Deklaratív programozás

Hanák Péter
hanak@inf.bme.hu

Irányítástechnika és Informatika Tanszék

Szeredi Péter
szeredi@cs.bme.hu

Számítástudományi és Információelméleti Tanszék

KÖVETELMÉNYEK, TUDNIVALÓK

Deklaratív programozás: tudnivalók

- Honlap, levelezési lista
  - Honlap: <http://dp.iit.bme.hu>
  - Levlista: <http://www.iit.bme.hu/mailman/listinfo/dp-l>.
    A listára automatikusan felvesszük a tárgy hallgatóit az ETS-beli címükkel. Címet módosítani csak az ETS-en keresztül lehet.
    A listatagoknak szóló levelet a <dp-l@iit.bme.hu> címre kell küldeni.
    Csak a levlistában szereplő címről küldött levelek jutnak el moderátori jóváhagyás nélkül a listatagokhoz.
- Jegyzetek
  - Szeredi P., Benkő T.: Deklaratív programozás. Bevezetés a logikai programozásba (1000 Ft)
  - Hanák D. Péter: Deklaratív programozás. Bevezetés a funkcionális programozásba (850 Ft)
  - A nyomtatott változat korlátozott számban megvásárolható a SZIT tanszék V2 épületbeli titkárságán a V2.104 szobában, Bazsó Lászlónénál, 10:30-12:00 (hétfő-péntek) és 13:30-15:30 (hétfő-csütörtök)
  - A jegyzetek elektronikus változatban letölthetők a tárgy honlapjáról.

Deklaratív programozás: tudnivalók (folyt.)

Fordító- és értelmezőprogramok

- SICStus Prolog — 3.12 verzió (licensz az ETS-en keresztül kérhető)
- Moscow SML (2.0, szabad szoftver)
- Mindkettő telepítve van a kempelen.inf.bme.hu-n
- Mindkettő letölthető a honlapról (linux, Win95/98/NT)
- Webes gyakorló felület az ETS-ben (ld. honlap)
- Kézikönyvek HTML-, ill. PDF-változatban
- Más programok: swiProlog, gnuProlog, poly/ML, smlnj
- emacs-szövegszerkesztő SML-, ill. Prolog-módban (linux, Win95/98/NT)

Deklaratív programozás: félévközi követelmények

Nagy házi feladat (NHF)

- Programozás mindkét nyelven (Prolog, SML)
- Mindenkinek önállóan kell kódolnia (programoznia)!
- Hatékony (időlimit!), jól dokumentált („kommentezett”) programok
- A két programhoz közös, 5–10 oldalas fejlesztői dokumentáció (PDF, PS, HTML, TXT, LaTeX, TeX; de nem DOC vagy RTF)
- Kiadás a 6. héten, a honlapon, letölthető keretprogrammal
- Beadás a 12. héten; elektronikus úton (ld. honlap)
- A beadáskor és a pontozáskor külön-külön tesztsorozatot használunk (nehézségben hasonlókat, de nem azonosakat)
- A minden tesztesetet hibátlanul megoldó programok *létraversenyen* vesznek részt (hatékonyság, gyorsaság plusz pontokért)

Deklaratív programozás: félévközi követelmények (folyt.)

Nagy házi feladat (folyt.)

- Nem kötelező, de *nagyon* ajánlott!
- Beadható csak az egyik nyelvből is
- A beadási határidőig többször is beadható, csak az utolsót értékeljük
- Pontozása mindkét nyelvből:
  - helyes és időkorláton belüli futás esetén a 10 teszteset mindegyikére 0,5-0,5 pont, összesen max. 5 pont, feltéve, hogy legalább 4 teszteset sikeres
  - a dokumentációra, a kód olvashatóságára, kommentezettségére max. 2,5 pont
  - tehát nyelvenként összesen max. 7,5 pont szerezhető
- A NHF súlya az osztályzatban: 15% (a 100 pontból 15)

Deklaratív programozás: félévközi követelmények (folyt.)

Kis házi feladatok (KHF)

- 2-3 feladat Prologból is, SML-ből is
- Beadás elektronikus úton (ld. honlap)
- Nem kötelező, de *nagyon* ajánlott
- Minden feladat jó megoldásáért 1-1 jutalompont jár

Gyakorló feladatok

- Nem kötelező, de a sikeres ZH-hoz, vizsgához *elengedhetetlen*!
- Gyakorlás az ETS rendszerben (lásd honlap)

Tantermi gyakorlatok

- A keddi előadásokon általában gyakorló feladatokat oldunk meg a hallgatóság bevonásával, és lehetőséget adunk a közérdeklődésre számot tartó kérdések megbeszélésére.

Laboratóriumi konzultációk

- Rendszeres – számítógép melletti – konzultációs lehetőség az órarendi órákon kívül

Deklaratív programozás: félévközi követelmények (folyt.)

Nagyzárthelyi, pótzárthelyi (NZH, PZH, PPZH)

- A zárthelyi kötelező, semmilyen jegyzet, segédlet nem használható!
- 40%-os szabály (nyelvenként a maximális részpontszám 40%-a kell az eredményességhez). Kivétel: a korábban aláírást szerzett hallgató zárthelyin szerzett pontszámát az alsó ponthatártól függetlenül beszámítjuk a félévvégi osztályzatba. A korábbi félévekben szerzett pontokat nem számítjuk be!
- Az NZH a 10. héten, a PZH az utolsó oktatási hetekben lesz
- A PPZH-ra indokolt esetben, ismétlővizsga-jelleggel a vizsgaidőszak első három hetében egyetlen alkalommal adunk lehetőséget
- Az NZH anyaga az első két blokk (nagyjából az 1.-8. hét) tananyaga
- A PZH, ill. a PPZH anyaga azonos az NZH anyagával
- A zárthelyi súlya az osztályzatban: 15% (a 100 pontból 15)
- Több zárthelyi megírása esetén a zárthelyikre kapott pontszámok közül a *legnagyobbat* vesszük figyelembe

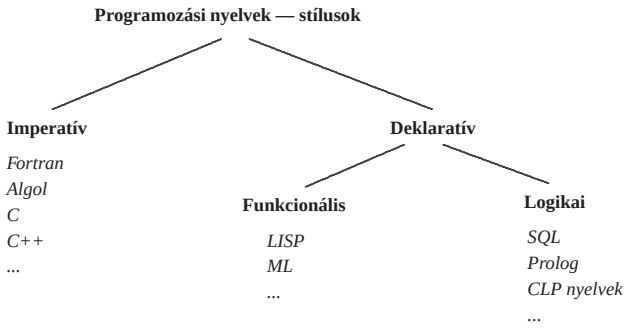
Deklaratív programozás: vizsga

Vizsga

- Vizsgára az a hallgató bocsátható, aki aláírást szerzett a jelen félévben vagy a jelen félévet megelőző négy félévben
- A vizsga szóbeli, felkészülés írásban
- Prolog, SML: több kisebb feladat (programírás, -elemzés) kétszer 35 pontért
- A vizsgán szerezhető max. 70 ponthoz adjuk hozzá a **jelen** félévben félévközi munkával szerzett pontokat: ZH: max. 15 pont, NHF: max. 15 pont, továbbá a pluszpontokat (KHF, létraverseny)
- *Korábbi* félévben szerzett pontokat *nem* számítunk be!
- A vizsgán semmilyen jegyzet, segédlet nem használható, de lehet segítséget kérni
- Ellenőrizzük a nagy házi feladat és a zárthelyi „hitelességét”
- 40%-os szabály (nyelvenként a max. részpontszám 40%-a kell az eredményességhez)
- Korábbi vizsgakérdések a honlapon találhatók

DEKLARATÍV ÉS IMPERATÍV PROGRAMOZÁS

Programozási nyelvek osztályozása



Imperatív és deklaratív programozási nyelvek

- Imperatív program
  - felszólító módú, utasításokból áll
  - változó: változtatható értékű memóriahely
  - C nyelvű példa:

```
int pow(int a, int n) {  // pow(a,n) = a ^ n
  int p = 1;             // Legyen p értéke 1!
  while (n > 0) {        // Amíg n>0 ismételd ezt:
    n = n-1;             //    Csökkentsd n-et 1-gyel!
    p = p*a;    }        //    Szorozd p-t a-val!
  return p;           }  // Add vissza p végértékét
```

- Deklaratív program
  - kijelentő módú, egyenletekből, állításokból áll
  - változó: egyetlen rögzített értékkel bír, amely a programírás idején még ismeretlen
  - SML példa:

```
fun pow(a, n) =
    if n > 0            (* Ha n > 0 *)
      then a*pow(a,n-1) (* akkor a^n = a*a^(n-1) *)
      else 1            (* egyébként a^n = 1 *)
```

Deklaratív programozás imperatív nyelven

- Lehet pl. C-ben is deklaratívan programozni,
  - ha nem használunk: értékadó utasítást, ciklust, ugrást, stb.,
  - amit használhatunk: (rekurzív) függvények, if-then-else
- Példa (a `pow` függvény deklaratív változata a `powd`):

```
/* powd(a,n) = a^n */
int powd(int a, int n) {
  if (n > 0)                  /* Ha n > 0 */
    return a*powd(a,n-1);     /* akkor a^n = a*a^(n-1) */
  else
    return 1;                 /* egyébként a^n = 1 */
}
```

- A (fenti típusú) rekurzió költséges, nem valósítható meg konstans tárigénnyel `:-(`.

Hatékony deklaratív programozás

- A rekurziónak van egy hatékonyan megvalósítható változata
  - Példa: döntsük el, hogy egy `a` természetes szám előáll-e egy `b` szám hatványaként:

```
/* ispow(a,b) = 1 <=> exits i, such that b^i = a. Precondition: a,b
> 0 */
int ispow(int a, int b) {
                                                  /* again: */
  if (a == 1)         return 1;
  else if (a%b == 0)  return ispow(a/b, b);    /* a = a/b; goto again; */
  else                return 0;
}
```

  - Itt a rekurzív hívás a kommentben jelzett értékadásokkal és ugrással helyettesíthető!
  - Ez azért tehető meg, mert a rekurzióból való visszatérés után *azonnal* kilépünk az adott függvényhívásból.
- Az ilyen függvényhívást **jobbrekurzió**nak vagy **terminális rekurzió**nak nevezzük
- A Gnu C fordító megfelelő optimalizálási szint mellett (`gcc -O2`) a rekurzív definícióból is a nem-rekurzív (jobboldali) kóddal azonos kódot generál!

Jobbrekurzív függvények

- Lehet-e jobbrekurzív kódot írni a hatványozási (`pow(a,n)`) feladatra?
  - A gond az, hogy a rekurzióból „kifelé jövet” már nem csinálhatunk semmit,
  - tehát a végeredménynek az utolsó hívás belsejében elő kell állnia!
  - A megoldás: segédfüggvény definiálása, amelyben további, ún. gyűjtőargumentumokat helyezünk el.
- A `pow(a,n)` jobbrekurzív megvalósítása:

```
/* Segédfüggvény: powa(a, n, p) = p*a^n */
int powa(int a, int n, int p) {
  if (n > 0)
    return powa(a, n-1, p*a);
  else
    return p;
}

int powr(int a, int n){
  return powa(a, n, 1);
}
```


Cékla: A „Cé” nyelv egy deKLAratív része

- Megszorítások:
  - Típusok: csak `int`
  - Utasítások: `if-then-else`, `return`, blokk
  - Feltétel-rész: `(` ⟨kif⟩ ⟨hasonlító-op⟩ ⟨kif⟩ `)`
    - ⟨hasonlító-op⟩: `< | > | == | \= | >= | <=`
  - kifejezések: változókból és számkonstansokból kétargumentumú operátorokal és függvényhívásokkal épülnek fel
    - ⟨aritmetikai-op⟩: `+ | - | * | / | % |`
- Egy Cékla fordító letölthető a tárgy honlapjáról.

A Cékla nyelv szintaxisa

- A szintaxist BNF jelöléssel adjuk meg, kiterjesztés:
  - ismétlés (0, 1, vagy többszöri ismétlés): `«ismétlendő»...` vagy `[«ismétlendő»]...`
- A program szintaxisa

```
<program> ::=              <function_definition> ...
<function_definition> ::=  <head> <block>
<head> ::=                 <type> <identifier> (<formal_args>)
<type> ::=                 int
<formal_args> ::=          <formal_arg>[, <formal_arg>]... | <empty>
<formal_arg> ::=           <type> <identifier>
<block> ::=                { <declaration>... <statement>...}
<declaration> ::=          <type> <declaration_elem> <declaration_elem>...;
<declaration_elem> ::=     <identifier> = <expression>
```


Cékla szintaxis: folytatás

- Utasítások szintaxisa

```
<statement> ::=            if <test> <statement> <optional_else_part>
                         | <block>
                         | return <expression> ;
                         | ;
<optional_else_part> ::=   else <statement> | <empty>
<test> ::=                 (<expression> <comparison_op> <expression>)
```

- Kifejezések szintaxisa

```
<expression> ::=           <term> [<additive_op> <term>]...
<term> ::=                 <factor> [<multiplicative_op> <factor>]...
<factor> ::=               <identifier>
                         | <identifier> (<actual_args>)
                         | <constant>
                         | (<expression>)
<constant> ::=             <integer>
<actual_args> ::=          <expression> [, <expression>]... | <empty>
<comparison_op> ::=        < | > | == | \= | >= | <=
<additive_op> ::=          + | -
<multiplicative_op> ::=    * | / | %
```


Számkonverzió Cékla nyelven

- A feladat: Egy 0 és 1023 közé eső *num* egész számot egy olyan 10-jegyű decimális számmá kell konvertálni, amely csak a 0 és 1 jegyekből áll, úgy, hogy ha ezt a 0-1 sorozatot bináris számként olvassuk ki, akkor a *num* értéket kapjuk, pl. `bin(5) = 101, bin(37) = 100101`.
- Megoldás (imperatív) C-ben és Céklában:

```
int bin(int num) {
  int bp = 512;
  int dp = 1000000000;
  int bin = 0;
  while (bp > 0) {
    if (num >= bp) {
      num = num-bp;
      bin = bin+dp;
    }
    bp = bp / 2;
    dp = dp / 10;
  }
  if (num > 0)
    return -1;
  else
    return bin;
}
```

```
int bina(int num,
         int bp,
         int dp,
         int bin) {
       if (bp > 0) {
         if (num >= bp)
           return bina(num-bp,bp/2,dp/10,bin+dp);
         else
           return bina(num,   bp/2,dp/10,bin);
         }
         if (num > 0)
           return -1;
         else
           return bin;
      }
int bind(int num) {
  return bina(num, 512, 1000000000, 0); }
```


Deklaratív programozási nyelvek — a Cékla tanulságai

- Mit vesztettünk?
  - a megváltoztatható változókat,
  - az értékadást, ciklus-utasítást stb.,
  - általánosan: a megváltoztatható állapotot
- Hogyan tudunk mégis állapotot kezelni deklaratív módon?
  - az állapotot a (segéd)függvény paraméterei tárolják,
  - az állapot változása (vagy helybenmaradása) explicit!
- Mit nyertünk?
  - Állapotmentes szemantika: egy nyelvi elem értelme nem függ a programállapottól
    - Hivatkozási átlátszóság (referential transparency) — pl. ha $f(x) = x^2$, akkor $f(a)$ **helyettesíthető** a^2-tel.
    - Egyszeres értékadás (single assignment) — párhuzamos végrehajthatóság.
  - A deklaratív programok **dekomponálhatók**:
    - A program részei egymástól **függetlenül** megírhatók, tesztelhetők, verifikálhatók.
    - A programon könnyű következtetéseket végezni, pl. helyességét bizonyítani.

Deklaratív programozási nyelvek — jelmondat

- MIT és nem HOGYAN (WHAT rather than HOW): a *megoldás módja* helyett inkább a megoldandó *feladat leírását* kell megadni
- A gyakorlatban mindkét szemponttal foglalkozni kell — kettős szemantika:
  - deklaratív szemantika — MIT (milyen feladatot) old meg a program;
  - procedurális szemantika — HOGYAN oldja meg a program a feladatot.

Deklaratív programozás — miért tanítjuk?

- Új, magasszintű programozási elemek
  - rekurzió
  - mintaillesztés
  - visszalépéses keresés
- Új gondolkodási stílus
  - dekomponálható programok: a programrészek (relációk, függvények) önálló jelentéssel bírnak
  - verifikálható programok: a kód és a jelentés összevethető
- Új alkalmazási területek
  - szimbolikus alkalmazások
  - következtetési módszerekre épülő megoldások
  - nagyfokú megbízhatóságot igénylő rendszerek
  - párhuzamosság, pl. többmagú processzorok!

Egy példa: párbeszéd egy 50 soros Prolog programmal

```
| ?- párbeszéd.
|: Magyar legény vagyok én.
Felfogtam.
|: Ki vagyok én?
Magyar legény
|: Péter kicsoda?
Nem tudom.
|: Péter tanuló.
Felfogtam.
|: Péter jó tanuló.
Felfogtam.
|: Péter kicsoda?
tanuló
jó tanuló
|: Boldog vagyok.
Felfogtam.
```

```
|: Te egy Prolog program vagy.
Felfogtam.
|: Ki vagyok én?
Magyar legény
Boldog
|: Okos vagy.
Felfogtam.
|: Te vagy a világ közepe.
Felfogtam.
|: Ki vagy  te?
egy Prolog program
Okos
a világ közepe
|: Valóban?
Nem értem.
|: Unlak.
Én is.
```