



Τμήμα Τεχνολογίας Ιατρικών Οργάνων
Εργαστήριο Βιοϊατρικής Τεχνολογίας

Διαγνωστικός Συλλογισμός και Λήψη Ιατρικής Απόφασης

Δρ. Βασίλης Σπυρόπουλος

Τμήμα Τεχνολογίας Ιατρικών Οργάνων
Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών Τεχνολογικό
Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Αθήνας



Η αφετηρία του διαγνωστικού συλλογισμού

- Οι παραδοχές, η ταξινόμηση και οι μέθοδοι που εμπλέκονται στην Διαγνωστική και Θεραπευτική Διαδικασία, καθορίζονται από το *ισχύον κάθε εποχή* θεωρητικό μοντέλο της Νόσου.
- Οι σύγχρονες Διαγνωστικές διαδικασίες *συνδέονται στενά* με την χρήση της Βιοϊατρικής Τεχνολογίας.
- Συνίστανται δε, στην συλλογή και επεξεργασία πληροφοριών (*δεδομένων της κλινικής εξέτασης, in vitro εργαστηριακών παραμέτρων, βιοσημάτων, ιατρικών εικόνων κλπ.*) και την αξιολόγηση μέσω αυτών, του συγκεκριμένου ασθενούς.



Η μεθοδολογική προσέγγιση

Η μεθοδολογική προσέγγιση ενός διαγνωστικού συλλογισμού, απαιτεί την σύγκριση:

- ◆ *Ενός συνόλου δεδομένων, τα οποία έχουν συλλεχθεί από τον ασθενή και αναπαριστούν την **κατάστασή** του.*
- ◆ *Ενός ομοίου συνόλου αναφοράς δεδομένων, τα οποία αναπαριστούν την **κανονική κατάσταση**.*
- ◆ *Η διαφορά των δύο συνόλων αποτελούν το σύνολο των **συμπτωμάτων** του ασθενούς, το οποίο οδηγεί στην επιτυχή διαφορική διάγνωση, η οποία και αποτελεί τον γνωσιο-θεωρητικό πυρήνα της Ιατρικής.*



Λανθάνουσες Παραδοχές

- Η Νόσος εκδηλώνεται μέσω σειράς αλλοιώσεων μορφολογικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών, τα οποία αναμένεται να εμφανισθούν μέσω των δεδομένων της κλινικής εξέτασης, των βιοχημικών παραμέτρων, των βιοσημάτων, των ιατρικών εικόνων.
- Υπάρχει μια καλώς ορισμένη περιοχή διακύμανσης των βιολογικών δεδομένων, η οποία αντιστοιχεί εμπειρικά σε μία φυσιολογική κατάσταση.
- Δεδομένα τα οποία υπερβαίνουν αυτή την περιοχή διακύμανσης υποδεικνύουν μη φυσιολογική κατάσταση του ατόμου.

Η αναλογία των περιπτώσεων

- Μια πολύ σημαντική παραδοχή είναι ότι, η ανίχνευση ενός επαρκούς **συνόλου διατεταραγμένων δεδομένων**, επιτρέπει την εξαγωγή συμπεράσματος, για την παρουσία μιας συγκεκριμένης **Νόσου**, η οποία προκαλείται από τους ίδιους παθογόνους παράγοντες, οι οποίοι έχουν παρατηρηθεί να προκαλούν τις ίδιες ή παρόμοιες διαταραχές (συμπτώματα), σε μια **περίπτωση αναφοράς**.
- Οι παραδοχές αυτές **δεν ισχύουν** πάντα και συχνά είναι δύσκολο ή και αδύνατο να πληρούνται, κυρίως λόγω του τεράστιου αριθμού σχετικών παραμέτρων.

Η διαγνωστική αίσθηση

- Η διαγνωστική διαδικασία μπορεί να ολοκληρωθεί επιτυχώς, γιατί η τυχόν έλλειψη πληροφοριών, αντικαθίσταται από την λεγόμενη “διαγνωστική αίσθηση“, την οποία αναπτύσσει ο γιατρός.
- Αυτή βασίζεται στην εμπειρία του και στην υπόθεση της ομοιογένειας και κανονικότητας των φαινομένων.
- Το βήμα από την διάγνωση στην αγωγή βασίζεται στην προσδοκία, ότι το σώμα συμπεριφέρεται με τον ίδιο τρόπο, κάτω από ομοιες περιστάσεις.



Η “ Ιατρική Αυθεντία “

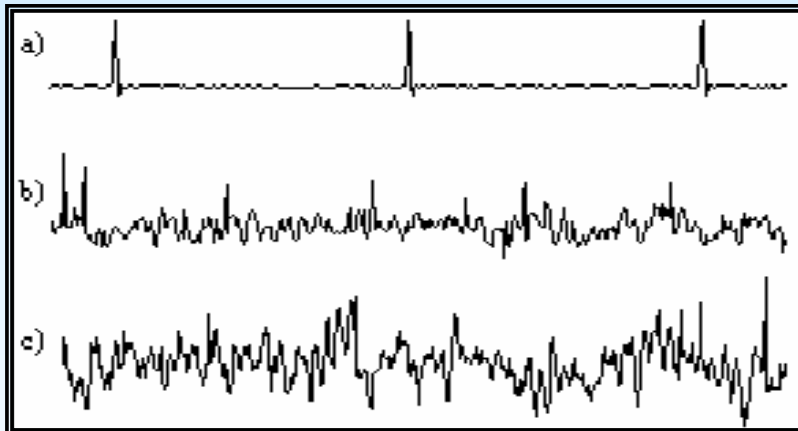
- Η συζήτηση αυτή προϋποθέτει την ύπαρξη μιας “ιδιότητας” ορισμένων ατόμων, στην οποία θα αναφερόμαστε με τον όρο “*Ιατρική Αυθεντία*” (medical expertise).
- Η “ιδιότητα” αυτή περιλαμβάνει:
 - ◆ *Ταξινομημένες ιατρικές πληροφορίες (γνώση).*
 - ◆ *Κριτήρια λογικής αποτίμησης συλλογισμών.*
 - ◆ *Κανόνες επιλογής που επιτρέπουν την κατάλληλη χρήση της αποκτηθείσης γνώσης.*
 - ◆ *Σημαντική συνιστώσα της Ιατρικής Αυθεντίας αποτελεί η αναφερθείσα διαγνωστική αίσθηση.*



Συστήματα Υποστήριξης της διαδικασίας Λήψης Ιατρικής Απόφασης

- Κεντρικό ερώτημα της σύγχρονης Τεχνολογικής Έρευνας στην Ιατρική, είναι το κατά πόσον η “Ιατρική Αυθεντία” μπορεί να τυποποιηθεί και να μεταφερθεί σε ένα κατάλληλο σύστημα.
- Αυτή η μεταφορά πρέπει να ικανοποιεί ορισμένες προϋποθέσεις και να διαθέτει:
 - ◆ *Μια Βάση Ιατρικής Γνώσης, κωδικοποιημένης και ταξινομημένης κατάλληλα.*
 - ◆ *Αλγορίθμους μαθηματικής ερμηνείας των ιατρικών κριτηρίων αποτίμησης και επιλογής.*
 - ◆ *Ενσωματωμένη, ει δυνατόν, “διαγνωστική αίσθηση”.*

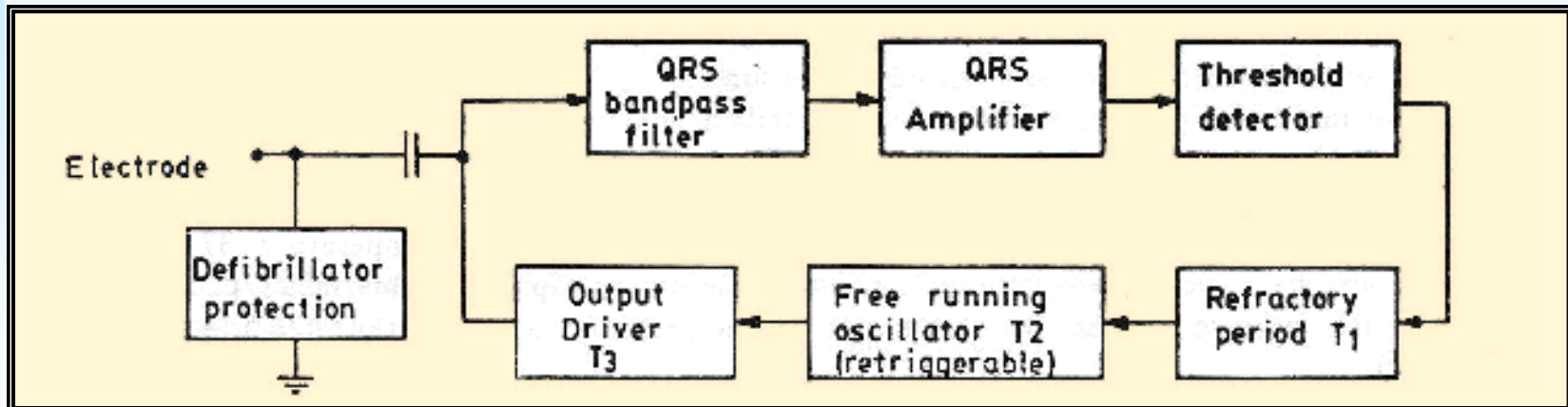
Εμφυτευμένος Βηματοδότης με ενσωματωμένο αυτόματο Απινιδωτή



a) Normal QRS

b) Atrial Fibrillation

c) Ventricular Fibrillation



Υποδείγματα συλλογισμών

- Οι διάφορες πλευρές της επεξεργασίας ιατρικών δεδομένων, οικοδομούνται ως υποδείγματα συλλογισμών, που επιτρέπουν στην διάταξη να κάνει συνεπαγωγές και να καταλήξει σε συμπεράσματα.
- Ένα τέτοιο υπόδειγμα μπορεί να εκφρασθεί σε μια γενικευμένη μορφή, με μια συνάρτηση:

$$F = F \{f_1(x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1n}), f_2(x_{21}, x_{22}, \dots, x_{2n}), \dots, f_k(x_{m1}, x_{m2}, \dots, x_{mn})\}$$

όπου οι συναρτήσεις f_1, f_2, \dots, f_n περιγράφουν το *Ιστορικό*, τα *Κλινικά Ευρήματα*, τα *Βιοσήματα*, τα *in vitro Εργαστηριακά* και τα *Απεικονιστικά Ευρήματα* του ασθενούς.

Αιτιοκρατική προσέγγιση

- Διαφορετικά σύνολα τιμών των μεταβλητών x_{ij} των διαφόρων συναρτήσεων f_1, f_2, \dots, f_n , οδηγούν σε διαφορετικές τιμές της συνάρτησης F και συνεπώς, σε διαφορετικές προτάσεις, στο Σύστημα Υποστήριξης της διαδικασίας Λήψης Ιατρικής Απόφασης.
- Η εφαρμογή αυτής της *αιτιοκρατικής προσέγγισης* περιορίζεται από τον πολυπαραμετρικό χαρακτήρα του ανθρώπινου οργανισμού και τον μεγάλο αριθμό των απαιτήτων παραμέτρων, σε εφαρμογές με μικρό αριθμό μεταβλητών (*π.χ. Σύστημα εξομοίωσης βιο-ανάδρασης Γλυκόζης - Ινσουλίνης*).

Στατιστική προσέγγιση

- Συγκεκριμένα σύνολα τιμών ορισμένων παραμέτρων, καθορισμένου αριθμού των συναρτήσεων f_1, f_2, \dots, f_n είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν, ώστε να δώσουν το λεγόμενο *πιθανοθεωρητικό υπόδειγμα* προσέγγισης.
- Δημιουργούνται στοχαστικές συναρτήσεις, οι οποίες, βάσει ενός μοντέλου μεταφοράς πιθανότητας υπό όρους (Bayes), οδηγούν στον υπολογισμό της συνολικής πιθανότητας:

$$\Pi = \Pi (F)$$

ενός διαγνωστικού συμπεράσματος.

- Βασικό πρόβλημα η υπολειπόμενη αβεβαιότητα για τον εξατομικευμένο ασθενή (*π.χ. Κάπνισμα, HDL, CHOL, Υπέρταση κλπ, και πρόβλεψη εμφράγματος*).

Περιπτωσιολογική προσέγγιση (Case based Reasoning, CBR)

- Στο υπόδειγμα αυτό η συνάρτηση F και οι συνιστώσες της συγκρίνονται με έναν αριθμό περιπτώσεων, οι οποίες έχουν ήδη αξιολογηθεί από ειδικούς.
- Ο αριθμός των περιπτώσεων μπορεί να αυξάνει συνεχώς, καθώς το σύστημα “μαθαίνει“, σχηματίζοντας μια Βάση Γνώσης.
- Μπορεί να ορισθεί μιά “μετρική“ $\| \|$, για την σύγκριση της υπό εξέταση περίπτωσης, με τις προϋπάρχουσες.

Εξαγωγή συμπεράσματος

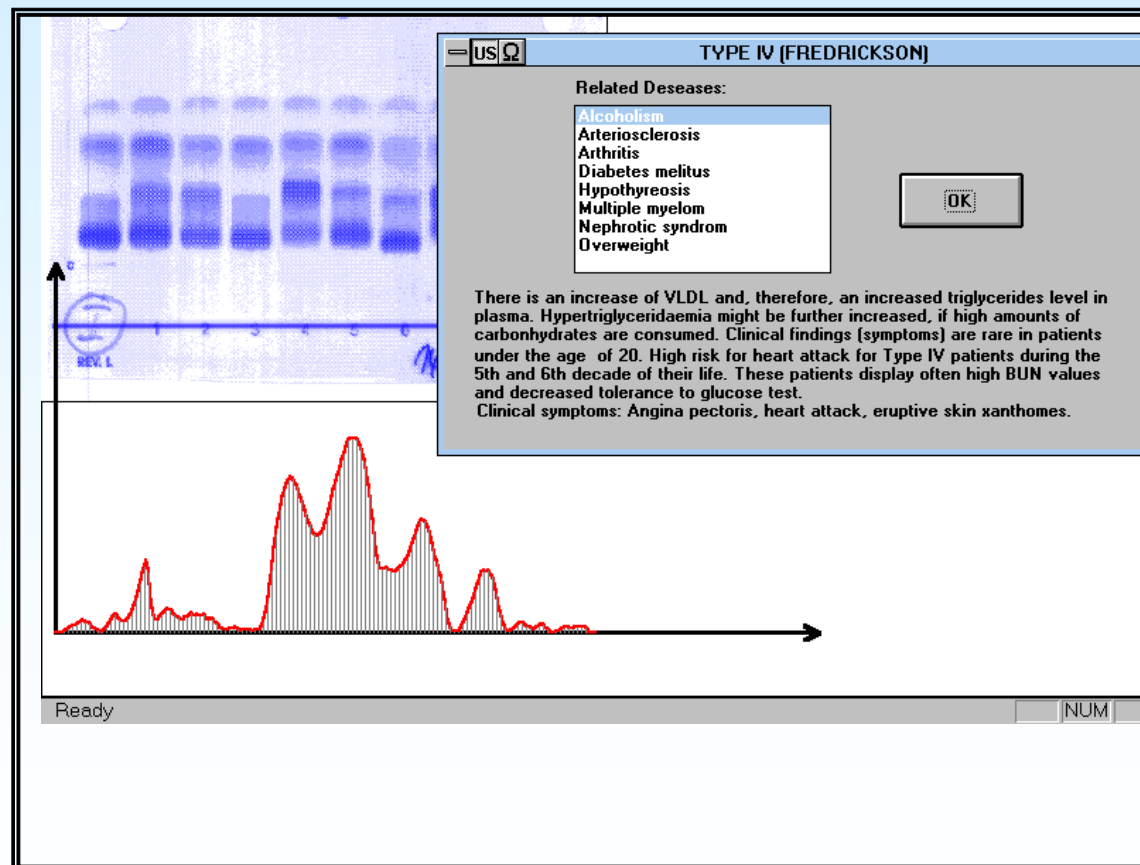
- Βάσει αυτής της μετρικής, η περίπτωση η οποία προσεγγίζει περισσότερο την αντίστοιχη υπό εξέταση, επιλέγεται και αποτελεί την βάση της πρότασης διάγνωσης και αγωγής:

$$\| F_X - F_j \| \text{ ----> } 0$$

όπου $j = 1, 2, \dots, k$, και k ο αριθμός των αποτιμηθεισών και αποθηκευμένων περιπτώσεων.

- Ο τελεστής $\| \|$ ορίζεται κατά περίπτωση σε κάθε σύστημα, και θέτει εμμέσως τα όρια της εφαρμογής.
- Απαιτείται η δυνατότητα ενσωμάτωσης της εμπειρίας και της “διαγνωστικής αίσθησης” πολλών ειδικών.

Σύστημα αυτόματης Αξιολόγησης gel Η/Φ Λιποπρωτεϊνών



Μαθηματική Επεξεργασία

- Για κάθε καμπύλη Οπτικής Πυκνότητας k , του ασθενούς j , σχηματίζεται ένα “διαγνωστικό διάνυσμα”:

$$\mathbf{d}_j = \mathbf{d}_j (a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{kj})$$

- Το διάνυσμα αυτό συγκρίνεται προς τα αντίστοιχα “διανύσματα αναφοράς”

$$\mathbf{D}_i = \mathbf{D}_i (a_{1i}, a_{2i}, \dots, a_{ki}), \quad i = 1, 2, \dots, m$$

τα οποία αποτελούν μια διαρκώς διευρυνόμενη Βάση Γνώσης Αναφοράς (Reference Knowledge Base), η οποία περιέχει ήδη διαγνωσμένες περιπτώσεις.

Εξαγωγή Διαγνωστικής Πρότασης

- Ως διαγνωστικό σχόλιο προτείνεται αυτό που αντιστοιχεί στο διάνυσμα αναφοράς, για το οποίο ελαχιστοποιείται μια κατάλληλη μετρική M :

$$M(d_j - D_j) = \min, i = 1, 2, \dots, m.$$

- Η μέθοδος εξαγωγής διαγνωστικού συμπεράσματος βασίζεται στην σύγκριση περιπτώσεων (Case Based Reasoning) και το σύστημα “εκπαιδεύεται” βαθμιαία, καθώς διευρύνεται η Βάση Γνώσης με νέες διαγνωσμένες περιπτώσεις.



Επιπτώσεις της εισαγωγής των συστημάτων αυτών στην Κλινική Πράξη

- Το μοντέλο συλλογισμού με βάση τις περιπτώσεις, επιτρέπει μια ευέλικτη προσέγγιση στην διάγνωση και τονίζει τις ατομικές πλευρές της αγωγής.
- Τα συστήματα αυτά προφανώς *δεν υποκαθιστούν* τον θεράποντα ιατρό, αλλά του δίνουν την δυνατότητα να αφιερώσει περισσότερο χρόνο στην προσωπικότητα, στον χαρακτήρα και στις ιδιομορφίες κάθε ασθενούς, πλευρές που είναι αδύνατον να κωδικοποιηθούν και να περιγραφούν από έναν αλγόριθμο.
- Τα όρια και οι επιπτώσεις τέτοιων συστημάτων θα θιγούν ενδεικτικά εν συνεχεία, για ορισμένα βασικά Τμήματα του σύγχρονου Νοσοκομείου.