

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

FUZZY CONTROL

PROJECT 2017

**«ΔΙΑΓΝΩΣΗ ΗΠΑΤΙΚΗΣ ΑΣΘΕΝΕΙΑΣ ΑΠΟ
ΚΑΤΑΧΡΗΣΗ ΑΛΚΟΟΛ ΜΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΣΑΦΟΥΣ
ΛΟΓΙΚΗΣ»**

ΓΙΩΡΓΟΣ ΜΠΟΛΑΤΟΓΛΟΥ

228424

ΗΠΑΡ

Το συκώτι (ήπαρ) είναι ένα από τα μεγαλύτερα και σημαντικότερα όργανα. Βρίσκεται κάτω από τα πλευρά, δεξιά από την κοιλιά. Ζυγίζει γύρω στο 1,5 κιλό και εκτελεί περισσότερες από 500 ζωτικές λειτουργίες. Χωρίς το συκώτι δεν μπορούμε να απορροφήσουμε τα θρεπτικά στοιχεία ούτε να απομακρύνουμε τις επικίνδυνες ουσίες πιο απλά, δεν μπορούμε να ζήσουμε.

Το συκώτι είναι εντυπωσιακά ευπροσάρμοστο. Μπορεί να παραμείνει λειτουργικό ακόμη και αν χάσει το 80-90% των κυττάρων του από κάποια νόσο. Μπορεί ακόμη να αναγεννηθεί εντελώς μέσα σε μερικές εβδομάδες, αν ένα τμήμα του αφαιρεθεί κατά τη διάρκεια χειρουργικής επέμβασης.

Όμως δεν είναι ένα άφθαρτο όργανο. Τοξικές ουσίες όπως το αλκοόλ και ιοί όπως ο ιός της ηπατίτιδας Β και C μπορεί να προκαλέσουν μόνιμες βλάβες. Όταν η ηπατική νόσος φτάσει σε προχωρημένο στάδιο (κίρρωση) ο υγιής ιστός αντικαθίστανται από ένα ουλώδη ιστό (διήθηση) και το συκώτι δεν μπορεί πια να επιδιορθώσει τη βλάβη που έχει υποστεί. Τότε χάνει τη λειτουργικότητα του έως ότου γίνει λειτουργικά ανεπαρκές.

Αν και στα αρχικά στάδια η κίρρωση μπορεί να θεραπευτεί, συνήθως ο μόνος αποτελεσματικός τρόπος θεραπείας είναι η μεταμόσχευση. Ένα υγιές ήπαρ έχει την μορφή κώνου, με μία λεία ελαστική επιφάνεια. Το χρώμα του είναι σκούρο καφέ προς το κόκκινο επειδή κάθε στιγμή συγκρατεί περίπου μισό λίτρο αίμα. Διαιρείται σε δύο λοβούς: ένα μεγάλο δεξιό λοβό και ένα μικρότερο αριστερό. Το ήπαρ αποτελεί το βιοχημικό εργοστάσιο του οργανισμού.

Ο έλεγχος της καλής λειτουργίας του στο κλινικό εργαστήριο γίνεται με μια σειρά βιοχημικών εξετάσεων. Κάποιες από αυτές αποτελούν εξετάσεις ρουτίνας π.χ. τα ένζυμα GOT, GPT, ALP, γGT κ.α. που μετρούνται τακτικά στις εξετάσεις τύπου checkup, άλλες όμως είναι πιο σπάνιες και μετρούνται μόνο όπου το ιατρικό ιστορικό το επιβάλλει.

ΗΠΑΡ ΚΑΙ ΑΛΚΟΟΛ

Το συκώτι διασπά τη μεγαλύτερη ποσότητα από το αλκοόλ που καταναλώνουμε (το υπόλοιπο αποβάλλεται από το σώμα μας μέσω της αναπνοής, των ούρων και του ιδρώτα). Περιέχει ένζυμα που διασπούν το αλκοόλ σε νερό και διοξείδιο του άνθρακα τα οποία είναι ακίνδυνα για το σώμα μας.

Παρ' όλα αυτά, μπορεί να διασπά μία μονάδα αλκοόλ περίπου την ώρα στους ενήλικες, το υπόλοιπο κυκλοφορεί στο αίμα, τον εγκέφαλο και τα υπόλοιπα όργανα. Το αλκοόλ θα συνεχίσει να κυκλοφορεί μέχρι να διασπαστεί όλο από το συκώτι.

Αν το σώμα δε μπορεί να αντιμετωπίσει το αλκοόλ που βρίσκεται στο σύστημά του, το άτομο θα λιποθυμήσει ή σε εξαιρετικές περιπτώσεις θα πέσει σε κώμα (που μπορεί να είναι μοιραίο). Η μακροχρόνια και συστηματική κατανάλωση αλκοόλ εξουδετερώνει τα ηπατικά κύτταρα οδηγώντας σε σοβαρές ηπατικές παθήσεις.

Η μακροχρόνια κατανάλωση αλκοόλ μπορεί επίσης να οδηγήσει σε καρκίνο του ήπατος ή άλλους τύπους καρκίνου. Ηπατικές ασθένειες που οφείλονται στην αλόγιστη και συστηματική κατανάλωση αλκοόλ είναι:

- **Ηπατική στεάτωση – συσσώρευση λίπους.** Αυτό μπορεί να συμβεί μετά από μια και μόνη περίπτωση υπερβολικής κατανάλωσης αλκοόλ ή ως αποτέλεσμα τακτικής κατανάλωσης πάνω από τα προτεινόμενα όρια. Αντιστρέφεται πολύ γρήγορα με την αποβολή του αλκοόλ και δεν προκαλεί μόνιμες βλάβες. Αν όμως συνεχιστεί η τακτική κατανάλωση αλκοόλ τότε το 15 – 20% των ατόμων θα αναπτύξει πιο σοβαρές ηπατικές παθήσεις που θα έχουν τη μορφή αλκοολικής ηπατίτιδας και κίρρωσης του ήπατος.

- **Αλκοολική ηπατίτιδα – ηπατική φλεγμονή** που ποικίλει μεταξύ ήπιας και οξείας. Τα άτομα με ήπια ως μέση αλκοολική ηπατίτιδα μπορεί να μη γνωρίζουν ότι πάσχουν από ηπατική βλάβη ενώ τα άτομα που πάσχουν από οξεία αλκοολική ηπατίτιδα μπορεί να αναπτύξουν ρήξη του ήπατος. Η αλκοολική ηπατίτιδα μπορεί να αντιστραφεί σε αρκετά άτομα αν σταματήσουν άμεσα την κατανάλωση αλκοόλ.

- **Αλκοολική κίρρωση** – είναι το αποτέλεσμα μιας διαδικασίας όπου ο φυσιολογικός ηπατικός ιστός αντικαθίσταται από ουλώδη ιστό που σταδιακά θα οδηγήσει στην ανικανότητα του ήπατος να λειτουργεί σωστά. Τα άτομα με κίρρωση που έχει προκληθεί από την κατανάλωση αλκοόλ, μπορεί να μην έχουν συμπτώματα ή σημάδια ή μπορεί να έχουν διάφορες επιπλοκές όπως ίκτερο, κατακράτηση υγρών ή σοβαρή αιμορραγία οισοφάγου. Αν και η αλκοολική κίρρωση δεν είναι αναστρέψιμη, η διακοπή κατανάλωσης αλκοόλ μπορεί να παίξει σημαντικό ρόλο για την επιβίωση του πάσχοντος.

ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΛΗΨΗ

Η έγκαιρη και οριστική διακοπή της κατανάλωσης αλκοόλ είναι η αποτελεσματικότερη θεραπεία της αλκοολικής ηπατοπάθειας. Ανεξαρτήτως από το στάδιο της νόσου, η αποχή από την κατανάλωση οινοπνεύματος αποτελεί το μόνο θεραπευτικό μέσο ικανό να προλάβει την περαιτέρω εξέλιξη της ηπατικής βλάβης.

Σε γενικές γραμμές, η ηπατική βλάβη που προκαλεί η κίρρωση είναι μη αντιστρέψιμη, αλλά η θεραπεία μπορεί να σταματήσει ή να καθυστερήσει την περαιτέρω εξέλιξη και να μειώσει τις επιπλοκές. Η υγιεινή διατροφή ενθαρρύνεται, αφού η κίρρωση μπορεί να είναι μια ενεργοβόρος διαδικασία. Τακτική παρακολούθηση είναι συχνά απαραίτητη.

Η «αλκοολική κίρρωση» που προκαλείται από κατάχρηση αλκοόλ αντιμετωπίζεται με αποχή από το αλκοόλ. Η θεραπεία για την κίρρωση σχετιζόμενη με «ηπατίτιδα» περιλαμβάνει φάρμακα που χρησιμοποιούνται για τη θεραπεία των διαφόρων τύπων ηπατίτιδας

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ ΑΙΜΑΤΟΣ

Για αυτούς που πίνουν πολύ και είναι πιθανό να έχουν κάποια εξάρτηση από το αλκοόλ, κάποια στοιχεία(ένζυμα) που οι τιμές τους εντοπίζονται στις απλές εξετάσεις αίματος αποδεικνύονται αρκετά χρήσιμες στο να δώσουν την υποψία ότι το άτομο πάσχει από κάποια ηπατική ασθένεια σχετιζόμενη με το αλκοόλ.

Τα στοιχεία αυτά είναι:

- ❖ Τα ηπατικά ένζυμα Τρανσαμινάσες: **AST** (ασπαρτική αμινοτρανσφεράση) και **ALT** (αμινοτρανσφεράση αλανίνης) που αυξάνονται όταν υπάρχει ηπατική βλάβη ή φλεγμονή. Τα ένζυμα του ήπατος μπορούν να αυξηθούν τόσο σε αλκοολικές όσο και σε μη αλκοολικές λιπαρές ασθένειες του ήπατος.
- ❖ Η **GGT** (Γαμμα γλουταμυλ τρανσφεράση) και η Αλκαλική Φωσφατάση(**ALP**) είναι επίσης ένζυμα που απελευθερώνονται από χολικούς αγωγούς και εκτρέφονται σε ηπατικές νόσους.

ΔΙΑΓΝΩΣΗ

Η επιβεβαίωση της διάγνωσης της κίρρωσης γίνεται με βιοψία ήπατος. Η προσέγγιση γίνεται διαδερμικά, διασφαγιτιδικά, λαπαροσκοπικά, ή μέσω λεπτής βελόνης. Η βιοψία δεν είναι απαραίτητη, εάν τα κλινικά, εργαστηριακά, και ακτινολογικά δεδομένα δείχνουν κίρρωση. Επιπλέον, υπάρχει ένας μικρός αλλά σημαντικός κίνδυνος στην βιοψία ήπατος, και η ίδια η κίρρωση προδιαθέτει επιπλοκές στην βιοψία ήπατος.

Οι τιμές των ενζύμων που προαναφέρθηκαν και εντοπίζονται στις εξετάσεις αίματος δίνουν απλά μια υποψία, ισχυρή ή μη, πως ο ασθενής πάσχει από κάποια ηπατική ασθένεια σχετιζόμενη με το αλκοόλ.

Τα ένζυμα , λοιπόν, των οποίων η τιμή θα ληφθεί υπόψη για να αποκτήσουμε μια συνολική εικόνα της κατάστασης του ασθενή είναι:

1. Τρανσαμινάσες (AST/SGOT και ALT/SGPT)
2. γ-γλουταρυλ-τρανσπεπτιδάση (γ-GT)
3. Αλκαλική φωσφατάση (ALP)
4. Μέσος όγκος ερυθρών αιμοσφαιρίων(MCV)

1. Οι Τρανσαμινάσες

Πρόκειται για δύο πολύ γνωστά ένζυμα που χρησιμοποιούνται για την διάγνωση παθήσεων κυρίως του ήπατος αλλά και της καρδιάς. Ονομάζονται αμινοτρανσφεράσες (ή τρανσαμινάσες) επειδή η λειτουργία τους στον οργανισμό είναι να μεταφέρουν αμινομάδες από αμινοξέα σε μια ομάδα χημικών ενώσεων που ονομάζονται οξοκετογλουταρικά.

Τα ένζυμα αυτά είναι γνωστά με τους παρακάτω συμβολισμούς και ονόματα:

AST/SGOT (Ασπαρτική αμινοτρανσφεράση/Οξαλοξική τρανσαμινάση)

ALT/SGPT (Αλανική αμινοτρανσφεράση/Πυροσταφιλική τρανσαμινάση)

Φυσιολογικές τιμές των παραπάνω ενζύμων:

Ασπαρτική αμινοτρανσφεράση (AST ή SGOT):

Ανδρες: 10-40 IU/L

Γυναίκες: 9-32 IU/L

Αλανική αμινοτρανσφεράση (ALT ή SGPT):

Ανδρες: 10-55 IU/L

Γυναίκες: 7-30 IU/L

Οι Τρανσαμινάσες δίνουν σημαντικές ενδείξεις ότι υπάρχει αλκοολική κίρρωση του ήπατος όταν η **SGOT είναι μεγαλύτερη από την SGPT και πιο συγκεκριμένα όταν η SGOT είναι τουλάχιστον διπλάσια από την SGPT.**

2. γ-γλουταρυλ-τρανσπεπτιδάση

Η γ-γλουταρυλ-τρανσπεπτιδάση (γ-GT) είναι ευαίσθητος αλλά όχι ειδικός δείκτης διαταραχών στο ήπαρ και την χολή. Στην διάγνωση αυτών είναι περισσότερο ευαίσθητη από την ALP ή την 5-νουκλεοτιδάση. Ιδιαίτερα αυξημένες τιμές γ-GT στο ήπαρ παρατηρούνται σε τοξικές βλάβες του ήπατος όπως στην αλκοολική κίρρωση. Επίσης, **αυξημένες τιμές της γ-GT δείχνουν κατάχρηση αλκοόλ** από τον ασθενή και είναι συνήθως είναι αυξημένη στο περισσότερο από το 75% της φυσιολογικής της τιμής σε άτομο με μακροχρόνια κατάχρηση αλκοόλ.

Ενδεικτικά οι φυσιολογικές τιμές της γ-GT κυμαίνονται από 5 έως 40 IU/L.

3. Αλκαλική φωσφατάση

Η αλκαλική φωσφατάση (ALP) είναι ένα ένζυμο το οποίο κυκλοφορεί στο αίμα με την μορφή τριών ισοενζύμων : το οστικό, το εντερικό και το ηπατικό. Τα ονόματα τους οφείλονται στο όργανο από το οποίο παράγονται. Το οστικό (80%) και το εντερικό κλάσμα (20%) υπάρχουν φυσιολογικά σε όλους τους ανθρώπους σε αντίθεση με το ηπατικό που μετριέται κυρίως σε παθολογικές καταστάσεις.

Φυσιολογικά το οστικό κλάσμα είναι πολύ αυξημένο στα παιδιά λόγω της ταχείας ανάπτυξης των οστών τους. Παθολογικά το οστικό κλάσμα αυξάνει σε οστικές παθήσεις και στον υπερπαραθυρεοειδισμό, **το εντερικό κλάσμα στην**

κίρρωση του ήπατος και το ηπατικό κλάσμα σε παθολογικές καταστάσεις του ήπατος και της χολής (π.χ. λοιμώδη μονοπυρήνωση, εξωηπατική απόφραξη των χοληφόρων).

Ενδεικτικές φυσιολογικές τιμές της αλκαλικής φωσφατάσης είναι:

Άνδρες: 45-115 IU/L

Γυναίκες: 30-100 IU/L

1. Μέσος όγκος ερυθρών MCV

Ο μέσος όγκος ερυθρών (MCV) είναι η μέτρηση του μέσου μεγέθους των ερυθρών αιμοσφαιρίων. Υψηλή τιμή MCV σημαίνει ότι τα ερυθρά αιμοσφαίρια έχουν μεγαλύτερο μέγεθος από το φυσιολογικό (μακροκυτταρικά) πιθανά λόγω έλλειψης της βιταμίνης B12.

Χαμηλή τιμή MCV σημαίνει ότι τα RBC έχουν μικρότερο μέγεθος (μικροκυτταρικά) από το φυσιολογικό. **Ένας από τους λόγους που το MCV είναι ψηλό είναι και ασθένεια στο συκώτι.**

Ενδεικτικές φυσιολογικές τιμές του Μέσου όγκος ερυθρών MCV είναι 85-95 fL.

ΑΣΑΦΗΣ ΛΟΓΙΚΗ

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΣΑΦΟΥΣ ΛΟΓΙΚΗΣ

Τα Συστήματα Ασαφούς Λογικής διαφοροποιούνται ανάλογα με τις μορφές που μπορεί να πάρει ένας κανόνας. Μια από τις πιο γνωστές μορφές αυτών που θα χρησιμοποιηθεί και στο παρόν σύστημα είναι η μορφή **Mamdani**, δηλαδή "If x is A then y is B" , και ονομάστηκε έτσι προς τιμή του Ebrahim Mamdani, που ήταν ένας από τους πρώτους που εφάρμοσε την Ασαφή Λογική. Οι έξοδοι των κανόνων της μορφής αυτής είναι ασαφή σύνολα.

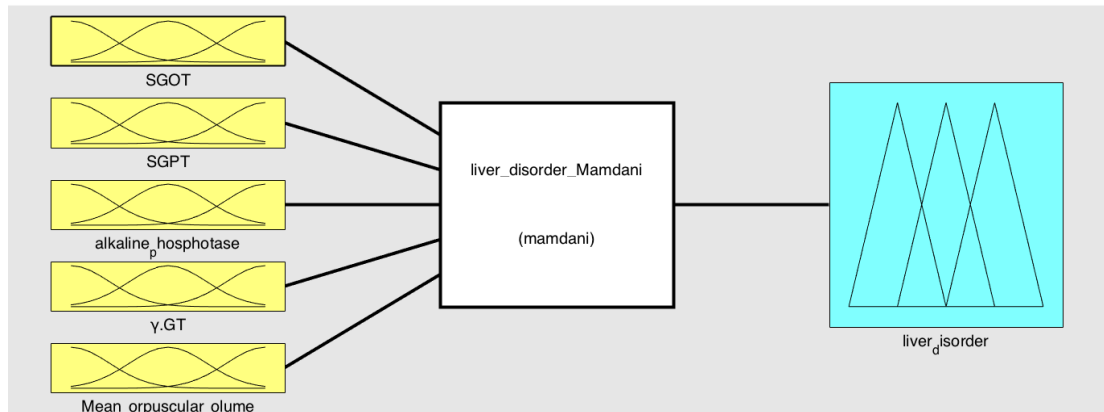
ΕΙΣΟΔΟΙ ΚΑΙ ΕΞΟΔΟΙ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Το Ασαφές Σύστημα Συμπερασμού (Fuzzy Inference System) του Matlab εμφανίζεται πληκτρολογώντας την εντολή: «fuzzy» στο Command Window (παράθυρο εντολών), το οποίο και αποτελεί το βασικό μέσο επικοινωνίας του χρήστη με το Matlab. Στο παράθυρο που ανοίγει απεικονίζεται ένα διάγραμμα Ασαφούς Συστήματος Συμπερασμού (FIS Editor), με τις τιμές των μεταβλητών εισόδου στα αριστερά και τις τιμές των μεταβλητών εξόδου στα δεξιά.

Όπως προαναφέρθηκε οι είσοδοι στο σύστημα ασαφούς λογικής είναι:

1. SGOT (Ασπαρτική αμινοτρανσφεράση)
2. SGPT (Αλανική αμινοτρανσφεράση)
3. γ -GT (γ -γλουταρυλ-τρανσπεπτιδάση)
4. ALP (Αλκαλική φωσφατάση)
5. MCV (Μέσος όγκος ερυθρών αιμοσφαιρίων)

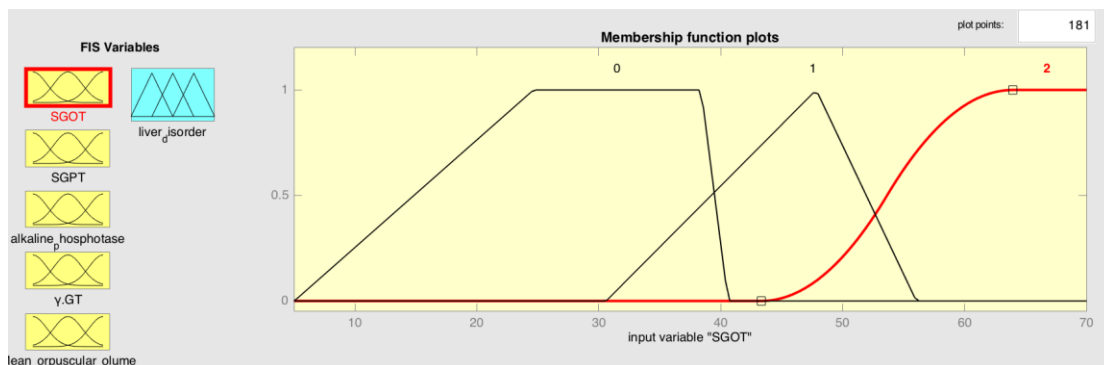
Το ακριβές μοντέλο του συστήματος ασαφούς λογικής απεικονίζεται παρακάτω:



Παρακάτω παρουσιάζονται οι συναρτήσεις συμμετοχής για κάθε είσοδο και για την έξοδο.

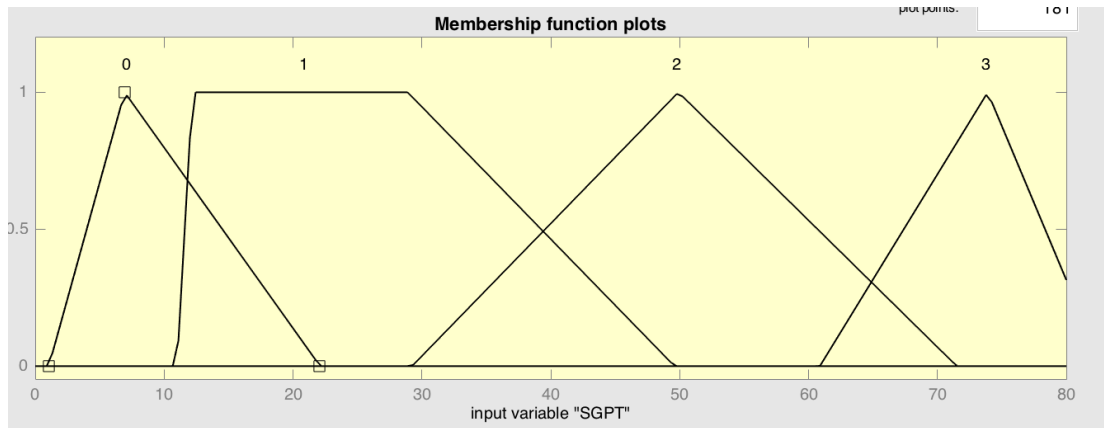
SGOT (Ασπαρτική αμινοτρανσφεράση)

- 0: Φυσιολογικές τιμές
- 1: Οριακές τιμές
- 2: Υψηλές τιμές



SGPT (Αλανική αμινοτρανσφεράση)

- 0: Χαμηλές τιμές
- 1: Φυσιολογικές τιμές
- 2: Οριακές/Υψηλές τιμές
- 3: Αρκετά Υψηλές τιμές

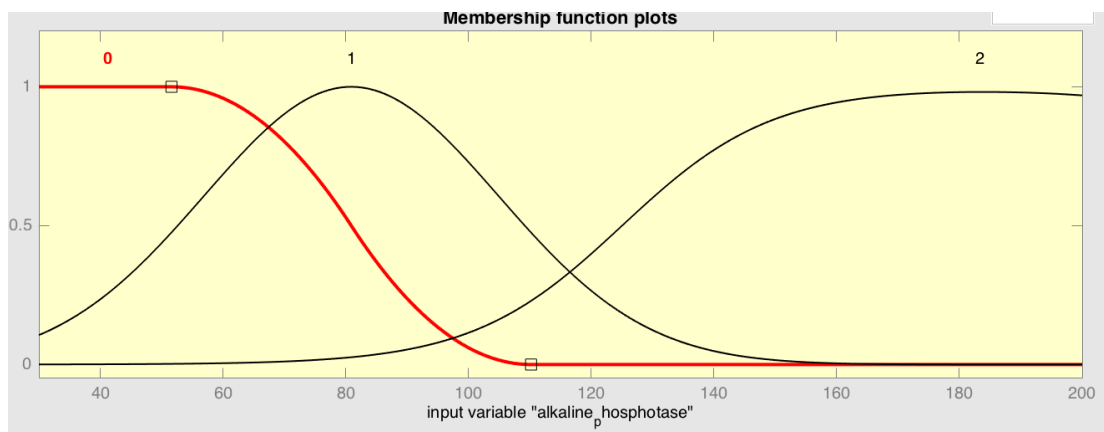


ALP (Αλκαλική φωσφατάση)

0: Φυσιολογικές τιμές

1: Οριακές τιμές

2: Υψηλές τιμές

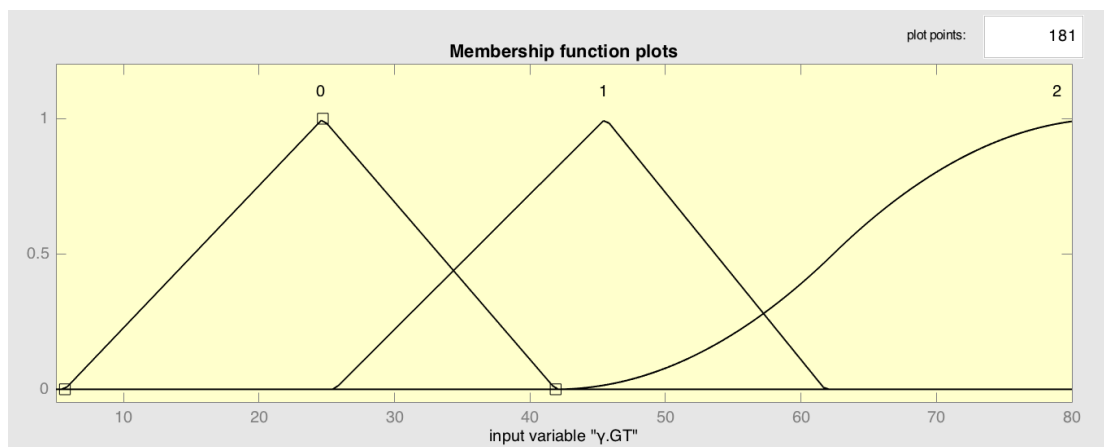


γ-GT (γ-γλουταρυλ-τρανσπεπτιδάση)

0: Φυσιολογικές τιμές

1: Οριακές/Υψηλές τιμές

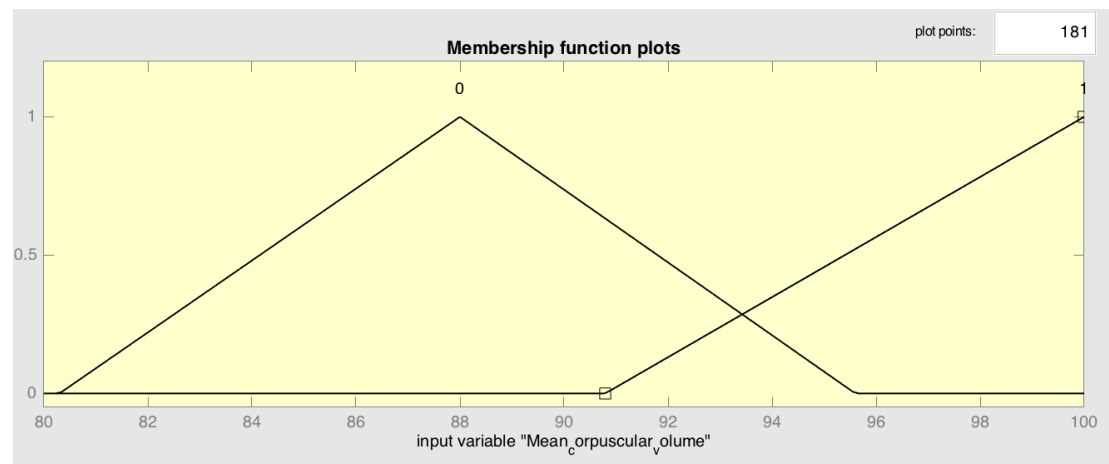
2: Αρκετά Υψηλές τιμές



Μέσος όγκος ερυθρών (MCV)

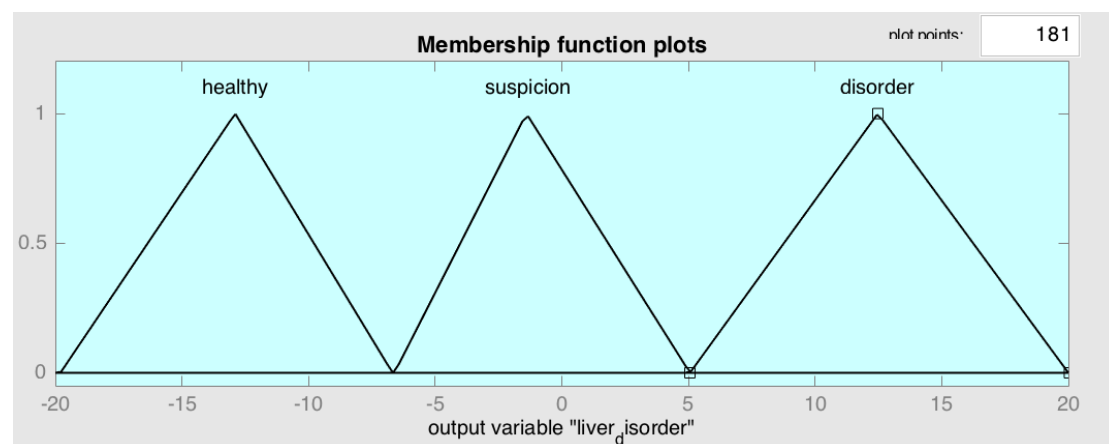
0: Φυσιολογικές τιμές

1: Οριακές/Αυξημένες τιμές



Και η έξοδος ότι ο ασθενής:

1. Είναι υγιής
2. Ίσως πάσχει από ηπατική ασθένεια
3. Πάσχει από ηπατική ασθένεια



ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΝΟΝΩΝ

Στην συνέχεια εισάγουμε τους κανόνες συμπερασμού που γίνεται στο ειδικό παράθυρο Rule Editor. Με βάση την περιγραφή των μεταβλητών εισόδου και των μεταβλητών εξόδου όπως έχουν οριστεί στο FIS Editor, το γραφικό περιβάλλον του Rule Editor επιτρέπει την κατασκευή κανόνων αυτόματα.

Αρχικά θα πρέπει να γίνει η επιλογή μιας λεκτικής μεταβλητής από κάθε είσοδο, και μίας λεκτικής μεταβλητής από την έξοδο, και έτσι σχηματίζεται ένας κανόνας. Για να μπορέσει να περιγραφεί το σύστημα χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω κανόνες, ο καθένας από τους οποίους έχει βάρος τη μονάδα.

Το Rule Viewer που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζει την μορφή των κανόνων στο σύστημα:

The screenshot shows the Rule Viewer interface. The top pane lists 16 rules. Rule 1 is selected and highlighted in blue. The bottom pane shows the configuration for rule 1, which is an AND rule. The conditions are: SGOT is 2, SGPT is 0, alkaline_phosphatase is 2, γ.GT is 2, and Mean_corpuscular_volume is 1. The conclusion is (liver_disorder is disorder) (1). The weight is 1. The connection is AND. Buttons for 'Delete rule', 'Add rule', and 'Change rule' are visible.

1. If (alkaline_phosphatase is 2) and (γ.GT is 2) then (liver_disorder is disorder) (1)
 2. If (SGOT is 2) and (SGPT is 0) and (γ.GT is 2) then (liver_disorder is disorder) (1)
 3. If (SGOT is 2) and (SGPT is 1) and (γ.GT is 2) then (liver_disorder is disorder) (1)
 4. If (SGOT is 1) and (SGPT is 0) and (γ.GT is 2) then (liver_disorder is disorder) (1)
 5. If (SGOT is 1) and (SGPT is 0) and (γ.GT is 1) then (liver_disorder is disorder) (1)
 6. If (SGPT is 3) or (alkaline_phosphatase is 2) then (liver_disorder is suspicion) (1)
 7. If (SGOT is 2) and (SGPT is 1) then (liver_disorder is suspicion) (1)
 8. If (SGOT is 2) and (SGPT is 0) and (γ.GT is not 2) then (liver_disorder is suspicion) (1)
 9. If (SGOT is 1) and (SGPT is 0) and (γ.GT is not 2) then (liver_disorder is suspicion) (1)
 10. If (SGOT is 2) and (SGPT is 2) and (Mean_corpuscular_volume is 1) then (liver_disorder is suspicion) (1)
 11. If (γ.GT is 2) then (liver_disorder is disorder) (1)
 12. If (SGOT is 2) and (SGPT is 1) and (Mean_corpuscular_volume is 1) then (liver_disorder is disorder) (1)
 13. If (SGOT is 0) and (SGPT is 0) then (liver_disorder is suspicion) (1)
 14. If (γ.GT is not 2) and (Mean_corpuscular_volume is 1) then (liver_disorder is suspicion) (1)
 15. If (SGOT is 1) and (SGPT is 1) then (liver_disorder is suspicion) (1)
 16. If (SGOT is 0) and (SGPT is 0) and (alkaline_phosphatase is 0) and (γ.GT is 0) then (liver_disorder is health)

If SGOT is 2 0 1 none and SGPT is 1 0 2 3 none and alkaline_phosphatase is 2 0 1 none and γ.GT is 2 0 1 2 none and Mean_corpuscular_volume is 1 0 1 none

not not not not not

Connection or and Weight: 1 Delete rule Add rule Change rule << >>

Οι κανόνες του συστήματος θα είναι της μορφής :

EAN η είσοδος 1 είναι MF1 (η πρώτη συνάρτηση συμμετοχής της εισόδου 1) ή η είσοδος 2 είναι MF1, TOTE η έξοδος 1 θα είναι MF1 (η πρώτη συνάρτηση συμμετοχής της εισόδου 1) με βάρος 1

Για το συγκεκριμένο σύστημα με βάση τα δεδομένα και τις πληροφορίες από τους ειδικούς- εμπειρογνώμονες, βιβλιογραφία και προσωπική έρευνα, προκύπτουν ενδεικτικά οι εξής κανόνες :

1. If (alkaline_phosphatase is 2) and (γ.GT is 2) then (liver_disorder is disorder) (1)
2. If (SGOT is 2) and (SGPT is 0) and (γ.GT is 2) then (liver_disorder is disorder) (1)
3. If (SGOT is 2) and (SGPT is 1) and (γ.GT is 2) then (liver_disorder is disorder) (1)
4. If (SGOT is 1) and (SGPT is 0) and (γ.GT is 2) then (liver_disorder is disorder) (1)
5. If (SGOT is 1) and (SGPT is 0) and (γ.GT is 1) then (liver_disorder is disorder) (1)
6. If (SGPT is 3) or (alkaline_phosphatase is 2) then (liver_disorder is suspicion) (1)

7. If (SGOT is 2) and (SGPT is 1) then (liver_disorder is suspicion) (1)
8. If (SGOT is 2) and (SGPT is 0) and (γ .GT is not 2) then (liver_disorder is suspicion) (1)
9. If (SGOT is 1) and (SGPT is 0) and (γ .GT is not 2) then (liver_disorder is suspicion) (1)
10. If (SGOT is 2) and (SGPT is 2) and (Mean_corpuscular_volume is 1) then (liver_disorder is suspicion) (1)
11. If (γ .GT is 2) then (liver_disorder is disorder) (1)
12. If (SGOT is 2) and (SGPT is 1) and (Mean_corpuscular_volume is 1) then (liver_disorder is disorder) (1)
13. If (SGOT is 0) and (SGPT is 0) then (liver_disorder is suspicion) (1)
14. If (γ .GT is not 2) and (Mean_corpuscular_volume is 1) then (liver_disorder is suspicion) (1)
15. If (SGOT is 1) and (SGPT is 1) then (liver_disorder is suspicion) (1)
16. If (SGOT is 0) and (SGPT is 0) and (alkaline_phosphotase is 0) and (γ .GT is 0) then (liver_disorder is healthy) (1)
17. If (SGOT is 0) and (SGPT is 1) and (alkaline_phosphotase is 0) and (γ .GT is 0) then (liver_disorder is healthy) (1)
18. If (SGOT is 0) and (SGPT is 2) and (alkaline_phosphotase is 0) and (γ .GT is 0) then (liver_disorder is healthy) (1)
19. If (SGOT is 1) and (SGPT is 2) and (alkaline_phosphotase is 0) and (γ .GT is 0) then (liver_disorder is healthy) (1)
20. If (SGOT is 0) and (SGPT is 0) and (alkaline_phosphotase is 1) and (γ .GT is 0) then (liver_disorder is healthy) (1)
21. If (SGOT is 0) and (SGPT is 1) and (alkaline_phosphotase is 1) and (γ .GT is 0) then (liver_disorder is healthy) (1)
22. If (SGOT is 0) and (SGPT is 2) and (alkaline_phosphotase is 1) and (γ .GT is 0) then (liver_disorder is healthy) (1)
23. If (SGOT is 0) and (SGPT is 0) and (alkaline_phosphotase is 0) and (γ .GT is 1) then (liver_disorder is healthy) (1)
24. If (SGOT is 0) and (SGPT is 1) and (alkaline_phosphotase is 0) and (γ .GT is 1) then (liver_disorder is healthy) (1)

25. If (SGOT is 1) and (SGPT is 2) and (alkaline_phosphotase is 0) and (γ.GT is 1) then (liver_disorder is healthy) (1)
26. 1) then (liver_disorder is healthy) (1)
27. If (SGOT is 0) and (SGPT is 1) and (alkaline_phosphotase is 1) and (γ.GT is 1) then (liver_disorder is healthy) (1)
28. If (SGOT is 0) and (SGPT is 2) and (alkaline_phosphotase is 1) and (γ.GT is 1) then (liver_disorder is healthy) (1)
29. If (SGOT is 1) and (SGPT is 2) and (alkaline_phosphotase is 1) and (γ.GT is 1) then (liver_disorder is healthy) (1)

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΞΟΜΟΙΩΣΗΣ

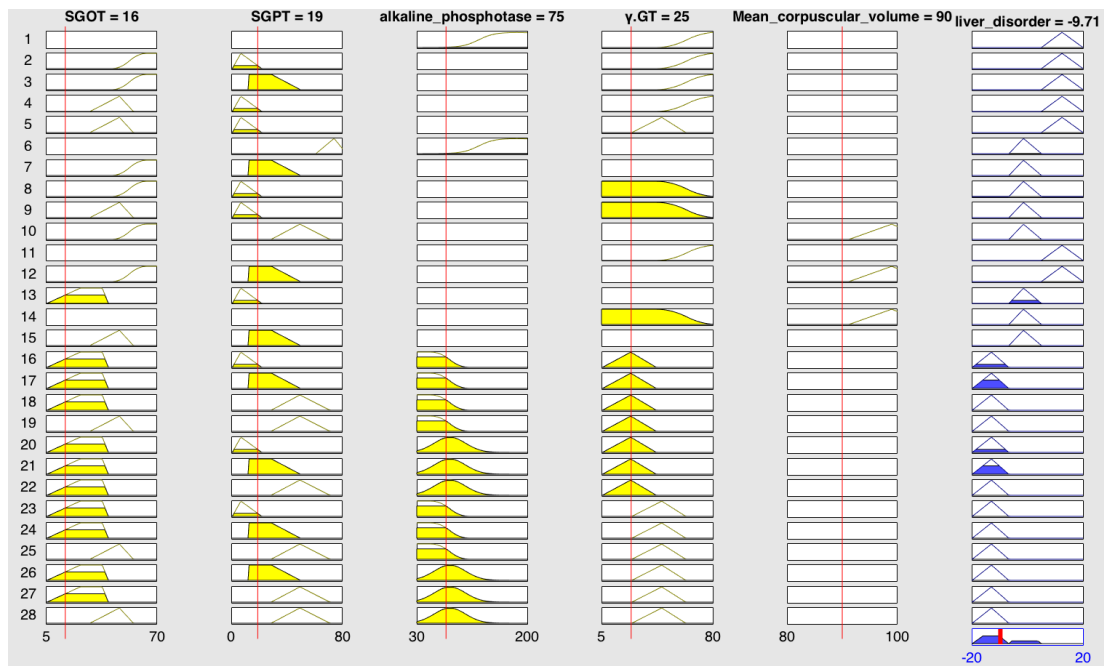
Με την επιλογή View Rules απεικονίζεται με γραφική μορφή η εφαρμογή των κανόνων του συστήματος για την πρόβλεψη του σταδίου της νόσου. Κάθε γραμμή απεικονίζει τον κάθε κανόνα, ενώ κάθε στήλη είναι μία μεταβλητή. Αλλάζοντας οποιαδήποτε είσοδο επηρεάζεται και η έξοδος ανάλογα. Με το κίτρινο χρώμα φαίνεται σε ποια ακριβώς συνάρτηση συμμετοχής ανήκει η είσοδος μας, και η κόκκινη γραμμή που τέμνει την κίτρινη επιφάνεια δείχνει την ακριβή τιμή της εισόδου. Ο αριθμός του κάθε κανόνα φαίνεται αριστερά της κάθε σειράς. Πατώντας το νούμερο κάποιου κανόνα θα εμφανιστεί αναλυτικά στο κάτω μέρος του Rule Viewer ο αντίστοιχος κανόνας.

Από τους κανόνες αυτούς υπολογίζεται η υποψία της ηπατικής ασθένειας κάθε φορά ανάλογα με τις εισόδους και τις τιμές τους .

Αν θεωρήσουμε εισόδους :

1. SGOT (Ασπαρτική αμινοτρανσφεράση)	16
2. SGPT (Αλανική αμινοτρανσφεράση)	19
3. γ-GT (γ-γλουταρυλ-τρανσπεπτιδάση)	75
4. ALP ALP (Αλκαλική φωσφατάση)	25
5. MCV (Μέσος όγκος ερυθρών αιμοσφαιρίων)	90

Τότε η γραφική μορφή των κανόνων παρουσιάζεται ως εξής:

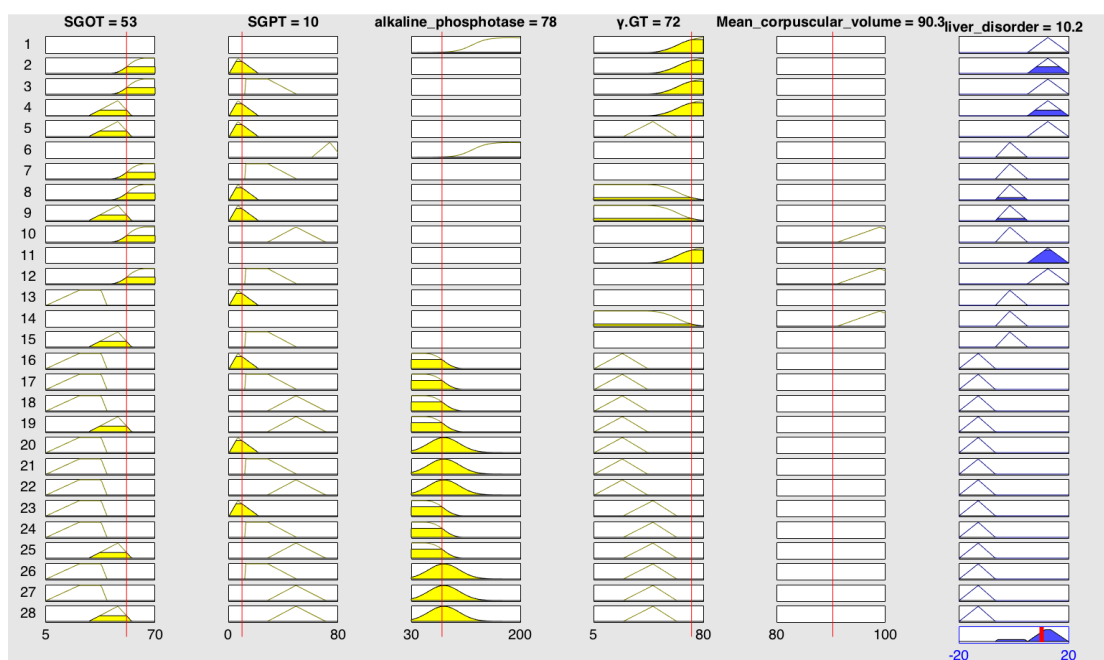


Παρατηρούμε ότι η έξοδος δείχνει πως ο συγκεκριμένος ασθενής είναι υγιής, πράγμα αναμενόμενο αφού όλες οι τιμές των ενζύμων βρίσκονταν στο φυσιολογικό επίπεδο.

Αν τώρα θεωρήσουμε εισόδους :

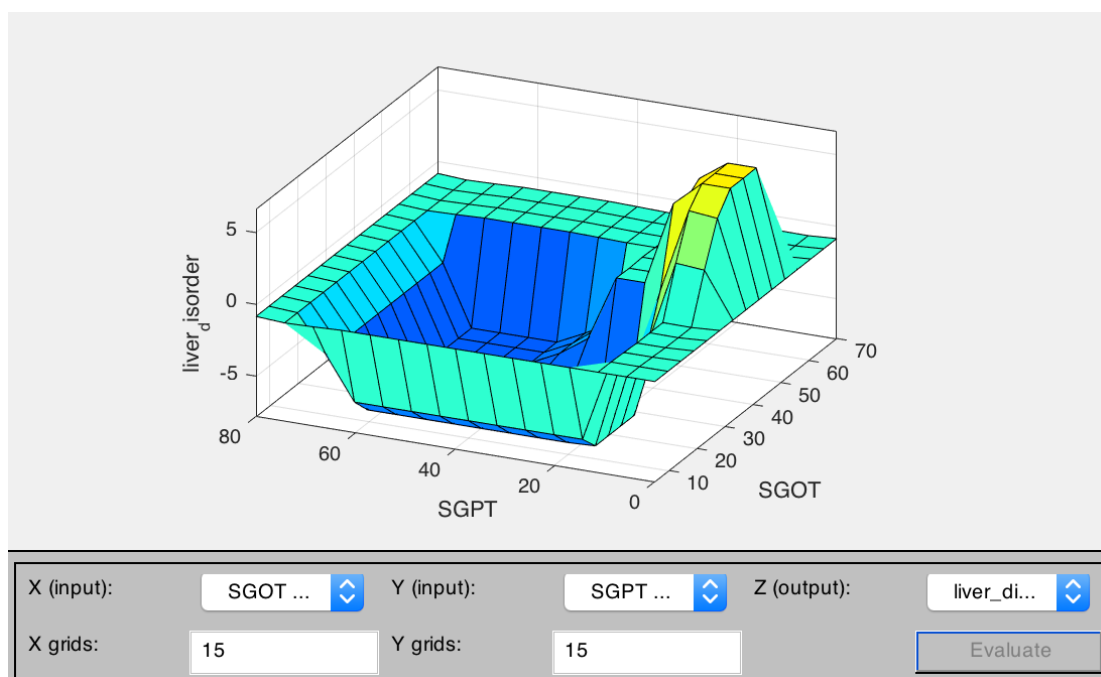
1. SGOT (Ασπαρτική αμινοτρανσφεράση)	58
2. SGPT (Αλανική αμινοτρανσφεράση)	10
3. γ-GT (γ-γλουταρυλ-τρανσπεπτιδάση)	78
4. ALP ALP (Αλκαλική φωσφατάση)	72
5. MCV (Μέσος όγκος ερυθρών αιμοσφαιρίων)	90

Τότε η γραφική μορφή των κανόνων παρουσιάζεται ως εξής:



Σε αυτήν την περίπτωση παρατηρούμε ότι η έξοδος δείχνει πως ο συγκεκριμένος ασθενής πάσχει από ηπατική ασθένεια. Αναμενόμενο, αφού το ένζυμο SGOT έχει τιμή αρκετές φορές μεγαλύτερη από αυτή του SGPT και τόσο η ALP όσο και η γ -GT είναι αυξημένες πέραν του φυσιολογικού.

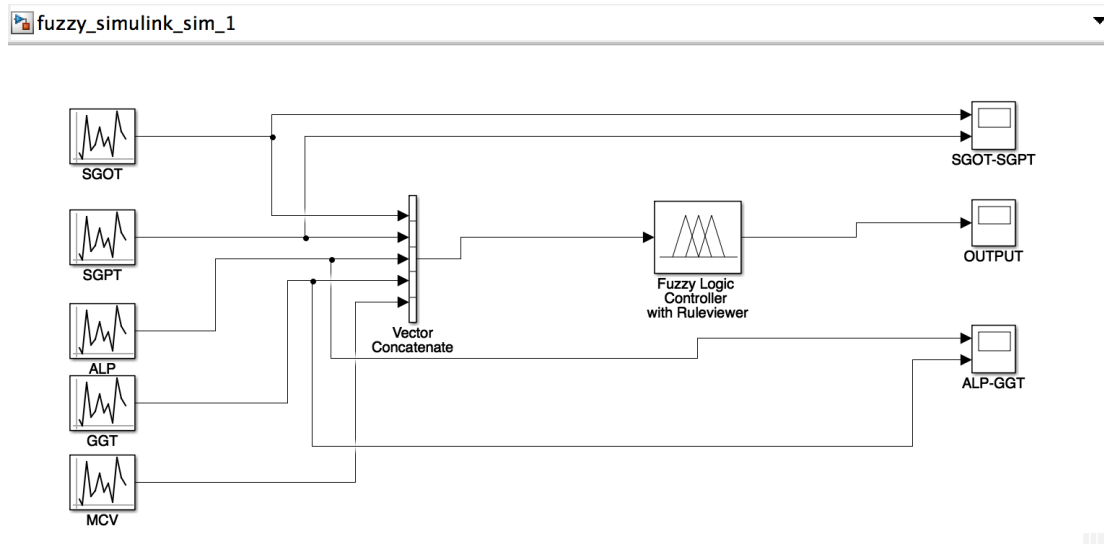
Επιπλέον, με το Matlab μπορεί να γίνει και η τρισδιάστατη απεικόνιση που παρουσιάζει τον τρόπο που αλληλοεπιδρούν δυο είσοδοι με την έξοδο του συστήματος. Για παράδειγμα για την τρισδιάστατη απεικόνιση μπορεί να θεωρηθούν ως είσοδοι τα δυο ένζυμα SGPT και SGOT. Το τρισδιάστατο σχήμα που προκύπτει σε συνδυασμό με την έξοδο που είναι το επίπεδο της υποψίας για την ασθένεια του ήπατος είναι το παρακάτω:



Από το παραπάνω σχήμα φαίνεται ότι όταν η τιμή του ενζύμου SGPT ανήκει στο διάστημα $[0 - 24]$ και αντίστοιχα του SGOT στο $[28 - 55]$ τότε η υποψία για ηπατική ασθένεια σχετιζόμενη με το αλκοόλ αυξάνεται. Με τον ίδιο τρόπο προκύπτουν οι τρισδιάστατες αναπαραστάσεις για όλους τους πιθανούς συνδυασμούς των εισόδων και της μοναδικής εξόδου.

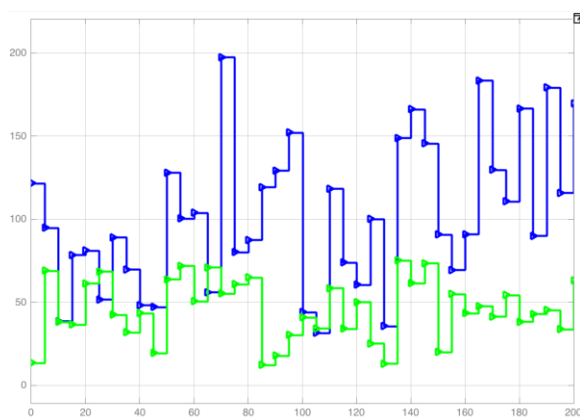
Προσομοίωση 1^η

Δημιουργούμε το παρακάτω σύστημα στο Simulink με εισόδους τις εισόδους του συστήματος που έχουν αναφερθεί παραπάνω και με **τιμές τυχαίες** μέσα στο εύρος των τιμών της κάθε μεταβλητής. Έπειτα δημιουργούμε το block σε περιβάλλον Simulink με το ασαφές σύστημα που έχουμε δημιουργήσει και εμφανίζουμε τις εξόδους. Το κάθε «σκαλοπάτι» ουσιαστικά αναφέρεται και σε διαφορετικό ασθενή.

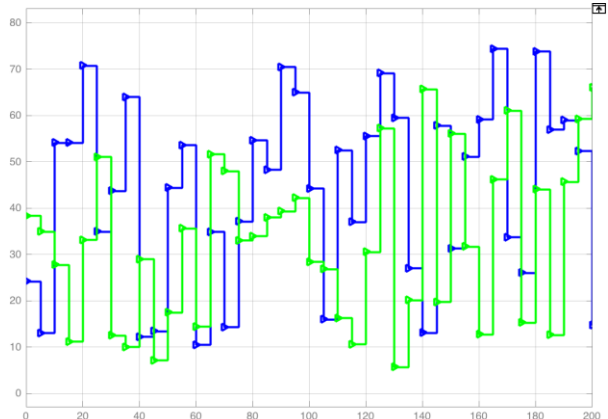


Οι τυχαίες τιμές των εισόδων:

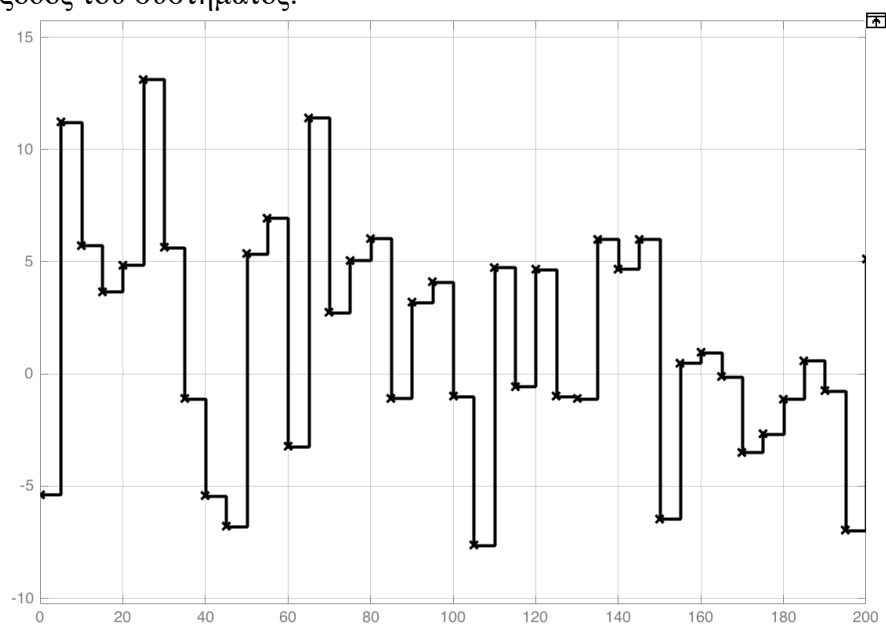
1. ALP(μπλε)-GGT(πράσινο)



2. SGOT(μπλε)- SGPT(πράσινο)



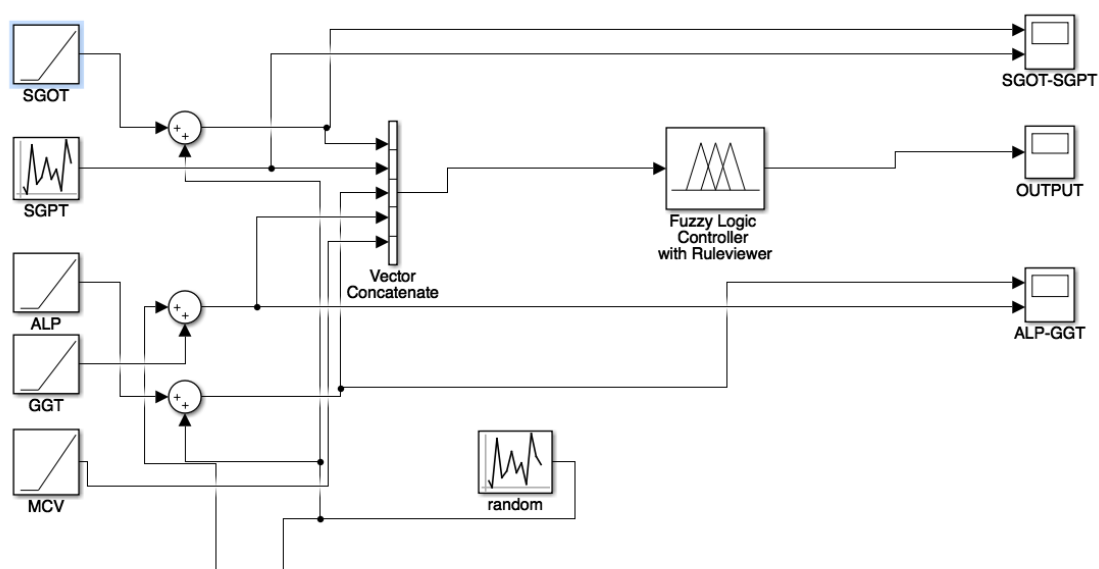
Και η Έξοδος του συστήματος:



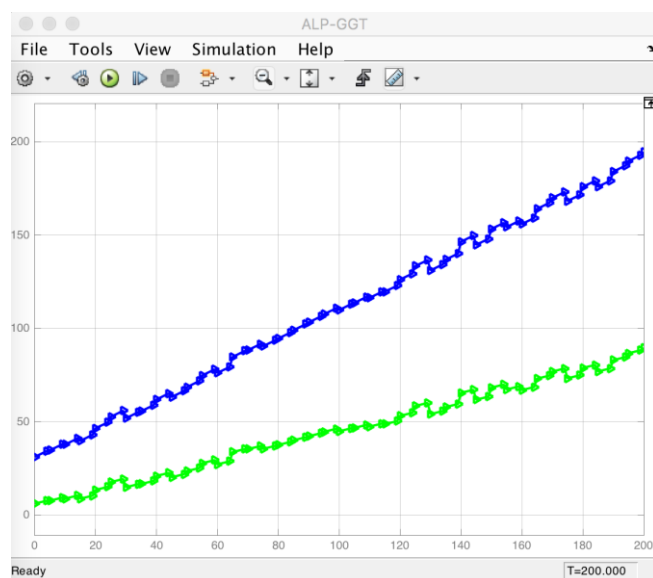
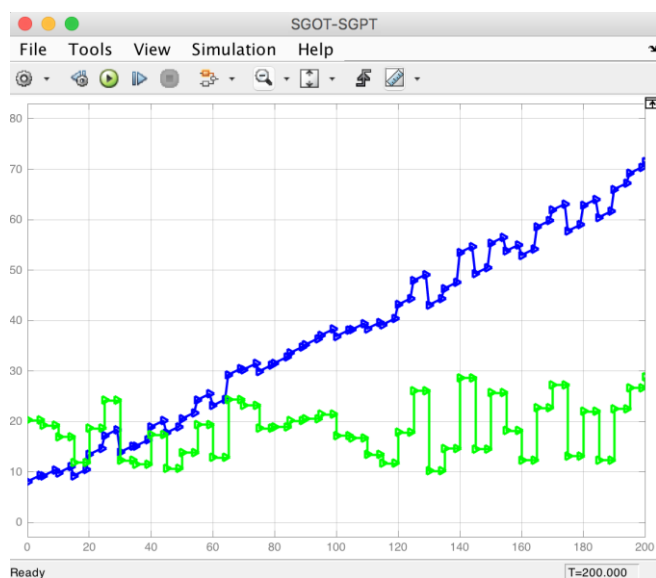
Βλέπουμε πως η έξοδος βρίσκεται πάντα στο εύρος τιμών που της έχουμε δώσει από -20 δηλαδή μέχρι 20. Όταν η τιμή της είναι μικρότερη από -5 ο ασθενής είναι υγιής και αντίθετα όταν η τιμή της είναι πάνω από 7 τότε ο ασθενής πάσχει από ηπατική ασθένεια. Για παράδειγμα, παρατηρούμε για τον κάθε ασθενή απ' το 2^ο διάγραμμα πως όταν οι τιμές της SGOT είναι χαμηλές και παρόμοιες με αυτές της SGPT και ταυτόχρονα απ' το 1^ο διάγραμμα οι τιμές και της γ.GT και της ALP βρίσκονται στα φυσιολογικά όρια τότε ο ασθενής είναι υγιής (π.χ. για T=40 , T=105 , T=150 κτλπ).

Προσομοίωση 2^η

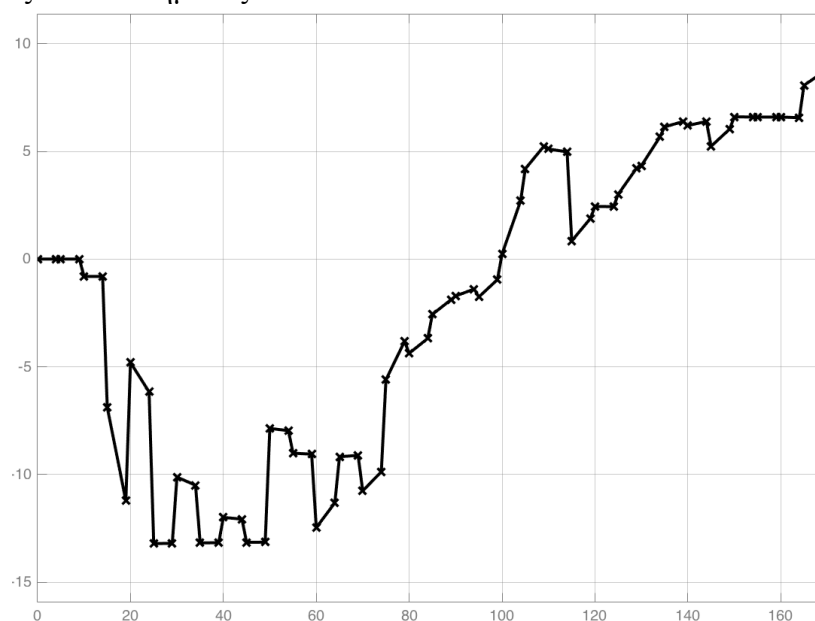
Τώρα θα προσομοιώσουμε την **κατάσταση ενός ασθενή που με την πάροδο του χρόνου αυξάνει την κατανάλωση αλκοόλ** μέχρι που εθίζεται εντελώς και η κατάχρηση του αλκοόλ φτάνει στα ύψη. Συνέπεια φυσικά αυτής της κατάχρησης είναι και οι τιμές των διάφορων ενζύμων που δεχόμαστε σαν είσοδο στο ασαφή σύστημα να αυξάνονται. Επομένως, σαν είσοδο αυτή την φορά στις περισσότερες μεταβλητές έχουμε ράμπες, με διαφορετική κλίση η καθεμία. Οι τιμές των κλίσεων που επιλέγουμε φροντίζουμε να συμπίπτουν και με τις αντίστοιχες θεωρητικές τιμές. Βέβαια, επειδή τίποτα δεν είναι γραμμικό στην φύση, θα προσθέσουμε και μια μικρή random μεταβολή(μέση τιμή 1 με διασπορά 3) στην έξοδο της κάθε ράμπας, όπως φαίνεται στο παρακάτω σύστημα στο Simulink.



Οι είσοδοι του συστήματος:



Και η έξοδος του συστήματος :



Κάθε σημείο του γραφήματος που διαγράφεται με x αποτελεί και την διάγνωση της κατάστασης του ασθενή. Παρατηρούμε πως αρχικά ο ασθενής είναι υγιής και καθώς αυξάνονται οι τιμές των ενζύμων στο αίμα με την πάροδο του χρόνου χειροτερεύει και η κατάστασή του και εν τέλει , όταν και οι ενδείξεις για το σύστημα μας δείχνει πως έχει ηπατική βλάβη. Πιο συγκεκριμένα, στο γράφημα SGOT-SGPT όταν η τιμή του ενζύμου SGOT γίνεται διπλάσια της αντίστοιχης τιμής του SGPT (για T=100), κάτι που αποτελεί ισχυρή ένδειξη ηπατικής βλάβης όπως έχει αναφερθεί, τότε η κατάστασή του γίνεται κρίσιμη. Καθώς αυξάνεται κι άλλο η αντίστοιχη τιμή της SGOT και οι τιμές των άλλων μεταβλητών (ALP, GGT) βγαίνουν από τα φυσιολογικά-επιτρεπτά όρια η υποψία για ηπατική βλάβη αυξάνεται ακόμα περισσότερο, όπως φαίνεται από το γράφημα της εξόδου.

ΣΦΑΛΜΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Για να ελέγξουμε την αξιοπιστία του ασαφή συστήματος που έχουμε δημιουργήσει θα χρησιμοποιήσουμε σαν εισόδους στο σύστημα πραγματικά δεδομένα ασθενών. Τα δεδομένα αυτά προέρχονται από εξετάσεις αίματος ανθρώπων που έχουν εξετασθεί για προβληματική λειτουργία του ήπατος και είναι στον αριθμό τους 345. Οι μετρήσεις αυτές έχουν πραγματοποιηθεί στο BUPA Medical Research Ltd.

Οι τρείς πρώτες γραμμές του αρχείου είναι οι ακόλουθες:

```
85 92 45 27 31 1
85 64 59 32 23 2
86 54 33 16 54 2
```

Οι αριθμοί σε κάθε γραμμή παριστούν τα ακόλουθα στοιχεία:

- ❖ Μέση τιμή της συγκέντρωσης ερυθρών αιμοσφαιρίων στο αίμα (MCV)
- ❖ Συγκέντρωση αλκαλικής φωσφατάσης, alkaline phosphatase (ALP)
- ❖ Συγκέντρωση της τρανσαμινάσης sgpt, alamine aminotransferase (SGPT)
- ❖ Συγκέντρωση της τρανσαμινάσης sgot, aspartate aminotransferase (SGOT)
- ❖ Συγκέντρωση της γ.GT, gamma-glutamyl transpeptidase (GGT)
- ❖ Πεδίο τελικής διάγνωσης: 1 ο εξεταζόμενος είναι υγιής, 2 ο εξεταζόμενος πάσχει από ηπατική ασθένεια

Δημιουργούμε λοιπόν τον εξής κώδικα σε περιβάλλον matlab:

```
Tot=345;
[x,c] = ReadLiver(Tot)
a = readfis('FUZZY_PROJECT_2_june.fis');
rec1=0;rec2=0;sum=0;
ugi=0;lath1 =0;lath2=0;
for i= 1:Tot
    katastash = evalfis( [x(4,i);x(3,i);x(2,i);x(5,i); x(1,i)], a);
    if katastash<-12
        if c(i) == 1
            rec1=rec1+1;
        else
            lath1=lath1+1;
        end
        sum=sum+1;
    elseif katastash>7
        if c(i) == 2
            rec2=rec2+1;
        else
            lath2=lath2+1;
        end
        sum=sum+1;
    end
end
end
```

```

function [x,c] = ReadLiver(Tot)

if ( Tot > 345 )
    Tot = 345 ;
end

f1 = fopen( 'liverdisorder.data', 'r' ) ;
x = zeros(6,Tot) ;
c = zeros(1,Tot) ;
for j = 1:Tot
    for i = 1:6
        x(i,j) = fscanf( f1, '%f', 1 ) ;
    end
    c(1,j) = fscanf( f1, '%d', 1 ) ;
end
fclose(f1) ;

```

Αρχικά διαβάζουμε το αρχείο με την συνάρτηση ReadLiver. Έπειτα, βάζουμε σαν είσοδο στο σύστημα ασαφούς ελέγχου τις τιμές των μεταβλητών για κάθε ασθενή, δηλαδή για κάθε γραμμή του αρχείου. Όπως προαναφέρθηκε το σύστημα δίνει σαν έξοδο μια τιμή από το -20 μέχρι το 20. Όσο πιο αρνητική σημαίνει ότι ασθενής είναι υγιής και αντίθετα ότι πάσχει από ηπατική ασθένεια. Βέβαια, το σύστημα που έχουμε δημιουργήσει έχει και άλλη μια έξοδο, αυτήν που υπάρχει απλά μια υποψία ότι ο ασθενής πάσχει από ηπατική ασθένεια. Βέβαια τώρα χρειάζεται να είμαστε πιο αυστηροί και έτσι θα ταξινομήσουμε σαν υγιή τα άτομα με τιμές [-20 , -12], ασθενή με τιμές [7 , 20], και θα χρησιμοποιήσουμε την ενδιάμεση κατάσταση με τιμές [-7 , 5] σαν ουδέτερη(neutral), όπου εκεί απλά ο ασθενής θα πρέπει να κάνει περαιτέρω εξετάσεις για να διαπιστωθεί η κατάστασή του .

Ανάλογα , λοιπόν, αυτήν την έξοδο το ταξινομούμε και στην ανάλογη κατηγορία, υγιής δηλαδή ή πάσχει από ηπατική ασθένεια. Αν τώρα η ταξινόμηση του συστήματός μας συμπίπτει με την πραγματική κατάσταση που έχει καταγραφεί στην κλινική για τον εκάστοτε ασθενή, τότε τον ταξινομήσαμε σωστά αλλιώς όχι. Στο τέλος αθροίζουμε όλους τους σωστά ταξινομημένους ασθενείς και διαιρούμε με τον συνολικό αριθμό των ασθενών που είναι 345, για να βρούμε την αξιοπιστία και το σφάλμα του συστήματος.

Οι ασθενείς που ταξινομήθηκαν σωστά είναι 307.

Τα σφάλμα του συστήματος είναι 11% .

Βέβαια, αν δεν λάβουμε υπόψη την ουδέτερη κατάσταση και λάβουμε υπόψη τους ασθενείς μόνο με έξοδο μεγαλύτερη από 7 και μικρότερη από -12, τότε το σφάλμα φτάνει στο 30%.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το σύστημα ασαφούς λογικής που έχουμε δημιουργήσει θα μπορούσε αναμφίβολα να χρησιμοποιηθεί με ικανοποιητική ακρίβεια τόσο για τη διαπίστωση της κατάστασης υγείας ενός ατόμου όσο και για την ταξινόμηση ενός πολύ μεγάλου πλήθους ασθενών. Επίσης, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί πολύ πιο αποτελεσματικά για την συνεχή παρακολούθηση της κατάστασης υγείας ενός ατόμου με την πάροδο του χρόνου. Και αυτό γιατί , εφόσον το άτομο για παράδειγμα κάνει κατάχρηση αλκοόλ από μια στιγμή στην ζωή του και μετά, οι μεταβολές στις τιμές των

προαναφερθέντων ενζύμων θα επηρέαζαν την έξοδο, όπως παρατηρούμε από την 2^η προσομοίωση, και θα αύξαναν την τιμή της. Αυτό θα είχε ως αποτέλεσμα να έχουμε την δυνατότητα να διαπιστώσουμε το πότε ο κίνδυνος της ηπατικής βλάβης είναι αυξημένος.

Βέβαια, ένα τέτοιο σύστημα σαν αυτό δεν θα μπορούσε να έχει μηδενικό σφάλμα, μιας και το αν ένα άτομο πάσχει από μία ασθένεια ή όχι προκύπτει από ένα πολύ μεγάλο σύνολο παραγόντων που με ένα ασαφές/ ευφυές σύστημα είναι πολύ δύσκολο να ληφθούν υπόψη. Αυτοί οι παράγοντες στο συγκεκριμένο πρόβλημα θα μπορούσαν να ήταν το ιατρικό ιστορικό του ασθενή, η μέση ημερήσια κατανάλωσή του αλκοόλ, επιπλέον ερεθίσματα(πόνος κλπ.) που πιθανόν να νιώθει ο ασθενής και άλλα πολλά. Ένα τέτοιο πρόβλημα που θα ήταν σαφώς πιο πολύπλοκο, θα μπορούσε να προσεγγιστεί από ένα σύστημα σοφού(wise) ελέγχου το οποίο αναμφίβολα θα είχε πολύ μικρότερο σφάλμα.

Συνοψίζοντας, επιτυγχάνεται αρκετά ακριβής προσέγγιση και μεταφορά των γνώσεων και της εμπειρίας ενός γιατρού σε αυτό το σύγχρονο σύστημα αυτοματοποίησης ιατρικών θεμάτων. Ο τρόπος με τον οποίο αυτά τα συστήματα αντιμετωπίζουν τα ιατρικά προβλήματα είναι ακόμα σε συμβουλευτικό στάδιο και η υλοποίηση τους αποτελεί ένα πραγματικά χρήσιμο εργαλείο για έναν άπειρο γιατρό.

ΠΗΓΕΣ

[1] Καρκαλούσος, «Εργαστηριακές Διαγνώσεις και Εξετάσεις – Έλεγχος Ηπατικής Λειτουργίας», ΤΕΙ Αθήνας

[2] Labtestsonline, «Γενική Εξέταση Αίματος».

[3] labtestsonline.org, « Gamma-Glutamyl Transferase (GGT) ».

[4] patient.info, «Abnormal Liver Function Tests”.

[5] Dr. Ananya Mandal MD, “Liver disease diagnosis”, Nov 10, 2013

[6] careathome.gr , «Φυσιολογικές τιμές εξετάσεων αίματος»

[7] Σπυριδώνα Μαγγανά, «Προσωμοίωση Ανθρώπινου Νευρικού Συστήματος με Δυναμική Ασαφή Δίκτυα Γνώσης», Οκτώβριος 2015

[8] Ένωση Επιχειρήσεων Αλκοολούχων Ποτών (ΕΝ.Ε.Α.Π.), «Πως επιδρά το αλκοόλ στο σώμα σας»

[9] archive.ics.uci.edu , «Liver Disorders Data Set»

[10] ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΗΠΑΤΟΣ, «Αλκοολική Ηπατοπάθεια»

[11] Wikipedia, the free encyclopedia, “Ήπαρ”.

[12] Αντιγόνη Αννίνου, “Εφαρμογές των Ασαφών Γνωστικών Δικτύων στην ιατρική.”, Οκτώβριος 2014