Eötvös Loránd Tudományegyetem
Informatikai Kar

Alkalmazott modul: Programozás

9. előadás

Strukturált programozás: dinamikus adatszerkezetek

Giachetta Roberto
groberto@inf.elte.hu
http://people.inf.elte.hu/groberto

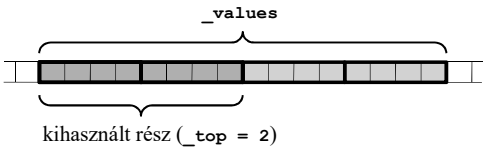
Dinamikus adatszerkezetek
Dinamikus memóriakezelés

- A dinamikus memóriakezelés lehetővé teszi, hogy programfutás közben allokáljuk területeket a memóriából
  - a `new` és `delete` operátorok segítségével
  - több terület is foglalható egyszerre (dinamikus tömb)
  - a lefoglalt területeket mutatók segítségével kezeljük
- Saját típusokban is felhasználhatjuk a dinamikus memóriakezelés adta lehetőséget
  - elhelyezhetünk bennük mutatókat mezőként, amelyekre dinamikusan allokálhatunk memóriaterületet
  - az allokálást többször is elvégezhetjük a programfutás során

---

Dinamikus adatszerkezetek
Dinamikus méretezés

- A dinamikusan allokált tömb alkalmas arra, hogy futás közben szabályozzunk méretet
  - pl. verem esetén allokálunk egy területet, amely egy részét fogja kitenni a verem tényleges tartalma



  - probléma, hogy így akkor is nagy területet kell allokálni, ha jórészt kevéssé használjuk ki

---

Dinamikus adatszerkezetek
Dinamikus méretezés

- A dinamikusan lefoglalt terület nem méretezhető át, de lehetőségünk van új területet foglalni, és arra lecserélni a régit
- A következő lépéseket kell elvégeznünk:
  1. új tömb dinamikus lefoglalása
  2. az elemek átmásolása az új tömbbe
  3. a régi tömb törlése, lecserélése az újra (mutató átállítása)
- Ez jelentős műveletigényt jelent, ezért ritkán alkalmazzuk, nem egyesével növeljük a méretet, hanem rögtön duplájára
- Fordítva is alkalmazható, felezhetünk is méretet (így nem foglalunk felesleges memóriát)

Dinamikus adatszerkezetek
Dinamikus méretezés

- Pl.:

```
int* values = new int[10];
   // 10 méretű dinamikus tömb
… // 10 elemet behelyeztünk, szeretnénk 11-et is

int* t = new int[20]; // új tömb lefoglalása
for (int i = 0; i < 10; i++)
   t[i] = values[i]; // elemek áthelyezése

… // 11. elem behelyezése

delete[] values; // régi tömb törlése
values = t;
  // a mutató átállításával lecserélődik a tömb
```

Dinamikus adatszerkezetek
Példa

Feladat: Módosítsuk úgy a verem típust, hogy futás közben automatikusan átméreteződjön.

- ha megtelik, a duplájára méretezzük, ha negyedénél kevesebb eleme lesz, a felére méretezzük, ehhez felvesszük a `resize(int)` műveletet rejtett metódusként, ezt hívjuk meg a `push(T)` és `pop()` műveletekben
- az átméretezéskor létrehozunk egy új tömböt, a hasznos elemeket belehelyezzük (a `_top` indexig), majd lecseréljük a régi tömböt
- kezdetben a 100-as alapértelmezett méretet adjuk neki, ezért nem kell méretet adni a konstruktorban

Dinamikus adatszerkezetek
Példa

Megoldás:

```
template <class T> // elemtípus sablonja
class Stack { // verem típus
private:
   …
   void resize(int newSize);
      // átméretezés megadott méretre
public:
   enum Exceptions { STACK_EMPTY };
      // kivételek felsorolási típusa

   Stack();
   …
};
```


Dinamikus adatszerkezetek
Példa

Megoldás:

```
template <class T>
void Stack<T>::resize(int newSize) {
   T *temp = new T[newSize];
      // új tömb lefoglalása

   for (int i = 0; i < _top; i++){
      temp[i] = _values[i]; // értékek átmásolása
   }
   delete[] _values; // régi tömb törlése

   _values = temp; // új tömb beállítása
   _size = newSize; // eltároljuk az új méretet
}
```


Dinamikus adatszerkezetek
Példányok másolása

- Értékek másolásakor két változatot különböztetünk meg:
  - *sekély másolat* (*shallow copy*): a típuspéldány mezőivel együtt lemásolásra kerül egy új memóriaterületre
    - dinamikus tartalommal rendelkező típusok esetén olyan másolat készül, amely részben az eredeti példányból épül fel
  - *mély másolat* (*deep copy*): a típuspéldány minden mezőjével, és az azok által lefoglalt memóriaterülettel együtt lemásolásra kerül egy új memóriaterületre
    - dinamikus tartalommal rendelkező típusok esetén csak ez garantálja az eredetitől teljesen független másolat készítését

Dinamikus adatszerkezetek
Példányok másolása

- Pl.:

```
Stack<int> s1;
Stack<int> s2 = s1; // (sekély) másolat
s1.push(1);
s2.push(2); // független elembehelyezések
cout << s1.pop() << endl;
   // eredménye: 2
   // azaz az értékadások mégse voltak függetlenek
```


Dinamikus adatszerkezetek
Másoló konstruktor

- A példányok másolását két művelet, a *másoló konstruktor* (*copy constructor*), illetve az *értékadás operátor* (=) valósítja meg
- A másoló konstruktor egy már létező példány alapján hoz létre újat
  - paraméterben megkapja egy ugyanolyan típusú példány referenciáját, törzsében elvégzi a másoló műveleteket
  - amennyiben nincs dinamikus tartalom a mezőkben, az alapértelmezett másoló konstruktor megfelelő
  - amennyiben van dinamikus tartalom, azt létre kell hozni, és az értékeket megfelelően belemásolni

Dinamikus adatszerkezetek
Másoló konstruktor

- Pl.:

```
class MyType {
private:
   int* _value;
public:
   MyType(int v = 0){ // konstruktor
      _value = new int; *_value = v;
   }
   MyType(const MyType& other) { // másoló konstr.
      _value = new int;
      // a dinamikus taralom létrehozása
      *_value = *other._value; // érték másolása
   }
};
```

Dinamikus adatszerkezetek
Másoló konstruktor

- A másoló konstruktor törzsében tud hivatkozni a másolandó példány mezőire
  - általában ezeket egyenként értékül adjuk az új objektumnak (összetett típusok esetén meghívódik azok másoló konstruktora)
  - természetesen további inicializálásokat is végezhetünk
- A másoló konstruktor a következő esetekben fut le:
  - közvetlen meghívás: `MyType b(a);`
  - kezdeti értékadás: `MyType b = a;`
  - érték szerinti paraméterátadás

Dinamikus adatszerkezetek
Példány hivatkozások

- Egy típuspéldányban elérhető annak valamennyi mezője és metódusa, akár rejtett, akár nem
- Ugyanakkor lehetőség van magát a teljes példányt is elérni a típuson belül a `this` kulcsszó használatával
  - ez egy mutatót ad vissza az aktuális példányra
    - ugyanúgy használható, mint bármely más mutató, amelyet az példányra állítottunk
    - lekérdezhető általa az összes tag: `this->`*`<tagnév>`*
  - lehetőséget ad a példány hivatkozásának visszaadására
  - ha a konkrét példányra van szükségünk, akkor lekérjük a memóriacím tartalmát (`*this`)

Dinamikus adatszerkezetek
Példány hivatkozások

- Pl.:

```
class MyType {
public:
   …
   void SetValue(int value){
      *_value = value;
      // ugyanez hosszabban:
      // *(this->_value) = value;
   }
   MyType* ReturnMyPointer(){
      return this;
      // visszaadja a mutatót a példányra
   }
```


Dinamikus adatszerkezetek
Példány hivatkozások

- Pl.:

```
   MyType ReturnMyself (){
      return *this;
      // visszaadja magát a példányt
   }
private:
   int *_value;
};
…
MyType t;
MyType* tP = t.ReturnMyPointer();
tP->SetValue(10);
   // másként: t.SetValue(10);
```


Dinamikus adatszerkezetek
Értékadás operátor

- Amennyiben a változó értékét a későbbiekben módosítjuk, az értékadás operátor fut le:

```
MyType a, b;
b = a; // értékadás
```

- Az értékadás operátor megkapja a másolandó példány (konstans) referenciáját, és biztosítja tartalmának átmásolását
  - fontos, hogy már léteznek a dinamikusan létrehozott értékek, így azokat törölni kell
  - ellenőrizni kell, hogy a paraméterben kapott változó nem-e saját maga (a memóriacím segítségével)
  - a többszörös értékadás használatához vissza kell adnia az aktuális példány (`*this`) referenciáját

Dinamikus adatszerkezetek
Értékadás operátor

- Pl.:

```
class MyType {
public:
   …
   MyType& operator=(const MyType& other){
      if (this == &other)
         // ha ugyanazt a példányt kaptuk
         return *this; // nem csinálunk semmit

      *_value = *(other._value);
      // különben a megfelelő módon másolunk
      return *this; // visszaadjuk a referenciát
   }
};
```

Dinamikus adatszerkezetek
Dinamikus típusok műveletei

- Amennyiben dinamikusan lefoglalt memóriaterületet használunk a típusban, minden esetben meg kell valósítani a destruktort, a másoló konstruktort, és az értékadás operátort
  - ha nincs dinamikus tartalom, akkor is előfordulhat, hogy használjuk őket
  - mindhárom művelet csak metódusként írható meg
  - mindhárom műveletnek publikusnak kell lennie
  - az értékadás operátor teljesen független az értékmódosító operátoroktól (`+=`, `*=`, …), amelyek megvalósíthatók a típuson kívül is

Dinamikus adatszerkezetek
Példa

Feladat: Módosítsuk a verem típus úgy, hogy lehessen megfelelő mély másolatot készíteni.

- megvalósítjuk a másoló konstruktort és az értékadás operátort

Megoldás:

```
template <class T> // elemtípus sablonja
class Stack { // verem típus
private:
   …
   Stack(const Stack<T>& other);
   …
   Stack<T>& operator=(const Stack<T>& other);
```


Dinamikus adatszerkezetek
Példa

Megoldás:

```
…
template <class T>
Stack<T>::Stack(const Stack& other) {
   _size = other._size;
      // átmásoljuk az egyszerű értékeket
   _top = other._top;

   _values = new T[_size];
      // létrehozzuk a dinamikus tömböt
   for (int i = 0; i < _top; i++)
     _values[i] = other._values[i];
     // átmásoljuk a hasznos értékeket
}
```


Dinamikus adatszerkezetek
Példa

Megoldás:

```
template <class T>
Stack<T>& Stack<T>::operator=(const Stack<T>&
                              other) {
   if (this == &other)
      // amennyiben a két memóriacím megegyezik
      return *this; // nem kell semmit csinálni

   delete[] _values;
      // eddig használt dinamikus tömb törlése
   …
   return *this;
}
```


Dinamikus adatszerkezetek
Indexelés

- Saját típusainkhoz lehetőségünk van indexelő (`[]`) operátort készíteni
  - az indexelő operátornak egy tetszőleges típusú értéket adhatunk meg (az operátoron belül), ez kerül át a paraméterbe
  - amennyiben több értékkel szeretnénk indexelni (pl. mátrix esetén sor/oszlop), használhatjuk a funktor (`()`) operátort, amely zárójelezéssel hívható meg, tetszőleges sok paraméter adható át
  - indexelés esetén külön kell ügyelni a beállítás, illetve a lekérdezés kérdésére, ezért az operátort túl kell terhelni (a túlterhelést a `const` kulcsszó fogja biztosítani)

Dinamikus adatszerkezetek
Indexelés

- Pl.:

```
class MyType {
private:
   int _values[100]; // értékek tömbje
public:
   int operator[](int index) const {
      // indexelő operátor lekérdezéshez
      return _values[index]; // értéket ad vissza
   }
   int& operator[](int index) {
      // indexelő operátor értékadáshoz
      return _values[index];
      // referenciát ad vissza
   }
   …
```

Dinamikus adatszerkezetek
Példa

Feladat: Valósítsuk meg az intelligens dinamikus vektor (`vector`) típust, amelyet futás közben lehet bővíteni.

- a vektor sablonos lesz, primitív dinamikus tömbbel ábrázoljuk, amely automatikusan méreteződik
- mindig egy részét használjuk ki a teljes tömb kapacitásának (hasonlóan, mint a verem esetében), a konstruktor paraméterben kapja meg a kezdeti méretet
- a `push_back(T)` művelettel bővíthető, a `pop_back()` művelettel redukálható, a `clear()` művelettel üríthető, méretét a `size()` művelettel kérdezhetjük le
- az elemek elérését/beállítását az indexelő operátor biztosítja

Dinamikus adatszerkezetek
Példa

Megoldás:

```
template <class T>
class vector { // dinamikus vektor típusa
public:
   vector(int size = 0); // konstruktor
   vector(const vector<T>& other);
      // másoló konstruktor
   ~vector(); // destruktor
   void push_back(T value);
      // elem beszúrása a vektor végébe
   T pop_back(); // utolsó elem törlése
   int size() const; // méretlekérdezés
   void clear(); // kiürítés
```


Dinamikus adatszerkezetek
Példa

Megoldás:

```
   T& operator[](int index);
      // indexelő operátor beírásra
   T operator[](int index) const;
      // indexelő operátor lekérdezésre

   vector<T>& operator=(const vector<T>& other);
      // értékadás

   enum Exceptions { SIZE_INVALID, VECTOR_EMPTY,
      INDEX_OUT_OF_RANGE }; // kivételek
private:
   void resize(int newCapacity);
      // tömb átméretezése
```


Dinamikus adatszerkezetek
Példa

Megoldás:

```
   T* _values; // értékek tömbjének mutatója
   int _size; // vektor aktuális mérete
   int _capacity;
      // vektor kapacitása (teljes mérete)
};
…
template <class T>
T& vector<T>::operator[](int index) {
   if (index < 0 || index >= _size)
   // ellenőrizzük az indexet
      throw INDEX_OUT_OF_RANGE;
   return _values[index];
}
```


Dinamikus adatszerkezetek
Típusok dinamikus kezelése

- Saját típusainkat is létrehozhatjuk, illetve törölhetjük dinamikusan:
  `<típusnév> *<mutatónév> = new <típusnév>;`
  `delete <mutatónév>;`
  - amennyiben a saját típusunk konstruktorparaméterekkel rendelkezik, azokat meg kell adnunk a létrehozáskor:
    `<mutatónév> = new <típusnév>(<paraméterek>);`
- Továbbra is lehetőségünk van hivatkozni a típusunk adattagjaira `(*<mutatónév>).<tagnév>` formában
  - a zárójel az operátor precedencia miatt kell
  - mivel ez elég összetett jelölés, lehet egyszerűsíteni a `->` operátorral: `<mutatónév>-><tagnév>`

Dinamikus adatszerkezetek
Típusok dinamikus kezelése

- Pl.:

```
struct MyType {
   int value;
   void print() { cout << Value; }
   MyType() { Value = 0; } // konstruktorok
   MyType(int v) { Value = v; }
};
…
MyType *d1, *d2; // mutató létrehozása
d1 = new MyType; // példányosítás konstruktorral
d1->print(); // 0, ugyanez: (*d1).Print()
d2 = new MyType(10); // paraméteres konstruktorral
d2->print(); // 10
delete d1; delete d2; // törlések
```

Dinamikus adatszerkezetek
Láncolás

- A típuson belül lehetőségünk a típusnak a mutatóját, azaz egy *reflexív mutatót* mezőként elhelyezni, pl.:

```
struct MyType {
   MyType* myPointer;
      // mutató ugyanarra a típusra
   …
}
MyType mt;
mt.myPointer = new MyType;
   // a mutatóra ráhelyezhetünk egy új példányt
mt.myPointer->myPointer = new MyType;
   // annak a mutatójára is ráhelyezhetünk egy
   // új példányt
```

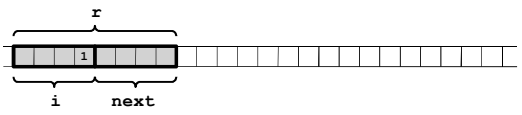

Dinamikus adatszerkezetek
Láncolás

- A reflexív mutatók segítségével összeállított elemek sorozatát nevezzük *láncolt sorozat*nak, ha pedig adatszerkezet elemeit valósítjuk meg így, akkor a struktúrát *láncolt adatszerkezet*nek
  - a láncolt adatszerkezet elemei olyan rekordok, amelyek tartalmaznak legalább egy mutatót a saját típusra, e mentén láncolhatóak
  - a láncolás előnye, hogy a láncba könnyű beszúrni/kitörölni elemet, tehát tetszőleges ponton módosítható a lánc
  - a láncolt adatszerkezet pontosan annyi elemet tárol, mint amennyit ténylegesen hasznosítunk, így nincs felesleges memóriafoglalás (a rekordban lévő mutatókon kívül)

Dinamikus adatszerkezetek
Láncolás

- Pl.:

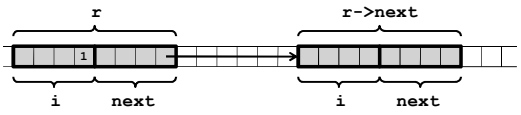
```
struct MyRecord { int value; MyRecord* next };
…
MyRecord * r = new MyRecord;
r->value = 1; // mezők beállítása
r->next = NULL;
```



Dinamikus adatszerkezetek
Láncolás

- Pl.:

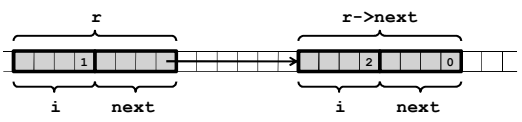
```
struct MyRecord { int value; MyRecord* next };
…
MyRecord * r = new MyRecord;
r->value = 1; // mezők beállítása
r->next = NULL;
r->next = new MyRecord; // új rekord
```



Dinamikus adatszerkezetek
Láncolás

- Pl.:

```
struct MyRecord { int value; MyRecord* next };
…
MyRecord * r = new MyRecord;
r->value = 1; // mezők beállítása
r->next = NULL;
r->next = new MyRecord; // új rekord
r->next->value = 2; // új rekord mezői
r->next->next = NULL;
```



Dinamikus adatszerkezetek
Láncolás bejárása

- A láncolt adatszerkezet bejárása (pl. másolásnál) nem történhet indexeléssel, hiszen a memóriában tetszőleges helyen helyezkedhetnek el az elemek, ezért mutatót kell használnunk
  - a mutatót beállítjuk az első elemre
  - addig haladunk, amíg `NULL` értékre nem lépünk
  - a következő elem mutatóját használjuk a lépéshez
  - pl.:

```
for (MyRecord* p = r; p != NULL; p = p->next){
   // a p mutatóval lépkedünk előre az r által
   // mutatott láncon
   cout << p->value << endl;
}
```

Dinamikus adatszerkezetek
Láncolt adatszerkezetek

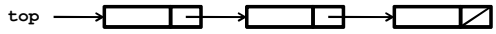
- Láncolt adatszerkezetek esetén létre kell hozni az elemtípust is
  - általában egyszerű rekord (`struct`)
  - beágyazva deklaráljuk, azaz a típuson belül, pontosabban a rejtett elemek között (így csak a típuson belül lesz használható)
- A láncolt adatszerkezet mindig csak mutatót tárol, erre hozzuk létre dinamikusan az elemeket
  - másolásnál egyenként kell átmásolni az értékeket az újonnan lefoglalt elemekbe
  - törlés esetén ügyelni kell, hogy minden elemet megsemmisítsünk

Dinamikus adatszerkezetek
Verem láncolt megvalósítása

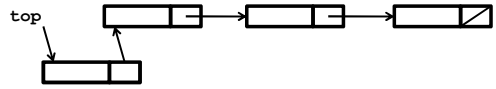
- A *verem* adatszerkezetet is meg lehet valósítani láncolással, itt a verem mutatója a legfelső elemre (`top`) mutat az adatszerkezetben, és azt követik a továbbiak
  - ha fel szeretnénk venni egy új elemet (`push`), akkor a többi elem elé kell tennünk a láncban, azaz létrehozzuk az új rekordot, ráfűzzük a többit, és ráállítjuk a verem mutatóját
  - a verem mutatóján át hivatkozhatunk a tetőelemre (`top`)
  - ha ki szeretnénk venni a tetőelemet (`pop`), akkor egy segédváltozóval ki kell emelnünk az értéket, majd a veremből ki kell venni az első rekordot
  - ehhez újabb segédváltozó kell, amit törlünk, miután a veremmutatót átállítottuk

Dinamikus adatszerkezetek
Verem láncolt megvalósítása

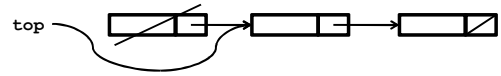
- A verem reprezentációja:



- Beszúrás a verembe:



- Kivétel a veremből:



Dinamikus adatszerkezetek
Példa

Feladat: Valósítsuk meg a verem adatszerkezetet láncolt reprezentációval.

- megvalósítjuk a veremelem típust (`StackItem`), amely tárolja az adatot és a következő elem mutatóját
- a típusban csak a tetőelem mutatóját (`_top`) és a méretet (`_size`) tároljuk el, utóbbi csak a méretlekérdezéshez szükséges
- beszúrásnál dinamikusan létrehozzuk az elemet, kivételnél töröljük
- a kiürítés (és a destruktor) voltaképpen a törlés alkalmazása az összes elemre

Dinamikus adatszerkezetek
Példa

Megoldás:

```
template <class T> // elemtípus sablonja
class Stack { // verem típus
private:
   struct StackItem {
      // veremelem típusa, mint beágyazott típus
      T _value; // a tárolt érték
      StackItem* next; // következő elem mutatója
   };

   StackItem* _top; // a tetőelem mutatója
   int _size; // méret (csak a lekérdezéshez kell)
   …
};
```


Dinamikus adatszerkezetek
Példa

Megoldás:

```
template <class T>
void Stack<T>::push(T value) {
   StackItem* item = new StackItem;
      // létrehozzuk az új elemet
   item->_value = value; // beállítjuk az értékét
   item->next = _top;
      // ráhelyezzük a lánc eddigi részét
   _top = item; // berakjuk az elejére
   _size++;
}
```

Dinamikus adatszerkezetek
Példa

Megoldás:

```
template <class T>
T Stack<T>::pop() {
   if (_size > 0) { // ha van elem
      T data = _top->_value;
         // lekérdezzük az elemet
      StackItem* temp = _top;
         // segédmutató (a törléshez)
      _top = _top->next;
         // átállítjuk az első elemet
      delete temp; // kitöröljük az elemet
      _size--;
      return data; // visszaadjuk az értéket
   …
```


Dinamikus adatszerkezetek
Reprezentációja

- Az aritmetikai (tömbös) reprezentáció előnyei:
  - az elemek egymás után helyezkednek el, ezért indexelhetőek
  - nincs szükség további mutató tárolására az elemek behivatkozására
  - a műveletek könnyen megfogalmazhatóak
- A láncolt ábrázolás előnyei:
  - mindig annyi helyfoglalás történik, ahány elem van
  - tetszőleges ponton bővíthető/módosítható az adatszerkezet
  - nincs költsége az átméretezésnek
  - a láncolás több irányba is történhet