



Συστήματα Γνώσης

Θεωρητικό Κομμάτι Μαθήματος
Ενότητα 8: Επαλήθευση και Έλεγχος Αξιοπιστίας

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



Επαλήθευση και Έλεγχος Αξιοπιστίας

Έλεγχος Συστήματος

- **Επαλήθευση (verification) ≡**
Η σωστή (ορθή) ανάπτυξη του συστήματος
 - Building the system right. (O'Keefe, 1987)
- **Έλεγχος Αξιοπιστίας – Εγκυροποίηση (validation) ≡**
Η ανάπτυξη του σωστού (κατάλληλου) συστήματος
 - Building the right system. (O'Keefe, 1987)



Επαλήθευση (verification)

- Έλεγχος της συμβατότητας του συστήματος με τις αρχικές προδιαγραφές
- Επιβεβαίωση της συνέπειας και πληρότητας της κωδικοποίησης της γνώσης που περιέχεται στο σύστημα γνώσης
- Έλεγχος λαθών που οφείλονται στους κατασκευαστές του συστήματος.



Επαλήθευση (verification)

- Δεν ελέγχεται η ίδια η γνώση που εκμαιεύτηκε αλλά ο τρόπος με τον οποίο υλοποιήθηκε.
- Ο έλεγχος πραγματοποιείται από το μηχανικό της γνώσης με τη βοήθεια εργαλείων (π.χ. Check, Teiresias)



Λάθη στις Δομημένες Αναπαραστάσεις Γνώσης

- Οφείλονται συνήθως σε εννοιολογικές παρανοήσεις
- **Λάθη ταξινόμησης**
 - Κάποια κλάση τοποθετείται σε άλλο σημείο της ιεραρχίας από εκείνο που θα έπρεπε.
- **Λάθη ιδιοτήτων**
 - Κάποιες ιδιότητες τοποθετούνται σε λάθος σημεία της ιεραρχίας
 - Π.χ. αν κάποια ιδιότητα s αποδίδεται και στις δύο υποκλάσεις B και C της κλάσης A , τότε το ορθότερο είναι η ιδιότητα αυτή να ορισθεί στην κλάση A αντί στις υποκλάσεις της.
- **Λάθη τιμών**
 - Οι ιδιότητες κάποιων αντικειμένων είτε παίρνουν τιμές αντίθετες με τους περιορισμούς της ιδιότητας, είτε παίρνουν την εξ' ορισμού τιμή, ενώ δεν είναι απαραίτητο.



Πιθανά Συντακτικά και Σημασιολογικά Λάθη σε Συστήματα Κανόνων

- Πλεονάζοντες (redundant) κανόνες
- Αντικρουόμενοι (conflicting) κανόνες
- Υπονοούμενοι (subsumed) κανόνες
- Κυκλικοί (circular) κανόνες
- Μη αναγκαίες (unnecessary) συνθήκες
- Αδιέξοδοι (dead-end) κανόνες
- Απόντες (missing) κανόνες
- Μη προσβάσιμοι (unreachable) κανόνες



Πλεονάζοντες κανόνες

- **Συντακτικός πλεονασμός:** Ίδιες συνθήκες και συμπέρασμα.
- Μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα όταν συνοδεύονται από συντελεστές βεβαιότητας, γιατί αυξάνουν τεχνητά τη βεβαιότητα του συμπεράσματος.



ΣΥΝΤΑΚΤΙΚΟΣ ΠΛΕΟΝΑΣΜΟΣ

(defrule **rule1**

(humidity high)

(temperature hot)

=>

(assert (weather thunderstorms)))

(defrule **rule2**

(temperature hot)

(humidity high)

=>

(assert (weather thunderstorms)))



Συντελεστές Βεβαιότητας

- IF A THEN B (CF=0,9)
 - Αν σίγουρα ισχύει το A, τότε το B ισχύει με βεβαιότητα 0,9 (90%)
 - Αν το A ισχύει με βεβαιότητα μικρότερη (π.χ. 0,8 ή 80%), τότε το B ισχύει με μικρότερη βεβαιότητα ($0,8 * 0,9 = 0,72$ ή 72%)
- Αν υπάρχει ο ίδιος κανόνας 2η φορά, ακόμα και με το ίδιο CF, τότε οι βεβαιότητες των 2 κανόνων συνδυάζονται με βάση τον τύπο:
 - $CF = CF1 + CF2 - CF1 * CF2$
 - Π.χ. $CF = 0,9 + 0,9 - 0,9 * 0,9 = 0.99$ ή 99%



Πλεονάζοντες κανόνες

- **Σημασιολογικός πλεονασμός:** Συνθήκες ή/και συμπεράσματα μπορεί να είναι διαφορετικά στη σύνταξη αλλά ίδια στη σημασία.
 - Είναι πιο σπάνιο φαινόμενο
 - Αντιμετωπίζεται δυσκολότερα λόγω αδυναμίας αυτόματου ελέγχου από το σύστημα της ομοιότητας των εννοιών
 - Οφείλεται στη μη σωστή δόμηση του συστήματος εννοιών (πλαίσια, οντολογίες)
 - Αν υπάρχουν τα παραπάνω, μπορεί να ελεγχθεί



Σημασιολογικός πλεονασμός

(defrule **rule3**

(humidity high)

(temperature hot)

=>

(assert (weather thunderstorms)))

(defrule **rule4**

(temperature hot)

(humidity high)

=>

(assert (weather electrical-storms)))



Αντικρουόμενοι κανόνες

- Ίδιες συνθήκες, διαφορετικά συμπεράσματα
- Αντιμετωπίζεται όπως και ο σημασιολογικός πλεονασμός (με οντολογίες)
 - Όταν υπάρχουν κλάσεις που μπορούν να δηλωθούν ως «ξένες» μεταξύ τους (disjoint)



Αντικρουόμενοι κανόνες

(defrule **rule5**

(temperature hot)

(humidity high)

=>

(assert (weather **thunderstorms**)))

(defrule **rule6**

(temperature hot)

(humidity high)

=>

(assert (weather **sunshine**)))



Υπονοούμενοι κανόνες

- Αν ένας κανόνας έχει περισσότερους περιορισμούς στη συνθήκη του από έναν άλλο, ενώ και οι δύο έχουν το ίδιο συμπέρασμα.
- Μόνο ένας κανόνας είναι απαραίτητος.
- Αν υπάρχουν συντελεστές βεβαιότητας, τότε μπορεί οι υπονοούμενοι κανόνες να χρησιμεύουν στην αύξηση της βεβαιότητας του συμπεράσματος.
 - *It's not a bug; it's a feature!*



Υπονοούμενοι κανόνες

(defrule **rule7**

(temperature hot)

(humidity high)

(pressure low)

=>

(assert (weather thunderstorms)))

(defrule **rule8**

(temperature hot)

(humidity high)

=>

(assert (weather thunderstorms)))

*Είτε ο **rule7** είναι
πολύ εξειδικευμένος
ενώ δε χρειάζεται*

*ή ο **rule8** είναι πολύ
γενικός.*



Υπονοούμενοι κανόνες

(defrule **rule7**

CF=0,5

...

=>

(assert (weather thunderstorms)))

*Αν ισχύει μόνο **temperature hot** και **humidity high** η βεβαιότητα καταιγίδας είναι 0,7 (λόγω **rule8**).*

(defrule **rule8**

CF=0,7

...

=>

(assert (weather thunderstorms)))

*Αν επιπλέον ισχύει ότι **pressure low**, τότε η βεβαιότητα αυξάνει σε 0,85 (λόγω **rule8** και **rule7**).*



Κυκλικοί κανόνες

- Δημιουργούν προβλήματα τερματισμού (αένας βρόχος - infinite loop)
- Εμφανίζονται με 2 μορφές:
 - **Συντακτικά κυκλικοί κανόνες**: Η συνθήκη κάποιου κανόνα αποτελεί συμπέρασμα κάποιου άλλου και αντίστροφα.
 - **Κυκλικά δεδομένα**: Η συνθήκη και το συμπέρασμα κάποιου κανόνα αναφέρονται σε δεδομένα που συνδέονται μεταξύ τους κυκλικά



ΣΥΝΤΑΚΤΙΚΑ ΚΥΚΛΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΕΣ

(defrule **rule9**

(brothers ?x ?y)

=>

(assert (same-parents ?x ?y)))

(defrule **rule10**

(same-parents ?x ?y)

=>

(assert (brothers ?x ?y)))

*Δημιουργείται πρόβλημα **μόνο** στα συστήματα παραγωγής που δεν ελέγχουν αν κάποιο συμπέρασμα έχει εισαχθεί ξανά.*

Π.χ. στο CLIPS δεν υπάρχει πρόβλημα.



Κυκλικά δεδομένα

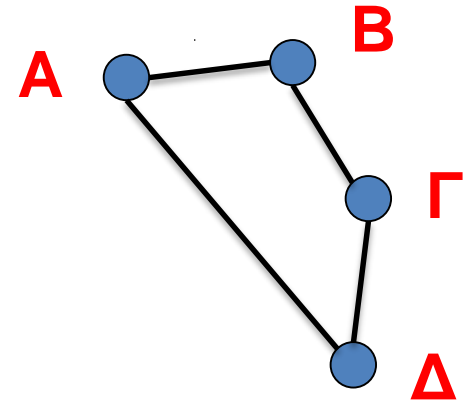
(defrule **rule11**

(important-city ?x)

(connected-with-road ?x ?y)

=>

(assert (important-city ?y)))



- Δημιουργείται πρόβλημα τερματισμού μόνο αν τα δεδομένα έχουν κυκλική αλληλεξάρτηση.



Μη αναγκαίες συνθήκες

- Δύο κανόνες με ίδια συμπεράσματα αλλά περίπου ίδιες συνθήκες
 - Οι 2 κανόνες πρέπει να συμπυκνωθούν σε 1
- Πολλές φορές τέτοιες καταστάσεις προκαλούνται όχι λόγω άχρηστων συνθηκών αλλά λόγω:
 - Ελλιπών συνθηκών
 - Λάθος κωδικοποίηση της γνώσης
 - Λάθος στην εκμαιευμένη γνώση



Μη αναγκαίες συνθήκες

(defrule rule12

(patient ?x)

(has-pink-spots ?x)

(has-fever ?x)

=>

(assert (has-measles ?x)))

(defrule rule13

(patient ?x)

(has-pink-spots ?x)

(not (has-fever ?x))

=>

(assert (has-measles ?x)))

*Η συνθήκη **has-fever** φαίνεται μη αναγκαία για να έχει κάποιος ιλαρά.*



Μη αναγκαίες συνθήκες

- Οι 2 κανόνες πρέπει να συμπυχθούν σε 1

(defrule **rule14**

(patient ?x)

(has-pink-spots ?x)

=>

(assert (has-measles ?x)))



Μη αναγκαίες συνθήκες

(defrule rule12

(patient ?x)

(has-pink-spots ?x)

(has-fever ?x)

=>

(assert (has-measles ?x)))

(defrule rule13

(patient ?x)

(has-pink-spots ?x)

(not (has-fever ?x))

=>

(assert (has-measles ?x)))

*... ή μπορεί
να λείπει
κάποια
συνθήκη από
εδώ*

*... ή από
εδώ...*



Αδιέξοδοι κανόνες

- Κανόνες με συμπεράσματα τα οποία:
 - Δεν ανήκουν στα τελικά συμπεράσματα του συστήματος.
 - Δεν εμφανίζονται στις συνθήκες άλλων κανόνων.

(defrule **rule15**

(gas-gauge empty)

=>

(assert (gas-tank empty)))



Αδιέξοδοι κανόνες

- Ο rule15 είναι αδιέξοδος κανόνας, αν το συμπέρασμα gas tank is empty:
 - Δεν ανήκει στους τελικούς στόχους του συστήματος.
 - Δεν εμφανίζεται στη συνθήκη κάποιου άλλου κανόνα.



Αδιέξοδοι κανόνες

- Προβλήματα που προκαλούν οι αδιέξοδοι κανόνες:
 - Άχρηστα συμπεράσματα (πρόβλημα απόδοσης του συστήματος)
 - Ένδειξη για κανόνες που λείπουν (πρόβλημα ορθότητας-πληρότητας του συστήματος)



Απόντες κανόνες

- Η απουσία κανόνων μπορεί να γίνει αντιληπτή από:
 - Παρουσία γεγονότων που δεν εμφανίζονται στη συνθήκη κανενός κανόνα
 - Παρουσία τελικών συμπερασμάτων που δεν εμφανίζονται στο συμπέρασμα κανενός κανόνα.
 - Ύπαρξη αδιέξοδων κανόνων.

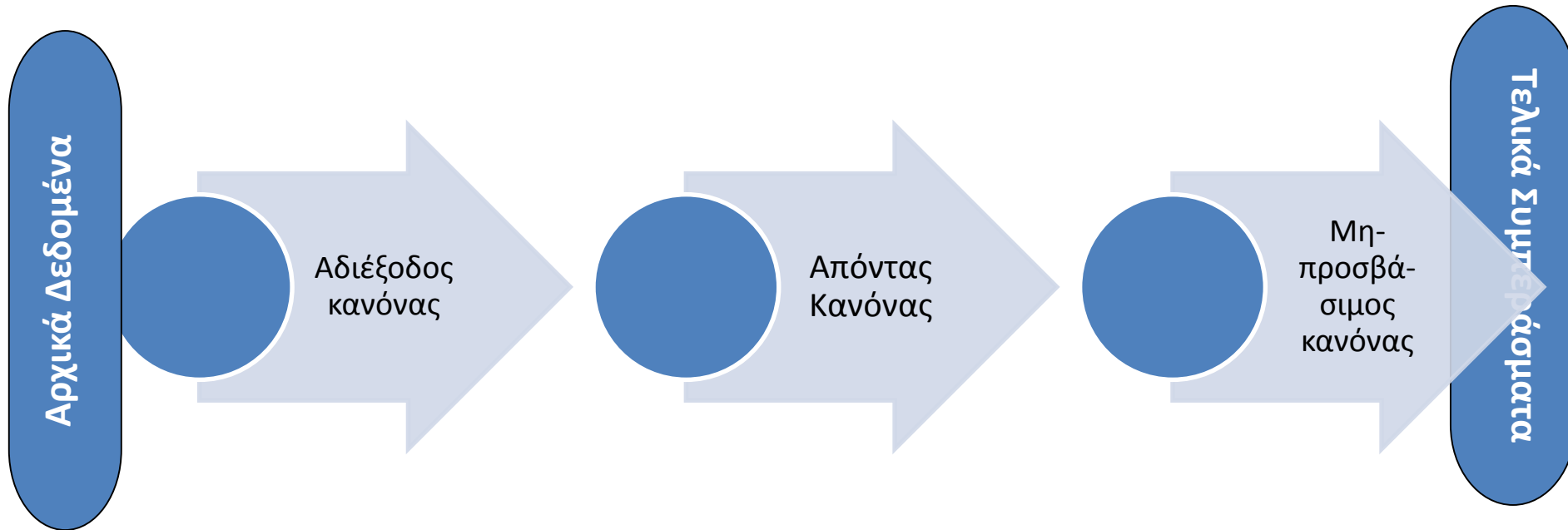


Μη προσβάσιμοι κανόνες

- Κανόνες που δεν ενεργοποιούνται ποτέ γιατί οι συνθήκες στις οποίες στηρίζονται δεν αποτελούν το συμπέρασμα κανενός κανόνα, ούτε ανήκουν στα αρχικά δεδομένα.
- Είναι ακριβώς το αντίθετο των αδιέξοδων κανόνων.



Απόντες, αδιέξοδοι και μη-προσβάσιμοι κανόνες



Έλεγχος Αξιοπιστίας (validation)

- Διαπίστωση της ορθότητας του τελικού συστήματος σε σχέση με τις ανάγκες και απαιτήσεις του τελικού χρήστη.
 - Επιβεβαίωση της ορθότητας των αποτελεσμάτων του συστήματος, όπως και αν αυτή ορίζεται.
 - Επιβεβαίωση ότι το σύστημα ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις των χρηστών



Έλεγχος Αξιοπιστίας (validation)

- Τελικός ποιοτικός έλεγχος στην ανάπτυξη συστημάτων γνώσης.
- Πραγματοποιείται με συνεργασία:
 - του μηχανικού γνώσης,
 - των ειδικών του τομέα γνώσης που βοήθησαν στην εκμείευση, καθώς και
 - των τελικών χρηστών του συστήματος.



Έλεγχος Αξιοπιστίας (validation)

- Ελέγχεται η ορθότητα και γενικότητα της ίδιας της γνώσης που εκμαιεύτηκε και περιέχεται στο σύστημα γνώσης
 - Υποτίθεται ότι δεν υπάρχουν προβλήματα υλοποίησης, αφού έχει προηγηθεί η επαλήθευση.
- Ελέγχεται αν το σύστημα επιλύει τα προβλήματα με ορθό και επακριβή τρόπο.



Μεθοδολογίες Ελέγχου Αξιοπιστίας

- Άτυπος έλεγχος
- Δοκιμασία σε υποδειγματικές περιπτώσεις (test cases)
- Δοκιμασία σε πραγματικές συνθήκες
- Έλεγχος αξιοπιστίας των υποσυστημάτων
- Ανάλυση ευαισθησίας



Άτυπος έλεγχος

- Συναντήσεις μηχανικού γνώσης με ειδικούς κατά τη διάρκεια ανάπτυξης του συστήματος για τον έλεγχο της εγκυρότητας κάποιων αποτελεσμάτων
 - Αν και τέτοιου είδους έλεγχοι είναι χρήσιμοι κατά την διάρκεια ανάπτυξης ενός συστήματος, εντούτοις δεν μπορούν να θεωρηθούν ως πλήρεις και τυπικές διαδικασίες ελέγχου αξιοπιστίας.



Δοκιμασία σε υποδειγματικές περιπτώσεις (test cases)

- Οι λύσεις που δίνει το σύστημα γνώσης συγκρίνονται με λύσεις που δόθηκαν από διάφορους ειδικούς του τομέα στις ίδιες περιπτώσεις.
 - Οι ειδικοί συμφωνούν ή διαφωνούν (ίσως διαβαθμισμένα) με τις υποδείξεις του συστήματος γνώσης
 - **Δοκιμασία Turing**: Οι λύσεις ειδικών και συστήματος παρουσιάζονται με την ίδια μορφή σε άλλους ειδικούς, οι οποίοι τις αξιολογούν αντικειμενικά.



Δοκιμασία σε υποδειγματικές περιπτώσεις (test cases)

- Οι υποδειγματικές περιπτώσεις πρέπει να είναι διαφορετικές από αυτές που χρησιμοποιήθηκαν στις προηγούμενες φάσεις ανάπτυξης του συστήματος.
 - Εξασφαλίζεται η ευρωστία (robustness) σε μη-προσδοκώμενα δεδομένα.
- Όταν αυξάνεται η πολυπλοκότητα του συστήματος, ο αριθμός των δοκιμασιών που θα έπρεπε να πραγματοποιηθούν αυξάνεται εκθετικά.



Δοκιμασία σε πραγματικές συνθήκες

- Λειτουργία του συστήματος γνώσης από κάποιους τελικούς χρήστες ώστε να αξιολογήσουν τη λειτουργικότητα, την ορθότητα, και την πληρότητά του, στα πλαίσια του πραγματικού περιβάλλοντος λειτουργίας του.
 - Όχι κατ' ανάγκη στην τελική του μορφή



Δοκιμασία σε πραγματικές συνθήκες

- Όσο και αν αξιολογηθεί κάποιο σύστημα κατά τη φάση της ανάπτυξής του, πάντα η λειτουργία σε πραγματικές συνθήκες αποκαλύπτει αναπάντεχα λάθη ή/και ανεπιθύμητες παρενέργειες.
- Κίνδυνος απώλειας εμπιστοσύνης από τους τελικούς χρήστες
- Πρέπει να γίνεται κοντά στο τελικό στάδιο ανάπτυξης



Έλεγχος αξιοπιστίας των υποσυστημάτων

- Το σύστημα γνώσης χωρίζεται σε ανεξάρτητα υποσυστήματα τα οποία ελέγχονται ξεχωριστά
- Ευκολότερη η επίλυση προβλημάτων σε μικρότερα συστήματα
- Η αξιοπιστία του καθενός υποσυστήματος ξεχωριστά δεν εγγυάται πάντα την αξιοπιστία του συνολικού συστήματος



Ανάλυση ευαισθησίας

- Δοκιμασία με σύνολο παραμέτρων που διαφέρουν λίγο σε μία από τις παραμέτρους κάθε φορά
- Ιδιαίτερα χρήσιμος έλεγχος σε συστήματα με αβεβαιότητα.



Κριτήρια Αξιοπιστίας

- Σύγκριση με γνωστά αποτελέσματα
- Σύγκριση με την απόδοση ειδικών
 - Μεγαλύτερη ανεκτικότητα σε λάθη, αφού και ο ειδικός μπορεί να κάνει λάθη
- Σύγκριση με αποτελέσματα που προβλέπονται θεωρητικά
 - Συνήθως γίνεται όταν το σύστημα γνώσης μοντελοποιεί κάποια φυσική διαδικασία
 - Όταν δεν υπάρχει ακριβές θεωρητικό μοντέλο, γιατί το φυσικό σύστημα είναι πολύπλοκο, τότε δεν είναι δυνατή αυτή η σύγκριση



Μέτρηση Αξιοπιστίας

- **Ακρίβεια (accuracy)**: Ποσοστό των **αποδεκτών απαντήσεων** του συστήματος
 - Αποδεκτές απαντήσεις είναι αυτές που συμπίπτουν σε αυτές ενός ειδικού
- **Επάρκεια (adequacy)**: Ποσοστό **κάλυψης** (coverage) του πεδίου γνώσης του προβλήματος
 - Π.χ. ένα σύστημα κατηγοριοποίησης αναγνωρίζει σωστά το 83% των ειδών
 - Θα μπορούσε το ποσοστό να περιέχει και βάρη, δίνοντας μεγαλύτερη έμφαση στα σημαντικότερα στοιχεία του πεδίου της γνώσης



Λάθη στην Αναπαράσταση της Γνώσης

- **Λάθη απόφασης:** Συμβαίνουν όταν το σύστημα καταλήγει σε λάθος αποτέλεσμα
 - Επηρεάζουν την ακρίβεια του συστήματος
 - Διαπιστώνονται εύκολα, αλλά εντοπίζονται και διορθώνονται δύσκολα



Λάθη στην Αναπαράσταση της Γνώσης

- **Λάθη παράλειψης:** Συμβαίνουν όταν το σύστημα δεν μπορεί να καταλήξει σε αποτέλεσμα
 - Η απαραίτητη γνώση για να λυθεί κάποιο πρόβλημα παραλήφθηκε
 - Επηρεάζουν την επάρκεια του συστήματος
 - Διαπιστώνονται δύσκολα γιατί η δοκιμαστική περίπτωση (test case) που θα αποκαλύψει την έλλειψη δεν είναι προφανής στο μηχανικό γνώσης





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