

# Κεφάλαιο 26

## *Διάγνωση και Επιδιόρθωση Βλαβών*

Τεχνητή Νοημοσύνη - Β' Έκδοση

Ι. Βλαχάβας, Π. Κεφαλάς, Ν. Βασιλειάδης, Φ. Κόκκορας, Η. Σακελλαρίου

# Διάγνωση και Επιδιόρθωση Βλαβών

- ❖ **Διάγνωση:** Παρατήρηση φυσικού συστήματος που δυσλειτουργεί και ανεύρεση της αιτίας
- ❖ **Επιδιόρθωση βλαβών (troubleshooting):** Εντοπισμός βλαβών σε συσκευές και επιδιόρθωσή τους
  - ❑ Υπονοεί διάγνωση

# Χαρακτηριστικά Προβλημάτων Διάγνωσης (1/3)

## ❖ Αιτία βλάβης

- Εσωτερική, π.χ. χαλασμένο εξάρτημα
- Εξωτερική, π.χ. βακτήριο που προσβάλλει ασθενή

## ❖ Ενδιάμεσοι έλεγχοι

- Π.χ., ένας μηχανικός διεξάγει ελέγχους στο εσωτερικό αυτοκινήτου για να εντοπίσει μια βλάβη με μεγάλη ακρίβεια
- Ένας γιατρός έχει λιγότερες δυνατότητες ελέγχων για να εντοπίσει την αιτία μιας ασθένειας

## ❖ Απομόνωση εσωτερικών εξαρτημάτων

- Πειραματισμοί χωρίς να επηρεαστεί το σύστημα
- Π.χ., ένας τεχνικός υπολογιστών αφαιρεί από το σύστημα μία κάρτα οθόνης και την ελέγχει ξεχωριστά σε άλλο υπολογιστή
- Ένας γιατρός δεν μπορεί να απομονώσει όργανα του σώματος, γιατί ο οργανισμός αντιδρά στις απόπειρες εξωτερικής παρέμβασης

## Χαρακτηριστικά Προβλημάτων Διάγνωσης (2/3)

### ❖ Ακρίβεια διάγνωσης

- ❑ Εξαρτάται από: σοβαρότητα δυσλειτουργίας, κόστος και δυνατότητα επιδιόρθωσης, διαθέσιμο χρόνο
- ❑ Π.χ., ένας γιατρός χορηγεί αντιβιοτικό ευρέως φάσματος προκειμένου να αντιμετωπίσει άμεσα μια λοίμωξη που δεν έχει προσδιορίσει επακριβώς.
- ❑ Ένας τεχνικός αυτοκινήτου προσπαθεί να εντοπίσει ακριβώς μια βλάβη και να αντικαταστήσει τα ελαττωματικά εξαρτήματα

### ❖ Χρονική μεταβολή συστήματος

- ❑ Είναι οι βλάβες σταθερές καταστάσεις ή μεταβάλλονται στο χρόνο;
- ❑ Η διάγνωση λαμβάνει υπόψη τις ενδιάμεσες (χρονικά) καταστάσεις;
- ❑ Π.χ., μερικές ασθένειες έχουν περιοδικά συμπτώματα, ενώ άλλες προοδευτικά
- ❑ Π.χ., κάθε επίσκεψη ασθενούς αντιμετωπίζεται ξεχωριστά ή υπάρχει ιστορικό;
- ❑ Π.χ., στα ηλεκτρονικά κυκλώματα, μερικές βλάβες εμφανίζονται περιοδικά και κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες

### ❖ Αλληλοεπικάλυψη διάγνωσης και επιδιόρθωσης βλαβών

- ❑ Οι ενέργειες διάγνωσης αποτελούν ταυτόχρονα και την επιδιόρθωση
- ❑ Π.χ., τεχνικός υπολογιστών προσπαθεί να εντοπίσει βλάβη στη μνήμη υπολογιστή

# Γενικό Μοντέλο Διάγνωσης

- ❖ **Χώρος των δεδομένων (data space):** Πεπερασμένο σύνολο πιθανών μετρήσεων που αναπαριστούνται με μεταβλητές
  - ❑ **Δυνατές τιμές:** Το σύνολο τιμών μιας μεταβλητής (έγκυρες και μη)
  - ❑ **Κανονικές τιμές:** Κανονική λειτουργία του συστήματος
  - ❑ **Παρατηρούμενες τιμές:** Μετρώνται από τα όργανα μέτρησης
  - ❑ **Προβλεπόμενες τιμές:** Προβλέπονται από τις παρατηρήσεις και το μοντέλο
- ❖ **Χώρος των υποθέσεων (hypothesis space):** Όλες οι πιθανές αιτίες που μπορούν να προκαλέσουν δυσλειτουργία σε ένα σύστημα
- ❖ **Χώρος των θεραπειών-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 και του περιβάλλοντος
  - ❑ Υποθετικές δυσλειτουργίες και πρόβλεψη αποτελεσμάτων στο χώρο δεδομένων
  - ❑ Επιλογή υποθετικών θεραπειών και παρακολούθηση αποτελεσμάτων στο σύστημα

# Χώροι Αναζήτησης

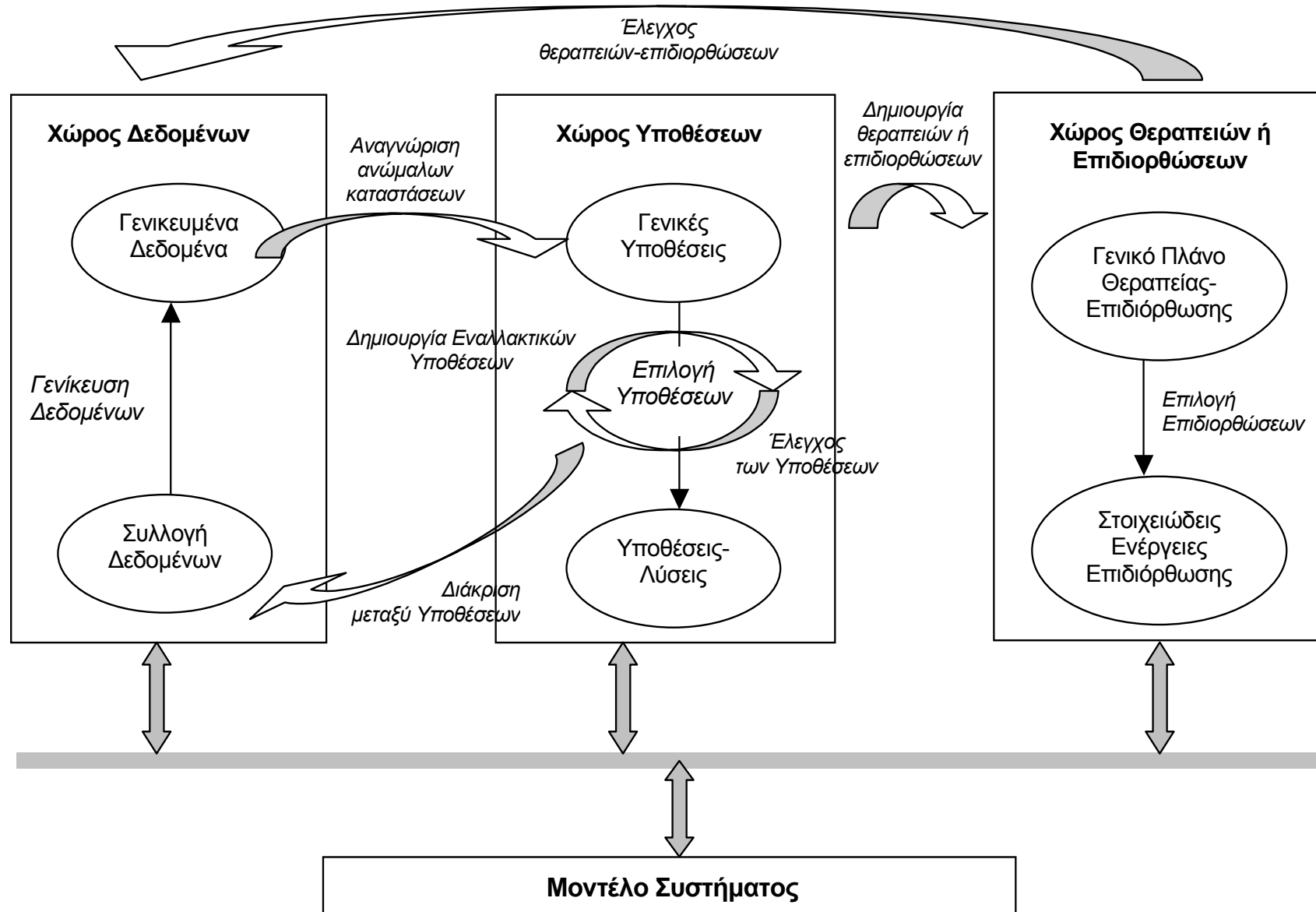
## Λειτουργίες

- ❖ *Λειτουργίες συλλογής δεδομένων (data gathering operations)*
- ❖ *Λειτουργίες θεραπείας-επιδιόρθωσης (therapy-repair operations)*
- ❖ *Λειτουργίες επιλογής*
  - ❑ Δημιουργία εναλλακτικών υποθέσεων για τη διάγνωση
  - ❑ Έλεγχος ορθότητας
  - ❑ Διαχωρισμός ή διάκριση υποθέσεων βάσει των δεδομένων του προβλήματος

## Γενικεύσεις

- ❖ Υπάρχουν και για τους 3 χώρους αναζήτησης
  - ❑ Κάποιος έχει υψηλό πυρετό - γενίκευση του γεγονότος ότι έχει πυρετό 40
  - ❑ Μία πλακέτα έχει πρόβλημα - γενίκευση της υπόθεσης ότι ένα συγκεκριμένο κύκλωμα αυτής της πλακέτας έχει πρόβλημα
- ❖ Κανόνες με διάφορα επίπεδα γενίκευσης
  - ❑ Ανάλογα με τη λεπτομέρεια δεδομένων και υποθέσεων, καταλήγουν σε υποθέσεις και συμπεράσματα αντίστοιχης λεπτομέρειας.

# Χώροι Αναζήτησης και Μοντέλο Συστήματος για Διάγνωση



# Βασικές Λειτουργίες της Διάγνωσης

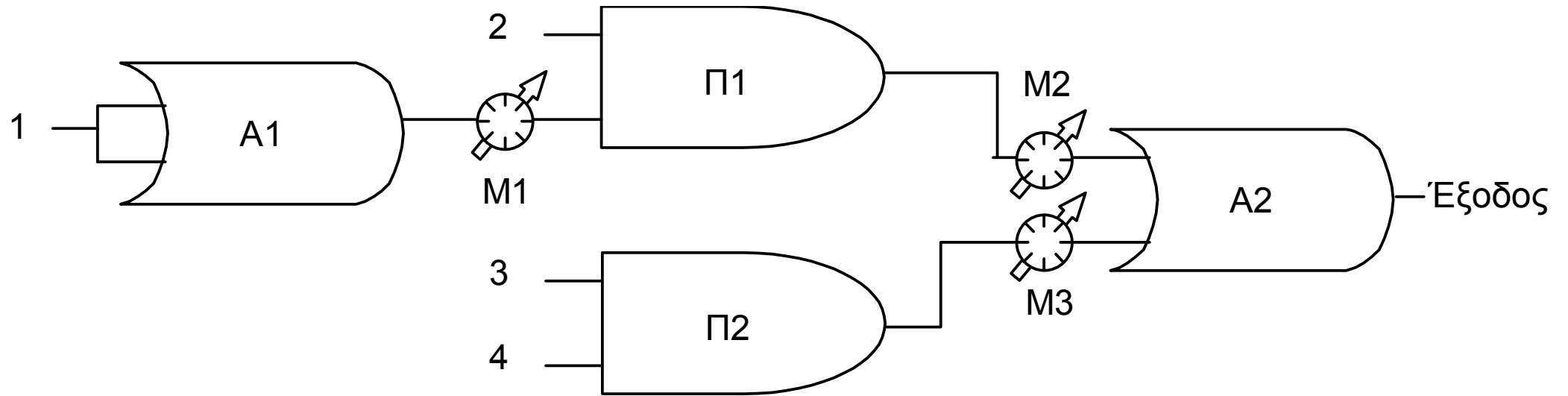
- ❖ **Αλληλεπίδραση παρατήρησης και πρόβλεψης**
  - ❑ **Παρατήρηση:** Όσα μπορεί κάποιος να δει ή να μετρήσει για ένα σύστημα.
  - ❑ **Πρόβλεψη:** Το μοντέλο καθορίζει της συμπεριφορά του συστήματος
  - ❑ Όταν υπάρχει ασυμφωνία, τότε το σύστημα δυσλειτουργεί
  - ❑ Πρέπει να ανιχνευθούν οι αιτίες της ασυμφωνίας.
- ❖ **Αναγνώριση ανωμαλιών:** Ανίχνευση ασυμφωνίας μεταξύ μοντέλου και τρέχουσας συμπεριφοράς του συστήματος
  - ❑ Ευριστική κατηγοριοποίηση
- ❖ **Δημιουργία και έλεγχος υποθέσεων:**
  - ❑ Δημιουργούνται γενικές υποθέσεις που ταιριάζουν με την παρατήρηση
  - ❑ Οι υποθέσεις ελέγχονται αν εξηγούν τις ασυμφωνίες
  - ❑ Οι υποθέσεις που εξηγούν τις ασυμφωνίες ταξινομούνται βάσει κριτηρίων αξιολόγησης
- ❖ **Διάκριση υποθέσεων:**
  - ❑ Όταν υπάρχουν πολλές υποθέσεις και χρειάζεται απόλυτη διάγνωση
  - ❑ Γίνονται μετρήσεις, ώστε να αποκλείονται όλες οι υποθέσεις πλην μιας
  - ❑ Οι μετρήσεις πρέπει να διαχωρίσουν μια υπόθεση με το λιγότερο δυνατό κόστος



# Δημιουργία και Έλεγχος Υποθέσεων

- ❖ Από τα συμπτώματα προς τις υποθέσεις
  - ❑ Πιθανώς εξηγούν τα συμπτώματα
- ❖ Δημιουργία υποθέσεων: πρόβλημα αναζήτησης
  - ❑ Οι υποθέσεις μικρής πιθανότητας δεν ελέγχονται
- ❖ Έλεγχος υπόθεσης:
  - ❑ Σύγκριση προϋποθέσεων υπόθεσης με τις παρατηρήσεις
  - ❑ Αν προκύψουν ασυμφωνίες, η υπόθεση απορρίπτεται
- ❖ Θέματα προς εξέταση:
  - ❑ Είδος μοντέλου
  - ❑ Πολυπλοκότητα βλάβης
  - ❑ Ιεραρχία υποθέσεων
  - ❑ Αλληλεπίδραση βλαβών

# Παράδειγμα Συστήματος προς Διάγνωση



- ❖  $A_i$ : αθροιστές (adder),  $\Pi_i$ : πολλαπλασιαστές (multiplier)
- ❖ *Χώρος δεδομένων*: όλες οι δυνατές τιμές εισόδου και εξόδου των ολοκληρωμένων
- ❖ *Μετρήσεις*:
  - στα σημεία εισόδου - εξόδου
  - στις θέσεις  $M_i$

# Μοντέλα Συμπεριφοράς

Μοντέλο	Κατάσταση	Πιθανότητα	Έξοδος
<b>Αθροιστή</b>	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	-
<b>Πολλαπλασιαστή</b>	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	-

- ❖ Λειτουργία με 5 δυαδικά ψηφία (bits)
  - Τα παραπάνω ψηφία αποκόπτονται
- ❖  $in_i$ : είσοδοι ολοκληρωμένου
- ❖ Είδη βλαβών που μπορεί να παρουσιάσει ένα ολοκληρωμένο
- ❖ Πιθανότητα εμφάνισης (εργοστασιακές προδιαγραφές)

## Είδος Μοντέλου (1/2)

- ❖ **Κλειστό μοντέλο:** Συγκεκριμένα μόνο είδη προβλημάτων που μπορούν να εμφανιστούν
- ❖ **Ανοικτό μοντέλο:** Διάγνωση βλαβών που δεν έχουν προβλεφθεί ρητά μέσω συλλογιστικής
- ❖ *Σύνολο υποθέσεων:* αιτίες που μπορούν να προκαλέσουν δυσλειτουργία
- ❖ Προσδιορισμός συνιστωσών του συστήματος που θα μοντελοποιηθούν
- ❖ **Παράδειγμα:** Τα ολοκληρωμένα κυκλώματα αποτελούν μέρος του μοντέλου
  - ❑ Όχι οι γραμμές σύνδεσης
  - ❑ Παρουσιάζουν προβλήματα πολύ σπάνια
  - ❑ Δεν μπορεί να αποκλειστεί (θεωρητικά) η δυσλειτουργία τους
- ❖ *Καθορισμός βλαβών που θα διαγνώσκονται*
- ❖ **Παράδειγμα:** Κάθε ολοκληρωμένο έχει 4 πιθανές καταστάσεις
  - ❑ 1 ορθής λειτουργίας, 3 βλάβης
  - ❑ Η 4<sup>η</sup> περιλαμβάνει όλες τις αναπάντεχες βλάβες

## Είδος Μοντέλου (2/2)

- ❖ Αλληλεπιδράσεις εξαρτημάτων που προκαλούν δυσλειτουργίες
  - ❑ Το κάθε ένα ξεχωριστά δεν εμφανίζει πρόβλημα
  - ❑ Π.χ. ηλεκτρομαγνητικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ κυκλωμάτων
- ❖ Όσο περισσότερες αιτίες μοντελοποιούνται, τόσο πιο δύσκολη γίνεται η διάγνωση.
  - ❑ Συνδυαστική έκρηξη στην αναζήτηση
  - ❑ Ιεράρχηση πιθανότητας εμφάνισης βλαβών
  - ❑ Ομάδες υποθέσεων με κριτήριο την πιθανότητα εμφάνισης
  - ❑ Εξετάζονται πρώτα οι ομάδες των πιο πιθανών υποθέσεων

# Πολυπλοκότητα Βλάβης

- ❖ **Απλές Βλάβες:** Το σύστημα παρουσιάζει μόνο μια βλάβη κάθε φορά
- ❖ **Πολλαπλές Βλάβες:** Οι βλάβες επηρεάζουν η μία τα συμπτώματα της άλλης
- ❖ **Σειριακή εξέταση υποθέσεων:** Οι υποθέσεις δεν αλληλεπιδρούν
  - ❑ Τα συμπτώματα εξετάζονται κατά σειρά σπουδαιότητας
  - ❑ Όταν βρεθεί μια υπόθεση που εξηγεί κάποια συμπτώματα, αυτά αφαιρούνται από το σύνολο συμπτωμάτων
  - ❑ Μέχρι να εξηγηθούν όλες οι υποθέσεις και συμπτώματα
  - ❑ Αν δεν είναι δυνατό, γίνεται **οπισθοδρόμηση** και αναζητούνται άλλες υποθέσεις
- ❖ **Σύνθετες υποθέσεις**
  - ❑ Ταυτόχρονη εμφάνιση πολλών απλούστερων υποθέσεων
  - ❑ Μεγάλος αριθμός των σύνθετων υποθέσεων
  - ❑ **n** εξαρτήματα, **k** απλές βλάβες: σύνθετες υποθέσεις  $n!/(k!(n-k)!)$

# Παράδειγμα Σύνθετων Υποθέσεων

- ❖ 2 αθροιστές, 2 πολλαπλασιαστές, κάθε ένας έχει 3 καταστάσεις βλάβης
  - ❑  $2^4=16$  σύνθετες υποθέσεις
  - ❑ 0 βλάβες: 1 υπόθεση, 1 βλάβη: 4 υποθέσεις, 2 βλάβες: 6 υποθέσεις, 3 βλάβες: 4 υποθέσεις, 4 βλάβες: 1 υπόθεση
- ❖ Για κάθε σύνθετη υπόθεση υπολογίζεται η πιθανότητα
- ❖ Υπόθεση  $[A2_\sigma]$ : ο αθροιστής  $A2$  έχει μονίμως 0 στο πιο σημαντικό ψηφίο εξόδου
  - ❑ Τα υπόλοιπα 3 ολοκληρωμένα λειτουργούν κανονικά
  - ❑ Πλήρης μορφή υπόθεσης:  $[A1_\lambda, A2_\sigma, P1_\lambda, P2_\lambda]$
- ❖ Πιθανότητα να ισχύουν και οι 4 απλές υποθέσεις:
  - ❑  $0.9984 \times 0.0009 \times 0.9984 \times 0.9984 = 8.9569 \times 10^{-3}$  (γινόμενο πιθανοτήτων)
  - ❑ Προϋπάρχουσα πιθανότητα (prior probability)
- ❖ Εάν βρεθεί ότι ο  $A1$  λειτουργεί κανονικά, τότε η πιθανότητα του  $A1_\lambda$  γίνεται 1
  - ❑ Η συνολική πιθανότητα της σύνθετης υπόθεσης αυξάνεται
  - ❑ Εκ των υστέρων πιθανότητα

# Ιεραρχίες Υποθέσεων

- ❖ Βελτιώνουν την απόδοση διάγνωσης με σύνθετες υποθέσεις
  - ❑ Η ιεραρχία μειώνει το μέγεθος του χώρου αναζήτησης
  - ❑ Μία ομάδα υποθέσεων αντιμετωπίζεται ως μία υπόθεση
- ❖ Βασίζονται σε επίπεδα γενίκευσης και σχέσεις εξάρτησης μεταξύ υποσυστημάτων
- ❖ Η λεπτομέρεια του κατώτερου επιπέδου καθορίζει την ακρίβεια της διάγνωσης
- ❖ **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
- ❖ Εάν το κύκλωμα αποτελεί μέρος ενός μεγαλύτερου κυκλώματος
  - ❑ Το ανώτερο επίπεδο καταλήγει στο συμπέρασμα ότι το σύστημα λειτουργεί ή όχι
  - ❑ Προσδιορίζει το είδος της δυσλειτουργίας
  - ❑ Δεν προσδιορίζει ποιο ολοκληρωμένο προκαλεί τη δυσλειτουργία
  - ❑ Είναι ευθύνη του κατώτερου επιπέδου



# Αλληλεπίδραση Βλαβών

- ❖ Ποιο σύμπτωμα προκαλείται από ποια αιτία;
- ❖ Όταν δεν λαμβάνονται υπόψη οι αλληλεπιδράσεις των αιτίων (βλαβών) δεν γίνονται πάντα σωστές διαγνώσεις
- ❖ *Ιδανική περίπτωση*: Κάθε αιτία έχει ένα και μόνο ένα σύμπτωμα
- ❖ Συνήθως υπάρχουν πολλαπλά συμπτώματα

# Ταυτόχρονη Εμφάνιση Πολλών Αιτίων

Περίπτωση	Συμπτώματα	Εξήγηση
Ιδανική	<b>Απλά:</b> $ \Sigma(\{A\})  = 1$	Κάθε αιτία έχει ένα και μόνο ένα σύμπτωμα
	<b>Μη αλληλεπικαλυπτόμενα:</b> $\Sigma(\{A1\}) \cap \Sigma(\{A2\}) = \emptyset$	Διαφορετικές αιτίες έχουν διαφορετικά συμπτώματα
	<b>Ανεξάρτητα:</b> $\Sigma(\{A, B\}) = \Sigma(\{A\}) \cup \Sigma(\{B\})$	
Πραγματική	<b>Πολλαπλά:</b> $ \Sigma(\{A\})  \geq 1$	Μία αιτία μπορεί να έχει περισσότερα από ένα συμπτώματα
	<b>Αλληλεπικαλυπτόμενα:</b> $\Sigma(\{A\}) \cap \Sigma(\{B\}) \neq \emptyset$	Διαφορετικές αιτίες μπορούν να έχουν κοινά συμπτώματα ✓ Π.χ. πολλές ασθένειες έχουν σαν σύμπτωμα την εμφάνιση πυρετού
	<b>Αλληλοαναιρούμενα:</b> $\Sigma(\{A, B\}) \subset \Sigma(\{A\}) \cup \Sigma(\{B\})$	Τα συμπτώματα που παρατηρούνται είναι υποσύνολο της ένωσης των συμπτωμάτων που εμφανίζει κάθε αιτία ξεχωριστά, αφού μπορεί συμπτώματα της μιας αιτίας να αναιρούν συμπτώματα της άλλης ✓ Π.χ., το pH ασθενή που έχει ταυτόχρονα σαλμονέλωση και κάνει έμετο είναι ουδέτερο, αφού κατά τον έμετο παράγονται οξέα (μείωση pH), ενώ η σαλμονέλωση παράγει βάσεις (αύξηση pH)
	<b>Συνεργατικά:</b> $\Sigma(\{A, B\}) \supset \Sigma(\{A\}) \cup \Sigma(\{B\})$	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. ✓ Π.χ. ασθενής με αδύναμη καρδιά και ίωση στο αναπνευστικό σύστημα, μπορεί να παρουσιάσει δύσπνοια, ενώ καμία από τις δύο μεμονωμένες αιτίες δεν έχει σαν σύμπτωμά της τη δύσπνοια.

# Διάκριση Υποθέσεων (Hypotheses Discrimination)

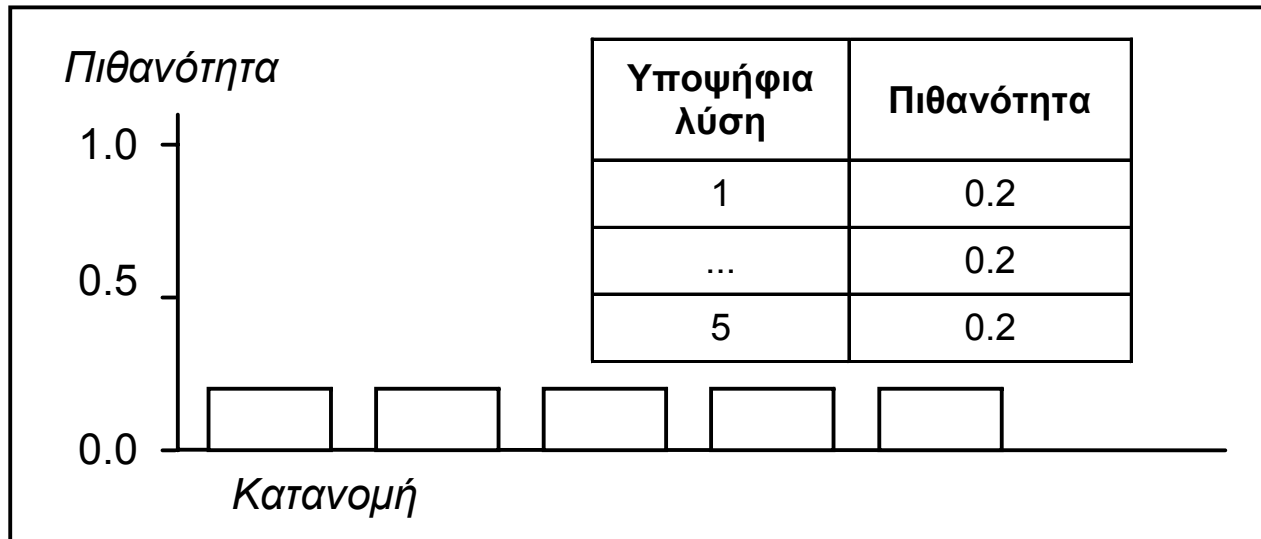
- ❖ Επιλογή μιας υπόθεσης που εξηγεί τα παρατηρούμενα συμπτώματα
- ❖ Συλλογή κατάλληλων δεδομένων
  - ❑ Αδύνατο να συλλεχθούν όλα τα δεδομένα
  - ❑ Σωστή επιλογή επιπρόσθετων μετρήσεων
  - ❑ Απόρριψη όλων πλην μιας από τις υποψήφιες υποθέσεις, με το ελάχιστο δυνατό κόστος
- ❖ Προσέγγιση καθοδηγούμενων δοκιμών (guided-probe approach)
- ❖ Ζεύγη υποθέσεων, των οποίων τα συμπτώματα:
  - ❑ Συμφωνούν με τις παρατηρήσεις
  - ❑ Παρουσιάζουν ασυμφωνία σε συμπτώματα που δεν παρατηρήθηκαν
- ❖ Λήψη μέτρησης για την απόρριψη μιας από τις δύο υποθέσεις
  - ❑ Μέχρι να μείνει μόνο μία υπόθεση
- ❖ Π.χ., ένας ασθενής παρουσιάζει πυρετό, οπότε είτε έχει *ίωση* ή *απλό κρυολόγημα*
  - ❑ Αν έχει *ίωση* θα παρουσίαζε πονόλαιμο, βήχα, κλπ.
  - ❑ Αν εμφανίζει ένα από τα επιπλέον συμπτώματα, μπορεί να ξεχωρίσει μία από τις δύο υποψήφιες υποθέσεις
- ❖ Πραγματοποιούνται περισσότερες μετρήσεις από τις ελάχιστες

# Εντροπία του Shannon

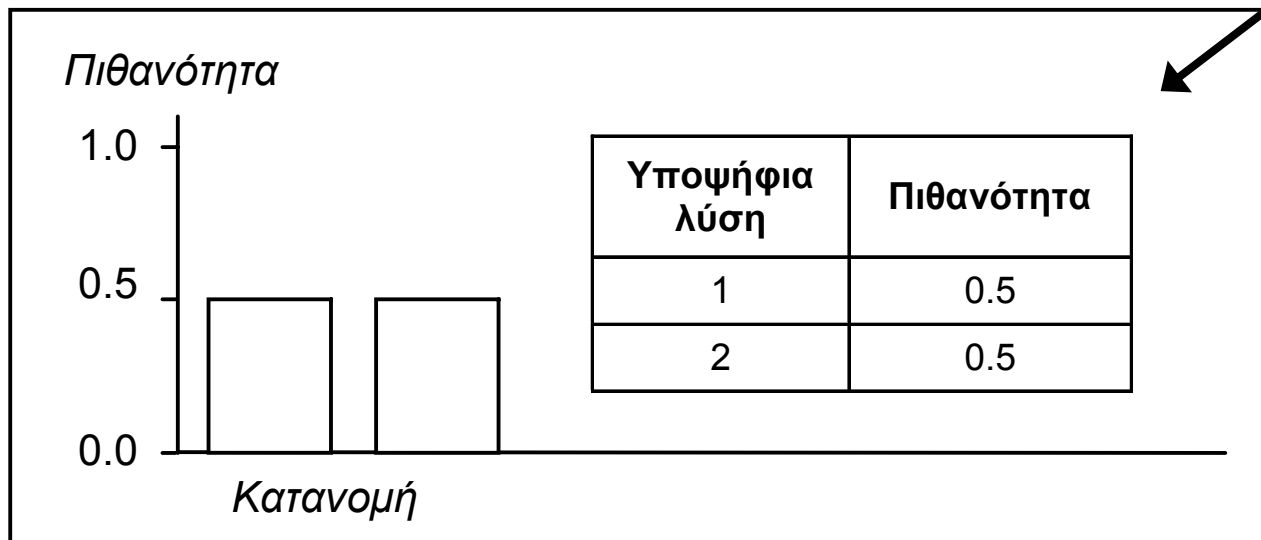
- ❖ **Ιδανική περίπτωση:** Η διάγνωση δίνει αποτέλεσμα μία υπόθεση με πιθανότητα 1.
- ❖ **Πραγματικότητα:** Ένα σύνολο υποθέσεων με κατανομή πιθανοτήτων.
- ❖ Η εντροπία ελέγχει την κατανομή υποθέσεων
  - ❑ Όσο μικρότερη εντροπία τόσο καλύτερα
- ❖ Όταν υπάρχουν ενδιάμεσοι έλεγχοι:
  - ❑ Υπολογίζεται η αναμενόμενη εντροπία όλων των μετρήσεων
  - ❑ Επιλέγεται η πιο "ωφέλιμη" μέτρηση (μικρότερη τιμή εντροπίας)
- ❖ **Μειονεκτήματα:**
  - ❑ Δεν εκτιμά κόστος και δυσκολία εκτέλεσης μίας μέτρησης
  - ❑ Δεν εκτιμά αβεβαιότητα μετρήσεων-υποθέσεων
  - ❑ Θεωρεί όλες τις υποθέσεις ίσης σπουδαιότητας (π.χ. ίωση vs. καρκίνος).
- ❖ **Θεωρία της αξίας της πληροφορίας (information value theory)**
  - ❑ Συνδυάζει την εντροπία με το κόστος των μετρήσεων

$$H = -\sum_i P_i \log P_i$$

# Παραδείγματα Κατανομών Πιθανοτήτων Υποθέσεων



$$H_1 = -5 \cdot 0.2 \cdot \log(0.2) = 2.32$$



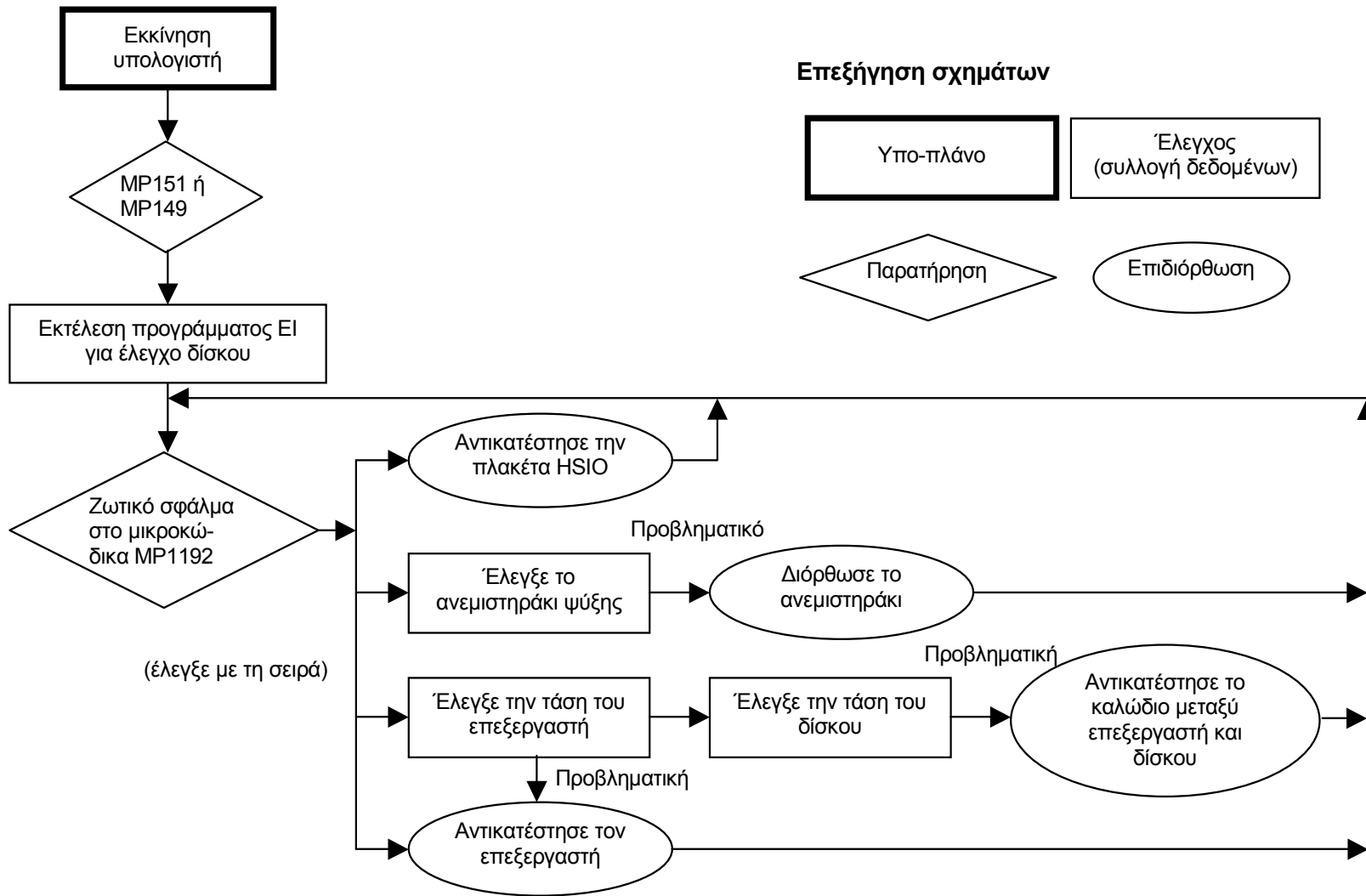
- ❖ Θεωρείται καλύτερη κατανομή
- ❖ Διάκριση μεταξύ 2 υποθέσεων (και όχι 5)
- ❖ Διάγνωση με λιγότερες μετρήσεις

$$H_2 = -2 \cdot 0.5 \cdot \log(0.5) = 1$$

# Μελέτη Περίπτωσης - Το Σύστημα DARN

- ❖ Σύστημα διάγνωσης και επισκευής βλαβών σε ελεγκτές δίσκων σταθμών εργασίας και φωτοτυπικά μηχανήματα
  - ❑ Χρησιμοποιεί **έτοιμα** plána διάγνωσης και επιδιόρθωσης βλαβών
  - ❑ "Ηλεκτρονικά" εγχειρίδια εκπαίδευσης τεχνικών
- ❖ **Χάρτης ροής (flow chart)**
  - ❑ Διαγνωστικά τεστ.
  - ❑ Αποφάσεις με βάση τα αποτελέσματα των τεστ.
  - ❑ Ακολουθίες ενεργειών επιδιόρθωσης.
- ❖ Προκαθορισμένες διαδικασίες και πρωτόκολλα
  - ❑ Δεν έχει αναπαράσταση δομής και συμπεριφοράς
- ❖ Το DARN διαθέτει:
  - ❑ Διασύνδεση, για εκτέλεση plánων και εμπλουτισμό με νέα plána
  - ❑ Γλώσσα περιγραφής plánων
- ❖ **Πλεονεκτήματα:**
  - ❑ Αλληλεπίδραση τεχνικού με τον υπολογιστή
  - ❑ Ευκολία διαχείρισης και διανομής plánων

# Απόσπασμα Χάρτη Ροής από το Σύστημα DARN

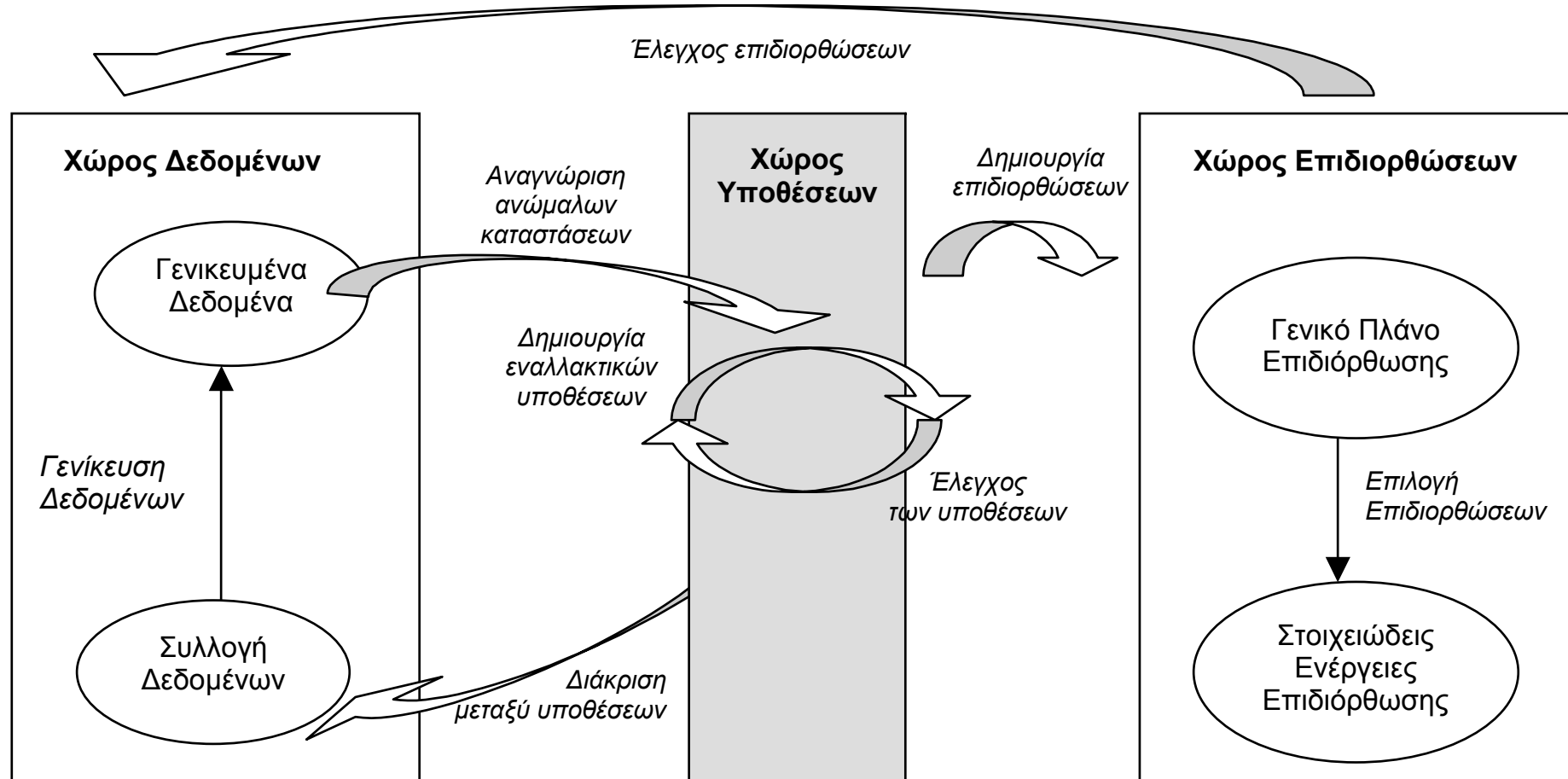


# Χώροι Υποθέσεων στο DARN

- ❖ Αναπαράσταση χώρου δεδομένων
  - ❑ Καταχώρηση παρατηρήσεων - μετρήσεων
- ❖ Αναπαράσταση χώρου επιδιορθώσεων
  - ❑ Ενέργειες επισκευής (βήματα στους χάρτες ροής)
- ❖ Δεν αναπαριστά άμεσα το χώρο υποθέσεων
  - ❑ Οι υποθέσεις εμφανίζονται έμμεσα
  - ❑ Το σύστημα παρουσιάζει μηνύματα κατά την εκτέλεση των βημάτων
- ❖ Δεν αναπαριστά μοντέλο συστήματος



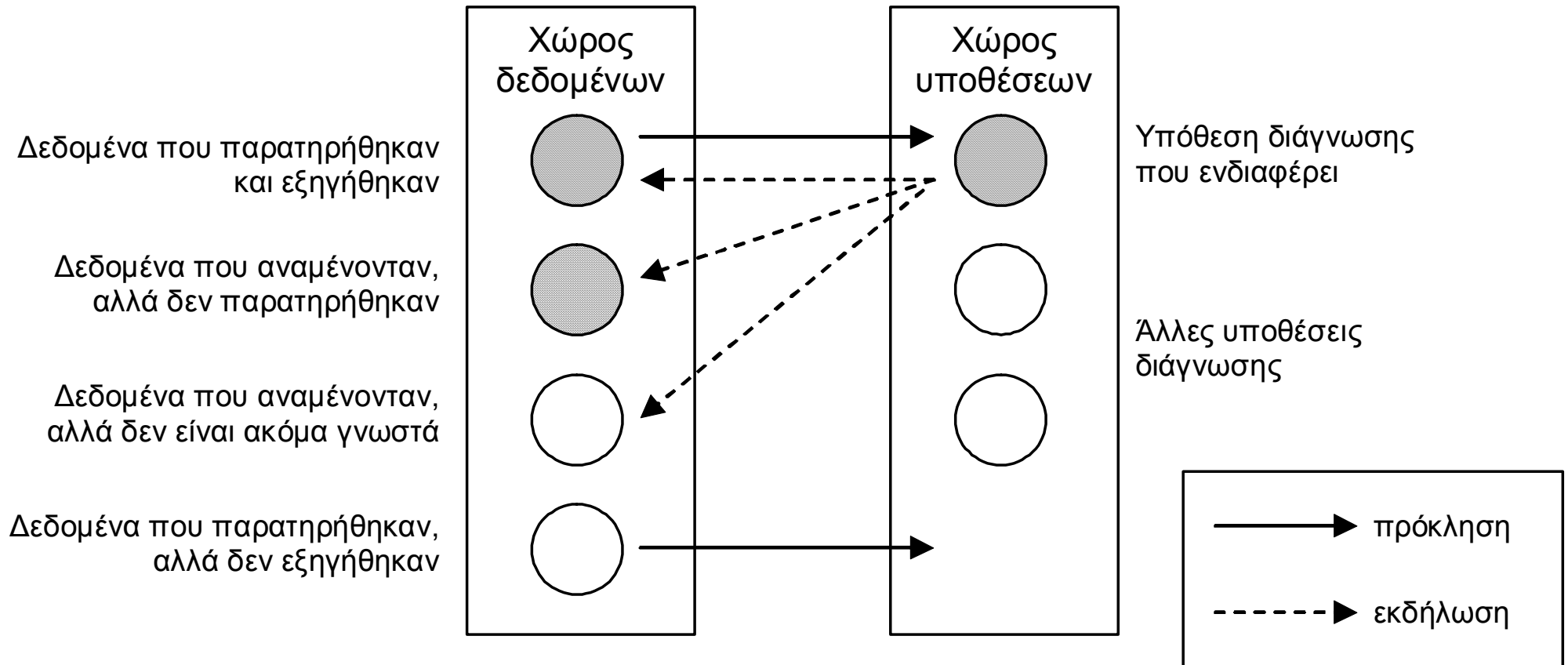
# Χώροι Υποθέσεων στο DARN



# Μελέτη Περίπτωσης - Το Σύστημα INTERNIST

- ❖ Διάγνωση σε ιατρικά θέματα
  - ❑ Μοντέλο κατηγοριοποίησης
- ❖ Προσπαθεί να ξεχωρίσει ασθένειες που έχουν κοινά συμπτώματα
  - ❑ Σειριακή εξέταση υποθέσεων
  - ❑ Ταυτόχρονη ύπαρξη πολλών ασθενειών
- ❖ Βάση γνώσης:
  - ❑ Συμπτώματα ή Δεδομένα (3550)
  - ❑ Υποθέσεις (500)
  - ❑ Συσχετίσεις μεταξύ υποθέσεων και δεδομένων (6500)
- ❖ **Πρόκληση (evocation):** Συνδέει παρουσία συμπτώματος με ύπαρξη υπόθεσης
  - ❑ Π.χ., σύμπτωμα "ωχρότητα": συνδέεται με την υπόθεση "έλλειψης σιδήρου" και την υπόθεση "αναιμία"
- ❖ **Εκδήλωση (manifestation):** Συνδέει ύπαρξη υπόθεσης με παρουσία συμπτώματος
  - ❑ Π.χ., υπόθεση "κίρρωση χολή", συνδέεται με το σύμπτωμα "ίκτερος"

# Σχέσεις Μεταξύ των Δεδομένων και των Υποθέσεων



# Μεγέθη Δεδομένων και Συσχετίσεων

- ❖ Η συσχέτιση μεταξύ δεδομένων δεν είναι αυστηρή.
- ❖ 4 μεγέθη που χαρακτηρίζουν τις σχέσεις και τα δεδομένα
  - ❑ Χρησιμοποιούνται στη διάγνωση, για αναζήτηση "πρώτα στο καλύτερο"
- ❖ **Δύναμη πρόκλησης (evoking strength):  $L(D_i | M_\alpha)$** 
  - ❑ Πιθανότητα η υπόθεση  $D_i$  να είναι αιτία του συμπτώματος  $M_\alpha$  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 τα ακόλουθα:

i. Έως ότου επιβεβαιωθεί κάποια υπόθεση, επανέλαβε τα ακόλουθα:

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.

ii. 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:

- i. Ερεύνησε τη λίστα των συμπτωμάτων που σχετίζονται με την ασθένεια.
  - 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.
- ii. 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 του συνόλου των υποθέσεων

### ❖ Διαδικασία `differential_diagnosis`

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

# Ο Αλγόριθμος Εκτέλεσης του INTERNIST (2/3)

## Επιλογή της Επόμενης Ερώτησης

❖ Διαδικασία `next_question`

❖ Ευριστικοί κανόνες:

1. Προσπάθησε να αυξήσεις τη διαφορά βαθμολογίας της υψηλότερης υπόθεσης έτσι ώστε να είναι 90 βαθμούς παραπάνω από τη δεύτερη. Αν συμβεί κάτι τέτοιο, τότε η πρώτη θεωρείται επιβεβαιωμένη
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.
3. Πρώτα πρώτα τις ερωτήσεις χαμηλότερου κόστους.
4. Πρώτα κάθε φορά όχι μία αλλά περισσότερες ερωτήσεις, αν είναι δυνατόν.



# Ο Αλγόριθμος Εκτέλεσης του INTERNIST

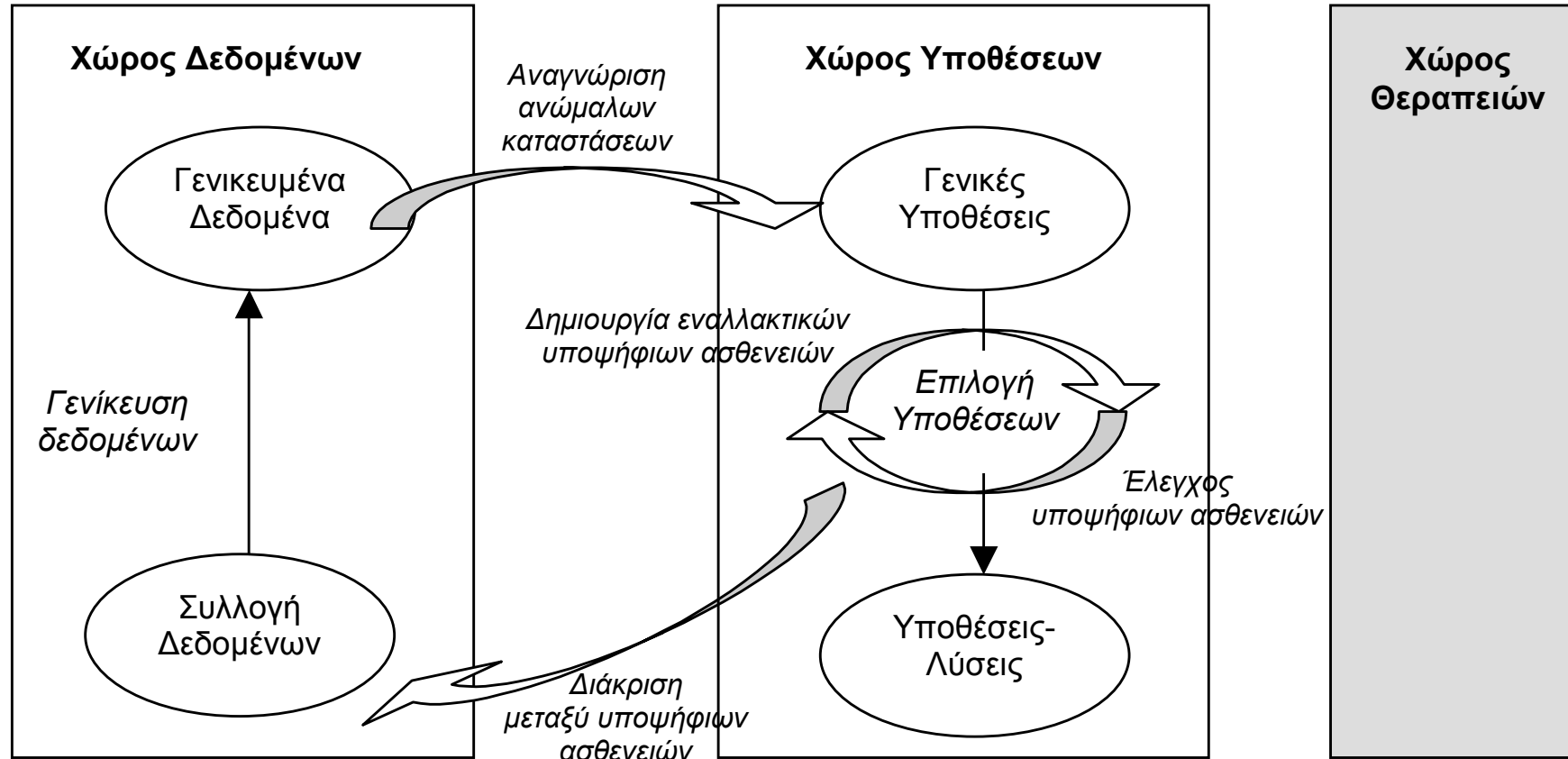
## Επιβεβαίωση διάγνωσης

- ❖ Όλα τα παρόντα συμπτώματα που σχετίζονται με την ασθένεια σημειώνονται ως εξηγηθέντα
  - ❑ Δε λαμβάνονται πλέον υπόψη
- ❖ Υπάρχουν ασθένειες που συνδέονται με την επιβεβαιωμένη ασθένεια;
  - ❑ Η βαθμολογία τους αυξάνεται μέσω των βαρών των δεσμών
- ❖ Υπάρχουν σοβαρά συμπτώματα που δεν έχουν εξηγηθεί;
  - ❑ Ο κύκλος επαναλαμβάνεται βαθμολογώντας τις ασθένειες με τα υπόλοιπα συμπτώματα

## Οι Χώροι Αναζήτησης του INTERNIST

- ❖ Αναπαράσταση χώρου δεδομένων και χώρου υποθέσεων
- ❖ Δε διαθέτει χώρο θεραπειών
  - ❑ Το σύστημα προοριζόταν μόνο για διάγνωση
- ❖ Δεν υπάρχει μοντέλο συστήματος
  - ❑ Π.χ. ανατομίας, χρονική εξέλιξη συμπτωμάτων, κλπ.
- ❖ Caduceus: μετεξέλιξη του Internist

# Οι Χώροι Αναζήτησης του INTERNIST



# Μελέτη Περίπτωσης - Το Σύστημα SORHIE-III

- ❖ Σύστημα διάγνωσης βλαβών σε κυκλώματα
  - ❑ Ανεξάρτητο από το εκάστοτε κύκλωμα (domain-independent)
- ❖ **Συλλογιστική μοντέλων:** Αναπαριστά το μοντέλο συστήματος (συσκευές και διασυνδέσεις)
  - ❑ Οι συσκευές μπορεί να βρίσκονται σε διάφορες καταστάσεις, κανονικής λειτουργίας ή βλάβης
- ❖ Δέχεται μετρήσεις που λαμβάνονται σε κάποια σημεία
  - ❑ Μέσω κανόνων, εξάγει τιμές που πρέπει να έχουν οι μετρήσεις σε άλλα σημεία
  - ❑ Ελέγχει την ορθότητα λειτουργίας των συσκευών
- ❖ Παραδοχή ύπαρξης μίας μόνο βλάβης
- ❖ **Σκοπός:** Εκπαίδευση νέων τεχνικών
- ❖ Εξερεύνηση τεχνικών μοντελοποίησης σπουδαστή, διδασκαλίας μέσω υπολογιστή, μοντελοποίησης εμπειρίας για αντιμετώπιση βλαβών
- ❖ Νέες ιδέες που αξιοποιήθηκαν και από άλλα συστήματα

# Μοντελοποίηση στο SOPHIE-III

- ❖ *Χαμηλό επίπεδο*: απλά εξαρτήματα και διασυνδέσεις
  - ❑ Μοντέλο συμπεριφοράς εξαρτημάτων (έξοδος  $\equiv$  συνάρτηση εισόδων)
  - ❑ Πιθανές βλάβες εξαρτημάτων
- ❖ *Ανώτερο επίπεδο*: Μεγαλύτερα τμήματα του κυκλώματος (**ιεραρχία μονάδων**)
  - ❑ Αν μια σύνθετη μονάδα λειτουργεί κανονικά, τότε το ίδιο και οι υπομονάδες της
- ❖ **Παραδοχές**:
  - ❑ Μόνο γνωστές βλάβες
  - ❑ Μία βλάβη τη φορά (**single-fault assumption**)
- ❖ **Παθητική διάγνωση**: Συμπεράσματα που προκύπτουν μετά από συλλογή μετρήσεων
- ❖ **Ενεργητική διάγνωση**: Επιλογή επομένων μετρήσεων για διάκριση μεταξύ υποψηφίων υποθέσεων
- ❖ **Χώροι αναζήτησης**:
  - ❑ Αναπαράσταση χώρου δεδομένων και χώρου υποθέσεων
  - ❑ Μοντέλο συστήματος
  - ❑ Δεν υπάρχει αναπαράσταση του χώρου επιδιορθώσεων

# Χώροι Αναζήτησης του SORHIE-III

