

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ  
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΜΟΝΑΔΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ  
ΠΡΟΝΟΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΚΛΙΝΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ  
ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ**

**ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑΣ**

**ΜΑΝΑΣΗ ΕΥΘΥΜΙΑ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ**

**ΝΟΚΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ  
ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ ΣΥΝΕΡΓΑΤΗΣ Τ.Ε.Ι. ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ**

**ΚΑΛΑΜΑΤΑ 2007**

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

		ΣΕΛΙΔΑ
	<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	1
	<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</b>	
	<b>ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΓΕΙΑΣ</b>	
1.1	Εισαγωγή	2
1.2	Εμφάνιση	2
1.3	Ορισμοί του πληροφοριακού συστήματος	3
1.4	Κλινικά πληροφοριακά συστήματα	4
1.5	Ταξινόμηση πληροφοριακών συστημάτων νοσοκομείων	5
1.6	Στόχοι πληροφοριακών συστημάτων νοσοκομείων	11
1.7	Αρχιτεκτονικές πληροφοριακών συστημάτων	12
1.8	Μελλοντικές εφαρμογές	15
1.9	Τα πληροφοριακά συστήματα νοσοκομείων στην Ελλάδα	15
1.10	Σημερινή κατάσταση	16
1.11	Μελλοντική εξέλιξη	18
	<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</b>	
	<b>ΚΛΙΝΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ</b>	
	<b>ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ</b>	
2.1	Εισαγωγή	21
2.1.1	Δημιουργία ενός κλινικού συστήματος πληροφοριών	21
2.1.2	Οφέλη του κλινικού συστήματος πληροφοριών	25
2.2	Αξιολόγηση αξίας του κλινικού συστήματος υποστήριξης αποφάσεων	27
2.2.1	Βελτίωση ασφάλειας ασθενών	31
2.2.2	Μείωση λαθών στη χορηγία φαρμάκων	31
2.2.3	Ενίσχυση της οριζόντιας συμπεριφοράς	31
2.2.4	Χρόνος που απελευθερώνεται για την φροντίδα των ασθενών	32
2.3	Ανάπτυξη κλινικών συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων	33
2.3.1	Μεθοδολογία κλινικών συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων	34
2.3.2	Σχέδιο και εφαρμογή της Soft System Methology (SSM)	34
2.3.3	Πρότυπο – υποδομή – έρευνα	35
2.3.4	Συμπεράσματα προγράμματος	36
2.4	Αποδοτικότητα κλινικών συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων	37
	<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3</b>	
	<b>ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ</b>	
	<b>ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ</b>	
3.1	Έμπειρα συστήματα	40
3.1.1	Ορισμός	40
3.1.2	Εξειδικευμένη γνώση	41
3.1.3	Βασική αρχή λειτουργίας	41
3.1.4	Εκμαίευση γνώσης	42
3.1.5	Τα κλειδιά της επιτυχίας	43
3.1.6	Ευρετική γνώση πεδίου	44
3.1.7	Κελύφη έμπειρων συστημάτων	44
3.1.8	Κανόνες	45
3.1.9	Συστήματα παραγωγής	45
3.1.10	Επεξεργασία πληροφορίας από τον άνθρωπο κατά Newell – Simon	46

3.1.11	Δομή ενός σύγχρονου έμπειρου συστήματος	47
3.1.12	Μονάδα επεξήγησης	51
3.1.13	Στρατηγικές συμπερασμού	52
3.1.14	Κύκλος λειτουργίας έμπειρου συστήματος	52
3.1.15	Ιστορία	53
3.1.16	Καταλληλότητα προβλήματος για επίλυση με έμπειρο σύστημα	54
3.1.17	Χαρακτηριστικά έμπειρων συστημάτων	56
3.1.18	Πλεονεκτήματα έμπειρων συστημάτων	57
3.1.19	Κλάσεις εφαρμογών έμπειρων συστημάτων	58
<b>3.2</b>	<b>Συστήματα βασισμένα στη γνώση</b>	<b>59</b>
3.2.1	Υπόβαθρο της ανάπτυξης εργαλείων υποστήριξης αποφάσεων στην ιατρική	60
3.2.2	Δημιουργία προτύπων που «μπορούν να μάθουν»	62
3.2.3	Εργαλεία υποστήριξης απόφασης του μέλλοντος	62
<b>3.3</b>	<b>Αναγνώριση προτύπων</b>	<b>63</b>
3.3.1	Ταξινόμηση χωρίς λήψη απόφασης	64
3.3.2	Επιβεβαίωση προτύπων	65
3.3.3	Συστήματα επιβεβαίωσης προτύπων	65
3.3.4	Η κατασκευή συστημάτων ταξινόμησης προτύπων	66
3.3.5	Οι μέθοδοι ταξινόμησης προτύπων	68
3.3.6	Η διαδικασία εκπαίδευσης	69
<b>3.4</b>	<b>Τεχνητά νευρωνικά δίκτυα</b>	<b>70</b>
3.4.1	Ο νευρώνας	72
3.4.2	Δομή νευρωνικών δικτύων	73
	<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4</b>	
	<b>ΕΜΠΟΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ</b>	
<b>4.1</b>	<b>Αντιβιοτικά και μολυσματικές ασθένειες</b>	<b>76</b>
4.1.1	Το σύστημα Gideon	76
4.1.2	Το σύστημα ToxoNet	77
<b>4.2</b>	<b>Καρκίνος</b>	<b>78</b>
4.2.1	Το σύστημα CaDet	78
4.2.2	Το σύστημα “CANCER ME?”	78
<b>4.3</b>	<b>Θωρακικοί πόνοι</b>	<b>79</b>
4.3.1	Το σύστημα ACORN	79
4.3.2	Το σύστημα Thorask	79
<b>4.4</b>	<b>Οδοντιατρική</b>	<b>80</b>
4.4.1	Το σύστημα RaPiD	80
4.4.2	Το σύστημα Orthoplanner	81
<b>4.5</b>	<b>Δερματολογία</b>	<b>81</b>
4.5.1	Το σύστημα ILIAD V. 4.5	81
<b>4.6</b>	<b>Φάρμακα και τοξικολογία</b>	<b>82</b>
4.6.1	Το σύστημα DoseChecker	82
4.6.2	Το σύστημα SETH	83
<b>4.7</b>	<b>Επειγοντολογία</b>	<b>84</b>
4.7.1	Το σύστημα PEPID	84
<b>4.8</b>	<b>Οικογενειακή πρακτική</b>	<b>84</b>
4.8.1	Το σύστημα DiagnosisPro	84
<b>4.9</b>	<b>Γενετική</b>	<b>85</b>

4.10	4.9.1 Το σύστημα Genifer	85
4.11	Το σύστημα ICD	85
4.12	Το σύστημα VisualDx	86
4.13	Το σύστημα Isabel	87
	Το σύστημα QMR	87
	<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b>	88
	<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	90
	<b>ΠΗΓΕΣ</b>	92



## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε και συντάχθηκε στα πλαίσια της εκπαιδευτικής διαδικασίας για την ολοκλήρωση των σπουδών μου στο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Καλαμάτας, της Σχολής Διοίκησης και Οικονομίας, του Τμήματος Διοίκησης Μονάδων Υγείας και Πρόνοιας. Το θέμα που πραγματεύεται είναι τα Κλινικά Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων. Σκοπός της εργασίας είναι η καταγραφή των μεθόδων υλοποίησης συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων και πως εφαρμόζονται στα εμπορικά συστήματα που χρησιμοποιούνται στον τομέα της υγείας ως διαγνωστικά και συμβουλευτικά κλινικά συστήματα.

Τα Κλινικά Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων είναι προϊόντα που χρησιμοποιούνται από γιατρούς, νοσηλευτές, διοικητικούς και γενικά από επαγγελματίες υγείας για να τους βοηθήσουν στην λήψη των αποφάσεων.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια παρουσίαση των πληροφοριακών συστημάτων υγείας, του χρόνου εμφάνισής τους και των ορισμών τους. Επίσης, γίνεται μια ταξινόμηση των πληροφοριακών συστημάτων των νοσοκομείων, των στόχων τους, των αρχιτεκτονικών τους, των μελλοντικών τους εφαρμογών, την εξέλιξή τους στη χώρα μας σήμερα και στο μέλλον.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφονται πιο συγκεκριμένα τα κλινικά συστήματα υποστήριξης αποφάσεων, η δημιουργία ενός συστήματος πληροφοριών, τα οφέλη τους, η αξιολόγηση της αξίας τους, η βελτίωση της παροχής φροντίδας στους ασθενείς σε ότι αφορά την περίθαλψη. Ακόμη, γίνεται αναφορά για την ανάπτυξη των κλινικών συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων, η μεθοδολογία τους στο σχεδιασμό και την εφαρμογή και η αποδοτικότητά τους.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναφέρονται οι μέθοδοι υλοποίησης συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων. Συγκεκριμένα παρουσιάζονται τα έμπειρα συστήματα, τα συστήματα που είναι βασισμένα στη γνώση, η αναγνώριση προτύπων και τα τεχνικά νευρωνικά δίκτυα. Αναλύεται το υπόβαθρο, η δομή, και τα χαρακτηριστικά τους.

Τέλος, στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται εμπορικά συστήματα υποστήριξης απόφασης και ταξινομούνται ανάλογα με τις κατηγορίες εφαρμογής τους και σύμφωνα με το πώς μπορούν να εξυπηρετήσουν τους χρήστες τους.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΓΕΙΑΣ

#### 1.1 Εισαγωγή

Ο χώρος της υγείας, λόγω της πολυπλοκότητάς του κάνει εξαιρετικά δύσκολη την σαφή απόδοση των ορισμών σχετικά με τα πληροφοριακά συστήματα που σχεδιάζονται με αυτόν. Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια προσπάθεια επισήμανσης των επικρατέστερων ορισμών και η δόμησή τους με τέτοιο τρόπο ώστε να γίνει κατανοητό το πλαίσιο μέσα στο οποίο λειτουργούν και αναπτύσσονται οι τεχνολογίες της πληροφορικής μέσα στα νοσοκομεία.

#### 1.2 Εμφάνιση

Η τεχνολογία της πληροφορικής εμφανίζεται να χρησιμοποιείται για πρώτη φορά σε νοσοκομεία τη δεκαετία του 1940 με σκοπό να καλύψει τις οικονομικές και διοικητικές ανάγκες. Συστήματα που αφορούσαν τη διαχείριση πληροφοριών σχετικά με τους ασθενείς φαίνεται να εμφανίζονται στα μέσα του 1960 (Hammod 1994). Ο πρωταρχικός στόχος των συστημάτων αυτών ήταν η απλοποίηση της επικοινωνίας και της τεκμηρίωσης με τη χρήση τυποποιημένων παραγγελιών και σχεδίων περίθαλψης και θεραπείας (Ozbolt 2001).

Η εξέλιξη των υπολογιστικών συστημάτων στο χώρο της υγείας ακολούθησε πολύ αργούς ρυθμούς σε σχέση με την διείσδυση τους στις επιχειρήσεις και τη βιομηχανία. Μερικές από τις αιτίες για την καθυστέρηση αυτή υπήρξαν η έλλειψη επενδύσεων, η έλλειψη πολιτικής θέλησης, η αδυναμία της αγοράς να καλύψει τις απαιτήσεις των ιδρυμάτων και η έλλειψη ή η πολύ αργή υιοθέτηση προτύπων (Grimson 2000). Επιπροσθέτως υπήρξαν προβλήματα που σχετίζονται ειδικά με το χώρο της υγείας, όπως η πολυπλοκότητα των ιατρικών δεδομένων, προβλήματα με την είσοδο των δεδομένων, θέματα ασφαλείας και εμπιστευτικότητας, η έλλειψη σε πολλές χώρες ενός κωδικού που να αντιστοιχεί μοναδικά σε κάθε έναν ασθενή (unique patient identifier) και η γενικότερη έλλειψη ενημέρωσης σχετικά με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα αλλά και τους κινδύνους των πληροφοριακών συστημάτων στην υγεία.

Σήμερα, γίνεται ολοένα και περισσότερο κοινή η πεποίθηση ότι το επίπεδο ανάπτυξης των συστημάτων πληροφορικής που χρησιμοποιούνται σε ένα νοσοκομείο

δεν αποτελεί απλώς μια τεχνολογική πολυτέλεια ή διευκόλυνση, αλλά συνδέεται άμεσα με το επίπεδο της παρεχόμενης περίθαλψης. Αποτέλεσμα αυτής της συνειδητοποίησης ήταν η ανάπτυξη και η εφαρμογή τέτοιων συστημάτων να προωθείται από όλους τους παράγοντες που σχετίζονται με τη λειτουργία των νοσοκομείων, αλλά και η αύξηση της ερευνητικής δραστηριότητας σχετικά με αυτό το θέμα.

### 1.3 Ορισμοί του πληροφοριακού συστήματος

Ο Gremy το 1987 χαρακτήρισε το νοσοκομείο ως «μια πολύπλοκη μηχανή που παράγει πληροφορίες» και που στην καθημερινή του λειτουργία διαχειρίζεται ένα πλήθος τέτοιων πληροφοριών οι οποίες είναι χρήσιμες για την ολοκλήρωση των δραστηριοτήτων του.

Ο Winter το 1995 ορίζει το νοσοκομειακό πληροφοριακό σύστημα ως «ένα σύστημα που ασχολείται με τη συλλογή, επεξεργασία και αποθήκευση όλων των δεδομένων και των πληροφοριών που δημιουργούνται και διακινούνται σε ένα νοσηλευτικό ίδρυμα». Οι Lang et al (1995) αναφέρουν πως «το πληροφοριακό σύστημα του νοσοκομείου είναι ένα κοινωνικό-τεχνικό υποσύστημα του νοσοκομείου». Η κοινωνικό-τεχνική θεωρία προσεγγίζει τα συστήματα σαν σύνολα που επιδιώκουν έναν πρωταρχικό στόχο, που μπορεί να επιτευχθεί εάν οι κοινωνικές, τεχνικές και οικονομικές διαστάσεις του συστήματος βελτιστοποιηθούν και εάν αυτές δομηθούν γύρω από αυτόνομες ομάδες εργασίας. Οι Winter et al το 2001 ολοκληρώνουν τις παραπάνω σκέψεις αναφέροντας ότι «το νοσοκομειακό πληροφοριακό σύστημα είναι το κοινωνικό-τεχνικό υποσύστημα του νοσοκομείου που συμπεριλαμβάνει όλες τις ενέργειες επεξεργασίας της πληροφορίας, όπως και τους σχετικούς ανθρώπινους ή τεχνικούς παράγοντες στους αντίστοιχους ρόλους επεξεργασίας της πληροφορίας».

Σύμφωνα με τον Winter (2001) το τμήμα του νοσοκομειακού πληροφοριακού συστήματος όπου χρησιμοποιούνται υπολογιστές αποτελεί το υπολογιστικά υποβοηθούμενο (computer-supported) τμήμα του συστήματος ενώ το τμήμα που απομένει αναφέρεται ως το μη υπολογιστικά υποβοηθούμενο (non-computer-supported) τμήμα. Ωστόσο πρέπει να αναφερθεί πως όταν γίνεται αναφορά σε νοσοκομειακό πληροφοριακό σύστημα στην πλειοψηφία των περιπτώσεων γίνεται λόγος για το υπολογιστικά υποβοηθούμενο τμήμα του.

Διάφοροι ερευνητές έχουν προσπαθήσει να δώσουν έναν ορισμό για το υπολογιστικά υποβοηθούμενο τμήμα του νοσοκομειακού πληροφοριακού συστήματος. Οι Degoulet και Fiechi (1997) αναφέρουν πως «ένα υπολογιστικό σύστημα σχεδιασμένο για να διευκολύνει την διαχείριση των διοικητικών και ιατρικών πληροφοριών που διακινούνται σε ένα νοσοκομείο, με απώτερο σκοπό την βελτίωση της ποιότητας της παρεχόμενης φροντίδας».

Ο Prokosch (1995) αναφέρει ότι «νοσοκομειακό πληροφοριακό σύστημα ονομάζεται ένα σύστημα επικοινωνίας για το ίδρυμα το οποίο περιλαμβάνει λειτουργίες επεξεργασίας της πληροφορίας αλλά και της γνώσης». Η διάκριση που γίνεται από τον Prokosch ανάμεσα στην επεξεργασία της πληροφορίας και την επεξεργασία της γνώσης είναι η εξής: η επεξεργασία της πληροφορίας αναφέρεται στην ανάκτηση, τον συνδυασμό και τον μετασχηματισμό των δεδομένων που δημιουργούνται μέσα σε ένα νοσοκομείο. Η επεξεργασία της γνώσης έχει σαν στόχο την υποστήριξη της αδύναμης ανθρώπινης μνήμης. Αναφέρεται σε λειτουργίες παρακολούθησης και υποστήριξης αποφάσεων που έχουν τη δυνατότητα ανάλυσης δεδομένων που «αιχμαλωτίζονται» κατά τη διάρκεια της καθημερινής επικοινωνίας και επεξεργασίας εγγράφων, με σκοπό να παρέχουν προτάσεις ή να προειδοποιούν κατά την εμφάνιση πιθανών κινδύνων.

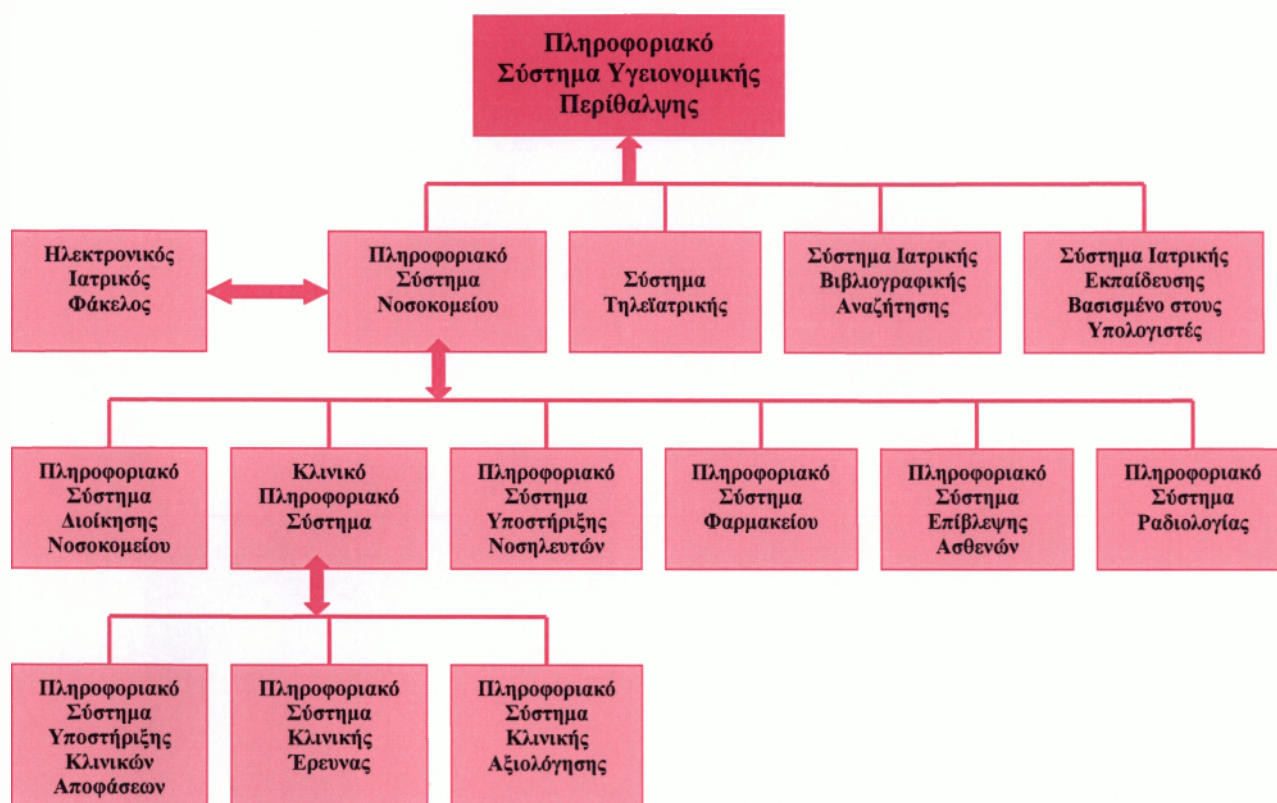
#### **1.4 Κλινικά πληροφοριακά συστήματα**

Τα κλινικά πληροφοριακά συστήματα (clinical information systems) ορίζονται ως ένα προϊόν που προορίζεται για να χρησιμοποιείται από γιατρούς (Anderson 1997) και υποστηρίζει λειτουργίες που σχετίζονται με τη θεραπεία των ασθενών. Σε πολλές περιπτώσεις τα συστήματα αυτά τοποθετούνται σε αντιδιαστολή με τα πληροφοριακά συστήματα των νοσοκομείων που θεωρούνται σαν ξεχωριστά συστήματα που αναφέρονται σε διοικητικές και διαχειριστικές λειτουργίες και ταυτίζονται με τα νοσοκομειακά πληροφοριακά συστήματα διαχείρισης (hospital administration systems).

Όπως τονίζει ο Hasselbring (1999) η διάκριση αυτή είναι λανθασμένη μιας και ο όρος πληροφοριακό σύστημα νοσοκομείου αναφέρεται στο ίδρυμα σαν σύνολο, το οποίο περιλαμβάνει τόσο τις λειτουργίες των κλινικών όσο και αυτές των διοικητικών και οικονομικών τμημάτων, αλλά και τις λειτουργίες των εργαστηρίων, των φαρμακείων και γενικά όλων των τμημάτων της νοσοκομειακής μονάδας. Το κλινικό πληροφοριακό σύστημα και το πληροφοριακό σύστημα διαχείρισης



αποτελούν υποσυστήματα του πληροφοριακού συστήματος του νοσοκομείου. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η προτεινόμενη από τον Hasselbring ταξινόμηση των πληροφοριακών συστημάτων υγείας.



Σχήμα 1-1: Παράδειγμα ταξινόμησης για τα πληροφοριακά συστήματα υγείας (προσαρμοσμένο από Hasselbring 1999).

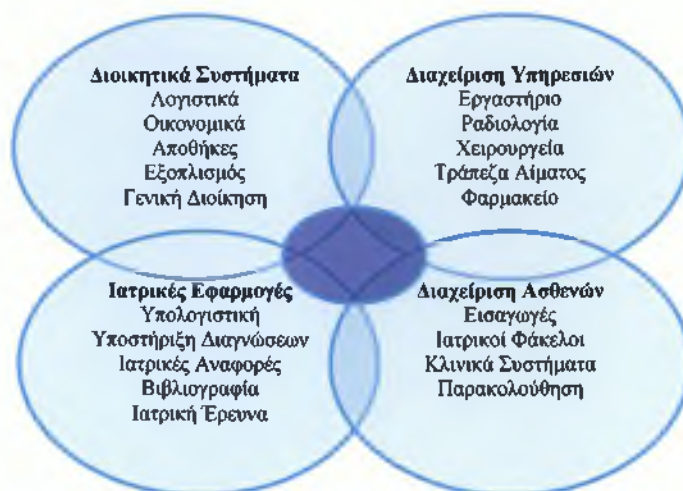
### 1.5 Ταξινόμηση πληροφοριακών συστημάτων νοσοκομείων

Η ταξινόμηση αυτή του Hasselbring δεν είναι μοναδική. Ο Zviran το 1990 διαχώρισε τις εφαρμογές ενός πληροφοριακού συστήματος νοσοκομείου σε τέσσερις υποομάδες εφαρμογών και υποστήριξε ότι έτσι καλύπτονται όλες οι απαιτήσεις ενός τέτοιου συστήματος.

1. Διοίκηση (λογιστικά, χρηματοοικονομικά, εξοπλισμός, αποθήκες, γενική διοίκηση).
2. Διαχείριση Ασθενών (εισαγωγές, ιατρικός φάκελος, κλινικές εφαρμογές, παρακολούθηση).
3. Διαχείριση Υπηρεσιών (εργαστηριακές εφαρμογές, χειρουργεία, τράπεζα αίματος, φαρμακείο, ραδιολογία).



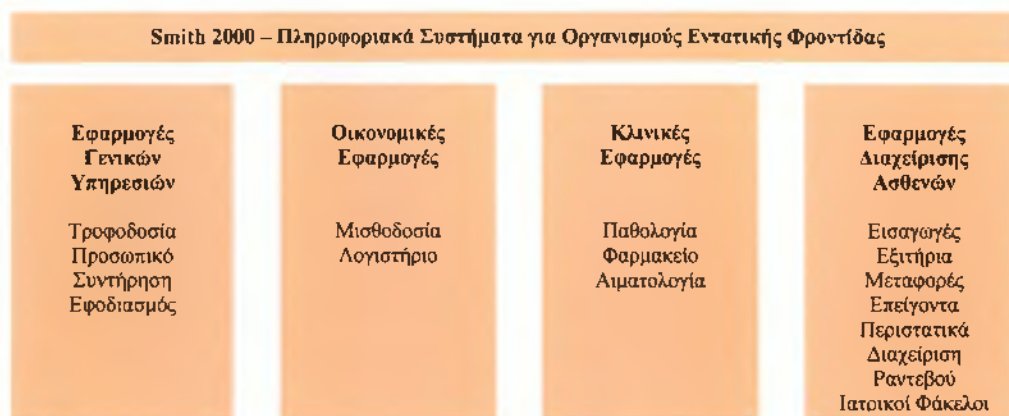
4. Ιατρικές εφαρμογές (υποστηρικτικές διαγνώσεις, ιατρικές αναφορές, ιατρική έρευνα).



Σχήμα 1-2: Πληροφοριακό σύστημα νοσοκομείου σύμφωνα με τον Zviran 1990.

Ο Smith (2000) αναφέρει πως, στις μέρες μας η παραδοσιακή έννοια των νοσοκομείων έχει διευρυνθεί σε οργανισμούς εντατικής φροντίδας (acute health care organizations). Τα πληροφοριακά συστήματα που αναπτύσσονται για τους οργανισμούς αυτούς έχουν πολλά κοινά με τα πληροφοριακά συστήματα που αναπτύσσονται για τους οργανισμούς αυτούς έχουν πολλά κοινά με τα πληροφοριακά συστήματα που αναπτύσσονται για ξενοδοχεία ή αεροπορικές εταιρείες, με την έννοια ότι έχουν ένα κεντρικό κατάλογο στον οποίο αναφέρονται οι περισσότερες εφαρμογές. Στην περίπτωση των νοσοκομείων ο κατάλογος αυτός είναι ο κατάλογος των ασθενών. Ο Smith κατατάσσει τις εφαρμογές των πληροφοριακών συστημάτων που χρησιμοποιούνται στους οργανισμούς εντατικής φροντίδας σε τέσσερις κατηγορίες.

1. Εφαρμογές Γενικών Υπηρεσιών (τροφοδοσία, προσωπικό, συντήρηση, εφοδιασμός).
2. Οικονομικές Εφαρμογές (μισθοδοσία, λογιστήριο).
3. Κλινικές Εφαρμογές (παθολογία, φαρμακείο, αιματολογία).
4. Εφαρμογές Διαχείρισης Ασθενών (εισαγωγές, εξιτήρια, μεταφορές, επείγοντα περιστατικά, διαχείριση ραντεβού, ιατρικοί φάκελοι).



Σχήμα 1-3: Πληροφοριακά συστήματα για Οργανισμούς Εντατικής Φροντίδας σύμφωνα με τον Smith.

Ο Smith (2000) εξέτασε τα πληροφοριακά συστήματα σαν εργαλεία που χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση των λειτουργιών σε έναν οργανισμό (management information systems) και με αυτή την έννοια διακρίνει τα πληροφοριακά συστήματα νοσοκομείου ανάλογα με τις διαχειριστικές λειτουργίες που υποστηρίζουν. Έτσι έχουμε:

1. Διαχείριση Λειτουργιών Νοσοκομείου.
2. Διαχείριση Οικονομικών και Ανθρώπινων Πόρων.
3. Ιατρική και Διοικητική Διαχείριση Ασθενών.
4. Διαχείριση Αποθηκών.
5. Διαχείριση Πόρων.

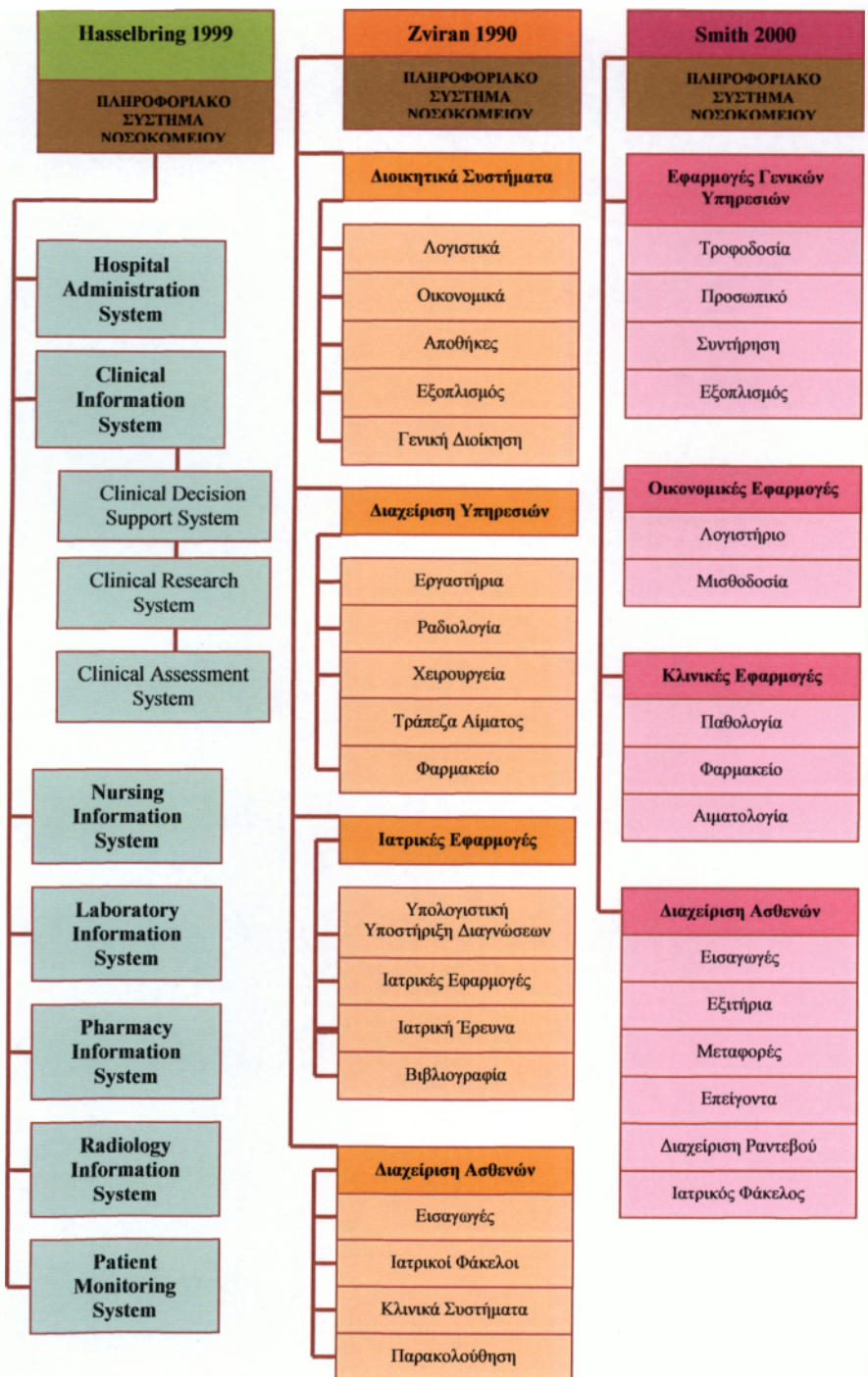
Η εταιρία «01-Πληροφορική Α.Ε.» το 1998 εκπόνησε μία μελέτη με θέμα «Ολοκληρωμένα Πληροφοριακά Συστήματα Νοσοκομείων» για λογαριασμό του Υπουργείου Υγείας και Πρόνοιας. Στη μελέτη αυτή αναφέρεται ότι τα πληροφοριακά υποσυστήματα που συγκροτούν ένα ολοκληρωμένο πληροφοριακό σύστημα νοσοκομείου διακρίνονται σε:

A. Το διαχειριστικό /οικονομικό υποσύστημα. Περιλαμβάνει τις λειτουργίες διαχειριστικής και οικονομικής οργάνωσης.

1. Διαχειριστικές λειτουργίες:

α. Διαχείριση ασθενών.

- i. Νοσηλευομένων (Γραφείο Κίνησης).
- ii. Εξωτερικών ασθενών (Γραμματεία Εξωτερικών Ιατρείων).
- iii. Επειγόντων περιστατικών (Τμήμα Επειγόντων Περιστατικών).



Σχήμα 1.4: Σύνθεση των πληροφοριακών συστημάτων νοσοκομείου

**Degoulet & Fiechi  
1997**

**ΠΑΗΡΟΦΟΡΙΑΚΟ  
ΣΥΣΤΗΜΑ  
ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟΥ**

Διαχείριση  
Λειτουργιών  
Νοσοκομείου

Διαχείριση  
Οικονομικών και  
Ανθρώπινων Πόρων

Ιατρική και  
Διοικητική  
Διαχείριση Ασθενών

Διαχείριση  
Ασθενών

Διαχείριση Πόρων

**01-Πληροφορική 1998**

**ΠΑΗΡΟΦΟΡΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ  
ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟΥ**

**Διαχειριστικό Πληροφοριακό  
Σύστημα**

**ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ**

Διαχείριση Ασθενών

Νοσηλεύομενων

Εξωτερικών

Επειγόντων

Διαχείριση Προσωπικού

Διαχείριση Υλικών

Διαχείριση Προμηθειών

Διαχείριση Έγκαταστάσεων

Τιμολόγηση Παρεχόμενων

Υπηρεσιών

**ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ**

Γενική Λογιστική

Διοικητική Λογιστική

Ταμειακός Προγραμματισμός

Προϋπολογισμός

Λογιστήριο Ασθενών

Εκκαθάριση Ασφαλιστικών

Ταμείων

**Ιατρικό Πληροφοριακό  
Σύστημα**

**ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΦΡΟΝΤΙΔΑΣ**

Διαχείριση Ιατρικών Εντολών

Διαχείριση Ιατρικού Ασθενή

**ΝΟΣΗΛΕΥΤΙΚΗΣ ΦΡΟΝΤΙΔΑΣ**

Διαχείριση Ιατρικών Εντολών

Διαχείριση Ιατρικού Ασθενή

**ΠΑΡΑΛΑΒΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ**

Φαρμακεία

Χειρουργεία

Διαγνωστικά

**Πληροφοριακό Σύστημα  
Εργαστηρίων**

**Πληροφοριακό Σύστημα  
Λιπικής**

**Βαγγελάτος 2002**

**ΠΑΗΡΟΦΟΡΙΑΚΟ  
ΣΥΣΤΗΜΑ  
ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟΥ**

**Διοικητικές Εφαρμογές**

Διαχείριση Εσωτερικών  
Ασθενών

Τιμολόγηση

Φαρμακεία

Διαχείριση Εξωτερικών  
Ασθενών

**Κλινικές Εφαρμογές**

Ιατρικός Φάκελος

Καταγραφή Κλινικών  
Στοιχείων

Ηλεκτρονική  
Συνταγογράφηση

Ηλεκτρονικό Σύστημα  
Παραγγελιών

**Εφαρμογές Εργαστηρίου**

Σύστημα Βιοχημικού

Σύστημα Αιματολογικού

Σύστημα  
Μικροβιολογικού

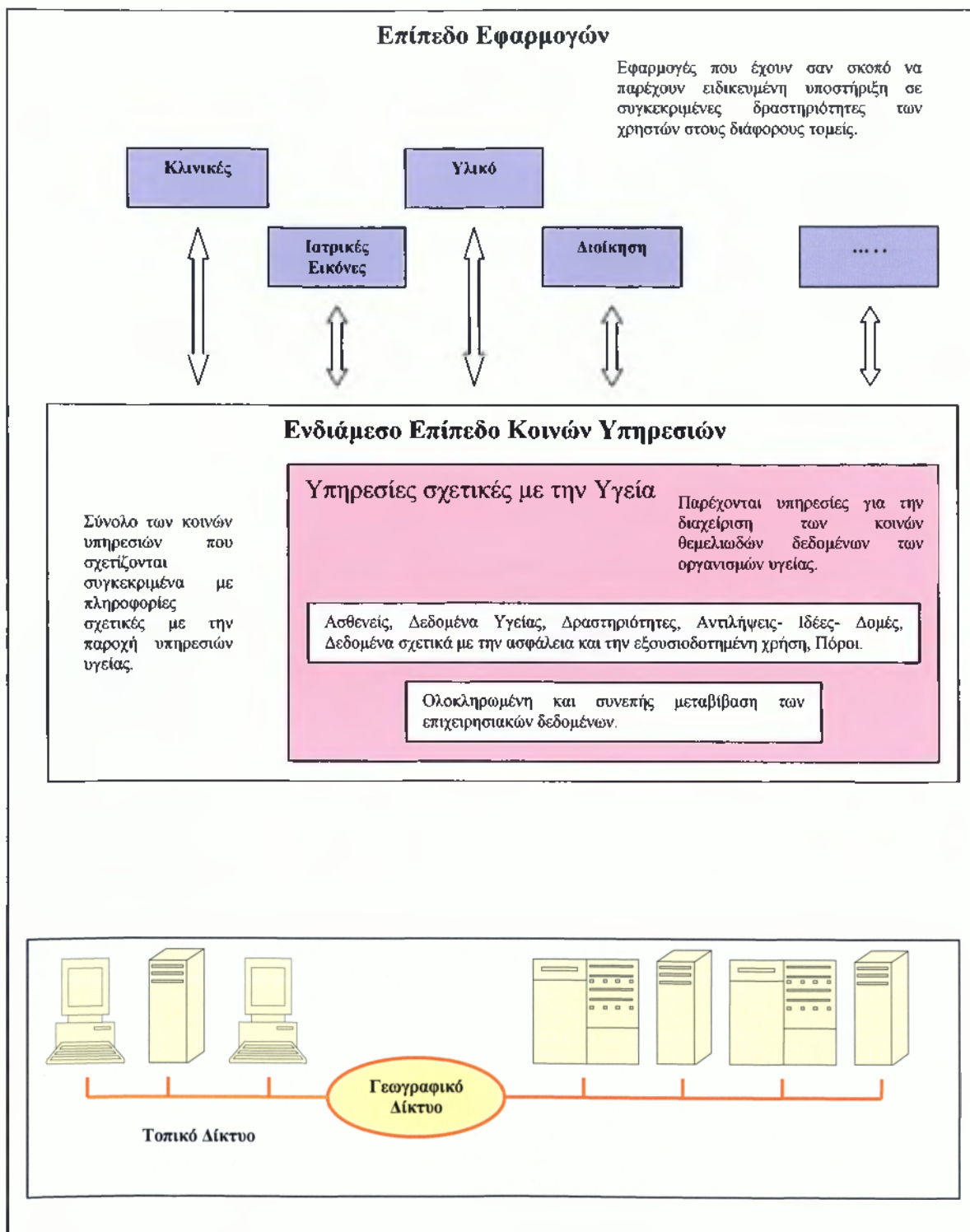
Σύστημα Λιπώσεων  
Εξετάσεων

**Εφαρμογές Ραδιολογίας**

Ιατρικές Εικόνες

P.A.C.S.





Σχήμα 1-5: Τα τρία επίπεδα του προτύπου H.I.S.A. (προσαρμοσμένο από Grimson 2000)



## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε και συντάχθηκε στα πλαίσια της εκπαιδευτικής διαδικασίας για την ολοκλήρωση των σπουδών μου στο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Καλαμάτας, της Σχολής Διοίκησης και Οικονομίας, του Τμήματος Διοίκησης Μονάδων Υγείας και Πρόνοιας. Το θέμα που πραγματεύεται είναι τα Κλινικά Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων. Σκοπός της εργασίας είναι η καταγραφή των μεθόδων υλοποίησης συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων και πως εφαρμόζονται στα εμπορικά συστήματα που χρησιμοποιούνται στον τομέα της υγείας ως διαγνωστικά και συμβουλευτικά κλινικά συστήματα.

Τα Κλινικά Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων είναι προϊόντα που χρησιμοποιούνται από γιατρούς, νοσηλευτές, διοικητικούς και γενικά από επαγγελματίες υγείας για να τους βοηθήσουν στην λήψη των αποφάσεων.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια παρουσίαση των πληροφοριακών συστημάτων υγείας, του χρόνου εμφάνισής τους και των ορισμών τους. Επίσης, γίνεται μια ταξινόμηση των πληροφοριακών συστημάτων των νοσοκομείων, των στόχων τους, των αρχιτεκτονικών τους, των μελλοντικών τους εφαρμογών, την εξέλιξή τους στη χώρα μας σήμερα και στο μέλλον.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφονται πιο συγκεκριμένα τα κλινικά συστήματα υποστήριξης αποφάσεων, η δημιουργία ενός συστήματος πληροφοριών, τα οφέλη τους, η αξιολόγηση της αξίας τους, η βελτίωση της παροχής φροντίδας στους ασθενείς σε ότι αφορά την περίθαλψη. Ακόμη, γίνεται αναφορά για την ανάπτυξη των κλινικών συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων, η μεθοδολογία τους στο σχεδιασμό και την εφαρμογή και η αποδοτικότητά τους.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναφέρονται οι μέθοδοι υλοποίησης συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων. Συγκεκριμένα παρουσιάζονται τα έμπειρα συστήματα, τα συστήματα που είναι βασισμένα στη γνώση, η αναγνώριση προτύπων και τα τεχνικά νευρωνικά δίκτυα. Αναλύεται το υπόβαθρο, η δομή, και τα χαρακτηριστικά τους.

Τέλος, στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται εμπορικά συστήματα υποστήριξης απόφασης και ταξινομούνται ανάλογα με τις κατηγορίες εφαρμογής τους και σύμφωνα με το πώς μπορούν να εξυπηρετήσουν τους χρήστες τους.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΓΕΙΑΣ

### 1.1 Εισαγωγή

Ο χώρος της υγείας, λόγω της πολυπλοκότητάς του κάνει εξαιρετικά δύσκολη την σαφή απόδοση των ορισμών σχετικά με τα πληροφοριακά συστήματα που σχεδιάζονται με αυτόν. Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια προσπάθεια επισήμανσης των επικρατέστερων ορισμών και η δόμησή τους με τέτοιον τρόπο ώστε να γίνει κατανοητό το πλαίσιο μέσα στο οποίο λειτουργούν και αναπτύσσονται οι τεχνολογίες της πληροφορικής μέσα στα νοσοκομεία.

### 1.2 Εμφάνιση

Η τεχνολογία της πληροφορικής εμφανίζεται να χρησιμοποιείται για πρώτη φορά σε νοσοκομεία τη δεκαετία του 1940 με σκοπό να καλύψει τις οικονομικές και διοικητικές ανάγκες. Συστήματα που αφορούσαν τη διαχείριση πληροφοριών σχετικά με τους ασθενείς φαίνεται να εμφανίζονται στα μέσα του 1960 (Hammod 1994). Ο πρωταρχικός στόχος των συστημάτων αυτών ήταν η απλοποίηση της επικοινωνίας και της τεκμηρίωσης με τη χρήση τυποποιημένων παραγγελιών και σχεδίων περίθαλψης και θεραπείας (Ozbolt 2001).

Η εξέλιξη των υπολογιστικών συστημάτων στο χώρο της υγείας ακολούθησε πολύ αργούς ρυθμούς σε σχέση με την διεύδυση τους στις επιχειρήσεις και τη βιομηχανία. Μερικές από τις αιτίες για την καθυστέρηση αυτή υπήρξαν η έλλειψη επενδύσεων, η έλλειψη πολιτικής θέλησης, η αδυναμία της αγοράς να καλύψει τις απαιτήσεις των ιδρυμάτων και η έλλειψη ή η πολύ αργή υιοθέτηση προτύπων (Grimson 2000). Επιπροσθέτως υπήρξαν προβλήματα που σχετίζονται ειδικά με το χώρο της υγείας, όπως η πολυπλοκότητα των ιατρικών δεδομένων, προβλήματα με την είσοδο των δεδομένων, θέματα ασφαλείας και εμπιστευτικότητας, η έλλειψη σε πολλές χώρες ενός κωδικού που να αντιστοιχεί μοναδικά σε κάθε έναν ασθενή (unique patient identifier) και η γενικότερη έλλειψη ενημέρωσης σχετικά με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα αλλά και τους κινδύνους των πληροφοριακών συστημάτων στην υγεία.

Σήμερα, γίνεται ολοένα και περισσότερο κοινή η πεποίθηση ότι το επίπεδο ανάπτυξης των συστημάτων πληροφορικής που χρησιμοποιούνται σε ένα νοσοκομείο

δεν αποτελεί απλώς μια τεχνολογική πολυτέλεια ή διευκόλυνση, αλλά συνδέεται άμεσα με το επίπεδο της παρεχόμενης περίθαλψης. Αποτέλεσμα αυτής της συνειδητοποίησης ήταν η ανάπτυξη και η εφαρμογή τέτοιων συστημάτων να προωθείται από όλους τους παράγοντες που σχετίζονται με τη λειτουργία των νοσοκομείων, αλλά και η αύξηση της ερευνητικής δραστηριότητας σχετικά με αυτό το θέμα.

### 1.3 Ορισμοί του πληροφοριακού συστήματος

Ο Gremy το 1987 χαρακτήρισε το νοσοκομείο ως «μια πολύπλοκη μηχανή που παράγει πληροφορίες» και που στην καθημερινή του λειτουργία διαχειρίζεται ένα πλήθος τέτοιων πληροφοριών οι οποίες είναι χρήσιμες για την ολοκλήρωση των δραστηριοτήτων του.

Ο Winter το 1995 ορίζει το νοσοκομειακό πληροφοριακό σύστημα ως «ένα σύστημα που ασχολείται με τη συλλογή, επεξεργασία και αποθήκευση όλων των δεδομένων και των πληροφοριών που δημιουργούνται και διακινούνται σε ένα νοσηλευτικό ίδρυμα». Οι Lang et al (1995) αναφέρουν πως «το πληροφοριακό σύστημα του νοσοκομείου είναι ένα κοινωνικό-τεχνικό υποσύστημα του νοσοκομείου». Η κοινωνικό-τεχνική θεωρία προσεγγίζει τα συστήματα σαν σύνολα που επιδιώκουν έναν πρωταρχικό στόχο, που μπορεί να επιτευχθεί εάν οι κοινωνικές, τεχνικές και οικονομικές διαστάσεις του συστήματος βελτιστοποιηθούν και εάν αυτές δομηθούν γύρω από αυτόνομες ομάδες εργασίας. Οι Winter et al το 2001 ολοκληρώνουν τις παραπάνω σκέψεις αναφέροντας ότι «το νοσοκομειακό πληροφοριακό σύστημα είναι το κοινωνικό-τεχνικό υποσύστημα του νοσοκομείου που συμπεριλαμβάνει όλες τις ενέργειες επεξεργασίας της πληροφορίας, όπως και τους σχετικούς ανθρώπινους ή τεχνικούς παράγοντες στους αντίστοιχους ρόλους επεξεργασίας της πληροφορίας».

Σύμφωνα με τον Winter (2001) το τμήμα του νοσοκομειακού πληροφοριακού συστήματος όπου χρησιμοποιούνται υπολογιστές αποτελεί το υπολογιστικά υποβοηθούμενο (computer-supported) τμήμα του συστήματος ενώ το τμήμα που απομένει αναφέρεται ως το μη υπολογιστικά υποβοηθούμενο (non-computer-supported) τμήμα. Ωστόσο πρέπει να αναφερθεί πως όταν γίνεται αναφορά σε νοσοκομειακό πληροφοριακό σύστημα στην πλειοψηφία των περιπτώσεων γίνεται λόγος για το υπολογιστικά υποβοηθούμενο τμήμα του.

Διάφοροι ερευνητές έχουν προσπαθήσει να δώσουν έναν ορισμό για το υπολογιστικά υποβοηθούμενο τμήμα του νοσοκομειακού πληροφοριακού συστήματος. Οι Degoulet και Fiechi (1997) αναφέρουν πως «ένα υπολογιστικό σύστημα σχεδιασμένο για να διευκολύνει την διαχείριση των διοικητικών και ιατρικών πληροφοριών που διακινούνται σε ένα νοσοκομείο, με απώτερο σκοπό την βελτίωση της ποιότητας της παρεχόμενης φροντίδας».

Ο Prokosch (1995) αναφέρει ότι «νοσοκομειακό πληροφοριακό σύστημα ονομάζεται ένα σύστημα επικοινωνίας για το ίδρυμα το οποίο περιλαμβάνει λειτουργίες επεξεργασίας της πληροφορίας αλλά και της γνώσης». Η διάκριση που γίνεται από τον Prokosch ανάμεσα στην επεξεργασία της πληροφορίας και την επεξεργασία της γνώσης είναι η εξής: η επεξεργασία της πληροφορίας αναφέρεται στην ανάκτηση, τον συνδυασμό και τον μετασχηματισμό των δεδομένων που δημιουργούνται μέσα σε ένα νοσοκομείο. Η επεξεργασία της γνώσης έχει σαν στόχο την υποστήριξη της αδύναμης ανθρώπινης μνήμης. Αναφέρεται σε λειτουργίες παρακολούθησης και υποστήριξης αποφάσεων που έχουν τη δυνατότητα ανάλυσης δεδομένων που «αιχμαλωτίζονται» κατά τη διάρκεια της καθημερινής επικοινωνίας και επεξεργασίας εγγράφων, με σκοπό να παρέχουν προτάσεις ή να προειδοποιούν κατά την εμφάνιση πιθανών κινδύνων.

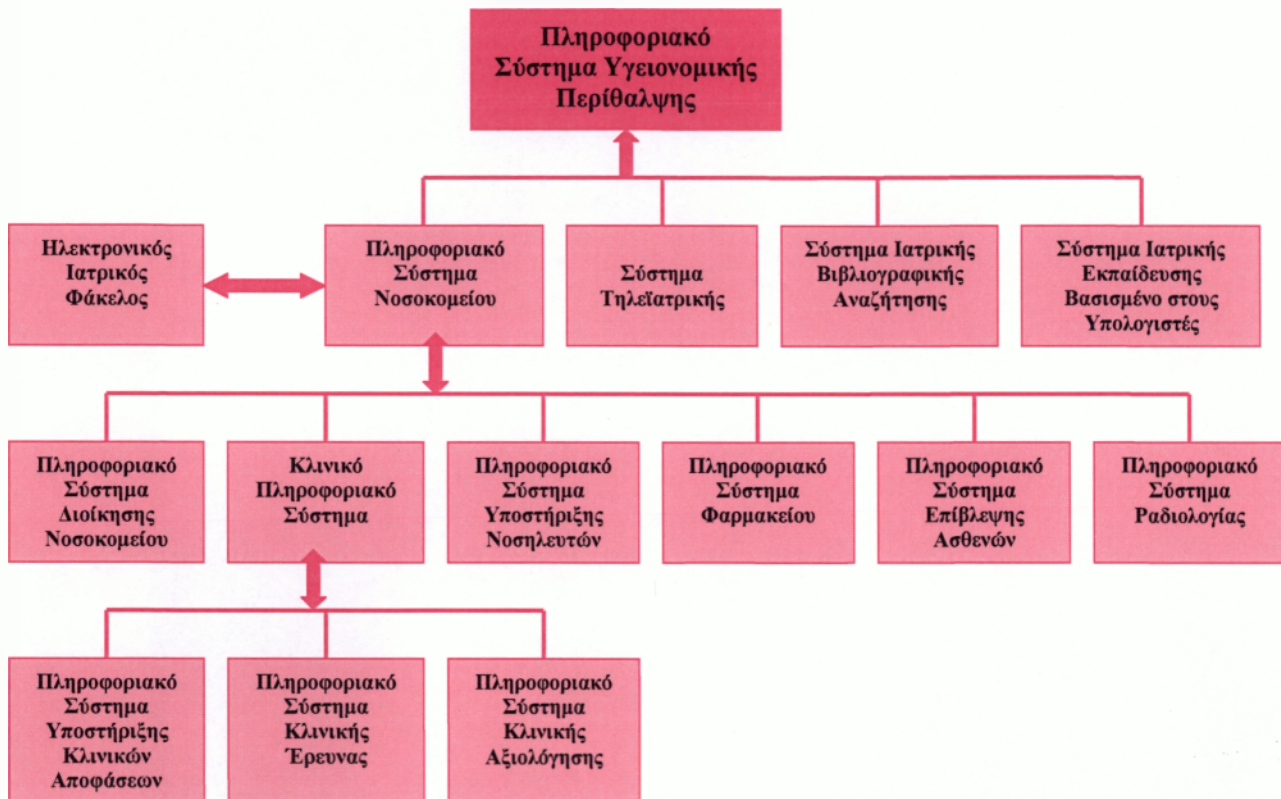
#### **1.4 Κλινικά πληροφοριακά συστήματα**

Τα κλινικά πληροφοριακά συστήματα (clinical information systems) ορίζονται ως ένα προϊόν που προορίζεται για να χρησιμοποιείται από γιατρούς (Anderson 1997) και υποστηρίζει λειτουργίες που σχετίζονται με τη θεραπεία των ασθενών. Σε πολλές περιπτώσεις τα συστήματα αυτά τοποθετούνται σε αντιδιαστολή με τα πληροφοριακά συστήματα των νοσοκομείων που θεωρούνται σαν ξεχωριστά συστήματα που αναφέρονται σε διοικητικές και διαχειριστικές λειτουργίες και ταυτίζονται με τα νοσοκομειακά πληροφοριακά συστήματα διαχείρισης (hospital administration systems).

Όπως τονίζει ο Hasselbring (1999) η διάκριση αυτή είναι λανθασμένη μιας και ο όρος πληροφοριακό σύστημα νοσοκομείου αναφέρεται στο ίδρυμα σαν σύνολο, το οποίο περιλαμβάνει τόσο τις λειτουργίες των κλινικών όσο και αυτές των διοικητικών και οικονομικών τμημάτων, αλλά και τις λειτουργίες των εργαστηρίων, των φαρμακείων και γενικά όλων των τμημάτων της νοσοκομειακής μονάδας. Το κλινικό πληροφοριακό σύστημα και το πληροφοριακό σύστημα διαχείρισης



αποτελούν υποσυστήματα του πληροφοριακού συστήματος του νοσοκομείου. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η προτεινόμενη από τον Hasselbring ταξινόμηση των πληροφοριακών συστημάτων υγείας.



Σχήμα 1-1: Παράδειγμα ταξινόμησης για τα πληροφοριακά συστήματα υγείας (προσαρμοσμένο από Hasselbring 1999).

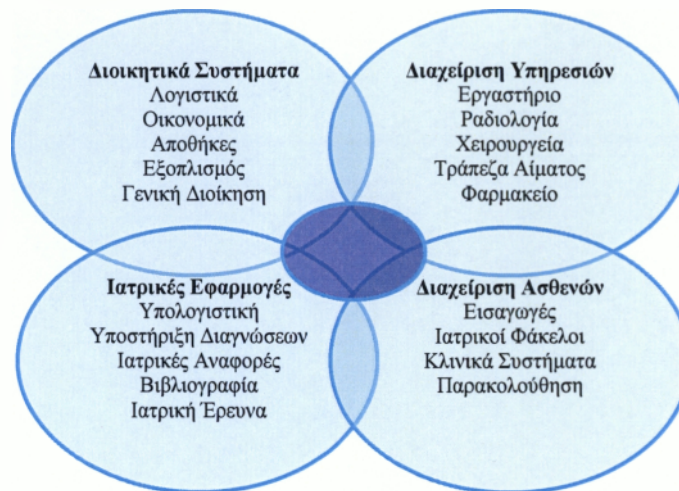
### 1.5 Ταξινόμηση πληροφοριακών συστημάτων νοσοκομείων

Η ταξινόμηση αυτή του Hasselbring δεν είναι μοναδική. Ο Zviran το 1990 διαχώρισε τις εφαρμογές ενός πληροφοριακού συστήματος νοσοκομείου σε τέσσερις υποομάδες εφαρμογών και υποστήριξε ότι έτσι καλύπτονται όλες οι απαιτήσεις ενός τέτοιου συστήματος.

1. Διοίκηση (λογιστικά, χρηματοοικονομικά, εξοπλισμός, αποθήκες, γενική διοίκηση).
2. Διαχείριση Ασθενών (εισαγωγές, ιατρικός φάκελος, κλινικές εφαρμογές, παρακολούθηση).
3. Διαχείριση Υπηρεσιών (εργαστηριακές εφαρμογές, χειρουργεία, τράπεζα αίματος, φαρμακείο, ραδιολογία).



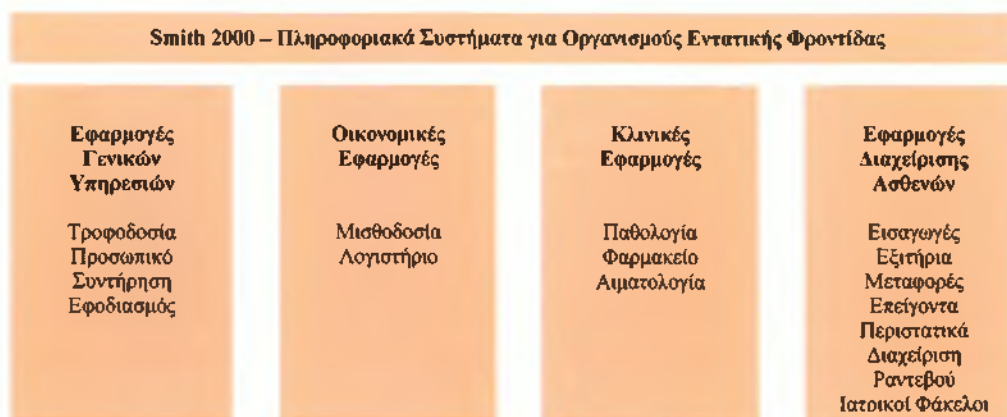
4. Ιατρικές εφαρμογές (υποστηρικτικές διαγνώσεις, ιατρικές αναφορές, ιατρική έρευνα).



Σχήμα 1-2: Πληροφοριακό σύστημα νοσοκομείου σύμφωνα με τον Zviran 1990.

Ο Smith (2000) αναφέρει πως, στις μέρες μας η παραδοσιακή έννοια των νοσοκομείων έχει διευρυνθεί σε οργανισμούς εντατικής φροντίδας (acute health care organizations). Τα πληροφοριακά συστήματα που αναπτύσσονται για τους οργανισμούς αυτούς έχουν πολλά κοινά με τα πληροφοριακά συστήματα που αναπτύσσονται για τους οργανισμούς αυτούς έχουν πολλά κοινά με τα πληροφοριακά συστήματα που αναπτύσσονται για ξενοδοχεία ή αεροπορικές εταιρείες, με την έννοια ότι έχουν ένα κεντρικό κατάλογο στον οποίο αναφέρονται οι περισσότερες εφαρμογές. Στην περίπτωση των νοσοκομείων ο κατάλογος αυτός είναι ο κατάλογος των ασθενών. Ο Smith κατατάσσει τις εφαρμογές των πληροφοριακών συστημάτων που χρησιμοποιούνται στους οργανισμούς εντατικής φροντίδας σε τέσσερις κατηγορίες.

1. Εφαρμογές Γενικών Υπηρεσιών (τροφοδοσία, προσωπικό, συντήρηση, εφοδιασμός).
2. Οικονομικές Εφαρμογές (μισθοδοσία, λογιστήριο).
3. Κλινικές Εφαρμογές (παθολογία, φαρμακείο, αιματολογία).
4. Εφαρμογές Διαχείρισης Ασθενών (εισαγωγές, εξιτήρια, μεταφορές, επείγοντα περιστατικά, διαχείριση ραντεβού, ιατρικοί φάκελοι).



Σχήμα 1-3: Πληροφοριακά συστήματα για Οργανισμούς Εντατικής Φροντίδας σύμφωνα με τον Smith.

Ο Smith (2000) εξέτασε τα πληροφοριακά συστήματα σαν εργαλεία που χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση των λειτουργιών σε έναν οργανισμό (management information systems) και με αυτή την έννοια διακρίνει τα πληροφοριακά συστήματα νοσοκομείου ανάλογα με τις διαχειριστικές λειτουργίες που υποστηρίζουν. Έτσι έχουμε:

1. Διαχείριση Λειτουργιών Νοσοκομείου.
2. Διαχείριση Οικονομικών και Ανθρώπινων Πόρων.
3. Ιατρική και Διοικητική Διαχείριση Ασθενών.
4. Διαχείριση Αποθηκών.
5. Διαχείριση Πόρων.

Η εταιρία «01-Πληροφορική Α.Ε.» το 1998 εκπόνησε μία μελέτη με θέμα «Ολοκληρωμένα Πληροφοριακά Συστήματα Νοσοκομείων» για λογαριασμό του Υπουργείου Υγείας και Πρόνοιας. Στη μελέτη αυτή αναφέρεται ότι τα πληροφοριακά υποσυστήματα που συγκροτούν ένα ολοκληρωμένο πληροφοριακό σύστημα νοσοκομείου διακρίνονται σε:

A. Το διαχειριστικό /οικονομικό υποσύστημα. Περιλαμβάνει τις λειτουργίες διαχειριστικής και οικονομικής οργάνωσης.

1. Διαχειριστικές λειτουργίες:

α. Διαχείριση ασθενών.

- i. Νοσηλευομένων (Γραφείο Κίνησης).
- ii. Εξωτερικών ασθενών (Γραμματεία Εξωτερικών Ιατρείων).
- iii. Επειγόντων περιστατικών (Τμήμα Επειγόντων Περιστατικών).

- β. Διαχείριση προσωπικού.
- γ. Διαχείριση υλικών.
- δ. Διαχείριση προμηθειών.
- ε. Διαχείριση εγκαταστάσεων.
- στ. Τιμολόγηση παρεχόμενων υπηρεσιών (νοσηλείας, ιατρικών πράξεων, εργαστηριακών εξετάσεων, χρήσης υλικών και φαρμάκων).

## 2.Οικονομικές λειτουργίες:

- α. Γενική Λογιστική.
- β. Αναλυτική Λογιστική.
- γ. Ταμειακός προγραμματισμός.
- δ. Προϋπολογισμός.
- ε. Λογιστήριο ασθενών.
- στ. Εκκαθάριση ασφαλιστικών ταμείων.
- ζ. Διαχείριση παραμέτρων νοσηλίων.
- η. Εισπράξεις / Πληρωμές.
- θ. Διαχείριση παγίων.
- ι. Μισθοδοσία προσωπικού.

**B. Το ιατρικό υποσύστημα.** Καλύπτει τις ανάγκες των εργασιών που επιτελούνται στα κλινικά τμήματα του νοσοκομείου και περιλαμβάνει:

1.Εφαρμογές παροχής ιατρικής φροντίδας, οι οποίες υποστηρίζουν το κλινικό τμήμα για την υλοποίηση της ιατρικής φροντίδας που παρέχεται στον ασθενή στη διάρκεια της νοσηλείας του. Περιλαμβάνει:

- α. Διαχείριση ασθενή (εισαγωγή, έξοδος, μετακίνηση).
- β. Διαχείριση ιστορικού ασθενούς.
- γ. Παρακολούθηση πορείας υγείας (συμπτώματα ασθενή, κλινικά σημεία, διαγνώσεις, πορεία νόσου).
- δ. Διαχείριση ιατρικών εντολών και παρουσίαση αποτελεσμάτων.

Ανάλογα με την ιατρική εξειδίκευση του κλινικού τμήματος (Καρδιολογικό, Χειρουργικό, Ογκολογικό κλπ), οι ανάλογες απαιτήσεις πληροφοριακής υποστήριξης ενσωματώνονται στις λειτουργίες του υποσυστήματος ιατρικής φροντίδας.

2.Εφαρμογές παροχής νοσηλευτικής φροντίδας. Υποστηρίζουν το νοσηλευτικό προσωπικό στην διαχείριση του νοσηλευτικού έργου. Περιλαμβάνουν:

- α. Σχεδιασμός νοσηλευτικής φροντίδας.
- β. Νοσηλευτική παρακολούθηση.

- γ. Νοσηλευτικές εργασίες και πράξεις,
- δ. Φαρμακολογική παρακολούθηση ασθενή.

3. Παράλληλες υποστηρικτικές εφαρμογές. Περιλαμβάνουν:

- α. Νοσοκομειακό φαρμακείο.
- β. Προγραμματισμό ιατρικού και νοσηλευτικού προσωπικού.
- γ. Διαχείριση τακτικών εξωτερικών ιατρείων.
- δ. Προγραμματισμό χειρουργείων.
- ε. Διαιτολογικό.

Γ. Το εργαστηριακό υποσύστημα. Περιλαμβάνει εξειδικευμένα συστήματα τα οποία επιτρέπουν την σύνδεση των σύγχρονων αναλυτικών συσκευών με το διαχειριστικό σύστημα του κάθε εργαστηρίου. Για τα απεικονιστικά εργαστήρια έχουν αναπτυχθεί ανάλογα συστήματα με τα οποία επιτυγχάνεται η σύνδεση των απεικονιστικών μηχανημάτων με το διαχειριστικό σύστημα του εργαστηρίου (Radiology Information System – RIS). Παράλληλα, έχουν αναπτυχθεί εξειδικευμένα συστήματα για την αποθήκευση, ανάκληση και μεταφορά της ιατρικής εικόνας (Picture Archiving and Communication Systems – P.A.C.S.) εντός του νοσοκομείου. (Βαγγελάτος 2002)

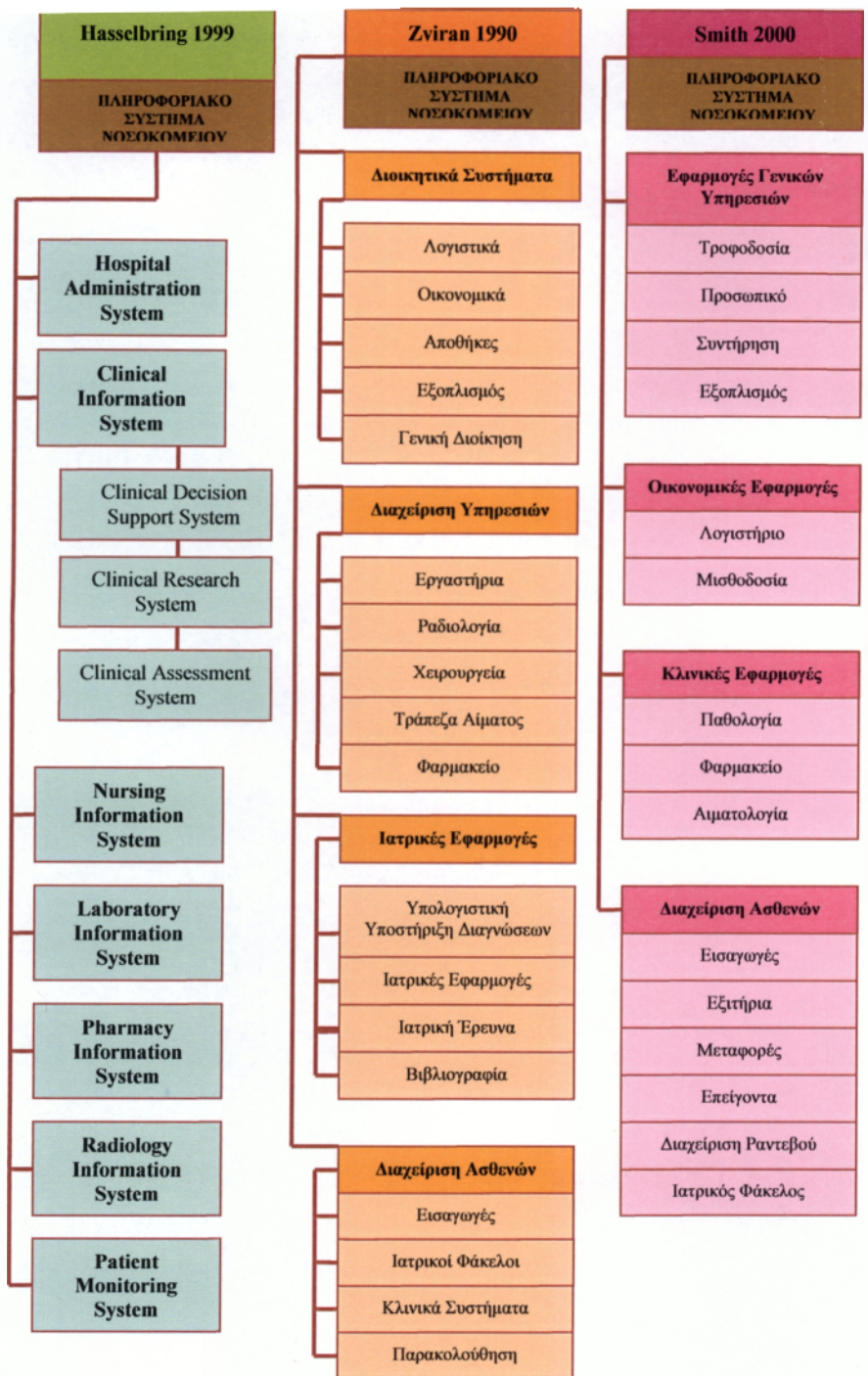
Δ. Πληροφοριακό Σύστημα Διοίκησης (ΠΣΔ). Αντλεί πληροφορίες από όλα τα υποσυστήματα του νοσοκομείου και τις παρουσιάζει με κατανοητό και επεξεργάσιμο τρόπο στη διοίκηση του οργανισμού ώστε να διευκολύνεται η αξιολόγηση των δραστηριοτήτων και η λήψη των αποφάσεων από τον διοικητικό μηχανισμό. (Βαγγελάτος 2002)

Σε έρευνα που εκπονήθηκε από το Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών το 2001 (Βαγγελάτος 2002), οι εφαρμογές των πληροφοριακών συστημάτων νοσοκομείων χωρίστηκαν σε τέσσερις κατηγορίες:

1. Διοικητικές Εφαρμογές (Administration System).
2. Κλινικές Εφαρμογές (Clinical System).
3. Εφαρμογές Εργαστηρίων (Laboratory System).
4. Εφαρμογές Ραδιολογίας (Radiology System).

Στην επόμενη σελίδα γίνεται μια συγκεντρωτική επισκόπηση των διαφόρων δομών των νοσοκομειακών πληροφοριακών συστημάτων (Σχήμα 1-4) όπως αυτά αναφέρθηκαν και αναλύθηκαν παραπάνω.





Σχήμα 1.4: Συναρκευτικό επίπεδο διακρίσεων διαφόρων συστημάτων ΗΙΣ



**Degoulet & Fiechi  
1997**

**ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΟ  
ΣΥΣΤΗΜΑ  
ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟΥ**

**Διαχείριση  
Λειτουργιών  
Νοσοκομείου**

**Διαχείριση  
Οικονομικών και  
Ανθρώπινων Πόρων**

**Ιατρική και  
Διοικητική  
Διαχείριση Ασθενών**

**Διαχείριση  
Αποθηκών**

**Διαχείριση Πόρων**

**01-Πληροφορική 1998**

**ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ  
ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟΥ**

**Διαχειριστικό Πληροφοριακό  
Σύστημα**

**ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ**

Διαχείριση Ασθενών

Νοσηλευσμένων

Εξωτερικών

Επεγόντων

Διαχείριση Προσωπικού

Διαχείριση Υλικών

Διαχείριση Προμηθειών

Διαχείριση Εγκαταστάσεων

Τιμολόγηση Παρεχόμενων

Υπηρεσιών

**ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ**

Γενική Λογιστική

Διοικητική Λογιστική

Ταμειακός Προγραμματισμός

Προϋπολογισμός

Λογιστήριο Ασθενών

Εκκαθάριση Ασφαλιστικών

Ταμείων

**Ιατρικό Πληροφοριακό  
Σύστημα**

**ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΦΡΟΝΤΙΔΑΣ**

Διαχείριση Ιατρικών Εντολών

Διαχείριση Ιστορικού Ασθενή

**ΝΟΣΗΛΕΥΤΙΚΗΣ ΦΡΟΝΤΙΔΑΣ**

Διαχείριση Ιατρικών Εντολών

Διαχείριση ιστορικού Ασθενή

**ΠΑΡΑΛΛΗΛΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ**

Φαρμακείο

Χειρουργεία

Διατολογικό

**Πληροφοριακό Σύστημα  
Εργαστηρίων**

**Πληροφοριακό Σύστημα  
Διοίκησης**

**Βαγγελιάτος 2002**

**ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΟ  
ΣΥΣΤΗΜΑ  
ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟΥ**

**Διοικητικές Εφαρμογές**

Διαχείριση Εσωτερικών  
Ασθενών

Τιμολόγηση

Φαρμακείο

Διαχείριση Εξωτερικών  
Ασθενών

**Κλινικές Εφαρμογές**

Ιατρικός Φάκελος

Καταγραφή Κλινικών  
Στοιχείων

Ηλεκτρονική  
Συνταγογράφηση

Ηλεκτρονικό Σύστημα  
Παραγγελιών

**Εφαρμογές Εργαστηρίου**

Σύστημα Βιοχημικού

Σύστημα Αιματολογικού

Σύστημα  
Μικροβιολογικού

Σύστημα Αιτήσεων  
Εξετάσεων

**Εφαρμογές Ραδιολογίας**

Ιατρικές Εικόνες

P.A.C.S.

## 1.6 Στόχοι πληροφοριακών συστημάτων νοσοκομείων

Ανεξάρτητα από την περιγραφή του πληροφοριακού συστήματος του νοσοκομείου οι κύριοι στόχοι του ομαδοποιούνται ως εξής (Littlejohns 2003):

- ❖ Κατηγορία Α: Η βελτίωση της φροντίδας των ασθενών.
- ❖ Κατηγορία Β: Η βελτίωση της διαχείρισης του νοσοκομείου.
- ❖ Κατηγορία Γ: Η βελτίωση του ρόλου του νοσοκομείου στο ευρύτερο σύστημα υγείας.

Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων, το πληροφοριακό σύστημα του νοσοκομείου πρέπει να παρέχει υψηλής ποιότητας επικοινωνία ανάμεσα στα τμήματα του νοσοκομείου, καθώς και ανάμεσα στο νοσοκομείο και το εξωτερικό περιβάλλον.

Η βελτίωση της φροντίδας των ασθενών συνδέεται με την διαθεσιμότητα των πληροφοριών που είναι σχετικές με των ασθενή, ανεξάρτητα από το νοσοκομείο στο οποίο νοσηλεύτηκε και ανεξάρτητα από το προηγούμενο ιστορικό του. Η ενιαία διαχείριση των ιατρικών φακέλων των ασθενών αποτελεί έναν από τους κυριότερους στόχους των πληροφοριακών συστημάτων των νοσοκομείων αλλά και γενικά των πληροφοριακών συστημάτων υγείας. Για να επιτευχθεί η βελτίωση της φροντίδας των ασθενών πρέπει να βελτιωθούν οι διαδικασίες διαχείρισης των ασθενών. Η βελτίωση αυτή των διαδικασιών είναι αποτελεσματική στη μείωση του χρόνου αναμονής των ασθενών και στην αμεσότερη κάλυψη των αναγκών και στοχεύει στην αποδοτικότερη χρήση των περιορισμένων πόρων που διατίθενται για την περίθαλψη των ασθενών.

Η βελτίωση της διαχείρισης του νοσοκομείου έχει σχέση με την επίτευξη της μείωσης του συνολικού κόστους λειτουργίας του νοσοκομείου, όπως και με την σωστή διαχείριση του προσωπικού για την επίτευξη της μέγιστης δυνατής αποδοτικότητας του οργανισμού.

Τέλος, μέσω ενός ολοκληρωμένου πληροφοριακού συστήματος, το νοσοκομείο μπορεί να συνδεθεί με άλλα συστήματα υγείας και μπορεί να αποτελέσει συστατικό στέλεχος του ευρύτερου συστήματος υγείας συμβάλλοντας στις προσπάθειες για την βελτίωση της ποιότητας ζωής των ανθρώπων και παρέχοντας ποικίλες πληροφορίες που θα στηρίζουν την ιατρική έρευνα και την ανάπτυξη αποτελεσματικότερων μεθόδων πρόληψης και αντιμετώπισης ασθενειών.

### 1.7 Αρχιτεκτονικές πληροφοριακών συστημάτων

Τα πρώτα συστήματα τοποθετήθηκαν την δεκαετία του 1970. αποτελούνταν από έναν κεντρικό υπολογιστή και τα περιφερειακά μέσα ήταν συνδεδεμένα σε αστέρα (Peterson 1988). Σε αρχιτεκτονικές αυτού του τύπου, ο κεντρικός υπολογιστής διαχειρίζεται όλη την πληροφορία, ενώ τα τερματικά και οι εκτυπωτές χρησιμοποιούνται για την ανταλλαγή της πληροφορίας.

Η ανάγκη για αποκεντροποίηση των πληροφοριακών δικτύων προέκυψε όχι μόνο σαν μια απαίτηση για την ανάπτυξη του ίδιου του δικτύου, αλλά από τη δομή των λειτουργικών μονάδων μέσα στο νοσοκομείο. Αφού τα διάφορα σημεία που εργάζεται το προσωπικό είναι διάσπαρτα μέσα στο χώρο του νοσοκομείου, έτσι πρέπει και οι σταθμοί εργασίας να κατανέμονται αντίστοιχα. Η ανάγκη αυτή για συνένωση των επιμέρους υπολογιστικών συστημάτων δημιούργησε τα κατανεμημένα δίκτυα, τα οποία υλοποιούνται από ένα σύνολο τοπικών δικτύων (LAN), όπου υπάρχουν διάφοροι υπολογιστές που είναι δομημένοι έτσι ώστε να υλοποιούν συγκεκριμένες λειτουργίες.

Τα κατανεμημένα δίκτυα παρέχουν απευθείας υποστήριξη σε αποκεντρωμένες μονάδες. Τα τοπικά δίκτυα χρησιμοποιούν τη δικιά τους δυνατότητα επεξεργασίας, ενώ παράλληλα έχουν τη δυνατότητα πρόσβασης σε πληροφορίες που προέρχονται και αφορούν το σύνολο του οργανισμού. Με αυτή την αρχιτεκτονική μεγιστοποιείται η χρήση δικτυακών πόρων, υπηρεσιών και βάσεων δεδομένων. Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα των τοπικών δικτύων είναι η δυνατότητα ενσωμάτωσης νέων εφαρμογών που μπορεί να προέρχονται από διαφορετικές πηγές, εξασφαλίζοντας την συνεχή εξέλιξη και ανάπτυξη του συνολικού πληροφοριακού δικτύου.

Μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις στον χώρο των πληροφοριακών συστημάτων των νοσοκομείων είναι η ολοκλήρωση ενός συνόλου ανεξάρτητων δικτύων σε ένα κατανεμημένο σύνολο, που να παρουσιάζει συνοχή και να επιτρέπει την συνεργασία των διαφόρων εφαρμογών προς την επίτευξη των κοινών στόχων που θέτονται μέσα στο ευρύτερο νοσοκομειακό περιβάλλον. Το ερώτημα που τίθεται αφορά το πώς πρέπει να είναι μορφοποιημένα αυτά τα κατανεμημένα δίκτυα ώστε να μπορεί να επιτυγχάνεται ταυτόχρονα η προσαρμογή του κάθε δικτύου στις ιδιαίτερες απαιτήσεις του κάθε οργανισμού και η εφαρμογή κοινών προτύπων στην ανάπτυξη των δικτύων, που θα διευκολύνουν την ανάπτυξη των επιμέρους εφαρμογών και την επικοινωνία μεταξύ των υποσυστημάτων τόσο σε επίπεδο εφαρμογής όσο και σε επίπεδο οργανισμών.

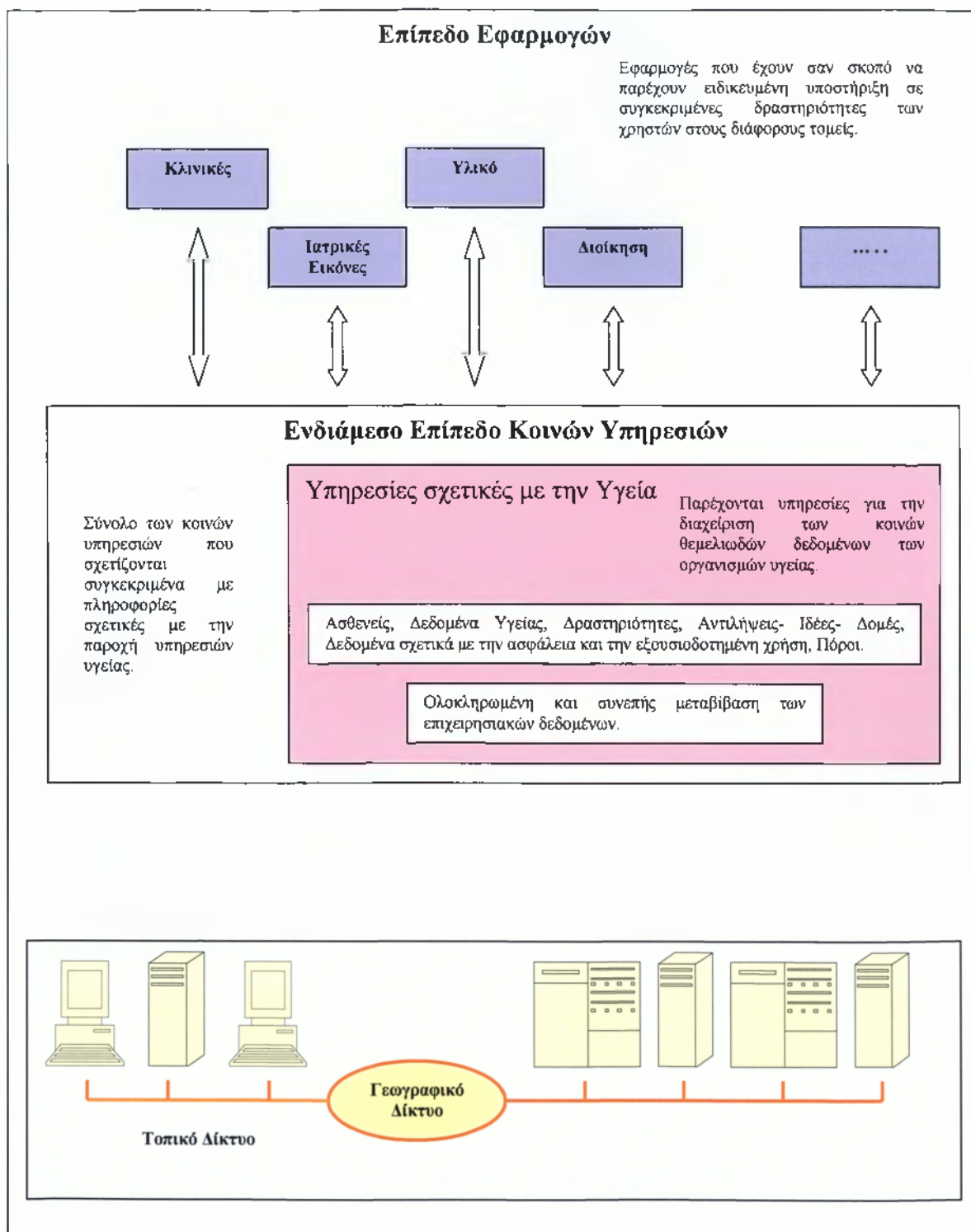
Σαν απάντηση στην τεχνολογική διασύνδεση των κατανεμημένων συστημάτων, προτείνονται στοιχεία ενδιάμεσου επιπέδου (middleware). Σύμφωνα με αυτή την προσέγγιση, ένας οργανισμός υγείας είναι ένα σύνολο ανόμοιων χρηστών που εκτελούν ποικίλες δραστηριότητες, αλλά έχουν την απαίτηση να βασίζονται και να μοιράζονται ένα κοινό σύνολο δεδομένων και να χρησιμοποιούν ένα κοινό σύνολο υπηρεσιών (Grimson 2000).

Το CEN ENV 12967-1 (HISA)<sup>1</sup> είναι ένα πρότυπο που προωθείται από τη Ευρωπαϊκή Επιτροπή Προτυποποίησης (CEN) και που αγκαλιάζει την ιδέα του ενδιάμεσου επιπέδου. Το πληροφοριακό μοντέλο που προτείνεται αποτελείται από τρία επίπεδα τα οποία συνεργάζονται μεταξύ τους. Τα επίπεδα αυτά είναι οι εφαρμογές, το ενδιάμεσο επίπεδο κοινών υπηρεσιών και το τεχνολογικό επίπεδο (bitways). Κάθε ένα από αυτά είναι ξεχωριστά υπεύθυνο να καλύπτει συγκεκριμένες πλευρές του σχεδιασμού και της λειτουργικότητας του πληροφοριακού συστήματος. Στην επόμενη σελίδα παριστάνονται γραφικά τα τρία αυτά επίπεδα.

---

<sup>1</sup> European Prestandard Medical Informatics, Healthcare Information Architecture, Part 1 (HISA), Healthcare Middleware Layer, March 1997





Σχήμα 1-5: Τα τρία επίπεδα του προτύπου H.I.S.A. (προσαρμοσμένο από Grimson 2000)

## 1.8 Μελλοντικές εφαρμογές

Οι ερευνητές που ασχολούνται με τα πληροφοριακά συστήματα νοσοκομείων και γενικά με τα πληροφοριακά συστήματα υγείας οραματίζονται τη μελλοντική δημιουργία ενός ενιαίου δικτύου υγείας που θα περιλαμβάνει όλες τις διαθέσιμες υπηρεσίες υγείας. Στόχος είναι το δίκτυο αυτό να μπορεί να διαχειρίζεται όλες τις πληροφορίες που σχετίζονται με το χώρο της υγείας έτσι ώστε κάθε εφαρμογή να τροφοδοτείται με κατάλληλα δεδομένα. Το δίκτυο αυτό θα πρέπει να είναι έτσι δομημένο έτσι ώστε η διασυνδεσιμότητα να μην γίνεται σε βάρος των εξειδικευμένων ιατρικών εφαρμογών ή των ιδιαίτερων απαιτήσεων που μπορεί να προκύπτουν ανάλογα με τον οργανισμό στον οποίο λειτουργούν οι διάφορες εφαρμογές.

## 1.9 Τα πληροφοριακά συστήματα νοσοκομείων στην Ελλάδα

Η εξέλιξη των νοσοκομειακών πληροφοριακών συστημάτων έχει καθυστερήσει σημαντικά στη χώρα μας, με αποτέλεσμα να υπάρχουν ελάχιστα συστήματα που λειτουργούν αποδοτικά. Τα τελευταία χρόνια έχει ξεκινήσει μια εντατική προσπάθεια εκσυγχρονισμού του συστήματος δημόσιας υγείας στην οποία θεμελιώδη ρόλο κατέχει η ανάπτυξη πληροφοριακών συστημάτων που αποσκοπούν στη διασύνδεση των ιδρυμάτων, την υποστήριξη των διοικητικό-οικονομικών λειτουργιών.

Η προσπάθεια ανάπτυξης της χρήσης εφαρμογών Τεχνολογίας Πληροφορικής και Επικοινωνίας (Τ.Π.Ε.) στη χώρα στον χώρο των Νοσοκομείων άρχισε με την έγκριση το έτος 1985 των Μεσογειακών Ολοκληρωμένων Προγραμμάτων (Μ.Ο.Π.) και συνεχίστηκε με τα έργα του Β' Κοινωνικού Πλαισίου Στήριξης . Κεντρικό σημείο αναφοράς των μέχρι σήμερα δράσεων, αποτέλεσε η προσπάθεια και εισαγωγή των πληροφοριακών συστημάτων στα Νοσοκομεία της χώρας. Στα πλαίσια του Β' Κοινωνικού Πλαισίου Στήριξης οι σχετικές παρεμβάσεις ήταν μικρής κλίμακας και περιορίστηκαν στο επίπεδο του σχεδιασμού<sup>2</sup>. Ποιο συγκεκριμένα εκπονήθηκαν<sup>3</sup>:

<sup>2</sup> «Διαλειτουργικότητα Πληροφοριακών Συστημάτων στην Υγεία, Πρόνοια και Κοινωνική Ασφάλιση: προοπτικές και ανάγκες τελικών χρηστών.», Φεβρουάριος 2005, E-Business Forum, Ομάδα Εργασίας Ζ3.

<sup>3</sup> «Συμπλήρωμα Προγραμματισμού: Τεχνικό Δελτίο Μέτρου 2.7», Κοινωνία της Πληροφορίας, 3<sup>η</sup> Επιτροπή Παρακολούθησης του Ε.Π.ΚτΠ, 8/12/2003.

- ❖ Ένα σύνολο μελετών για την κωδικοποίηση – ταξινόμηση ιατρικών δεδομένων. Οι κωδικοποιήσεις αυτές πέρασαν από μια συστηματική διαδικασία ελέγχων από ιατρικές εταιρίες και επιστημονικούς συλλόγους και δοκιμάζεται η χρήση τους στο πληροφοριακό σύστημα που έχει εγκατασταθεί στο πιλοτικό Νοσοκομείο «Γ.ΓΕΝΝΗΜΑΤΑΣ». Επίσης, στα πλαίσια της προσπάθειας διάδοσής τους, διανέμονται στα Νοσοκομεία μέσω της ιστοσελίδας του Υπουργείου Υγείας και Πρόνοιας (Υπ.Υ.Π.).
- ❖ Ένα σύνολο προδιαγραφών για τον σχεδιασμό, την υλοποίηση και τη λειτουργία πληροφοριακών συστημάτων στο χώρο της υγείας. Οι προδιαγραφές αυτές χρησιμοποιήθηκαν κατά βάση στα έργα του Β' Κοινωνικού Πλαισίου Στήριξης της Ευρωπαϊκής Ένωσης, αλλά μπορούν να αξιοποιηθούν από το Γ' Κοινωνικού Πλαισίου Στήριξης της Ευρωπαϊκής Ένωσης, μετά από κατάλληλα επικαιροποίηση.
- ❖ Επιχειρησιακό σχέδιο για την εφαρμογή τηλεϊατρικών υπηρεσιών σε απομακρυσμένες περιοχές της χώρας ή περιοχές με ανεπαρκή νοσοκομειακή υποστήριξη. Το σχέδιο ανέδειξε τα αναγκαία θεσμικά μέτρα που πρέπει να ληφθούν για να δημιουργηθεί μια πρώτη κρίσιμη μάζα χρηστών και να διευκολυνθεί η παραγωγική χρήση συστημάτων τηλεϊατρικής.
- ❖ Η εκπαίδευση του προσωπικού στην πληροφορική αφορούσε μόνο στη βασική εκπαίδευση για χρήση υπολογιστών και στη γενική εισαγωγή στη θεωρία των πληροφοριακών συστημάτων νοσοκομείων. Πιο συγκεκριμένα, εκπαιδεύτηκαν συνολικά 740 άτομα, εκ των οποίων το 50% ήταν νοσηλευτικό προσωπικό, το 30% ιατρικό προσωπικό, το 10% διοικητικό προσωπικό και το υπόλοιπο 10% βοηθητικό προσωπικό (ο αριθμός των εκπαιδευομένων αντιστοιχεί σε ποσοστό 1% του συνόλου των εργαζομένων στον τομέα της υγείας).

### 1.10 Σημερινή κατάσταση

Το 2001 πραγματοποιήθηκε μια έρευνα σχετικά με την διείσδυση των πληροφοριακών συστημάτων στα δημόσια νοσοκομεία της Ελλάδας (Βαγγελάτος 2002). Η έρευνα αυτή έδειξε ότι:

- ❖ Σε ό,τι αφορά τον εξοπλισμό, η αναλογία σταθμών εργασίας ανά κλίνη είναι 1 ανά 10, δηλαδή περίπου 27 σταθμοί εργασίας ανά νοσοκομείο.

- ❖ Τα περισσότερα νοσοκομεία έχουν υλοποιήσει εφαρμογές διοικητικού χαρακτήρα, οι οποίες καλύπτουν επαρκώς τις λειτουργίες των διοικητικών τμημάτων.
- ❖ Σχεδόν τα μισά νοσοκομεία έχουν υλοποιήσει εφαρμογές κλινικού χαρακτήρα. Ωστόσο, σε πολλές περιπτώσεις οι εφαρμογές είναι αυτόνομες και δεν υπάρχει ολοκλήρωση με τις διοικητικές και εργαστηριακές εφαρμογές. Επιπλέον, η κάλυψη των αναγκών είναι σχετικά χαμηλή.
- ❖ Λιγότερο από το ένα τρίτο των νοσοκομείων έχει υλοποιήσει εργαστηριακές εφαρμογές. Ωστόσο, στα νοσοκομεία που υπάρχουν τέτοιες εφαρμογές, το ποσοστό κάλυψης των διαδικασιών είναι αρκετά υψηλό. Στις περισσότερες περιπτώσεις καλύπτονται οι ανάγκες των τριών ιατρικών εργαστηρίων (Βιοχημικό, μικροβιολογικό, Αιματολογικό).
- ❖ Η στελέχωση των τμημάτων πληροφορικής των νοσοκομείων είναι ανεπαρκής. Η έρευνα έδειξε πως, σε σύνολο 112 νοσοκομείων υπήρχαν μόλις 48 υπάλληλοι με πτυχίο ανώτατης σχολής, 37 εργαζόμενοι με πτυχίο τεχνικής σχολής και 141 με τεχνικό δίπλωμα.

Η Κοινωνία της Πληροφορίας<sup>4</sup> δίνει αντίστοιχα τα παρακάτω αποτελέσματα:

- ❖ Το 80% των Νοσοκομείων διαθέτει Τμήμα Πληροφορικής και Οργάνωσης. Τα τμήματα αυτά όμως είναι επαρκώς στελεχωμένα σε πολύ μικρό ποσοστό και αποτελούν το εν δυνάμει βασικό κέντρο ανάπτυξης της πληροφορικής στα νοσοκομεία
- ❖ Η αναλογία σταθμών εργασίας ανά Νοσοκομείο είναι κατά μέσο όρο 25:1. αυτή η αναλογία αυξάνεται κατά πολύ στην περίπτωση των Νοσοκομείων άνω των 300 κλινών (80:1), ενώ μειώνεται δραματικά για τα Νοσοκομεία κάτω των 100 κλινών (6:1).
- ❖ Από το σύνολο των εφαρμογών που έχουν εγκατασταθεί στα Νοσοκομεία, περίπου το 80% αφορούν την κάλυψη των καθαρά διοικητικών λειτουργιών.
- ❖ Το 40% των Νοσοκομείων διαθέτει πλήρη διοικητικό – οικονομικά συστήματα που αξιοποιούνται παραγωγικά.
- ❖ Ελάχιστα Νοσοκομεία (κάτω του 5%)έχουν εγκατεστημένο πλήρες κύκλωμα διοικητικών και ιατρικών εφαρμογών.

<sup>4</sup> «Συμπλήρωμα Προγραμματισμού: Τεχνικό Δελτίο Μέτρου 2.6», Κοινωνία της Πληροφορίας, 3<sup>η</sup> Επιτροπή παρακολούθησης του Ε.Π. ΚτιΠ, 8/12/2003.



- ❖ Κανένα Νοσοκομείο δεν έχει ολοκληρώσει τις απαραίτητες υποδομές ώστε να προσφέρει ολοκληρωμένες υπηρεσίες e-mail και πρόσβασης στο Διαδίκτυο στο σύνολο του προσωπικού του. Οι ιστοσελίδες των Νοσοκομείων στο Διαδίκτυο αναφέρονται σε πληροφοριακά στοιχεία.

Παρατηρείται δε, μια μεγάλη ανομοιομορφία στο επίπεδο των πληροφοριακών συστημάτων στη χώρα μας. Το επίπεδο αυτό είναι ανάλογο με την ύπαρξη σωστά στελεχωμένων τμημάτων πληροφορικής. Τα Νοσοκομεία που διαθέτουν το κατάλληλο προσωπικό, υπήρξαν αποτελεσματικότερα στη συνεργασία τους με τις Διοικητικές Υγειονομικές Περιφέρειες και με το Υπουργείο Υγείας και Κοινωνικής Αλληλεγγύης και παρουσίασαν υψηλότερο επίπεδο στην χρήση και υλοποίηση των τεχνολογιών της πληροφορικής.

### 1.11 Μελλοντική εξέλιξη

Σήμερα, στα πλαίσια του Γ' Κοινωνικού Πλαισίου Στήριξης, συνεχίζεται ο εκσυγχρονισμός στον τομέα της Υγείας. Οι σχετικές δραστηριότητες για την εκπόνηση του έργου αυτού περιλαμβάνονται στο Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Υγεία και Πρόνοια 2000-2006» του Υπουργείου Υγείας και Κοινωνικής Αλληλεγγύης<sup>5</sup>. Ποιο συγκεκριμένα, για τις δράσεις που σχετίζονται με την πληροφορική προβλέπεται ως το σύνολο των μέτρων παρέμβασης του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Υγεία και Πρόνοια» στηρίζεται σε αντίστοιχες δράσεις του τομέα της «Κοινωνίας της Πληροφορίας», όπως αυτές περιλαμβάνονται στο αντίστοιχο Επιχειρησιακό Σχέδιο<sup>6</sup>.

Μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Κοινωνία της Πληροφορίας» προβλέφθηκαν δράσεις συνολικού προϋπολογισμού 110 εκατομμυρίων € (Πίνακας 1-1) για την υποστήριξη της ανάπτυξης των πληροφοριακών συστημάτων υγείας.

<sup>5</sup>Υπουργείο Υγείας και Κοινωνικής Αλληλεγγύης. Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Υγεία και Πρόνοια 2000-2006», Γ' Κοινωνικό Πλαίσιο Στήριξης, Αριθμός Απόφασης Ε(2001)583/4-4-2001.

<sup>6</sup>Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Κοινωνία της Πληροφορίας», Υπουργείο Εθνικής Οικονομίας, Υπουργείο Εσωτερικών, Δημόσιας Διοίκησης και Αποκέντρωσης, Γ' Κοινωνικό Πλαίσιο Στήριξης 2000-2006.

Οι βασικές αυτές δράσεις εντάσσονται στον άξονα 2, «Εξυπηρέτηση του Πολίτη και βελτίωση της Ποιότητας Ζωής» και ομαδοποιούνται σε δύο μέτρα:

❖ Μέτρο 2.6: «Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνίας στην Υγεία και Πρόνοια».

❖ Μέτρο 2.7: «Κατάρτιση και Θεσμικά Μέτρα Στην Υγεία και Πρόνοια», ενώ υπάρχουν και άλλες παρεμβάσεις που προκύπτουν στα πλαίσια υλοποίησης άλλων μέτρων.

<b>Δράσεις μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος "Κοινωνία της Πληροφορίας" στον τομέα Υγείας και Πρόνοιας</b>	<b>Ετατ.€</b>
Πληροφοριακά συστήματα για την υποστήριξη των Πε.ΣΥ.Π.	72,1
Ολοκλήρωση εισαγωγής τεχνολογιών πληροφορικής σε Μονάδες Υγείας	
Ανάπτυξη ασφαλούς δικτύου δεδομένων	
Οριζόντια-κεντρικά έργα (τυποποίηση πληροφορικής όπως πλαίσιο εισαγωγής κωδικοποιήσεων, πολιτικές ασφαλείας, Χάρτης Υγείας και Πρόνοιας, ειδικά μητρώα, portals)	7,6
Πανελλήνια Δίκτυα Υγείας (Αιμοδοσία-Μεταμοσχεύσεις)	8,5
Ανάπτυξη Τ.Π.Ε. στα Στρατιωτικά Νοσοκομεία "Φίλιππος"	
Συστήματα πληροφορικής στην πρόνοια και ψυχική υγεία	4,5
e-health forum	3,2
Πιλοτικά έργα-εφαρμογές τεχνολογιών αιχμής όπως smart cards, τηλεϊατρική κα, με έντονη περιφερειακή διάσταση υλοποίησης	8,4
Δράσεις Δημοσιότητας, κατάρτιση ανθρώπινου δυναμικού στα Πληροφοριακά Συστήματα	5,5
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>109,8</b>

Πίνακας 1-1: Δράσεις του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Κοινωνία της Πληροφορίας» στον τομέα Υγείας και Πρόνοιας (πηγή Γ. Καλογήρου 2003).

Οι χρηματοδοτούμενες δράσεις αφορούν τόσο σε νέα πληροφοριακά συστήματα, όσο και σε υποστηρικτικές δράσεις για τη βελτίωση της αποδοχής και υποδοχής των πληροφοριακών συστημάτων. Αξιοποιείται η υπάρχουσα τεχνογνωσία σε πληροφοριακά συστήματα που υπάρχουν και έχουν παραγωγική χρησιμότητα σε φορείς του ιδιωτικού και δημόσιου τομέα, σε στρατιωτικά νοσοκομεία ή τρίτου τομέα. Οι νέες υποδομές που θα χρηματοδοτηθούν μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Κοινωνία της Πληροφορίας» θα έχουν συμπληρωματική δράση στις υπάρχουσες εξειδικευμένες ανάγκες και θα καλύπτουν κενά ή νέες. Ταυτόχρονα θα γίνουν οι απαιτούμενες αλλαγές οργανωτικού χαρακτήρα στο Ε.Σ.Υ. με επίκεντρο τον ασθενή και τον χρήστη των πληροφοριών (Καλογήρου 2003).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΚΛΙΝΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ

#### 2.1 Εισαγωγή

Η αγορά υγειονομικής περίθαλψης είναι η μεγαλύτερη βιομηχανία στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, με δαπάνες που αναμένεται να φτάσουν μέχρι το 2010 στα 2,6 τρισεκατομμύρια δολάρια, δηλαδή το 15,9 του Α.Ε.Π. εκτός από τη γρήγορη αύξηση στις δαπάνες υγειονομικής περίθαλψης, έχει αναπτυχθεί και η τεχνολογία για να παρέχει την υποστήριξη που χρειάζεται το προσωπικό που ασχολείται με την υγεία. Σε όλη την εξέλιξη της ιατρικής τεχνολογίας, η ανάπτυξη ενός αποδοτικού, χρήσιμου και πρακτικού συστήματος πληροφοριών, η αντίσταση στην εφαρμογή της χρήσιμης τεχνολογίας που είναι κοινή μέσα στην αγορά υγειονομικής περίθαλψης έχει περιορίσει τη μεγιστοποίηση της δυνατότητας των κλινικών συστημάτων πληροφοριών. μέσω της ικανοποίησης των συνολικών αναγκών στην υγειονομική περίθαλψη. Η εφαρμογή ενός κλινικού πληροφοριακού συστήματος μπορεί να είναι συμφέρουσα στη διαδικασία παράδοσης υγειονομικής φροντίδας.

Η ενσωμάτωση της ιατρικής γνώσης και προόδου μέσα σε ένα κλινικό πλαίσιο είναι συχνά δύσκολη λόγω της πολυπλοκότητας των εμπλεκόμενων αλγορίθμων και πρωτοκόλλων. Τα Κλινικά Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων (Clinical Decision Support Systems-CDSS) βοηθούν τον νοσοκομειακό γιατρό στο να εφαρμόσει νέες πληροφορίες στην φροντίδα των ασθενών μέσω της ανάλυσης συγκεκριμένων κλινικών μεταβλητών. Τα συστήματα αυτά ποικίλλουν στην πολυπλοκότητα, τη λειτουργία και την εφαρμογή τους.

#### 2.1.1 Δημιουργία ενός κλινικού συστήματος πληροφοριών

Η δημιουργία ενός συστήματος πληροφοριών απαιτεί οικονομική και διανοητική επένδυση. Η αιτιολόγηση για μια τέτοια επένδυση πρέπει να είναι ποσοτικά και ποιοτικά μετρήσιμη επάνω στην εφαρμογή. Η ανάπτυξη του κλινικού συστήματος πληροφοριών προέκυψε από τις ανάγκες μέσα στον τομέα υγειονομικής περίθαλψης, από τα ίδια τα στελέχη της υγειονομικής περίθαλψης, τον ποιοτικό έλεγχο, και τους προμηθευτές. Οι ανάγκες που παρακίνησαν την ανάπτυξη των κλινικών συστημάτων πληροφοριών περιλαμβάνουν κλινική υποστήριξη στόχου,



κλινικό διοικητικό έλεγχο, υποστήριξη ανταγωνισμού και κλινική υποστήριξη απόφασης.

Η αρχική πηγή υποστήριξης που απαιτείται είναι η κλινική περιοχή υποστήριξης στόχου. Μέσω της ανάπτυξης του ηλεκτρονικού ιατρικού αρχείου, η συντήρηση του αρχείου αναμονής απλοποιείται, παρέχοντας υποστήριξη πληροφοριών στο νοσοκομειακό γιατρό. Το ηλεκτρονικό ιατρικό αρχείο είναι μια συνεχής πηγή πληροφοριών σχετικά με την προϋπάρχουσα κατάσταση, τις αλλεργίες σε φάρμακα και άλλες σχετικές πληροφορίες που αφορούν τους ασθενείς. Η ανάπτυξη και η χρήση ενός τέτοιου συστήματος θα επιφέρει μια σημαντική μείωση στα ιατρικά λάθη. Η Αμερικανική Εθνική Σχολή Επιστημών μετά από έρευνα του Ινστιτούτου Ιατρικής υπολογίζει ότι οι θάνατοι που προκαλούνται από τα ιατρικά λάθη είναι μεγαλύτεροι από τους θανάτους που προκαλούνται από το AIDS, τον καρκίνο του μαστού ή τα ατυχήματα αυτοκινήτων. Ο αριθμός θανάτων που προκαλούνται από τα ιατρικά λάθη έχει υπολογιστεί ότι είναι 98.000 άτομα το χρόνο. Μέσω της αποτελεσματικής εισαγωγής δεδομένων και της χρήσης του ηλεκτρονικού ιατρικού αρχείου, το ποσοστό θανάτων που προκαλούνται από την έλλειψη στοιχείων ή την λανθασμένη εισαγωγή δεδομένων θα μειωθεί σημαντικά.

Η ανάπτυξη ενός αποτελεσματικού κλινικού συστήματος πληροφοριών πρέπει να παρέχει υποστήριξη στους νοσοκομειακούς γιατρούς ή τη δυνατότητα να μοιραστούν οι πληροφορίες. Μέσω της δημιουργίας ενός τυποποιημένου ηλεκτρονικού ιατρικού αρχείου, οι πολυάριθμοι χρήστες που συμμετέχουν στη διαδικασία παροχής περίθαλψης μπορούν να χρησιμοποιήσουν τις πληροφορίες που αποθηκεύονται στο αρχείο αυτό. Αυτή η δυνατότητα πρόσβασης θα επιτρέψει σε όλους τους χρήστες, τις νοσοκόμες, το διοικητικό προσωπικό, το εργαστηριακό προσωπικό, τους φαρμακοποιούς και τους γιατρούς να ενημερώσουν και να εξάγουν τις πληροφορίες για συγκεκριμένες ανάγκες.

Μια σημαντική συνεισφορά στη δημιουργία ενός καθολικού ηλεκτρονικού ιατρικού αρχείου είναι η ανάπτυξη της Συστηματοποιημένης Ονοματολογίας της Ιατρικής (Systemized Nomenclature of Medicine-SNOMED) και της σύνταξης Arden. Η Συστηματοποιημένη Ονοματολογία της Ιατρικής (SNOMED) επιτρέπει μια συνεπή σύνταξη των κλινικών πληροφοριών στους διάφορους ειδικούς, τους ερευνητές ακόμη και τους ασθενείς να μοιράζονται τη γνώση βασισμένη σε μια κοινή γλωσσική περιγραφή της υγείας. Αυτή η διανομή γνώσης μπορεί να διευθυνθεί στις περιοχές φροντίδας και στα διαφορετικά υπολογιστικά συστήματα. Επιπλέον,

διατηρείται η μυστικότητα μέσω της χρήσης των προνομίων έγκρισης. Αυτό το εκτενές σύστημα ονοματολογίας μπορεί να προσαρμοστεί για τους μεμονωμένους νοσοκομειακούς γιατρούς ή τους οργανισμούς παροχής υγειονομικής περίθαλψης. Η σύνταξη Arden είναι ένα ιατρικό γλωσσικό σύστημα που σχεδιάστηκε συγκεκριμένα για τα ιατρικά συστήματα λογικής και τις ιατρικές ενότητες λογικής. Κάθε ιατρική ενότητα λογικής κατέχει άφθονες πληροφορίες για να δημιουργήσει μια ενιαία ιατρική απόφαση βασισμένη στις πληροφορίες που εισάγονται. Η χρήση των ιατρικών ενότητων λογικής επιτρέπει οποιαδήποτε αλλαγή στη σταθερή συντήρηση της θέσης του ασθενή και του νοσοκομειακού γιατρού.

Η ανάπτυξη του κλινικού συστήματος πληροφοριών προέκυψε λόγω της ανάγκης να διατηρηθεί ο κλινικός διοικητικός έλεγχος. Η διαχείριση της κλινικής πρακτικής ισχύει στη μεμονωμένη διαχείριση του ασθενή. Σε μεμονωμένη βάση, η μέτρηση της ποιότητας της φροντίδας, ο έλεγχος της παρεχόμενης φροντίδας και η ανατροφοδότηση σχετικά με την φροντίδα που έχει παρασχεθεί επιτρέπει τη βελτίωση της παροχής ποιοτικής περίθαλψης. Το κλινικό σύστημα πληροφοριών επιτρέπει τη συντήρηση ενός σχεδίου τυποποιημένης πρακτικής, το οποίο περιλαμβάνει τη διάταξη της παροχής φροντίδας βασισμένη σε διευκρινισμένες πορείες και διαγράμματα. Επιπλέον, οι επεξεργασίες και τα πρωτόκολλα που επιλέγονται για την παροχή φροντίδας μπορούν να συγκριθούν με βιομηχανικά πρότυπα.

Αυτή η κλινική διοικητική υποστήριξη ισχύει επίσης για τις διοικητικές περιστάσεις. Με την τυποποίηση των μεθοδολογιών φροντίδας ο νοσοκομειακός γιατρός έχει μια βάση δεδομένων κατά την οποία η απόφαση της πορείας της φροντίδας μπορεί να μετρηθεί. Επίσης, η ένταξη της πολυάριθμης συνεισφοράς ειδών φροντίδας σε ένα ενιαίο σύστημα πληροφοριών θα επιτρέψει τη διαχείριση δαπανών και τον ποιοτικό έλεγχο στις περιοχές φροντίδας. Ένας τέτοιος έλεγχος φροντίδας είναι ιδιαίτερα σημαντικός για τους μεγάλους οργανισμούς παροχής περίθαλψης, όπου ο έλεγχος δαπανών, η υγεία του ασθενούς, η παραλλαγή σχεδίων πρακτικής, και ο ποιοτικός έλεγχος είναι ακέραιοι στις επιχειρησιακές διαδικασίες.

Από την άποψη της υποστήριξης του ανταγωνισμού, η ανάπτυξη ενός αποτελεσματικού κλινικού συστήματος πληροφοριών θα τοποθετήσει του οργανισμούς υγειονομικής περίθαλψης σε μια συμφέρουσα θέση σχετικά με άλλους ανταγωνιστές. Τα οφέλη ενός κλινικού συστήματος πληροφοριών είναι η εμφανής μείωση των ιατρικών λαθών, η τυποποίηση του ιατρικού πρωτοκόλλου, η διανομή

της γνώσης, ο έλεγχος των δαπανών, ο ποιοτικός έλεγχος και η υποστήριξη των αποφάσεων. Επομένως, οι εταιρίες που είναι σε θέση να αναπτύξουν τις εγκαταστάσεις σε αυτά τα πεδία θα έχουν μια ανταγωνιστικότητα απέναντι σε άλλους οργανισμούς παροχής περίθαλψης. Επιπλέον, ένα κλινικό σύστημα πληροφοριών θα επιτρέψει τη σύγκριση των αριθμητικών στοιχείων από τους πολυάριθμους τομείς με τα στοιχεία που λαμβάνονται από άλλες εταιρίες στη βιομηχανία. Τέτοιες συγκρίσεις θα επιτρέψουν οργανισμούς παροχής ιατρικής φροντίδας και περίθαλψης να αυξήσουν αναλογικά την ποιότητα της φροντίδας, να μάθουν από άλλες εταιρίες, να ρυθμίσουν την τιμή σύμφωνα με τα επίπεδα των ανταγωνιστών, και να προσαρμοστούν στα επίπεδα των απαιτήσεων της κοινωνίας.

Εντούτοις, η περιοχή μέσα στην οποία το κλινικό σύστημα πληροφοριών μπορεί να παρέχει τη μέγιστη υποστήριξη είναι μέσα στην κλινική περιοχή υποστήριξης απόφασης. Μέσω της ανάπτυξης του ηλεκτρονικού ιατρικού αρχείου και της αυξανόμενης χρήσης της SNOMED, οι νοσοκομειακοί γιατροί θα είναι σε θέση να μοιραστούν τη γνώση γρηγορότερα. Επιπλέον, το κλινικό περιβάλλον απαιτεί μια εκτενή γνώση των σπάνιων, περιπλοκών και επαναστατικών ερευνών που θα μπορούσαν να αλλάξουν ριζικά τις διαγνώσεις των ασθενειών. Μέσω των τεχνολογιών συνεργασίας που είναι διαθέσιμες μέσα σε ένα κλινικό σύστημα πληροφοριών, οι νοσοκομειακοί γιατροί είναι σε θέση να έρθουν γρήγορα σε επαφή με εμπειρογνώμονες μέσα σε έναν ειδικό τομέα που θα ήταν ικανότερος να αξιολογήσει την κατάσταση του ασθενή, μέσω μιας συνοπτικής ανάλυσης του ηλεκτρονικού ιατρικού αρχείου του ασθενή.

Αυτήν την περίοδο, η προσαρμογή της νέας τεχνολογίας στο πλαίσιο του τομέα της υγειονομικής περίθαλψης είναι αρκετά αργή, με την αλλαγή να αρθρώνεται περισσότερο από πολιτιστικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα του οργανισμού ή της οντότητας, παρά από τα τεχνολογικά οφέλη που παράγονται από το εφαρμοσμένο σύστημα. Επομένως, η τεχνολογία κλινικών συστημάτων πληροφοριών βασίζεται όλο και περισσότερο στην ζήτηση, δεδομένου ότι η χρήση των συστημάτων θα αυξηθεί μόνο εφ' όσον υπάρξει αποδοχή της νέας τεχνολογίας μέσα στο περιβάλλον των γιατρών. Προκειμένου να εξασφαλιστεί η επιτυχής ολοκλήρωση, ο οργανισμός πρέπει να εξασφαλίσει ότι οι βασικοί φορείς, κυρίως οι γιατροί, ενημερώνονται για τα οφέλη, την οργάνωση υγειονομικής περίθαλψης, και την υγειονομική περίθαλψη συνολικά.

### 2.1.2 Οφέλη του κλινικού συστήματος πληροφοριών

Το αρχικό όφελος του κλινικού συστήματος πληροφοριών είναι μέσα στα πεδία της υποστήριξης στόχου και της υποστήριξης απόφασης. Ο τομέας υποστήριξης στόχου ήταν επαναστατικός μέσω της εφαρμογής του ηλεκτρονικού ιατρικού αρχείου από κοινού με την SNOMED. Η καθολικοποίηση του ηλεκτρονικού ιατρικού αρχείου θα αυξήσει τη δυνατότητα πρόσβασης των πληροφοριών σχετικά με τους ασθενείς στους νοσοκομειακούς γιατρούς καθώς επίσης θα αυξήσει τον διαθέσιμο όγκο στοιχείων για κλινική χρήση, που μειώνει σημαντικά το ιατρικό λάθος.

Το μέγιστο εργαλείο της αύξησης της τυποποίησης της φροντίδας, η μείωση της παραλλαγής σχεδίων πρακτικής, η επιτυχής και αποτελεσματική διάγνωση, και τη σωστή επιλογή πορειών φροντίδας θα προκύψει από την ανάπτυξη της κλινικής περιοχής υποστήριξης απόφασης του κλινικού συστήματος πληροφοριών. Το λογισμικό του κλινικού συστήματος υποστήριξης απόφασης προσφέρει τη δυνατότητα να βελτιωθεί η ποιότητα και να μειωθεί το κόστος της φροντίδας, επηρεάζοντας τις ιατρικές αποφάσεις την στιγμή που λαμβάνονται.

Ένα ιδανικό κλινικό σύστημα πληροφοριών θα προειδοποιούσε τους γιατρούς όταν θα εξάγονταν αποτελέσματα από την εισαγωγή δεδομένων των εργαστηριακών δοκιμών. Τα στοιχεία που εξάγονται για έναν συγκεκριμένο ασθενή μπορούν έπειτα να συγκριθούν με το γενικό πληθυσμό για να δείξουν εάν το στοιχείο είναι ομαλό ή απαιτεί περαιτέρω ανάλυση. Μια τέτοια πρακτική θα προέτρεπε τον γιατρό να παρατηρήσει ορισμένα στοιχεία που μπορούν να περάσουν απαρατήρητα και επομένως να αλλάξουν τη διάγνωση του ασθενή. Ένας γιατρός μπορεί να εισαγάγει μια πιθανή διάγνωση στο σύστημα και να λάβει έπειτα ανατροφοδότηση σχετικά με την ευλογοφάνεια μιας τέτοιας διάγνωσης. Αυτό επιτρέπει στους γιατρούς να λάβουν καθοδηγημένη ανατροφοδότηση κατά τη διάρκεια της εκτίμησης παρόμοιων διαγνώσεων τους, οι οποίες μπορούν να είναι σημαντικά διαφοροποιημένες ανάλογα με την πορεία της φροντίδας.

Η ανάπτυξη ενός αποτελεσματικού κλινικού συστήματος υποστήριξης απόφασης θα ασκήσει σημαντική επίδραση στη μεθοδολογία της πρακτικής. Τα κλινικά συστήματα υποστήριξης απόφασης προορίζονται να λάβουν τα στοιχεία των ασθενών και να τα χρησιμοποιήσουν για να προτείνουν μια σειρά πιθανών διαγνώσεων και ένα σχέδιο δράσης. Η εμφάνιση ενός τέτοιου συστήματος θα παράσχει στους γιατρούς μια οδηγία μέσω της οποίας θα μπορούν να διαμορφώσουν



τις αποφάσεις τους. Επιπλέον, το κλινικό σύστημα υποστήριξης απόφασης μπορεί να οδηγήσει σε μια μείωση της πολυπλοκότητας των σχεδίων πρακτικής που επιβαρύνει τη διαδικασία παροχής υγειονομικής περίθαλψης. Με τη μείωση της πολυπλοκότητας των σχεδίων πρακτικής, το γενικό κόστος της υγειονομικής περίθαλψης μπορεί να μειωθεί. Επίσης, ένα αποτελεσματικό κλινικό σύστημα υποστήριξης απόφασης μπορεί να αναγνωρίσει την αλληλεπίδραση φαρμάκων και τις επιπλοκές των ασθενών, που ειδάλλως θα ήταν αδιάγνωστες από τον γιατρό για να παρέχουν μια έγκυρη, αποδοτική και καλύτερη λύση στην διαδικασία διαγνώσεων των ασθενών.

Το δυναμικό περιβάλλον που περιβάλλει την διάγνωση του ασθενή περιπλέκει τη διαδικασία της διάγνωσης. Οι πολυάριθμες σημαντικές μεταβλητές εισαγωγής, οι πρόσθετες περιστάσεις ασθενών και η βασική πολυπλοκότητα που περιλαμβάνεται στη διαδικασία διαγνώσεων περιορίζουν την ακρίβεια ενός δεδομένου κλινικού συστήματος υποστήριξης απόφασης. Εντούτοις, τα πιθανά πλεονεκτήματα που υπάρχουν μέσα από ένα επιτυχές σύστημα είναι σημαντικά. Πρώτιστα, οι πιθανές διαγνώσεις θα μπορούσαν να σώσουν πολυάριθμες ζωές ασθενών, δεδομένου ότι ένα σύστημα πληροφοριών μπορεί να είναι ικανότερο να συνθέσει τα απέραντα ποσά πληροφοριών. Επιπλέον, η πρόταση διαγνώσεων μπορεί να επιτρέψει την καλύτερη τυποποίηση της παροχής περίθαλψης και την ακολουθούμενη πορεία φροντίδας.

Από τότε που οι υπολογιστές χρησιμοποιήθηκαν για πρώτη φορά, θεωρήθηκε ότι μπορούσαν να διαμορφώσουν τις κλινικές τεχνικές επίλυσης προβλήματος που χρησιμοποιήθηκαν από τους γιατρούς. Από το 1970, ο William Schwartz του Tufts University School of Medicine σημείωσε ότι: «Η επιστήμη των υπολογιστών θα ασκήσει σημαντικά αποτελέσματά στην αύξηση και σε μερικές περιπτώσεις στην αντικατάσταση των διανοητικών ρόλων του γιατρού»<sup>7</sup>.

Εντούτοις, το δυναμικό, σύνθετο και μοναδικό περιβάλλον της υγειονομικής περίθαλψης έχει εμποδίσει την ανάπτυξη ενός τυποποιημένου κλινικού συστήματος υποστήριξης απόφασης που θα επέτρεπε την καθολικοποίηση οποιουδήποτε κλινικού συστήματος υποστήριξης απόφασης. Διάφοροι παράγοντες (συμπεριλαμβανομένης της έλλειψης επένδυσης, της έλλειψης ηγεσίας από τους εν ενεργεία γιατρούς, τις ιατρικές σχολές) είναι αρμόδιοι για τη μη πραγματοποίηση ιδανικής κλινικής υποστήριξης απόφασης.

<sup>7</sup>[www.cwru.edu/med/epidbio/mphp439/Clinical\\_Decision.htm](http://www.cwru.edu/med/epidbio/mphp439/Clinical_Decision.htm) (last access 20-11-2006)



## 2.2 Αξιολόγηση αξίας του κλινικού συστήματος υποστήριξης αποφάσεων

Πολλά πιθανά οφέλη έχουν αναφερθεί ευρέως στη λογοτεχνία (Johnson & Feldman, 1995 Evans, 1996) για τα κλινικά συστήματα υποστήριξης αποφάσεων. Οι αξιώσεις εμπίπτουν σε 3 ευρείες κατηγορίες (Sintchenko et al., 2002):

1. Βελτίωση της ασφάλειας του ασθενή, π.χ. μέσω των μειωμένων λαθών φαρμάκων, των δυσμενών γεγονότων και της βελτιωμένης διαταγής φαρμάκων και δοκιμής.

2. Η βελτιωμένη ποιότητα της φροντίδας, π.χ. αυξάνοντας τον χρόνο που χρειάζονται οι γιατροί για την παροχή φροντίδας στους ασθενείς, χρησιμοποιώντας τις κλινικές οδηγίες, διευκολύνοντας τη χρήση των ενημερωμένων κλινικών στοιχείων, βελτιώνοντας την κλινική τεκμηρίωση και την ικανοποίηση του ασθενή.

3. Η βελτιωμένη αποδοτικότητα στην παράδοση υγειονομικής περίθαλψης π.χ. με τη μείωση των δαπανών μέσω της γρηγορότερης επεξεργασίας διαταγής, μειώσεις του διπλασιασμού δοκιμής, μείωση των δυσμενών γεγονότων και αλλαγή της συνταγογράφησης που ευνοεί τα φτηνότερα αλλά εξίσου αποτελεσματικά εμπορικά σήματα.

Η αξιολόγηση των κλινικών συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων είναι συχνά κακώς αντιληπτή και εφαρμοσμένη (Cushman, 1997 Heathfield et al., 1998). Σε μια συστηματική αναθεώρηση 55 αξιολογήσεων κλινικών συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων, οι Sintchenko et al. (2003) διαπίστωσαν ότι λιγότερο από ένα τέταρτο περιέλαβε μια τυχαία ελεγχόμενη δοκιμή (Πίνακας 2-1).

Μεθοδολογία αξιολόγησης	%
Πριν-μετά από το δείγμα	27.27%
RCT	23.64%
Έλεγχος κατά περίπτωση	21.82%
Περιπτωσιολογική μελέτη	16.36%
Ποιοτικός	5.45%
Μην γενόμενα	3.64%
Διαχρονική μελέτη	1.82%

Πίνακας 2-1: Μεθοδολογίες αξιολόγησης που χρησιμοποιούνται στις μελέτες αξιολόγησης κλινικών συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων (N=55), Sintchenko et al. (2003).

Η αξιολόγηση των κλινικών συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων είναι σύνθετη και υπάρχουν πολλές προκλήσεις για τέτοιου είδους μελέτες (Randolph et al., 1999). Συνεπώς πολλές μελέτες περιέρχονται σε παγίδες όπως να δώσουν υπερβολική έμφαση στην ικανοποίηση χρηστών ως μέτρο της επιτυχίας συστημάτων. Μερικοί από τους συχνότερους περιορισμούς των μελετών των κλινικών συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων παρατίθενται στον Πίνακα 2-2. Ενώ τα κλινικά συστήματα υποστήριξης αποφάσεων δικαιολογούνται συχνά βάσει του κλινικού οφέλους, η αξιολόγηση εστιάζει στα τεχνικά ζητήματα ή στις κλινικές διαδικασίες. Η μέτρηση των κλινικών εκβάσεων είναι ακόμα σπάνια μεταξύ των μελετών αξιολόγησης και οι περισσότερες μελέτες που προσπαθούν να μετρήσουν τον κλινικό αντίκτυπο το κάνουν μέσω των μεταβλητών διαδικασίας (Πίνακας 2-3). Εντούτοις, η αυξανόμενη βελτίωση της ποιότητας, της ασφάλειας και της αποτελεσματικότητας της υγείας είναι ελπιδοφόρος. Τα εξής τμήματα καταδεικνύουν όχι μόνο την αξία των συστημάτων υποστήριξης απόφασης στην κλινική πρακτική, αλλά και την πολυπλοκότητα της αξιολόγησης του στόχου, τα τρέχοντα χάσματα στη γνώση για την αποτελεσματικότητά τους και την αφθονία και την ποικιλία της μορφής υποστήριξης απόφασης.

	Μετρήσιμος Αντίκτυπος		Μη Μετρήσιμος Αντίκτυπος
	Βελτίωση που καταδεικνύεται (αριθμός μελετών)	Κανένας σημαντικός αντίκτυπος (αριθμός μελετών)	(% μελετών)
Μεταβλητές διαδικασίας			
Εμπιστοσύνη στην απόφαση	12	3	40 (73%)
Σχέδια της προσοχής	15	4	36 (66%)
Εμμονή στο πρωτόκολλο	10	4	41 (75%)
Κόστος Αποδοτικότητας	10	2	43 (78%)
Δυσμενή αποτελέσματα	12	3	40 (73%)
Κλινικές εκβάσεις			
Νοσηρότητα	1	5	49 (89%)
Θνησιμότητα	0	3	52 (95%)

Πίνακας 2-2: Μέτρα αντίκτυπου που επιλέγονται στις μελέτες αξιολόγησης των κλινικών συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων (N=55) (Sintchenko et al., 2003).

Τα συστήματα στα οποία οι γιατροί εισάγουν εντολές χρησιμοποιούνται για να αυτοματοποιήσουν τη διαδικασία της συνταγογράφησης και να βοηθήσουν στην παραγωγή και την επικοινωνία των αυτοματοποιημένων χειρογράφων. Το σημείο εισόδου περιλαμβάνει χαρακτηριστικά μια οριζόντια ενότητα υποστήριξης απόφασης για να ελέγξει την παραχθείσα συνταγή.

Η ηλεκτρονική συνταγογράφηση φαίνεται να μειώνει περισσότερο από τρεις φορές τα λάθη των χειρόγραφων συνταγών και κατά πέντε φορές τις ζητούμενες διευκρινήσεις από τους φαρμακοποιούς (Bizoni et al., 2002). Τα πρώτα πειστικά στοιχεία ότι τέτοια απόδοση μεταφράζεται σε μια κλινικά σημαντική μείωση των λαθών φαρμάκων προέρχονται από δύο δημιουργικές μελέτες που έλαβαν χώρα στο Brigham and Women's Hospital στη Βοστώνη, (Bates et al., 1998, Bates et al., 1999). Το σύστημα που αναπτύχθηκε συγκεκριμένα σε αυτό το νοσοκομείο πρόσφερε την κλινική υποστήριξη απόφασης, όπως προτεινόμενες δόσεις φαρμάκων σε περιπτώσεις εξάρσεως αλλεργιών. Η πρώτη μελέτη (Bates et al., 1998) κατέδειξε μια μείωση 55% των πιθανών λαθών που αφορούν τη χορήγηση φαρμάκων (δηλ. λάθη που δεν οδήγησαν στον τραυματισμό αλλά είχαν τη δυνατότητα να το κάνουν) μετά από την εφαρμογή συστημάτων. Το ποσοστό λανθασμένης χορήγησης φαρμάκων μειώθηκε από 10.7 ανά 1000 ημέρες λήψης σε 4.9 ανά 1000 ημέρες λήψης. Η δεύτερη μελέτη (Bates et al., 1999) κατέδειξε μια μείωση 86% των πιθανών λαθών στη χορήγηση φαρμάκων μετά από τέσσερα 4 έτη εφαρμογής. Απροσδόκητα ο αριθμός απειλητικών για τη ζωή διαδικασιών λανθασμένης χορήγησης φάρμακων αυξήθηκε από 11% στην προ-εφαρμογή σε 95% μετά από πέντε μήνες. Η πλειοψηφία αυτών αφορούσε τις διαταγές σχετικά με το χλωρίδιο του καλίου επειδή το σύστημα το κατέστησε εύκολο να διατάξει τις μεγάλες δόσεις του ενδοφλέβιου καλίου χωρίς διευκρίνιση ότι δίνεται σε διαιρεμένες δόσεις. Μόλις έγιναν οι αλλαγές στην οθόνη διαταγής για αυτό το φάρμακο, ο αριθμός των λαθών μηδενίστηκε. Εάν αυτά τα συστήματα εφαρμοστούν σε εθνικό επίπεδο στις ΗΠΑ, έχει υπολογιστεί ότι θα απέτρεπαν περίπου 522.000 γεγονότα λανθασμένης χορήγησης φαρμάκων κάθε έτος και εάν μόνο 0.1% τέτοιων λαθών ήταν μοιραία, πάνω από 500 θάνατοι θα αποφεύγονταν (Birkmeyer et al., 2000).

Σε μια ευρεία συστηματική αναθεώρηση του αντίκτυπου των κλινικών συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων στην πρακτική των γιατρών και των εκβάσεων των ασθενειών, οι Hunt et al., (1996) προσδιόρισαν 68 μελέτες, 15 εκ των οποίων περιέλαβαν κλινικά συστήματα υποστήριξης αποφάσεων για να βοηθήσουν τη χορήγηση της δόσης των τοξικών φαρμάκων. Από αυτές, 8 στράφηκαν στη χορήγηση της δόσης των ενδοφλέβιων φαρμάκων και 6 βρήκαν βελτιώσεις μετά από τη χρήση του κλινικού συστήματος υποστήριξης απόφασης. Τέσσερις από τις 8 μελέτες εξέτασαν τον αντίκτυπο στις εκβάσεις των ασθενειών, όμως μόνο 1 βρήκε ένα σημαντικό όφελος (Mungall et al., 1994).

### 2.2.1 Βελτίωση ασφάλειας ασθενών

Υπάρχει ένα σώμα έρευνας που παρέχει τα καλά στοιχεία της αποτελεσματικότητας των κλινικών συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων. Πιο συγκεκριμένα, αυτοματοποιημένα συστήματα εισόδων διαταγής φαρμάκων, αύξηση της ασφάλειας των ασθενών με τη μείωση των λαθών, αποφυγή δυσμενών γεγονότων και αύξηση της αναλογίας των κατάλληλων και ασφαλών διαγνώσεων.

### 2.2.2 Μείωση λαθών στη χορηγία φαρμάκων

Το ενδιαφέρον για τα ηλεκτρονικά συστήματα έχει παραχθεί με την ανάπτυξη των στοιχείων της αποτελεσματικότητάς τους στη μείωση των λαθών φαρμάκων, τα οποία είναι μια από τις σημαντικότερες αιτίες των ιατρογενών τραυματισμών, των θανάτων και των δαπανών στα νοσοκομεία (Institute of Medicine, 2000 Thomas et al., 1999). Στις ΗΠΑ υπολογίζεται ότι πάνω από 770.000 άνθρωποι τραυματίζονται ή πεθαίνουν κάθε έτος μετά από λανθασμένη χορήγηση φαρμάκων (Adverse Drug Events- ADEs) σε νοσοκομεία (Kaushal & Bates, 2001). Τα μεγαλύτερα ποσοστά (56%) αποτρέψιμου ADEs εμφανίζονται κατά τη χορήγηση του φαρμάκου ανά στάδιο και μόνο 4% στη διανομή (Bates et al., 1995). Τα λάθη που εμφανίζονται στα αρχικά στάδια είναι πιθανότερο να παρεμποδιστούν (48%) έναντι εκείνων που εμφανίζονται στο στάδιο διοίκησης (0%).

### 2.2.3 Ενίσχυση της οριζόντιας συμπεριφοράς<sup>8</sup>

Τα κλινικά συστήματα υποστήριξης αποφάσεων έχουν τη δυνατότητα να αλλάξουν τον ορισμό της αποτελεσματικότητας της χορήγησης φαρμάκων, με συνέπεια την οικονομικώς πιο αποδοτική επιλογή τους. Οι Teich et al., (2000) εξέτασαν τέσσερις συγκεκριμένες επεμβάσεις υποστήριξης απόφασης φαρμάκων:

1. Υπαγόρευση χρησιμοποίησης ενός φτηνότερου φαρμάκου όταν αρχικά διατάχτηκε ένα ακριβότερο φάρμακο.
2. Παρουσίαση ενός καταλόγου προτεινόμενων δόσεων φαρμάκων για κάθε φάρμακο που διατάζεται.
3. Μια συγκεκριμένη συνιστώμενη συχνότητα δόσης για τα ενδοφλέβια φάρμακα.
4. Υπαγόρευση σειράς χορήγησης ενός αντιπηκτικού φαρμάκου για τους ασθενείς που είναι κλινήρεις.

---

<sup>8</sup> [www.coeira.com/aimd.htm](http://www.coeira.com/aimd.htm) (last access 22-11-2006).



Για όλες τις διαμεσολαβητικές χρήσεις φαρμάκων βρέθηκε ένας άμεσος θετικός αντίκτυπος με μεγαλύτερη συμμόρφωση στις συνιστώμενες διαταγές φαρμάκων. Η συμμόρφωση με τη γενική επιλογή φαρμάκων άλλαξε από 14% πριν από την εφαρμογή σε πάνω από 80% δύο μήνες μετά την εφαρμογή συστημάτων και η συμμόρφωση έφτασε το 97% στη συνέχιση του πρώτου και δεύτερου έτους. Το ποσοστό των διαταγών φαρμάκων που υπερέβη τη συνιστώμενη μέγιστη δόση ελαττώθηκε από 2% στην περίοδο πριν την εφαρμογή σε λιγότερο από 0.3% δύο έτη μετά την εφαρμογή.

Η αλλαγή της δόσης που απεικονίζει τη συνιστώμενη συχνότητα εμφάνισε πριν από την εφαρμογή συμμόρφωση 6% που κινείται προς τη συμμόρφωση 94% τα επόμενα τρία χρόνια συνέχισης. Οι διαταγές για τα αντιπηκτικά για τους ασθενείς όρισαν το υπόλοιπο κλινών που αυξήθηκε από την προ-εφαρμογή 24% σε 54% μετά από συνέχιση δύο ετών.

#### *2.2.4 Χρόνος που απελευθερώνεται για την φροντίδα των ασθενών*

Ένα πιθανό όφελος της εφαρμογής των συστημάτων εισόδων εντολών είναι ότι μπορούν να επιτρέψουν στους νοσοκομειακούς γιατρούς να ξοδέψουν περισσότερο χρόνο στην άμεση προσοχή και φροντίδα των ασθενών. Οι Shu et al., (2001) ανέλαβαν μια μελέτη για το αντίκτυπο της σπατάλης χρόνου κατά τη διαταγή και το διαθέσιμο χρόνο για άλλους στόχους στο Massachusetts General Hospital των ΗΠΑ. Οι γιατροί που εφάρμοσαν αυτή τη διαδικασία ξόδεψαν 3% περισσότερο χρόνο με τους ασθενείς (από 13% σε 16%), 6% περισσότερο χρόνο μόνοι τους (από 32% σε 38%) και κατά 6% λιγότερο χρόνο με άλλους γιατρούς (από 47% σε 41%).

Οι Tierney et al., (1993) πραγματοποίησαν μια μελέτη που αφορούσε τον χρόνο και τις κινήσεις για τον καθορισμό του χρόνου που ξοδεύτηκε από τους νοσοκομειακούς γιατρούς στη διαδικασία εισόδων εντολών. Η χρήση του σημείου εισόδου ουσιαστικά οδήγησε στον αυξανόμενο χρόνο που χρειάζεται για χειρόγραφες εντολές σε σχέση με τη διαδικασία των εγγράφων εντολών (59 λεπτά έναντι 26 λεπτών), αλλά έξι λεπτά λιγότερα ανά ημέρα ξοδεύτηκαν στα στερεότυπα στοιχεία αρχείων καταγραφής ασθενών. Αυτά τα αποτελέσματα τονίζουν ότι οι ενιαίοι δείκτες της βελτιωμένης αποδοτικότητας μπορούν να είναι περιορισμένης χρήσης και ότι ο βαθμός στον οποίο τέτοια συστήματα απελευθερώνουν τους νοσοκομειακούς γιατρούς από τους διοικητικούς στόχους θα ποικίλει ανάλογα με τους πολλαπλάσιους

παράγοντες, όπως ο τύπος συστήματος που χρησιμοποιείται, η επαγγελματική ομάδα, οι στόχοι που αναλαμβάνονται και η εμπειρία σχετικά με τη χρήση του συστήματος.

### 2.3 Ανάπτυξη κλινικών συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων

Πολλές χώρες εστιάζουν στην ανάπτυξη του ιατρικού συστήματος πληροφοριών της ( Medical Information System-MICIS) προκειμένου να συμβαδίσει με την πρόοδο που σημειώνεται σε άλλες πτυχές της εθνικής και διεθνούς ανάπτυξης. Η Αμερική, η Αυστραλία και η Ευρώπη έχουν αναπτύξει ενεργά MICIS. Το καλό ευρωπαϊκό πρότυπο υγείας (Good European Health Model-GEHR), αργότερα γνωστό ως καλό ηλεκτρονικό πρότυπο υγείας (Good Electronic Health Model)<sup>9</sup>, που άρχισε στις αρχές της δεκαετίας του '90 (Schitcliff 1999) είναι ένα τέτοιο παράδειγμα. Στην Αυστραλία, οι ειδικοί ιατρικοί ερευνητές των συστημάτων πληροφοριών της Μαλαισίας και της Νέας Ζηλανδίας εργάζονται ενεργά στην πληροφορική υγείας για να προωθήσουν την ποιότητα της ζωής των ανθρώπων των περιοχών αυτών. Η Νέα Ζηλανδία, αν και είναι ένα μικρό έθνος, ακολουθεί με άλλες αναπτυγμένες χώρες την πληροφορική υγείας. Από την αρχή της δεκαετίας του '80, το Υπουργείο Υγείας της χώρας<sup>10</sup> έχει αρχίσει την εφαρμογή ορισμένων εθνικών στρατηγικών υγείας με έναν δομημένο τρόπο. Η διαχείριση πληροφοριών και η τεχνολογία είναι ζωτικής σημασίας για την παροχή της δυνατότητας να ανταλλαχθούν οι υψηλής ποιότητας πληροφορίες μεταξύ των συνεργατών στις διαδικασίες υγειονομικής περίθαλψης, που εστιάζουν στην επίτευξη των καλύτερων εκβάσεων των παροχών υγείας. Τα κλινικά συστήματα υποστήριξης απόφασης (CDSS) είναι μια φυσική επιλογή του εργαλείου συστημάτων πληροφοριών.

Η Μαλαισία αναπτύσσει το σύστημα υγειονομικής περίθαλψής της με δικό της τρόπο<sup>11</sup>. Στα διάφορα μέρη της χώρας, υπάρχει μια ολοκλήρωση<sup>12</sup> της δυτικής ιατρικής επιστήμης και των παραδοσιακών αξιών υγείας (εναλλακτική ιατρική) κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας.

<sup>9</sup>Avgerou C. and Cornford T., 1993, *Developing Information Systems: Concepts, Issues and Practice*, Basingstroke, UK: Macmillan.

<sup>10</sup>Barahona P. and Christensen J.P., 1994, *Knowledge and Decision in Health Telematics*, EPISTOL decision support proceedings, Netherlands: IOS Press.

<sup>11</sup>Checkland P., 1981, *Systems Thinking, Systems Practice*, Chichester, UK: John Wiley & Sons.

<sup>12</sup>Checkland P. and Scholes J., 1990, *Soft Systems Methology in Action*, Chichester, UK: John Wiley & Sons Ltd.

Εντούτοις, το CDSS δεν έχει κερδίσει έδαφος μεταξύ των γιατρών, όπως σε μερικές δυτικές χώρες από το τέλος της δεκαετίας '90. Αυτό το ερευνητικό πρόγραμμα που άρχισε στη Μαλαισία το 1999 δίνει έμφαση στα σχετικά ζητήματα και προτείνει μερικές λύσεις για την εκτίμηση από τους νοσοκομειακούς γιατρούς και τους ερευνητές. Ερευνά τις τοποθετήσεις των γιατρών, των κοινωνικό-τεχνικών ζητημάτων και των προσπαθειών εφαρμογής του παρελθόντος και των προτάσεων προσφορών να βελτιωθεί η υιοθέτηση CDSS για MICIS.

### *2.3.1 Μεθοδολογία κλινικών συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων*

Στις αρχές της δεκαετίας του '70, όταν βρέθηκαν αντιμέτωποι οι υπεύθυνοι λογισμικού με τα λάθος προβλήματα και τις καταστάσεις που απαίτησαν την ανάπτυξη συστημάτων πληροφοριών, υπήρξαν διαθέσιμες πολύ λίγες καθιερωμένες μέθοδοι εφαρμοσμένης μηχανικής συστημάτων. Εκείνη την εποχή, η εφαρμοσμένη μηχανική συστημάτων που καθορίζει την υπόθεση ήταν ότι το σύστημα που ήδη υπάρχει θα μπορούσε να ονομαστεί και να χρησιμοποιηθεί προς όφελος της αποδοτικότητας (Checkland 1981). Αυτή η βασική υπόθεση μπορούσε να πραγματοποιηθεί εάν θα βρισκόταν η βέλτιστη λύση για μια ιδιαίτερη κατάσταση.

Η μεθοδολογία των Soft Systems (Soft Systems Methology-SSM) εξελίχθηκε έπειτα για να ικανοποιήσει εκείνη την ανάγκη όταν καμία βέλτιστη λύση δεν ήταν διαθέσιμη. Η SSM έδωσε έμφαση στην αντίληψη των ανθρώπων για την πραγματικότητα και λειτούργησε με την έννοια μιας κατάστασης προβλήματος, στην οποία η διάφορη δύναμη φορέων αντιλαμβάνεται τις διάφορες προβληματικές πτυχές. Η SSM είχε ένα σύστημα της έρευνας που εκφράστηκε τυπικά για να επιτρέψει και να κατανοήσει τις σύνθετες καταστάσεις για να επιτρέψει τις σκόπιμες ενέργειες.

### *2.3.2 Σχέδιο και εφαρμογή της Soft System Methology (SSM)*

Ο τριγωνισμός (triangulation) χρησιμοποιήθηκε σε αυτό το πρόγραμμα, που ενσωματώνει SSM, έρευνα, επίσημες στατιστικές, παρατήρηση, συνεντεύξεις: Σύμφωνα με τον McNeil (1985), ήταν λογικό να χρησιμοποιηθεί ένα μείγμα μεθόδων (triangulation) στο γενικό ερευνητικό σχέδιο. Η δύναμη της μεθόδου χρησιμοποιήθηκε για να αντισταθμίσει την αδυναμία μιας άλλης μεθόδου. Κάθε μέθοδος είχε τα πλεονεκτήματα και τους περιορισμούς της. Και μια ποσοτική και μια ποιοτική προσέγγιση (SSM) χρησιμοποιήθηκε για να λάβει υπόψη τις τιμές καθώς επίσης και τη συμπεριφορά. Η SSM υιοθετήθηκε όχι μόνο ως πρότυπο, αλλά ως

μεθοδολογία για την έρευνα των μη δομημένων καταστάσεων. Η ερευνητική στρατηγική που προτάθηκε από Klein και Hirschheim (Boland και Hirschheim 1987) χρησιμοποιήθηκε για να επιλύσει τις συγκρουόμενες απόψεις στα ανθρώπινα συστήματα και τη διακοπή δραστηριότητας απαλλαγμένης από την ιδεολογία οποιασδήποτε κυρίαρχης ομάδας ενδιαφέροντος. Η ποιοτική προσέγγιση αφορούσε τα ποιοτικά στοιχεία (SSM), ενώ η ποσοτική προσέγγιση αντιπροσώπευσε τη μαλαισιανή κοινότητα γιατρών.

Μέση σειρά	Ερμηνεία του μέσου όρου για την ανάλυση
1.00 - 1.74	Πολύ ευνοϊκός
1.75 - 2.74	Ευνοϊκός
2.75- 3.24	Ούτε ευνοϊκός ούτε μη ευνοϊκός
3.25 - 4.24	Μη ευνοϊκός
4.25 - 5.00	Πολύ μη ευνοϊκός

Πίνακας 2-3: Μέση κατηγοριοποίηση που χρησιμοποιείται για την ανάλυση δεδομένων.

### 2.3.3 Πρότυπο - υποδομή - έρευνα

Το πρότυπο που προτάθηκε σε αυτό το πρόγραμμα, ορίστηκε ως κατωτέρω:

i) Διατύπωση προτύπων των ανθρώπινων συστημάτων δραστηριότητας που ήταν σχετικά με την κατάσταση του προβλήματος.

ii) Χρησιμοποίηση των διατυπωμένων προτύπων για την εξέταση των αντιλήψεων για τον πραγματικό κόσμο σε μια διαδικασία σύγκρισης.

iii) Χρησιμοποίηση της συζήτησης που αρχίζει από τη σύγκριση για να καθορίσει τη σκόπιμη δράση που θα βελτίωνε την αρχική κατάσταση του προβλήματος.

Σε αυτήν την υποδομή τέσσερις προοπτικές εξετάστηκαν:

i) η προοπτική ανθρώπων μελετήθηκε με τη χρησιμοποίηση του συμπεριφοριστικού οργάνου ερευνών



ii) οι προοπτικές οργάνωσης, τεχνολογίας και λειτουργίας εξετάστηκαν σε μια μελέτη σκοπιμότητας της βιωσιμότητας της εφαρμογής CDSS

iii) τα στοιχεία που συλλέγονται από τις συνεντεύξεις με τους ιατρούς και τις παρατηρήσεις στα μαλαισιανά νοσοκομεία και

iv) η οργανωτική θεωρία χρησιμοποιήθηκε για να αναλύσει τους λόγους για αργές εγκρίσεις και αντίσταση στην αλλαγή.

Η μελέτη πραγματοποιήθηκε σε τρεις επαγγελματικές ομάδες στη Μαλαισία: ιατροί με κλινικές ευθύνες, σπουδαστές ιατρικής και διοικητικοί διευθυντές υγείας. Αυτές οι ομάδες θεωρήθηκαν οι περισσότερο επηρεασμένες από το CDSS.

Ένα όργανο ερευνών αναπτύχθηκε βάσει μιας σειράς συνεντεύξεων που πραγματοποιήθηκαν χρησιμοποιώντας SSM, προσαρμογή των ερευνών από τη λογοτεχνία και πειραματική δοκιμή. Τα συναισθήματα και οι τοποθετήσεις συνοψίστηκαν από τη σειρά συνεντεύξεων. Το μέγεθος του δείγματος ήταν 120 συμμετέχοντες και ήταν σχετικό με την εξέταση των αποτελεσμάτων από την πειραματική έρευνα. Μερικές ερωτήσεις αναδομήθηκαν επίσης για να βελτιωθούν στη σαφήνεια. Και οι προσωπικές συνεντεύξεις και η συλλογή δεδομένων ηλεκτρονικού ταχυδρομείου συλλέχθηκαν από στα διαφορετικά μέρη της Μαλαισίας.

Τα στοιχεία αναλύθηκαν χρησιμοποιώντας τη στατιστική μέθοδο SPSS (Release 7.5, 1996). Τα στοιχεία που λήφθηκαν από τις ανοιχτές ερωτήσεις ταξινομήθηκαν σε σχετικά θέματα για τη διευκόλυνση της ανάλυσης.

#### *2.3.4 Συμπεράσματα προγράμματος*

Με την έρευνα διαπιστώθηκε ότι γενικά οι μαλαισιανοί γιατροί έχουν δυσμενή ή ουδέτερη αντιμετώπιση απέναντι στα CDSS. Πολλοί θεώρησαν ότι τα CDSS θα τους αντικαθιστούσαν και θα αποτελούσε απειλή για εκείνους αλλά και τους ασθενείς. Άλλοι είχαν χαμηλή συνειδητοποίηση και ήταν πρόθυμοι να εκτεθούν σε αυτήν την μελλοντική τεχνολογία, που παρέχει τη δυνατότητα μιας μετατόπισης παραδείγματος προς την υιοθέτηση. Οι γιατροί υιοθετούν διαισθητικά τη σύνθετη απόφαση, χρησιμοποιώντας στρατηγικές βασισμένες στην κοινή αίσθηση, αντί των σταθερών οργανωτικών και ιατρικών οδηγιών.

Ενώ ο γιατρός θα ήταν σε θέση να αποφασίσει σχετικά με το σχέδιο δράσης που αναλαμβάνεται, το CDSS θα παρουσίαζε την τυποποιημένη απόφαση που εγκρίνεται από την οργάνωση. Μεταξύ των απτών οικονομικών οφελών των CDSS θα ήταν η αποταμίευση που επιτυγχάνεται με τη χρησιμοποίηση μικρότερων ιατρικών



πόρων και αργότερα να φθάσει σε μια διάγνωση, μια δοκιμασμένη σταθερή διαδικασία για να λάβει τη βέλτιστη απόφαση σχετικά με μια σειρά των περιπτώσεων. Το πρόγραμμα είχε δείξει ότι υπήρξαν διάφορες ομάδες ενδιαφέροντος με τις διαφορετικές ανάγκες, και οι προοπτικές της υιοθέτησης των CDSS ήταν υψηλότερες όταν ικανοποιήθηκαν αυτές οι ανάγκες.

#### **2.4 Αποδοτικότητα κλινικών συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων**

Τα κλινικά συστήματα υποστήριξης απόφασης είναι μέσο παροχής κλινικής γνώσης και πληροφοριών σχετικών με τους ασθενείς που φιλτράρονται έξυπνα στις κατάλληλες χρονικές στιγμές για να ενισχυθεί η παροχή φροντίδας στους ασθενείς. Τα ιατρικά όργανα υιοθετούν όλο και περισσότερο τα εργαλεία που προσφέρουν την υποστήριξη απόφασης για να βελτιώσουν τις εκβάσεις της περίθαλψης των ασθενών και να μειώσουν τα λάθη. Οι προμηθευτές και οι διοικητές υγειονομικής περίθαλψης με ελάχιστη ή καμία κατάρτιση στην πληροφορική μπορούν να κληθούν να αξιολογήσουν, να επιλέξουν ή να συμβάλουν στην ανάπτυξη των συστημάτων υποστήριξης απόφασης τις πρακτικές τους.

Υπάρχει ένας εύκολος τρόπος να καθοριστεί ποια κλινικά συστήματα υποστήριξης απόφασης είναι αποδοτικά. Στο ζήτημα αυτό ο Kawamoto et al παρέχουν κάποιες οδηγίες βασισμένες στα στοιχεία μιας συστηματικής ανάλυσης της δυνατότητας των συστημάτων υποστήριξης απόφασης να βελτιώσουν την πρακτική τους με στατιστικά και κλινικά σημαντικούς τρόπους<sup>13</sup>. Αυτή η αυστηρή αναθεώρηση περιλαμβάνει μόνο τις τυχαίες ελεγχόμενες δοκιμές και αποκλείει τις μικρές μελέτες που δεν ικανοποιούν το 50% των καθιερωμένων κριτηρίων για τη μεθοδολογική ποιότητα.

---

<sup>13</sup>Kawamoto K., Houlihan C.A., Balas E.A., Lobach D.F., Improving clinical practice using decision support systems: A systematic review of randomized controlled trials to identify system features critical to success, *BMJ* 2005 ; 330 : 765-8.

Προσδιορίζει τέσσερις ανεξάρτητους παράγοντες της αποτελεσματικής υποστήριξης απόφασης: τα συστήματα που ενισχύουν την πρακτική και παράγουν την υποστήριξη απόφασης αυτόματα ως τμήμα της κανονικής κλινικής ροής της εργασίας και της θέσης της απόφασης χρησιμοποιούν τους υπολογιστές για να παραδώσουν την υποστήριξη και να προσφέρουν τις συγκεκριμένες αξιολογήσεις των συστάσεων. Ενενήντα τέσσερα τις εκατό των κλινικών συστημάτων υποστήριξης απόφασης με αυτά τα χαρακτηριστικά βελτιώνουν την πρακτική και συγκρίνονται με μόνο 46% των συστημάτων που στερούνται ένα από αυτά τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα. Παρόμοια συμπεράσματα αναφέρθηκαν σε μια πρόσφατη συστηματική αναθεώρηση των ελεγχόμενων δοκιμών που αξιολογούν τα αυτοματοποιημένα προγράμματα υποστήριξης απόφασης, στα οποία σημειώθηκαν ανησυχητικές ανεπάρκειες στη βάση στοιχείων.

Ο Garg et al<sup>14</sup> διαπίστωσαν ότι η απόδοση των επαγγελματιών υγειονομικής περίθαλψης που χρησιμοποιούν τα συστήματα υποστήριξης απόφασης βελτιώθηκε σε 64% των μελετών, σε σύγκριση με τη βελτίωση κατά 68% των δοκιμών που σημειώθηκαν από τους Kawamoto et al. Παρατήρησαν επίσης ότι αυτό που παρήχθη αυτόματα εναντίον του χρήστη οδήγησε στην καλύτερη παροχή της φροντίδας. Εντούτοις, από τις 100 των μελετών που αναλύθηκαν, λίγες διευκρίνισαν μια αρχική έκβαση για τη στατιστική ανάλυση και σχεδόν τα 3/4 αξιολογήθηκαν από τους υπεύθυνους για την ανάπτυξη του λογισμικού τους. Η αξιολόγηση για την ανάπτυξη ήταν άλλος ένας παράγοντας που συνδέθηκε με την καλύτερη απόδοση. Οι εκβάσεις των περισσότερων μελετών ήταν μετρικές, αξιολογώντας τη διαδικασία της παράδοσης υγειονομικής περίθαλψης χωρίς τη χρήση συστήματος υποστήριξης απόφασης. Μόνο 52 δοκιμές μέτρησαν τουλάχιστον μια έκβαση ασθενούς και οι βελτιώσεις σημειώθηκαν σε μόνο 13% αυτών των μελετών.

Δυστυχώς, η εφαρμογή της αποτελεσματικής κλινικής υποστήριξης απόφασης είναι ένας προκλητικός στόχος που περιλαμβάνει τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των τεχνολογιών και των οργανώσεων και δεν υπάρχει καμία εύκολη λύση για να εγγυηθεί την επιτυχία ή να αποφύγει την αποτυχία σε αυτήν την σύνθετη διαδικασία.

---

<sup>14</sup>Garg A.X., Adhikari N.K., McDonald H., Rosas-Arellano M.P., Devereaux P.J., Beyene J., Et al., Effects of computerized clinical decision support systems on practitioner performance and patient outcomes: A systematic review. JAMA 2005 ; 293 : 1223 – 38, (Abstract / Free Full Text).

Πολλοί παράγοντες επηρεάζουν τις μειώσεις των λαθών ή τις βελτιώσεις στην υγεία. Έτσι η μέτρηση της αποτελεσματικότητας των συστημάτων υποστήριξης απόφασης στη βελτίωση αυτών των σημείων τέλους είναι δύσκολη.

Επιπλέον, μια άλλη πρόσφατη μελέτη παρατήρησης προσδιορίζει 22 διαφορετικούς τρόπους με τους οποίους ένα καθιερωμένο αυτοματοποιημένο σύστημα εισόδων εντολής θα μπορούσε να εισαγάγει τα λάθη φαρμάκων. Αν και πολλοί ερευνητές έχουν επιδιώξει να αποδείξουν τα πλεονεκτήματα της κλινικής υποστήριξης απόφασης, λίγοι έχουν μελετήσει προσεκτικά τις πηγές ζημιάς. Σαφώς το να καθοριστεί η ισορροπία μεταξύ των κινδύνων και των οφελών της κλινικής υποστήριξης απόφασης είναι μια συνεχόμενη πρόκληση. Ένα κλινικό σύστημα υποστήριξης απόφασης είναι μόνο τόσο αποτελεσματικό όσο η ελλοχεύουσα βάση γνώσεών του, η οποία αλλάζει γρήγορα καθώς η ιατρική επιστήμη εξελίσσεται. Η ευελιξία στην ενσωμάτωση των πληροφοριών από τις διαφορετικές πηγές και η προσαρμοστικότητα στις ποικίλες τοποθετήσεις πρακτικής είναι πιθανό να είναι τα ποιοτικά κριτήρια από τα οποία τα συστήματα υποστήριξης απόφασης να κριθούν στο μέλλον<sup>15</sup>.

---

<sup>15</sup>Sim I., Gorman P., Greenes R.A., Haynes R.B., Kaplan B., Lehmann H., et al., Clinical decision support systems for the practice of evidence – based medicine. J Am Med Informatics Assoc 2001 ; 8 : 527 – 34 (Abstract / Free Full Text).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

#### 3.1 Έμπειρα συστήματα

Αντίθετα από την επικρατούσα κοινή αντίληψη, κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1970, ότι «ένα πρόβλημα είναι πρόβλημα τεχνητής νοημοσύνης αν δεν έχει ακόμη επιλυθεί», ή ότι «η τεχνητή νοημοσύνη κάνει τους υπολογιστές να συμπεριφέρονται όπως στις ταινίες επιστημονικής φαντασίας», σήμερα υπάρχουν πολλές εμπορικές εφαρμογές της, καθώς και πολλά προβλήματα του πραγματικού κόσμου τα οποία έχουν επιλυθεί με τη χρήση τεχνικών τεχνητής νοημοσύνης.

Παρόλο που δεν έχουν ακόμη βρεθεί γενικές λύσεις σε κλασσικά προβλήματα τεχνητής νοημοσύνης, όπως η μετάφραση φυσικής γλώσσας (natural language translation), η κατανόηση ομιλίας (speech understanding) και η όραση (vision), περιορίζοντας το χώρο του προβλήματος, έχουν βρεθεί ενδιαφέρουσες και χρήσιμες λύσεις. Ο τομέας των έμπειρων συστημάτων έχει αποτελέσει μια τέτοια προσεγγιστική λύση στο κλασσικό πρόβλημα της τεχνητής νοημοσύνης για προγραμματισμό ευφυΐας σε υπολογιστικά συστήματα, με πολλές εφαρμογές σε πραγματικά προβλήματα του επιχειρηματικού κόσμου, της ιατρικής, της επιστήμης και της μηχανικής, εκεί όπου συχνά μέθοδοι συμβατικού προγραμματισμού δεν μπόρεσαν να δώσουν λύση σε προβλήματα με αβέβαιη ή ελλιπή γνώση.

##### 3.1.1 Ορισμός

Κατά τον Feigenbaum, ένα έμπειρο σύστημα (expert system) είναι ένα ευφύες πρόγραμμα υπολογιστή, το οποίο χρησιμοποιεί γνώση (knowledge) και μηχανισμούς συμπερασμού / εξαγωγής συμπερασμάτων (inference procedures), για να λύσει τα προβλήματα τα οποία είναι αρκετά δύσκολα, ώστε να απαιτούν σημαντική ανθρώπινη εμπειρία (expertise) για να επιλυθούν, για να παρέχει συμβουλές σε έναν εξειδικευμένο τομέα γνώσης, ή για να παρθούν αποφάσεις. Το έμπειρο σύστημα επιλύει προβλήματα χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο της λογικής του ειδικού σε κάποιο χώρο γνώσης και καταλήγει στα ίδια συμπεράσματα στα οποία θα έφθανε και αν ο ειδικός αντιμετώπιζε ένα ανάλογο πρόβλημα.

Γενικά, στα έμπειρα συστήματα, η γνώση αναπαρίσταται με τη βοήθεια των γεγονότων σχετικών με τον κόσμο (αναφέρονται σε ταξινομήσεις και σχέσεις αντικειμένων), με τη βοήθεια κανόνων ή διαδικασιών χειρισμού των γεγονότων και με τη βοήθεια στρατηγικών ή δομών ελέγχου (πληροφοριών για το πότε και πως θα εφαρμόσουμε τους κανόνες).

Τα έμπειρα συστήματα επιδεικνύουν μια συμπεριφορά την οποία θα χαρακτηρίζαμε νοήμονα, σε συγκεκριμένους τομείς και διαδικασίες ανάλογη με αυτή ενός ανθρώπου εμπειρογνώμονα στον ίδιο τομέα. Το έμπειρο σύστημα εξομοιώνει (emulates) πλήρως την ικανότητα εξαγωγής συμπερασμάτων ενός ανθρώπου εμπειρογνώμονα, ενεργώντας δηλαδή από όλες τις απόψεις όπως αυτός και όχι μερικώς (simulation - προσομοίωση).

### 3.1.2 Εξειδικευμένη γνώση

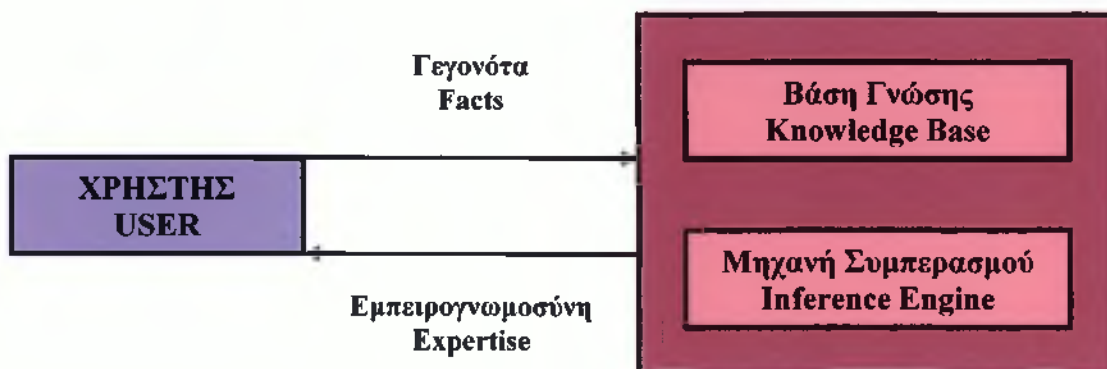
Τα έμπειρα συστήματα, η ανάπτυξη των οποίων άρχισε από τα μέσα της δεκαετίας του 1960, κάνουν εκτεταμένη χρήση εξειδικευμένης γνώσης, για να επιλύσουν προβλήματα, όπως ένας άνθρωπος εμπειρογνώμονας (human expert). Ο άνθρωπος εμπειρογνώμονας διαθέτει γνώση, εμπειρία και εξειδικευμένες ικανότητες σε μια συγκεκριμένη περιοχή γνώσης, γενικά μη διαθέσιμα στους περισσότερους ανθρώπους και μπορεί να δώσει αποτελεσματικές λύσεις σε προβλήματα τα οποία εμπíπτουν στην ειδικότητά του. Η γνώση του μπορεί να είναι γνώση διαθέσιμη στη διεθνή βιβλιογραφία, σε ειδικά περιοδικά και βιβλία του χώρου, σε βάσεις δεδομένων, ή να προέρχεται μέσα από τη διαδικασία της μάθησης από γνωρίζοντα άτομα, αλλά είναι κυρίως εμπειρογνωμοσύνη (expertise), περιλαμβάνει δηλαδή ένα σύνολο εξειδικευμένων ικανοτήτων, οι οποίες έχουν αποκτηθεί με κόπο και σε μεγάλο χρονικό διάστημα για έναν συγκεκριμένο σκοπό.

### 3.1.3 Βασική αρχή λειτουργίας

Στο Σχήμα 3-1. αποτυπώνεται η βασική αρχή λειτουργίας ενός έμπειρου συστήματος. Ο χρήστης διατυπώνει ένα αίτημα για παροχή συμβουλής από το έμπειρο σύστημα και το τροφοδοτεί με δεδομένα – πληροφορίες για το τι είναι γνωστό (facts - γεγονότα). Τα γεγονότα μπορεί να αναφέρονται είτε σε αρχικά διαθέσιμες πληροφορίες για το πρόβλημα, είτε σε απαντήσεις του χρήστη σε απορίες του συστήματος σχετικές με την παροχή πρόσθετων πληροφοριών. Εσωτερικά το έμπειρο σύστημα αποτελείται κυρίως από δύο συστατικά, τη βάση γνώσης



(knowledge base) η οποία παρέχει τη γνώση και τη μηχανή συμπερασμού (inference engine) η οποία χρησιμοποιώντας τη γνώση εξάγει συμπεράσματα. Ο χρήστης λαμβάνει αυτά τα συμπεράσματα – έμπειρες συμβουλές ως απάντηση του έμπειρου συστήματος στην αρχική αίτησή του για εμπειρογνωμοσύνη, είτε λαμβάνει από το έμπειρο σύστημα δήλωση αδυναμίας παροχής συμβουλής επειδή δεν υπάρχει επαρκής γνώση.



Σχήμα 3-1: Βασική αρχή λειτουργίας ενός έμπειρου συστήματος.

### 3.1.4 Εκμείευση γνώσης

Η διαδικασία δημιουργίας ενός έμπειρου συστήματος καλείται μηχανική γνώσης (knowledge engineering) και συντελείται από τον μηχανικό γνώσης (knowledge engineer). Γενικά δεν υπάρχει καθολικά αποδεκτή μεθοδολογία για τη σχεδίαση και τον προγραμματισμό της εκμείευσης γνώσης και της εκτίμησης του αποτελέσματος. Η συνήθης πρακτική είναι: ο μηχανικός γνώσης, μετά από εκτενείς συνεντεύξεις, να εκμειεύει τη γνώση από τους ανθρώπους εμπειρογνώμονες, ή από άλλες πηγές και να την κωδικοποιεί με χρήση κατάλληλου φορμαλισμού (τεχνικές αναπαράστασης γνώσης) στη βάση γνώσης του έμπειρου συστήματος. Στη συνέχεια, ο άνθρωπος εμπειρογνώμονας αξιολογεί το πρωτότυπο έμπειρο σύστημα, δίνοντας τις παρατηρήσεις του στο μηχανικό γνώσης. Η χρονοβόρα και επίπονη αλληλεπιδραστική αυτή διαδικασία επαναλαμβάνεται αρκετές φορές, μέχρις ότου η απόδοση του έμπειρου συστήματος κριθεί ικανοποιητική από τον εμπειρογνώμονα.

Κάποια έμπειρα συστήματα, χρησιμοποιώντας τεχνικές μηχανικής μάθησης και πίνακες δεδομένων, προσπαθούν να ανακαλύψουν σχέσεις μεταξύ των δεδομένων αυτών, τις οποίες εκφράζουν με νέους κανόνες, μέσω επαγωγής κανόνων (rule induction). Όμως, μόνο περιορισμένοι τύποι γνώσης μπορούν να κωδικοποιηθούν με

τον τρόπο αυτό. Τα τυπικά έμπειρα συστήματα δεν μπορούν να γενικεύσουν τη γνώση τους, χρησιμοποιώντας, όπως οι άνθρωποι, αναλογία, για να ανταπεξέλθουν σε νέες καταστάσεις. Έτσι, το πρόβλημα της μεταφοράς της ανθρώπινης γνώσης στο έμπειρο σύστημα από το μηχανικό γνώσης, αποτελεί το μείζονα ανασχετικό παράγοντα κατά τη διαδικασία δημιουργίας ενός έμπειρου συστήματος και καλείται «το στόμιο φιάλης της απόκτησης γνώσης» (knowledge acquisition bottleneck), αφού περιορίζει τη δημιουργία ενός έμπειρου συστήματος, όπως το στόμιο της φιάλης εμποδίζει την ελεύθερη ροή του υγρού<sup>16</sup>.

### 3.1.5 Τα κλειδιά της επιτυχίας

Οι αρχικές προσπάθειες για δημιουργία ισχυρών επιλυτών προβλημάτων βασισμένων μόνο στη συλλογιστική, σύντομα οδήγησε σε αδιέξοδα (αποτυχία προγράμματος General Problem Solver των Newell και Simon). Στις αρχές της δεκαετίας του 1970, ήταν πλέον εμφανές ότι η γνώση περιορισμένη σε ένα πεδίο (domain knowledge) ήταν το κλειδί για τη δημιουργία μηχανικών επιλυτών προβλημάτων σε επίπεδο ανθρώπου εμπειρογνώμονα και αυτό οδήγησε στα επιτυχή σύγχρονα έμπειρα συστήματα, τα οποία είναι μάλλον προγράμματα ειδικού σκοπού βασισμένα στη γνώση, παρά γενικοί επιλυτές προβλημάτων.

Στην επιτυχία των έμπειρων συστημάτων συνέτειναν ακόμη δύο άλλοι παράγοντες, ο διαχωρισμός της βάσης γνώσης από τη μηχανή συμπερασμό, που οδήγησε στα σύγχρονα κελύφη έμπειρων συστημάτων (expert system shells) και η χρήση κανόνων παραγωγής για την μοντελοποίηση του τρόπου με τον οποίο οι άνθρωποι επιλύουν προβλήματα, σύμφωνα με το μοντέλο των Newell και Simon.

---

<sup>16</sup>Δρ Γιώργος Γεωργίου, Σημειώσεις Μαθήματος «Αναγνώριση Προτύπων», Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Μεσολογίου, 2004.

### 3.1.6 Ευρετική γνώση πεδίου

Τα έμπειρα συστήματα δεν έχουν πραγματική κατανόηση των σχέσεων αιτίου-αιτιατού σε ένα σύστημα, επομένως τους λείπει η αιτιώδης γνώση (casual knowledge). Προγραμματίζονται καλύτερα με επιφανειακή γνώση (shallow knowledge) η οποία είναι εμπειρική γνώση, παρά με βαθιά γνώση (deep knowledge), η οποία είναι γνώση βασισμένη στις βασικές δομές, λειτουργίες και συμπεριφορές αντικειμένων. Ένας τύπος επιφανειακής γνώσης είναι και η ευρετική γνώση (heuristic knowledge), η βασισμένη σε κτηθείσες εμπειρίες. Η ευρετική γνώση αποτελείται από εμπειροτεχνικούς κανόνες και μεθόδους που κατακτήθηκαν μέσω εμπειρίας και οι οποίοι μπορούν να βοηθήσουν στην εύρεση κάποιας λύσης, χωρίς όμως να είναι εγγυημένη η επιτυχία τους. Σε πολλά προβλήματα, η ευρετική γνώση παράγει εφικτές λύσεις, εκεί όπου η ακριβής λύση, είτε δεν είναι γνωστή, είτε, ακόμη και εάν είναι διαθέσιμη, δίνει μη πρακτικά αποτελέσματα λόγω περιορισμών κόστους ή χρόνου.

Οι ευρετικές μέθοδοι, αντίθετα από τους αλγόριθμους, δεν έχουν πάντα βέβαιη επιτυχία, συνήθως όμως δεν απαιτούν πλήρη δεδομένα για να λειτουργήσουν, η λύση στην οποία καταλήγουν δεν είναι πάντα βέλτιστη, καταλήγουν όμως σε αυτή γρήγορα, επειδή περιορίζουν το χώρο αναζήτησής της. Έρευνες έδειξαν ότι οι εμπειρογνώμονες δε στηρίζονται σε γενικές μεθόδους συλλογισμού για να επιλύσουν προβλήματα, αλλά κυρίως στην τεράστια βάση εμπειροτεχνικής γνώσης την οποία έχουν δημιουργήσει στη διάρκεια πολλών ετών. Η ικανότητα συλλογισμών ενός εμπειρογνώμονα, γενικά δεν είναι καλύτερη από αυτή ενός μέσου ανθρώπου, όταν έχουν να αντιμετωπίσουν μια μη γνώριμη κατάσταση.

### 3.1.7 Κελύφη εμπειρών συστημάτων

Για πρώτη φορά στο έμπειρο σύστημα MYCIN, το οποίο έκανε διάγνωση βακτηριακών λοιμώξεων, η μηχανή συμπερασμού, η οποία είναι ο βασικός πυρήνας ενός έμπειρου συστήματος, διαχωρίστηκε από τη βάση γνώσης και μπορούσε να επαναχρησιμοποιηθεί για την πιο γρήγορη δημιουργία ενός νέου έμπειρου συστήματος, με τη χρήση νέας γνώσης σχετικής με το πεδίο του νέου προβλήματος. Το κέλυφος το οποίο δημιουργήθηκε με την αφαίρεση της ιατρικής γνώσης του MYCIN, ονομάστηκε eMYCIN. Το MYCIN έθετε ερωτήσεις για τον ασθενή, το ιστορικό του και τα συμπτώματα της ασθένειάς του και παρείχε ως συμβουλή μια λίστα πιθανών ασθενειών και εναλλακτικές προτάσεις θεραπείας. Μπορούσε να χειριστεί δεδομένα με αβεβαιότητα, οπότε και οι απαντήσεις του συνοδεύονταν από

ένα συντελεστή βεβαιότητας. Τέλος, στο MYCIN δοκιμάστηκαν και άλλες νέες ιδέες, όπως η χρήση μονάδας επεξήγησης, η αυτόματη απόκτηση γνώσης και το ευφυές σύστημα διδασκαλίας, χαρακτηριστικά τα οποία βρίσκουμε πολλά σύγχρονα έμπειρα συστήματα.

### 3.1.8 Κανόνες

Οι Newell και Simon χρησιμοποίησαν κανόνες παραγωγής (production rules) της μορφής *EAN...TOTE...(IF...THEN...)* για την αναπαράσταση της ανθρώπινης γνώσης. Η γνωστική ψυχολογία (cognitive psychology), η επιστήμη που ερευνά τους μηχανισμούς της ανθρώπινης ευφυΐας, μοντελοποιεί την επεξεργασία πληροφορίας από τον άνθρωπο και την ανθρώπινη μνήμη, χρησιμοποιώντας και αυτή τέτοιους κανόνες. Οι κανόνες είναι μικρά κομμάτια γνώσης (chunks), οργανωμένα με χαλαρή διευθέτηση και με συνδέσμους ανάμεσα σε τέτοια σχετικά μεταξύ τους κομμάτια γνώσης. Συλλογισμοί μπορούν να γίνουν με τη χρήση των κανόνων αυτών.

### 3.1.9 Συστήματα παραγωγής

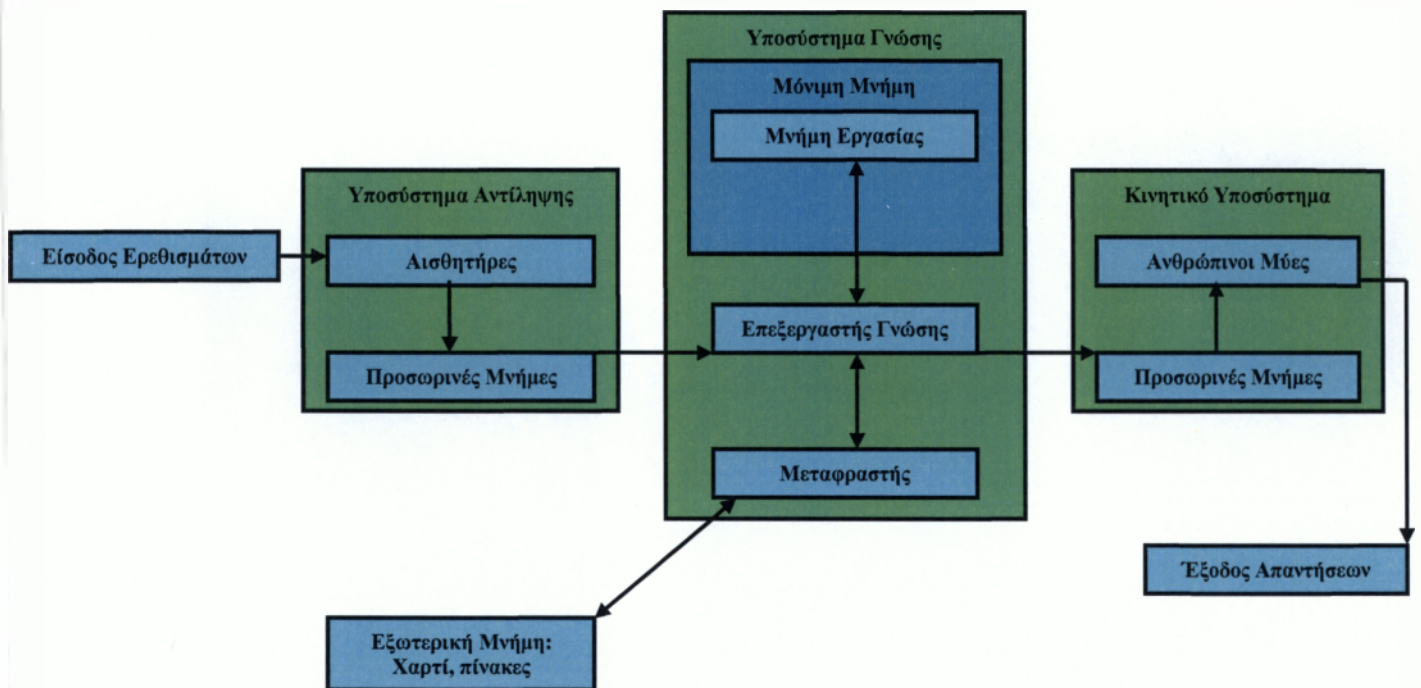
Οι κανόνες είναι ένας τύπος συστήματος παραγωγής (production system). Τα συστήματα παραγωγής εισήχθησαν στη συμβολική λογική από τον Post. Ο Post απέδειξε ότι οποιοδήποτε σύστημα μαθηματικών ή λογικής μπορεί να γραφεί ως ένας τύπος συστήματος με κανόνες παραγωγής (post production rules). Η βασική ιδέα είναι, ότι ένα μαθηματικό σύστημα ή ένα σύστημα λογικής, δεν είναι τίποτα άλλο παρά ένα σύνολο από κανόνες οι οποίοι καθορίζουν πως θα μετασχηματιστεί μια συμβολοσειρά εξόδου (το επακόλουθο). Οι κανόνες είναι ένας προσφιλής τρόπος αναπαράστασης γνώσης γιατί αποτελούν ένα φυσικό τρόπο μοντελοποίησης της γνωστικής διαδικασίας στον άνθρωπο και του τρόπου με τον οποίο αυτοί επιλύουν προβλήματα, διευκολύνουν τη λειτουργία της μονάδας επεξήγησης, αφού είναι εύκολο να παρακολουθεί κάποιος ποιοι κανόνες πυροδοτήθηκαν, ακολουθώντας έτσι την αλυσίδα συλλογισμού η οποία οδήγησε σε κάποιο συμπέρασμα και τέλος γιατί είναι αυτοτελείς μονάδες γνώσης που μπορεί να προστίθενται κατά βούληση στη διάρκεια ανάπτυξης του έμπειρου συστήματος.



### 3.1.10 Επεξεργασία πληροφορίας από τον άνθρωπο κατά Newell – Simon

Σύμφωνα με το μοντέλο των Newell και Simon για την επεξεργασία πληροφορίας από τον άνθρωπο, εξωτερικοί ερεθισμοί ανιχνεύονται από το υποσύστημα αντίληψης, μέσω των αισθητηρίων οργάνων, τα οποία αποθηκεύουν τις πληροφορίες σε προσωρινές μνήμες. Τα ερεθίσματα αυτά ενεργοποιούν κατάλληλους κανόνες αποθηκευμένους στη μόνιμη μνήμη (long-term memory). Η μόνιμη μνήμη έχει απεριόριστες δυνατότητες αποθήκευσης.

Η προσωρινή μνήμη (short-term memory), ή μνήμη εργασίας (working memory), χρησιμοποιείται για την προσωρινή αποθήκευση γνώσης κατά τη διαδικασία επίλυσης προβλημάτων. Η χωρητικότητα της προσωρινής μνήμης είναι μόνο πέντε έως επτά κομμάτια γνώσης.



Σχήμα 3-2: Επεξεργασία πληροφορίας από τον άνθρωπο, σύμφωνα με τους Newell και Simon.

Ο επεξεργαστής γνώσης (cognitive processor), προσπαθεί να καθορίσει τους κανόνες που ενεργοποιούνται από τα κατάλληλα ερεθίσματα. Εάν περισσότεροι από ένας κανόνες ενεργοποιηθούν την ίδια στιγμή, ο επεξεργαστής γνώσης πρέπει να επιλύσει τη σύγκρουση και να αποφασίσει ποιος κανόνας έχει τη μεγαλύτερη



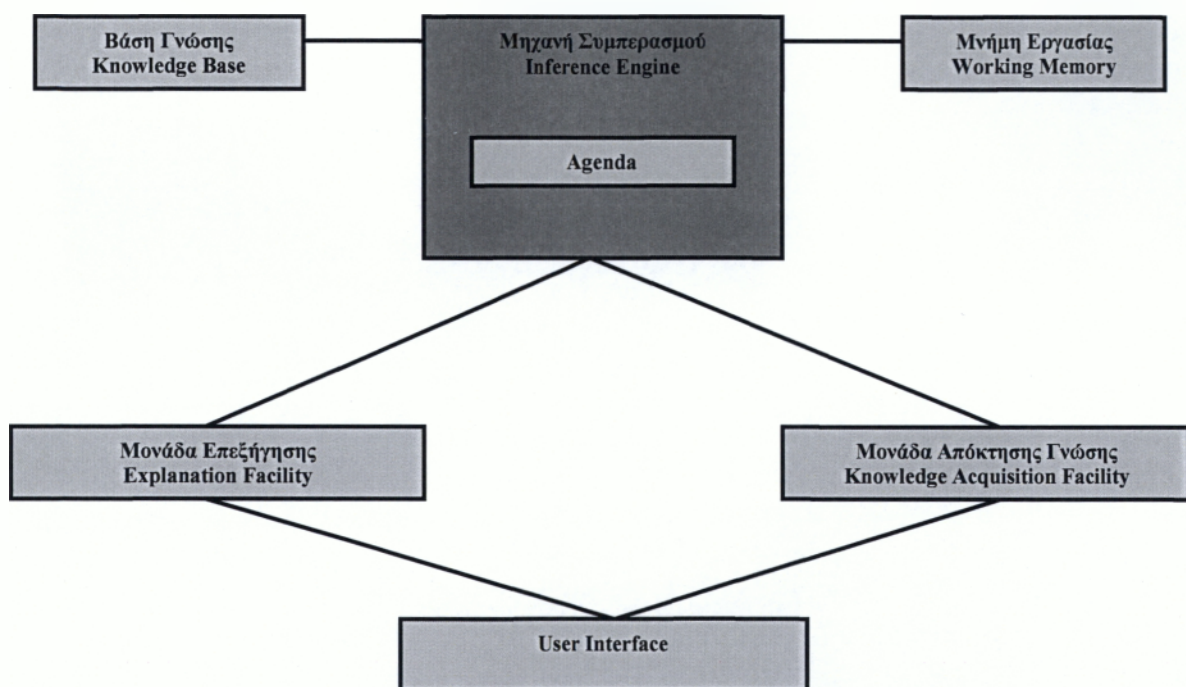
προτεραιότητα. Ο επεξεργαστής γνώσης αντιστοιχεί στη μηχανή συμπερασμού των σύγχρονων έμπειρων συστημάτων.

Ο μεταφραστής μεταφράζει τις εντολές για την επίλυση του προβλήματος και τη λήψη της ζητούμενης απόφασης.

Η εξωτερική μνήμη υποστηρίζει τη διαδικασία λήψης αποφάσεων από τον άνθρωπο και αποτελείται από εξωτερικά μέσα αποθήκευσης, όπως χαρτιά, πίνακες κλπ.

Το παραπάνω μοντέλο των Newell και Simon για την επίλυση προβλημάτων από τους ανθρώπους, με χρήση μόνιμης μνήμης (κανόνες), προσωρινής μνήμης (μνήμη εργασίας αποτελούμενη από γεγονότα) και επεξεργαστή γνώσης (μηχανή συμπερασμού) έχει αποτελέσει τη βάση των σύγχρονων έμπειρων συστημάτων βασισμένων σε κανόνες.

### 3.1.11 Δομή ενός σύγχρονου έμπειρου συστήματος



Σχήμα 3-3: Δομή ενός έμπειρου συστήματος βασισμένου σε κανόνες.

Στο Σχήμα 3.3 παρουσιάζεται η δομή ενός σύγχρονου έμπειρου συστήματος βασισμένου σε κανόνες. Η βάση γνώσης (γνωστή και ως μνήμη παραγωγής-production memory), περιέχει τη γνώση του πεδίου η οποία είναι απαραίτητη για την

επίλυση του προβλήματος, κωδικοποιημένη υπό μορφή κανόνων. Οι κανόνες είναι κομμάτια γνώσης της μορφής IF...THEN...Το τμήμα ανάμεσα στο IF και το THEN καλείται υποθετικό τμήμα (conditional part), τμήμα προτύπων (pattern part), ή πρότερο (antecedent), ή αριστερό μέρος του κανόνα (Left Hand Side-LHS) και περιέχει τις υποθέσεις (conditional elements) ή πρότυπα (patterns). Το τμήμα το οποίο έπεται του THEN, αποτελείται από ένα σύνολο ενεργειών οι οποίες εκτελούνται όταν πυροδοτηθεί ο κανόνας και καλείται επακόλουθο (consequent), ή δεξί μέρος του κανόνα (Right Hand Side-RHS). Ένας κανόνας μεταξύ των ενεργειών στο δεξί του μέρος μπορεί να περιλαμβάνει την προσθήκη νέων γεγονότων ή την αφαίρεση προϋπαρχόντων από τη μνήμη εργασίας ή την εκτύπωση κάποιων αποτελεσμάτων ή μηνυμάτων. Η βάση γνώσης μπορεί να χαρακτηριστεί ως στατική, αφού δεν μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του προγράμματος.

Η μνήμη εργασίας είναι μια βάση από γεγονότα (φορείς πληροφορίας που ακολουθούν συγκεκριμένη δομή), τα οποία χρησιμοποιούνται από τους κανόνες. Συνιστά το δυναμικό κομμάτι της γνώσης που χρειάζεται για την επίλυση κάποιου προβλήματος, αφού αλλάζει κατά την εκτέλεση του έμπειρου συστήματος και εκτός από την αρχικά διαθέσιμη γνώση, μπορεί να περιλαμβάνει ενδιάμεσα συμπεράσματα τα οποία δημιουργούνται κατά την εκτέλεση του προγράμματος καθώς και την τελική προτεινόμενη λύση.

Η μηχανή συμπερασμού εξάγει συμπεράσματα αποφασίζοντας για ποιους από τους κανόνες τα πρότυπο στο αριστερό τους μέρος ικανοποιούνται από γεγονότα ή αντικείμενα (σε περίπτωση που το έμπειρο σύστημα υποστηρίζει και αντικειμενοστραφή προγραμματισμό) στη μνήμη εργασίας, καθορίζοντας προτεραιότητες για τους κανόνες αυτούς, με βάση τη στρατηγική επίλυσης διενέξεων (conflict resolution strategy) και εκτελώντας τον κανόνα με τη μεγαλύτερη προτεραιότητα (η εκτέλεση του κανόνα καλείται πυροδότηση-firing). Το τμήμα της μηχανής συμπερασμού το υπεύθυνο για το χειρισμό της υπάρχουσας γνώσης (κανόνες, γεγονότα) και την παραγωγή νέας μέσω τεχνικών ταυτοποίησης προτύπου (pattern matching) και της χρήσης συλλογιστικών, καλείται διερμηνέας (interpreter). Το τμήμα της μηχανικής συμπερασμού το υπεύθυνο για την επίλυση διενέξεων μεταξύ των κανόνων, καλείται χρονοπρογραμματιστής (scheduler). Ο χρονοπρογραμματιστής αποφασίζει στην ουσία για το πότε και με ποια σειρά θα χρησιμοποιηθούν τα δεδομένα της βάσης γνώσης.

Η agenda είναι η λίστα των κανόνων που η μηχανή συμπερασμού κατέταξε με βάση την προτεραιότητά τους και των οποίων τα πρότυπα (συνθήκες) στο αριστερό τους μέρος ικανοποιούνται από γεγονότα ή από αντικείμενα στη μνήμη εργασίας. Ένας κανόνας του οποίου τα πρότυπα ικανοποιούνται λέμε ότι έχει ενεργοποιηθεί (activated, instantiated). Η agenda επομένως περιέχει υποψήφιους προς πυροδότηση (εκτέλεση) κανόνες. Εάν ένας κανόνας έχει περισσότερα από ένα πρότυπα στο αριστερό του μέρος συνδεδεμένα με συνδετικό AND, πρέπει συγχρόνως όλα τα πρότυπα να ταιριάζουν (pattern matching) με γεγονότα ή αντικείμενα στη λίστα γεγονότων (μνήμη εργασίας), ώστε αυτός να ενεργοποιηθεί. Τα πρότυπα μπορεί επίσης να συνδέονται και με συνδετικά OR, ή και με συνδυασμούς των συνδετικών AND και OR, οπότε τότε πρέπει να αληθεύει η σχέση στο αριστερό μέρος του κανόνα. Σήμερα υπάρχουν γρήγοροι αλγόριθμοι, όπως ο αλγόριθμος Rete, για ταίριασμα προτύπου, οι οποίοι βοήθησαν σημαντικά στην πρακτική εφαρμογή των έμπειρων συστημάτων. Ο αλγόριθμος Rete, αντί σε κάθε κύκλο να προσπαθεί να ταιριάζει γεγονότα της μνήμης εργασίας με τις συνθήκες όλων των κανόνων στη βάση γνώσης εξετάζοντάς τους σειριακά, εξετάζει μόνο τις αλλαγές στα ταιριάσματα σε κάθε κύκλο με βάση τις μεταβολές στη μνήμη εργασίας. Έτσι, ακόμη και σε συστήματα με μεγάλο αριθμό κανόνων, καθίσταται εφικτό το να μην απαιτείται μεγάλο χρονικό διάστημα για την απάντηση του έμπειρου συστήματος.

Μπορεί να συμβεί, περισσότεροι του ενός ενεργοποιημένοι κανόνες να βρεθούν, στη διάρκεια ενός κύκλου του έμπειρου συστήματος, ταυτόχρονα στην agenda, οπότε τότε η μηχανή συμπερασμού πρέπει να επιλέξει ένα, μοναδικό σε κάθε κύκλο, αυτόν με τη μεγαλύτερη προτεραιότητα, για να τον πυροδοτήσει. Ο κανόνας ο οποίος πυροδοτείται, αφαιρείται από την agenda. Ενεργοποιημένοι κανόνες μπορεί να έχουν παραμείνει στην agenda από προηγούμενους κύκλους, εκτός εάν κάποιος από αυτούς έχουν απενεργοποιηθεί, επειδή το αριστερό μέρος τους δεν ικανοποιείται πλέον από γεγονότα ή αντικείμενα. Η προτεραιότητα των κανόνων καθορίζεται από τη στρατηγική επίλυσης διενέξεων, με βάση το πότε εισήχθησαν στη μνήμη εργασίας τα γεγονότα τα οποία ταιριάζουν με τα πρότυπα των κανόνων, με βάση την πολυπλοκότητα ή όχι των κανόνων, η οποία εξαρτάται από τον αριθμό των συνθηκών τους και των περιορισμών που περιγράφονται σε αυτές, με βάση τη σειρά εμφάνισης των ενεργοποιημένων κανόνων στην agenda, με βάση την τυχαιότητα, ή τέλος με βάση συνδυασμό των παραπάνω. Επίσης, για να αποφεύγουν τους ατέρμονες βρόχους, τα έμπειρα συστήματα σχεδιάζονται να έχουν μια συμπεριφορά η οποία

καλείται refraction. Κάθε γεγονός στη μνήμη εργασίας χαρακτηρίζεται από έναν μοναδικό δείκτη γεγονότος (fact index). Εάν ένα σύνολο γεγονότων έχουν ενεργοποιήσει σε κάποιο κύκλο λειτουργίας του έμπειρου συστήματος κάποιους κανόνες, η μηχανή συμπερασμού δεν μπορεί να ενεργοποιήσει ξανά τους ίδιους κανόνες από τα ίδια γεγονότα στους επόμενους κύκλους λειτουργίας, αφού οι δείκτες γεγονότων που τους αντιστοιχούν έχουν ήδη ενεργοποιηθεί.

Μπορεί να τύχει ένας κανόνας να παραμένει στην agenda διαρκώς ενεργοποιημένος, χωρίς να επιλέγεται για πυροδότηση από τη στρατηγική επίλυσης διενέξεων. Σε πολλές περιπτώσεις μπορεί να τύχει κάποιος κανόνας να μην ενεργοποιείται ποτέ. Στις δύο παραπάνω περιπτώσεις, η ύπαρξη αυτών των κανόνων πρέπει να επανελέγχεται, διότι είτε δεν είναι χρήσιμοι, είτε τα πρότυπά τους δεν είναι σωστά σχεδιασμένα.

Η μονάδα επεξήγησης εξηγεί στο χάρτη τους συλλογισμούς που εκτελεί το έμπειρο σύστημα. Το έμπειρο σύστημα θα πρέπει να έχει την ικανότητα να εξηγεί τι έκανε (what), γιατί το έκανε (why) και πώς το έκανε (how).

Η μονάδα απόκτησης γνώσης είναι ένας αυτόματος τρόπος εισαγωγής νέας γνώσης στο σύστημα, αντί η γνώση αυτή να κωδικοποιείται από το μηχανικό γνώσης.

Η διεπαφή χρήστη (user interface) φροντίζει για την παροχή ενός φιλικού και εύχρηστου περιβάλλοντος στον τελικό χρήστη (end user) του συστήματος. Το περιβάλλον αυτό περιλαμβάνει λειτουργία με παράθυρα, μενού επιλογών και επαρκή βοήθεια. Ο τελικός χρήστης μπορεί να μην είναι σχετικός με τον τομέα των υπολογιστών, ή να μην είναι γνώστης του τομέα του έμπειρου συστήματος. Μέσω της διεπαφής χρήστη, το έμπειρο σύστημα και ο χρήστης ανταλλάσσουν ερωτήσεις και απαντήσεις.

Το έμπειρο σύστημα μπορεί να συνοδεύεται επίσης από ένα πλήθος βοηθητικών προγραμμάτων, μέσω των οποίων μπορεί να χειριστεί εξωτερικές βάσεις δεδομένων, προγράμματα γραφικής απεικόνισης, στατιστικά πακέτα, ή να επικοινωνεί με το εξωτερικό του περιβάλλον μέσω συσκευών αλληλεπίδρασης (αισθητήρων-sensors για είσοδο και μηχανισμών δράσης-effectors για έξοδο).



### 3.1.12 Μονάδα επεξήγησης

Εφόσον ένα έμπειρο σύστημα βασίζεται σε συμπερασμούς, είναι δυνατόν να επεξηγεί κάθε φορά τον τρόπο συλλογισμού του, έτσι ώστε αυτός να μπορεί να ελεγχθεί. Έτσι, η μονάδα επεξήγησης (explanation facility) αποτελεί σήμερα συστατικό στοιχείο των πιο εξελιγμένων έμπειρων συστημάτων. Η μονάδα επεξήγησης επιτρέπει:

- ❖ Την επαλήθευση, κατά τη φάση ανάπτυξης, από τον εμπειρογνώμονα και το μηχανικό γνώσης, της ορθότητας της καταχωρημένης γνώσης, αποκλείοντας παρανόηση μεταξύ τους και τυπογραφικά λάθη. Έτσι ελέγχουμε εάν η συλλογιστική του ανθρώπου εμπειρογνώμονα μεταφέρθηκε σωστά στο έμπειρο σύστημα από το μηχανικό γνώσης. Η διαδικασία αυτή καλείται έλεγχος επαλήθευσης (verification). Χωρίς μονάδα επεξήγησης, η εκσφαλμάτωση (debugging) είναι δύσκολη. Η ροή εκτέλεσης σε ένα έμπειρο σύστημα δεν είναι σειριακή. Έτσι δεν μπορεί κάποιος απλά να διαβάσει τον κώδικα γραμμή – γραμμή και να καταλάβει τη λειτουργία του. Η σειρά εισαγωγής των κανόνων στο σύστημα, δεν είναι απαραίτητα ίδια με τη σειρά εκτέλεσής τους. Τα έμπειρα συστήματα μοιάζουν περισσότερο με ένα παράλληλο πρόγραμμα, όπου οι κανόνες συνιστούν ανεξάρτητους επεξεργαστές γνώσης.
- ❖ Τον έλεγχο της ορθότητας των συμπερασμάτων στα οποία κατέληξε το έμπειρο σύστημα, μέσω του ελέγχου των συλλογισμών του και σύγκρισής τους με τα αποτελέσματα του προτύπου του οποίου εξομοιώνει, δηλαδή του ανθρώπου εμπειρογνώμονα. Η διαδικασία αυτή καλείται έλεγχος αξιοπιστίας (validation).
- ❖ Τον εντοπισμό απρόβλεπτων αλληλεπιδράσεων, μέσω του τρεξίματος υποδειγματικών περιπτώσεων (case studies), με γνωστό εκ των προτέρων τρόπο συλλογισμού, τον οποίο περιμένουμε ότι θα ακολουθήσει και το έμπειρο σύστημα.

Μια απλή μονάδα επεξήγησης σε ένα έμπειρο σύστημα βασισμένο σε κανόνες, περιέχει τη λίστα των γεγονότων τα οποία οδήγησαν στην τελευταία εκτέλεση κανόνα. Επειδή σε ένα έμπειρο σύστημα βασισμένο σε κανόνες η ιστορία των ενεργοποιήσεων των κανόνων και των περιεχομένων της μνήμης εργασίας μπορούν να φυλάσσονται σε μία μνήμη, είναι δυνατόν να απαντηθεί η ερώτηση του



πώς το σύστημα έφτασε σε κάποιο συμπέρασμα. Συχνά χρησιμοποιούνται πιο πολύπλοκες μονάδες επεξήγησης, οι οποίες μπορούν:

- ❖ Να συντάσσουν κατάλογο όλων των συνθηκών υπέρ ή κατά κάποιας.
- ❖ Να συντάσσουν κατάλογο όλων των υποθέσεων οι οποίες μπορούν να επεξηγήσουν κάποια παρατηρούμενη συμπεριφορά.
- ❖ Να επεξηγούν όλες τις συνέπειες μίας υπόθεσης.
- ❖ Να κάνουν πρόβλεψη του τι θα συμβεί εάν μια υπόθεση είναι αληθής. Να δικαιολογούν τις ερωτήσεις τις οποίες το σύστημα θέτει στο χρήστη να λάβει περαιτέρω πληροφορίες.
- ❖ Να δικαιολογούν τη γνώση του συστήματος.

### 3.1.13 Στρατηγικές συμπερασμού

Συνήθως, τα έμπειρα συστήματα, ανάλογα με τη σχεδιάσή τους, χρησιμοποιούν δύο στρατηγικές συμπερασμού για την επίλυση προβλημάτων. Την ορθή αλυσίδα συλλογισμού (forward chaining), στην οποία ο συλλογισμός γίνεται από τα γεγονότα προς τα συμπεράσματα τα οποία προκύπτουν από αυτά τα γεγονότα και την ανάστροφη αλυσίδα συλλογισμού (backward chaining), όπου ο συλλογισμός γίνεται αντίστροφα, από μία υπόθεση, ένα εν δυνάμει συμπέρασμα του οποίου θέλουμε να αποδείξουμε την ισχύ ή τη μη ισχύ, προς τα γεγονότα που υποστηρίζουν αυτή την υπόθεση. Η ορθή αλυσίδα συλλογισμού είναι καθοδηγούμενη από το στόχο (goal driven). Τα διαγνωστικά προβλήματα λύνονται καλύτερα με backward chaining, ενώ προβλήματα πρόγνωσης, παρακολούθησης (monitoring) και ελέγχου λύνονται καλύτερα με forward chaining.

### 3.1.14 Κύκλος λειτουργίας έμπειρου συστήματος

Η μηχανή συμπερασμού του έμπειρου συστήματος λειτουργεί σε επαναλαμβανόμενους κύκλους. Το σύνολο των εργασιών που επαναλαμβάνονται σε κάθε κύκλο, δίνονται παρακάτω σε ψευδοκώδικα:

#### WHILE ΟΧΙ ΤΕΛΟΣ

Πυροδότηση: εκτέλεσε διαδοχικά τις ενέργειες οι οποίες περιγράφονται στο δεξί μέρος του ενεργοποιημένου κανόνα με τη μεγαλύτερη προτεραιότητα. Κάποιες από τις ενέργειες αυτές επιδρούν άμεσα στον κύκλο αυτό, αλλάζοντας τη μνήμη

εργασίας (προσθέτοντας, αφαιρώντας ή τροποποιώντας γεγονότα). Αφαίρεσε τον ενεργοποιημένο κανόνα που μόλις πυροδοτήθηκε, από την agenda.

Ταίριασμα προτύπου: ενημέρωσε την agenda, ελέγχοντας αν το αριστερό μέρος κάποιον κανόνων ικανοποιείται. Εάν ναι, ενεργοποίησε αυτούς τους κανόνες. Αφαίρεσε από την agenda ενεργοποιημένους κανόνες, των οποίων το αριστερό μέρος δεν ικανοποιείται πλέον.

Επίλυση διένεξης: εάν υπάρχουν ενεργοποιημένοι κανόνες στην agenda, επέλεξε, σύμφωνα με την ισχύουσα στρατηγική επίλυσης διενέξεων, αυτόν με τη μεγαλύτερη προτεραιότητα για να πυροδοτηθεί, αλλιώς ΤΕΛΟΣ.

Έλεγχος για HALT: αν υπάρχει εντολή HALT ή εντολή BREAK, τότε ΤΕΛΟΣ.

## END WHILE

Επέστρεψε στο μεταφραστή εντολών, στο top level mode, για αναμονή νέας εντολής του χρήστη.

### 3.1.15 Ιστορία

Παρακάτω παρατίθενται μερικά σημαντικά γεγονότα στην ιστορία ανάπτυξης των έμπειρων συστημάτων:

- ❖ 1943: Ο Post προτείνει τη χρήση κανόνων παραγωγής.
- ❖ 1957: Γλώσσα Lisp από τον McCarthy.
- ❖ 1965: DENDRAL, το πρώτο έμπειρο σύστημα (Feigenbaum, Buchanan) για ερμηνεία φασματογραφημάτων μάζας και αναγνώριση χημικών ενώσεων (εύρεση του συντακτικού τους τύπου).
- ❖ 1969: MACSYMA, μαθηματικό έμπειρο σύστημα.
- ❖ 1973: MYCIN, έμπειρο σύστημα για διάγνωση ασθενειών (εισάγει τη λειτουργία επεξήγησης, την αυτόματη απόκτηση γνώσης και την ευφυή διδασκαλία). Το MYCIN οδήγησε στο GUIDON (για ευφυή διδασκαλία), στο TEIRESIAS (μονάδα επεξήγησης), στο eMYCIN (το πρώτο κέλυφος έμπειρου συστήματος) και στο σύστημα αναγνώρισης ομιλίας HEARSAY II, όπου χρησιμοποιείται το μοντέλο της αρχιτεκτονικής μαυροπίνακα (blackboard architecture) για συνεργασία μεταξύ περισσότερων έμπειρων συστημάτων.

- ❖ 1976: PROSPECTOR, έμπειρο σύστημα για ανάλυση γεωλογικών δεδομένων και αναζήτηση ορυκτών πηγών.
- ❖ DIPMETER, έμπειρο σύστημα για ανάλυση γεωλογικών δεδομένων και αναζήτηση πετρελαίου.
- ❖ 1978: XCON/R1, έμπειρο σύστημα για διαμόρφωση συστημάτων υπολογιστών DEC.
- ❖ 1979: Αλγόριθμος RETE για γρήγορο ταίριασμα προτύπου.
- ❖ 1980: μηχανές Lisp από τις εταιρείες Symbolics και LMI.
- ❖ 1983: Έμπειρο σύστημα Knowledge Engineering Tool (KEE) της εταιρείας InelliCorp.
- ❖ 1985: Έμπειρο σύστημα Automated Reasoning Tool (ART) της εταιρείας Inference Corp.
- ❖ Έμπειρο σύστημα Rulemaster της εταιρείας Radian Corp.
- ❖ 1985: Έμπειρο σύστημα CLIPS από τη NASA.

### 3.1.16 Καταλληλότητα προβλήματος για επίλυση με έμπειρο σύστημα

Για να αποφανθούμε εάν ένα έμπειρο σύστημα είναι το κατάλληλο εργαλείο για την επίλυση κάποιου προβλήματος, πρέπει να απαντήσουμε στα παρακάτω ερωτήματα:

- ❖ Μήπως το πρόβλημα μπορεί να λυθεί αποτελεσματικά με συμβατικό προγραμματισμό;

Τα έμπειρα συστήματα ταιριάζουν καλύτερα σε προβλήματα που δεν έχουν αποτελεσματικές αλγοριθμικές λύσεις (ill-structured problems). Αν κάποιο έμπειρο σύστημα μας δώσει κάποια λύση με αυστηρή δομή ελέγχου (για παράδειγμα υπάρχει απαίτηση οι κανόνες να εκτελεστούν με συγκεκριμένη σειρά), πιθανώς να υποκρύπτεται μια λανθάνουσα αλγοριθμική λύση. Η αυστηρή δομή, ακυρώνει ένα κύριο πλεονέκτημα των έμπειρων συστημάτων, να μπορούν να αντιμετωπίζουν κάποια μη αναμενόμενη είσοδο η οποία δεν ακολουθεί προκαθορισμένα πρότυπα. Στον αλγοριθμικό (algorithmic), ή διαδικαστικό (procedural), ή συμβατικό (conventional), ή σειριακό (sequential) προγραμματισμό, εκτελούμε σειριακά τις εντολές του προγράμματος, μέχρις ότου βρεθεί κάποια εντολή διακλάδωσης, υλοποιώντας έτσι κάποιον αλγόριθμο, δηλαδή μια μεθοδολογία επίλυσης ενός προβλήματος σε πεπερασμένο αριθμό βημάτων. Ο προγραμματιστής πρέπει να καθορίσει επακριβώς πως θα κωδικοποιήσει η λύση του προβλήματος. Η εστίαση

γίνεται στην αναπαράσταση των δεδομένων σε πίνακες (arrays), εγγραφές (records), συνδεδεμένες λίστες (linked lists), σωρούς (stacks), ουρές (queues), δένδρα (trees), modules και packages, μαζί με μεθόδους για το χειρισμό τους, όπως τελεστές (operators) και εντολές ελέγχου (control statements), ενώ ο προγραμματιστής πρέπει να περιγράψει τη διαδοχή εκτέλεσης. Αντίθετα, στο μη διαδικαστικό προγραμματισμό (non procedural programming) στον οποίο κατατάσσονται και τα έμπειρα συστήματα, ο προγραμματιστής καθορίζει ποιος είναι ο σκοπός και μετά αφήνει το σύστημα να προσδιορίσει πως θα τον πραγματοποιήσει. Ο σκοπός διαχωρίζεται από τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για να τον επιτύχουν. Ενώ για παράδειγμα τα στοιχεία μιας βάσης δεδομένων είναι παθητικά, δηλαδή υπάρχουν ή δε υπάρχουν, μια βάση γνώσης προσπαθεί ενεργά να συμπληρώσει την πληροφορία που λείπει. Στα έμπειρα συστήματα, ο έλεγχος στη διαδοχή εκτέλεσης είναι λιγότερο αυστηρός και η εστίαση γίνεται στην αναπαράσταση της γνώσης.

- ❖ Είναι καλά καθορισμένο το πεδίο γνώσης του έμπειρου συστήματος;

Όσο πιο πολλά πεδία γνώσης προσθέτουμε, τόσο πιο πολύπλοκο καθιστούμε το έμπειρο σύστημα. Ο συντονισμός της γνώσης είναι ένα δύσκολο έργο, όπως και ο συντονισμός μιας ομάδας εμπειρογνομόνων με συγκρουόμενες εξηγήσεις.

- ❖ Υπάρχει πραγματική ανάγκη και επιθυμία για το έμπειρο σύστημα;

Μήπως υπάρχουν ήδη πολλοί εμπειρογνώμονες; Μήπως οι εμπειρογνώμονες, οι χρήστες και η διοίκηση δεν το θέλουν; Μήπως ο εμπειρογνώμονας δεν πιστεύει στη διαδικασία απόσπασης και εκμετάλλευσης της γνώσης του και απλά είναι υποχρεωμένος να συμμετέχει στη διαδικασία χωρίς να το επιθυμεί; Μήπως ο εμπειρογνώμονας είναι πολυάσχολος και δεν διαθέτει επαρκή χρόνο στο μηχανικό γνώσης, ή η απασχόληση του για μεγάλο χρονικό διάστημα είναι οικονομικά ασύμφορη;

- ❖ Υπάρχει τουλάχιστον ένας άνθρωπος εμπειρογνώμονας ο οποίος να θέλει να συνεργαστεί;

Η απροθυμία μπορεί να οφείλεται, είτε στο φόβο να μην αντικατασταθεί από το έμπειρο σύστημα, είτε λόγω ανασφάλειας για την εγκυρότητα των πληροφοριών που δίνει. Εάν η γνώση του εμπειρογνώμονα δεν έχει ποτέ εξεταστεί διεξοδικά, μπορεί να είναι αδόμητη και συγκεχυμένη, μπορεί να εμπεριέχει αμφισημίες, περιττές επαναλήψεις ή άλλα προβλήματα. Όμως κατά τη διάρκεια ανάπτυξης ενός έμπειρου συστήματος, η υποκρυπτόμενη στο μυαλό του εμπειρογνώμονα γνώση, πρέπει να εκφραστεί ρητά και με σαφήνεια για να εισαχθεί στο υπολογιστικό σύστημα και έτσι

υπόκειται σε έλεγχο ορθότητας (correctness), συνέπειας (consistency) και πληρότητας (completeness). Η ορθότητα της γνώσης αναφέρεται στο λογικό της έλεγχο, η γνώση είναι συνεπής όταν η νέα γνώση δεν αναιρεί την ήδη υπάρχουσα γνώση και η πληρότητα αναφέρεται στην απαίτηση η γνώση να καλύπτει όλο το χώρο του πεδίου στο οποίο θα βρει εφαρμογή το έμπειρο σύστημα.

- ❖ Μπορεί ο εμπειρογνώμονας να επεξηγήσει τη γνώση και να γίνει κατανοητός από το μηχανικό γνώσης;

Η γνώση που κατέχει θα πρέπει να εκφραστεί αναλυτικά, πράγμα δύσκολο. Αυτό συμβαίνει, διότι λόγω εξοικείωσης, ο εμπειρογνώμονας μετατρέπει πολλές από τις τεχνικές επίλυσης που ακολουθεί, σε αυτοματοποιημένη γνώση, την οποία εφαρμόζει στα τυφλά, χωρίς να μπορεί να εξηγήσει στο μηχανικό γνώσης πως και γιατί τη χρησιμοποιεί. Το πρόβλημα επιτείνεται, αφού ο μηχανικός γνώσης γενικά δεν έχει το ίδιο γνωστικό αντικείμενο και δε γνωρίζει την τεχνική ορολογία του εμπειρογνώμονα. Και έτσι η επικοινωνία μεταξύ τους είναι δύσκολη. Εξάλλου, πολλοί εμπειρογνώμονες ειδικοί, είναι άτομα απρόσιτα και μη συνεργάσιμα. Η ανάπτυξη καλών σχέσεων μεταξύ εμπειρογνώμονα και μηχανικού γνώσης είναι απαραίτητο στοιχείο για μια απρόσκοπτη συνεργασία μεταξύ τους.

- ❖ Είναι η γνώση για την επίλυση του προβλήματος ευρετική και αβέβαιη (εμπειρική γνώση);

Χρησιμοποιεί ο εμπειρογνώμονας μεθόδους δοκιμής και σφάλματος, παρά λογική και αλγόριθμους για να λύσει το πρόβλημα; Τότε έχουμε μια καλή εφαρμογή για έμπειρο σύστημα. Αλλιώς, το πρόβλημα λύνεται καλύτερα με συμβατικό προγραμματισμό.

### *3.1.17 Χαρακτηριστικά έμπειρων συστημάτων*

Τα έμπειρα συστήματα συνήθως σχεδιάζονται με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- ❖ Υψηλές επιδόσεις, οι οποίες χαρακτηρίζονται από ποιότητα συμβουλών, ίδια ή και καλύτερη από ενός ανθρώπου εμπειρογνώμονα στο αντίστοιχο πεδίο γνώσης.
- ❖ Ικανοποιητικό χρόνο απόκρισης, συγκρίσιμο ή και καλύτερο από το χρόνο τον οποίο χρειάζεται ένας εμπειρογνώμονας για να λάβει μια απόφαση.
- ❖ Επαρκή αξιοπιστία, ώστε το σύστημα να μην είναι επιρρεπές σε κατάρρευση.



- ❖ Το έμπειρο σύστημα σχεδιάζεται ώστε να είναι καταληπτό και όχι ένα «μαύρο κουτί» το οποίο παράγει μια θαυματουργή απάντηση. Έτσι, είναι εφοδιασμένο με μονάδα επεξήγησης, αιτιολογώντας τους συλλογισμούς του και παρέχοντας έτσι τη δυνατότητα ελέγχου τους, ιδιαίτερα όταν από τις απαντήσεις του εξαρτώνται ανθρώπινες ζωές και περιουσίες. Το έμπειρο σύστημα τεκμηριώνοντας τις επιλογές του, αυξάνει την εμπιστοσύνη του χρήστη προς αυτό.
- ❖ Ευελιξία στην δυναμική τροποποίηση της γνώσης ( προσθήκη νέας γνώσης, αλλαγή και διαγραφή προϋπάρχουσας λανθασμένης γνώσης). Το χαρακτηριστικό αυτό εξηγεί τη μεγάλη απήχηση την οποία έχουν τα έμπειρα συστήματα που είναι βασισμένα σε κανόνες.
- ❖ Το έμπειρο σύστημα θα πρέπει να είναι σχεδιασμένο για χειρισμό αβέβαιης, ασαφούς ή μη πλήρους γνώσης. Θα πρέπει να δύναται να παίρνει αποφάσεις μόνο με τη διαθέσιμη γνώση, όπως θα το έπραττε και ο άνθρωπος εμπειρογνώμονας.



### *3.1.18 Πλεονεκτήματα έμπειρων συστημάτων*

Τα έμπειρα συστήματα διαθέτουν τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- ❖ Καθιστούν δυνατή την αυξημένη διαθεσιμότητα της εμπειρογνωμοσύνης και την εύκολη μεταφορά της σε οποιοδήποτε hardware υπολογιστή και μπορούν έτσι να χαρακτηριστούν ως η «μαζική παραγωγή της εμπειρογνωμοσύνης». Αντίθετα, η μεταφορά της γνώσης του εμπειρογνώμονα προϋποθέτει τη χρονοβόρα και όχι πάντα αποτελεσματική εκπαίδευση ενός άλλου ανθρώπου.
- ❖ Μειωμένο κόστος παρεχόμενης εμπειρογνωμοσύνης ανά χρήστη.
- ❖ Ελαττωμένο κίνδυνο χρήσης τους σε επικίνδυνα για τον άνθρωπο περιβάλλοντα.
- ❖ Πάγια εμπειρογνωμοσύνη, σε σχέση με τον άνθρωπο εμπειρογνώμονα, του οποίου η εμπειρογνωμοσύνη είναι διαθέσιμη μόνο όταν αυτός είναι παρών και ο οποίος μπορεί να αποσυρθεί από την ενεργό δραστηριότητα, να αποχωρίσει ή να πεθάνει.
- ❖ Συνδυασμένη γνώση περισσότερων του ενός εμπειρογνώμωνων μπορεί να καταστεί διαθέσιμη μέσω ενός έμπειρου συστήματος, συγχρόνως και αδιάλειπτα.

- ❖ Το έμπειρο σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί συμβουλευτικά, ως «δεύτερη γνώμη», παρέχοντας αυξημένη αξιοπιστία και εμπιστοσύνη στην ορθότητα της απόφασης ενός εμπειρογνώμονα, ή στην περίπτωση διαφωνίας περισσοτέρων του ενός ανθρώπου εμπειρογνομόνων. Το παραπάνω δεν ισχύει στην περίπτωση που το έμπειρο σύστημα προγραμματίστηκε με τη γνώση του εμπειρογνώμονα με τον οποίο συγκρίνεται, αφού το έμπειρο σύστημα πρέπει πάντα να συμφωνεί με τον εμπειρογνώμονα αυτόν.
- ❖ Το εμπειρικό σύστημα μπορεί να δώσει λεπτομερή επεξήγηση της συλλογιστικής που το οδήγησε σε κάποιο συμπέρασμα, ενώ ο εμπειρογνώμονας μπορεί να μην δύναται να δώσει πάντα κάποια επεξήγηση.
- ❖ Σε κάποιες εφαρμογές, ένα έμπειρο σύστημα μπορεί να χαρακτηρίζεται από πιο γρήγορη απόκριση, σε σχέση με τον άνθρωπο εμπειρογνώμονα, ή από απόκριση σε πραγματικό χρόνο, ενώ συχνά ο άνθρωπος εμπειρογνώμονας δεν είναι άμεσα διαθέσιμος.
- ❖ Σταθερή, χωρίς συναισθηματισμούς και πλήρης απάντηση, πάντα χαρακτηρίζουν ένα έμπειρο σύστημα, το οποίο αν το τροφοδοτούμε με τα ίδια δεδομένα θα καταλήγει πάντα στην ίδια απόφαση. Σε αντιδιαστολή, ο άνθρωπος εμπειρογνώμονας, λόγω συναισθηματικών ή ψυχολογικών παραγόντων μπορεί να μη λειτουργήσει στο μέγιστο της αποδοτικότητάς του ή να παρουσιάζει αποκλίσεις στις αποφάσεις του.

### 3.1.19 Κλάσεις εφαρμογών εμπειρων συστημάτων

Η τεχνολογία των εμπειρων συστημάτων έχει σήμερα εφαρμοστεί με επιτυχία σε ένα μεγάλο εύρος δραστηριοτήτων, όπως η χημεία, η γεωλογία, η ιατρική (διάγνωση ασθενειών), οι τηλεπικοινωνίες και τα δίκτυα υπολογιστών (βέλτιστη δρομολόγηση), η οικονομία (εκτίμηση πιστοληπτικής ικανότητας, επιλογή βέλτιστου χαρτοφυλακίου), οι στρατιωτικές εφαρμογές (διαχείριση σχεδίου μάχης) και η εκπαίδευση. Οι κλάσεις εφαρμογών στις οποίες έχουν χρησιμοποιηθεί έμπειρα συστήματα δίνονται παρακάτω:

- ❖ Διαμόρφωση συστημάτων (configuration): συναρμολόγηση των κατάλληλων συστατικών ενός πολύπλοκου συστήματος (για παράδειγμα ενός σύνθετου υπολογιστικού συστήματος), με κατάλληλο τρόπο.
- ❖ Διάγνωση (diagnosis): εξαγωγή συμπερασμάτων για λανθάνοντα προβλήματα (δυσλειτουργίες), με βάση παρατηρούμενες συμπεριφορές.

- ❖ Εκπαίδευση (instruction): ευφυής διδασκαλία, όπου ο μαθητής μπορεί να κάνει ερωτήσεις του τύπου «Γιατί;», «Πως;» και «Τι θα συμβεί εάν;», σα να δίδασκε ένας άνθρωπος.
- ❖ Ερμηνεία (interpretation):επεξήγηση παρατηρούμενων δεδομένων.
- ❖ Επιτήρηση καταστάσεων (monitoring): σύγκριση παρατηρούμενων με αναμενόμενα δεδομένα, για να κριθούν οι επιδόσεις του συστήματος.
- ❖ Planning: καθορισμός αλληλουχίας ενεργειών, ώστε να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα.
- ❖ Πρόγνωση (prognosis, prediction): πρόβλεψη της μελλοντικής επίπτωσης κάποιας παρούσας δεδομένης κατάστασης.
- ❖ Επανόρθωση (remedy, repair): υπαγόρευση θεραπείας για κάποιο πρόβλημα, ή επιδιόρθωση βλαβών.
- ❖ Έλεγχος (control): ρύθμιση της συμπεριφοράς μιας διαδικασίας (μπορεί να περιλαμβάνει διαδικασίες ερμηνείας, διάγνωσης, επιτήρησης, planning, πρόγνωσης, επανόρθωσης).

Ανάλογα με τις εφαρμογές στις οποίες χρησιμοποιούνται σήμερα, τα έμπειρα συστήματα χαρακτηρίζονται και ως έξυπνα λογιστικά φύλλα εργασίας (smart spreadsheets), βοηθοί χρονοπρογραμματισμού (scheduling assistants), έξυπνα προγράμματα παρακολούθησης ασθενών (intelligent patient monitor), κριτικοί θεραπείας (therapy critic), ή οικονομικοί σύμβουλοι (financial advisors).

### 3.2 Συστήματα βασισμένα στη γνώση

Από τις πολύ πιο πρόωρες στιγμές στη σύγχρονη ιστορία του υπολογιστή, οι επιστήμονες είχαν οραματιστεί τη δημιουργία ενός «ηλεκτρονικού εγκεφάλου». Από όλες τις σύγχρονες τεχνολογικές αναζητήσεις, αυτή η αναζήτηση για τη δημιουργία τεχνητών ευφυών συγκροτημάτων ηλεκτρονικών υπολογιστών (Artificial Intelligence-AI) υπήρξε μια από τις πιο φιλόδοξες και, όπως ήταν αναμενόμενο, αμφισβητούμενες.

Φαίνεται ότι αρχικά, οι επιστήμονες και οι γιατροί γοητεύτηκαν από τη δυνατότητα που μια τέτοια τεχνολογική δύναμη έχει στην ιατρική (e.g. Ledley και Lusted, 1959). Με τους ευφείς υπολογιστές ικανούς να αποθηκεύσουν και να επεξεργαστούν τα απέραντα πεδία της γνώσης, η ελπίδα ήταν ότι θα γίνονταν «τέλειοι γιατροί σε ένα κιβώτιο», ενισχύοντας ή υπερβαίνοντας τους νοσοκομειακούς γιατρούς με στόχο τους τη διάγνωση.

Με τέτοια κίνητρα, μια μικρή αλλά ταλαντούχος κοινότητα επιστημόνων υπολογιστών και επαγγελματίες υγειονομικής περίθαλψης καταπιάστηκαν με τη διαμόρφωση ενός ερευνητικού προγράμματος για μια νέα πειθαρχία αποκαλούμενη Τεχνητή Νοημοσύνη στην Ιατρική (Artificial Intelligence in Medicine-AIM). Αυτοί οι ερευνητές είχαν ένα τολμηρό όραμα του τρόπου με τον οποίο η AIM θα ξεσήκωνε την ιατρική, και θα ωθούσε τα σύνορα της τεχνολογίας.

Το 1984, οι Clancey και Shortliffe παρείχαν τον ακόλουθο ορισμό:

«Η ιατρική τεχνητή νοημοσύνη ενδιαφέρεται πρώτιστα για την κατασκευή των προγραμμάτων ΑΙ που εκτελούν τη διάγνωση και υποβάλλουν συστάσεις θεραπείας. Αντίθετα από τις ιατρικές εφαρμογές βασισμένες σε άλλες μεθόδους προγραμματισμού, όπως οι καθαρώς στατιστικές και πιθανολογικές μέθοδοι, τα ιατρικά προγράμματα ΑΙ είναι βασισμένα στα συμβολικά πρότυπα των οντοτήτων ασθενειών και της σχέσης τους στους παράγοντες νοσηρότητας και τις κλινικές εκδηλώσεις».

Πολλά έχουν αλλάξει από τότε και σήμερα η σημασία της διάγνωσης ως στόχος που απαιτεί την υπολογιστική υποστήριξη στις στερεότυπες κλινικές καταστάσεις λαμβάνει πολύ λιγότερη έμφαση (Durinck et al., 1994).

Τέλος, μια από τις προκλήσεις στην ιατρική εκπαίδευση είναι η διδασκαλία της διαδικασίας της λήψης απόφασης. Αυτή η εκπαιδευτική διαδικασία ποικίλλει ανάλογα με την εμπειρία του σπουδαστή και μπορεί να υποστηριχθεί με διάφορα εργαλεία.

### *3.2.1 Υπόβαθρο της ανάπτυξης εργαλείων υποστήριξης αποφάσεων στην ιατρική*

Τα τελευταία εργαλεία υποστήριξης απόφασης στην ιατρική αποτελούνται από συστήματα διαβάθμισης (scoring systems), συνήθως με μία δριμύτητα στους δείκτες ασθενειών. Νέα scoring systems συνεχίζουν να εξελίσσονται και είναι εκτενώς χρησιμοποιούμενα στις κλινικές εφαρμογές. Στην ιατρική φροντίδα, παραδείγματα είναι το αποτέλεσμα APACHE που χρησιμοποιείται με τους ασθενείς ενηλίκων και το αποτέλεσμα SNAP που χρησιμοποιείται με τα νεογνά. Αλλά η χρήση των υπολογιστών στην ανάπτυξη των εργαλείων υποστήριξης απόφασης προσφέρει μια ευρύτερη λύση στην εκτίμηση των εκβάσεων από τα αποτελεσματικά συστήματα.



Η ανάπτυξη των κλινικών διαγνωστικών συστημάτων υποστήριξης απόφασης (Clinical Diagnostic Decision Support Systems-CDDSS) στην ιατρική<sup>17</sup> άρχισε με την ανάπτυξη των ιδιαίτερων κλινικών αλγορίθμων που χρησιμοποιήθηκαν για να αυτοματοποιήσουν μετρικούς από τους απαραίτητους υπολογισμούς καθορίζοντας τις παραμέτρους που θα μπορούσαν να ληφθούν υπόψη μόνο από τον έμμεσο υπολογισμό των μετρήσιμων τιμών. Αυτό ακολουθήθηκε με την χρήση των κλινικών τραπεζών δεδομένων (Clinical Databanks), από κοινού με ορισμένες αναλυτικές λειτουργίες. Άλλοι τύποι ήταν μαθηματικά παθοφυσιολογικά πρότυπα, συστήματα αναγνώρισης σχεδίων, Μπεϋζιανά (Bayesian) στατιστικά συστήματα, συστήματα ανάλυσης αποφάσεως (Decision-Analytical Systems) και συμβολικοί συλλογισμοί (επίσης αποκαλούμενος έμπειρα συστήματα). Οι περισσότερες από αυτές τις εξελίξεις αποτελούνται από μικρά συστήματα που στράφηκαν σε μια λεπτομερή διάγνωση ή ιατρικό περιβάλλον. Οι αυτοματοποιημένοι διαφορικοί αναλυτές αριθμησης αίματος και τα κυτταρολογικά συστήματα αναγνώρισης για τις κηλίδες Pap είναι παραδείγματα τέτοιων συστημάτων.

Τα βασισμένα στη γνώση συστήματα γίνονται όλο και περισσότερο αποδεκτά ως τμήμα των κλινικών εργαλείων ενίσχυσης της απόφασης. Η χρήση των Case-based reasoning (CBR) είναι ιδιαίτερα επιτυχής στις εφαρμογές όπως το ταίριασμα των περιπτώσεων σε ανώμαλα καρδιακά υποδείγματα. Οι Frize et al<sup>18</sup> συνδύασαν ένα ειδικό shell με συλλογισμούς βασισμένους στην διάκριση κεφαλαίων και μικρών δυνατοτήτων, ταιριάζοντας και συγκρίνοντας περιπτώσεις ασθενών σε μονάδες εντατικής παρακολούθησης ενηλίκων αλλά και νεογνών. Σε αυτό το τελευταίο παράδειγμα, η ιδέα για το σύστημα είναι να ληφθεί ως πρότυπο η προσέγγιση ενός παθολόγου «στην ανάμνηση των προηγούμενων παρόμοιων περιπτώσεων» προκειμένου να καθιερωθεί μια διαφορική διάγνωση και να καθοριστεί μια πορεία θεραπείας. Το σύστημα επιδεικνύει πέντε ή δέκα περιπτώσεις που επιλέγονται ως πιο στενές αντιστοιχίες στον πρόσφατα αναγνωρισμένο ασθενή. Αναμένεται ότι η μεγάλη βάση δεδομένων που χρησιμοποιείται στο σύστημα μπορεί να παράσχει περισσότερες πληροφορίες για περιστατικά από ότι η μνήμη του παθολόγου. Το σύστημα επιτρέπει έπειτα στους παθολόγους να ανακτήσουν τις πληροφορίες «παρόμοιων» ασθενών.

---

<sup>17</sup>Clinical Decision Support Systems: Theory and Practice, Sprigler, NY, ed Eta, S. Berner, 1998.

<sup>18</sup>Frize M., Taylor KB, Nickerson BG, Solven FG, Borkar H., A Knowledge – based System for the Intensive Care Unit. Proc of the 15<sup>th</sup> Ann. Int. Conf. IEEE/EMBS, 1993; San Diego : 677-678.



### 3.2.2 Δημιουργία προτύπων που «μπορούν να μάθουν»

Εκτιμώντας ότι διαφορετικές προσεγγίσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να διαμορφώσουν μια σύνθετη διαδικασία, πρέπει να διακρίνουμε τους τρόπους που το πρότυπο δημιουργείται και πιο συγκεκριμένα πώς το πρότυπο μπορεί να «μάθει». Η έναρξη εκμάθησης, είτε με τη λήψη της ειδικής γνώσης, είτε από την παρατήρηση, είτε από την ανάλυση δικτύων εξετάζεται χρησιμοποιώντας τη δοκιμή προς τις πραγματικές περιπτώσεις.

Είναι πιθανό ότι οι περιπτωσιολογικές μελέτες, οι εμπειρογνώμονες και οι τεχνικές πρόκειται να είναι χρήσιμα στον καθαρισμό των προτύπων. Μερικές ιατρικές περιοχές μπορούν να επαναληφθούν από ένα επεξηγηματικό πρότυπο όπως μια οδηγία φροντίδας που εκφράζεται ως αλγόριθμος. Αυτοί οι αλγόριθμοι μπορούν εγγενώς να διαμορφωθούν πίσω από ένα ηλεκτρονικό αρχείο ασθενών και να προτείνουν τα επόμενα βήματα, ακόμη και τις πιθανότητες για ορισμένους τύπους εκβάσεων. Η φροντίδα των ασθενών πρέπει να διακριθεί από την αξιολόγηση, συμπεριλαμβανομένης της προσαρμογής στις νέες τεχνολογίες και τις θεραπείες που την υποστηρίζουν. Φυσικά, παραμένει ένας σημαντικός ρόλος της ιατρικής εκπαίδευσης σε αυτές τις τεχνολογικές εξελίξεις.

### 3.2.3 Εργαλεία υποστήριξης απόφασης του μέλλοντος

Τα περισσότερα από τα εργαλεία ενίσχυσης της απόφασης που υπάρχουν αυτήν την περίοδο έχουν αναπτυχθεί για πολύ συγκεκριμένες ασθένειες ή για ένα ιδιαίτερο ιατρικό περιβάλλον. Στο μέλλον, διάφορες ερωτήσεις πρέπει να εξεταστούν. Παραδείγματος χάριν, ποια εργαλεία ενίσχυσης απόφασης υποστηρίζουν την αρχική ιατρική φροντίδα; Πώς και από ποιους τέτοια εργαλεία χρησιμοποιούνται; Τα συστήματα ενσωματώνονται στην κλινική πρακτική και σε αυτή την περίπτωση, πόσο ευρέως; Πώς καθορίζουμε την επιτυχία σε αυτήν την σφαίρα; Τα εργαλεία περιλαμβάνουν την υποστήριξη για την πολιτιστική και θρησκευτική ευαισθησία; Τι είδους εργαλεία, εκτός από τα προαναφερθέντα, θα διαχειρίζονταν οι ειδικοί για την αλλαγή γνώσης;

Μια σημαντική εκτίμηση σε οποιοδήποτε σχέδιο συστημάτων είναι τα ζητήματα της μυστικότητας και της εμπιστευτικότητας. Όλα τα προσδιοριστικά στις βάσεις δεδομένων πρέπει να αφαιρεθούν πριν από τη χρήση τους και ο καθένας που συμμετέχει στα ερευνητικά προγράμματα πρέπει να γνωρίζει αυτές τις ανησυχίες. Οι μελέτες πρέπει να υποβληθούν και να εγκριθούν από τις αρμόδιες τοπικές επιτροπές

ηθικής. Μια άλλη σημαντική πτυχή είναι να εξασφαλιστεί ότι οι χρήστες καταλαβαίνουν τους περιορισμούς του συστήματος, έτσι ώστε να το χρησιμοποιήσουν κατάλληλα και κατά τρόπο αποτελεσματικό. Οι δυνάμεις και οι αδυναμίες σε κάθε μια από τις διάφορες τεχνικές προσεγγίσεις πρέπει να μελετηθούν και οι τρόποι τους να αξιολογηθούν.

### 3.3 Αναγνώριση προτύπων

Πολλές από τις καθημερινές δραστηριότητες του ανθρώπου αποτελούνται από μια σειρά επεξεργασιών ταξινόμησης αντικειμένων που βρίσκονται στο περιβάλλον μας. Το διάβασμα ενός βιβλίου πραγματοποιείται με την ταξινόμηση των γραμμάτων, των λέξεων, των προτάσεων.

Η ταξινόμηση αντικειμένων είναι μια από τις συχνότερα επαναλαμβανόμενες επεξεργασίες που εκτελούνται στον εγκέφαλο όλων των ζώων και θεωρείται μια από τις σημαντικότερες λειτουργίες της επιβίωσης των ειδών. Η ικανότητα του ανθρώπου να εκτελείται με επιτυχία πολύπλοκες διαδικασίες ταξινόμησης αντικειμένων θεωρείται μια από τις βασικότερες διαφορές του από τα άλλα έμβια όντα.

Γενικά, η αναγνώριση (recognition) ή ταξινόμηση (classification) αντικειμένου (pattern) μπορεί να περιγραφεί σαν τη διαδικασία εκείνη με την οποία σήματα του περιβάλλοντος χώρου που αντιστοιχούν σε ένα αντικείμενο, ταξινομούνται σε μία από ένα πεπερασμένο σύνολο κατηγοριών (classes).

Οι κατηγορίες αυτές σηματοδοτούν ομάδες αντικειμένων με κοινά χαρακτηριστικά ή ιδιότητες. Χαρακτηριστικό γνώρισμα όλων αυτών των ομάδων είναι η ύπαρξη κάποιων ιδιοτήτων που περιγράφουν με μεγαλύτερη ή μικρότερη ακρίβεια όλα τα αντικείμενα που ανήκουν σε αυτές. Οι ομάδες αυτές στην ταξινόμηση προτύπων ονομάζονται κατηγορίες αντικειμένων.

Η διαδικασία ταξινόμησης ενός αντικειμένου πραγματοποιείται ασυναίσθητα στον εγκέφαλο με την επεξεργασία των σημάτων που προέρχονται από αισθητήρια όργανα του ανθρώπου. Η οπτική ταξινόμηση αντικειμένων είναι η πλέον πολύπλοκη διαδικασία ταξινόμησης και πραγματοποιείται με την επεξεργασία των σημάτων που διεγείρουν τον αμφιβληστροειδή χιτώνα του οπτικού νεύρου. Με αυτή την επεξεργασία γνωρίζουμε τα αντικείμενα στο χώρο. Η ταξινόμηση αντικειμένου πραγματοποιείται με την επεξεργασία σήματος που αναφέρεται στα χαρακτηριστικά του.

Πολλές φορές μεταβάλλουμε το είδος της ταξινόμησης που επιλέγουμε για το ίδιο αντικείμενο. Αναγνωρίζουμε ότι βλέπουμε π.χ. ένας αντικείμενο γραφής και στη συνέχεια μπορούμε εύκολα να αναγνωρίσουμε το ακριβές είδος του αντικειμένου.

Βλέπουμε λοιπόν ότι η ταξινόμηση αντικειμένων είναι μια διαδικασία απεικόνισης των μετρήσεων ενός αντικειμένου (πρότυπο-pattern) σε μια από  $N$  ομάδες αντικειμένων (όπου  $N$  είναι ένας πεπερασμένος φυσικός αριθμός).

Αν υποθέσουμε ότι οι μετρήσεις που λαμβάνουμε για ένα αντικείμενο χαρακτηρίζουν πλήρως και αποκλειστικά την κατηγορία του αντικειμένου, δηλαδή δεν υπάρχουν αντικείμενα τα οποία να έχουν ίδιες μετρήσεις αλλά να ανήκουν σε διαφορετικές κατηγορίες, τότε η διαδικασία ταξινόμησης μπορεί να παρασταθεί σαν μια βαθμωτή συνάρτηση που αντιστοιχεί στον χώρο των μετρήσεων  $R^P$  των προτύπων (που χαρακτηρίζονται από  $P$  μετρήσεις χαρακτηριστικών του αντικειμένου) στον χώρο  $N$  διακριτών κατηγοριών:

$$\omega_i = R_a(x), \quad R_a: R^P \rightarrow \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_N\}$$

### 3.3.1 Ταξινόμηση χωρίς λήψη απόφασης

Σε πολλά προβλήματα ταξινόμησης προτύπων κρίνεται χρήσιμο να υπάρχει και το ενδεχόμενο μη λήψης απόφασης. Παράδειγμα, μια αυτόματη ιατρική διαγνωστική μηχανή η οποία ψηφιοποιεί ακτινογραφίες θώρακος και καλείται να δώσει διάγνωση, όμως είναι φτιαγμένη να εκτελεί διάγνωση για έναν περιορισμένο αριθμό ασθενειών όπως πνευμονία, φυματίωση και καρκίνο. Οι απαιτήσεις από τη μηχανή αυτή είναι να δίνει την ένδειξη κάποιας ασθένειας μόνο όταν υπάρχει πολύ μεγάλη βεβαιότητα ύπαρξης θετικών ενδείξεων ασθένειας στην ακτινογραφία. Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις (ύπαρξη ευρημάτων άλλης ασθένειας ή ισχυρή αβεβαιότητα για το είδος των ευρημάτων) θα ήταν επιθυμητό η μηχανή να δηλώνει αδυναμία λήψης απόφασης, έτσι ώστε ο ασθενής να παραπέμπεται για συμπληρωματικές εξετάσεις.

Η ύπαρξη κατάστασης για την οποία η μηχανή αποφασίζει ότι δεν μπορεί να πραγματοποιήσει ταξινόμηση χρησιμοποιείται συνήθως σε εφαρμογές κατά τις οποίες επιθυμείται να κατασκευαστεί μια μηχανή ταξινόμησης η οποία να έχει πολύ μικρή πιθανότητα λήψης λανθασμένης απόφασης ή ισοδύναμα να έχει πολύ μεγάλη αξιοπιστία στη λήψη αποφάσεων.

Σε αυτή την περίπτωση η συνάρτηση που δίνει την σχέση εισόδου – εξόδου της μηχανής ταξινόμησης είναι η ακόλουθη:

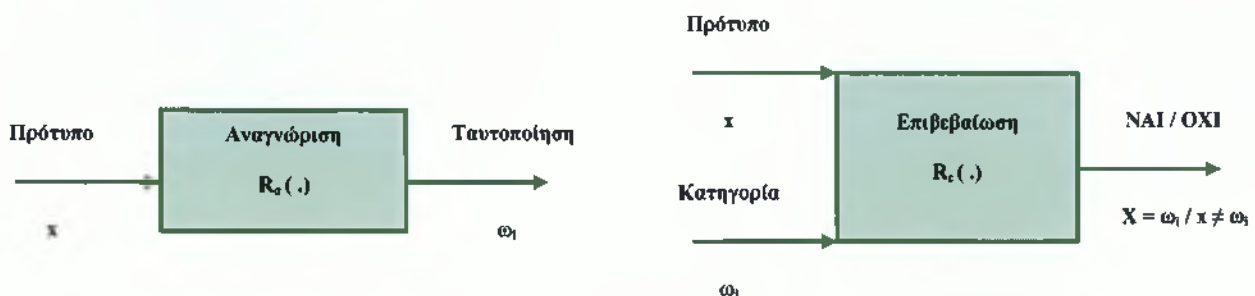
$$\omega_i = R_\alpha(x), \quad R_\alpha : R^P \rightarrow \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_N, \omega_{N+1}\}$$

όπου  $\omega_{N+1}$  περιγράφεται η κατάσταση της μηχανής κατά την οποία το πρότυπο  $x$  δεν ταξινομείται σε καμία από τις  $N$  κατηγορίες αντικειμένων.

### 3.3.2 Επιβεβαίωση προτύπων

Πολλές φορές αντιμετωπίζουμε μια διαφορετική κατηγορία προβλημάτων η οποία συσχετίζεται με την ανάγκη επιβεβαίωσης κάποιων ιδιοτήτων του αντικειμένου που μελετούμε. Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα τέτοιου είδους προβλημάτων αποτελούν τα συστήματα ασφαλείας. Στα συστήματα αυτά αντιμετωπίζουμε το πρόβλημα λήψης απόφασης για το αν η πρόσβαση στο σύστημα είναι επιτρεπτή στον άνθρωπο ο οποίος δηλώνει ταυτόχρονα και την ταυτότητά το και ενώ το σύστημα έχει ήδη λάβει κάποιες μετρήσεις χαρακτηριστικών του ανθρώπου, π.χ. ομιλία, δακτυλικό αποτύπωμα, φωτογραφία προσώπου κ.ο.κ.

### 3.3.3. Συστήματα επιβεβαίωσης προτύπων



Σχήμα 3-4: Σύστημα ταξινόμησης και σύστημα επιβεβαίωσης προτύπων.

Σε αυτή την κατηγορία προβλημάτων είναι επιθυμητό να επιβεβαιωθεί ή να απορριφθεί ο ισχυρισμός : « το πρότυπο  $x$  ανήκει στην κατηγορία  $\omega_i$  ». Οι μηχανές που προσομοιώνουν την επίλυση τέτοιων προβλημάτων ονομάζονται Συστήματα Επιβεβαίωσης Προτύπων.

Η διαφορά της διαδικασίας ταξινόμησης από τη διαδικασία επιβεβαίωσης αναδεικνύεται στο παραπάνω σχήμα (Σχήμα 3-4). Η συνάρτηση ταξινόμησης δέχεται

στην είσοδο το παραμετρικό διάνυσμα του προτύπου και δίνει στην έξοδο την κατηγορία στην οποία το πρότυπο ταξινομείται. Η συνάρτηση επιβεβαίωσης δέχεται στην είσοδό της το παραμετρικό διάνυσμα του προτύπου και την κατηγορία στην οποία ταξινομείται και δίνει στην έξοδο μια δυαδική απάντηση: «το πρότυπο ανήκει στην κατηγορία που θέσαμε στην είσοδο του συστήματος» ή «το πρότυπο δεν ανήκει στην κατηγορία που τέθηκε».

### 3.3.4 Η κατασκευή συστημάτων ταξινόμησης προτύπων

Το σημαντικότερο που έχει να αντιμετωπίσει ο σχεδιαστής μιας μηχανής προσομοίωσης κάποιου φαινομένου είναι η προσπάθεια εύρεσης των στοιχείων εκείνων που επηρεάζουν την πορεία εξέλιξης φαινομένου.

Η εύρεση των νόμων που διέπουν τη σχέση αιτίου – αποτελέσματος στο φυσικό σύστημα οδηγούν εύκολα στην μοντελοποίηση της σχέσης εισόδου – εξόδου στο αντίστοιχο σύστημα που προσομοιώνει το φυσικό φαινόμενο (Σχήμα 3-5).



Σχήμα 3-5: Φυσικό Σύστημα και ο Προσομοιωτής του.

Η συνηθισμένη πρακτική που ακολουθείται σε αυτές τις περιπτώσεις είναι η προσπάθεια προσέγγισης αυτής της λειτουργίας με κάποια απεικόνιση της σχέσης εισόδου – εξόδου. Στην περίπτωση κατά την οποία γνωρίζουμε ότι η απεικόνιση αυτή είναι μονοσήμαντη, τότε μπορούμε να βρούμε μια συνάρτηση προσομοίωσης η οποία να προσεγγίζει το φαινόμενο που μελετάμε. Επειδή στις περισσότερες των πρακτικών εφαρμογών δεν διατίθεται κάποια γνώση για τη μορφή αυτής της εξίσωσης, αναζητείται η βέλτιστη συνάρτηση μέσα από οικογένειες συναρτήσεων. Καθοριστικό στοιχείο των οικογενειών συναρτήσεων είναι η παραμετρική τους περιγραφή. Συνεπώς η οικογένεια συναρτήσεων προσομοίωσης μπορεί να περιγραφεί από τη σχέση  $R_r(w, x)$ .

Για να προσδιοριστεί η συνάρτηση εκείνη η οποία προσομοιώνει καλύτερα το άγνωστο σύστημα θα ήταν επιθυμητό να επιλεγεί εκείνη η συνάρτηση η οποία να δίνει μια συμπεριφορά που διαφέρει κατά το δυνατό λιγότερο από τις πραγματικές μετρήσεις που υπάρχουν διαθέσιμες για το άγνωστο σύστημα. Με τη φράση «επιλογή



της συνάρτησης» εννοείται ο υπολογισμός των σταθερών παραμέτρων ( $w$ ). Στην αναγνώριση των προτύπων η μέθοδος υπολογισμού του ( $w$ ) ονομάζεται εκπαίδευση του συστήματος ταξινόμησης.

Στην πράξη, εκείνο που είναι γνωστό συνήθως από το άγνωστο σύστημα είναι μια σειρά τιμών εισόδου – εξόδου, τα οποία ονομάζονται και παραδείγματα εκπαίδευσης. Στις περισσότερες των περιπτώσεων τα παραδείγματα αυτά είναι και η μοναδική πληροφορία που διατίθεται για τη συμπεριφορά του φυσικού συστήματος.

Μια από τις συνηθισμένες μεθόδους υπολογισμού των σταθερών παραμέτρων της συνάρτησης ταξινόμησης είναι η εύρεση εκείνων των τιμών με τις οποίες η «απόσταση» της επιθυμητής από την πραγματική απόκριση του προσομοιωτή στο σύνολο των παραδειγμάτων εκπαίδευσης να είναι ελάχιστη.

Συνεπώς, το ζητούμενο είναι να βρεθεί μια συνάρτηση  $y_x = R_x(w, x)$ , η οποία να αποδίδει με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια την σχέση εισόδου – εξόδου  $[y = R_\phi(x)]$  του φυσικού φαινομένου, διαθέτοντας ένα πεπερασμένο αριθμό μετρήσεων στο χώρο των καταστάσεων  $\{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_N, y_N)\}$  και ενδεχομένως κάποιους περιορισμούς στα γενικά χαρακτηριστικά της συνάρτησης.

Για τον υπολογισμό της διανυσματικής συνάρτησης  $R_x(w)$  χρειάζεται να οριστεί το πεδίο ορισμού των τιμών της και τη μέθοδο αντιστοίχισης.

Αναλύοντας το πρόβλημα της ταξινόμησης προτύπων γίνεται φανερό ότι η διαδικασία αυτή μπορεί να θεωρηθεί σαν μια διανυσματική συνάρτηση η οποία δέχεται στην είσοδο μετρήσεις που αφορούν τα χαρακτηριστικά ενός αντικείμενου και δίνει στην έξοδό της την κατηγορία στην οποία το αντικείμενο ανήκει.

Υποθέτοντας ότι η διαδικασία ταξινόμησης μπορεί να περιγραφεί από μια συνάρτηση δύο μεταβλητών, του προτύπου  $x$  και της «μνήμης» ή των σταθερών παραμέτρων της  $w$ , τότε η συνάρτηση προσομοίωσης δίνεται από τη σχέση:

$$y = R_x(w, x)$$

Η έξοδος του συστήματος καθορίζεται από δύο παραμέτρους. Κάθε μία από τις παραμέτρους έχει και έναν διαφορετικό ρόλο. Η «μνήμη» του συστήματος καθορίζει το πλήθος και το είδος των κατηγοριών που αναγνωρίζονται, ενώ το πρότυπο  $x$  ενεργοποιεί το σύστημα για να επιτελέσει τη διαδικασία της ταξινόμησης για ένα συγκεκριμένο πρότυπο.

Η προσέγγιση που προτείνεται παρουσιάζει το πλεονέκτημα της προσαρμογής του συστήματος ταξινόμησης προτύπων στο πρόβλημα που κάθε φορά αντιμετωπίζουμε, αλλά ταυτόχρονα δημιουργείται και το πρόβλημα υπολογισμού των παραμέτρων  $w$ .

Για να κατασκευαστεί ένα σύστημα ταξινόμησης προτύπων χρειάζεται να εκτελεστούν χρονολογικά οι ακόλουθες εργασίες:

1. Ορίζεται η μέθοδος με την οποία θα αναγνωριστεί το άγνωστο πρότυπο ή ισοδύναμα ορίζεται η οικογένεια συναρτήσεων  $R_{\pi}(\cdot)$  στην οποία θα αναζητηθεί η προσομοίωσης διαδικασίας ταξινόμησης.
2. Εκπαιδεύεται το σύστημα, έτσι ώστε να αναγνωρίζει τις επιθυμητές κατηγορίες με τη βοήθεια των διαθέσιμων παραδειγμάτων. Υπολογίζεται δηλαδή η παράμετρος  $w$ .
3. Μετράται η επιτυχία ταξινόμησης του συστήματος που κατασκευάστηκε. Η διαδικασία μέτρησης της αξιοπιστίας του συστήματος ταξινόμησης είναι μια πολύ χρήσιμη ενέργεια, καθώς επιτρέπει την εκτίμηση της ποιότητας των αποφάσεων που λαμβάνει το σύστημα και ενδεχομένως να μεταβληθούν τμήματά του ή και να αλλάξει όλη η δομή του αν διαπιστωθεί ότι αυτές οι αλλαγές βελτιώνουν την αξιοπιστία του.

Η μέτρηση του ποσοστού των λανθασμένων ταξινομήσεων ή αντίστοιχα των ορθών ταξινομήσεων είναι ένα από τα λίγα αντικειμενικά κριτήρια που διατίθενται για να ελεγχθεί η ποιότητα του συστήματος που σχεδιάστηκε.

### 3.3.5 Οι μέθοδοι ταξινόμησης προτύπων

Ένα από τα πιο δύσκολα προβλήματα που έχει να αντιμετωπίσει ο σχεδιαστής ενός συστήματος ταξινόμησης προτύπων είναι η επιλογή της μεθόδου με την οποία θα πραγματοποιηθεί η ταξινόμησης του άγνωστου προτύπου. Δυστυχώς δεν έχει ανακαλυφθεί κάποια τεχνική η οποία να μπορεί να υποδείξει την βέλτιστη μέθοδο ταξινόμησης που πρέπει να ακολουθηθεί. Η δυσκολία αυτή γίνεται ακόμα μεγαλύτερη διότι δεν υπάρχει διαθέσιμος ένας μεγάλος αριθμός διαφορετικών μεθόδων ταξινόμησης προτύπων. Η εμπειρία του σχεδιαστή είναι αυτή που θα κρίνει αρχικά ποια ή ποιες από αυτές τις μεθόδους είναι οι πλέον κατάλληλες για το συγκεκριμένο πρόβλημα που αντιμετωπίζεται.

Η κατηγοριοποίηση των μεθόδων ταξινόμησης βοηθά τον σχεδιαστή να επιλέξει ευκολότερα την μέθοδο ή τις μεθόδους που πρέπει να υλοποιήσει. Αν

κατηγοριοποιηθούν οι μέθοδοι ταξινόμησης βάσει της μεθόδου μέτρησης της «ομοιότητας» του προτύπου  $x$  στις κατηγορίες  $\Omega$  μπορούν να διακριθούν οι ακόλουθες ομάδες μεθόδων:

1. Αιτιοκρατικές ή δομικές μέθοδοι (deterministic). Σε αυτή την κατηγορία μεθόδων χρησιμοποιούνται συναρτήσεις απόφασης ή μετρήσεις της απόστασης του άγνωστου προτύπου με αντιπροσωπευτικό δείγμα ή δείγματα από τα πρότυπα κάθε μιας των κατηγοριών.
2. Στοχαστικές μέθοδοι (stochastic, probabilistic). Υποθέτοντας ότι τα πρότυπα κάθε κατηγορίας ακολουθούν γνωστή πυκνότητα πιθανότητας, αναζητείται η κατηγορία εκείνη η οποία μεγιστοποιεί την πιθανότητα εμφάνισής της γνωρίζοντας την παραμετρική περιγραφή του αγνώστου προτύπου.
3. Μέθοδοι μη γραμμικών δικτύων ή νευρωνικά δίκτυα (Neural networks). Στις μεθόδους αυτές η διαδικασία ταξινόμησης προσομοιώνεται με μια συνάρτησης μεταφοράς η οποία μπορεί να αναλυθεί σε ένα σύνολο διασυνδεδεμένων μη γραμμικών υπολογιστικών μονάδων. Το παραμετρικό διάνυσμα του προτύπου τοποθετείται στην είσοδο του δικτύου και στη συνέχεια υπολογίζεται η έξοδος του δικτύου που διαθέτει αριθμό εξόδων ίσο με τον αριθμό των κατηγοριών που το σύστημα γνωρίζει. Η ταξινόμηση του προτύπου πραγματοποιείται με την αναζήτηση της εξόδου του δικτύου που έχει την μεγαλύτερη αριθμητική τιμή.
4. Μέθοδοι ασαφών συνόλων (fuzzy recognizers). Χρησιμοποιώντας στοιχεία από τη θεωρία της ασαφούς λογικής και των ασαφών συνόλων μπορεί να κατασκευαστεί συστήματα ταξινόμησης προτύπων. Τα συστήματα αυτά παρουσιάζουν πρόσφατα μια εντυπωσιακή διάδοση σε πρακτικές εφαρμογές διαθέτοντας σημαντικά πλεονεκτήματα ιδιαίτερα σε περιπτώσεις στις οποίες, το πρότυπο περιγράφεται από μεγάλων διαστάσεων διάνυσμα, δεν διαθέτουμε όλες τις μετρήσεις που απαιτούνται για την πλήρη συμπλήρωση του παραμετρικού διανύσματος και η γνώση που υπάρχει αναφέρεται σε ένα σύνολο εμπειρικών και ασαφών γενικά κανόνων π.χ. ιατρική διάγνωση.

### 3.3.6 Η διαδικασία εκπαίδευσης

Η μέθοδος υπολογισμού της παραμέτρου  $w$  της συνάρτησης ταξινόμησης που ονομάζεται και εκπαίδευση του συστήματος, επηρεάζει καθοριστικά το ρυθμό επιτυχών ταξινομήσεων ως και το είδος των αντικειμένων που αναγνωρίζονται.

Συνεπώς η επιλογή μεθόδου παίζει σημαντικό ρόλο στην επιτυχία κατασκευής ενός συστήματος ταξινόμησης προτύπων. Η επιλογή της καταλληλότερης μεθόδου εκπαίδευσης εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, οι σημαντικότεροι των οποίων είναι η μέθοδος ταξινόμησης, η διασπορά των προτύπων κάθε κατηγορίας, ο βαθμός κάλυψης του διανυσματικού χώρου των προτύπων από περισσότερες των μιας κατηγοριών.

Συνήθως, κατά την εκπαίδευση η μόνη πληροφορία που διατίθεται είναι η διανυσματική παράσταση ενός πλήθους προτύπων των οποίων ενδεχομένως να είναι γνωστή και η κατηγορία προέλευσης. Σε αυτή την περίπτωση το ερώτημα που εύλογα προκύπτει είναι το ακόλουθο. Υπάρχει κάποια μέθοδος τέτοια ώστε να μπορεί να υπολογιστεί με κάποιο βέλτιστο τρόπο η «μνήμη» ( $w$ ) του συστήματος, όπως π.χ. μεγιστοποιώντας την αξιοπιστία της ταξινόμησης στα παραδείγματα εκπαίδευσης; Έτσι, για να θεωρηθεί μια μέθοδος ταξινόμησης προτύπων πρακτικά εφαρμόσιμη θα πρέπει να δοθεί απάντηση σε αυτό το ερώτημα.

### 3.4 Τεχνητά νευρωνικά δίκτυα

Τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα είναι συστήματα ταξινόμησης προτύπων που περιέχουν διασυνδεδεμένες μη γραμμικές υπολογιστικές μονάδες. Τα συστήματα αυτά αποτελούν προσομοιώσεις της φυσιολογίας των νευρικών κυττάρων των έμβιων όντων.

Ένας από τους πρώτους ερευνητές που συνέλαβε την ιδέα ότι οι εγκεφαλικές λειτουργίες εκτελούνται από στοιχειώδεις υπολογιστικές μονάδες που ονομάζονται νευρώνες είναι ο Ramon y Cajal (1911). Πειράματα που έγιναν στη φυσιολογία των νευρικών κυττάρων έδειξαν ότι η λειτουργία τους μπορεί, σε απλοποιημένη μορφή, να προσομοιωθεί με μη γραμμικούς τελεστές που δέχονται σήματα από έναν πεπερασμένο αριθμό εισόδων και διαθέτουν μονάχα μια είσοδο. Η εγκεφαλική ουσία των έμβιων όντων αποτελείται από εκατομμύρια διασυνδεδεμένων νευρώνων τα οποία αποτελούν ένα πολύπλοκο και ισχυρά μη γραμμικό νευρωνικό δίκτυο. Έχει αποδειχθεί ότι η γνώση του κόσμου συσσωρεύεται στη γνώση του δικτύου. Η τοπολογία του διαφέρει σημαντικά στα έμβια όντα και είναι αυτή η οποία δίνει και τα διαφορετικά χαρακτηριστικά αντίληψης των ερεθισμάτων του περιβάλλοντος. Έχουν παρατηρηθεί ποσοτικές αλλά και ποιοτικές διαφοροποιήσεις στο είδος των συνδέσεων, τον μηχανισμό επεξεργασίας σημάτων και το πλήθος των εισόδων των

νευρικών κυττάρων. Γι' αυτόν το λόγο και τα νευρικά κύτταρα έχουν ομαδοποιηθεί σε έναν μικρό αριθμό κατηγοριών, ανάλογα με τους μηχανισμούς λειτουργίας τους.

Τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των μηχανισμών των φυσικών νευρωνικών δικτύων είναι:

1. Μη γραμμικότητα. Το βασικότερο γνώρισμα των φυσικών νευρωνικών δικτύων είναι ότι η έξοδος σε καμία περίπτωση δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελεί έναν γραμμικό συνδυασμό των εισόδων του.
2. Εκπαίδευση από παράδειγμα. Βασικό στοιχείο των νευρωνικών δικτύων είναι η ικανότητά τους να εκπαιδεύονται αντλώντας γνώση και τροποποιώντας τα στοιχεία μνήμης του δικτύου. Προηγούμενες ενεργοποιήσεις του δικτύου μεταβάλλουν την συμπεριφορά του έτσι ώστε όταν ενεργοποιηθεί από ίδια ή ομοιάζοντα σήματα εισόδου να δίνουν με μεγαλύτερη ακρίβεια την επιθυμητή έξοδο.
3. Προσαρμογή. Τα φυσικά νευρωνικά δίκτυα έχουν τη δυνατότητα να αλλάζουν τα δεδομένα εξόδου τους και να προσαρμόζουν την συμπεριφορά τους όταν μεγάλης κλίμακας αλλαγές λαμβάνουν χώρα στην είσοδο τους.
4. Αντοχή σε διακοπές συνδέσεων και λειτουργιών νευρώνων. Η συμπεριφορά του δικτύου δεν διαταράσσεται σημαντικά από τυχόν διακοπή συνδέσεων ή και αφαίρεση νευρώνων. Η ιδιότητα αυτή αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό της συμπεριφοράς των νευρικών κυττάρων διότι είναι γνωστό ότι διακοπή της λειτουργίας μικρών τμημάτων του εγκεφάλου επηρεάζει συνήθως σε πολύ μικρό βαθμό τις υπόλοιπες εγκεφαλικές λειτουργίες.
5. Ομοιότητα λειτουργίας των νευρώνων. Οι νευρώνες πρέπει να εκτελούν τις ίδιες βασικές λειτουργίες διότι τα νευρικά κύτταρα του ίδιου τύπου έχουν την ίδια φυσιολογία.
6. Παράλληλη επεξεργασία δεδομένων. Λαμβάνοντας υπόψη τον τρόπο συνδεσμολογίας των νευρικών κυττάρων, το τεράστιο πλήθος των πληροφοριών που επεξεργάζονται και την σχετικά μεγάλη καθυστέρηση απόκρισης του φυσικού κυττάρου, γίνεται φανερό ότι το φυσικό νευρωνικό δίκτυο επεξεργάζεται τα δεδομένα παράλληλα για να είναι σε θέση να επιτύχει απόκριση σε σχεδόν πραγματικό χρόνο και να επεξεργάζεται ταυτόχρονα έναν πολύ μεγάλο αριθμό πληροφοριών.

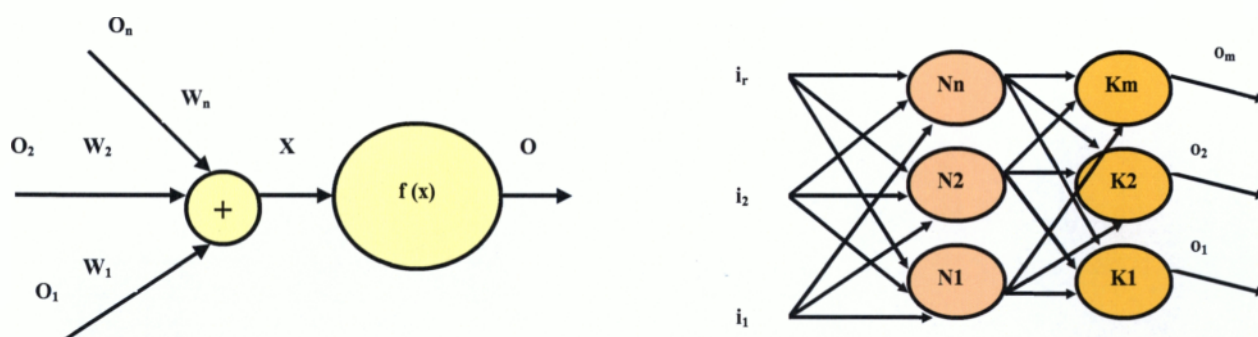
Η θεωρία των μη γραμμικών δικτύων που προσομοιάζουν την λειτουργία των νευρικών κυττάρων αναπτύχθηκε σημαντικά κατά την τριακονταετία 1965-1995



προσφέροντας σημαντικές βελτιώσεις στα χαρακτηριστικά προσομοιώσεων όπου αυτή εφαρμόστηκε. Τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα αποτελούν μια γενική θεωρία μη γραμμικών συστημάτων και γι' αυτό το λόγο έχουν ένα ευρύ πεδίο εφαρμογών με σημαντικότερους τομείς την ταξινόμηση προτύπων, την ψηφιακή επεξεργασία σήματος, τον αυτόματο έλεγχο συστημάτων κ.ο.κ.

### 3.4.1 Ο νευρώνας

Κάθε νευρωνικό δίκτυο αποτελείται από διασυνδεδεμένες υπολογιστικές μονάδες που ονομάζονται νευρώνες. Κάθε νευρώνας μετασχηματίζει το διάνυσμα εισόδου του δίνοντας μια μονάχα έξοδο η οποία συνδέεται με εισόδους άλλων νευρώνων όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 3-6).



Σχήμα 3-6: Νευρώνας και τυπική μορφή νευρωνικού δικτύου.

Μελέτες που αναφέρονται στην φυσιολογία του νευρικού κυττάρου έδειξαν ότι η έξοδος αποτελεί έναν μη γραμμικό μετασχηματισμό των εισόδων του. Ο προσομοιωτής που θα περιγραφούν αποτελούν προσέγγιση των μετασχηματισμών που πραγματοποιούνται στο εσωτερικό των φυσικών νευρικών κυττάρων.

Οι σημαντικότερες προσομοιώσεις είναι υπολογιστικά απλές και αποδίδουν τους βασικούς μηχανισμούς ενεργοποίησης και εκπαίδευσης του φυσικού μοντέλου ικανοποιώντας τα χαρακτηριστικά του γνωρίσματα.

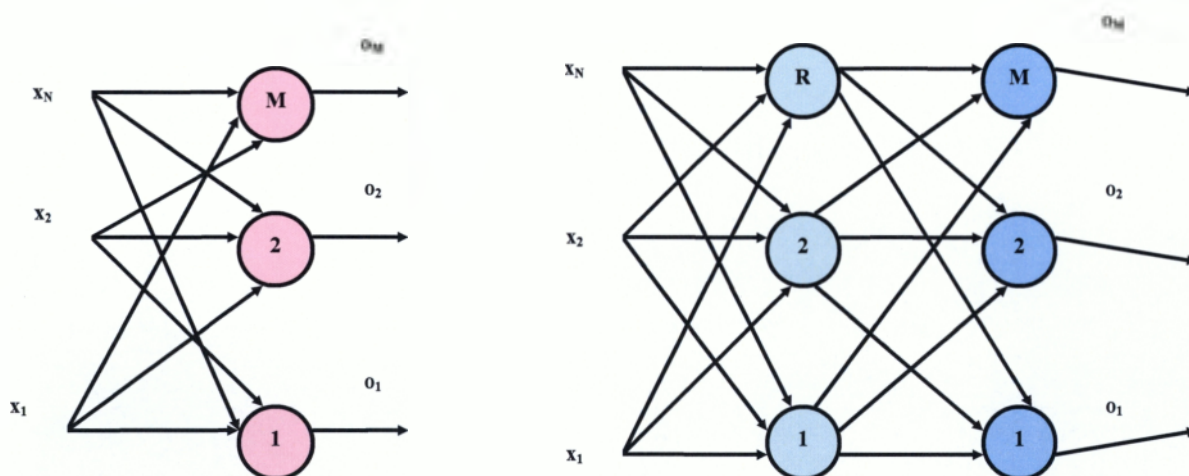
Οι περισσότερες προσομοιώσεις που έχουν προταθεί βασίστηκαν σε μελέτες του τρόπου λειτουργίας των νευρικών κυττάρων στο φυσικό τους περιβάλλον. Από την απλοποίηση των παρατηρήσεων της φυσιολογίας των νευρικών κυττάρων προέκυψαν τα διάφορα μαθηματικά μοντέλα. Το σημαντικότερο και το πλέον απλό μοντέλο περιγράφει την συμπεριφορά ενός νευρικού κυττάρου με δύο τελεστές, έναν

γραμμικό και έναν μη γραμμικό που είναι συνδεδεμένοι σε σειρά, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3-6.

Ο γραμμικός τελεστής παριστάνεται σαν το εσωτερικό γινόμενο του διανύσματος της εισόδου με το διάνυσμα της μνήμης του νευρώνα. Ο μη γραμμικός τελεστής είναι μια μη γραμμική συνάρτηση της εξόδου του γραμμικού τελεστή.

### 3.4.2 Δομή νευρωνικών δικτύων

Παρόλο που δεν υπάρχει περιορισμός για τον τρόπο με τον οποίο οργανώνονται οι συνάψεις των νευρώνων, υπάρχουν μερικές ομάδες δομών οι οποίες έχουν μελετηθεί εκτενώς και είναι αυτές οι οποίες χρησιμοποιούνται συχνότερα σε διάφορες εφαρμογές.



Σχήμα 3-7: Νευρωνικό δίκτυο ενός επιπέδου και Νευρωνικό δίκτυο πολλών επιπέδων.

Νευρωνικά δίκτυα ενός επιπέδου. Αποτελεί την πλέον απλή περίπτωση οργάνωσης ενός νευρωνικού δικτύου. Οι εισοδοί κάθε νευρώνα συνδέονται με τις αντίστοιχες εισόδους του δικτύου και η έξοδος κάθε νευρώνα αποτελεί και έξοδο του δικτύου (Σχήμα 3-7). Σε μερικές περιπτώσεις θεωρούμε ότι ο κάθε νευρώνας έχει και μια επιπλέον είσοδο η οποία συνδέεται με μια είσοδο σταθερής στάθμης.

Τα δίκτυα του επιπέδου νευρώνων χρησιμοποιούνται συνήθως σε απλά προβλήματα διότι έχουν δύο σοβαρά μειονεκτήματα:

1. Αν υποτεθεί ότι το σύστημα που πρέπει να προσομοιωθεί έχει  $N$  εισόδους και  $M$  εξόδους, τότε στην καλύτερη περίπτωση (όταν κάθε νευρώνας έχει συνάψεις που συνδέουν όλες τις εισόδους) το σύστημα προσομοίωσης έχει

$(N+1) \times M$  βαθμούς ελευθερίας, γεγονός που περιορίζει την ικανότητα του δικτύου να προσομοιώνει πολύπλοκες διανυσματικές συναρτήσεις. Ο περιορισμός αυτός την πράξη μπορεί να ξεπεραστεί επεκτείνοντας με τεχνητό τρόπο το διάνυσμα της εισόδου οπότε αυξάνουμε ταυτόχρονα και τους βαθμούς ελευθερίας του συστήματος προσομοίωσης. Η επέκταση αυτή μπορεί να επιτευχθεί όταν συνδυαστούν με γραμμικό ή με μη γραμμικό τρόπο οι αρχικές εισοδοί του συστήματος.

2. Ο δεύτερος περιορισμός έχει να κάνει με τις περιορισμένες δυνατότητες του δικτύου στην προσομοίωση των μη γραμμικών χαρακτηριστικών της συνάρτησης που είναι επιθυμητό να προσομοιωθεί. Κλασικό πρόβλημα των περιορισμένων δυνατοτήτων των νευρωνικών δικτύων ενός επιπέδου στην ταξινόμηση προτύπων αποτελεί και η αδυναμία σωστής ταξινόμησης μη γραμμικά διαχωρίσιμων προτύπων.

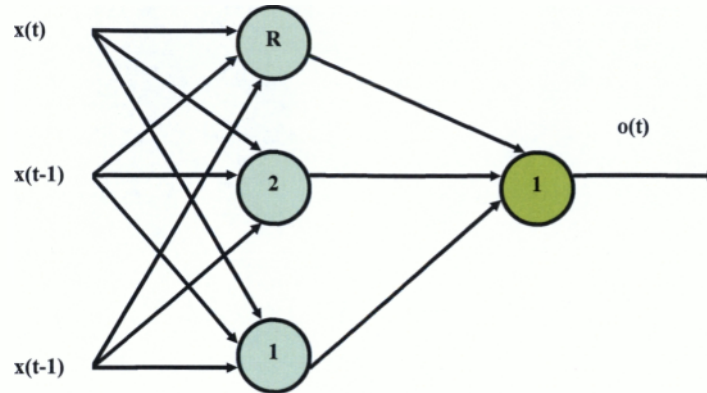
Πολυεπίπεδα νευρωνικά δίκτυα. Προσθέτοντας ένα ή περισσότερα κρυφά επίπεδα είναι δυνατό να αυξηθούν απεριόριστοι βαθμοί ελευθερίας του νευρωνικού δικτύου. Συνήθης τακτική είναι οι νευρώνες κάθε επιπέδου να συνδέονται με τις εξόδους των νευρώνων που βρίσκονται στο προηγούμενο επίπεδο (Σχήμα 3-7). Όταν ο νευρώνας συνδέεται με όλους τους νευρώνες του προηγούμενου επιπέδου η σύνδεση ονομάζεται «πλήρης», διαφορετικά ονομάζεται «μερική».

Κατά τη διάρκεια εκπαίδευσης του νευρωνικού δικτύου αν κάποιος συντελεστής βαρύτητας σύναψης πάρει την τιμή μηδέν, τότε το γεγονός αυτό ισοδυναμεί με την διακοπή σύνδεσης των νευρώνων διότι δεν μεταφέρεται πλέον πληροφορία από αυτή τη σύναψη. Στην πράξη, το δίκτυο μπορεί να εμφανίζει αρχιτεκτονική πλήρους σύνδεσης, αλλά κατά την διάρκεια της εκπαίδευσης κάποιες συνδέσεις μπορεί να αποκοπούν, γεγονός όχι σπάνιο σε πρακτικές εφαρμογές.

Στην ταξινόμηση προτύπων έχει αποδειχθεί ότι ένα δίκτυο που αποτελείται από νευρώνες perceptron δύο επιπέδων (ενός κρυφού και του επιπέδου εξόδου) μπορεί να ταξινομήσει σωστά γραμμικά και μη γραμμικά διαχωρίσιμες κατηγορίες προτύπων, ενώ ένα δίκτυο τριών επιπέδων νευρώνων μπορεί να ταξινομήσει σωστά κατηγορίες προτύπων μη γραμμικά διαχωρίσιμες που επιπλέον βρίσκονται σε διαφορετικές νησίδες στο χώρο των μετρήσεων.

Πολυεπίπεδα νευρωνικά δίκτυα έχουν χρησιμοποιηθεί με επιτυχία στην σχεδίαση πολύπλοκων συστημάτων ταξινόμησης προτύπων και καλύπτουν την πλειονότητα των εφαρμογών ταξινόμησης προτύπων με νευρωνικά δίκτυα. Αν στην

είσοδο του δικτύου το οποίο έχει μόνο μια είσοδο, τοποθετηθούν δειγματοληπτημένα σήματα διακριτού χρόνου κατά αύξουσα χρονική σειρά, τότε το δίκτυο λειτουργεί σαν ένα μη γραμμικό φίλτρο FIR (Σχήμα 3-8).



Σχήμα 3-8: Νευρωνικό δίκτυο πολλών επιπέδων σαν μη γραμμικό φίλτρο FIR.

Επανατροφοδοτούμενα νευρωνικά δίκτυα. Όταν υπάρχει έστω και μια διαδρομή μέσω της οποίας, ξεκινώντας από έναν νευρώνα και μέσω των συνάψεων και κατά την φορά ενεργοποίησης του δικτύου μπορούμε να επανέλθουμε στον νευρώνα εκκίνησης, τότε το νευρωνικό δίκτυο θα ονομάζεται επανατροφοδοτούμενο (recurrent).

Η αρχιτεκτονική αυτή προσδιορίζει στο νευρωνικό δίκτυο κάποια ιδιαίτερα χαρακτηριστικά. Οι χρονικές καθυστερήσεις δίνουν την δυνατότητα στο δίκτυο να προσομοιώσει χρονικά μεταβαλλόμενα πρότυπα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΕΜΠΟΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ

#### 4.1 Αντιβιοτικά και μολυσματικές ασθένειες

##### 4.1.1 Το σύστημα Gideon

Είναι ένα πρόγραμμα υπολογιστών για τη διάγνωση και αναφορά των μολυσματικών ασθενειών, την επιδημιολογία, τη μικροβιολογία και την αντιμικροβιακή χημειοθεραπεία. Είχε ως σκοπό να εντοπίσει τις μολυσματικές ασθένειες, βασισμένο στα συμπτώματα, τα σημάδια, την εργαστηριακή δοκιμή και το δερματολογικό σχεδιάγραμμα. Το μολυσματικό δίκτυο ασθενειών του Gideon δίνει πρόσθετη προσοχή στη χώρα προέλευσης. Η βάση δεδομένων ενσωματώνει 327 ασθένειες, 205 χώρες, 806 βακτηριακά δεδομένα και 185 αντιβακτηριακούς πράκτορες.

Το Gideon αποτελείται από 4 βασικές ενότητες:

1. Διάγνωση: Η διαγνωστική ενότητα Gideon επιτρέπει στο χρήστη να έχει πρόσβαση σε όλες τις επιδημιολογικές παραμέτρους, τους κλινικούς υπαινιγμούς, τις διαγνωστικές δοκιμές και τη βέλτιστη θεραπεία. Περιλαμβάνει τα στοιχεία που αφορούν άγνωστους όρους. Μετά από τη διευκρίνιση της πιθανής χώρας προέλευσης της ασθένειας, της απόκτησης και της εισαγωγής των συμπτωμάτων, το Gideon παρέχει έναν ταξινομημένο κατάλογο διαφορικής διάγνωσης. Για κάθε ασθένεια σε αυτόν τον κατάλογο ο χρήστης μπορεί να ανακτήσει τα σημαντικά γεγονότα όπως το κλινικό και επιδημιολογικό σχεδιάγραμμά του, τη θέση του, κ.λ.π. Επιπλέον, με το Gideon, ο χρήστης μπορεί να ερευνήσει εναλλακτικές διαγνώσεις.
2. Επιδημιολογική ενότητα: Με την επιδημιολογική ενότητα του Gideon ο χρήστης μπορεί να ανακτήσει τις επιδημιολογικές παραμέτρους ασθενειών, να έχει πρόσβαση στη θέση οποιασδήποτε ασθένειας στην τρέχουσα χώρα, να πάρει έναν κατάλογο της παγκόσμιας διανομής, να αναθεωρήσει τη θέση της τρέχουσας ασθένειας σε οποιαδήποτε χώρα και τη δυνατότητα να προσεγγιστεί ένας κατάλογος εναλλακτικών ονομάτων για μια ασθένεια. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει μια ομάδα, μια δεξαμενή, ένα διάλυμα, ένα όχημα ή μια παθογόνα χώρα και να απαριθμήσει όλες τις ασθένειες που



εγκαθιστούν αυτές τις παραμέτρους. Μπορεί να αναθεωρήσει τη θέση των μαζικών ασθενειών όπως την ελονοσία, τον κίτρινο πυρετό, τη χολέρα και τη φυματίωση.

3. Ενότητα θεραπείας: Αυτή η ενότητα παρέχει τις αναλυτικές πληροφορίες για τις επιλογές στη θεραπεία μέσω φαρμάκων, συμπεριλαμβανομένων των στοιχείων αλληλεπίδρασης ευαισθησίας και τοξικότητας, όχι μόνο στα ευρέως χρησιμοποιούμενα αντιμικροβιακά, αλλά και σε αυτά που χρησιμοποιούνται σπάνια. Ένας κατάλογος με συνώνυμα συμπεριλαμβάνει όλα τα διαθέσιμα στο εμπόριο αντιμικροβιακά παγκοσμίως. Το εμβόλιο και οι άνοσες πληροφορίες σφαιρίνης είναι ομοίως διαθέσιμα.
4. Ενότητα μικροβιολογίας: Για το σκοπό του προσδιορισμού και του χαρακτηρισμού, η μικροβιολογία Modul παρέχει τα πλήρη εργαστηριακά χαρακτηριστικά συμπεριλαμβανομένων των βιοχημικών αποτελεσμάτων της δοκιμής και τα πολιτιστικά χαρακτηριστικά, για σχεδόν 900 οργανισμούς. Με αυτήν την ενότητα, ο χρήστης μπορεί να προσδιορίσει και να συγκρίνει τους οργανισμούς μέσω μιας εγκυκλοπαίδειας πληροφοριών ενσωματωμένων σε μία πηγή.

#### 4.1.2 Το σύστημα ToxoNet

Το ToxoNet είναι ένα σύστημα βασισμένο στη γνώση που υποστηρίζει το νοσοκομειακό γιατρό στην ανάλυση των αποτελεσμάτων των δοκιμών τοξοπλάσμωσης με στόχο όχι μόνο τη διευκόλυνση της στερεότυπης εργαστηριακής εργασίας αλλά και τη βεβαίωση της ποιότητας, με τον καθορισμό των προτύπων για τη θεραπεία. Η βάση γνώσεων ToxoNet περιλαμβάνει τη γνώση που επιτρέπει στο σύστημα είτε να ανιχνεύσει είτε να αποκλείσει μια μόλυνση με την ανάλυση των αποτελεσμάτων διάφορων ορολογικών ερευνών που διεξάγονται για να ανιχνεύσουν τα τοξοπλάσματικά αντισώματα στον ορό.

Ποικίλες εξετάσεις είναι διαθέσιμες και έχουν περιληφθεί. Διαφέρουν στον τύπο αντισωμάτων και στην ποιότητα της απάντησής τους. Τα αποτελέσματα της δοκιμής επιτυγχάνονται και υποβάλλονται σε επεξεργασία με ποσοτική μορφή, ως τίτλος, ως δείκτης ή ως ποσοστό. Οι πιθανές κύριες ερμηνευτικές κατηγορίες του συστήματος είναι: οξεία (postconceptual) μόλυνση, πιθανή οξεία μόλυνση, λανθάνουσα μόλυνση (preconceptual), οροαρνητικό (seronegative) αποτελέσματα,

και ασυμβίβαστα στοιχεία. Το ΤοχοNet μπορεί να χρησιμοποιηθεί στα δίκτυα τοπικής περιοχής καθώς επίσης και μέσα από παγκόσμια δίκτυα.

## 4.2 Καρκίνος

### 4.2.1 Το σύστημα CaDet

Το CaDet είναι βασισμένο σε υπολογιστικό κλινικό σύστημα υποστήριξης απόφασης για την έγκαιρη ανίχνευση καρκίνου. Η αξιολόγηση κινδύνου εμφάνισης καρκίνου και η έγκαιρη ανίχνευση υπόκεινται στους σοβαρούς περιορισμούς σχετικών κυρίως με τους ανθρώπινους παράγοντες και με τα χαρακτηριστικά των σχετικών στοιχείων. Για να υπερνικήσει αυτά τα προβλήματα, ένα βασισμένο σε υπολογιστή σύστημα σχεδιάστηκε για να παρέχει στο νοσοκομειακό γιατρό μια σαφέστερη κλινική εικόνα και μια ενίσχυση στην κατεύθυνση των ασθενών προς τη λήψη των κατάλληλων μέτρων. Το κλινικό και επιδημιολογικό στοιχείο σχετικό με την έγκαιρη ανίχνευση καρκίνου και με τους παράγοντες κινδύνου εμφάνισης καρκίνου συλλέχθηκαν από τη βιβλιογραφία και ενσωματώθηκαν σε μια βάση δεδομένων, μαζί με κανόνες για αυτό το στοιχείο.

Τα μεμονωμένα στοιχεία που λαμβάνονται από τους ασθενείς μέσω ενός ερωτηματολογίου εισάγονται σε ένα αυτοματοποιημένο κλινικό σύστημα υποστήριξης απόφασης. Παράγεται μια έκθεση που συνοψίζει τις υποθέσεις των στοιχείων, με ένα σύστημα που απεικονίζει τους βαθμούς συναγερμού. Περιγράφονται επίσης και μερικά προκαταρκτικά αποτελέσματα της κλινικής εμπειρίας που συσσωρεύονται στη χρήση τους. Αυτά τα προκαταρκτικά αποτελέσματα προτείνουν ότι η προσέγγιση μπορεί να είναι χρήσιμη στη βελτίωση της αξιολόγησης του κινδύνου εμφάνισης καρκίνου και τη διαλογή στις αρχικές οργανώσεις προσοχής.

### 4.2.2 Το σύστημα "CANCER, ME?"

Το "Cancer, me?" είναι ένα έμπειρο σύστημα για την αυτοματοποιημένη παράδοση των προσωπικών συμβουλών και παρέχει στους χρήστες τις εξατομικευμένες πληροφορίες πρόληψης καρκίνου. Εξετάζει τις ανησυχίες όπως: «Ποιες πτυχές του τρόπου ζωής μου αυξάνουν τον κίνδυνο του καρκίνου;», «τι μπορώ εγώ να κάνω για να μειώσω εκείνο τον κίνδυνο;» και «πώς βελτιώνω τις πιθανότητες για την έγκαιρη ανίχνευση;».

Το “Cancer, me?” υποβάλλει το χρήστη σε μια συνέντευξη. Αρχίζει τις διαβουλεύσεις ρωτώντας του χρήστη εισαγωγικές και δημογραφικές ερωτήσεις και κατόπιν για το κίνητρο του χρήστη για τη χρησιμοποίηση του “Cancer, me?”. Οι κύριες διαβουλεύσεις διαιρούνται σε τέσσερα τμήματα (κάπνισμα και έκθεση σε καπνό, διατροφή, έκθεση σε ηλιακή ενέργεια και πρακτικές υγείας), τα οποία ο χρήστης μπορεί να επιλέξει σε οποιαδήποτε διάταξη. Οι πληροφορίες που συγκεντρώνονται από τις απαντήσεις του χρήστη, είτε άμεσα είτε από το συμπέρασμα, χρησιμοποιούνται στη συνέχεια σε όλες τις διαβουλεύσεις. Κατά συνέπεια, ο χρήστης εξετάζεται από στοιχεία όπως το φύλο και η ηλικία του, που μπορεί να έχουν επιπτώσεις στο συνυπολογισμό καθώς επίσης και το περιεχόμενο και τη διατύπωση των διάφορων απαντήσεων. Το “Cancer, me?” έχει χρησιμοποιηθεί από περίπου 2.000 ανθρώπους.

### **4.3 Θωρακικοί πόνοι**

#### *4.3.1 Το σύστημα ACORN*

Το ACORN είναι ένα έμπειρο σύστημα για τη διαχείριση των ασθενών με θωρακικό πόνο στην μονάδα εμφραγμάτων. Το ACORN χτίστηκε προς χρήση από τους νοσοκομειακούς γιατρούς και τις καταρτισμένες νοσοκόμες για να βοηθήσει στη διαχείριση αυτών των ασθενών.

Το σύστημα ήταν σε στερεότυπη χρήση στο νοσοκομείο του Ουέστμινστερ στο Τμήμα Ατυχήματος και Έκτακτης Ανάγκης στο Λονδίνο κατά τη διάρκεια του 1987-1990. Το 1990 το μέσο ποσοστό χρήσης ανά επιλέξιμη περίπτωση από 15 χρήστες ήταν 77%, αλλά όταν ελέγχθηκαν τα σαφή στοιχεία της χρήσης από τα αρχεία ασθενών, αυτό υπήρχε σε μόνο 23% των επιλέξιμων περιπτώσεων.

#### *4.3.2 Το σύστημα Thorask*

Το Thorask είναι ένα διαγνωστικό ιατρικό έμπειρο σύστημα, το οποίο βοηθά αυτούς που προσφέρουν ιατρικές υπηρεσίες, τα νοσοκομεία και τους προμηθευτές στη βελτιστοποίηση της επιλογής και κατάταξης των θυμάτων σε κατηγορίες με σκοπό την χορήγηση κατάλληλης αγωγής ανάλογα με τη σοβαρότητα της κατάστασης, της διάγνωσης, και της αντιμετώπισης του μη-τραυματικού θωρακικού πόνου. Το Thorask είναι ένα απλό, εύχρηστο πρόγραμμα που απαιτεί μόνο την εισαγωγή των προσεκτικά ληφθέντων κλινικών πληροφοριών.

Το πρόγραμμα διακρίνει τρεις κύριες κατηγορίες θωρακικού πόνου (χαρακτηριστική στηθάγχη, άτυπη στηθάγχη, μη-στηθάγχη). Αφότου έχει απαντήσει ο γιατρός στις βασικές ερωτήσεις για το ιστορικό του ασθενή και για κατευθυνόμενα συμπεράσματα, το πρόγραμμα επιδεικνύει έναν κατάλογο διαγνώσεων. Οι διαγνώσεις παρουσιάζονται κατά φθίνουσα αρίθμηση πιθανότητας, μαζί με τις κατ' εκτίμηση πιθανότητές τους.

Το πρόγραμμα παρέχει επίσης τις συνοπτικές περιγραφές των σχετικών κλινικών όρων και των παρουσιάσεών τους καθώς επίσης και τις συνοπτικές προτάσεις για τις διαγνωστικές προσεγγίσεις. Για λόγους τηρήσεων αρχείων, της τεκμηρίωσης και της ανάλυσης στοιχείων, υπάρχουν επιλογές για τις περιπτώσεις αποταμίευσης και εκτύπωσης.

#### **4.4 Οδοντιατρική**

##### *4.4.1 Το σύστημα RaPiD*

Το RaPiD είναι ένα βασισμένο στη γνώση σύστημα για τις μετακινούμενες μερικές οδοντοστοιχίες (RPD). Βοηθά τους πολυάσχολους επαγγελματίες να σχεδιάσουν γρήγορα τις βασισμένες σε μέταλλο μετακινούμενες μερικές οδοντοστοιχίες και εκτυπώνει ένα υψηλής ποιότητας σχέδιο για το εργαστήριο που αναλαμβάνει την κατασκευή τους.

Ένα RPD είναι μια προσθετική για την αντικατάσταση των ελλειπόντων δοντιών και του στοματικού ιστού. Αποκαθιστά την εμφάνιση του ασθενή, βελτιώνει την ομιλία, βοηθά στο μάσημα της τροφής και διατηρεί μια υγιή, σταθερή σχέση μεταξύ των υπόλοιπων φυσικών δοντιών. Το RPD παραμένει μια σημαντική μορφή θεραπείας για την προφορική αποκατάσταση στους μερικώς οδοντικούς ασθενείς που διαμορφώνουν ένα μεγάλο ποσοστό του ενήλικου πληθυσμού. (40- 60% στην Ευρώπη).

Η χρησιμοποίηση του είναι γρήγορη αφού παράγει τα σχέδια μέσα σε 3 λεπτά. Το σύστημα χρησιμοποιεί τις τεχνικές από τις βάσεις δεδομένων λογικής, δηλωτική γραφική παράσταση και, μαζί με την ειδική γνώση σχεδίου, παρέχει μια γραφική διεπαφή ύφους CAD και για εκπαιδευτική και για επαγγελματική χρήση. Γρήγορα, μπορεί αυτόματα να τοποθετήσει τα υπόλοιπα δόντια και τους συνδέσμους στις ιδανικές θέσεις τους και μπορεί να χρησιμοποιήσει την ειδική βάση δεδομένων του για να συμβουλέψει για τις αλλαγές στο σχέδιο καθώς συνεχίζεται η θεραπεία.

#### 4.4.2 Το σύστημα *Orthoplanner*

Το *Orthoplanner* είναι ένα βασισμένο στη γνώση σύστημα που παρέχει στους οδοντιάτρους τα ορθοδοντικά σχέδια επεξεργασίας για τις περιπτώσεις όπου οι σταθερές ορθοδοντικές τεχνικές συσκευών πρέπει να υιοθετηθούν.

Ενώ η μηχανική πλευρά της επεξεργασίας είναι σχετικά απλή, η επιτυχία εξαρτάται από την υιοθέτηση ενός κατάλληλου σχεδίου επεξεργασίας. Οι μελέτες έχουν δείξει ότι λιγότερα από τα μισά σχέδια επεξεργασίας που υιοθετούνται από τους επαγγελματίες είναι ιδανικά και αυτό συμβιβάζει αρκετά τα πρότυπα του αποτελέσματος.

Το *Orthoplanner* έχει αποδειχθεί ότι παρέχει τα σχέδια επεξεργασίας που έχουν την ίδια υποστήριξη με εκείνα που παράγονται από έναν μέσο σύμβουλο ορθοδοντικής με μεταπτυχιακή κατάρτιση 10 ετών (Stephens & Mackin, 1998) και αποτελείται από διαλογική γραφική παράσταση στα κλινικά στοιχεία εισαγωγής.

Εκτός από τις συμβουλές προγραμματισμού θεραπείας, το πρόγραμμα παρέχει την εκτενή κλινική υποστήριξη συμπεριλαμβανομένων των οδηγιών προς στους ασθενείς, τις προσχηματισμένες επιστολές και ένα εγχειρίδιο υπερκειμένων 200 σελίδων με 1000 ενισχυτικές αναφορές. Το *Orthoplanner* είναι σε λειτουργία σε διάφορες πρακτικές στο Ηνωμένο Βασίλειο.

### 4.5 Δερματολογία

#### 4.5.1 Το σύστημα *ILIAD V. 4.5*

Το *ILIAD V. 4.5* είναι ένα έμπειρο σύστημα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως διαγνωστικός σύμβουλος, εργαλείο αναφοράς και εκπαιδευτικό σύστημα ταυτόχρονα. Η βάση γνώσεων *ILIAD V. 4.5* καλύπτει περισσότερες από 1.200 ασθένειες στους τομείς της εσωτερικής ιατρικής, της παιδιατρικής, της δερματολογίας, της ψυχιατρικής, της μαιευτικής και της γυναικολογίας, των περιφερειακών αγγειακών ασθενειών και των αναταραχών ύπνου και παρέχει τα πρωτόκολλα θεραπείας για το κάθε ένα. Το λεξικό στοιχείων συστημάτων περιέχει 1.500 πρωτόκολλα συνδρόμων και επεξεργασίας και 11.900 συμπεράσματα, τα οποία περιγράφουν τα διαγνωστικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται στο σύστημα.



Περισσότερες από 1.400 εικόνες συμπεριλαμβάνονται για την αναφορά. ILIAD V. 4.5, το οποίο προσφέρει τρεις αρχικούς λειτουργούντες τρόπους: Διαβουλεύσεις, προσομοίωση και αναφορά.

1. Ο τρόπος διαβουλεύσεων επιτρέπει στο χρήστη για να εισαγάγει τα συμπεράσματα, όπως τα συμπτώματα, τα φυσικά σημεία και τα αποτελέσματα της εργαστηριακής δοκιμής για τους πραγματικούς ασθενείς. Κατόπιν, το ILIAD V. 4.5 παράγει έναν διαφορετικό κατάλογο διαγνώσεων, παρέχοντας επίσης τις οικονομικώς αποδοτικές προτάσεις για οποιαδήποτε διάγνωση στο διαφορετικό κατάλογο. Μόλις γίνει μια διάγνωση, το ILIAD V. 4.5 παρέχει τις προτάσεις θεραπείας για κάθε ασθένεια στη βάση γνώσεών του.
2. Σαν εκπαιδευτικό εργαλείο, το ILIAD V. 4.5 μπορεί να παραγάγει ποικίλες όμοιες περιπτώσεις ασθενών που μπορούν να βοηθήσουν τους σπουδαστές στην πρακτική και να εξετάσουν τις διαγνωστικές δεξιότητές τους έχοντας την ευκαιρία να μελετήσουν πολλές περιπτώσεις που μόνο σπάνια αντιμετωπίζουν στην πράξη. Με αυτόν τον τρόπο, το ILIAD V. 4.5 αξιολογεί τη διαφορετική στρατηγική διαγνώσεων και προετοιμασίας σπουδαστών.
3. Ο τρόπος αναφοράς παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα να ελεγχθεί βιαστικά η εκτενής ιατρική βιβλιοθήκη αναφοράς ILIAD V. 4.5.

## 4.6 Φάρμακα και τοξικολογία

### 4.6.1 Το σύστημα *DoseChecker*

Το *DoseChecker* έχει ως σκοπό να βοηθήσει τους γιατρούς με τον έλεγχο των διαταγών φαρμάκων για ένα σύνολο φαρμάκων, το οποίο πρέπει να υπολογίσει προσεκτικά τη δόση για τους ασθενείς. Ορισμένοι τύποι φαρμάκων απαιτούν την προσεκτική ποσοτική χορήγηση της δόσης, ιδιαίτερα στους ασθενείς με τη νεφρική ανεπάρκεια. Σε αυτούς τους ασθενείς, οι συγκεντρώσεις φαρμάκων μπορούν να χτίσουν στα τοξικά επίπεδα. Κατόπιν οι αποφάσεις χορήγησης της δόσης φαρμάκων πρέπει να εστιάσουν στη διατήρηση των συγκεντρώσεων, οι οποίες μεγιστοποιούν τα θεραπευτικά αποτελέσματα, ελέγχοντας τον κίνδυνο τοξικότητας.

Η νεφρική λειτουργία ποικίλλει με την πάροδο του χρόνου και μπορεί να υπολογιστεί ως λειτουργία της υπολογισμένης εκκαθάρισης κρεατινίνης. Το *DoseChecker* είναι ένα έμπειρο σύστημα, το οποίο ελέγχει τους ασθενείς με τις

ενεργές γνωστές διαταγές για τα φάρμακα ώστε να απαιτούν την προσεκτική χορήγηση της δόσης. Χρησιμοποιώντας τις παραμέτρους όπως η κρεατινίνη βάρους και ορών, το DoseChecker υπολογίζει την εκκαθάριση κρεατινίνης και εφαρμόζει ένα σύνολο οδηγιών χορήγησης της δόσης που αναπτύσσονται από τους φαρμακοκινητικούς εμπειρογνώμονες για να καθορίσουν εάν η χορήγηση της δόσης είναι κατάλληλη.

Εάν δεν εμπίπτει στις καθορισμένες οδηγίες, ο φαρμακοποιός συσκέπτεται με τον γιατρό του ασθενή για να καθορίσει εάν η δόση πρέπει να ρυθμιστεί. Το DoseChecker χρησιμοποιεί μια σχεσιακή βάση δεδομένων που περιέχει τις δημογραφικές πληροφορίες ασθενών και τα κλινικά στοιχεία. Οι πιθανές παραβιάσεις χορήγησης της δόσης αποθηκεύονται έτσι ώστε οι τάσεις να μπορούν να ανιχνευθούν.

#### 4.6.2 Το σύστημα SETH

Το SETH είναι ένα έμπειρο σύστημα για τη διαχείριση της οξείας δηλητηρίασης από τη χορήγηση φαρμάκων. Ο στόχος του SETH είναι να δοθούν οι συγκεκριμένες συμβουλές σχετικά με την επεξεργασία και τον έλεγχο της δηλητηρίασης από τη χορήγηση φαρμάκων. Η βάση δεδομένων περιέχει τα 1.153 τοξικότερα ή τα πολύ συχνά ληφθέντα γαλλικά φάρμακα από 78 διαφορετικές τοξικολογικές κατηγορίες.

Το έμπειρο σύστημα SETH μιμείται τον ειδικό συλλογισμό, λαμβάνοντας υπόψη για κάθε τοξικολογική κατηγορία την καθυστέρηση, τα κλινικά συμπτώματα και τη ληφθείσα δόση. Παράγει τις ακριβείς συμβουλές ελέγχου και επεξεργασίας, εξετάζοντας επίσης τις αλληλεπιδράσεις φαρμάκων και τις εξαιρέσεις.

Η εφαρμογή SETH άρχισε τον Απριλίου του 1992 στο Κέντρο Ελέγχου δηλητηριάσεων της Γαλλίας και έπειτα χρησιμοποιήθηκε σε καθημερινή βάση από τους κατοίκους ως υποστήριξη τηλεφωνικής απάντησης στη δηλητηρίαση φαρμάκων. Το SETH είναι τώρα σε λειτουργία στο Πανεπιστημιακό Νοσοκομείο του Ρουέν από το 1992, και στην εξωτερική αξιολόγηση σε 3 γαλλικά κέντρα ελέγχου δηλητηριάσεων (Γκρενόμπλ, Λίλ, Ναντ).

## 4.7 Επειγοντολογία

### 4.7.1 Το σύστημα PEPID

Το PEPID σχεδιάστηκε για τους γιατρούς και τους σπουδαστές ιατρικής για να παρουσιάσει τα διοικητικά προϊόντα πρώτης ανάγκης, ουσιαστικά δηλαδή για όλα τα ιατρικά προβλήματα ναρκωτικών που αντιμετωπίστηκαν στην έκτακτη ανάγκη ή τις επείγουσες τοποθετήσεις φροντίδας.

Το PEPID προβαίνει στις συστάσεις διαγνώσεων, παθοφυσιολογίας και θεραπείας για πάνω από 1.100 περιπτώσεις. Περιέχει τις πληροφορίες για τη διαχείριση τραύματος, την παιδιατρική, την ορθοπεδική και την τοξικολογία, παραθέτοντας συμβουλές για τη γενική διαχείριση, τις υπερβολικές δόσεις, τα αντίδοτα, τις επαγγελματικές εκθέσεις, τις γενικές τοξίνες και έναν κατάλογο κέντρων ελέγχου δηλητηριάσεων.

Δεδομένου ότι το PEPID έχει αναπτυχθεί για την χρήση σε επείγουσα περίπτωση, έχει μια φιλική προς το χρήστη διεπαφή. Μια απλή τεχνική επιτρέπει τη γρήγορη αφομοίωση των πληροφοριών. Επιτρέπει στον γιατρό να έχει πρόσβαση στο πρόγραμμα ακόμα και σε επείγουσες περιπτώσεις.

## 4.8 Οικογενειακή πρακτική

### 4.8.1 Το σύστημα DiagnosisPro

Το DiagnosisPro είναι ένα διαλογικό λογισμικό υποστήριξης απόφασης που παρέχει τη διαφορική διάγνωση στον τομέα της γενικής εσωτερικής ιατρικής, της οικογενειακής πρακτικής, της παιδιατρικής, της γεροντολογίας και της γυναικολογίας.

Αφότου έχει εισαγάγει ο γιατρός τις σημαντικότερες ιδιότητες (σημάδια, συμπτώματα, αποτελέσματα εργαστηρίων, αποτελέσματα ακτινογραφιών) το σύστημα παράγει έναν κατάλογο πιθανών ασθενειών που κατανέμονται σε ιεραρχικό σχήμα. Από οποιαδήποτε ασθένεια στον κατάλογο, ο γιατρός παίρνει μια στιγμιαία αναθεώρηση, συμπεριλαμβανομένων των κλινικών παρουσιάσεων και των χαρακτηριστικών, τις συνιστώμενες δοκιμές εργαστηρίων, την παθοφυσιολογία, τις επιπλοκές και άλλα στοιχεία. Ο γιατρός μπορεί επίσης να αποκλείσει ή να επιβεβαιώσει μια ασθένεια με την είσοδο του ονόματος της ασθένειας και να λάβει όλες τις πληροφορίες που συνδέονται με αυτή.

Το DiagnosisPro είναι επίσης εξαιρετικά χρήσιμο όταν υπάρχουν συγκρούσεις σε ένα ιατρικό πρόβλημα. Με μια περιεκτική βάση δεδομένων που συντάσσεται από περισσότερα από 50 κύρια ιατρικά εγχειρίδια και περιοδικά, το πρόγραμμα δίνει στον γιατρό και στους επαγγελματίες υγείας γρήγορη πρόσβαση σε περισσότερες από 15.000 εκδηλώσεις ασθενειών, 9.000 ασθένειες και 140.000 σχέσεις που καλύπτουν τις σημαντικότερες ειδικότητες.

## 4.9 Γενετική

### 4.9.1 Το σύστημα Geninfer

Το Geninfer είχε ως σκοπό να βοηθήσει τους γιατρούς και τους επιστήμονες γενετικής στην αξιολόγηση του κινδύνου επανάληψης των γενετικών αναταραχών βασισμένων στην ανάλυση της οικογενειακής καταγωγής. Η παρούσα έκδοση του προγράμματος ενσωματώνει μια κατάλληλη γραφική διεπαφή που επιτρέπει στους επιστήμονες να σύρουν, να εξετάσουν και να τροποποιήσουν την οικογενειακή καταγωγή και να εισαγάγουν πληροφορίες σχετικές με την ανάλυση κινδύνου.

Περιλαμβάνει επίσης έναν γενικής χρήσης Μπεϋζιανό μηχανισμό συμπεράσματος που επιτρέπει το γρήγορο υπολογισμό και την επίδειξη των πιθανοτήτων των διάφορων γενετικών τύπων. Αυτό είναι δυνατό ακόμη και παρουσία των σύνθετων καταγωγών με πολλαπλάσια όμαιμα ταιριάσματα.

Η δυνατότητα να υποστηριχθεί ο γρήγορος υπολογισμός επιτρέπει επίσης στο χρήστη να εκτελέσει αναλύσεις ευαισθησίας. Οι προγραμματισμένες επεκτάσεις περιλαμβάνουν τη θεραπεία αυτών των περιορισμών, την ενσωμάτωση ενός αλγορίθμου για την αυτοματοποιημένη επαναμορφοποίηση (σχεδιάγραμμα) μιας καταγωγής ύπαρξης, την βελτίωση στα γενετικά πρότυπα πληθυσμών που χρησιμοποιούνται από το πρόγραμμα και των συνδέσεων στις εξωτερικές βάσεις δεδομένων για την απόκτηση των στοιχείων όσον αφορά την επίπτωση ασθενειών, των σχεδίων της κληρονομικότητας, των ποσοστών μεταλλαγής, της διεισδυτικότητας, κ.λ.π.

### 4.10 Το σύστημα ICD

Η διεθνής στατιστική ταξινόμηση των ασθενειών και των σχετικών προβλημάτων υγείας (που είναι γνωστών ο συνηθέστερα από τη σύντμηση ICD) παρέχει τους κώδικες για την ταξινόμηση των ασθενειών και μια ευρεία ποικιλία των

σημαδιών, των συμπτωμάτων, των ανώμαλων συμπερασμάτων, των καταγγελιών, των κοινωνικών περιστάσεων και των εξωτερικών αιτιών τραυματισμών ή ασθενειών.

Κάθε συνθήκη υγιεινής μπορεί να οριστεί σε μια μοναδική κατηγορία και να της δοθεί ένας κώδικας, μέχρι έξι χαρακτήρων. Τέτοιες κατηγορίες μπορούν να περιλάβουν ένα σύνολο παρόμοιων ασθενειών. Η διεθνής ταξινόμηση των ασθενειών δημοσιεύεται από την Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας (Π.Ο.Υ.).

Το ICD χρησιμοποιείται παγκοσμίως για τις στατιστικές νοσηρότητας και θνησιμότητας, τα συστήματα αποζημιώσεων και την αυτοματοποιημένη υποστήριξη απόφασης στην ιατρική. Αυτό το σύστημα σχεδιάζεται για να προωθήσει τη διεθνή συγκρισιμότητα στη συλλογή, την επεξεργασία, την ταξινόμηση, και την παρουσίαση αυτών των στατιστικών. Μια σημαντική εναλλακτική λύση της κωδικοποίησης ICD είναι το διαγνωστικό και στατιστικό εγχειρίδιο της αμερικανικής ψυχιατρικής ένωσης (APA) των διανοητικών διαταραχών (DSM), το οποίο είναι το αρχικό διαγνωστικό σύστημα για τις ψυχιατρικές και ψυχολογικές διαταραχές μέσα στις Ηνωμένες Πολιτείες και χρησιμοποιείται ως διαγνωστικό σύστημα προσθηκών σε πολλές άλλες χώρες.

#### **4.11 Το σύστημα VisualDx**

Το VisualDx είναι ένα σημαντικό σύστημα με σκοπό να δώσει στους ιατρούς παθολόγους τη διαγνωστική πείρα των ειδικών. Παρέχει τη στιγμιαία πρόσβαση σε περισσότερες από 14.000 εικόνες που βοηθούν στον εντοπισμό περισσότερων από 800 οπτικά ευπροσδιόριστων ασθενειών, τις αντιδράσεις φαρμάκων ή τις μολύνσεις.

Για να χρησιμοποιήσουν την τεχνολογία, οι νοσοκομειακοί γιατροί εισάγουν τα συμπτώματα του ασθενή τους και άλλα κλινικά συμπεράσματα όπως ο τύπος τραυμάτων, η θέση σωμάτων, το ιατρικό ιστορικό, τα φάρμακα, κ.λπ., κατόπιν τις φωτογραφίες επιδείξεων συστημάτων και κλειδώνουν τις κλινικές πληροφορίες για όλες τις σχετικές διαγνώσεις για γρήγορη σύγκριση των ασθενών τους

Το VisualDx οργανώνεται για να ταιριάζει με τον τρόπο που ένας γιατρός σκέφτεται για τα συμπτώματα και τις διαγνώσεις και παρουσιάζει πολλαπλές εικόνες κάθε ασθένειας. Επιπλέον, το VisualDx διευκολύνει την άμεση πρόσβαση στις συγκεκριμένες, αγωγήμες κλινικές πληροφορίες και τη διορατικότητα από τους εμπειρογνώμονες παθολόγους, που περιλαμβάνουν: σύνοψη διαγνώσεων, τι να ψάξει, καλύτερες δοκιμές, διαφορικό, διαχείριση, θεραπεία



#### 4.12 Το σύστημα Isabel

Το Isabel είναι κλινικό σύστημα υποστήριξης απόφασης που έχει σκοπό να βελτιώσει την ποιότητα της απόφασης της διάγνωσης. Το μοναδικό χαρακτηριστικό γνώρισμά του είναι ένα σύστημα υπενθυμίσεων διαγνώσεων. Για ένα δεδομένο σύνολο κλινικών χαρακτηριστικών γνωρισμάτων, το Isabel παρέχει αμέσως έναν πίνακα ελέγχου των πιθανών διαγνώσεων συμπεριλαμβανομένων βιοτραυματικών όρων, των σχετικών διαγνώσεων και των αιτιολογικών της χορήγησης φαρμάκων.

Το Isabel όχι μόνο βοηθά στην παραγωγή της σωστής διάγνωσης αλλά και στην κινητοποίηση της γνώσης. Το σύστημα βοηθά στην απάντηση των ιατρικών ερωτήσεων με την ενημερωμένη γνώση.

Το Isabel χρησιμοποιεί λογισμικό επεξεργασίας φυσικής γλώσσας σε αντιδιαστολή με τις τυποποιημένες αναζητήσεις βασικής λέξης. Στις μελέτες και τις κλινικές δοκιμές, το Isabel έχει αποδείξει ότι είναι γρήγορο, εύχρηστο, βελτιώνει την ασφάλεια των ασθενών και την ποιότητα της φροντίδας.

#### 4.13 Το σύστημα QMR

Η γρήγορη ιατρική αναφορά QMR είναι ένα διαγνωστικό σύστημα υποστήριξης απόφασης με μια βάση γνώσεων των ασθενειών, των διαγνώσεων, των συμπερασμάτων, των ενώσεων ασθενειών και των πληροφοριών των εργαστηρίων. Με πληροφορίες από την αρχική ιατρική βιβλιογραφία για σχεδόν 700 ασθένειες και περισσότερα από 5.000 συμπτώματα, σημάδια και εργαστήρια, μπορεί να προτείνει τις σχετικές διαγνώσεις, να δώσει συμβουλές για τις οικονομικώς αποδοτικές στρατηγικές προετοιμασίας, και να εξηγήσει τις σχέσεις των συμπερασμάτων στις ασθένειες.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα κλινικά πληροφοριακά συστήματα ορίζονται ως προϊόντα που προορίζονται για χρήση από γιατρούς, υποστηρίζουν λειτουργίες που σχετίζονται με τη θεραπεία των ασθενών και ταυτίζονται με τα πληροφοριακά συστήματα νοσοκομείων, τα οποία αναφέρονται στο ίδρυμα σαν σύνολο και περιλαμβάνουν κλινικές, διοικητικές, οικονομικές και εργαστηριακές λειτουργίες.

Η δομή των νοσοκομειακών πληροφοριακών συστημάτων διαφέρει, αλλά όλες οι σχετικές έρευνες που έχουν διεξαχθεί καταλήγουν στο ότι υπάρχουν κοινοί στόχοι. Επομένως, οι στόχοι των πληροφοριακών συστημάτων των νοσοκομείων είναι η βελτίωση της φροντίδας των ασθενών, η βελτίωση της διαχείρισης των νοσοκομείων και η βελτίωση του ρόλου του νοσοκομείου στο ευρύτερο σύστημα υγείας στο οποίο ανήκει. Είναι εφικτό, μέσω ενός πληροφοριακού συστήματος, κάποιο νοσοκομείο να μπορέσει να συνδεθεί και με άλλα συστήματα υγείας και να αποτελέσει συστατικό τους στέλεχος.

Όμως, η ενσωμάτωση της ιατρικής γνώσης και προόδου μέσα σε ένα κλινικό πλαίσιο είναι δύσκολη λόγω των εμπλεκόμενων αλγορίθμων και πρωτοκόλλων. Εδώ εμφανίζονται τα Κλινικά Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων, τα οποία βοηθούν τους νοσοκομειακούς γιατρούς να θέσουν σε εφαρμογή νέες πληροφορίες στην φροντίδα των ασθενών μέσα από την ανάλυση συγκεκριμένων κλινικών μεταβλητών.

Ένα ιδανικό κλινικό σύστημα πληροφοριών θα προειδοποιούσε τους γιατρούς όταν θα εξάγονταν αποτελέσματα από την εισαγωγή δεδομένων των εργαστηριακών δοκιμών. Τα εξαγόμενα στοιχεία για έναν συγκεκριμένο ασθενή θα μπορούσαν έπειτα να συγκριθούν με τον γενικό πληθυσμό για να δείξουν εάν το στοιχείο είναι ομαλό ή απαιτεί περαιτέρω ανάλυση.

Πολλά οφέλη έχουν αναφερθεί σχετικά με τα κλινικά συστήματα υποστήριξης αποφάσεων. Τα πιο σημαντικά από αυτά αναφέρονται στη βελτίωση της ασφάλειας του ασθενή, στη βελτιωμένη ποιότητα της φροντίδας, στη βελτιωμένη αποδοτικότητα στην παράδοση υγειονομικής περίθαλψης και στο χρόνο που απελευθερώνεται για την φροντίδα των ασθενών.

Οι μέθοδοι υλοποίησης συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες. Η μία είναι τα έμπειρα συστήματα, τα οποία είναι ευφυή προγράμματα υπολογιστή που χρησιμοποιούν γνώση και μηχανισμούς εξαγωγής συμπερασμάτων για να λύσουν τα προβλήματα τα οποία απαιτούν σημαντική ανθρώπινη εμπειρία για να επιλυθούν σε έναν εξειδικευμένο τομέα γνώσης.

Μια άλλη κατηγορία είναι τα συστήματα βασισμένα στη γνώση. Με κίνητρο το όραμα για τη δημιουργία ευφύων υπολογιστών που θα είχαν τη δυνατότητα να επεξεργαστούν και να αποθηκεύσουν απέραντα πεδία γνώσης, αναπτύχθηκαν κλινικά διαγνωστικά συστήματα υποστήριξης απόφασης στην ιατρική με την εξέλιξη ιδιαίτερων κλινικών αλγορίθμων που χρησιμοποιήθηκαν για να αυτοματοποιήσουν τους απαραίτητους υπολογισμούς. Προοδευτικά χρησιμοποιήθηκαν κλινικές τράπεζες δεδομένων από κοινού με ορισμένες αναλυτικές λειτουργίες. Τα βασισμένα στη γνώση συστήματα έγιναν όλο και περισσότερο αποδεκτά ως τμήμα των κλινικών εργαλείων ενίσχυσης απόφασης.

Η τρίτη κατηγορία είναι η αναγνώριση προτύπων, η οποία μπορεί να περιγραφεί σαν μια διαδικασία με την οποία σήματα του περιβάλλοντος χώρου που αντιστοιχούν σε ένα αντικείμενο, ταξινομούνται σε μία από ένα πεπερασμένο σύνολο κατηγοριών.

Τελευταία κατηγορία είναι τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα, τα οποία είναι συστήματα ταξινόμησης προτύπων που περιέχουν διασυνδεδεμένες μη γραμμικές

υπολογιστικές μονάδες. Τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των μηχανισμών των νευρωνικών δικτύων είναι η μη γραμμικότητα, η εκπαίδευση από παράδειγμα, η προσαρμογή, η αντοχή σε διακοπές συνδέσεων και λειτουργιών νευρώνων, η ομοιότητα λειτουργίας των νευρώνων και η παράλληλη επεξεργασία δεδομένων.

Σήμερα, χρησιμοποιούνται εμπορικά συστήματα υποστήριξης αποφάσεων που αφορούν την ιατρική και τη φαρμακολογία. Τα συστήματα αυτά είναι υπολογιστικά προγράμματα που δίνουν συμβουλές ή ακόμα κάνουν τις διαγνώσεις διαφόρων περιστατικών και καλύπτουν ευρύ φάσμα ασθενειών ανά ιατρική ειδικότητα.

Εν κατακλείδι και σύμφωνα με αυτά που προκύπτουν από τα προαναφερθέντα, η εφαρμογή των κλινικών συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων μπορεί να είναι συμφέρουσα στη διαδικασία παράδοσης υγειονομικής φροντίδας, αφού μεγάλος όγκος πληροφοριών είναι διαθέσιμος για τους επαγγελματίες υγείας και τους βοηθάει στην μείωση των λαθών κατά την άσκηση του επαγγέλματος τους.

Στην Ελλάδα, η εφαρμογή τέτοιων συστημάτων δεν είναι διαδεδομένη, αλλά υπάρχουν οι βάσεις που μπορούν να υποστηρίξουν τη χρησιμοποίησή τους. Και καθώς το Εθνικό Σύστημα Υγείας είναι ενιαίο, η παρουσία και η χρήση των συστημάτων αυτών θα αύξανε την αποδοτικότητα της παροχής υγειονομικής περίθαλψης στη χώρα και θα συνέδεε το Ε.Σ.Υ. με τα εθνικά συστήματα υγείας των υπόλοιπων ευρωπαϊκών χωρών.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ❖ Βαγγελάτος Α., Σαριβουγιούκας Ι., *Πληροφοριακό σύστημα νοσοκομείου: Απαραίτητη υποδομή στο σύγχρονο νοσοκομείο*, Εκδόσεις ΒΗΤΑ, Αθήνα 2002
- ❖ Δρ Γιώργος Γεωργίου, *Σημειώσεις μαθήματος «Αναγνώριση προτύπων»*, Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου 2004
- ❖ Ευάγγελος Δερματάς, *Αναγνώριση προτύπων*, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Ηλεκτρονικών Υπολογιστών, Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών
- ❖ Δέτσικας Νικόλαος, Αδαμίδης Δημήτριος, Σταβέρης Στυλιανός, *Συστήματα υποστήριξης αποφάσεων εκχώρησης πόρων*, Εργασία στο μάθημα «Προηγμένα πληροφοριακά συστήματα», Πάτρα 1999
- ❖ Αντωνία Τζαμπάζη, *Σχεδιασμός και υλοποίηση πρότυπου πληροφοριακού συστήματος για την διαχείριση φαρμάκων σε δημόσιο νοσοκομείο*, Μεταπτυχιακή εργασία, Ξάνθη 2006
- ❖ Ομάδα εργασίας Ζ3, *Διαλειτουργικότητα Πληροφοριακών Συστημάτων στην Υγεία, Πρόνοια και Κοινωνική Ασφάλιση: προοπτικές και ανάγκες τελικών χρηστών*, E-Business Forum, Φεβρουάριος 2005
- ❖ Avgerou C. And Cornford T., *Developing Information Systems: Concepts, Issues and Practice*, Basingstroke, UK: Macmillan, 1993
- ❖ Barahona P. And Christensen J.P., *Knowledge and Decision in Health Telematics*, EPISTOL, Decision Support Proceedings, Netherlands: IOS Press, 1994
- ❖ Berner S., *Clinical Decision Support Systems: Theory and Practice*, Sprigner, NY, ed Eta, , 1998.
- ❖ Checkland P., *Systems Thinking, Systems Peactice*, ChiChester, UK: John Wiley & Sons, 1981
- ❖ Checkland P. And Scholes L., *Soft Systems Methology In Action*, Chichester, UK: John Wiley & Sons, 1990
- ❖ Degoulet P., Fieschi M., *Introdustion to Clinical Informatics*, Springer Verlag, New York 1997
- ❖ European Prestandard Medical Informatics, *Medical ainformation Architecture, Part 1*, Healthcare Middleware Layer, March 1997

- ❖ Hasselbring W., *On Defining Computer Science Terminology*, COMMUNICATIONS OF THE ACM, 1999
- ❖ Smith J., *Health management Information Systems, A handbook for decision makers*, Open University Press, Buckingham, Philadelphia 2000
- ❖ Zviran M., *Defining the application portofolio for an integrated hospital management information system*, Journal of Medical Systems, 1990



## ΠΗΓΕΣ

- ❖ Κοινωνία της Πληροφορίας, *Συμπλήρωμα Προγραμματισμού: Τεχνικό Δελτίο Μέτρον 2.6*, 3<sup>η</sup> Επιτροπή Παρακολούθησης του Ε.Π.ΚτΠ, 2003
- ❖ Κοινωνία της Πληροφορίας, *Συμπλήρωμα Προγραμματισμού: Τεχνικό Δελτίο Μέτρον 2.7*, 3<sup>η</sup> Επιτροπή Παρακολούθησης του Ε.Π.ΚτΠ, 2003
- ❖ Υπουργείο Εθνικής Οικονομίας, Υπουργείο Εσωτερικών, Δημόσιας Διοίκησης και Αποκέντρωσης, *Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Κοινωνία της Πληροφορίας»*, Γ' Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης 2000 - 2006
- ❖ Υπουργείο Υγείας και Κοινωνικής Αλληλεγγύης, *Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Υγεία και πρόνοια 2000 - 2006»*, Γ' Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης, Αριθμός Απόφασης Ε (2001) 583/4-4-2001
- ❖ Frize M., Taylor KB, Nickerson BG, Solven FG, Borkar H., *A Knowledge – based System for the Intensive Care Unit*. Proc of the 15<sup>th</sup> Ann. Int. Conf. IEEE/EMBS, 1993; San Diego : 677-678.
- ❖ Garg A.X., Adhikari N.K., McDonald H., Rosas-Arellano M.P., Devereaux P.J., Beyene J., Et al., *Effects of computerized clinical decision support systems on practitioner performance and patient outcomes: A systematic review*. JAMA 2005 ; 293 : 1223 – 38, (Abstract / Free Full Text).
- ❖ Kawamoto K., Houlihan C.A., Balas E.A., Lobach D.F., *Improving clinical practice using decision support systems: A systematic review of randomized controlled trials to identify system features critical to success*, BMJ 2005 ; 330 : 765-8.
- ❖ Sim I., Gorman P., Greenes R.A., Haynes R.B., Kaplan B., Lehmann H., et al., *Clinical decision support systems for the practice of evidence – based medicine*. J Am Med Informatics Assoc 2001 ; 8 : 527 – 34 (Abstract / Free Full Text).
- ❖ <http://www.coeira.com>
- ❖ <http://www.geocities.com>
- ❖ <http://www.cwru.edu>
- ❖ <http://www.google.gr>
- ❖ <http://wikipedia.com>