

ΜΥΕ003: Ανάκτηση Πληροφορίας

Διδάσκουσα: Ευαγγελία Πιτουρά

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή. Ανάκτηση Boole

Τι είναι η Ανάκτηση Πληροφορίας (Information Retrieval);

Ανάγκη
πληροφόρησης



Γιατί να μας ενδιαφέρει;

Παλιότερα,
Βιβλιοθηκονόμους, βοηθούς νομικών
επαγγελματιών κλπ;

ISBN: 0-201-12227-8

Author: Salton, Gerard

Title: Automatic text processing: the transformation, analysis,
and retrieval of information by computer

Editor: Addison-Wesley

Date: 1989

Content: <Text>

external attributes (metadata) and **internal attribute** (content)

Search by external attributes = Search in DB

IR: search by content



Εφαρμογές

Web search



1 | Google

1 - eBizMBA Rank | **1,800,000,000** - Estimated Unique Monthly Visitors | 1 - Quantcast Rank | 1 - Alexa Rank | 1 - SimilarWeb Rank | *Last Updated: July 1, 2017.*
The Most Popular Search Engines | eBizMBA



2 | Bing

33 - eBizMBA Rank | **500,000,000** - Estimated Unique Monthly Visitors | 8 - Quantcast Rank | 40 - Alexa Rank | 43 - SimilarWeb Rank | *Last Updated: July 1, 2017.*
The Most Popular Search Engines | eBizMBA



3 | Yahoo! Search

43 - eBizMBA Rank | **490,000,000** - Estimated Unique Monthly Visitors | 8 - Quantcast Rank | *56* - Alexa Rank | *67* - SimilarWeb Rank | *Last Updated: July 1, 2017.*
The Most Popular Search Engines | eBizMBA



4 | Baidu

54 - eBizMBA Rank | **480,000,000** - Estimated Unique Monthly Visitors | *150* - Quantcast Rank | 4 - Alexa Rank | 9 - SimilarWeb Rank | *Last Updated: July 1, 2017.*
The Most Popular Search Engines | eBizMBA



5 | Ask

205 - eBizMBA Rank | **300,000,000** - Estimated Unique Monthly Visitors | 329 - Quantcast Rank | 110 - Alexa Rank | 177 - SimilarWeb Rank | *Last Updated: July 1, 2017.*
The Most Popular Search Engines | eBizMBA



1 | Google

1 - eBizMBA Rank | **1,600,000,000** - Estimated Unique Monthly Visitors | 1 - Compete Rank | 1 - Quantcast Rank | 1 - Alexa Rank | *Last Updated: February 1, 2017.*
The Most Popular Search Engines | eBizMBA



2 | Bing

15 - eBizMBA Rank | **400,000,000** - Estimated Unique Monthly Visitors | 5 - Compete Rank | 19 - Quantcast Rank | 22 - Alexa Rank | *Last Updated: February 1, 2017.*
The Most Popular Search Engines | eBizMBA



3 | Yahoo! Search

18 - eBizMBA Rank | **300,000,000** - Estimated Unique Monthly Visitors | *8* - Compete Rank | *28* - Quantcast Rank | NA - Alexa Rank | *Last Updated: February 1, 2017.*
The Most Popular Search Engines | eBizMBA



4 | Ask

25 - eBizMBA Rank | **245,000,000** - Estimated Unique Monthly Visitors | 14 - Compete Rank | 31 - Quantcast Rank | 31 - Alexa Rank | *Last Updated: February 1, 2017.*
The Most Popular Search Engines | eBizMBA



5 | Aol Search

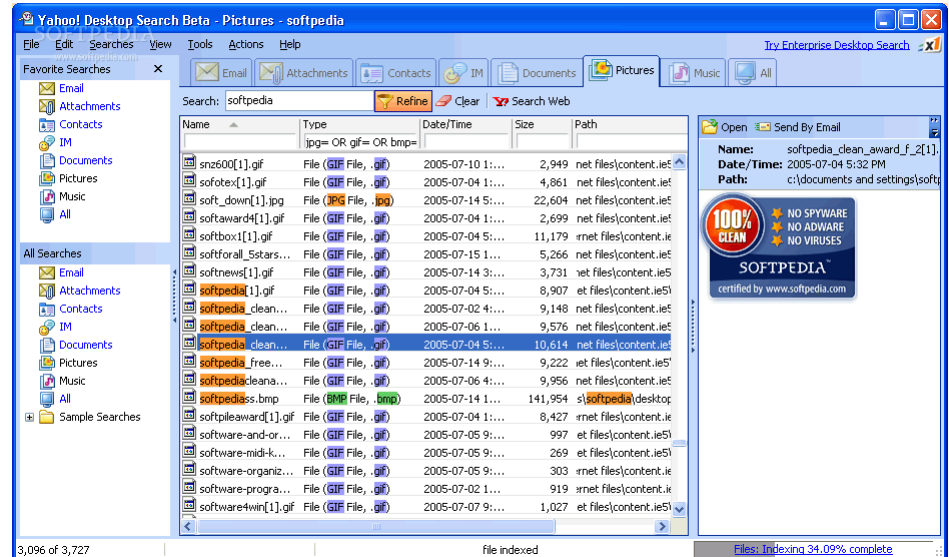
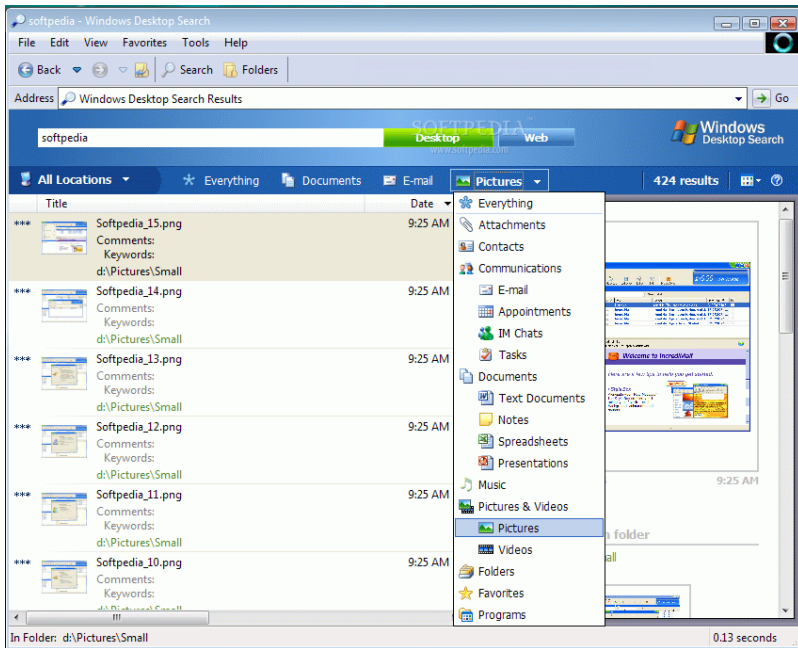
245 - eBizMBA Rank | **125,000,000** - Estimated Unique Monthly Visitors | *250* - Compete Rank | *240* - Quantcast Rank | NA - Alexa Rank | *Last Updated: February 1, 2017.*
The Most Popular Search Engines | eBizMBA

Top 15 Most Popular Search Engines (US) | February 2017
<http://www.ebizmba.com/articles/search-engines>

Top 15 Most Popular Search Engines (US) | July 2017
<http://www.ebizmba.com/articles/search-engines>

Εφαρμογές

Desktop search



Εφαρμογές

Email search

Social search

Enterprise search

Domain specific search: Legal information
retrieval, Digital libraries

Διαφορετικές απαιτήσεις ανάλογα με την εφαρμογή

Κατηγορίες εφαρμογών

- Στο web/διαδίκτυο

Δισεκατομμύρια έγγραφα σε εκατομμύρια υπολογιστές.
Συλλογή εγγράφων, κλίμακα, διάταξη αποτελεσμάτων, ..

- Προσωπική ανάκτηση πληροφορίας

(στον προσωπικό υπολογιστή, email, κλπ)

Διαφορετικά είδη αρχείων, light-weight, maintenance-free, ...

- Σε επίπεδο επιχείρησης, οργανισμού (enterprise, institutional) και αναζήτηση ειδικού σκοπού (domain-specific search) – πχ ερευνητικά άρθρα σε βιοχημεία

Ορισμός

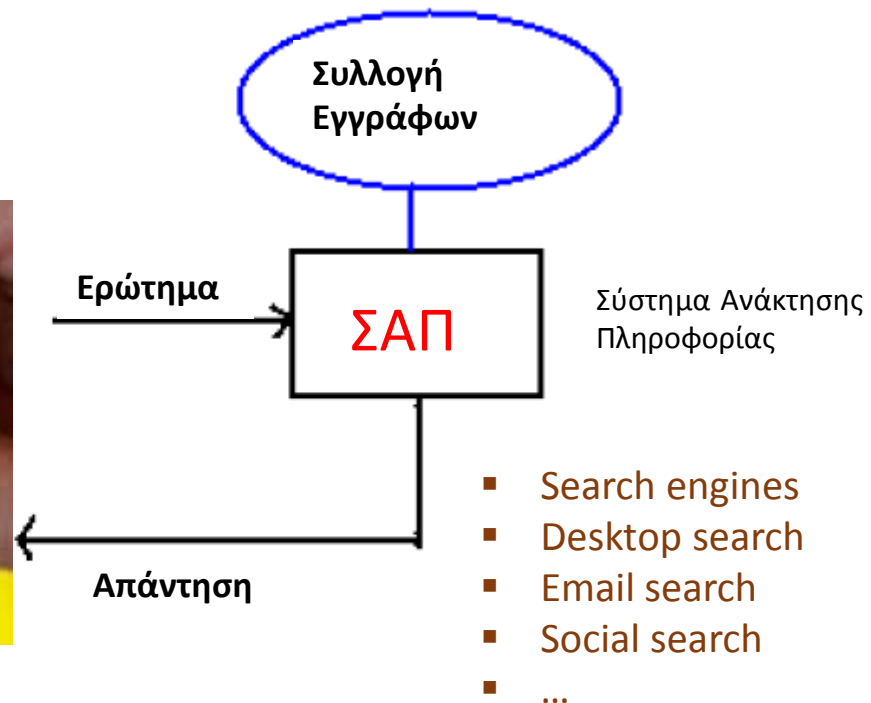
Ανάκτηση Πληροφορίας (**Information Retrieval**) - (IR)

- είναι η εύρεση αντικειμένων κυρίως εγγράφων (**documents**) αδόμητης φύσης (*) (**unstructured**) που συνήθως έχουν τη μορφή κειμένου (**text**)
- από μεγάλες συλλογές (συνήθως αποθηκευμένες σε υπολογιστές)
- τα οποία ικανοποιούν μια ανάγκη πληροφόρησης (**information need**)

() όχι ακριβώς!*

Τι είναι η Ανάκτηση Πληροφορίας (Information Retrieval);

Ανάγκη
πληροφόρησης



Αδόμητα δεδομένα

- Τυπικά αναφέρεται σε *ελεύθερο κείμενο*
- Επιτρέπει
 - Ερωτήματα με **λέξεις κλειδιά** (keyword) με πιθανούς τελεστές
 - Ποιο περίπλοκες ερωτήσεις για **έννοιες**: π.χ.,
 - Βρες όλες τις web σελίδες για την απελευθέρωση των Ιωαννίνων
- Κλασσικό μοντέλο για αναζήτηση σε έγγραφα κειμένου

Ανάκτηση Πληροφορίας vs Βάσεις Δεδομένων

Δομημένα δεδομένα

Ακολουθούν κάποιο σχήμα και είναι αποθηκευμένα με βάση κάποιο μοντέλο

Ερώτημα SQL

```
SELECT όνομα  
FROM πλανήτες  
WHERE δορυφόροι = 0  
      OR δορυφόροι = 1  
      OR δορυφόροι = 2
```

κωδικός	όνομα	διάμετρος	δορυφόροι
1	Ερμής	4880	0
2	Αφροδίτη	12103.6	0
3	Γη	12756.3	1
4	Άρης	6794	2
5	Δίας	142984	63
6	Κρόνος	120536	34
7	Ουρανός	51118	21
8	Ποσειδώνας	49532	13
9	Πλούτωνας	2274	3

Το ερώτημα είναι σαφές, προσδιορίζει επακριβώς τη συνθήκη που πρέπει να ικανοποιεί κάθε αποτέλεσμα που εμφανίζεται στην έξοδο.

Ανάκτηση Πληροφορίας vs Βάσεις Δεδομένων

Συλλογή εγγράφων

- d1 : Ο κομήτης του Χάλεϋ μας επισκέπτεται περίπου κάθε εβδομήντα έξι χρόνια.
- d2 : Ο κομήτης του Χάλεϋ πήρε το όνομά του από τον αστρονόμο Έντμοντ Χάλεϋ.
- d3 : Ένας κομήτης διαγράφει ελλειπτική τροχιά.
- d4 : Ο πλανήτης Άρης έχει δύο φυσικούς δορυφόρους, το Δείμο και το Φόβο.
- d5 : Ο πλανήτης Δίας έχει 63 γνωστούς φυσικούς δορυφόρους.
- d6 : Ένας κομήτης έχει μικρότερη διάμετρο από ότι ένας πλανήτης.
- d7 : Ο Άρης είναι ένας πλανήτης του ηλιακού μας συστήματος.
- ...

Πληροφοριακή ανάγκη: πληροφορίες για τον κομήτη του Χάλεϋ

Ερώτημα: Χάλεϋ

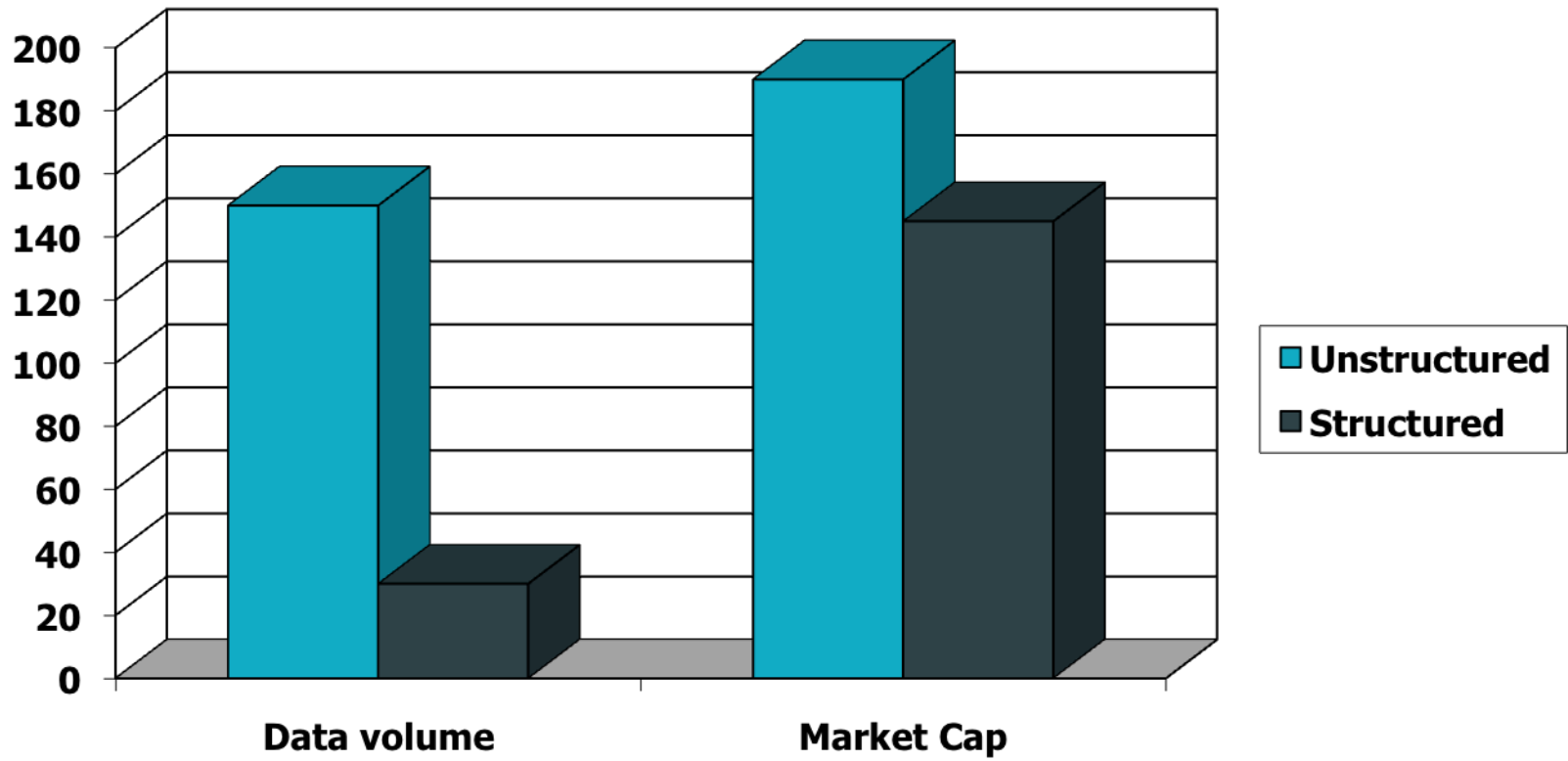
Διαισθητικά αντιλαμβανόμαστε ότι τα έγγραφα *d1* και *d2* σχετίζονται περισσότερο με το ερώτημα από ότι τα υπόλοιπα έγγραφα.

Ημιδομημένα δεδομένα

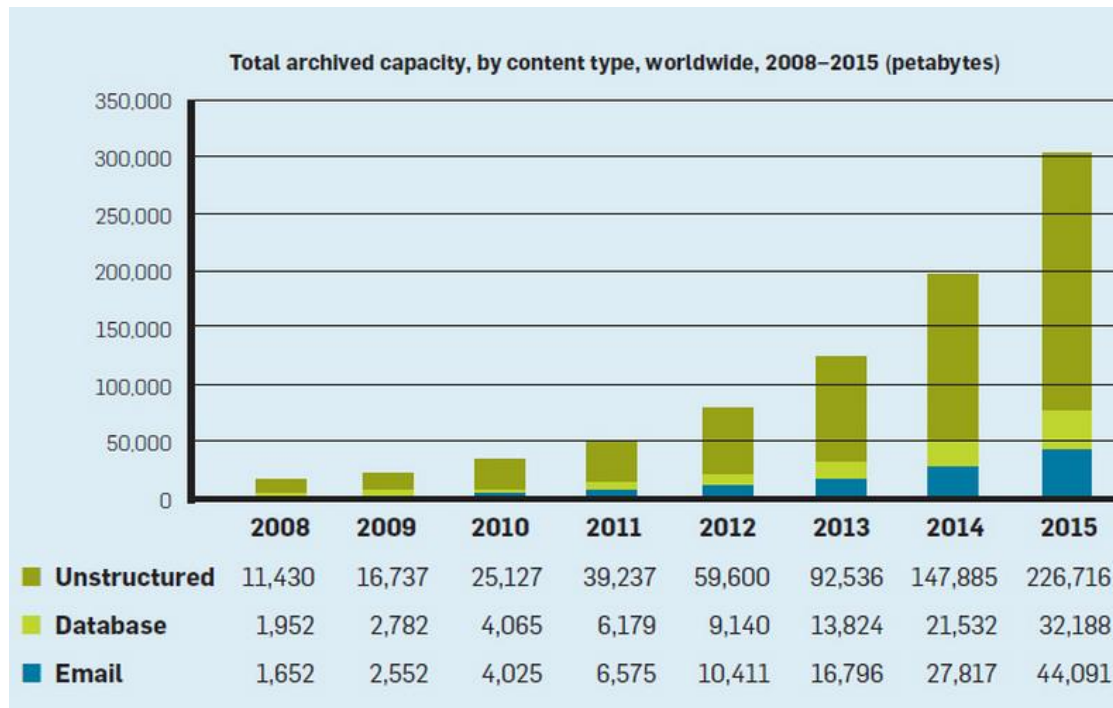
- Στην πραγματικότητα, δεν υπάρχουν αμιγώς μη δομημένα δεδομένα
 - π.χ., αυτή η διαφάνεια έχει διακριτές ζώνες όπως *Title* και *Bullets*
 - *Web pages?*
 - *Emails?*
- «Ημιδομημένη» αναζήτηση όπως:
 - *Title* contains ημιδομημένα AND *Bullets* contain αναζήτηση

... και βέβαια υπάρχει πάντα η γλωσσική δομή

Αδόμητα (κείμενο) vs. Δομημένα (βάσεις δεδομένων) δεδομένα το 1996



Αδόμητα (κείμενο) vs. Δομημένα (βάσεις δεδομένων) δεδομένα σήμερα?

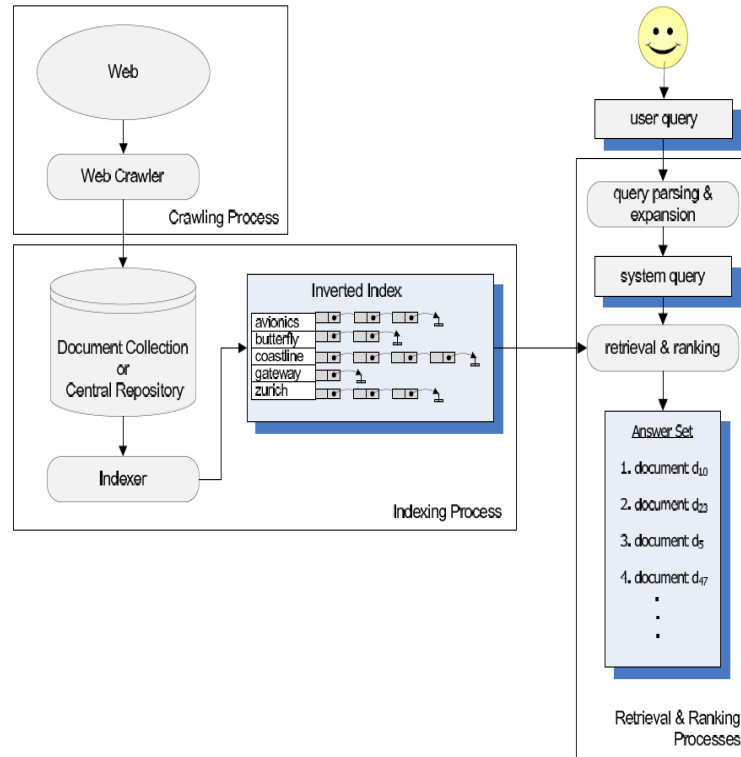


User generated content (social networks, blogs, etc) Example: *Facebook search*

- Ο “κόσμος” παράγει περισσότερο από **2 exabytes** νέας πληροφορίας το χρόνο, 90% της οποίας είναι σε ψηφιακή μορφή και με 50% ετήσια αύξηση

Architecture of the IR System

■ High level software architecture of an IR system



Μηχανές αναζήτησης

- Πέρα από τους όρους
 - συνδέσεις
- Διαφορετικοί χρήστες, ανάγκες, ερωτήματα, κείμενα
- Ιδέες από κοινωνικά δίκτυα
 - Ανάλυση συνδέσμων, clickstreams ...
- Πως δουλεύουν οι μηχανές αναζήτησης;
Μπορούμε να τις βελτιώσουμε;

Άλλα θέματα

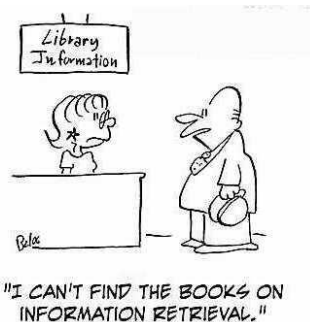
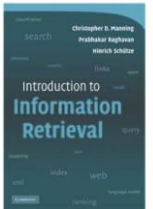
- Κατηγοριοποίηση (classification)
Τοποθέτηση εγγράφων στη σωστή κατηγορία (Παράδειγμα: email spam)
- Συσταδοποίηση (clustering)
Ομαδοποίηση σχετικών εγγράφων και περίληψη
- Query-Answering systems
- Συστάσεις (recommendations)
- Κριτικές (reviews)

Τι άλλο θα δούμε σήμερα;

1. Μια μικρή εισαγωγή στο απλούστερο μοντέλο αναζήτησης (Boolean) (Κεφάλαιο 1 του Βιβλίου)
Ένα απλό σύστημα ΑΠ (βασικές δομές δεδομένων και παραδείγματα ερωτημάτων)
2. Λίγα διαδικαστικά

Διαδικαστικά

- Ιστοσελίδα
- Βιβλίο
 - Christopher D. Manning, Prabhakar Raghavan and Hinrich Schütze. *Εισαγωγή στην Ανάκτηση Πληροφοριών*, Εκδόσεις Κλειδάριθμος
 - Η αγγλική έκδοση διαθέσιμη δωρεάν
- Ricardo Baeza-Yates and Berthier Ribeiro-Neto, *Ανάκτηση Πληροφορίας*, 2^η Έκδοση, Εκδόσεις Τζιόλα



Διαδικαστικά

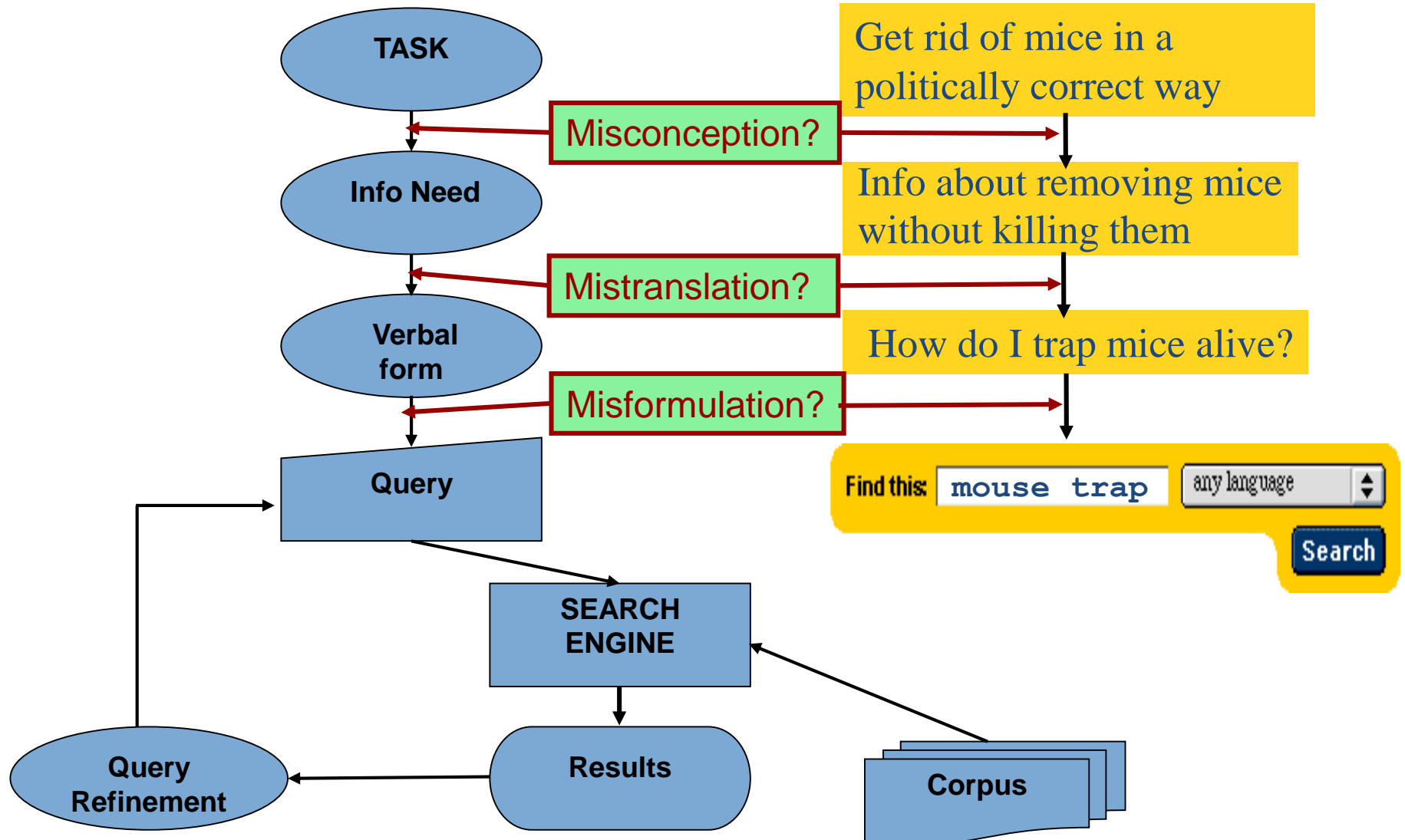
- Βαθμολογία (μπορεί να αλλάξει):
 - Project (έως 2 άτομα) – σε φάσεις: 50%
 - Τελικό Διαγώνισμα: 50%

Boolean Ανάκτηση

Βασικές Έννοιες

- Συλλογή (Collection - corpus): Σύνολο από έγγραφα
- Στόχος: Ανάκτηση των εγγράφων που περιέχουν πληροφορία που είναι συναφής (relevant) με την ανάγκη πληροφόρησης (information need) του χρήστη και τον βοηθά να ολοκληρώσει κάποιο έργο (task)
- ✓ Διαφορά μεταξύ: information need και ερωτήματος (query)
- ✓ Ad hoc retrieval

Το κλασικό μοντέλο αναζήτησης (search model)



Αποτελεσματικότητα

Αποτελεσματικότητα (effectiveness): Πόσο καλά (χρήσιμα) είναι τα έγγραφα που ανακτήθηκαν;

- **Ακρίβεια (Precision):** Το ποσοστό των εγγράφων που ανακτήθηκαν που είναι συναφή με την ανάγκη πληροφόρησης του χρήστη
- **Ανάκληση (Recall) :** Το ποσοστό των συναφών με την ανάγκη πληροφόρησης του χρήστη εγγράφων της συλλογής που ανακτήθηκαν από το σύστημα
 - Περισσότερα στο μέλλον

✓ Διαφορά μεταξύ: αποτελεσματικότητας (effectiveness) και απόδοσης (efficiency)

Βασικές έννοιες

Συλλογή από έγγραφα (corpus)

ανάκτηση των εγγράφων που περιέχουν πληροφορία που είναι συναφής (relevant) με την ανάγκη πληροφόρησης (information need) του χρήστη

- Αποτέλεσμα σε διάταξη με βάση τη συνάφεια
- Αξιολόγηση: (πέρα από την απόδοση (efficiency) – αποτελεσματικότητα (effectiveness))
 - Ακρίβεια/Ανάκληση

Βασικά Βήματα

(προεπεξεργασία)

- Σύλλεξε τα έγγραφα
- Κατασκεύασε βοηθητικές δομές – ευρετήρια

(λειτουργία)

- Επεξεργασία ερωτήσεων

Αρχικά θα δούμε την απλούστερη μορφή:

Boolean retrieval

Για να δούμε τα βασικά ...

Boolean μοντέλο

- Οι χρήστες διατυπώνουν ερωτήματα με τη μορφή *Boolean εκφράσεων*, δηλαδή όρων συνδυασμένων με **AND**, **OR** και **NOT**
- Κείμενο ως *σύνολο όρων*
- Επιστρέφονται ως απάντηση όλα τα κείμενα που ικανοποιούν το ερώτημα *χωρίς διάταξη*
 - *Δυαδική συνάφεια*

Αδόμητα δεδομένα το 1680



Shakespeare's Collected Works

Αδόμητα δεδομένα το 1680

- Ποια θεατρικά έργα του Shakespeare περιέχουν τις λέξεις **Brutus** και **Caesar** αλλά όχι τη λέξη **Calpurnia**
 - Ερώτημα: **Brutus AND Caesar AND NOT Calpurnia**
- Να διαβάσουμε όλα τα έργα σειριακά από την αρχή σημειώνοντας ...
- Θα μπορούσαμε να κάνουμε grep σε όλα τα έργα για **Brutus** και **Caesar**, και να σβήσουμε τις γραμμές που περιέχουν τη λέξη **Calpurnia**

Αδόμητα δεδομένα το 1680

- Γιατί όχι grep?
 - Αργό (για μεγάλες συλλογές)
 - Grep line-oriented, η ανάκτηση πληροφορίας **document-oriented**
 - **NOT Calpurnia** δεν είναι εύκολο
 - Επιπρόσθετη λειτουργικότητα (π.χ., βρες τη λέξη **Romans** κοντά στο **countrymen**)
 - Διάταξη! Ranked retrieval (τα «καλύτερα» έγγραφα ανάμεσα σε αυτά που ικανοποιούν την ερώτηση)
 - Σε επόμενα μαθήματα

Θα προ-επεξεργαστούμε τα έγγραφα και θα δημιουργήσουμε ευρετήρια

Για να δούμε τα βασικά ...

Boolean μοντέλο

Δυαδική μήτρα (πίνακας) σύμπτωσης M

Γραμμές: **Term** (όροι, λέξεις)

Στήλες: **Document** (έγγραφα, έργα)

$M[i, j] = 1$, αν ο όρος i εμφανίζεται στο έγγραφο j
0, αλλιώς

Term-document incidence matrix (μήτρα σύμπτωσης)

	Antony and Cleopatra	Julius Caesar	The Tempest	Hamlet	Othello	Macbeth
Antony	1	1	0	0	0	1
Brutus	1	1	0	1	0	0
Caesar	1	1	0	1	1	1
Calpurnia	0	1	0	0	0	0
Cleopatra	1	0	0	0	0	0
mercy	1	0	1	1	1	1
worser	1	0	1	1	1	0

Brutus AND Caesar BUT NOT Calpurnia

1 αν το **έργο** περιέχει τη **λέξη**, 0 αλλιώς

Οι όροι και τα έγγραφα ως διανύσματα

Έχουμε ένα *δυναδικό διάνυσμα* για κάθε *όρο* και κάθε *έγγραφο*

- Για να απαντήσουμε στην ερώτηση: παίρνουμε τα διανύσματα για το ***Brutus, Caesar*** και το συμπλήρωμα του διανύσματος για το ***Calpurnia*** → bitwise *AND*.

$$110100 \text{ AND } 110111 \text{ AND } 101111 = 100100.$$

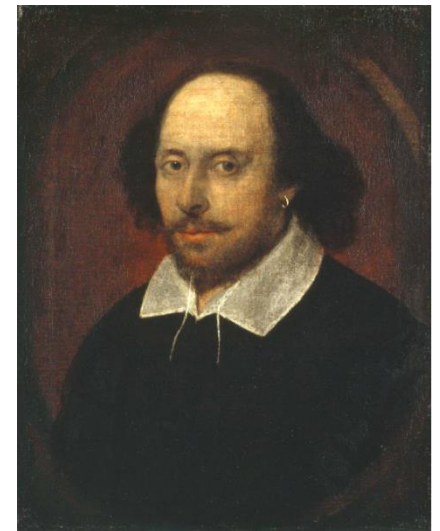
Οι απαντήσεις:

• Antony and Cleopatra, Act III, Scene ii

Agrippa [Aside to DOMITIUS ENOBARBUS]: Why, Enobarbus,
When Antony found Julius **Caesar** dead,
He cried almost to roaring; and he wept
When at Philippi he found **Brutus** slain.

• Hamlet, Act III, Scene ii

Lord Polonius: I did enact Julius **Caesar** I was killed i' the
Capitol; **Brutus** killed me.



Μεγαλύτερες συλλογές

- Ας θεωρήσουμε $N = 1$ εκατομμύρια έγγραφα, το καθένα με περίπου 1000 λέξεις το καθένα (~ 2 -3 σελίδες βιβλίου).
- Κατά μέσο όρο 6 bytes/λέξη συμπεριλαμβανομένων κενών/συμβόλων στίξης
 - 6GB δεδομένων.
- Έστω ότι ανάμεσα τους υπάρχουν $M = 500K$ διακριτοί (*distinct*) όροι.

Πόσο είναι το μέγεθος του πίνακα;

- Ο 500K x 1M πίνακας έχει μισό τρισεκατομμύριο 0's και 1.
- Αλλά δεν έχει περισσότερα από ένα δισεκατομμύριο 1.
 - Ο πίνακας είναι εξαιρετικά **αραιός** (sparse) – τουλάχιστον το 99.8% είναι 0.
- Ποια είναι μια καλύτερη αναπαράσταση;
 - Καταγράφουμε μόνο τις θέσεις του 1.

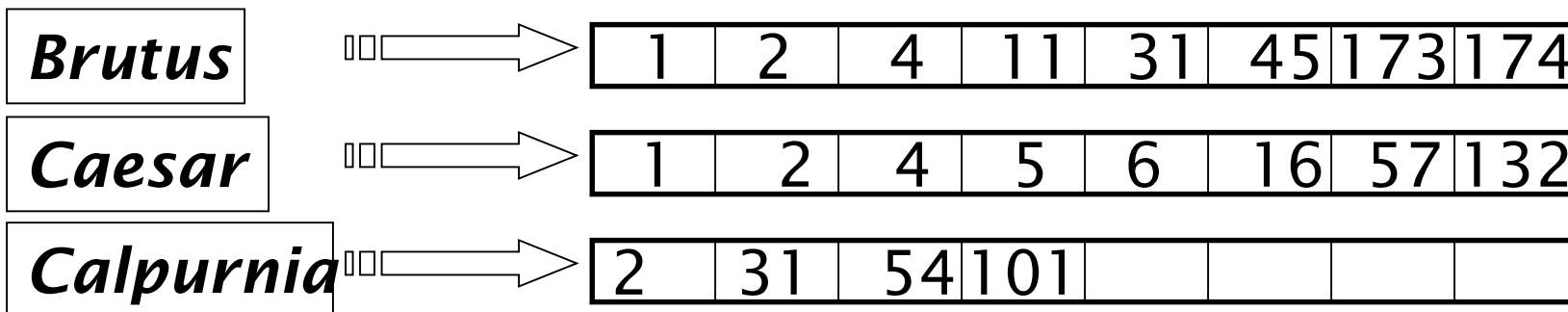
Αντεστραμμένο ευρετήριο ή αρχείο (Inverted index/file)

Για κάθε *όρο (term) t*, διατηρούμε μια λίστα με όλα τα έγγραφα που περιέχουν τον όρο.

- Κάθε έγγραφο χαρακτηρίζεται από ένα **αναγνωριστικό εγγράφου (docID)**, πχ αριθμό που ανατίθεται σειριακά στα έγγραφα κατά τη δημιουργία τους

Αντεστραμμένο ευρετήριο

- Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε σταθερού μεγέθους arrays για αυτό?



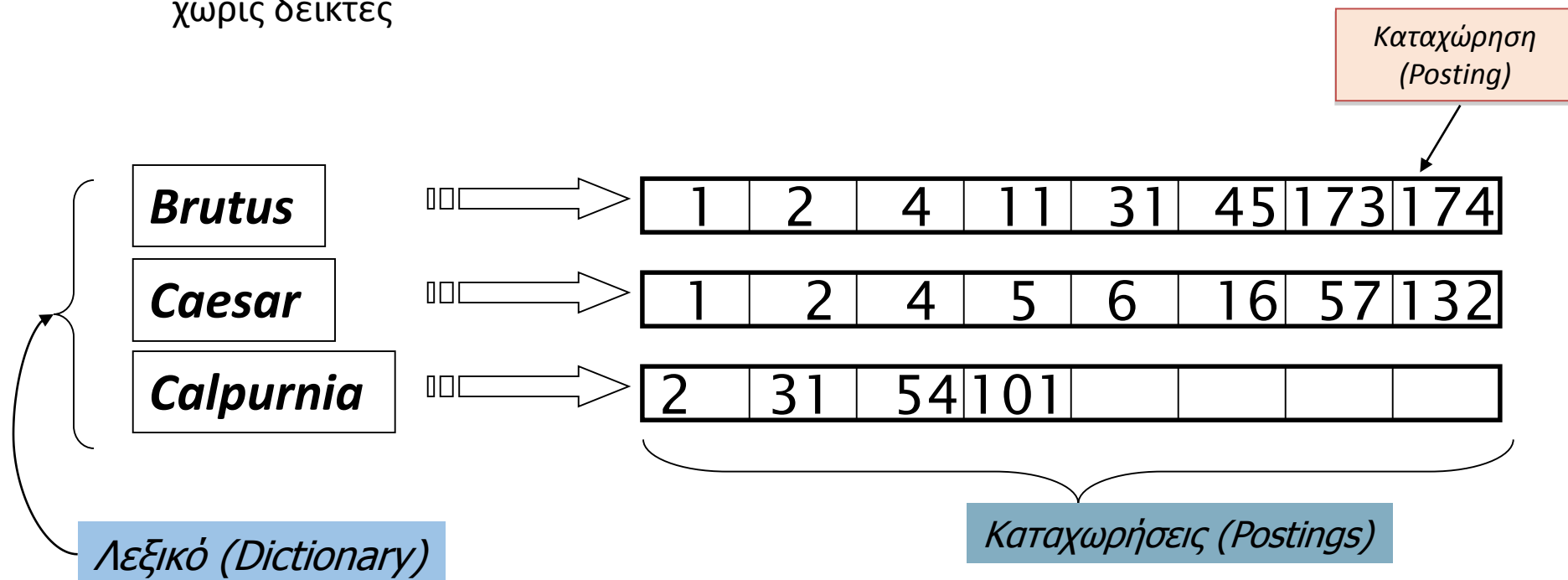
Τι γίνεται αν η λέξη ***Caesar*** προστεθεί στο έγγραφο 14?

Αντεστραμμένο ευρετήριο

- Χρειαζόμαστε μεταβλητού μεγέθους **λίστες καταχωρήσεων (postings lists)**

Ποια δομή δεδομένων είναι κατάλληλη;

- Στη μνήμη, απλά-διασυνδεδεμένες λίστες (skip lists) ή πίνακες μεταβλητού μήκους
- Στο δίσκο, ως (συμπιεσμένες) συνεχόμενες ακολουθίες καταχωρήσεων χωρίς δείκτες



Σε διάταξη με βάση το docID (θα δούμε σε λίγο γιατί!).

Βασική Ορολογία

- **Αντεστραμμένο ευρετήριο** (Inverted index)
- **Λίστες καταχωρήσεων** (posting lists) – μία για κάθε όρο
 - Καταχώρηση – ένα στοιχείο της λίστας
 - ✓ Κάθε λίστα είναι διατεταγμένη με το DocID
- **Λεξιλόγιο** (Vocabulary): το σύνολο των όρων
- **Λεξικό** (Dictionary) δομή δεδομένων για τους όρους
 - ✓ Αρχικά ας θεωρήσουμε αλφαβητική διάταξη

Το δημιουργούμε από πριν, θα δούμε πως

Κατασκευή του αντεστραμμένου ευρετηρίου

Έγγραφα προς
ευρετηριοποίηση



Friends, Romans, countrymen.
⋮

Tokenizer

Token stream

Friends Romans Countrymen

Θα τα δούμε σε
επόμενα
μαθήματα.

Linguistic
modules

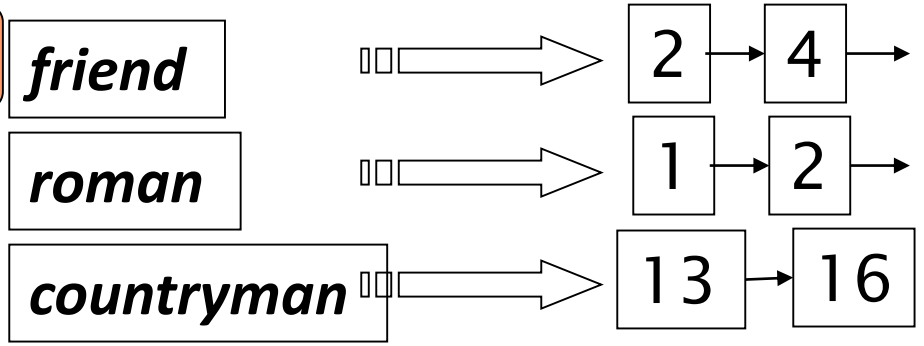
Γλωσσολογική επεξεργασία

Modified tokens

friend roman countryman

Indexer

Inverted index



Βήματα του Indexer: Ακολουθία Token

- Ακολουθία από ζεύγη (Modified token, Document ID).

Doc 1

I did enact Julius
Caesar I was killed
i' the Capitol;
Brutus killed me.

Doc 2

So let it be with
Caesar. The noble
Brutus hath told you
Caesar was ambitious



Term	docID
I	1
did	1
enact	1
julius	1
caesar	1
I	1
was	1
killed	1
i'	1
the	1
capitol	1
brutus	1
killed	1
me	1
so	2
let	2
it	2
be	2
with	2
caesar	2
the	2
noble	2
brutus	2
hath	2
told	2
you	2
caesar	2
was	2
ambitious	2

Βήματα του Indexer: Ταξινόμηση (sort)

- **Ταξινόμηση** με βάση τους όρους

- Και μετά το docID



Βασικό βήμα της
ευρετηριοποίησης

Term	docID
I	1
did	1
enact	1
julius	1
caesar	1
I	1
was	1
killed	1
i'	1
the	1
capitol	1
brutus	1
killed	1
me	1
so	2
let	2
it	2
be	2
with	2
caesar	2
the	2
noble	2
brutus	2
hath	2
told	2
you	2
caesar	2
was	2
ambitious	2



Term	docID
ambitious	2
be	2
brutus	1
brutus	2
capitol	1
caesar	1
caesar	2
caesar	2
did	1
enact	1
hath	1
I	1
I	1
i'	1
it	2
julius	1
killed	1
killed	1
let	2
me	1
noble	2
so	2
the	1
the	2
told	2
you	2
was	1
was	2
with	2

Βήματα του Indexer: Λεξικό & Καταχωρήσεις

- Πολλαπλές εμφανίσεις του όρου σε ένα έγγραφο συγχωνεύονται (merged).
- Διαχωρισμός σε **λεξικό** και **καταχωρήσεις**
- Προσθέτουμε και πληροφορία για τη συχνότητα εγγράφου (doc. frequency).

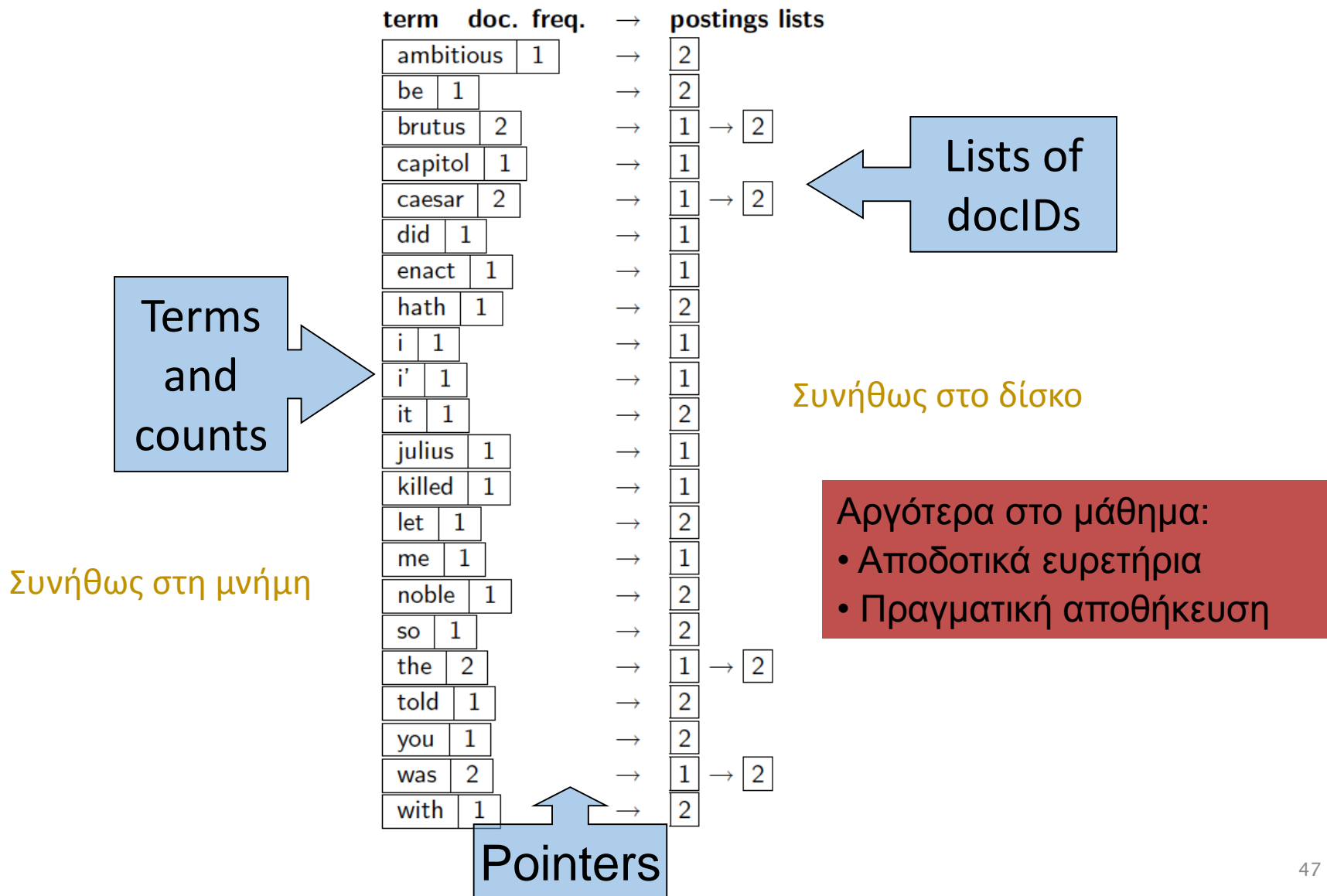
Γιατί τη συχνότητα;
Επίσης, συχνότητα όρου (term frequency)

Term	docID
ambitious	2
be	2
brutus	1
brutus	2
capitol	1
caesar	1
caesar	2
caesar	2
did	1
enact	1
hath	1
I	1
I	1
i'	1
it	2
julius	1
killed	1
killed	1
let	2
me	1
noble	2
so	2
the	1
the	2
told	2
you	2
was	1
was	2
with	2



term	doc. freq.	→	postings lists
ambitious	1	→	[2]
be	1	→	[2]
brutus	2	→	[1] → [2]
capitol	1	→	[1]
caesar	2	→	[1] → [2]
did	1	→	[1]
enact	1	→	[1]
hath	1	→	[2]
i	1	→	[1]
i'	1	→	[1]
it	1	→	[2]
julius	1	→	[1]
killed	1	→	[1]
let	1	→	[2]
me	1	→	[1]
noble	1	→	[2]
so	1	→	[2]
the	2	→	[1] → [2]
told	1	→	[2]
you	1	→	[2]
was	2	→	[1] → [2]
with	1	→	[2]

Πόσο χώρο χρειαζόμαστε?



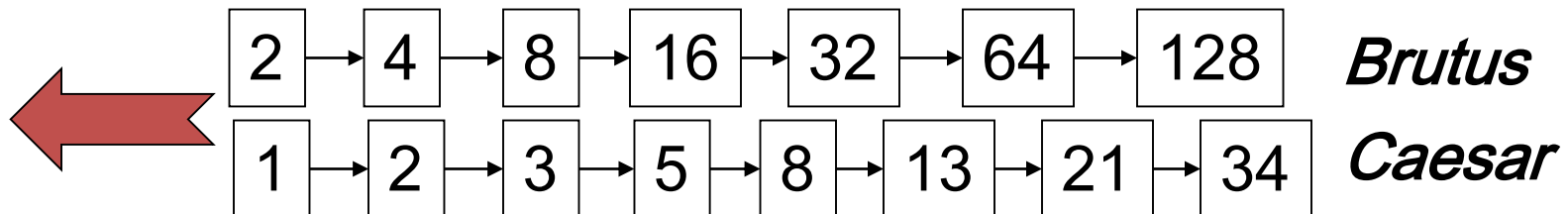
Φτιάξαμε το ευρετήριο, τώρα;

- Πως επεξεργαζόμαστε μια ερώτηση;
 - Αργότερα – τι άλλου είδους ερωτήσεις

Επεξεργασία ερωτήσεων: AND

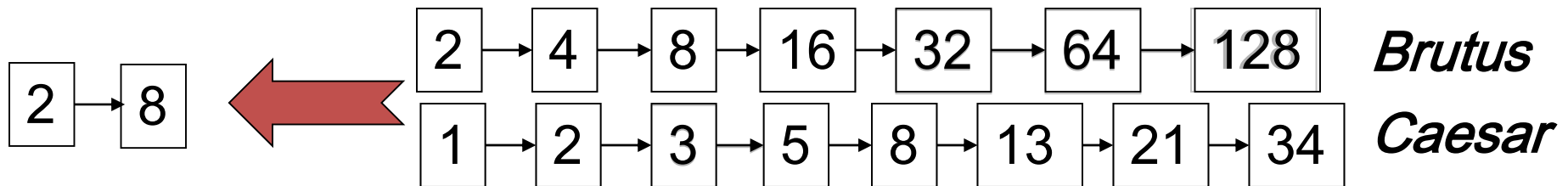
Έστω η ερώτηση: ***Brutus AND Caesar***

- Βρες το ***Brutus*** στο Λεξικό
 - Ανέκτησε τις καταχωρήσεις.
- Βρες το ***Caesar*** στο Λεξικό
 - Ανέκτησε τις καταχωρήσεις.
- Συγχώνευσε (**Merge**) τις δυο καταχωρήσεις (για τον υπολογισμό της τομής):



Συγχώνευση (merge)

- Διέσχισε τις δύο λίστες ταυτόχρονα, σε χρόνο γραμμικό (linear) στο συνολικό αριθμό των καταχωρήσεων



Αν τα μήκη των λιστών είναι x και y , η συγχώνευση παίρνει $O(x+y)$ λειτουργίες.

Σημαντικό: οι καταχωρήσεις πρέπει να είναι διατεταγμένες με βάση το docID.

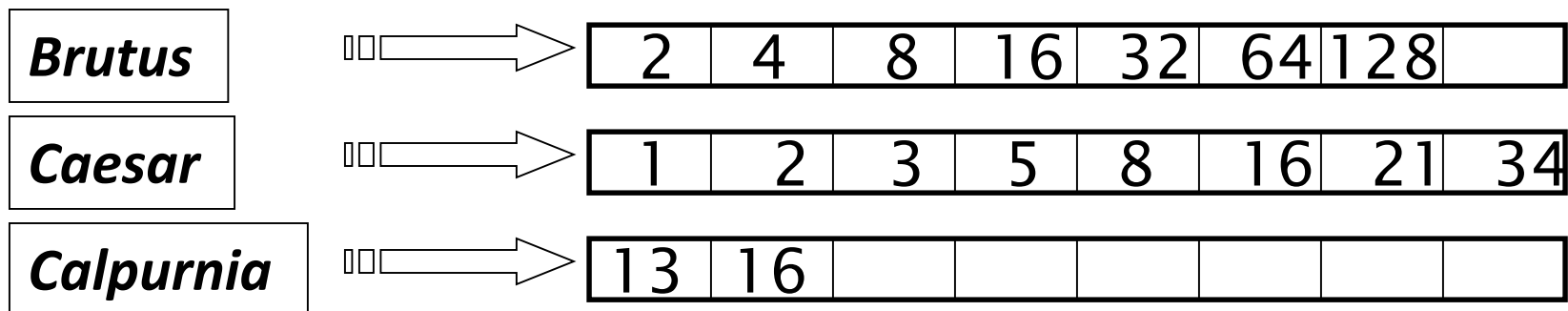
Ο αλγόριθμος συγχώνευσης

INTERSECT(p_1, p_2)

```
1  answer  $\leftarrow \langle \rangle$ 
2  while  $p_1 \neq \text{NIL}$  and  $p_2 \neq \text{NIL}$ 
3  do if  $\text{docID}(p_1) = \text{docID}(p_2)$ 
4      then ADD(answer,  $\text{docID}(p_1)$ )
5           $p_1 \leftarrow \text{next}(p_1)$ 
6           $p_2 \leftarrow \text{next}(p_2)$ 
7      else if  $\text{docID}(p_1) < \text{docID}(p_2)$ 
8          then  $p_1 \leftarrow \text{next}(p_1)$ 
9          else  $p_2 \leftarrow \text{next}(p_2)$ 
10 return answer
```

Βελτιστοποίηση ερωτήματος

- Ποια είναι βέλτιστη σειρά για την επεξεργασία ενός ερωτήματος;
- Έστω μια ερώτηση που είναι το *AND* n όρων.
- Για καθέναν από τους n όρους, βρες τις καταχωρήσεις του και εκτέλεσε το *AND* σε όλες.

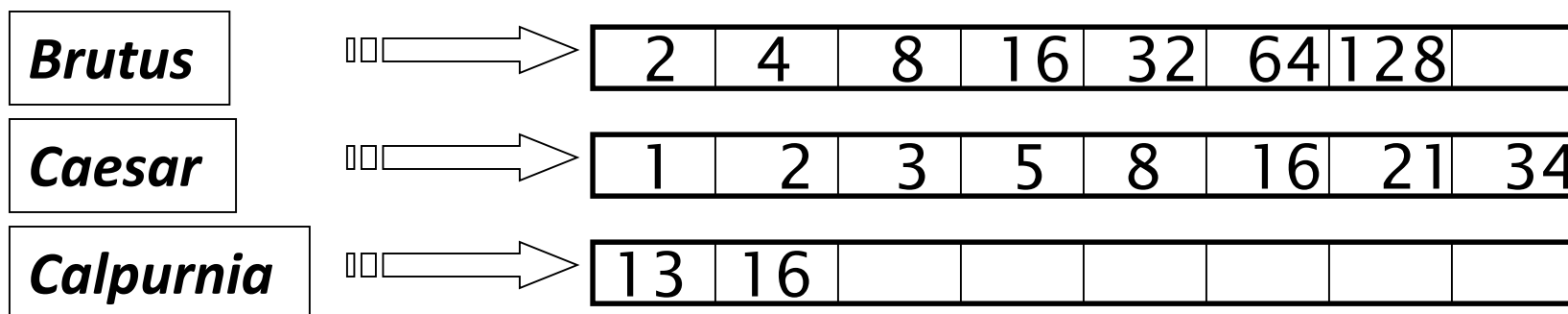


Query: Brutus AND Calpurnia AND Caesar

Βελτιστοποίηση ερωτήματος

- Επεξεργασία με αύξουσα συχνότητα:
 - Ξεκίνησε με το *μικρότερο* σύνολο και συνέχισε μειώνοντας και άλλο το αποτέλεσμα

Χρήση της συχνότητας εγγράφου
στο λεξικό



Εκτέλεση του ερωτήματος ως ***(Calpurnia AND Brutus) AND Caesar***.

Βελτιστοποίηση ερωτήματος

Π.χ., (*madding OR crowd*) AND (*ignoble OR strife*)

- Βρες τη συχνότητα εγγράφου για όλους τους όρους.
- Εκτίμησε το μέγεθος κάθε *OR* (συντηρητικά: ως το άθροισμα των συχνοτήτων εγγράφου).
- Επεξεργασία του ερωτήματος κατά αύξουσα σειρά κάθε όρου.

Βελτιστοποίηση ερωτήματος

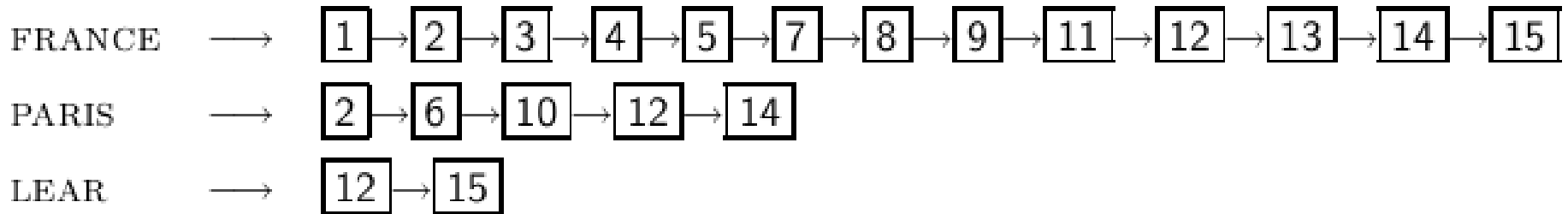
((A and B) and C) and D

- Κρατάμε *το ενδιάμεσο αποτέλεσμα στη μνήμη* και διαβάζουμε τη άλλη λίστα από το δίσκο
- Αρχικά, ενδιάμεσο αποτέλεσμα = A

Όταν πολλοί μεγάλες λίστες, εναλλακτικές για τον υπολογισμό τομής

- χρησιμοποιώντας δυαδική αναζήτηση στη μεγάλη λίστα (λογαριθμικός χρόνος)
- αποθήκευση μεγάλης λίστας ως hashtable (σταθερά)

Βελτιστοποίηση ερωτήματος: παράδειγμα



paris AND france AND lear

((paris AND NOT france) OR lear)

❖ Δοκιμάστε το <http://www.rhymezone.com/shakespeare/>

Boolean ερωτήματα: Ακριβές ταίριασμα (Exact match)

- Το **Boolean μοντέλο ανάκτησης** απαντά ερωτήματα που είναι Boolean εκφράσεις:
 - Χρήση *AND*, *OR* και *NOT* για το συνδυασμό όρων
 - Θεωρούν κάθε έγγραφο ως ένα **σύνολο** όρων
 - Είναι ακριβές (precise): *ένα έγγραφο είτε ικανοποιεί τη συνθήκη είτε όχι.*
 - Ίσως, το απλούστερο μοντέλο
- Το βασικό μοντέλο σε εμπορικά συστήματα για 3 δεκαετίες (πριν τον web).
- Πολλά συστήματα ακόμα Boolean:
 - Email, library catalog, Mac OS X Spotlight

Η Google χρησιμοποιεί το Boolean μοντέλο ?

Παράδειγμα: WestLaw <http://www.westlaw.com/>

- Μεγάλο εμπορικό (συνδρομές επί πληρωμή) σύστημα
- Αναζήτηση σε νομικά κείμενα (άρχισε το 1975, η διάταξη προστέθηκε το 1992)
- Δεκάδες terabytes δεδομένων, 700.000 χρήστες
- Η πλειοψηφία των χρηστών *ακόμα* χρησιμοποιεί Boolean ερωτήματα

Παράδειγμα: WestLaw <http://www.westlaw.com/>

- Παράδειγμα:

- *Ανάγκη πληροφόρησης*: What is the statute of limitations in cases involving the federal tort claims act?

- *Ερώτημα*:

LIMIT! /3 STATUTE ACTION /S FEDERAL /2 TORT /3 CLAIM

- /3 = within 3 words, /S = in same sentence

- Παράδειγμα:

- *Ανάγκη πληροφόρησης*: Information on the legal theories involved in preventing the disclosure of trade secrets by employees formerly employed by a competing company

- *Ερώτημα*:

“trade secret” /s disclos! /s prevent /s employe!

Παράδειγμα: WestLaw <http://www.westlaw.com/>

- Ακόμα ένα παράδειγμα:
 - Requirements for disabled people to be able to access a workplace
 - *disabl! /p access! /s work-site work-place (employment /3 place)*
- SPACE σημαίνει διάζευξη (disjunction)
- *Μακροσκελή, επακριβή ερωτήματα, τελεστές εγγύτητας (proximity operators), διατυπωμένα σταδιακά (διαφορά από web search)*
- *Boolean αναζήτηση χρησιμοποιείται ακόμα από πολλούς επαγγελματίες*
 - Ξέρεις ακριβώς τι παίρνεις ως απάντηση
- Αυτό δε σημαίνει ότι δουλεύει καλύτερα

Evidence accumulation

- 1 vs. 0 εμφάνιση ενός όρου αναζήτησης
 - 2 vs. 1 εμφανίσεις
 - 3 vs. 2 εμφανίσεις, κλπ.
 - Συχνά φαίνεται καλύτερο
- Χρειαζόμαστε και τη συχνότητα εμφάνισης του όρου στα έγγραφα

Τι άλλο πέρα της αναζήτησης όρων

- «Λάθη», wildcards, κλπ
- Φράσεις
 - *Stanford University, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων*
- Γειτονικότητα (Proximity): Find **Gates NEAR Microsoft**.
 - Χρειαζόμαστε ευρετήρια που να διατηρούν πληροφορία για τη θέση των όρων σε ένα έγγραφο
- Ζώνες σε έγγραφα: Find documents with (*author = Ullman*) AND (text contains *automata*).

Καταταγμένη (Ranked) αναζήτηση

- Συχνά θέλουμε να κατατάξουμε/ομαδοποιήσουμε τα αποτελέσματα
 - Την ομοιότητα (γειτονικότητα) ενός ερωτήματος με ένα έγγραφο
 - Χρειάζεται να αποφασίσουμε αν τα έγγραφα που παρουσιάζουμε στους χρήστες είναι μονοσύνολα ή αν ένα σύνολο από έγγραφα καλύπτει διαφορετικές απόψεις ενός ερωτήματος.

Ποιο περίπλοκη ημιδομημένη αναζήτηση

- *Title* is about Object Oriented Programming AND Author something like stro*rup
 - όπου * είναι ο wild-card τελεστής
- Θέματα:
 - Πως αντιμετωπίζουμε το “about”?
 - Πως γίνεται η κατάταξη?

Ακόμα

- Διαφορετικές γλώσσες (πολύγλωσσα κείμενα)
- Απαντήσεις ερωτήσεων (Question answering)
- Περιλήψεις
- Εξόρυξη κειμένου
- ...

ΤΕΛΟΣ Εισαγωγής και 1^{ου} Κεφαλαίου

Ερωτήσεις?

Χρησιμοποιήθηκε κάποιο υλικό των:

- ✓ *Pandu Nayak and Prabhakar Raghavan, CS276:Information Retrieval and Web Search (Stanford)*
- ✓ *Απόστολου Ν. Παπαδόπουλου , Ανάκτηση Πληροφορίας (Τμήμα Πληροφορικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο)*

Ανάκτηση Πληροφορίας vs Βάσεις Δεδομένων

Χαρακτηριστικό	ΣΔΒΔ	ΣΑΠ
είδος δεδομένων	δομημένα	αδόμητα, ημι-δομημένα
τύπος δεδομένων	αριθμητικά, αλφαριθμητικά	έγγραφα (κειμένου)
γλώσσα ερωτημάτων	SQL	φυσική γλώσσα, λέξεις κλειδιά (keywords)
ερώτημα	σαφές	ασαφές
αποτελέσματα	χωρίς βαθμολόγηση	βαθμολογημένα