

Κεφάλαιο 22

Εξελιγμένες Συλλογιστικές

Τεχνητή Νοημοσύνη - Β' Έκδοση

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



Εισαγωγή

- ❖ Δυσκολίες ανάπτυξης συστημάτων εμπειρική γνώσης:
 - Εκμαίευση γνώσης
 - Κατανόηση και μετατροπή της γνώσης σε υπολογιστικά μοντέλα
- ❖ Εξελιγμένες συλλογιστικές που μειώνουν την ανάγκη για εμπειρική γνώση
 - Συλλογιστική βασισμένη σε μοντέλα (model-based reasoning)
 - Ποιοτική συλλογιστική (qualitative reasoning)
 - Συλλογιστική βασισμένη σε περιπτώσεις (case-based reasoning)
- ❖ Εναλλακτικές πηγές γνώσης:
 - Φυσικά ή μηχανικά μοντέλα
 - Τεχνικά εγχειρίδια
 - Αναφορές περιπτώσεων αντιμετώπισης προβλημάτων, κτλ.

Συλλογιστική Βασισμένη σε Μοντέλα

Model-Based Reasoning (1/3)

- ❖ Αναπαριστά τη δομή και λειτουργία πραγματικών (φυσικών) συστημάτων.
 - ❑ Χρησιμοποιεί βασικές επιστημονικές ή τεχνικές αρχές αντί εμπειρικής γνώσης.
 - ❑ Χρησιμοποιείται κυρίως σε εφαρμογές διάγνωσης (**model-based diagnosis**).
- ❖ Μειονέκτημα εμπείρων συστημάτων που πραγματοποιούν διάγνωση:
 - ❑ Συσχετίζουν παρατηρήσιμες παραμέτρους του φυσικού συστήματος, με παρατηρήσιμες δυσλειτουργίες
 - **Απαγωγική συλλογιστική (abductive reasoning)**: Συλλογιστική που βασίζεται σε εμπειρική γνώση και συνδυάζει το αποτέλεσμα με το αίτιο
 - ❑ Τα φυσικά συστήματα αντιμετωπίζονται σαν "**μαύρα κουτιά**" (**black-box**).
 - ❑ Η συμπεριφορά του συστήματος καθορίζεται από τη συμπεριφορά του στο παρελθόν σε παρόμοιες περιπτώσεις που έχουν αποτυπωθεί ως εμπειρία
 - ❑ Δεν μπορεί να διαγνώσει νέες δυσλειτουργίες



Συλλογιστική Βασισμένη σε Μοντέλα

Model-Based Reasoning (2/3)

❖ Πλεονέκτημα:

- ❑ Οι κατασκευαστές γνωρίζουν καλύτερα τη λειτουργία ενός συστήματος από τους ειδικούς που το χειρίζονται
- ❑ Η περιγραφή του φυσικού συστήματος περιλαμβάνει τις βασικές αρχές λειτουργίας και όχι τις περιπτώσεις βλαβών που παρατηρήθηκαν
- ❑ Μπορούν να αντιμετωπιστούν καταστάσεις που δεν έχουν συναντηθεί στο παρελθόν

❖ **Μοντέλο συστήματος:** Δομή και βασικές λειτουργίες ενός φυσικού συστήματος

- ❑ Η αποτύπωση του μοντέλου είναι λιγότερο πολύπλοκη και περισσότερο προβλέψιμη από την εκμαίευση γνώσης

❖ Είδη μοντέλων:

- ❑ **Μαθηματικά μοντέλα:** Περιγράφουν με αναλυτικές εξισώσεις ένα σύστημα
- ❑ **Στοχαστικά μοντέλα:** Περιγράφουν στατιστικά τη λειτουργία ενός συστήματος
- ❑ **Αιτιοκρατικά μοντέλα:** Περιγράφουν ένα σύστημα μέσω των αλληλεπιδράσεων των επιμέρους τμημάτων του



Συλλογιστική Βασισμένη σε Μοντέλα

Model-Based Reasoning (3/3)

- ❖ Οι βασικές διαγνωστικές λειτουργίες είναι συνήθως ανεξάρτητες από το φυσικό σύστημα
 - ❑ Μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί ο πυρήνας του διαγνωστικού συστήματος για άλλα φυσικά συστήματα
- ❖ Απλά συστήματα
 - ❑ Βασίζονται μόνο σε τοπικές αλληλεπιδράσεις γειτονικών εξαρτημάτων
- ❖ Σύνθετα συστήματα
 - ❑ Αλληλεπιδράσεις μεταξύ μη-γειτονικών εξαρτημάτων

Λειτουργία Διαγνωστικού Συστήματος

- ❖ Η πραγματική συμπεριφορά του φυσικού συστήματος συγκρίνεται με τη συμπεριφορά που προβλέπει το μοντέλο.
 - ❑ Οι διαφορές μπορεί να οφείλονται σε δυσλειτουργία εξαρτημάτων ή των αισθητήρων.



Μελέτη Περίπτωσης

Το Σύστημα ΚΑΤΕ

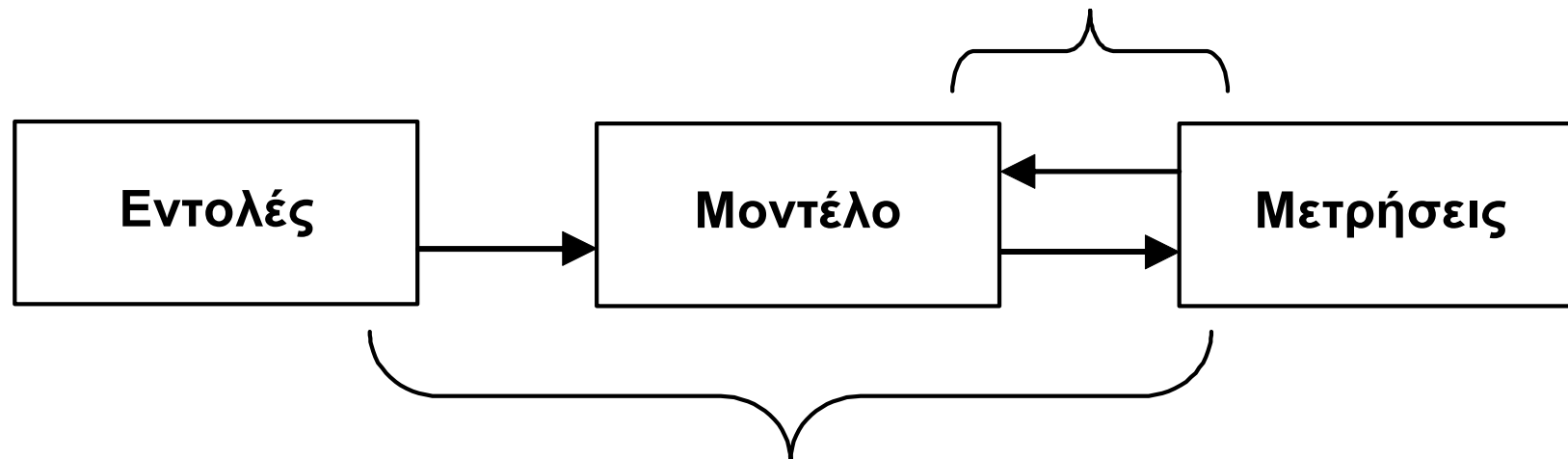
- ❖ Παρακολουθεί σε πραγματικό χρόνο συστήματα ελέγχου για την εκτόξευση διαστημικών λεωφορείων της NASA.
- ❖ Μοντέλο φυσικού συστήματος:
 - ❑ Περιγραφή των εξαρτημάτων του συστήματος και των συνδέσεων μεταξύ τους.
 - ❑ Λειτουργία κάθε εξαρτήματος **μέσα** στο σύστημα.
- ❖ Καταγράφονται 2 είδη τιμών:
 - ❑ **Εντολές:** Εξωτερικές παράμετροι λειτουργίας
 - Π.χ. εξωτερικές ρυθμίσεις για πίεση της αντλίας, έλεγχο ροής βαλβίδας, τάση ρεύματος, κλπ.
 - Θεωρούνται γνωστές και μη αμφισβητήσιμες
 - ❑ **Μετρήσεις:** Οι τιμές των αισθητήρων

Λειτουργία του Συστήματος ΚΑΤΕ

Φάση παρακολούθησης και διαπίστωσης προβλημάτων

- ❖ Παρατηρούμενες Τιμές: Καταγραφή μετρήσεων των αισθητήρων
- ❖ Προβλεπόμενες Τιμές: Υπολογισμός τιμών αισθητήρων σύμφωνα με το μοντέλο
- ❖ Σύγκριση προβλεπόμενων με τις παρατηρούμενες
 - ❑ Αν παρατηρηθεί **ασυμφωνία** τότε αναζητείται η αιτία της στη δεύτερη φάση

2^η φάση: Εντοπισμός προβλημάτων



1^η φάση: Παρακολούθηση συστήματος και διαπίστωση προβλημάτων

Λειτουργία του Συστήματος ΚΑΤΕ

Φάση Εντοπισμού Προβλημάτων

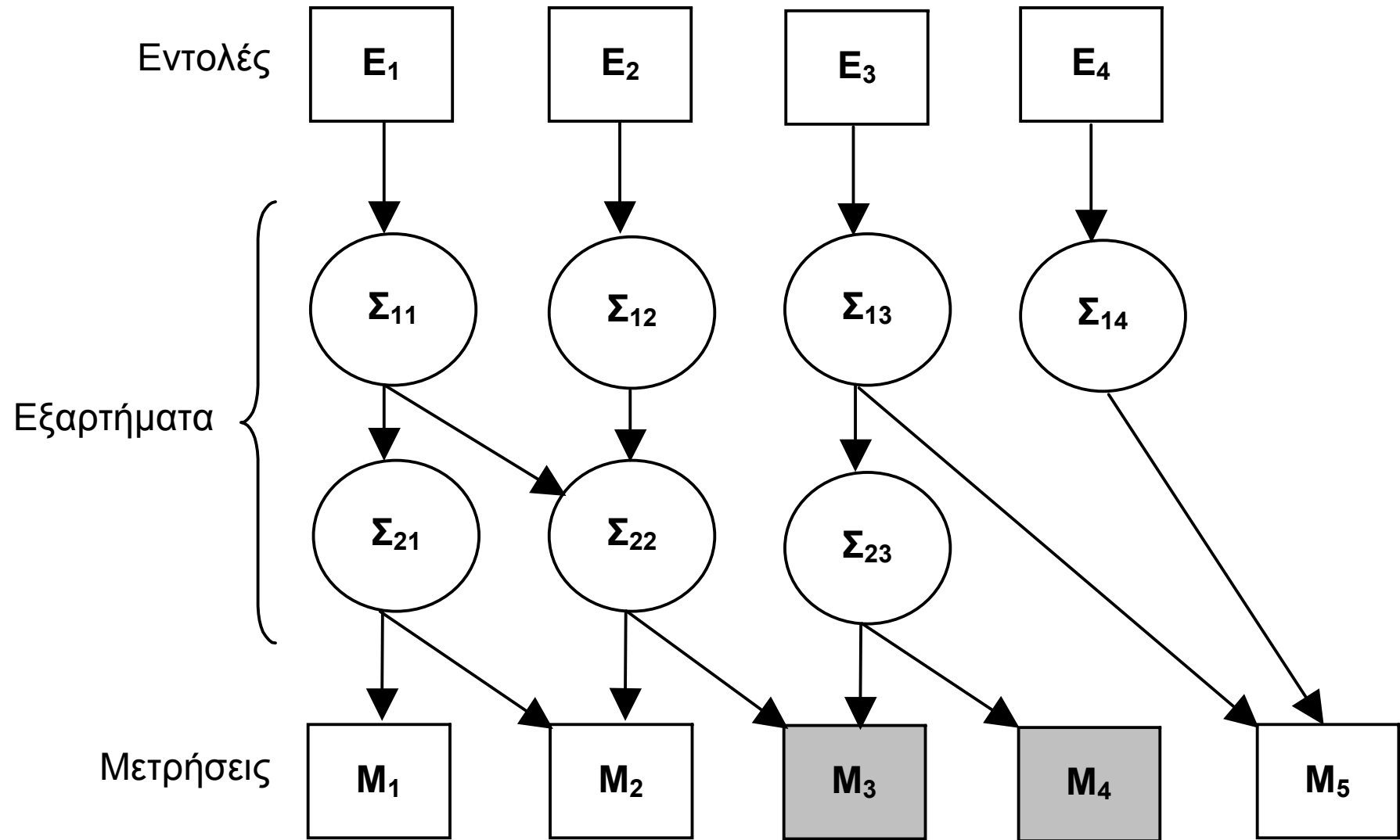
- ❖ **Ύποπτα εξαρτήματα:** θεωρούνται υπεύθυνα για τις ασυμφωνίες
 - ❑ Όλα τα εξαρτήματα που συνδέονται άμεσα ή έμμεσα με τους ασύμφωνους αισθητήρες
 - ❑ Οι ίδιοι οι αισθητήρες
- ❖ Υπολογισμός θεωρητικών τιμών των εξαρτημάτων
 - ❑ Υπάρχει μόνο μία βλάβη στο σύστημα (υπόθεση)
 - ❑ Υποθετούμε ότι το εξάρτημα A έχει βλάβη
 - ❑ Υποθέτουμε ότι όλα τα εξαρτήματα που συνδέουν έμμεσα το A με τον ασύμφωνο αισθητήρα B λειτουργούν σωστά
 - ❑ Υπολογίζεται η κατάσταση του A από τη μέτρηση της τιμής του αισθητήρα B
- ❖ Σταδιακά **"αθωώνονται"** τα ύποπτα εξαρτήματα
 - ❑ Τα εξαρτήματα που παραμένουν ύποπτα:
 - Μπορούν να αποδειχθούν ότι είναι πράγματι "ένοχα", ή
 - Δεν είναι δυνατόν να "αθωωθούν"
 - ❑ Επιθυμητό είναι να μείνει μόνο ένα εξάρτημα στο οποίο εντοπίζεται η βλάβη.

Λειτουργία του Συστήματος ΚΑΤΕ

Κριτήρια "Αθώωσης" Ύποπτων Εξαρτημάτων

- ❖ Αν ένα εξάρτημα A λειτουργεί προβληματικά, τότε όλα τα εξαρτήματα που το συνδέουν έμμεσα με κάποιον ασύμφωνο αισθητήρα B πρέπει να έχουν διαφορετικές υποθετικές τιμές από τις προβλεπόμενες.
 - ❑ Αλλιώς το A είναι αθώο.
- ❖ Αν δεν μπορεί να υπολογιστεί η υποθετική τιμή ενός ύποπτου εξαρτήματος, τότε σημαίνει ότι αυτό **δεν είναι σε θέση να επηρεάσει** τους ασύμφωνους αισθητήρες και θεωρείται αθώο.
- ❖ Αν η υποθετική τιμή ενός ύποπτου εξαρτήματος **συμπίπτει** με την προβλεπόμενη, τότε το εξάρτημα λειτουργεί κανονικά και πρέπει να αθωωθεί.
- ❖ Αν η υποθετική τιμή ενός ύποπτου εξαρτήματος δε συμπίπτει με την προβλεπόμενη, τότε υποθέτουμε ότι το συγκεκριμένο εξάρτημα δυσλειτουργεί.
 - ❑ Αν δεν "εξηγούνται" οι ενδείξεις των αισθητήρων, το εξάρτημα δεν μπορεί να θεωρηθεί υπαίτιο της δυσλειτουργίας και αθώνεται.

Παράδειγμα Διάγνωσης βασισμένης σε Μοντέλο





Συλλογιστική των Μοντέλων

Πλεονεκτήματα

- ❖ Μειώνεται το υψηλό κόστος απόκτησης της γνώσης.
- ❖ Δε χρειάζεται να προβλεφθούν και να καταγραφούν όλες οι πιθανές βλάβες σε ένα σύστημα.

Μειονεκτήματα

- ❖ Αδυναμία αναπαράστασης και χρήσης ευριστικής και αβέβαιης γνώσης.
- ❖ Προϋπόθεση της βλάβης ενός μόνο εξαρτήματος.
 - ❑ Λογικοφανής υπόθεση που επιβεβαιώνεται στατιστικά, αλλά δεν ισχύει πάντα
- ❖ Δεν εφαρμόζεται όταν δεν είναι δυνατή η τοποθέτηση αισθητήρων στο εσωτερικό του φυσικού συστήματος

Ποιοτική Συλλογιστική

Qualitative Reasoning

- ❖ Προσομοιώνει κάποιο φυσικό σύστημα βάσει ενός **ποιοτικού** και όχι ποσοτικού ή αριθμητικού μοντέλου.
 - ❑ Η **ποιοτική** κατανόηση της λειτουργίας ενός φυσικού συστήματος είναι απλούστερη και πολλές φορές ουσιαστικότερη από την **ποσοτική** κατανόηση του μοντέλου.
- ❖ Χρησιμοποιείται όταν
 - ❑ Το ποσοτικό μοντέλο του φυσικού συστήματος είναι πολύπλοκο, ή
 - ❑ Δεν υπάρχουν αρκετά δεδομένα ή γνώση για να δημιουργηθεί ποσοτικό μοντέλο
- ❖ Η ποιοτική προσομοίωση προβλέπει όλα τα πιθανά αλλά και τα απίθανα πρότυπα συμπεριφοράς του συστήματος.
 - ❑ Είναι πλήρης αλλά όχι ορθή.
 - Π.χ., προβλέπει όλες τις πιθανές συμπεριφορές μιας μπάλας που εκτοξεύεται προς τα πάνω
 - Προβλέπει επίσης και την (απίθανη) αέναη προς τα πάνω κίνηση της
 - ❑ Το πρόβλημα δεν οφείλεται στην τεχνική, αλλά στον τρόπο εφαρμογής της
 - Πρέπει να εφαρμόζονται σωστά όλοι οι φυσικοί περιορισμοί
 - Απόρριψη μερικών προβλεπόμενων συμπεριφορών



Ποιοτική Συλλογιστική

Το παράδειγμα της μπάλλας

- ❖ Όταν ένα αντικείμενο εκτοξεύεται προς τα πάνω στον αέρα:
 - ❑ Φθάνει σε ένα μέγιστο ύψος
 - Εξαρτάται από την ώθηση (και συνεπώς την ταχύτητα) με την οποία εκτοξεύτηκε
 - ❑ Στη συνέχεια πέφτει στο έδαφος
- ❖ Ποσοτική προσομοίωση
 - ❑ Αν σκοπός είναι ο υπολογισμός τροχιάς βαλλιστικού πυραύλου, τότε είναι απαραίτητα τα ποσοτικά στοιχεία
 - ❑ Π.χ. πόσο ψηλά θα φτάσει ο πύραυλος και πόσο γρήγορα
- ❖ Ποιοτική προσομοίωση
 - ❑ Π.χ. για έναν προπονητή του tennis που προσπαθεί να εξηγήσει την τροχιά της μπάλλας σε ένα παιδί, αρκεί μια απλή ποιοτική κατανόηση του φαινομένου



Μελέτη Περίπτωσης

Το Σύστημα QSIM

- ❖ Γλώσσα περιγραφής ποιοτικών καταστάσεων
- ❖ Παράμετροι
 - ❑ Αυξάνονται, μειώνονται, ή παραμένουν σταθερές (ποιοτικά - όχι αριθμητικά)
 - ❑ Φυσικές παράμετροι (*physical parameters*) του συστήματος
 - ❑ Περιορισμοί (*constraints*) που καθορίζουν τις **συσχετίσεις** (*relationships*) των παραμέτρων
- ❖ Κάθε φυσική παράμετρος αναπαρίσταται ως συνάρτηση του χρόνου
- ❖ Ο χρόνος είναι διακριτός.
 - ❑ **Κρίσιμα χρονικά σημεία** (*critical points*): η συνάρτηση αλλάζει τιμή
 - ❑ **Χρονικά διαστήματα** (*time intervals*): μεταξύ δύο χρονικών σημείων
- ❖ **Σύνολο διακεκριμένων τιμών** (*landmark values*): Σύνολ τιμών των παραμέτρων
 - ❑ Πλήρες διατεταγμένο σύνολο τιμών της παραμέτρου στα κρίσιμα σημεία
 - ❑ Π.χ. μέγιστο-ελάχιστο ύψος

Σύστημα QSIM

Παραδείγματα Συσχετίσεων

Συσχέτιση	QSIM
Επιτάχυνση = $\frac{d\text{ταχύτητα}}{dt}$	DERIV(velocity acceleration)
Δύναμη = μάζα * επιτάχυνση	MULT(mass acceleration force)
Οι λαμπτήρες μεγαλύτερης ισχύος παράγουν μεγαλύτερη φωτεινότητα	M+(wattage lumens)
Η μείωση του μεγέθους ενός υπολογιστή αυξάνει την υπολογιστική ισχύ του	M-(computer-size speed)

Σύστημα QSIM

Ποιοτική Προσομοίωση

- ❖ Καθορισμός όλων των παραμέτρων σε κάποιο χρονικό σημείο ή διάστημα.
- ❖ Για τον υπολογισμό των δυνατών μεταβολών χρησιμοποιείται ο πίνακας επιτρεπτών μεταβολών μεταξύ 2 καταστάσεων
 - ❑ Μεταβάσεις τύπου P, από ένα χρονικό σημείο (**point**) σε ένα χρονικό διάστημα.
 - ❑ Μεταβάσεις τύπου I, από ένα διάστημα (**interval**) σε ένα σημείο.
- ❖ Σε κάθε κατάσταση:
 - ❑ Ταυτοποιούνται οι παράμετροι της προηγούμενης κατάστασης με τη μεσαία στήλη
 - ❑ Παράγονται οι δυνατές τιμές της επόμενης κατάστασης από την τρίτη στήλη
 - ❑ Απορρίπτονται κάποιες από τις μεταβολές, όταν:
 - Δεν είναι συμβατές με τους περιορισμούς του συστήματος.
 - Δε διαφοροποιούν την προηγούμενη κατάσταση.
 - ❑ Όταν δεν είναι δυνατός ο περιορισμός των νέων καταστάσεων σε μία μοναδική δημιουργείται ένα δένδρο δυνατών επόμενων καταστάσεων.
 - Κάθε κλαδί του δένδρου πρέπει να αναπτυχθεί ξεχωριστά.

Σύστημα QSIM

Επιτρεπτές Μεταβολές Μεταξύ 2 Καταστάσεων

Μετάβαση τύπου P	Από κατάσταση QS(f, t _i)	Προς κατάσταση QS(f, t _i , t _{i+1})
P ₁	(I _j , std)	(I _j , std)
P ₂	(I _j , std)	([I _j , I _{j+1}], inc)
P ₃	(I _j , std)	([I _{j-1} , I _j], dec)
P ₄	(I _j , inc)	([I _j , I _{j+1}], inc)
P ₅	([I _j , I _{j+1}], inc)	([I _j , I _{j+1}], inc)
P ₆	(I _j , dec)	([I _{j-1} , I _j], dec)
P ₇	([I _j , I _{j+1}], dec)	([I _j , I _{j+1}], dec)
Μετάβαση τύπου I	Από κατάσταση QS(f, t _i , t _{i+1})	Προς κατάσταση QS(f, t _{i+1})
I ₁	(I _j , std)	(I _j , std)
I ₂	([I _j , I _{j+1}], inc)	(I _{j+1} , std)
I ₃	([I _j , I _{j+1}], inc)	(I _{j+1} , inc)
I ₄	([I _j , I _{j+1}], inc)	([I _j , I _{j+1}], inc)
I ₅	([I _j , I _{j+1}], dec)	(I _j , std)
I ₆	([I _j , I _{j+1}], dec)	(I _j , dec)
I ₇	([I _j , I _{j+1}], dec)	([I _j , I _{j+1}], dec)
I ₈	([I _j , I _{j+1}], inc)	(I*, std)
I ₉	([I _j , I _{j+1}], dec)	(I*, std)

Το Παράδειγμα της Μπάλας

❖ Φυσικές παράμετροι:

- ❑ Y = το ύψος της μπάλας
- ❑ V = η ταχύτητα της μπάλας
- ❑ A = η επιτάχυνση της μπάλας

❖ Περιορισμοί:

- ❑ DERIV(Y, V): $V = \frac{dY}{dt}$
- ❑ DERIV(V, A): $A = \frac{dV}{dt}$
- ❑ $A(t) = g < 0$ (σταθερά της βαρύτητας)

Το Παράδειγμα της Μπάλας

Χρονικό Σημείο t_0

❖ Η μπάλα εκτοξεύεται προς τα πάνω

- ❑ $QS(A, t_0) = g$
- ❑ $QS(V, t_0) = V_0$
- ❑ $QS(Y, t_0) = 0$

Χρονικό Διάστημα $[t_0, t_1]$

❖ Η μπάλα κινείται προς τα πάνω χωρίς να είναι γνωστό ακόμα το σημείο στο οποίο θα σταματήσει

- ❑ $QS(A, t_0, t_1) = (g, \text{std})$
 - Η τιμή της επιτάχυνσης είναι g , ενώ ο ρυθμός μεταβολής της είναι σταθερός (std).
- ❑ $QS(V, t_0, t_1) = ([0, \infty], \text{dec})$
 - Η ταχύτητα μειώνεται με τιμή μεταξύ της αρχικής τιμής (οποιαδήποτε) και του μηδενός.
- ❑ $QS(Y, t_0, t_1) = ([0, \infty], \text{inc})$
 - Το ύψος της μπάλας μεγαλώνει και η τιμή του είναι μεταξύ της αρχικής τιμής 0 και του μέγιστου ύψους (οποιαδήποτε θετική τιμή).

Το Παράδειγμα της Μπάλας

Χρονικό Σημείο t_1 (1/2)

- ❖ Η μπάλα θα φτάσει στο μέγιστο ύψος.
- ❖ $QS(A, t_0, t_1) \rightarrow QS(A, t_1)$
 - ❑ Η επιτάχυνση της βαρύτητας είναι σταθερή
 - ❑ Η μόνη επιτρεπτή μεταβολή είναι να παραμείνει σταθερή η τιμή της επιτάχυνσης
 - ❑ $(g, std) \rightarrow (g, std)$ (λόγω I_1)
- ❖ Δυνατές μεταβολές της ταχύτητας: $QS(V, t_0, t_1) \rightarrow QS(V, t_1)$.
 - ❑ $([0, \infty], dec) \rightarrow (0, std)$
 - Η ταχύτητα μηδενίζεται και παραμένει σταθερή (μετάβαση I_5).
 - ❑ $([0, \infty], dec) \rightarrow (0, dec)$
 - Η ταχύτητα μηδενίζεται ενώ μειώνεται συνεχώς (μετάβαση I_6).
 - ❑ $([0, \infty], dec) \rightarrow ([0, \infty], dec)$
 - Η ταχύτητα συνεχίζει να έχει κάποια θετική τιμή, όχι απαραίτητα την ίδια με πριν, ενώ μειώνεται συνεχώς (μετάβαση I_7).
 - ❑ $([0, \infty], dec) \rightarrow (L^*, std)$
 - Η ταχύτητα έχει αλλάξει παίρνοντας μία καινούρια (άγνωστη) τιμή L^* , η οποία παραμένει σταθερή (μετάβαση I_9).

Κατάσταση που δεν είναι δυνατό να υπάρξει.

Κατάσταση που δεν διαφοροποιεί την προηγούμενη.

Κατάσταση που δεν είναι δυνατό να υπάρξει.

Το Παράδειγμα της Μπάλας

Χρονικό Σημείο t_1 (2/2)

❖ Δυνατές μεταβολές του ύψους: $QS(Y, t_0, t_1) \rightarrow QS(Y, t_1)$.

❑ $([0, \infty], inc) \rightarrow ([0, \infty], inc)$

- Το ύψος συνεχίζει να έχει θετική τιμή, όχι απαραίτητα την ίδια με πριν, ενώ αυξάνεται συνεχώς.

Κατάσταση που δεν διαφοροποιεί την προηγούμενη.

❑ $([0, \infty], inc) \rightarrow (L^*, std)$

- Το ύψος άλλαξε παίρνοντας μία καινούρια τιμή και παραμένει σταθερό.

❑ $([0, \infty], inc) \rightarrow (\infty, std), ([0, \infty], inc) \rightarrow (\infty, inc)$

- Το ύψος παίρνει τη μέγιστη τιμή του, συνεπώς η μπάλα φεύγει στο άπειρο είτε διατηρώντας σταθερό ύψος, είτε αυξανόμενο.

Καταστάσεις που δεν είναι δυνατό να υπάρξουν.

❖ Προκύπτει η ακόλουθη, μοναδική ποιοτική κατάσταση:

❑ $QS(A, t_1) = (g, std)$

❑ $QS(V, t_1) = (0, dec)$

❑ $QS(Y, t_1) = (Y_{new}, std)$

- Έχει "ανακαλυφθεί" μία καινούρια διακεκριμένη τιμή για τη φυσική παράμετρο του ύψους.

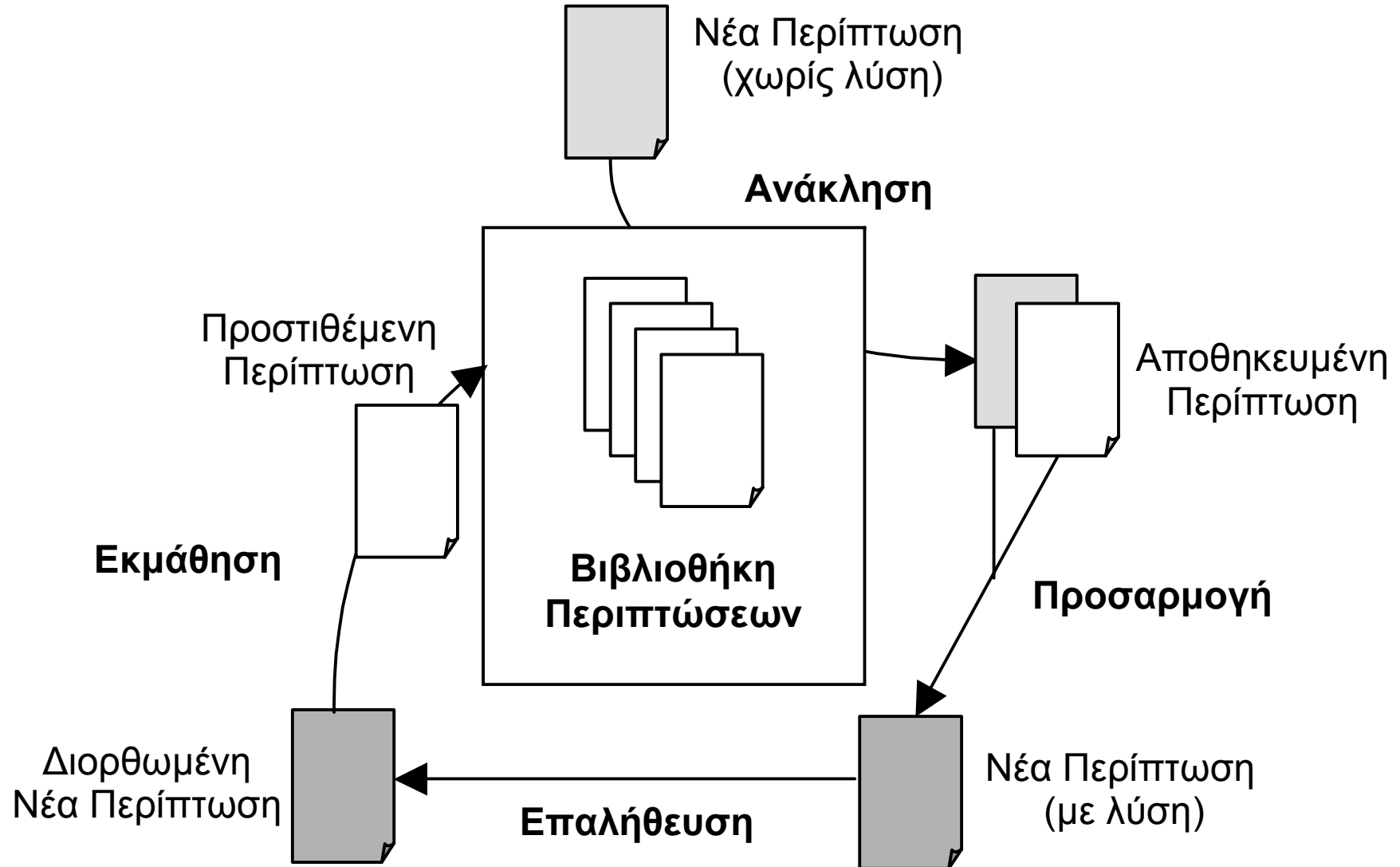
Συλλογιστική Βασισμένη σε Περιπτώσεις

Case-Based Reasoning

- ❖ Χρησιμοποιεί παραδείγματα προβλημάτων που αντιμετωπίστηκαν στο παρελθόν για την επίλυση νέων προβλημάτων
 - ❑ Η επιλογή της κατάλληλης περίπτωσης βασίζεται στην ομοιότητά της με την τωρινή
- ❖ Στα έμπειρα συστήματα η γνώση αποτυπώνεται με τη μορφή εμπειρικών κανόνων
 - ❑ Η εμπειρία καταγράφεται στιγμιαία και αφομοιώνεται (**implicit knowledge**)
 - ❑ Δεν καταγράφεται λεπτομερώς και ρητά (**explicit knowledge**)
- ❖ Αρχιτεκτονική συστήματος που χρησιμοποιεί συλλογιστική των περιπτώσεων:
 - ❑ **Βιβλιοθήκη** παλιών περιπτώσεων
 - ❑ Μέθοδος ταιριάσματος και **ανάκλησης περιπτώσεων** από τη βιβλιοθήκη, βάσει των χαρακτηριστικών του προβλήματος.
 - ❑ Μέθοδος **προσαρμογής** της παλιάς λύσης, όταν η τωρινή περίπτωση δεν είναι ακριβώς ίδια
 - ❑ Μέθοδος δοκιμής, **επαλήθευσης** και επιδιόρθωσης της προσαρμοσμένης λύσης
 - ❑ Μέθοδος **εκμάθησης** της λύσης, για τον εμπλουτισμό της βιβλιοθήκης

Συλλογιστική των Περιπτώσεων

Κύκλος Λειτουργίας



Οργάνωση της Βιβλιοθήκης των Περιπτώσεων

- ❖ Η οργάνωση της βιβλιοθήκης μπορεί να γίνει:
 - ❑ Με απλό τρόπο (π.χ. παράθεση περιπτώσεων)
 - ❑ Ιεραρχικά: Οργάνωση σε επίπεδα, βάσει παραμέτρων εισόδου ή στόχων του προβλήματος
- ❖ Η αναζήτηση στη βιβλιοθήκη πρέπει να βασίζεται σε "έξυπνη" **δεικτοδότηση των περιπτώσεων (case indexing)**, για να είναι αποδοτική
 - ❑ Δεν πρέπει να αντιστοιχούν πολλές περιπτώσεις σε συγκεκριμένες τιμές των παραμέτρων, γιατί θα ανακαλούνται πολλές άσχετες περιπτώσεις
 - ❑ Η πολύ αυστηρή συνεκτικότητα μπορεί να οδηγήσει σε αντίθετα αποτελέσματα, γιατί τις περισσότερες φορές δε θα "ταιριάζει" καμιά περίπτωση
- ❖ **Δεικτοδότηση βασισμένη σε εξηγήσεις (explanation-based indexing):**
 - ❑ Δεικτοδότηση βάσει παρατηρούμενων χαρακτηριστικών του προβλήματος πριν και μετά από κάποια δράση
 - ❑ Επεξήγηση του λόγου για τον οποίο δόθηκαν τα χαρακτηριστικά
 - ❑ Περιγραφή του στόχου που προσπαθεί να επιτευχθεί από τη συγκεκριμένη δράση

Συστήματα Συλλογιστικής των Περιπτώσεων

- ❖ Δημιουργία και "σωστή" δεικτοδότηση βιβλιοθήκης περιπτώσεων από άνθρωπο-ειδικό με εμπειρία στα προβλήματα που αντιμετωπίζει το σύστημα.
- ❖ Ο χρήστης:
 - ❑ Εισάγει το πρόβλημα που αντιμετωπίζει
 - ❑ Ζητά από το σύστημα να εμφανίσει τις περιπτώσεις που ταιριάζουν στη βιβλιοθήκη
 - ❑ Η σύγκριση βασίζεται στην ταύτιση των χαρακτηριστικών του προβλήματος
 - ❑ Ο χρήστης (ή/και το σύστημα) κρίνει αν οι ανακληθείσες περιπτώσεις είναι σωστές
 - ❑ Αν όχι ζητά κάποιες επόμενες
- ❖ Για να αυξηθεί το ποσοστό επιτυχημένης ταύτισης των περιπτώσεων:
 - ❑ Αξιολόγηση των χαρακτηριστικών του προβλήματος βάσει της **σπουδαιότητάς** τους
 - ❑ Ταύτιση μέσα σε κάποιο εύρος **ανεκτικότητας (tolerance)**
- ❖ Η λύση που υιοθετήθηκε στο παρελθόν προσαρμόζεται βάσει των χαρακτηριστικών της νέας περίπτωσης
 - ❑ Η προσαρμοσμένη λύση αποθηκεύεται στη βιβλιοθήκη του συστήματος για μελλοντική χρήση (αφού επαληθευθεί)
 - ❑ Η γνώση του συστήματος επεκτείνεται (**case-based learning**).



Μελέτη Περίπτωσης

Το Σύστημα PAS

- ❖ Προσδιορίζει αυτόματα την αξία μιας ακίνητης ιδιοκτησίας
 - ❑ Σύγκριση μεγέθους, λειτουργίας και χαρακτηριστικών του ακινήτου με κάποιο ανάλογο ακίνητο που βρίσκεται στην ίδια περιοχή.
- ❖ **Ανάκληση** της κατάλληλης (πιο πρόσφατης) περίπτωσης αγοραπωλησίας.
 - ❑ Ανακαλεί, βαθμολογεί, και ταξινομεί κατά φθίνουσα σειρά ομοιότητας, τις 10 πιο συναφείς περιπτώσεις.
- ❖ Για τη βαθμολόγηση των περιπτώσεων πρέπει να καθοριστούν:
 - ❑ Τα βάρη (σπουδαιότητα) κάθε χαρακτηριστικού
 - Π.χ., το εμβαδόν παίζει πιο σπουδαίο ρόλο από τον όροφο
 - ❑ Πώς βαθμολογούνται οι διαφορές
 - Π.χ., ηλικία σπιτιού τρέχουσας περίπτωσης 22 χρόνια, ηλικία σπιτιού βιβλιοθήκης 20 χρόνια, η διαφορά είναι αμελητέα (μηδενική)

Το Σύστημα PAS

Προσαρμογή περίπτωσης (1/2)

❖ Χρήση κανόνων (*critics*)

- ❑ Αυξάνουν ή μειώνουν την αξία πώλησης του σπιτιού που ανακλήθηκε προσαρμόζοντάς το στην περίπτωση του τρέχοντος σπιτιού.
- ❑ Εξαρτάται από τη διαφορά τιμών των χαρακτηριστικών

❖ Παράδειγμα:

- ❑ Έστω ότι το σπίτι A είναι η τρέχουσα περίπτωση και το σπίτι B είναι μία αποθηκευμένη περίπτωση που αξιολογήθηκε στις 10 πιο "κοντινές" περιπτώσεις.
- ❑ Αν το A έχει πισίνα, ενώ το B όχι, τότε η τιμή του A σε σχέση με την τιμή πώλησης του B πρέπει να προσαρμοστεί
- ❑ Ένας κανόνας προσθέτει στην τιμή του σπιτιού B το κόστος κατασκευής πισίνας (π.χ. 15,000 €)
- ❑ Αν το B πωλήθηκε για 120,000 €, το A (λόγω της πισίνας) πρέπει να πωληθεί 135,000 €

Το Σύστημα ΡΑΣ

Προσαρμογή περίπτωσης (2/2)

- ❖ Η προσαρμογή είναι αθροιστική όλα τα χαρακτηριστικά
- ❖ Παράδειγμα:
 - ❑ Αν το εμβαδόν είναι λίγο διαφορετικό, η προσαρμογή είναι μία μικρή διαφοροποίηση της τιμής, π.χ. 900 € για κάθε m^2 που διαφέρουν τα δύο σπίτια
 - ❑ Π.χ. το Α είναι $110 m^2$ ενώ το Β είναι $105 m^2$
 - ❑ Η τιμή του Α αυξάνεται κατά $900 \times 5 = 4,500$ € και γίνεται $135,000 + 4,500 = 139,500$ €
- ❖ **Μειονέκτημα:** Οι πολλές προσαρμογές καταλήγουν σε ανακριβείς τιμές
 - ❑ Οι κανόνες προσαρμογής θεωρούν ότι κάθε χαρακτηριστικό είναι ανεξάρτητο από τα υπόλοιπα
 - ❑ Στην πραγματικότητα υπάρχουν αλληλεπιδράσεις
- ❖ Επιβολή βαθμού "ποινής" για κάθε προσαρμογή
 - ❑ Όποια περίπτωση έχει λιγότερους βαθμούς ποινής θεωρείται πιο κοντινή στην τωρινή
 - ❑ Η τελική αξία προκύπτει από το μέσο όρο των 3 περιπτώσεων με τους λιγότερους βαθμούς ποινής

Παράδειγμα Καθορισμού Αξίας Ακίνητης Περιουσίας

Χαρακτηριστικό	Βάρος	Τρόπος βαθμολόγησης διαφορών	Τρόπος προσαρμογής περίπτωσης
Καθαρό εμβαδόν	0.9	Απόλυτη Ποσοστιαία Διαφορά (ΑΠΔ)	Διαφορά x Κατασκευαστική τιμή m ²
Αριθμός δωματίων	0.8	ΑΠΔ	Διαφορά x 6,000 €
Αριθμός τουαλετών	0.5	ΑΠΔ	Διαφορά x 3,000 €
Αρχιτεκτονικός ρυθμός	1.0	Ίδιος=1, Διαφορετικός=0	Ίδιος=0, Διαφορετικός=±30%
Ηλικία οικήματος	0.7	ΑΠΔ	Διαφορά x 2%
Θέση (περιοχή - γειτονιά)	0.8	ΑΠΔ - Απόσταση από το κέντρο της πόλης	Διαφορά αντικειμενικής (ανά περιοχή) αξίας m ² x Εμβαδόν
Ημερομηνία αγοραπωλησίας	0.6	ΑΠΔ - Χρονική διαφορά/τριετία	Διαφορά (σε χρόνια) x 3%
Τύπος ψύξης	0.2	Ίδιος=1, Διαφορετικός=0.5, Καθόλου=0	Ίδιος=0, Διαφορετικός=±0,5%, Καθόλου=±1%
Τύπος θέρμανσης	0.7	Ίδιος=1, Διαφορετικός=0.5, Καθόλου=0	Ίδιος=0, Διαφορετικός=±2%, Καθόλου=±4%
Τύπος parking	0.3	Ίδιος=1, Διαφορετικός=0.5, Καθόλου=0	Ίδιος=0, Διαφορετικός=±5%, Καθόλου=±10%
Μέγεθος οικοπέδου	0.2	ΑΠΔ	Διαφορά x 100 €
Ύπαρξη πισίνας	0.1	Ίδιος=1, Διαφορετικός=0	Ίδιος=0, Διαφορετικός=±25%

Συλλογιστική των Περιπτώσεων

Πλεονεκτήματα

- ❖ Πιο κοντά στον τρόπο σκέψης των ανθρώπων (συλλογιστική με αναλογίες)
- ❖ Η γνώση δεν υπόκειται σε μετατροπές που μπορούν να την αλλοιώσουν
- ❖ Στα έμπειρα συστήματα η γνώση του ειδικού έχει υποστεί μετατροπές
 - ❑ Από τον ειδικό που αναγκάζεται να ομαδοποιήσει τις εμπειρίες του
 - ❑ Από το μηχανικό γνώσης που μετατρέπει τις εμπειρίες σε κανόνες
- ❖ Η απόκτηση της γνώσης απλουστεύεται
 - ❑ Η γνώση υπάρχει ήδη σε παλαιότερα έγγραφα ή σε βάσεις δεδομένων

Μειονεκτήματα

- ❖ Υπολογιστικό κόστος αναζήτησης στη βιβλιοθήκη των περιπτώσεων
- ❖ Η απόδοση και ποιότητα των λύσεων επηρεάζεται από:
 - ❑ Την "ορθή" δόμηση της βιβλιοθήκης
 - ❑ Την ποιότητα και ποσότητα των περιπτώσεων που βρίσκονται στη βιβλιοθήκη
- ❖ Δυσκολία προσαρμογής της λύσης
 - ❑ Κυρίως όταν απαιτούνται ευριστικές-εμπειρικές σχέσεις

Άσκηση Συλλογιστικής των Περιπτώσεων

- ❖ Να υπολογίσετε την τιμή πώλησης του σπιτιού Α, υποθέτοντας ότι η βιβλιοθήκη των περιπτώσεων περιέχει τα σπίτια Β και Γ.

Χαρακτηριστικό	Σπίτι Α	Σπίτι Β	Σπίτι Γ
Καθαρό εμβαδόν	100 m ²	95 m ²	110 m ²
Αριθμός δωματίων	3	3	2
Αριθμός τουαλετών	1	1	2
Αρχιτεκτονικός ρυθμός	πολυκατοικία	πολυκατοικία	πολυκατοικία
Ηλικία του οικήματος	1	5	3
Θέση	Τούμπα (5 Km)	Καλαμαριά (7 Km)	Περαία (20 Km)
Ημερομηνία αγοραπωλησίας	9/5/00	1/9/99	15/2/00
Τύπος ψύξης	air condition	-	air condition
Τύπος θέρμανσης	Κεντρική θέρμανση	Θερμοσυσσώρευση	Κεντρική θέρμανση
Τύπος parking	Πυλωτή	Ανοικτό - ιδιωτικό	Πυλωτή
Μέγεθος οικοπέδου	1000 m ²	900 m ²	1200 m ²
Ύπαρξη πισίνας	-	-	-
Τιμή πώλησης	?	147,000 €	117,000 €

Άσκηση Συλλογιστικής των Περιπτώσεων

- ❖ Η διαδικασία πρέπει να περιλαμβάνει τα εξής:
 - ❑ Βαθμολόγηση της ομοιότητας των σπιτιών Β και Γ σε σχέση με το Α.
 - ❑ Υπολογισμό των βαθμών ποινής για κάθε ένα από τα Β και Γ.
 - ❑ Υπολογισμό της τιμής του Α προσαρμόζοντας την τιμή του σπιτιού που βαθμολογήθηκε με το μεγαλύτερο βαθμό.
 - ❑ Υπολογισμό της τιμής του Α προσαρμόζοντας την τιμή του σπιτιού που βαθμολογήθηκε με τους λιγότερους βαθμούς ποινής.
 - ❑ Σύγκριση των δύο τιμών που υπολογίστηκαν στα ερωτήματα γ και δ.
 - Ποια τιμή βρίσκεται πιο κοντά στην αντίστοιχη τιμή του σπιτιού που επιλέχθηκε;
 - ❑ Εξαγωγή συμπερασμάτων από τα παραπάνω αποτελέσματα.

Παράθεση Χαρακτηριστικών

Χαρακτηριστικό	Βάρος	Τρόπος υπολογισμού διαφορών	Σπίτι Α	Σπίτι Β	Σπίτι Γ
Καθαρό εμβαδόν	0,9	απόλυτη ποσοστιαία διαφορά (απδ)	100	95	110
Αριθμός δωματίων	0,8	απδ	3	3	2
Αριθμός τουαλετών	0,5	απδ	1	1	2
Αρχιτεκτονικός ρυθμός	1,0	ίδιος=1, διαφορετικός=0	πολυκα- τοικία	πολυκα- τοικία	πολυκα- τοικία
Ηλικία του οικήματος	0,7	απδ	1	5	3
Θέση (περιοχή - γειτονιά)	0,8	απδ - Απόσταση από το κέντρο της πόλης	Ανατολική Θεσ/νίκη - Τούμπα (5 Km)	Ανατολική Θεσ/νίκη - Καλαμαριά (7 Km)	Ανατολική Θεσ/νίκη - Περαία (20 Km)
Ημερομηνία αγοραπωλησίας	0,6	απδ - Χρονική διαφορά/τριετία	9/5/00	1/9/99	15/2/00
Τύπος ψύξης	0,2	ίδιος=1, διαφορετικός=0,5, καθόλου=0	air condition	-	air condition
Τύπος θέρμανσης	0,7	ίδιος=1, διαφορετικός=0,5, καθόλου=0	Κεντρική θέρμανση	Θερμοσυσ- σώρευση	Κεντρική θέρμανση
Τύπος parking	0,3	ίδιος=1, διαφορετικός=0,5, καθόλου=0	Πυλωτή	Ανοικτό - ιδιωτικό	Πυλωτή
Μέγεθος οικοπέδου	0,2	απδ	1000	900	1200
Ύπαρξη πισίνας	0,1	ίδιος=1, διαφορετικός=0	-	-	-
Τιμή πώλησης	-	-	?	147,000 €	117,000 €

Υπολογισμός Ομοιοτήτων ανά Χαρακτηριστικό

Χαρακτηριστικό	Βάρος	Σπίτι Β	Σπίτι Γ
Καθαρό εμβαδόν	0,9	0,95	0,90
Αριθμός δωματίων	0,8	1,00	0,67
Αριθμός τουαλετών	0,5	1,00	0,00
Αρχιτεκτονικός ρυθμός	1,0	1,00	1,00
Ηλικία του οικήματος	0,7	-3,00	-1,00
Θέση (περιοχή - γειτονιά)	0,5	0,60	-2,00
Ημερομηνία αγοραπωλησίας	0,6	0,77	0,92
Τύπος ψύξης	0,2	0,00	1,00
Τύπος θέρμανσης	0,7	0,50	1,00
Τύπος parking	0,3	0,50	1,00
Μέγεθος οικοπέδου	0,2	0,90	0,80
Ύπαρξη πισίνας	0,1	1,00	1,00
Τιμή πώλησης	-	147,000 €	117,000 €

$$\text{Διαφορά} = \frac{|\text{Παλιό} - \text{Νέο}|}{\text{Νέο}}$$

$$\text{Ομοιοτητα} = 1 - \text{Διαφορά}$$

Υπολογισμός Ομοιότητας και Βαθμών Ποινής

Χαρακτηριστικό	Σπίτι Β		Σπίτι Γ	
	Ομοιότητα	Βαθμοί Ποινής	Ομοιότητα	Βαθμοί Ποινής
Καθαρό εμβαδόν	0,86	1	0,81	1
Αριθμός δωματίων	0,80	0	0,53	1
Αριθμός τουαλετών	0,50	0	0,00	1
Αρχιτεκτονικός ρυθμός	1,00	0	1,00	0
Ηλικία του οικήματος	-2,10	1	-0,70	1
Θέση (περιοχή - γειτονιά)	0,48	1	-1,60	1
Ημερομηνία αγοραπωλησίας	0,46	1	0,55	1
Τύπος ψύξης	0,00	1	0,20	1
Τύπος θέρμανσης	0,35	1	0,70	0
Τύπος parking	0,15	1	0,30	0
Μέγεθος οικοπέδου	0,18	1	0,16	1
Ύπαρξη πισίνας	0,10	0	0,10	0
Άθροισμα	2,78	8	2,06	7
Τιμή πώλησης	147,000 €		117,000 €	

Υπολογισμός Τιμής με βάση τη μέγιστη ομοιότητα

Χαρακτηριστικό	Τρόπος προσαρμογής	Τιμή Μονάδας	Σπίτι Α	Σπίτι Β	Ομοιότητα	Προσαρμογή τιμής
Καθαρό εμβαδόν	διαφορά * κατασκευαστική τιμή m ²	800	100	95		+4,000
Αριθμός δωματίων	διαφορά * 6000	6,000	3	3		+0
Αριθμός τουαλετών	διαφορά * 3000	3,000	1	1		+0
Αρχιτεκτονικός ρυθμός	ίδιος=0, διαφορετικός=±30%	30%	πολυκατοικία	πολυκατοικία		+0
Ηλικία του οικήματος	διαφορά * 2%	2%	1	5		+11,760
Θέση (περιοχή - γειτονιά)	διαφορά αντικειμενικής (ανά περιοχή) αξίας m ² * εμβαδό		Τούμπα 700	Καλαμαριά 900		-19,000
Ημερομηνία αγοραπωλησίας	διαφορά (σε χρόνια) * 3%	3%	9/5/2000	1/9/1999		+3,033
Τύπος ψύξης	ίδιος=0, διαφορετικός=±0,5%, καθόλου=±1%	1%	air condition	-	1	+1,470
Τύπος θέρμανσης	ίδιος=0, διαφορετικός=±2%, καθόλου=±4%	4%	Κεντρική θέρμανση	Θερμοσυσσώρευση	0.5	+2,940
Τύπος parking	ίδιος=0, διαφορετικός=±5%, καθόλου=±10%	10%	Πυλωτή	Ανοικτό ιδιωτικό	- 0.5	+7,350
Μέγεθος οικοπέδου	διαφορά * 100	100	1,000	900		+10,000
Υπαρξη πισίνας	ίδιος=0, διαφορετικός=±25%	25%	-	-		+0
Αθροισμα						+21,553
Τιμή πώλησης	-			147,000		168,553
					Ποσοστό	15%

Υπολογισμός Τιμής με βάση τους ελάχιστους βαθμούς ποιότητας

Χαρακτηριστικό	Τρόπος προσαρμογής	Τιμή Μονάδας	Σπίτι Α	Σπίτι Γ	Ομοιότητα	Προσαρμογή τιμής
Καθαρό εμβαδόν	διαφορά * κατασκευαστική τιμή m ²	800	100	110		-8,000
Αριθμός δωματίων	διαφορά * 6000	6,000	3	2		+6,000
Αριθμός τουαλετών	διαφορά * 3000	3,000	1	2		-3,000
Αρχιτεκτονικός ρυθμός	ίδιος=0, διαφορετικός=±30%	30%	πολυκατοικία	πολυκατοικία		+0
Ηλικία του οικήματος	διαφορά * 2%	2%	1	3		+4,680
Θέση (περιοχή - γειτονιά)	διαφορά αντικειμενικής (ανά περιοχή) αξίας m ² * εμβαδό		Τούμπα	Περαία		+22,000
			700	500		
Ημερομηνία αγοραπωλησίας	διαφορά (σε χρόνια) * 3%	3%	9/5/2000	15/2/2000		+808
Τύπος ψύξης	ίδιος=0, διαφορετικός=±0,5%, καθόλου=±1%	1%	air condition	air condition	1	+0
Τύπος θέρμανσης	ίδιος=0, διαφορετικός=±2%, καθόλου=±4%	4%	Κεντρική θέρμανση	Κεντρική θέρμανση		+0
Τύπος parking	ίδιος=0, διαφορετικός=±5%, καθόλου=±10%	10%	Πυλωτή	Πυλωτή		+0
Μέγεθος οικοπέδου	διαφορά * 100	100	1,000	1,200		-20,000
Υπαρξη πισίνας	ίδιος=0, διαφορετικός=±25%	25%	-	-		+0
Άθροισμα						+2,488
Τιμή πώλησης	-			117,000		119,488
					<i>Ποσοστό</i>	<i>2%</i>