συγκράτηση του ολικού αναμενόμενου αποπληθωρισμένου κόστους θεραπείας της νόσου. Τα μαθηματικά μοντέλα αυτού του είδους, αποτελούν μία καρικατούρα της νόσου και της κατάστασης της υγείας του ασθενούς. Συνεπώς το προτεινόμενο μοντέλο είναι ωφέλιμο να χρησιμοποιείται μόνο υποστηρικτικά κατά την διαδικασία λήψης αποφάσεων.

Ο ιατρός με βάση τα συνήθη πρωτόκολλα αποφάσεων χαράσσει μία πολιτική θεραπείας, δηλαδή ένα σύνολο αποφάσεων ανάλογα με την κατάσταση που βρίσκεται ο ασθενής που πάσχει από τον καρκίνο του μαστού. Σε κάποια φάση του κύκλου Διάγνωσης – Θεραπείας (Εικόνα 3.2) παρίσταται η ανάγκη υποστήριξης στην λήψη κάποιας απόφασης. Ο λόγος μπορεί να είναι είτε ελλιπή δεδομένα, είτε εσφαλμένη ερμηνεία προηγούμενων αποτελεσμάτων εξετάσεων, είτε ανάγκη για περιορισμό του κόστους θεραπείας της νόσου. Στις περιπτώσεις αυτές εφαρμόζουμε υποστηρικτικά το παραπάνω μοντέλο απόφασης, το οποίο αποτελεί ένα δυναμικό εργαλείο για τη λήψη αποφάσεων σε άπειρο χρονικό ορίζοντα, παίρνοντας υπόψη και τον παράγοντα του ολικού αναμενόμενου αποπληθωρισμένου κόστους.

Από την προσομοίωση της λειτουργίας του μοντέλου με βάση τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν, έχουμε (Πίνακας 7.1) από τη μία πλευρά την πολιτική που βασίζεται σε κάποιο πρωτόκολλο αποφάσεων και από την άλλη πλευρά την πολιτική του προτεινόμενου μοντέλου που προέκυψε με βάση τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν.

**Πίνακας 7.1:** Τελική Εκτίμηση.

<b>ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ</b> <b>(i)</b>	<b>ΠΟΛΙΤΙΚΗ</b> <b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟΥ</b> $\delta^1$	<b>ΠΟΛΙΤΙΚΗ</b> <b>ΜΟΝΤΕΛΟΥ</b> $\delta^*$	<b>ΤΕΛΙΚΗ</b> <b>ΑΠΟΦΑΣΗ</b>
1	1	1	1
2	2	3	?
3	3	2	?
4	4	2	?
5	5	5	5
6	6	6	6

Παρατηρούμε λοιπόν (Πίνακας 7.1) ότι όταν ο ασθενής βρίσκεται στις καταστάσεις 1, 5, 6 δεν υπάρχει αμφιβολία ως προς την λήψη κάποιας απόφασης. Η πολιτική του ιατρικού πρωτοκόλλου συμβαδίζει απόλυτα με την πολιτική του προτεινόμενου μοντέλου, με βάση τα δεδομένα που εφαρμόσαμε.

Αντιθέτως για τις καταστάσεις 2, 3, 4 ο ιατρός προβληματίζεται και πρέπει να λάβει κάποια απόφαση, παίρνοντας σοβαρά υπόψη το όφελος του συγκεκριμένου ασθενούς (ηλικία, ιστορικό, ευαισθησία σε ορμόνες κ.τ.λ. ). Ενδεχομένως πρέπει να ζητήσει και τη γνώμη άλλων συναδέλφων ιατρών.

## **7.1 Μελλοντικές προεκτάσεις**

Μερικές φορές η κατάσταση της υγείας ενός ασθενή δεν είναι σαφέστατα καθορισμένη. Ο λόγος μπορεί να είναι πιθανή οικονομική δυσχέρεια του ασθενούς ή του συστήματος υγείας να χορηγήσει τη δυνατότητα πραγματοποίησης των κατάλληλων εξετάσεων, ώστε να έχουμε μία σαφή εικόνα της κατάστασης της υγείας του ασθενούς. Επιπλέον μπορεί ο θεράπων ιατρός να ερμηνεύσει λάθος τα κλινικά δεδομένα με άμεσο αποτέλεσμα, λαθεμένο προσδιορισμό της κατάστασης της υγείας του ασθενούς. Έτσι ένα πιο ρεαλιστικό μοντέλο είναι το μοντέλο των μερικά παρατηρήσιμων Μαρκοβιανών διαδικασιών απόφασης (Partially Observed Markov

Decision Processes-POMD). Η διαφορά με τις MDP είναι ότι στις POMDP δεν ξέρουμε την ακριβή κατάσταση του ασθενούς, αλλά μία πιθανότητα να βρίσκεται ο ασθενής σε αυτήν την κατάσταση.

Επίσης μπορούμε να έχουμε σε μοντέλο MDP μερική παρατήρηση του ασθενούς, ενώ σε κάποια χρονικά στάδια να μην έχουμε καθόλου παρατηρήσεις και επομένως κλινικά δεδομένα. Δηλαδή έχουμε μια MDP, με μερική όμως παρακολούθηση, που οδηγεί σαφώς σε μικρότερο κόστος θεραπείας, αλλά σε μεγαλύτερο κίνδυνο για την υγεία του ασθενούς.

Τέλος, υπάρχει περίπτωση να εξετάζουμε τον ασθενή όχι σε διακριτά χρονικά στάδια, αλλά σε συνεχή χρόνο. Οπότε μιλάμε για ημι-Μαρκοβιανές διαδικασίες αποφάσεων (Semi-Markov Decision Processes).

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] Λάγιου Α. Επιδημιολογία και πρόληψη του καρκίνου του μαστού. Αρχαία Ελληνικής ιατρικής 2008, 25(6):742-748.
- [2] Breastcancer.org. What is Breast Cancer? [τελευταία πρόσβαση 2/4/2010].  
Ανάκτηση από:  
[http://www.breastcancer.org/symptoms/understand\\_bc/what\\_is\\_bc.jsp](http://www.breastcancer.org/symptoms/understand_bc/what_is_bc.jsp)
- [3] Susan G. Komen for the cure. What is Breast Cancer? [τελευταία πρόσβαση 2/4/2010].  
Ανάκτηση από:  
<http://ww5.komen.org/BreastCancer/WhatisBreastCancer.html>
- [4] Wikipedia The Free Encyclopedia [τελευταία πρόσβαση 5/5/2010]. Ανάκτηση από: <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Breast.svg>
- [5] Μομφεράτου Ε, Παράσχος Α. Συνοπτική Περιγραφική Ανατομική. Αθήνα: Ιατρικές Εκδόσεις Λίτσας, 2001.
- [6] Γκλεντής Π. Καρκίνος του Μαστού. [τελευταία πρόσβαση 25/4/2010].  
Ανάκτηση από: <http://www.surgeon.gr/110/3342.aspx>
- [7] Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής Ιατρικής Σχολής Αθηνών. Ο Καρκίνος του Μαστού. [τελευταία πρόσβαση 29/4/2010]. Ανάκτηση από:  
[http://www.oncologia.gr/index\\_breast.html](http://www.oncologia.gr/index_breast.html)
- [8] Breastcancer.org. Breast Cancer Risk Factors. [τελευταία πρόσβαση 3/5/2010].  
Ανάκτηση από:  
[http://www.breastcancer.org/symptoms/understand\\_bc/risk/factors.jsp](http://www.breastcancer.org/symptoms/understand_bc/risk/factors.jsp)
- [9] Dickson R.B, Pestell R.G, Lippman M.E. Cancer of the breast. In: Devita V.T, Hellman S, Rosenberg S.A, editors. Cancer--Principals and Practice of Oncology, 7th edition. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2005.
- [10] American Cancer Society. Cancer Facts and Figures 2010. Atlanta, GA: American Cancer Society; 2010.

- [11] Medlook Έγκυρη πληροφόρηση για την υγεία. Καρκίνος μαστού: Πλεονεκτήματα της ακτινοθεραπείας. [τελευταία πρόσβαση 6/5/2010]. Ανάκτηση από: [http://www.medlook.net/article.asp?item\\_id=1219](http://www.medlook.net/article.asp?item_id=1219)
- [12] Susan G. Komen for the cure. Surgery. [τελευταία πρόσβαση 6/5/2010]. Ανάκτηση από: <http://ww5.komen.org/BreastCancer/surgery.html>
- [13] Enet.gr ΕΛΕΥΘΕΡΟΤΥΠΙΑ. Στοχευμένη θεραπεία καρκίνου του μαστού με νέα φάρμακα. [τελευταία πρόσβαση 28/6/2010]. Ανάκτηση από: <http://www.enet.gr/?i=news.el.article&id=56505>
- [14] Susan G. Komen for the cure. Chemotherapy. [τελευταία πρόσβαση 7/5/2010]. Ανάκτηση από: <http://ww5.komen.org/BreastCancer/Chemotherapy.html>
- [15] Tang P.C, Hammond W.E. A Progress Report on Computer-Based Patient Records in the United States. In: Dick R.S, Steen E.B, Detmer D.E, editors. The Computer-Based Patient Record: An Essential Technology for Health Care. Rev ed. Washington, DC: National Academies Press; 1997.
- [16] Δόλγερας Α. Τεκμηριωμένη φροντίδα υγείας και διαχείριση υπηρεσιών υγείας. Στο: Δόλγερας Α, Κυριόπουλος Γ. Ισότητα, αποτελεσματικότητα και αποδοτικότητα στις υπηρεσίες υγείας. Αθήνα: Εκδόσεις Θεμέλιο, 2000. σελ. 108-120.
- [17] Δευτερέος Σ. Ιατρική Σχολή Πανεπιστημίου Αθηνών Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής. Σύντομη εισαγωγή στους ηλεκτρονικούς φακέλους υγείας. [τελευταία πρόσβαση 28/5/2010 ]. Ανάκτηση από: <http://panacea.med.uoa.gr/topic.aspx?id=505>
- [18] Coiera E. Guide to Medical Informatics the Internet and Telemedicine. London: Chapman and Hall; 1997.
- [19] Paul C, Hammond Tang and W. A Progress Report on Computer-Based Patient Records in the United States. In: Dick R, Steen E, Detmer D, editors. The Computer-Based Patient Record. Washington: The National Academies Press; 1997. p. 12-14.
- [20] Αποστολάκης Ι. Πληροφοριακά Συστήματα Υγείας. Αθήνα: Εκδόσεις Παπαζήση, 2002.



- [21] Van Bommel J.H, Musen M.A. Handbook of Medical Informatics. Houten/Diegem: 1997. [τελευταία πρόσβαση 16/5/2010]. Ανάκτηση από: <http://person.hst.aau.dk/pbe/handbook%20MI%20kap7.pdf>
- [22] Μούρτου Ε. Ο Ηλεκτρονικός Ιατρικός Φάκελος στα Ελληνικά Δημόσια Νοσοκομεία. Επιθεώρηση Υγείας, Τόμος 17, Τεύχος 101, Ιούλιος 2006.
- [23] Ηλεκτρονική Εφημερίδα ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ. «Παπαγεωργίου» Ψηφιακοί ιατρικοί φάκελοι για τους ασθενείς. [τελευταία πρόσβαση 19/8/2010]. Ανάκτηση από: <http://www.makthes.gr/news/reportage/43144>
- [24] Μαγκλογιάννης Η. Σημειώσεις στο μάθημα Πληροφοριακά Συστήματα Υγείας Ι. Λαμία: Τμήμα Πληροφορικής με εφαρμογές στη βιοϊατρική, Πανεπιστήμιο Στερεάς Ελλάδας, 2009.
- [25] Τριπολίτη Ε. Διαφάνειες μαθήματος Ιατρική Πληροφορική. Ιωάννινα: Τμήμα Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, 2005.
- [26] Δελήμπασης Κ. Σημειώσεις στο μάθημα Εισαγωγή στη Βιοϊατρική Τεχνολογία. Λαμία: Τμήμα Πληροφορικής με εφαρμογές στη Βιοϊατρική, Πανεπιστήμιο Στερεάς Ελλάδας, 2006.
- [27] Health level 7. [τελευταία πρόσβαση 25/8/10]. Ανάκτηση από: <http://www.hl7.org.gr/site/>
- [28] World Health Organization. [τελευταία πρόσβαση 30/8/2010]. Ανάκτηση από: <http://www.who.int/classifications/icd/en/>
- [29] International Health Terminology Standards Development Organisation. [τελευταία πρόσβαση 5/9/2010]. Ανάκτηση από: <http://www.ihtsdo.org/snomed-ct/>
- [30] Δελήμπασης Κ, Νικηφορίδης Γ. Ιατρική Πληροφορική. Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, 2001.
- [31] Σίσκος Γ. Μοντέλα Αποφάσεων. Αθήνα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, 2008.
- [32] Simon H. The new science of management decision. New York: Harper and Row; 1960.

- [33] Γιαννακόπουλος Δ, Παπουτσής Ι. Διοικητικά Πληροφοριακά Συστήματα. Αθήνα: Σύγχρονη Εκδοτική, 2003.
- [34] Sprague R.H, Carlson E.D. Building effective decision support systems. Englewood Cliffs N.J: Prentice-Hall; 1982.
- [35] Andriole S.J. Handbook for the design, development, evaluation and application of interactive decision support systems. N.J: Petrocelli Books; 1989.
- [36] Adelman L. Evaluating Decision Support and Expert. New York: John Wiley; 1992.
- [37] Sprague R.H, McNurlin B.C. Information System Management in Practice. 2nd edition. N.J: Prentice-Hall; 1989.
- [38] Ματσατσίνης Ν. Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων. Αθήνα: Νέες Τεχνολογίες, 2010.
- [39] Bankman I.N. Handbook of medical imaging. San Diego: Academic Press; 2000.
- [40] Van Bemmelen J.H, Musen M.A. Handbook of Medical Informatics. Heidelberg: Springer; 1997.
- [41] Μουγιακάκου Σ. Ανάπτυξη Συστημάτων Υποστήριξης Κλινικών Αποφάσεων με Χρήση Μεθόδων Τεχνητής Νοημοσύνης. Διδακτορική Διατριβή. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα: Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Ιούλιος 2003.
- [42] National Institute for Health and Clinical Excellence. Advanced breast cancer: Diagnosis and treatment. [τελευταία πρόσβαση 12/9/2010]. Ανάκτηση από: <http://www.nice.org.uk/nicemedia/live/11778/43414/43414.pdf>
- [43] Αλτσιτσιάδης Ε. Η Χρήση Συστημάτων Υποστήριξης Αποφάσεων και Ποσοτικών Μεθόδων στην Στρατηγική Διοίκηση Μονάδων Υγείας και στην Εκπαίδευση Υγείας. Διδακτορική Διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα: Ιατρικής, 2010.

- [44] De Dombal F.T, Leaper D.J, Stainland J.R, McCann A.P, Horrocks J.C. Computer-aided diagnosis of acute abdominal pain. *BMJ* 1972; 2:9-13.
- [45] Adams I.D, Chan M, Clifford P.C, Cooke W.M, Dallos V, De Dombal F.T, et all. Computer-aided diagnosis of acute abdominal pain: a multicentre study. *BMJ* 1986; 293:800-804.
- [46] Shortliffe E.H. MYCIN: Computer-based Medical Consultations. New York: Elsevier Press; 1976.
- [47] Ανδρουλιδάκης Α. Σχεδίαση, ανάπτυξη και σύνθεση κατανεμημένων υπηρεσιών σε ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον υποστήριξης κλινικών αποφάσεων. Διδακτορική Διατριβή. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα: Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Μάρτιος 2006.
- [48] Kensaku Kawamoto, Houlihan C.A, Balas E.A, Lobach D.F. Improving Clinical Practice Using Clinical Decision Support Systems: A systematic Review of Trials to Identify Features Critical to Success. *BMJ* 2005; 330:765-768.
- [49] Kaushal R, Shojania K.G, Bates D.W. Effects of computerized physician order entry and clinical decision support systems on medication safety: a systematic review. *Arch Intern Med* 2003; 163:1409-1416.
- [50] Balas E.A, Weingarten S, Barb C.T, Blumenthal D, Boren S.A, Brown G.D. Improving preventive care by prompting physicians. *Arch Intern Med* 2000; 160:301-308.
- [51] Bennett J.W, Glasziou P.R. Computerised reminders and feedback in medication management: a systematic review of randomized controlled trials. *Med J* 2003; 178:217-222.
- [52] Wendt T, Knaup-Gregori P, Winter A. Decision support in medicine: a survey of problems of user acceptance. *Stud Health Technol Inform* 2000; 77:852-856.
- [53] Cochrane A.L. Effectiveness and efficiency: random reflections on health services. London: Nuffield Provincial Hospitals Trust; 1972.

- [54] Aran O.A, Klazinga N.S, Delnoij D.M, Asbroek A.H, Custers T. Conceptual frameworks for health systems performance: A quest for effectiveness, quality and improvement. *Int J Qual Health Care* 2003; 15:377-398.
- [55] Thomas H.F. Some reactions to Effectiveness and Efficiency. In: Maynard A, Chalmers I, editors. *Non-random reflections on health services research: on the 25th anniversary of Archie Cochrane's Effectiveness and Efficiency*. London: BMJ Publishing Group; 1997. p. 21-27.
- [56] Kleinjnen J, Gotzsche P, Kunz R.A, Oxman A.D, Chalmers I. So what's so special about randomization? In: Maynard A, Chalmers I, editors. *Non-random reflections on health services research: on the 25th anniversary of Archie Cochrane's Effectiveness and Efficiency*. London: BMJ Publishing Group; 1997. p. 93-106.
- [57] Κεραμάρης Ν. Medtime. Τυχαιοποιημένες Κλινικές Δοκιμές. [τελευταία πρόσβαση 17/9/2010]. Ανάκτηση από: <http://www.medtime.gr/content/view/178/48/lang.greek>
- [58] Τσάκος Γ. Μέτρηση Αποτελεσματικότητας και Τυχαιοποιημένες Ελεγχόμενες Δοκιμασίες: Φιλοσοφία και Χαρακτηριστικά. Στο: Δόλγερας Α, Κυριόπουλος Γ. *Ισότητα, αποτελεσματικότητα και αποδοτικότητα στις υπηρεσίες υγείας*. Αθήνα: Εκδόσεις Θεμέλιο, 2000. σελ. 81-99.
- [59] Μαθιουδάκης Γ. Η Εμπειρία από την Εφαρμογή των Κλινικών Δοκιμών: Αποτελεσματικότητα και Ποιότητα Ζωής. Στο: Δόλγερας Α, Κυριόπουλος Γ. *Ισότητα, αποτελεσματικότητα και αποδοτικότητα στις υπηρεσίες υγείας*. Αθήνα: Εκδόσεις Θεμέλιο, 2000. σελ. 100-107.
- [60] Τούντας Γ, Οικονόμου Ν.Α. Αξιολόγηση υπηρεσιών και συστημάτων υγείας. *Αρχεία Ελληνικής Ιατρικής* 2007, 24(1):7-21.
- [61] Γούναρης Χ, Σισσούρας Α, Αθανασόπουλος Α. Τα Προβλήματα της Μέτρησης της Αποδοτικότητας των Γενικών Νοσοκομείων στην Ελλάδα. Στο: Δόλγερας Α, Κυριόπουλος Γ. *Ισότητα, αποτελεσματικότητα και αποδοτικότητα στις υπηρεσίες υγείας*. Αθήνα: Εκδόσεις Θεμέλιο, 2000. σελ. 123-146.
- [62] Drummond M.F. *Methods for the economic evaluation of health care programs*. Oxford: Oxford University Press; 1987.

- [63] Οικονόμου Ν.Α, Τούντας Γ. Αξιολόγηση της αποδοτικότητας στο χώρο της υγείας. Αρχεία Ελληνικής Ιατρικής 2007, 24(1):34-47.
- [64] Schaefer A.J, Bailey M.D, Shechter S.M, Roberts M.S. Modeling Medical Treatment Using Markov Decision Processes. [τελευταία πρόσβαση 14/5/2010]. Ανάκτηση από: <http://www.ie.pitt.edu/~schaefer/Papers/MDPMedTreatment.pdf>
- [65] Roberts M.S, Sonnenberg F.A. Decision modeling techniques. In: Sonnenberg F.A, Chapman G, editors. Cambridge, UK: Cambridge University Press; 2000.
- [66] Howard R.A. Dynamic Programming and Markov Processes. Cambridge: The MIT Press; 1960.
- [67] Derman C. Finite State Markovian Decision Processes. New York: Academic Press; 1967.
- [68] Bellman R.E. Dynamic Programming. Princeton, NJ: Princeton University Press; 1957.
- [69] Puterman M.L. Markov Decision Processes: Discrete Stochastic Dynamic Programming. New York: John Wiley & Sons; 1994.
- [70] Bertsekas D.P. Dynamic Programming and Optimal Control. Belmont M.A: Athena Scientific Press; 2001.
- [71] Tierney W.M, Overhage J.M, McDonald C.J. Toward electronic medical records that improve care. Annals of Internal Medicine. 1995; 122:725-726.
- [72] Goulionis J.E, Benos V.K, Tzavelas G. A Markov decision process in medical treatment of Hepatitis C. JP Journal of Biostatistics 2009; 3:99-108.
- [73] Goulionis J, Koutsoumaris B, Stengos D. Dynamic decision making for clinical patient management with Parkinson's disease. JP Journal of Biostatistics 2008; 2:217-235.
- [74] Goulionis J, Vozikis A. Medical decision making for patients with Parkinson disease under Average Cost Criterion. Aust New Zealand Health Policy 2009; 6:1-8.
- [75] Γκουλιώνης Ι. Μερικά παρατηρήσιμες Μαρκοβιανές διαδικασίες αποφάσεων και εφαρμογές σε προβλήματα αντικατάστασης συστημάτων και επιλογής διδακτικών

μεθόδων. Διδακτορική Διατριβή. Πανεπιστήμιο Πειραιώς. Τμήμα: Στατιστικής και Ασφαλιστικής Επιστήμης. Σεπτέμβριος 2007.

[76] Kuntz K, Weinstein M. Modeling in economic evaluation. In: Drummond M, McGuire A, editors. Economic evaluation in health care. New York: Oxford University Press; 2001. p. 141-172.

[77] Goulionis J. Medical Treatments Using Partially Observable Markov Decision Processes. JP Journal of Biostatistics 2009; 3:77-97.

[78] Goulionis J. A Generalized Model of Optimal Maintenance Strategy. Pakistan Journal of Statistics 2009; 26:357-364.

[79] Goulionis J, Stengos D, Tzavelas G. Planning in uncertain multiagent settings for the healthcare management of Parkinson's disease. JP Journal of Biostatistics 2010; 4:139-160.

[80] Devinder Thapa, In-Sung Jung, Gi-Nam Wang. RL Based Decision Support System for u-Health Environment. In: Elshaw M, Mayer N.M, editors. Reinforcement Learning: Theory and Applications. Austria: I-Tech Education and Publishing; 2008. p. 400-408.

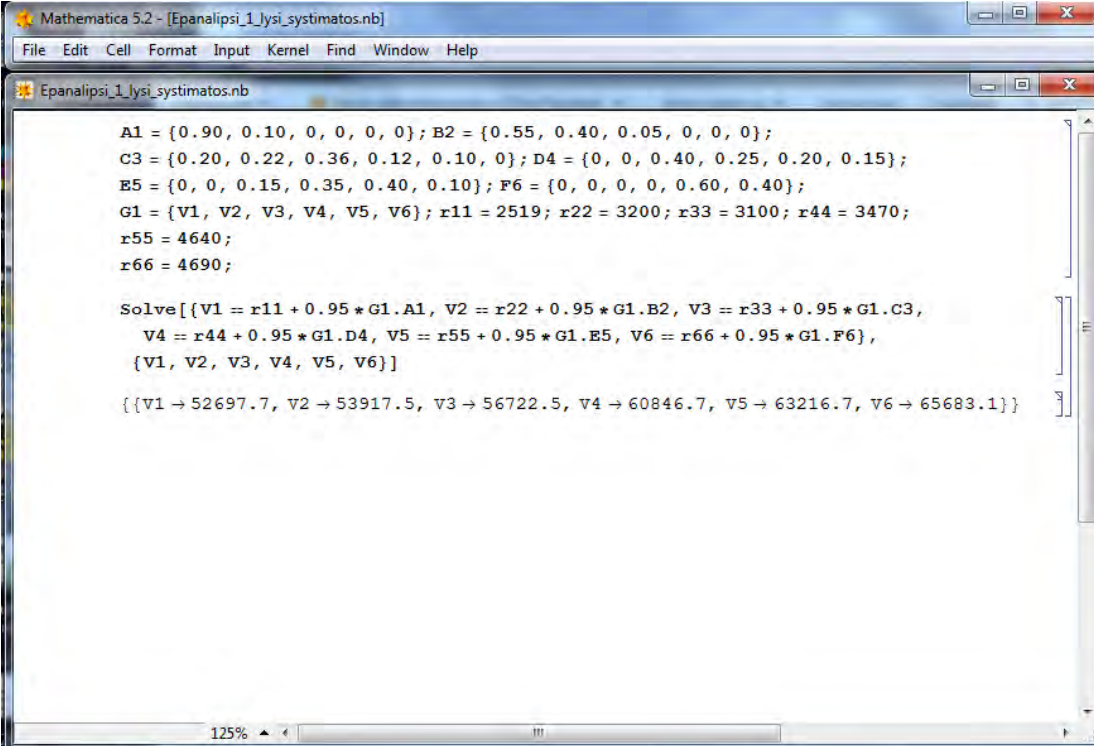
[81] Goulionis J, Benos V.K, Nikolakis D, Vozikis A. On the decision rules of cost effectiveness treatment for patients with diabetic foot syndrome. Clinicoeconomics and Outcome Research BMS central. Dove-Medical-Press Ltd 2010; 2:121-126.

[82] Goulionis J, Vozikis A, Miovolos S. Clinical Decision Support Systems based on Markov Decision Processes. International Scientific Conference Era-5. 15-18 Οκτωβρίου 2010. ΤΕΙ Πειραιά. Συμπεριλαμβάνεται στα Πρακτικά του συνεδρίου και ηλεκτρονικά: <http://era.teipir.gr>

[83] Dreyfus S.E, Law A.M. The Art and Theory of Dynamic Programming. New York: Academic Press; 1977.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ *Mathematica 5.2*

Ακολουθούν τα αποτελέσματα της προσομοίωσης της λειτουργίας του μοντέλου, όπως προκύπτουν από τη χρήση του *Mathematica 5.2*.



```
Mathematica 5.2 - [Epanalipsi_1_lysi_systimatos.nb]
File Edit Cell Format Input Kernel Find Window Help

Epanalipsi_1_lysi_systimatos.nb

A1 = {0.90, 0.10, 0, 0, 0, 0}; B2 = {0.55, 0.40, 0.05, 0, 0, 0};
C3 = {0.20, 0.22, 0.36, 0.12, 0.10, 0}; D4 = {0, 0, 0.40, 0.25, 0.20, 0.15};
E5 = {0, 0, 0.15, 0.35, 0.40, 0.10}; F6 = {0, 0, 0, 0, 0.60, 0.40};
G1 = {V1, V2, V3, V4, V5, V6}; r11 = 2519; r22 = 3200; r33 = 3100; r44 = 3470;
r55 = 4640;
r66 = 4690;

Solve[{V1 == r11 + 0.95 * G1.A1, V2 == r22 + 0.95 * G1.B2, V3 == r33 + 0.95 * G1.C3,
V4 == r44 + 0.95 * G1.D4, V5 == r55 + 0.95 * G1.E5, V6 == r66 + 0.95 * G1.F6},
{V1, V2, V3, V4, V5, V6}]

{{V1 -> 52697.7, V2 -> 53917.5, V3 -> 56722.5, V4 -> 60846.7, V5 -> 63216.7, V6 -> 65683.1}}
```

Εικόνα Α.1: Λύση Συστήματος για την Πολιτική  $\delta^1$ .

### • Λύση Συστήματος για την πολιτική $\delta^1$

Σύμφωνα με τον Αλγόριθμο Βελτιστοποίησης για την αρχική πολιτική, την οποία ορίζουμε ως  $\delta^1$  και η οποία περιγράφηκε στο Κεφάλαιο 6, επιλύουμε το σύστημα των έξι εξισώσεων (τύπος 1.1). Για την επίλυση του συστήματος χρησιμοποιούμε τα άμεσα κόστη « $\mathbf{r(i,a)}$ » τα οποία είναι δεδομένα και τις πιθανότητες μετάβασης των αντίστοιχων πινάκων οι οποίες είναι επίσης δεδομένες. Θεωρούμε ότι ο συντελεστής έκπτωσης για την αξία του χρήματος παίρνει την τιμή  $\beta = 0.95$ .

Οπότε αρχικά (Εικόνα Α.1) καταχωρούμε τις πιθανότητες μετάβασης όπως φαίνονται στους πίνακες πιθανοτήτων του Κεφαλαίου 6. Για την αρχική πολιτική  $\delta^1$  πρέπει να χρησιμοποιήσουμε τις εξής πιθανότητες:

- Την πρώτη γραμμή του πίνακα  $P^1$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα Α1.
- Την δεύτερη γραμμή του πίνακα  $P^2$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα Β2.
- Την τρίτη γραμμή του πίνακα  $P^3$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα C3.
- Την τέταρτη γραμμή από τον πίνακα  $P^4$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα D4.
- Την πέμπτη γραμμή από τον πίνακα  $P^5$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα Ε5.
- Την έκτη γραμμή από τον πίνακα  $P^6$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα F6.

Στη συνέχεια καταχωρούμε τα άμεσα κόστη θεραπείας όπως επίσης δίνονται στους πίνακες του Κεφαλαίου 6. Έτσι έχουμε **r11, r22, r33, r44, r55, r66** τα άμεσα κόστη για την αρχική πολιτική  $\delta^1$ , με τον πρώτο αριθμό να αναφέρεται στην κατάσταση του ασθενούς και τον δεύτερο στην απόφαση που λαμβάνεται σύμφωνα με τη συγκεκριμένη πολιτική. Έτσι για παράδειγμα το κόστος r11, είναι το κόστος που προκύπτει όταν ο ασθενής βρίσκεται στην κατάσταση 1 και λαμβάνεται η απόφαση 1.

Στον πίνακα **G1** καταχωρούμε τις άγνωστες μέχρι ώρας μεταβλητές, που αντιστοιχούν στα ολικά αναμενόμενα αποπληθωρισμένα κόστη, όταν ο ασθενής ξεκινά από κάθε κατάσταση και ακολουθείται η πολιτική  $\delta^1$ .

Τέλος γράφουμε τις έξι εξισώσεις για τα ολικά αναμενόμενα αποπληθωρισμένα κόστη (τύπος 1.1), όταν ο ασθενής ξεκινά από κάθε μία από τις έξι καταστάσεις και ακολουθηθεί η πολιτική  $\delta^1$ . Σαν αποτέλεσμα προκύπτει η λύση του συστήματος (Εικόνα Α.1). Με τις τιμές των **V1, V2, V3, V4, V5, V6** να εκφράζουν τα ολικά αναμενόμενα αποπληθωρισμένα κόστη, όταν ο ασθενής ξεκινά από κάθε μία από τις έξι καταστάσεις και ακολουθείται η αρχική πολιτική  $\delta^1$ .



Στη συνέχεια για τις τιμές που βρήκαμε από την λύση του παραπάνω συστήματος, προσπαθούμε να βελτιώσουμε την αρχική πολιτική  $\delta^1$ , επιλέγοντας σε κάθε κατάσταση την απόφαση που θα ελαχιστοποιεί το ολικό αναμενόμενο αποπληθωρισμένο κόστος θεραπείας. Έτσι για κάθε μία από τις έξι καταστάσεις του συστήματος έχουμε τα ακόλουθα.

```

Mathematica 5.2 - [Epanalipsi_1_katastasi_1.nb]
File Edit Cell Format Input Kernel Find Window Help

Epanalipsi_1_katastasi_1.nb

r11 = 2519; r12 = 2700; r13 = 2720; r14 = 2900; r15 = 4235; r16 = 2954; A1 = {0.90, 0.10, 0, 0, 0, 0};
B1 = {0.45, 0.55, 0, 0, 0, 0}; C1 = {0.60, 0.40, 0, 0, 0, 0}; D1 = {0.39, 0.38, 0.23, 0, 0, 0};
E1 = {0.84, 0.16, 0, 0, 0, 0}; F1 = {0.29, 0.31, 0.28, 0.03, 0.05, 0.04};
G2 = {52697.7, 53917.5, 56722.5, 60846.7, 63216.7, 65683.1};

q11 = r11 + 0.95 * A1.G2
52697.7

q12 = r12 + 0.95 * B1.G2
53400.2

q13 = r13 + 0.95 * C1.G2
53246.3

q14 = r14 + 0.95 * D1.G2
54282.6

q15 = r15 + 0.95 * E1.G2
54483.2

q16 = r16 + 0.95 * F1.G2
55672.

Min[q11, q12, q13, q14, q15, q16]
52697.7
100%

```

Εικόνα Α.2:Βέλτιστη Απόφαση για την Κατάσταση 1.

- **Βέλτιστη Απόφαση για την Κατάσταση 1**

Αρχικά για την κατάσταση 1 (Εικόνα Α.2), καταχωρούμε τα άμεσα κόστη  $r11, r12, r13, r14, r15, r16$  για κάθε μία από τις έξι αποφάσεις όπως φαίνονται στους πίνακες του Κεφαλαίου 6.

Στη συνέχεια καταχωρούμε τις πιθανότητες μετάβασης από την κατάσταση 1, στις υπόλοιπες καταστάσεις, όταν ληφθεί κάθε μία από τις έξι αποφάσεις. Για την

κατάσταση 1, οι πιθανότητες μετάβασης που χρησιμοποιούμε για τις έξι αποφάσεις είναι:

- Η πρώτη γραμμή του πίνακα  $P^1$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα A1.
- Η πρώτη γραμμή του πίνακα  $P^2$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα B1.
- Η πρώτη γραμμή του πίνακα  $P^3$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα C1.
- Η πρώτη γραμμή του πίνακα  $P^4$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα D1.
- Η πρώτη γραμμή του πίνακα  $P^5$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα E1.
- Η πρώτη γραμμή του πίνακα  $P^6$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα F1.

Στον πίνακα **G2** καταχωρούμε τις τιμές που προέκυψαν από τη λύση του παραπάνω συστήματος (Εικόνα A.1).

Έπειτα με **q11, q12, q13, q14, q15, q16** συμβολίζουμε το ολικό αναμενόμενο αποπληθωρισμένο κόστος (τύπος 1.1) για την κατάσταση 1, όταν ληφθεί κάθε μία από τις έξι αποφάσεις. Αφού υπολογίσουμε την τιμή του ολικού αναμενόμενου αποπληθωρισμένου κόστους για κάθε απόφαση, κάνουμε ελαχιστοποίηση και προκύπτει ότι για την κατάσταση 1, η απόφαση που ελαχιστοποιεί το ολικό αναμενόμενο αποπληθωρισμένο κόστος είναι η απόφαση 1 με κόστος 52697.7 € (Εικόνα A.2).

```

Mathematica 5.2 - [Epanalipsi_1_katastasi_2.nb]
File Edit Cell Format Input Kernel Find Window Help

Epanalipsi_1_katastasi_2.nb

A2 = {0.20, 0.55, 0.25, 0, 0, 0}; B2 = {0.55, 0.40, 0.05, 0, 0, 0}; C2 = {0.70, 0.30, 0, 0, 0, 0};
D2 = {0.38, 0.36, 0.22, 0.04, 0, 0}; E2 = {0.20, 0.25, 0.30, 0.25, 0, 0};
F2 = {0.17, 0.21, 0.30, 0.12, 0.14, 0.06}; r21 = 2680; r22 = 3200; r23 = 2980; r24 = 3200;
r25 = 4380; r26 = 3200; G2 = {52697.7, 53917.5, 56722.5, 60846.7, 63216.7, 65683.1};

q21 = r21 + 0.95 * A2.G2
54336.1

q22 = r22 + 0.95 * B2.G2
53917.5

q23 = r23 + 0.95 * C2.G2
53390.5

q24 = r24 + 0.95 * D2.G2
54830.8

q25 = r25 + 0.95 * E2.G2
57815.

q26 = r26 + 0.95 * F2.G2
57721.4

Min[q21, q22, q23, q24, q25, q26]
53390.5

100%

```

Εικόνα Α.3: Βέλτιστη απόφαση για την κατάσταση 2.

- **Βέλτιστη Απόφαση για την Κατάσταση 2**

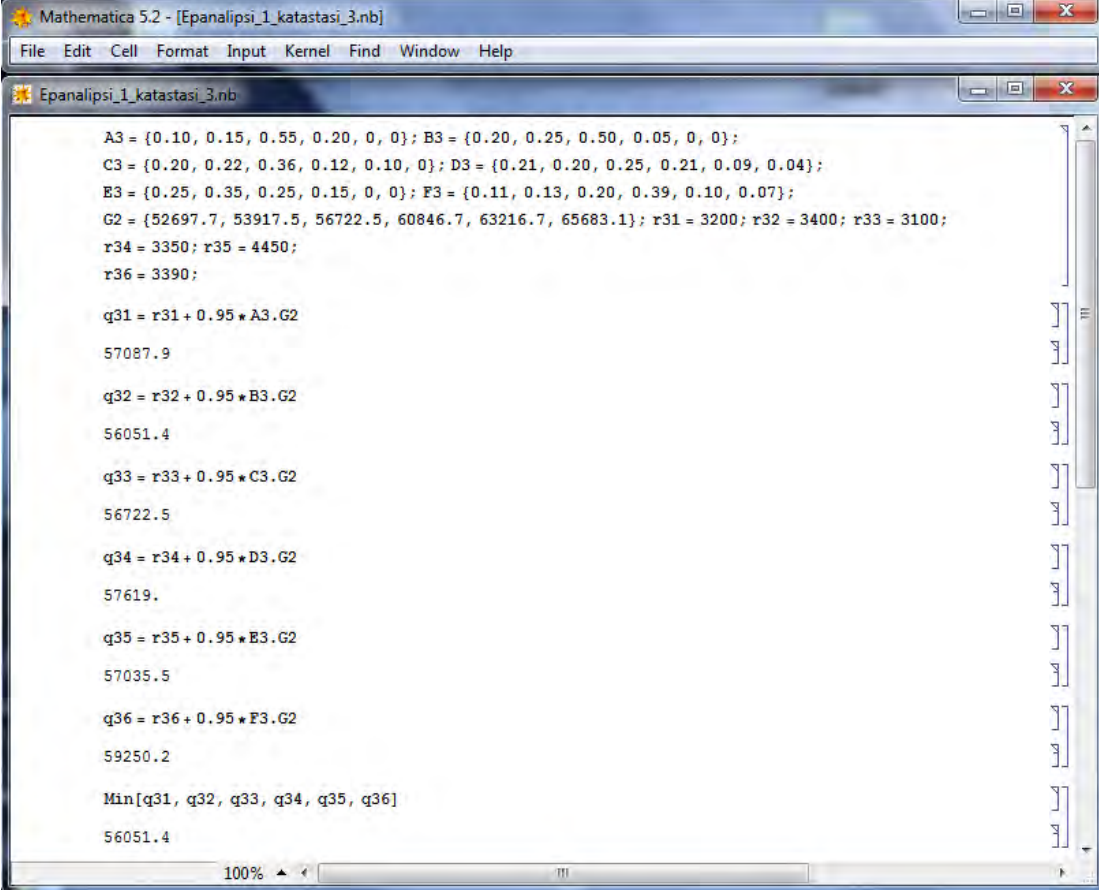
Για την κατάσταση 2 (Εικόνα Α.3), καταχωρούμε τα άμεσα κόστη **r21, r22, r23, r24, r25, r26** για κάθε μία από τις έξι αποφάσεις όπως φαίνονται στους πίνακες του Κεφαλαίου 6.

Στη συνέχεια καταχωρούμε τις πιθανότητες μετάβασης από την κατάσταση 2, στις υπόλοιπες καταστάσεις, όταν ληφθεί κάθε μία από τις έξι αποφάσεις. Για την κατάσταση 2, οι πιθανότητες μετάβασης που χρησιμοποιούμε για τις έξι αποφάσεις είναι:

- Η δεύτερη γραμμή του πίνακα  $P^1$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα A2.
- Η δεύτερη γραμμή του πίνακα  $P^2$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα B2.
- Η δεύτερη γραμμή του πίνακα  $P^3$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα C2.
- Η δεύτερη γραμμή του πίνακα  $P^4$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα D2.
- Η δεύτερη γραμμή του πίνακα  $P^5$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα E2.
- Η δεύτερη γραμμή του πίνακα  $P^6$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα F2.

Στον πίνακα **G2** καταχωρούμε τις τιμές που προέκυψαν από τη λύση του συστήματος (Εικόνα Α.1).

Έπειτα με **q21, q22, q23, q24, q25, q26** συμβολίζουμε το ολικό αναμενόμενο αποπληθωρισμένο κόστος (τύπος 1.1) για την κατάσταση 2, όταν ληφθεί κάθε μία από τις έξι αποφάσεις. Αφού υπολογίσουμε την τιμή του ολικού αναμενόμενου αποπληθωρισμένου κόστους για κάθε απόφαση, κάνουμε ελαχιστοποίηση και προκύπτει ότι για την κατάσταση 2, η απόφαση που ελαχιστοποιεί το ολικό αναμενόμενο αποπληθωρισμένο κόστος είναι η απόφαση 3 με κόστος 53390.5 € (Εικόνα Α.3).



```
Mathematica 5.2 - [Epanalipsi_1_katastasi_3.nb]
File Edit Cell Format Input Kernel Find Window Help

Epanalipsi_1_katastasi_3.nb

A3 = {0.10, 0.15, 0.55, 0.20, 0, 0}; B3 = {0.20, 0.25, 0.50, 0.05, 0, 0};
C3 = {0.20, 0.22, 0.36, 0.12, 0.10, 0}; D3 = {0.21, 0.20, 0.25, 0.21, 0.09, 0.04};
E3 = {0.25, 0.35, 0.25, 0.15, 0, 0}; F3 = {0.11, 0.13, 0.20, 0.39, 0.10, 0.07};
G2 = {52697.7, 53917.5, 56722.5, 60846.7, 63216.7, 65683.1}; r31 = 3200; r32 = 3400; r33 = 3100;
r34 = 3350; r35 = 4450;
r36 = 3390;

q31 = r31 + 0.95 * A3.G2
57087.9

q32 = r32 + 0.95 * B3.G2
56051.4

q33 = r33 + 0.95 * C3.G2
56722.5

q34 = r34 + 0.95 * D3.G2
57619.

q35 = r35 + 0.95 * E3.G2
57035.5

q36 = r36 + 0.95 * F3.G2
59250.2

Min[q31, q32, q33, q34, q35, q36]
56051.4

100%
```

Εικόνα Α.4: Βέλτιστη Απόφαση για την Κατάσταση 3.

- **Βέλτιστη απόφαση για την κατάσταση 3**

Για την κατάσταση 3 (Εικόνα A.4), καταχωρούμε τα άμεσα κόστη **r31, r32, r33, r34, r35, r36** για κάθε μία από τις έξι αποφάσεις όπως φαίνονται στους πίνακες του Κεφαλαίου 6.

Στη συνέχεια καταχωρούμε τις πιθανότητες μετάβασης από την κατάσταση 3, στις υπόλοιπες καταστάσεις, όταν ληφθεί κάθε μία από τις έξι αποφάσεις. Για την κατάσταση 3, οι πιθανότητες μετάβασης που χρησιμοποιούμε για τις έξι αποφάσεις είναι:

- Η τρίτη γραμμή του πίνακα  $P^1$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα A3.
- Η τρίτη γραμμή του πίνακα  $P^2$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα B3.
- Η τρίτη γραμμή του πίνακα  $P^3$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα C3.
- Η τρίτη γραμμή του πίνακα  $P^4$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα D3.
- Η τρίτη γραμμή του πίνακα  $P^5$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα E3.
- Η τρίτη γραμμή του πίνακα  $P^6$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα F3.

Στον πίνακα **G2** καταχωρούμε τις τιμές που προέκυψαν από τη λύση του συστήματος (Εικόνα A.1).

Έπειτα με **q31, q32, q33, q34, q35, q36** συμβολίζουμε το ολικό αναμενόμενο αποπληθωρισμένο κόστος (τύπος 1.1) για την κατάσταση 3, όταν ληφθεί κάθε μία από τις έξι αποφάσεις. Αφού υπολογίσουμε την τιμή του ολικού αναμενόμενου αποπληθωρισμένου κόστους για κάθε απόφαση, κάνουμε ελαχιστοποίηση και προκύπτει ότι για την κατάσταση 3, η απόφαση που ελαχιστοποιεί το ολικό αναμενόμενο αποπληθωρισμένο κόστος είναι η απόφαση 2 με κόστος 56051.4 € (Εικόνα A.4).

```

Mathematica 5.2 - [Epanalipsi_1_katastasi_4.nb]
File Edit Cell Format Input Kernel Find Window Help

Epanalipsi_1_katastasi_4.nb

A4 = {0, 0, 0.25, 0.45, 0.20, 0.10}; B4 = {0, 0, 0.55, 0.35, 0.10, 0};
C4 = {0, 0, 0.30, 0.35, 0.20, 0.15}; D4 = {0, 0, 0.40, 0.25, 0.20, 0.15};
E4 = {0, 0, 0.25, 0.45, 0.30, 0}; F4 = {0, 0, 0.15, 0.30, 0.40, 0.15}; r41 = 3350;
r42 = 3650; r43 = 3250; r44 = 3470; r45 = 4560; r46 = 4460;
G2 = {52697.7, 53917.5, 56722.5, 60846.7, 63216.7, 65683.1};

q41 = r41 + 0.95 * A4.G2
61084.6

q42 = r42 + 0.95 * B4.G2
59524.6

q43 = r43 + 0.95 * C4.G2
61018.5

q44 = r44 + 0.95 * D4.G2
60846.7

q45 = r45 + 0.95 * E4.G2
62060.3

q46 = r46 + 0.95 * F4.G2
63266.5

Min[q41, q42, q43, q44, q45, q46]
59524.6

100%

```

Εικόνα Α.5: Βέλτιστη Απόφαση για την Κατάσταση 4.

### • Βέλτιστη Απόφαση για την Κατάσταση 4

Για την κατάσταση 4 (Εικόνα Α.5), καταχωρούμε τα άμεσα κόστη **r41**, **r42**, **r43**, **r44**, **r45**, **r46** για κάθε μία από τις έξι αποφάσεις όπως φαίνονται στους πίνακες του Κεφαλαίου 6.

Στη συνέχεια καταχωρούμε τις πιθανότητες μετάβασης από την κατάσταση 4, στις υπόλοιπες καταστάσεις, όταν ληφθεί κάθε μία από τις έξι αποφάσεις. Για την κατάσταση 4, οι πιθανότητες μετάβασης που χρησιμοποιούμε για τις έξι αποφάσεις είναι:

- Η τέταρτη γραμμή του πίνακα  $P^1$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα A4.
- Η τέταρτη γραμμή του πίνακα  $P^2$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα B4.
- Η τέταρτη γραμμή του πίνακα  $P^3$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα C4.
- Η τέταρτη γραμμή του πίνακα  $P^4$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα D4.

- Η τέταρτη γραμμή του πίνακα  $P^5$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα E4.
- Η τέταρτη γραμμή του πίνακα  $P^6$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα F4.

Στον πίνακα **G2** καταχωρούμε τις τιμές που προέκυψαν από τη λύση του συστήματος (Εικόνα A.1).

Έπειτα με **q41, q42, q43, q44, q45, q46** συμβολίζουμε το ολικό αναμενόμενο αποπληθωρισμένο κόστος (τύπος 1.1) για την κατάσταση 4, όταν ληφθεί κάθε μία από τις έξι αποφάσεις. Αφού υπολογίσουμε την τιμή του ολικού αναμενόμενου αποπληθωρισμένου κόστους για κάθε απόφαση, κάνουμε ελαχιστοποίηση και προκύπτει ότι για την κατάσταση 4, η απόφαση που ελαχιστοποιεί το ολικό αναμενόμενο αποπληθωρισμένο κόστος είναι η απόφαση 2 με κόστος 59524.6 € (Εικόνα A.5).

```

Mathematica 5.2 - [Epanalipsi_1_katastasi_5.nb]
File Edit Cell Format Input Kernel Find Window Help

Epanalipsi_1_katastasi_5.nb

A5 = {0, 0, 0, 0.10, 0.20, 0.70}; B5 = {0, 0, 0, 0, 0.15, 0.85}; C5 = {0, 0, 0, 0.15, 0.35, 0.50};
D5 = {0, 0, 0, 0.20, 0.30, 0.50}; E5 = {0, 0, 0.15, 0.35, 0.40, 0.10}; F5 = {0, 0, 0, 0, 0.10, 0.90};
G2 = {52697.7, 53917.5, 56722.5, 60846.7, 63216.7, 65683.1}; r51 = 3480; r52 = 3800;
r53 = 3750; r54 = 3590; r55 = 4640;
r56 = 4530;

q51 = r51 + 0.95 * A5.G2
64950.9

q52 = r52 + 0.95 * B5.G2
65847.5

q53 = r53 + 0.95 * C5.G2
64639.7

q54 = r54 + 0.95 * D5.G2
64367.1

q55 = r55 + 0.95 * E5.G2
63216.7

q56 = r56 + 0.95 * F5.G2
66694.6

Min[q51, q52, q53, q54, q55, q56]
63216.7

```

Εικόνα A.6: Βέλτιστη Απόφαση για την Κατάσταση 5.

## • Βέλτιστη Απόφαση για την Κατάσταση 5

Για την κατάσταση 5 (Εικόνα Α.6), καταχωρούμε τα άμεσα κόστη **r51, r52, r53, r54, r55, r56** για κάθε μία από τις έξι αποφάσεις όπως φαίνονται στους πίνακες του Κεφαλαίου 6.

Στη συνέχεια καταχωρούμε τις πιθανότητες μετάβασης από την κατάσταση 5, στις υπόλοιπες καταστάσεις, όταν ληφθεί κάθε μία από τις έξι αποφάσεις. Για την κατάσταση 5, οι πιθανότητες μετάβασης που χρησιμοποιούμε για τις έξι αποφάσεις είναι:

- Η πέμπτη γραμμή του πίνακα  $P^1$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα A5.
- Η πέμπτη γραμμή του πίνακα  $P^2$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα B5.
- Η πέμπτη γραμμή του πίνακα  $P^3$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα C5.
- Η πέμπτη γραμμή του πίνακα  $P^4$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα D5.
- Η πέμπτη γραμμή του πίνακα  $P^5$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα E5.
- Η πέμπτη γραμμή του πίνακα  $P^6$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα F5.

Στον πίνακα **G2** καταχωρούμε τις τιμές που προέκυψαν από τη λύση του συστήματος (Εικόνα Α.1).

Έπειτα με **q51, q52, q53, q54, q55, q56** συμβολίζουμε το ολικό αναμενόμενο αποπληθωρισμένο κόστος (τύπος 1.1) για την κατάσταση 5, όταν ληφθεί κάθε μία από τις έξι αποφάσεις. Αφού υπολογίσουμε την τιμή του ολικού αναμενόμενου αποπληθωρισμένου κόστους για κάθε απόφαση, κάνουμε ελαχιστοποίηση και προκύπτει ότι για την κατάσταση 5, η απόφαση που ελαχιστοποιεί το ολικό αποπληθωρισμένο κόστος είναι η απόφαση 5 με κόστος 63216.7 € (Εικόνα Α.6).



```

Mathematica 5.2 - [Epanalipsi_1_katastasi_6.nb]
File Edit Cell Format Input Kernel Find Window Help

Epanalipsi_1_katastasi_6.nb

A6 = {0, 0, 0, 0, 0, 1}; B6 = {0, 0, 0, 0, 0, 1}; C6 = {0, 0, 0, 0, 0.15, 0.85};
D6 = {0, 0, 0, 0, 0.20, 0.80}; E6 = {0, 0, 0, 0, 0.25, 0.75}; F6 = {0, 0, 0, 0, 0.60, 0.40};
G2 = {52697.7, 53917.5, 56722.5, 60846.7, 63216.7, 65683.1}; r61 = 4790; r62 = 4710; r63 = 4750;
r64 = 4800; r65 = 4720;
r66 = 4690;

q61 = r61 + 0.95 * A6.G2
67188.9

q62 = r62 + 0.95 * B6.G2
67108.9

q63 = r63 + 0.95 * C6.G2
66797.5

q64 = r64 + 0.95 * D6.G2
66730.3

q65 = r65 + 0.95 * E6.G2
66533.2

q66 = r66 + 0.95 * F6.G2
65683.1

Min[q61, q62, q63, q64, q65, q66]
65683.1

```

Εικόνα Α.7: Βέλτιστη Απόφαση για την Κατάσταση 6.

### • Βέλτιστη Απόφαση για την Κατάσταση 6

Για την κατάσταση 6 (Εικόνα Α.7), καταχωρούμε τα άμεσα κόστη **r61, r62, r63, r64, r65, r66** για κάθε μία από τις έξι αποφάσεις όπως φαίνονται στους πίνακες του Κεφαλαίου 6.

Στη συνέχεια καταχωρούμε τις πιθανότητες μετάβασης από την κατάσταση 6, στις υπόλοιπες καταστάσεις, όταν ληφθεί κάθε μία από τις έξι αποφάσεις. Για την κατάσταση 6, οι πιθανότητες μετάβασης που χρησιμοποιούμε για τις έξι αποφάσεις είναι:

- Η έκτη γραμμή του πίνακα  $P^1$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα A6.
- Η έκτη γραμμή του πίνακα  $P^2$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα B6.
- Η έκτη γραμμή του πίνακα  $P^3$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα C6.
- Η έκτη γραμμή του πίνακα  $P^4$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα D6.
- Η έκτη γραμμή του πίνακα  $P^5$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα E6.

- Η έκτη γραμμή του πίνακα  $P^6$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα  $F6$ .

Στον πίνακα **G2** καταχωρούμε τις τιμές που προέκυψαν από τη λύση του συστήματος (Εικόνα A.1).

Έπειτα με **q61, q62, q63, q64, q65, q66** συμβολίζουμε το ολικό αναμενόμενο αποπληθωρισμένο κόστος (τύπος 1.1) για την κατάσταση 6, όταν ληφθεί κάθε μία από τις έξι αποφάσεις. Αφού υπολογίσουμε την τιμή του ολικού αναμενόμενου αποπληθωρισμένου κόστους για κάθε απόφαση, κάνουμε ελαχιστοποίηση και προκύπτει ότι για την κατάσταση 6, η απόφαση που ελαχιστοποιεί το ολικό αποπληθωρισμένο κόστος είναι η απόφαση 6 με κόστος 65683.1 € (Εικόνα A.7).

Σαν αποτέλεσμα προκύπτει μία ποίο βελτιωμένη πολιτική σε σχέση με την πολιτική  $\delta^1$  από άποψη κόστους-αποτελεσματικότητας. Η πολιτική αυτή είναι η:

$$\delta^2 = \{ \delta^2(1)=1, \delta^2(2)=3, \delta^2(3)=2, \delta^2(4)=2, \delta^2(5)=5, \delta^2(6)=6 \}$$

```

Mathematica 5.2 - [Epanalipsi_2_lysi_systimatos.nb]
File Edit Cell Format Input Kernel Find Window Help

Epanalipsi_2_lysi_systimatos.nb

A1 = {0.90, 0.10, 0, 0, 0, 0}; C2 = {0.70, 0.30, 0, 0, 0, 0};
B3 = {0.20, 0.25, 0.50, 0.05, 0, 0}; B4 = {0, 0, 0.55, 0.35, 0.10, 0};
E5 = {0, 0, 0.15, 0.35, 0.40, 0.10}; F6 = {0, 0, 0, 0, 0.60, 0.40}; r11 = 2519;
r23 = 2980; r32 = 3400; r42 = 3650; r55 = 4640; r66 = 4690;
G3 = {v1, v2, v3, v4, v5, v6};

Solve[{v1 == r11 + 0.95 * A1.G3, v2 == r23 + 0.95 * C2.G3, v3 == r32 + 0.95 * B3.G3,
v4 == r42 + 0.95 * B4.G3, v5 == r55 + 0.95 * E5.G3, v6 == r66 + 0.95 * F6.G3},
{v1, v2, v3, v4, v5, v6}]

{{v1 -> 51461.4, v2 -> 52030.5, v3 -> 53700.1, v4 -> 55950.1, v5 -> 59351.6, v6 -> 62129.7}}

```

Εικόνα A.8: Λύση Συστήματος για την Πολιτική  $\delta^2$ .

## • Λύση Συστήματος για την πολιτική $\delta^2$

Σύμφωνα με τον Αλγόριθμο Βελτιστοποίησης, παρατηρούμε ότι  $\delta^2(\mathbf{i}) \neq \delta^1(\mathbf{i})$ , οπότε επιλύουμε ξανά το σύστημα των έξι εξισώσεων για τα ολικά αναμενόμενα αποπληθωρισμένα κόστη (τύπος 1.1), αυτή τη φορά με βάση την πολιτική  $\delta^2$  και όχι την  $\delta^1$  (Εικόνα Α.8). Για την επίλυση του συστήματος χρησιμοποιούμε τα άμεσα κόστη « $\mathbf{r}(\mathbf{i}, \mathbf{a})$ » τα οποία είναι δεδομένα και τις πιθανότητες μετάβασης των αντίστοιχων πινάκων οι οποίες είναι επίσης δεδομένες.

Οπότε (Εικόνα Α.8) καταχωρούμε τις πιθανότητες μετάβασης όπως φαίνονται στους πίνακες πιθανοτήτων του Κεφαλαίου 6. Για την βελτιωμένη πολιτική  $\delta^2$  πρέπει να χρησιμοποιήσουμε τις εξής πιθανότητες:

- Την πρώτη γραμμή του πίνακα  $P^1$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα Α1.
- Την δεύτερη γραμμή του πίνακα  $P^3$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα C2.
- Την τρίτη γραμμή του πίνακα  $P^2$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα Β3.
- Την τέταρτη γραμμή από τον πίνακα  $P^2$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα Β4.
- Την πέμπτη γραμμή από τον πίνακα  $P^5$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα Ε5.
- Την έκτη γραμμή από τον πίνακα  $P^6$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα F6.

Στη συνέχεια καταχωρούμε τα άμεσα κόστη όπως επίσης δίνονται στους πίνακες του Κεφαλαίου 6. Έτσι έχουμε **r11, r23, r32, r42, r55, r66** τα άμεσα κόστη για την αρχική πολιτική  $\delta^2$ , με τον πρώτο αριθμό να αναφέρεται στην κατάσταση του ασθενούς και τον δεύτερο στην απόφαση που λαμβάνεται σύμφωνα με τη συγκεκριμένη πολιτική.

Στον πίνακα **G3** καταχωρούμε τις άγνωστες μεταβλητές για τα ολικά αναμενόμενα αποπληθωρισμένα κόστη, όταν ακολουθείται η βελτιωμένη πολιτική  $\delta^2$ .

Τέλος γράφουμε τις έξι εξισώσεις για τα ολικά αναμενόμενα αποπληθωρισμένα κόστη (τύπος 1.1), όταν ο ασθενής ξεκινά από κάθε μία από τις έξι καταστάσεις και ακολουθηθεί η πολιτική  $\delta^2$ . Σαν αποτέλεσμα προκύπτει η λύση του συστήματος (Εικόνα Α.8). Με τις τιμές των **V1, V2, V3, V4, V5, V6** να εκφράζουν τα ολικά αναμενόμενα αποπληθωρισμένα κόστη, όταν ο ασθενής ξεκινά από κάθε μία από τις έξι καταστάσεις και ακολουθείται η βελτιωμένη πολιτική  $\delta^2$ .

Στη συνέχεια για τις τιμές που βρήκαμε από την λύση του παραπάνω συστήματος, προσπαθούμε να βελτιώσουμε την πολιτική  $\delta^2$ , επιλέγοντας σε κάθε κατάσταση την απόφαση που θα ελαχιστοποιεί το ολικό αναμενόμενο αποπληθωρισμένο κόστος θεραπείας. Έτσι για κάθε μία από τις έξι καταστάσεις του συστήματος έχουμε τα ακόλουθα.

```

Mathematica 5.2 - [Epanalipsi_2_katastasi_1.nb]
File Edit Cell Format Input Kernel Find Window Help

Epanalipsi_2_katastasi_1.nb

G4 = {51461.4, 52030.5, 53700.1, 55950.1, 59351.6, 62129.7}; r11 = 2519; r12 = 2700;
r13 = 2720; r14 = 2900; r15 = 4235; r16 = 2954; A1 = {0.90, 0.10, 0, 0, 0, 0};
B1 = {0.45, 0.55, 0, 0, 0, 0}; C1 = {0.60, 0.40, 0, 0, 0, 0}; D1 = {0.39, 0.38, 0.23, 0, 0, 0};
E1 = {0.84, 0.16, 0, 0, 0, 0};
F1 = {0.29, 0.31, 0.28, 0.03, 0.05, 0.04};

q11 = r11 + 0.95 * A1.G4
51461.4

q12 = r12 + 0.95 * B1.G4
51885.7

q13 = r13 + 0.95 * C1.G4
51824.6

q14 = r14 + 0.95 * D1.G4
52482.9

q15 = r15 + 0.95 * E1.G4
53209.8

q16 = r16 + 0.95 * F1.G4
53513.5

Min[q11, q12, q13, q14, q15, q16]
51461.4

```

Εικόνα Α.9: Βέλτιστη Απόφαση για την Κατάσταση 1.

## • Βέλτιστη Απόφαση για την Κατάσταση 1

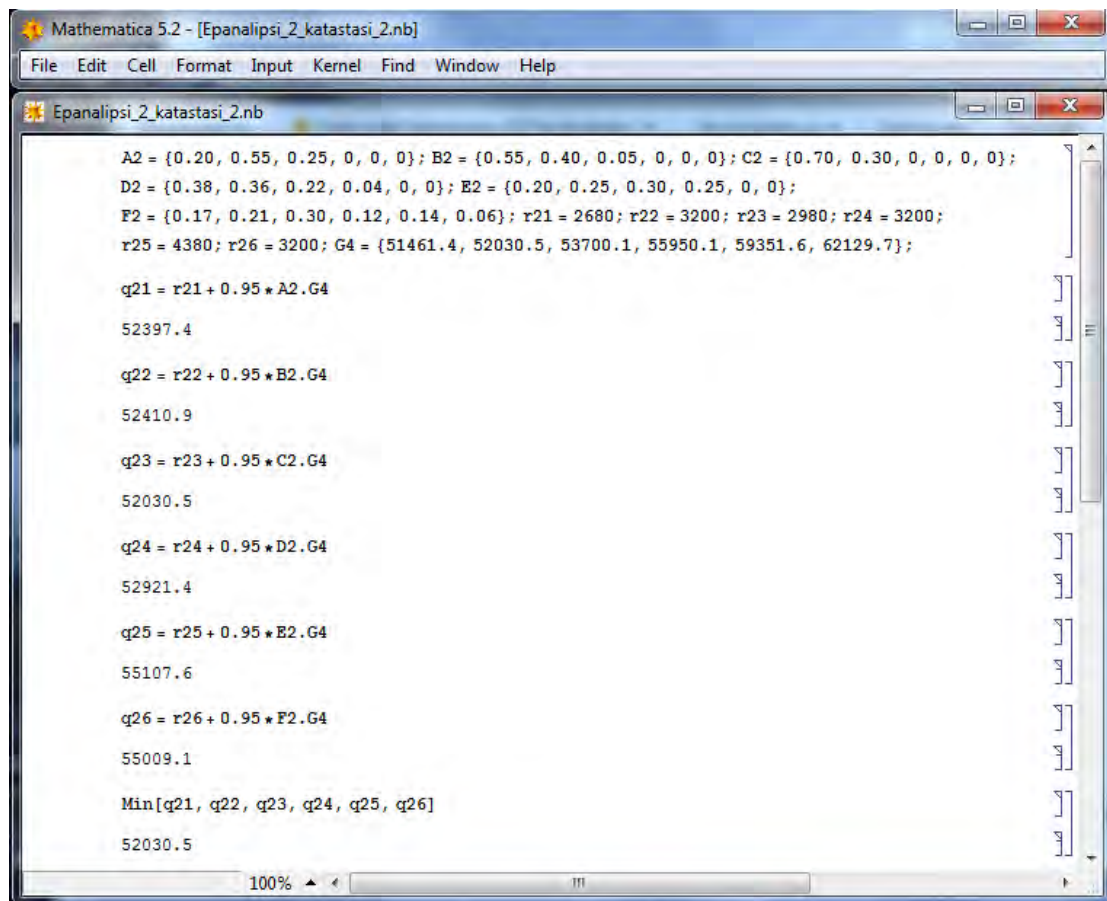
Για την κατάσταση 1 (Εικόνα A.9), καταχωρούμε τα άμεσα κόστη **r11, r12, r13, r14, r15, r16** για κάθε μία από τις έξι αποφάσεις όπως φαίνονται στους πίνακες του Κεφαλαίου 6.

Στη συνέχεια καταχωρούμε τις πιθανότητες μετάβασης από την κατάσταση 1, στις υπόλοιπες καταστάσεις, όταν ληφθεί κάθε μία από τις έξι αποφάσεις. Για την κατάσταση 1, οι πιθανότητες μετάβασης που χρησιμοποιούμε για τις έξι αποφάσεις είναι:

- Η πρώτη γραμμή του πίνακα  $P^1$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα A1.
- Η πρώτη γραμμή του πίνακα  $P^2$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα B1.
- Η πρώτη γραμμή του πίνακα  $P^3$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα C1.
- Η πρώτη γραμμή του πίνακα  $P^4$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα D1.
- Η πρώτη γραμμή του πίνακα  $P^5$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα E1.
- Η πρώτη γραμμή του πίνακα  $P^6$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα F1.

Στον πίνακα **G4** καταχωρούμε τις τιμές που προέκυψαν από τη λύση του δευτέρου συστήματος με βάση την πολιτική  $\delta^2$  (Εικόνα A.8).

Έπειτα με **q11, q12, q13, q14, q15, q16** συμβολίζουμε το ολικό αναμενόμενο αποπληθωρισμένο κόστος (τύπος 1.1) για την κατάσταση 1, όταν ληφθεί κάθε μία από τις έξι αποφάσεις. Αφού υπολογίσουμε την τιμή του ολικού αναμενόμενου αποπληθωρισμένου κόστους για κάθε απόφαση, κάνουμε ελαχιστοποίηση και προκύπτει ότι για την κατάσταση 1, η απόφαση που ελαχιστοποιεί το ολικό αναμενόμενο αποπληθωρισμένο κόστος είναι η απόφαση 1 με κόστος 51461.4 € (Εικόνα A.9).



Εικόνα Α.10: Βέλτιστη Απόφαση για την Κατάσταση 2.

## • Βέλτιστη Απόφαση για την Κατάσταση 2

Για την κατάσταση 2 (Εικόνα Α.10), καταχωρούμε τα άμεσα κόστη  $r_{21}$ ,  $r_{22}$ ,  $r_{23}$ ,  $r_{24}$ ,  $r_{25}$ ,  $r_{26}$  για κάθε μία από τις έξι αποφάσεις όπως φαίνονται στους πίνακες του Κεφαλαίου 6.

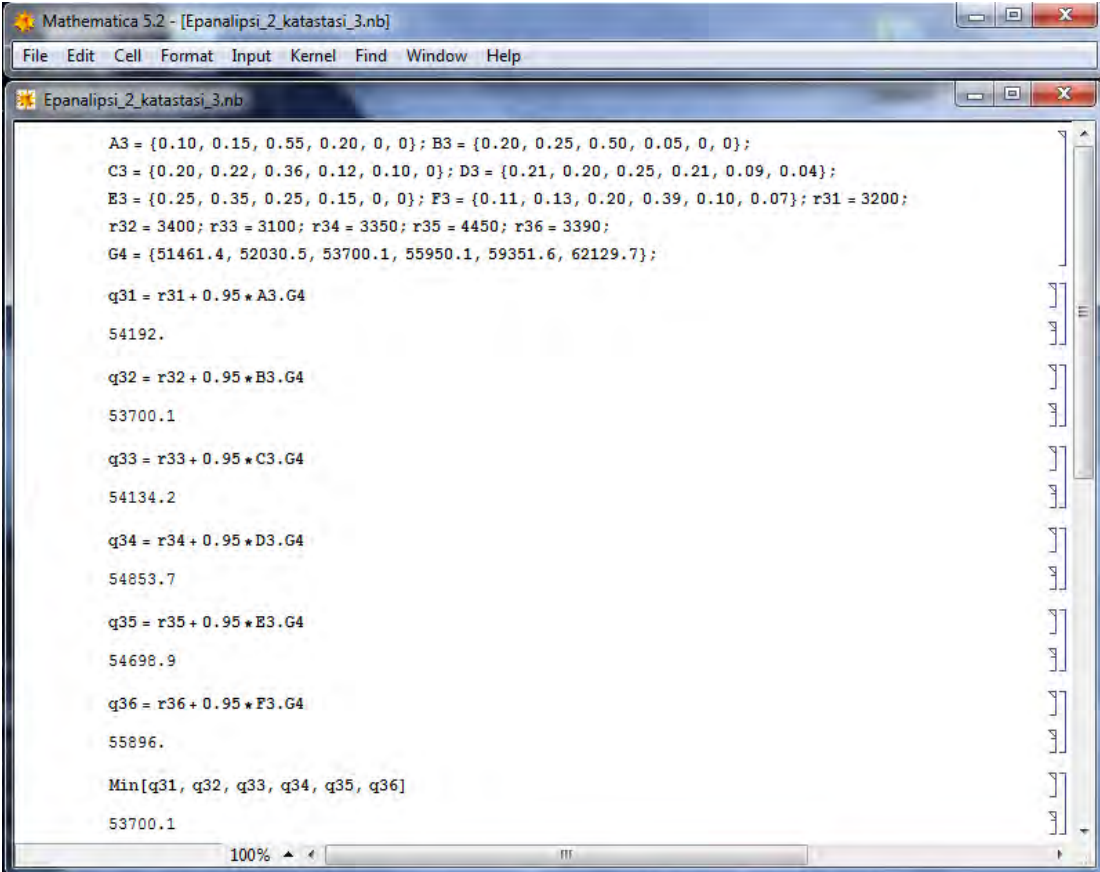
Στη συνέχεια καταχωρούμε τις πιθανότητες μετάβασης από την κατάσταση 2, στις υπόλοιπες καταστάσεις, όταν ληφθεί κάθε μία από τις έξι αποφάσεις. Για την κατάσταση 2, οι πιθανότητες μετάβασης που χρησιμοποιούμε για τις έξι αποφάσεις είναι:

- Η δεύτερη γραμμή του πίνακα  $P^1$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα A2.
- Η δεύτερη γραμμή του πίνακα  $P^2$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα B2.
- Η δεύτερη γραμμή του πίνακα  $P^3$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα C2.
- Η δεύτερη γραμμή του πίνακα  $P^4$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα D2.
- Η δεύτερη γραμμή του πίνακα  $P^5$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα E2.

➤ Η δεύτερη γραμμή του πίνακα  $P^6$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα F2.

Στον πίνακα **G4** καταχωρούμε τις τιμές που προέκυψαν από τη λύση του συστήματος με βάση την πολιτική  $\delta^2$  (Εικόνα A.8).

Έπειτα με **q21, q22, q23, q24, q25, q26** συμβολίζουμε το ολικό αναμενόμενο αποπληθωρισμένο κόστος (τύπος 1.1) για την κατάσταση 2, όταν ληφθεί κάθε μία από τις έξι αποφάσεις. Αφού υπολογίσουμε την τιμή του ολικού αναμενόμενου αποπληθωρισμένου κόστους για κάθε απόφαση, κάνουμε ελαχιστοποίηση και προκύπτει ότι για την κατάσταση 2, η απόφαση που ελαχιστοποιεί το ολικό αναμενόμενο αποπληθωρισμένο κόστος είναι η απόφαση 3 με κόστος 52030.5 € (Εικόνα A.10).



```
Mathematica 5.2 - [Epanalipsi_2_katastasi_3.nb]
File Edit Cell Format Input Kernel Find Window Help

Epanalipsi_2_katastasi_3.nb

A3 = {0.10, 0.15, 0.55, 0.20, 0, 0}; B3 = {0.20, 0.25, 0.50, 0.05, 0, 0};
C3 = {0.20, 0.22, 0.36, 0.12, 0.10, 0}; D3 = {0.21, 0.20, 0.25, 0.21, 0.09, 0.04};
E3 = {0.25, 0.35, 0.25, 0.15, 0, 0}; F3 = {0.11, 0.13, 0.20, 0.39, 0.10, 0.07}; r31 = 3200;
r32 = 3400; r33 = 3100; r34 = 3350; r35 = 4450; r36 = 3390;
G4 = {51461.4, 52030.5, 53700.1, 55950.1, 59351.6, 62129.7};

q31 = r31 + 0.95 * A3.G4
54192.

q32 = r32 + 0.95 * B3.G4
53700.1

q33 = r33 + 0.95 * C3.G4
54134.2

q34 = r34 + 0.95 * D3.G4
54853.7

q35 = r35 + 0.95 * E3.G4
54698.9

q36 = r36 + 0.95 * F3.G4
55896.

Min[q31, q32, q33, q34, q35, q36]
53700.1
```

Εικόνα A.11: Βέλτιστη Απόφαση για την Κατάσταση 3.

### • Βέλτιστη Απόφαση για την Κατάσταση 3

Για την κατάσταση 3 (Εικόνα A.11), καταχωρούμε τα άμεσα κόστη **r31, r32, r33, r34, r35, r36** για κάθε μία από τις έξι αποφάσεις όπως φαίνονται στους πίνακες του Κεφαλαίου 6.

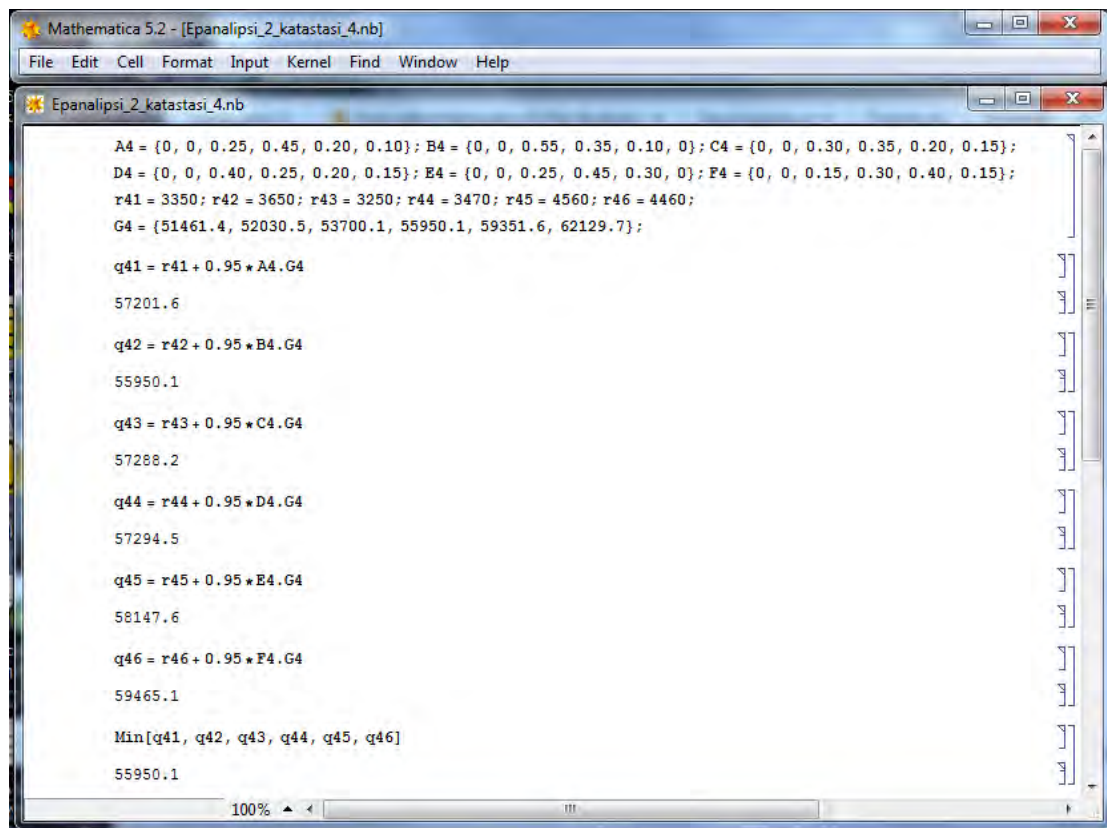
Στη συνέχεια καταχωρούμε τις πιθανότητες μετάβασης από την κατάσταση 3, στις υπόλοιπες καταστάσεις, όταν ληφθεί κάθε μία από τις έξι αποφάσεις. Για την κατάσταση 3, οι πιθανότητες μετάβασης που χρησιμοποιούμε για τις έξι αποφάσεις είναι:

- Η τρίτη γραμμή του πίνακα  $P^1$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα A3.
- Η τρίτη γραμμή του πίνακα  $P^2$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα B3.
- Η τρίτη γραμμή του πίνακα  $P^3$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα C3.
- Η τρίτη γραμμή του πίνακα  $P^4$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα D3.
- Η τρίτη γραμμή του πίνακα  $P^5$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα E3.
- Η τρίτη γραμμή του πίνακα  $P^6$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα F3.

Στον πίνακα **G4** καταχωρούμε τις τιμές που προέκυψαν από τη λύση του συστήματος με βάση την πολιτική  $\delta^2$  (Εικόνα A.8).

Έπειτα με **q31, q32, q33, q34, q35, q36** συμβολίζουμε το ολικό αναμενόμενο αποπληθωρισμένο κόστος (τύπος 1.1) για την κατάσταση 3, όταν ληφθεί κάθε μία από τις έξι αποφάσεις. Αφού υπολογίσουμε την τιμή του ολικού αναμενόμενου αποπληθωρισμένου κόστους για κάθε απόφαση, κάνουμε ελαχιστοποίηση και προκύπτει ότι για την κατάσταση 3, η απόφαση που ελαχιστοποιεί το ολικό αναμενόμενο αποπληθωρισμένο κόστος είναι η απόφαση 2 με κόστος 53700.1 € (Εικόνα A.11).





Εικόνα Α.12: Βέλτιστη Απόφαση για την Κατάσταση 4.

- **Βέλτιστη Απόφαση για την Κατάσταση 4**

Για την κατάσταση 4 (Εικόνα Α.12), καταχωρούμε τα άμεσα κόστη **r41, r42, r43, r44, r45, r46** για κάθε μία από τις έξι αποφάσεις όπως φαίνονται στους πίνακες του Κεφαλαίου 6.

Στη συνέχεια καταχωρούμε τις πιθανότητες μετάβασης από την κατάσταση 4, στις υπόλοιπες καταστάσεις, όταν ληφθεί κάθε μία από τις έξι αποφάσεις. Για την κατάσταση 4, οι πιθανότητες μετάβασης που χρησιμοποιούμε για τις έξι αποφάσεις είναι:

- Η τέταρτη γραμμή του πίνακα  $P^1$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα A4.
- Η τέταρτη γραμμή του πίνακα  $P^2$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα B4.
- Η τέταρτη γραμμή του πίνακα  $P^3$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα C4.
- Η τέταρτη γραμμή του πίνακα  $P^4$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα D4.
- Η τέταρτη γραμμή του πίνακα  $P^5$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα E4.
- Η τέταρτη γραμμή του πίνακα  $P^6$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα F4.

Στον πίνακα **G4** καταχωρούμε τις τιμές που προέκυψαν από τη λύση του συστήματος με βάση την πολιτική  $\delta^2$  (Εικόνα A.8).

Έπειτα με **q41, q42, q43, q44, q45, q46** συμβολίζουμε το ολικό αναμενόμενο αποπληθωρισμένο κόστος (τύπος 1.1) για την κατάσταση 4, όταν ληφθεί κάθε μία από τις έξι αποφάσεις. Αφού υπολογίσουμε την τιμή του ολικού αναμενόμενου αποπληθωρισμένου κόστους για κάθε απόφαση, κάνουμε ελαχιστοποίηση και προκύπτει ότι για την κατάσταση 4, η απόφαση που ελαχιστοποιεί το ολικό αναμενόμενο αποπληθωρισμένο κόστος είναι η απόφαση 2 με κόστος 55950.1 € (Εικόνα A.12).

```

Mathematica 5.2 - [Epanalipsi_2_katastasi_5.nb]
File Edit Cell Format Input Kernel Find Window Help

Epanalipsi_2_katastasi_5.nb

A5 = {0, 0, 0, 0.10, 0.20, 0.70}; B5 = {0, 0, 0, 0, 0.15, 0.85}; C5 = {0, 0, 0, 0.15, 0.35, 0.50};
D5 = {0, 0, 0, 0.20, 0.30, 0.50}; E5 = {0, 0, 0.15, 0.35, 0.40, 0.10}; F5 = {0, 0, 0, 0, 0.10, 0.90};
r51 = 3480; r52 = 3800; r53 = 3750; r54 = 3590; r55 = 4640; r56 = 4530;
G4 = {51461.4, 52030.5, 53700.1, 55950.1, 59351.6, 62129.7};

q51 = r51 + 0.95 * A5.G4
61388.3

q52 = r52 + 0.95 * B5.G4
62427.3

q53 = r53 + 0.95 * C5.G4
60968.9

q54 = r54 + 0.95 * D5.G4
60647.3

q55 = r55 + 0.95 * E5.G4
59351.6

q56 = r56 + 0.95 * F5.G4
63289.3

Min[q51, q52, q53, q54, q55, q56]
59351.6

```

Εικόνα A.13: Βέλτιστη Απόφαση για την Κατάσταση 5.

- **Βέλτιστη Απόφαση για την Κατάσταση 5**

Για την κατάσταση 5 (Εικόνα A.13), καταχωρούμε τα άμεσα κόστη **r51, r52, r53, r54, r55, r56** για κάθε μία από τις έξι αποφάσεις όπως φαίνονται στους πίνακες του Κεφαλαίου 6.

Στη συνέχεια καταχωρούμε τις πιθανότητες μετάβασης από την κατάσταση 5, στις υπόλοιπες καταστάσεις, όταν ληφθεί κάθε μία από τις έξι αποφάσεις. Για την κατάσταση 5, οι πιθανότητες μετάβασης που χρησιμοποιούμε για τις έξι αποφάσεις είναι:

- Η πέμπτη γραμμή του πίνακα  $P^1$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα A5.
- Η πέμπτη γραμμή του πίνακα  $P^2$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα B5.
- Η πέμπτη γραμμή του πίνακα  $P^3$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα C5.
- Η πέμπτη γραμμή του πίνακα  $P^4$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα D5.
- Η πέμπτη γραμμή του πίνακα  $P^5$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα E5.
- Η πέμπτη γραμμή του πίνακα  $P^6$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα F5.

Στον πίνακα **G4** καταχωρούμε τις τιμές που προέκυψαν από τη λύση του συστήματος για την πολιτική  $\delta^2$  (Εικόνα A.8).

Έπειτα με **q51, q52, q53, q54, q55, q56** συμβολίζουμε το ολικό αναμενόμενο αποπληθωρισμένο κόστος (τύπος 1.1) για την κατάσταση 5, όταν ληφθεί κάθε μία από τις έξι αποφάσεις. Αφού υπολογίσουμε την τιμή του ολικού αναμενόμενου αποπληθωρισμένου κόστους για κάθε απόφαση, κάνουμε ελαχιστοποίηση και προκύπτει ότι για την κατάσταση 5, η απόφαση που ελαχιστοποιεί το ολικό αναμενόμενο αποπληθωρισμένο κόστος είναι η απόφαση 5 με κόστος 59351.6 € (Εικόνα A.13).

```

Mathematica 5.2 - [Epanalipsi_2_katastasi_6.nb]
File Edit Cell Format Input Kernel Find Window Help

Epanalipsi_2_katastasi_6.nb

A6 = {0, 0, 0, 0, 0, 1}; B6 = {0, 0, 0, 0, 0, 1}; C6 = {0, 0, 0, 0, 0.15, 0.85}; D6 = {0, 0, 0, 0, 0.20, 0.80};
E6 = {0, 0, 0, 0, 0.25, 0.75}; F6 = {0, 0, 0, 0, 0.60, 0.40}; r61 = 4790; r62 = 4710; r63 = 4750; r64 = 4800;
r65 = 4720; r66 = 4690; G4 = {51461.4, 52030.5, 53700.1, 55950.1, 59351.6, 62129.7};

q61 = r61 + 0.95 * A6.G4
63813.2

q62 = r62 + 0.95 * B6.G4
63733.2

q63 = r63 + 0.95 * C6.G4
63377.3

q64 = r64 + 0.95 * D6.G4
63295.4

q65 = r65 + 0.95 * E6.G4
63083.4

q66 = r66 + 0.95 * F6.G4
62129.7

Min[q61, q62, q63, q64, q65, q66]
62129.7

```

Εικόνα Α.14: Βέλτιστη Απόφαση για την Κατάσταση 6.

### • Βέλτιστη Απόφαση για την Κατάσταση 6

Για την κατάσταση 6 (Εικόνα Α.14), καταχωρούμε τα άμεσα κόστη **r61, r62, r63, r64, r65, r66** για κάθε μία από τις έξι αποφάσεις όπως φαίνονται στους πίνακες του Κεφαλαίου 6.

Στη συνέχεια καταχωρούμε τις πιθανότητες μετάβασης από την κατάσταση 6, στις υπόλοιπες καταστάσεις, όταν ληφθεί κάθε μία από τις έξι αποφάσεις. Για την κατάσταση 6, οι πιθανότητες μετάβασης που χρησιμοποιούμε για τις έξι αποφάσεις είναι:

- Η έκτη γραμμή του πίνακα  $P^1$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα A6.
- Η έκτη γραμμή του πίνακα  $P^2$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα B6.
- Η έκτη γραμμή του πίνακα  $P^3$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα C6.
- Η έκτη γραμμή του πίνακα  $P^4$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα D6.
- Η έκτη γραμμή του πίνακα  $P^5$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα E6.
- Η έκτη γραμμή του πίνακα  $P^6$ , την οποία καταχωρούμε σε έναν πίνακα F6.

Στον πίνακα **G4** καταχωρούμε τις τιμές που προέκυψαν από τη λύση του συστήματος για την πολιτική  $\delta^2$  (Εικόνα A.8).

Έπειτα με **q61, q62, q63, q64, q65, q66** συμβολίζουμε το ολικό αναμενόμενο αποπληθωρισμένο κόστος (τύπος 1.1) για την κατάσταση 6, όταν ληφθεί κάθε μία από τις έξι αποφάσεις. Αφού υπολογίσουμε την τιμή του ολικού αναμενόμενου αποπληθωρισμένου κόστους για κάθε απόφαση, κάνουμε ελαχιστοποίηση και προκύπτει ότι για την κατάσταση 6, η απόφαση που ελαχιστοποιεί το ολικό αποπληθωρισμένο κόστος είναι η απόφαση 6 με κόστος 62129.7 € (Εικόνα A.14).

Σαν αποτέλεσμα προκύπτει μία βελτιωμένη πολιτική από άποψη κόστους-αποτελεσματικότητας. Η πολιτική αυτή είναι η:

$$\delta^3 = \{ \delta^3(1)=1, \delta^3(2)=3, \delta^3(3)=2, \delta^3(4)=2, \delta^3(5)=5, \delta^3(6)=6 \}$$

Παρατηρούμε ότι  $\delta^3(i) = \delta^2(i)$ , οπότε σύμφωνα με τον Αλγόριθμο Βελτιστοποίησης η διαδικασία εύρεσης της βέλτιστης πολιτικής για την αντιμετώπιση του καρκίνου του μαστού, που ελαχιστοποιεί το κόστος θεραπείας της νόσου τερματίζει.

Οπότε η βέλτιστη πολιτική που προκύπτει από την εφαρμογή του συγκεκριμένου μοντέλου είναι η:

$$\delta^* = \delta^3 = \{ \delta^3(1)=1, \delta^3(2)=3, \delta^3(3)=2, \delta^3(4)=2, \delta^3(5)=5, \delta^3(6)=6 \}$$



