
Δομές Δεδομένων

http://www.cs.uoi.gr/~loukas/courses/Data_Structures/

Λουκάς Γεωργιάδης

email: loukas@cs.uoi.gr

Βασικές έννοιες και εφαρμογές

Αλγόριθμος: Μέθοδος για την επίλυση ενός προβλήματος

Δεδομένα: Σύνολο από πληροφορίες που αποθηκεύονται στον υπολογιστή για τη λύση ενός προβλήματος

Δομή Δεδομένων: Μέθοδος αποθήκευσης και επεξεργασίας δεδομένων

Niklaus Wirth : **Αλγόριθμοι + Δομές Δεδομένων = Προγράμματα**

Βασικές έννοιες και εφαρμογές

Αλγόριθμος: Μέθοδος για την επίλυση ενός προβλήματος

Ιστορικά στοιχεία...

Abū ‘Abd Allāh Muhammad ibn Mūsā
al-Khwārizmī
(780-850 μΧ, περίπου)



Βασικές έννοιες και εφαρμογές

Αλγόριθμος: Μέθοδος για την επίλυση ενός προβλήματος

Ιστορικά στοιχεία...

Abū 'Abd Allāh Muhammad ibn Mūsā
al-Khwārizmī
(780-850 μΧ, περίπου)



Αλλά και παλαιότερα...

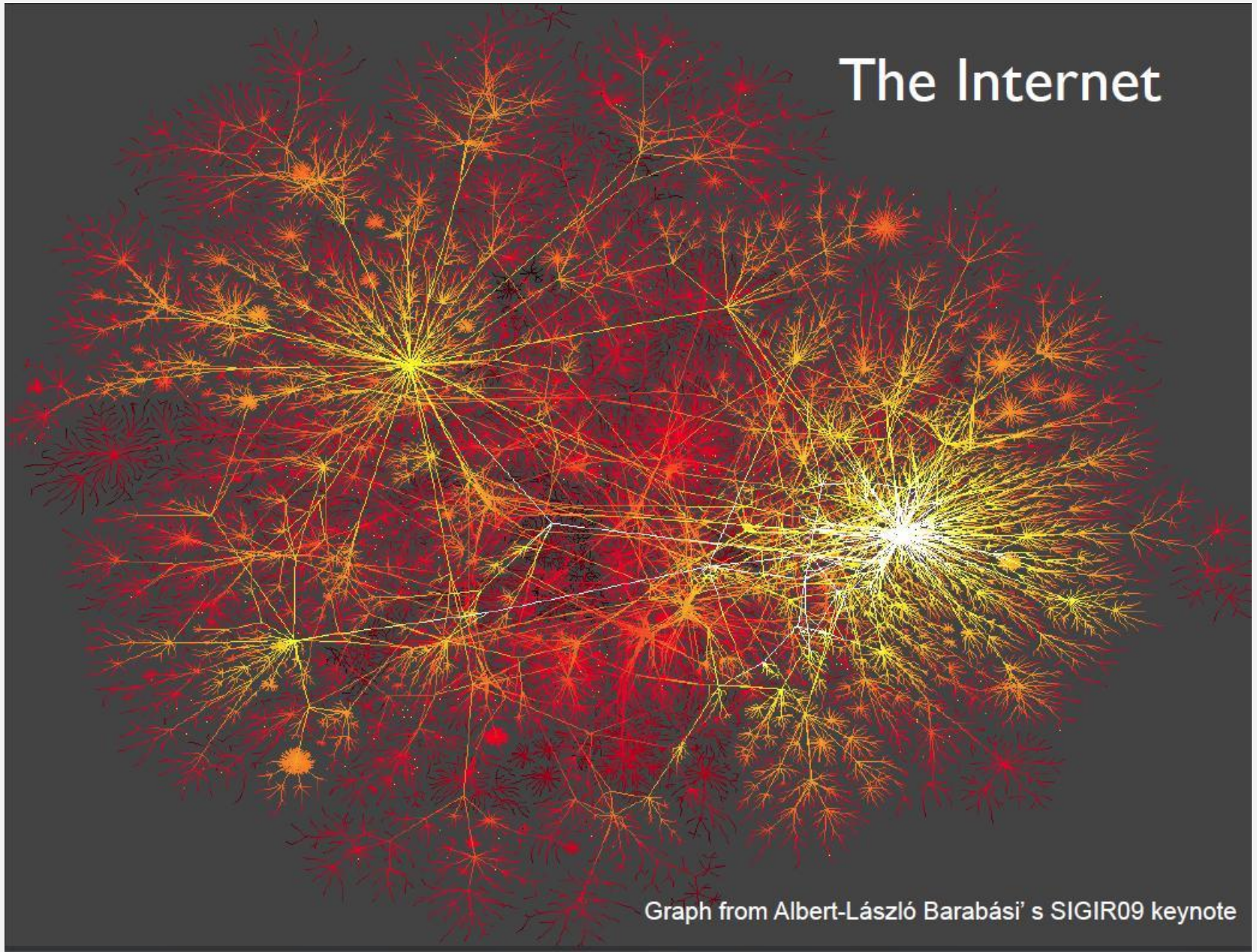


Ευκλείδης (300 πΧ)

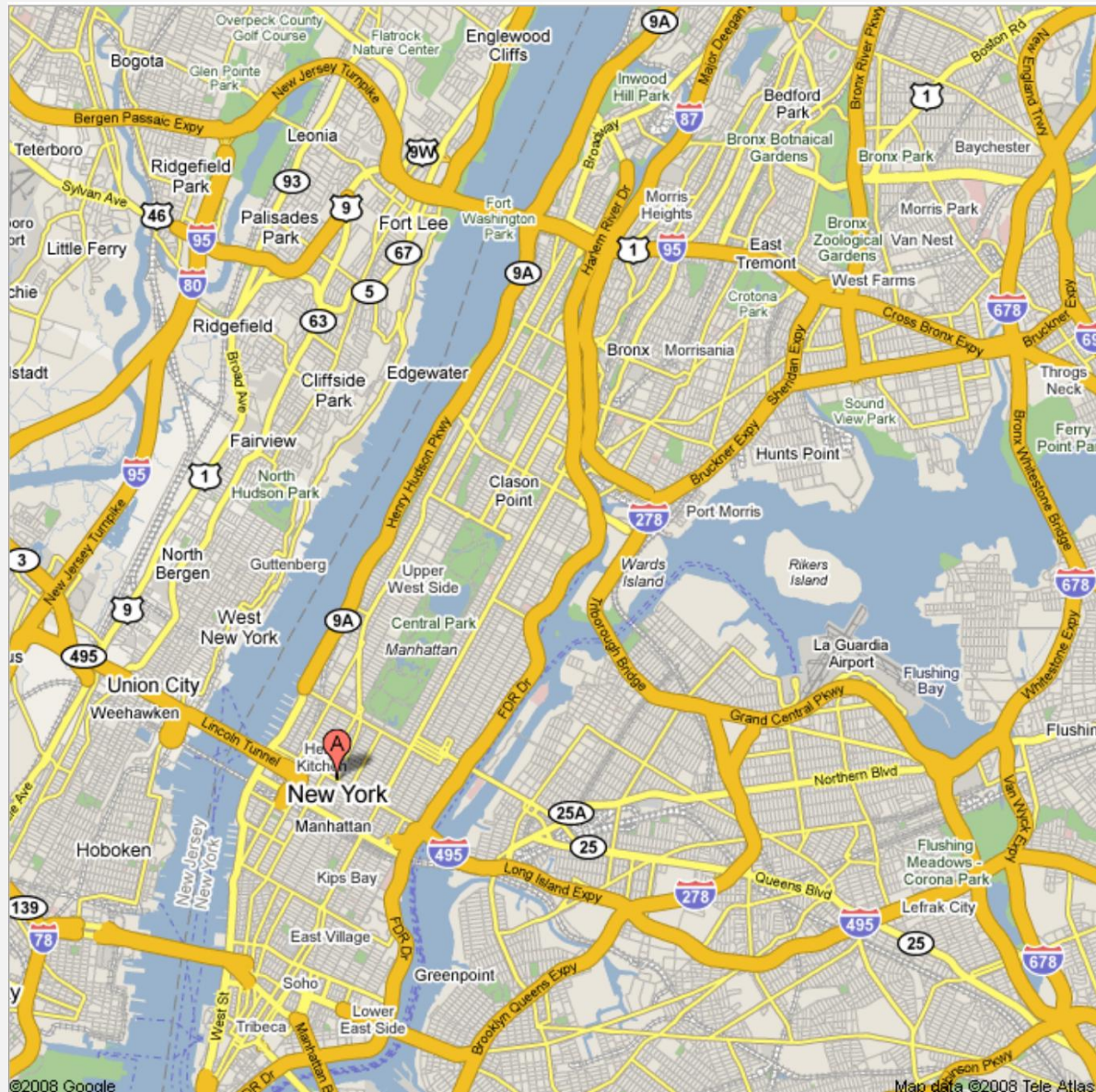
Αλγόριθμος του Ευκλείδη για εύρεση
μέγιστου κοινού διαιρέτη

Βασίζεται στον κανόνα $\gcd(x, y) = \gcd(y, x \bmod y)$
όπου $x \geq y$ είναι θετικοί ακέραιοι

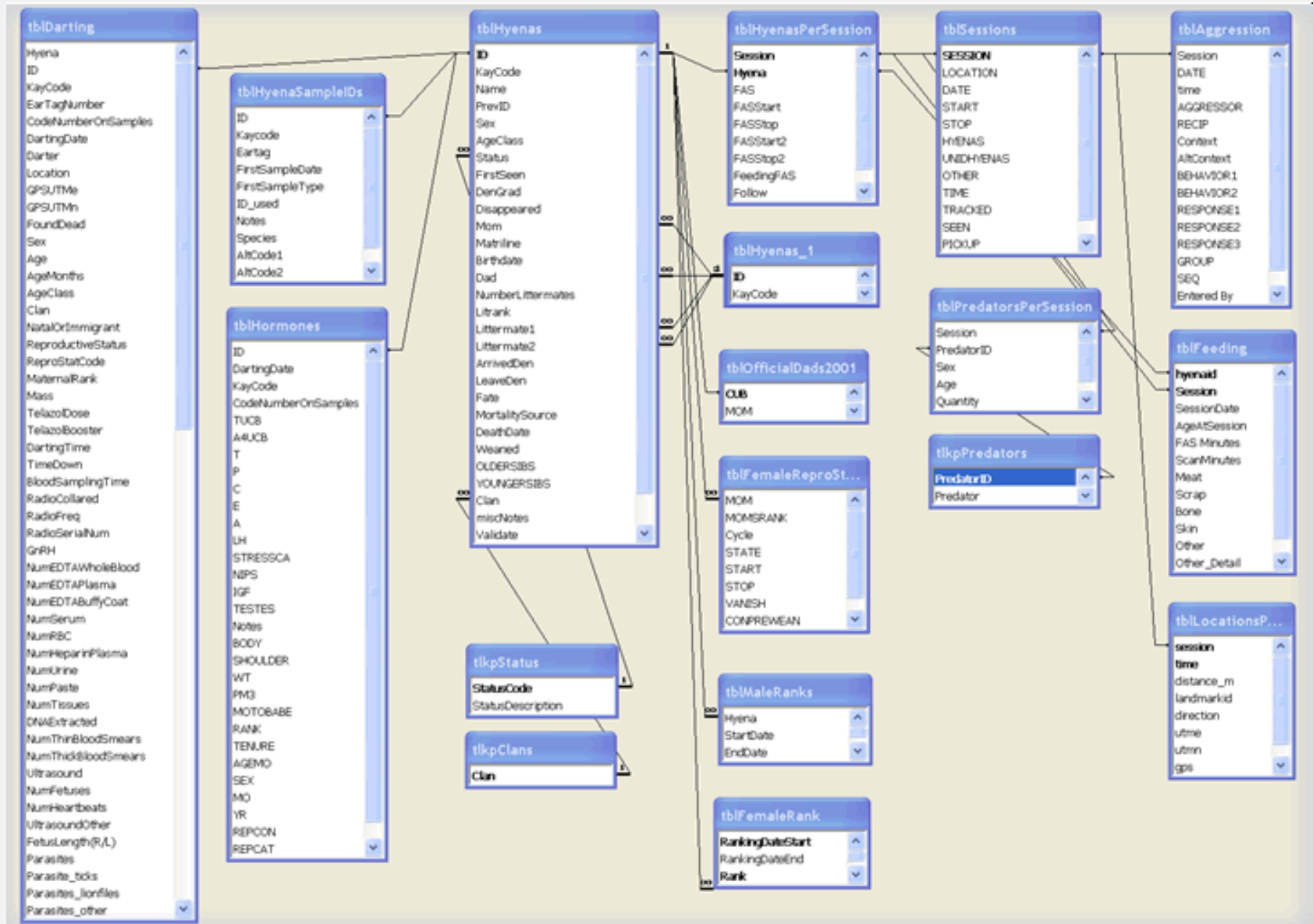
Παραδείγματα: Internet



Παραδείγματα: Πλοήγηση (Navigation)



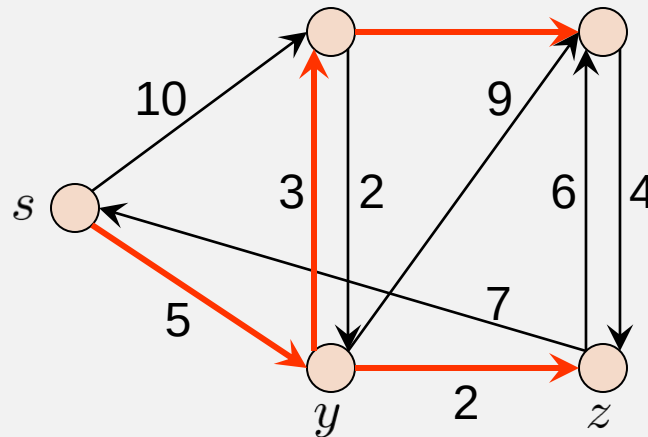
Παραδείγματα: Αναζήτηση/Ενημέρωση σε Βάση Δεδομένων



Βασικές έννοιες και εφαρμογές

Αλγόριθμος: Μέθοδος για την επίλυση ενός προβλήματος

Παράδειγμα: Εύρεση ελαφρύτατων διαδρομών σε γράφημα



Δομή Δεδομένων: Μέθοδος αποθήκευσης και επεξεργασίας δεδομένων

Παράδειγμα: Ουρά προτεραιότητας: επιστρέφει από μία συλλογή αντικειμένων το αντικείμενο με την ελάχιστη τιμή

Βασικές έννοιες και εφαρμογές

Δομή Δεδομένων: Μέθοδος αποθήκευσης και επεξεργασίας δεδομένων

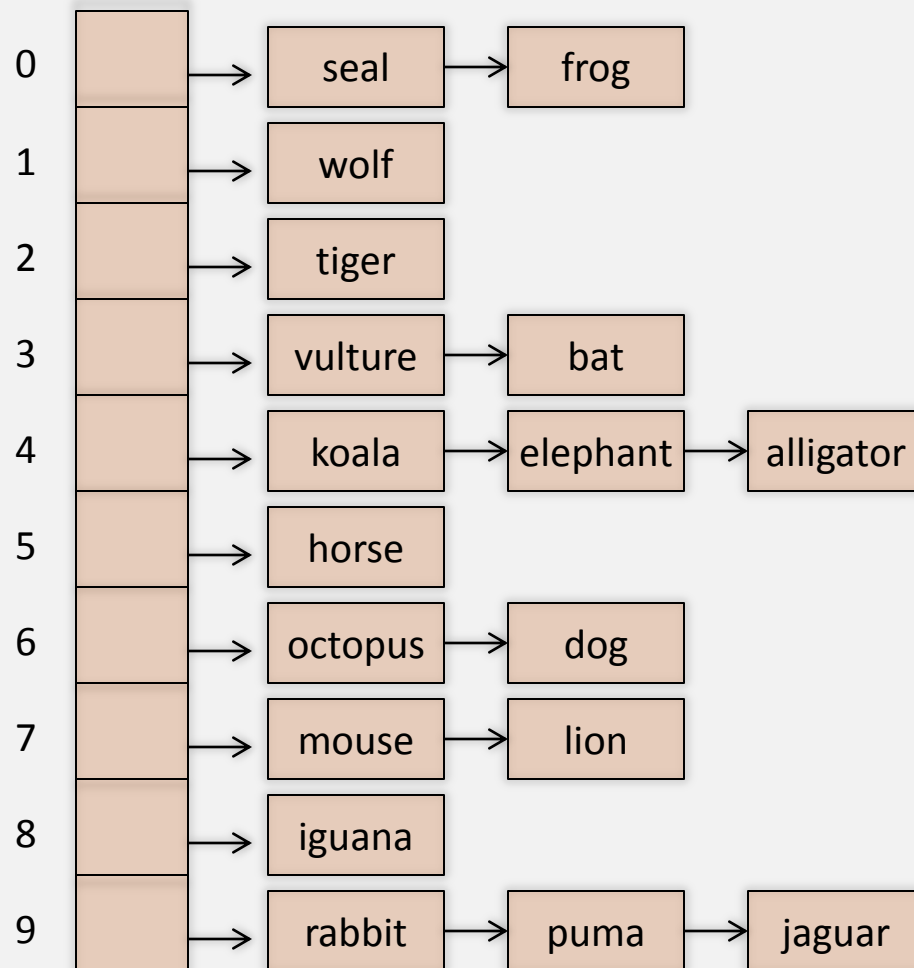
Γλώσσες προγραμματισμού όπως η C++ και η Java περιέχουν βιβλιοθήκες με χρήσιμες δομές δεδομένων

C++ Standard Library: Standard Template Library (STL)

<u>bitset</u>	Bitset
<u>deque</u>	Double ended queue
<u>list</u>	List
<u>map</u>	Map
<u>multimap</u>	Multiple-key map
<u>multiset</u>	Multiple-key set
<u>priority_queue</u>	Priority queue
<u>queue</u>	FIFO queue
<u>set</u>	Set
<u>stack</u>	LIFO stack
<u>vector</u>	Vector

Βασικές έννοιες και εφαρμογές

Δομή Δεδομένων: Μέθοδος αποθήκευσης και επεξεργασίας δεδομένων



Βασικές έννοιες και εφαρμογές

Αλγόριθμος: Μέθοδος για την επίλυση ενός προβλήματος

Δομή Δεδομένων: Μέθοδος αποθήκευσης και επεξεργασίας δεδομένων

Μερικές εφαρμογές

- Ανάκτηση πληροφοριών: αναζήτηση, ευρετήρια, κατάταξη,...
- Ασφάλεια: ασφαλής μετάδοση δεδομένων, πιστοποίηση, ηλεκτρονικό εμπόριο,...
- Βιολογία: χαρτογράφηση ανθρώπινου γονιδιώματος, αναδίπλωση πρωτεϊνών,...
- Βιομηχανία: κατανομή πόρων, βελτιστοποίηση παραγωγής, χρονοπρογραμματισμός,...
- Επικοινωνίες: κωδικοποίηση, συμπίεση, μετάδοση, επεξεργασία σημάτων,...
- Μεταφορές: συστήματα πλοήγησης, οργάνωση δρομολογίων, προσομοίωση,...
- Υπολογιστές: σχεδιασμός κυκλωμάτων, μεταγλωττιστές, γραφικά,...

Βασικές έννοιες και εφαρμογές

Αλγόριθμος: Μέθοδος για την επίλυση ενός προβλήματος

Δομή Δεδομένων: Μέθοδος αποθήκευσης και επεξεργασίας δεδομένων

Οι αλγόριθμοι μπορούν να περιγραφούν

- σε φυσική γλώσσα
- με διαγράμματα ροής
- με ψευδο-κώδικα
- με κώδικα σε κάποια γλώσσα προγραμματισμού

Βασικές έννοιες και εφαρμογές

Αλγόριθμος του Ευκλείδη για υπολογισμό του μέγιστου κοινού διαιρέτη

Βασίζεται στον κανόνα $\gcd(x, y) = \gcd(y, x \bmod y)$

όπου $x \geq y$ είναι θετικοί ακέραιοι.

Περιγραφή αλγόριθμου :

Αν $y = 0$ τότε η απάντηση είναι x .

Διαφορετικά :

Υπολόγισε $r = x \bmod y$.

Η απάντηση είναι $\gcd(y, r)$.



Ευκλείδης (300 πΧ)

Βασικές έννοιες και εφαρμογές

Αλγόριθμος του Ευκλείδη για υπολογισμό του μέγιστου κοινού διαιρέτη

Βασίζεται στον κανόνα $\gcd(x, y) = \gcd(y, x \bmod y)$

όπου $x \geq y$ είναι θετικοί ακέραιοι.

Περιγραφή αλγόριθμου :

Αν $y = 0$ τότε η απάντηση είναι x .

Διαφορετικά :

Υπολόγισε $r = x \bmod y$.

Η απάντηση είναι $\gcd(y, r)$.



Ευκλείδης (300 πΧ)

Υλοποίηση σε Java :

```
public static int Euclid(int x, int y)
{
    if (y==0) return x;
    int r = x % y;
    return Euclid(y, r);
}
```

Βασικές έννοιες και εφαρμογές

Αλγόριθμος του Ευκλείδη για υπολογισμό του μέγιστου κοινού διαιρέτη

Βασίζεται στον κανόνα $\gcd(x, y) = \gcd(y, x \bmod y)$

όπου $x \geq y$ είναι θετικοί ακέραιοι.

Περιγραφή αλγόριθμου :

Αν $y = 0$ τότε η απάντηση είναι x .

Διαφορετικά :

Υπολόγισε $r = x \bmod y$.

Η απάντηση είναι $\gcd(y, r)$.



Ευκλείδης (300 πΧ)

Υλοποίηση σε Java :

```
public static int Euclid(int x, int y)
{
    if (y==0) return x;
    int r = x % y;
    return Euclid(y, r);
}
```

```
Euclid (128,40)=
    Euclid (40,8)=
        Euclid (8,0)=
            8
```

Βασικές έννοιες και εφαρμογές

Παράδειγμα: Ακολουθιακή (γραμμική) αναζήτηση

Μας δίνεται μία ακολουθία από n ακέραιους $A = a_1, a_2, \dots, a_n$
και ένας ακέραιος v

Θέλουμε να βρούμε ένα $a_j \in A$ τέτοιο ώστε $a_j = v$

Ακολουθιακή αναζήτηση: εξετάζουμε τα στοιχεία της ακολουθίας ξεκινώντας από τη θέση 1, προχωρώντας στη θέση 2, θέση 3, κ.ο.κ. μέχρι να βρούμε το ζητούμενο στοιχείο ή μέχρι να εξαντλήσουμε την ακολουθία.

Π.χ. $v = 33$

128 233 88 9 12 45 33 28 56 8 90 102 3 245 356



= 33?

Βασικές έννοιες και εφαρμογές

Παράδειγμα: Ακολουθιακή (γραμμική) αναζήτηση

Μας δίνεται μία ακολουθία από n ακέραιους $A = a_1, a_2, \dots, a_n$
και ένας ακέραιος v

Θέλουμε να βρούμε ένα $a_j \in A$ τέτοιο ώστε $a_j = v$

Ακολουθιακή αναζήτηση: εξετάζουμε τα στοιχεία της ακολουθίας ξεκινώντας από τη θέση 1, προχωρώντας στη θέση 2, θέση 3, κ.ο.κ. μέχρι να βρούμε το ζητούμενο στοιχείο ή μέχρι να εξαντλήσουμε την ακολουθία.

Π.χ. $v = 33$

128 233 88 9 12 45 33 28 56 8 90 102 3 245 356

↑
= 33?

Βασικές έννοιες και εφαρμογές

Παράδειγμα: Ακολουθιακή (γραμμική) αναζήτηση

Μας δίνεται μία ακολουθία από n ακέραιους $A = a_1, a_2, \dots, a_n$
και ένας ακέραιος v

Θέλουμε να βρούμε ένα $a_j \in A$ τέτοιο ώστε $a_j = v$

Ακολουθιακή αναζήτηση: εξετάζουμε τα στοιχεία της ακολουθίας ξεκινώντας από τη θέση 1, προχωρώντας στη θέση 2, θέση 3, κ.ο.κ. μέχρι να βρούμε το ζητούμενο στοιχείο ή μέχρι να εξαντλήσουμε την ακολουθία.

Π.χ. $v = 33$

128 233 88 9 12 45 33 28 56 8 90 102 3 245 356

 ↑
 = 33?

Βασικές έννοιες και εφαρμογές

Παράδειγμα: Ακολουθιακή (γραμμική) αναζήτηση

Μας δίνεται μία ακολουθία από n ακέραιους $A = a_1, a_2, \dots, a_n$
και ένας ακέραιος v

Θέλουμε να βρούμε ένα $a_j \in A$ τέτοιο ώστε $a_j = v$

Ακολουθιακή αναζήτηση: εξετάζουμε τα στοιχεία της ακολουθίας ξεκινώντας από τη θέση 1, προχωρώντας στη θέση 2, θέση 3, κ.ο.κ. μέχρι να βρούμε το ζητούμενο στοιχείο ή μέχρι να εξαντλήσουμε την ακολουθία.

Π.χ. $v = 33$

128 233 88 9 12 45 33 28 56 8 90 102 3 245 356

↑
= 33?

Βασικές έννοιες και εφαρμογές

Παράδειγμα: Ακολουθιακή (γραμμική) αναζήτηση

Μας δίνεται μία ακολουθία από n ακέραιους $A = a_1, a_2, \dots, a_n$
και ένας ακέραιος v

Θέλουμε να βρούμε ένα $a_j \in A$ τέτοιο ώστε $a_j = v$

Ακολουθιακή αναζήτηση: εξετάζουμε τα στοιχεία της ακολουθίας ξεκινώντας από τη θέση 1, προχωρώντας στη θέση 2, θέση 3, κ.ο.κ. μέχρι να βρούμε το ζητούμενο στοιχείο ή μέχρι να εξαντλήσουμε την ακολουθία.

Π.χ. $v = 33$

128 233 88 9 12 45 33 28 56 8 90 102 3 245 356

↑
= 33?

Βασικές έννοιες και εφαρμογές

Παράδειγμα: Ακολουθιακή (γραμμική) αναζήτηση

Μας δίνεται μία ακολουθία από n ακέραιους $A = a_1, a_2, \dots, a_n$
και ένας ακέραιος v

Θέλουμε να βρούμε ένα $a_j \in A$ τέτοιο ώστε $a_j = v$

Ακολουθιακή αναζήτηση: εξετάζουμε τα στοιχεία της ακολουθίας ξεκινώντας από τη θέση 1, προχωρώντας στη θέση 2, θέση 3, κ.ο.κ. μέχρι να βρούμε το ζητούμενο στοιχείο ή μέχρι να εξαντλήσουμε την ακολουθία.

Π.χ. $v = 33$

128 233 88 9 12 45 33 28 56 8 90 102 3 245 356


= 33?

Βασικές έννοιες και εφαρμογές

Παράδειγμα: Ακολουθιακή (γραμμική) αναζήτηση

Μας δίνεται μία ακολουθία από n ακέραιους $A = a_1, a_2, \dots, a_n$
και ένας ακέραιος v

Θέλουμε να βρούμε ένα $a_j \in A$ τέτοιο ώστε $a_j = v$

Ακολουθιακή αναζήτηση: εξετάζουμε τα στοιχεία της ακολουθίας ξεκινώντας από τη θέση 1, προχωρώντας στη θέση 2, θέση 3, κ.ο.κ. μέχρι να βρούμε το ζητούμενο στοιχείο ή μέχρι να εξαντλήσουμε την ακολουθία.

Π.χ. $v = 33$

128 233 88 9 12 45 33 28 56 8 90 102 3 245 356

↑
= 33?

βρέθηκε!

Βασικές έννοιες και εφαρμογές

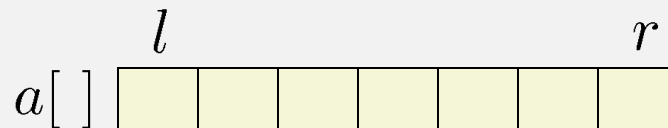
Παράδειγμα: Ακολουθιακή (γραμμική) αναζήτηση

Μας δίνεται μία ακολουθία από n ακέραιους $A = a_1, a_2, \dots, a_n$
και ένας ακέραιος v

Θέλουμε να βρούμε ένα $a_j \in A$ τέτοιο ώστε $a_j = v$

Ακολουθιακή αναζήτηση: εξετάζουμε τα στοιχεία της ακολουθίας ξεκινώντας από τη θέση 1, προχωρώντας στη θέση 2, θέση 3, κ.ο.κ. μέχρι να βρούμε το ζητούμενο στοιχείο ή μέχρι να εξαντλήσουμε την ακολουθία.

```
public static int linearSearch(int a[], int v, int l, int r)
{
    for (int i=l; i<=r; i++)
        if (v == a[i]) return i;
    return -1;
}
```



Βασικές έννοιες και εφαρμογές

Παράδειγμα: Ακολουθιακή (γραμμική) αναζήτηση

Μας δίνεται μία ακολουθία από n ακέραιους $A = a_1, a_2, \dots, a_n$ και ένας ακέραιος v

Θέλουμε να βρούμε ένα $a_j \in A$ τέτοιο ώστε $a_j = v$

Ακολουθιακή αναζήτηση: εξετάζουμε τα στοιχεία της ακολουθίας ξεκινώντας από τη θέση 1, προχωρώντας στη θέση 2, θέση 3, κ.ο.κ. μέχρι να βρούμε το ζητούμενο στοιχείο ή μέχρι να εξαντλήσουμε την ακολουθία.

Ο χρόνος της αναζήτησης εξαρτάται από τα δεδομένα εισόδου:

Επιτυχής αναζήτηση: $v \in A$

Αν κάθε στοιχείο της ακολουθίας είναι εξίσου πιθανό να είναι το v τότε ο αναμενόμενος αριθμός συγκρίσεων είναι

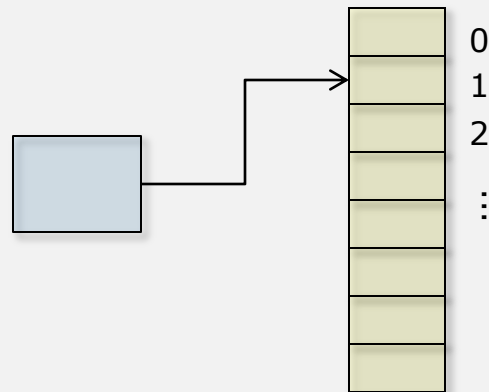
$$\frac{1 + 2 + \dots + n}{n} = \frac{n + 1}{2}$$

Ανεπιτυχής αναζήτηση: $v \notin A$ – ο αριθμός των συγκρίσεων είναι n

Βασικές έννοιες και εφαρμογές

Υπολογιστικό Μοντέλο

- Ένας επεξεργαστής και μεγάλος χώρος μνήμης
- Κάθε θέση μνήμης έχει μια αριθμητική διεύθυνση
- Η μνήμη είναι τυχαίας προσπέλασης: η πρόσβαση σε οποιαδήποτε θέση μνήμης (ανεξάρτητα από τη διεύθυνσή της) γίνεται με την ίδια ταχύτητα



Βασικές έννοιες και εφαρμογές

Τύποι Δεδομένων

Η πληροφορία κωδικοποιείται με bits. Οι τύποι δεδομένων μας επιτρέπουν να ερμηνεύσουμε σωστά την κωδικοποίηση αυτή.

Τύποι δεδομένων του υλικού
αριθμοί, χαρακτήρες, ..., στο υλικό

Ιδεατοί τύποι δεδομένων
τύποι δεδομένων σε επίπεδο γλώσσας προγραμματισμού
(π.χ. στη Java: `int`, `double`, `boolean`, `char`)

Αφηρημένοι τύποι δεδομένων
τύποι δεδομένων που ορίζονται από τον προγραμματιστή

Βασικές έννοιες και εφαρμογές

Αφηρημένοι Τύποι Δεδομένων (Abstract Data Types)

Τύπος δεδομένων

Σύνολο τιμών και συλλογή πράξεων που εφαρμόζονται πάνω σε αυτές τις τιμές

Αφηρημένος τύπος δεδομένων

Τύπος δεδομένων τον οποίο ο χρήστης μπορεί να προσπελαστεί μόνο μέσω κάποιων διασυνδέσεων (interfaces) .

Πελάτης (client)

Πρόγραμμα που χρησιμοποιεί έναν αφηρημένο τύπο δεδομένων

Υλοποίηση (implementation)

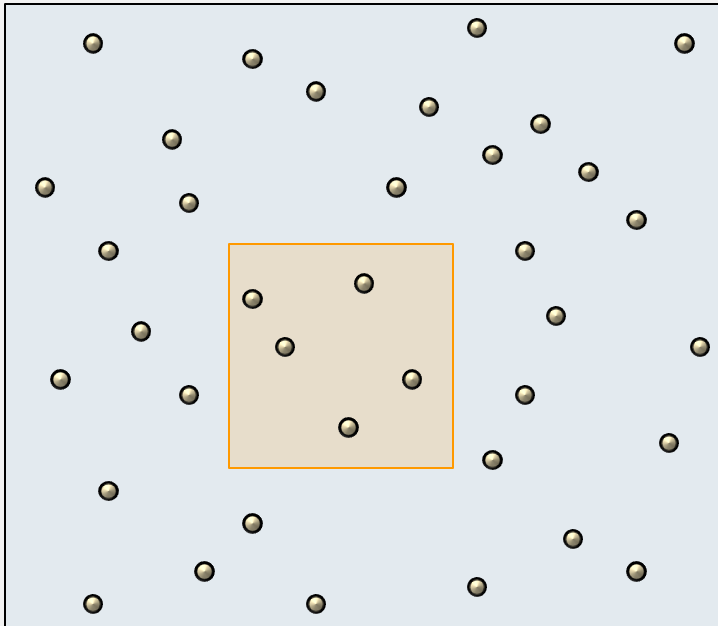
Πρόγραμμα που ορίζει έναν (αφηρημένο) τύπο δεδομένων

Ο τρόπος αναπαράστασης ενός αφηρημένου τύπου δεδομένων δεν είναι ορατός από τους πελάτες

Βασικές έννοιες και εφαρμογές

Αφηρημένοι Τύποι Δεδομένων

Παράδειγμα : Διαχείριση σημείων στο επίπεδο



Διασυνδέσεις

εισαγωγή σημείου

διαγραφή σημείου

καταμέτρηση αριθμού σημείων εντός
ορισμένου ορθογώνιου παραλληλόγραμμου

Βασικές έννοιες και εφαρμογές

Αφηρημένοι Τύποι Δεδομένων

Παράδειγμα : Διαχείριση δυναμικού συνόλου με ολική διάταξη

Διασυνδέσεις

εισαγωγή στοιχείου

$$S \leftarrow S \cup \{x\}$$

διαγραφή στοιχείου

$$S \leftarrow S \setminus \{x\}$$

αναζήτηση στοιχείου

$$x \in S?$$

ταξινόμηση

$$x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_n$$

διάδοχος

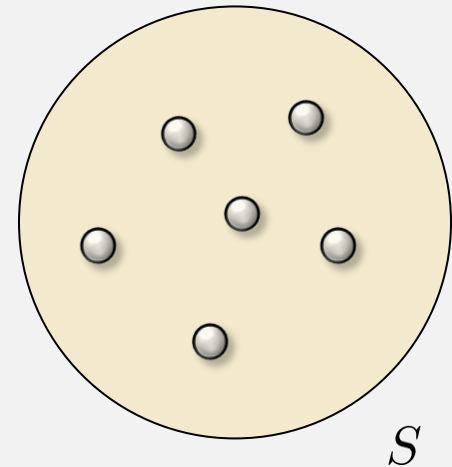
$$\min\{y \in S \mid y \geq x\}$$

προκάτοχος

$$\max\{y \in S \mid y \leq x\}$$

μέγιστο/ελάχιστο

$$\max / \min \{x \mid x \in S\}$$



Στόχοι του μαθήματος

- Κατανόηση της λειτουργίας βασικών δομών δεδομένων καθώς και των εφαρμογών τους.
- Εξοικείωση με βασικές τεχνικές σχεδίασης και ανάλυσης δομών δεδομένων.
- Εξάσκηση στην υλοποίηση αποδοτικών δομών δεδομένων και των αλγορίθμων χειρισμού τους.

Επιδιωκόμενα αποτελέσματα

Οι φοιτητές που παρακολουθούν επιτυχώς το μάθημα θα μπορούν να:

- Αναλύσουν την επίδοση βασικών δομών δεδομένων.
- Εκτιμούν τον χρόνο εκτέλεσης των διαφόρων λειτουργιών μιας δομής δεδομένων.
- Συγκρίνουν την αποδοτικότητα και την καταλληλότητα διαφορετικών δομών δεδομένων για την επίλυση κάποιου προβλήματος.
- Σχεδιάζουν σύνθετες δομές δεδομένων ή δομές δεδομένων προσαρμοσμένες σε κάποιο πρόβλημα.
- Υλοποιούν αποδοτικούς αλγόριθμους για την επίλυση διαφόρων προβλημάτων.

Αξιολόγηση

Εργαστηριακές ασκήσεις

- ~7 εργαστηριακές ασκήσεις: Μελέτη αλγόριθμων και δομών δεδομένων - υλοποίηση σε γλώσσα προγραμματισμού Java
- Κάθε ομάδα αποτελείται από 1 έως 3 άτομα

Ασκήσεις για το σπίτι

- ~3 σετ ασκήσεων (ατομικά): θεωρητική μελέτη-ανάλυση αλγόριθμων και δομών δεδομένων

⇒ Πληροφορίες και ανακοινώσεις μέσω της ιστοσελίδας του μαθήματος

Βιβλία

