Típus és osztály

Gregorics Tibor

gt@inf.elte.hu

http://people.inf.elte.hu/gt/oep

Procedurális vs. objektumelvű paradigma

- Procedurális szemléletmód: Egy probléma megoldásához a problémát részfeladatokra bontjuk, és az ezeket megoldó tevékenységeket önálló egységekbe, ún. procedúrákba (részprogram, makró, eljárás, függvény) szervezzük. A problémát megoldó folyamatot a procedúrák közötti vezérlés-átadásoknak (eljárások, függvények esetében hívásoknak) láncolata határozza meg.
- Objektumelvű szemléletmód: Egy probléma megoldáshoz szükséges adatok egy-egy részét a hozzájuk kapcsolódó tevékenységekkel (az ún. metódusokkal) együtt önálló egységekbe, ún. objektumokba zárjuk. A problémát megoldó folyamatot az objektumok metódusai közötti vezérlés-átadások (közvetlen hívások vagy szignál-küldések) jelöli ki.

Feladat

Egy nem üres tömbben 0 és m közé eső természetes számok találhatók. Melyik a tömb leggyakoribb eleme?

- Procedurális megoldás: maximum kiválasztás és számlálás
  - Rendre megszámoljuk, hogy a tömb elemei hányszor fordulnak elő a tömbben, és megkeressük a legnagyobb előfordulás-számmal rendelkező tömbelemet.
- Objektumelvű megoldás: tároló objektum
  - Készítünk egy olyan tárolót, amelyben egy elem elhelyezése is, és a leggyakoribb elemének lekérdezése is gyors. Elhelyezzük a tömb elemeit ebben tárolóban, majd lekérdezzük a leggyakoribb elemét.

Típus és osztály
1.rész
Végrehajtható specifikáció

Gregorics Tibor

gt@inf.elte.hu

http://people.inf.elte.hu/gt/oep

Elemzés

A feladatot változók segítségével specifikáljuk. Az Ef azt írja le, hogy e változók kezdetben milyen értékeket tartalmazhatnak, az Uf pedig azt, hogy mi a célunk: milyen értékeknek kell majd megjelenni a változókban figyelembe véve azok kezdőértékeit.

$A = (x:\mathbb{N}^n, m:\mathbb{N} , elem:\mathbb{N})$

jelöléseket vezetünk be az input-változók kezdőértékeire: $x_0 \in \mathbb{N}^n$, $m_0 \in \mathbb{N}$

x legalább egy elemű
x elemei 0 és m közé esnek

$Ef = (x = x_0 \wedge m = m_0 \wedge n \geq 1 \wedge \forall i \in [1 .. n]: x[i] \in [0 .. m])$

az input-változók őrzik kezdőértékeiket

bedobáljuk x elemeit a zsákba

$Uf = (x = x_0 \wedge m = m_0 \wedge b:Zsák \wedge b = \bar{\cup}_{i=1..n}[x[i]] \wedge elem = leggyakoribb(b))$

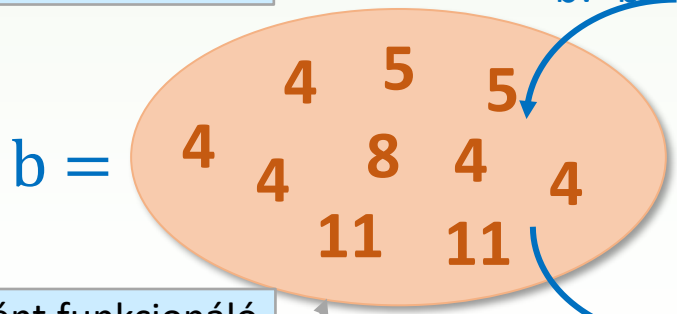
b egy zsák objektumra hivatkozó segédváltozó

lekérjük a zsáktól a leggyakoribb elemét

$\bar{\cup}$ egy zsákot egy zsákkal egyesítő művelet, amelynek neutrális eleme az üres zsák (Ø). [e] az e-t tartalmazó egyelemű zsákot jelöli.

b:=b$\bar{\cup}$[e]

Változók a típusaikkal
$x:\mathbb{N}^n$ ~ x egy 1-től n-ig indexelt természetes számokból álló tömb típusú változó
$m:\mathbb{N}$ ~ m egy természetes szám típusú változó



tárolóként funkcionáló zsák objektum

e:=leggyakoribb(b)

Tervezés

A = (x:$\mathbb{N}^n$, m:$\mathbb{N}$, b:Zsák, elem:$\mathbb{N}$)

Ef = ($m = m_0 \wedge x = x_0 \wedge n \geq 1 \wedge \forall i \in [1 .. n]: x[i] \in [0 .. m]$)

Uf = ($Ef \wedge b = \bar{\cup}_{i=1..n}[x[i]] \wedge$ elem = leggyakoribb(b))

Összegzés algoritmus minta
$s = \Sigma_{i=m..n} f(i)$
$f:[m..n] \longrightarrow H$
$+:H \times H \longrightarrow H$
bal neutrális elem a 0
$s : H$

végrehajtható specifikáció: nemcsak azt írja le, hogy mi a feladat, hanem azt is, hogyan oldható meg. Elmosódik az elemzés és a tervezés közötti határ.

Visszavezetjük a bezsákolást az összegzésre :
egyezés:

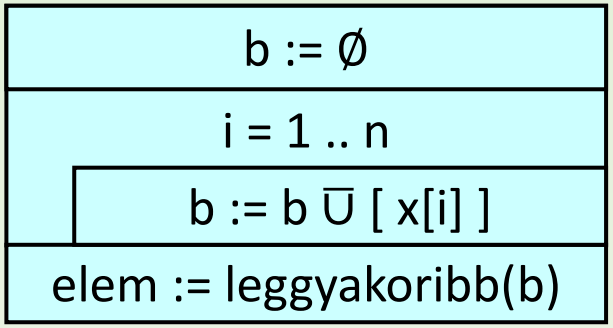
$$s = \Sigma_{i=m..n} f(i) \sim b = \bar{\cup}_{i=1..n} [x[i]]$$

eltérés:

eredmény:	s : H	~	b : Zsák
művelet:	H, +, 0	~	Zsák, $\bar{\cup}$, Ø
elem:	f(i)	~	[x[i]]
felsorolás:	i = m .. n	~	i = 1 .. n

```
b := Ø
i = 1 .. n
    b := b ∪̄ [x[i]]
elem := leggyakoribb(b)
```

Megvalósítás input-output nélkül




```
int n, m;
...
int[] x = new int[n];
...
Bag bag = new(m);
bag.Erase();
for( int i = 0; i< x.Count; ++i)
{
   bag.PutIn(x[i]);
}

int elem = bag.MostFrequent();
```

b:Zsák

b := Ø

b := b ∪ [e]

leggyakoribb(b)

Hogyan adjuk meg a Bag és a műveleteinek a jelentését?
Ehhez a Zsák típust kell megtervezni, majd kódolni.

Típus és osztály
2.rész
Zsák típus

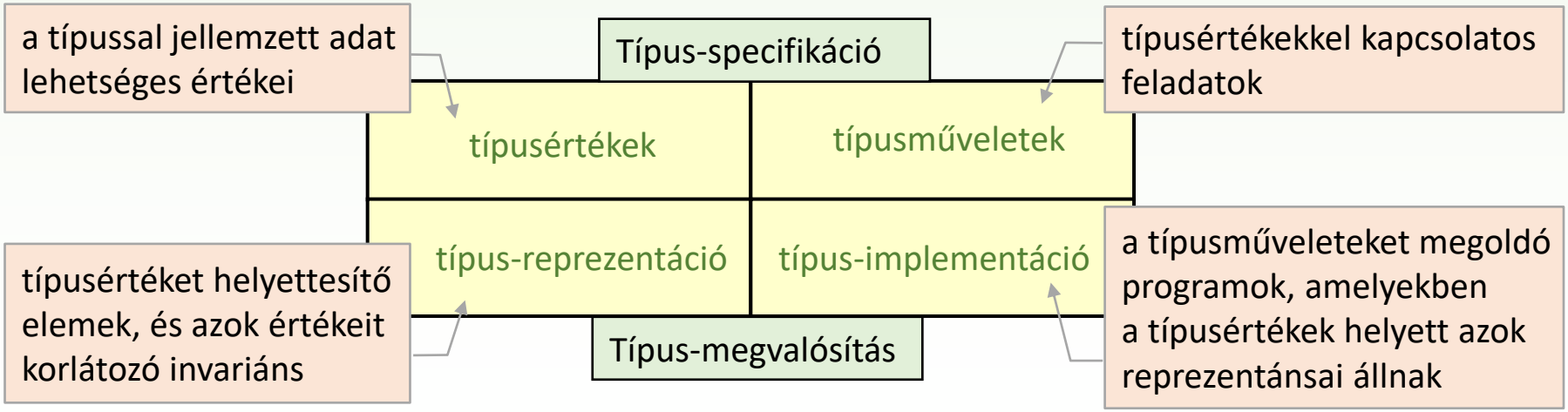
Gregorics Tibor

gt@inf.elte.hu

http://people.inf.elte.hu/gt/oep

Adattípus fogalma

- Egy adat (változó) típusának definiálásához szükség van a típus specifikációjára és annak megvalósítására.
- A típus-specifikáció megadja:
  - az adat által felvehető értékek halmazát: típusértékek
  - a típusértékekkel végezhető műveleteket: típusműveletek
- A típus-megvalósítás megmutatja:
  - hogyan ábrázoljuk (reprezentáljuk) a típusértékeket
  - milyen programok helyettesítsék (implementálják) a műveleteket



Nevezetes adattípusok

bizonyos műveletek nem mindenhol értelmezettek

- Természetes típus: ($\mathbb{N}$, { + , − , · , /, mod })
- Egész típus: ($\mathbb{Z}$, { + , − , · , /, mod })
- Valós típus: ($\mathbb{R}$, { + , − , · , / })
- Logikai típus: ($\mathbb{L}$, { $\wedge$, $\vee$, $\neg$ })
- Karakter típus: ($\mathbb{K}$, { … })
- Vektor típus: ($E^{m..n}$, { [.] })

általában a típusokra a típusértékeik halmazára bevezetett jelöléssel szoktunk hivatkozni

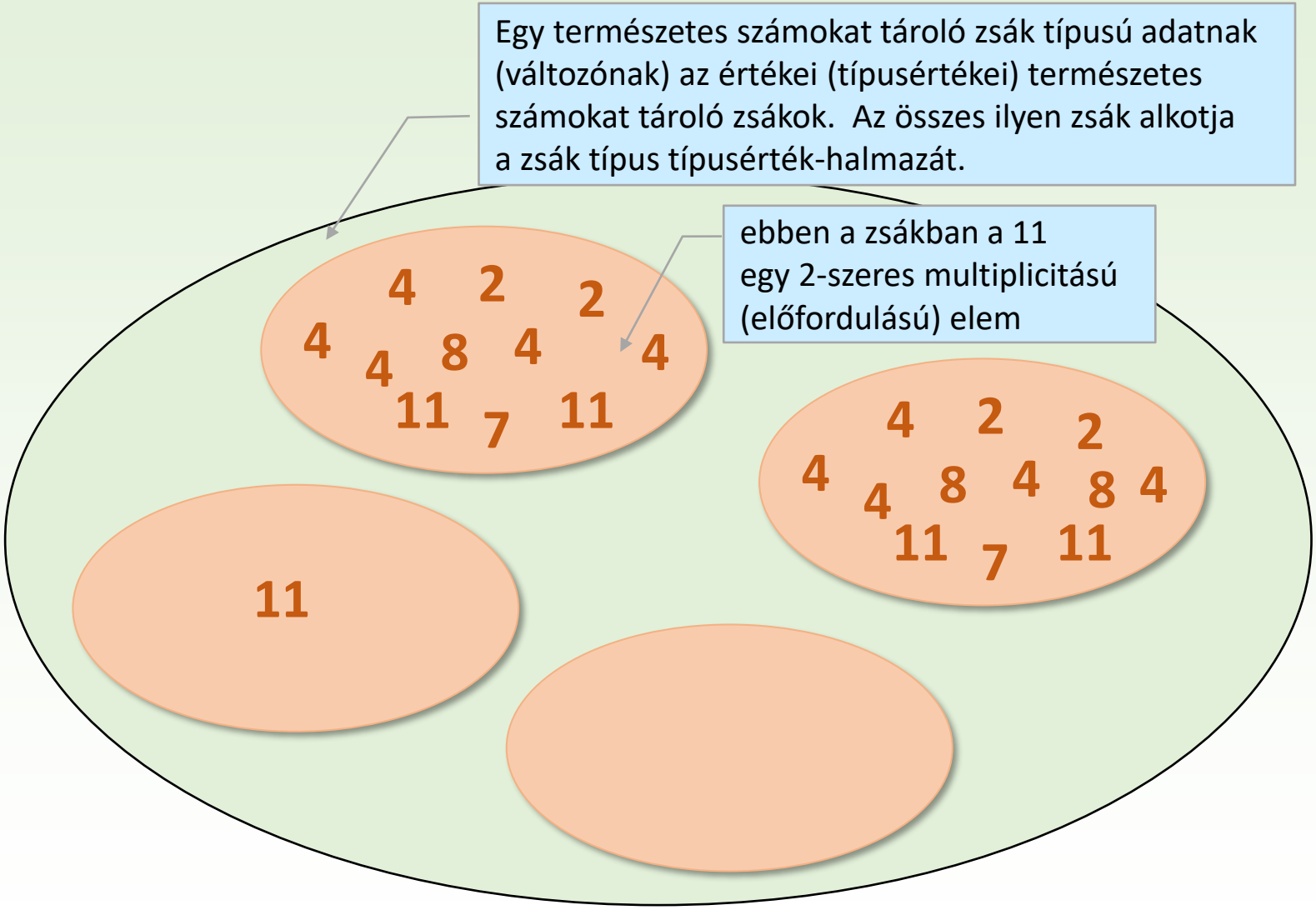
az E halmaz elemeiből képzett egy dimenziós tömbök, ahol az elemeket m-től n-ig indexeljük ($m,n \in \mathbb{Z}$, $m \leq n+1$); m=1 esetén használjuk az E^n jelölést

- Mátrix típus: ($E^{l..n,\ k..m}$, { [. , .] })

az E halmaz elemeiből képzett két dimenziós tömbök, ahol a sorokat l-től n-ig, oszlopokat k-tól m-ig indexeljük ($l,n,k,m \in \mathbb{Z}$, $l \leq n+1$, $k \leq m+1$); l=k=1 esetén $E^{n \times m}$

- Sorozat típus: (E^*, { [.], | . |, $\oplus$, Add(), Remove(), … }) ahol $E^* = \bigcup_{n=0..\infty} E^n$
- Szöveg típus: ($\mathbb{S}$, { [.], | . |, … }) ahol $\mathbb{S} = \mathbb{K}^*$

Zsák típus típusérték-halmaza



Zsák típus műveletei

Kiüríti a zsákot:

b := ∅ b:Zsák

adjon hibajelzést, ha $e \notin [0 .. m]$

Betesz egy elemet a zsákba:

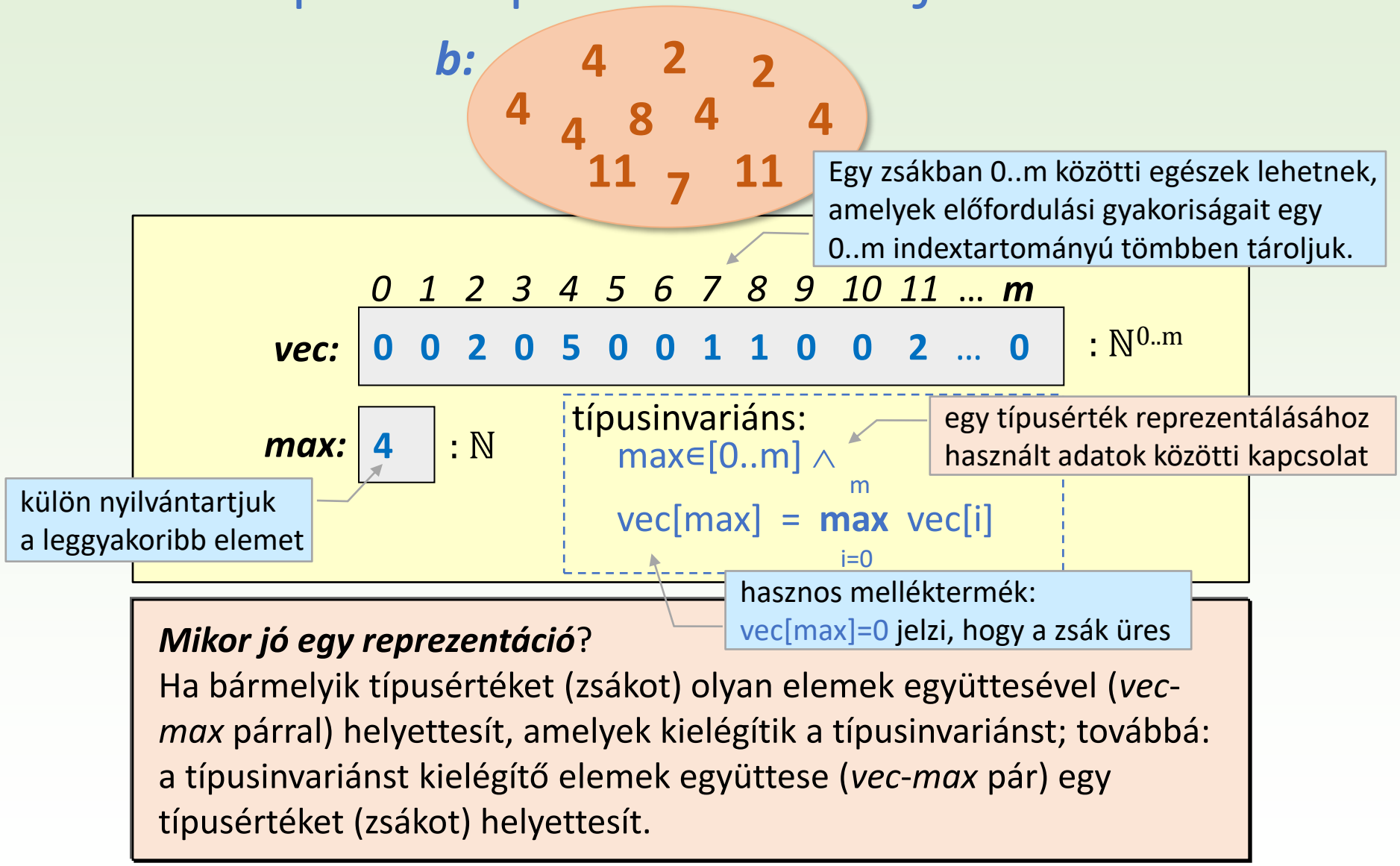
b := b ⊍ [e] b:Zsák , e:ℕ

adjon hibajelzést, ha a zsák üres

Zsák leggyakoribb eleme:

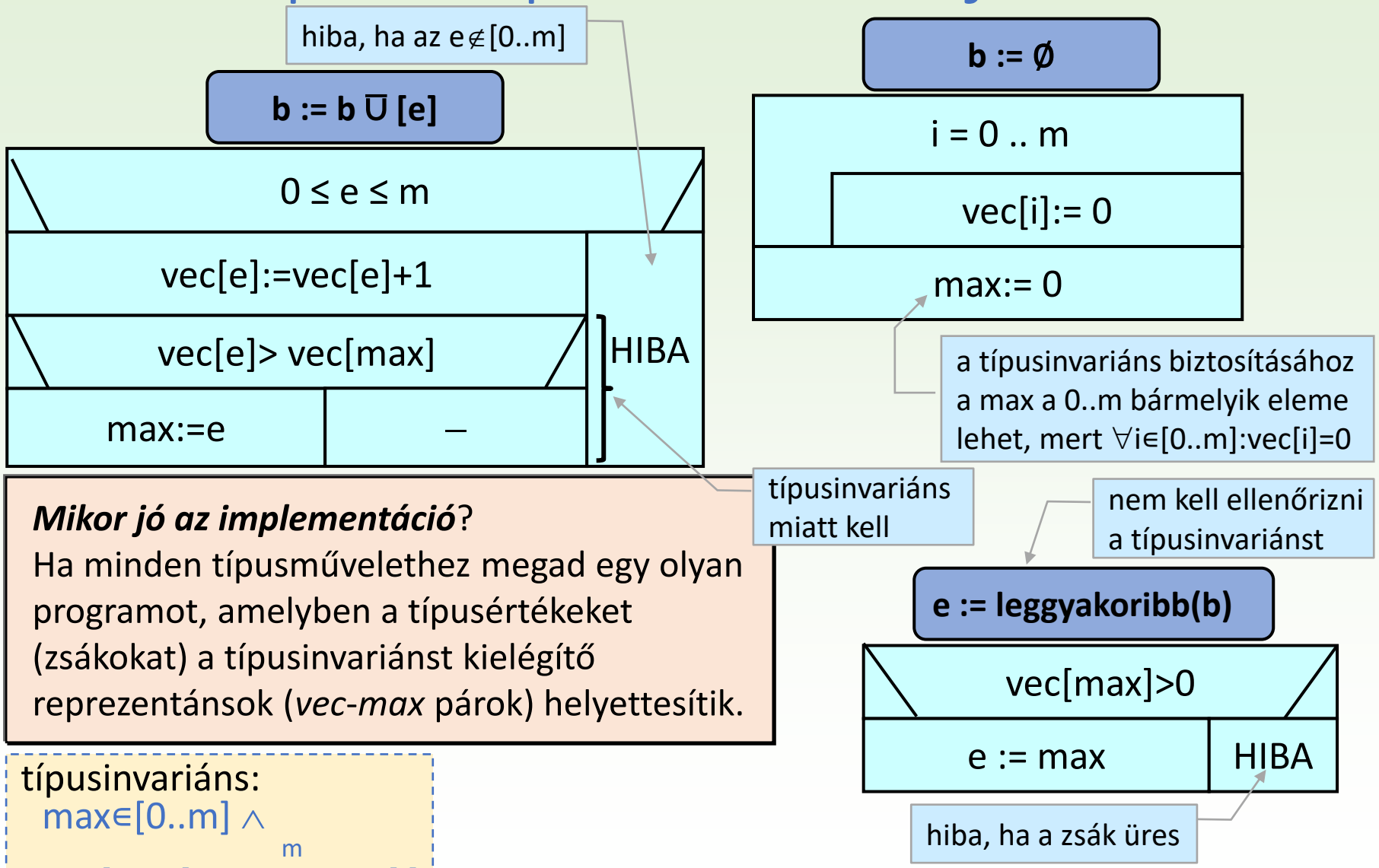
e:=leggyakoribb(b) b:Zsák , e:ℕ

Zsák típus reprezentációja



Mikor jó egy reprezentáció?
Ha bármelyik típusértéket (zsákot) olyan elemek együttesével (*vec-max* párral) helyettesít, amelyek kielégítik a típusinvariánst; továbbá: a típusinvariánst kielégítő elemek együttese (*vec-max* pár) egy típusértéket (zsákot) helyettesít.

Zsák típus implementációja



Mikor jó az implementáció?
Ha minden típusművelethez megad egy olyan programot, amelyben a típusértékeket (zsákokat) a típusinvariánst kielégítő reprezentánsok (*vec-max* párok) helyettesítik.

típusinvariáns:

$$max \in [0..m] \wedge vec[max] = \max_{i=0}^{m} vec[i]$$

Zsák típus

típus-specifikáció

típus-értékek

zsákok

típus-műveletek

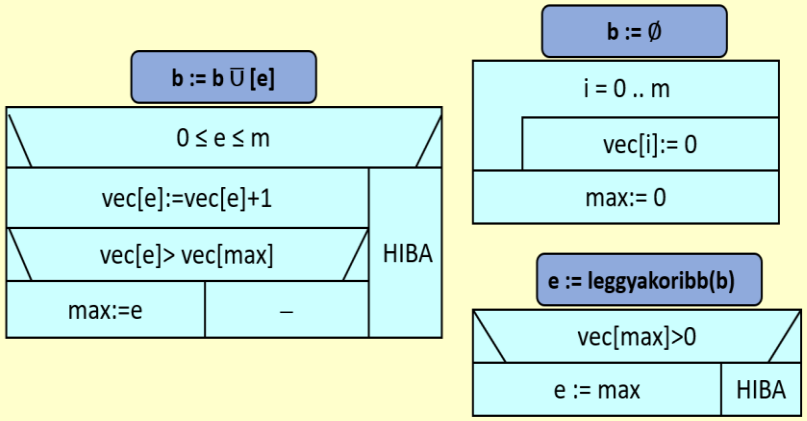
b := ∅
b := b ∪ [e]
e:=leggyakoribb(b)
b:Zsák, e:ℕ

reprezentáció

vec : $\mathbb{N}^{0..m}$
max : ℕ

{ max∈[0..m] ∧
vec[max] =
max$_{i=0..m}$ vec[i] }

implementáció



típus-megvalósítás

Típus és osztály
3.rész
Zsák osztály és a kódja

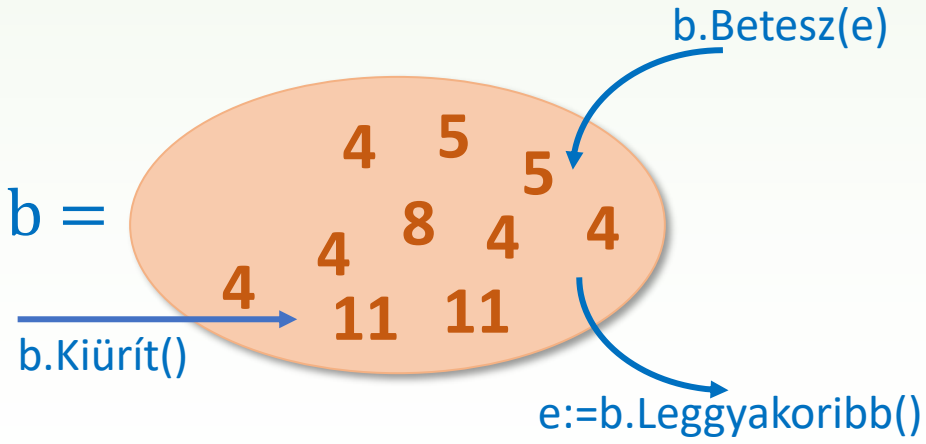
Gregorics Tibor

gt@inf.elte.hu

http://people.inf.elte.hu/gt/oep

Objektum

- Objektumnak egy feladat megoldásának azon önálló egyedként azonosított részét nevezzük, amely magába foglalja az adott részért felelős adatokat, és az ezekkel kapcsolatos műveleteket.
- Egy objektumra – miután azt létrehoztuk (példányosítottuk) – csak közvetett módon, egy változó segítségével tudunk majd hivatkozni. Ez az objektum-változó annak a memória-területnek a címét tartalmazza, amely a program futása során (az objektum példányosításakor) jön létre azért, hogy ott az objektum adattagjait eltárolhassuk.



Osztály

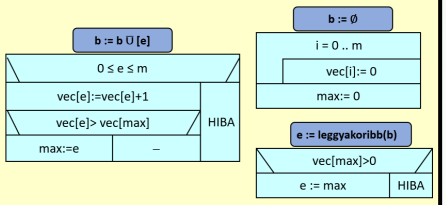
- Az osztály egy objektum szerkezetének és viselkedésének a mintáját adja meg, azaz
  - felsorolja az objektum adattagjait azok nevének, típusának, és láthatóságának (rejtett (-,#) vagy publikus (+)) megadásával, kiegészítve az esetleges típusinvariánssal
  - megadja az objektumra meghívható metódusokat (tagfüggvény, művelet) a nevükkel, paraméterlistájukkal, visszatérési értékük típusával, törzsükkel, és a láthatóságukkal
- Az osztály lényegében az objektum típusa: az objektumot az osztálya alapján hozzuk létre, azaz példányosítjuk.
- Egy osztályhoz több objektum is példányosítható: minden objektum rendelkezik az osztályleírás által leírt adattagokkal és metódusokkal.

Típus és Osztály

- Az objektumelvű tervezés során osztályként adjuk meg az egyedi, vagy ún. felhasználói típusokat (*custom type*).

Zsák típus:

típus-specifikáció

típus-értékek	típus-műveletek
zsákok	b := ∅ b := b ∪ [e] e:=leggyakoribb(b) b:Zsák, e:ℕ
reprezentáció vec : $\mathbb{N}^{0..m}$ max : ℕ { max∈[0..m] ∧ vec[max] = **max**$_{i=0..m}$ vec[i] }	**implementáció** 

típus-megvalósítás

Zsák osztály:

max∈[0..m] ∧
vec[max] = **max**$_{i=0..m}$ vec[i]

Bag
- vec : int[0..m]
- max : int

+ Erase() : void
+ PutIn(e:int) : void
+ MostFrequent() : int

for i=0..m **loop** vec[i] := 0 **endloop**
max := 0

if vec[max]≤0 **then error endif**
return max

if not (0≤e≤m) **then error endif**
++vec[i]
if vec[e]>vec[max] **then** max := e **endif**

Zsák típusból C# nyelven osztály

típus neve

```
class Bag
{
  private int[] vec;
  private int   max;

  public void Erase()
  {
    for (int i = 0; i < vec.Length; ++i) vec[i] = 0;
    max = 0;
  }
  public void PutIn(int e)
  {
    if ( e < 0 || e >= vec.Length ) return; // hibakezelés kell
    if ( ++vec[e] > vec[max] ) max = e;
  }
  public int MostFrequent()
  {
    if( 0 == vec[max] ) return; // hibakezelés kell
    return max;
  }
}
```

csak az osztályon belül használható

adattagok a típus reprezentáció alapján

az osztályon kívülről is hívható

metódusok a típusműveletekből

tömb hossza

A metódusok törzsében használt adattagok (`vec`, `max`) annak a zsák objektumnak az adattagjai, amelyre az adott metódust meghívják: `b.PutIn(3)` esetén a b objektum `vec` és `max` tagjairól van szó.

1

Az objektum-orientált nyelvek lényeges ismérve az egységbezárás: egy adott feladatkör megvalósításához szükséges adatokat és az azokat manipuláló programrészeket a program többi részétől elkülönítve adhatjuk meg.

Konstruktor

Az objektum példányosítását (létrehozását) speciális metódus, a konstruktor végzi: memóriát foglal az objektum adattagjai számára (ha egy adattag maga is objektum-hivatkozás, akkor azt is példányosítja), és kezdeti értéket ad az adattagoknak.

Ha mást konstruktort nem definiálunk, akkor is rendelkezünk egy (paraméter nélküli és üres törzsű) ún. üres konstruktorral.

nincs visszatérési típusa
neve: az osztályának neve

```
class Bag
{
  private int[] vec;
  private int   max;

  public Bag(int m)
  {
    vec = new int[m+1];
    for (int i = 0; i <= m; ++i) vec[i]=0;
    max = 0;
  }
  …
}
```

A `Bag b = new()` utasítás az üres konstruktort hívná, ami nem nyújt lehetőséget arra, hogy megadjuk a zsákot reprezentáló tömb hosszát (az m értékét), és nem garantálja, hogy azt sem, hogy adattagokat az invariánsnak megfelelően inicializálja.

Készítsünk olyan konstruktort, amely megkapja a `vec` tömb hosszát (*m*) paraméterként, így lefoglalhatja annak tárhelyét.
`Bag b = new(35)`

Sőt, úgy kell inicializálni az új zsák adattagjait, hogy azok elégítsék ki a típus invariánst. Ehhez elég a `vec` elemeinek és a `max` értékének is nullát adni, amivel egy üres zsákot példányosítunk, mintha csak az `Erase()`-t hívnánk.

Hivatkozás egy objektum tagjaira

```
class Bag
{
  private int[] vec;
  private int   max;
  public Bag(int m)          { … }
  public void Erase()        { … }
  public void PutIn(int e)   { … }
  public int  MostFrequent() { … }
}
```

```
Bag b1 = new(5);
Bag b2 = new(23);
b1.Erase();
b2.PutIn(5);
int a = b2.MostFrequent();
b1.max = 0;
b1.vec[5]++;
```

Amikor egy objektum egy tagját (adattagot vagy metódust) használni akarjuk, akkor az objektumot (pontosabban az arra hivatkozó változót) a használni kívánt tag elé kell írni. A metódus elé írt objektum a metódus egy kitüntetett extra paramétere lesz.

Egy objektum rejtett (privát, védett) tagjaira csak az objektum metódusainak törzsében hivatkozhatunk, máshol ezeket közvetlenül nem használhatjuk.

2

Az objektum orientált nyelvek fontos ismérve az elrejtés: az egységbe zárt elemek láthatóságának korlátozása. (Általában az adattagok rejtettek, azok értékéhez csak közvetetten, a publikus metódusokkal férünk hozzá.)

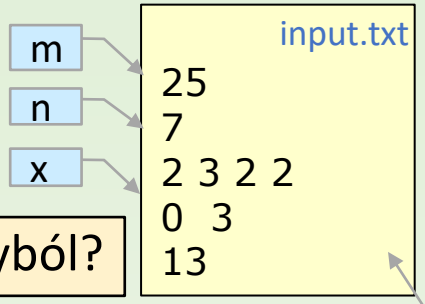
Típus és osztály
4.rész
Megvalósítás

Gregorics Tibor

gt@inf.elte.hu

http://people.inf.elte.hu/gt/oep

Bemenő adatok beolvasása



Hogyan olvassunk be egész számokat egy szöveges állományból?

1. A honlapról letöltött TextFile projekt lefordított kódja: TextFile.dll
2. Helyezzük el a dll-t a forrás fájlok közé Build Action: Content
3. Add/Project Reference : TextFile.dll
4. A programkód elejére : using TextFile

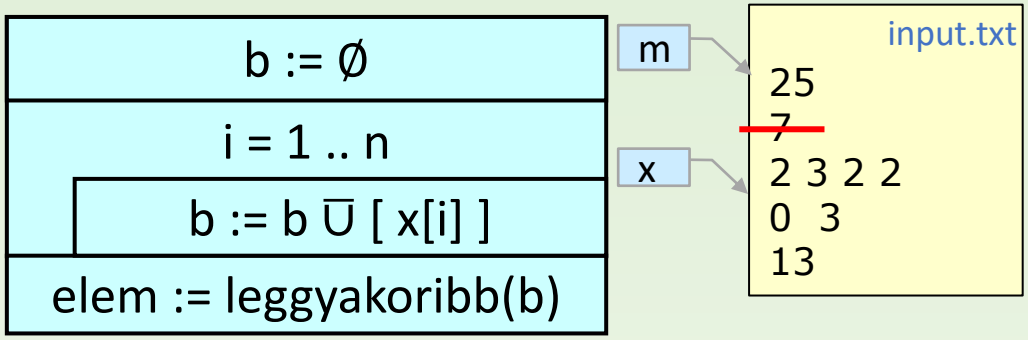
1. Helyezzük az input.txt fájl a forrásfájlok között (létrehozhatjuk a VS-sel is)
2. A Properties ablakban állítsuk be a fájlra: Copy to Output Directory: Copy if newer Build Action: Content

```
TextFileReader reader = new ("input.txt");

reader.ReadInt(out int m);
reader.ReadInt(out int n);
int[] x = new int[n];

for ( int i = 0; i<n; ++i )
{
   reader.ReadInt(out x[i]);
}
```

A reader objektum adatcsatornát nyit a szöveges állomány és az alkalmazás között. Először példányosítjuk, majd meghívjuk rá többször is a ReadInt() metódusát, amely következő egész számot olvassa be; ha sikerül, igaz értéket ad vissza, különben hamisat

inline változó deklaráció

Megvalósítás




```
TextFileReader reader = new ("input.txt");

reader.ReadInt(out int m);

reader.ReadInt(out int n);
int[] x = new int[n];
for ( int i = 0; i<n; ++i )
{
   reader.ReadInt(out x[i]);
}

Bag bag = new(m);
for( int i = 0; i< x.Count; ++i)
{
   bag.PutIn(x[i]);
}

Bag bag = new Bag(m);
while ( reader.ReadInt(out int e) )
{
   bag.PutIn(e);
}

Console.WriteLine($"Most frequent element: { bag.MostFrequent() }");
```

Közvetlenül is elhelyezhetjük a fájl számait a zsákban az n elemű x tömb kiiktatásával. Ekkor az inputfájlban nem kell megadni az n értékét sem: fájl végéig olvasunk.

C# megoldás szerkezete

solution: Frequency
project: Frequency
Program.cs
Bag.cs
TextFile.dll

```
namespace Frequency
```

```
class Program
{
  static void Main()
  {
     TextFileReader reader = new ...
     reader.ReadInt(out int m);
     Bag b = new (m);
     ...
  }
}
```

osztályszintű metódus, amelyik hívásához nem kell objektum

Program.cs

```
class Bag
{
  private int[] vec;
  private int   max;

  public Bag(int m){...}
  public void Erase(){...}
  public void PutIn(int e){...}
  public int MostFrequent(){...}
}
```

Bag.cs

.dll

```
namespace TextFile
```

```
public class TextFileReader
{
  public bool ReadInt(out int n);
  ...
}
```

publikus, hogy másik névtérben látható legyen

```
namespace System
```

```
...
```

Főprogram

kivétel-kezelés: ha egy utasítás (pl. metódus hívás) valamilyen hibát észlel, akkor dobjon egy kivételt; ettől a program futása megszakad, de ha ez egy try blokkban történik, akkor lehetőségünk van a blokk után elhelyezett catch ágakban – ahová ilyenkor átkerül a vezérlés – reagálni a kivételt kiváltó okra.

```
using System;
using TextFile;

namespace Frequency
{
  class Program
  {
    static void Main()
    {
      try
      {
        TextFileReader reader = new ("input.txt");
        reader.ReadInt(out int m);

        Bag bag = new (m);
        while ( reader.ReadInt(out int e) )
        {
          try {  bag.PutIn(e); } catch( … ) { … }
        }
        Console.WriteLine($"Most frequent element: {bag.MostFrequent()}");
      }
      catch( … ) { … }
    }
  }
}
```

kivételek figyelése

kivételt dob, ha nem találja a textfájlt

kivételt dob, ha m negatív

kivételt dob, ha e nem esik 0 és m közé

kivételt dob, ha b üres

kivételek elkapása és lekezelése

Program.cs

Kivétel definiálása

```
using System;

namespace Frequency
{
  class Bag
  {
    public class NegativeSizeException    : Exception { }
    public class EmptyBagException        : Exception { }
    public class IllegalElementException  : Exception { }

    private int[] vec;
    private int   max;

    public Bag(int m)           { ... }

    public void Erase()         { ... }
    public void PutIn(int e)    { ... }
    public int  MostFrequent()  { ... }
  }
}
```

egy zsáktípusú objektum működése esetén előforduló hibák

az előforduló hiba eseteket „kivételként” származtatással definiáljuk

Bag.cs

Kivétel dobása

a hiba észlelése különválik a hiba kezelésétől

```
public Bag(int m)
{
  if (m < 0) throw new NegativeSizeException();
  vec = new int[m+1];
  for (int i = 0; i <= m; ++i) vec[i]=0;
  max = 0;
}
public void Erase()
{
  for (int i = 0; i < vec.Length; ++i) vec[i] = 0;
  max = 0;
}
public void PutIn(int e)
{
  if ( e<0 || e>=vec.Length ) throw new IllegalElementException();
  if ( ++vec[e] > vec[max] ) max = e;
}
public int MostFrequent()
{
  if( 0 == vec[max] ) throw new EmptyBagException();
  return max;
}
```

kivételt dob, ha *m* értéke negatív, és az objektum példányosítása megszakad

kivételt dob, ha a paraméter értéke nincs 0 és *m* között

kivételt dob, ha *b* üres

Bag.cs

Kivétel kezelése

```
try
{
  ...
  while ( reader.ReadInt(out int e) )
  {
    try { bag.PutIn(e); }
    catch (Bag.IllegalElementException)
    {
       Console.WriteLine($"The element of the bag must be in [0..{m}].");
    }
  }
    ...
}
catch (Bag.NegativeSizeException)
{
  Console.WriteLine("Upper limit of elements must be natural.");
}
catch (Bag.EmptyBagException)
{
  Console.WriteLine("There is no most frequented element.");
}
catch (System.IO.FileNotFoundException)
{
  Console.WriteLine("Input file does not exist.");
}
```

beágyazott try blokk:
a hiba lekezelése után folytatódik
a blokkot tartalmazó ciklus

ha van a try blokkban észlelt kivételhez illeszkedő catch ág, akkor ide kerül át a program vezérlése

Program.cs