

Генетическое программирование с параллельными оптимизированными операторами в задаче регрессии булевских данных

Захаров Алексей Олегович Захарова Юлия Викторовна

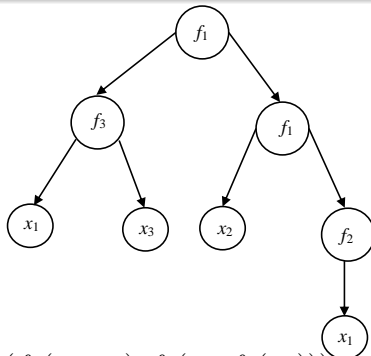
Институт математики им. С.Л. Соболева СО РАН (Омский филиал)

ПаВТ–2024

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-71-10015.

Входные данные $\{(\bar{x}^i, y^i)\}$, $\bar{x}^i = (\bar{x}_1^i, \dots, \bar{x}_m^i)$, $i = 1, \dots, n$
(обучающая выборка).

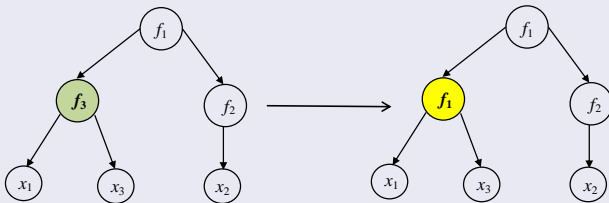
Целевая функция $g(T) = \sum_{i=1}^n (y_i - T(\bar{x}_m^i))^2$,
 $T(\bar{x}^i)$ – значение функционального дерева T на \bar{x}^i .



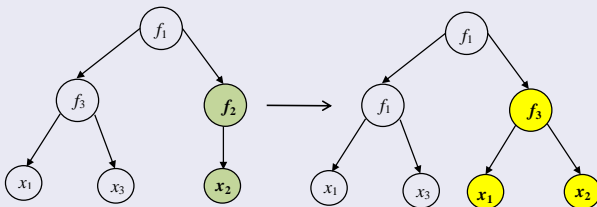
$$T(x_1, x_2, x_3) = f_1(f_3(x_1, x_3), f_1(x_2, f_2(x_1)))$$

-
- 1: Построить начальную популяцию.
 - 2: Повторить шаги 3–7 пока не будет выполнен критерий останова.
 - 3: Выбрать две особи T_1, T_2 из текущей популяции.
 - 4: Применить оператор мутации к обоим особям T_1, T_2 с некоторой вероятностью и получить особи T'_1, T'_2 , соответственно.
 - 5: Построить потомка T' , применив оператор кроссинговера к особям T'_1, T'_2 .
 - 6: Выбрать лучшую особь T_b среди особей T', T_1 и T_2 .
 - 7: Заменить худшую особь в популяции особью T_b .
 - 8: Вернуть лучшую особь по отношению к значению целевой функции на протяжении работы алгоритма.
-

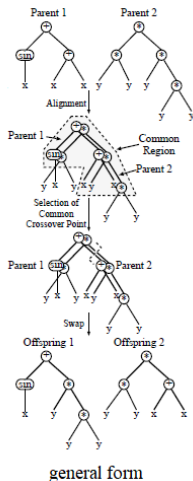
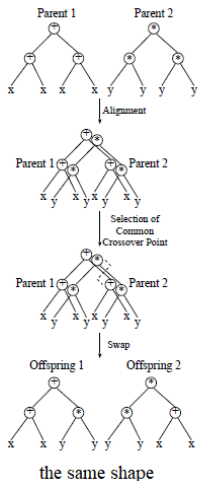
Point mutation (GP-PM)



Subtree mutation (GP-SM)

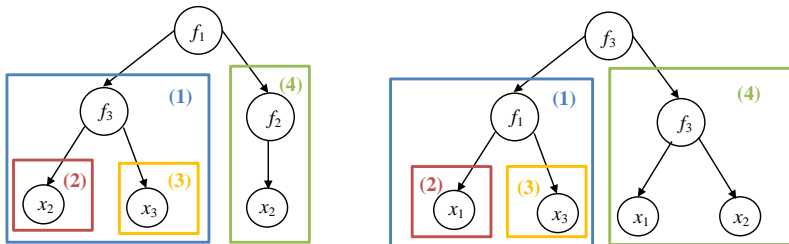


One-point crossover (GP-OPX)



Poli R., Langdon W.B. On the search properties of different crossover operators in genetic programming (1998)

Оптимальная рекомбинация на деревьях



Оптимизированные операторы рекомбинации

Optimized one-point (O-OPX): выбор наилучшего среди 4 возможных потомков (1), (2), (3), (4).

Optimized uniform (O-UX): выбор наилучшего среди 2^3 возможных потомков (все возможные комбинации (2), (3), (4)).

Эксперимент на булевых деревьях

Дерево $T = (V, E)$

Листья содержат элементы из множества

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}, x_i \in \{0, 1\}, i = 1, 2, \dots, m.$

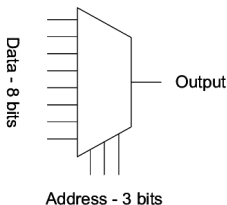
Базовые функции $\mathcal{F}_1 = \{\wedge, \vee, \neg\wedge, \neg\vee\},$

$\mathcal{F}_2 = \{\wedge, \vee, \neg\wedge, \neg\vee, \sim, XOR\},$

Тестовые примеры

Входные данные - вся таблица истинности

1. 6-multiplexor (6-mux). $\mathcal{F}_1.$
2. even- n -parity (even- n). $\mathcal{F}_2.$



6 - MUX

0 1 2 3
011011 → 0

11 - MUX

0 1 2 3 4 5 6 7
01111010001 → 1

LS + PM, O-OPX

Задача	Потоки (кроссинговер)	Время запуска
6-мух	1	12.63 мин (2.53)
6-мух	10	11.48 мин (2.3)
6-мух	50	5 мин
even-3	1	83 мсек
even-3	5	75 мсек
even-3	10	92 мсек
even-4	1	0.37 сек (1.12)
even-4	5	0.33 сек (1)
even-4	10	0.33 сек
even-5	1	2.4 сек (3.16)
even-5	5	0.88 сек (1.16)
even-5	10	0.76 сек