Сошников Дмитрий Валерьевич
к.ф.-м.н., доцент
dmitryso@microsoft.com

Логическое программирование

Факультет Прикладной математики и физики
Кафедра Вычислительной математики и программирования
Московский авиационный институт (государственный технический университет)

Обо мне

- Майкрософт Россия, академический евангелист
- Кандидат физ.-мат. наук
  - Распределенные интеллектуальные системы с явным представлением знаний
  - Интеллектуальная реструктуризация социальных сетей на основе онтологий
  - Семантически-ориентированые системы (Semantic Wiki)
- Кафедра Вычислительной математики и программирования МАИ (доцент)
  - Логическое программирование
  - Искусственный интеллект
  - Студенческая лаборатория MAILabs (www.mailabs.ru)
- ФИВТ

http://blogs.gotdotnet.ru/personal/sos

Лекция 1

Что такое логическое программирование?

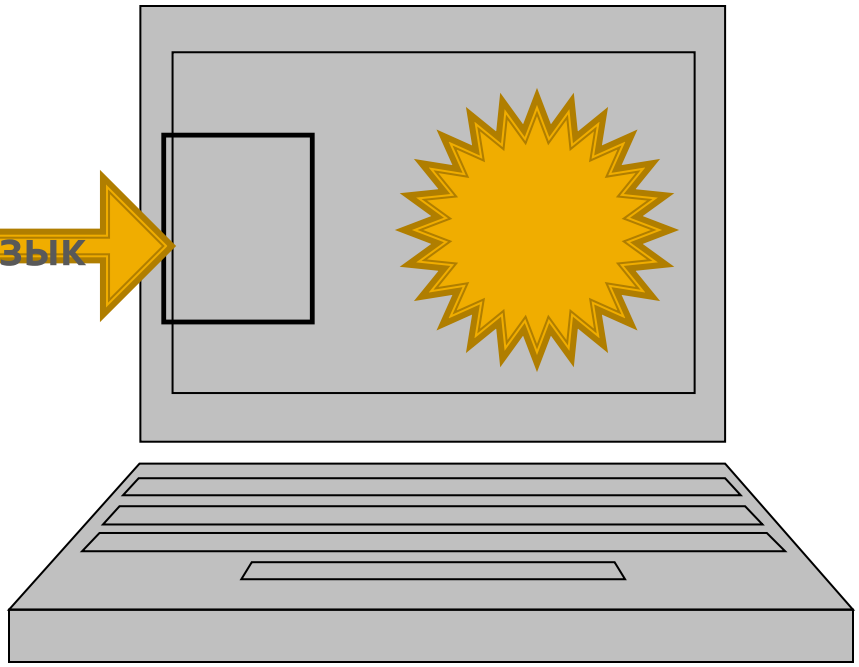
Мечта человечества

Возможно ли это?

- Тест Тьюринга – подробнее в курсе ИИ
- Проблемы:
  - Неоднозначность человеческого языка
  - При коммуникации мы полагаемся на картину мира, которая есть у нас в голове (common knowledge)

Потенциальный способ реализации

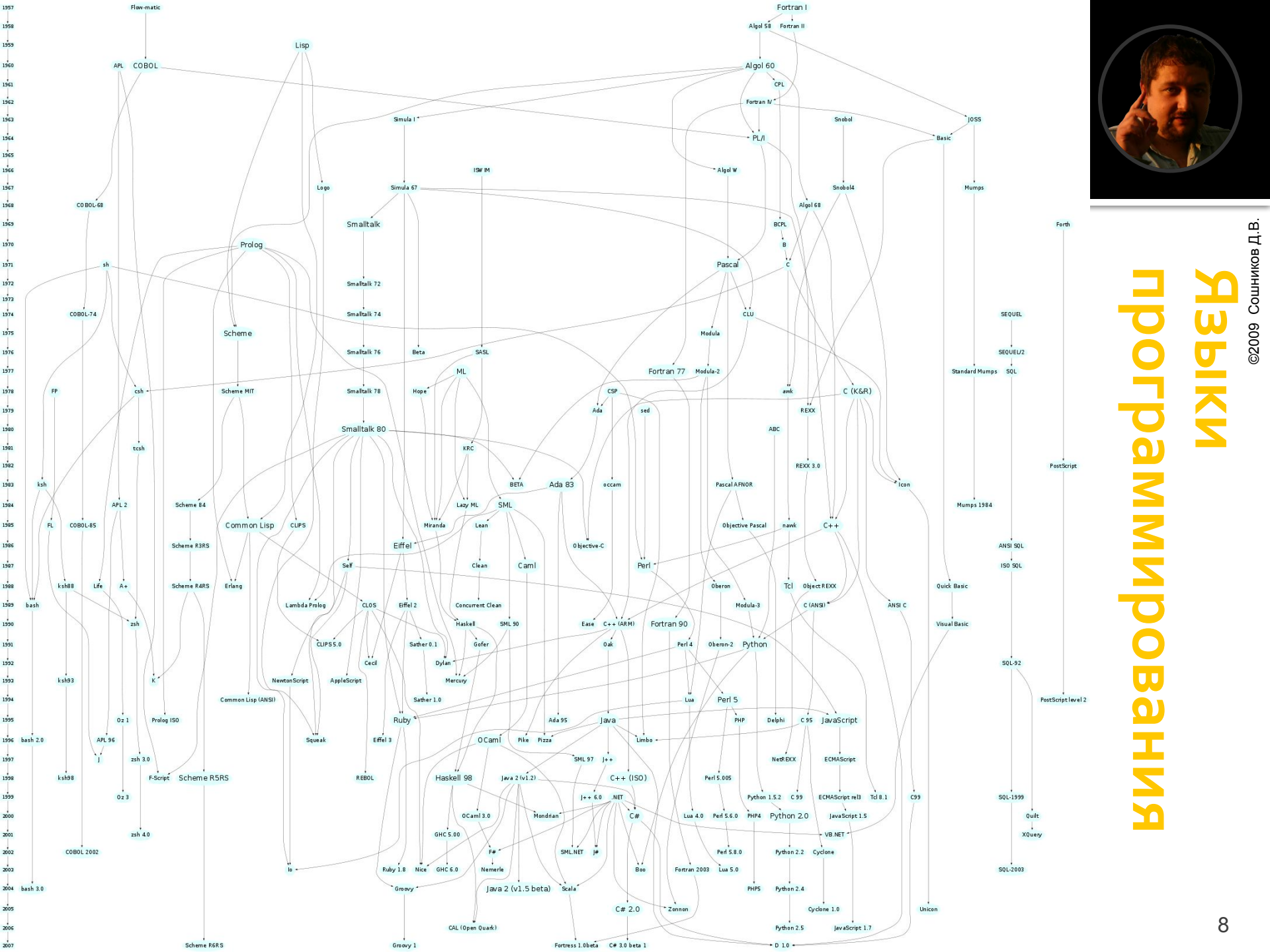
Формальный язык



Какие языки программирования вы знаете?

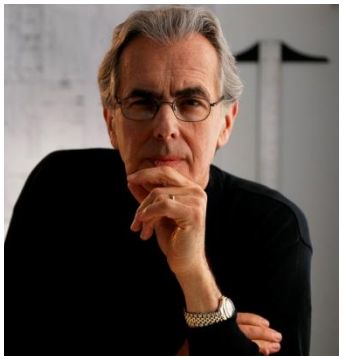
- Assembler (x86, …)
- C, C++, C#, Java
- Pascal
- …

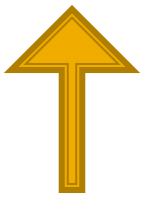
- Brainfuck?
- FORTH?
- LISP, FP, ML, Haskell, OCaml, F#, …
- Prolog, Mercury, Datalog, …

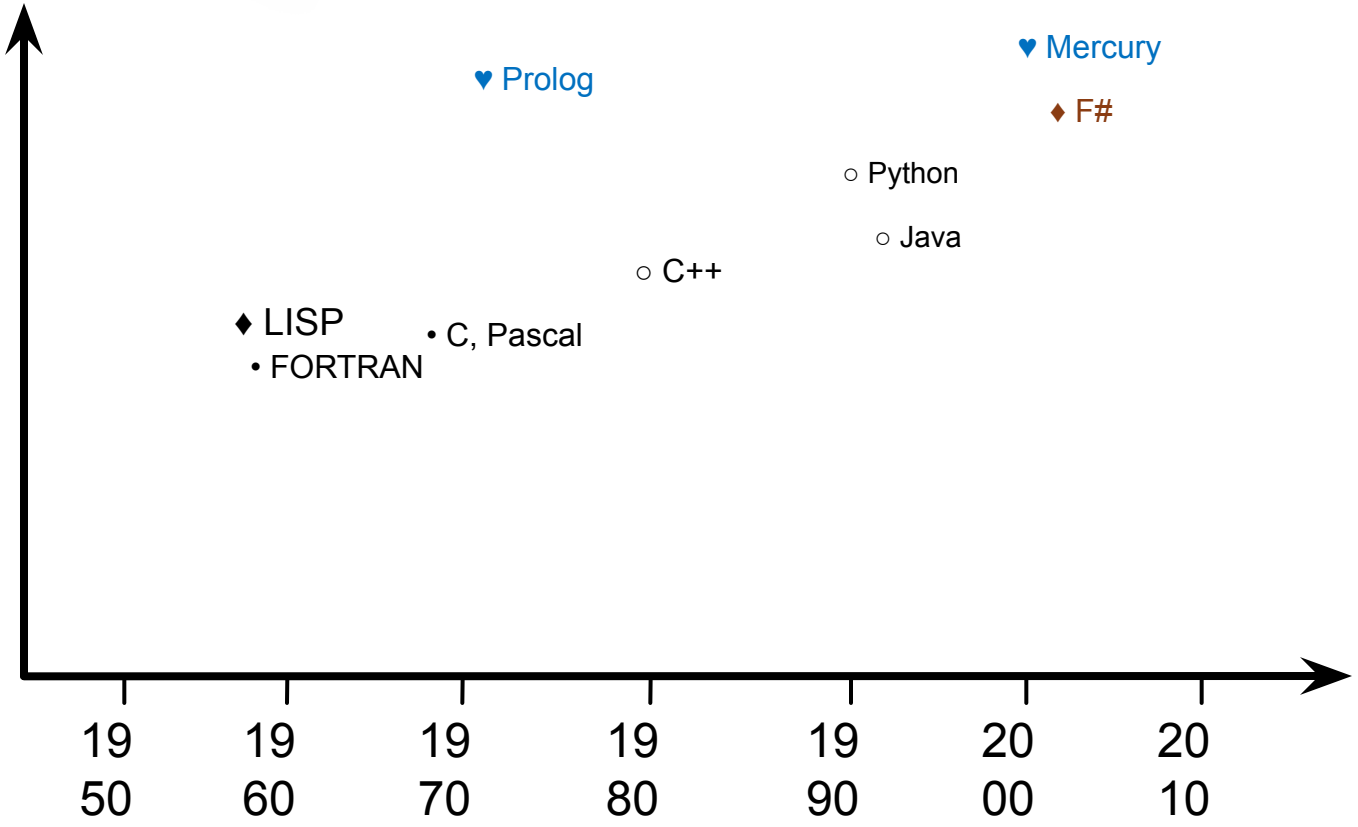


Языки программирования

Программирование вчера и сегодня







Обратимся к истории

1954-57 г., Дж.Бэкус

- FORTRAN
- язык ассемблера
- машинные коды
- программирование переключателей

```
0000   0A 12 1F 4B C3 E0 EE F1
0008   C3 1D 23 17 F2 00 0C 0D
0010   …
```

```
      MOV   AX, [ARG1]
      ADD   AX, [ARG2]
      MOV   [RES], AX
      JMP   NEXT
ARG1:       DB    10
ARG2:       DB    20
RES: DB     0
NEXT:       …
```

```
            S = 0
            DO 10 I=1,10
            S = S + I*I
10          CONTINUE
```

1950 1960 1970 1980 1990 2000 2010

- Первый язык программирования высокого уровня – ФОРТРАН – был создан Дж.Бэкусом, чтобы математики могли программировать на уровне формул.

Программирования для математиков


```
def fac = eq 0 →1;
*○[id,fac○(-○ [id,1])]
```

1958 г., Дж.Маккарти

♦ LISP

• FORTRAN

• язык ассемблера

• машинные коды

• программирование переключателей

1977 г., Дж.Бэкус

♦ FP

```
(defun factorial (n)
   (if (<= n 1) 1
   (* n (factorial (- n 1)))))
```

1950 1960 1970 1980 1990 2000 2010

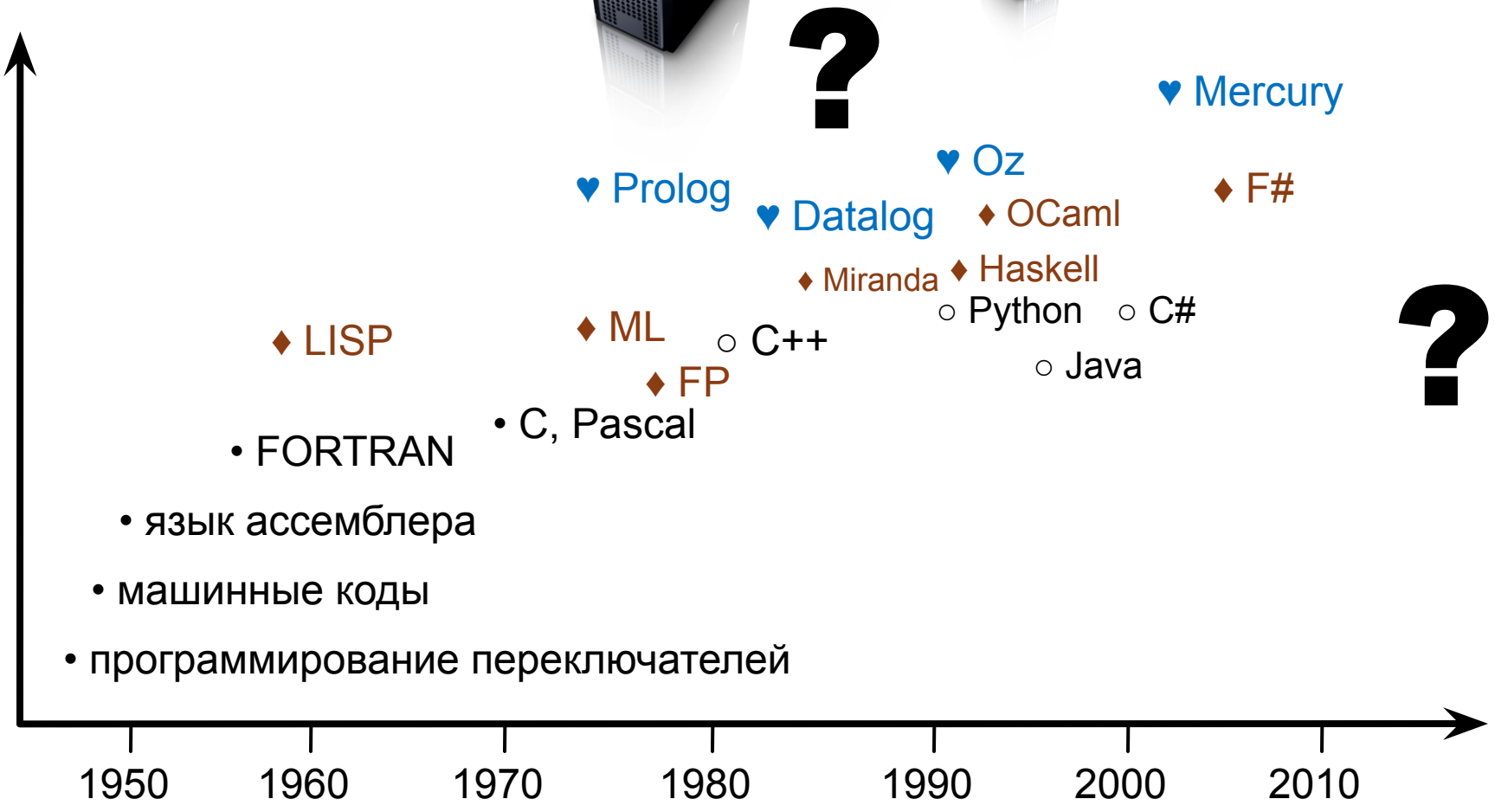
- Позже Дж.Бэкус пошел дальше и предложил язык FP, в котором формулы более соответствовали математическому понятию функции

Что делать, чтобы приблизиться к человеческому языку?

- Надо пытаться формализовать человеческий язык!

- Основной инструмент формализации:
  - Формальные аксиоматические системы
  - Логика!

Языки логического программирования



Как это выглядит на практике?

- Вычисление факториала:

```
fact(1)=1.
fact(N)=N*fact(N-1).
```

Логическое программирование (Mercury)

```
fact(1,1).
fact(N,F) :- N1 is N-1,
             fact(N1,F1),
             F is F1*N.
```

Логическое программирование (Prolog)

Императивное программирование (Pascal)

```
function fact(x:integer):integer;
var i, r : integer;
begin
  r:=1;
  for i:=1 to x do r:=r*i;
  fact:=r
end;
```

```
let rec fact = function
    1 -> 1
  | x -> x*fact(x-1);;
```

Функциональное программирование (F#)

Декларативное программирование

- При **декларативном программировании** мы (на некотором формальном языке) описываем результат (его свойства), а не способ его достижения
  - Описание факториала
  - HTML – описание расположения объектов
  - SQL
  - LINQ
  - Функциональные, логические языки

Императивное программирование

- Императивное – мы говорим компьютеру, как решать задачу (что делать)
- Основной акцент – манипулирование ячейками памяти
  - Оператор присваивания
- Явные операторы передачи управления
  - Циклы, условный оператор

Декларативный стиль

```
function fact(x:integer):integer;
begin
  if x=1 then fact:=1
  else fact:=x*fact(x-1)
end;
```

- Это не «чистая» императивная программа.
  - В «чистых» императивных языках (ФОРТРАН) нет рекурсии
- Нет операторов присваивания
  - «:= » -это возврат результата из функции, а не присваивание

Логическое программирование

- Парадигма декларативного программирования, в которой
  - программа представляет собой описание требуемого решения в терминах определенной логики
  - решение задачи строится в процессе логического вывода по заданному описанию
- Различные разновидности логического программирования: индуктивное, в ограничениях, …
- Подход к программированию
- Языки программирования Prolog, Datalog, Mercury, Oz, …

С практической стороны:

- Найдем все комбинации <a,b,c> чисел от 1 до 10, что $a^2+b^2=c^2$

```
for a:=1 to 10 do
  for b:=1 to 10 do
     for c:=1 to 10 do
       if a*a+b*b=c*c then
        write(a,b,c);;
```

```
[ for a in 1..10
  for b in 1..10
  for c in 1..10
   when a*a+b*b=c*c ->
   (a,b,c)
];;
```

```
zip3 [1..10] [1..10]
[1..10] |>
filter (
 fun (a,b,c)->a*a+b*b=c*c
);;
```

```
solve(A,B,C) :-
   for(A,1,10),
   for(B,1,10),
   for(C,1,10),
   A*A+B*B =:= C*C.
```

Практические преимущества

- Функциональные языки
  - Компактный синтаксис для списков, n-ок (tuples), вариантных типов
- Логические языки
  - Компактный синтаксис для списков, n-ок (tuples), вариантных типов
  - Возможность перебора и поиска различных решений, заложенная в язык

Ещё пример

```
studied(petya,mathematics).      studied(vasya,german).
studied(petya,compscience).      studied(vasya,literature).
 studied(petya,english).

studied_technical(X) :- studied(X,mathematics).
studied_technical(X) :- studied(X,compscience).
studied_languages(X) :- studied(X,english).
studied_languages(X) :- studied(X,german).


speciality(X,tech_translator) :- studied_languages(X),studied_technical(X).
speciality(X,programmer) :-
      studied(X,mathematics),studied(X, compscience).
speciality(X,lit_translator) :- studied_languages(X),studied(X,literature).

?-specialty(vasya,X).
?- specialty(X,lit_translator).
```

Что особенного?

- Определения на логическом языке похожи на предложения математической логики
  - Логическое программирование имеет очень четкую математическую основу
  - Возможны рассуждения о программах: доказательство корректности, …
- **Отсутствует оператор присваивания**
  - Есть знак = , но он имеет другую семантику – унификация, связывание имен
  - Переменные связываются неявно, в процессе логического вывода
  - Будучи один раз связанным, имя может менять свое значение только в процессе пересмотра решения (возврата)
  - А это значит – нет побочных эффектов!

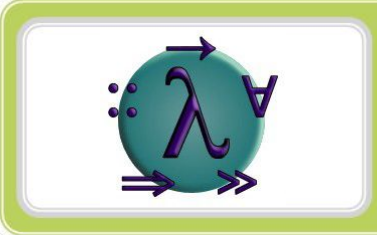
Парадигмы программирования

Парадигмы программирования

Шифрующие роторные машины.
Слева направо: ENIGMA (Германия), SIGABA (США), PURPLE (Япония).

Императивное (алгоритмическое)

- Машина Тьюринга, Машина фон Неймана
- Pascal, C и т.д.



Аппликативное (функциональное)

- λ-исчисление, рекурсивные функции
- F#, LISP / Scheme, ML и друзья, Haskell

Декларативное (логическое)

- Логика предикатов 1-го порядка
- Prolog, Mercury, Oz, …

Ситуационное (продукционное)

- Нормальные алгоритмы Маркова
- Рефал

Объектное, компонентное, многоагентное (эмерджентое)

- Синергетика, теория сложных систем

Семантика языков

Императивные языки

- Оперируют состоянием памяти. Выполнение операторов изменяет состояние.

Функциональные языки

- Оперируют данными. Применение функции к аргументам изменяет данные.
- Подход, ориентированный на данные.

Логические языки

- Оперируют пространством поиска решений.
- Программа задаёт множество возможных переходов в пространстве поиска

Мультипарадигмальные языки

- C# - императивный (ОО) + элементы функциональности
- F# - функциональный с элементами императивности
- Mercury – функционально-логический
- Oz
- Python
- …

Почему важно изучать логическое программирование?

Главный вопрос

- Придется ли нам программировать на Прологе в реальной жизни?
- В лучшем случае – 1 человеку из группы
- Пролог удобен при быстром прототипировании определенного класса систем
- Принципы, заложенные в основу логического программирования, помогут при решении реальных задач

Какие задачи хорошо решаются на логических языках?

- Задачи искусственного интеллекта
  - Экспертные системы
- Лингвистика, обработка естественного языка
- Задачи с неопределенностью
- Задачи, связанные с поиском решений
- Мета-программирование, построение специализированных языков

Особенности логических языков

- Отсутствие операторов присваивания и побочных эффектов
- Декларативное программирование
- Естественная математическая модель вычислений
- Заложенная в язык возможность возвратов и перебора
- Заложенные в язык возможности по представлению списков, деревьев
- Развитые возможности мета-программирования и построения проблемно-ориентированных языков