Programowanie deklaratywne

Artur Michalski
Informatyka II rok

Plan wykładu

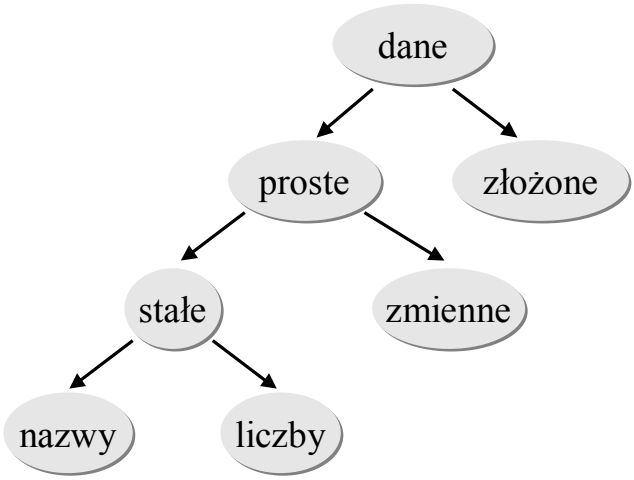
- Wprowadzenie do języka Prolog
- *Budowa składniowa* i interpretacja programów prologowych
- Listy, operatory i operacje arytmetyczne
- Sterowanie mechanizmem nawrotów
- Predefiniowane procedury prologowe
- Styl i technika programowania w Prologu

Budowa składniowa i znaczenie programów w Prologu

- Reprezentacja danych w Prologu
- Mechanizm uzgadniania (ang. *unification*)
- Związki języka Prolog z logiką formalną
- Podsumowanie

Reprezentacja danych w Prologu

Klasyfikacja rodzajów danych w Prologu



Reprezentacja danych w Prologu

- ***Atomy*** - składają się z:
  - dużych liter: A, B, ..., Z
  - małych liter: a, b, ..., z
  - cyfr: 0, 1, ..., 9
  - znaków specjalnych: +-*/<>=:.&_~
- i są ciągami:
  - liter, cyfr i znaków podkreślenia (zaczynającymi się od małej litery): anna, x12, y_, _z, a_b
  - znaków specjalnych: <--->, ===>, .:.
  - lub napisami: ‘Ania’, ‘co to’, ‘kto_to’

Reprezentacja danych w Prologu

- ***Zmienne*** - ciągi liter, cyfr i znaków podkreślenia zaczynające się od dużej litery lub podkreślenia
- Zmienna anonimowa - tylko znak podkreślenia

Przykład

```
ma_dziecko(X) :- rodzic(X,Y).
```

ponieważ konkluzja klauzuli nie zależy od wartości zmiennej **`Y`** , można ją zastąpić przez zmienną nie posiadającą identyfikatora tzw. *zmienną anonimową:*

```
ma_dziecko(X) :- rodzic(X,_).
```

Reprezentacja danych w Prologu

Zmienna anonimowa c.d.

Każde wystąpienie zmiennej anonimowej w danej klauzuli reprezentuje inną zmienną

Przykład

```
ktos_ma_dziecko :- rodzic(_,_).
```

jest równoważne:

```
ktos_ma_dziecko :- rodzic(X,Y).
```

a nie:

```
ktos_ma_dziecko :- rodzic(X,X).
```

Reprezentacja danych w Prologu

Jeśli zmienna anonimowa zostanie użyta w pytaniu, jej wartość *nie zostanie* wyświetlona:

Przykład
Które osoby mają dzieci (bez wskazywania samych dzieci)?
Zapis w Prologu:

```
?- rodzic(X,_).
```

Odpowiedź:

```
X = tomek;
...
```

Reprezentacja danych w Prologu

Zasięg leksykalny zmiennej (identyfikatora) ograniczony jest tylko do jednej klauzuli:

Przykład

```
ma_dziecko(X) :- rodzic(X,_).
dziecko(X,Y) :- rodzic(Y,X).
```

zmienna **X** oznacza inną zmienną w każdej z klauzul, czyli:

```
ma_dziecko(X1) :- rodzic(X1,_).
dziecko(X2,Y) :- rodzic(Y,X2).
```

Reprezentacja danych w Prologu

- Dane złożone (strukturalne) - dane, które składają się z kilku elementów, tworzących jeden obiekt; w szczególności składowymi *struktury* mogą być również dane złożone
- Dane złożone tworzone są za pomocą *funktora* i *argumentów* traktowanych razem jako jeden obiekt programu

Przykład

Zapis daty w Prologu

```
date(1,october,2000)
```

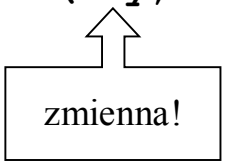
Reprezentacja danych w Prologu

Składowymi (argumentami) danych złożonych (strukturalnych) mogą być zarówno *stałe*, jak i *zmienne* prologowe:

Przykład

Dowolny dzień marca 2000 roku:

```
date(Day,march,2000)
```

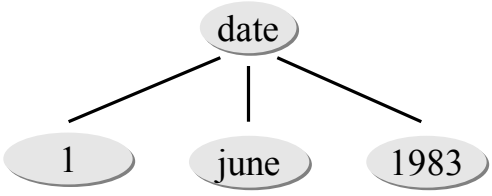


Reprezentacja danych w Prologu

Wszystkie dane strukturalne w Prologu mogą być reprezentowane za pomocą *drzew*, którego korzeniem jest funktor a węzłami potomnymi - jego argumenty

Przykład

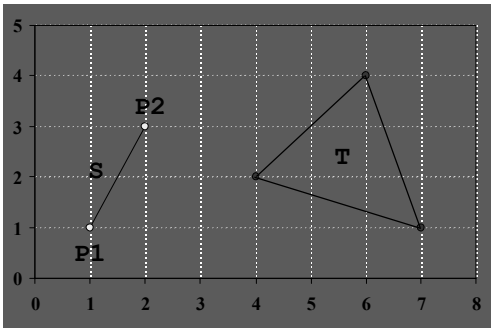
```
date(1,june,1983)
```



Reprezentacja danych w Prologu

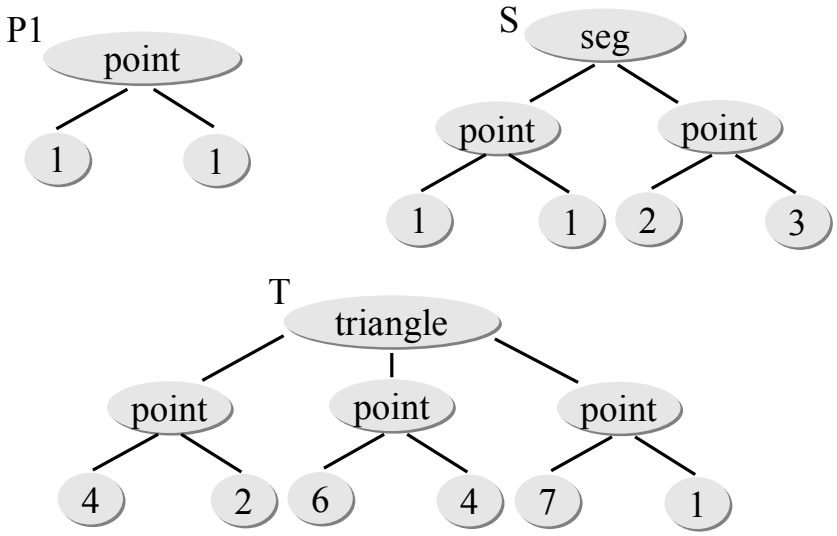
Przykład reprezentacji danych strukturalnych

`P1` jako **`point(1,1)`**
`P2` jako **`point(2,3)`**
`S` jako **`seg(P1,P2)`** czyli **`seg(point(1,1),point(2,3))`**
`T` jako **`triangle(point(4,2),point(6,4),point(7,1))`**



Reprezentacja danych w Prologu

Drzewiasta reprezentacja tych danych



Reprezentacja danych w Prologu

Dane strukturalne określone są zarówno przez nazwę funktora, jak i liczbę argumentów tzw. *arność*. Oznacza to, iż dwa funktory o tej samej nazwie, lecz innej arności są różnymi obiektami.

Przykład

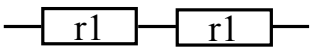
Punkt w przestrzeni 2-wymiarowej:
`point(7,3)` ← funktor i 2 argumenty

punkt w przestrzeni 3-wymiarowej:
`point(7,3,1)` ← funktor i 3 argumenty

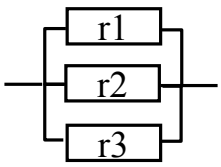
Reprezentacja danych w Prologu

Inny przykład zastosowania struktur

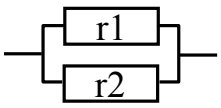
`seq(r1,r2)`



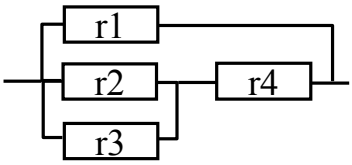
`par(r1,par(r2,r3))`



`par(r1,r2)`



`par(r1,seq(par(r2,r3),r4))`



Reprezentacja danych w Prologu

Pojęcie formalne termu

Do termów zaliczamy:

- stałe i zmienne prologowe
- struktury reprezentowane za pomocą funktorów o dowolnej arności, których argumentami są inne termy

Mechanizm uzgadniania (ang. *unification*)

O uzgodnieniu dwóch termów mówimy wtedy, gdy:

- termy są *identyczne* lub,
- zmienne zawarte w obu termach mogą przyjąć wartości, dla których termy te staną się identyczne

Przykład

Termy: **`date(D,M,1993)`** i **`date(D1,may,Y1)`**
można uzgodnić, gdy:
`D` przyjmie wartość **`D1`**
`M` przyjmie wartość **`may`**
`Y1` przyjmie wartość **`1993`**

Mechanizm uzgadniania (ang. *unification*)

Proces uzgadniania może zakończyć się *porażką* , kiedy nie istnieje żadne możliwe podstawienie zmiennych, które spowodowałoby, iż termy będą identyczne.

Przykład

Termów: **`date(D,M,1993)`** i **`date(D1,M1,1644)`** nie można dopasować, bo: **`1993`** i **`1644`**, to różne stałe numeryczne.
Podobnie **`date(X,Y,Z)`** i **`point(X,Y,Z)`**, bo: **`date`** i **`point`**, to różne funktory.

Mechanizm uzgadniania (ang. *unification*)

Operator uzgadniania w Prologu oznaczany jest znakiem '='. Proces uzgadniania może być *jawnym* elementem zapytań i kodu programu prologowego.

Przykład

```
?- date(D,M,1993)=date(D1,may,Y1).
```

można uzgodnić, gdy: **`D=1,D1=1,M=may,Y1=1993`** albo **`D=third,D1=third,M=may,Y1=1993`** albo **`...`**
lecz podstawienia te nie są *najogólniejsze*, w przeciwieństwie do:
`D=D1,M=may,Y1=1993`

Mechanizm uzgadniania (ang. *unification*)

Mechanizm uzgadniania w Prologu zawsze wyznacza *najogólniejszy możliwy unifikator*, tzn. taki zbiór podstawień zmiennych, który w najmniejszym możliwym stopniu ogranicza zbiór wartości zmiennych.

Przykład

```
?- date(D,M,1993)=date(D1,may,Y1),
   date(D,M,1993)=date(15,M,Y).
```

najpierw: `D=D1` `M=may` `Y1=1993`

ostateczny rezultat: `D=15` `D1=15` `M=may` `Y1=1993` `Y=1993`

Mechanizm uzgadniania (ang. *unification*)

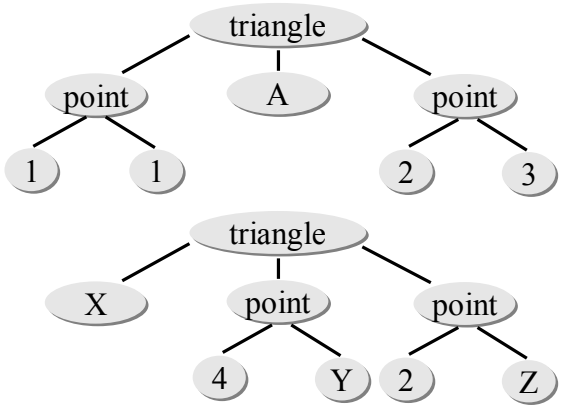
Przebieg procesu uzgadniania termów S i T w Prologu:

- Jeżeli dwa termy S i T, są stałymi, to uzgodnienie zachodzi, gdy są identyczne,
- Jeżeli S jest zmienną a T dowolnym termem, to uzgodnienie zachodzi, gdy S przypiszemy wartość T; podobnie w sytuacji odwrotnej, kiedy T jest zmienną, a S dowolnym termem, to uzgodnienie zajdzie, gdy T przypiszemy wartość S
- Jeżeli S i T są obiektami złożonymi, to uzgodnienie zachodzi, gdy:
  - S i T mają ten sam funktor, i
  - zachodzi uzgodnienie pomiędzy wszystkimi ich składowymi

  Ostateczny rezultat zależy wtedy od uzgodnienia poszczególnych składowych - jest złożeniem ich uzgodnień .

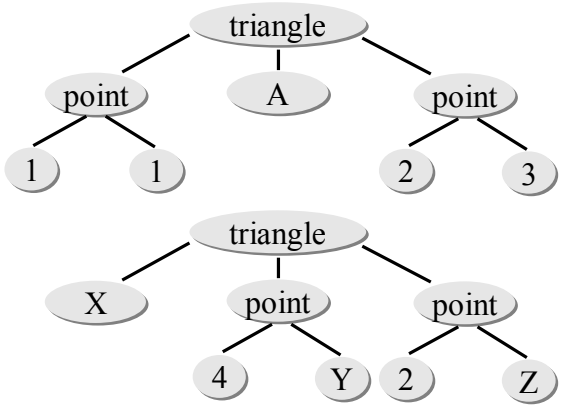
Mechanizm uzgadniania (ang. *unification*)

```
?- triangle(point(1,1),A,point(2,3))=
triangle(X,point(4,Y),point(2,Z)).
```



Mechanizm uzgadniania (ang. *unification*)

Proces uzgadniania przebiega *rekurencyjnie* od korzenia do liści struktur drzewiastych, reprezentujących dopasowywane termy.



Mechanizm uzgadniania (ang. *unification*)

Proces uzgadniania przebiega od korzenia do liści struktur drzewiastych, reprezentujących dopasowywane termy.

Poszczególne etapy procesu uzgadniania:

`triangle=triangle`,

`point(1,1)=X`,

`A=point(4,Y)`,

`point(2,3)=point(2,Z)`.

Sukces uzgodnienia końcowego wynika z udanych uzgodnień poszczególnych składowych termów:

```
X=point(1,1)
A=point(4,Y)
Z=3
```

Mechanizm uzgadniania (ang. *unification*)

Proces uzgadniania może być wykorzystany sam w sobie do przeprowadzenia pewnych „obliczeń”.

Przykład

Sprawdzenie czy odcinek jest pionowy, czy też poziomy?

Zapis własności za pomocą klauzul w Prologu:

```
vertical(seg(point(X,Y1),point(X,Y2))).
horizontal(seg(point(X1,Y),point(X2,Y))).
```

Zapytanie w Prologu:

```
?- vertical(seg(point(1,1),point(1,2))).
Yes
?- horizontal(seg(point(1,1),point(2,Y))).
Y=1
```

Mechanizm uzgadniania (ang. *unification*)

Zapytanie bardziej ogólne:

Czy istnieje odcinek pionowy zaczynający się w punkcie (2,3)?

```
?- vertical(seg(point(2,3),P)).
P=point(2,Y)
```

Zapytanie jeszcze ogólniejsze:

Czy istnieje odcinek zarówno pionowy, jak i poziomy?

```
?- vertical(S),horizontal(S).
S=seg(point(X,Y),point(X,Y))
```

odpowiedź jest twierdząca, gdyż każdy odcinek „zdegenerowany" do punktu jest zarówno pionowy, jak i poziomy.

Związki języka Prolog z logiką formalną

Podstawowe pojęcia

- logika predykatów I rzędu
- klauzule Horn'a
- skolemizacja
- zasada rezolucji
- pojęcie najogólniejszego unifikatora (MGU)
- mechanizm unifikacji (uzgadniania)

Podsumowanie

- Proste obiekty w Prologu to *atomy,stałe*, *zmienne*. Obiekty proste i złożone (strukturalne) to *termy*.
- Termy składają się z *funktora* (*operatora*, *symbolu funkcyjnego*), określonego przez nazwę i arność oraz jego argumentów
- Typ obiektu jest rozpoznawany jedynie w oparciu o jego budowę składniową (brak mechanizmu deklaracji)
- Zakresem leksykalnym zmiennej jest jedna klauzula, zatem zmienne o tej samej nazwie w różnych klauzulach są różne
- Termy można reprezentować w postaci drzew, zaś ich przetwarzanie traktować jako przetwarzanie struktur drzewiastych

Podsumowanie

- Proces uzgadniania polega na sprawdzeniu czy dwa termy są identyczne lub stwierdzeniu dla jakich podstawień zmiennych termy będą takie same
- Jeżeli proces uzgadniania zmiennych zakończy się sukcesem, to w wyniku otrzymujemy *najogólniejsze* możliwe podstawienia zmiennych