Programozás
6. előadás

Tartalom

- Összetett adatszerkezetek halmozása
  - ✓ Mátrixok – vektorok vektora
  - ✓ Rekordok vektora
- Halmazzá alakítás
- Halmaz típus elemek felsorolásával
- Halmaz típus logikai vektorral

Mátrixok

Feladat:

Egy N×M-es raszterképet nagyítsunk a kétszeresére pontsokszorozással: minden régi pont helyébe 2×2 azonos színű pontot rajzolunk a nagyított képen.

→

Mátrixok

Problémák/válaszok:

- Hogyan ábrázoljunk egy képet?
  A kép rendezett pontokból áll, azaz biztosan valamilyen sorozatként adható meg.
- Nehézkes lenne azonban a pontokra egy sorszámozást adni.
  Kézenfekvőbb azt megmondani, hogy egy képpont a kép hányadik sorában, illetve oszlopában található, azaz alkalmazzunk **dupla indexelést**!
  A kétindexes tömböket hívjuk **mátrix**nak.

Mátrixok

Feladat:

Egy N*M-es raszterképet nagyítsunk a két-szeresére *pontsokszorozás*sal: minden régi pont helyébe 2*2 azonos színű pontot rajzolunk a nagyított képen.

Specifikáció:

- Bemenet: $N,M \in \mathbb{N}$, $K_{1..N,1..M} \in \mathbb{N}^{N \times M}$
- Kimenet: $NK_{1..2*N,1..2*M} \in \mathbb{N}^{2 \cdot N \times 2 \cdot M}$
- Előfeltétel: –
- Utófeltétel: $\forall i(1 \le i \le N)$: $\forall j(1 \le j \le M)$:

$$NK_{2 \cdot i,2 \cdot j} = K_{i,j} \quad \text{és}$$
$$NK_{2 \cdot i-1,2 \cdot j} = K_{i,j} \quad \text{és}$$
$$NK_{2 \cdot i,2 \cdot j-1} = K_{i,j} \quad \text{és}$$
$$NK_{2 \cdot i-1,2 \cdot j-1} = K_{i,j}$$

$:=(\mathbb{N}^M)^N$

N – a sorok,

M – az oszlopok száma

Ez a **másolás** tétel egy variációja, csak egy elemből négy elem keletkezik.

Mátrixok

Algoritmus:

Specifikáció:

- Bemenet: $N,M \in \mathbb{N}$, $K \in \mathbb{N}^{N \times M}$
- Kimenet: $NK \in \mathbb{N}^{2 \cdot N \times 2 \cdot M}$
- Előfeltétel: –
- Utófeltétel: $\forall i\ (1 \le i \le N)$: $\forall j\ (1 \le j \le M)$:
  $NK_{2 \cdot i, 2 \cdot j} = K_{i,j}$ és
  $NK_{2 \cdot i-1, 2 \cdot j} = K_{i,j}$ és
  $NK_{2 \cdot i, 2 \cdot j-1} = K_{i,j}$ és
  $NK_{2 \cdot i-1, 2 \cdot j-1} = K_{i,j}$

Változó
i,j:**Egész**

```
i=1..N
    j=1..M
        NK[2*i,2*j]:=K[i,j]
        NK[2*i–1,2*j]:=K[i,j]
        NK[2*i,2*j–1]:=K[i,j]
        NK[2*i–1,2*j–1]:=K[i,j]
```

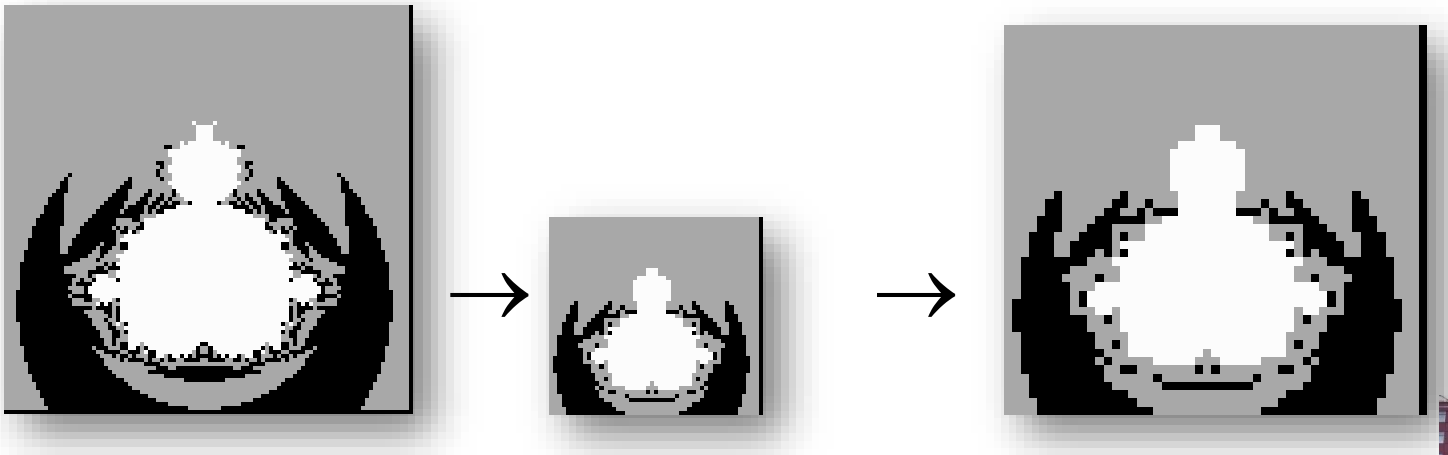
Megjegyzés: programozási nyelvekben a mátrix elemének elérésére más jelölés is lehet, pl.: C++ esetén K[i][j].

Mátrixok

Feladat:

Egy N×M-es raszterképet kicsinyítsünk a felére (N/2×M/2 méretűre) pontátlagolással: a kicsinyített kép minden pontja az eredeti kép 2×2 pontjának „átlaga” legyen!

„átlag”: színkódok átlaga



Mátrixok

Feladat:

Egy N*M-es raszterképet kicsinyítsünk a felére (N/2*M/2 méretűre) *pontátlagolás*sal: a kicsinyített kép minden pontja az eredeti kép 2*2 pontjának „átlaga” legyen!

Specifikáció: (másolás)

- Bemenet: $N,M \in \mathbb{N}$, $K_{1..N,1..M} \in \mathbb{N}^{N \times M}$
- Kimenet: $KK_{1..N/2,1..M/2} \in \mathbb{N}^{N/2 \times M/2}$
- Előfeltétel: PárosE(N) és PárosE(M)
- Utófeltétel: $\forall i(1 \le i \le N/2)$: $\forall j(1 \le j \le M/2)$:

$$KK_{i,j} = (K_{2*i,2*j} + K_{2*i-1,2*j} + K_{2*i,2*j-1} + K_{2*i-1,2*j-1})/4$$

- Definíció: $PárosE: \mathbb{N} \to L$

$$PárosE(x) := (x \text{ Mod } 2) = 0$$

Mátrixok

Algoritmus:

- Utófeltétel:

$$\forall i(1 \le i \le N/2): \forall j(1 \le j \le M/2): KK_{i,j} = (K_{2*i,2*j} + K_{2*i-1,2*j} + K_{2*i,2*j-1} + K_{2*i-1,2*j-1})/4$$

Változó
i,j:Egé

```
i=1..N/2
    j=1..M/2
        KK[i,j]:=(K[2*i,2*j]+K[2*i–1,2*j]+
                  K[2*i,2*j–1]+K[2*i–1,2*j–1])/4
```

Megjegyzés:

1) a színes képeknél az átlagolással baj lehet! Milyen szín egy piros és egy kék színű pont átlaga? (hamis színek)
2) RGB esetén a szín: **Rekord**(piros,zöld,kék:Egész); és az átlag? (komponensenkénti átlag)

Mátrixok

Feladat:

A Rák-köd képére alkalmazzunk egyféle Rank-szűrőt!

Minden pontot helyettesítsünk magának és a 8 szomszédjának maximumával!

→

Mátrixok

Specifikáció: (másolás+maximum-kiválasztás)

- Bemenet: $N,M \in \mathbb{N},\ K_{1..N,1..M} \in \mathbb{N}^{N \times M}$
- Kimenet: $RK_{1..N,1..M} \in \mathbb{N}^{N \times M}$
- Előfeltétel: –
- Utófeltétel: $\forall i(1 < i < N): \forall j(1 < j < M):$

$$RK_{i,j} = \max_{p=i-1}^{i+1} \max_{q=j-1}^{j+1} K_{p,q} \quad \text{és}$$

$$\forall j(1 \le j \le M): RK_{1,j} = K_{1,j} \quad \text{és} \quad RK_{N,j} = K_{N,j}$$

$$\forall i(1 \le i \le N): RK_{i,1} = K_{i,1} \quad \text{és} \quad RK_{i,M} = K_{i,M}$$

Feladat:

A Rák-köd képére alkalmazzunk egyféle *Rank-szűrőt*! Minden pontot helyettesítsünk magának és a 8 szomszédjának maximumával!

Mátrixok

Algoritmus:

- Utófeltétel: $\forall i(1<i<N): \forall j(1<j<M):$

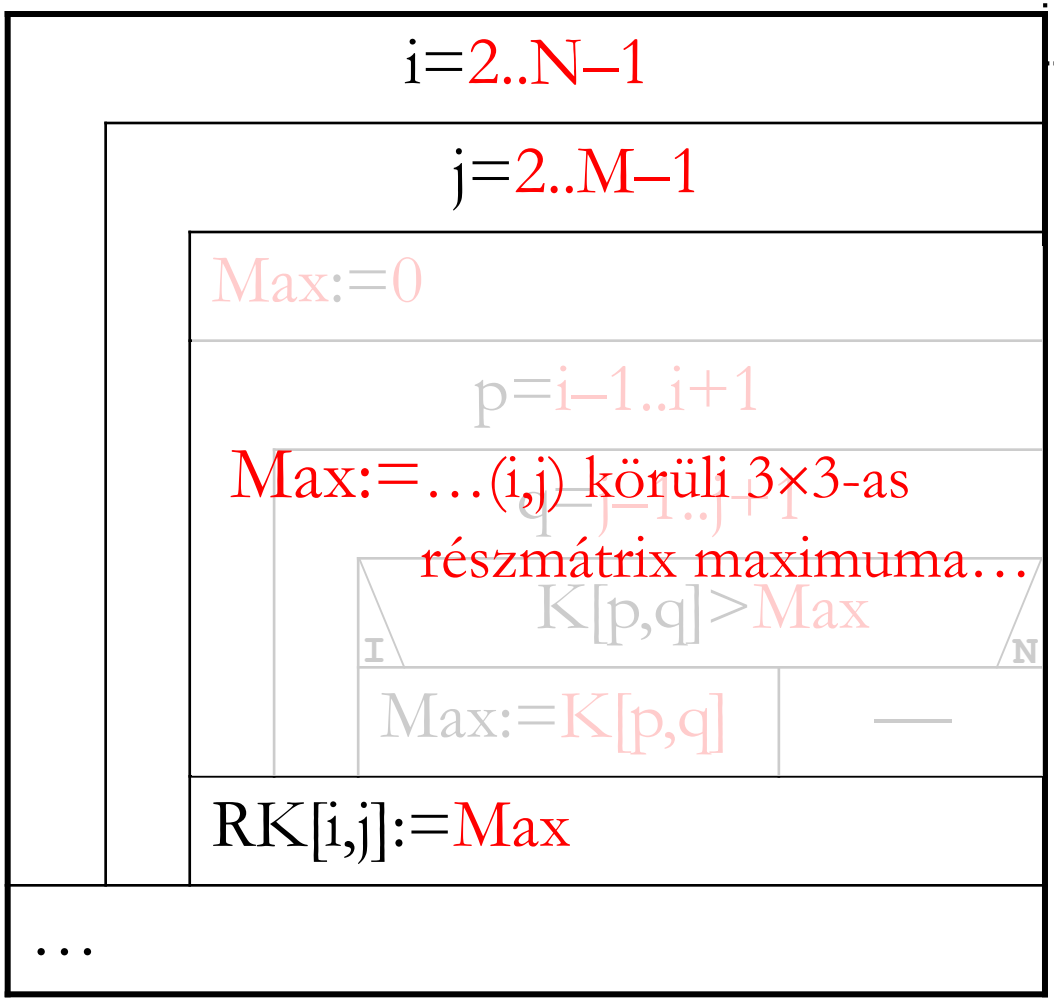
$$RK_{i,j} = \max_{p=i-1}^{i+1} \max_{q=j-1}^{j+1} K_{p,q} \quad \text{és}$$

$\forall i\ (1 \le i \le N): \forall j\ (1 \le j \le M):$

$RK_{1,j}=K_{1,j}$ és $RK_{N,j}=K_{N,j}$

$RK_{i,1}=K_{i,1}$ és $RK_{i,M}=K_{i,M}$

Változó
i,j:Egész



Mátrixok

Algoritmus:

- Utófeltétel: $\forall i(1<i<N): \forall j(1<j<M):$

$$RK_{i,j} = \max_{p=i-1}^{i+1} \max_{q=j-1}^{j+1} K_{p,q} \quad \text{és}$$

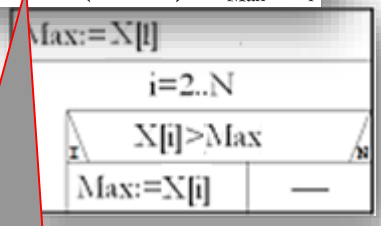
$\forall i\ (1\le i\le N): \forall j\ (1\le j\le M):$

$RK_{1,j}=K_{1,j}$ és $RK_{N,j}=K_{N,j}$

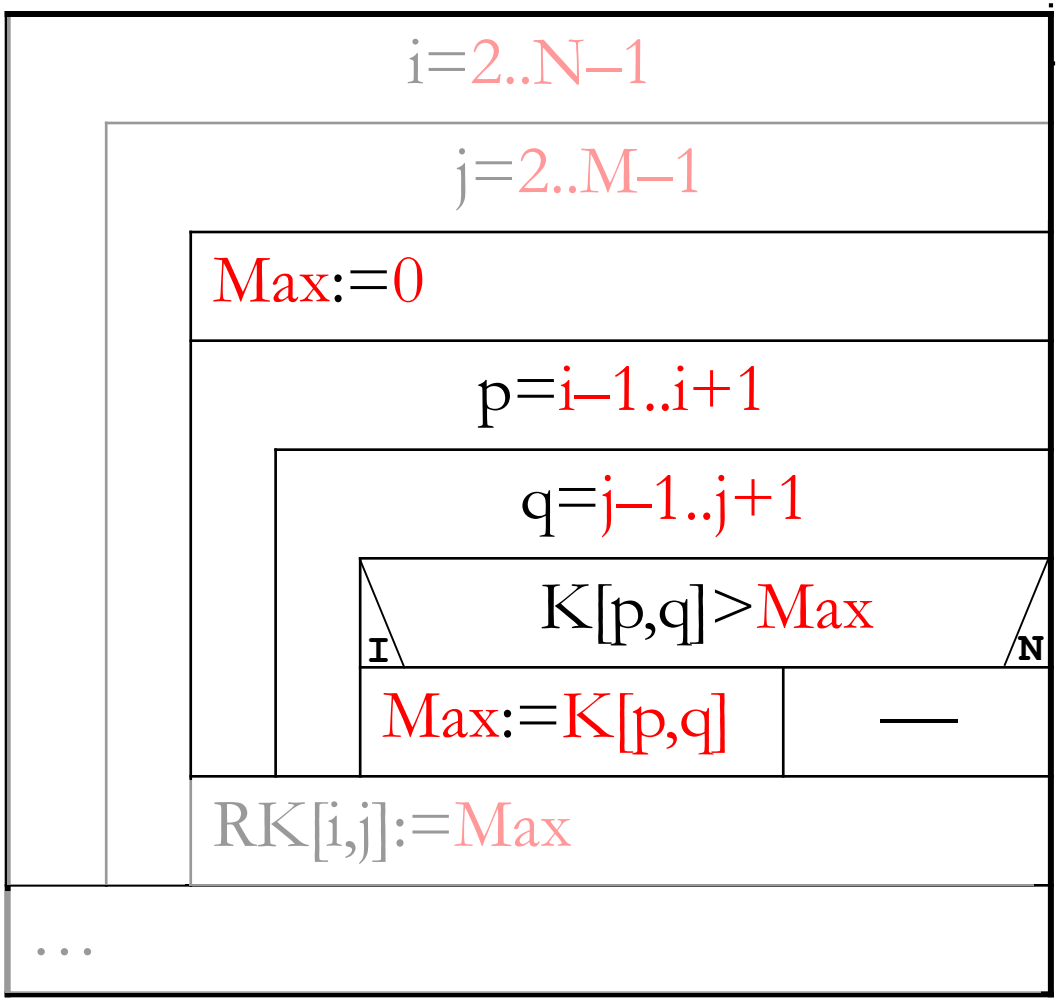
$RK_{i,1}=K_{i,1}$ és $RK_{i,M}=K_{i,M}$

Specifikáció:

- Bemenet: $N\in\mathbb{N}$, $X\in H^N$
- Kimenet: $Max\in\mathbb{N}$
- Előfeltétel: $N>0$
- Utófeltétel: $1\le Max\le N$ és $\forall i\ (1\le i\le N): X_{Max}\ge X_i$



Maximumérték-kiválasztás tétel.



Változó
i,j:Egész

Mátrixok

Algoritmus (folytatás):

- Utófeltétel: $\forall i(1<i<N): \forall j(1<j<M): RK_{i,j} = \max_{p=i-1}^{i+1} \max_{q=j-1}^{j+1} K_{p,q}$ és

$\forall j(1 \le j \le M): RK_{1,j}=K_{1,j}$ és $RK_{N,j}=K_{N,j}$

$\forall i(1 \le i \le N): RK_{i,1}=K_{i,1}$ és $RK_{i,M}=K_{i,M}$

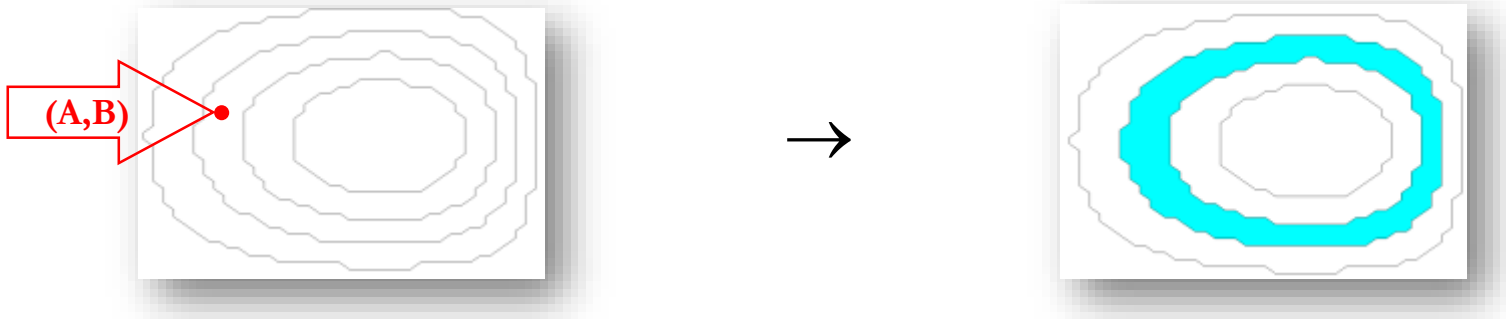
Változó
i,j:**Egész**

```
...
j=1..M
    RK[1,j]:=K[1,j]
    RK[N,j]:=K[N,j]
i=1..N
    RK[i,1]:=K[i,1]
    RK[i,M]:=K[i,M]
```

Mátrixok

Feladat:

Egy kép egy adott (fehér színű) tartományát egy (A,B) belső pontjából kiindulva fessük be világoskékre!



Festendők a „**belső pontok**”, ha Belső(i,j)=Igaz.

Ahol Belső:$\mathbb{N}\times\mathbb{N}\rightarrow\mathbb{L}$

Belső(i,j)=(i=A és j=B vagy
Fehér(i,j) és
(Belső(i–1,j) vagy Belső(i+1,j) vagy
Belső(i,j–1) vagy Belső(i,j+1)))

Mátrixok

Specifikáció:

- Bemenet: $N,M \in \mathbb{N}$, $K_{1..N,1..M} \in \mathbb{N}^{N \times M}$, $A,B \in \mathbb{N}$
- Kimenet: $KK_{1..N,1..M} \in \mathbb{N}^{N \times M}$
- Előfeltétel: $A \in (1..N)$ és $B \in (1..M)$ és
  $K_{A,B}$=fehér
- Utófeltétel: $\forall i(1 \leq i \leq N)$: $\forall j(1 \leq j \leq M)$:
  Belső(i,j) $\rightarrow KK_{i,j}$=világoskék és
  nem Belső(i,j) $\rightarrow KK_{i,j}=K_{i,j}$

Algoritmus:

KK:=K
Festés(A,B)

Mátrixok

Algoritmus:

- Utófeltétel: $\forall i(1 \le i \le N)$: $\forall j(1 \le j \le M)$:
  Belső(i,j) $\rightarrow KK_{i,j}$=világoskék és
  nem Belső(i,j) $\rightarrow KK_{i,j}=K_{i,j}$

- Definíció:
  Belső(i,j)=(i=A és j=B vagy
  Fehér(i,j) és
  (Belső(i–1,j) vagy Belső(i+1,j) vagy
  Belső(i,j–1) vagy Belső(i,j+1)))

Festés(i,j:**Egész**)

KK[i,j]:=világoskék	
I: KK[i–1,j]=fehér és i>1 :N	
Festés(i–1,j)	—
I: KK[i+1,j]=fehér és i<N :N	
Festés(i+1,j)	—
I: KK[i,j–1]=fehér és j>1 :N	
Festés(i,j–1)	—
I: KK[i,j+1]=fehér és j<M :N	
Festés(i,j+1)	—

Rekordok vektora

Feladat:

Egy adott napon N-szer volt földrengés. Ismerjük az egyes rengések időpontját (időrendben). Mondjuk meg, hogy hány másodpercenként volt földrengés!

Megoldás felé:

- Definiálni kellene, mi az idő!
  Az időt megadhatjuk az (óra, perc, másodperc) hármassal, azaz az idő:
  $$\text{Idő}=\text{Ó}\times\text{P}\times\text{Mp},\ \ \text{Ó},\text{P},\text{Mp}=\mathbb{N}$$
- Algoritmikus sablon: **Másolás** tétel!

Rekordok vektora

Feladat:

Egy adott napon N-szer volt földrengés. Ismerjük az egyes rengések időpontját. Mondjuk meg, hogy hány másodpercenként volt földrengés!

Specifikáció:

- Bemenet: $N \in \mathbb{N}$, $R_{1..N} \in \text{Idő}^N$
  $\text{Idő} = \text{Ó} \times \text{P} \times \text{Mp}$, $\text{Ó}, \text{P}, \text{Mp} = \mathbb{N}$
- Kimenet: $T_{1..N-1} \in \mathbb{N}^{N-1}$
- Előfeltétel: $\forall i (1 \le i \le N)$: $0 \le R_i.\text{ó} \le 23$ és
  $0 \le R_i.\text{p} \le 59$ és $0 \le R_i.\text{mp} \le 59$ és
  $\forall i (1 \le i < N)$: $R_i < R_{i+1}$
- Utófeltétel: $\forall i (1 \le i \le N-1)$: $T_i = R_{i+1} - R_i$
- Definíció: $- : \text{Idő} \times \text{Idő} \to \mathbb{N}$
  i1 – i2 := … ??? …
  $< : \text{Idő} \times \text{Idő} \to \mathbb{L}$
  i1 < i2 := … ??? …

Rekordok vektora

Idők különbsége

1. megoldási ötlet:
   Felfoghatjuk úgy, mint két háromjegyű szám különbsége, ahol a három jegy nem azonos alapú. (Vegyes alapú számrendszer.) Majd másodpercekké konvertáljuk.
2. megoldási ötlet:
   Kifejezzük az időket másodpercben, így már két egész szám különbségét kell kiszámolni.
   másodpercben(i):=idő.ó*3600+idő.p*60+idő.mp

   Meggondolandó, hogy mekkora egész szám kell hozzá? (24*3600=86 400) Milyen típusú lehet? (>2 byte)

Rekordok vektora

Specifikáció:

- Bemenet: $N \in \mathbb{N}$, $R_{1..N} \in \text{Idő}^N$
  $\text{Idő} = Ó \times P \times Mp$, $Ó, P, Mp = \mathbb{N}$
- Kimenet: $T_{1..N-1} \in \mathbb{N}^{N-1}$
- Előfeltétel: $\forall i (1 \le i \le N)$: $0 \le R_i.ó \le 23$ és
  $0 \le R_i.p \le 59$ és $0 \le R_i.mp \le 59$ és
  $\forall i (1 \le i < N)$: $R_i < R_{i+1}$
- Utófeltétel: $\forall i (1 \le i \le N-1)$: $T_i = R_{i+1} - R_i$
- Definíció:
  $- : \text{Idő} \times \text{Idő} \to \mathbb{N}$
  i1 – i2 := i1.ó*3600+i1.p*60+i1.mp –
  (i2.ó*3600+i2.p*60+i2.mp)

Rekordok vektora

Algoritmus$_1$:

- Utófeltétel: $\forall i\ (1 \le i \le N-1)$: $T_i = R_{i+1} - R_i$
- Definíció:
  - :Idő×Idő→N
  - i1 – i2 := i1.ó*3600+i1.p*60+i1.mp – (i2.ó*3600+i2.p*60+i2.mp)

Változó
i:**Egész**
S:Tömb[…]

```
i=1..N
    S[i]:=R[i].ó*3600+
          R[i].p*60+R[i].mp
i=1..N–1
    T[i]:=S[i+1]–S[i]
```

Megjegyzések:

1. Egy S segédtömböt használunk.
2. A TIdők közötti „–” operátor az S-en keresztül, közvetve kerül az algoritmusba.

Rekordok vektora

Algoritmus$_2$:

- Utófeltétel: $\forall i\ (1 \le i \le N-1)$: $T_i = R_{i+1} - R_i$
- Definíció:

```
másodpercben(i):=i.o*3600+i.p*60+i.mp
```

```
i=1..N
    S[i]:=másodpercben(R[i])
i=1..N–1
    T[i]:=S[i+1]–S[i]
```

Változó
i:**Egész**
S:Tömb[…]

Megjegyzések:

1. A másodpercben fv. megvalósítandó!
2. Ha a különbség (óra, perc, másodperc)-ben kell, akkor T[i]-ből vissza kell alakítani! **Újabb művelet.**

Rekordok vektora

Algoritmus$_3$:

- Utófeltétel: $\forall i\ (1 \le i \le N-1)$: $T_i = R_{i+1} - R_i$
- Definíció:

másodpercben(i):=i.o*3600+i.p*60+i.mp

Változó
i:Egész

```
i=1..N–1
    T[i]:=másodpercben(R[i+1])–
          másodpercben(R[i])
```

Megjegyzés:

A másodpercben fv. segítségével (sőt anélkül is) megspórolható az S segédtömb; és így az előkészítő ciklus… de cserében majdnem minden R[i]-t kétszer számítunk át másodpercekre.

Rekordok vektora

Algoritmus$_4$:

- Utófeltétel: $\forall i\ (1 \le i \le N-1)$: $T_i = R_{i+1} - R_i$
- Definíció:

```
másodpercben(i):=i.o*3600+i.p*60+i.mp
```

```
Változó
  i:Egész
```

```
i=1..N–1
    T[i]:=R[i+1]–R[i]
```

Megjegyzés:

A – operátort definiálni kell, amelyben a másodpercekben függvény (vagy annak törzse) felhasználható!

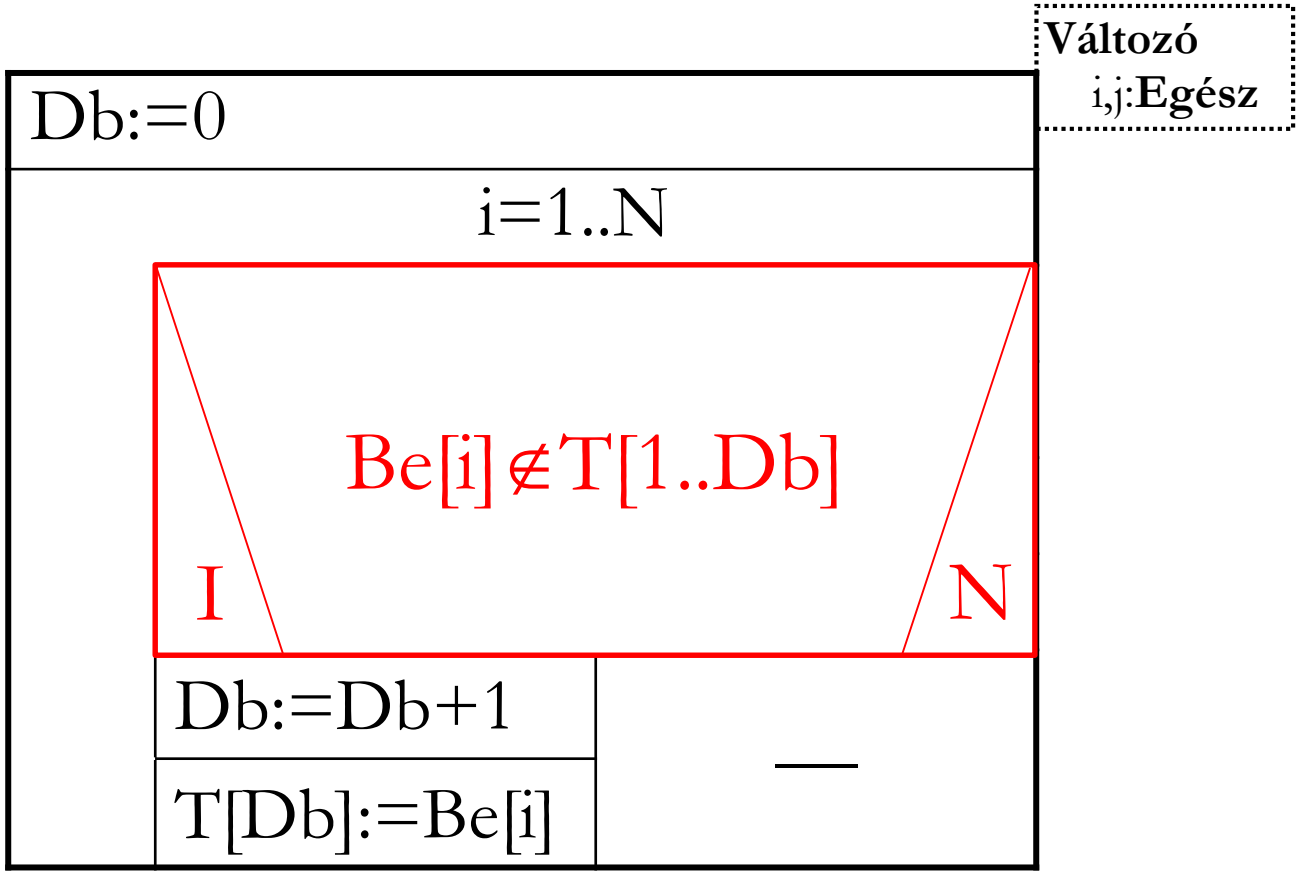
Sorozat → halmaz transzformáció

Egyes feladatoknál, mint pl. a metszet és unió tételnél a kiinduló adatok halmazban vannak. Ha a bemeneten tetszőleges sorozatot kapunk, akkor szükség lehet rá, hogy abból halmazt készítsünk.

Példa: N vásárlásról ismerjük, hogy egy vásárló milyen terméket vásárolt (Be[1..N]). Adjuk meg a vásárlásokban szereplő termékeket (T[1..Db])!

A megoldás egy **kiválogatás tétel**: válogassuk ki a bemenet azon elemeit, amelyek a kiválogatás eredményében még nem szerepeltek (**eldöntés**)!

Sorozat → halmaz transzformáció



Halmaz típus

Értékhalmaz:

Az alaphalmaz (amely az Elemtípus által van meghatározva) iteráltja („mely elemek lehetnek benne a halmazban”).

Az Elemtípus általában valamely véges diszkrét típus lehet, legtöbbször még az elemszámát is korlátozzák (<256).

Ha nyelvi elemként nem létezik, akkor a megvalósításunkban lehet nagyobb elemszámú is.

Halmaz típus

Műveletek (matematika)

- metszet ($\cap$)
- unió ($\cup$)
- különbség ($\setminus$)
- komplemens – nem mindig valósítható meg
- eleme (elem benne van-e a halmazban) ($\in$)
- része (egyik halmaz részhalmaza-e a másiknak) ($\subset$,$\subseteq$)

Halmaz típus

Műveletek (megvalósítás)

- Halmazba (elem hozzá vétele egy halmazhoz): H:=H ∪ {e}
- Halmazból (elem elhagyása egy halmazból): H:=H \ {e}
- Beolvasás (halmaz beolvasása)
- Kiírás (halmaz kiírása),
- Üres (üres halmaz létrehozás eljárás), vagy Üres'Halmaztípus előre definiált konstans
- Üres? (logikai értékű függvény).

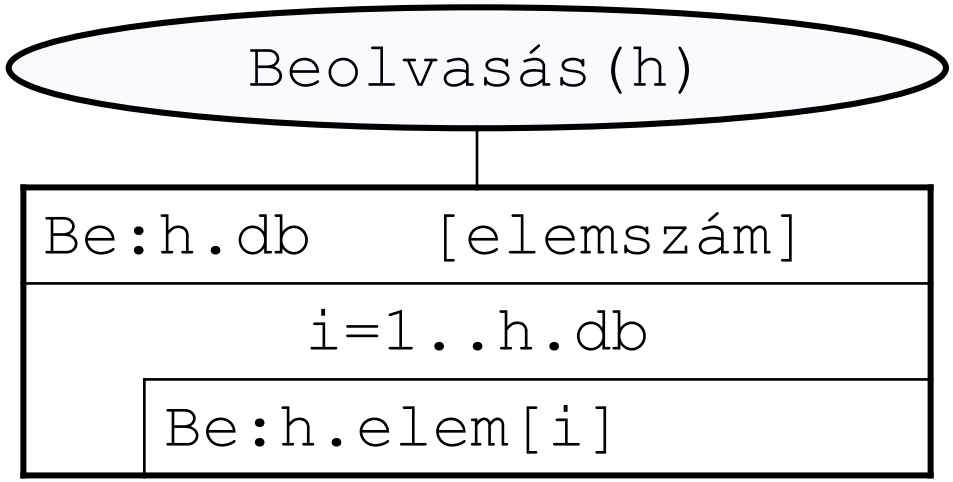
Halmaz típus ábrázolása$_1$

Elemek felsorolása

Halmaz(Elemtípus)=
    Rekord(db: Egész,
        elem: **Tömb**[1..MaxDb:Elemtípus])

A halmaz elemeinek felsorolásával adjuk meg a halmazt, annyi elemű tömbben, ahány elemű éppen a halmaz (pontosabban az első db darab elemében).

Halmaz típus

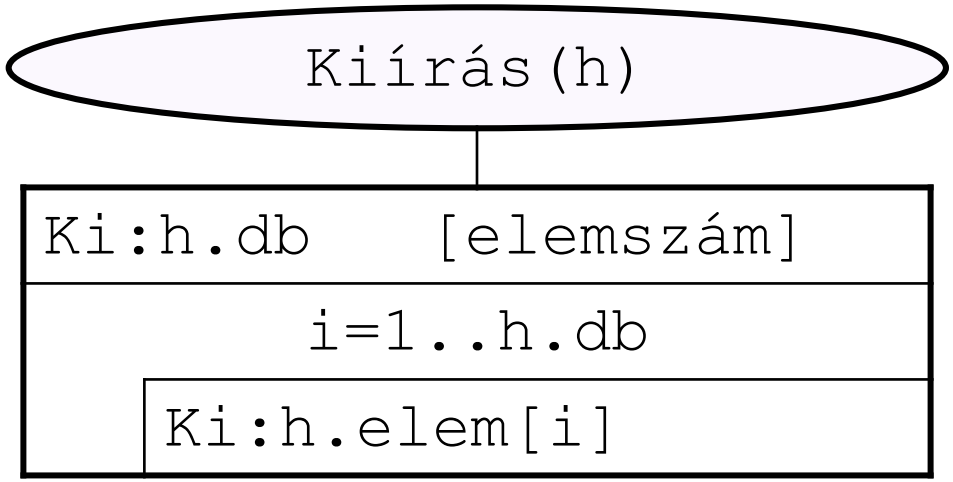


Feltesszük, hogy „halmazság” teljesül.

Műveletigény számítása:

A ciklus a halmaz elemeinek számaszor fut le, azaz a futási idő a halmaz elemszámával arányos.

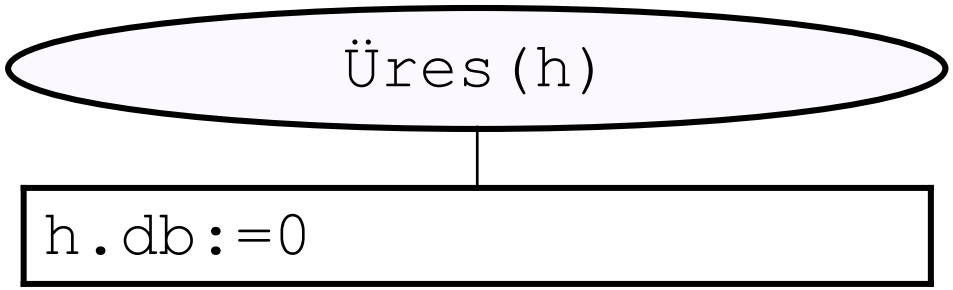
Halmaz típus



Műveletigény számítása:

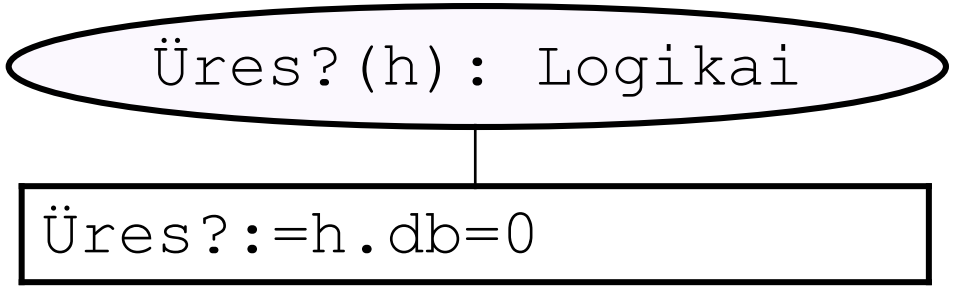
A ciklus a halmaz elemeinek számaszor fut le, azaz a futási idő a halmaz elemszámával arányos.

Halmaz típus



Műveletigény számítása:

Nem függ a halmaz elemszámától.

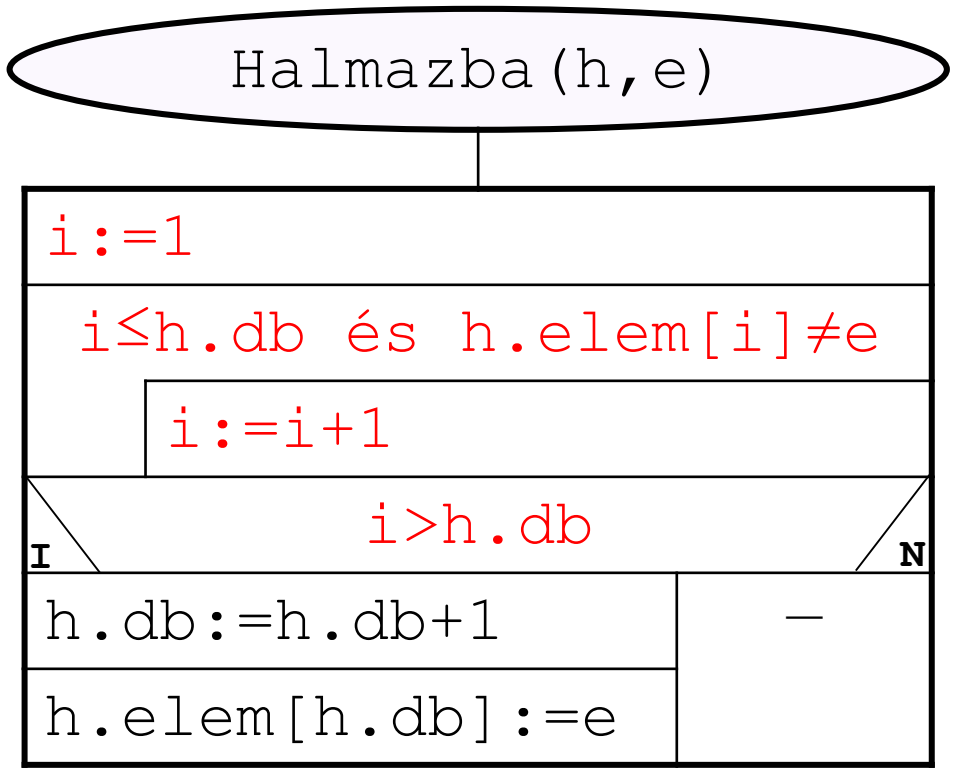


Műveletigény számítása:

Nem függ a halmaz elemszámától.

Halmaz típus

Az Eldöntés programozási tétel alkalmazása

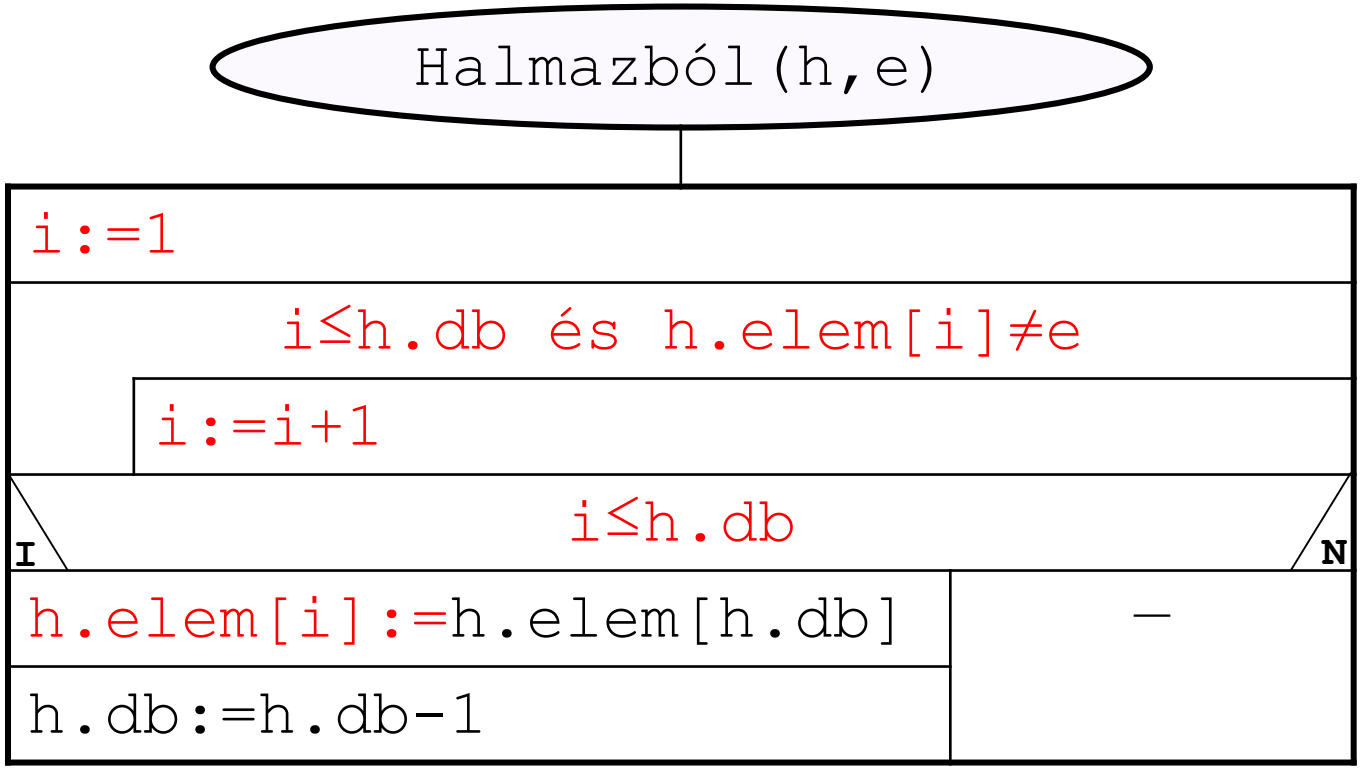


Műveletigény számítása:

A ciklus a halmaz elemeinek számaszor fut le, azaz a futási idő a halmaz elemszámával arányos.

Halmaz típus

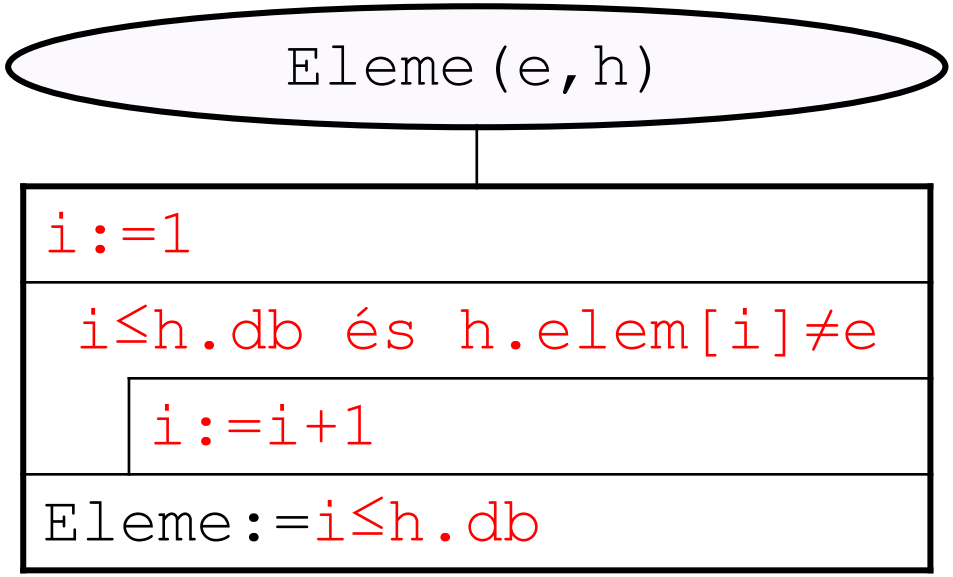
A Keresés programozási tétel alkalmazása



Műveletigény számítása:

A ciklus a halmaz elemeinek számaszor fut le, azaz a futási idő a halmaz elemszámával arányos.

Halmaz típus



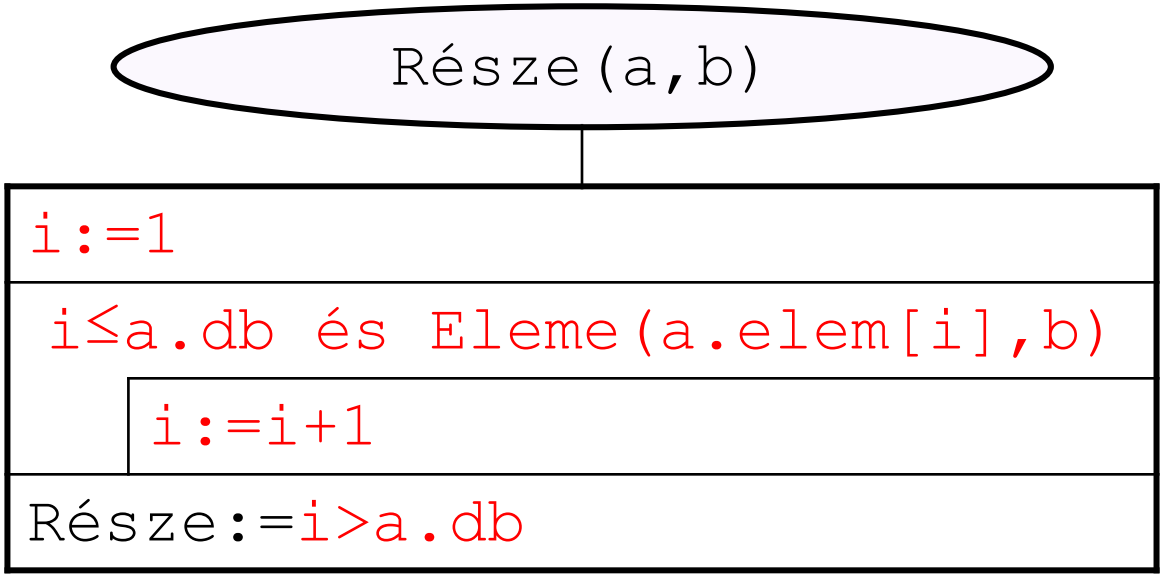
Az Eldöntés programozási tétel alkalmazása

Műveletigény számítása:

A ciklus a halmaz elemeinek számaszor fut le, azaz a futási idő a halmaz elemszámával arányos.

Halmaz típus

Az Eldöntés programozási tétel alkalmazása, eldöntés tulajdonsággal

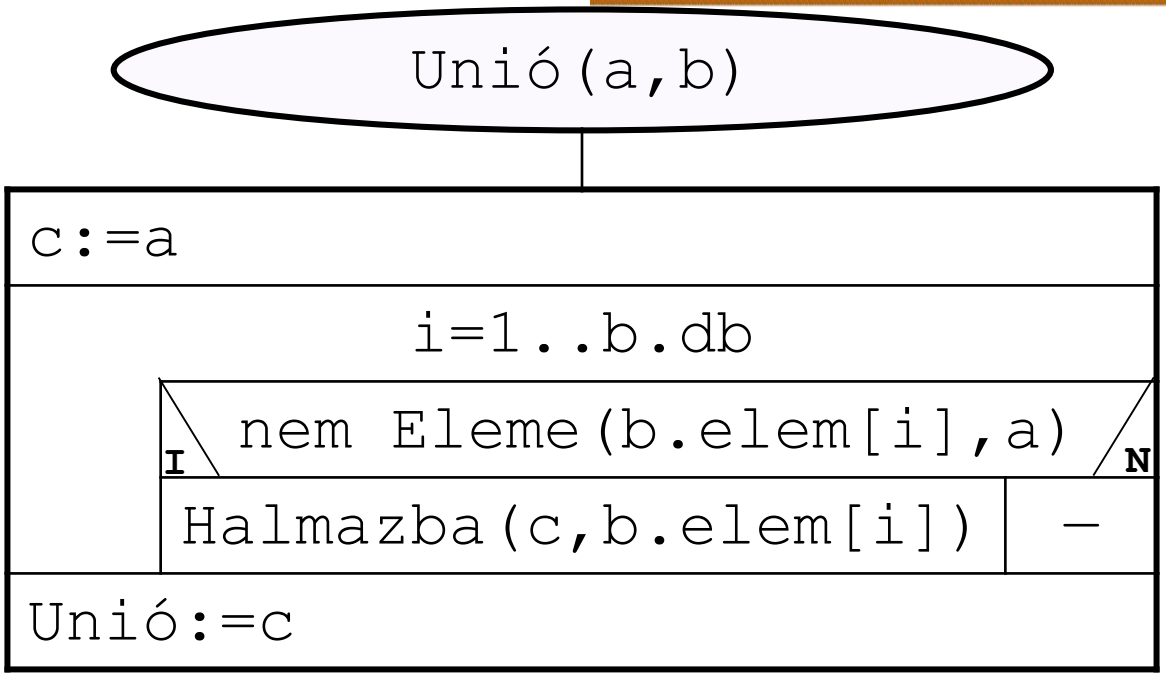


Műveletigény számítása:

A ciklus az A halmaz elemszámaszor fut le, az eleme függvény pedig a B halmaz elemszámaszor, azaz a futási idő a két halmaz elemszámának szorzatával arányos.

Halmaz típus

Másolás
+Kiválogatás
+Eldöntés

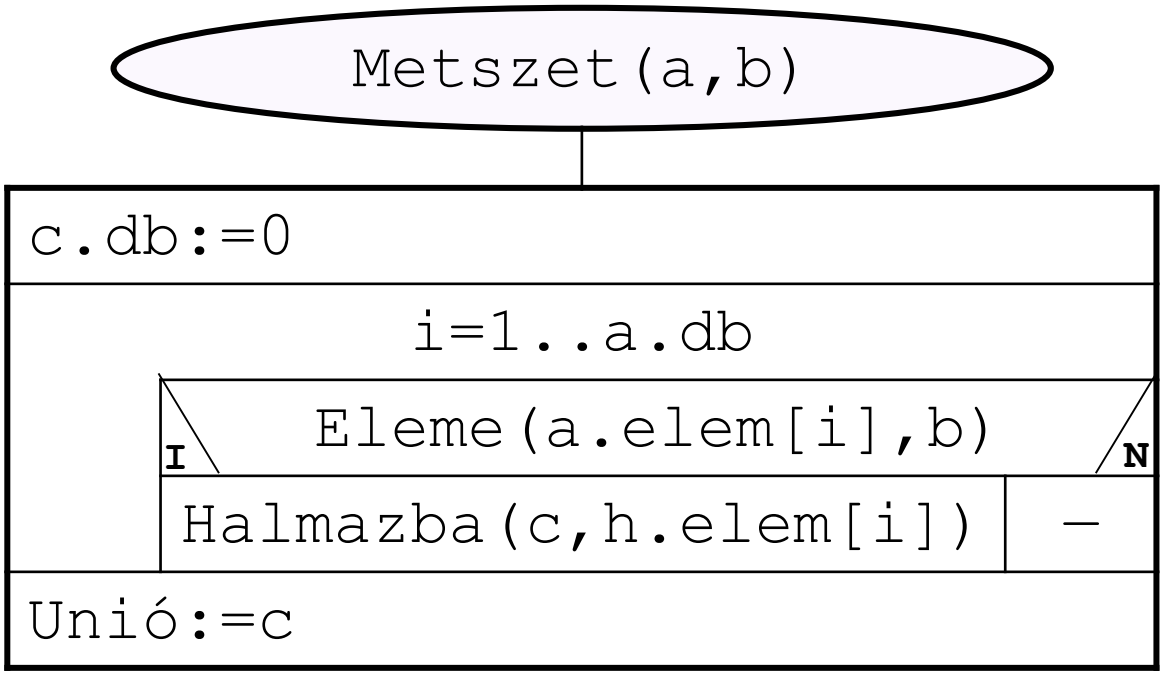


Műveletigény számítása:

A külső ciklus a B halmaz elemszámaszor fut le, az eleme függvény pedig az A halmaz elemszámaszor, azaz a futási idő a két halmaz elemszámának szorzatával arányos.

Halmaz típus

Kiválogatás
+Eldöntés



Műveletigény számítása:

A ciklus az A halmaz elemszámaszor fut le, az eleme pedig legrosszabb esetben a B halmaz elemszámaszor, azaz a futási idő a két halmaz elemszámának szorzatával arányos.

Halmaz típus

Megjegyzések:

A megoldás alapvető problémája, hogy sehol sem ellenőrizhető, hogy a halmazban valóban csak a benne előfordulható elemek vannak.

Az így ábrázolt halmazok elemtípusára semmilyen megkötést nem kell tennünk, hiszen egy tömbben bármilyen elem elhelyezhető.

Arra sincs korlátozás, hogy mekkora lehet az alaphalmaz számossága, amiből a halmaz elemei származnak. Csak a konkrét halmazok elemszámát korlátozzuk.

Halmaz típus ábrázolása$_2$

Bittérkép – logikai vektor

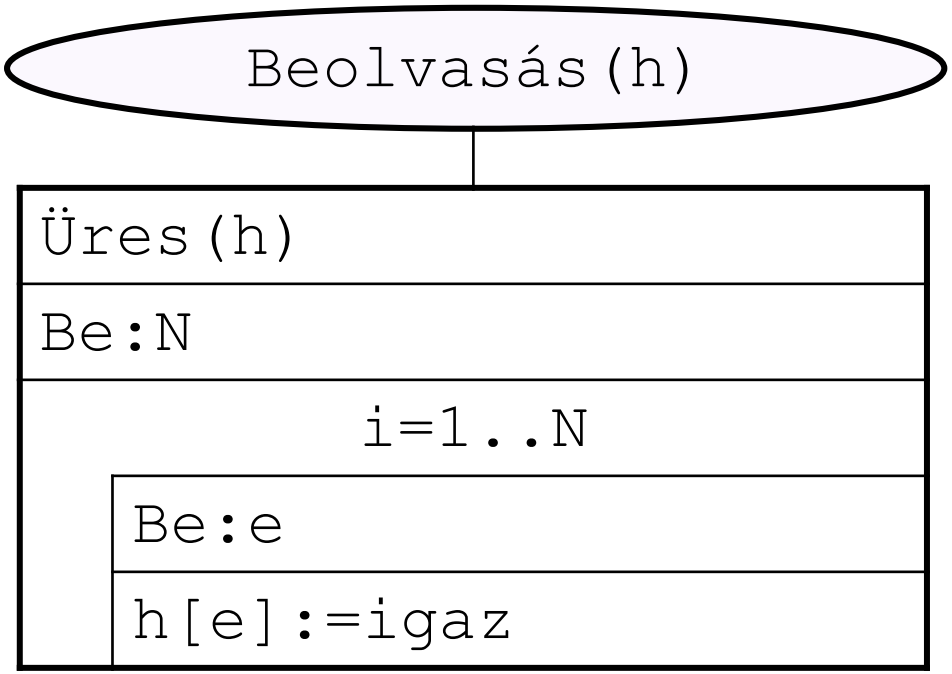
Halmaz(Elemtípus)=

Tömb[Min'Elemtípus..Max'Elemtípus:Logikai]

A halmazt {igaz,hamis} elemekből álló vektorként értelmezzük, ahol indexként használjuk az elem típusú értéket.

Az ilyen halmaz mindig rendezett halmaz.

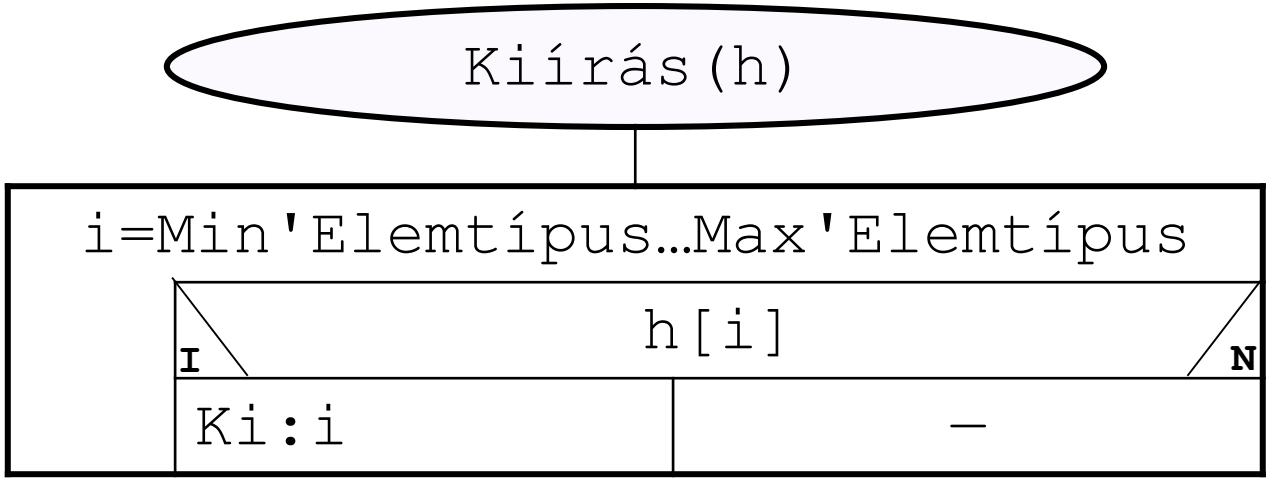
Halmaz típus



Műveletigény számítása:

Az Üres műveletigénye + a ciklus. A ciklus a halmaz elemeinek számaszor fut le, ami a futási idő a halmaz elemszámával arányos.

Halmaz típus



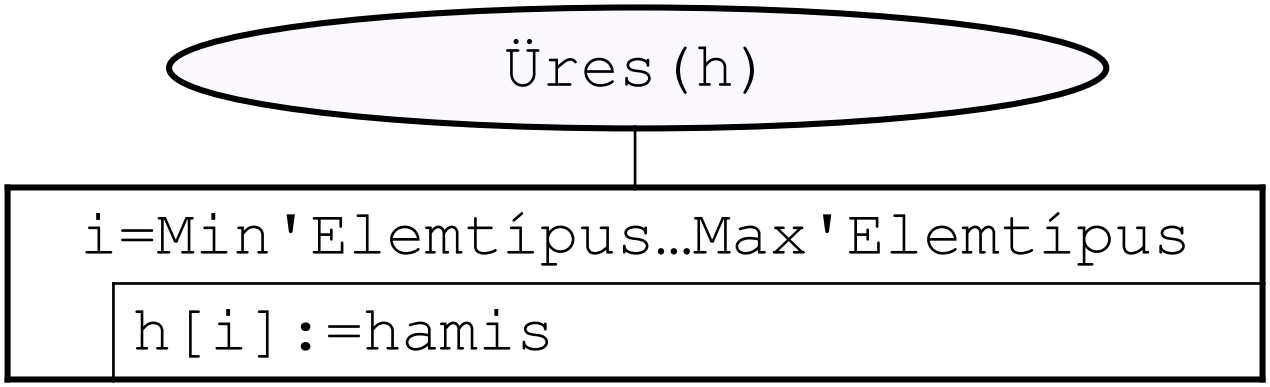
Műveletigény számítása:

A ciklus a halmaz lehetséges elemeinek számaszor fut le, azaz a futási idő a halmaz elemtípusának számosságával arányos.

Mi lenne, ha tárolnánk a halmaz legkisebb és legnagyobb elemét is?

Halmaz típus

A Másolás programozási tétel alkalmazása

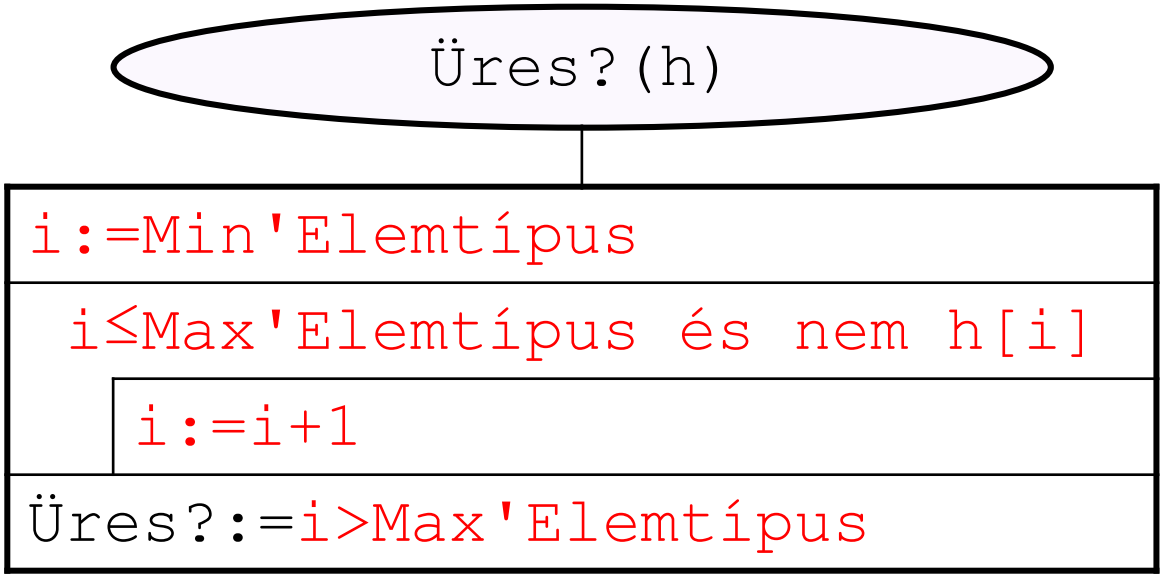


Műveletigény számítása:

A ciklus a halmaz lehetséges elemeinek számaszor fut le, azaz a futási idő a halmaz elemtípusának számosságával arányos.

Halmaz típus

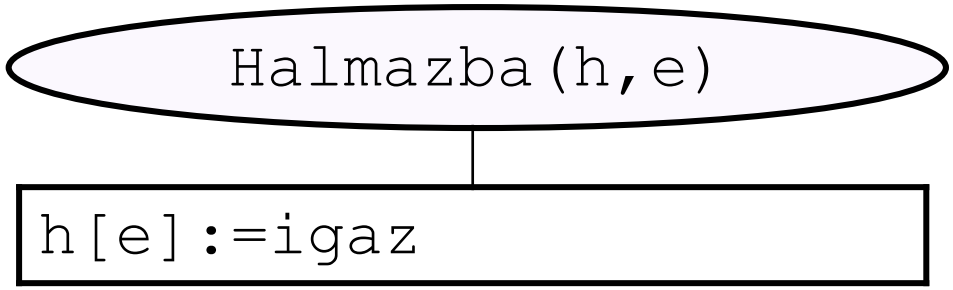
Az Eldöntés programozási tétel alkalmazása



Műveletigény számítása:

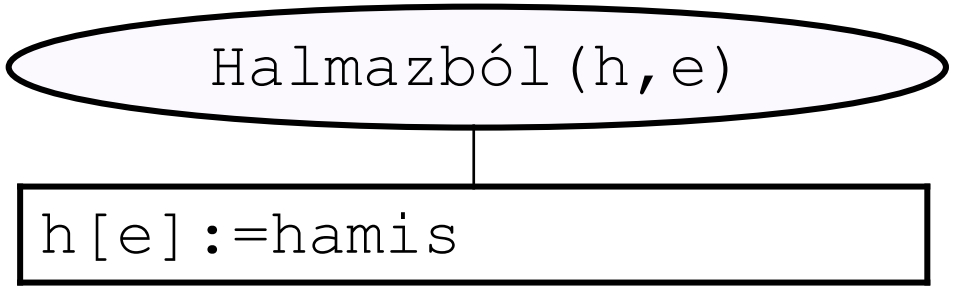
A ciklus a halmaz lehetséges elemeinek számaszor fut le, azaz a futási idő a halmaz elemtípusának számosságával arányos.

Halmaz típus



Műveletigény számítása:

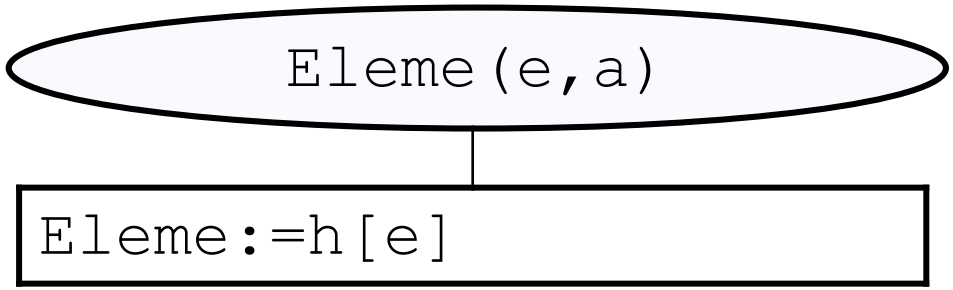
Nem függ a halmaz elemszámától.



Műveletigény számítása:

Nem függ a halmaz elemszámától

Halmaz típus

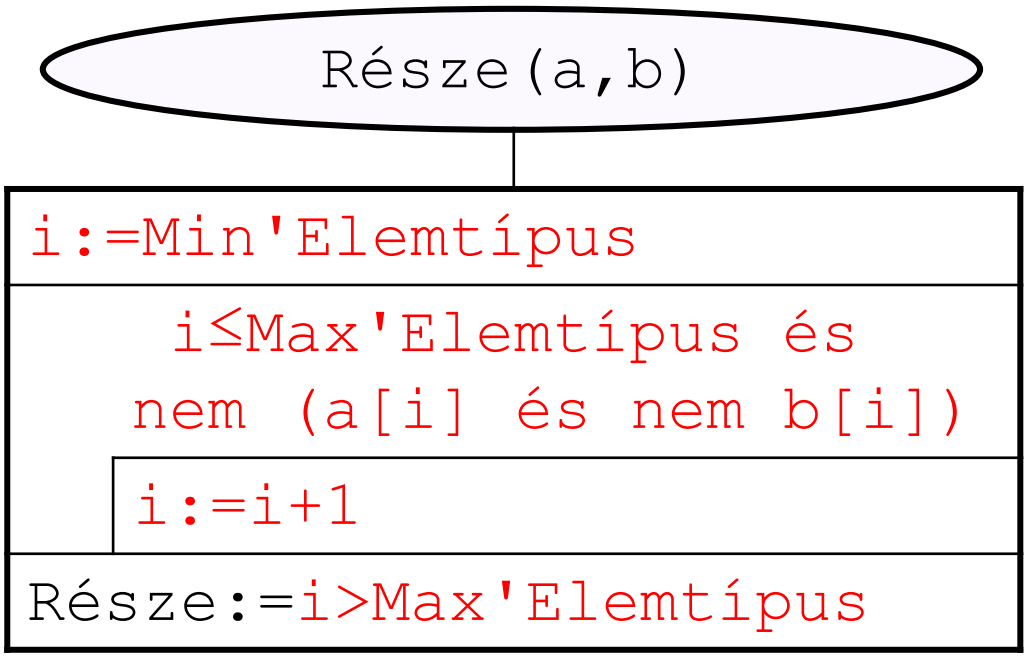


Műveletigény számítása:

Nem függ a halmaz elemszámától.

Halmaz típus

Az Eldöntés programozási tétel alkalmazása

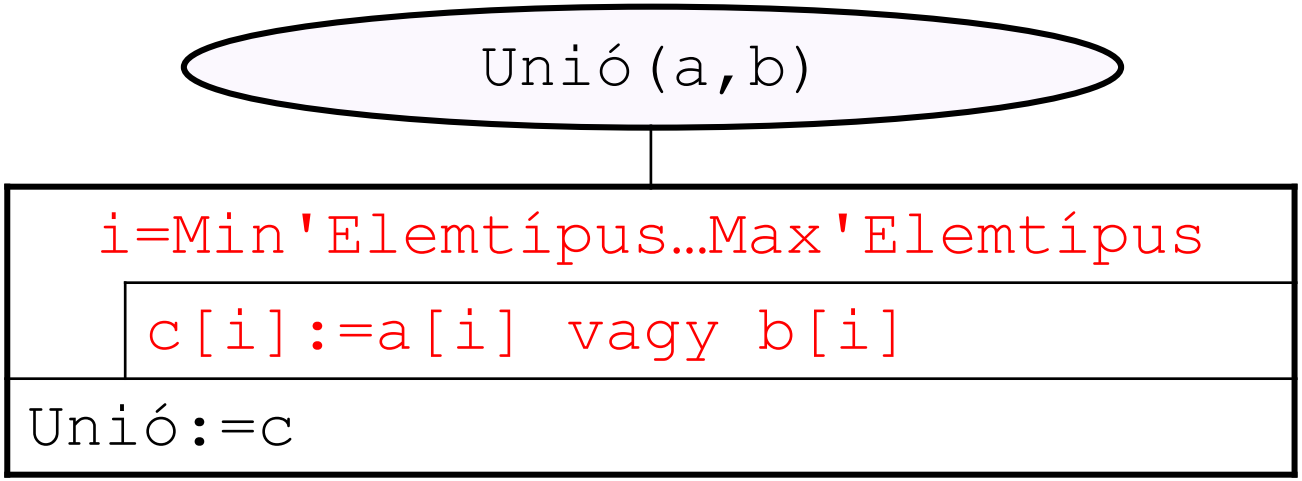


Műveletigény számítása:

A ciklus a halmaz lehetséges elemeinek számaszor fut le, azaz a futási idő a halmaz elemtípusának számosságával arányos.

Halmaz típus

A Másolás programozási tétel alkalmazása:

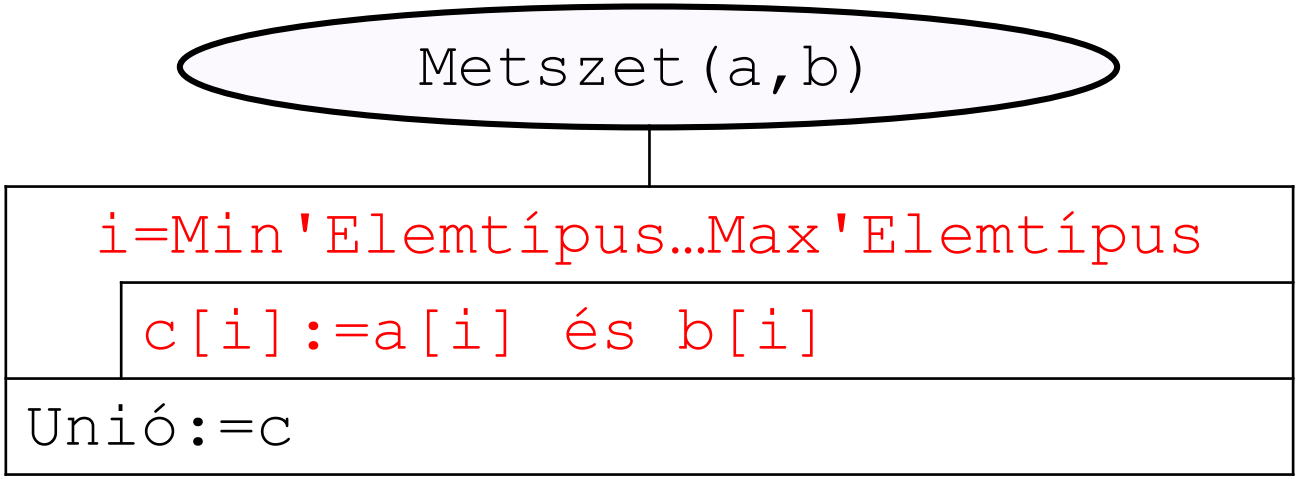


Műveletigény számítása:

A ciklus a halmaz lehetséges elemeinek számaszor fut le, azaz a futási idő a halmaz elemtípusának számosságával arányos.

Halmaz típus

A Másolás programozási tétel alkalmazása



Műveletigény számítása:

A ciklus a halmaz lehetséges elemeinek számaszor fut le, azaz a futási idő a halmaz elemtípusának számosságával arányos.

Áttekintés

- Összetett adatszerkezetek halmozása
  - ✓ Mátrixok – vektorok vektora
  - ✓ Rekordok vektora
- Halmazzá alakítás
- Halmaz típus elemek felsorolásával
- Halmaz típus logikai vektorral