Programozás alapjai II.
(12. ea) **C++**

gtest - tesztelést segítő csomag
visszalépéses (backtrack) algoritmusok

Szeberényi Imre
BME IIT
<szebi@iit.bme.hu>

Tesztelési követelmények

- Legyen független, és megismételhető
- Legyen áttekinthető és tükrözze a tesztelt kód struktúráját.
- Legyen hordozható és újrafelhasználható.
- Segítsen a teszt írójának a problémára koncentrálni.
- Legyen gyors és automatizálható.
- Gyakran a tárolóba (svn) való betétel feltétele az ún. unit teszt sikeressége.

Google Test

- Kis méretű, forráskódban elérhető
  http://code.google.com/p/googletest/
- Platformfüggetlen (WinX, MAC, LINUX)
- Assertion – alapú
  - success, nonfatal, fatal
- Teszt program:
  - teszt esetek
    - tesztek

Assertion

- Hasonlító függvényeket hívnak
  - Hiba esetén kiírják a hiba helyét, kódját
- ASSERT_*
  - fatális hiba – a program megáll
- EXPECT_*
  - nem fatális hiba – tovább fut

```
ASSERT_EQ(2*2, 4)  <<  "2*2 hiba";
for (int i = 0; i < 10; i++) {
   EXPECT_LT(i-1, 2*i)  <<  "i nem kisebb mint 2*i?  i=" << i;
}
```


Egyszerű feltételek

Utasítás	**Teljesülnie kell**
ASSERT_EQ(*expected*, *actual*)	*expected == actual*
ASSERT_NE(*val1*, *val2*)	*val1 != val2*
ASSERT_LT(*val1*, *val2*)	*val1 < val2*
ASSERT_LE(*val1*, *val2*)	*val1 <= val2*
ASSERT_GT(*val1*, *val2*)	*val1 > val2*
ASSERT_GE(*val1*, *val2*)	*val1 >= val2*
ASSERT_STREQ(exp_str, act_str)	*a két C string azonos*
ASSERT_STRNE(str1, str2);	*a két C string nem azonos*
ASSERT_STRCASEEQ(exp, act);	*a két C string azonos (kis/nagy betű az.)*
ASSERT_STRCASENE(str1, str2)	*a két C string nem azonos (kis/nagy b.)*

Egyszerű példa

```
#include <gtest/gtest.h>
#include <vector>
std::vector<int>  v1(3, 1), v2(3, 2);

TEST(VektorTeszt, MeretVizsgalata) {
   ASSERT_EQ(v1.size(), v2.size())
                              << "A méret is számít!";
}
TEST(VektorTeszt, ElemekVizsgalata) {
   for (unsigned int i = 0; i < v1.size(); i++)
      EXPECT_EQ(v1[i], v2[i]) ;
}
```

Egyszerű példa eredménye

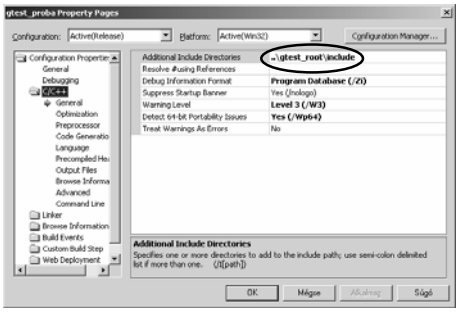
```
[==========] Running 2 tests from 1 test case.
[----------] 2 tests from VektorTeszt
[ RUN      ] VektorTeszt.MeretVizsgalata
[       OK ] VektorTeszt.MeretVizsgalata (0 ms)
[ RUN      ] VektorTeszt.ElemekVizsgalata
.\main.cpp(12):
error: Value of: v2[i]   Actual: 2 Expected: v1[i] Which is: 1
.....

[  FAILED  ] VektorTeszt.ElemekVizsgalata (0 ms)
[----------] 2 tests from VektorTeszt (0 ms total)
[==========] 2 tests from 1 test case ran. (0 ms total)
[  PASSED  ] 1 test.
[  FAILED  ] 1 test, listed below:
[  FAILED  ] VektorTeszt.ElemekVizsgalata
```

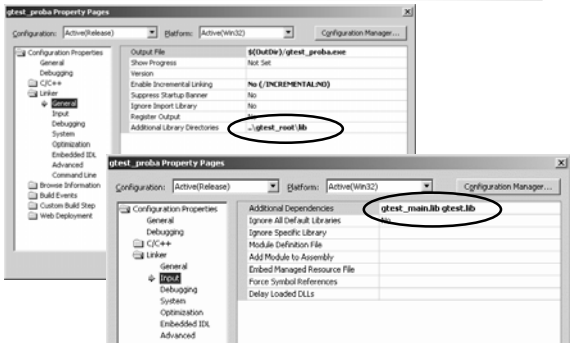

Install, használat

1. Telepítés forrásból http://code.google.com/p/googletest/
   1. letöltés, fordítás
   2. include és lib elhelyezése (GTEST_ROOT)
2. Lefordított változat svn-ből:
   1. https://svn.iit.bme.hu/proga2/gtest_root → (GTEST_ROOT)
3. include és lib keresési út beállítása → (GTEST_ROOT)/include (GTEST_ROOT)/lib –re

Visual Studio include dir



Visual Studio lib



Bonyolultabb tesztek (fixtures)

- Tesztek kölcsönhatásának kiküszöbölése
  - Setup/TearDown
- Önálló, azonos tartalmú adatok, adatszerkezetek létrehozása
- Fixtures:
  - Teszt osztályból kell származtatni.
  - Minden teszt eset előtt létrejön
  - Utána pedig megszűnik
  - Setup()
  - TearDown()
  - TEST helyett TEST_F makró

Bonyolultabb tesztek /2

```
class VektorTeszt : public ::testing::Test {
protected:
   std::vector<int>  v1, v2;
   void setup() { v1.push_back(1);
                  v2 = v1; }
   void TearDown() {}
};
TEST_F(VektorTeszt, ElemekVizsgalata) {
   for (unsigned int i = 0; i < v1.size(); i++)
      EXPECT_EQ(v1[i], v2[i]);
}
```

További ellenőrzések

Utasítás	Teljesülnie kell
ASSERT_THROW(*statement*, *excep_type*)	adott típust *dobnia kell*
ASSERT_ANY_THROW(*statement*)	*bármit kell dobnia*
ASSERT_NO_THROW(*statement*)	*nem dobhat*
ASSERT_PRED_FORMAT1(*pred, val1*)	*pred(val1) == true*
ASSERT_PRED_FORMAT2(*pred, val1, val2*)	*pred(val1, val2) == true*
ASSERT_FLOAT_EQ(*expected, actual*)	*expected ~= actual*
ASSERT_DOUBLE_EQ(*expected, actual*)	*expected ~= actual*
ASSERT_NEAR(*val1, val2, abs_error*)	abs(val1-val2) <= abs_error
SUCCEED()	siker
FAIL(); ADD_FAILURE()	végzetes; nem végzetes
ADD_FAILURE_AT("*file_path*", *line_number*);	nem végzetes

További lehetőségek

- Testreszabási lehetőség.
  - PrintTo()
- xml output
- véletlen szekvencia
- parancssorból, vagy környezeti változóból paraméterezhető

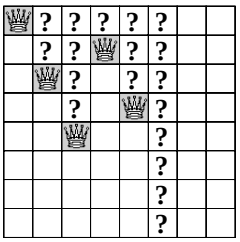
http://code.google.com/p/googletest/wiki/AdvancedGuide

Nyolc királynő probléma

- Helyezzünk el nyolc királynőt úgy egy sakktáblán, hogy azok ne üssék egymást!
- Egy megoldást keresünk nem keressük az összes lehetséges elhelyezést.

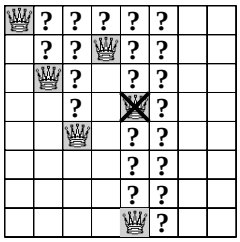
Probálgatás

- Egy oszlopban csak egy királynő lehet, ezért oszloponként próbálgatunk.



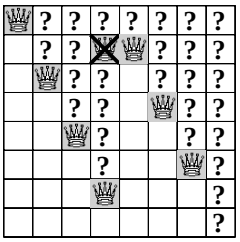
Visszalépés (back track)

- A 24. lépésben visszalépünk, és levesszük a korábban már elhelyezett királynőt.



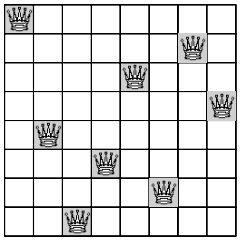
Visszalépés és újból próba

- A 36. lépésben ismét vissza kell lépni.
- A 60. lépés ismét kudarcba fullad.



Visszalépés és újból próba

- Egy lehetséges megoldást a 876. lépésben kapunk.



Hogyan modellezhető ?

- Okos tábla, buta királynő
  - A sakktábla ismeri a szabályokat és nyilvántartja a királynők helyzetét.
  - A királynő lényegében nem csinál semmit.
- Okos királynő, buta tábla
  - A királynő ismeri a szabályokat és nyilvántartja a saját pozícióját.
  - A sakktábla nem tud semmit.
- Okoskodó tábla, okos királynő

Okos tábla metódusai:

- Szabad – adott pozícióra lehet-e lépni
- Lefoglal – adott pozíciót lefoglalja
- Felszabadít – adott pozíciót felszabadítja
- Rajzol – kirajzolja a pillanatnyi állást
- Probal – elhelyezi a királynőket

Metódus spec. - Szabad

bool Szabad(int sor, int oszlop);

- megvizsgálja, hogy az adott helyre lehet-e királynőt tenni.
- bemenet:
  - sor – sor (1..8)
  - oszlop – oszlop (1..8)
- kimenet:
  - true – a pozíció szabad
  - false – ütésben van a királynő

Metódus spec. - Lefoglal

void Lefoglal(int sor, int oszlop);

- Lefoglalja az adott pozíciót.
- bemenet:
  - sor – sor (1..8)
  - oszlop – oszlop (1..8)

Metódus spec. - Felszabadit

void Felszabadit(int sor, int oszlop);

- Felszabadítja az adott pozíciót.
- bemenet:
  - sor – sor (1..8)
  - oszlop – oszlop (1..8)

Metódus spec. - Rajzol

void Rajzol(int sor, int oszlop);

- Kirajzolja a táblát.
  Az aktuális sor, oszlop pozícióba ? jelet tesz
- bemenet:
  - sor – sor (1..8)
  - oszlop – oszlop (1..8)

Metódus spec. - Probal

bool Probal(int oszlop);

- A paraméterként kapott oszlopba és az azt követő oszlopokba megpróbálja elhelyezni a királynőket
- bemenet:
  - oszlop sorszáma (1..8)
- kimenet:
  - true - ha sikrült a 8. oszlopba is.
  - false - ha nem sikerült

Implementáció - Probal

```
bool Probal(int oszlop) {
  int siker = 0, sor = 1;
  do {
    if (Szabad(sor, oszlop)) {
      Lefoglal(sor, oszlop)
      if (oszlop < 8) siker = Probal(oszlop+1);
      else siker = 1;
      if (!siker) Felszabadit(sor, oszlop);
    }
    sor++;
  } while (!siker && sor <= 8);
  return(siker);
}
```

következő oszlopba

nem sikerült, visszalép

Adatszerkezet (mit kell tárolni?)

- Adott sorban van-e királynő
  - 8 sor: vektor 1..8 indexszel
- Adott átlóban van-e királynő
  - főátlóval párhuzamos átlók jellemzője, hogy a sor-oszlop = álladó (-7..7-ig 15 db átló)
  - mellékátlóval párhuzamos átlók jellemzője, hogy a sor+oszlop = álladó (2..16-ig 15 db átló)

Átlók tárolása

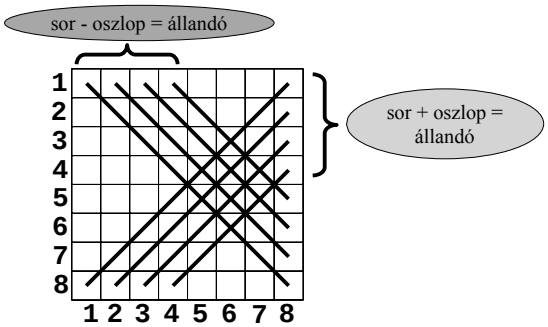


Tabla osztály megvalósítása

```
class Tabla {
  bool sor[8];          // sorok foglaltsága
  bool f_atlo[15];      // főátlók (s-o)
  bool m_atlo[15];      // mellékátlók (s+o)
  int  tab[8];          // kiíráshoz kell
  int probalkozas;      // kiíráshoz kell

  bool& Sor(int i) { return sor[i-1]; }
  bool& Fo(int s, int o) { return f_atlo[s-o+7]; }
  bool& Mellek(int s, int o) { return m_atlo[s+o-2]; }
  int&  Tab(int s) { return tab[s-1]; }
```

Tabla osztály megvalósítása /2

```
bool Szabad(int s, int o) {
   return Sor(s) && Fo(s, o) && Mellek(s, o);
}
void Lefoglal(int s, int o) {
   Sor(s) = Fo(s, o) = Mellek(s, o) = false;
   Tab(s) = o;
}
void Felszabadit(int s, int o) {
   Sor(s) = Fo(s, o) = Mellek(s, o) = true;
   Tab(s) = 0;
}
```


Tabla osztály megvalósítása /3

```
public:
   Tabla();
   bool Probal(int oszlop);
   void Rajzol(int sor, int oszlop);
};
Tabla::Tabla() { probalkozas = 0;
   for (int i = 0; i < 15; i++) {
      f_atlo[i] = m_atlo[i] = true;
      if (i < 8) {  sor[i] = true; tab[i] = 0; }
   }
}
```


Tabla osztály megvalósítása /4

```
bool Tabla::Probal(int oszlop) {
   int sor = 1; bool siker = false;
   do { Rajzol(sor, oszlop);
      if (Szabad(sor, oszlop)) {
         Lefoglal(sor, oszlop);
         if (oszlop < 8)      siker = Probal(oszlop+1);
         else                 siker = true;
         if (!siker)          Felszabadit(sor, oszlop);
      }
      sor++;
   } while (!siker && sor <= 8);
   return siker;
}
```


Működés megfigyelése

- A minden próbálkozást számolunk:
  - ➔ kell egy számláló: probalkozas
- Minden próbálkozást kirajzolunk:
  - * a már elhelyezett királynők helyére
  - ? a próba helyére
  - ➔ kell tárolni a táblát: tabla változó

Implementáció - kiir

```
void Tabla::Rajzol(int sor, int oszlop) {
   cout.width(3);  cout << ++probalkozas << ".\n";
   for (int i = 1; i <= 8; i++) {
      cout.width(5);  cout << 9-i << '|';
      for (int j = 1; j <= 8; j++) {
         if (i == sor && j == oszlop)  cout << "?|";
         else if (Tab(i) == j)         cout << "*|";
         else                          cout << " |";
      }
      cout << endl;
   }
   cout << "      A B C D E F G H\n\n";
}
```


Főprogram

```
int main()
{
   Tabla t;

   if (t.Probal(1)) {
      t.Rajzol(8, 0);          // végleges áll. kirajzolása
      cout << "Siker";
   } else
      cout << "Baj van";
}
```

Eredmények

```
60.
   8|*| | | | | | | |
   7| | | | |*| | | |
   6| |*| | | | | | |
   5| | | | | |*| | |
   4| | |*| | | | | |
   3| | | | | | |*| |
   2| | | |*| | | | |
   1| | | | | | | |?|
     A B C D E F G H
```

```
638.
   8|*| | | | | | | |
   7| | | | | | | | |
   6| | | | | | | | |
   5| | | | | | | | |
   4| |?| | | | | | |
   3| | | | | | | | |
   2| | | | | | | | |
   1| | | | | | | | |
     A B C D E F G H
```

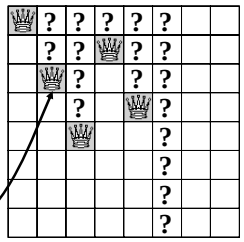

Eredmények /2

```
876.
   8|*| | | | | | | |
   7| | | | | | |*| |
   6| | | | |*| | | |
   5| | | | | | | |*|
   4| |*| | | | | | |
   3| | | |*| | | | |
   2| | | | | |*| | |
   1| | |*| | | | | |
     A B C D E F G H
```


Okos királynő

```
Kiralyno *babu = NULL;
  for (int i = 1; i <= 8; i++) {
    babu = new Kiralyno(i, babu);
    babu->Helyezkedj();
}
```

```
bool Kiralyno::Helyezkedj() {
  while (szomszed != NULL &&
    szomszed->Utesben(sor, oszlop))
      if (!Lep()) return false;
  return true;
}
```



Okos királynő metódusai:

- Utesben – Ellenőrzi, hogy az adott pozíció ütésben áll-e.
- Lep – Előre lép az adott oszlopban, ha nem tud, akkor az oszlop elejére áll és a tőle balra levőt lépteti.
- Helyezkedj – Jó helyet keres magának.
- Kiír – kiírja a pozícióját.

Metódus spec. - Utesben

bool Utesben(int sor, int oszlop);

- megvizsgálja, hogy az adott pozíció ütésben áll-e a saját pozíciójával, ha nem, akkor azonos paraméterekkel meghívja a szomszéd Utesben() tagfüggvényét.
- bemenet:
  - sor – sor (1..8)
  - oszlop – oszlop (1..8)
- kimenet:
  - true – a pozíció ütésben áll
  - false – nincs ütési helyzet

Metódus spec. - Lep

void Lep();

- Előre lép az adott oszlopban, ha nem tud, akkor az oszlop elejére áll és meghívja a tőle balra levőt királynő Lep() tagfüggvényét.
- bemenet: -
- kimenet:
  - true – tudott lépni
  - false – nem tudott lépni

Metódus spec. - Helyezkedj

void Helyezkedj();

- Megvizsgála a saját pozícióját, hogy megfelelő-e. Ha ütésben áll, akkor meghívja Lep() tagfüggvényét. Ha tudott lépni, akkor ismét megvizsgálja a saját pozícióját.
- bemenet: -
- kimenet:
  - true – tudott megfelelő helyet találni magának
  - false – nem tudott megfelelő helyet találni

Metódus spec. - Kiir

void Kiir();

- Kiírja a saját és a szomszédok pozícióját.

Kiralyno osztály megvalósítása

```
class Kiralyno {
   int sor;                  // sor 1-8
   int oszlop;               // oszlop 1-8
   Kiralyno *szomszed;   // szomszéd pointere
public:
   Kiralyno(int o, Kiralyno *sz): szomszed(sz),
   oszlop(o) { sor = 1; }
   bool Utesben(int s, int o);
   bool Lep();
   bool Helyezkedj();
   void Kiir();
};
```


Kiralyno osztály megvalósítása/2

```
bool Kiralyno::Utesben(int s, int o) {
   int d = oszlop - o;        // oszlop differencia
   if (sor == s || sor + d == s || sor - d == s)
      return true;
   else if (szomszed != NULL)  // ha van szomszéd
      return szomszed->Utesben(s, o); // akkor azzal is
   else
      return false;
}
```


Kiralyno osztály megvalósítása/3

```
bool Kiralyno::Lep() {
   if (sor < 8) {
      sor++;  return true;       // tudott lépni
   }
   if (szomszed != NULL)  { // nem tud, van szomsz.
      if (!szomszed->Lep())              return false;
      if (!szomszed->Helyezkedj())       return false;
   } else {
      return false;
   }
   sor = 1;
   return true;
}
```

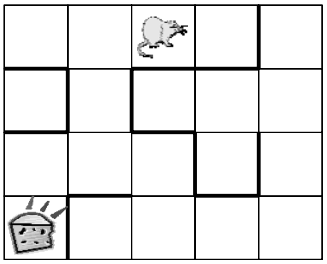

Kiralyno osztály megvalósítása/4

```
bool Kiralyno::Helyezkedj() {
   while (szomszed != NULL &&
          szomszed->Utesben(sor, oszlop))
      if (!Lep())
         return false;
   return true;
}
void Kiralyno::Kiir() {
   if (szomszed != NULL)
      szomszed->Kiir();
   cout << (char)(oszlop-1+'A') << 9-sor << endl;
}
```

Főprogram

```
int main()
{
   Kiralyno *babu = NULL;
   for (int i = 1; i <= 8; i++) {
      babu = new Kiralyno(i, babu);
      babu->Helyezkedj();
   }
   babu->Kiir();
}
```

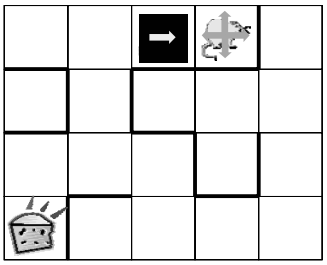

Megtalálja-e az egér a sajtot?



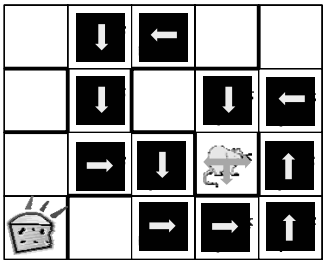
Egér algoritmusa

- Minden cellából először **jobbra**, majd **le**, ezután **balra** és végül **fel** irányokba indul.
- Minden cellában otthagyja a nyomát, azaz azt, hogy onnan merre indult legutoljára.
- Csak olyan cellába lép be, ahol nincs "nyom".
- Ha már nem tud hova lépni, visszalép.

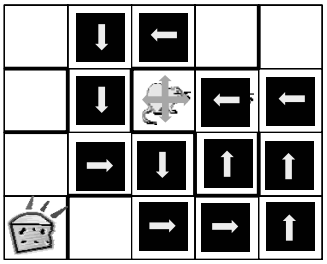
Megtalálja-e az egér a sajtot?



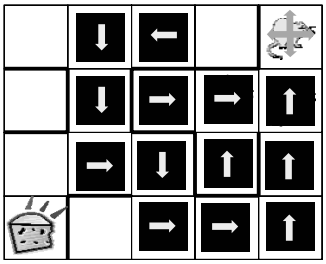
Megtalálja-e az egér a sajtot?



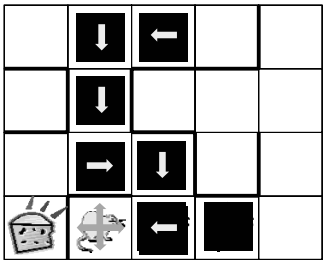
Megtalálja-e az egér a sajtot?



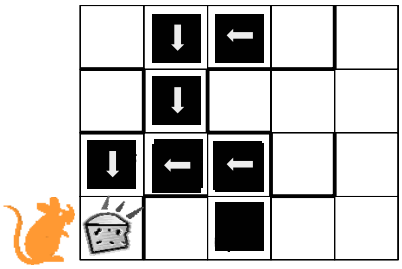
Megtalálja-e az egér a sajtot?



Megtalálja-e az egér a sajtot?



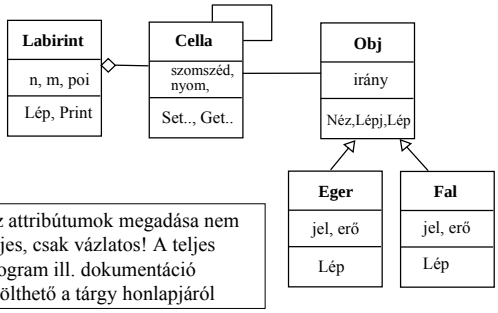
Megtalálja-e az egér a sajtot?



Hogyan modellezhető ?

- Résztvevők, kapcsolatok, tevékenységek
  - labirintus
    - cellákból épül fel
    - a celláknak szomszédai vannak
    - tárolja a rajta álló valamit és annak nyomát
    - megkéri a rajta álló valamit, hogy lépjen
    - kirajzolja az állást
  - egér
    - irány
    - néz
    - lép
  - fal
    - hasonlít az egérhez, de nem lép

Statikus modell



Az attribútumok megadása nem teljes, csak vázlatos! A teljes program ill. dokumentáció letölthető a tárgy honlapjáról

Obj metódusai

```
class Obj {
protected:
   int ir;                  // ebbe az irányba tart most
public:
   Obj() :ir(-1) {};    // kezdő irány
   Obj *Nez(int i, Cella &c, bool b = false);
   void Lepj(int i, Cella &c, bool b = false);
   virtual char Jele() = 0; // jel lekérdzése
   virtual int  Ereje() = 0; // erő lekérdezése
   virtual void Lep(Cella &c); // léptet
   virtual void operator()(Obj*) {}; // ha "megették"
};
```

Eger objektum

```
class Eger :public Obj {
   const int ero;
   const char jel;
public:
   Eger(char j = 'e', int e = 10) :ero(e), jel(j) {}
   char Jele() { return(jel); }          // jele
   int  Ereje() { return(ero); }         //  ereje
   void operator()(Obj *p) {         // meghívódik, ha megették
      cout << "Jaj szegeny " << Jele();
      cout << " megetvett a(z):";
      cout << p->Jele() << " jelu\n";
   }
};
```


Cella objektum /1

```
class Cella {
   int      x, y;        // geometriai koordináták
   Cella   *sz[4];     // szomszédok, ha NULL, akkor nincs
   Obj     *p;          // cella tartalma. URES, ha nincs
   Lista<Labnyom> ny;   // lábnyomok listája
public:
   enum irany {  J, L, B, F }; // nehéz szépen elérni..
   Cella() { SetPos(0, 0); }
   void SetPos(int i, int j);
   void SetSz(int n, Cella *cp) { sz[n] = cp; }// szomszéd
   Cella *GetSz(int n) { return(sz[n]); }
.....
```


Cella objektum /2

```
......
   void SetObj(Obj *a) { p = a;}    // objektum beírása
   Obj *GetObj() { return(p); }     // objektum lekérdezése
   void SetNyom(int n);              // lábnyom beírása
   int GetNyom(const Obj *a);     // lábnyom lekérdezése
   void DelNyom() {ny.Torol(Labnyom(GetObj()));}
}
```


Főprogram (részlet)

```
Labirint lab(4,5);                  // 4 * 5 os labirintus
Eger e1, e2;                        // 2 egér; jele: e
lab.SetObj(2, 3, e1);               // egerek elhelyezése
lab.SetObj(1, 4, e2);
try {
  char ch; lab.Print();             // kiírjuk a labirintust
  while (cin >> noskipws >> ch, ch != 'e') {
    lab.Lep(); lab.Print();         // léptetés
  }
} catch (exception& e) {
   cout << e.what() << endl;
}
```


Labirintus léptetés

- Végig kell járni a cellákat
  - meghívni az ott "lakó" objektum léptetését
- Figyelni kell. hogy nehogy duplán léptessünk. (bejárási sorrend elé lépett)

Obj::lep() /1

```
if (c.GetNyom(this) < 0)      // ha nem volt nyoma, indul
   c.SetNyom(F+1);            // így nem tud visszalépni
  if (++ir <= F) {            // ha van még bejáratlan irány
    if (Obj *p = Nez(ir, c)) { // ha van szomszéd
      if (Ereje() > p->Ereje()) { // ha Ő az erősebb
        (*p)(this);           // meghívjuk a függv. operátorát
        Lepj(ir, c);          // rálépünk (eltapossuk)
        ir = -1;              // most léptünk be: kezdő irány
      }
    }
  } else {
```

Obj::Lep() /2

```
// nincs már bejáratlan irány
    if ((ir = c.GetNyom(this)) > F) {   // kezdő nem lép vissza.
        throw std::logic_error("Kezdo pozicioba jutott");
    } else {                            // visszalépés
      if (Obj *p = Nez(ir, c, true)) {    // lehet, h. van ott valaki
        if (Ereje() > p->Ereje()) {       // Ő az erősebb
          (*p)(this);                 // meghívjuk a függv. operátorát
          Lepj(ir, c, true);        // visszalépünk és eltapossuk
          ir ^= 2;                  // erre ment be (trükk: a szemben
   levő irányok csak a 2-es bitben különböznek)
}}}}
```