Universidade de Aveiro

Inteligência Artificial
(LEI)

Noções de Programação Declarativa

Ano lectivo 2015/2016
Regente: Luís Seabra Lopes

Programação Declarativa

- Os principais paradigmas de programação declarativa são:
  - Programação funcional
    - baseado no cálculo-lambda
    - a entidade central é a função
  - Programação em lógica
    - baseado na lógica de primeira ordem
    - a entidade central é o predicado

Paradigma imperativo

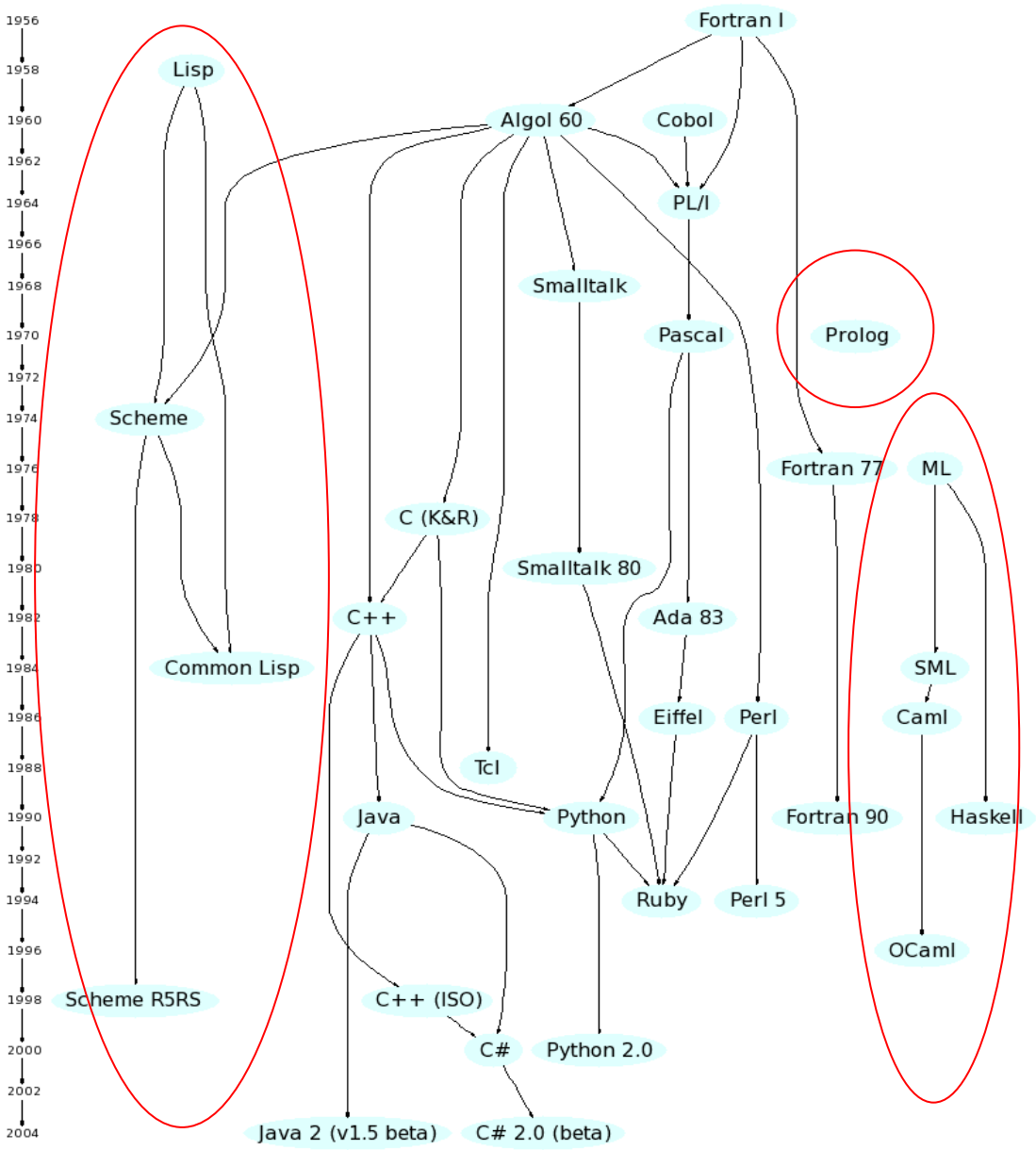
- O fluxo de operações é explicitamente sequenciado
  - Noções de "instrução" e "sequência de instruções"
- Memória
  - Há alterações ao conteúdo da memória (instruções de afectação/atribuição)
  - Pode haver variáveis globais
- Análise de casos: if-then-else, switch/case ...
- Processamento iterativo: while, repeat, for, …
- Sub-programas: procedimentos, funções

Paradigma declarativo

	Funcional	Lógico
Fundamentos	Lambda calculus	Lógica de primeira ordem
Conceito central	Função	Predicado
Mecanismos	Aplicação de funções Unificação uni-direccional Estruturas decisórias	Inferência lógica (resolução SLD) Unificação bi-direccional
Programa	Um conjunto de declarações de funções e estruturas de dados	Um conjunto de fórmulas lógicas (factos e regras)

Programação Declarativa - História

- 1957 - FORTRAN - A primeira linguagem de programação (desenhada na IBM por John Backus)
  - É uma linguagem imperativa
  - Este paradigma foi sendo aperfeiçoado, dando sucessivamente origem a linguagens como Algol (1960), Pascal (1971) e C (1972).
- 1960 - LISP - Inventada por John McCarty, como linguagem para processamento simbólico em problemas de inteligência artificial
- 1970 – Prolog – Inventada por Colmerauer na Univ. Marselha
- 1978 - ML - Desenhada por Robin Milner, como linguagem de comandos para um sistema de prova da correcção de programas
- 1995 – Mercury –Linguagem que integra os paradigmas lógico e funcional, desenvolvida na Univ. Melbourne


1956
1958
1960
1962
1964
1966
1968
1970
1972
1974
1976
1978
1980
1982
1984
1986
1988
1990
1992
1994
1996
1998
2000
2002
2004
Fortran I
Lisp
Algol 60
Cobol
PL/I
Smalltalk
Pascal
Prolog
Scheme
Fortran 77
ML
C (K&R)
Smalltalk 80
C++
Ada 83
Common Lisp
SML
Eiffel
Perl
Caml
Tcl
Python
Fortran 90
Haskell
Java
Ruby
Perl 5
OCaml
Scheme R5RS
C++ (ISO)
C#
Python 2.0
Java 2 (v1.5 beta)
C# 2.0 (beta)

Programação Funcional

- Possibilidade de definir funções localmente e sem nome
- Em Lisp:
  - ((lambda (x) (+ (* 2 x) 1)) 6)
  - Resultado: 13
- Em Caml:
  - (fun x -> 2*x+1) 6
  - Equivalente à anterior

Programação em Lógica

- Um programa é uma teoria sobre um domínio
- Exemplo:
  - homem(socrates).
    mortal(X) :- homem(X).
- Pergunta:
  - ?- mortal(socrates).
    Yes

Recursividade “omnipresente”

Caml

```
let rec fact(n) =
  if (n=0)
     then 1
     else n*fact(n-1);;
```

Prolog

```
fact(0,1).
fact(N,FactN):-
      M is N-1,
      fact(M,FactM),
      FactN is N*FactM.
```

C

```
int fact(int n)
{
   if  (n==0) return 1;
   else return n*fact(n-1);
}
```

C (iterativo)

```
int fact(int n)
{
  int f=1, i;
  for(i=1; i<=n ; i++)
    f=f*i;
  return f;
}
```

Atitude do programador

- A programação declarativa, dada a sua elevada expressividade, é pouco compatível com aproximações empíricas (ou "tentativa-e-erro") à programação.
- Convem pensar bem na estrutura do programa antes de começar a digitar
- Aconselham-se os seguintes passos:
  - Perceber o problema
  - Desenhar o programa
  - Escrever o programa
  - Rever e testar

Programação funcional - Características

- A entidade central é a função
- A noção de função é directamente herdada da matemática (*ao contrário, nas linguagens imperativas, o que se chama função é por vezes algo muito diferente de uma função matemática*)
- A estrutura de controlo fundamental é a "aplicação de funções"
- A noção de "tipo da função" captura a noção matemática de domínio (de entrada e de saída)
- Os elementos dos domínios de entrada e saída podem por sua vez ser funções

Origens da Programação Funcional

- Origem na disciplina da lógica matemática, relacionada com o estudo da computabilidade de funções
- 1930 - Alonzo Church inventa o *λ-calculus* (Cálculo Lambda), um sistema formal para descrever funções computáveis
- Já na era do computador, o conceito de função computável tomou o sentido de "função que pode ser implementada através de um programa de computador".
- O Cálculo-Lambda permite definir a semântica das linguagens de programação

Função

- Tem valores de entrada (domínio) e valores de saída (contra-domínio)

Lambda Calculus

- Sistema formal
  - Alonzo Church e Stephen Cole Kleene em ~1930
- Definir formalmente
  - Funções, aplicação de funções, recursividade
- A mais pequena linguagem universal
  - Tudo o que pode ser programado tem equivalente em Lambda calculus
  - Equivalente à máquina de Turing
- Permite provar matematicamente correcção de programas

LISP

- LISP = LISt Processing
- Das linguagens de programação que tiveram grande divulgação, LISP é a segunda mais antiga
- Listas são usadas para representar quer os dados quer os programas
- A ideia central é a de "aplicação de funções"
- Uso intensivo de funções recursivas
- Permite a definição de funções de ordem superior
- Tem estruturas de decisão condicional
- Não tem um sistema de tipos

ML

- ML (= MetaLanguage) - começou por ser uma linguagem de interface para um sistema de prova da correcção de programas
- É essencialmente o formalismo do cálculo-lambda com uma sintaxe mais agradável
- Argumentos avaliados antes da respectiva passagem para o interior da função (*call-by-value*)
- Principais dialectos:
  - SML (= Standard ML) – 1984 – Bell Labs, em cooperação com Edimburgo, Cambridge e INRIA, sob a direcção de Robin Milner
  - Caml – 1987 - desenvolvida no INRIA (França)

Miranda, Haskel

- Constituem um grupo à parte dentro das linguagens funcionais
- Os argumentos são passados não avaliados para o interior das funções – só são avaliados se forem necessários (*lazzy evaluation*)
- Principais linguagens:
  - Miranda (1985)
  - Haskel (1990)

Programação em Lógica

- Um programa numa linguagem baseada em lógica representa uma teoria sobre um problema
- Um programa é uma sequência de frases ou fórmulas representando
  - *factos* - informação sobre objectos concretos do problema / domínio de aplicação
  - *regras* - leis gerais sobre esse problema / domínio
- Implicitamente
  - as frases estão reunidas numa grande conjunção, e
  - cada frase está quantificada universalmente.
- Portanto, ***programação declarativa***.

A linguagem Prolog

- 'Prolog' é acrónimo de 'Programação em Lógica'
- Desenvolvida circa 1970 em Marselha (Colmerauer) e Edimburgo (Kowalski, Pereira, Warren)
- Execução de um programa Prolog é dirigida pela informação necessária para resolver um problema e não pela ordem das instrucções de um programa
  - Um programa Prolog começa com uma pergunta (query)
- Mecanismos centrais:
  - unificação,
  - estruturas de dados baseadas em listas e árvores,
  - procura automática de alternativas

Prolog - programas

- Factos são fórmulas atómicas, ou seja, fórmulas que consistem de um único predicado. Exemplos:
  - lecciona(lsl, iia).
    mulher(joana).
    aluno(alfredo,ect,ua).
- As regras são implicações com um único consequente e um ou mais antecedentes. Exemplo:
  - professor(X) :- lecciona(X,Y).
  - Isto é equivalente à seguinte frase em lógica
    $\forall x\ (\exists y\ \text{Lecciona}(x,y)) \Rightarrow \text{Professor}(x)$
- Sintaxe
  - Constantes começam com minúscula
  - Variáveis começam com maiúscula ou '_'