



Συστήματα Γνώσης

Θεωρητικό Κομμάτι Μαθήματος
Ενότητα 13: Εφαρμογές Συστημάτων Γνώσης - Διάγνωση και
Επιδιόρθωση Βλαβών

Νίκος Βασιλειάδης, Αναπλ. Καθηγητής
Τμήμα Πληροφορικής



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΑΝΟΙΚΤΑ
ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΑ
ΜΑΘΗΜΑΤΑ



Εφαρμογές Συστημάτων Γνώσης

Διάγνωση και Επιδιόρθωση Βλαβών

Διάγνωση και Επιδιόρθωση Βλαβών

- **Διάγνωση:**
 - Παρατήρηση ενός φυσικού συστήματος που δυσλειτουργεί και ανεύρεση της αιτίας που προκαλεί τη δυσλειτουργία.
- **Επιδιόρθωση βλαβών (troubleshooting):**
 - Εντοπισμός βλαβών σε συσκευές και επιδιόρθωσή τους.
 - Υπονοεί τη διάγνωση της αιτίας που προκάλεσε τη διακοπή λειτουργίας μίας συσκευής.



Χαρακτηριστικά Προβλημάτων Διάγνωσης

- **Αιτία** που προκάλεσε τη δυσλειτουργία σε ένα σύστημα
 - Εσωτερική, π.χ. κάποιο χαλασμένο εξάρτημα.
 - Εξωτερική (από το περιβάλλον), π.χ. ένα βακτήριο που προσβάλλει κάποιον ασθενή.
- Δυνατότητα πραγματοποίησης **ενδιάμεσων ελέγχων**.
 - Π.χ., ένας μηχανικός μπορεί να διεξάγει πολλούς ελέγχους στο εσωτερικό ενός αυτοκινήτου ώστε να εντοπίσει μια βλάβη με μεγάλη ακρίβεια.
 - Οι γιατροί έχουν λιγότερες δυνατότητες ελέγχων για να εντοπίσουν την αιτία μιας ασθένειας.



Χαρακτηριστικά Προβλημάτων Διάγνωσης

- **Απομόνωση** εσωτερικών εξαρτημάτων και πραγματοποίηση **πειραματισμών** πάνω τους χωρίς να επηρεαστεί το υπόλοιπο σύστημα.
 - Π.χ., ένας τεχνικός υπολογιστών μπορεί να αφαιρέσει από το σύστημα μία κάρτα οθόνης και να την ελέγξει ξεχωριστά σε κάποιον άλλο υπολογιστή.
 - Σε περιπτώσεις ασθενειών δεν είναι δυνατή η απομόνωση και ο έλεγχος επιμέρους οργάνων του σώματος, γιατί οι μηχανισμοί ανάδρασης αντιδρούν σε κάθε απόπειρα εξωτερικής παρέμβασης.



Χαρακτηριστικά Προβλημάτων Διάγνωσης

- **Ακρίβεια** εντοπισμού της αιτίας της δυσλειτουργίας.
 - Ποικίλλει ανάλογα με τη σοβαρότητα της δυσλειτουργίας, το κόστος και τη δυνατότητα της επιδιόρθωσης, καθώς και το διαθέσιμο χρόνο μέσα στον οποίο πρέπει να γίνει η διάγνωση.
 - Π.χ., ένας γιατρός μπορεί να χορηγήσει ένα αντιβιοτικό ευρέως φάσματος προκειμένου να αντιμετωπίσει άμεσα μια λοίμωξη την οποία δεν έχει προσδιορίσει επακριβώς.
 - Ένας τεχνικός αυτοκινήτου θα προσπαθήσει να εντοπίσει επακριβώς τη βλάβη σε μία μηχανή και να αντικαταστήσει τα ελαττωματικά εξαρτήματα.



Χαρακτηριστικά Προβλημάτων Διάγνωσης

- **Χρονική μεταβολή** της συμπεριφοράς του συστήματος.
 - Οι βλάβες αντιμετωπίζονται είτε ως σταθερές καταστάσεις ή σαν μεταβαλλόμενες ως προς το χρόνο;
 - Η συλλογιστική λαμβάνει υπόψη και τις ενδιάμεσες καταστάσεις;
 - Π.χ., μερικές ασθένειες έχουν περιοδικά συμπτώματα, ενώ κάποιες άλλες προοδευτικά.
 - Τα ιατρικά συστήματα διάγνωσης μπορούν να εξετάζουν την κάθε επίσκεψη ενός ασθενούς ξεχωριστά ή μπορούν να εκτελέσουν συλλογισμούς με στοιχεία από πολλές επισκέψεις
 - Στα ηλεκτρονικά κυκλώματα, μερικές βλάβες εμφανίζονται περιοδικά και κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες.

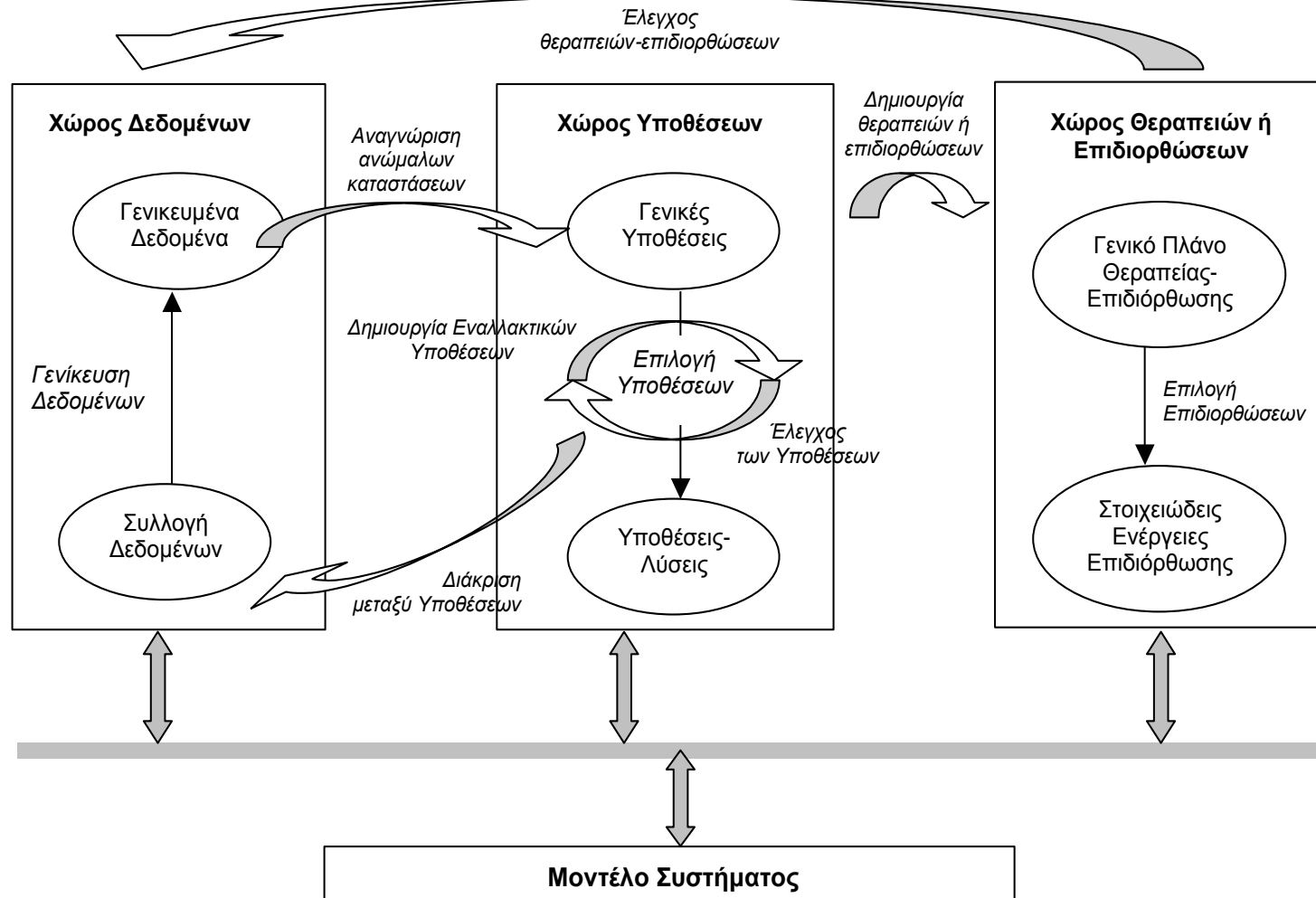


Χαρακτηριστικά Προβλημάτων Διάγνωσης

- **Αλληλοεπικάλυψη** διάγνωσης και επιδιόρθωσης βλαβών
 - Οι ενέργειες που εκτελούνται κατά τη διάγνωση αποτελούν ταυτόχρονα και τη διαδικασία επιδιόρθωσης
 - Π.χ., ένας τεχνικός υπολογιστών προσπαθεί να εντοπίσει τη βλάβη στη μνήμη ενός υπολογιστή.
 - Αλλάζει μία-μία τις κάρτες μνήμης με μία όμοια κάρτα που είναι σίγουρος ότι λειτουργεί σωστά.
 - Εκκινεί τον υπολογιστή και ελέγχει το αποτέλεσμα του διαγνωστικού προγράμματος.
 - Όταν το διαγνωστικό αναφέρει επιτυχή λειτουργία μνήμης, η βλάβη έχει εντοπιστεί στην προηγούμενη κάρτα
 - Η βλάβη έχει ήδη επιδιορθωθεί - δε χρειάζεται άλλη ενέργεια



Γενικό Μοντέλο Διάγνωσης



Χώρος των δεδομένων

Data space

- Πεπερασμένο σύνολο πιθανών μετρήσεων που αναπαριστούνται με μεταβλητές.
- **Δυνατές τιμές:** Το σύνολο των τιμών, έγκυρων και μη, που μπορεί να πάρει μια μεταβλητή.
- **Κανονικές τιμές:** Δηλώνουν την κανονική λειτουργία του συστήματος.
- **Παρατηρούμενες τιμές:** Μετρώνται από τα όργανα μέτρησης.
- **Προβλεπόμενες τιμές:** Προβλέπονται από τις παρατηρήσεις και από το μοντέλο του συστήματος.



Χώροι Αναζήτησης

- **Χώρος των υποθέσεων (hypothesis space)**
 - Όλες οι πιθανές αιτίες που μπορούν να προκαλέσουν δυσλειτουργία σε ένα σύστημα.
- **Χώρος των θεραπειών ή των επιδιορθώσεων (therapy-repair space)**
 - Όλες οι ενέργειες που μπορούν να εκτελεστούν για να αντιμετωπιστεί κάποια δυσλειτουργία.



Μοντέλο συστήματος

- Περιγράφει τη δομή και συμπεριφορά του συστήματος, συμπεριλαμβανομένων και στοιχείων του περιβάλλοντός του.
- Δημιουργία υποθετικών δυσλειτουργιών και την πρόβλεψη των αποτελεσμάτων που έχουν στο χώρο δεδομένων
- Επιλογή υποθετικών θεραπειών και την παρακολούθηση των αποτελεσμάτων τους στο σύστημα



Λειτουργίες Χώρων Αναζήτησης

- **Λειτουργίες συλλογής δεδομένων**
 - Συλλέγουν δεδομένα για το υπό εξέταση σύστημα.
- **Λειτουργίες θεραπείας-επιδιόρθωσης**
 - Εκτελούν ενέργειες για να διορθώσουν ένα πρόβλημα.
- **Λειτουργίες επιλογής**
 - Επιλέγουν μία ή περισσότερες υποθέσεις που αποτελούν και τη λύση του προβλήματος της διάγνωσης.
 - Η επιλογή της λύσης περιλαμβάνει:
 - Δημιουργία εναλλακτικών υποθέσεων
 - Έλεγχος της ορθότητάς τους
 - Διαχωρισμός ή διάκριση ανταγωνιστικών υποθέσεων βάσει των δεδομένων του προβλήματος



Γενικεύσεις Χώρων Αναζήτησης

- Και οι τρεις χώροι αναζήτησης μπορούν να αναπαρίστανται με διάφορα επίπεδα γενίκευσης.
 - Π.χ., η πληροφορία ότι κάποιος έχει υψηλό πυρετό είναι πιο γενική από το γεγονός ότι έχει πυρετό 40.
 - Η υπόθεση ότι μία πλακέτα έχει πρόβλημα είναι πιο γενική από την υπόθεση ότι ένα συγκεκριμένο ολοκληρωμένο κύκλωμα αυτής της πλακέτας έχει πρόβλημα.
- Στο μοντέλο του συστήματος πρέπει να υπάρχουν κανόνες με διάφορα επίπεδα γενίκευσης
 - Ανάλογα με τη λεπτομέρεια των δεδομένων και των υποθέσεων, καταλήγουν σε υποθέσεις και συμπεράσματα αντίστοιχης λεπτομέρειας.



Βασικές Λειτουργίες της Διάγνωσης

- Αλληλεπίδραση **παρατήρησης** και **πρόβλεψης**.
- **Παρατήρηση**: Όσα μπορεί κάποιος να δει ή να μετρήσει για ένα σύστημα.
- **Πρόβλεψη**: Το μοντέλο του συστήματος καθορίζει πώς πρέπει αυτό να συμπεριφέρεται.
- Όταν υπάρχει ασυμφωνία, τότε το σύστημα δυσλειτουργεί.
- Πρέπει να ανιχνευθούν οι αιτίες της ασυμφωνίας.



Λειτουργίες Διάγνωσης

- **Αναγνώριση ανωμαλιών:**
 - Η διάγνωση αρχίζει όταν ανιχνευθεί ασυμφωνία μεταξύ του μοντέλου συστήματος και της συμπεριφοράς του
- **Δημιουργία και έλεγχος υποθέσεων:**
 - Δημιουργούνται γενικές υποθέσεις που ταιριάζουν με τις ανωμαλίες που παρατηρήθηκαν.
 - Οι υποθέσεις ελέγχονται αν εξηγούν τις ασυμφωνίες.
 - Ταξινόμηση βάσει κριτηρίων αξιολόγησης.
- **Διάκριση υποθέσεων (προαιρετικό βήμα):**
 - Όταν υπάρχουν πολλές υποθέσεις και θέλουμε απόλυτη διάγνωση
 - Συλλέγονται περισσότερες πληροφορίες, ώστε να αποκλείονται όλες οι υποθέσεις πλην μιας
 - Εκτέλεση επιπρόσθετων μετρήσεων με το λιγότερο δυνατό κόστος



Δημιουργία και Έλεγχος Υποθέσεων

- Απαιτεί συλλογιστική από τα συμπτώματα προς τις υποθέσεις, έτσι ώστε να βρεθούν εκείνες που πιθανώς εξηγούν τα παρατηρηθέντα συμπτώματα.
- Η δημιουργία υποθέσεων είναι ένα πρόβλημα αναζήτησης.
 - Οι υποθέσεις μικρής πιθανότητας δεν ελέγχονται για να μειωθεί ο χώρος αναζήτησης.
- Ο έλεγχος μιας υπόθεσης περιλαμβάνει:
 - Τη σύγκριση των προϋποθέσεών της με τις παρατηρήσεις.
 - Αν προκύψουν ασυμφωνίες, η υπόθεση απορρίπτεται, αλλιώς διατηρείται.

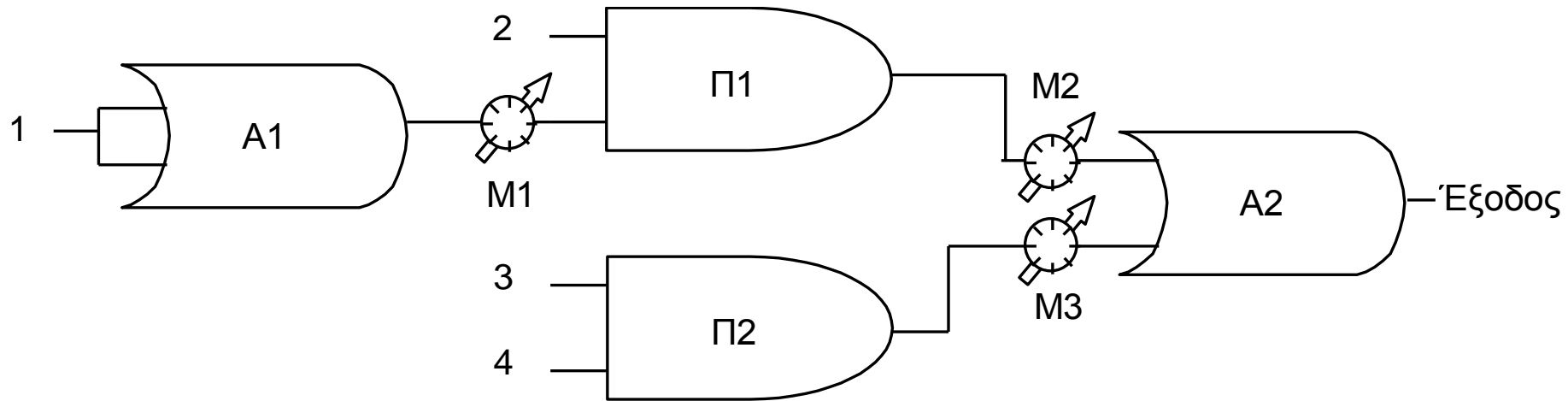


Σημαντικά θέματα στη Δημιουργία και Έλεγχο Υποθέσεων

- Είδος μοντέλου
- Πολυπλοκότητα βλάβης.
- Ιεραρχία υποθέσεων.
- Αλληλεπίδραση βλαβών.



Παράδειγμα Συστήματος προς Διάγνωση



Παράδειγμα Συστήματος προς Διάγνωση

- Το σύστημα αποτελείται από ολοκληρωμένα κυκλώματα δύο αθροιστών (adder) A1 και A2 και δύο πολλαπλασιαστών (multiplier) Π1 και Π2.
- Ο χώρος δεδομένων αυτού του συστήματος αποτελείται από όλες τις δυνατές τιμές εισόδου και εξόδου των παραπάνω ολοκληρωμένων.
 - Π.χ., το Π2 έχει τιμές εισόδου 3 και 4.
- Μετρήσεις μπορούν να γίνονται τόσο στα σημεία εισόδου και εξόδου ολόκληρου του συστήματος, όσο και στις θέσεις M1, M2 και M3.



Μοντέλα Συμπεριφοράς

Μοντέλο	Κατάσταση	Πιθανότητα	Έξοδος
Αθροιστή	λ (λειτουργική)	.9984	$(in_1 + in_2) \bmod 2^5$
	β (βραχυκύκλωμα)	.0005	0
	σ (αποκοπή σημαντικού bit)	.0009	$(in_1 + in_2) \bmod 2^4$
	α (άγνωστη)	.0002	-
Πολλαπλασιαστή	λ (λειτουργική)	.9984	$(in_1 * in_2) \bmod 2^5$
	β (βραχυκύκλωμα)	.0005	0
	σ (αποκοπή σημαντικού bit)	.0010	$(in_1 * in_2) \bmod 2^4$
	α (άγνωστη)	.0001	-



Μοντέλα Συμπεριφοράς

- Το μοντέλο συστήματος περιγράφει τη λειτουργία καθενός από τα τέσσερα ολοκληρωμένα ξεχωριστά, καθώς και του συστήματος ως σύνολο.
- Τα ολοκληρωμένα λειτουργούν με 5 δυαδικά ψηφία (bits), οπότε οι αριθμοί με περισσότερα ψηφία αποκόπτονται
 - Τα ονόματα in_1 και in_2 αναφέρονται στις δυο εισόδους κάθε ολοκληρωμένου.
- Το μοντέλο περιγράφει τα διάφορα είδη βλαβών που μπορεί να παρουσιάσει ένα ολοκληρωμένο, μαζί με την πιθανότητά εμφάνισή τους, η οποία δίνεται στις εργοστασιακές προδιαγραφές.



Είδος Μοντέλου

- **Κλειστό μοντέλο:** Τα απλά διαγνωστικά συστήματα περιγράφουν τις διαγνώσεις ως συγκεκριμένα είδη προβλημάτων που μπορούν να εμφανιστούν σε ένα σύστημα.
 - Μπορεί να εμφανιστούν προβλήματα από αλληλεπιδράσεις που δεν έχουν προβλεφθεί και δεν περιλαμβάνονται ρητά στο μοντέλο του συστήματος.
- **Ανοικτό μοντέλο:** Τα σύνθετα διαγνωστικά συστήματα έχουν τη δυνατότητα να καταλήγουν σε εύλογα συμπεράσματα-διαγνώσεις μέσω συλλογιστικής, χωρίς αυτά να έχουν προβλεφθεί ρητά στη βάση τους.



Είδος Μοντέλου

- Είναι σημαντικός ο καθορισμός του συνόλου των υποθέσεων, δηλαδή η επιλογή των αιτίων που μπορούν να προκαλέσουν δυσλειτουργία στο σύστημα.
- Πρέπει να προσδιοριστούν οι συνιστώσες του συστήματος που θα μοντελοποιηθούν
- Στο κύκλωμα, τα ολοκληρωμένα αποτελούν μέρος του μοντέλου
 - Οι γραμμές που τα συνδέουν δεν είναι μέρος του μοντέλου, θεωρώντας ότι πολύ σπάνια παρουσιάζουν προβλήματα.
 - Κάποια γραμμή μπορεί να παρουσιάσει μεγάλη αντίσταση, αλλοιώνοντας τη λειτουργία του συστήματος



Είδος Μοντέλου

- Πρέπει να καθοριστεί ποια είδη βλαβών θα είναι σε θέση να διαγνώσει το σύστημα.
- Στο κύκλωμα κάθε ολοκληρωμένο έχει 4 πιθανές καταστάσεις
 - Η 1η είναι η κατάσταση ορθής λειτουργίας, ενώ οι υπόλοιπες 3 είναι καταστάσεις βλάβης.
 - Η 4η δεν προσδιορίζει το είδος της βλάβης - περιλαμβάνει όλες τις υπόλοιπες βλάβες που μπορούν να εμφανιστούν



Είδος Μοντέλου

- Θα μπορούσαν να μοντελοποιηθούν οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ συνιστωσών που προκαλούν δυσλειτουργίες, χωρίς η κάθε μία συνιστώσα ξεχωριστά να εμφανίζει πρόβλημα.
 - Π.χ. ηλεκτρομαγνητικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των κυκλωμάτων ή/και των γραμμών σύνδεσης.
- Όσο περισσότερες αιτίες μοντελοποιούνται, τόσο πιο δύσκολη γίνεται η διάγνωση.
 - Φαινόμενα συνδυαστικής έκρηξης στη διαδικασία της αναζήτησης



Είδος Μοντέλου

- Αντιμετωπίζεται με ιεράρχηση της πιθανότητας εμφάνισης των βλαβών.
 - Μερικές βλάβες είναι πιθανότερο να εμφανιστούν σε σχέση με κάποιες άλλες
- Δημιουργούνται ομάδες υποθέσεων με κριτήριο την πιθανότητα εμφάνισης.
 - Όταν εμφανιστεί κάποια δυσλειτουργία, το σύστημα προσπαθεί να την εξηγήσει βάσει της ομάδας των πιο πιθανών υποθέσεων.
 - Εάν δεν εξηγηθεί, τότε το σύστημα λαμβάνει υπόψη και τη δεύτερη ομάδα πιο πιθανών υποθέσεων, κ.ο.κ.



Πολυπλοκότητα Βλάβης

- **Απλές Βλάβες**

- Τα απλά διαγνωστικά συστήματα υποθέτουν ότι το υπό εξέταση σύστημα παρουσιάζει μόνο μια βλάβη κάθε φορά.

- **Πολλαπλές Βλάβες**

- Οι βλάβες συνήθως δεν είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους και επηρεάζουν η μία τα συμπτώματα της άλλης.



Σειριακή εξέταση υποθέσεων

- Χρησιμοποιείται όταν οι υποθέσεις δεν αλληλεπιδρούν
- Τα συμπτώματα εξετάζονται κατά σειρά σπουδαιότητας.
- Όταν βρεθεί μια υπόθεση που εξηγεί κάποια συμπτώματα, αυτά αφαιρούνται από το σύνολο συμπτωμάτων.
- Η διαδικασία προχωρά μέχρι να εξηγηθούν όλες οι εναπομείνουσες υποθέσεις και συμπτώματα.
- Αν δεν καταστεί δυνατό, γίνεται **οπισθοδρόμηση** και αναζητούνται άλλες υποθέσεις.



Χρήση σύνθετων υποθέσεων

- Δημιουργούνται σύνθετες υποθέσεις, οι οποίες βασίζονται στην ταυτόχρονη εμφάνιση πολλών απλούστερων υποθέσεων.
- Το πρόβλημα είναι ο μεγάλος αριθμός των σύνθετων υποθέσεων που προκύπτουν.
 - Σε σύστημα που υπάρχουν n εξαρτήματα και k απλές βλάβες, ο αριθμός των σύνθετων υποθέσεων προκύπτει από τον συνδυασμό των n εξαρτημάτων ανά k , δηλαδή $n!/(k!(n-k)!)$.



Παράδειγμα Σύνθετων Υποθέσεων

- Στο κύκλωμα υπάρχουν 2 αθροιστές και 2 πολλαπλασιαστές, κάθε ένας από τους οποίους έχει 3 καταστάσεις βλάβης, 2 συγκεκριμένες και 1 γενική.
- Άρα υπάρχουν $2^4=16$ διαφορετικές υποθέσεις
 - Για 1 βλάβη υπάρχουν 4 υποθέσεις, για 2 βλάβες 6 υποθέσεις, για 3 βλάβες 4 υποθέσεις και για 4 και 0 βλάβες 1 υπόθεση.
- Λόγω του τεράστιου αριθμού σύνθετων υποθέσεων που μπορούν να προκύψουν, για κάθε σύνθετη υπόθεση υπολογίζεται η πιθανότητά της να αληθεύει.



Παράδειγμα Σύνθετων Υποθέσεων

- Έστω η υπόθεση $[A2_\sigma]$
 - Ο αθροιστής $A2$ παρουσιάζει δυσλειτουργία κατά την οποία έχει μονίμως μηδέν στο πιο σημαντικό bit εξόδου
 - Τα υπόλοιπα 3 ολοκληρωμένα είναι λειτουργικά
 - Η πλήρης μορφή σύνθετης υπόθεσης: $[A1_\lambda, A2_\sigma, \Pi1_\lambda, \Pi2_\lambda]$
 - Η πιθανότητα να ισχύουν και οι 4 απλές υποθέσεις είναι: $0.9984 \times 0.0009 \times 0.9984 \times 0.9984 = 8.9569 \times 10^{-3}$
- **Προϋπάρχουσα πιθανότητα (prior probability)**
 - Αν βρεθεί ότι ο αθροιστής $A1$ λειτουργεί κανονικά, τότε η πιθανότητα του $A1_\lambda$ γίνεται 1, οπότε η συνολική πιθανότητα της υπόθεσης αυξάνεται (**εκ των υστέρων πιθανότητα**)



Ιεραρχίες Υποθέσεων

- Βελτιώνουν την απόδοση των συστημάτων που υποστηρίζουν σύνθετες υποθέσεις.
 - Η ιεραρχία μειώνει το μέγεθος του χώρου αναζήτησης.
 - Μία ομάδα υποθέσεων αντιμετωπίζεται ως μία υπόθεση.
- Βασίζονται σε διάφορα επίπεδα γενίκευσης και σχέσεις εξάρτησης μεταξύ των διαφόρων υποσυστημάτων.
 - Οι ιεραρχίες χρησιμοποιούνται στη **δημιουργία** των υποθέσεων (**generation**), στον **έλεγχο** (**testing**) και στο **διαχωρισμό** (**discrimination**).
- Η λεπτομέρεια το κατώτερου επιπέδου της ιεραρχίας καθορίζει το πόσο συγκεκριμένη είναι η διάγνωση.



Παράδειγμα

- Στο κύκλωμα υπάρχει μια ιεραρχία από 2 επίπεδα:
 - **Κατώτερο (λεπτομερές) επίπεδο**: Περιγράφεται κάθε ολοκληρωμένο ξεχωριστά
 - **Ανώτερο (γενικό) επίπεδο**: Περιγράφεται το σύστημα σαν ένα αντικείμενο.
- Το ανώτερο επίπεδο μπορεί να καταλήξει στο συμπέρασμα ότι ένα υπο-σύστημα λειτουργεί κανονικά ή όχι
 - Προσδιορίζει το είδος της δυσλειτουργίας του
- Το ανώτερο επίπεδο δεν προσδιορίζει ποιο ακριβώς ολοκληρωμένο προκαλεί δυσλειτουργία
 - Ευθύνη του κατώτερου επιπέδου



Αλληλεπίδραση Βλαβών

- Πρέπει να διαπιστωθεί ποιο σύμπτωμα προκαλείται από ποια αιτία
 - Τα συστήματα που δε λαμβάνουν υπόψη τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των διαφόρων αιτίων (βλαβών) δεν μπορούν να καταλήξουν πάντα σε σωστές διαγνώσεις.
- Ιδανική περίπτωση:
 - Κάθε αιτία έχει ένα και μόνο ένα σύμπτωμα.
 - Δεν υπάρχουν διαφορετικές αιτίες που να προκαλούν το ίδιο σύμπτωμα.
- Το φαινόμενο των πολλαπλών συμπτωμάτων δυσκολεύει τη διαδικασία της διάγνωσης



Ταυτόχρονη Εμφάνιση Πολλών Αιτίων

Ιδανική Περίπτωση

Συμπτώματα	Εξήγηση
Απλά: $ \Sigma(\{A\}) = 1$	Κάθε αιτία έχει ένα και μόνο ένα σύμπτωμα
Μη αλληλεπικαλυπτόμενα: $\Sigma(\{A1\}) \cap \Sigma(\{A2\}) = \emptyset$	Διαφορετικές αιτίες έχουν διαφορετικά συμπτώματα.
Ανεξάρτητα: $\Sigma(\{A, B\}) = \Sigma(\{A\}) \cup \Sigma(\{B\})$	



Ταυτόχρονη Εμφάνιση Πολλών Αιτίων

Πραγματική Περίπτωση

Συμπτώματα	Εξήγηση
Πολλαπλά: $ \Sigma(\{A\}) \geq 1$	Μία αιτία μπορεί να έχει περισσότερα από ένα συμπτώματα.
Αλληλεπικαλυπτόμενα: $\Sigma(\{A\}) \cap \Sigma(\{B\}) \neq \emptyset$	Διαφορετικές αιτίες μπορούν να έχουν κοινά συμπτώματα. ✓ Π.χ. όλες οι ασθένειες έχουν σύμπτωμα την εμφάνιση πυρετού.
Αλληλοαναιρούμενα: $\Sigma(\{A, B\}) \subset \Sigma(\{A\}) \cup \Sigma(\{B\})$	Τα συμπτώματα που παρατηρούνται είναι υποσύνολο της ένωσης των συμπτωμάτων που εμφανίζει κάθε αιτία ξεχωριστά, αφού είναι δυνατό συμπτώματα της μιας αιτίας να αναιρούν συμπτώματα της άλλης ✓ Π.χ., η τιμή του pH ασθενή που έχει ταυτόχρονα σαλμονέλωση και κάνει έμετο είναι φυσιολογική, αφού κατά τον έμετο παράγονται οξέα (μείωση pH), ενώ η σαλμονέλωση παράγει βάσεις (αύξηση pH).



Ταυτόχρονη Εμφάνιση Πολλών Αιτίων

Πραγματική Περίπτωση

Συμπτώματα	Εξήγηση
<p>Συνεργατικά:</p> $\Sigma(\{A, B\}) \supset \Sigma(\{A\}) \cup \Sigma(\{B\})$	<p>Τα συμπτώματα που παρατηρούνται είναι υπερσύνολο της ένωσης των συμπτωμάτων που θα εμφάνιζε κάθε αιτία ξεχωριστά, αφού οι δύο αιτίες δρουν συνεργατικά προκαλώντας επιπρόσθετα συμπτώματα.</p> <ul style="list-style-type: none">✓ Π.χ. ασθενής με αδύναμη καρδιά και ίωση στο αναπνευστικό σύστημα, είναι πιθανό να παρουσιάσει δύσπνοια, ενώ καμία από τις δύο μεμονωμένες αιτίες δεν έχει σαν σύμπτωμά της τη δύσπνοια.



Διάκριση Υποθέσεων

Hypotheses Discrimination

- Επιλογή μιας υπόθεσης που μπορεί να εξηγήσει τα παρατηρούμενα συμπτώματα.
- Είναι σημαντική η συλλογή των κατάλληλων δεδομένων που θα απορρίψουν τις περισσότερες υποθέσεις και την επιλογή μόνο μίας.
 - Είναι αδύνατο να συλλεχθούν όλα τα δεδομένα για ένα σύστημα.
 - Πρέπει να γίνει ορθή επιλογή των επιπρόσθετων μετρήσεων, έτσι ώστε να απορριφθούν όλες πλην μιας από τις υποψήφιες υποθέσεις, με το ελάχιστο δυνατό κόστος.



Προσέγγιση καθοδηγούμενων δοκιμών

Guided-probe approach

- Επιχειρείται να βρεθούν ζεύγη υποθέσεων, των οποίων τα συμπτώματα να:
 - Συμφωνούν με τις υπάρχουσες παρατηρήσεις.
 - Παρουσιάζουν ασυμφωνία σε άλλα συμπτώματα, για τα οποία δεν υπάρχουν παρατηρήσεις.
- Γίνεται προσπάθεια λήψης της μέτρησης για να απορριφθεί η μία από τις δύο υποθέσεις.
- Η διαδικασία συνεχίζεται μέχρι να μείνει μόνο μία υπόθεση.



Προσέγγιση καθοδηγούμενων δοκιμών

Guided-probe approach

- **Παράδειγμα:** ένας ασθενής παρουσιάζει πυρετό, οπότε είτε έχει ίωση ή απλό κρυολόγημα.
 - Αν έχει ίωση θα παρουσίαζε και άλλα συμπτώματα, όπως πονόλαιμο, βήχα, κλπ.
 - Εξετάζοντας αν ο ασθενής εμφανίζει ένα από τα επιπλέον συμπτώματα της ίωσης, μπορεί να ξεχωρίσει μία από τις δύο υποψήφιες υποθέσεις και να επιστραφεί ως διάγνωση.
- Η διαδικασία αυτή είναι απλή, αλλά συνήθως πραγματοποιεί περισσότερες μετρήσεις από τις ελάχιστες που απαιτούνται για την κατάληξη σε μια υπόθεση.



Εντροπία του Shannon

- **Ιδανική περίπτωση:** Η διάγνωση δίνει αποτέλεσμα μία υπόθεση με πιθανότητα 1.
- **Πραγματικότητα:** Ένα σύνολο υποθέσεων με κατανομή πιθανοτήτων.
 - Το άθροισμα όλων των πιθανοτήτων ισούται με 1.
- Η μέθοδος της εντροπίας του Shannon ελέγχει την ποιότητα κατανομής υποθέσεων.
- $H = - \sum_i P_i \log P_i$
 - Οι κατανομές εντροπίας με μικρότερη τιμή είναι καλύτερες, με βέλτιστη τιμή 0.



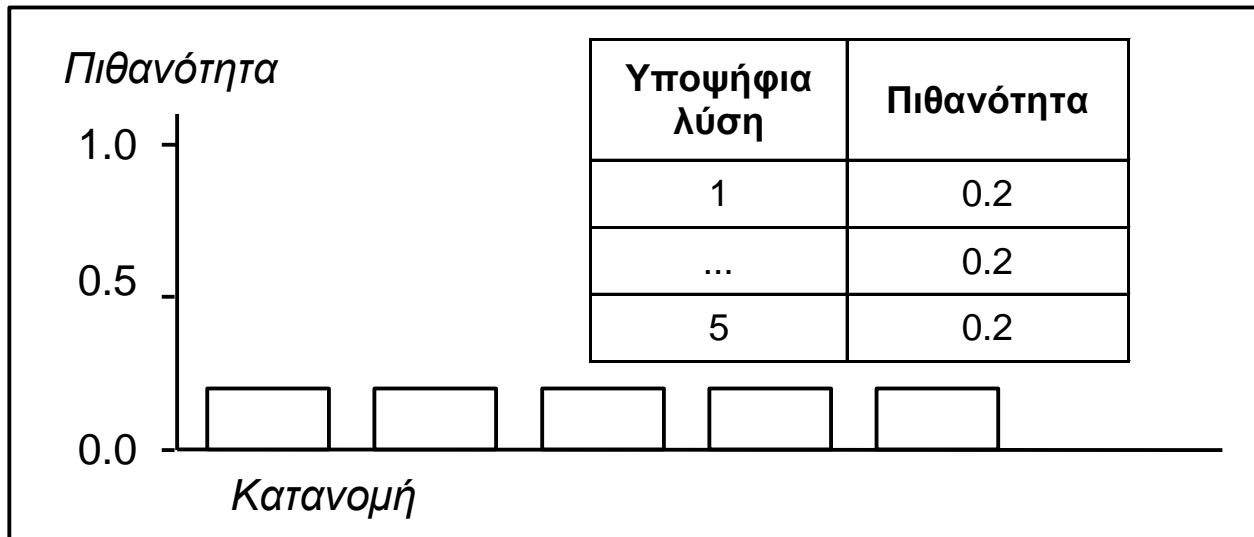
Εντροπία και Ενδιάμεσοι Έλεγχοι

- Υπολογίζεται η **αναμενόμενη εντροπία** όλων των μετρήσεων
- Επιλέγεται η πιο "**ωφέλιμη**" μέτρηση, η οποία επιφέρει τη μικρότερη τιμή εντροπίας.
- **Μειονεκτήματα:**
 - Δε λαμβάνεται υπόψη το κόστος και η δυσκολία μιας μέτρησης
 - Δε λαμβάνεται υπόψη η αβεβαιότητα μετρήσεων και υποθέσεων
 - Θεωρούνται όλες οι υποθέσεις ίσης σπουδαιότητας
 - Π.χ. ίωση vs. καρκίνος
- **Θεωρία αξίας της πληροφορίας (information value theory)**
 - Συνδυάζει στη συνάρτηση αξιολόγησης την εντροπία με το κόστος / σπουδαιότητα των μετρήσεων.



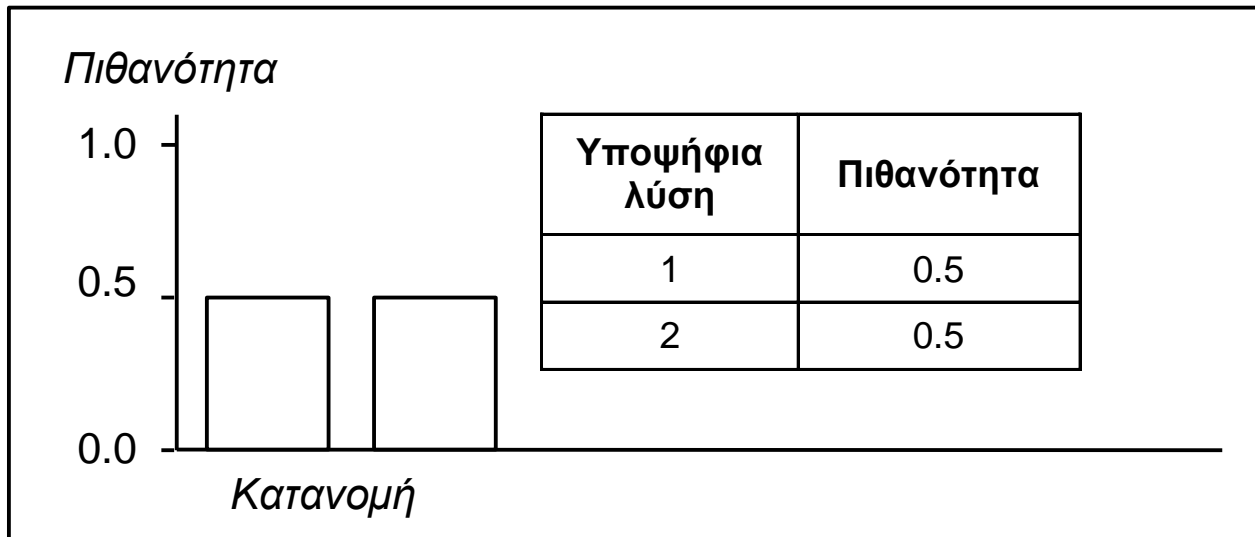
Παραδείγματα Κατανομών Πιθανοτήτων Υποθέσεων

$$H_1 = -5 * 0,2 * \log(0.2) = 2,32$$



Παραδείγματα Κατανομών Πιθανοτήτων Υποθέσεων

$$H_2 = -2 * 0,5 * \log(0,5) = 1$$



- Η κατανομή αυτή θεωρείται καλύτερη, αφού πρέπει να γίνει διάκριση μεταξύ 2 υποθέσεων και όχι μεταξύ 5 (όπως στην πρώτη)
- Η διάγνωση μπορεί να πραγματοποιηθεί με λιγότερες μετρήσεις.



Μελέτη Περίπτωσης - Το Σύστημα DARN

- Σύστημα διάγνωσης και επισκευής βλαβών σε ελεγκτές δίσκων σταθμών εργασίας και φωτοτυπικά μηχανήματα.
 - Χρησιμοποιεί **έτοιμα** πλάνα διάγνωσης και επιδιόρθωσης βλαβών.
 - Ουσιαστικά πρόκειται για "ηλεκτρονικά" εγχειρίδια εκπαίδευσης των τεχνικών.
- Η βάση γνώσης είναι ένας **χάρτης ροής (flow chart)**.
 - Αναπαριστά προκαθορισμένες διαδικασίες και πρωτόκολλα μέσω υπολογιστή.
 - Δεν έχει αναπαράσταση της δομής και της συμπεριφοράς του υπό εξέταση συστήματος.

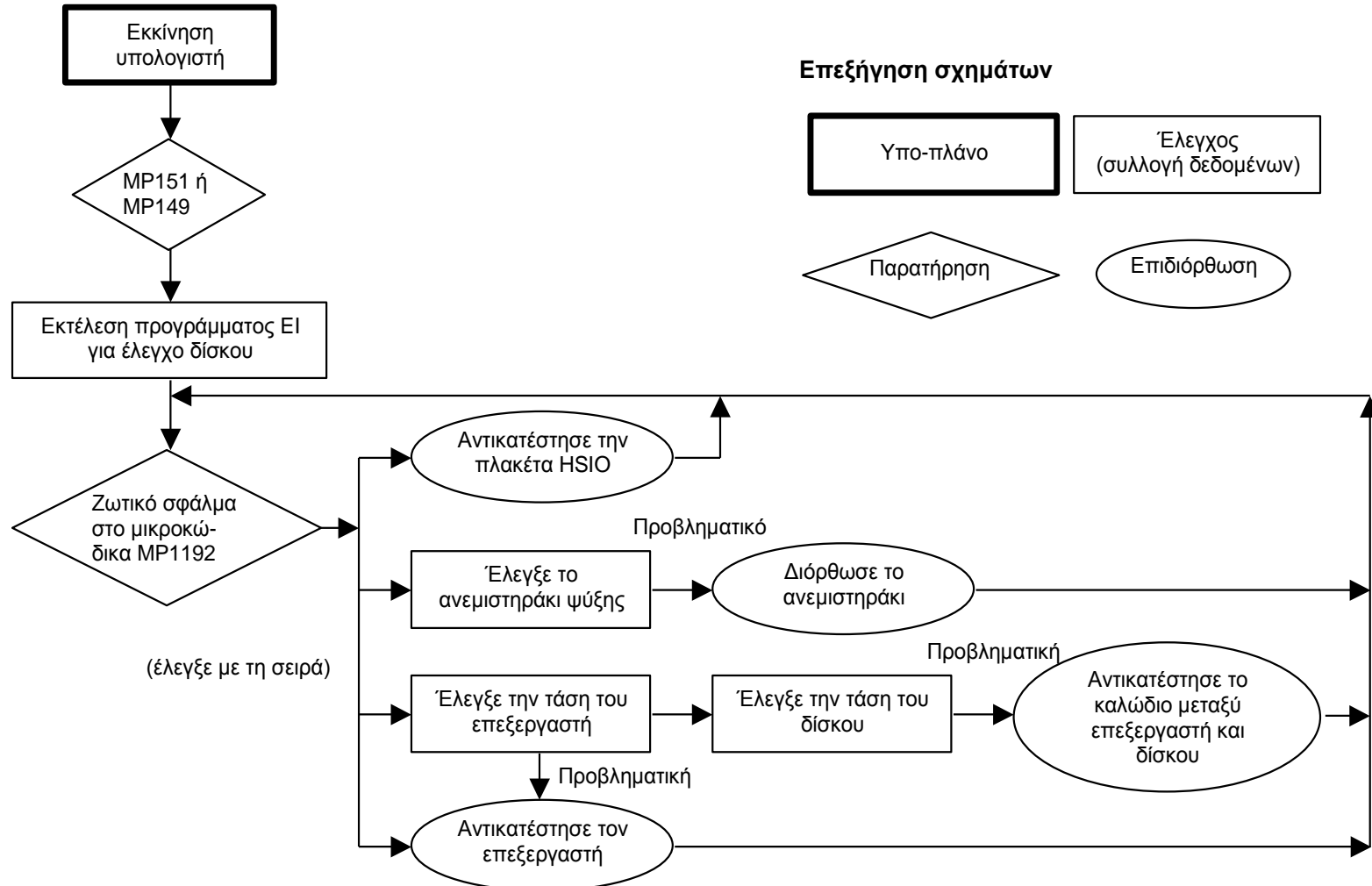


Περιγραφή Συστήματος DARN

- Ένας χάρτης ροής έχει κόμβους με διάφορα σχήματα που αναπαριστούν:
 - Διαγνωστικά τεστ.
 - Αποφάσεις με βάση τα αποτελέσματα των τεστ.
 - Ακολουθίες ενεργειών επιδιόρθωσης.
- Το DARN διαθέτει:
 - Διασύνδεση, για εκτέλεση πλάνων και εμπλουτισμό της βάσης γνώσης με νέα πλάνα.
 - Γλώσσα περιγραφής πλάνων, για τον ορισμό νέων πλάνων.
- **Πλεονεκτήματα:**
 - Η αλληλεπίδραση του τεχνικού με τον υπολογιστή.
 - Ευκολία διαχείρισης πλάνων και εύκολη διανομή τους ηλεκτρονικά στους τεχνικούς.



Απόσπασμα Χάρτη Ροής από το DARN

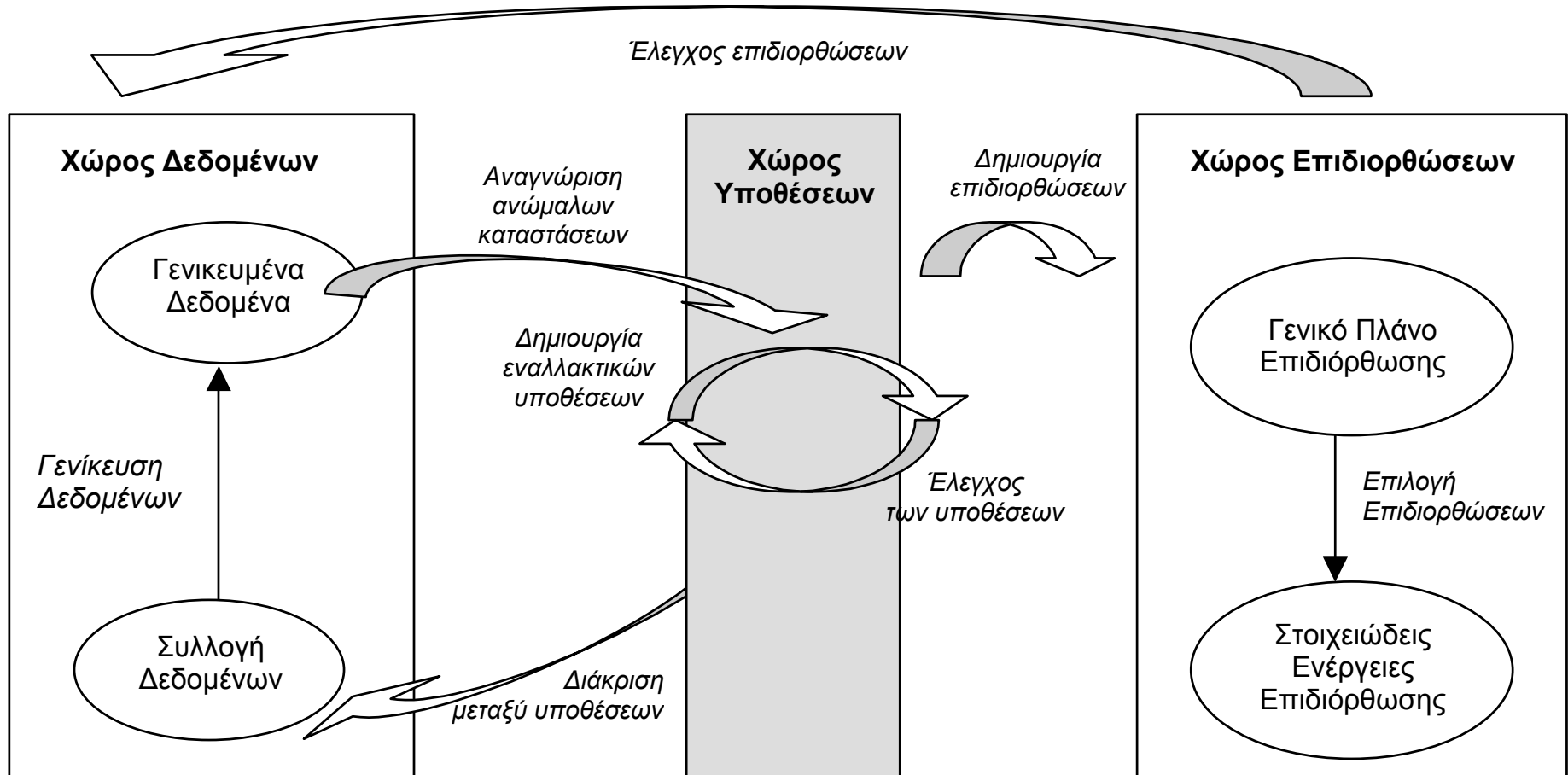


Χώροι Αναζήτησης στο DARN

- Το DARN έχει άμεση αναπαράσταση του **χώρου δεδομένων**, δίνοντας τη δυνατότητα στον τεχνικό να καταχωρεί τις παρατηρήσεις και τις μετρήσεις του.
- Αναπαριστά επίσης άμεσα και τις ενέργειες επισκευής (**χώρος επιδιορθώσεων**) μέσω των βημάτων των χαρτών ροής του.
- **Δεν** αναπαριστά άμεσα το **χώρο των υποθέσεων**
 - Οι υποθέσεις εμφανίζονται έμμεσα, κατά την εκτέλεση των διαφόρων βρόχων των χαρτών ροής καθώς το σύστημα παρουσιάζει διάφορα μηνύματα στον τεχνικό.
- **Δεν** έχει άμεση αναπαράσταση **μοντέλου συστήματος**



Χώροι Αναζήτησης στο DARN



Μελέτη Περίπτωσης - INTERNIST

- Επιλύει προβλήματα διάγνωσης σε ιατρικά θέματα.
 - Χρησιμοποιεί **μοντέλο κατηγοριοποίησης**.
- Προσπαθεί να ξεχωρίσει ασθένειες που έχουν κοινά συμπτώματα.
 - Χρησιμοποιεί την προσέγγιση **σειριακής εξέτασης των υποθέσεων** (μία υπόθεση τη φορά) για να ανιχνεύσει την ταυτόχρονη ύπαρξη πολλών ασθενειών.
- Η βάση γνώσης περιλαμβάνει:
 - Συμπτώματα ή Δεδομένα (3550).
 - Υποθέσεις (500).
 - **Συσχετίσεις** ανάμεσα στο χώρο των υποθέσεων και το χώρο των δεδομένων (6500).

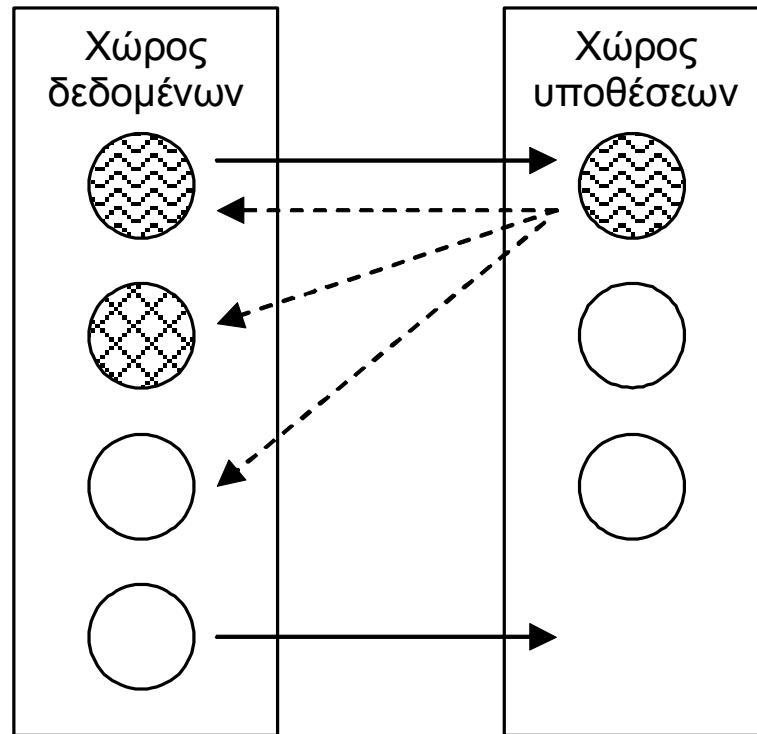


Συσχετίσεις

- **Πρόκληση (evocation)**: Συνδέει την παρουσία ενός συμπτώματος με την ύπαρξη μιας υπόθεσης.
 - Π.χ., το σύμπτωμα της "ωχρότητας" αντιστοιχίζεται τόσο στην υπόθεση της "έλλειψης σιδήρου", όσο και στην υπόθεση της "αναιμίας".
- **Εκδήλωση (manifestation)**: Συνδέει την ύπαρξη μιας υπόθεσης με την παρουσία ενός συμπτώματος.
 - Π.χ., η υπόθεση της "κίρρωσης χολής" μπορεί να αντιστοιχηθεί στο σύμπτωμα του "ίκτερου".



Σχέσεις Μεταξύ Δεδομένων και Υποθέσεων



Δεδομένα που παρατηρήθηκαν και εξηγήθηκαν

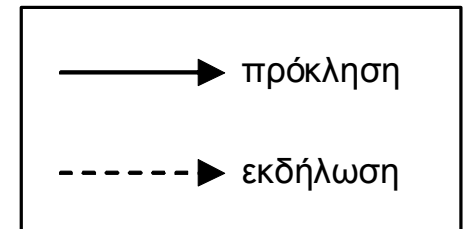
Δεδομένα που αναμένονταν, αλλά δεν παρατηρήθηκαν

Δεδομένα που αναμένονταν, αλλά δεν είναι ακόμα γνωστά

Δεδομένα που παρατηρήθηκαν, αλλά δεν εξηγήθηκαν

Υπόθεση διάγνωσης που ενδιαφέρει

Άλλες υποθέσεις διάγνωσης



Μεγέθη Δεδομένων και Συσχετίσεων

- Η συσχέτιση μεταξύ δεδομένων δεν είναι αυστηρή.
- Υπάρχουν 4 μεγέθη τα οποία χαρακτηρίζουν τις σχέσεις αλλά και τα ίδια τα δεδομένα
- Τα μεγέθη χρησιμοποιούνται κατά τη διαδικασία της διάγνωσης, σε μια αναζήτηση τύπου "πρώτα στο καλύτερο", τόσο όσον αφορά τις υποθέσεις, όσο και τα ίδια τα συμπτώματα.



Μεγέθη Δεδομένων και Συσχετίσεων

- **Δύναμη πρόκλησης (evoking strength): $L(D_i | M_\alpha)$**
 - Πιθανότητα η υπόθεση D_i να είναι η αιτία του συμπτώματος M_α σε σχέση με τις υπόλοιπες υποθέσεις που θα μπορούσαν να εξηγήσουν το σύμπτωμα.
- **Συχνότητα εκδήλωσης (manifestation frequency): $F(M_b | D_j)$**
 - Πόσο συχνά ένας ασθενής εμφανίζει το σύμπτωμα M_b όταν ισχύει η υπόθεση D_j .
- **Σοβαρότητα:** Ευκολία με την οποία μπορεί να αγνοηθεί ένα σύμπτωμα.
- **Τύπος:** Είδος του συμπτώματος που καθορίζει την προτεραιότητα αντιμετώπισής του.



Ο Αλγόριθμος Εκτέλεσης του INTERNIST

Βασικός Αλγόριθμος

Έως ότου εξηγηθούν όλα τα σοβαρά συμπτώματα, επανέλαβε:

1. Έως ότου επιβεβαιωθεί κάποια υπόθεση, επανέλαβε:
 - a. Πάρε δεδομένα (μέσω ερωτήσεων).
 - b. Βαθμολόγησε όλες τις υποθέσεις διάγνωσης για τα παραπάνω δεδομένα (**rank_hypothesis**)
 - c. Χρησιμοποιώντας τη βαθμολόγηση, δημιούργησε ένα μικρό σύνολο ασθενειών με τη διαδικασία **differential_diagnosis** και επικεντρώσου σε αυτό.
 - d. Αν καμία υπόθεση δεν επιβεβαιώνεται, δημιούργησε ερωτήσεις με τη διαδικασία **next_question**, τέτοιες ώστε να επιλυθεί το πρόβλημα της διάγνωσης διαφοροποιώντας (ενισχύοντας) κάποια από τις υποθέσεις.
2. Σημείωσε τα συμπτώματα που εξηγούνται από την υπόθεση που μόλις επιβεβαιώθηκε



Ο Αλγόριθμος Εκτέλεσης του INTERNIST

Ευριστική Βαθμολόγηση των Ασθενειών (rank_hypothesis)

Για κάθε ασθένεια:

1. Ερεύνησε τη λίστα συμπτωμάτων που σχετίζονται με αυτήν
 - a. Εάν το σύμπτωμα είναι παρόν, τότε πρόσθεσε τη δύναμη πρόκλησής του
 - b. Εάν το σύμπτωμα είναι απόν, τότε αφαίρεσε τη συχνότητά του.
 - c. Εάν το σύμπτωμα είναι άγνωστο, τότε μην κάνεις τίποτα.
2. Ερεύνησε τα συμπτώματα που δε σχετίζονται με την ασθένεια
 - a. Εάν το σύμπτωμα είναι παρόν, τότε αφαίρεσε τη σοβαρότητά του.
 - b. Εάν το σύμπτωμα είναι απόν ή άγνωστο, τότε μην κάνεις τίποτα.



Ο Αλγόριθμος Εκτέλεσης του INTERNIST

Ευριστική διαμόρφωση συνόλου υποθέσεων (differential_diagnosis)

1. Πάρε την ασθένεια A_{\max} με την πιο υψηλή βαθμολογία.
2. Σύγκρινε την A_{\max} με κάθε μία τις υπόλοιπες ασθένειες A_i .
 - a. Αν τα συμπτώματα που εξηγούνται από την A_i είναι υποσύνολο ή υπεрсύνολο των συμπτωμάτων που εξηγούνται από την A_{\max} , τότε η A_i εισέρχεται στο σύνολο των υποθέσεων.



Ο Αλγόριθμος Εκτέλεσης του INTERNIST

Επιλογή της Επόμενης Ερώτησης (next_question)

- Χρησιμοποιούνται οι παρακάτω ευριστικοί κανόνες:
 1. Προσπάθησε να αυξήσεις τη διαφορά βαθμολογίας της υψηλότερης υπόθεσης έτσι ώστε να είναι 90 βαθμούς παραπάνω από τη δεύτερη.
 - Άν συμβεί κάτι τέτοιο, τότε η πρώτη θεωρείται επιβεβαιωμένη



Ο Αλγόριθμος Εκτέλεσης του INTERNIST

Επιλογή της Επόμενης Ερώτησης (next_question)

2. Έστω ότι H είναι ο αριθμός των υποθέσεων που βρίσκονται μέχρι και 445 βαθμούς χαμηλότερα από την πρώτη.
 - i. Εάν $H = 0$, επιδίωξε να αυξήσεις τη βαθμολογία της πρώτης υπόθεσης
 - ii. Εάν $H \geq 4$, απέκλεισε τη χαμηλότερη υπόθεση προσπαθώντας να μειώσεις τη βαθμολογία της.
 - iii. Εάν $1 \leq H \leq 3$, διαφοροποίησε τις πρώτες δύο υποθέσεις από τις υπόλοιπες προσπαθώντας να αυξήσεις τη βαθμολογία τους.



Ο Αλγόριθμος Εκτέλεσης του INTERNIST

Επιλογή της Επόμενης Ερώτησης (next_question)

3. Πρώτα πρώτα τις ερωτήσεις χαμηλότερου κόστους.
4. Πρώτα κάθε φορά όχι μία αλλά περισσότερες ερωτήσεις, αν είναι δυνατόν.



Επιβεβαίωση διάγνωσης

- Όλα τα παρόντα συμπτώματα που σχετίζονται με την ασθένεια σημειώνονται ως εξηγηθέντα και δε λαμβάνονται πλέον υπόψη.
- Αν υπάρχουν ασθένειες που συνδέονται με την επιβεβαιωμένη ασθένεια, τότε η βαθμολογία τους αυξάνεται μέσω των βαρών των δεσμών.
- Αν υπάρχουν σοβαρά συμπτώματα που δεν έχουν εξηγηθεί, ο κύκλος επαναλαμβάνεται βαθμολογώντας τις ασθένειες με τα υπόλοιπα συμπτώματα.

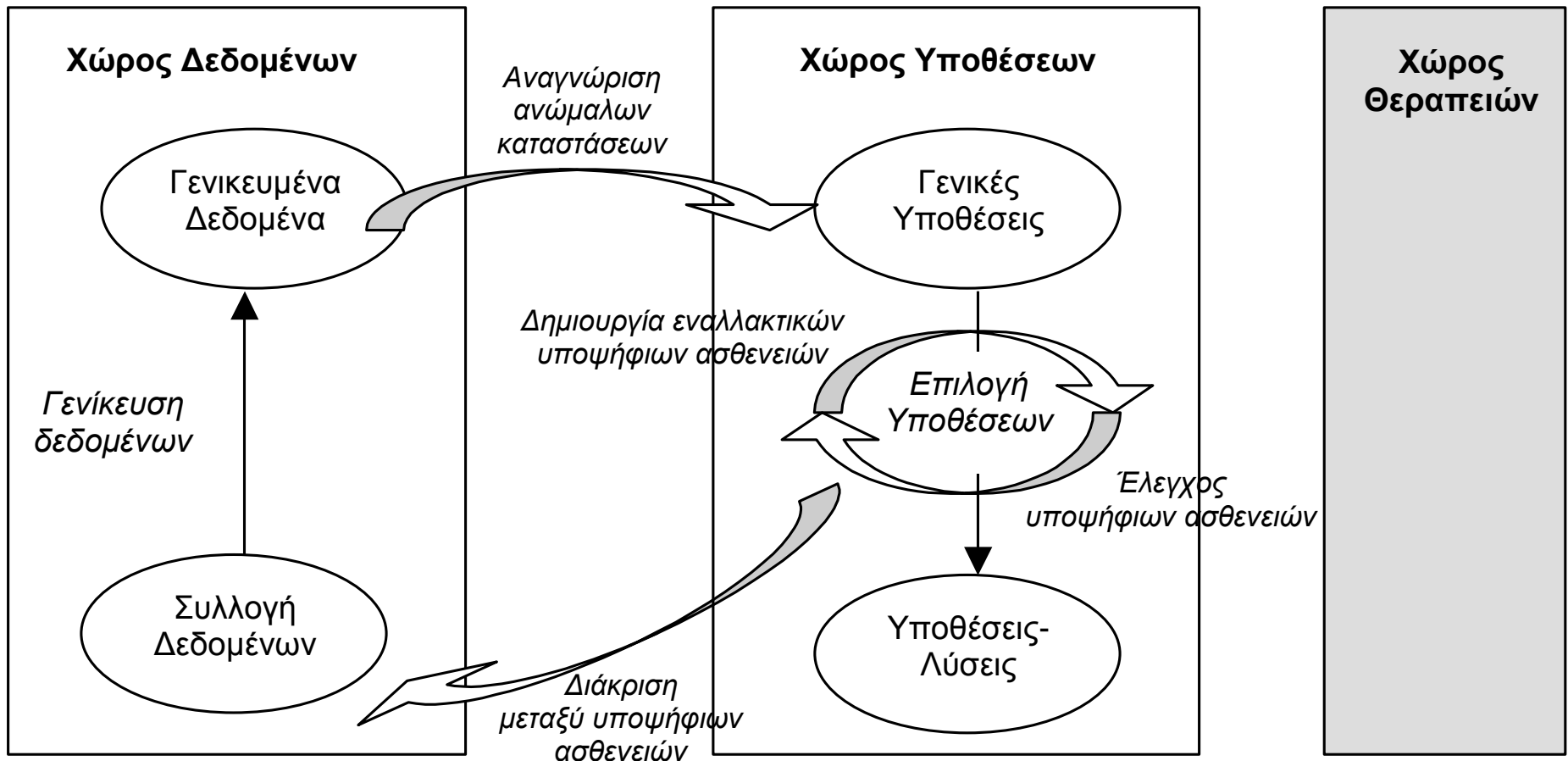


Οι Χώροι Αναζήτησης του INTERNIST

- Το INTERNIST έχει σαφή αναπαράσταση του **χώρου των δεδομένων** και του **χώρου των υποθέσεων**.
- **Δε** διαθέτει **χώρο θεραπειών**, αφού το σύστημα αυτό ήταν μόνο για διάγνωση και όχι για θεραπείες.
- **Δεν** υπάρχει ούτε **μοντέλο** του υπό εξέταση συστήματος, αφού δεν περιλαμβάνει στοιχεία ανατομίας, ούτε στοιχεία χρονικής εξέλιξης των συμπτωμάτων.
- Τα επιπλέον αυτά χαρακτηριστικά προστέθηκαν στο σύστημα CADUCEUS, το οποίο είναι μια μετεξέλιξη του INTERNIST.



Οι Χώροι Αναζήτησης του INTERNIST



Μελέτη Περίπτωσης - SOPHIE-III

- Σύστημα διάγνωσης βλαβών που χρησιμοποιεί τη **συλλογιστική των μοντέλων**
- Αναπαριστά με ακρίβεια το μοντέλο του συστήματος σε επίπεδο συσκευών και διασυνδέσεών τους.
 - Οι επιμέρους συσκευές μπορεί να βρίσκονται σε διάφορες καταστάσεις, κανονικής λειτουργίας ή λάθους
- Ελέγχει την ορθότητα των συσκευών του συστήματος
 - Δέχεται τις μετρήσεις που λαμβάνονται σε κάποια σημεία
 - Μέσω κανόνων εξάγει τιμές που πρέπει να έχουν οι μετρήσεις σε άλλα σημεία του συστήματος
 - Παραδοχή ύπαρξης μίας μόνο βλάβης.



Χρήση SOPHIE-III

- Εκπαίδευση και απόκτηση δεξιοτήτων από νέους τεχνικούς
 - Το είναι το 3^ο μιας σειράς συστημάτων για την εξερεύνηση τεχνικών **μοντελοποίησης του σπουδαστή, διδασκαλίας μέσω υπολογιστή** αλλά και μοντελοποίησης της εμπειρίας για αντιμετώπιση βλαβών.
- Η φιλοδοξία των σχεδιαστών του ήταν η κατασκευή ενός διαγνωστικού συστήματος για επίλυση προβλημάτων σε κυκλώματα, του οποίου η λειτουργία είναι ανεξάρτητη από το εκάστοτε κύκλωμα (**domain-independent**).



Μοντελοποίηση στο SOPHIE-III

- Σε χαμηλό επίπεδο απλών εξαρτημάτων και διασυνδέσεων.
 - Μοντέλο συμπεριφοράς εξαρτημάτων, βάσει του οποίου αντιστοιχίζονται οι τιμές εισόδου σε τιμές εξόδου.
 - Ένα σύνολο από πιθανές βλάβες των εξαρτημάτων.
- Μεγαλύτερων τμημάτων του κυκλώματος (ιεραρχία μονάδων).
 - Αν μια σύνθετη μονάδα λειτουργεί, τότε και οι υπομονάδες της λειτουργούν κανονικά.



Χαρακτηριστικά SORHIE-III

- **Παραδοχές:**
 - Μόνο **γνωστές** βλάβες μπορούν να εμφανιστούν στο κύκλωμα.
 - Ποτέ δεν εμφανίζονται δύο βλάβες ταυτόχρονα (**single-fault assumption**).
- Η διαδικασία διάγνωσης και επίλυσης προβλημάτων χωρίζεται σε δύο μέρη:
 - **Παθητική διάγνωση:** Συμπεράσματα που προκύπτουν μετά από συλλογή μετρήσεων.
 - **Ενεργητική διάγνωση:** Επιλογή των επομένων μετρήσεων που πρέπει να γίνουν για να καταστεί δυνατή η διάκριση μεταξύ των υποψηφίων υποθέσεων.

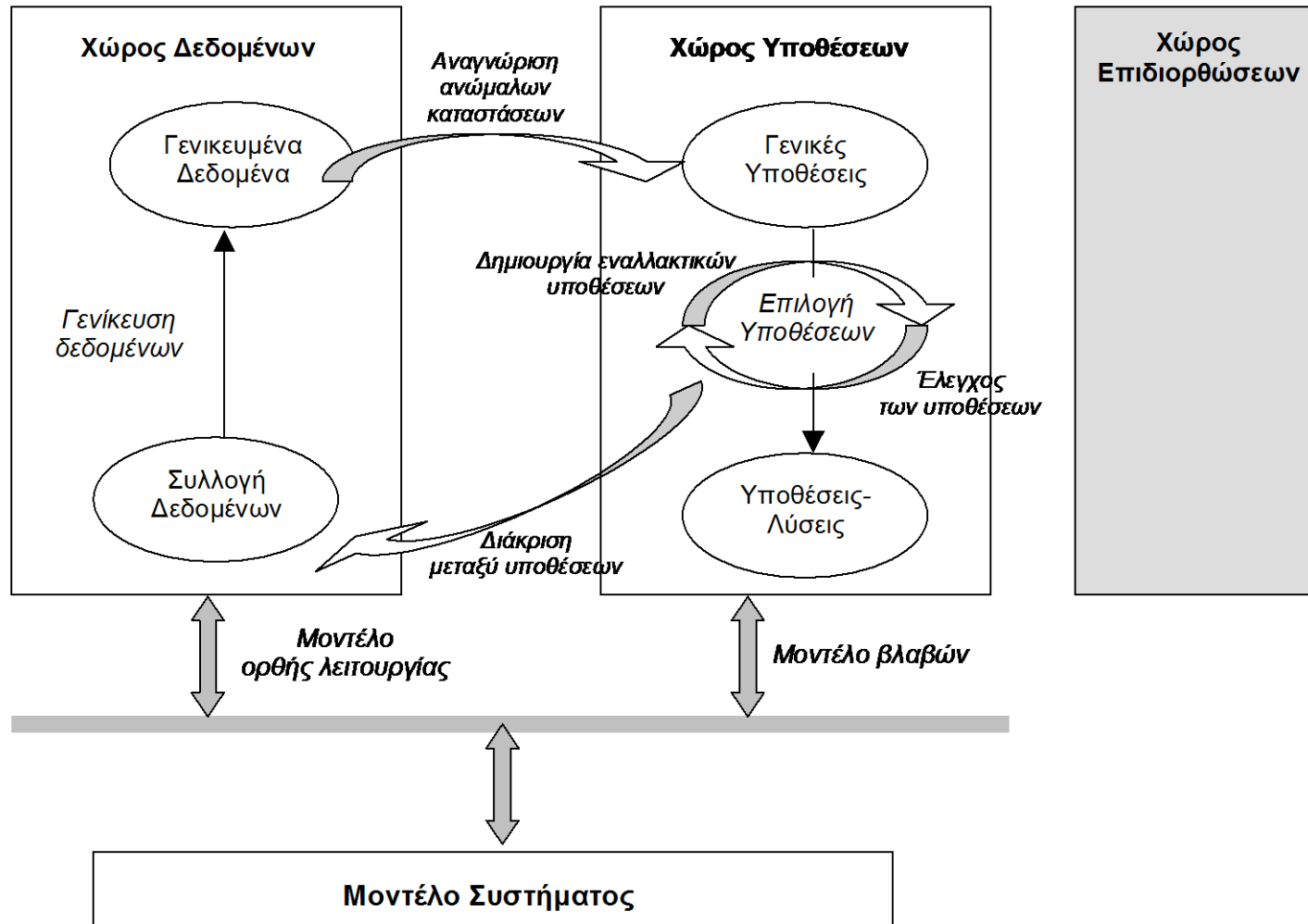


Χώροι Αναζήτησης του SOPHIE-III

- Άμεση αναπαράσταση των **χώρων δεδομένων** και **υποθέσεων**
- Διαθέτει αναλυτικό **μοντέλο** λειτουργίας για το υπό εξέταση σύστημα
- **Δεν** υπάρχει αναπαράσταση του **χώρου των επιδιορθώσεων**.



Χώροι Αναζήτησης του SOPHIE-III





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΑΝΟΙΚΤΑ
ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΑ
ΜΑΘΗΜΑΤΑ



Τέλος Ενότητας

Επεξεργασία: Εμμανουήλ Ρήγας

Θεσσαλονίκη, 17/3/2014



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ