



Αριστοτέλειο
Πανεπιστήμιο
Θεσσαλονίκης

Τεχνητή Νοημοσύνη

Συστήματα Γνώσης

Ιωάννης Βλαχάβας

Τμήμα Πληροφορικής ΑΠΘ

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.





Συστήματα Γνώσης

Εισαγωγή

Σύστημα γνώσης είναι ένα σύστημα λογισμικού που επιδεικνύει ευφυή συμπεριφορά σε μία συγκεκριμένη λειτουργία ή πρόβλημα, αναπαριστώντας και χρησιμοποιώντας με τυπικό τρόπο **γνώση**.

- ❖ Ο όρος **σύστημα γνώσης** (*knowledge system*) αποτελεί συντόμευση του όρου **σύστημα βασισμένο στη γνώση** (*knowledge-based system*).
- ❖ Η γνώση αναπαρίσταται χρησιμοποιώντας τυπικές μεθόδους αναπαράστασης γνώσης και συλλογιστικής.
- ❖ Ιστορικά, τα πρώτα προγράμματα που χρησιμοποιούσαν γνώση σε μεγάλο βαθμό, προκειμένου να επιδείξουν νοήμονα συμπεριφορά ήταν τα **έμπειρα συστήματα** (*expert systems*)
 - ❑ Η γνώση προερχόταν κυρίως από την εμπειρία ενός ειδικού πάνω σε κάποιον τομέα.
 - ❑ Χρησιμοποιούνταν περισσότερο κλασικές συλλογιστικές, (π.χ. συνεπαγωγική, απαγωγική)
- ❖ Για να εξαλειφθούν προβλήματα των εμπείρων συστημάτων, **κυρίως στην εκμαίευση γνώσης**, προτάθηκαν εξελιγμένες συλλογιστικές οι οποίες χρησιμοποιούν γνώση που δεν προέρχεται από κάποιον ειδικό
 - ❑ Π.χ. επιστημονική-τεχνολογική γνώση, γνώση καταγεγραμμένη σε βάσεις δεδομένων, τεχνικές αναφορές, κτλ.



Χαρακτηριστικά, Δομή και Λειτουργία Συστημάτων Γνώσης

Συστήματα Γνώσης

❖ Προγράμματα τα οποία:

- ❑ Επιδεικνύουν **νοήμονα συμπεριφορά** σε συγκεκριμένους τομείς και διαδικασίες, ανάλογη ενός ανθρώπου με ειδικότητα στον ίδιο τομέα (π.χ. επιστήμονα, τεχνικού, εμπειρογνώμονα)
- ❑ Κωδικοποιούν και χειρίζονται τη **γνώση** και τη **συλλογιστική** ενός ανθρώπου σε έναν εξειδικευμένο τομέα, με σκοπό την επίλυση προβλημάτων ή την παροχή συμβουλών.

❖ Απαιτούν **γνώση**.

- ❑ Αποκτάται μέσω εμπειρίας ή μελέτης.
- ❑ Περιλαμβάνει όλες τις πληροφορίες, τις εμπειρίες, τις ικανότητες, και τις δεξιότητες που κατέχει ένας άνθρωπος.

❖ Χρησιμοποιούνται με δύο τρόπους:

- ❑ Από κάποιον άνθρωπο μη-ειδικό, για να παρέχει λύσεις σε συγκεκριμένα προβλήματα.
- ❑ Συμβουλευτικά, από έναν άνθρωπο-ειδικό ο οποίος καλείται να πάρει κάποια απόφαση.

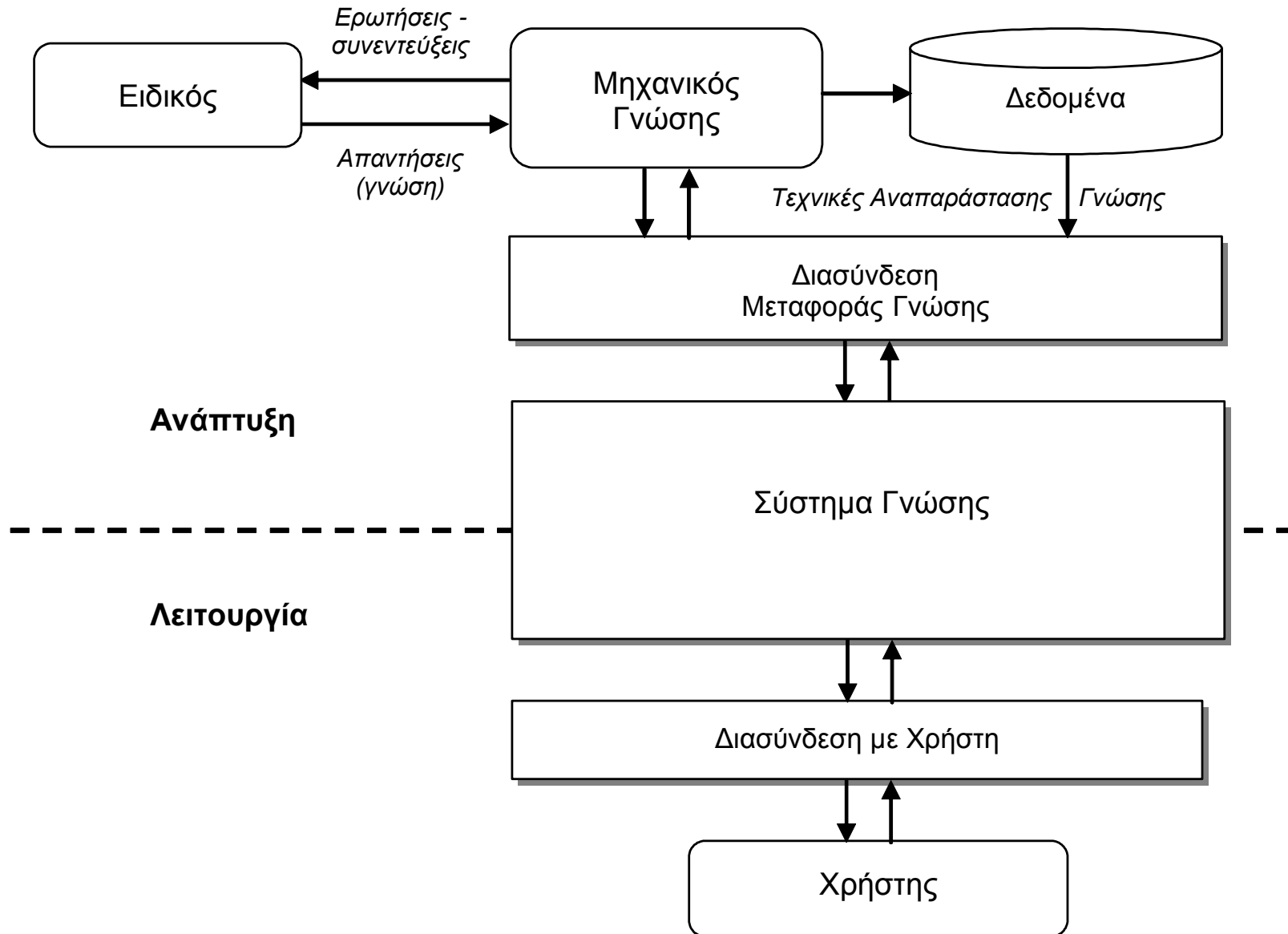
❖ Τυπικές κατηγορίες εφαρμογών:

- ❑ Ερμηνεία δεδομένων (π.χ. ηχητικών ή ηλεκτρομαγνητικών σημάτων)
- ❑ Διάγνωση δυσλειτουργιών (π.χ. βλαβών σε μηχανήματα ή ασθενειών σε ανθρώπους)
- ❑ Διαμόρφωση σύνθετων αντικειμένων (π.χ. πολύπλοκων υπολογιστικών συστημάτων)

Ανάπτυξη Συστημάτων Γνώσης

- ❖ Για την ανάπτυξη ενός συστήματος γνώσης πρέπει να συνεργαστούν:
 - Ένας ειδικός του τομέα (**domain expert**).
 - Είναι κάποιος άνθρωπος εξειδικευμένος σε έναν τομέα της ανθρώπινης δραστηριότητας.
 - Θα βοηθήσει στη μεταφορά της γνώσης στο σύστημα.
 - Η γνώση που θα μεταφερθεί μπορεί να αποτελεί:
 - α) δική του εμπειρία,
 - β) κοινή επιστημονική ή τεχνολογική γνώση,
 - γ) γνώση καταγεγραμμένη σε βάσεις δεδομένων ή σε έγγραφα.
 - Ένας μηχανικός γνώσης (**knowledge engineer**)
 - Επιστήμονας της πληροφορικής, ειδικευμένος σε θέματα ΤΝ και συστημάτων γνώσης.
 - Συνεργάζεται με τον ειδικό του τομέα με σκοπό τη μεταφορά της γνώσης στο σύστημα.
 - Με βάση τα αποτελέσματα της συνεργασίας σχεδιάζει το σύστημα και τη δομή της γνώσης και στη συνέχεια το αναπτύσσει.
- ❖ Το τελικό σύστημα χρησιμοποιείται από τον **τελικό χρήστη (end user)**.
 - Δεν είναι απαραίτητο να είναι σχετικός με την επιστήμη των υπολογιστών ή με τον τομέα με τον οποίο ασχολείται το σύστημα γνώσης.
- ❖ Ο τομέας της ΤΝ που ασχολείται με την ανάπτυξη συστημάτων γνώσης ονομάζεται **τεχνολογία της γνώσης (knowledge engineering)**.

Ανάπτυξη και Λειτουργία Συστήματος Γνώσης



Χαρακτηριστικά Συστημάτων Γνώσης

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΝΩΣΗΣ	ΣΥΜΒΑΤΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ
Παράσταση και χειρισμός γνώσης σε επίπεδο συμβόλων	Παράσταση και χειρισμός δεδομένων σε επίπεδο αριθμητικών υπολογισμών
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 υπάρχουσας γνώσης επιβάλλει ευρείας κλίμακας μεταβολές στο πρόγραμμα
Δυνατότητα χειρισμού ασαφούς, αβέβαιης και μη-πλήρους γνώσης	Δυσχέρεια στο χειρισμό ασαφούς, αβέβαιης και μη-πλήρους γνώσης
Δυνατότητα μη μονότονης συλλογιστικής	Δυσχέρεια στη χρήση μη μονότονης συλλογιστικής
Επεξήγηση του δρόμου συλλογισμού	Ανυπαρξία επεξήγησης

Χαρακτηριστικά Εμπείρων Συστημάτων

- ❖ Τα συστήματα γνώσης που βασίζονται στην εμπειρική γνώση ενός ανθρώπου-ειδικού (*έμπειρα συστήματα*) έχουν επιπλέον χαρακτηριστικά:

ΕΜΠΕΙΡΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	ΣΥΜΒΑΤΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ
Προσομοιώνουν τον τρόπο επίλυσης ενός προβλήματος	Προσομοιώνουν το ίδιο το πρόβλημα
Χρήση ευριστικών μεθόδων για περιορισμό του χώρου αναζήτησης	Χρήση αλγορίθμων

- ❑ Ισχύει και για τα συστήματα γνώσης που βασίζονται στη συλλογιστική των περιπτώσεων.

Πλεονεκτήματα/ Μειονεκτήματα Συστήματος Γνώσης Σε Σχέση Με Άνθρωπο-Ειδικό

ΑΝΘΡΩΠΟΣ ΕΙΔΙΚΟΣ		ΣΥΣΤΗΜΑ ΓΝΩΣΗΣ	
Μειονεκτήματα	Γνώση διαθέσιμη όταν ο ίδιος είναι παρών	Πλεονεκτήματα	Γνώση πάντα διαθέσιμη.
	Δυσκολία μεταφοράς-αποτύπωσης γνώσης		Ευκολία μεταφοράς-αποτύπωσης γνώσης
	Συναισθηματικές παρορμήσεις		Εργάζεται με συνέπεια
	Η απόδοσή του επηρεάζεται από εξωγενείς παράγοντες		Εργάζεται οπουδήποτε
	Υψηλό κόστος		Χαμηλό κόστος λειτουργίας / Υψηλό κόστος ανάπτυξης
	Υποκειμενικότητα		Αντικειμενικότητα αν η γνώση προέρχεται από πολλούς ειδικούς
Πλεονεκτήματα	Δημιουργικότητα, Ευρύνοια	Μειονεκτήματα	Απουσία έμπνευσης, Περιορισμένο πεδίο σκέψης
	Κοινή λογική		Δυσχέρεια στη μεταφύτευση της κοινής λογικής
	Γνώση των ορίων και δυνατοτήτων τους (μετα-γνώση)		Έλλειψη μετα-γνώσης
	Εκφραστική και λειτουργική επεξήγηση του τρόπου σκέψης τους		Μηχανική επεξήγηση του τρόπου λήψης απόφασης
	Ο έλεγχος της γνώσης γίνεται υποσυνείδητα		Πρέπει η γνώση να ελέγχεται για ορθότητα, πληρότητα και συνέπεια
	Αυτονομία στη μάθηση		Πρέπει να προγραμματιστούν για να μαθαίνουν αυτόματα
	Απόκριση σε πραγματικό χρόνο		Δυσκολία απόκρισης σε πραγματικό χρόνο

Εφαρμογές των Συστημάτων Γνώσης

❖ Διάγνωση (diagnosis).

- ❑ Διάγνωση βλαβών ενός συστήματος βάσει παρατηρήσεων και μετρήσεων.

❖ 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.

❖ Επιδιόρθωση λαθών (repair-remedy).

- ❑ Ανάπτυξη και εκτέλεση σχεδίων (πλάνων) για τη διαχείριση βλαβών.

❖ Ερμηνεία (interpretation).

- ❑ Περιγραφή αντικειμένων και καταστάσεων βάσει δεδομένων από παρατηρήσεις.

❖ Διαμόρφωση (configuration).

- ❑ Ικανοποίηση απαιτήσεων και περιορισμών για τη συναρμολόγηση εξαρτημάτων.

❖ Έλεγχος (control).

- ❑ Έλεγχος της συμπεριφοράς ενός συστήματος. Περιλαμβάνει πολλά από τα παραπάνω.

Γνωστά Συστήματα Γνώσης

❖ 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.

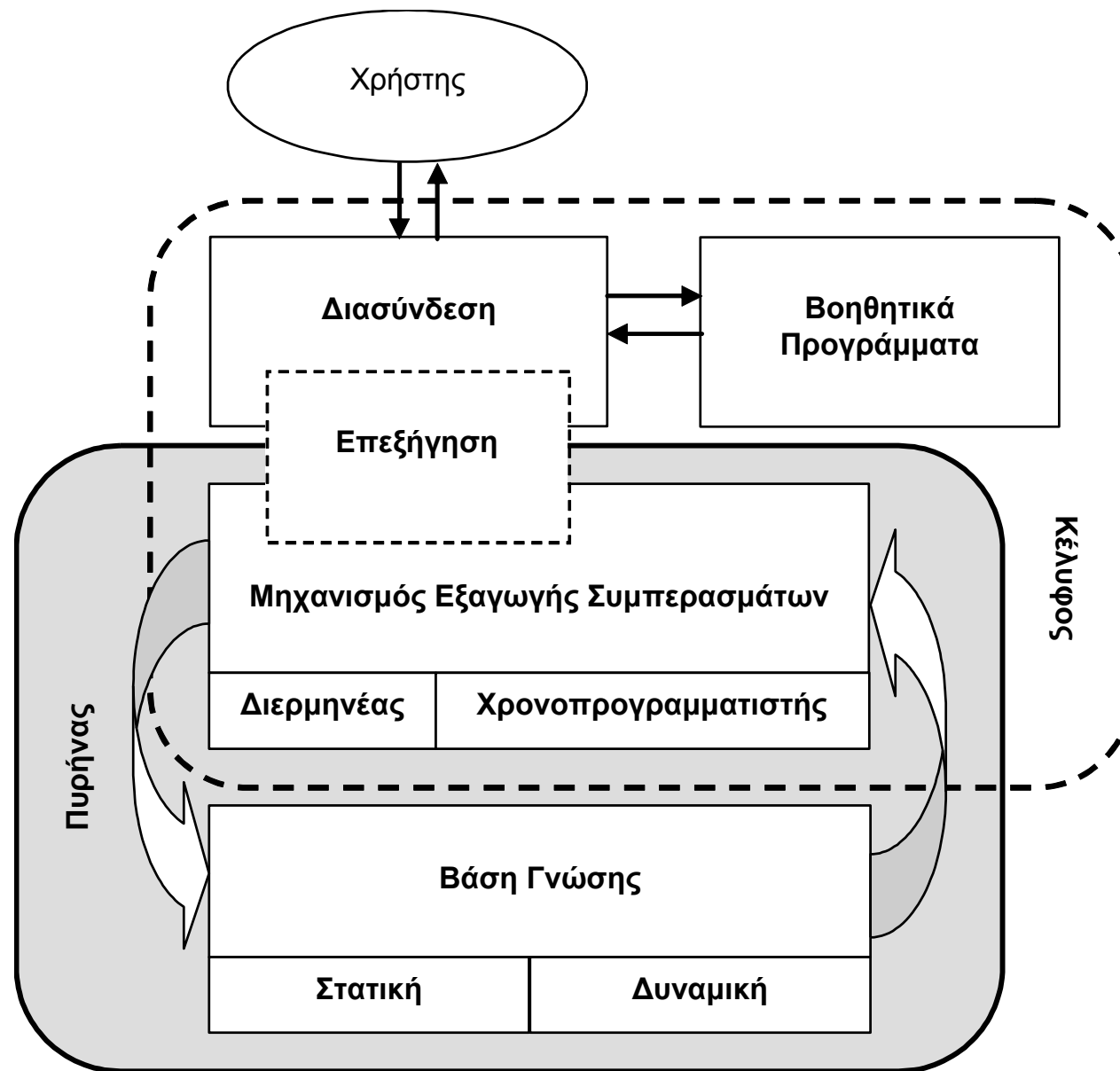
❖ INTERNIST

- ❑ 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.

Αρχιτεκτονική Συστημάτων Γνώσης (1/2)



Αρχιτεκτονική Συστημάτων Γνώσης (2/2)

- ❖ Ένα σύστημα γνώσης αποτελείται συνήθως από μία ομάδα προγραμμάτων που μπορούν να χωρισθούν σε 3 κατηγορίες:
 - ❑ Τον **πυρήνα** του συστήματος γνώσης ο οποίος αποτελείται από δύο μέρη:
 - Τη **βάση γνώσης**.
 - Το **μηχανισμό εξαγωγής συμπερασμάτων**.
 - ❑ Τη **διασύνδεση** και
 - ❑ Ένα σύνολο βοηθητικών προγραμμάτων (π.χ. γραφικά-στατιστικά πακέτα, βάσεις δεδομένων, κτλ.)
- ❖ Ο διαχωρισμός της γνώσης από το μηχανισμό χειρισμού, στον πυρήνα, προσφέρει **διαφάνεια**.
 - ❑ Με αλλαγή της γνώσης, το σύστημα γνώσης μπορεί να εκτελεί διαφορετικές λειτουργίες.
- ❖ **Κέλυφος (shell)**
 - ❑ Ο συνδυασμός της διασύνδεσης με το μηχανισμό εξαγωγής συμπερασμάτων.
 - ❑ Προέρχεται από την αφαίρεση της βάσης γνώσης από ένα σύστημα γνώσης.
 - ❑ Αποτελεί ένα εργαλείο ανάπτυξης συστημάτων γνώσης.
 - ❑ Η συνηθέστερη έκφραση είναι **κέλυφος εμπείρων συστημάτων** (*expert system shell*), γιατί τα πρώτα κελύφη προήλθαν από τα έμπειρα συστήματα.



Βάση Γνώσης

Knowledge Base

- ❖ Περιέχει την όλη τη γνώση του συστήματος, όπως την κατέγραψε ο μηχανικός γνώσης με τη βοήθεια του ανθρώπου-ειδικού κατά τη διαδικασία ανάπτυξης του συστήματος γνώσης.
 - ❑ Υπάρχουν διάφορες μορφές αναπαράστασης γνώσης (π.χ. κανόνες, πλαίσια).
- ❖ Αποτελείται από δύο μέρη:
 - ❑ **Στατική:** Περιέχει διαδικασίες, κανόνες, πλαίσια που περιγράφουν το πρόβλημα και τις γνωσιολογικές διαδικασίες επίλυσής τους (αρχικά δεδομένα).
 - Δε μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του προγράμματος.
 - ❑ **Δυναμική:** Περιέχει μερικά συμπεράσματα και δημιουργούνται κατά την εκτέλεση του προγράμματος, καθώς και την τελική λύση του προβλήματος.
 - Χώρος εργασίας (**working memory**).

Μηχανισμός Εξαγωγής Συμπερασμάτων

Inference Engine

- ❖ Υπεύθυνος για το χειρισμό της βάσης γνώσης και την εξαγωγή συμπερασμάτων.
- ❖ Χωρίζεται σε δύο μέρη:
 - **Διερμηνέας (interpreter):** Χειρισμός της υπάρχουσας γνώσης και παραγωγή νέας.
 - Είναι υπεύθυνος για την εφαρμογή της συλλογιστικής (reasoning) και την εκτέλεση των κανόνων.
 - **Χρονοπρογραμματιστής (scheduler):** Αποφασίζει πότε και με ποια σειρά θα χρησιμοποιηθούν οι κανόνες, επιλύοντας το πρόβλημα της **συγκρούσεως (conflict)**.
 - Στρατηγικές επίλυσης συγκρούσεων, δηλαδή.
 - ✓ Ποιοι κανόνες είναι υποψήφιοι για να επιλύσουν το πρόβλημα.
 - ✓ Με ποιον τρόπο θα γίνει η επιλογή.
 - ✓ Ποιος από τους κανόνες αυτούς τελικά θα επιλεγεί.
 - ✓ Τι θα γίνει με τους υπόλοιπους κανόνες.
 - Μετα-κανόνες.

Διασύνδεση

- ❖ Η διασύνδεση δημιουργεί ένα φιλικό περιβάλλον για την επικοινωνία του χρήστη με το σύστημα γνώσης.
- ❖ Υπάρχουν 2 ειδών χρήστες:
 - ❑ Ο τελικός χρήστης (end user) που χρησιμοποιεί το σύστημα γνώσης.
 - Δυνατότητα εύκολης διατύπωσης ερωτήσεων στο σύστημα γνώσης με τη βοήθεια γραφικών ευκολιών, (π.χ. μενού επιλογών) και ανάγνωση των αντίστοιχων απαντήσεων με τη βοήθεια γραφικών απεικονίσεων.
 - ❑ Ο ειδικός (expert) ή ο μηχανικός γνώσης (knowledge engineer) που δημιουργήσε τη βάση γνώσης για να προσθέσει ή να αλλάξει γνώση.
 - Απαιτείται έλεγχος της συμφωνίας της νέας γνώσης με την παλιά (consistency check).

Μηχανισμός Επεξήγησης

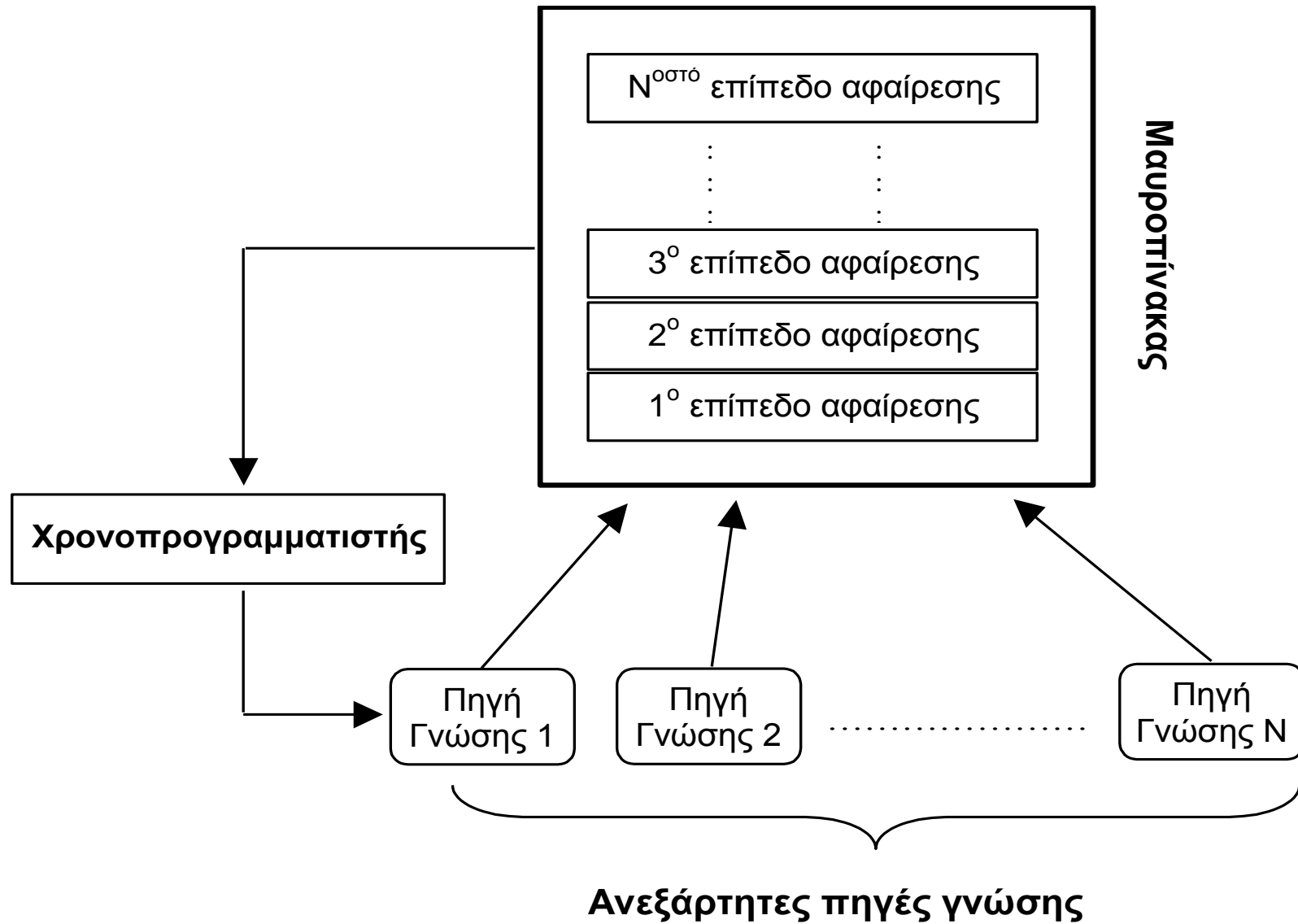
- ❖ Ο χρήστης μπορεί να κάνει ερωτήσεις στο σύστημα γνώσης σχετικά με:
 - ❑ Τους σκοπούς των ερωτήσεων.
 - ❑ Την πορεία του συλλογισμού.
- ❖ Ο **μηχανισμός επεξήγησης** αλληλεπιδρά με το μηχανισμό εξαγωγής συμπερασμάτων
 - ❑ Η πορεία της συλλογιστικής συνδέεται άμεσα με τον τρόπο εκτέλεσης των κανόνων.
- ❖ Ο **μηχανισμός επεξήγησης** πρέπει να απαντά σε 2 ερωτήσεις:
 - ❑ **Πώς (how)** κατέληξε σε ένα συμπέρασμα
 - Κρατάει πληροφορίες σχετικά με την αποδεικτική διαδικασία και παραθέτει τους κανόνες που ενεργοποιήθηκαν σε κάθε κύκλο λειτουργίας και οδήγησαν στην απόδειξη της τρέχουσας απάντησης.
 - ❑ **Γιατί (why)** ζητά κάποια πληροφορία από το χρήστη.
 - Ψάχνει να βρει τους κανόνες που έχουν στην υπόθεσή τους την τρέχουσα πληροφορία και μπορεί να επιστρέψει όλη την κατοπινή αλυσίδα συλλογισμών που θα προκαλέσει η ενεργοποίηση αυτών των κανόνων.

Αρχιτεκτονική Μαυροπίνακα

Blackboard Architecture

- ❖ Η επίλυση δύσκολων προβλημάτων απαιτεί κατακερματισμό του προβλήματος σε μικρότερα και απλούστερα υποπροβλήματα, τα οποία επιλύονται ανεξάρτητα.
 - ❑ Η λύση του συνολικού προβλήματος συνδυάζει τις λύσεις των επιμέρους προβλημάτων.
 - ❑ Κάθε επιμέρους πρόβλημα ανατίθεται σε μια **πηγή γνώσης (knowledge source)**.
 - Ημιαυτόνομο σύστημα γνώσης με τη δική του βάση γνώσης και πιθανόν διαφορετικές μορφές αναπαράστασης γνώσης και συλλογιστικές από τις υπόλοιπες πηγές.
- ❖ Ο χώρος αναζήτησης διαιρείται σε ιεραρχία επιμέρους **συνόλων μερικών λύσεων**.
 - ❑ Κάθε σύνολο χαρακτηρίζεται από διαφορετικό επίπεδο **αφαίρεσης**.
 - ❑ Π.χ., στο HEARSAY τα επιμέρους σύνολα είναι ήχοι, φθόγγοι, συλλαβές, λέξεις, ομάδες λέξεων και πραγματικές προτάσεις.
- ❖ **Μαυροπίνακας: Κοινόχρηστη περιοχή μνήμης, που περιέχει τις μερικές λύσεις των διαφόρων επιπέδων αφαίρεσης.**
 - ❑ Κάθε πηγή γνώσης παρατηρεί και τροποποιεί το περιεχόμενο του μαυροπίνακα.
 - ❑ Οι πηγές γνώσης δεν μπορούν να επικοινωνούν απευθείας μεταξύ τους.

Μοντέλο Αρχιτεκτονικής Μαυροπίνακα

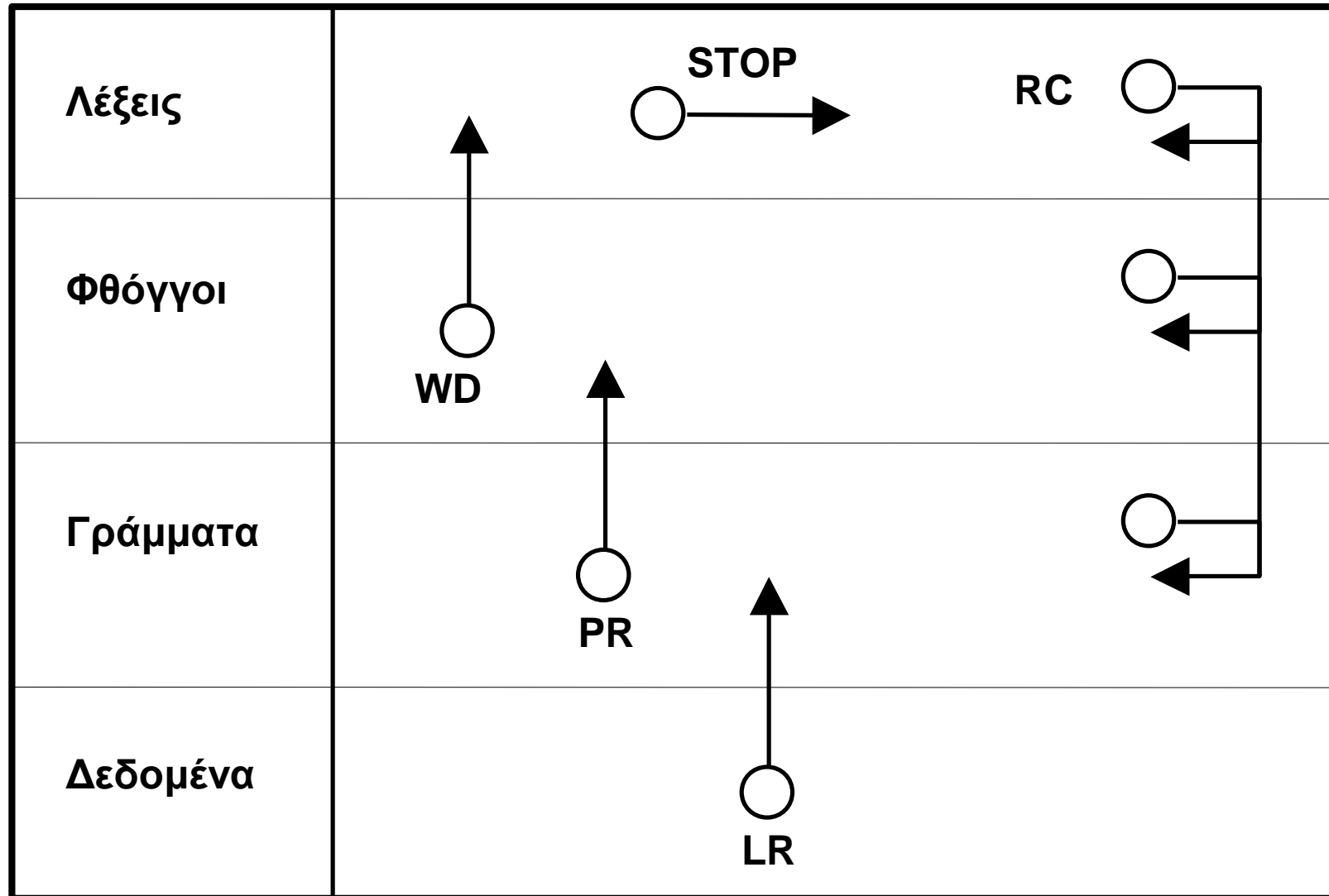


Αρχιτεκτονική Μαυροπίνακα

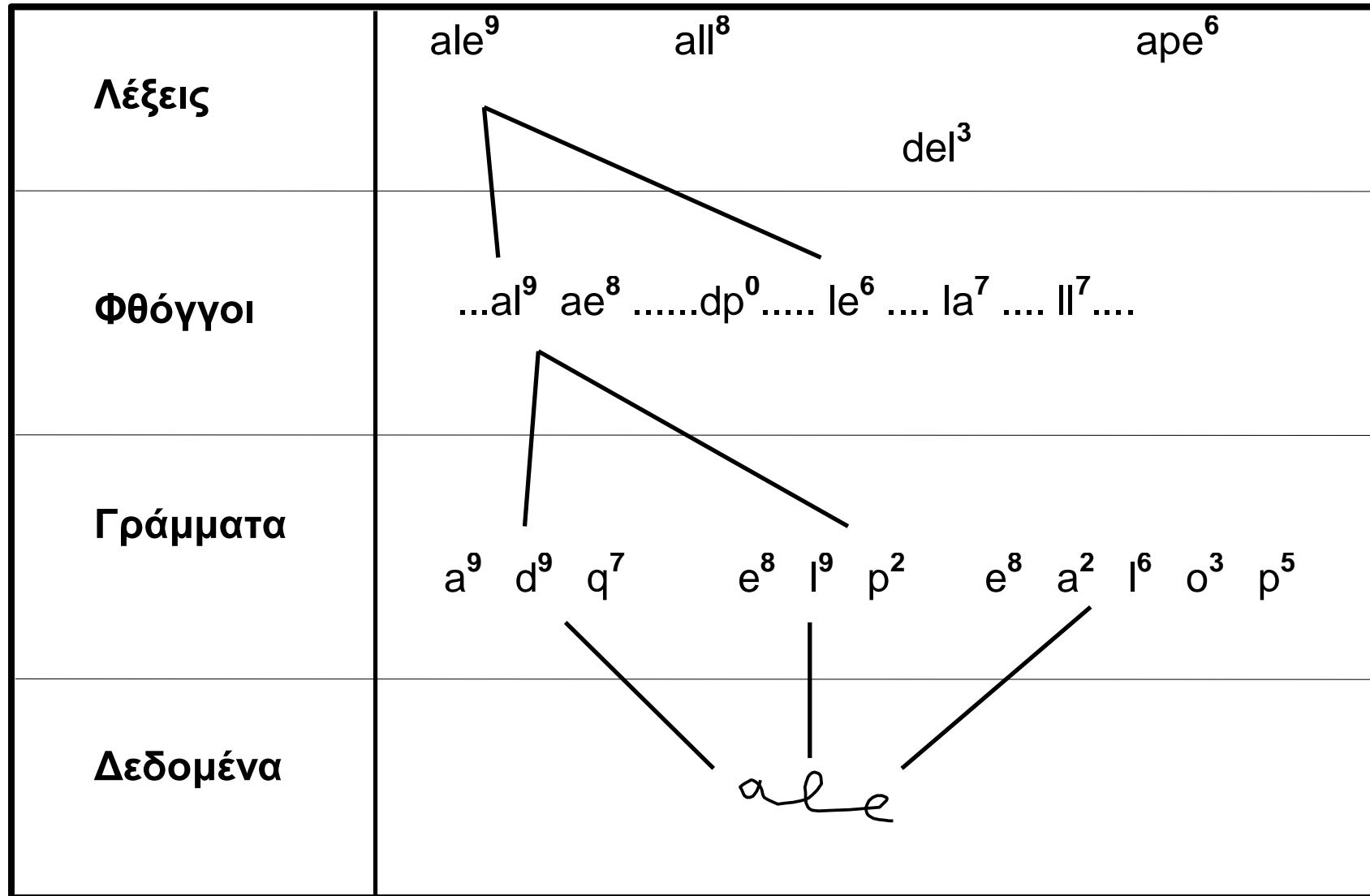
Λειτουργία Συστήματος

- ❖ Οι πηγές γνώσης λειτουργούν ταυτόχρονα.
 - ❑ Παρατηρούν τις μερικές λύσεις που υπάρχουν στο μαυροπίνακα.
 - ❑ Δημιουργούν νέες μερικές λύσεις, σε μεγαλύτερο επίπεδο λεπτομέρειας.
 - ❑ Τροποποιούν ή διαγράφουν μια υπάρχουσα μερική λύση.
 - Νέα δεδομένα που ήρθαν στο μαυροπίνακα αναιρούν τα δεδομένα που ήδη υπήρχαν σε αυτόν.
- ❖ Ο **χρονοπρογραμματιστής**:
 - ❑ Ελέγχει τα δεδομένα που υπάρχουν στο μαυροπίνακα και κρίνει σε ποια πηγή γνώσης πρέπει να επιτραπεί η πρόσβαση.
 - ❑ Διατηρεί μια **ατζέντα** με τις αιτήσεις των υπολοίπων πηγών γνώσης που ζήτησαν πρόσβαση στο μαυροπίνακα.
 - ❑ Επιτρέπει σε μία μόνο από τις πηγές γνώσης να έχει πρόσβαση στο μαυροπίνακα, σε κάθε κύκλο εκτέλεσης του συστήματος.
 - ❑ Εάν κάποια στιγμή δεν υπάρχει καμία αίτηση για πρόσβαση στο μαυροπίνακα, η λειτουργία του συνολικού συστήματος τερματίζεται.

Παράδειγμα Επιπέδων Αφαίρεσης σε ένα Σύστημα Αναγνώρισης Ομιλίας



Παράδειγμα Αναγνώρισης Λέξης



Εξελιγμένες Συλλογιστικές

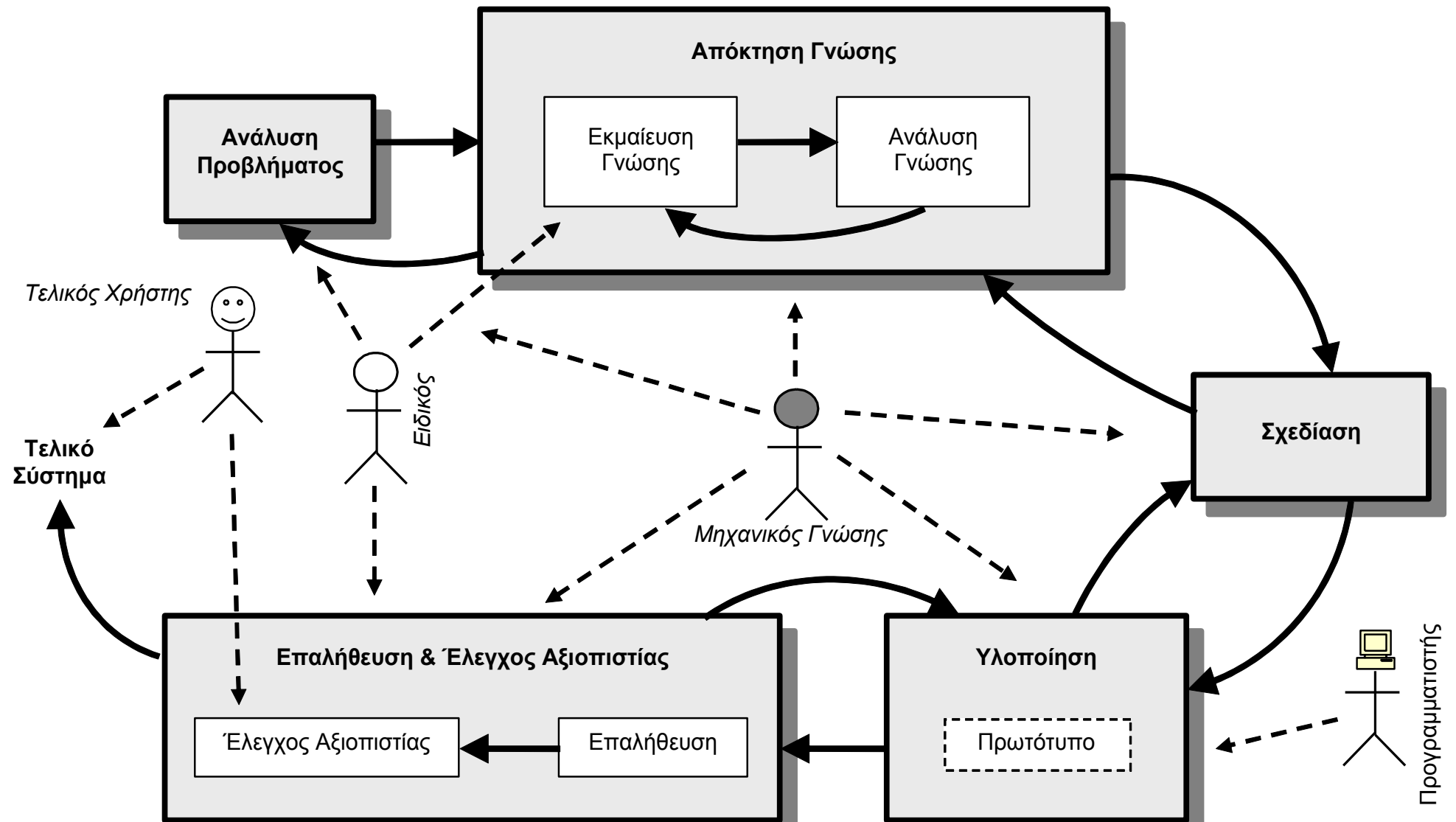
Εξελιγμένες Συλλογιστικές

- ❖ Η κυριότερη δυσκολία στην ανάπτυξη ενός συστήματος γνώσης που βασίζεται σε εμπειρική γνώση (*έμπειρο σύστημα*) είναι η εκμαίευση της γνώσης (εμπειρίας) του ειδικού από το μηχανικό της γνώσης και στη συνέχεια η κατανόηση και μετατροπή της σε εύχρηστα υπολογιστικά μοντέλα.
- ❖ Αναπτύχθηκαν εξελιγμένες συλλογιστικές ώστε να μειώσουν την ανάγκη για ενσωμάτωση εμπειρικής γνώσης στα συστήματα γνώσης, στρέφοντάς τα σε άλλες πηγές γνώσης, ανεξάρτητες από τους ανθρώπους-ειδικούς,
 - ❑ Π.χ. φυσικά ή μηχανικά μοντέλα, τεχνικά εγχειρίδια, αναφορές περιπτώσεων αντιμετώπισης προβλημάτων, κτλ.
- ❖ Οι συλλογιστικές αυτές είναι:
 - ❑ η συλλογιστική βασισμένη σε μοντέλα (*model-based reasoning*),
 - ❑ η ποιοτική συλλογιστική (*qualitative reasoning*)
 - ❑ η συλλογιστική βασισμένη σε περιπτώσεις (*case-based reasoning*).
- ❖ Η ανάπτυξη αυτών των συλλογιστικών οι οποίες βασίζονται σε γνώση πέραν της εμπειρικής οδήγησε και στη γενίκευση του όρου *έμπειρα συστήματα* σε *συστήματα γνώσης*, ώστε να συμπεριλάβει και τα συστήματα στα οποία η γνώση δεν προέρχεται μόνο από ειδικούς.



Τεχνολογία Γνώσης

Διαδικασία Ανάπτυξης Συστημάτων Γνώσης





Ανάλυση Προβλήματος

- ❖ Προσδιορίζεται η μορφή της επιθυμητής λύσης του προβλήματος.
- ❖ Κυριότερα ζητήματα:
 - ❑ Είναι το πρόβλημα **κατάλληλο** για επίλυση από σύστημα γνώσης ή συμβατικό πρόγραμμα;
 - ❑ Υπάρχουν έτοιμες μελέτες περιπτώσεων επίλυσης του προβλήματος (**case-studies**);
 - ❑ Ποια είναι τα **οφέλη** από την κατασκευή του συστήματος γνώσης;

Απόκτηση της Γνώσης

- ❖ Στο στάδιο της *απόκτησης της γνώσης (knowledge acquisition)*, ο μηχανικός της γνώσης αρχικά *εκμαίεύει* από τον ειδικό τη γνώση του πάνω στο πρόβλημα (*knowledge elicitation*) και στη συνέχεια τη *μοντελοποιεί (knowledge analysis & modeling)*, μεταφέροντάς τη σε κάποια ενδιαμέση μορφή αναπαράστασης.
- ❖ **Εκμαίευση γνώσης (knowledge elicitation)**
 - ❑ Απαιτεί συνεχή επικοινωνία ανάμεσα στο μηχανικό γνώσης και τον ειδικό.
 - ❑ Εκτός από τις κλασικές μεθόδους, υπάρχουν:
 - **Ημι-αυτόματες μέθοδοι:** Ο ειδικός εισάγει απευθείας τη γνώση στο σύστημα χρησιμοποιώντας ειδικό λογισμικό (π.χ. TEIRESIAS, OPAL, κλπ)
 - **Αυτόματες μέθοδοι:** Χρησιμοποιούνται τεχνικές **μηχανικής μάθησης**.
 - ❑ Ο μηχανικός γνώσης μπορεί να αποκτήσει τμήμα της γνώσης μελετώντας τη σχετική βιβλιογραφία πάνω στον τομέα του προβλήματος.
- ❖ **Η απόκτηση γνώσης και η παρουσία του ειδικού είναι απαραίτητη ακόμα και όταν η γνώση δεν είναι εμπειρική.**
 - ❑ **Συλλογιστική των μοντέλων:** Ο μηχανικός γνώσης δεν είναι πάντα δυνατό να μπορεί να ερμηνεύσει τα εγχειρίδια επιστημονικής γνώσης.
 - ❑ **Συλλογιστική των περιπτώσεων:** Ο ειδικός καθορίζει τη σπουδαιότητα των χαρακτηριστικών, τη μέθοδο δεικτοδότησης, τη μέθοδο προσαρμογής των λύσεων, κλπ.

Μοντελοποίηση Γνώσης

Knowledge Analysis & Modeling

- ❖ **Ανάλυση** της γνώσης από το μηχανικό με σκοπό τη δημιουργία ενός **μοντέλου** της γνώσης.
 - ❑ Η αναπαράσταση της γνώσης γίνεται με διάφορες ημιδομημένες μορφές αναπαράστασης.
- ❖ Υπάρχουν μεθοδολογίες που τυποποιούν τη μοντελοποίηση της γνώσης (KADS).
 - ❑ Σε πολύπλοκα προβλήματα η ανάλυση χρειάζεται να ακολουθήσει "πεπατημένες οδούς" γιατί αλλιώς ο μηχανικός γνώσης κινδυνεύει να "χαθεί" μέσα στην πολυπλοκότητα
 - ❑ Η μεθοδολογία KADS προσφέρει καθοδήγηση:
 - στην απόκτηση (κυρίως εμπειρικής) γνώσης
 - στην ανάλυση της γνώσης (κυριότερος στόχος του KADS)
 - στην μετατροπή της γνώσης σε λεπτομερές σχέδιο-μοντέλο για την υλοποίηση
 - ❑ Το KADS χρησιμοποιεί γενικά (ή εξιδανικευμένα) μοντέλα της γνώσης (**ερμηνευτικά μοντέλα** - *interpretation models*) για να καθοδηγήσει την ανάπτυξη ενός συστήματος ανάλογα με το είδος του πεδίου της γνώσης
 - Βιβλιοθήκη από δομημένες περιγραφές διαφόρων τύπων διεργασιών που μπορεί να επιτελεί ένα σύστημα γνώσης (π.χ. κατηγοριοποίηση, διαμόρφωση, διάγνωση, κλπ.)
 - Περιγράφουν με σαφήνεια ποια στοιχεία γνώσης και ποιες συμπερασματικές διαδικασίες είναι απαραίτητες για κάθε είδος διεργασίας

Σχεδίαση

- ❖ Προσδιορίζονται:
 - ❑ Η μορφή της αναπαράστασης της γνώσης.
 - ❑ Η συλλογιστική που θα χρησιμοποιηθεί για την εξαγωγή συμπερασμάτων.
 - ❑ Το εργαλείο για την ανάπτυξη του συστήματος γνώσης.
- ❖ Παράγεται η αρχιτεκτονική του συστήματος
 - ❑ Δεσμεύσεις που λαμβάνονται υπόψη:
 - Απαιτήσεις των χρηστών.
 - Τεχνολογία που θα χρησιμοποιηθεί.
 - Το μοντέλο της γνώσης.

Υλοποίηση

- ❖ Κωδικοποιείται το μοντέλο της γνώσης χρησιμοποιώντας εργαλεία ανάπτυξης συστημάτων γνώσης.
- ❖ Αρχικά αναπτύσσεται ένα πρωτότυπο σύστημα επίδειξης:
 - ❑ Καθοδηγεί στη συνέχεια την ανάπτυξη, ή
 - ❑ Οδηγεί σε επανασχεδιασμό όταν δεν ικανοποιεί τις απαιτήσεις που τέθηκαν στην αρχή.
 - ❑ Επαληθεύει τη γνώση που αποκτήθηκε από τον ειδικό και μοντελοποιήθηκε από το μηχανικό γνώσης.

Επαλήθευση και Έλεγχος Αξιοπιστίας

- ❖ Έλεγχος της συμβατότητας του συστήματος με τις αρχικές προδιαγραφές.
- ❖ Επιβεβαίωση της συνέπειας και πληρότητας της κωδικοποίησης της γνώσης που περιέχεται στο σύστημα γνώσης.
 - ❑ Ο έλεγχος πραγματοποιείται από το μηχανικό της γνώσης με τη βοήθεια εργαλείων (π.χ. CHECK, TEIRESIAS)
- ❖ Έλεγχος αξιοπιστίας (**validation**): Συνίσταται στην επιβεβαίωση της ορθότητας και γενικότητας της γνώσης που περιέχει το σύστημα γνώσης.
 - ❑ Το σύστημα επιλύει ένα σύνολο από υποδειγματικές περιπτώσεις (test cases).
 - ❑ Οι λύσεις συγκρίνονται με λύσεις που δόθηκαν από διάφορους ειδικούς του τομέα.
 - ❑ 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.

Εκμαίευση Γνώσης

Knowledge Elicitation

- ❖ Διαδικασία απόκτησης (εκμαίευσης) της γνώσης από άτομα που θεωρούνται "ειδικοί" στο συγκεκριμένο τομέα γνώσης (*domain experts*).
 - ❑ Π.χ. επιστήμονες, τεχνικοί ή εμπειρογνώμονες.
 - ❑ Θεωρείται το πιο δύσκολο-αμφίβολο βήμα στην ανάπτυξη ενός συστήματος γνώσης.
- ❖ **Ειδικός** είναι το άτομο που έχει ειδική γνώση ή ικανότητα πάνω σε ένα θέμα.
 - ❑ Δεν περιορίζεται μόνο στην κατοχή πληροφοριών ή δεδομένων πάνω σε ένα θέμα.
 - ❑ Κατέχει ειδική γνώση σε βαθμό που τον κάνει να ξεχωρίζει από τους υπόλοιπους απλούς "γνώστες".
- ❖ **Γνώση:** Κατανόηση του κόσμου η οποία αποκτάται μέσω εμπειρίας ή μελέτης.
 - ❑ Περιλαμβάνει όλες τις πληροφορίες, τις εμπειρίες, τις ικανότητες, και τις δεξιότητες που κατέχει ένας άνθρωπος.
 - ❑ Υπάρχουν διάφορα είδη γνώσης:
 - Αντικείμενα, γεγονότα, διαδικασίες, κτλ.,
 - Βαθιά-επιφανειακή γνώση (deep-shallow knowledge).
 - Ρητή και άρρητη γνώση (explicit-tacit knowledge)
 - ❑ Διαφοροποίηση της σχεδίασης συστημάτων γνώσης από την παραδοσιακή τεχνολογία λογισμικού.

Προβλήματα στην Εκμαίευση της Γνώσης

❖ Παράδοξο της ειδίκευσης:

- ❑ Όσο πιο πολύ ισχυρίζεται κάποιος ότι είναι ειδικός σε κάποιο θέμα, τόσο πιο δύσκολη είναι η ανταλλαγή πληροφοριών μαζί του.

❖ Ευσεβής πόθος (wishful thinking):

- ❑ Όταν ο ειδικός περιγράφει ένα παράδειγμα, εκφράζει ουσιαστικά το **τι θα έπρεπε να γίνεται** και όχι το **τι πραγματικά γίνεται**.

❖ Κατάλληλο υπόβαθρο γνώσης του μηχανικού γνώσης.

❖ Έλλειψη χρόνου:

- ❑ Ο ειδικός καταλήγει σε βιαστικές απαντήσεις, όταν αυτές απαιτούν αρκετό χρόνο.

❖ Ο μηχανικός γνώσης πρέπει να διασφαλίσει ότι ικανοποιούνται οι **στόχοι** της συνέντευξης.

❖ Αμεροληψία του μηχανικού γνώσης.

❖ Απροθυμία του ειδικού να μεταδώσει γνώση.

❖ Ανεπιτήδειος έμπειρος (inexpert expert).



Μεθοδολογίες Εκμαίευσης Γνώσης

- ❖ Ο πιο διαδεδομένος και αποδοτικός τρόπος εκμαίευσης γνώσης είναι η συνέντευξη
- ❖ **Μη-δομημένες** συνεντεύξεις.
 - ❑ Αποτελούνται από γενικές ερωτήσεις που υποβάλλονται με την ελπίδα της καταγραφής όσο περισσότερων πληροφοριών γίνεται.
- ❖ **Ημιδομημένες** συνεντεύξεις.
 - ❑ Περιέχουν μια σειρά ανοιχτών ερωτήσεων και θεμάτων που πρέπει να καλυφθούν.
- ❖ **Δομημένες** συνεντεύξεις.
 - ❑ Περιέχουν ένα ερωτηματολόγιο με αυστηρά καθορισμένη δομή που περιλαμβάνει συγκεκριμένες ερωτήσεις σχετικές με τα χαρακτηριστικά του προβλήματος.

Τεχνικές Συνέντευξης (1/2)

- ❖ Ανάλυση πρωτοκόλλου
 - ❑ Ο ειδικός καλείται να λύσει ένα πρόβλημα σκεπτόμενος μεγαλόφωνα.
- ❖ Επαναδιδασκαλία:
 - ❑ Ο μηχανικός γνώσης προσπαθεί να επαναδημιουργήσει και να συνοψίσει ότι έχει ειπωθεί από τον ειδικό και να το διδάξει σε αυτόν.
- ❖ Διδακτική συνέντευξη (**tutorial interview**):
 - ❑ Ο ειδικός δίνει μια διάλεξη πάνω στην περιοχή του θέματος.
- ❖ Βαθμωτά πλέγματα (**laddered grids**):
 - ❑ Εξετάζεται ο χώρος του γνωστικού πεδίου, βάσει ερωτήσεων οι οποίες κινούνται στον άξονα γενικού-ειδικού (ή κάθετα), πάνω στον οποίο θεωρείται ότι ανήκουν οι έννοιες.
- ❖ Ταξινόμηση καρτών (**card sorting**):
 - ❑ Ανακάλυψη κατάλληλων ιδιοτήτων των στοιχείων που απαρτίζουν την περιοχή του πεδίου, για την ταξινόμηση των εννοιών.

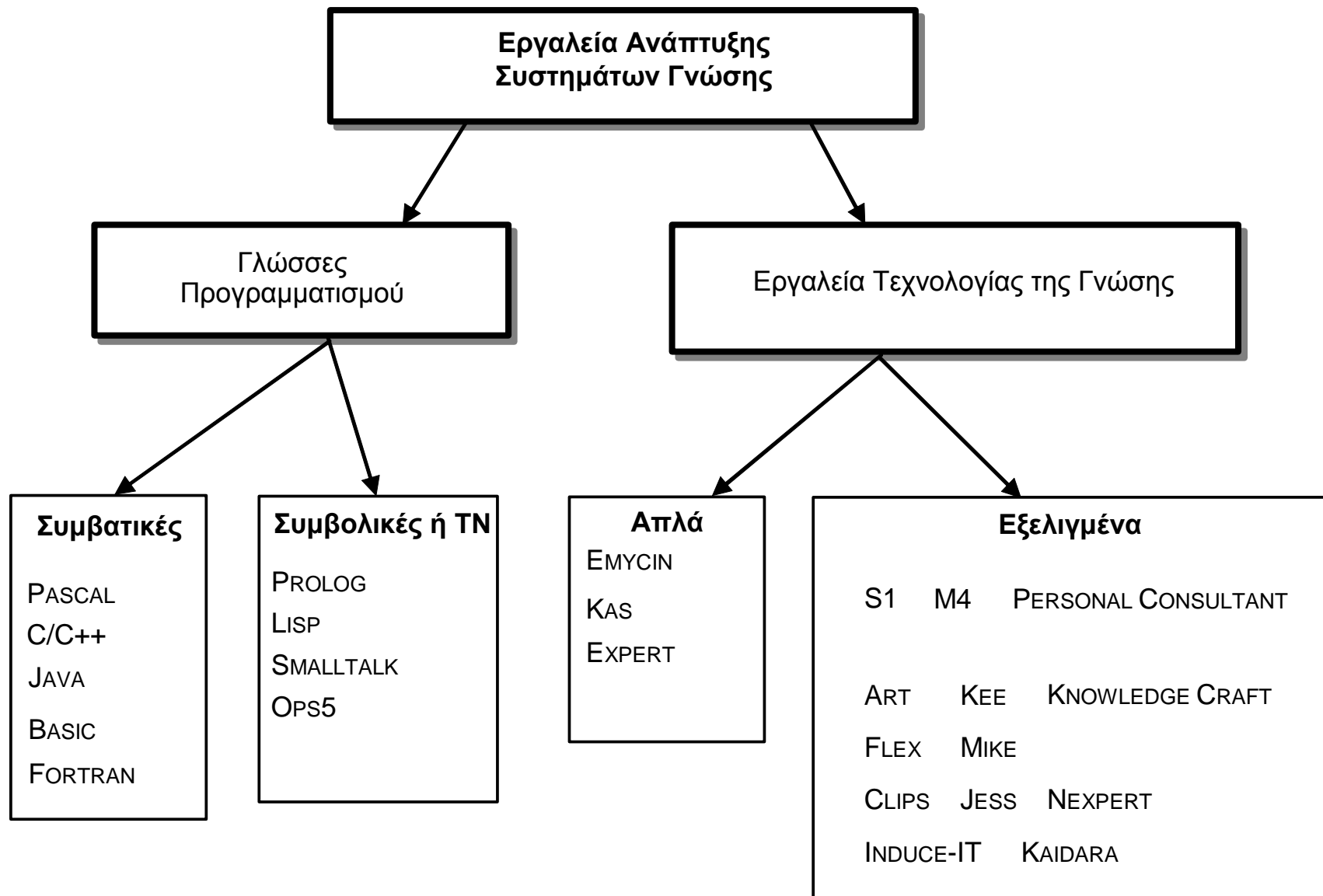
Τεχνικές Συνέντευξης (2/2)

Πλέγματα Ρεπερτορίων

❖ Πλέγματα ρεπερτορίων (**repertory grid**):

- ❑ Κάθε **στοιχείο της περιοχής** κατηγοριοποιείται σύμφωνα με ένα σύνολο από **έννοιες ή χαρακτηρισμούς**, οι οποίες εφαρμόζονται σε όλα τα στοιχεία σε κάποιο βαθμό.
- ❑ Κάθε έννοια εκφράζεται σε μια γραμμική, αριθμητική κλίμακα.
 - Η κλίμακα είναι ίδια κάθε φορά.
 - Τυπικά οι τιμές κυμαίνονται 1-5 ή 1-10
 - Υπάρχουν δύο ακραίες τιμές, π.χ. βαρύς/ελαφρύς, φτηνός/ακριβός, κ.α.
 - Η μέση τιμή (π.χ. 3 στα 5) αντιπροσωπεύει μια ενδιάμεση τιμή της έννοιας.
- ❑ Ζητείται από τον ειδικό να αποδώσει μια τιμή σε κάθε έννοια για όλα τα στοιχεία της περιοχής, στο **πλέγμα** που δημιουργείται.
- ❑ Εξετάζεται αν κάποιο ζευγάρι εννοιών είναι παρόμοιο κατά τη σύγκριση των οριζοντίων γραμμών του πλέγματος, ώστε να παραλειφθούν κάποιες παραπλήσιες έννοιες.
- ❑ Υπολογίζεται, σε ένα νέο πλέγμα, πόσο όμοια ή ανόμοια είναι τα στοιχεία της περιοχής μεταξύ τους.

Εργαλεία Ανάπτυξης Συστημάτων Γνώσης



A.) Γλώσσες Προγραμματισμού TN

- ❖ Αποτελούν εργαλείο για γρήγορη κατασκευή πρωτοτύπου του συστήματος γνώσης.
 - ❑ Ο κώδικας μπορεί να εκτελεστεί και να ελεγχθεί την ώρα που δημιουργείται.
- ❖ Η διασύνδεση αυτών των γλωσσών με το χρήστη δεν είναι αρκετά εξελιγμένη.
- ❖ Οι γλώσσες προγραμματισμού διαθέτουν συνήθως έναν απλό μηχανισμό ελέγχου.
 - ❑ Δίνουν στον προγραμματιστή τη δυνατότητα να "δημιουργήσει":
 - Μηχανισμό ελέγχου για το σύστημα γνώσης (συλλογιστική).
 - Τρόπο αναπαράστασης της γνώσης, με τις δομές δεδομένων.
- ❖ Κατηγορίες γλωσσών προγραμματισμού TN:
 - ❑ Συναρτησιακός προγραμματισμός (π.χ. LISP)
 - ❑ Λογικός προγραμματισμός (π.χ. PROLOG)
 - ❑ Αντικειμενοστραφής προγραμματισμός (π.χ. SMALLTALK)
 - ❑ Προγραμματισμός με κανόνες παραγωγής (π.χ. OPS5)

Συναρτησιακός Προγραμματισμός (LISP)

- ❖ Είναι προσανατολισμένη στο χειρισμό συμβόλων και λιστών.
- ❖ Διαδικαστική θεώρηση:
 - ❑ Η γνώση του προβλήματος αναμειγνύεται με τη γνώση του τρόπου επίλυσης.
- ❖ Έχει μόνο 2 τύπους δεδομένων (άτομο-σύμβολο και **λίστα**).
- ❖ Το λεξιλόγιο αποτελείται από 6 θεμελιώδεις συναρτήσεις.
 - ❑ Με βάση αυτές τις στοιχειώδεις συναρτήσεις ο χρήστης ορίζει πιο σύνθετες.
- ❖ Πλεονεκτήματα:
 - ❑ Δυναμικότητα, αυτόματη διαχείριση της μνήμης, εύκολη διόρθωση λαθών.
 - ❑ Δυνατότητα για ορισμό αναδρομικών συναρτήσεων.
 - ❑ **Τμηματοποιημένη (modular)** ανάπτυξη προγραμμάτων με τη χρήση πολλών συναρτήσεων.
- ❖ Μειονέκτημα:
 - ❑ Δεν αποδίδει κάποια ιδιαίτερη σημασία στα σύμβολα που χειρίζεται.
 - **Μέσο** "κατασκευής" εργαλείων ανάπτυξης συστημάτων γνώσης (π.χ. OPS5).
 - **Όχι** εργαλείο άμεσης κωδικοποίησης και εκτέλεσης της γνώσης.

Λογικός Προγραμματισμός (PROLOG) (1/2)

- ❖ Συμβολική γλώσσα που βασίζεται στην κατηγορηματική λογική πρώτης τάξης.
- ❖ Ένα πρόβλημα:
 - ❑ Περιγράφεται με τη μορφή γεγονότων (αξιώματα) και κανόνων (θεωρήματα)
 - ❑ Δεν περιέχει τον ακριβή αλγόριθμο επίλυσης του προβλήματος.
- ❖ Υπάρχει σαφής διαχωρισμός της γνώσης από το μηχανισμό ελέγχου.
 - ❑ Η εξαγωγή συμπερασμάτων γίνεται με τη διαδικασία της **εις άτοπο απαγωγής**.
 - ❑ Οι εναλλακτικές λύσεις ενός προβλήματος ερευνώνται πρώτα σε βάθος (DFS).
- ❖ **Υπόθεση κλειστού κόσμου (closed-world assumption):**
 - ❑ Όσες πληροφορίες δεν αναφέρονται ρητά μέσα στη βάση γνώσης θεωρείται ότι δεν αληθεύουν (ψευδείς).
- ❖ Κατάλληλη για την ανάπτυξη συστημάτων γνώσης:
 - ❑ Οι κανόνες περιγράφουν έναν κανόνα συστήματος γνώσης.
 - ❑ **Μηχανισμός ελέγχου:** Ανάστροφη ακολουθία εκτέλεσης κανόνων (**backward chaining**).
 - ❑ **Μηχανισμός επίλυσης συγκρούσεων:** Επιλέγεται πάντα ο πρώτος κανόνας ή γεγονός.
 - ❑ Στις μοντέρνες εκδόσεις της PROLOG υπάρχουν αρκετές επεκτάσεις γραφικής διασύνδεσης με το χρήστη.

Λογικός Προγραμματισμός (PROLOG) (1/2)

- ❖ Η PROLOG δίνει αρκετές δυνατότητες μετα-προγραμματισμού
 - ❑ Μπορεί να υλοποιηθούν πλαίσια και *ορθή ακολουθία εκτέλεσης κανόνων (forward chaining)*.
 - ❑ Οι μηχανισμοί που αναπτύσσονται πάνω από την PROLOG είναι αρκετά πιο αργοί σε σύγκριση με τους ενσωματωμένους μηχανισμούς της PROLOG ή με μηχανισμούς που θα υλοποιούνταν από την αρχή σε μία γλώσσα χαμηλότερου επιπέδου.
 - ❑ Οι επεκτάσεις δεν είναι συνήθως συμβατές σε θεωρητικό επίπεδο με τη λογική
 - Αποτελούν "ξένο" σώμα ως προς τη σύνταξη και ως προς την εκτέλεση.
- ❖ Η PROLOG έχει χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη συστημάτων γνώσης
 - ❑ Κυρίως για την ανάπτυξη πρωτοτύπου, λόγω της δυνατότητάς της για ταχεία ανάπτυξη προγραμμάτων χειρισμού συμβολικής γνώσης.
- ❖ Σήμερα η PROLOG εξακολουθεί να χρησιμοποιείται για ανάπτυξη συστημάτων γνώσης
 - ❑ Με προσθήκες κάποιων εξειδικευμένων εργαλείων (π.χ. FLEX στην LPA PROLOG).

Αντικειμενοστραφής Προγραμματισμός

- ❖ Αποτελεί τη σύγχρονη τάση στην κατασκευή λογισμικού
 - ❑ Παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα τόσο στην ορθή δόμηση του προβλήματος όσο και στη συντήρηση του παραγόμενου λογισμικού.
- ❖ **Αντικείμενο (object):** Συλλογή από συσχετιζόμενα δεδομένα (χαρακτηριστικά) με συγκεκριμένη δομή, που αντιπροσωπεύει συνήθως μία οντότητα του φυσικού κόσμου
 - ❑ Π.χ., ένα αυτοκίνητο μπορεί να αναπαρασταθεί ως αντικείμενο με χαρακτηριστικά όπως ο κατασκευαστής του, ο αριθμός θυρών και θέσεων, η μέγιστη ταχύτητα, το βάρος του, κλπ.
- ❖ **Πλεονέκτημα:** Προσφέρει εκφραστικές δομές για αναπαράσταση:
 - ❑ Των αντικειμένων του φυσικού κόσμου.
 - ❑ Των συσχετίσεων μεταξύ τους,
 - ❑ Των διεργασιών που λαμβάνουν χώρα.
- ❖ **Μειονέκτημα:** Η επιλογή των αντικειμένων και μηνυμάτων γίνεται τεχνητά-αφύσικα για τα περισσότερα προβλήματα.
 - ❑ Τα αντικείμενα αποτελούν απλώς το μέσο υλοποίησης.
- ❖ Πιο γνωστές γλώσσες:
 - ❑ SMALLTALK (συμβολικός προγραμματισμός), C++/Java (συμβατικός προγραμματισμός), LOOPS, FLAVORS και CLOS (αντικειμενοστραφείς επεκτάσεις της γλώσσας LISP), COOL (συνοδεύει τη γλώσσα παραγωγής CLIPS)

Προγραμματισμός με Κανόνες Παραγωγής (OPS5)

- ❖ Αποτελεί φυσικό τρόπο υλοποίησης της γνώσης.
- ❖ Είναι εύκολος στην εκμάθηση, λόγω της απλότητας των δομών και της γλώσσας.
- ❖ Η απλότητα είναι αρκετές φορές περιοριστική, αφού δεν επιτρέπει τη δημιουργία σύνθετων αναπαραστάσεων της γνώσης ή απλών διαδικαστικών αλγορίθμων.
 - ❑ Π.χ., στην **OPS5** υπάρχουν μόνο γραμμικές εγγραφές (διανύσματα συμβόλων).
 - Είναι δύσκολο να δημιουργηθούν σύνθετες (αναδρομικές) δομές, όπως δένδρα και γράφοι.
 - Η δημιουργία απλών βρόχων επανάληψης ή αναδρομής είναι πολύπλοκη διαδικασία.
- ❖ Χρησιμοποιείται ο **αλγόριθμος Rete**
 - ❑ Επιταχύνει την **ταυτοποίηση (pattern matching)** των κανόνων με τα δεδομένα στη μνήμη εργασίας
- ❖ Μηχανισμός ελέγχου:
 - ❑ Βασίζεται στη συγκέντρωση των ενεργοποιημένων κανόνων στο **σύνολο συγκρούσεων**.
 - ❑ Εφαρμόζονται ευριστικοί αλγόριθμοι **επίλυσης συγκρούσεων** για την επιλογή του κανόνα που θα εκτελεστεί.
- ❖ Λύσεις:
 - ❑ Συνδυασμός με άλλες προγραμματιστικές τεχνικές
 - Π.χ. συναρτησιακός - αντικειμενοστραφής προγραμματισμός στην CLIPS.
 - ❑ Χρήση προηγμένων αρχιτεκτονικών δόμησης συστημάτων TN (π.χ. μαυροπίνακας)

B) Εργαλεία Τεχνολογίας Γνώσης

- ❖ Εξειδικευμένα εργαλεία για την ανάπτυξη συστημάτων γνώσης.
- ❖ Διακρίνονται σε απλά ή εξελεγμένα βάσει σημαντικών χαρακτηριστικών τους:
 - ❑ Μορφές αναπαράστασης γνώσης και συλλογιστικής που παρέχουν στο μηχανικό της γνώσης.
 - ❑ Ευκολίες διασύνδεσης με το χρήστη και με το περιβάλλον γενικότερα.
- ❖ Τα περισσότερα από τα σύγχρονα εργαλεία είναι εξελεγμένα, ενώ τα απλά εργαλεία παρουσιάστηκαν κυρίως στις δεκαετίες του '70 και του '80.



Απλά Εργαλεία

- ❖ Είναι γνωστά και ως *κελύφη εμπείρων συστημάτων (expert system shells)*.
- ❖ Προήλθαν από υπάρχοντα έμπειρα συστήματα, με αφαίρεση της βάσης γνώσης τους.
- ❖ Αποτελούν έμπειρα συστήματα χωρίς τη βάση γνώσης.
- ❖ Ονομάζονται έτσι γιατί περιβάλλουν ως *κελύφη* μια βάση γνώσης.
- ❖ Ο όρος χρησιμοποιείται πολλές φορές καταχρηστικά για να περιγράψει όλα τα εργαλεία τεχνολογίας γνώσης και όχι μόνο αυτά που προήλθαν από έμπειρα συστήματα.

Το Κέλυφος ΕΜΥCIN

- ❖ Προήλθε από το έμπειρο σύστημα MYCIN.
 - ❑ Χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή διαφόρων εμπείρων συστημάτων:

LITHIO (γεωλογία)	CLOT (ασθένειες πήξης του αίματος)	PUFF (πνευμονικές ασθένειες)
TAX-ADVISOR (νομική)	SACON (ανάλυση μηχανολογικών σχεδίων)	HEAD MED (ψυχιατρικές διαγνώσεις)
- ❖ Τα γεγονότα παριστάνονται σαν τριάδες: "**έννοια-παράμετρος-τιμή**".
 - ❑ Κάθε τριάδα συνοδεύεται και από ένα **συντελεστή βεβαιότητας**.
- ❖ Οι κανόνες εκτελούνται **ανάστροφα**:
 - ❑ Όταν επαληθεύεται η **συνθήκη** τότε προστίθενται στη μνήμη οι τριάδες της **ενέργειας**.
 - Η ενέργεια συνοδεύεται με συντελεστές βεβαιότητας.
- ❖ Υποστηρίζονται **μετα-κανόνες**:
 - ❑ Εξετάζουν τις συνθήκες των κανόνων που μπορούν να εκτελεστούν.
 - ❑ Καθορίζουν τη σειρά εκτέλεσης, ή αποτρέπουν την εκτέλεση κάποιων κανόνων.
- ❖ **Μειονέκτημα**: Δεν είναι κατάλληλα για την επίλυση όλων των προβλημάτων, αφού δημιουργήθηκαν από έμπειρο σύστημα που επιλύει συγκεκριμένο πρόβλημα.
 - ❑ Π.χ. το ΕΜΥCIN είναι κατάλληλο κυρίως για προβλήματα διάγνωσης (όπως το MYCIN).
 - ❑ Οφείλεται στην υποστήριξη ενός είδους αναπαράστασης γνώσης, συλλογιστικής και αβεβαιότητας.

Εξελιγμένα Εργαλεία (1/2)

- ❖ Εργαλεία της τεχνολογίας της γνώσης τα οποία υποστηρίζουν:
 - ❑ Πολλαπλούς τρόπους αναπαράστασης γνώσης και συλλογιστικής.
 - ❑ Εξελιγμένες δυνατότητες διασύνδεσης.
 - ❑ Μεγαλύτερη γενικότητα εφαρμογών.
- ❖ Κάποια προήλθαν αρχικά από έμπειρα συστήματα
 - ❑ Στη συνέχεια μετατράπηκαν και επεκτάθηκαν ώστε να υποστηρίζουν περισσότερα είδη αναπαράστασης γνώσης και συλλογιστικής.
 - ❑ Π.χ. PERSONAL CONSULTANT, S1 και M4, κ.ά.
- ❖ Κάποια αναπτύχθηκαν από την αρχή σε κάποια γλώσσα προγραμματισμού.
 - ❑ ART, KEE, και KNOWLEDGE CRAFT (αναπτύχθηκαν σε LISP)
 - ❑ FLEX και MIKE (αναπτύχθηκαν σε PROLOG)
 - ❑ NEXPERT και CLIPS (αναπτύχθηκαν σε C/C++)
 - ❑ JESS (αναπτύχθηκε σε JAVA)
- ❖ Υπάρχουν εργαλεία που υποστηρίζουν την ανάπτυξη συστημάτων γνώσης με τη χρήση της συλλογιστικής των περιπτώσεων
 - ❑ Π.χ. INDUCE-IT, KAIDARA, κτλ.

Εξελιγμένα Κελύφη (2/2)

- ❖ Διαφορές με τα απλά εργαλεία
 - ❑ Δε δεσμεύονται από τη δόμηση και τους περιορισμούς κάποιου συστήματος γνώσης.
 - ❑ Δίνουν περισσότερες δυνατότητες στην κατασκευή και τη συντήρηση των συστημάτων γνώσης.
 - ❑ Είναι συνήθως δυσκολότερα στην εκμάθηση γιατί περιέχουν πολλές και ετερογενείς μεταξύ τους προγραμματιστικές έννοιες.
 - Η ανάμειξη διαφόρων προγραμματιστικών μοντέλων γίνεται πειραματικά από τους προγραμματιστές, γιατί δεν υπάρχουν θεωρίες υβριδικών τρόπων αναπαράστασης της γνώσης.
- ❖ Οι κυριότεροι μέθοδοι αναπαράστασης γνώσης:
 - ❑ **Πλαίσια:** Πλεονεκτούν στη δομημένη αναπαράσταση σύνθετων φυσικών αντικειμένων και στο συμπαγή τρόπο χειρισμού τους.
 - ❑ **Κανόνες:** Πλεονεκτούν στο δηλωτικό τρόπο αναπαράστασης εμπειρικών συσχετίσεων μεταξύ παρατηρηθέντων δεδομένων και επαρκούντων δράσεων για την αντιμετώπιση των περιπτώσεων.
- ❖ Ο συνδυασμός των δύο μεθόδων αναπαράστασης γνώσης γίνεται ως εξής:
 - ❑ Οι συνθήκες των κανόνων μπορούν να αναφέρονται σε τιμές των ιδιοτήτων των πλαισίων.
 - ❑ Οι ενέργειες μπορούν να αλλάζουν τις τιμές των ιδιοτήτων ή να δημιουργούν και να διαγράφουν πλαίσια.

PERSONAL CONSULTANT

- ❖ Είναι εξέλιξη του απλού εργαλείου EMYCIN.
 - ❑ Η αναπαράσταση γνώσης γίνεται με κανόνες και γεγονότα.
 - Τα γεγονότα παριστάνονται με τριάδες όπως και στο EMYCIN.
 - ❑ Υποστηρίζει αβεβαιότητα
- ❖ Υποστηρίζει τόσο ανάστροφη όσο και ορθή συλλογιστική
- ❖ Εξελιγμένες δυνατότητες:
 - ❑ Εξελιγμένος επεξεργαστής κειμένου για τη βάση γνώσης.
 - ❑ Δυνατότητα επεξήγησης της πορείας συλλογισμού.
 - ❑ Πρόγραμμα επεξεργασίας φυσικής γλώσσας.
 - ❑ Εργαλείο για τον έλεγχο της συνέπειας της βάσης γνώσης.

ART

Automated Reasoning Tool

- ❖ Προσφέρει διάφορους τρόπους αναπαράστασης της γνώσης.
 - ❑ Κανόνες.
 - Μπορούν να εκτελεστούν με ορθή ή ανάστροφη συλλογιστική.
 - ❑ Σενάρια.
 - ❑ κλπ.
- ❖ Προσφέρει εξελιγμένους μηχανισμούς ελέγχου,
 - ❑ Αρχιτεκτονική **μαυροπίνακα**
 - ❑ **Μηχανισμός συντήρησης της αλήθειας (truth maintenance)**
 - Καταγράφεται ο δρόμος συλλογισμού που ακολουθεί η ικανοποίηση της υπόθεσης ενός κανόνα, έτσι ώστε αν καταρριφθεί η τελική υπόθεση, διαγράφονται όλες οι σχετιζόμενες υποθέσεις.
- ❖ Εξελιγμένες δυνατότητες:
 - ❑ Γραφικό εργαλείο ART Studio για τη σταδιακή ανάπτυξη της βάσης γνώσης μέσω παραθύρων, μενού, κλπ.
 - ❑ Δυνατότητα κλήσης προγραμμάτων που γράφηκαν σε άλλες γλώσσες προγραμματισμού, π.χ. LISP, C, PASCAL.



ΚΕΕ

Knowledge Engineering Environment

- ❖ Η αναπαράσταση γνώσης γίνεται με **μονάδες (units)** ή **πλαίσια**.
- ❖ Η εκτέλεση κανόνων μπορεί να είναι ορθή ή ανάστροφη, με μηχανισμό οπισθοδρόμησης.
- ❖ Εξελιγμένες δυνατότητες:
 - ❑ Εργαλείο σύνταξης της βάσης γνώσης.
 - ❑ Εργαλείο ΚΕΕ Worlds που δίνει τη δυνατότητα για αναπαράσταση και σύγκριση εναλλακτικών σεναρίων.
 - ❑ Εργαλείο TMS ως μηχανισμός **συντήρησης** της αλήθειας.
 - ❑ Εργαλείο ΚΕΕ Connection, για διασύνδεση με σχεσιακές βάσεις δεδομένων.