Εξόρυξη Γνώσης από Δεδομένα

1: Γενικά για το μάθημα

Βασικές έννοιες

Περιεχόμενα

- Πώς γίνεται το μάθημα, τι διαβάζω, πώς εξετάζομαι ;
- Τι είναι η εξόρυξη γνώσης;
- Πώς υλοποιείται;
- Ποια η αρχιτεκτονική ενός συστήματος εξόρυξης γνώσης;
- Τι πρέπει να προσέχω;
- Από που ενημερώνομαι;

Διαδικαστικά

- Ώρες μαθήματος: Παρασκευή 12:00-3:00
- Διδάσκων: Ηρακλής Βαρλάμης
- Γραφείο: 5.1
- Ώρες γραφείου: Παρασκευή 3:00-4:00
- E-mail: varlamis@hua.gr
- Web: http://eclass.hua.gr/courses/DIT129/
  - Σημειώσεις, ανακοινώσεις, ασκήσεις, κλπ.
- Αίθουσα: 3.9

Διδακτικές μέθοδοι

- Θεωρία:
  - Κατηγορίες προβλημάτων εξόρυξης γνώσης από δεδομένα
  - Αλγόριθμοι, τεχνικές, μέθοδοι
- Εργαστήριο:
  - Εφαρμογές των πιο πάνω σε σύνολα δεδομένων
  - Εξοικείωση με εργαλεία εξόρυξης γνώσης και μηχανικής μάθησης
- Ασκήσεις:
  - Σε θέματα του εργαστηρίου αλλά και θεωρίας

Βιβλιογραφία

- Εισαγωγή στην εξόρυξη δεδομένων, 2η Έκδοση (2018), P.N. Tan, M. Steinbach, V. Kumar, (επιμ. Β. Βερύκιος)
- Εξόρυξη και ανάλυση δεδομένων: Βασικές έννοιες και αλγόριθμοι (2018), M. J. Zaki, W. Meira Jr. (επιμ. Β. Μεγαλοοικονόμου, Χ. Μακρής)
- Εξόρυξη από Μεγάλα Σύνολα Δεδομένων - 3η Έκδοση (2020), A. Rajaraman, J. D. Ullman, J. Leskovec (επιμ. Α. Γούναρης, Ι. Μανωλόπουλος κλπ)

Επιπλέον πηγές

- J. Han, M. Kamber, and J. Pei. Data Mining: Concepts and Techniques, 3rd edition, Morgan Kaufmann, 2011.
  - Jiawei Han homepage: http://web.engr.illinois.edu/~hanj/
- Tan, P. N., Steinbach, M., & Kumar, V. (2016). Introduction to data mining. Pearson Education India.
  - Στα έγγραφα του eclass

Βαθμολογία

- Βαθμολογία (ισχύει για Φεβρουάριο & Σεπτέμβριο):
  - Τελική εξέταση: 50% [βαθμός >=5]
  - Εργασία (2 milestones): 50% [βαθμός >=5, **υποχρεωτική**]
    - Bonus 10% στις 2 καλύτερες εργασίες
- Τελική εξέταση: *με ανοιχτό βιβλίο και σημειώσεις μαθήματος*
- Κατοχύρωση:
  - *Εργασίες δίνετε **μόνο** μέσα στο εξάμηνο και ο βαθμός τους κατοχυρώνεται για το Σεπτέμβριο*
  - *Τίποτε δεν κατοχυρώνεται για επόμενη χρονιά!*

Ας ξεκινήσουμε

Η εξέλιξη στη διαχείριση δεδομένων

- 1960: Συλλογές δεδομένων, δημιουργία βάσεων δεδομένων, συστήματα διαχείρισης πληροφορίας
- 1970: Σχεσιακό μοντέλο δεδομένων, RDBMS
- 1980: Εξελιγμένα μοντέλα δεδομένων (extended-relational, OO, active, deductive, κλπ.) και ΒΔ προσαρμοσμένες στις ανάγκες των εφαρμογών (spatial, temporal, scientific, engineering, κλπ.)
- 1990-2000: Εξόρυξη δεδομένων και αποθήκες δεδομένων (data mining and data warehousing), ΒΔ πολυμέσων, ΒΔ στον παγκόσμιο ιστό
- 2010: Web of Data, Linked Data, Ontologies

Τι είναι η Εξόρυξη Γνώσης

- Αποδοτικές τεχνικές για να **αναλύσουμε** πολύ μεγάλες συλλογές από **δεδομένα** και να **εξάγουμε** χρήσιμες **πληροφορίες** από αυτά
- Η διαδικασία ανακάλυψης **ενδιαφέρουσας** (μη τετριμμένης, κατανοητής, επικυρωμένης, προηγούμενα άγνωστης και πιθανά χρήσιμης) πληροφορίας ή **προτύπων**
- Η ανάλυση δεδομένων με στόχο να βρούμε **μη αναμενόμενες σχέσεις** ανάμεσά τους καθώς και να τα συνοψίσουμε με νέους τρόπους που είναι κατανοητοί και χρήσιμοι στους χρήστες
- Data mining Εξόρυξη ή εξαγωγή γνώσης, εξόρυξη δεδομένων, ανάλυση δεδομένων/προτύπων

Παράδειγμα

- Μια τράπεζα διατηρεί δεδομένα σχετικά με τα στεγαστικά δάνεια που έχει δώσει και το αν αποπληρώθηκαν ή όχι

Sex	Age	Time Addr	ResStat	occup	Time Emp	Time Bank	House Exp	PAID BACK
M	50	0.5	owner	unemploye	0	0	00145	NO
M	19	10	rent	labourer	0.8	0	00140	NO
F	52	15	owner	creative_	5.5	14	00000	YES
M	22	2.5	rent	creative_	2.6	0	00000	YES
M	29	13	owner	driver	0.5	0	00228	NO
F	16	0.3	owner	unemploye	0	01	00160	NO
M	23	11	owner	professio	0.5	01	00100	YES
F	27	3	owner	manager	2.8	01	00280	NO
F	19	5.4	owner	guard_etc	0.3	0	00080	NO
F	27	0.3	owner	manager	0.1	01	00272	NO
M	34	4	rent	guard_etc	8.5	07	00195	YES
M	20	1.3	rent	labourer	0.1	0	00140	NO
M	34	1.3	owner	guard_etc	0.1	0	00440	NO

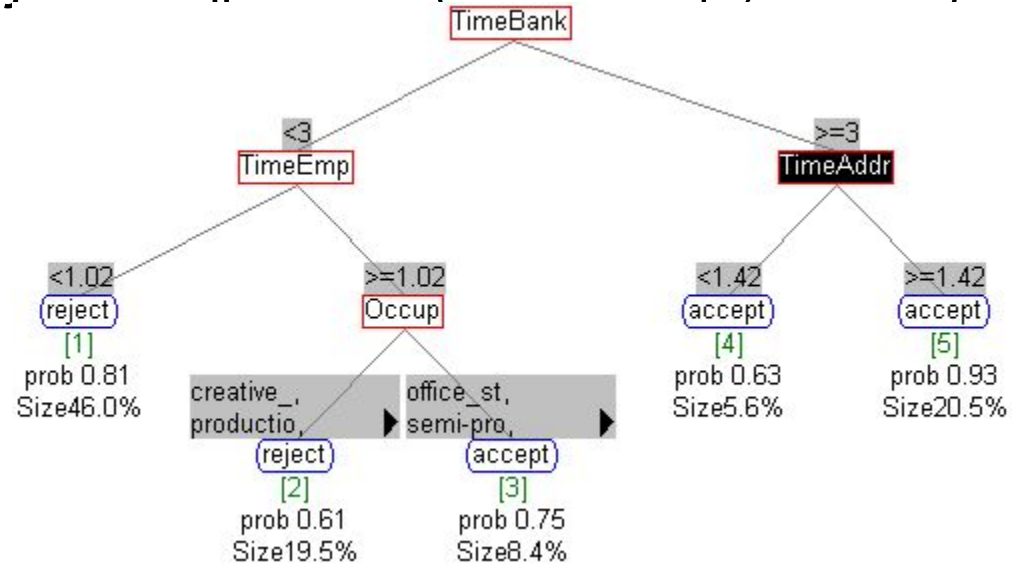
- Γνωρίσματα δανειολήπτη: Φύλο, ηλικία, μονιμότητα κατοικίας, ιδιοκτησία, επάγγελμα, χρόνια εργασίας, χρόνια πελάτης, ετήσιες δαπάνες σπιτιού, **Αποπλήρωσε ή όχι**
- Υπάρχουν κανόνες που θα με βοηθήσουν να αποφασίσω αν θα εγκρίνω μια νέα αίτηση δανείου;

Παράδειγμα

- Τετριμμένη γνώση: **Αν** είναι άνεργος και δεν έχει μόνιμη κατοικία **τότε** δεν αποπληρώνει το δάνειο
  - Το **αν** υποστηρίζεται από 2/13 περιπτώσεις αλλά και στις 2 ισχύει το **τότε**.
- Μη επικυρωμένη γνώση: **Αν** έχουν ιδιόκτητο σπίτι **τότε** αποπληρώνουν το δάνειο.
  - Υπάρχουν αρκετά παραδείγματα (9/13) αλλά δεν επιβεβαιώνονται όλα (αποπληρώνουν μόνο οι 2 στους 9)
- Μη κατανοητή γνώση: **Αν** εμφανίζουν μηδενικές ετήσιες δαπάνες **τότε** αποπληρώνουν το δάνειο.
  - Το **αν** υποστηρίζεται από 2/13 περιπτώσεις, και στις 2 ισχύει το τότε, αλλά δεν έχουμε στοιχεία για να το εξηγήσουμε.

Παράδειγμα

- Προηγούμενα άγνωστη και πιθανά χρήσιμη: Όσοι είναι πάνω από 3 χρόνια στην ίδια κατοικία και πάνω από 1,42 χρόνια πελάτες αποπληρώνουν: (YES⇔ accept, NO⇔reject)



- Το δέντρο αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προτείνει πως θα χειριστούμε νέες αιτήσεις

Γιατί Εξόρυξη Γνώσης;

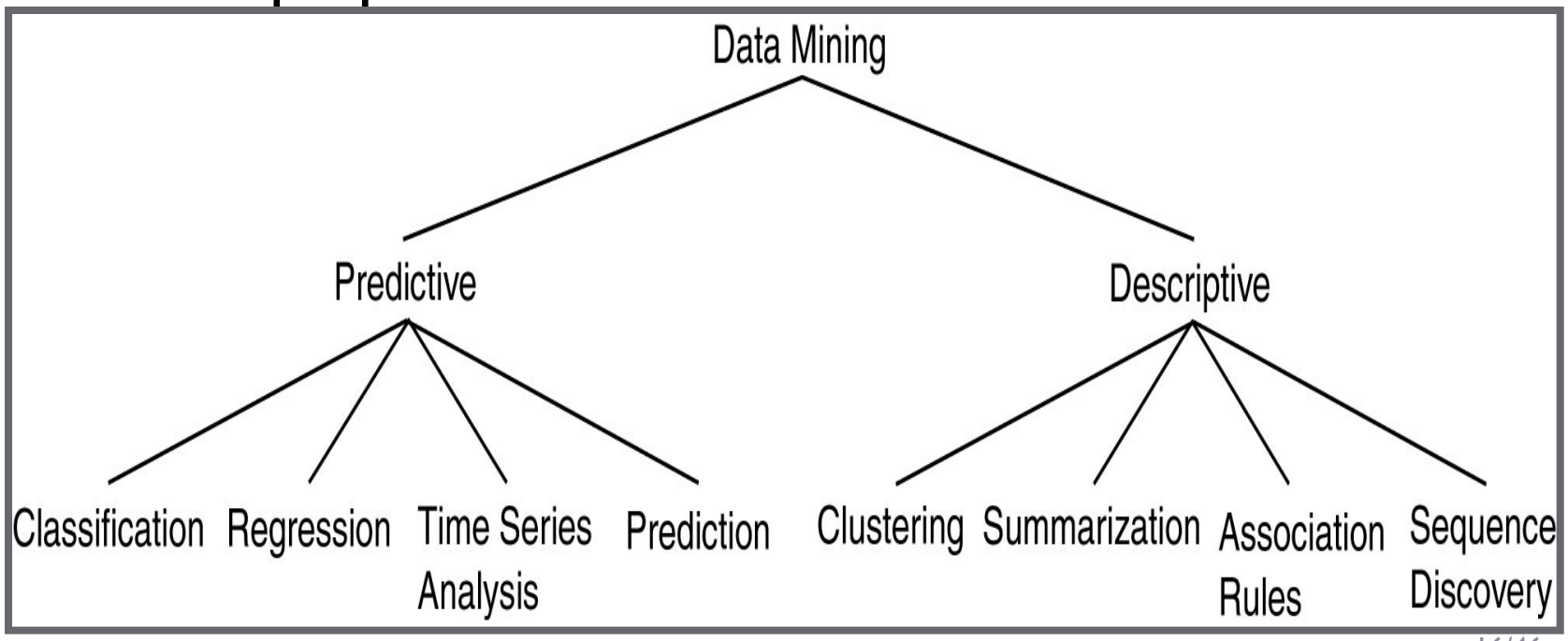
- Πολλά δεδομένα συγκεντρώνονται και εισάγονται σε αποθήκες δεδομένων
  - Web δεδομένα, ηλ. Εμπόριο, δείκτες μετοχών
  - Αγορές σε πολύ-καταστήματα/αλυσίδες
  - Συναλλαγές με τράπεζες/πιστωτικές κάρτες
  - Εφαρμογές κοινωνικής δικτύωσης
- Τα δεδομένα συλλέγονται και αποθηκεύονται με τρομερή συχνότητα (GB/hour)
  - Απομακρυσμένοι αισθητήρες (remote sensors) σε δορυφόρους
  - Τηλεσκόπια στον ουρανό
  - Microarrays που παράγουν γονιδιακά δεδομένα
  - Επιστημονικές προσομοιώσεις που παράγουν terabytes δεδομένων

Γιατί Εξόρυξη Γνώσης;

- Τα δεδομένα έχουν πολύπλοκες σχέσεις μεταξύ τους που δύσκολα ανιχνεύονται
- Αν βρούμε τις κρυμμένες σχέσεις (γνώση) τότε κερδίζουμε
  - Μεγάλος ανταγωνισμός
  - Παροχή καλύτερων υπηρεσιών (fraud detection, targeting marketing)
  - Εξατομίκευση υπηρεσιών (personalization)
- Η εξόρυξη δεδομένων μπορεί να βοηθήσει τους
  - Στην κατηγοριοποίηση και την τμηματοποίηση των δεδομένων
  - Στην Διατύπωση Υποθέσεων
  - Στην καλύτερη οπτικοποίηση της πληροφορίας

Στόχος της εξόρυξης

- Να ταιριάξει τα δεδομένα σε κάποιο μοντέλο:
  - Περιγραφικό
  - Προγνωστικό



Τι **δεν** είναι η εξόρυξη;

- Δεν είναι ΒΔ και SQL
  - Οι ΒΔ οργανώνουν τα δεδομένα και η SQL χρησιμοποιείται για να ελέγξει αν τα δεδομένα επικυρώνουν (ή όχι) τη γνώση που ήδη έχουμε
  - Η ΒΔ περιέχει λειτουργικά δεδομένα
  - Με την SQL προσδιορίζουμε σαφείς πληροφοριακές ανάγκες και παίρνουμε ως απάντηση υποσύνολα της ΒΔ
- Παράδειγμα
  - Βρες όσους πήραν δάνειο και διαμένουν σε ενοίκιο
  - Χώρισε αυτούς που αποπλήρωσαν το δάνειο σε 4 ομάδες
  - Ποιος είναι ο μέσος χρόνος καθυστέρησης στην αποπληρωμή του δανείου
  - Να προχωρήσω την αίτηση για το συγκεκριμένο δάνειο; Πρόκειται να αποπληρωθεί;

Τι **δεν** είναι η εξόρυξη;

- Έμπειρο σύστημα (Expert system)
  - ένα έμπειρο σύστημα διαθέτει πρότερη γνώση του πεδίου εφαρμογής, διατυπωμένη με συστηματικό τρόπο, και κανόνες για την εξαγωγή συμπερασμάτων
  - π.χ. Ένα σύστημα που θα υπολογίζει αμέσως τις δόσεις στις οποίες θα πρέπει να αποπληρωθεί ένα νέο δάνειο, ώστε να μεγιστοποιήσει την πιθανότητα αποπληρωμής του
- Στατιστικό πρόγραμμα
  - ένα στατιστικό πρόγραμμα έχει πρότερη γνώση των δεδομένων και προσαρμόζει την επεξεργασία σε αυτά, αλλά και στη γνώση που θέλουμε να εξάγουμε
  - Με βάση τα ιστορικά στοιχεία της τράπεζας υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της αποπληρωμής του δανείου και των ετήσιων δαπανών και πόσο ισχυρή είναι;

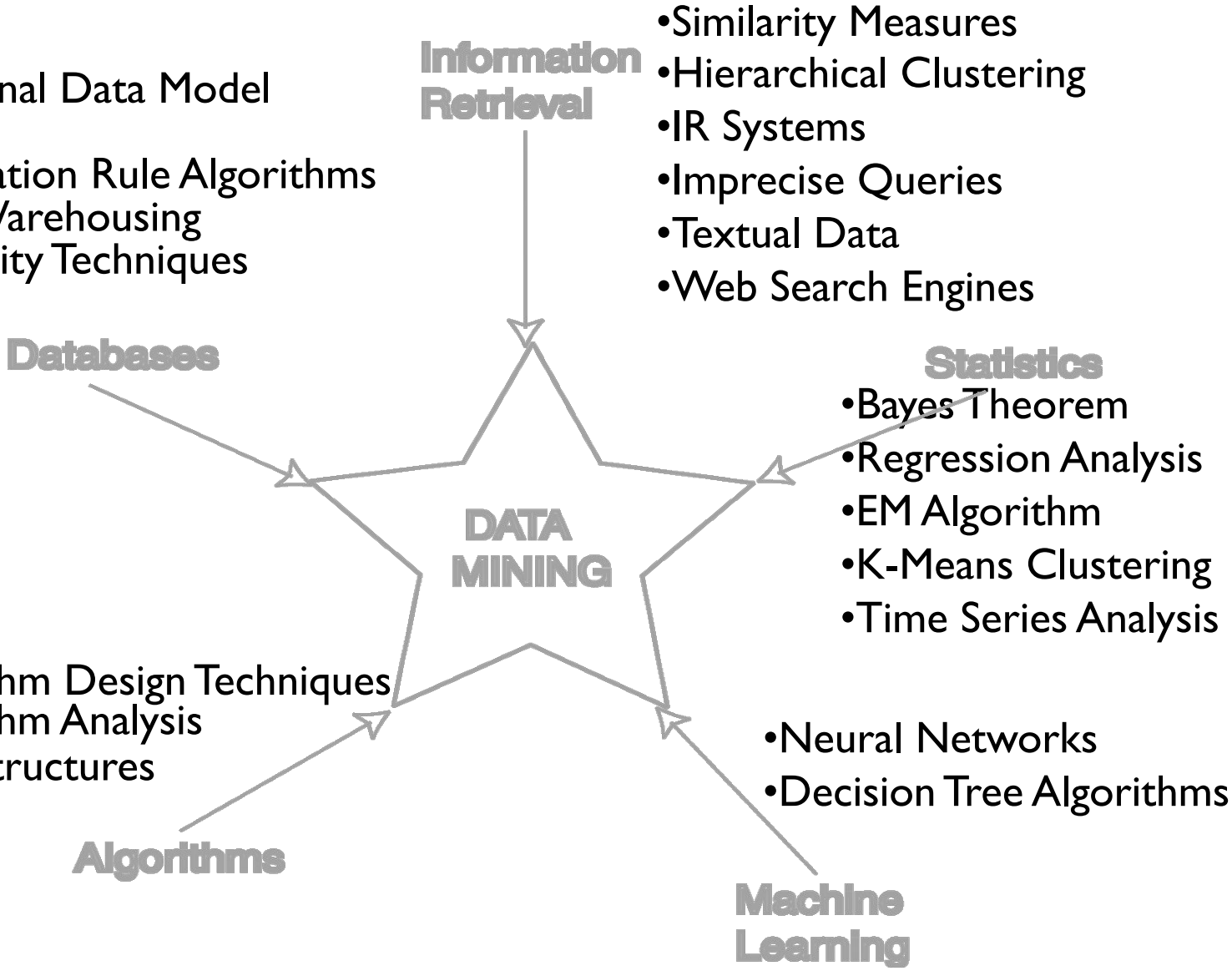
Ιδιαιτερότητες της εξόρυξης γνώσης

- Συχνά υπάρχει πληροφορία «κρυμμένη» στα δεδομένα, η οποία δεν είναι προφανής και αναμενόμενη
  - Χρειάζονται πολλές και προσεκτικά σχεδιασμένες ενέργειες για να την ανακαλύψουμε
  - Ενδέχεται να μην την ανακαλύψουμε αν δεν ελέγξουμε όλα τα δεδομένα για όλα τα πιθανά ενδεχόμενα
- Συχνά η εξόρυξη γνώσης χρησιμοποιεί στατιστικές μεθόδους, παράγει και διατυπώνει γνώση με συστηματικό τρόπο, εφαρμόζεται στα δεδομένα μιας ΒΔ

Οι «ρίζες» της Εξόρυξης Δεδομένων

- Πρέπει να αντιμετωπίσει:
  - Το τεράστιο μέγεθος των δεδομένων
  - Το μεγάλο αριθμό διαστάσεων (παραγόντων που μπορούμε να λάβουμε υπόψη)
  - Την μη ομοιογενή και την κατανεμημένη φύση των δεδομένων

Data Mining Development

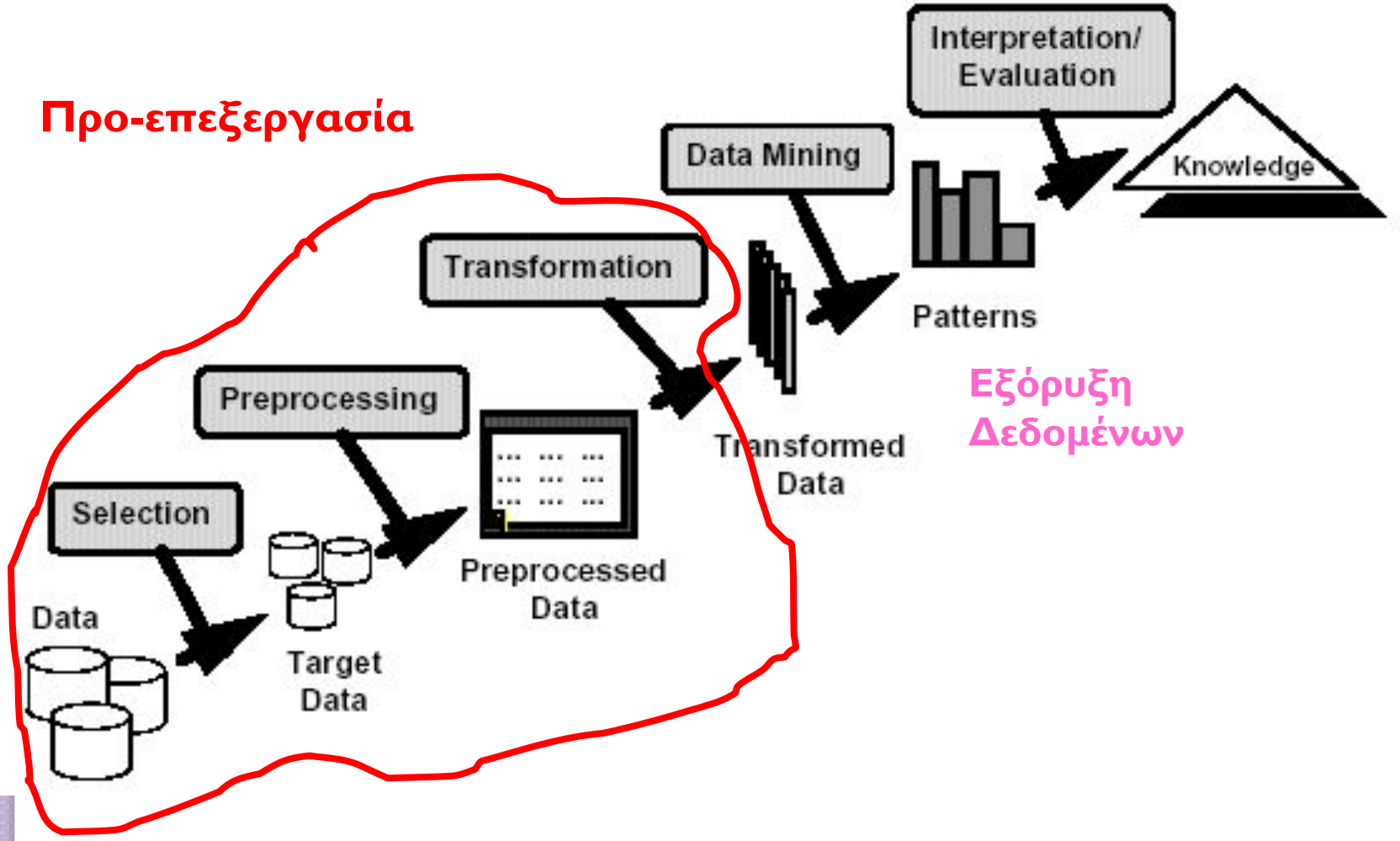


Εφαρμογές

- Εξόρυξη στο διαδίκτυο
- Μηχανές αναζήτησης με βάση τις ερωτήσεις που υποβάλλονται και τις επιλογές στα αποτελέσματα (clickstream analysis)
- Εξατομίκευση περιεχομένου και υπηρεσιών με βάση τα δεδομένα χρήσης (προσπέλασης)
- Πακέτα προσφορών σε πολυκαταστήματα με βάση τις αγορές
- Και άλλα: αποτελέσματα επιστημονικών πειραμάτων, κίνηση μετοχών, βιολογικά δεδομένα κλπ

Η διαδικασία της εξόρυξης γνώσης

Η διαδικασία εξόρυξης γνώσης



Προ-επεξεργασία

- Data Cleaning – Καθαρισμός Δεδομένων
- Data Integration – Ενοποίηση Δεδομένων
- Data Transformation – Μετασχηματισμοί Δεδομένων

Καθαρισμός δεδομένων

Τα πραγματικά δεδομένα είναι

- Ελλιπή - incomplete:
  - Λείπουν τιμές γνωρισμάτων (δεν καταγράφηκαν, καταγράφηκαν λανθασμένα),
  - Λείπουν ενδιαφέροντα γνωρίσματα (δε θεωρήθηκαν σημαντικά ή δεν ήταν διαθέσιμα),
  - Συμπλήρωση των γνωρισμάτων και τιμών που λείπουν
- Με θόρυβο - noisy: περιέχουν λάθη ή outliers (περιθωριακές τιμές - τιμές που διαφέρουν πολύ από την πλειοψηφία)
  - Εύρεση των περιθωριακών τιμών και απομάκρυνση θορύβου
- Ασυνεπή - inconsistent: περιέχουν ασυνέπειες, διπλότιμα
  - Διόρθωση ασυνεπών τιμών

Ενοποίηση δεδομένων

- Επιλογή Δεδομένων και Γνωρισμάτων και εφαρμογή κατάλληλων Μετασχηματισμών
  - Συνάθροιση – Aggregation: συνδυασμούς δεδομένων από πολλές πηγές
  - Sampling – δειγματοληψία: χρήση αντιπροσωπευτικού δείγματος των δεδομένων για βελτίωση της απόδοσης
  - Dimensionality reduction – μείωση διαστάσεων - Κατάρα της διάστασης (curse of dimensionality)
- Πολλές τεχνικές για την ανάλυση δεδομένων γίνονται δυσκολότερες με την αύξηση της διάστασης των δεδομένων (αυξάνει εκθετικά η πολυπλοκότητα ή τα δεδομένα γίνονται πολύ αραιά)
  - Τεχνικές της γραμμικής άλγεβρας (SVD, PCA)
  - Απεικόνιση σε άλλο χώρο με μικρότερο αριθμό διαστάσεων

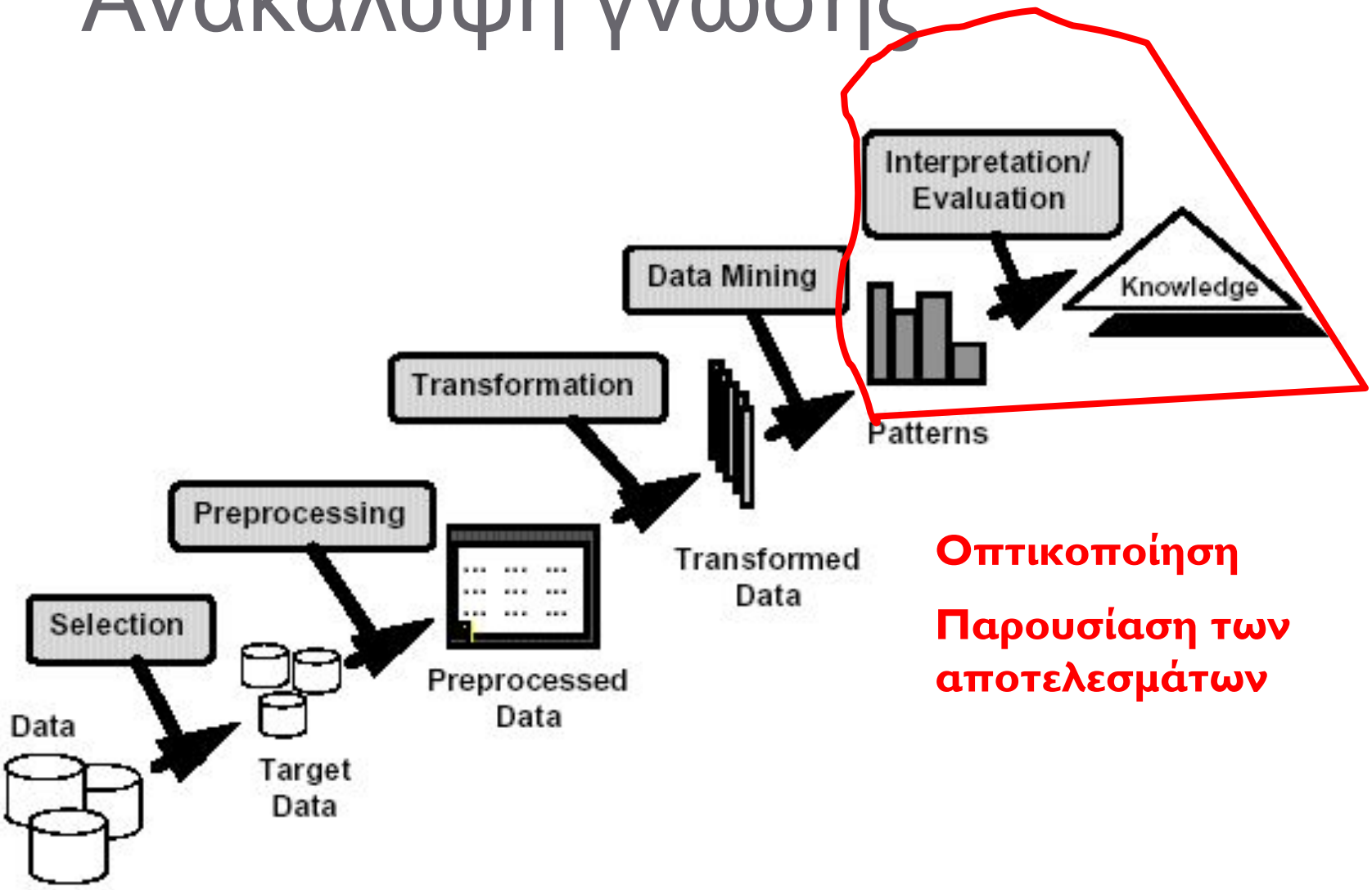
Μετασχηματισμός δεδομένων

- Ο συνδυασμός δεδομένων από διαφορετικές πηγές συχνά απαιτεί προσαρμογή των δεδομένων

- Discretization (μετασχηματιμός σε μια διακριτή τιμή) ή binarization (μετασχηματισμός σε δυαδική τιμή)

- Variable transformation – μετασχηματισμοί των τιμών των μεταβλητών
  - π.χ. Κανονικοποίηση

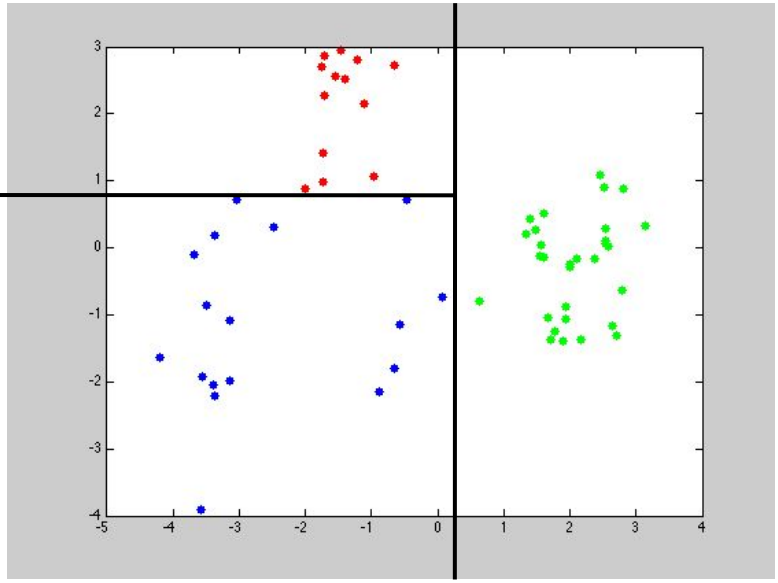
Ανακάλυψη γνώσης

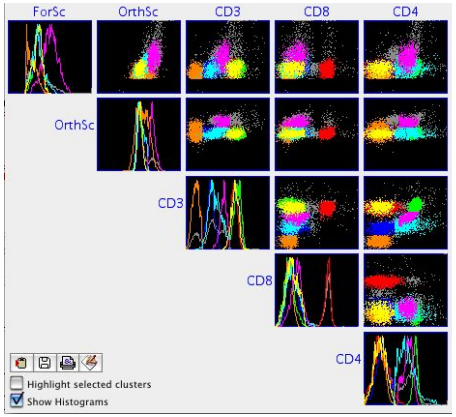


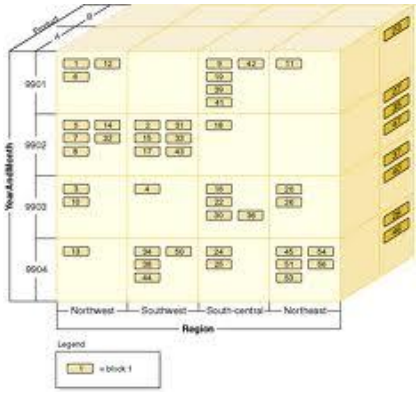
Οπτικοποίηση

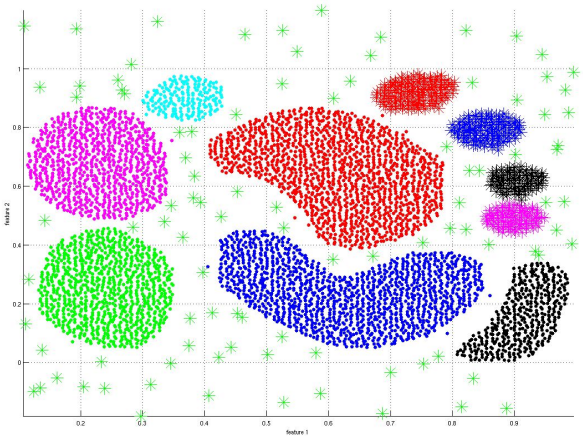
Παρουσίαση των αποτελεσμάτων

Παράδειγμα

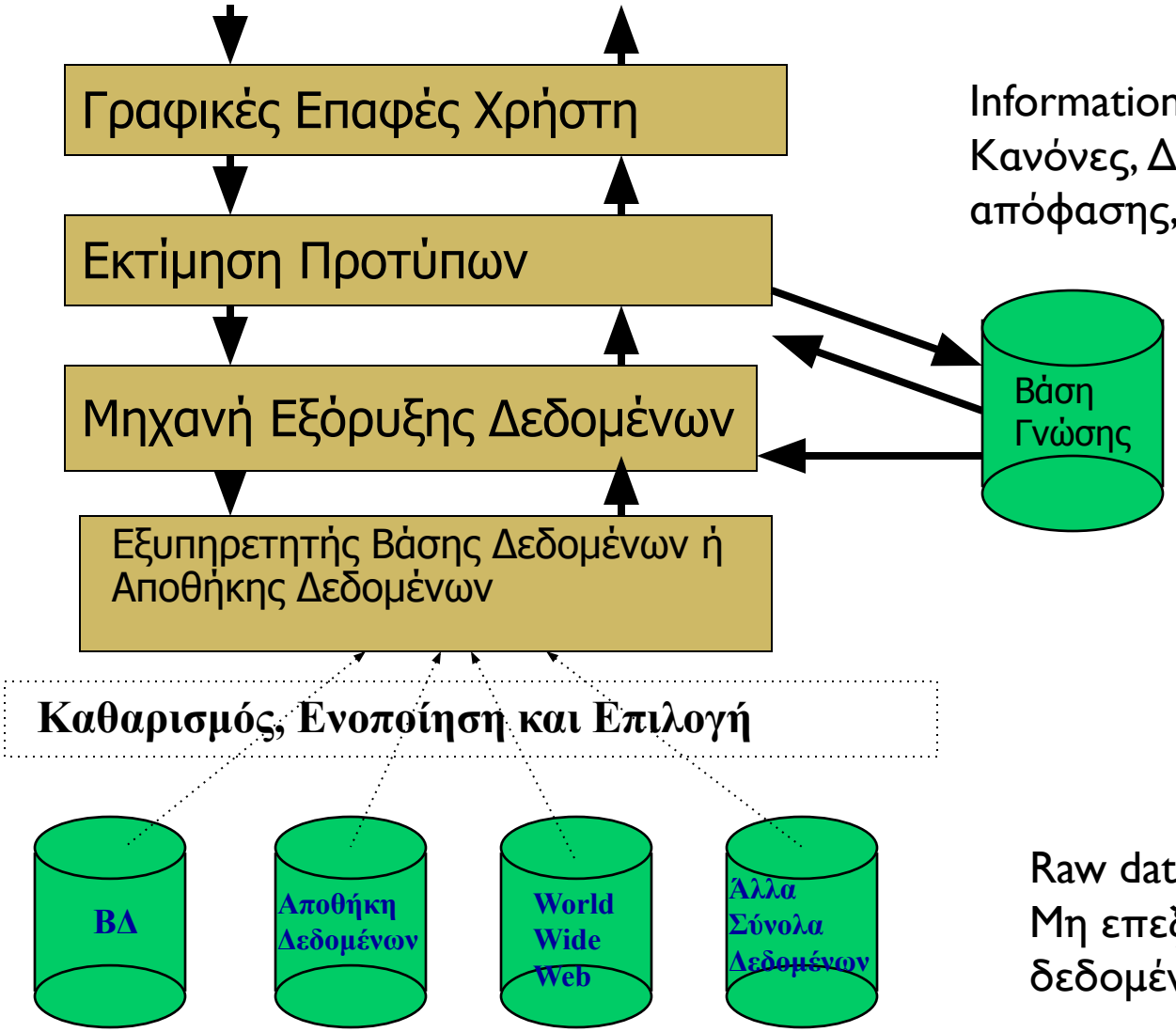

3
2
1
0
-1
-2
-3
-4
-5
-4
-3
-2
-1
0
1
2
3
4


ForSc
OrthSc
CD3
CD8
CD4
OrthSc
CD3
CD8
CD4
Highlight selected clusters
Show Histograms


Northwest
Southwest
South-central
Northeast
Region
Legend



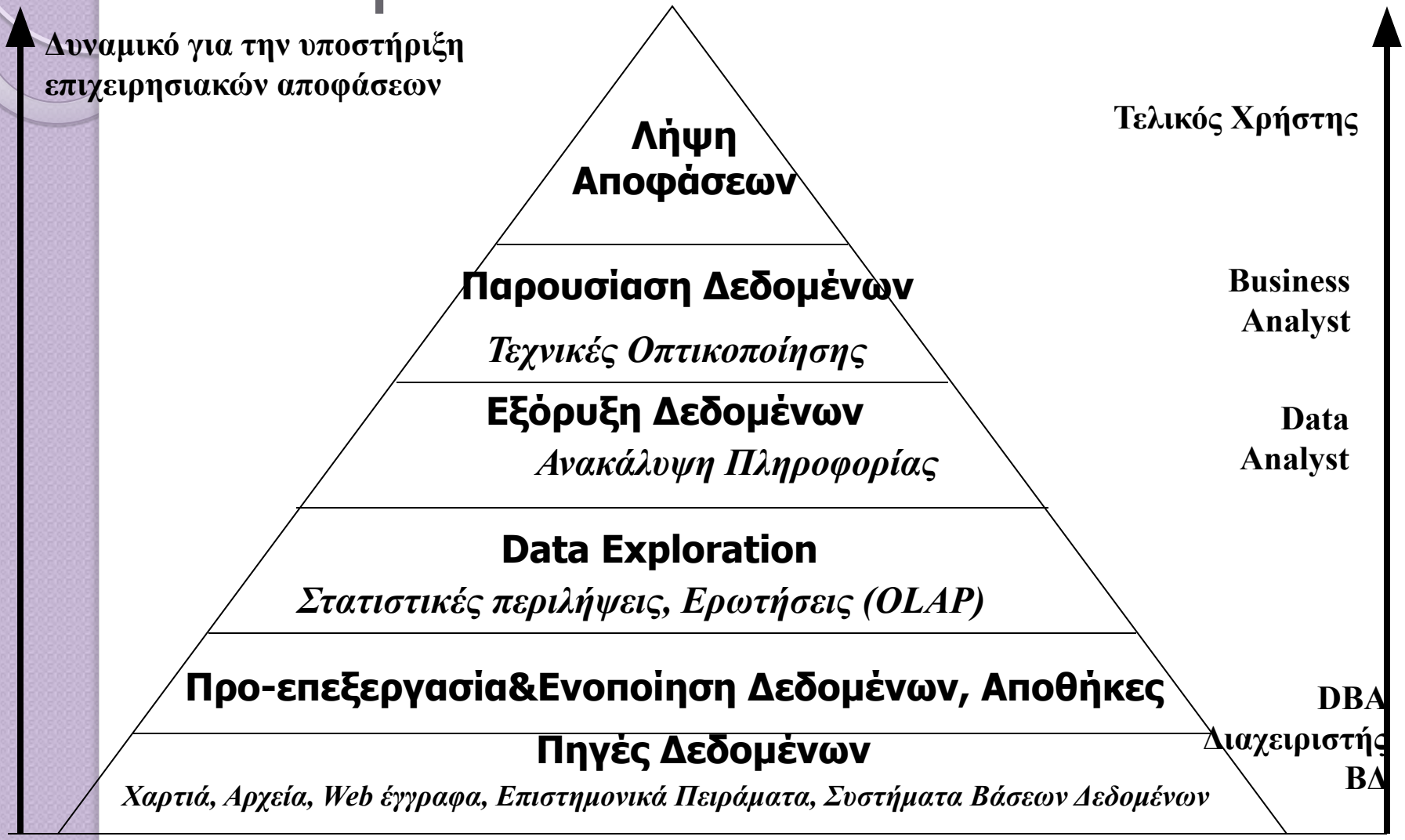
Αρχιτεκτονική ενός συστήματος DM



Information/Knowledge
Κανόνες, Δέντρα απόφασης, συστάδες

Raw data:
Μη επεξεργασμένα δεδομένα

Υποστήριξη λήψης αποφάσεων



Δυσκολίες

- Μεγάλος όγκος δεδομένων
  - Οι αλγόριθμοι πρέπει να έχουν μικρή πολυπλοκότητα και υψηλή κλιμάκωση ώστε να διαχειρίζονται πολλά δεδομένα
- Πολυδιάστατα και Πολύπλοκα δεδομένα
  - Ροές δεδομένων (data streams) π.χ. δεδομένα αισθητήρων, ροές ειδήσεων
  - Χρονολογικές σειρές (time-series), χρονικά και ακολουθιακά δεδομένα
  - Ημι-δομημένα δεδομένα, γραφήματα, δίκτυα
  - Ετερογενείς πηγές δεδομένων
  - Χωρικά και χωροχρονικά δεδομένα, πολυμέσα, δεδομένα στο web, πολυγλωσσικά δεδομένα

Χρειαζόμαστε νέες και εξειδικευμένες εφαρμογές

Παράδειγμα: Μηχανές αναζήτησης

- Οι μηχανές αναζήτησης αρχικά χρησιμοποιούσαν τις λέξεις που περιέχονταν στις σελίδες – με αποτέλεσμα να παραπλανούνται εύκολα
- Η Google κατάφερε με τον αλγόριθμό της (PageRank) να πετύχει πιο αξιόπιστα αποτελέσματα γιατί βασίστηκε στις πληροφορίες που μεταφέρουν τα links προς μια σελίδα
- Ο Sergey Brin και ο Larry Page ήταν σπουδαστές στο Stanford σε θέματα ΒΔ και εξόρυξης δεδομένων το 1998.

Η βαθμονόμηση και η παραγωγή συστάσεων είναι ένα πεδίο εξόρυξης γνώσης με μεγάλο πρακτικό και ερευνητικό ενδιαφέρον

Παράδειγμα: Προώθηση προϊόντων

- Οι περισσότερες εταιρίες που κάνουν αποκλειστική προώθηση προϊόντων χρησιμοποιούν εργαλεία data mining
- Οι περισσότερες οικονομικές εταιρίες χρησιμοποιούν μοντέλα πελατών
- Η μοντελοποίηση είναι πιο εύκολη από την αλλαγή της συμπεριφοράς των πελατών
- Η Verizon Wireless μείωσε την απώλεια

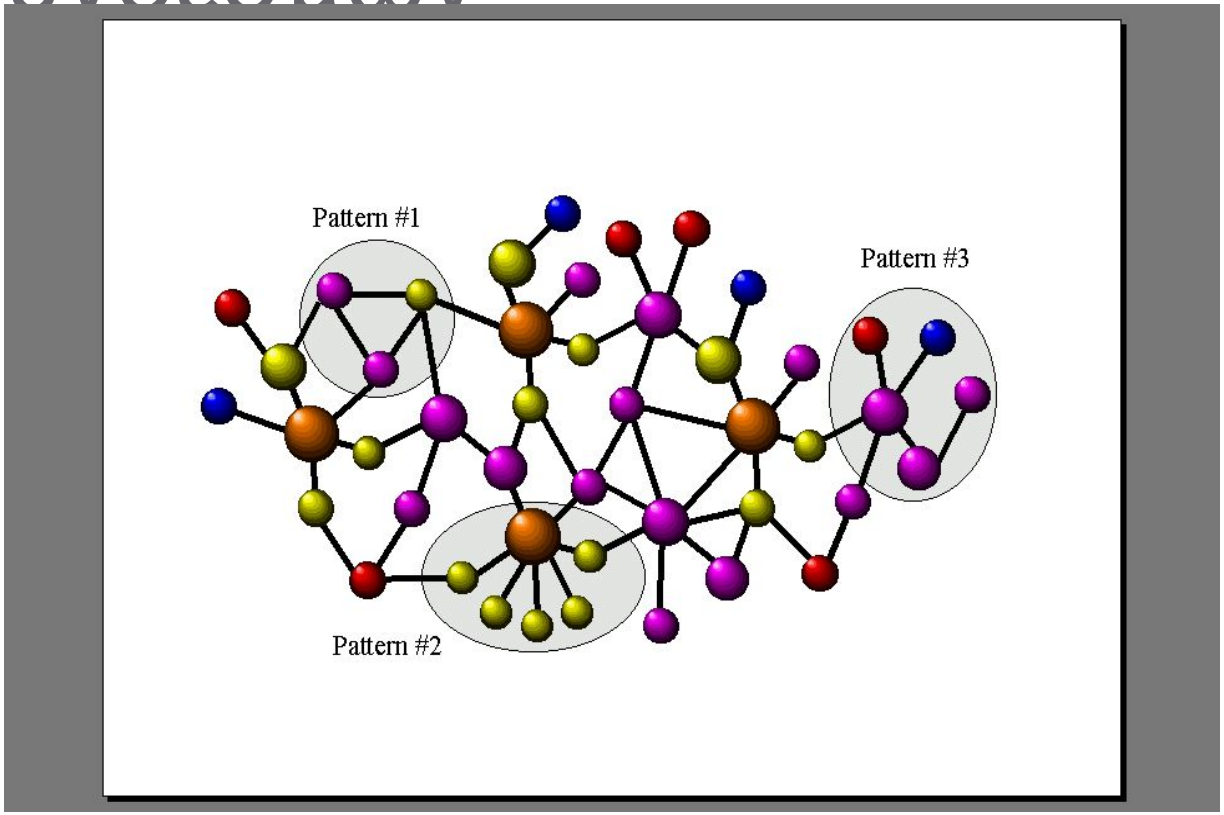
Ο διαχωρισμός των πελατών σε ομάδες μπορεί να οδηγήσει σε καλύτερα στοχευμένες υπηρεσίες

Παράδειγμα: Ασφάλεια και προστασία από απάτη

- Ανίχνευση απάτης σε πιστωτικές κάρτες
- Ξέπλυμα χρήματος
- Παραβιάσεις ασφάλειας
  - NASDAQ Sonar system
- Τηλεφωνική απάτη
  - AT&T, Bell Atlantic, British Telecom/MCI
- Ανίχνευση βιοτρομοκρατίας με ανάλυση δεδομένων αισθητήρων στους Ολυμπιακούς

Η πρόβλεψη ή έγκαιρη διάγνωση αρνητικών περιστατικών μπορεί να μειώσει τις συνέπειες

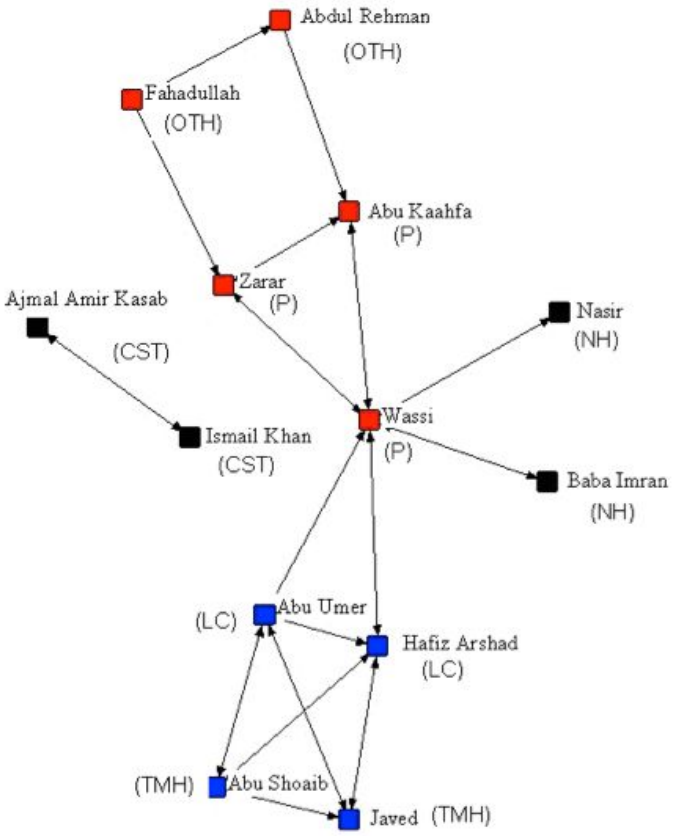
Παράδειγμα: Ανάλυση συνδέσμων



- Μπορούμε να βρούμε χρήσιμη πληροφορία, περίεργα πρότυπα κλπ.

Παράδειγμα: Τρομοκρατία

- TIA: Terrorism (formerly Total) Information Awareness Program –
  - DARPA program (σταμάτησε)
  - some functions transferred to intelligence agencies
- CAPPS II – παρακολούθηση των στοιχείων πτήσης όλων των επιβατών αεροπορικών πτήσεων
- Η εξόρυξη δεδομένων μπορεί
  - Να παραβιάσει την ιδιωτικότητα
  - Να δημιουργήσει λάθος συναγερμούς (false positives)



Terrorist network for 26/11/2008 Mumbai attack based on intercepted phone calls.

Κριτική

- Αν οι ΒΔ έχουν 5% εσφαλμένα δεδομένα, η ανάλυση 10 εκατ. υπόπτων θα δημιουργήσει 500 χιλ. false positives
- Στην πραγματικότητα τα αναλυτικά μοντέλα συσχετίζουν πολλά δεδομένα για να μειώσουν τα false positives
- Παράδειγμα: Θέλουμε να βρούμε ένα πλαστό κέρμα στα 1000.
  - Με μία ρίψη κάθε νομίσματος δεν μπορούμε
  - Με 30 ρίψεις, ένα πλαστό κέρμα θα ξεχωρίσει με μεγάλη πιθανότητα
  - Αντίστοιχα μπορούμε να βρούμε 19 πλαστά κέρματα σε 100 εκατομ. ρίψεις

Πολυδιάστατο πρόβλημα

- **Δεδομένα προς ανάλυση:** σχεσιακά δεδομένα, συναλλαγές, ροές, αντικειμενοστραφή, αντικειμενοκεντρικά, χωρικά, χωροχρονικά, χρονολογικές σειρές, πολυμέσα, γράφοι
- **Γνώση που εξάγεται:** Διάκριση (discrimination), συσχετίσεις (association), κατηγοριοποίηση (classification), συσταδοποίηση (clustering), τάση/απόκλιση (trend/deviation), εξαιρέσεις (outliers)
- **Τεχνικές που χρησιμοποιούνται:** database oriented, data warehouse (analytical processing OLAP), στατιστική, οπτικοποίηση
- **Προσαρμογή στις εφαρμογές:** Retail, telecommunication, banking, fraud analysis, bio-data mining, stock market analysis, text mining, Web mining κλπ

Λειτουργίες της εξόρυξης γνώσης

- Περιγραφή πολυδιάστατων εννοιών
  - Γενίκευση, σύνοψη και αντιπαραβολή χαρακτηριστικών που έχουν τα δεδομένα, π.χ. «Καλοί» και «Κακοί» δανειολήπτες
  - Συχνά εμφανιζόμενα πρότυπα,
    π.χ. Γάλα Δημητριακά [0.5%, 75%] (confidence, support)
- Κατηγοριοποίηση και πρόβλεψη
  - Κατασκευή μοντέλων (συναρτήσεων) που περιγράφουν και διαχωρίζουν κατηγορίες ή έννοεις για μελλοντική πρόβλεψη π.χ. Ταξινόμησε τις χώρες με βάση το κλίμα τους αν γνωρίζεις τα δεδομένα βροχόπτωσης, ηλιοφάνειας και θερμοκρασίας
  - Πρόβλεψη τιμών που λείπουν αναλύοντας ένα δείγμα ή όλες τις προηγούμενες τιμές

Λειτουργίες της εξόρυξης γνώσης

- Συσταδοποίηση
  - Οι κατηγορίες είναι άγνωστες. Ομαδοποίηση των δεδομένων και δημιουργία νέων κατηγοριών
  - Μεγιστοποίηση της ομοιότητας των αντικειμένων μέσα στις συστάδες και ελαχιστοποίηση της ομοιότητας μεταξύ διαφορετικών συστάδων
- Ανάλυση εξαιρέσεων
  - Outlier: αντικείμενα που δεν είναι συμβατά με τη γενική συμπεριφορά των δεδομένων
  - Διάκριση μεταξύ θορύβου και εξαίρεσης. Ανίχνευση και ειδοποίηση (alert)
- Ανάλυση τάσεων και μεταβολών
  - Τάση και απόκλιση (regression analysis)
  - Εξόρυξη ακολουθιακών προτύπων
  - Ανάλυση περιοδικότητας
  - Ανάλυση με βάση την ομοιότητα

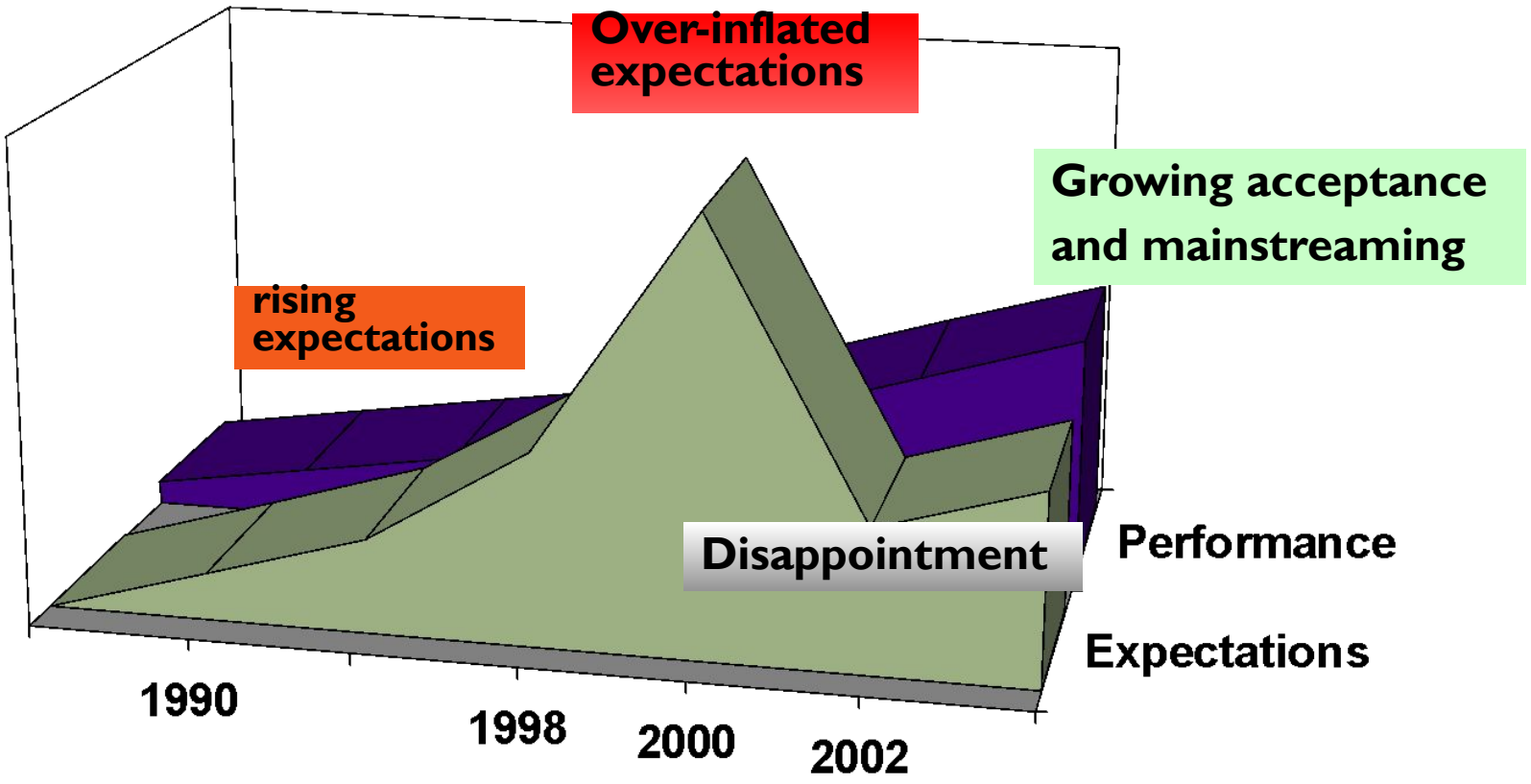
Άλλα θέματα

- Μεθοδολογία εξόρυξης
  - Εξόρυξη διαφορετικών τύπων γνώσης από διαφορετικού τύπου δεδομένα (βιολογικά, ρεύματα, ιστός κλπ)
  - Απόδοση: αποτελεσματικότητα, αποδοτικότητα, κλιμάκωση
  - Αξιολόγηση παραγόμενων προτύπων/γνώσης
  - Ενσωμάτωση προηγούμενης γνώσης
  - Ολοκλήρωση της εξαγόμενης γνώσης
  - Διαχείριση θορύβου και ελλιπών δεδομένων
  - Κατανεμημένη και αυξητική εξόρυξη γνώσης
- Αλληλεπίδραση με το χρήστη
  - Γλώσσες ερωτήσεων εξόρυξης δεδομένων
  - Έκφραση και οπτικοποίηση αποτελεσμάτων
  - Αλληλεπιδραστική (διαλογική) εξόρυξη γνώσης (π.χ. στις μηχανές αναζήτησης)
- Εφαρμογές και Κοινωνική επίδραση
  - Εξόρυξη με βάση το πεδίο αναφοράς
  - Προστασία δεδομένων, ευαίσθητα δεδομένα

Ανακεφαλαίωση

- Εξόρυξη δεδομένων: **ανακάλυψη προτύπων** γνώσης **που έχουν ενδιαφέρον** από τα δεδομένα
- Διαδικασίες που περιλαμβάνει:
  - Καθαρισμό δεδομένων, ολοκλήρωση, επιλογή, μετασχηματισμό, εξόρυξη, αξιολόγηση προτύπων, παρουσίαση της παραγόμενης γνώσης
- Μπορεί να εφαρμοστεί σε ποικίλες αποθήκες δεδομένων
- Λειτουργίες: χαρακτηρισμός, διάκριση, συσχέτιση, κατηγοριοποίηση, συσταδοποίηση, ανάλυση τάσεων, εύρεση εξαιρέσεων κλπ.

Η καμπύλη ενδιαφέροντος για την εξόρυξη



Πηγές

- Data mining and KDD
  - Conferences: ACM-SIGKDD, IEEE-ICDM, SIAM-DM, ECML/PKDD, PAKDD, κλπ.
  - Journal: Data Mining and Knowledge Discovery, KDD Explorations, ACM TKDD
- Database systems
  - Conferences: ACM-SIGMOD, ACM-PODS, VLDB, IEEE-ICDE, EDBT, ICDT, DASFAA
  - Journals: IEEE-TKDE, ACM-TODS/TOIS, JIIS, J. ACM, VLDB J., Info. Sys., κλπ.
- AI & Machine Learning
  - Conferences: Machine learning (ML), AAAI, IJCAI, COLT (Learning Theory), CVPR, NIPS, κλπ.
  - Journals: Machine Learning, Artificial Intelligence, Knowledge and Information Systems, IEEE-PAMI, κλπ.
- Web and IR
  - Conferences: SIGIR, WWW, CIKM, κλπ.
  - Journals: WWW: Internet and Web Information Systems,
- Statistics
  - Conferences: Joint Stat. Meeting, κλπ.
  - Journals: Annals of statistics, κλπ.