

# EDA016 Programmeringsteknik för D

## Läsvecka 12: Algoritmer

Björn Regnell

Datavetenskap, LTH

Lp1-2, HT 2015

## 12 Algoritmer

- Att göra denna vecka
- Repetition: Vad är en algoritm?
- Repetition: Min/Max
- Repetition: Linjärsökning
- Binärsökning
- Algoritmisk tidskomplexitet
- Sortering

# Att göra i Vecka 12: Kunna gå från lösningsidé till implementation. Förstå sortering.

- 1 Läs följande kapitel i kursboken: 7.13, 8.8, 8.9  
binärsökning, urvalssortering (selection sort),  
instickssortering (insertion sort)
- 2 Gör Övning 11: sortering, objekt
- 3 Träffas i samarbetsgrupper och hjälp varandra
- 4 Gör Lab 10: Life

# Repetition: Vad är en algoritm?

En **algoritm** är en stegvis beskrivning av hur man löser ett problem.

Exempel: Min/Max, Linjärsökning, Registrering

Problemlösningssprocessens olika steg (inte nödvändigtvis i denna ordning):

- 1 identifiera (del)**problemet**:  
exempel: hitta minsta talet
- 2 Kom på en **lösningssidé**: (kan vara mycket klurigt och svårt)  
exempel: iterera över talen och håll reda på "minst hittills"
- 3 Formulera en **stegvis beskrivning** som löser problemet:  
exempel: pseudo-kod med sekvens av instruktioner
- 4 Implementera en **körbar lösning** i "riktig" kod:  
exempel: en Java-metod i en klass

Övning: Ge exempel per steg ovan för linjärsökning och registrering.

Det krävs ofta **kreativitiet** i stegen ovan – även i att **känna igen** problemet:

Exempel: skapa highscore-lista kräver dellösningen att hitta *största* talet som är en variant av problemet "hitta minsta talet" som jag vet hur man kan lösa.

# Det finns ofta flera olika sätt (ide, lösning, kod)

Alternativ 1: pseudo-kod "hitta minsta talet"

```
minSoFar = ett tal STÖRRE än alla andra tal
while (finns fler tal)
    x = nästa tal
    if (x < minSoFar)
        minSoFar = x
return minSoFar
```

Alternativ 2: pseudo-kod "hitta minsta talet"

```
x = första talet
minSoFar = x
while (finns fler tal)
    x = nästa tal
    if (x < minSoFar)
        minSoFar = x
return minSoFar
```

Vad händer om det inte finns några tal alls? Kolla alla **specialfall!**

# Repetition: Linjärsökning

**Problem:** Sök upp platsen för första förekomsten av ett givet element i en sekvens av element.

**Idé:** Gå igenom position för position från början till slut och avbryt om rätt tal hittats.

**Pseudo-kod:**

```
pos = "platsen för det första elementet";  
while ("fler element kvar" &&  
    "elementet på plats pos inte är det vi söker") {  
    pos = "platsen för nästa element";  
}
```

Kolla alla **specialfall**!

- Funkar det för inga element alls?
- Vad händer i början? Funkar det för ett enda element?
- Vad händer i slutet? Råkar vi indexera bortom slutet?

# Implementation LinjärSökning – variant 1

```
public class Data {  
    private int[] v;  
    private int n; // antalet element  
  
    /* här finns konstruktorer och andra metoder */  
  
    public int find1(int nbr) {  
        int i = 0;  
        while (i < n && v[i] != nbr) {  
            i++;  
        }  
        return (i < n) ? i : -1;  
    }  
}
```

Kolla alla **specialfall!**

- Funkar det för inga element alls?
- Vad händer i början? Funkar det för ett enda element?
- Vad händer i slutet? Råkar vi indexera bortom slutet?

# Implementation LinjärSökning – variant 2

```
public int find2(int nbr) {  
    v[n] = nbr; // lägg till "vaktpost" i slutet  
    int i = 0;  
    while (v[i] != nbr) {  
        i++;  
    }  
    return (i < n) ? i : -1;  
}
```

Kolla alla **specialfall**!

- Funkar det för inga element alls?
- Vad händer i början? Funkar det för ett enda element?
- Vad händer i slutet? Råkar vi indexera bortom slutet?



# Implementation LinjärSökning – variant 3

```
public int find3(int nbr) {  
    for (int i = 0; i < n; i++) {  
        if (v[i] == nbr) {  
            return i;  
        }  
    }  
    return -1;  
}
```

Kolla alla **specialfall**!

- Funkar det för inga element alls?
- Vad händer i början? Funkar det för ett enda element?
- Vad händer i slutet? Råkar vi indexera bortom slutet?

# Implementation LinjärSökning – variant 4

```
public int find4(int nbr) {  
    boolean found = false;  
    int i = 0;  
    while (!found && i < n) {  
        if (nbr == v[i]) {  
            found = true;  
        }  
        else {  
            i++;  
        }  
    }  
    return (found) ? i : -1;  
}
```

Kolla alla **specialfall**!

- Funkar det för inga element alls?
- Vad händer i början? Funkar det för ett enda element?
- Vad händer i slutet? Råkar vi indexera bortom slutet?

# Binärsökning i sorterad sekvens

**Idé:** Om sekvensen är sorterad kan vi utnyttja detta för en mer effektiv sökning, genom att jämföra med mittersta värdet och se om det vi söker finns före eller efter detta, och upprepa med "halverad" sekvens tills funnet.

# Binärsökning i sorterad sekvens

**Idé:** Om sekvensen är sorterad kan vi utnyttja detta för en mer effektiv sökning, genom att jämföra med mittersta värdet och se om det vi söker finns före eller efter detta, och upprepa med "halverad" sekvens tills funnet.

**Pseudo-kod:**

```
found = false
while ("finns fler kvar" && !found) {
    mid = "ta reda på mittpunkten i intervallet"
    if (v[mid] == nbr) {
        found = true
    } else if (v[mid] < nbr) {
        "flytta intervallets undre gräns"
    } else {
        "flytta intervallets övre gräns"
    }
}
if (found) return mid
else return - "platsen där vi borde stoppa in det saknade elementet"
}
```

# Binärsökning i sorterad sekvens

## Implementation

```
public int binarySearch(int nbr) {  
    int low = 0;           // undre gräns  
    int high = n - 1;      // övre gräns  
    int mid = -1;          // mittpunkt  
    boolean found = false;  
    while (low <= high && ! found) {  
        mid = (low + high) / 2;  
        if (v[mid] == nbr) {  
            found = true;  
        } else if (v[mid] < nbr) {  
            low = mid + 1;  
        } else {  
            high = mid - 1;  
        }  
    }  
    return (found) ? mid : -(low + 1);  
}
```

JDK: `Arrays.binarySearch(int[] a, int fromIndex, int toIndex, int key)`

# Algoritmisk komplexitet

Olika algoritmer som löser samma problem kan vara olika effektiva vad gäller

- hur lång tid de tar (tidskomplexitet) eller
- hur mycket minne de tar (minneskomplexitet).

Genom att studera hur mycket *längre* tid det tar om man *ökar* antalet element, från till exempel  $n$  till  $10n$  kan man se hur tidsåtgången växer.

Man använder notationen  $O(n)$  som uttalas "ordo  $n$ " för att säga att tidsåtgången ökar linjär i förhållande till en ökning av antalet element, medan man skriver  $O(n^2)$  om tidsåtgången ökar kvadratisk i förhållande till en ökning av antalet element.

En for-sats nästlad innuti en for-sats ger typiskt tidskomplexiteten  $O(n^2)$ .

# Tidskomplexitet, sökning

Algoritmteoretisk analys av sökalgoritmerna ger:

- Linjärsökning:  $O(n)$
- Binärsökning:  $O(\log n)$

Vi har en vektor med 1000 element. Vi har mätt tiden för att söka upp ett element många gånger och funnit att det tar ungefär 1  $\mu$ s både med linjärsökning och binärsökning. Hur lång tid tar det om vi har fler element i vektorn?

	1,000	10,000	100,000	1,000,000	10,000,000
linjär	1	10	100	1000	10000
binär	1	1.33	1.67	2.00	2.33

I nya kursen "Utvärdering av programsystem", obl. för D1, studerar ni detta empiriskt. Algoritmisk komplexitet studerar ni analytiskt i kursen [EDAF05](#), obl. för D2.

# Sortering



# Sorteringsproblemet

**Problem:** Vi har en osorterad sekvens med heltal. Vi vill ordna denna osorterade sekvens i en sorterad sekvens från minst till störst.

# Sorteringsproblemet

**Problem:** Vi har en osorterad sekvens med heltal. Vi vill ordna denna osorterade sekvens i en sorterad sekvens från minst till störst.

En *generalisering* av problemet:

Vi har många element och en **ordningsrelation** som säger vad vi menar med att ett element är *mindre än* eller *större än* eller *lika med* ett annat element.

Vi vill lösa problemet att ordna elementen i sekvens så att för varje element på plats  $i$  så är efterföljande element på plats  $i + 1$  större eller lika med elementet på plats  $i$ .

# Två enkla sporteringsalgoritmer: Insättningssortering & Urvalssortering

- Insättningssortering **lösningssidé**: Ta ett element i taget från den osorterade listan och **sätt in** det på rätt plats i den sorterade listan och upprepa till det inte finns fler osorterade element.

# Två enkla sporteringsalgoritmer: Insättningssortering & Urvalssortering

- Insättningssortering **lösningssidé**: Ta ett element i taget från den osorterade listan och **sätt in** det på rätt plats i den sorterade listan och upprepa till det inte finns fler osorterade element.
- Urvalssortering **lösningssidé**: **Välj ut** det minsta kvarvarande element i den osorterade listan och placera det sist i den sorterade listan och upprepa till det inte finns fler osorterade element.

# Sortera till ny vektor med insättningssortering: pseudo-kod

Det kan vara lättare att förstå idén med insertion sort om man först implementerar den genom att kopiera elementen till en ny vektor. Vi ska sedan se hur man sorterar "på plats" (eng. *in place*) i en vektor.

Input: en osorterad lista `unsorted`

Output: en sorterad lista `sorted`

```
för alla elem i unsorted {  
  pos = "leta upp rätt position i den sorterade vektorn"  
  "stoppa in elem på plats pos"  
}
```

# Sortera till ny vektor med insättningssortering: implementation

```
public ArrayList<Integer> insertionSortCopy(ArrayList<Integer> unsorted) {  
    ArrayList<Integer> sorted = new ArrayList<Integer>();  
    for (int elem : unsorted) {  
        // leta upp rätt position  
        int pos = 0;  
        while (pos < sorted.size() && sorted.get(pos) < elem) {  
            pos++;  
        }  
        // stoppa in på rätt plats  
        sorted.add(pos, elem);  
    }  
    return sorted;  
}
```

# Sortera till ny vektor med urvalssortering: pseudo-kod

Det kan vara lättare att förstå idén med selection sort om man först implementerar den genom att flytta elementen till en ny vektor.  
Vi ska sedan se hur man sorterar "på plats" (eng. *in place*) i en vektor.

Input: en osorterad lista *unsorted* (som kommer att raderas)  
Output: en sorterad lista *sorted* dit elementen *flyttas*

```
för alla elem i unsorted {  
  indexOfMin = "sök index för minsta element i unsorted"  
  "flytta elementet från unsorted på plats indexOfMin till sist i sorted"  
}
```

# Sortera till ny vektor med urvalssortering: implementation

```
public ArrayList<Integer> selectionSortMove(ArrayList<Integer> unsorted) {  
    ArrayList<Integer> sorted = new ArrayList<Integer>();  
    while (unsorted.size() > 0) {  
        int indexOfMin = 0;  
        // sök minsta bland ännu ej sorterade:  
        for (int i = 1; i < unsorted.size(); i++) {  
            if (unsorted.get(i) < unsorted.get(indexOfMin)) {  
                indexOfMin = i;  
            }  
        }  
        int x = unsorted.remove(indexOfMin); // ta bort ur unsorted  
        sorted.add(x); // lägg sist i sekvensen med sorterade  
    }  
    return sorted;  
}
```



# Urvalssortering på plats – pseudo-kod

```
Indata: int[] xs
```

```
for (int i : från första till NÄST sista index) {  
    minIndex = sök index för MINSTA talet från platserna i till SISTA plats  
    byt plats mellan xs[i] och xs[minIndex]  
}
```

# Selection sort, in place

```
public void selectionSortInPlace(int[] xs) {  
    for (int i = 0; i < xs.length - 1; i++) {  
        int min = Integer.MAX_VALUE;  
        int minIndex = -1;  
        // sök minsta bland ännu ej sorterade  
        for (int k = i; k < xs.length; k++) {  
            if (xs[k] < min) {  
                min = xs[k];  
                minIndex = k;  
            }  
        }  
        // byt plats mellan xs[i] och xs[minIndex]  
        xs[minIndex] = xs[i];  
        xs[i] = min;  
    }  
}
```

# Selection sort, in place

```
public void selectionSortInPlace(int[] xs) {  
    for (int i = 0; i < xs.length - 1; i++) {  
        int min = Integer.MAX_VALUE;  
        int minIndex = -1;  
        // sök minsta bland ännu ej sorterade  
        for (int k = i; k < xs.length; k++) {  
            if (xs[k] < min) {  
                min = xs[k];  
                minIndex = k;  
            }  
        }  
        // byt plats mellan xs[i] och xs[minIndex]  
        xs[minIndex] = xs[i];  
        xs[i] = min;  
    }  
}
```

Övning: Kör denna implementation med  $xs = \{8, 5, 2, 6, 9, 3, 1, 4, 0, 7\}$

# Selection sort, in place

```
public void selectionSortInPlace(int[] xs) {  
    for (int i = 0; i < xs.length - 1; i++) {  
        int min = Integer.MAX_VALUE;  
        int minIndex = -1;  
        // sök minsta bland ännu ej sorterade  
        for (int k = i; k < xs.length; k++) {  
            if (xs[k] < min) {  
                min = xs[k];  
                minIndex = k;  
            }  
        }  
        // byt plats mellan xs[i] och xs[minIndex]  
        xs[minIndex] = xs[i];  
        xs[i] = min;  
    }  
}
```

Övning: Kör denna implementation med `xs = {8,5,2,6,9,3,1,4,0,7}`  
Se animering här: [Urvalssortering på Wikipedia](#)

# Selection sort, in place

```
public void selectionSortInPlace(int[] xs) {  
    for (int i = 0; i < xs.length - 1; i++) {  
        int min = Integer.MAX_VALUE;  
        int minIndex = -1;  
        // sök minsta bland ännu ej sorterade  
        for (int k = i; k < xs.length; k++) {  
            if (xs[k] < min) {  
                min = xs[k];  
                minIndex = k;  
            }  
        }  
        // byt plats mellan xs[i] och xs[minIndex]  
        xs[minIndex] = xs[i];  
        xs[i] = min;  
    }  
}
```

Övning: Kör denna implementation med `xs = {8,5,2,6,9,3,1,4,0,7}`

Se animering här: [Urvalssortering på Wikipedia](#)

Det finns ett specialfall som kommer krascha denna implementation. Vilket?

# Insättningssortering på plats – pseudo-kod

Indata: `int[] xs`

```
for (int i = 1; i < xs.length; i++) { //från ANDRA till sista
    j = i
    while (j > 0 && xs[j - 1] > xs[j]) {
        "byt plats på x[j] och x[j - 1]"
        j = j - 1; // stega bakåt
    }
}
```

# Insertion sort, in place, with swap

```
private void swap(int[] xs, int a, int b) {  
    int temp = xs[a];  
    xs[a] = xs[b];  
    xs[b] = temp;  
}  
  
public void insertionSortInPlaceSwap(int[] xs) {  
    for (int i = 1; i < xs.length; i++) {  
        int j = i;  
        while (j > 0 && xs[j - 1] > xs[j]) {  
            swap(xs, j, j - 1);  
            j = j - 1;  
        }  
    }  
}
```

Funkar denna implementation för alla specialfall?

# Insertion sort, in place

```
public void insertionSortInPlace(int[] xs) {  
    for (int i = 1; i < xs.length; i++) {  
        int current = xs[i];  
        int j = i;  
        while (j > 0 && xs[j - 1] > current) {  
            xs[j] = xs[j - 1];  
            j--;  
        }  
        xs[j] = current;  
    }  
}
```

Se animering här: [Insättningssortering på wikipedia](#)



# Läs mer om insättnings- och urvalssortering

## Insertion sort

- Wikipedia: [svenska](#) och [engelska](#): Insertion sort
- AlgoRythmics [Insert-sort with Romanian folk dance](#)

## Selection sort

- Wikipedia: [svenska](#) och [engelska](#): Selection sort
- AlgoRythmics [Select-sort with Gypsy folk dance](#)

# Det finns många olika sorteringsalgoritmer

- Visualisering av 15 olika sorteringsalgoritmer på 6 min
- Olika sorteringsalgoritmer har olika komplexitet:  
i bästa fall, i värsta fall, i medeltal, för nästan sorterad.  
Olika sorteringsalgoritmers egenskaper enl. [wikipedia](#)
- Olika sorteringsalgoritmer lämpar sig olika väl för  
parallellisering på många kärnor.

# Tidskomplexitet, sortering, medeltal

Urvalssortering, insättningssortering:  $O(n^2)$

"Bra" metoder, tex Quicksort, Timsort:  $O(n \log n)$

Vi har en vektor med 1000 element. Vi har mätt tiden för att sortera elementen många gånger och funnit att det tar ungefär 1 ms både med urvalssortering (eller någon annan "dålig" metod) och en "bra" metod. Hur lång tid tar det om vi har fler element i vektorn?

	1,000	10,000	100,000	1,000,000	10,000,000
dålig	1	100	$10^4$	$10^6$	$10^8$
bra	1	13.3	167	2000	23000

# Att jämföra strängar

```
String s1 = "abba";  
String s2 = "Sill i dill";  
  
int compared = s1.compareTo(s2); // se java quickref  
  
if (compared < 0) {  
    System.out.println(s1 + " < " + s2);  
} else if (compared > 0) {  
    System.out.println(s1 + " > " + s2);  
} else {  
    System.out.println(s1 + " == " + s2);  
}
```

Kör detta exempel här.

Se JDK: [compareTo in java.lang.String](#)

# Grumligtlådan

#Lappar	Ämne
6	<b>StringBuilder</b>
3	<b>Vektorer, ArrayList</b>
2	<b>Implementering och användning av klasser</b>
2	<b>Sorteringsalgoritmer</b>
2	Static
1	Arv
1	Generics
1	for-each-sats
1	Flera metoder med samma namn
1	Matris
1	När du säger "Java" exakt vad menar du då?
1	Iterator
1	Volatile Image

# Övning: Dictionary

Implementera denna klass som har hand om en ordlista.  
Använd en vektor `String[] words` för att spara orden.

## Dictionary

```
/** Skapar en ny ordlista */  
Dictionary();  
  
/** Sätt in ett nytt ord på rätt plats i listan */  
void insertWord(String w);  
  
/** Returnerar listans ord som, skilda med mellanslag */  
String toString();  
  
/** Returnerar true om ordet finns i listan, annars false */  
boolean contains(String word);
```

Extraövning: Byt attributrepresentationen till `ArrayList<String>`