

**Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών**

**Γενικό Τμήμα  
Εργαστήριο Πληροφορικής**

**Έμπειρο Διαγνωστικό Σύστημα  
Αναγνώρισης Ασθενειών Δασικών  
Δένδρων**

**Ευστράτιος Δ. Δαβούτης**  
Επιβλέπων: Επικ. Καθηγητής Κ. Γιαλούρης

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**  
που υποβλήθηκε στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών  
Γεωπληροφορικής  
του Γενικού Τμήματος του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών  
Αθήνα  
Φεβρουάριος 2010

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

# Έμπειρο Διαγνωστικό Σύστημα Αναγνώρισης Ασθενειών Δασικών Δένδρων

Ευστράτιος Δ. Δαβούτης  
Επιβλέπων: Επικ. Καθηγητής Κ. Γιαλούρης

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ  
Καθηγητής Λορέντζος Ν.  
Καθηγητής Τσιλιγκιριδης Θ.  
Επικ. Καθηγητής Γιαλούρης Κ.  
Επικ. Καθηγητής Παπαδόπουλος Γ.  
Λέκτορας Λαγογιάννης Γ.

## *Ευχαριστίες*

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. *Κωνσταντίνο Γιαλούρη*, Επίκουρο Καθηγητή του Γενικού Τμήματος του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών ο οποίος από τη θέση του επιβλέποντα μου προσέφερε την απαραίτητη καθοδήγηση και τις επιστημονικές του συμβουλές συμβάλλοντας σημαντικά στην ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας. Επίσης ευχαριστώ τον καθηγητή Εφαρμογών του Τμήματος Δασοπονίας και Διαχείρισης Φυσικού Περιβάλλοντος του Α.Τ.Ε.Ι Λαμίας κ. *Σπύρο Καλούδη*, που με βοήθησε καθοριστικά στην ανάπτυξη της εργασίας μου. Τέλος, ευχαριστώ την οικογένειά μου, για τη στήριξη που μου παρείχε, την υπομονή και την κατανόηση που επέδειξαν για όλο το διάστημα διεκπεραίωσης της διατριβής.

Στην εργασία αυτή αφού περιγράψουμε κάποια από τα στοιχεία των δύο αντικειμένων της Τεχνητής Νοημοσύνης και των Έμπειρων Συστημάτων θα χρησιμοποιήσουμε το EXSYS PROFESSIONAL για την κατασκευή ενός έμπειρου συστήματος που θα κάνει διάγνωση των ασθενειών δέντρων του δάσους. Μελετήθηκαν και αναλύθηκαν 37 ασθένειες των φύλλων, των βελονών και του φλοιού δασικών δένδρων, εκείνες που έχουν ορατά συμπτώματα χωρίς να είναι απαραίτητη η χρήση εξειδικευμένων οργάνων. Αναλυτικότερα 15 ασθένειες της Πεύκης, 6 της Ελάτης, 4 της Καρδιάς, 8 ασθένειες της Δρυός και 4 της Καστανιάς. Στην βιβλιογραφία τα συμπτώματα των ασθενειών περιγράφονται ανομοιόμορφα και σε αδόμητη μορφή έτσι αφού ταξινομηθήκαν και επεξεργάστηκαν κατάλληλα δομήθηκαν και διαχωρίστηκαν οι διαγνωστικοί παράγοντες κάθε ασθένειας. Στη συνέχεια αναπτύχθηκε ένα Έμπειρο Σύστημα που μπορεί να διαγνώσει τις παραπάνω ασθένειες.

Αρχικά, το σύστημα αυτό μπορεί να λειτουργήσει ως υπόδειγμα, τόσο για τις δυνατότητες των έμπειρων συστημάτων, όσο και για τον τρόπο διαχείρισης των παραμέτρων παρόμοιων προβλημάτων. Σε δεύτερο επίπεδο, το σύστημα μπορεί να αποτελέσει βάση για την κατασκευή πιο σύνθετων συστημάτων, που θα μπορούν να αντιμετωπίσουν ευρύτερα προβλήματα.

Επίσης στα πλαίσια του βιβλιογραφικού μέρους της εργασίας παρουσιάζεται μια γενική εικόνα των τρόπων με τους οποίους τα Έμπειρα Συστήματα και τεχνικές από το χώρο της Τεχνητής Νοημοσύνης συντελούν στην αντιμετώπιση των διάφορων κατηγοριών προβλημάτων.

Η TN καλύπτει ένα ευρύ φάσμα περιοχών και αυτό της δίνει πολυεπιστημονικό χαρακτήρα. Η τεχνολογία των έμπειρων συστημάτων αποτελεί ένα σημαντικό κομμάτι του εφαρμοσμένου μέρους της TN. Ένα ευφύες σύστημα πρέπει να έχει την ικανότητα να πλοηγείται, με αποτελεσματικότητα και αποδοτικότητα, σε ένα πολύ μεγάλο χώρο αναζήτησης, επιλέγοντας σε κάθε στάδιο την πιο «υποσχόμενη» διαδρομή, η οποία στην πλειονότητα των περιπτώσεων, θα το οδηγήσει, εάν όχι σε βέλτιστη λύση τουλάχιστον σε μία αρκετά ικανοποιητική λύση. Οι μηχανισμοί διεύθυνσης ή εστίασης σε ένα μεγάλο χώρο αναζήτησης (λύσεων) αποτελεί μία πολύ κεντρική έννοια στο πεδίο της TN.

Τα Έμπειρα Συστήματα κωδικοποιούν και χειρίζονται τη γνώση και τη συλλογιστική ενός ανθρώπου-ειδικού σε έναν εξειδικευμένο τομέα, με σκοπό την επίλυση προβλημάτων ή την παροχή συμβουλών. Η μεθοδολογία, για την επίλυση προβλημάτων, δεν ακολουθεί την συμβατική μορφή ενός προγράμματος, με δεδομένα και αλγορίθμους, αλλά έχει μια αρχιτεκτονική που έχει σαν πυρήνες μία βάση γνώσης (knowledge base) και μία μηχανή εξαγωγής συμπερασμάτων (inference engine).

Επίσης περιγράφονται εκείνα τα συστήματα που ήδη υπάρχουν και χρησιμοποιούν μεθοδολογίες Έμπειρων Συστημάτων αποδεικνύοντας το ευρύ φάσμα εφαρμογής της. Επίσης αναφερόμαστε κριτικά το μέλλον και τις προοπτικές της χρήσης της Τεχνητής Νοημοσύνης και των Έμπειρων συστημάτων.

**Λέξεις Κλειδιά:** Έμπειρα Συστήματα, Τεχνητή Νοημοσύνη, EXSYS PROFESSIONAL, Ασθένειες δασικών δένδρων.

**Keywords:** Expert System, EXSYS PROFESSIONAL, Expert System in Forest Diseases.

## Πίνακας περιεχομένων

<b>1. Τεχνητή Νοημοσύνη</b>	<b>8</b>
1.1 Τεχνητή Νοημοσύνη	8
1.3 Τομείς της Τεχνητής Νοημοσύνης	13
<b>2. Έμπειρα Συστήματα</b>	<b>16</b>
<b>2.1 Δομή Έμπειρου Συστήματος</b>	<b>19</b>
2.1.1 Σύστημα Βάσης Γνώσης	19
2.1.2 Αναπαράσταση της Γνώσης	22
2.1.2.1 Γεγονότα	22
2.1.2.2 Κανόνες	23
2.1.2.3 Σημασιολογικά δίκτυα	24
2.1.3 Μηχανισμός Εξαγωγής Συμπερασμάτων	25
<b>2.2 Χαρακτηριστικά ΕΣ , Σύγκριση ΕΣ –Συμβατικών Προγραμμάτων</b>	<b>27</b>
<b>2.3 Γνωστά Έμπειρα Συστήματα</b>	<b>30</b>
<b>2.4 Εργαλεία Ανάπτυξης Εμπειρών Συστημάτων</b>	<b>31</b>
<b>3. Εφαρμογές Εμπειρών Συστημάτων</b>	<b>33</b>
<b>3.1 MYCIN</b>	<b>35</b>
<b>3.2 DENDRAL</b>	<b>36</b>
<b>3.3 PROSPECTOR</b>	<b>37</b>
<b>3.4 CRYVALIS</b>	<b>38</b>
<b>3.5 HESS</b>	<b>38</b>
<b>3.6 Εφαρμογή Εμπειρών Συστημάτων στη Γεωργία</b>	<b>39</b>
3.6.1 PLANT/ds	40
3.6.2 POMME	40
3.6.3 WEEDEX	40
3.6.4 COMAX	42
3.6.5 Insect identification expert system for forest protection	42
3.6.6 A Decision Support System for Forest Fire Management	43
3.6.7 Rice Fertility	43
3.6.8 EXSYS, an Expert system for Diagnosing Flowerbubl Diseases, Pests and Non-Parasitic Disorders	44
<b>4. EXSYS Professional</b>	<b>45</b>
<b>4.1 Σύντομη Περιγραφή</b>	<b>45</b>
<b>4.2 Παρουσίαση Εργαλείου</b>	<b>47</b>

<b>5 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΕΣ</b>	<b>53</b>
5.1 Φυσικό Πρόβλημα	53
5.2 Σύλληψη της Γνώσης	54
5.3 Διαμόρφωση της Γνώσης	55
5.3 Αναπαράσταση της Γνώσης	67
5.4 Λειτουργία Συστήματος	73
5.5 Συμπεράσματα - Συζήτηση	80
<b>Βιβλιογραφία Ελληνική</b>	<b>83</b>
<b>Βιβλιογραφία Ξενόγλωσση</b>	<b>84</b>
<b>Ιστοσελίδες</b>	<b>86</b>

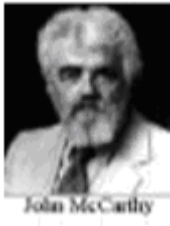
Στόχος μας είναι η ανάπτυξη ενός Έμπειρου Συστήματος διάγνωσης των ασθενειών των δένδρων του δάσους, να αναλύσουμε το σκοπό της σχετικής τεχνολογίας στην αντιμετώπιση παρόμοιων προβλημάτων καθώς και να περιγράψουμε τα διακριτά χαρακτηριστικά αυτών των συστημάτων.

Μελετήθηκαν και επιλέχθηκαν 37 ασθένειες των φύλλων, των βελονών και του φλοιού, που αφορούν την Πεύκη, την Ελάτη, την Καρυδιά την Καστανιά και την Δρυ. Οι ασθένειες επιλέχθηκαν ώστε να έχουν ορατά συμπτώματα χωρίς να είναι απαραίτητη η χρήση εξειδικευμένων οργάνων. Τις παραπάνω ασθένειες τις κωδικοποιήσαμε σε ένα φιλικό προς τον χρήστη διαγνωστικό Έμπειρο Σύστημα. Η αναγκαιότητα και σπουδαιότητα της προσπάθειας μας ενισχύεται από το ότι δασικές ασθένειες συχνά νεκρώνουν χιλιάδες στρέμματα στην Ελλάδα και αλλού.

Στην εργασία μας θα παρουσιάσουμε επίσης το εργαλείο ανάπτυξης έμπειρων συστημάτων EXSYS PROFESSIONAL. Με την τεχνολογία του EXSYS PROFESSIONAL υλοποιήσαμε την εφαρμογή μας.

Το σύστημα αυτό θα μπορεί να λειτουργήσει ως υπόδειγμα, τόσο για τις δυνατότητες των έμπειρων συστημάτων, όσο και για τον τρόπο διαχείρισης των παραμέτρων παρόμοιων προβλημάτων. Επίσης θα μπορούσε να αποτελέσει βάση για την κατασκευή πιο σύνθετων συστημάτων, τα οποία θα μπορούν να αντιμετωπίσουν ευρύτερα προβλήματα.

## 1. Τεχνητή Νοημοσύνη



### 1.1 Τεχνητή Νοημοσύνη

Το πεδίο της ΤΝ είναι περίπου σαράντα πέντε ετών. Αυτό βέβαια εξαρτάται από το πότε τοποθετείται χρονικά η έναρξη της ΤΝ. Είναι γεγονός ότι η έρευνα σε ΤΝ άρχισε από τον John McCarthy πολύ πριν επινοηθεί ο όρος «Τεχνητή Νοημοσύνη», ενώ το πρώτο επίσημο διεθνές συνέδριο σε ΤΝ διεξήχθη το 1969 στη Βόρειο Αμερική. Στην Ευρώπη κάποιες ατυχείς συγκυρίες είχαν ως αποτέλεσμα το κάπως αργό ξεκίνημα της ΤΝ. Στο Ηνωμένο Βασίλειο, για παράδειγμα, το συμπέρασμα του Sir James Lighthill (Lighthill, 1973) ότι η ΤΝ δημιουργήθηκε από άντρες που στόχο είχαν την κατασκευή του μηχανικού ανθρώπου ως υποκατάστατο της κυοφορίας, είχε ως αποτέλεσμα το πάγωμα της κρατικής υποστήριξης προς την έρευνα σε ΤΝ (Κεραυνού, 2000). Στις αρχές της δεκαετίας του 80, όταν πλέον έγινε αντιληπτή η σημασία των ερευνητικών στόχων της ΤΝ αποφασίστηκε να διατεθούν σημαντικά κρατικά κονδύλια προς υποστήριξη αυτής της έρευνας. Βέβαια είναι γεγονός ότι το προβάδισμα σε αυτό το πεδίο δόθηκε από ερευνητές σε πανεπιστήμια και ερευνητικά κέντρα της Βορείου Αμερικής και σε μεγάλο βαθμό το πεδίο εξακολουθεί να κυριαρχείται από τους Αμερικανούς ερευνητές, παρόλο που τώρα η Ευρώπη έχει και αυτή να επιδειξει αξιόλογα ερευνητικά αποτελέσματα. Σε αυτή την αλλαγή πνεύματος συνέτεινε σε μεγάλο βαθμό η ανακοίνωση της Ιαπωνικής κυβέρνησης για τη διάθεση τεράστιων ποσών προς τη δημιουργία του υπολογιστή πέμπτης γενεάς (fifth-generation computer), ο οποίος θα είχε ικανότητες ευφυΐας. Η Ιαπωνική προσπάθεια μπορεί να μην επέφερε τα αναμενόμενα αποτελέσματα, συνέβαλε όμως τα μέγιστα στην αναζωπύρωση του ενδιαφέροντος σε ΤΝ, κυρίως στην Ευρώπη.

Πηγαίνοντας πολύ πιο πίσω από τα πιο πάνω γεγονότα, οι ρίζες της ΤΝ μπορούν να χρονολογηθούν στο έργο των αρχαίων Ελλήνων φιλοσόφων, κυρίως του Αριστοτέλη, και σε μεταγενέστερο στάδιο, στο έργο διάσημων μαθηματικών όπως του George Boole. Στην Ευρώπη ο Άγγλος μαθηματικός



Alan Turing, ο οποίος θεωρείται ένας από τους πατέρες της ΤΝ, ήταν ο πρώτος που διατύπωσε, κατά τη μεταπολεμική περίοδο, την έννοια της ευφυούς υπολογιστικής μηχανής και προσδιόρισε τη δοκιμή με την οποία μπορεί να αποδειχθεί, με εμπειρικό τρόπο, η ύπαρξη ή μη ευφυΐας σε έναν υπολογιστή.

Ο τομέας της Κυβερνητικής (Cybernetics), κυρίως το μέρος αυτού του τομέα που ασχολήθηκε με τη δημιουργία μηχανών, οι οποίες προσομοίωναν κάποια χαρακτηριστικά ανθρώπινης συμπεριφοράς, μπορεί να θεωρηθεί σαν ένας από τους άμεσους προγόνους της ΤΝ. Σε γενικές γραμμές, η ουσία είναι ότι η ΤΝ αντλεί από πολλούς και διαφορετικούς τομείς (Φιλοσοφία, Μαθηματικά, Γνωστική Ψυχολογία, Μηχανική, κτλ.), πράγμα το οποίο της δίνει τον πολυεπιστημονικό της χαρακτήρα, και οι εφαρμογές της αφορούν πολλούς και διαφορετικούς τομείς (Ιατρική, Νομική, Εκπαίδευση, Γλωσσολογία, Γεωλογία, Βιολογία, Αστρονομία, κτλ.).

Αναμφισβήτητα, ο όρος Τεχνητή Νοημοσύνη (ή Τεχνητή Ευφυΐα) αφήνει πολλά περιθώρια ερμηνείας. Επομένως δεν πρέπει να μας παραξενεύει το γεγονός ότι ο παραπάνω όρος έχει οδηγήσει σε έντονες συζητήσεις, ακόμη και σε διαμάχες, εντός και εκτός της ερευνητικής κοινότητας, για το τι τέλος πάντων σημαίνει. Τέτοιες συζητήσεις είναι αναμενόμενες και καλοδεχούμενες, για οποιοδήποτε σχετικά νέο πεδίο τα σύνορα του οποίου δεν έχουν ακόμη σταθεροποιηθεί και συνεχώς επεκτείνονται σε νέες κατευθύνσεις.

Κανένας από τους κατά καιρούς προτεινόμενους ορισμούς του τι σημαίνει τεχνητή νοημοσύνη δεν είναι καθολικά αποδεκτός. Κανένας από αυτούς δεν καλύπτει επακριβώς τις διάφορες περιοχές που περιλαμβάνονται σε αυτό το πεδίο. Επομένως, από πρακτικής απόψεως, ο καλύτερος τρόπος οριοθέτησης της ΤΝ στην παρούσα φάση ανάπτυξής της, είναι μέσω των ερευνητικών περιοχών που την αποτελούν, όπως αυτές διαφαίνονται στα πρακτικά διεθνών συνεδρίων σε ΤΝ (Τζαφέστας, 1988).

Σε αυτή την ενότητα θα αναφερθούμε σε κάποιους από τους προτεινόμενους ορισμούς της ΤΝ, ενώ στην επόμενη ενότητα θα σας παρουσιάσουμε μία σύντομη ιστορική αναδρομή.

Οι Luger και Stubblefield (1998) προτείνουν καταρχήν τον ακόλουθο ορισμό:

**Ορισμός 1:** «Τεχνητή Νοημοσύνη είναι ένας κλάδος της Πληροφορικής, ο οποίος ασχολείται με την αυτοματοποίηση ευφυούς συμπεριφοράς»

Κατά τους Luger και Stubblefield το δυνατό σημείο αυτού του ορισμού είναι η τοποθέτηση της ΤΝ ως κλάδου της Πληροφορικής, το οποίο σημαίνει ότι η ΤΝ κληρονομεί όλες τις μεθοδολογίες, τεχνικές, μηχανισμούς και πρότυπα που υπογραμμίζουν όλα τα υπολογιστικά συστήματα. Όμως, από πρακτικής απόψεως, το αδύνατο σημείο του ορισμού είναι ότι εξαρτάται από το τι είναι

«ευφυΐα» ή «ευφυής συμπεριφορά», κάτι για το οποίο δεν υπάρχει σύγκλιση απόψεων. Στο τελευταίο κεφάλαιο του βιβλίου τους, οι Luger και Stubblefield, δίνουν τον ακόλουθο τροποποιημένο ορισμό:

**Ορισμός 2:** *«Τεχνητή Νοημοσύνη είναι η μελέτη των μηχανισμών που διέπουν ευφυή συμπεριφορά, μέσω της κατασκευής και αξιολόγησης συστημάτων τα οποία παριστάνουν αυτούς τους μηχανισμούς.»*

Εκ πρώτης όψεως αυτός ο ορισμός φαίνεται να είναι παράφραση του ορισμού 1. Πιο προσεκτική εξέταση όμως δείχνει ότι υπάρχει μια ουσιαστική διαφορά. Ο ορισμός 2 μας προτείνει ότι ΤΝ είναι η μελέτη κατανόησης της φύσης της ανθρώπινης ευφυούς συμπεριφοράς.

Επομένως, δεν προϋποθέτει τον προσδιορισμό της «ευφυούς συμπεριφοράς», όπως ο ορισμός 1. Φυσικά και ο ορισμός 2 παραμένει απεριόριστος.

Ένας τρίτος εναλλακτικός ορισμός, ο οποίος έχει προταθεί από διάφορους ερευνητές, και είναι πιο συγκεκριμένος, και επομένως πιο περιοριστικός, από τους ορισμούς 1 και 2, είναι ο ακόλουθος:

**Ορισμός 3:** *Τεχνητή Νοημοσύνη είναι η ανάπτυξη υπολογιστικών συστημάτων για την επίλυση δύσκολων προβλημάτων, τα οποία δεν μπορούν να επιλυθούν με την εξαντλητική εξέταση όλων των πιθανών λύσεων μια και αυτές μπορεί να είναι πάρα πολλές.*

Η έμφαση εδώ είναι σε δύσκολα προβλήματα, τα οποία παραδοσιακές υπολογιστικές μέθοδοι, δηλαδή καθαρά αλγοριθμικές μέθοδοι, είναι ανίκανες να επιλύσουν, τουλάχιστο μέσα σε λογικά χρονικά πλαίσια. Με έμμεσο τρόπο, αυτός ο ορισμός επικαλείται τη χρήση ευρετικών μεθόδων. Η σύνδεση του ορισμού 3 με την ευφυΐα απορρέει από τη γενική αποδοχή ότι ο άνθρωπος που μπορεί να επιλύσει τέτοια δύσκολα προβλήματα, αποδοτικά και αποτελεσματικά, χαρακτηρίζεται από ευφυΐα. Επίσης χαρακτηρίζεται από εκτενή γνώση και εμπειρία. Ευφυΐα, γνώση και εμπειρία είναι αλληλένδετες έννοιες. Βέβαια, δεν έπεται ότι ο ίδιος άνθρωπος είναι εξίσου ικανός στην επίλυση όλων των ειδών δύσκολων προβλημάτων.

Παρόλο που ο ορισμός 3 είναι πολύ πιο συγκεκριμένος από τους ορισμούς 1 και 2, μια και υπονοεί μια περιοριστική αντίληψη της έννοιας της ευφυΐας, την ικανότητα επίλυσης δύσκολων προβλημάτων, δεν καλύπτει επαρκώς τις διάφορες ερευνητικές περιοχές που περιλαμβάνονται στη ΤΝ.

Για παράδειγμα, αυτός ο ορισμός δεν καλύπτει τις προσπάθειες δημιουργίας υπολογιστικών συστημάτων τα οποία επιδεικνύουν κοινή λογική (commonsense reasoning). Ο κάθε άνθρωπος, κανονικού επιπέδου

νοημοσύνης, κατέχει κοινή λογική, η εφαρμογή της οποίας δεν χαρακτηρίζεται ως δύσκολη πράξη.



George Boole

## Η ΑΡΧΗ ΤΗΣ

## T.N



- Οι "συλλογισμοί" του Αριστοτέλη (384-322 π.χ.) παρείχαν πρότυπα εκφράσεων που έδιναν πάντα σωστά συμπεράσματα από σωστές υποθέσεις.
- 1854: Ο George Boole έθεσε τις βάσεις της προτασιακής λογικής.
- 1879: Ο Gottlieb Frege πρότεινε ένα σύστημα αυτοματοποιημένης συλλογιστικής και έθεσε τις βάσεις του κατηγορηματικού λογισμού (predicate calculus).
- 1943: Ο McCulloch και ο Pitts πρότειναν ένα μοντέλο τεχνητών νευρώνων που είχε τη δυνατότητα να μαθαίνει και να υπολογίζει κάθε υπολογίσιμη συνάρτηση.
- 1951: Ο Minsky και ο Edmonds υλοποίησαν το πρώτο νευρωνικό δίκτυο, το SNARC, με 40 νευρώνες, το οποίο χρησιμοποιούσε 3.000 λυχνίες.
- 1956: Διοργάνωση συνεδρίου (workshop) καθοριστικού στη γέννηση της T.N.
- Διοργανώθηκε στο Dartmouth από τους McCarthy, Minsky, Shannon και Rochester και αφορούσε τη θεωρία αυτομάτων, νευρωνικά δίκτυα και μελέτη της ευφυΐας.
- Παρουσιάστηκε το Logic Theorist (LT) που ήταν σε θέση να αποδεικνύει τα περισσότερα από τα θεωρήματα των Russell και Whitehead (Principia Mathematica).
- Το κυριότερο ίσως αποτέλεσμα του συνεδρίου ήταν η αποδοχή του ονόματος που πρότεινε ο McCarthy για τη νέα ερευνητική περιοχή: **Τεχνητή Νοημοσύνη.**

## 1.2 Δοκιμή Turing για την μηχανική ευφυΐα

Ο Alan Turing (1913-1954) ο οποίος θεωρείται ο πατέρας της ΤΝ, εμπνεύστηκε το 1950 ένα τεστ (Turing test), για την αναγνώριση ευφυών μηχανών. Το Turing test βασίζεται σε μία σειρά από ερωτήσεις που υποβάλει κάποιος σε έναν άνθρωπο και μία μηχανή, ο εξεταστής δεν γνωρίζει εκ των προτέρων από ποιον παίρνει τις απαντήσεις (Κεραυνού, 2000).

### Δοκιμή Turing



*Υπάρχουν τρία χωριστά δωμάτια. Στο ένα βρίσκεται ο υπολογιστής, στο άλλο βρίσκεται ένας άνθρωπος που παίζει το ρόλο του εξεταζόμενου και στο τελευταίο βρίσκεται ένας άλλος άνθρωπος ο οποίος παίζει το ρόλο του ανακριτή. Ο ανακριτής δεν γνωρίζει σε ποιο δωμάτιο βρίσκεται ο άνθρωπος και σε ποιο ο υπολογιστής. Η επικοινωνία ανάμεσα στον ανακριτή και τους άλλους δύο γίνεται μέσω τερματικών. Ο ανακριτής θέτει διάφορα ερωτήματα, ταυτόχρονα στον άνθρωπο και στον υπολογιστή και με βάση τις ξεχωριστές απαντήσεις που παίρνει προσπαθεί να διακρίνει τον άνθρωπο από τον υπολογιστή. Εάν ο ανακριτής δεν μπορεί να διαχωρίσει τους δύο, τότε μπορεί να θεωρηθεί ότι ο υπολογιστής κατέχει ευφυΐα.*

Φυσικά, κανένας υπολογιστής μέχρι τώρα δεν έχει περάσει αυτή τη δοκιμή, και ίσως αυτό να μην είναι ποτέ εφικτό. Παρά ταύτα, αυτή η δοκιμή αποτελεί τη βάση των τρόπων αξιολόγησης συστημάτων ΤΝ, όπως για παράδειγμα τα έμπειρα συστήματα όπου ο βασικός τρόπος αξιολόγησης αποτελείται από τη σύγκριση της απόδοσης του συστήματος έναντι αυτής του έμπειρου πάνω

σε ένα σύνολο προβλημάτων. Σύμφωνα με αυτή τη δοκιμή το μέτρο σύγκρισης είναι η ανθρώπινη ευφυΐα.

### 1.3 Τομείς της Τεχνητής Νοημοσύνης

Η Τεχνητή Νοημοσύνη εφαρμόζεται σε όλο και περισσότερους τομείς που σχετίζονται με την τεχνολογία, τις διάφορες επιστήμες. Εφαρμόζεται σε συσκευές καθημερινής χρήσης, την βιομηχανία την άμυνα ακόμη και τα ηλεκτρονικά παιχνίδια. Κατά συνέπεια αναπτύχθηκαν πολλοί επιμέρους κλάδοι της επιστήμης αυτής (Γιαλούρης, 2009).

**Μερικοί από τους κλάδους της Τεχνητής Νοημοσύνης είναι:**

Η **Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας**, που σκοπός της είναι η επικοινωνία του ανθρώπου και του υπολογιστή σε φυσική γλώσσα. Η επικοινωνία αυτή περιλαμβάνει την κατανόηση από πλευράς υπολογιστή προτάσεων σε φυσική γλώσσα προκειμένου να εκτελέσει κάποιες λειτουργίες όπως για παράδειγμα φωνητική προσπέλαση σε Βάσεις Δεδομένων. Ο τομέας της επεξεργασίας φυσικής γλώσσας περιλαμβάνει ως εφαρμογή και την αυτόματη μετάφραση μεταξύ δύο φυσικών γλωσσών (π.χ. Αγγλικά - Ελληνικά).

Τα **Έμπειρα Συστήματα**, που αποσκοπούν στην αποθήκευση στον υπολογιστή της εμπειρίας ενός ειδικού σε κάποιο τομέα και στην εξασφάλιση της δυνατότητας του υπολογιστή να δρα πλέον ο υπολογιστή ως ειδικός. Τα Έμπειρα Συστήματα είναι από τα πλέον χαρακτηριστικά παραδείγματα εφαρμογών της Τεχνητή Νοημοσύνης.

Η **Αναγνώριση Εικόνας**, η οποία έχει στόχο να δίδει στον υπολογιστή τη δυνατότητα, μέσω καταλλήλων οπτικών συστημάτων, να βλέπει και να αναγνωρίζει αντικείμενα. Η αναγνώριση εικόνας χρησιμοποιείται σε ρομποτικά συστήματα, σε συστήματα ασφαλείας, σε διαγνωστικά συστήματα κλπ.

Η **Μηχανική Μάθηση ή Μάθηση της Μηχανής**, που έχει σκοπό να δώσει στον υπολογιστή την δυνατότητα να αυξάνει την απόδοση, αυτοβελτιώνοντας τη γνώση του σε ένα ορισμένο τομέα χωρίς να επεμβαίνει ο άνθρωπος. Σε ένα

υπολογιστικό σύστημα το οποίο έχει την ικανότητα να μαθαίνει η γνώση του βρίσκεται σε διαρκή μεταβολή, όπως ακριβώς συμβαίνει και στον άνθρωπο. Η μεταβολή της γνώσης μπορεί να γίνει είτε με μετασχηματισμό της νέας γνώσης και αποθήκευσή της σε μία δομή κατάλληλα επεξεργάσιμη από το σύστημα είτε με τον αυτομετασχηματισμό του ιδίου του συστήματος όπως αυτό συμβαίνει στα νευρωνικά δίκτυα.

Τα **Νευρωνικά Δίκτυα**, μέσω των οποίων γίνεται προσομοίωση της λειτουργίας του ανθρώπινου εγκεφάλου σύμφωνα με τις θεωρίες της σύγχρονης Ψυχιατρικής, Ψυχολογίας και Νευροφυσιολογίας. Τα Νευρωνικά Δίκτυα χρησιμοποιούν τεχνικές και μεθοδολογίες από διάφορους επιστημονικούς χώρους όπως Μαθηματικά, Στατιστική, Φυσική κλπ. και εξαπλώνονται σε πολλούς τομείς (Haibin et al.,2001) . Τα Νευρωνικά Δίκτυα απαρτίζονται από τεχνητούς νευρώνες που αλληλεπιδρούν μέσω συνδέσμων που ονομάζονται *συντελεστές βάρους*. Θετικά ή αρνητικά βάρη αντιστοιχούν σε συνάψεις που μεταδίδουν προς άλλους νευρώνες ή αναστέλλουν ερεθίσματα από άλλους νευρώνες.

Η **Ρομποτική**, η οποία εξασφαλίζει τη συνεργασία διαφόρων κλάδων της Τεχνητής Νοημοσύνης, σε συνδυασμό με ηλεκτρομηχανικές διατάξεις, για την εκτέλεση διαφόρων εξειδικευμένων εργασιών. Σύγχρονα ρομπότ χρησιμοποιούνται σε αλυσίδες παραγωγής αυτοκινήτων ή εκτελούν εργασίες σε χώρους επικίνδυνους για τον άνθρωπο. Γενικά ένα ρομπότ αποτελείται από τρεις βασικές συνιστώσες : τους αισθητήρες, τις μονάδες επίδρασης στο περιβάλλον του ρομπότ και την μονάδα ελέγχου.

Οι **Γενετικοί Αλγόριθμοι** είναι προσανατολισμένοι στην αναζήτηση της βέλτιστης λύσης μέσα από ένα σύνολο αρχικών πιθανών λύσεων ενός προβλήματος. Κάθε τέτοια πιθανή λύση αναπαρίσταται με ένα μία σειρά χαρακτήρων (string) αποτελούμενη από bits ή οποία ονομάζεται και χρωμόσωμα (chromosome) ενώ κάθε χαρακτήρας της σειράς ονομάζεται γονίδιο (gene).

Η επιλογή βασίζεται στην βαθμολόγηση κάθε λύσης με την χρήση μιας συνάρτησης καταλληλότητας (fitness function). Η Συνάρτηση αυτή έχει ως όρισμα ένα χρωμόσωμα και δίδει ως αποτέλεσμα μία τιμή που δηλώνει την καταλληλότητα του αντιστοίχου χρωμοσώματος. Η διαδικασία ολοκληρώνεται με την μεγιστοποίηση της συνάρτησης.

Η βασική μορφή ενός γενετικού αλγορίθμου είναι :

1. Δημιούργησε ένα αρχικό πληθυσμό P με N υποψήφιες λύσεις.
2. Υπολόγισε την καταλληλότητα κάθε λύσης

3. Όσο ο πληθυσμός P δε συγκλίνει σε μία λύση επανέλαβε  $N/2$  φορές τα παρακάτω:

- Επέλεξε δύο λύσεις από τον πληθυσμό P
- Συνδύασε τις δύο λύσεις για να βγάλεις δύο απογόνους
- Υπολόγισε την καταλληλότητα των δύο απογόνων
- Εισήγαγε τους δύο απογόνους στο νέο πληθυσμό.

Οι **Ευφυείς Πράκτορες (Intelligent Agents)** αποτελούν έναν από τους νεώτερους κλάδους της Τεχνητής Νοημοσύνης. Ένας πράκτορας είναι μία οντότητα που έχει αντίληψη του περιβάλλοντος στο οποίο ευρίσκεται και αντιλαμβάνεται αυτό μέσω αισθητήρων ενώ επενεργεί πάνω σε αυτό με ειδικούς μηχανισμούς δράσης (actuators). Έχει τη δυνατότητα να πραγματοποιεί συλλογισμούς και να επιδρά πάνω στο περιβάλλον.

Μπορούμε να διακρίνουμε τους *λογισμικούς πράκτορες* οι οποίοι λειτουργούν σε ένα υπολογιστικό περιβάλλον και τους *ρομποτικούς πράκτορες* που λειτουργούν σε πραγματικό περιβάλλον. Μία ειδική κατηγορία πρακτόρων είναι αυτή των *κινητών πρακτόρων (mobile agents)* που χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές διαδικτύου .

## 2. Έμπειρα Συστήματα

Τα Έμπειρα Συστήματα (Expert Systems), είναι προγράμματα τα οποία επιδεικνύουν νοήμονα συμπεριφορά σε συγκεκριμένους τομείς και διαδικασίες, ανάλογη ενός ανθρώπου εμπειρογνώμονα με ειδικότητα σε κάποιο τομέα. Έχουν τη δυνατότητα να επεξεργάζονται αποθηκευμένη γνώση που αφορά την εμπειρία ενός ειδικού σε κάποιο τομέα και την εξασφάλιση της δυνατότητας του υπολογιστή να δρα πλέον ως ειδικός (Βλαχάβας κ.α., 2006). Κωδικοποιούν και χειρίζονται τη γνώση και τη συλλογιστική ενός ανθρώπου-ειδικού σε έναν εξειδικευμένο τομέα, με σκοπό την επίλυση προβλημάτων ή την παροχή συμβουλών. (Durkin, 1994), (Bramer, 1989).

Με τον τρόπο αυτό ένα έμπειρο σύστημα μπορεί να δίδει προσαρμοσμένη συμβουλή σε ένα χρήστη. Τα έμπειρα συστήματα είναι από τα πλέον χαρακτηριστικά παραδείγματα εφαρμογών της Τεχνητής Νοημοσύνης.

“Ένα Έμπειρο Σύστημα είναι ένα έξυπνο πρόγραμμα που χρησιμοποιεί γνώση και μηχανισμούς εξαγωγής συμπερασμάτων για να μπορεί να λύνει προβλήματα τα οποία είναι δύσκολα και μπορεί να απαιτούν σημαντική ανθρώπινη εμπειρία για τη λύση τους” (Feigenbaum)

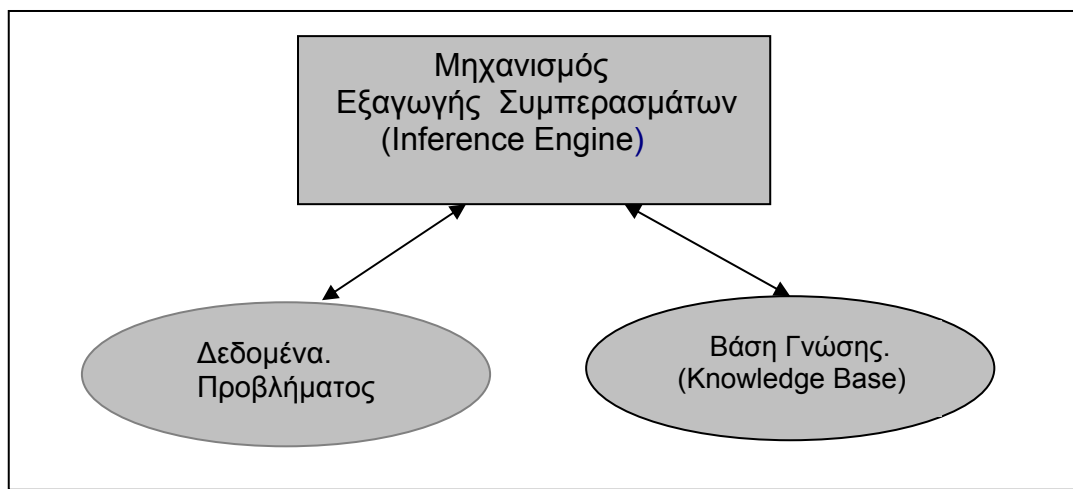
Τα Έμπειρα Συστήματα, τις περισσότερες φορές έχουν τη μορφή συστημάτων κανόνων, υλοποιούν δηλαδή ανίχνευση δια της συμπεριφοράς (Waterman, 1986).

Η αρχική προσπάθεια στο πεδίο της ΤΝ στόχευε στη δημιουργία συστημάτων γενικής επίλυσης προβλημάτων (general problem solvers). Μέσα από αυτή την προσπάθεια, και συγκεκριμένα την αποτυχία της, διεφάνη ότι η αποδοτική και αποτελεσματική επίλυση ρεαλιστικών προβλημάτων είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη “χρήση συγκεκριμένης γνώσης”. Αυτό οδήγησε στη δημιουργία των *Συστημάτων Βασισμένων στη Γνώση* (knowledge based systems).



Η γενική αρχιτεκτονική ενός Συστήματος Βασισμένο στη Γνώση δίνεται στο παρακάτω σχήμα 1.

### Γενική αρχιτεκτονική ενός συστήματος βάσης γνώσης



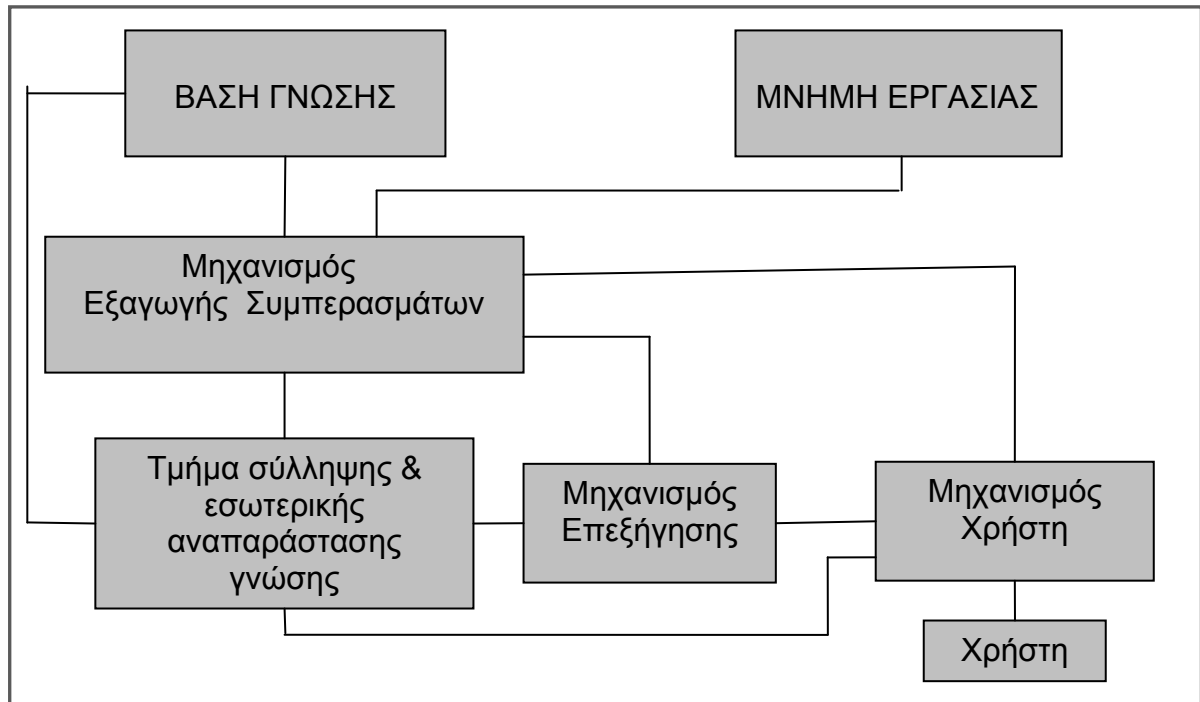
Σχήμα 1: αρχιτεκτονική ενός Συστήματος Βασισμένο στη Γνώση.

Υπάρχουν κάποια συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, τα οποία είναι επιθυμητό να υπάρχουν στα Έμπειρα Συστήματα. Συνήθως, τα χαρακτηριστικά αυτά περιλαμβάνονται στη σχεδίαση των συστημάτων. Τα σημαντικότερα από αυτά είναι τα ακόλουθα:

### **Χαρακτηριστικά Εμπείρων Συστημάτων**

- ◆ Προσομοιώνουν ανθρώπινο συλλογισμό και γνώση.
- ◆ Επιλύουν προβλήματα κάνοντας χρήση ευρετικών ή προσεγγιστικών μεθόδων.
- ◆ Καταπιάνονται με προβλήματα ρεαλιστικής πολυπλοκότητας, η αποδοτική και αποτελεσματική επίλυση των οποίων εκ μέρους του ανθρώπου συνεπάγεται εμπειρογνωμοσύνη.
- ◆ Επιδεικνύουν υψηλά επίπεδα απόδοσης και σε ταχύτητα και σε ορθότητα λύσεων.
- ◆ Συνδιαλέγονται με το χρήστη.
- ◆ Επεξηγούν και τεκμηριώνουν τις εισηγήσεις τους.
- ◆ Συνοπτικά, τα Έμπειρα Συστήματα αποτελούν ικανούς επιλυτές προβλημάτων (competent problem solvers) για τους συγκεκριμένους, εξειδικευμένους τομείς.

### ΔΟΜΗ ΕΝΟΣ ΕΜΠΕΙΡΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ



### 2.1.1 Σύστημα Βάσης Γνώσης

Τα Έμπειρα Συστήματα είναι Συστήματα Βάσης Γνώσης, τα οποία μπορούν να οργανωθούν ως συστήματα παραγωγής, πλαισίων κτλ. Σε γενικό επίπεδο υπάρχει κοινή αποδοχή για το τι είναι έμπειρο σύστημα (Δουκίδης, 1998).

**Γενικός ορισμός:** « Έμπειρο Σύστημα είναι υπολογιστικό σύστημα, το οποίο μπορεί να επιλύσει αποδοτικά και αποτελεσματικά ρεαλιστικά προβλήματα, η επίλυση των οποίων εκ μέρους του ανθρώπου συνεπάγεται την ύπαρξη κάποιας μορφής εμπειρογνωμοσύνης.»

Ο γενικός ορισμός απλώς οριοθετεί το πεδίο δράσεως της τεχνολογίας, χωρίς να κάνει καμία δέσμευση ως προς τον τρόπο επίλυσης των προβλημάτων. Απλά μας λέει ότι απώτερος στόχος είναι η επίλυση προβλημάτων, τα οποία μπορούν να επιλυθούν ικανοποιητικά μόνο από έμπειρους.

Σε έναν εξειδικευμένο τομέα οι πραγματικά έμπειροι είναι συνήθως συγκριτικά λίγοι σε αριθμό, διότι η απόκτηση εμπειρογνωμοσύνης είναι επίπονη διεργασία που επιτυγχάνεται μέσω εκτενέστατης εμπειρίας. Επομένως, πίσω από το γενικό ορισμό κρύβεται ο (γενικός) σκοπός της τεχνολογίας (Γιαλούρης, 2009).

### ***(Γενικός) Σκοπός Τεχνολογίας Έμπειρων Συστημάτων:***

*«Η εξάπλωση, σε ευρεία κλίμακα, της ικανότητας επίλυσης προβλημάτων, που απαιτούν εμπειρογνωμοσύνη, για κοινωνικούς, οικονομικούς ή άλλους λόγους.»*

Αναφορικά με τη συγκεκριμενοποίηση του γενικού ορισμού του έμπειρου συστήματος, υπάρχουν δύο σχολές σκέψεως. Η μία σχολή σκέψεως πρεσβεύει ότι ένα Έμπειρο Σύστημα θα πρέπει να αποτελεί όσο γίνεται πιο ακριβή προσομοίωση της εν λόγω εμπειρογνωμοσύνης ή τουλάχιστον των στοιχείων αυτής που μπορούν να εξωτερικευτούν. Σημασία, δηλαδή, δεν έχει μόνο το τελικό αποτέλεσμα για κάποιο πρόβλημα, αλλά και ο τρόπος εξαγωγής του. Επομένως, το μέτρο σύγκρισης σε σχέση με την εν γένει απόδοση του συστήματος αποτελεί αυτός καθ' αυτός ο ειδικός στο γνωστικό αντικείμενο. Στόχος είναι το Έμπειρο Σύστημα να επιλύει προβλήματα εξίσου ικανοποιητικά με τον ειδικό και ίσως και καλύτερα, αφού δεν θα έχει τις αδυναμίες του ανθρώπινου οργανισμού (μείωση μνήμης, αισθήματα που μπορεί να επηρεάζουν αρνητικά τη σκέψη, κτλ.).

Η άλλη σχολή σκέψεως πρεσβεύει ότι σημασία έχει μόνο το τελικό αποτέλεσμα και επομένως ένα Έμπειρο Σύστημα δεν είναι κατ' ανάγκη η προσομοίωση της εν λόγω εμπειρογνωμοσύνης. Στόχος δηλαδή θα πρέπει να είναι η δημιουργία συστημάτων που μπορούν να επιλύσουν «ορθά» αυτά τα προβλήματα με όσο το δυνατό υψηλότερη απόδοση (υψηλότερη από αυτήν των ειδικών).

Πολλοί ειδικοί συνηγορούν με την προσέγγιση που πρεσβεύει η πρώτη σχολή σκέψεως, διότι συνάδει καλύτερα με τη φύση αυτών των συστημάτων ως συμβούλων υποστήριξης αποφάσεων που χρειάζεται να συνδιαλέγονται με το χρήστη τους και να παρέχουν τεκμηριώσεις των εισηγήσεών τους. Επομένως, δεν είναι μόνο το τελικό αποτέλεσμα που έχει σημασία, αλλά και ο συλλογισμός και η γνώση που οδήγησε σε αυτό.

Όπως ήδη αναφέραμε, τα Έμπειρα Συστήματα ανήκουν στα Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων (Decision Support Systems). Χρησιμοποιούνται κυρίως σε ρόλο συμβούλου (consultant, advisor), αλλά επίσης και σε ρόλο κριτή (critic) ή φροντιστή (tutor).

Όλοι αυτοί οι ρόλοι συνεπάγονται τη διεξαγωγή συνδιάλεξης ανάμεσα στο χρήστη και το σύστημα. Επομένως, τα Έμπειρα Συστήματα ανήκουν στα διαλογικά συστήματα.

Η ποιότητα της διασύνδεσης ανάμεσα στο σύστημα και το χρήστη αποτελεί κρίσιμο παράγοντα (Σωτηροπούλου, 1992). Οι απαιτήσεις αυτής της διασύνδεσης, όταν το σύστημα χρησιμοποιείται ως σύμβουλος, συνοψίζονται στο πλαίσιο που ακολουθεί.

#### Απαιτήσεις Διασύνδεσης Έμπειρου Συστήματος με Χρήστη

◆ **Το σύστημα συνδιαλέγεται με το χρήστη για να:**

- κατανοήσει καλύτερα το πρόβλημα,
- αποσπάσει περισσότερες πληροφορίες για το πρόβλημα.

( Ο χρήστης συνδιαλέγεται με το σύστημα για να:

- προσφέρει περισσότερες πληροφορίες για το πρόβλημα
- κατανοήσει καλύτερα τη συλλογιστική του συστήματος
- πεισθεί για την εγκυρότητα της προτεινόμενης λύσης
- εντοπίσει κενά ή λάθη στη βάση γνώσης του συστήματος για σκοπούς βελτίωσης (knowledge debugging).
- εδώ νοείται ότι ο χρήστης ανήκει στην κατηγορία των εμπείρων.

## 2.1.2 Αναπαράσταση της Γνώσης

Ως γνώση μπορούμε να ορίσουμε το σύνολο των διαφόρων τύπων συσχετίσεων μεταξύ συγκεκριμένων ή αφηρημένων αντικειμένων που εμπίπτουν στην αντιληπτική ικανότητα, το ενδιαφέρον και την απασχόληση ενός νοήμονος όντος.

Η γνώση κατατάσσεται σε πολλές κατηγορίες ανάλογα με την οπτική γωνία ως προς την οποία την μελετάμε. Μερικές κατηγορίες είναι οι οποίες μελετώνται στα ΕΣ είναι: η Εμπειρική γνώση, η Βαθιά γνώση, η Στρατηγική γνώση κ.λ.π. Είναι όμως γενικά παραδεκτό ότι η αναπαράσταση της γνώσης σε υπολογιστικά συστήματα είναι ένα πολύ δύσκολο πρόβλημα που ακόμη δεν έχει πλήρως λυθεί.

Η γνώση όπως την γνωρίζουμε είναι αποθηκευμένη συνήθως σε έντυπη μορφή ή βρίσκεται στον εγκέφαλο των ειδικών. Η αποτελεσματικότητα της αναπαράσταση της γνώσης σε ένα υπολογιστικό σύστημα με στόχο την επεξεργασία της από αυτό και την εξαγωγή συμπερασμάτων από αυτή κρίνεται από τα κάτωθι:

- Επάρκεια αναπαράστασης
- Επάρκεια εξαγωγής συμπεράσματος
- Αποτελεσματικότητα εξαγωγής συμπεράσματος
- Αποτελεσματικότητα πρόσκτησης νέας γνώσης

### 2.1.2.1 Γεγονότα

Η αναπαράσταση δηλωτικής γνώση γίνεται με τη μέθοδο **Αντικείμενο – Ιδιότητα – Τιμή** (Object-Attribute-Value). Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται τόσο για την αναπαράσταση συνθηκών όσο και συμπερασμάτων, Η μέθοδος αυτή μπορεί να θεωρηθεί ως μία ειδική περίπτωση σημασιολογικού δικτύου όπου το αντικείμενο συνδέεται με την τιμή μέσω του τελεστή συσχέτισης (συνδέσμου). Ως αντικείμενο μπορεί να θεωρηθεί μία φυσική οντότητα ή μια έννοια. Η ιδιότητα είναι ένα χαρακτηριστικό που μπορεί να καθορίσει

ποιοτικά ή ποσοτικά στοιχεία του αντικειμένου. Η τιμή προσδιορίζει το αντικείμενο σε σχέση με την ιδιότητα που έχει ορισθεί.

Παράδειγμα:

Η κηλίδα έχει στίγματα.  
Η κηλίδα είναι καστανή.

Η λέξη “κηλίδα” είναι αντικείμενο ενώ οι λέξεις “έχει” και “είναι” είναι ιδιότητες. Οι τιμές που χαρακτηρίζουν τις παραπάνω ιδιότητες είναι οι λέξεις “στίγματα” και “καστανή”. Στην περίπτωση αυτή το αντικείμενο “κηλίδα” ως προς την ιδιότητα λαμβάνει δύο τιμές “στίγματα” και “καστανή”. Σε μερικά συστήματα, όπως το EXSYS, για λόγους ευκολίας στην υλοποίηση του συστήματος κατά την εσωτερική αναπαράσταση της γνώσης, το αντικείμενο και η ιδιότητα είναι ενσωματωμένα σε μία οντότητα αυτή του αντικειμένου οπότε η τριάδα γίνεται ζεύγος (**Qualifier-Value**).

Το *Qualifier* είναι κείμενο που χρησιμοποιείται στις υποθέσεις (IF... THEN...) για τη δημιουργία των κανόνων που συγκροτούν τη λογική του συστήματος κάθε (qualifier) πρέπει να έχει τιμές (values), να είναι σαφές και κατανοητό.

### 2.1.2.2 Κανόνες

Στα τέλη της δεκαετίας του '50 και στις αρχές τις δεκαετίας του '60 πλήθος προγραμμάτων γράφτηκαν με στόχο τη γενικευμένη επίλυση προβλημάτων. Το πιο γνωστό από αυτά ήταν το General Problem Solver των Newell και Simon, που βασιζόταν στη μελέτη των δημιουργών του για τη διαδικασία της ανθρώπινης συλλογιστικής.

Ένα από τα πιο σημαντικά αποτελέσματα που αναδείχθηκαν από τους Newell και Simon ήταν ότι το μεγαλύτερο μέρος της διαδικασίας επίλυσης προβλημάτων από τον άνθρωπο μπορούσε να εκφραστεί με **κανόνες** τύπου **IF...THEN**. Ένας κανόνας αντιστοιχεί σε μία μικρή συλλογή γνώσεων (chunk). Μία θεωρία υποστηρίζει ότι όλη η ανθρώπινη μνήμη οργανώνεται σε μικρές συλλογές γνώσεων.

Η γενική μορφή ενός κανόνα παραγωγής είναι η ακόλουθη:

**Rule:** <Rule Name>

**IF**

<LHS>

## THEN <RHS>

Κάθε κανόνας χαρακτηρίζεται μοναδικά από ένα όνομα, το οποίο ακολουθείται από το IF μέρος του κανόνα. Το τμήμα του κανόνα μεταξύ των λέξεων IF και THEN καλείται τμήμα υπόθεσης (conditional part) ή αριστερή πλευρά του κανόνα (Left Hand Side). Η αριστερή πλευρά του κανόνα περιλαμβάνει προτάσεις οι οποίες πρέπει να ικανοποιούνται από τα Γεγονότα της Λειτουργικής Μνήμης ώστε να ενεργοποιηθεί ο κανόνας. Η δεξιά πλευρά του κανόνα (Right Hand Side) περιλαμβάνει τις ενέργειες που θα εκτελεστούν όταν ενεργοποιηθεί ο κανόνας. Κάθε συνθήκη του κανόνα συνδέεται με τις υπόλοιπες κωδικοποιώντας ένα τμήμα του προβλήματος (Γιαλούρης, 1993).

Οι Newell και Simon έκαναν δημοφιλή τη χρήση κανόνων για την αναπαράσταση της ανθρώπινης γνώσης και έδειξαν πώς μπορεί η συλλογιστική να υλοποιηθεί με κανόνες. Οι γνωστικοί ψυχολόγοι έχουν χρησιμοποιήσει τους κανόνες ως μοντέλα για να εξηγήσουν την ανθρώπινη διαδικασία επεξεργασίας της γνώσης. Η βασική ιδέα είναι ότι τα δεδομένα μέσω των αισθήσεων οδηγούν σε ερεθίσματα στον εγκέφαλο. Το ερέθισμα πυροδοτεί τους κατάλληλους κανόνες της μνήμης, οι οποίοι οδηγούν στην κατάλληλη απόκριση.

### 2.1.2.3 Σημασιολογικά δίκτυα

Ένα **Σημασιολογικό Δίκτυο (Semantic Net)** είναι μία κλασική τεχνική αναπαράστασης γνώσης της Τεχνητής Νοημοσύνης. Τα σημασιολογικά δίκτυα αναπτύχθηκαν αρχικά στα πλαίσια της TN ως μέσο για την αναπαράσταση της ανθρώπινης μνήμης και της κατανόησης της γλώσσας.

Ο Quillian (Χαντζάρα, 2008) χρησιμοποίησε σημασιολογικά δίκτυα για να αναλύσει το νόημα των λέξεων σε προτάσεις. Μία πρόταση είναι μία δήλωση, η οποία είναι είτε αληθής είτε ψευδής. Επιπλέον, καλείται ατομική, γιατί η αληθής τιμή της δεν μπορεί να διαιρεθεί περεταίρω. Σε μαθηματικούς όρους, ένα Σημασιολογικό Δίκτυο είναι ένας κατευθυνόμενος γράφος με ετικέτες (labeled, directed graph).

Η δομή ενός Σημασιολογικού Δικτύου απεικονίζεται γραφικά με τη χρήση κόμβων, και τόξων που τα συνδέουν. Οι κόμβοι συνήθως καλούνται αντικείμενα και τα τόξα καλούνται σύνδεσμοι ή ακμές. Οι σύνδεσμοι ενός δικτύου χρησιμοποιούνται για να δηλώσουν συσχετισμούς, ενώ οι κόμβοι χρησιμοποιούνται για να αναπαραστήσουν αντικείμενα, έννοιες, ή καταστάσεις. Οι συσχετισμοί έχουν ιδιαίτερη σημασία στα σημασιολογικά δίκτυα γιατί παρέχουν τη βασική δομή ασύνδετων γεγονότων. Με τους



συσχετισμούς, η γνώση αποτελεί μία συνεκτική δομή από την οποία μπορεί να παραχθεί νέα γνώση.

Συγκεκριμένοι τύποι συσχετισμών έχουν αποδειχθεί ιδιαίτερα χρήσιμοι σε μεγάλη ποικιλία αναπαραστάσεων γνώσης. Η χρήση τυποποιημένων συσχετισμών προτιμάται έναντι του ορισμού νέων συσχετισμών σε κάθε νέα αναπαράσταση, γιατί αυξάνει την κατανοησιμότητα του γράφου.

Ένας ευρύτατα χρησιμοποιούμενος τύπος συνδέσμων είναι ο **IS-A**, ο οποίος μεταφράζεται ως 'είναι στιγμιότυπο του' και αναφέρεται σε ένα συγκεκριμένο μέλος μιας κλάσης. Η κλάση ορίζεται ως η μαθηματική έννοια του συνόλου, λόγω του ότι αναφέρεται σε μία ομάδα αντικειμένων.

Παρόλο όμως που ένα σύνολο μπορεί να περιέχει στοιχεία οποιουδήποτε τύπου, τα αντικείμενα μίας κλάσης έχουν κοινά γνωρίσματα μεταξύ τους (attributes), και κάθε γνώρισμα έχει μία τιμή (value). Ο συνδυασμός του γνωρίσματος και της τιμής ονομάζεται ιδιότητα (property). Δεύτερος δημοφιλής τύπος συνδέσμων είναι ο **A-KIND-OF**, ο οποίος χρησιμοποιείται για να συνδέσει κλάσεις μεταξύ τους, και συγκεκριμένα για να συσχετίσει μία κλάση με μία γενικότερη κλάση, της οποίας είναι παιδί. Αντίστροφα, ο σύνδεσμος **HAS-A** συσχετίζει μία γενικότερη κλάση με μία πιο συγκεκριμένη υποκλάση.

Παρόλο την ύπαρξη ευρέως χρησιμοποιούμενων συνδέσμων στα σημασιολογικά δίκτυα, δεν υπάρχει καθιερωμένος ορισμός των ονομάτων των συνδέσμων ή των κόμβων των δικτύων. Το γεγονός αυτό οδηγεί στους πρώτους περιορισμούς χρήσης των σημασιολογικών δικτύων γιατί καθιστά δύσκολη την κατανοησιμότητα των δικτύων και τον έλεγχο της συμβατότητας στην ανάπτυξή τους. Ένα δεύτερο πρόβλημα είναι ότι η αναζήτηση ανάμεσα στους κόμβους ενός δικτύου μπορεί να οδηγήσει σε μη διαχειρίσιμο πλήθος συνδυασμών, ειδικά αν η απόκριση στο ερώτημα είναι αρνητική μιας και για παραχθεί η αρνητική απάντηση πρέπει να εξεταστούν οι περισσότεροι αν όχι όλοι οι σύνδεσμοι του δικτύου. Επιπλέον, τα δίκτυα είναι ευριστικά ανεπαρκή, γιατί δεν υπάρχει τρόπος να εισαχθεί ευριστική πληροφορία στο δίκτυο για το πώς θα μπορεί να γίνει αποδοτικά η αναζήτηση μέσα σε αυτό. Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι τα σημασιολογικά δίκτυα μπορούν να λειτουργήσουν αποδοτικά για το σκοπό που έχουν σχεδιαστεί, την αναπαράσταση δυαδικών σχέσεων.

### 2.1.3 Μηχανισμός Εξαγωγής Συμπερασμάτων

Σε αντιστοιχία με την ανθρώπινη ανατομία, ο εγκέφαλος ενός έμπειρου συστήματος είναι ο Μηχανισμός Εξαγωγής Συμπερασμάτων, ο οποίος οφείλει

να διαχειρίζεται και να συνάγει αποτελέσματα βασισμένος σε ολοκληρωμένη Βάση Γνώσης και επαρκή δεδομένα με τη μορφή Γεγονότων.

Ο Μηχανισμός Εξαγωγής Συμπερασμάτων λειτουργεί σε **κύκλους**. Ο κύκλος λειτουργίας του μηχανισμού καλείται κύκλος επιλογής-εκτέλεσης (select-execute cycle), αλλά συναντάται και ως κύκλος κατάστασης-απόκρισης (situation-response cycle), ή κύκλος κατάστασης-ενέργειας (situation-action cycle). Στα πλαίσια ενός κύκλου, ο μηχανισμός θα εκτελέσει ένα σύνολο εργασιών. Ο κύκλος εργασιών θα εκτελεστεί επανειλημμένα ώσπου συγκεκριμένα κριτήρια οδηγήσουν στον τερματισμό της λειτουργίας του μηχανισμού. Οι εργασίες που υλοποιούνται στα πλαίσια ενός κύκλου στα τυπικά παραδείγματα μηχανισμών εξαγωγής συμπερασμάτων φαίνονται στο σχήμα που ακολουθεί.

Σε ένα σύστημα βασισμένο σε Κανόνες Παραγωγής (Production Rules) η Βάση Γνώσης περιέχει την απαιτούμενη γνώση για την επίλυση του προβλήματος με τη μορφή Κανόνων.

Οι υποθέσεις εξετάζονται αν αληθεύουν ή όχι και τα συμπεράσματα προστίθενται στη λίστα των γεγονότων που είναι γνωστό ότι αληθεύουν και το σύστημα εξετάζει τους κανόνες ξανά. Όταν ένας κανόνας επιβεβαιώνεται ενεργοποιείται και τα συμπεράσματα τοποθετούνται στη μνήμη εργασίας.

Αναλυτικά ο αλγόριθμος της ορθόδρομης αλυσίδας στα συστήματα παραγωγής (production systems) δίδεται παρακάτω:

1. **Ταίριασμα κανόνων (Match)**. Δημιούργησε το σύνολο των κανόνων των οποίων το σύνολο των συνθηκών ικανοποιούνται από τα γεγονότα της μνήμης εργασίας
2. **Επίλυση Συγκρούσεων (Conflict resolution)**. Επέλεξε ένα κανόνα από το παραπάνω σύνολο και εφαρμόζοντας μία ή περισσότερες μεθόδους επίλυσης των συγκρούσεων. Εάν το σύνολο είναι κενό το ΤΕΛΟΣ αλγορίθμου.
3. **Ενέργεια (Act)**. Τροποποίησε τη μνήμη εργασίας σύμφωνα με το συμπέρασμα του κανόνα που εκτελέστηκε προσθέτοντας ένα νέο γεγονός ή ενδιάμεσο συμπέρασμα ή διαγράφοντας ένα από τα υπάρχοντα.
4. **Πήγαινε στο βήμα 1** για επιπλέον εκτέλεση του κύκλου των φάσεων 1 έως 3.

Οι ερωτήσεις και επεξηγήσεις του συστήματος πρέπει να είναι κατανοητές Και λογικές προς το χρήστη, π.χ. το σύστημα, υπό το ρόλο του συμβούλου, δεν θα πρέπει να θέτει ερωτήματα, των οποίων οι απαντήσεις μπορούν να εξαχθούν από τα μέχρι τότε λεχθέντα. Οι δομές διαλόγου και επεξηγήσεων θα πρέπει να αποτελούν σημαντικό στοιχείο του σχεδιασμού του συστήματος

από την αρχή, αφού συμβάλλουν σημαντικά στην όλη αποδοχή του συστήματος.

## 2.2 Χαρακτηριστικά ΕΣ, Σύγκριση ΕΣ –Συμβατικών Προγραμμάτων

### **Χαρακτηριστικά Εμπείρων Συστημάτων**

Για την ανάπτυξη ενός Έμπειρου Συστήματος ο μηχανικός γνώσης πρέπει να λάβει υπόψη του τα κάτωθι:

#### **Δυναμικότητα**

Τα Έμπειρα Συστήματα πρέπει να επιτρέπουν την αλλαγή της υπάρχουσας γνώσης. Επειδή πολλές φορές η γνώση για κάποιο τομέα της επιστήμης δεν είναι σταθερή, αλλά αλλάζει διαρκώς, θα πρέπει να υπάρχουν επαρκείς και αποδοτικοί μηχανισμοί για τροποποίηση της υπάρχουσας γνώσης, πρόσθεση νέας γνώσης, αφαίρεση ή τροποποίηση γνώσης από το σύστημα. Το χαρακτηριστικό αυτό εξηγεί τη μεγάλη απήχηση την οποία έχουν τα Έμπειρα Συστήματα που βασίζονται σε κανόνες.

#### **Υψηλές επιδόσεις**

Το σύστημα θα πρέπει να είναι ικανό να μπορεί να δίνει απαντήσεις σε τέτοιο επίπεδο ώστε να μπορεί να ανταγωνίζεται τον άνθρωπο που είναι ειδικός στον συγκεκριμένο γνωστικό αντικείμενο. Θα πρέπει δηλαδή η ποιότητα της συμβουλής που παρέχεται από το σύστημα να είναι υψηλή.

#### **Αξιοπιστία**

Το Έμπειρο Σύστημα θα πρέπει να είναι αξιόπιστο στη λειτουργία του και να μην αντιμετωπίζει συχνά προβλήματα γιατί αλλιώς δεν πρόκειται να καταστεί λειτουργικό.

#### **Ικανοποιητικός χρόνος απόκρισης**

Τα Έμπειρα Συστήματα πρέπει να φτάνουν σε αποτέλεσμα πολύ γρήγορα ή τουλάχιστον σε χρόνο συγκρίσιμο, ή ακόμα και καλύτερο από το χρόνο που χρειάζεται ο εμπειρογνώμονας ώστε να καταλήξει σε απόφαση. Δεν έχει νόημα το σύστημα να φτάνει σε μία τέλεια λύση και να την τεκμηριώνει, όταν

αργεί πάρα πολύ για να το πετύχει αυτό. Οι χρονικοί περιορισμοί που θα υπάρχουν στην επίδοση ενός Έμπειρου Συστήματος θα πρέπει να είναι σημαντικοί στην περίπτωση όπου η απάντηση του συστήματος θα πρέπει να είναι άμεση, όπως για παράδειγμα στην ιατρική.

### **Διαφάνεια του κώδικα**

Τα Έμπειρα Συστήματα περιέχουν σαν κώδικα μια σαφή περιγραφή του προβλήματος με το οποίο ασχολούνται. Αναπαριστούν τη γνώση για το πρόβλημα σε συμβολική μορφή και δε θα έπρεπε αναμιγνύουν τη γνώση με το μηχανισμό χειρισμού και ελέγχου της.

### **Χειρισμός αβέβαιης ή ελλιπούς γνώσης**

Το Έμπειρο Σύστημα θα πρέπει να είναι σχεδιασμένο για χειρισμό αβέβαιης, ασαφούς, ή ελλιπούς γνώσης. Υπάρχουν προβλήματα για τα οποία δεν είναι διαθέσιμη όλη η γνώση που απαιτείται για την επίλυσή τους. Σε μια τέτοια περίπτωση ένας εμπειρογνώμονας θα έπαιρνε μια απόφαση στηριζόμενος στη διαθέσιμη γνώση. Ανάλογη συμπεριφορά θα πρέπει να είναι ικανά να επιδεικνύουν και τα έμπειρα συστήματα.

## Σύγκριση Εμπείρων Συστημάτων- Συμβατικών Προγραμμάτων

Γενικά τα Έμπειρα Συστήματα διαφέρουν από τα συμβατικά προγράμματα στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται οι διαφορές τους:

<b>ΕΜΠΕΙΡΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ</b>	<b>ΣΥΜΒΑΤΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ</b>
Προσομοιώνουν τον τρόπο επίλυσης ενός προβλήματος	Παράσταση και χειρισμός δεδομένων σε επίπεδο αριθμητικών υπολογισμών
Χρήση ευριστικών μεθόδων για περιορισμό του χώρου αναζήτησης	Χρήση αλγορίθμων
Χρήση γλωσσών που πλησιάζουν την ανθρώπινη	Χρήση γλωσσών που βρίσκονται πλησιέστερα στον τρόπο λειτουργίας του Η/Υ
Βάση γνώσης (δεδομένα και εξαγωγή συμπερασμάτων)	Βάση δεδομένων - η γνώση ενσωματώνεται στο πρόγραμμα
Ευχέρεια στην επέκταση και αναθεώρηση της γνώσης	Η αναθεώρηση της γνώσης επιβάλλει ευρείας κλίμακας μεταβολές στο πρόγραμμα
Χειρισμός ασαφούς, αβέβαιης και μη-πλήρους γνώσης	Δυσχέρεια στο χειρισμό ασαφούς, αβέβαιης και μη-πλήρους γνώσης
Δυνατότητα μη μονότονης συλλογιστικής	Δυσχέρεια στη χρήση
Επεξήγηση του δρόμου συλλογισμού	Ανυπαρξία επεξήγησης

- DENDRAL
  - Ταυτοποίηση χημικών ενώσεων μέσω φασματικής ανάλυσης.
  - Χρήση ευριστικών κανόνων για περιορισμό του χώρου αναζήτησης.
- MYCIN
  - Διάγνωση και θεραπεία της μηνιγγίτιδας και της βακτηριαιμίας.
  - Χρήση συντελεστή βεβαιότητας για τις λύσεις, λόγω αβεβαιότητας απαντήσεων χρήστη.
- PROSPECTOR
  - Πρόβλεψη της ακριβούς θέσης ορυκτών κοιτασμάτων αξιοποιώντας γεωλογικά δεδομένα.
  - Χρήση σημασιολογικών δικτύων και δικτύων πιθανοτήτων.
- INTERNIST
  - Διάγνωση παθολογικών περιπτώσεων με πολύ μεγάλο αριθμό εναλλακτικών διαγνώσεων.
  - Χρήση ευριστικής συλλογιστικής (απαγωγική) για την πιθανότερη διάγνωση.
- XCON
  - Διαμόρφωση υπολογιστών DEC, για να ανταποκρίνονται στις προδιαγραφές του πελάτη.
  - Αναζήτηση κατάλληλου συνδυασμού και χωρικής διάταξη των εξαρτημάτων, με αποφυγή των ασυμβατοτήτων λειτουργίας και διασύνδεσης μεταξύ τους.
- MARVEL
  - Έμπειρα συστήματα πραγματικού χρόνου που επεξεργάζονται τα δεδομένα που μεταδίδονται από διαστημόπλοια.
- SOAR
  - Σύστημα με αρχιτεκτονική που βασίζεται σε πράκτορες(agent)
- PEGASUS
  - Σύστημα αναγνώρισης φωνής , που κλείνει αεροπορικές θέσεις τηλεφωνικά βρίσκοντας τις βέλτιστες πτήσεις με βάση το κόστος ή το χρόνο
- MyCosmos
  - Σύστημα που δίνει πληροφορίες γενικού ενδιαφέροντος (φωνητική πύλη).

## 2.4 Εργαλεία Ανάπτυξης Εμπείρων Συστημάτων

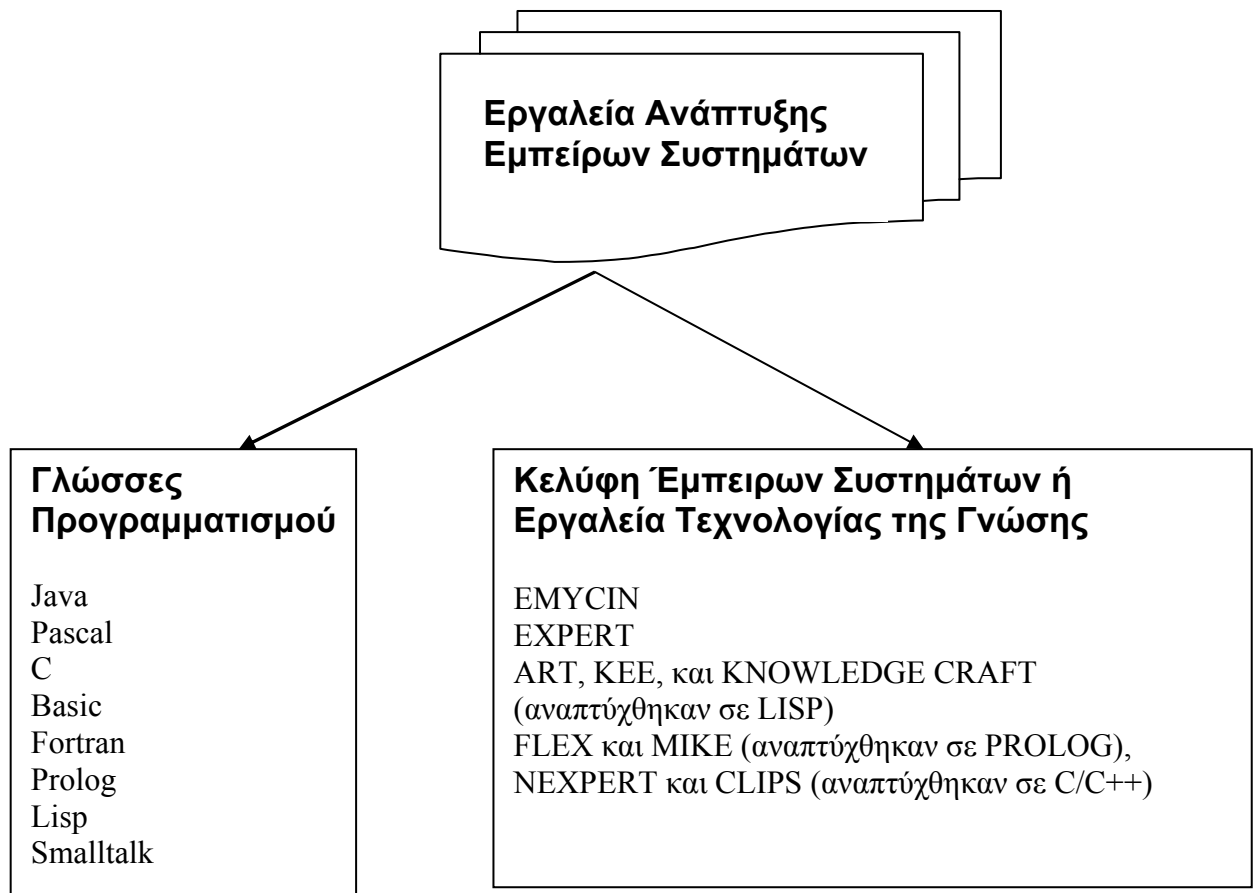
Σε ότι αφορά την υλοποίηση των εμπειρων συστημάτων, υπάρχουν κυρίως δύο ομάδες εργαλείων ανάπτυξης, οι γλώσσες προγραμματισμού και τα κελύφη των εμπειρων συστημάτων όπως φαίνονται στο παρακάτω Πίνακα 1.

### Γλώσσες Προγραμματισμού

Μία γλώσσα προγραμματισμού, όπως C++, LISP, PROLOG, είναι ουσιαστικά ένας μεταφραστής εντολών γραμμένων με συγκεκριμένη σύνταξη. Συνήθως αποτελούν το εργαλείο για μία γρήγορη κατασκευή του πρωτοτύπου του εμπειρου συστήματος, μιας και ο κώδικας μπορεί να εκτελεστεί και να ελεγχθεί την ώρα που δημιουργείται. Χρησιμοποιώντας μία γλώσσα προγραμματισμού ο μηχανικός έχει τη δυνατότητα όχι μόνο να αναπαραστήσει τη γνώση με βάση τις δομές δεδομένων που ορίζει η γλώσσα, αλλά και να αναπτύξει το μηχανισμό εξαγωγής συμπερασμάτων για το εμπειρο σύστημα. Ωστόσο, η χρήση μίας εκ των γλωσσών προγραμματισμού υψηλού επιπέδου απαιτεί μεγάλο βαθμό εξειδίκευσης και μακρόχρονη εμπειρία.

### Κελύφη

Τα κελύφη αποτελούν εξειδικευμένα εργαλεία ανάπτυξης των εμπειρων συστημάτων, τα οποία ο χρήστης αρκεί να τροφοδοτήσει με τη βάση γνώσης. Μπορεί να προέρχονται από υπάρχοντα Έμπειρα Σύστημα με αφαίρεση της αρχικής βάσης γνώσης τους, ή να έχουν αναπτυχθεί από την αρχή χωρίς να προσανατολίζονται σε συγκεκριμένη εφαρμογή. Στόχος στη δημιουργία των κελυφών είναι ο συνδυασμός της ευελιξίας των γλωσσών Τεχνητής Νοημοσύνης με την αποδοτικότητα στην ανάπτυξη νέων συστημάτων. Τα κελύφη διακρίνονται σε απλά ή εξελιγμένα, βάσει σημαντικών χαρακτηριστικών τους, όπως οι υποστηριζόμενες μορφές αναπαράστασης (Γιαλούρης, 1993).



Πινάκας 1: Εργαλεία ανάπτυξης Έμπειρων Συστημάτων.



### 3. Εφαρμογές Εμπείρων Συστημάτων

Τα ΕΣ εφαρμόζονται για να λύσουν προβλήματα σε καθορισμένο πεδίο, οι λύσεις των οποίων απαιτούν την ανθρώπινη πείρα και γνώση, καθώς και προβλήματα με ελλιπή δεδομένα, προβλήματα που δεν είναι επαρκώς κατανοητά και προβλήματα τα οποία απαιτούν ιδιαίτερες γνωστικές δεξιότητες όπως για παράδειγμα τα Γεωγραφικά Πληροφοριακά (Yee et al., 1993). Ο Jackson (Jackson, 1999) ταξινόμησε τα διαφορετικά είδη ΕΣ ανάλογα με τη λειτουργία τους:

- **Διαμόρφωση (configuration).**
  - Ικανοποίηση απαιτήσεων και περιορισμών για τη συναρμολόγηση εξαρτημάτων. (π.χ. πολύπλοκων υπολογιστικών συστημάτων)
- **Έλεγχος (control).**
  - Έλεγχος της συμπεριφοράς ενός συστήματος. Περιλαμβάνει πολλά από τα παραπάνω
- **Συστήματα επισκευών (repair systems).**
  - Επανόρθωση της λειτουργίας και των ατελειών συστημάτων. Τέτοια συστήματα εφαρμόζονται στην αεροναυτική, την ηλεκτρονική και στα δίκτυα υπολογιστών.
- **Συστήματα προγραμματιστικού λάθους (debugging systems).**
  - Παρακολουθούν και διορθώνουν ατέλειες συστημάτων που παρουσιάζονται κατά λειτουργία τους π.χ. βοηθητικά εργαλεία διόρθωσης λαθών για τους προγραμματιστές
- **Διάγνωση (diagnosis).**
  - Διάγνωση βλαβών ενός συστήματος βάσει παρατηρήσεων και μετρήσεων ή ασθενειών σε ανθρώπους ή ανάλυση σύνθετων αντικειμένων (π.χ. χημικών ενώσεων)
- **Πρόγνωση (prognosis-prediction).**
  - Πρόβλεψη πιθανών μελλοντικών επιπτώσεων με βάση δεδομένες καταστάσεις.
- **Εκπαίδευση (instruction).**
  - Κατανόηση, αξιολόγηση και διόρθωση απάντησης μαθητών σε εκπαιδευτικά προβλήματα.

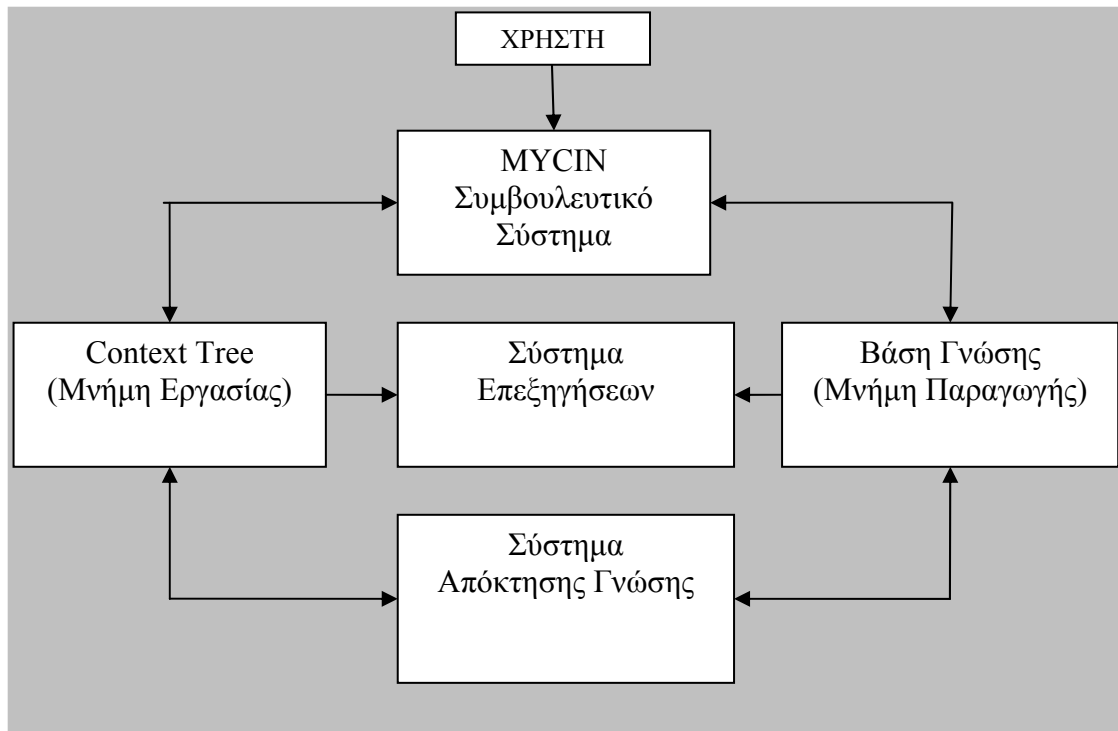
- **Παρακολούθηση καταστάσεων (monitoring).**
  - Σύγκριση παρατηρούμενων παραμέτρων με αναμενόμενες καταστάσεις.
  - Ρομποτικά συστήματα που οδηγούν αυτοκίνητα σε αυτοκινητόδρομο χρησιμοποιώντας video κάμερες και ειδικούς αισθητήρες.
- **Επιδιόρθωση λαθών (repair-remedy).**
  - Ανάπτυξη και εκτέλεση σχεδίων (πλάνων) για τη διαχείριση βλαβών.
- **Ερμηνεία (interpretation). Διάγνωση (diagnosis).**
  - Διάγνωση βλαβών ενός συστήματος βάσει παρατηρήσεων και μετρήσεων ή ασθενειών σε ανθρώπους ή ανάλυση σύνθετων αντικειμένων (π.χ. χημικών ενώσεων)

## ◆ Διάγνωση και θεραπεία της μηνιγγίτιδας και της βακτηριαιμίας.

Το σύστημα MYCIN ( Davis et al., 1977) αναπτύχθηκε στο Πανεπιστήμιο του Stanford με κύριο ερευνητή τον Edward Shortliffe. Στόχος του συστήματος ήταν η υποβοήθηση μη έμπειρων ιατρών στη διάγνωση και θεραπευτική αγωγή μικροβιολογικών μολύνσεων του αίματος, όπως μηνιγγίτιδα. Λόγω της σοβαρότητας αυτών των μολύνσεων, η θεραπευτική αγωγή χρειάζεται να αρχίσει άμεσα, πριν δηλαδή την πάροδο 48 ωρών που είναι το χρονικό διάστημα που συνήθως απαιτείται, με χρήση καλλιεργειών, για την αναγνώριση των ταυτοτήτων των μικροβιολογικών οργανισμών που είναι υπεύθυνοι για τη μόλυνση.

Ακόμη και εάν οι ταυτότητες αυτών είναι γνωστές, δεν είναι κατ' ανάγκη γνωστά τα αντιβιοτικά για την καταπολέμησή τους. Επομένως, η διάγνωση (ποιοι είναι οι οργανισμοί;) και η θεραπευτική αγωγή (ποιος είναι ο καλύτερος συνδυασμός και αντίστοιχες δόσεις αντιβιοτικών;) διέπεται από αβεβαιότητα. Για αυτό το λόγο η ανάπτυξη κατάλληλου μοντέλου για το χειρισμό της αβεβαιότητας αποτελούσε σημαντικό στοιχείο του συστήματος. Το κίνητρο για την ανάπτυξη του MYCIN ήταν η ανάγκη εξάπλωσης της εμπειρογνωμοσύνης, για το λόγο ότι συχνά παρατηρούνταν λάθη, τα οποία είχαν τραγικές συνέπειες για τους ασθενείς, αλλά και σοβαρές μακροπρόθεσμες συνέπειες για την κοινωνία ολόκληρη, π.χ. η τάση των μη εμπειρών για υπερβολική χρήση αντιβιοτικών είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ιδιαίτερος ανθεκτικών μικροβιολογικών οργανισμών. Αυτή η τάση δυστυχώς εξακολουθεί να υπάρχει και σήμερα, σε γενικότερο επίπεδο. Άλλο κίνητρο που δεν είναι ανεξάρτητο του πρώτου ήταν όπως το συμβουλευτικό σύστημα αποτελέσει μία αποδοτική βάση για την ανάπτυξη ενός ευφυούς εκπαιδευτικού εργαλείου προς χρήση από σπουδαστές ιατρούς.

Η συμβολή του MYCIN ως ενός από τα πρωταρχικά Έμπειρα Συστήματα είναι πολυδιάστατη και σε σχέση με αυτό καθ' αυτό το συμβουλευτικό σύστημα, αλλά και σε σχέση με έναν αριθμό δορυφορικών υποσυστημάτων οποία αναπτύχθηκαν για την παροχή επεξηγήσεων, την ημιαυτοματοποιημένη απόκτηση γνώσης (TEIRESIAS), τη διδασκαλία (GUIDON) και τέλος για την έννοια του συστήματος κελύφους (EMYCIN). Το σχήμα 2 παρουσιάζει το συμβουλευτικό σύστημα σε σχέση με τα συστήματα για την παροχή εξηγήσεων και την απόκτηση γνώσης.



Σχήμα 2: MYCIN και βοηθητικά υποσυστήματα.

### 3.2 DENDRAL

Το DENDRAL (Buchanan and Feigenbaum, 1978) ήταν ίσως το μόνο σύστημα της εποχής του που έδειξε ότι ένα πρόγραμμα υπολογιστή μπορεί να ανταγωνιστεί την επίδοση ενός ανθρώπου-ειδικού σε συγκεκριμένο γνωστικό πεδίο. Το σύστημα συμπεραίνει τη μοριακή δομή (στερεοχημικό τύπο) άγνωστων ενώσεων από την ανάλυση του φασματογράφου μάζας. Το σύστημα βασίζεται στην παρουσία ή απουσία κάποιων τμημάτων από το φάσμα που παράγει η συγκεκριμένη μοριακή δομή στο φασματογράφο. Χρησιμοποιεί ένα ειδικό αλγόριθμο, που ανέπτυξε ο Lederberg, νικητής βραβείου Nobel στη γενετική, για να απαριθμήσει συστηματικά 11 πιθανές μοριακές δομές.

Το πρόγραμμα DENDRAL, του οποίου η υλοποίηση άρχισε το 1965 στο πανεπιστήμιο Stanford, σε INTERLISP (Winston, 1981), μετά από αίτηση της NASA, και σαν σκοπό είχε τη χημική ανάλυση του εδάφους του πλανήτη Άρη.

Η πρωτοποριακή αυτή εργασία οδήγησε τους ερευνητές της Τεχνητής Νοημοσύνης να διαπιστώσουν ότι η έξυπνη συμπεριφορά (intelligent behavior) ενός συστήματος που καλείται να επιλύσει ένα πρόβλημα, εξαρτάται όχι τόσο πολύ από τη μεθοδολογία επίλυσης ενός προβλήματος, όσο από την απαραίτητη γνώση για την επίλυσή του. Αυτή η έμφαση στη γνώση οδήγησε τον Feigenbaum να αποδεχτεί ότι ‘η δύναμη βρίσκεται στη γνώση’ και να ορίσει τη διαδικασία δημιουργίας τέτοιων συστημάτων σαν knowledge engineering (Durkin, 1994) τα οποία οδήγησαν στις έννοιες Knowledge Based Systems και Expert Systems. Η επανάσταση είχε αρχίσει. Έτσι τα επόμενα χρόνια (1970-75), κατασκευάστηκαν συστήματα που άρχισαν να προκαλούν το ενδιαφέρον.

### 3.3 PROSPECTOR

Το σύστημα Prospector ενεργεί ως σύμβουλος ώστε να βοηθήσει τους γεωλόγους-εξερευνητές στην αναζήτησή τους για κοιτάσματα ορυκτών. Δέχεται δεδομένα από παρατηρήσεις για μια γεωλογική περιοχή, κάνει ερωτήσεις για την πιθανή ύπαρξη χρήσιμου αποθέματος. Αν η πιθανότητα είναι καλή, εμφανίζει γραφική απεικόνιση των πιθανών σημείων γεώτρησης και εκτιμάει την πιθανότητα να βρεθούν συγκεκριμένοι τύποι μεταλλικών ορυκτών σε αυτήν, προσπαθώντας μάλιστα να προβλέψει και την ακριβή θέση του κοιτάσματος. Στο PROSPECTOR (McCammon, 1994) η ειδική γνώση βασίζεται σε γεωλογικούς κανόνες, και αναπαριστάται με Σημασιολογικά δίκτυα. Οι γεωλογικές γνώσεις του συστήματος αποτυπώνονται σε περίπου 1000 κανόνες .

Η μηχανή εξαγωγής συμπεράσματος βασίζεται στη χρήση συντελεστών βεβαιότητας και στον καθορισμό πιθανοτήτων όσον αφορά τα δεδομένα. Αρχικά το σύστημα οδηγείται από τα δεδομένα του χρήστη σε πιθανές λύσεις. Μετά προσπαθεί να φθάσει από τις υποψήφιες λύσεις σε δεδομένα που τις στηρίζουν, χρησιμοποιώντας ενδιάμεσες υποθέσεις στην κατηγοριοποίηση. Το σύστημα έχει υλοποιηθεί σε INTERLISP και αναπτύχθηκε από το πανεπιστήμιο του Stanford. (Gaschnig , 1981).

### 3.4 CRYNALIS

Το σύστημα εξάγει συμπεράσματα για την τρισδιάστατη δομή μιας πρωτεΐνης από ένα χάρτη πυκνότητας ηλεκτρονίων. Ερμηνεύει τα στοιχεία διάθλασης των ακτίνων X, που αποτελούνται από τη θέση και την ένταση των περιθλασμένων κυμάτων, ώστε να συμπεράνει την ατομική τους δομή. Το σύστημα χρησιμοποιεί γνώση σχετικά με την πρωτεϊνική σύνθεση και την κρυσταλλογραφία των ακτίνων X ώστε να αναλύσει το χάρτη πυκνότητας ηλεκτρονίων και να παραγάγει και να εξετάσει υποθέσεις για πιθανές πρωτεϊνικές δομές. Το CRYNALIS χρησιμοποιεί αρχιτεκτονική μαυροπίνακα, περιέχοντας ανεξάρτητες πηγές γνώσης που δημιουργούν και δοκιμάζουν μια δομή υπόθεσης, πολλαπλής στάθμης. Το σύστημα έχει υλοποιηθεί στη *LISP* και αναπτύχθηκε στο πανεπιστήμιο του Stanford (Deal et al., 1992, Καρόπουλου, 2005).

### 3.5 HESS

Υβριδικό σύστημα που αναπτύχθηκε στο Πανεπιστήμιο του Houston για υποστήριξη του χρονοπρογραμματισμού της παραγωγής μιας μεγάλης εταιρείας πετροχημικών. Η βάση γνώσης στο σύστημα HESS αναπτύχθηκε ώστε να καθορίζει ποια προϊόντα θα παραχθούν, σε ποια χρονική στιγμή και διαμέσου ποιων διεργασιών. Το σύστημα HESS αναπτύχθηκε χρησιμοποιώντας το εργαλείο *EXSYS* και αποτελείται από περίπου 400 κανόνες παραγωγής (Waterman, 1996, Καρόπουλου, 2005).

### 3.6 Εφαρμογή Εμπείρων Συστημάτων στη Γεωργία

Η εφαρμογή ΕΣ στα γεωργικά προβλήματα δεν είναι πρόσφατη. Από την αρχή της δεκαετίας του '80, μετά από την ελεύθερη χρήση κελυφών ΕΣ, εμφανίζονται αρκετά νέα (Stone et al., 1986), (Jones, 1989), (McCrown, 2002), (Coulson and Saunders, 1987), (Rafae, 1998). Ο τομέας του ΕΣ στη Γεωργία ενσωματώνει διάφορους επιστημονικούς κλάδους όπως η Πληροφορική, η Εντομολογία, Γεωργική Οικονομική, κ.λ.π (Plant and Stone, 1991), (Mahaman, 2003) (McCrown et al., 2002). Τα προβλήματα που λύνονται με τη χρήση ΕΣ στους ανωτέρω κλάδους ποικίλουν ευρέως. Τα πεδία αναφοράς τους είναι παρόμοια και ο κύριος στόχος τους είναι να βοηθήσουν στη λήψη απόφασης. Επίσης απαιτείται ανθρώπινη εμπειρία για την αναγνώριση συμπτωμάτων ασθενειών, εντόμων, καθώς και άλλων παραγόντων ώστε να ολοκληρωθεί η διαδικασία λήψης απόφασης. Τα οφέλη από τη χρήση ενός ΕΣ περιλαμβάνουν:

- Πληροφορίες που μπορούν να ελεγχθούν, να ενημερωθούν και να διανεμηθούν σχετικά εύκολα.
- Αποφάσεις που ελαχιστοποιούν το λάθος αλλά και οικονομικά υγιείς.
- Βοήθεια στον εμπειρογνώμονα δίνοντας του περισσότερο χρόνο για να επικεντρωθεί στα νέα προβλήματα.

Επίσης γεωργικά ΕΣ περιγράφονται στις πηγές (Ηλιάδης, 1998), (Σιδερίδης, 1998), (Dorn and Mitterbock, 1998).

Τα γεωργικά ΕΣ ο Robinson (1996) τα ταξινόμησε σε οκτώ γενικές ομάδες:

### **Γεωργικά Έμπειρα Συστήματα**

- Συμβουλευτικά συστήματα στη Φυτική Παραγωγή
- Συμβουλευτικά συστήματα στη Ζωική Παραγωγή
- Συστήματα προγραμματισμού στη Γεωργική Παραγωγή
- Συμβουλευτικά συστήματα για την αντιμετώπιση παρασίτων
- Διαγνωστικά Συστήματα
- Συστήματα για την Γεωργική Μηχανική
- Συστήματα ελέγχου μεθόδου παραγωγής
- Εμπορικά συμβουλευτικά συστήματα

### 3.6.1 PLANT/ds

Το PLANT/ds είναι ένα από τα πρώτα ΕΣ στη γεωργία. Το σύστημα αυτό αναπτύχθηκε από τους (Michalski et al., 1982) για να εντοπίσει τις ασθένειες σόγιας στο Ιλινόις. Προσφέρει τις συμβουλές για τις ασθένειες σόγιας, βάσει των συμπτωμάτων που παρατηρούνται, επικοινωνώντας με το χρήστη. Ο χρήστης απαντά σε ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής μέσω της βασικής επιλογής για να παρέχει τις πληροφορίες στο σύστημα. Το PLANT/ds έχει φθάσει σε ένα από τα πιο προχωρημένα στάδια ανάπτυξης ΕΣ στην φυτοπαθολογία. Το πρωτότυπο σύστημα αξιολογήθηκε και είναι εμπορικά διαθέσιμο. (Travis and Latin, 1991)

### 3.6.2 POMME

Το POMME (Roach, 1985) είναι ένα ΕΣ που σχεδιάστηκε με σκοπό να υποστηρίξει την διαχείριση καλλιεργειών μηλιάς. Το σύστημα δίνει συμβουλές σχετικά με τους προληπτικούς ψεκασμούς, αντιμετώπιση των προβλημάτων του χειμώνα, του ελέγχου ξηρασίας και τα προβλήματα εντόμων. Το POMME κατέδειξε ότι η γνώση ασθενειών θα μπορούσε να αντιπροσωπευθεί επαρκώς σε ένα ΕΣ (Travis and Latin, 1991).

### 3.6.3 WEEDEX



Το WEEDEX είναι ένα ειδικό σύστημα προσδιορισμού ζιζανίων. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιεί τη γνώση των υπαρχόντων κλειδών προσδιορισμού και τη γνώση που ελέγχεται από τον πειραματισμό για να προσδιορίσει τα σποριόφυτα ζιζανίων στην βάση των μορφολογικών χαρακτηριστικών, όπως η μορφή φύλλων, χρώμα, κλπ. (Edwards-Jones, 1992).

Το COMAX (Lemmon, 1986) είναι ένα Έμπειρο Σύστημα διαχείρισης βαμβακιού. Μπορεί να προβλέψει την αύξηση παραγωγής από τις εξωτερικές καιρικές παραμέτρους, από τις εδαφολογικές παραμέτρους και από τη ζημία παρασίτων. Το COMAX ήταν ένα σύστημα το οποίο έχει την δυνατότητα να αλληλεπιδρά με άλλα ΕΣ. Το COMAX ήταν ένα από τα ΕΣ που προσέλκυσε ενδιαφέρον επειδή ήταν το πρώτο ΕΣ που ενσωματώθηκε με ένα πρότυπο προσομοίωσης για χρήση στην αγροτική διαχείριση (Plant and Stone, 1991), (Rafae, 1998).

### 3.6.5 Insect identification expert system for forest protection

Ένα Έμπειρο Σύστημα που αναγνωρίζει τα έντομα που προκαλούν βλάβες στα δένδρα του δάσους και συγκεκριμένα στα πεύκα, στα έλατα και τις καστανιές. Επίσης το σύστημα μπορεί να προτείνει τρόπους αλλά και θεραπεία για την αντιμετώπιση των συνεπειών .

Το σύστημα κρίνεται αρκετά χρήσιμο, διότι μετά από τυχόν καταστρεπτικές πυρκαγιές τα έντομα αποτελούν τον κύριο παράγοντα αποδεκάτισης των δένδρων. Το εργαλείο ανάπτυξης του συστήματος είναι το EXSYS Professional και είναι εμπλουτισμένο με εικόνες. Η διαδικασία διάγνωσης χρησιμοποιεί την ανάδρομη αλυσίδα.

Ο χρήστης που δεν είναι απαραίτητα ειδικός έχει στη διάθεση του οπτικό υλικό, και μέσα από ένα φιλικό περιβάλλον ερωτήσεων του συστήματος (user Interface), γίνεται σταδιακά η αναγνώριση του εντόμου. Η αναγνώριση του επιτυγχάνεται ή από τα χαρακτηριστικά (κύκλος ζωής του, χρώμα, φτερά, μήκος) ή από την βλάβη (πληγή) που προξενεί στο δένδρο. Σαν επιπλέον βοήθεια παρέχονται στον χρήστη PCX αρχεία ή Hypertext αρχεία με κείμενο ή γραφικές πληροφορίες. Η εφαρμογή μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για εκπαιδευτικούς σκοπούς ενώ είναι εύκολη η τροποποίηση και ενημέρωση της (Kaloudis et al., 2004).

### 3.6.6 *A Decision Support System for Forest Fire Management*

Οι φωτιές στα δάση πολλές φορές θεωρούνται φυσικά φαινόμενα αλλά η σπουδαιότητα του προβλήματος μπορεί να αποδοθεί στην ανυπαρξία δασικής διαχείρισης από την πολιτεία. Επίσης η κατάργηση παραδοσιακών δραστηριοτήτων-επαγγελμάτων στο δάσος έχει ως συνέπεια να μην υπάρχουν άτομα που σε άλλες περιπτώσεις θα προστάτευαν το δάσος. Επίσης οι επιπτώσεις στην ατμόσφαιρα είναι οδυνηρές τόσο από τις μεγάλες ποσότητες του διοξειδίου του άνθρακα που εκλύονται κατά την εκδήλωση της πυρκαγιάς, όσο και από τα αιωρούμενα σωματίδια. Το σύστημα λήψης αποφάσεων βασίζεται σε μία ανοικτή αρχιτεκτονική και διαχειρίζεται πληροφορίες τόσο από μετεωρολογικά δεδομένα όσο και από δορυφορικά. (Kaloudis et al., 2005)

### 3.6.7 *Rice Fertility*

Το Rice Fertility είναι ένα Έμπειρο Σύστημα λήψης αποφάσεων που αφορά καλλιεργητικές φροντίδες και ιδιαίτερα την λίπανση. Αναπτύχθηκε να παρέχει πληροφορίες και συμβουλές για την καταλληλότερη λίπανση για την παραγωγή ρυζιού στο Arkansas. Το σύστημα παρέχει πληροφορίες και συμβουλές που αφορούν την χρονική περίοδο της λίπανσης. Ο χρήστη εισάγει δεδομένα που αφορούν σύσταση εδάφους (επίπεδα φωσφόρου, ψευδαργύρου κ.α.), pH κλπ. Τα αποτελέσματα της λογικής του συστήματος ελέγχονται σε 29 από 31 σενάρια. (Chai et al., 1994)

### 3.6.8 EXSYS, an Expert system for Diagnosing Flowerbubl Diseases, Pests and Non-Parasitic Disorders

Το σύστημα έχει την δυνατότητα για διάγνωση των βολβοδών, περιέχει περιγραφές ασθενειών με ταυτόχρονη ανάλυση των συμπτώματα τους. Το σύστημα είναι εμπλουτισμένο με φωτογραφίες των συμπτωμάτων και σημείων ώστε να γίνεται εύκολη η δυνατότητα από τον χρήστη. Οι προσβολή μπορεί να προέρχεται από βακτήρια, μύκητες, έντομα κ.λπ. έτσι μόνο μερικοί ειδικοί με μεγάλη εμπειρία μπορούν να κάνουν σωστή διάγνωση, στο σύστημα έγινε προσπάθεια να συμπεριληφθεί η εξειδικευμένη γνώση των ειδικών και κατά την διαδικασία της διάγνωσης ξεχωρίζουν α) η περιγραφή της ασθένειας και β) οι λόγοι. Το EXSYS αφού καταλήξει στα πιθανά αποτελέσματα αφήνει το χρήστη να επιλέξει το ορθότερο (Kramers et al., 1998).

## 4. EXSYS Professional

### 4.1 Σύντομη Περιγραφή

Η EXSYS αποτελεί μία από τις παλαιότερες εταιρίες του χώρου, με συνεχή παρουσία από το 1983. Το γεγονός αυτό από μόνο του καθιστά επιβεβλημένη τη μελέτη του εργαλείου **Exsys**, ένα βασικό προϊόν, το οποίο αποτελεί τη βάση για την υλοποίηση εμπειρών συστημάτων.

Το EXSYS για την επίλυση μεγάλων προβλημάτων διαιρεί το πρόβλημα σε μικρότερα χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες αλλά και τις επιμέρους λύσεις των μικρότερων προβλημάτων. Το σύστημα επιλέγει αυτόματα εκείνους τους κανόνες που ταιριάζουν στις πληροφορίες που καταχωρεί ο χρήστης.

Το EXSYS μπορεί για την επίτευξη του στόχου να χρησιμοποιήσει τόσο την ορθόδρομη, όσο και την οπισθόδρομη αλυσίδα. Η οπισθόδρομη αλυσίδα συνήθως αντλεί πληροφορίες από άλλους κανόνες του συστήματος. Το σύστημα κάθε φορά επιλέγει και ελέγχει τον κανόνα που ταιριάζει στα δεδομένα, έτσι ο μηχανικός ανάπτυξης δεν ενδιαφέρεται για την σειρά των κανόνων. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι το λογισμικό παράγει Έμπειρα Συστήματα βασισμένα σε αυτοματοποιημένη γνώση, που δίνει απαντήσεις και όχι μόνο πληροφορίες στους χρήστες του. Το προϊόν αυτό σχεδιάστηκε για να επιτρέψει στους εμπειρογνώμονες να αναπτύξουν γρήγορα και εύκολα τα συστήματα υποστήριξης απόφασης, χρησιμοποιώντας την καθημερινή γλώσσα, χωρίς να πρέπει να αναγκάζονται να μάθουν σύνθετο προγραμματισμό. Συγκεκριμένα, έχει χρησιμοποιηθεί σε αρκετούς τομείς και με διαφορετικούς αντικειμενικούς στόχους. Το σύστημα έχει βρει εφαρμογή σε δραστηριότητες, όπως:

- ❖ Διαμόρφωση και επιλογή προϊόντων (*Rockwell Automation*)
- ❖ Σχεδίαση/Χρονοπρογραμματισμός (*scheduling*)
- ❖ Προγραμματισμός και σχεδίαση (*Dynalitics Corporation*)
- ❖ Επίβλεψη παραγωγής (*Nestle Foods Corporation*)
- ❖ Διαγνωστική (*Pacific Gas and Electric / Vanderbilt University*)
- ❖ Ανίχνευση λαθών (*Canadian Pacific Railroad*)
- ❖ Ασφάλεια/Ποιοτικός έλεγχος/Προληπτική συντήρηση (*Pacific Bell / Electric Power Research Institute*)
- ❖ Εικονικές πωλήσεις και υποστήριξη
- ❖ Υποστήριξη απόφασης
- ❖ Τεχνική υποστήριξη-Υποστήριξη Προϊόντος /Εξυπηρέτηση πελατών και CRM (*Customer Relationship Management*) (*HP / Navajo Nation's Tribal Temporary Assistance for Needy Families*)
- ❖ Κατάρτιση/Διαχείριση ανθρώπινου δυναμικού (*Pennsylvania Unemployment Compensation / Federal Highway Administration and Virginia Transportation Research Council / Work Zone Safety Interactive Video Trainer/Advisor*)
- ❖ Έξυπνα ερωτηματολόγια (*International Assignment Profile Systems*)

Το EXSYS κρίθηκε ως το καταλληλότερο για την ανάπτυξη συστήματος που αφορά το χρονοπρογραμματισμό, έτσι έχει χρησιμοποιηθεί σε συστήματα ηλεκτρικής παραγωγής. Ο προγραμματισμός για τα συστήματα αυτά περιλαμβάνει αξιολόγηση των οικονομικών μεθόδων βελτιστοποίησης, προγραμματισμό συντήρησης, αναλύσεις αξιοπιστίας, και ανάδειξη των παραγόντων που επηρεάζουν τη διαθεσιμότητα των παραγωγικών μονάδων. Συμβατικές λύσεις εστιάζουν στο αλγοριθμικό μέρος αυτής της διαδικασίας, χωρίς να αντιμετωπίζουν τα ζητήματα που απαιτούν κρίση.

Αξιοσημείωτο τμήμα της υλοποίησης του παραπάνω συστήματος αποτελεί εκείνο που υιοθετεί ευριστικές μεθόδους για να συνδυάσει όλους εκείνους τους παράγοντες που είναι σημαντικοί στην λήψη αποφάσεων, συμπεριλαμβανομένων των συναλλαγών που αφορούν στα καύσιμα, των ελάχιστων απαιτήσεων του σταθμού παραγωγής, και της διαθεσιμότητας του ανθρώπινου δυναμικού.

## 4.2 Παρουσίαση Εργαλείου

Το εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε είναι το *Exsys Professional*(ver. 5.1.3), η ιστοσελίδα του προϊόντος είναι <http://www.exsysinfo.com>.

Η αναπαράσταση της γνώσης με κανόνες EAN-TOTE (IF-THEN) αποτελεί την παραδοσιακή προσέγγιση αυτών των συστημάτων. Το EXSYS όμως ενισχύεται με μια *object structured* χρήση μεταβλητών. Αυτό προσφέρει τα οφέλη του αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού, χωρίς να απαιτεί από τον υπεύθυνο να αλλάξει τον τρόπο ανάπτυξης του συστήματος. Το αποτέλεσμα είναι ένα πολύ εύκαμπτο και ισχυρό περιβάλλον ανάπτυξης του οποίου οι λειτουργίες μπορούν να αφομοιωθούν από τον χρήστη εύκολα και γρήγορα.

Το προϊόν αυτό σχεδιάστηκε για να επιτρέψει στους εμπειρογνώμονες να αναπτύξουν γρήγορα και εύκολα συστήματα υποστήριξης απόφασης, χρησιμοποιώντας την καθημερινή γλώσσα, χωρίς να πρέπει να αναγκάζονται να μάθουν σύνθετο προγραμματισμό.

Οι κανόνες προσφέρουν ευκολία στον προγραμματισμό. Για την υλοποίηση ενός συστήματος χρησιμοποιούνται τρία κύρια παράθυρα: αυτό των μεταβλητών (*Qualifiers*), αυτό των κανόνων λογικής (*Rules*), και τέλος αυτό των τελικών συμπερασμάτων (*Choices*).

## Choices

Το *Choice* είναι κείμενο που χρησιμοποιείται ως τελικό συμπέρασμα (αποτέλεσμα) στο συμπερασματικό μέρος ενός κανόνα (... THEN ή ELSE...) και στο τέλος μίας συμπερασματικής διαδικασίας εφόσον ο κανόνας έχει εξεταστεί θα πάρει μία τιμή αληθή ή ψευδή ή κάποιο βαθμό αλήθειας.

## Qualifier

Το *Qualifier* είναι κείμενο που χρησιμοποιείται στις υποθέσεις (IF... THEN...) για τη δημιουργία των δένδρων ή των μεμονωμένων κανόνων που συγκροτούν τη λογική του συστήματος

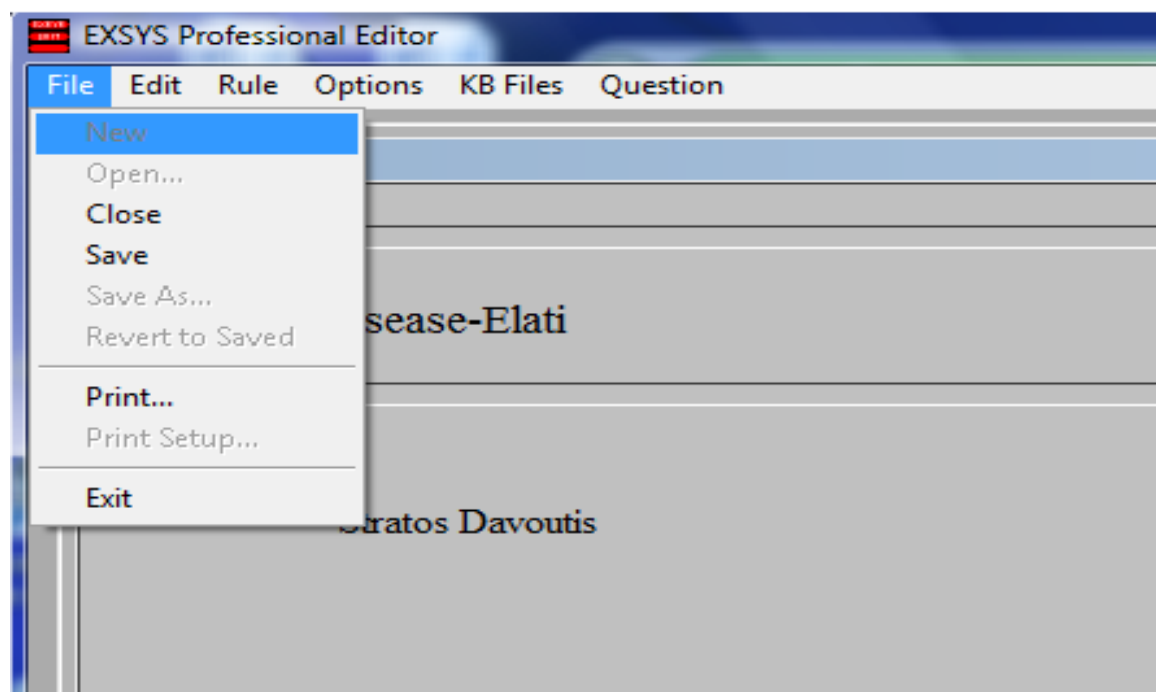
## Rules

Τα *Rules* χρησιμοποιούνται για τη δόμηση της Βάσης Γνώσης του συστήματος στο αντίστοιχο γνωστικό αντικείμενο και τελικά συγκροτούν τη λογική του συστήματος. Το κύριο παράθυρο εργασίας απεικονίζει τα περιεχόμενα του Rules. Από το κάτω μέρος προστίθενται οι διάφοροι κόμβοι στα τμήματα των υποθέσεων (*IF*) και συμπερασμάτων (*THEN*).





Εικόνα 1: Η πρώτη οθόνη του Exsys.



Εικόνα 2: Οθόνη ενεργοποίησης του ΕΣ για την Ελάτη.

Στο παράθυρο της οθόνης/εικόνας 3 παρακάτω μπορούμε να ορίσουμε κάποιες παραμέτρους του συστήματος , έτσι δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να ορίσει το συντελεστή βεβαιότητας του συστήματος (Confidence Mode ) όπως και άλλες παραμέτρους ανάλογα με το πρόβλημα. Υπάρχει ακόμα η δυνατότητα να καθοριστεί η μέθοδος για την εξαγωγή συμπερασμάτων (*backward chaining* ως προκαθορισμένη επιλογή, ή *forward chaining*) ή ακόμα να αποκλειστούν τοπικά κάποια blocks.

The image shows a 'Parameters' dialog box with the following settings:

- Subject: Forest Disease-Elati
- Author: Stratos Davoutis
- Confidence Mode:  0 - 10
- Calculation Mode:  Average
- Rule Display Mode:  Do NOT Display
- Derivation Mode:  First Successful
- Display Threshold: 0
- Check New Rules for Consistency:  Yes

Εικόνα 3: Οθόνη Παραμέτρων του Exsys.

## Confidence

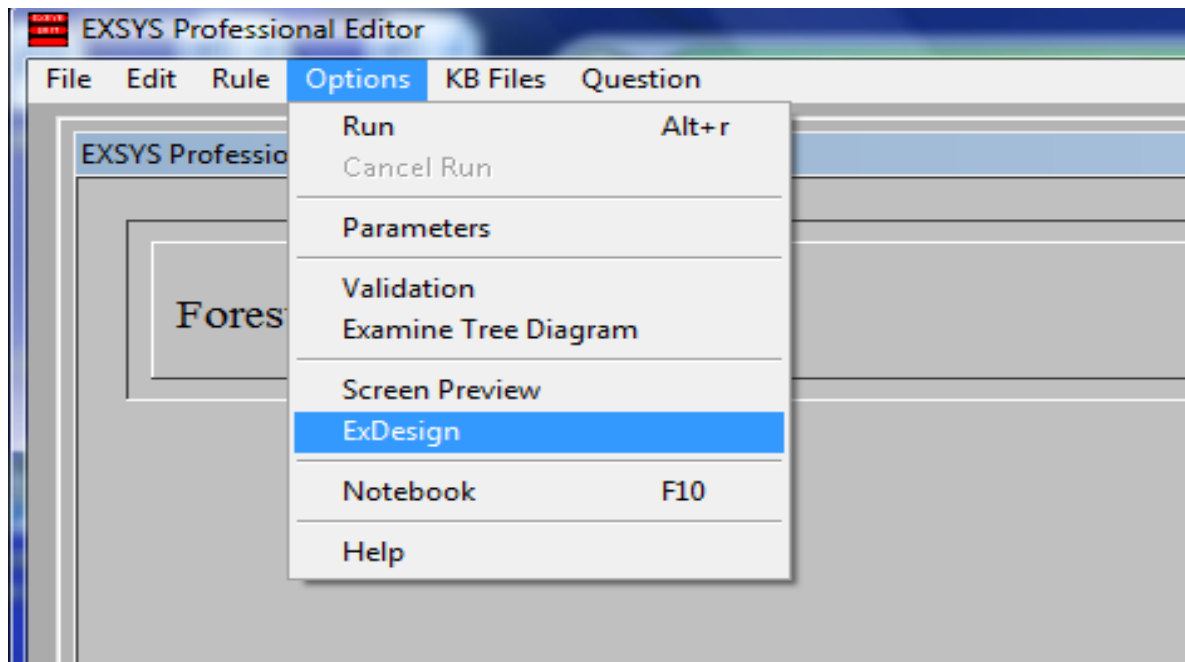
Στη θέση αυτή ορίζεται ο τρόπος με τον οποίον γίνεται η εξαγωγή συμπεράσματος υπό αβεβαιότητα ή όχι. Αναλυτικότερα επιλέγεται μία μέθοδος εξαγωγής συμπεράσματος που αφορά τον βαθμό βεβαιότητας εξαγωγής του συμπεράσματος. Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι όπως πιθανοθεωρητικές και ασαφούς λογικής.

## Variables Window

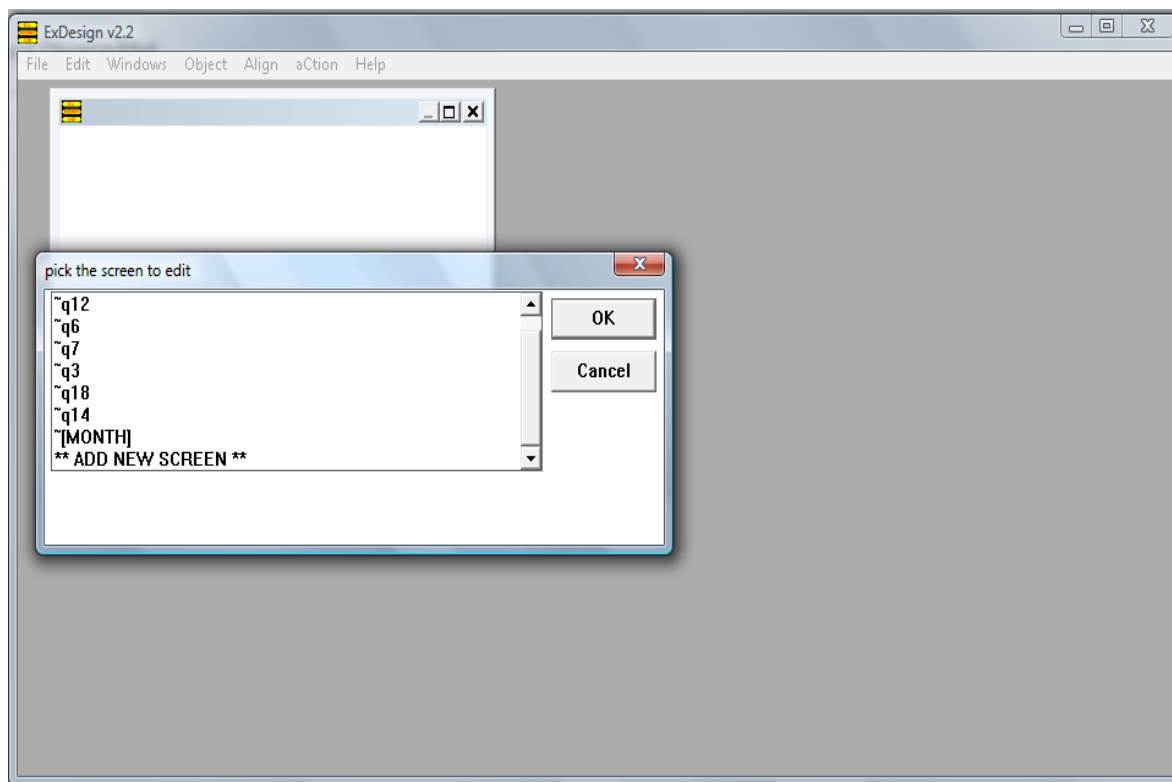
Χρησιμοποιείται για να δημιουργηθούν ή να τροποποιηθούν οι μεταβλητές καθώς και να παραμετροποιηθούν αυτές σε σχέση με τον τύπο των δεδομένων τους και τη σχέση τους με τα qualifiers σε περίπτωση χρήση fuzzy logic.

## ExDesign

Τέλος, στο παράθυρο αυτό μπορούμε να τροποποιήσουμε το user interface, κάνοντας το πιο φιλικό προς το χρήστη.



Εικόνα 4: Οθόνη ενεργοποίησης του ExDesign.



Εικόνα 5: Οθόνη επιλογής των οθονών του συστήματος διάγνωσης που περιέχουν τις ερωτήσεις προς τον χρήστη.

## 5 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΣΧΕΛΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΕΣ

### 5.1 Φυσικό Πρόβλημα

Ο σκοπός της ανάπτυξης του διαγνωστικού μας συστήματος είναι να δοθεί η δυνατότητα σε κάποιον να αναγνωρίζει εύκολα κάποιες από τις σημαντικότερες και συχνά εμφανιζόμενες ασθένειες των Ελληνικών δασικών δένδρων και ειδικότερα της **Ελάτης**, της **Πεύκης**, της **Δρυός**, της **Καστανιάς** και της **Καρυδιάς**. Η αναγκαιότητα και σπουδαιότητα της προσπάθειας μας ενισχύεται από το ότι « ένας νέος για την Ελλάδα μύκητας *Dothistroma Pini* νεκρώνει 8000 στρεμ. Αναδασώσεων τραχείας Πεύκης στο Χείμαρο Κοπατσινού –Λαγκαδά. Επίσης ο νέος διεθνής μύκητας *Elytroderma torres – Juanii* προσβάλλει αναδασώσεις τραχείας Πεύκης στη Χρυσοπηγή, Χολομώντα και στην Πελοπόννησο (Καϊλίδης , 1985).

Επίσης κατά τον καθηγητή Δ.Σ. Καϊλίδη στο κοντινό μέλλον οι προσβολές στα δάση θα αυξηθούν και αυτό γιατί είναι καλά γνωστό ότι μετά την εγκατάλειψη κατά τα τελευταία χρόνια της ορεινής Ελλάδας από τους ανθρώπους και τα ζώα , τα δάση άρχισαν να επεκτείνονται και να μεγαλώνουν σε εδάφη που ήταν για εκατοντάδες χρόνια βοσκοτόπια σε εδάφη δηλαδή διαβρωμένα, αβαθή, φτωχά και ξερά. Στην διάγνωση των δασικών ασθενειών τις περισσότερες περιπτώσεις , απαιτείται η αξιοποίηση ενός πεπειραμένου εμπειρογνώμονα για τη διαγνωστική εμπειρία. Δυστυχώς, η εμπειρία στην διάγνωση είναι σχετικά λιγοστή (Weeks et al.). Σε αρκετές απομακρυσμένες περιοχές, οι ειδικοί δεν είναι πάντα διαθέσιμοι για να παρέχουν διάγνωση. Αφ' ετέρου, οι ειδικοί μπορούν να μην έχουν αρκετό χρόνο για να χειριστούν όλα τα αιτήματα διάγνωσης.

Η ανάπτυξη του Έμπειρου Συστήματος διάγνωσης των ασθενειών των δασικών δένδρων συμπεριλαμβάνεται στην ευρύτερη έννοια της διαχείρισης των δασών (Ηλιάδης, 1998). Έμπειρα διαγνωστικά συστήματα στην φυτοπαθολογία έχουν αναπτυχθεί και μπορούν τόσο να βοηθήσουν τους ανθρώπους που ασχολούνται με το πρόβλημα ειδικούς και μη ειδικούς όσο και να χρησιμοποιηθούν για εκπαιδευτικούς σκοπούς

Η διαδικασία της σύλληψης της γνώσης θεωρείται ότι είναι η πλέον χρονοβόρα διαδικασία στην ανάπτυξη των Εμπείρων Συστημάτων. Πιο αναλυτικά μπορούμε να πούμε ότι σύλληψη γνώσης, είναι η διαδικασία εξαγωγής της γνώσης (από τον ειδικό, από βιβλία, κλπ) έτσι ώστε να μπορεί να είναι επεξεργάσιμη από ένα υπολογιστικό σύστημα. Η διαδικασία έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη μεθοδολογιών και τεχνικών για την επίτευξη του σκοπού αυτού.

Η διαδικασία Σύλληψη της Γνώσης γίνεται με παρατήρηση του ειδικού στη διαδικασία επίλυσης του προβλήματος του. Υποβάλλοντας ερωτήσεις στον ειδικό κατά την διάρκεια συνεντεύξεων αλλά και μελέτη εγχειριδίων και βιβλίων σχετικά με το πρόβλημα (Σκουλούδης, 2004).

Η Σύλληψη της Γνώσης είναι η πρώτη φάση στην διαδικασία της ανάπτυξης του συστήματος μας, στοχεύει στο να συλλέξουμε την γνώση από διάφορες πηγές(βιβλία, ειδικούς, κτλ). Αρχικά χρησιμοποιήθηκε σαν βάση το βιβλίο “Δασική Παθολογία” Δ.Σ. ΚΑΪΛΙΔΗ , από το οποίο αντλήθηκαν πληροφορίες για τις ασθένειες των δένδρων που μας ενδιέφεραν και κατά δεύτερον συνεντεύξεις με ειδικούς. Στις συνεντεύξεις γίνεται απευθείας συζήτηση του ειδικού με το ΜΓ. Οι πληροφορίες καταγράφονται και στη συνέχεια αναλύονται και κωδικοποιούνται. Είναι μία εργασία κοπιαστική και απαιτεί καλή συνεργασία όλων των εμπλεκόμενων.

Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε στην ακριβή περιγραφή των συμπτωμάτων και στα κύρια προβλήματα που αφορούν τα παράσιτα των δασικών δένδρων (Κωτόπουλος,1965). Επιλέξαμε τις σημαντικότερες για τα Ελληνικά δάση, των οποίων τα συμπτώματα και τα σημεία είναι διακριτά και σχετικά εύκολα παρατηρούμενα, χωρίς την χρήση εξειδικευμένων οργάνων. Η περιγραφή των συμπτωμάτων και των σημείων των ασθενειών στο βιβλίο δεν ήταν ομοιόμορφη και αναφερόταν στην εξέλιξη της ασθένειας στο χρόνο. Πολλές φορές κάποια χαρακτηριστικά των συμπτωμάτων όπως το χρώμα για παράδειγμα ήταν υποκειμενικά και όχι εύκολα διακριτά. Το αποτέλεσμα των παραπάνω ήταν ένα σύνολο ανοργάνωτων και αδόμητων στοιχείων.

Για να αρχειοθετηθούν και να δομηθούν οι πληροφορίες χρησιμοποιήθηκαν ανάλογα με τη φάση επεξεργασίας πίνακες συσχέτισης ασθενειών με τους διάφορους διαγνωστικούς παράγοντες. Αρχικά καταλήξαμε σε μια περιληπτική περιγραφή κάθε ασθένειας συμπεριλαμβάνοντας όλα εκείνα τα συμπτώματα και τα σημεία που την χαρακτηρίζουν και την ξεχωρίζουν από τις άλλες, έτσι ενημερώθηκε ένας αρχικός πίνακας. Οι παραπάνω πληροφορίες δομήθηκαν και μετασχηματιστήκαν ώστε να είναι δυνατόν να καθοριστούν οι

διαγνωστικοί παράγοντες (Coulson et al., 1987) κάθε ασθένειας και ενημερώθηκε ένας πίνακας συσχέτισης με πληροφορίες όπως: Το όνομα της ασθένειας, το παράσιτο που την δημιουργεί όταν υπάρχει, το πρώτο σύμπτωμα ή σημείο και η θέση του, το συμπληρωματικό σύμπτωμα ή σημείο που αναφέρεται στο πρώτο και το δεύτερο σύμπτωμα ή σημείο που αναφέρεται συνήθως στη προσβλημένη περιοχή του δένδρου. Επίσης πληροφορίες όπως η ηλικία του δένδρου ή της προσβλημένης περιοχής και η εποχή εμφάνισης της ασθένειας.

### 5.3 Διαμόρφωση της Γνώσης

Στην φάση αυτή, η γνώση που μαζεύεται από την προηγούμενη φάση διαμορφώνεται εννοιολογικά. Αποτελείται από δύο στάδια: Το στάδιο ανάλυσης της Γνώσης και στο στάδιο χαρτογράφησης της Γνώσης.

Η Ανάλυση της Γνώσης στοχεύει στο να δώσει το πρώτο σύνολο οργανωμένης γνώσης από την προηγούμενη αποσπασματική γνώση (Charlet et al., 1996). Στην φάση αυτή ο μηχανικός γνώσης εκτελεί μια επιστημολογική ανάλυση πριν προβεί σε μια ιδιαίτερη αναπαράσταση γνώσης (O'Keefe and Preece, 1996). Αυτή η ανάλυση βασίστηκε στην έννοια της γλωσσικής ανάλυσης γνώσης που παρέχει μια εννοιολογική προσέγγιση στην οποία η γνώση αναλύεται ως λεξικολογική, συντακτική και σημασιολογική γνώση (Cardie, 1994), (Recio et al., 1999), (Dorn and Mitterbock, 1998), (Schmoltdt, 1998).

Η γλωσσική ανάλυση της γνώσης αποσκοπεί στην παραγωγή μιας ποιοτικής περιγραφής των συμπτωμάτων των ασθενειών και στην αρχική δόμηση της πληροφορίας. Με την Ανάλυση της Γνώσης αφού απαριθμηθούν τα στοιχεία επίλυσης του προβλήματος καθώς και οι γλωσσικές έννοιες διαμορφώνονται οι διαγνωστικοί παράγοντες (Thomson et al., 1986) (Σκουλούδης, 2004). Οι διαγνωστικοί παράγοντες περιλαμβάνουν έννοιες όπως το σύμπτωμα/σημείο, η θέση της προσβλημένης περιοχής κτλ που αναφέρονται και αξιοποιούνται στην διαγνωστική διαδικασία. Όσον αφορά στη διάγνωση Ασθενειών των δασικών δένδρων οι διαγνωστικοί παράγοντες περιλαμβάνουν .

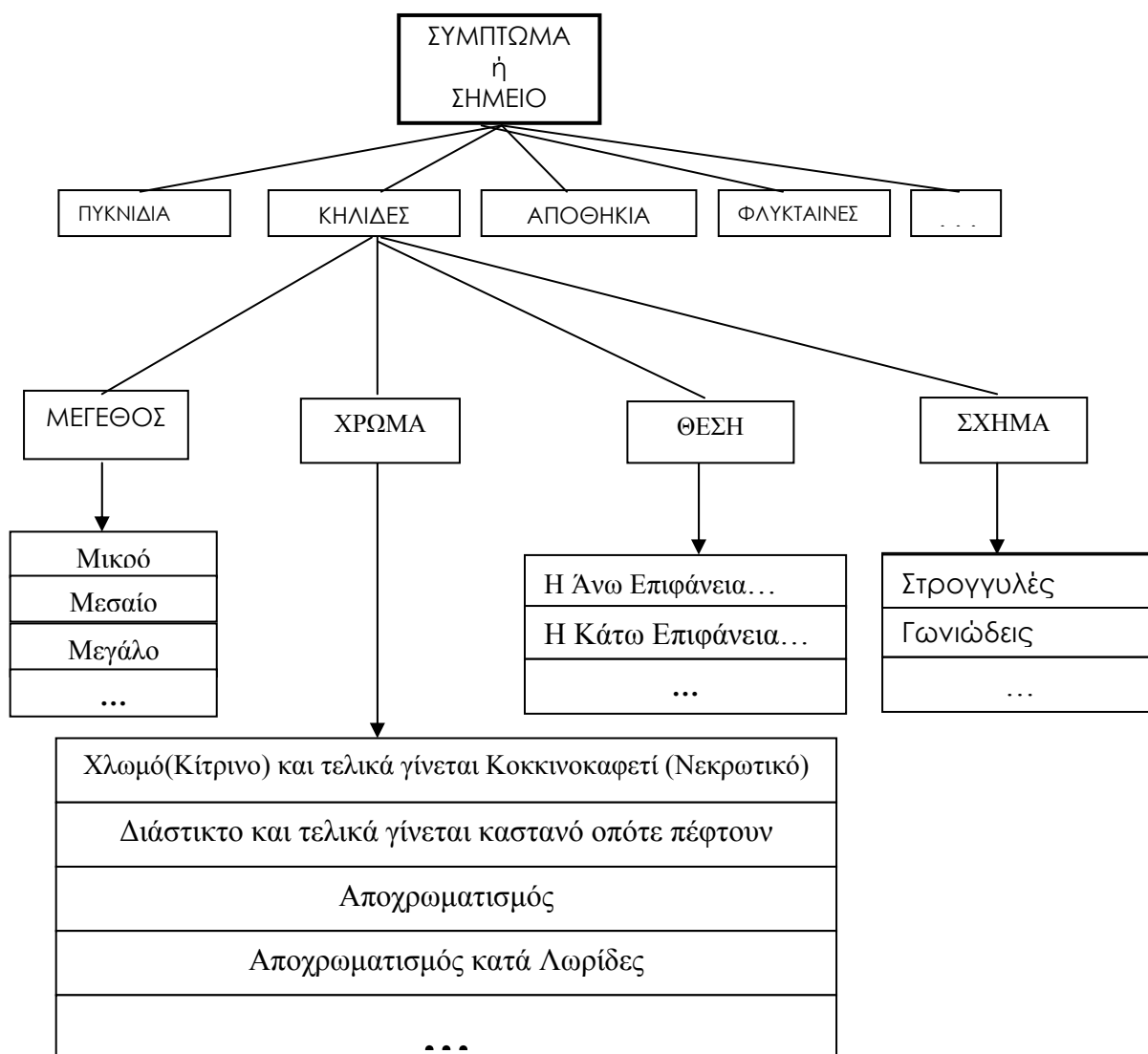
- Το δένδρο που εμφανίζονται (Ελάτη, Πεύκη...)
- Τα συμπτώματα/σημεία (Κηλίδες, Φλύκταινες, Πυκνίδια,...)
- Την περιοχή προσβολής(φύλλα, βλαστοί,...)
- Την ηλικία τόσο των δένδρων όσο και της προσβεβλημένης περιοχής

Αφού καθορίστηκαν οι διαγνωστικοί παράγοντες, και σε κάθε διαγνωστικό παράγοντα προσδιορίστηκε ένα σύνολο πιθανών ιδιοτήτων, οι οποίες μπορούν να έχουν διάφορες τιμές. Στη συνέχεια, κάθε διαγνωστικός παράγοντας αντιπροσωπεύτηκε με μια δομή δένδρο-διαγραμμάτων.

Η ταξινόμηση και ανάλυση των συμπτωμάτων σε “object-attribute-value” είναι πολύ σημαντικό στάδιο στη διαδικασία ανάπτυξης του ΕΣ (Yialouris and Sideridis, 1996).

Παραδείγματος χάριν ο διαγνωστικός παράγοντας «Σύμπτωμα/Σημείο» μπορεί να αντιπροσωπευθεί στο ακόλουθο δένδρο-διάγραμμα (Σχήμα 3).

ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΟΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ «ΣΥΜΠΤΩΜΑ/ΣΗΜΕΙΟ» ΚΑΙ ΟΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ



Σχήμα 3. Δένδρο-διαγράμματα του διαγνωστικού παράγοντα «Σύμπτωμα/Σημείο».



Όπως φαίνεται από το προηγούμενο σχήμα, οι πιθανές μορφές του διαγνωστικού παράγοντα «σύμπτωμα/σημείο» είναι «κηλίδες», «φλύκταινες» κ.λ.π. Η «κηλίδα» μπορεί να πάρει τις ιδιότητες όπως «μέγεθος», «θέση», «χρώμα», «σχήμα». Στη συνέχεια, η ιδιότητα «χρώμα» μπορεί να πάρει τις τιμές «χλωμό κίτρινο», «καστανό» κλπ .

Επίσης κατά την φάση ανάλυσης των περιγραφών των ασθενειών προέκυψε η ανάγκη να διαχωρίσουμε – ταξινομήσουμε τα συμπτώματα και τα σημεία σε πρώτο και σε δεύτερο καθώς, αρκετές ασθένειες παρουσίαζαν πάνω από ένα συμπτώματα, ενώ κάποιες φορές το σύμπτωμα ή το σημείο παρουσίαζε και ένα ακόμη που το χαρακτηρίσαμε συμπληρωματικό .

α) **Πρώτο Σύμπτωμα/Σημείο**, το οποίο περιγράφεται από κάποιες ιδιότητες (χαρακτηριστικά) όπως: ***Θέση, Μέγεθος, Χρωματισμός, Σχήμα*** είναι το ***σύμπτωμα που θεωρήσαμε αρχικό***.

β) **Συμπληρωματικό Σύμπτωμα/Σημείο**, αυτό αναφέρεται στο Πρώτο σύμπτωμα εξειδικεύοντας το και περιγράφοντας επιπλέον χαρακτηριστικά . Το συμπληρωματικό σύμπτωμα ή σημείο αντιμετωπίστηκε σαν μια ξεχωριστή οντότητα και του αναγνωρίσαμε ιδιότητες όπως : ***Χρώμα, Υφή***.

γ) **Δεύτερο Σύμπτωμα/Σημείο**, αυτό αναφέρεται στο προσβλημένο τμήμα του φυτού και ολοκληρώνει την συμπτωματολογία της ασθένειας

Για την πληρέστερη κατανόηση θα αναφέρω το παράδειγμα:

**Πρώτο Σύμπτωμα/Σημείο** : Κηλίδα

***Η Θέση Κηλίδας είναι:*** στην άνω επιφάνεια των φύλλων

***Το Μέγεθος της κηλίδας είναι:*** Μικρό

***Το Χρώμα της κηλίδας είναι :*** Ανοιχτό Πράσινο

***Η Κηλίδα είναι :*** Νεκρωτική

**Συμπληρωματικό Σύμπτωμα/Σημείο:** Η Κηλίδα Παρουσιάζει Δακτυλίους.

***Ο Δακτύλιος έχει:*** Μαύρα Στίγματα

***Το Χρώμα του Δακτυλίου είναι:*** Καστανοκίτρινο

**Δεύτερο Σύμπτωμα/Σημείο:** Τελικά οι Βελόνες γίνονται Καστανές και πέφτουν

Οι πληροφορίες που αρχικά συγκεντρώθηκαν επεξεργάστηκαν ομαδοποιήθηκαν ως προς τα χαρακτηριστικά τους (τους διαγνωστικούς παράγοντες) ώστε να μην υπάρχουν επικαλύψεις αφενός και αφετέρου να ελαχιστοποιηθούν τα χαρακτηριστικά που διαχωρίζουν την κάθε ασθένεια. Παρακάτω παρουσιάζονται πληροφορίες κάθε ασθένειας που μελετήσαμε όπως αυτές διαμορφώθηκαν και ταξινομήθηκαν κατά την φάση της επεξεργασίας των:

<b>Ασθένειες της Δρυός</b>	<b>Περιγραφή της Ασθένειας</b>
1. ΑΝΘΡΑΚΩΣΗ DISCULA UMBRINELLA Κ.	ΚΗΛΙΔΕΣ ΣΤΡΟΓΓΥΛΕΣ ΚΑΦΕΤΙΕΣ ΠΑΝΩ ΣΤΑ ΦΥΛΛΑ ΚΑΙ ΚΑΜΙΑ ΦΟΡΑ ΠΑΝΩ ΣΤΟΥΣ ΝΕΟΥΣ ΒΛΑΣΤΟΥΣ.
2.ΩΙΔΙΟ ΤΗΣ ΔΡΥΟΣ ή ΑΛΕΥΡΩΜΑ ΤΩΝ ΦΥΛΛΩΝ	ΣΤΙΣ ΑΡΧΕΣ ΤΟΥ ΚΑΛΟΚΑΙΡΙΟΥ ΠΑΡΟΥΣΙΑΖΕΤΑΙ ΜΕ ΜΟΡΦΗ <b>ΑΣΠΡΩΝ ΚΗΛΙΔΩΝ</b> ΠΟΥ ΣΙΓΑ-ΣΙΓΑ ΣΥΝΕΝΩΝΟΝΤΑΙΩΣΤΕ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΑ ΤΜΗΜΑΤΑ ΒΛΑΣΤΩΝ ΚΑΙ ΦΥΛΛΩΝ ΝΑ ΣΚΕΠΑΖΟΝΤΑΙ ΑΠΟ ΑΣΠΡΟ ΜΥΚΗΛΙΟ ΠΡΟΣΒΑΛΛΟΝΤΑΙ ΟΙ ΒΛΑΣΤΟΙ, ΤΑ ΠΛΑΓΙΑ ΚΛΑΔΙΑ ή ΤΑ ΚΑΤΩΤΕΡΑ ΦΥΛΛΑ ΚΑΙ ΣΤΙΣ ΔΥΟ ΠΛΕΥΡΕΣ.
3.ΣΚΩΡΙΑΣΗ CRONARTIUM	<b>ΦΛΥΚΤΑΙΝΕΣ</b> ΠΟΡΤΟΚΑΛΙ ΣΤΗΝ ΚΑΤΩ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΩΝ ΦΥΛΛΩΝ
4. ΕΞΩΑΣΚΟΣ ΤΗΣ ΔΡΥΟΣ Taphrina Coenlscens	<b>ΦΛΥΚΤΑΙΝΕΣ</b> ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΡΟΔΙΝΟΥ ΕΩΣ ΚΟΚΚΙΝΟΠΟΥ ΣΤΗΝ ΠΑΝΩ Ή ΣΤΗΝ ΚΑΤΩ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΦΥΛΛΩΝ. Η ΠΡΟΣΒΛΗΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΣΤΟ ΚΟΙΛΟ ΤΩΝ ΦΛΥΚΤΑΙΝΩΝ ΕΧΕΙ ΣΤΗΝ ΑΡΧΗ ΧΡΩΜΑ ΑΣΗΜΟΣΤΑΚΤΙ ΚΑΙ ΑΡΓΟΤΕΡΑ ΓΙΝΕΤΑΙ ΒΕΛΟΥΔΟΕΙΔΕΣ ΚΑΦΕΤΙ .
5. ΣΚΩΡΙΑΣΗ ΤΩΝ ΦΥΛΛΩΝ Uredo quercus Brond	<b>ΠΥΚΝΙΑ</b> ΚΑΙ <b>ΑΚΙΔΙΑ</b> ΚΙΤΡΙΝΑ Ή ΠΟΡΤΟΚΑΛΙΑ ΟΥΡΕΔΟΣΠΟΡΙΑ ΤΩΝ ΟΥΡΕΔΟΣΩΡΩΝ,ΟΠΩΣ ΚΑΙ ΤΟΥΣ ΤΕΛΕΙΟΣΩΡΟΥΣ ΣΤΗΝ ΚΑΤΩ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΩΝ ΦΥΛΛΩΝ

6.SCLEROTINIA CANDOLLEANA	ΝΕΚΡΩΤΙΚΕΣ <b>ΚΗΛΙΔΕΣ</b> , ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΚΑΦΕ ΣΤΑ ΦΥΛΛΑ 5-6 ΧΙΛ. ΚΑΙ ΣΥΝΕΝΩΝΟΝΤΑΙ ΚΑΙ ΔΗΜΙΟΥΡΓΟΥΝ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΕΣ ΝΕΚΡΩΤΙΚΕΣ ΚΗΛΙΔΕΣ.ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ ΤΟΝ ΧΕΙΜΩΝΑ ΠΑΡΟΥΣΙΑΖΟΝΤΑΙ ΣΤΑ ΦΥΛΛΑ ΠΟΛΥΑΡΙΘΜΑ, ΜΗΚΟΥΣ 3ΧΙΛ. ΜΑΥΡΑ ΣΚΛΗΡΩΤΙΑ, ΕΝΩ ΤΗΝ ΑΝΟΙΞΗ ΚΑΙ ΑΡΧΕΣ ΚΑΛΟΚΑΙΡΙΟΥ ΑΝΑΠΤΥΣΣΟΝΤΑΙ ΤΑ ΜΙΚΡΑ ΜΕ ΜΙΣΧΟ ΚΟΚΚΙΝΩΠΑ, ΜΗΚΟΥΣ 3 ΧΙΛ. ΑΠΟΘΗΚΙΑ ΤΟΥ ΜΥΚΗΤΑ.
7.EPIDOCHIUM ILICINUM GOIDN et CAMICI	ΜΙΚΡΕΣ <b>ΝΕΚΡΩΤΙΚΕΣ ΚΗΛΙΔΕΣ</b> ΣΤΟ ΦΛΟΙΟ ΣΥΝΗΘΩΣ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΤΙΣ ΚΗΛΙΔΕΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΕΙΤΑΙ <b>ΔΑΚΤΥΛΙΟΣ</b> ΑΠΟ ΕΠΟΥΛΟΤΙΚΟΥΣ ΙΣΤΟΥΣ. ΤΕΛΙΚΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΟΥΝΤΑΙ <b>ΕΛΚΗ</b> 6-8 ΕΚ.
8.ΚΑΡΚΙΝΟΣ ENDOTHIA	ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΒΟΛΗ, ΣΤΟΥΣ ΝΕΟΥΣ ΒΛΑΣΤΟΥΣ Ο <b>ΦΛΟΙΟΣ ΠΑΙΡΝΕΙ ΧΡΩΜΑ ΚΟΚΚΙΝΟΠΟΡΤΟΚΑΛΙ</b> ΩΣ ΚΑΦΕΤΙ ΓΥΑΛΙΣΤΕΡΟ, ΠΟΥ ΕΡΧΕΤΑΙ ΣΕ ΑΝΤΙΘΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΕΛΑΙΩΔΕΣ - ΠΡΑΣΙΝΟ ΤΟΥ ΥΓΙΟΥΣ ΦΛΟΙΟΥ. ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΕ ΧΟΝΤΡΟΥΣ ΦΛΟΙΟΥΣ ΓΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΑΤΟΜΩΝ Η ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΑΥΤΗ ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΕΙ ή ΥΠΑΡΧΕΙ ΕΛΑΧΙΣΤΑ. ΕΑΝ Η ΝΕΚΡΩΣΗ ΕΙΝΑΙ ΓΡΗΓΟΡΗ ΤΟΤΕ ΔΗΜΙΟΥΡΓΕΙΤΑΙ ΜΙΑ ΚΟΙΛΑΝΣΗ ΑΠΟ ΝΕΚΡΟ ΙΣΤΟ, ΕΑΝ ΑΝΤΙΘΕΤΑ Η ΝΕΚΡΩΣΗ ΓΙΝΕΤΑΙ ΣΙΓΑ ΣΙΓΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΕΙΤΑΙ ΝΕΟΣ ΦΛΟΙΟΣ ΚΑΙ ΤΕΛΙΚΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΕΙΤΑΙ <b>ΕΞΟΓΚΩΣΗ ΚΑΙ ΣΧΙΣΙΜΟ ΤΟΥ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΦΛΟΙΟΥ.</b>

<b>Ασθένειες της Ελάτης</b>	<b>Περιγραφή της Ασθένειας</b>
1. Η ΚΑΦΕΤΙΑ ΑΣΘΕΝΕΙΑ ΤΩΝ ΒΕΛΟΝΩΝ ΤΗΣ ΕΛΑΤΗΣ (Lophoremium nervisequum)	ΠΑΡΟΥΣΙΑΖΟΝΤΑΙ <b>ΠΥΚΝΙΔΙΑ</b> ΣΑΝ ΔΥΟ ΚΥΜΑΤΟΕΙΔΕΙΣ_ΜΑΥΡΕΣ ΜΑΚΡΟΥΛΕΣ ΕΞΑΡΣΕΙΣ <b>ΑΠΟΘΗΚΙΑ</b> ΣΤΗΝ ΚΑΤΩ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΩΝ ΒΕΛΟΝΩΝ. ΣΤΑ ΚΛΑΔΙΑ ΗΛΙΚΙΑΣ <b>3-6</b> ΕΤΩΝ ΣΤΙΣ ΠΑΛΑΙΟΤΕΡΕΣ ΒΕΛΟΝΕΣ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΗΣ ΚΟΜΗΣ, ΚΑΤΑ ΤΟ ΔΕΥΤΕΡΟ ΧΡΟΝΟ ΠΡΟΚΑΛΕΙ ΝΕΚΡΩΣΗ
2. Η ΚΑΦΕΤΙΑ ΑΣΘΕΝΕΙΑ ΤΩΝ ΒΕΛΟΝΩΝ ΤΗΣ ΕΛΑΤΗΣ (RHIZOSPHERA PINI)	ΓΙΝΟΝΤΑΙ ΚΑΣΤΑΝΕΣ ΚΑΙ ΝΕΚΡΩΝΟΝΤΑΙ ΚΑΙ ΠΕΦΤΟΥΝ
3. Η ΚΑΦΕΤΙΑ ΑΣΘΕΝΕΙΑ ΤΩΝ ΒΕΛΟΝΩΝ ΤΗΣ ΕΛΑΤΗΣ (REHMIELLOPSIS ABIETIS)	ΚΗΛΙΔΕΣ ΚΑΙ <b>ΜΙΚΡΑ ΜΑΥΡΑ ΠΥΚΝΙΔΙΑ</b> , ΚΑΙ ΠΙΘΑΝΟΝ ΝΕΚΡΩΣΗ ΚΛΑΔΙΩΝ ΒΕΛΟΝΕΣ ΠΟΥ ΜΟΛΙΣ ΕΚΠΤΥΣΣΟΝΤΑΙ ΑΠΟ ΤΑ ΜΑΤΙΑ ΚΑΤΟΠΙΝ ΓΙΝΟΝΤΑΙ ΟΛΕΣ ΟΙ ΒΕΛΟΝΕΣ ΚΙΤΡΙΝΟ-

	ΚΟΚΚΙΝΩΠΕΣ, ΕΠΕΙΤΑ ΚΟΚΚΙΝΟΚΑΣΤΑΝΕΣ ΕΩΣ ΣΤΑΚΤΕΣ ΤΕΛΙΚΑ ΔΕ ΣΥΣΠΕΙΡΩΝΟΝΤΑΙ
4. ΣΚΩΡΙΑΣΗ ΤΩΝ ΒΕΛΟΝΩΝ ΤΗΣ ΕΛΑΤΗΣ (MELAMPSORELLA SYMPHYTI)	ΔΥΟ ΠΑΡΑΛΛΗΛΕΣ ΣΕΙΡΕΣ ΑΠΟ <b>ΑΚΙΔΙΑ</b> ΣΕ ΝΕΕΣ ΒΕΛΟΝΕΣ
5. ΣΚΩΡΙΑΣΗ ΤΩΝ ΒΕΛΟΝΩΝ ΤΗΣ ΕΛΑΤΗΣ (M.CARYOPHYLLACEARUM)	ΔΗΜΙΟΥΡΓΕΙ <b>ΟΓΚΟΥΣ</b> ή <b>ΣΚΟΥΠΕΣ ΤΗΣ ΜΑΓΙΣΣΑΣ</b> ΣΕ ΝΕΕΣ ΒΕΛΟΝΕΣ
6.ΣΚΩΡΙΑΣΗ ΤΩΝ ΒΕΛΟΝΩΝ ΤΗΣ ΕΛΑΤΗΣ (MILESIA SPP.)	ΣΤΗΝ ΚΑΤΩ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΩΝ ΕΤΗΣΙΩΝ ΒΕΛΟΝΩΝ ΑΝΑΠΤΥΣΣΟΝΤΑΙ ΜΕ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟ ΨΕΥΔΟΠΕΡΙΔΙΟ <b>ΑΣΠΡΑ ΑΚΙΔΙΑ</b> ΣΕ ΔΥΟ ΣΕΙΡΕΣ ΕΚΑΤΕΡΩΘΕΝ ΤΟΥ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΝΕΥΡΟΥ .

<b>Ασθένειες της Καστανιάς</b>	<b>Περιγραφή της Ασθένειας</b>
1. ΚΑΡΚΙΝΟΣ ENDOTHIA (ENDOTHIA PARASITICA)	ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΒΟΛΗ, ΣΤΟΥΣ ΝΕΟΥΣ ΒΛΑΣΤΟΥΣ Ο ΦΛΟΙΟΣ ΠΑΙΡΝΕΙ <b>ΧΡΩΜΑ ΚΟΚΚΙΝΟΠΟΡΤΟΚΑΛΙ ΩΣ ΚΑΦΕΤΙ ΓΥΑΛΙΣΤΕΡΟ, ΠΟΥ ΕΡΧΕΤΑΙ ΣΕ ΑΝΤΙΘΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΕΛΑΙΩΔΕΣ - ΠΡΑΣΙΝΟ ΤΟΥ ΥΓΙΟΥΣ ΦΛΟΙΟΥ.</b> ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΕ ΧΟΝΤΡΟΥΣ ΦΛΟΙΟΥΣ ΓΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΑΤΟΜΩΝ Η ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΑΥΤΗ ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΕΙ ή ΥΠΑΡΧΕΙ ΕΛΑΧΙΣΤΑ. ΕΑΝ Η ΝΕΚΡΩΣΗ ΕΙΝΑΙ ΓΡΗΓΟΡΗ ΤΟΤΕ ΔΗΜΙΟΥΡΓΕΙΤΑΙ ΜΙΑ ΚΟΙΛΑΝΣΗ ΑΠΟ ΝΕΚΡΟ ΙΣΤΟ, ΕΑΝ ΑΝΤΙΘΕΤΑ Η ΝΕΚΡΩΣΗ ΓΙΝΕΤΑΙ ΣΙΓΑ ΣΙΓΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΕΙΤΑΙ ΝΕΟΣ ΦΛΟΙΟΣ ΚΑΙ ΤΕΛΙΚΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΕΙΤΑΙ <b>ΕΞΟΓΚΩΣΗ ΚΑΙ ΣΧΙΣΙΜΟ ΤΟΥ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΦΛΟΙΟΥ.</b>
2. ΚΑΡΚΙΝΟΣ ΚΑΙ ΝΕΚΡΩΣΗ MELANCONIS (MELANCONIS MODONIA)	ΑΝΑΠΤΥΣΣΕΤΑΙ ΣΤΑ ΚΛΑΔΙΑ ΚΑΙ ΤΟΥΣ ΒΛΑΣΤΟΥΣ, <b>ΚΗΛΙΔΕΣ ΚΑΣΤΑΝΕΣ, ΜΑΚΡΟΥΛΕΣ</b> ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΣΑΦΗ ΟΡΙΑ ΚΑΙ ΕΠΕΚΤΕΙΝΟΝΤΑΙ ΒΑΘΜΙΑΙΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΚΑΙ ΚΥΡΙΩΣ ΠΡΟΣ ΤΑ ΚΑΤΩ. ΟΙ ΚΗΛΙΔΕΣ ΑΥΤΕΣ ΜΠΟΡΕΙ ΕΠΙΣΗΣ ΝΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΥΝ ΕΝΤΕΛΩΣ ΤΟ ΠΡΟΣΒΛΗΜΕΝΟ ΟΡΓΑΝΟ, ΤΟ ΟΠΟΙΟ ΚΑΙ ΞΕΡΑΙΝΕΤΑΙ ΓΡΗΓΟΡΑ, ΑΡΧΙΖΟΝΤΑΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΟΡΥΦΗ ΤΟΥ. ΣΤΗ ΘΕΣΗ ΤΩΝ ΚΗΛΙΔΩΝ ΠΑΡΑΤΗΡΕΙΤΑΙ ΝΕΚΡΩΣΗ ΟΛΟΚΛΗΡΟΥ ΤΟΥ ΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΦΛΟΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΚΑΜΒΙΟΥ, ΚΑΜΙΑ ΦΟΡΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΕΙΤΑΙ ΚΑΙ ΚΑΣΤΑΝΗ ΑΛΛΟΙΩΣΗ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΩΝ ΙΣΤΩΝ. ΠΑΡΟΜΟΙΑ ΕΛΚΗ ΜΠΟΡΕΙ

	<p>ΝΑ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΤΟΥΝ ΟΧΙ ΜΟΝΟ ΣΤΑ ΚΛΑΔΙΑ, ΑΛΛΑ ΚΑΙ ΣΤΟΥΣ ΚΥΡΙΟΥΣ ΒΡΑΧΙΟΝΕΣ ΥΨΟΚΟΡΜΩΝ ΔΕΝΤΡΩΝ, ΚΑΘΩΣ ΚΑΙ ΣΤΑ ΠΡΕΜΝΟΒΛΑΣΤΗΜΑΤΑ.</p>
<p>3.ΚΑΡΚΙΝΟΣ ΚΑΙ ΝΕΚΡΩΣΗ ΤΟΥ CRYPTODIARORTHE ΚΑΙ DIPLODINA</p>	<p>ΠΡΟΣΒΑΛΛΕΙ ΝΕΑΡΑ ΠΡΕΜΝΟ ΒΛΑΣΤΗΜΑΤΑ ΗΛΙΚΙΑΣ 3-6 ΧΡΟΝΩΝ ΟΠΟΥ ΣΤΟ ΦΛΟΙΟ ΤΟΥΣ ΣΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ, ΠΑΡΟΥΣΙΑΖΟΝΤΑΙ <b>ΚΗΛΙΔΕΣ ΜΑΚΡΟΥΛΕΣ ΑΝΟΙΚΤΕΣ, ΚΑΣΤΑΝΕΣ ΛΑΜΠΕΡΕΣ ΩΣ ΜΑΥΡΕΣ</b> ΒΥΘΙΣΜΕΝΕΣ, ΠΟΥ ΦΕΡΟΥΝ ΣΧΙΣΜΕΣ ΚΑΙ ΦΘΑΝΟΥΝ ΕΩΣ ΤΟ ΥΨΟΣ ΕΝΟΣ ΜΕΤΡΟΥ ΚΑΙ ΤΑ ΦΥΛΛΑ ΕΙΝΑΙ ΜΙΚΡΟΤΕΡΑ ΤΟΥ ΚΑΝΟΝΙΚΟΥ. ΑΠΟ ΤΟΝ ΝΕΚΡΟΜΕΝΟ ΙΣΤΟ, ΤΟ ΚΟΜΒΙΟ ΝΕΚΡΩΝΕΤΑΙ, ΕΝΩ ΤΟ ΞΥΛΟ ΠΑΙΡΝΕΙ ΕΛΑΦΡΟ ΣΤΑΚΤΙ ΧΡΩΜΑ. ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΚΑΘΕ ΚΗΛΙΔΑ ΑΝΑΠΤΥΣΣΕΤΑΙ ΕΠΟΥΛΩΤΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ(<b>ΔΑΚΤΥΛΙΟΣ</b>), ΠΟΥ ΠΡΟΣΒΑΛΛΕΤΑΙ ΚΑΙ ΑΥΤΟΣ ΜΕ ΤΗΝ ΣΕΙΡΑ ΤΟΥ ΑΠΟ ΤΟ ΠΑΡΑΣΙΤΟ, ΤΕΙΝΕΙ ΝΑ ΑΝΑΠΛΑΣΤΕΙ ΚΑΙ ΓΙΝΕΤΑΙ ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΟΣ ΕΞΟΓΚΩΜΕΝΟΣ</p>
<p>4.ΚΗΛΙΔΕΣ ΦΥΛΛΩΝ ΤΗΣ ΚΑΣΤΑΝΙΑΣ</p>	<p>ΠΡΟΚΑΛΕΙ ΣΤΑ ΦΥΛΛΑ ΠΟΛΥ <b>ΜΙΚΡΕΣ ΓΩΝΙΩΔΕΙΣ ΚΗΛΙΔΕΣ</b> 1-2ΧΙΛ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΑΣΠΡΟΚΙΤΡΙΝΟΥ, ΠΟΥ ΑΡΓΟΤΕΡΑ ΓΙΝΟΝΤΑΙ ΚΑΦΕΤΙΕΣ. Η ΚΗΛΙΔΕΣ ΑΥΤΕΣ ΚΑΜΙΑ ΦΟΡΑ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΣΥΝΕΝΩΝΟΝΤΑΙ, ΟΠΟΤΕ ΟΛΟ ΤΟ ΦΥΛΛΟ ΜΑΡΑΙΝΕΤΑΙ. ΣΕ ΣΟΒΑΡΕΣ ΠΡΟΣΒΟΛΕΣ ΤΑ ΦΥΛΛΑ ΓΙΝΟΝΤΑΙ ΚΑΦΕΤΙΑ ΑΠΟ ΤΑ ΤΕΛΗ ΙΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΝ ΑΥΓΟΥΣΤΟ. ΣΕ ΥΓΡΟ ΚΑΙΡΟ ΣΤΗΝ ΚΑΤΩ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΩΝ ΦΥΛΛΩΝ Ο ΜΥΚΗΤΑΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΕΙ ΕΝΑ ΣΤΡΩΜΑ ΚΑΤΩ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΠΙΔΕΡΜΙΔΑ ΤΟΥ ΜΥΚΗΤΑ.</p>

Ασθένειες της Πεύκης	Περιγραφή της Ασθένειας
1. ΒΕΛΟΝΟΠΤΩΣΗ ΑΠΟ ΞΗΡΑΣΙΑ-ΥΨΗΛΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΟΙ ΒΕΛΟΝΕΣ ΤΗΣ ΤΡΑΧΕΙΑΣ <b>ΧΑΝΟΥΝ ΤΗΝ ΣΠΑΡΓΗ ΤΟΥΣ ΧΛΩΜΙΑΖΟΥΝ</b> (ΚΙΤΡΙΝΙΖΟΥΝ) ΚΑΙ ΣΙΓΑ ΣΙΓΑ ΓΙΝΟΝΤΑΙ ΚΟΚΚΙΝΟΚΑΦΕΤΙΕΣ-ΝΕΚΡΕΣ ΩΣΤΕ ΜΕΣΑ ΚΑΛΟΚΑΙΡΙΟΥ ΟΛΕΣ ΠΕΦΤΟΥΝ
2. ΙΩΣΗ ΤΩΝ ΒΕΛΟΝΩΝ ΤΗΣ ΠΕΥΚΗΣ	<b>ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ</b> ΤΩΝ ΒΕΛΟΝΩΝ, ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ <b>ΜΩΣΑΪΚΗΣ</b> ΚΑΙ ΤΕΛΙΚΑ ΝΕΚΡΩΣΗ ΤΩΝ ΒΕΛΟΝΩΝ
3.ΒΕΛΟΝΟΠΤΩΣΗ ΜΥΚΗΤΑΣ(LOPHODERMIIUM PINASTRI)	ΣΤΗΝ ΑΝΩ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΩΝ ΒΕΛΟΝΩΝ ΜΙΚΡΕΣ ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ <b>ΚΗΛΙΔΕΣ</b> ΠΟΥ ΣΙΓΑ-ΣΙΓΑ ΓΙΝΟΝΤΑΙ ΚΙΤΡΙΝΕΣ . ΤΟ ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ ΚΑΙ ΤΙΣ ΑΡΧΕΣ ΤΟΥ ΧΕΙΜΩΝΑ ΟΙ ΚΗΛΙΔΕΣ ΜΕΓΑΛΩΝΟΥΝ ,ΕΧΟΥΜΕ <b>ΔΑΚΤΥΛΙΟΥΣ</b> ΚΑΣΤΑΝΟΚΙΤΡΙΝΟΥΣ ΚΑΙ ΣΤΑ ΟΡΙΑ ΤΩΝ ΔΑΚΤΥΛΙΩΝ ΠΑΡΟΥΣΙΑΖΟΝΤΑΙ ΜΑΥΡΑ ΣΤΙΓΜΑΤΑ. ΟΙ ΒΕΛΟΝΕΣ ΠΑΙΡΝΟΥΝ ΧΡΩΜΑ ΔΙΑΣΤΙΚΤΟ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΡΧΟΜΕΝΗ ΑΝΟΙΞΗ ΤΕΛΙΚΑ ΟΙ ΒΕΛΟΝΕΣ ΓΙΝΟΝΤΑΙ ΚΑΣΤΑΝΕΣ ΚΑΙ ΠΕΦΤΟΥΝ ΟΠΟΤΕ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΝΕΚΡΩΘΟΥΝ ΤΑ ΒΡΑΧΥΚΛΑΔΙΑ. Ο ΚΑΣΤΑΝΟ-ΚΟΚΚΙΝΟ-ΚΑΣΤΑΝΟΣ ΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΒΕΛΟΝΩΝ ΠΑΡΟΥΣΙΑΖΕΤΑΙ ΣΕ ΝΕΑ ΔΕΝΔΡΑ ΚΑΙ ΚΥΡΙΩΣ ΣΕ ΚΑΤΩΤΕΡΑ ΚΛΑΔΙΑ ΕΠΙΣΗΣ ΠΡΟΣΒΑΛΛΟΝΤΑΙ ΟΙ ΠΑΛΙΟΤΕΡΕΣ ΒΕΛΟΝΕΣ ΤΩΝ ΚΑΤΩ ΚΛΑΔΙΩΝ ΚΑΙ ΚΥΡΙΩΣ ΣΕ ΧΡΟΝΙΕΣ ΒΡΟΧΕΡΕΣ
4.ΒΕΛΟΝΟΠΤΩΣΗ ΜΥΚΗΤΑΣ(LOPHODERMIIUM NITENS (DURKER))	ΑΝΑΠΤΥΣΣΟΝΤΑΙ ΚΑΤΩ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΠΙΔΕΡΜΙΔΑ ΤΩΝ ΒΕΛΟΝΩΝ <b>ΚΑΡΠΟΣΩΜΑΤΑ</b> ΜΑΥΡΑ ΠΟΥ ΛΑΜΠΟΥΝ, ΠΑΡΟΥΣΙΑΖΟΝΤΑΙ ΜΟΝΟ <b>ΚΑΤΑΖΕΥΓΗ ΣΕ ΜΙΚΡΕΣ ΟΜΑΔΕΣ</b>
5.ΒΕΛΟΝΟΠΤΩΣΗ ΜΥΚΗΤΑΣ(LOPHODERMELLA CONJUNCTA DARKER)	<b>ΑΣΚΟΚΑΡΠΙΑ</b> ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΙ ΤΟΝ ΑΥΓΟΥΣΤΟ ΣΤΙΣ ΒΕΛΟΝΕΣ ΤΟΥ 2ου ΕΤΟΥΣ. ΑΠΟΚΕΙ ΠΡΩΤΑ ΣΤΗΝ ΕΠΙΔΕΡΜΙΔΑ ΚΑΙ ΜΟΝΟ ΤΟΝ ΕΡΧΟΜΕΝΟ ΙΟΥΛΙΟ ΟΙ ΥΦΕΣ ΕΙΣΔΥΟΥΝ ΣΤΟ ΜΕΣΟΦΥΛΛΟ
6. ΒΕΛΟΝΟΠΤΩΣΗ ΜΥΚΗΤΑΣ(ΗΥΡ.SULCIGENA)	ΑΣΠΡΟΚΑΦΕΤΙΕΣ <b>ΚΗΛΙΔΕΣ</b> ΚΑΙ ΣΤΗ ΣΥΝΕΧΕΙΑ ΤΑ ΑΚΡΑ ΤΟΥΣ ΠΑΙΡΝΟΥΝ ΧΡΩΜΑ ΙΩΔΕΣ ΩΣ ΚΙΤΡΙΝΟΚΑΣΤΑΝΟ. ΣΤΟ ΤΕΛΟΣ ΤΟΥ ΚΑΛΟΚΑΙΡΙΟΥ ΟΙ ΒΕΛΟΝΕΣ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΝΕΚΡΩΘΕΙ ΠΕΦΤΟΥΝ. ΑΠΟΘΗΚΙΑ ΚΑΦΕΜΑΥΡΑ 2-15 ΧΙΛ. ΠΑΡΟΥΣΙΑΖΟΝΤΑΙ ΣΤΙΣ ΒΕΛΟΝΕΣ ΚΑΙ ΜΟΙΑΖΟΥΝ ΜΕ ΜΑΚΡΟΥΛΕΣ ΑΥΛΑΚΩΣΕΙΣ

7.ΒΕΛΟΝΟΠΤΩΣΗ ΜΥΚΗΤΑΣ(HENDERSONIA ACICOLA MUNCH)	ΜΑΥΡΑ <b>ΠΥΚΝΙΔΙΑ</b> ΣΑΝ ΚΕΦΑΛΙΑ ΚΑΡΦΙΤΣΑΣ, ΠΡΟΚΑΛΟΥΝ ΑΠΟΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟ ΚΑΙ ΠΤΩΣΗ ΤΩΝ ΒΕΛΟΝΩΝ
8.ΒΕΛΟΝΟΠΤΩΣΗ ΤΗΣ PINUS STROBUS (MELADERMA DESMAZIERII)	<b>ΑΠΟΘΗΚΙΑ</b> ΚΟΝΤΑ ΕΛΛΕΙΠΤΙΚΑ ΚΑΙ ΜΑΥΡΑ ΚΑΙ ΦΕΡΟΥΝ ΜΙΑ ΣΧΙΣΜΗ.ΠΡΟΚΑΛΕΙ ΑΠΟΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟ ΚΑΤΑ ΛΩΡΙΔΕΣ ΤΩΝ ΒΕΛΟΝΩΝ ΚΑΤΑ ΤΟ ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ ΠΟΥ ΑΡΧΙΖΕΙ ΑΠΟ ΤΑ ΑΚΡΑ ΤΟΥΣ ΚΑΙ ΣΥΝΕΧΙΖΕΤΑΙ ΜΕ ΤΗΝ ΠΤΩΣΗ ΤΟΥΣ
9.ΒΕΛΟΝΟΠΤΩΣΗ ΜΥΚΗΤΑΣ(ELYTRODERMA DEFORMANS)	ΠΡΟΚΑΛΕΙ ΜΑΥΡΕΣ ΜΑΚΡΙΕΣ ΓΡΑΜΜΕΣ
10. ΒΕΛΟΝΟΠΤΩΣΗ ΜΥΚΗΤΑΣ(CYCLANEUSMA MINUS(BUTIN) DICOSMO)	<b>ΚΗΛΙΔΕΣ</b> ΚΑΙ ΚΑΦΕΤΙΕΣ ΚΑΘΕΤΕΣ <b>ΖΩΝΕΣ</b> . ΣΤΗ ΣΥΝΕΧΕΙΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΟΥΝΤΑΙ ΜΙΚΡΟΤΑΤΑ <b>ΠΥΚΝΙΔΙΑ</b> ΚΑΙ ΑΡΓΟΤΕΡΑ ΤΑ ΑΣΚΟΚΑΡΠΙΑ. ΤΟ ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ-ΧΕΙΜΩΝΑ ΕΧΟΥΜΕ <b>ΠΤΩΣΗ ΤΩΝ ΠΑΛΛΙΟΤΕΡΩΝ</b> ΒΕΛΟΝΩΝ
11.ΠΙΣΣΩΔΕΙΣ ΛΩΡΙΔΕΣ ΤΩΝ ΒΕΛΟΝΩΝ ΤΗΣ ΠΕΥΚΗΣ	ΠΡΟΚΑΛΕΙ ΜΑΥΡΕΣ ΓΥΑΛΙΣΤΕΡΕΣ ΠΙΣΣΩΔΕΙΣ ΜΑΚΡΟΥΛΕΣ ΑΝΩΜΑΛΕΣ <b>ΛΩΡΙΔΕΣ</b> . ΣΤΗ ΒΑΣΗ ΚΑΙ ΣΤΗ ΜΕΣΗ ΤΟ ΜΗΚΟΣ ΚΑΘΕ ΛΩΡΙΔΑ ΕΙΝΑΙ ΑΠΟ ΛΙΓΑ ΧΙΛΙΟΣΤΑ ΩΣ 1ΕΚ. Ο ΑΡΙΘΜΟΣ ΤΩΝ ΜΑΚΡΟΥΛΩΝ <b>ΠΙΣΣΩΔΩΝ ΣΤΙΓΜΑΤΩΝ</b> ΣΤΙΣ ΒΕΛΟΝΕΣ ΕΙΝΑΙ ΑΠΟ 1-5-7-8 ΟΠΟΤΕ ΤΟ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΚΟΡΥΦΗ ΜΕΡΟΣ ΤΗΣ ΒΕΛΟΝΑΣ ΞΕΡΑΙΝΕΤΑΙ
12. ΜΥΚΗΤΑΣ ΠΟΥ ΔΙΑΔΙΔΕΤΑΙ ΜΕ ΕΝΤΟΜΑ ΜΥΒΟΡΗΙΛΙΣ ΡΙΝΙΠΕΡΔΑ ΚΑΙ ΒΥΡΑΛΙΣ ΡΙΝΙΑΡΙΟΥΣ.	<b>ΔΙΟΓΚΩΣΕΙΣ</b> .ΣΤΙΣ ΔΙΟΓΚΩΣΕΙΣ ΑΝΑΠΤΥΣΣΟΝΤΑΙ <b>ΚΙΤΡΙΝΩΠΑ ΑΙΚΙΔΙΑ</b> . ΕΙΝΑΙ ΔΥΝΑΤΟΝ ΝΑ ΕΧΟΥΜΕ <b>ΞΗΡΑΝΣΗ</b> ___ΤΟΥ ΚΟΡΥΦΑΙΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΔΕΝΔΡΟΥ. ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ <b>ΕΧΟΥΜΕ ΕΚΚΡΙΣΗ ΚΑΙ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΚΡΟΥΣΤΑΣ ΑΠΟ ΡΕΤΣΙΝΙ</b> . ΣΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΤΗΣ ΠΡΟΣΒΟΛΗΣ ΟΙ ΙΣΤΟΙ ΝΕΚΡΩΝΟΝΤΑΙ ΔΗΜΙΟΥΡΓΕΙΤΑΙ ΜΙΑ ΠΑΧΥΝΣΗ ΠΑΝΩ ΣΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΤΗΣ ΠΡΟΣΒΟΛΗΣ, Η ΠΑΧΥΝΣΗ ΑΥΤΗ ΕΧΕΙ ΕΛΙΚΟΕΙΔΗ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ .
13. Η Σ ΚΥΡΤΩΣΗ ΤΩΝ ΒΛΑΣΤΩΝ ΤΗΣ ΠΕΥΚΗΣ(ΜΥΚΗΤΑΣ MELAMPORA PINITORQUA)	Η ΠΡΟΣΒΟΛΗ ΓΙΝΕΤΑΙ ΤΗΝ ΑΝΟΙΞΗ ΜΕ ΥΓΡΟ ΚΑΙ ΞΕΡΟ ΚΑΙΡΟ, ΜΕ ΤΑ ΒΑΣΙΔΙΟΣΠΟΡΙΑ ΣΤΟΥΣ ΝΕΟΥΣ ΒΛΑΣΤΟΥΣ ΙΔΙΩΣ ΝΕΑΡΩΝ ΑΤΟΜΩΝ ΠΕΥΚΗΣ ΟΠΟΥ ΣΥΝΗΘΩΣ ΤΟΠΙΚΑ ΑΝΑΠΤΥΣΣΟΝΤΑΙ ,ΣΑΝ ΜΙΚΡΑ ΚΙΤΡΙΝΑ

	<p><b>ΣΤΙΓΜΑΤΑ</b> , ΤΑ ΠΥΚΝΙΑ ΚΑΙ ΤΑ ΧΩΡΙΣ ΠΕΡΙΔΙΟ ΑΙΚΙΔΙΑ ΤΟΥ ΜΥΚΗΤΑ. Η ΠΡΟΣΒΟΛΗ ΓΙΝΕΤΑΙ ΤΗΝ ΑΝΟΙΞΗ ΜΕ ΥΓΡΟ ΚΑΙ ΞΕΡΟ ΚΑΙΡΟ. Η ΣΚΩΡΙΑΣΗ ΑΥΤΗ ΠΡΟΣΒΑΛΛΕΙ ΤΟΥΣ ΒΛΑΣΤΟΥΣ ΤΗΣ ΠΕΥΚΗΣ, ΟΙ ΟΠΟΙΟΙ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΒΟΛΗ ΠΑΙΡΝΟΥΝ ΣΧΗΜΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ ΛΑΤΙΝΙΚΟΥ Σ. ΣΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΠΡΟΣΒΟΛΗΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΕΙΤΑΙ ΑΝΟΙΚΤΟΚΙΤΡΙΝΗ <b>ΚΗΛΙΔΑ</b> ΜΗΚΟΥΣ 1-3 ΕΚ. ΤΟ ΜΥΚΗΛΙΟ ΕΚΤΕΙΝΕΤΑΙ ΣΤΟ ΠΑΡΕΓΧΥΜΑ ΤΟΥ ΦΛΟΙΟΥ.</p>
<b>Ασθένειες της Καρυδιάς</b>	<b>Περιγραφή της Ασθένειας</b>
1. ΒΑΚΤΗΡΙΑΚΗ ΞΗΡΑΝΣΗ ΤΩΝ ΦΥΛΛΩΝ ΤΗΣ ΚΑΡΥΔΙΑΣ (TAPHRINA COERCULESCENS) ΒΑΚΤΗΡΙΟ ΧΑΝΤΗΟΜΟΝΑΣ JUGLANDIS	ΕΜΦΑΝΙΣΗ <b>ΑΝΩΜΑΛΩΝ ΜΑΥΡΩΝ ΚΗΛΙΔΩΝ</b> ΣΤΑ ΦΥΛΛΑ ΚΑΙ ΣΤΟΥΣ ΜΗΧΟΥΣ ΟΙ ΠΕΡΙ ΚΑΡΠΟΥ ΚΟΚΚΙΝΟΠΟΥ ΣΤΗΝ ΠΛΑΝΟ΄Η ΚΑΤΩ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΩΝ ΦΥΛΛΩΝ. Η ΠΡΟΣΒΕΒΛΗΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΔΕΙΧΤΙΚΟ ΕΝΟ ΤΟΥΣ ΞΥΛΩΝ ΟΡΙΜΟΥΣ ΚΑΡΠΟΥΣ ΠΑΡΟΧΩΝΟΝΤΑΙ ΜΕΓΑΛΕΡΑ ΜΑΥΡΕΣ ΚΗΛΙΔΕΣ ΠΟΥ ΜΠΟΡΕΙΝΑ ΤΟΥΣ ΠΕΡΙΚΛΕΙΟΥΝ ΒΕΛΟΥΔΟΕΙΔΕΣ ΚΑΦΕΤΙ.
2. ΑΝΘΡΑΚΩΣΗ ΤΗΣ ΚΑΡΥΔΙΑΣ (GNOMONIA LEPTOSTYLA)	<b>ΚΑΦΕΤΙΕΣ ΚΗΛΙΔΕΣ</b> ΣΤΑ ΦΥΛΛΑ ΚΑΙ ΚΑΡΠΟΥΣ <b>ΠΥΚΝΙΑ ΚΑΙ ΑΙΚΙΔΙΑ</b> ΚΙΤΡΙΝΑ Η ΠΟΡΤΟΚΑΛΙ ΟΝΙΣΤΕΡΑ ΣΤΟΥΣ ΒΛΑΣΤΟΥΣ ΣΤΗΝ ΑΡΧΗ ΟΙ ΚΗΛΙΔΕΣ ΕΙΝΑΙ 2-3ΧΙΛ. ΚΑΙ ΤΕΛΙΚΑ ΓΙΝΟΝΤΑΙ 2ΕΚ. ΚΑΙ ΤΟΥΣ ΤΕΛΕΙΟΣΠΟΡΟΥΣ ΣΤΗΝ ΚΑΤΩ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΩΝ ΦΥΛΛΩΝ.
	ΜΑΥΡΑ ΣΤΙΓΜΑΤΑ ΠΑΝΩ ΣΤΑ ΠΡΟΣΒΛΗΜΕΝΑ ΦΥΛΛΑ.
3. ΚΗΛΙΔΕΣ ΦΥΛΛΩΝ (MICROSTROMA)	Ο Microstroma juglandis ΠΡΟΚΑΛΕΙ <b>ΑΣΠΡΕΣ ΓΩΝΙΩΔΕΙΣ ΚΗΛΙΔΕΣ</b> ΣΤΗΝ ΚΑΤΩ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΩΝ ΦΥΛΛΩΝ ΣΕ ΟΛΗ ΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ, ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΑΛΛΑ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΑΜΕΡΙΚΗ.
4. ΚΗΛΙΔΕΣ ΦΥΛΛΩΝ (Ascochyta)	Ο ΜΥΚΗΤΑΣ (Ascochyta juglandis Bolts) ΠΡΟΚΑΛΕΙ <b>ΚΗΛΙΔΕΣ</b> ΣΤΡΟΓΓΥΛΕΣ 1-10χιλ. ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΣΤΑΚΤΟΚΑΣΤΑΝΟΥ ΜΕ ΣΚΟΤΕΙΝΟ ΠΕΡΙΓΥΡΟ. ΑΥΤΕΣ ΠΕΦΤΟΥΝ ΓΡΗΓΟΡΑ, ΩΣΤΕ ΤΕΛΙΚΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΟΥΝΤΑΙ ΤΡΥΠΕΣ. ΤΑ ΠΥΚΝΙΔΙΑ ΕΧΟΥΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ 80-100μ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΟΥΝ ΩΟΕΙΔΗ ΠΥΚΝΙΟΣΠΟΡΙΑ 10-13χ4-5 μ.



Ο συνδυασμός, η χρυσή τομή μεταξύ ανάλυσης των χαρακτηριστικών των συμπτωμάτων και των σημείων κάθε ασθένειας και της περιγραφής της στο βιβλίο, ήταν αρκετά δύσκολο έργο.

α) Στο βιβλίο περιγράφεται η εξέλιξη μιας ασθένειας σε μία περίοδο, ενώ πολλές φορές είχαμε σαν αποτέλεσμα την **μεταβολή των συμπτωμάτων** ή την προσθήκη νέων μέσα στην περίοδο. Όμως η παρατήρηση και άρα η διάγνωση αναφέρονται σε μια **συγκεκριμένη χρονική στιγμή**.

β) Μια επιπλέον δυσκολία που συναντήσαμε ήταν, ότι η περιγραφή των συμπτωμάτων των ασθενειών στο βιβλίο δεν ήταν **ομοιόμορφη**.

γ) Η περιγραφή των συμπτωμάτων των Ασθενειών ήταν σε **αδόμητη μορφή**

δ) Γενικά υπήρχε υποκειμενικότητα στις περιγραφές (π.χ. χρώμα Κοκκινοκάστανο έως στακτί ).

Τα παραπάνω δημιούργησαν την ανάγκη κατάτμησης της κωδικοποίησης των συμπτωμάτων μας σε επίπεδα. Επίσης η ανομοιογένεια στην παρουσίαση των συμπτωμάτων των Ασθενειών στο βιβλίο μας ανάγκασε να επιλέξουμε και να ταξινομήσουμε εκείνες τις ασθένειες των οποίων τα συμπτώματα της διάγνωσης είναι διακριτά και σχετικά εύκολα παρατηρούμενα, χωρίς την χρήση εξειδικευμένων οργάνων. Έτσι καθορίσαμε τους διαγνωστικούς παράγοντες (σύμπτωμα, συνέπεια) και σε κάθε διαγνωστικό παράγοντα ορίσαμε ένα σύνολο πιθανών τιμών.

Στη συνέχεια η συντακτική ανάλυση συνδύασε την παραπάνω γνώση προκειμένου να δημιουργηθεί μια νέα γνώση. Χρησιμοποιώντας τους απαραίτητους γλωσσικούς τελεστές συνδυάσαμε τους διαγνωστικούς παράγοντες μεταξύ τους. Οι γλωσσικοί τελεστές περιλαμβάνουν λέξεις ή και εκφράσεις όπως «και», «ή», «έχει», «εμφανίζει», κλπ.

Ο κατωτέρω πίνακας παρουσιάζει τις σχέσεις μεταξύ μερικών διαγνωστικών παραγόντων των ιδιοτήτων τους .

<b>Σύμπτωμα</b>	<b>Ιδιότητα</b>	<b>Τιμή</b>
Η Κηλίδα	Έχει χρώμα	Άσπρο
Η Κηλίδα	εμφανίζει	Στίγματα
Τα Στίγματα	Έχουν χρώμα	Μαύρο

Με βάση τη γνώση που αποκτάται από τη λεξικολογική και συντακτική ανάλυση γνώσης, εκτελείται η σημασιολογική ανάλυση γνώσης. Ενώ η λεξικολογική και συντακτική ανάλυση γνώσης παρέχει ένα πλαίσιο για να αναπαραχθούν τα μέρη της διαγνωστικής γνώσης, η σημασιολογική ανάλυση γνώσης περιγράφει πώς αυτά τα μέρη μπορούν να συνδεθούν το ένα με το άλλο για να συνθέσουν την Ευρετική Γνώση που χρησιμοποιείται στην επίλυση ενός διαγνωστικού προβλήματος. Η σημασιολογική ανάλυση χρησιμεύει ως μια βάση για τη χαρτογράφηση της γνώσης καθώς και για την αναπαράσταση-κωδικοποίηση της. Επίσης θα πρέπει να επισημάνω ότι μερικές φορές ένα σύμπτωμα και η τιμή μιας ιδιότητας του ενώθηκαν και αποτέλεσαν μια τιμή. Για να γίνει κατανοητό παραθέτω το εξής παράδειγμα:

Διαγνωστικός παράγοντας: **Στίγματα** , Χρώμα: **Μαύρο**

Στο σύστημα μας όμως το παραπάνω αντιμετωπίζεται σαν: **Μαύρα Στίγματα**. Αυτό αν και είναι σε βάρος της ανάλυσης της οντότητας στίγμα είδαμε ότι :

- Μειώνονταν πιθανές τιμές μιας ερώτησης του συστήματος.
- Διευκόλυνε τον χρήστη να επιλέξει την σωστή απάντηση.

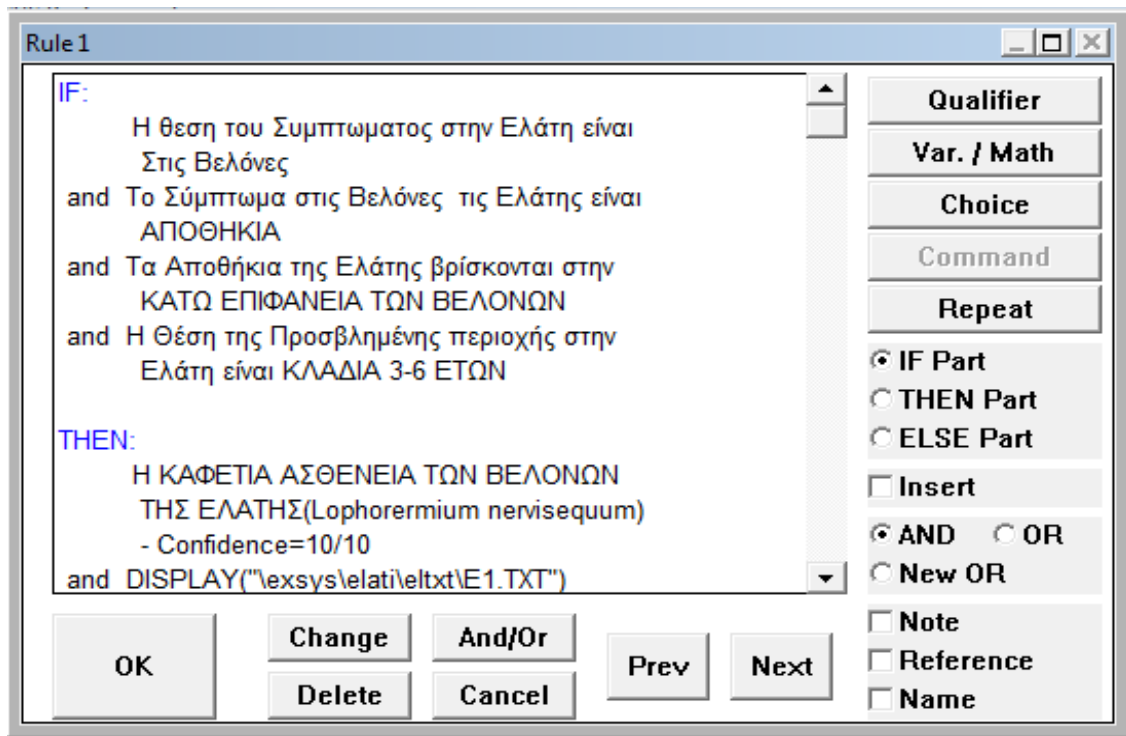
Έτσι αρκετές φορές έγινε συγχώνευση κάποιων χαρακτηριστικών ώστε να διευκολύνεται ο χρήστης στην επιλογή απάντησης όταν ερωτάται από το σύστημα. Σαν επιπλέον παραδείγματα συγχώνευσης αναφέρονται:

- ΜΑΚΡΟΥΛΩΝ ΠΙΣΣΩΔΩΝ ΣΤΙΓΜΑΤΩΝ
- ΚΑΦΕΤΙΕΣ ΚΑΘΕΤΕΣ ΖΩΝΕΣ

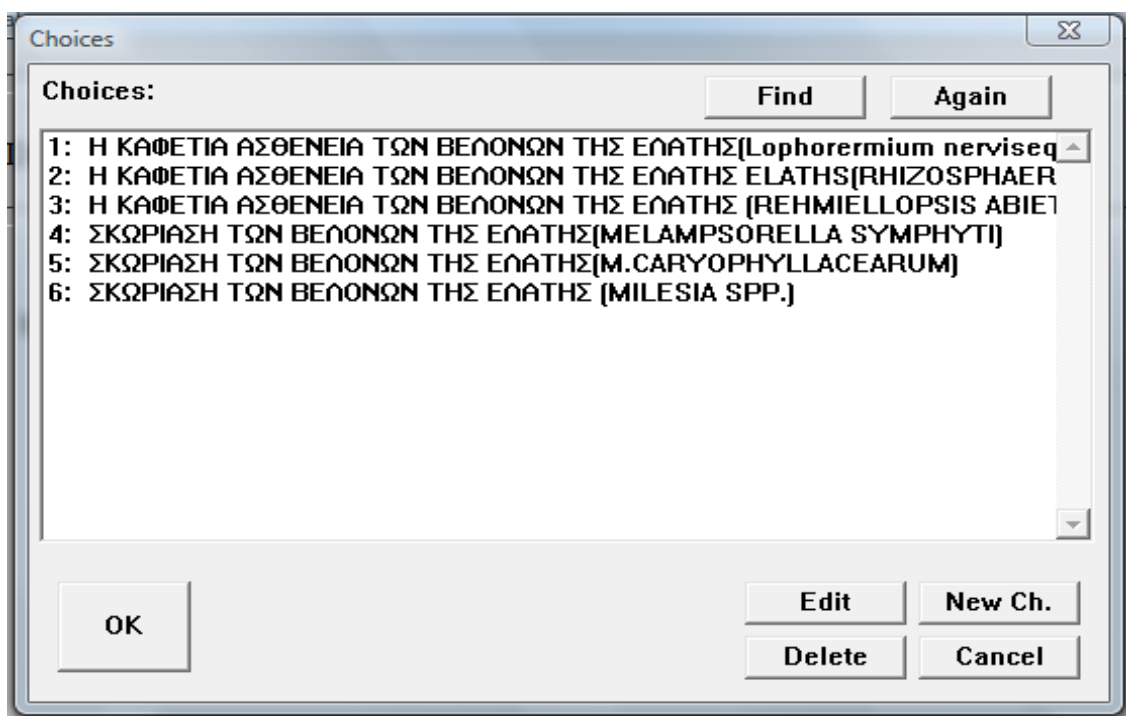
### 5.3 Αναπαράσταση της Γνώσης

Ο στόχος της αναπαράστασης της γνώσης είναι να επιλεγεί ένας φορμαλισμός για την απεικόνιση της γνώσης στον υπολογιστή σε μια μορφή που να διευκολύνει την επίλυση του προβλήματος. Από τους διάφορους τρόπους αναπαράστασης γνώσης (κανόνες, πλαίσια, σημασιολογικά δίκτυα κ.λ.π.) , επιλέξαμε τους κανόνες (εικόνα 1) για την αναπαράσταση της διαγνωστικής διαδικασίας επειδή αυτή η μεθοδολογία είναι πιο εύληπτη και χρησιμοποιείται στα γεωργικά ΕΣ. Επίσης οι κανόνες παρέχουν τους καλύτερους φορμαλισμούς για τη φυσική και πλήρη έκφραση της γνώσης (Plant and Stone, 1991), (Kramers et al., 1998), (Lorentzos et al., 1999),. Επίσης στην περίπτωση μας επιλέξαμε ένα κέλυφος ΕΣ, το EXSYS Professional (Ver. 5.1.0). Γεωργικές εφαρμογές του EXSYS, στις διάφορες εκδόσεις του, αναφέρονται από τους Schmoldt και Martin (Schmoldt et al., 1986). Στο σύστημα EXSYS η γνώση αναπαρίσταται ως σύνολο «IF-THEN” κανόνων (εικόνα 6). Ο κανόνας χρησιμοποιείται για τη συσχέτιση απλών γεγονότων με μία απόφαση ή συμπέρασμα. Επίσης ο κανόνας αποτελείται στο IF του μέρος από τα “Qualifiers” και τα “Variables” ενώ το THEN μέρος του κανόνα αποτελείται από τα “Choices” (εικόνα 7) δηλαδή τις επιλογές ή τους στόχους με τις πιθανές τιμές τους.

Μια επιλογή (Choice) είναι ένα πιθανό τελικό συμπέρασμα του συστήματος. Τα qualifiers διαμορφώνουν τους όρους που πρέπει να ικανοποιηθούν για τα choices που επιλέγονται. Ενώ τέλος οι μεταβλητές χρησιμοποιούνται για να εισάγουν οι χρήστες τιμές μη προκαθορισμένες αριθμητικές ή αλφαριθμητικές. Επιπλέον για την αναπαράσταση της γνώσης χρησιμοποιήθηκαν κείμενα σε μορφή (txt ) αρχείων (εικόνα 8) και φωτογραφίες των προσβλημένων περιοχών από την ασθένεια (εικόνα 9) , (εικόνα 10).



Εικόνα 6: Κανόνας του Συστήματος από το ΕΣ της Ελάτης.

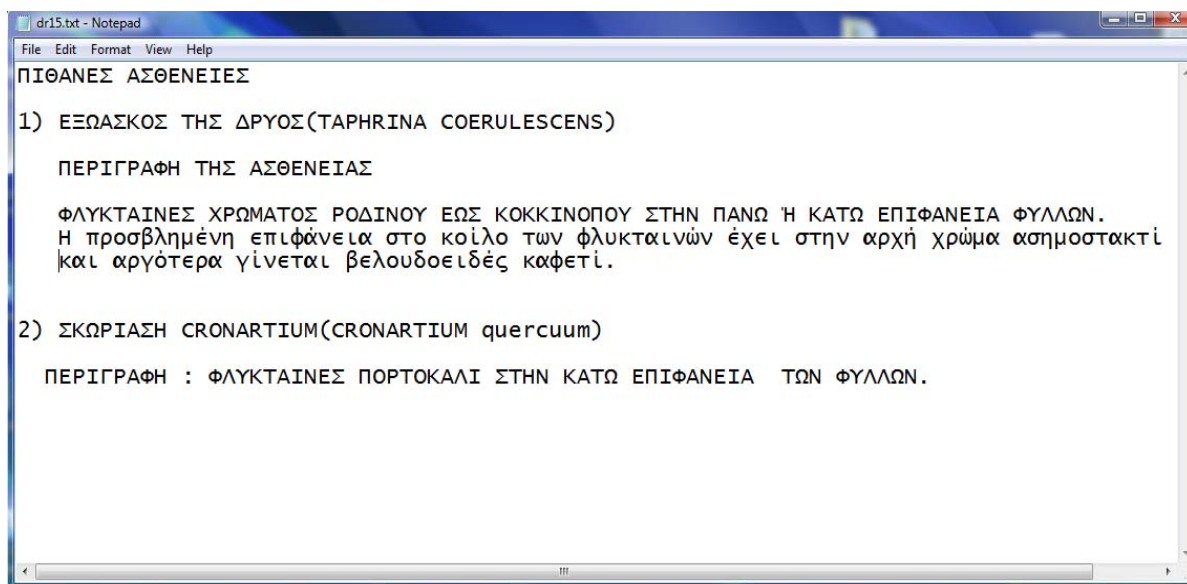


Εικόνα 7: Choices από το ΕΣ της Ελάτης.

## Αναγνώριση με ελλιπή πληροφορία

Πολλές φορές διαπιστώνεται ότι ο χρήστης δεν διαθέτει απαντήσεις για όλα τα ερωτήματα που κάνει το σύστημα (ελλιπής πληροφορία). Επειδή το Exsys δεν παρέχει λειτουργία ελλιπούς πληροφορίας. Περιπτώσεις τέτοιες αντιμετωπίστηκαν με δύο τρόπους.

- Με την προσθήκη στα χαρακτηριστικά των τιμών “Δεν γνωρίζω ή Άλλο” ώστε να απεμπλέκεται το σύστημα και να προχωρά στην επόμενη ερώτηση.
- Με τη δημιουργία περισσότερων από ένα κανόνων για κάθε περίπτωση είναι δυνατή η διάγνωση με “ Πιθανές Ασθένειες” (εικόνα 8).



Εικόνα 8: Αρχείο κειμένου του Συστήματος με πιθανές ασθένειες της Δρυός.



Εικόνα 9: Η καφετιά ασθένεια των βελονών της Ελάτης(*Lophorermium Nervisequum*).



Εικόνα 10: Ανθράκωση Δρυός(*Discula Umbrinella* K.).

## Αρχιτεκτονική του Συστήματος Διάγνωσης

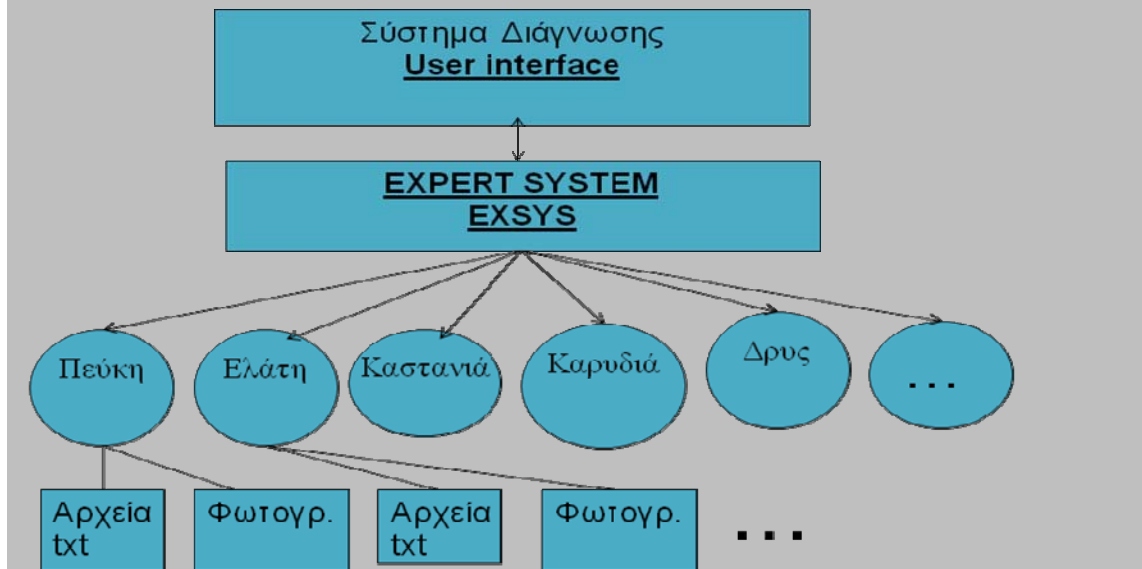
Αρχικά προσπαθήσαμε να συμπεριλάβουμε όλες τις ασθένειες των δένδρων μας σε ένα ενιαίο διαγνωστικό σύστημα . Το σύστημα αυτό είχε πολλούς κανόνες και qualifiers με πολλές τιμές, τα παραπάνω είχαν σαν αποτέλεσμα να είναι δύσκολη η συντήρηση του. Επίσης υποχρέωνε τον χρήστη να επιλέξει από ένα μεγάλο πλήθος παρεμφερών ερωτήσεων, με αποτέλεσμα να μπερδεύεται και έτσι οι απαντήσεις που έδινε δεν κατέληγαν σε διάγνωση. Η λύση στα παραπάνω ήρθε με την ανάπτυξη 5 υποσυστημάτων (σχήμα 4) το καθένα από αυτά αναφέρεται στις ασθένειες ενός μόνο δένδρου. Τέλος τα υποσυστήματα αυτά με χρήση του λογισμικού (CDMenuPro ver. 6.32.00) ενώθηκαν και δημιούργησαν μία φιλική διεπαφή (user interface). Μέσω της διεπαφής ο χρήστης έχει δυνατότητες να επιλέγει το δένδρο που τον ενδιαφέρει για διάγνωση να βλέπει rps αρχεία με πληροφορίες κλπ (εικόνα 11).

Η αρχιτεκτονική αυτή επιλέχθηκε ώστε να είναι ευκολότερη τόσο η συντήρηση του συστήματος , όσο και η επέκταση του εύρους των ασθενειών που καλύπτει κάθε υποσύστημα.

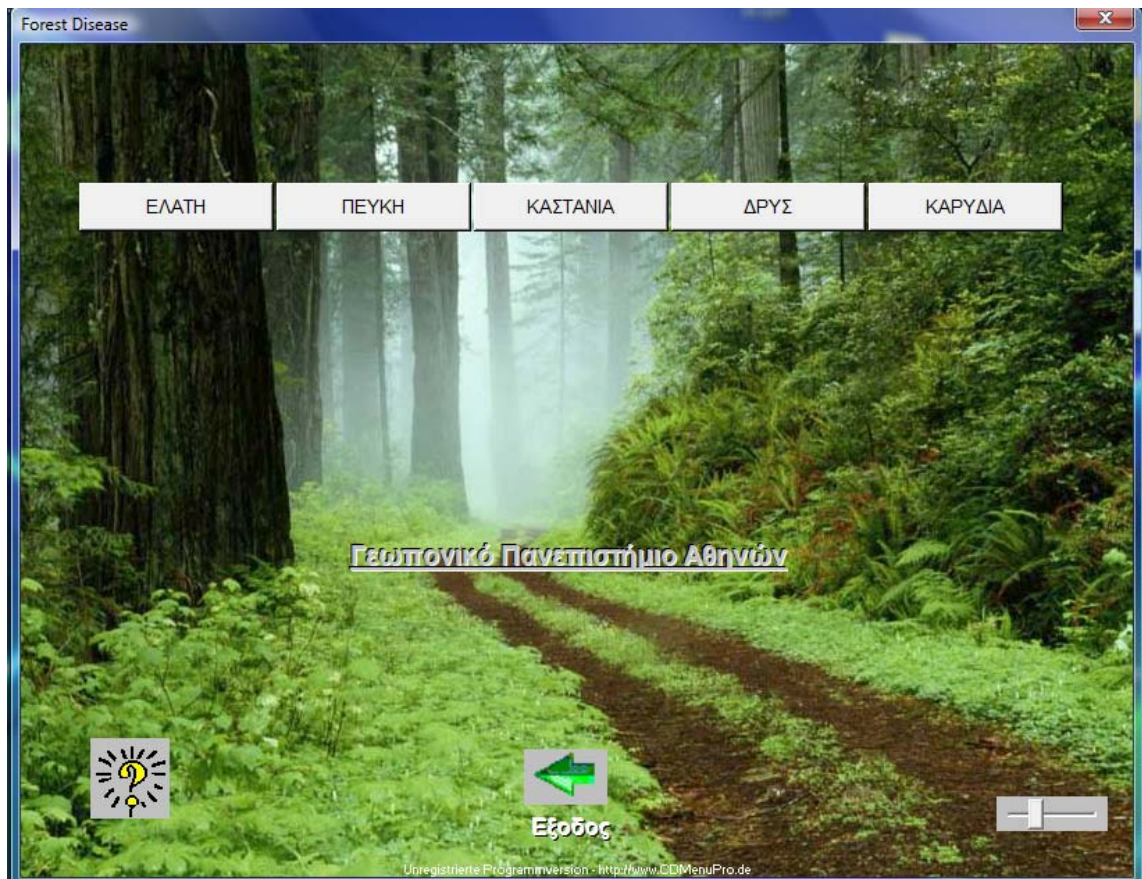
Επίσης για να κάνουμε το σύστημα μας πιο φιλικό προσπαθήσαμε και ξεχωρίσαμε εκείνα τα συμπτώματα που κάνουν μοναδική την κάθε ασθένεια ή αγνοώντας το χαρακτηριστικό που είχε υποκειμενική περιγραφή (χρώμα: ΙΩΔΕΣ ΩΣ ΚΙΤΡΙΝΟΚΑΣΤΑΝΟ), αυτό μας επέτρεψε να χρειάζονται λιγότερες ερωτήσεις να απαντήσει ο χρήστης ώστε να επιτευχθεί διάγνωση. Ακόμη και αν ο χρήστης έχει ελλιπή πληροφορία το σύστημα έχει την δυνατότητα να διαγνώσει πιθανές ασθένειες.

Ένα επιπλέον χαρακτηριστικό του συστήματος είναι όταν καταλήξει στη διάγνωση μιας ασθένειας (συγκεκριμένο Choice) προβάλλει στον χρήστη α) αρχείο κειμένου με την περιγραφή της ασθένειας και β) όπου υπάρχει φωτογραφία της προσβλημένης περιοχής.

## Αρχιτεκτονική του Συστήματος



Σχήμα 4: Η δομή του Διαγνωστικού Συστήματος.



Οθόνη 1: Αρχική οθόνη του Διαγνωστικού Συστήματος.

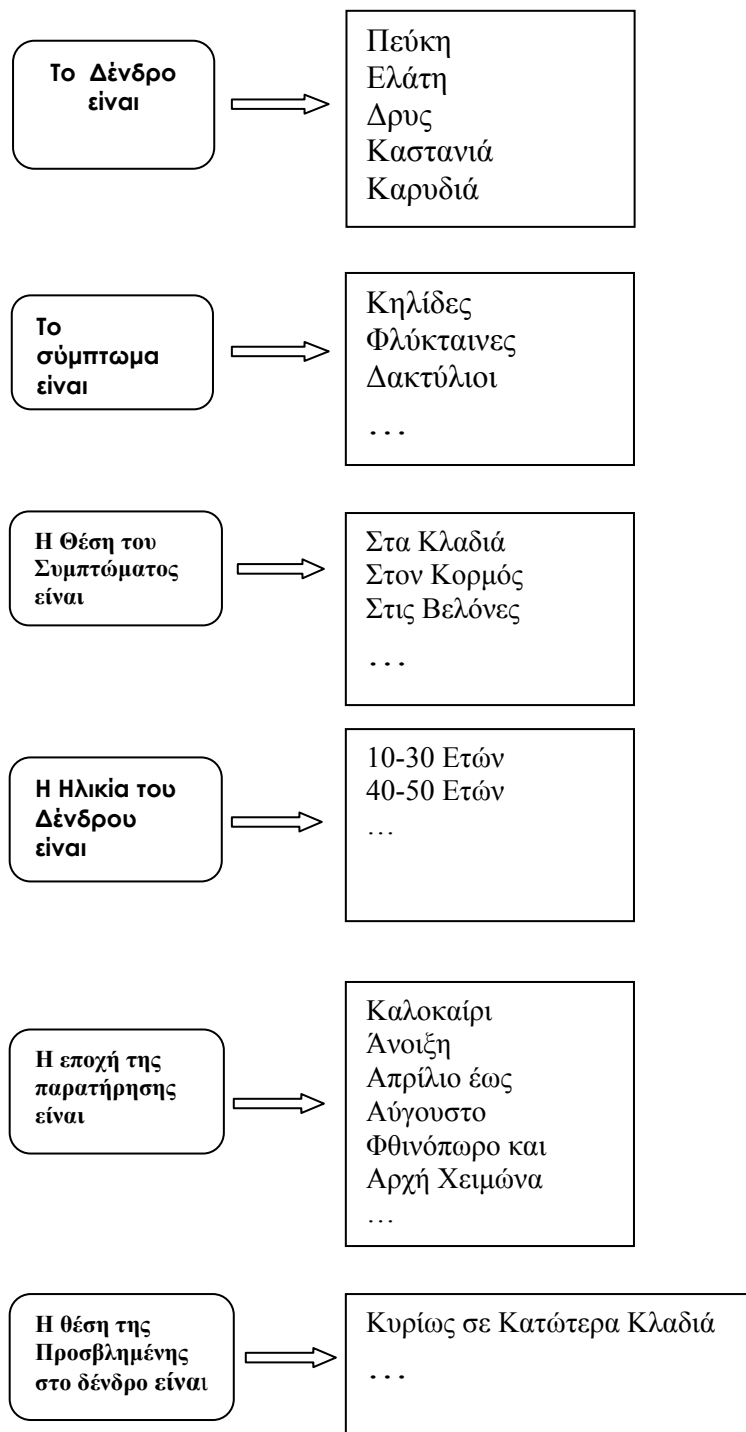


Κατά την διαγνωστική λειτουργία εκτελώντας μια διάγνωση, ένας εμπειρογνώμονας οδηγείται σε ένα συμπέρασμα συνεκτιμώντας τις τιμές των ιδιοτήτων των διαγνωστικών παραγόντων. Έτσι κατά την εκτέλεση του προγράμματος ζητείται από τον χρήστη να περιγράψει τα χαρακτηριστικά συμπτώματα ή να αναγνωρίσει κάποια βοηθούμενος από φωτογραφία. Βασικός στόχος του ΕΣ είναι να βρει την καλύτερη εξήγηση για τα συμπτώματα, τα οποία είναι χαρακτηριστικά για την συγκεκριμένη περίπτωση και να ξεχωρίσει από παρόμοια σε άλλη ασθένεια. Όπως περιγράψαμε πιο πάνω, μετά τον καθορισμό των διαγνωστικών παραγόντων και αφού σχεδιάστηκαν οι πίνακες διάγνωσης τις κάθε ασθένειας προχωρήσαμε στα διαγράμματα απόφασης.

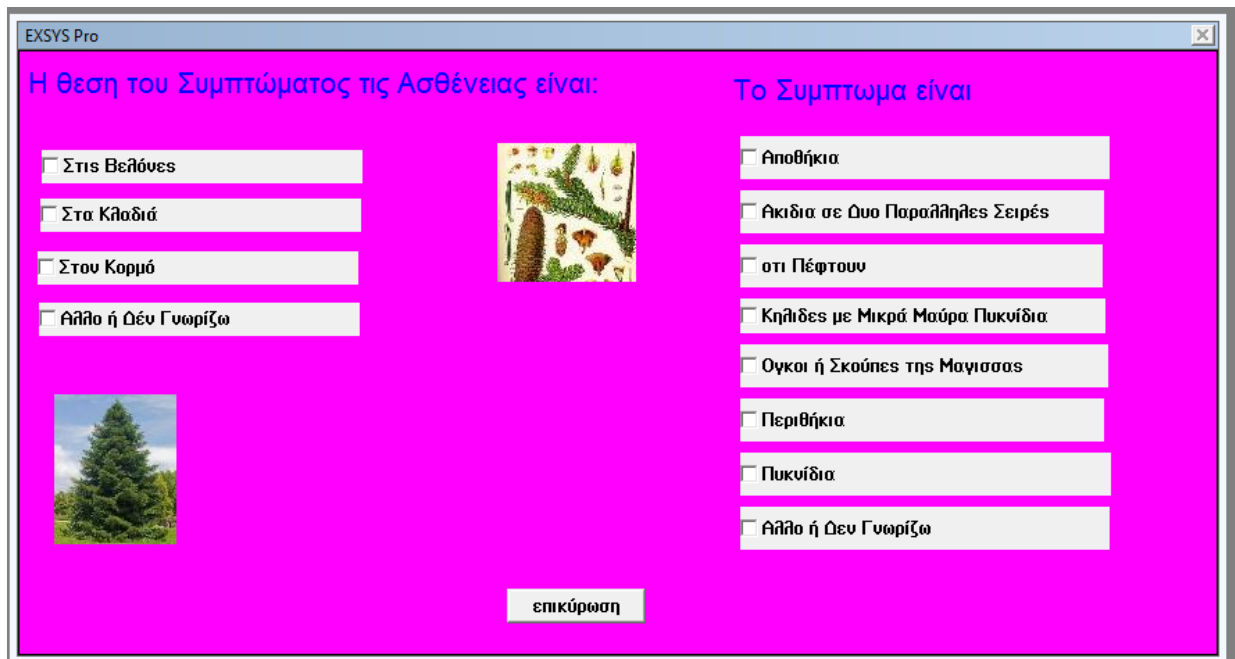
Ένα διάγραμμα απόφασης (διαδικασία διάγνωσης) αναπαρίσταται στο (σχήμα 6). Κάποιες φορές όμως τα συμπτώματα (ιδιότητες, τιμές τους) της ασθένειας σε ένα δένδρο μας επέτρεψαν τα παρακάμπσουμε τμήμα της διαγνωστικής διαδικασίας μιας και θα μπορούσαμε να καταλήξουμε σε συμπέρασμα γρηγορότερα (σχήμα 7).

Παρακάτω παραθέτουμε: α) μερικές από τις ερωτήσεις του συστήματος (σχήμα 5), β) μερικές οθόνες ερωτήσεων (οθόνη 2,3,4) κατά την λειτουργία του συστήματος, γ) οθόνες διάγνωσης (οθόνη 5,6).

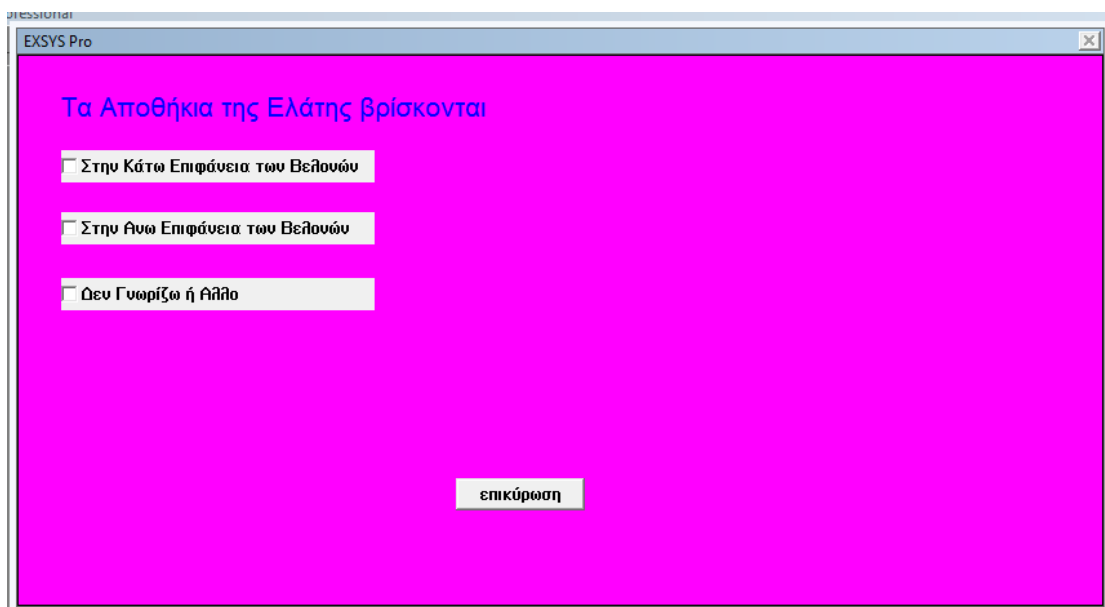
**Μερικές από τις κύριες ερωτήσεις του συστήματος με τις πιθανές τους απαντήσεις**



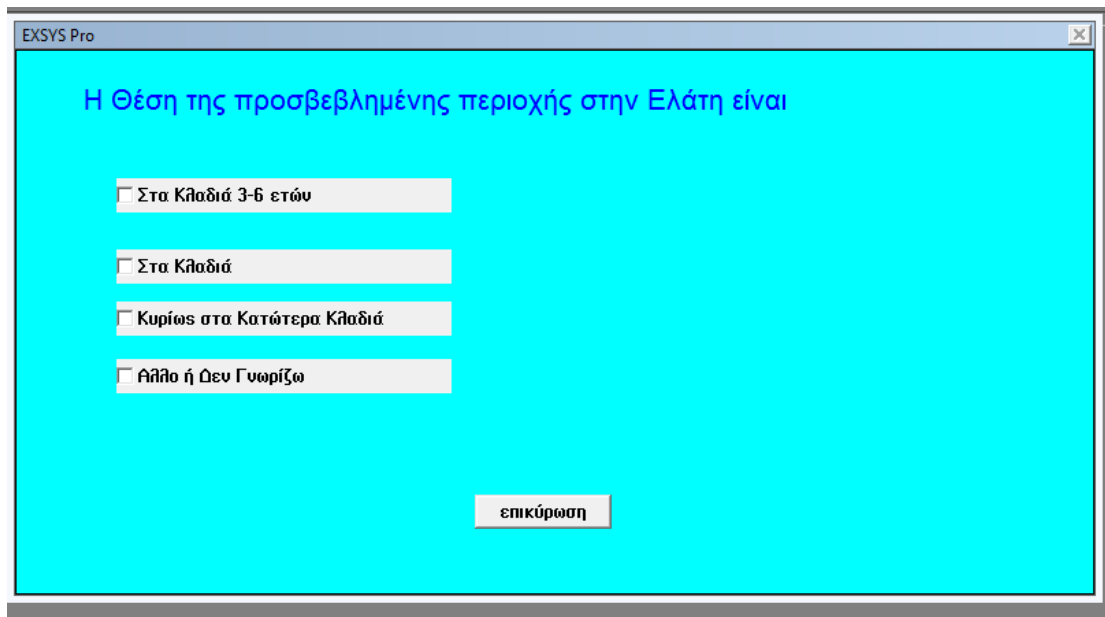
Σχήμα 5: Μερικές ερωτήσεις του ΕΣ.



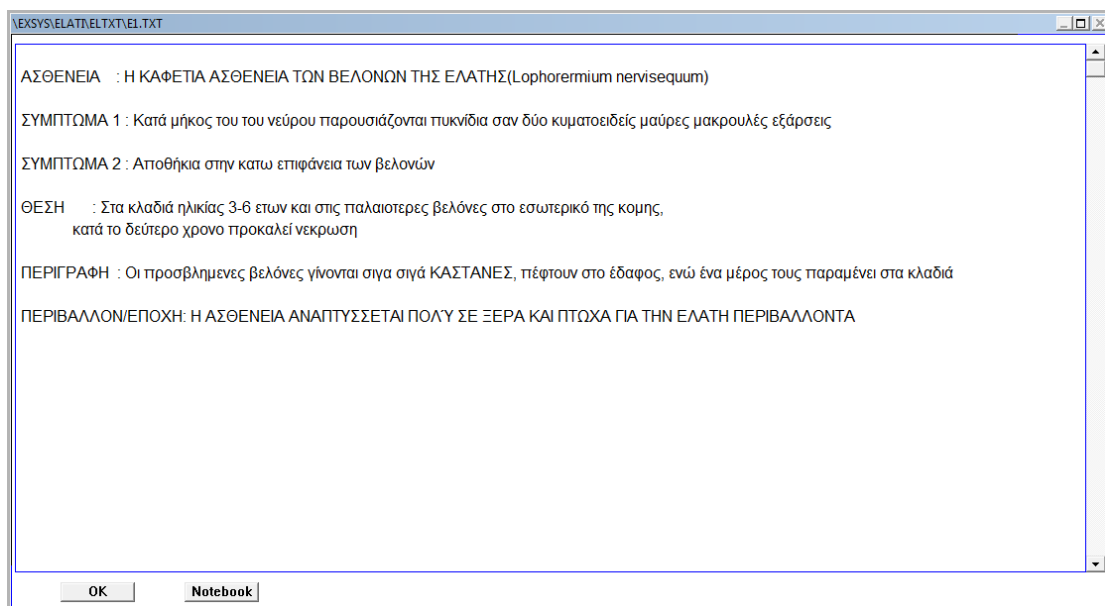
Οθόνη 2: Η πρώτη οθόνη του Διαγνωστικού Συστήματος για την Ελάτη.



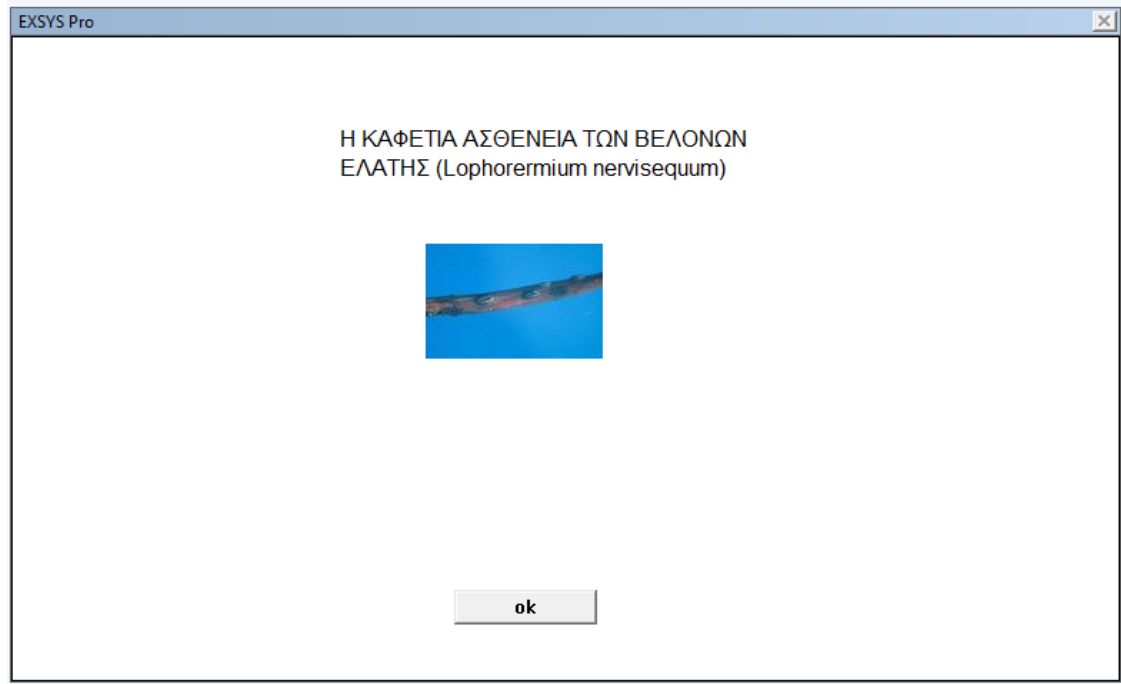
Οθόνη 3: Οθόνη του Διαγνωστικού Συστήματος για την Ελάτη.



Οθόνη 4: Οθόνη του Διαγνωστικού Συστήματος για την Ελάτη.

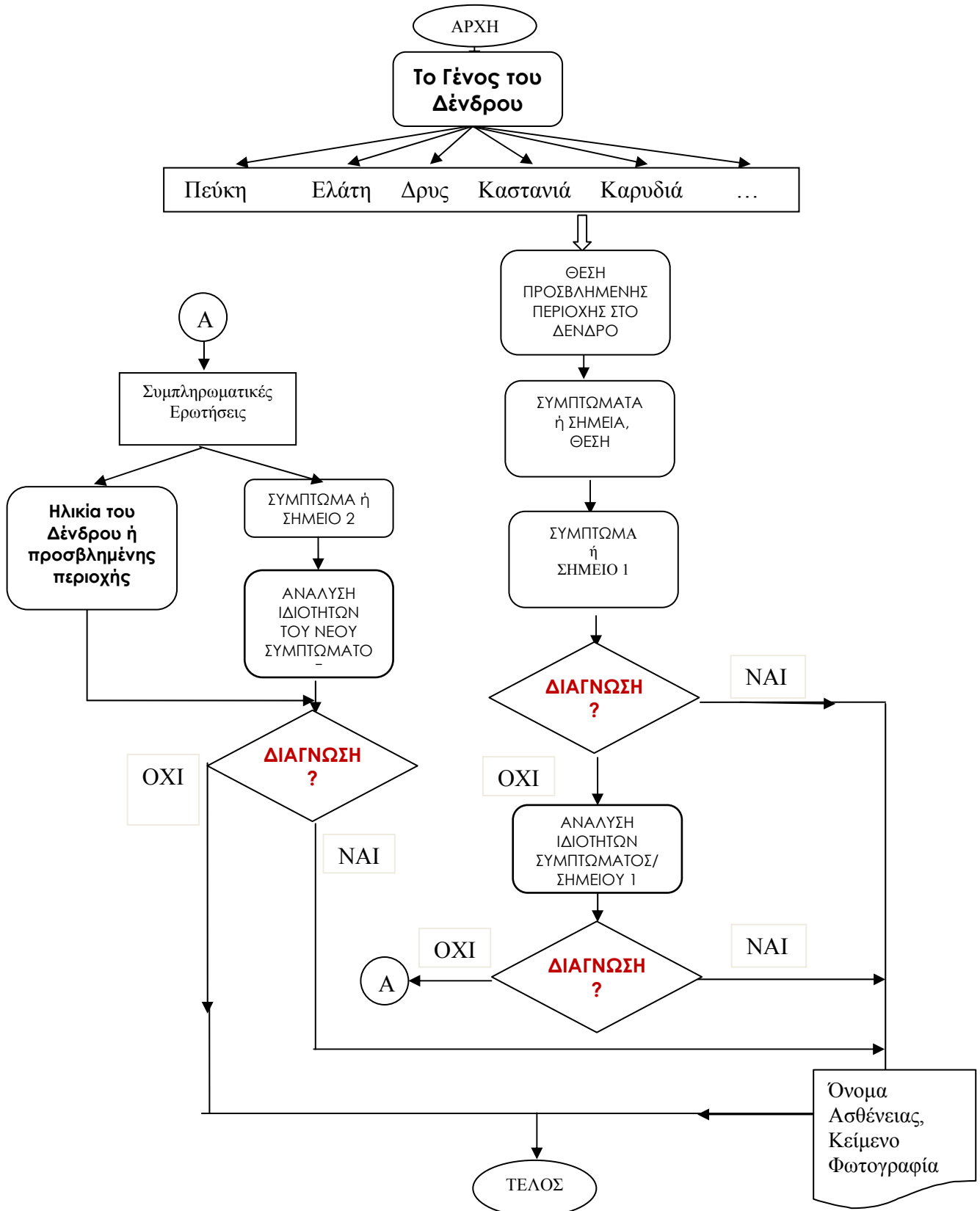


Οθόνη 5: Οθόνη Διάγνωσης του Διαγνωστικού Συστήματος για την Ελάτη.



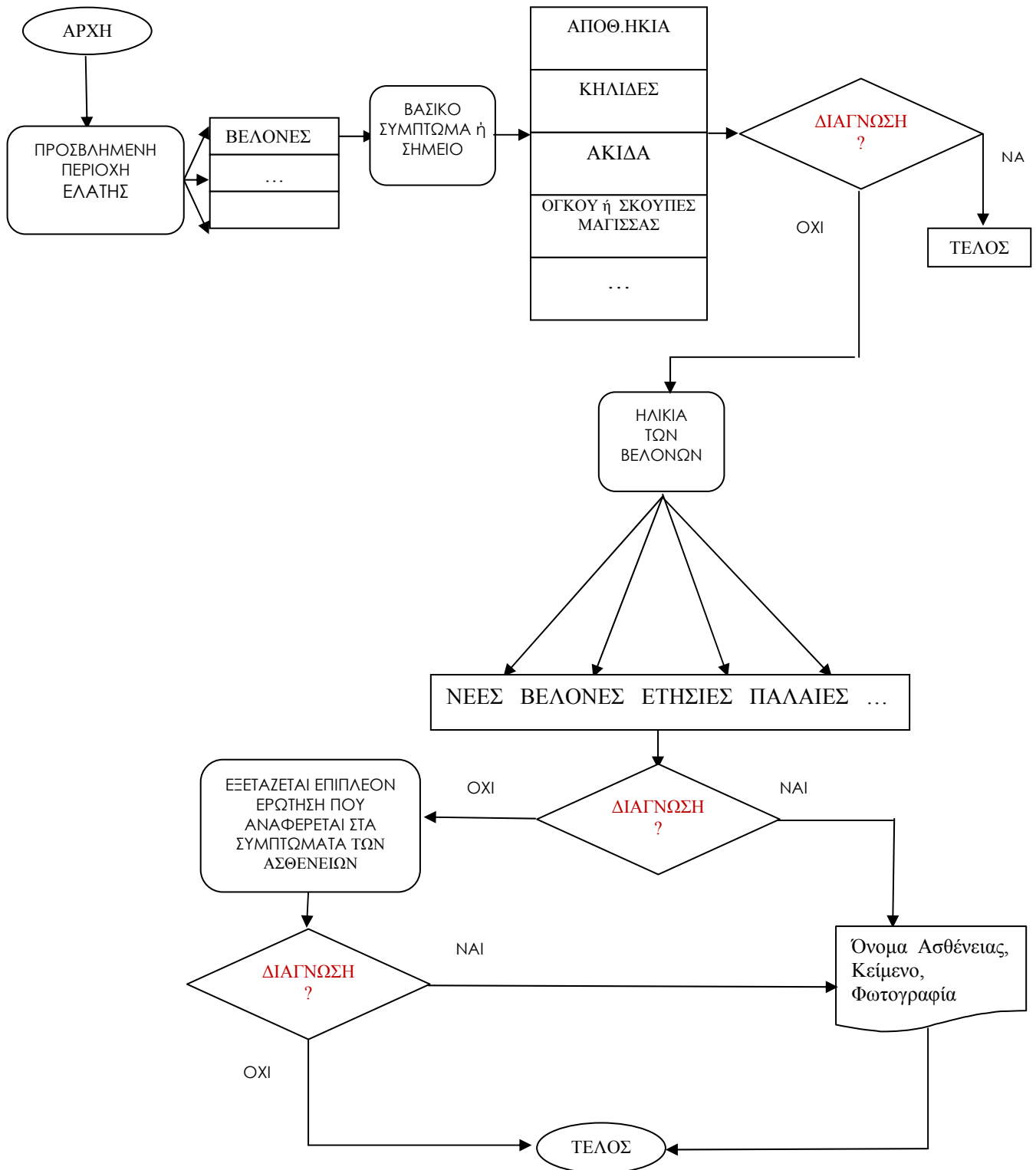
Οθόνη 6: Συμπληρωματική Οθόνη Διάγνωσης του Συστήματος για την Ελάτη

**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΤΗΣ ΑΣΘΕΝΕΙΑΣ**



Σχήμα 6: Διάγραμμα Ανίχνευσης της Ασθένειας.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΤΗΣ ΑΣΘΕΝΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΑΤΗ



## Αξιολόγηση του ΕΣ

Η αξιολόγηση είναι η διαδικασία κρίσης της ποιότητας του ΕΣ και των συμβουλών που παρέχει. Η αξιολόγηση αποτελείται από δύο κύριες φάσεις την επαλήθευση και την επικύρωση. Ο στόχος της επαλήθευσης είναι να καθοριστούν τα πιθανά λάθη στο Έμπειρο Σύστημα, ενώ η επικύρωση είναι να εξασφαλίσουμε ότι ο ειδικός και το σύστημα παράγουν ισοδύναμα αποτελέσματα. Για να γίνει η επαλήθευση έγιναν αρκετές εκτελέσεις κατά την διάρκεια των οποίων έγιναν αρκετές μικροδιορθώσεις ώστε να δίνει τα επιθυμητά αποτελέσματα. Το Έμπειρο Σύστημα που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της παρούσας διατριβής υποβάλει κατά μέσο όρο 3-4 ερωτήσεις πριν φτάσει σε μια διάγνωση ασθένειας ή λίστας με πιθανές ασθένειες. Κατά τον έλεγχο έγινε εκτέλεση όλων των κανόνων του συστήματος ένα προς ένα. Το αποτέλεσμα ήταν αυτό που αναμέναμε δηλαδή να μας δίνει τα σωστά αποτελέσματα στην διάγνωση της κάθε ασθένειας. Έτσι μπορούμε να πούμε πως οι κανόνες του συστήματος δομήθηκαν σωστά. Για να γίνει όμως σωστότερη αξιολόγηση του συστήματος σε μια δεύτερη φάση θα μπορούσε να αποσταλεί σε δασαρχεία όπου θα χρησιμοποιηθεί για διάγνωση από περισσότερους ειδικούς (Δασολόγους) και σε πραγματικές συνθήκες. Στοιχεία, όπως ο αριθμός ορθών διαγνώσεων, λανθασμένων διαγνώσεων ή αδυναμία διάγνωσης θα συλλεγούν και θα μετρηθούν ώστε να έχουμε στατιστικά δεδομένα για την επιτυχία και αξιοπιστία του, αυτό όμως απαιτεί χρόνο που στα πλαίσια αυτής της εργασίας δεν ήταν διαθέσιμος.

Τελικά το διαγνωστικό μας σύστημα όπως ήδη έχουμε αναφέρει μπορεί να διαγνώσει ασθένειες των φύλλων, των βελονών του φλοιού και των κλαδιών. Οι παραπάνω ασθένειες έχουν ορατά συμπτώματα χωρίς να είναι απαραίτητη η χρήση εξειδικευμένων οργάνων. Μελετήσαμε και να αναλύσαμε 37 ασθένειες των δασικών δένδρων. Αναλυτικότερα 15 ασθένειες της Πεύκης, 6 της Ελάτης, 4 της Καρυδιάς, 8 ασθένειες της Δρυός και 4 της Καστανιάς. Όπως γνωρίζουμε ο ρόλος ενός ΕΣ δεν είναι να αντικαταστήσει τον άνθρωπο-εμπειρογνώμονα αλλά να τον βοηθήσει στα καθημερινά διαγνωστικά καθήκοντα του. Επιπλέον τα ΕΣ επιβάλλουν αρκετούς περιορισμούς. Ένας από τους περιορισμούς αυτούς σχετίζεται με τις διαδικασίες Μηχανικής Γνώσης, οι οποίες είναι πολύ χρονοβόρες, επίσης η ανάπτυξη ενός ΕΣ απαιτεί κοινή προσπάθεια ειδικών από πολλούς τομείς. Αντίθετα με τους ανθρώπους-



εμπειρογνώμονες, ένα ΕΣ στερείται της ικανότητας να λάβει αποφάσεις που να βασίζονται στη διαίσθηση και τη δυνατότητα αξιοποίησης προηγούμενων λαθών.

## Συζήτηση

Η πορεία κατασκευής του συστήματος αποδείχτηκε χρήσιμη για την εξαγωγή κάποιων συμπερασμάτων τόσο για τα Έμπειρα Συστήματα και το Exsys όσο και για την τρόπο περιγραφής και ανάλυσης των ασθενειών στη βιβλιογραφία. Η ανάπτυξη 5 υποσυστημάτων που το καθένα από αυτά αναφέρεται στις ασθένειες ενός μόνο δένδρου έδωσε λύση στο πρόβλημα που θα είχε ένα ενιαίο διαγνωστικό σύστημα με πολλούς κανόνες και qualifiers με πολλές τιμές, όποτε θα παρουσίαζε δυσκολία στη συντήρηση του. Επίσης το ενιαίο διαγνωστικό σύστημα θα υποχρέωνε τον χρήστη να επιλέξει από ένα μεγάλο πλήθος παρεμφερών ερωτήσεων, με αποτέλεσμα να μπερδεύεται και το σύστημα να μη καταλήγει σε διάγνωση.

Οι περισσότερες εφαρμογές Ε.Σ. στην γεωργία στηρίζονται στην εισαγωγή πληροφοριών υπό μορφή ερώτησης. Εντούτοις, λόγω της πολυπλοκότητας της διαγνωστικής λήψης απόφασης, σε πολλές περιπτώσεις η περιγραφή των συμπτωμάτων σε μορφή κειμένων μπορεί να είναι ανεπαρκής στην παραγωγή μιας κατάλληλης διάγνωσης. Το παραπάνω πρόβλημα βελτιώνεται με την χρήση κατάλληλων φωτογραφιών αν υπάρχουν.

Κατά την φάση αναζήτησης της γνώσης από την βιβλιογραφία αντιμετωπίσαμε κάποιες δυσκολίες. Η περιγραφή των συμπτωμάτων και των σημείων των ασθενειών στο βιβλίο δεν ήταν ομοιόμορφη και αναφερόταν στην εξέλιξη της ασθένειας στο χρόνο επίσης ήταν ένα σύνολο ανοργάνωτων και αδόμητων στοιχείων. Η υποκειμενικότητα στις περιγραφές των συμπτωμάτων ήταν ένα αρκετά δύσκολο πρόβλημα, για παράδειγμα ο διαχωρισμός των χρωμάτων (ΙΩΔΕΣ ΩΣ ΚΙΤΡΙΝΟΚΑΣΤΑΝΟ). Αυτό αντιμετωπίστηκε όπως προαναφέραμε με συγχώνευση κάποιων χαρακτηριστικών ή αγνοώντας το χαρακτηριστικό αν κάποιο άλλο ταυτοποιούσε την ασθένεια. Επίσης διαφορές στα συμπτώματα υπάρχουν ανάλογα με την ηλικία του δένδρου και την εποχή της παρατήρησης.

Οι δυσκολίες που αντιμετωπίσαμε κατά την διαδικασία σύλληψης της γνώσης (Brammer, 1989) μας οδήγησαν να αναθεωρήσουμε το σχεδιασμό του συστήματος, αρκετές φορές, έτσι τροποποιήθηκαν ή συμπληρώθηκαν οι πληροφορίες σε πινακοποιημένη μορφή έτσι ώστε να ταυτοποιούν την κάθε ασθένεια αλλά και να την διαχωρίζουν. Αφού καθορίστηκαν και ολοκληρώθηκαν οι διαγνωστικοί παράγοντες, έννοιες που περιλαμβάνουν το

σύμπτωμα/σημείο, η θέση της προσβλημένης περιοχής κτλ αξιοποιήθηκαν στην διαγνωστική διαδικασία. Τέλος πολλές φορές διαπιστώνεται ότι ο χρήστης δεν διαθέτει απαντήσεις για όλα τα ερωτήματα που κάνει το σύστημα (ελλιπής πληροφορία-δεδομένα). Για αυτό το λόγο για ορισμένα χαρακτηριστικά δόθηκε η τιμή «Άλλο ή Δεν γνωρίζω». Έτσι το παρόν σύστημα μπορεί να λειτουργήσει με ελλιπή δεδομένα κάνοντας διάγνωση με πιθανές ασθένειες.

Αρχικά, για τα Έμπειρα Συστήματα καταφάνηκε η *απλότητα των κανόνων*, κάτι όμως που *δεν περιορίζει τις δυνατότητες* που έχουν τα συστήματα αυτά. Το γεγονός ότι η δομή είναι προκαθορισμένη, καθώς υπάρχουν ουσιαστικά μόνο κανόνες *IF-THEN*, απλουστεύει σημαντικά τη διαδικασία υλοποίησης αλλά και επιτρέπει στο εργαλείο να προσαρμόσει όλες τις λειτουργίες του, εκ των προτέρων, σε αυτήν τη δομή. Παράλληλα, η χρήση *γλώσσας, κατανοητή στον απλό χρήστη*, έκανε το σύστημα μας φιλικό. Από την άλλη πλευρά, φάνηκαν και οι περιορισμοί που υπάρχουν στην παλαιά έκδοση του Exsys που χρησιμοποιήσαμε (διαχείριση εικόνων, αρχεία κειμένου όχι πλήρης υποστήριξη Ελληνικών χαρακτήρων, δυσκολία στον σχεδιασμό οθονών κ.λ.π). Αρχικά, το σύστημα που αναπτύξαμε μπορεί να λειτουργήσει ως υπόδειγμα, τόσο για τις δυνατότητες των Εμπείρων Συστημάτων, όσο και για τον τρόπο διαχείρισης των παραμέτρων παρόμοιων προβλημάτων. Θα μπορούσε κάποιος σε μια δεύτερη φάση βελτίωσης του συστήματος να το εμπλουτίσει με επιπλέον φωτογραφίες ή να αυξήσει τις επεξηγηματικές δυνατότητες του συστήματος συμπληρώνοντας τα αρχεία κειμένου (txt files). Σε δεύτερο επίπεδο, το σύστημα μπορεί να αποτελέσει βάση για την κατασκευή πιο σύνθετων συστημάτων, που θα μπορούν να αντιμετωπίσουν ευρύτερα προβλήματα. Επίσης είναι εύκολο λόγω της δομής της αρχιτεκτονικής του να προστεθούν επιπλέον ασθένειες στα είδη υπάρχοντα υποσυστήματα ή και να προστεθεί ένα νέο σύστημα που κάνει διάγνωση σε ασθένειες ενός άλλου δένδρου.

## ***Βιβλιογραφία Ελληνική***

- Βλαχάβας Ι., Κεφάλας Π., Βασιλειάδης Ν., Κόκκορας, Φ., Σακελλαρίου Η., 2006. Τεχνητή Νοημοσύνη, Εκδόσεις Β.Γκιούρδας Εκδοτική.
- Γιαλούρης Κ., 2009. Εισαγωγή στην Τεχνητή Νοημοσύνη και στα Έμπειρα Συστήματα , Αθήνα.
- Γιαλούρης Κ., 1993. Έμπειρα Συστήματα: Συμβολή στη δομή φλοιών ανάπτυξης – Εφαρμογές στη Γεωργία. Διδακτορική Διατριβή, Γεωργικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Γενικό Τμήμα, Εργαστήριο Πληροφορικής, Αθήνα.
- Δουκίδης Γ., 1998. Έμπειρα Συστήματα Τεχνητή Νοημοσύνη Lisp, Αθήνα.
- Ηλιάδης, Σ.Λ., 1998. Εφαρμογή Εμπείρων Συστημάτων στον τομέα τον δασικών πυρκαγιών. Διδακτορική διατριβή. Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.
- Τζαφέστας Σ., 1988. Τεχνητή Νοημοσύνη και Έμπειρα Συστήματα, Τόμος Α΄, Αθήνα.
- Καϊλίδης Σ. Δ., 1985. Δασική Παθολογία, εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη .
- Καρόπουλου Β. Π., 2005. Μελέτη Εργαλείων Υλοποίησης Εμπείρων Συστημάτων Για Εφαρμογή Στον Χρονοπρογραμματισμό Παραγωγής, Διπλωματική Εργασία ΕΜΠ Αθήνα.
- Κωτόπουλος Δ., 1965. Φυτία τραχείας Πεύκης εΐς τας λεκάνας απορροής χειμάρων εν Ελλάδι, Θεσσαλονίκη
- Κεραυνού Ε., 2000. Τεχνητή Νοημοσύνη και Έμπειρα Συστήματα, Τόμος Α΄, Πάτρα.
- Mahaman B. D., 2003. Τεχνικές Ανάπτυξης, Εφαρμογής και Αποτίμησης Εμπείρων Συστημάτων Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Παρασίτων στη Φυτική Παραγωγή και τη Μελισσοκομία, διδακτορική διατριβή Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
- Σιδερίδης, Α. Β., 1998. Εισαγωγή στην Επιστήμη των Υπολογιστών Αθήνα.
- Σκουλούδης Ζ., 2004. Σχεδιασμός έμπειρου συστήματος για την αντιμετώπιση ιατρικών λαθών.
- Σωτηροπούλου Β., 1992. Έμπειρα Συστήματα σαν Βασικότερα Εργαλεία Ανάπτυξης και Μετάδοσης της Ανθρώπινης Γνώσης, Παιδαγωγική Επιθεώρηση 16 ,39-58 .
- Χαντζάρα Α., 2008. Ανάπτυξη έμπειρου συστήματος λήψης αποφάσεων ναυτιλιακής επιχειρηματικότητας, Διπλωματική Εργασία Πανεπιστημίου Πάτρας, Πάτρα.

## ***Βιβλιογραφία Ξενόγλωσση***

---

- Buchanan G. B., Feigenbaum, E.A., 1978. 'DENDRAL and Meta-DENDRAL: Their Applications Dimension', *Artificial Intelligence*, 11, 5-24.
- Bramer, M., 1989. Expert systems: Where are we and where are we going? In: R. Forsyth (Editor), *Expert Systems – Principles and Case Studies*, Chapman and Hall Computing, London, 31-53.
- Cardie, C., 1994. Domain-Specific Knowledge acquisition for conceptual sentence analysis. PhD Thesis. Department of Computer Science, University of Massachusetts Amherst.
- Charlet, J., Reynand, C., Krivine, J. P., 1996. Causal model-based Knowledge acquisition tools: discussion of experiments *Int. Journal of Human-Computer Studies (IJHCS)*, 44, 629-652.
- Coulson, R. N., Saunders, M.C., 1987. Computer-Assisted Decision-Making as Applied to Entomology. *Annual Review of Entomology* 32, 415-437.
- Chai L. K., Costello, T. A., Wells, B. R., Norman, R. J., 1994. Rice Fertility, *Applied Engineering in Agriculture*. 10(6), 849-855.
- Davis R., Buchanam B., Shortliffe, E., 1977. Production rules as a representation for a knowledge-based consultation program, *Artificial Intelligence*, 8, 15-45.
- Deal, J. E., Wampler, K. S., Halverson, C.F., 1992 'The Importance of Similarity in the Marital Relationship', *Family Process* 31, 369–82.
- Dorn, J., Mitterbröck, F., 1998. Acquisition and Representation of Knowledge for the FOREX Expert System, in: (Eds: Haasis and Ranze) 12. GI-Symposium Umweltinformatik, Magdeburg, Marburg.
- Durkin J., 1994. *Expert Systems: Design and Development*, Macmillan Publishing Company, New York.
- Edwards-Jones G., 1993. Knowledge-based systems for crop protection: theory and practice , *Crop Protection*, 12 (8), 565-578.
- EXSYS, 1992. *Expert Systems Development Software. User Manual*. EXSYS Inc.
- Gaschnig J., 1981. "PROSPECTOR: An expert system for mineral exploration in Machine Intelligence", *Infotech State of the Art Report, Series 9, No. 3*.
- Haibin Yu, Wei Liang, 2001. Chinese Academy of sciences. Neural network and enetic algorithm-based hybrid approach to expanded job-shop scheduling.

- Jackson, P., 1999. Introduction to Expert Systems. Addison-Wesley.
- Jones, P., 1989. Agricultural application of expert systems concepts. *Agricultural systems* 31(1), 3-18.
- Kaloudis T. S., Anastopoulos, D., Yialouris, C.P., Lorentzos, N.A., Sideridis, A.B., 2005. Insect identification expert system for forest protection. *Expert Systems with Applications* 28, 445-452.
- Kaloudis T. S., Lorentzos, N.A., Sideridis, A.B., Yialouris, C.P., 2005. A Decision Support System for Forest Fire Management, *Operational Research* vol. 5 (1). 141-152.
- Kramers M.A., Conijn C.G.M., Bastiaansen C., 1998. EXSYS, an Expert systems for Diagnosing Flowerbubl Diseases, Pests and Non-Parasitic Disorders. *Agricultural Systems* 58(1), 57-85.
- Lemmon. H., 1986. COMAX: An expert system for cotton crop management. *Science* 233, 29-33.
- Lighthill James, 1973. Artificial Intelligence: A General Survey in Artificial Intelligence: a paper symposium, Science Research Council.
- Yee L., Kwong Sak Leung, 1993. An intelligent expert system shell for knowledge-based Geographical Information Systems. *Int. J. of Geographical Information Systems* 7(3), 189-199.
- Mahaman , B.D., Passamb, H. C., Sideridis, A. B., & Yialouris, C. P., 2003. DIARES-IPM: a diagnostic advisory rule-based expert system for Integrated pest management in Solanaceous crop system. *Agric Systems*, 76(3), 1119-1135.
- McCammon R., 1994. "Prospector II: Towards a knowledge base for mineral deposits. *Mathematical Geology*", 26 (8), 917-936.
- McCown, R.L., Hochman, Z., Carderry, S. P., 2002. Probing the enigma of decision support system for farmers: Learning from experience and from theory.
- Michalski, R.S., Davis, H.J., Bish, S.V., Sinclair, B. J., 1982. Plant/ds: An Expert Consulting System for the Diagnosis of Soybean Diseases, "Plant Diseases and Proceedings of the First European Conference on Artificial Intelligence, Orsay, France, July 12-14, 133-138.
- O'Keefe, R.M., Preece, D. A., 1996. The Development, Validation and Implementation of Knowledge-Based System. *European Journal of Operational Research*, 92, 458-473.
- Plant, R.E, Stone, N.D., 1991. *Knowledge-based Systems in Agriculture* McGraw-Hill, New York.
- Rafae, A., 1998. Agriculture. In: Liedowitz, J. (Ed.), *Handbook of Applied Expert Systems*. CRC Press, New York, 1-12, 35.

- Recio, B., Acuna, S.T., Juristo, N., 1999. Methodological proposal for modeling and implementing regulation application problem in a Knowledge-based system. *Agricultural System* 60, 17-53.
- Roach, J. W., Virkar, R.S., Weaver, M.J., Drake, C.R., 1985. *Expert Systems*. Blackwell Publishing Ltd., 2 (2), 56 – 69.
- Schmoldt D.L., Martin. L.G., 1986, Expert systems in forestry: Utilizing information and expertise for decision-making. *Computers and Electronics in Agriculture*, 1, 233-250.
- Stone, N.D., Coulson, N.R., Frisbie, R.E., Loh, K. D., 1986. Expert systems in Entomology: Three Approaches to Problem Solving. *Bulletin of Entomological Society of America*, Fall, 161-166.
- Thomson, A. J., Allen, E., Morrison, D., 1986. Forest tree disease diagnosis over the World Wide Web. *Computers and Electronics in Agriculture*, 21(1), 19-31.
- Travis, J. W. and Latin, R. X. 1991. Development, implementation, and adoption of expert systems in plant pathology. *A. Rev. Phytopathol.* 29, 343-360.
- Waterman D., 1986. *A Guide to Expert System*, Addison-Wesley.
- Weeks, P.J.D., O'Neil, M.A., Gaston, K.J., Gauld, I.D., 1999. Automating the insect identification: exploring the limitations of a prototype system. *Journal of Applied Entomology* 123, 1-8.
- Winston, P. H., Horn, B., 1981. *LISP*, Addison-Wesley, Reading, Mass.
- Yialouris, C.P., Sideridis, A. B., 1996. An expert System for tomato diseases. *Computers and Electronics in Agriculture* 14, 61-76.

## ***Ιστοσελίδες***

<http://www.exsysinfo.com>: Πληροφορίες για το Exsys.

<http://www.faqs.org/faqs/ai-faq/expert/part1>: Παρουσιάσεις εργαλείων υλοποίησης έμπειρων συστημάτων.

<http://groups-beta.google.com/group/comp.ai>: Ομάδα συζητήσεων του Google για τα εργαλεία της Τεχνητής Νοημοσύνης.

[http://www.atwebo.com/dss\\_es.htm](http://www.atwebo.com/dss_es.htm): Παρουσιάσεις εργαλείων υλοποίησης Έμπειρων Συστημάτων.

<http://lide.uhk.cz/home/fim/ucitel/fumikup1/www/ES-bookmarks.html>: Εταιρίες τεχνολογίας Έμπειρων Συστημάτων.

<http://users.erols.com/jsaunders/guides/experweb.htm>: Εταιρίες και εργαλεία έμπειρων συστημάτων.

<http://www.eng.utas.edu.au/people/html/michaeln/Lectures/appendix.htm>:  
Τεχνητής Νοημοσύνης.

Εργαλεία

<http://www.asabe.org> Published by the American Society of Agricultural and Biological Engineers, St. Joseph, Michigan

<http://www.cdmenupro.com> CDMenuPro create cd menu, Klaus Schwenk