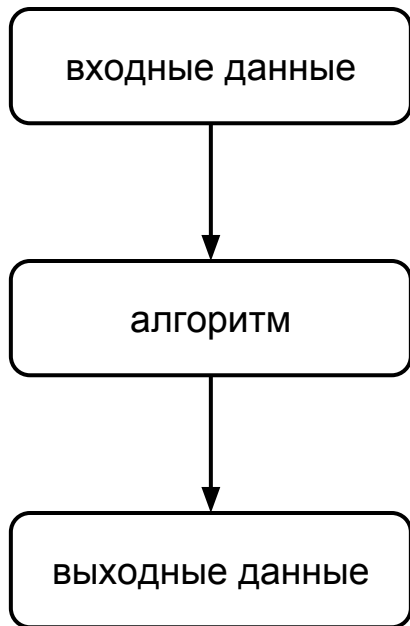


Расширение семантики вероятностных языков программирования оптимизационными запросами

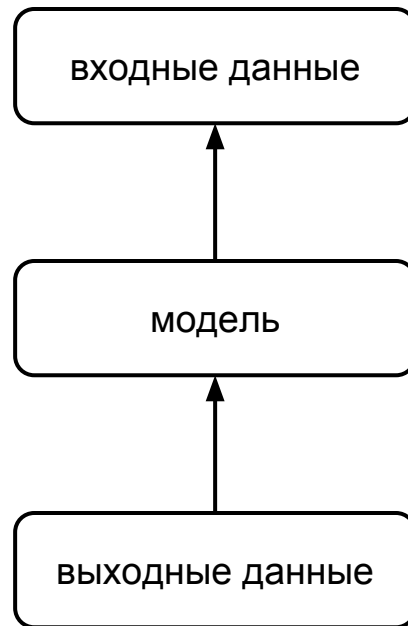
Выполнил: Мухатов Т.М., 444 гр.
Научный руководитель: д.ф.-м.н., проф. Терехов А.Н.
Рецензент: д.т.н., проф. Потапов А.С.

Санкт-Петербург, 2015

Различие подходов



**“обычное”
программирование**



**вероятностное
программирование**

Процесс умозаключения

(query

(запрос

(define A (random-integer 10))

(define B (random-integer 10))

(define C (+ A B))

(генеративная модель)

A

(то, что мы хотим узнать)

(>= C 2))

(то, что мы знаем))

Алгоритмы умозаключения

- Выборка с отклонением
- Алгоритм Метрополиса-Гастингса

- Генетическое программирование

Постановка задачи

- Расширить семантику языка Church оптимизационными запросами, используя генетические алгоритмы
- Сравнить точность работы оптимизационных запросов на разных задачах

Инструментарий

- Define, Lambda, List, Car, Cdr, If ...
- Базовый класс Expression
- +, −, *, /, >, >=, <, <=
- Flip, Gaussian, RndInt

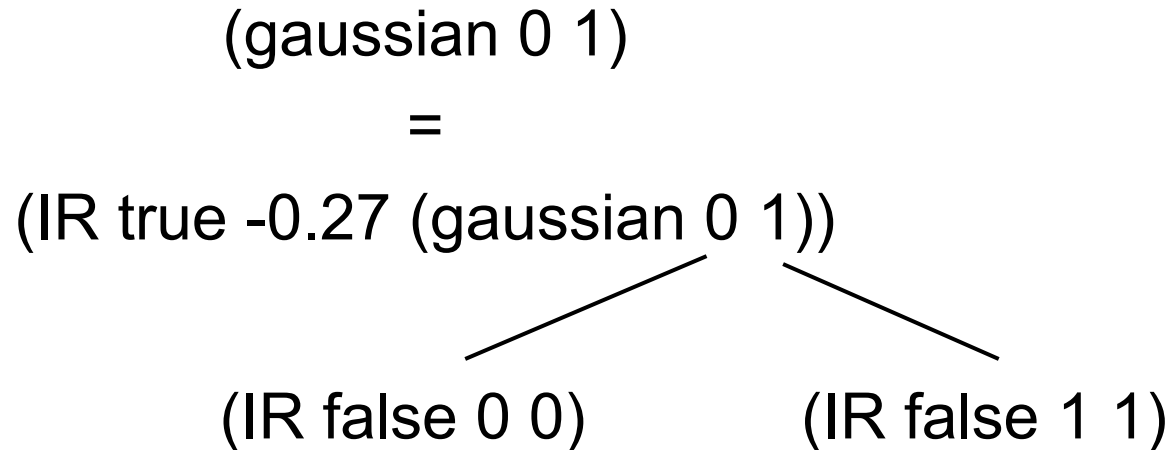
Define(f, Lambda(xs, If(Nullp(xs), V(0), Car(xs) + f(Cdr(xs)))))) (1) **C++**

=

(define f (lambda (xs) (+ (if (null? xs) 0 (+ (car xs) (f (cdr xs))))))) (2) **Church**

Трассы выполнения программы

- (IR rnd? val expr)



Операторы мутации

- Flip - меняется с вероятностью P
- Gaussian. $v = (\text{gaussian } x_0 \ s)$. Новое значение будет $(\text{gaussian } v \ (* \ P \ s))$

(IR #t -0.27 (gaussian (IR #f 0 0) (IR #f 1 1))), $P=0.01$ (1)



(IR #t -0.26 (gaussian (IR #f 0 0) (IR #f 1 1))) (2)

Операторы скрещивания

- Flip - возвращает значение одного из родителей
- Gaussian - возвращает $v_1 * e + v_2 * (1 - e)$

Операторы скрещивания

1



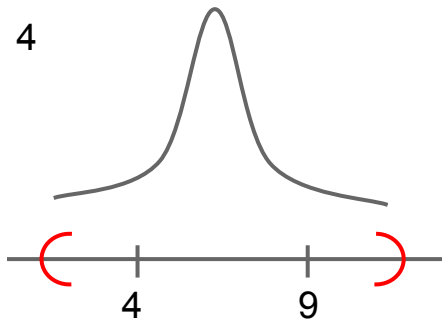
2



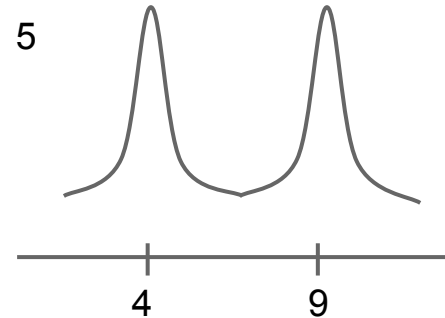
3



4



5



RndInt

Задача о сумме подмножеств

Найти подмножество набора чисел, сумма элементов которого равна 0

1. (define (solution xs)
2. (mh-query
3. (define ws (repeat (length xs) flip))
4. (define (summ xs ws)
5. (if (null? xs) 0
6. (+ (if (car ws) (car xs) 0)
7. (summ (cdr xs) (cdr ws))))))
8. ws
9. (equal? (summ xs ws) 0)))
10. (solution '(-1 3 7 5 -9 -1))

Диапазон чисел [-10000, 10000],
размер наборов 20-25

Метрополис-Гастингс - 85%
корректных ответов

Генетический алгоритм - 75%-80%
корректных ответов

Задача аппроксимации кривой

Найти коэффициенты полинома, которому принадлежат заданные точки

Данные	Среднеквадратичное отклонение					
	М-Г	случайно из родителей	равномерно между родителями	равномерно с доп. границами	нормально с доп. границами	нормальное отклонение от случ. родителя
$4x^2+3x$	1.710	0.221	0.198	0.140	0.042	0.035
$4x^2+3x$ друг. точки	0.940	0.434	0.177	0.112	0.026	0.010
$0.5x^3 - x$	0.467	0.157	0.138	0.098	0.012	0.007

Задача коммивояжёра

Найти кратчайший путь, проходящий через заданные точки по одному разу

Данные	Среднеквадратичное отклонение					
	М-Г	случайно из родителей	равномерно между родителями	равномерно с доп. границами	нормально с доп. границами	нормальное отклонение от случ. родителя
6 точек	0.658	0.641	0.780	0.766	1.533	1.678
30 точек	1.530	1.578	1.628	0.608	2.700	2.989

Результаты

- Разработаны оптимизационные запросы использующие генетическое программирование
- Сравнены точности работы оптимизационных запросов на разных задачах