

Выбор функции приспособленности особей генетического алгоритма с помощью обучения с подкреплением

Афанасьева А. С.

Научный руководитель Буздалов М. В.

Санкт-Петербургский национальный исследовательский
университет информационных технологий, механики и оптики

11 апреля 2012 г.

I Всероссийский конгресс молодых ученых

Общая постановка задачи

Описание метода

Модельная задача

Постановка модельной задачи

Ожидаемое поведение метода

Модельная задача как задача обучения с подкреплением

Результаты эксперимента

Сравнение с многокритериальной оптимизацией

Модельная задача H-IFF

Задача MN-IFF

Результаты экспериментов

Выбор
функции
приспособлен-
ности. . .

А. Афанасьева

Общая
постановка
задачи

Описание
метода

Модельная
задача

Постановка
модельной
задачи

Ожидаемое
поведение
метода

Модельная
задача как
задача

обучения с
подкреплением
Результаты
эксперимента

Сравнение с
многокритери-
альной
оптимизацией

Модельная
задача H-IFF

Задача MN-IFF
Результаты
экспериментов

Заключение

Общая постановка задачи

Задача оптимизации с дополнительными критериями

- ▶ Задача: максимизировать **целевую** функцию
- ▶ **Вспомогательные** функции:
 - ▶ могут коррелировать с целевой
 - ▶ оптимизация по ним может быть эффективнее
 - ▶ эффективность различна на разных этапах оптимизации
- ▶ Пример: автоматическая генерация тестов
- ▶ Методы решения:
 - ▶ Многокритериальная оптимизация
 - ▶ Предлагаемый метод, основанный на обучении с подкреплением
- ▶ В качестве алгоритмов оптимизации рассматриваются генетические алгоритмы

Выбор функции приспособленности...

А. Афанасьева

Общая постановка задачи

Описание метода

Модельная задача

Постановка модельной задачи

Ожидаемое поведение метода

Модельная задача как задача обучения с подкреплением

Результаты эксперимента

Сравнение с многокритериальной оптимизацией

Модельная задача H-IFF

Задача MH-IFF
Результаты экспериментов

Заключение

Общая постановка задачи

Описание метода

Модельная задача

Постановка модельной задачи

Ожидаемое поведение метода

Модельная задача как задача обучения с подкреплением

Результаты эксперимента

Сравнение с многокритериальной оптимизацией

Модельная задача H-IFF

Задача MN-IFF

Результаты экспериментов

Выбор функции приспособленности...

А. Афанасьева

Общая постановка задачи

Описание метода

Модельная задача

Постановка модельной задачи

Ожидаемое поведение метода

Модельная задача как задача обучения с подкреплением

Результаты эксперимента

Сравнение с многокритериальной оптимизацией

Модельная задача H-IFF

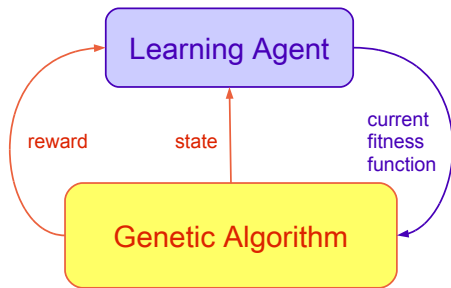
Задача MN-IFF
Результаты экспериментов

Заключение

Описание метода

Инкрементальный алгоритм, контролирующий ГА

- ▶ Шаг обучения:
агент выбирает текущую ФП
- ▶ Шаг ГА:
формируется следующее поколение



Выбор функции приспособленности...

А. Афанасьева

Общая постановка задачи

Описание метода

Модельная задача

Постановка модельной задачи

Ожидаемое поведение метода

Модельная задача как задача обучения с подкреплением

Результаты эксперимента

Сравнение с многокритериальной оптимизацией

Модельная задача H-IFF

Задача MH-IFF
Результаты экспериментов

Заключение

Общая постановка задачи

Описание метода

Модельная задача

Постановка модельной задачи

Ожидаемое поведение метода

Модельная задача как задача обучения с подкреплением

Результаты эксперимента

Сравнение с многокритериальной оптимизацией

Модельная задача H-IFF

Задача MN-IFF

Результаты экспериментов

Выбор
функции
приспособлен-
ности. . .

А. Афанасьева

Общая
постановка
задачи

Описание
метода

Модельная
задача

Постановка
модельной
задачи

Ожидаемое
поведение
метода

Модельная
задача как
задача
обучения с
подкреплением
Результаты
эксперимента

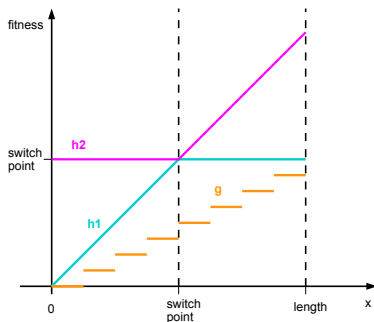
Сравнение с
многокритери-
альной
оптимизацией

Модельная
задача H-IFF
Задача MN-IFF
Результаты
экспериментов

Заключение

Постановка модельной задачи

- ▶ Особь:
 - ▶ битовая строка фиксированной длины
 - ▶ x бит равны единице
- ▶ Целевая ФП: $g(x) = \lfloor \frac{x}{k} \rfloor$
- ▶ Вспомогательные ФП:
 - ▶ $h_1(x) = \min(x, p)$
 - ▶ $h_2(x) = \max(x, p)$
- ▶ p — положительное целое число, **точка переключения**



Выбор функции приспособленности...

А. Афанасьева

Общая постановка задачи

Описание метода

Модельная задача

Постановка модельной задачи

Ожидаемое поведение метода

Модельная задача как задача обучения с подкреплением
Результаты эксперимента

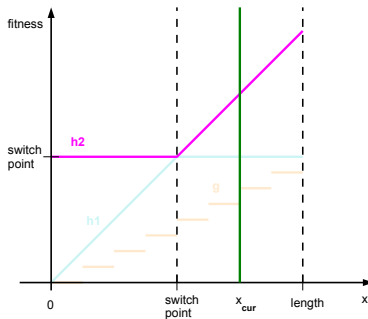
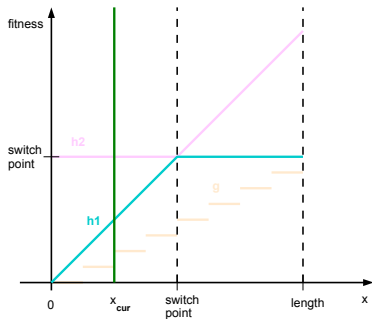
Сравнение с многокритериальной оптимизацией

Модельная задача H-IFF
Задача MH-IFF
Результаты экспериментов

Заключение

Ожидаемое поведение метода

- ▶ Выбор h_1 до точки переключения
- ▶ Переключение на h_2



Выбор функции приспособленности...

А. Афанасьева

Общая постановка задачи

Описание метода

Модельная задача

Постановка модельной задачи

Ожидаемое поведение метода

Модельная задача как задача обучения с подкреплением
Результаты эксперимента

Сравнение с многокритериальной оптимизацией

Модельная задача H-IFF
Задача MH-IFF
Результаты экспериментов

Заключение

Модельная задача как задача обучения с подкреплением

Действия и состояния

- ▶ Множество **действий**: $F = \{g, h_1, h_2\}$
Применение действия означает выбор соответствующей ФП в качестве текущей
- ▶ **Состояние**: вектор функций приспособленности
 - ▶ отсортирован по значениям $\frac{f(x_c) - f(x_p)}{f(x_c)}$
 - ▶ f — ФП
 - ▶ x_p (x_c) — значение x лучшей особи из предыдущего (текущего) поколения
 - ▶ Примеры: $\langle h_1, g, h_2 \rangle$, $\langle h_2, g, h_1 \rangle$, $\langle g, h_2, h_1 \rangle$

Выбор функции приспособленности...

А. Афанасьева

Общая постановка задачи

Описание метода

Модельная задача

Постановка модельной задачи

Ожидаемое поведение метода

Модельная задача как задача обучения с подкреплением

Результаты эксперимента

Сравнение с многокритериальной оптимизацией

Модельная задача H-IFF

Задача MH-IFF
Результаты экспериментов

Заключение

Модельная задача как задача обучения с подкреплением

Функция вознаграждения

- ▶ **Награда** зависит от изменения значений ФП
- ▶ Служебная функция:

$$D_f(x_1, x_2) = \begin{cases} 0 & \text{if } f(x_2) - f(x_1) < 0 \\ 0.5 & \text{if } f(x_2) - f(x_1) = 0 \\ 1 & \text{if } f(x_2) - f(x_1) > 0 \end{cases}$$

- ▶ Пусть действие A вызывает переход из состояния S в S'
- ▶ Функция вознаграждения:
 $R(S, A) = D_g(x_S, x_{S'}) + 0.5(D_{h_1}(x_S, x_{S'}) + D_{h_2}(x_S, x_{S'}))$

Выбор функции приспособленности...

А. Афанасьева

Общая постановка задачи

Описание метода

Модельная задача

Постановка модельной задачи

Ожидаемое поведение метода

Модельная задача как задача обучения с подкреплением
Результаты эксперимента

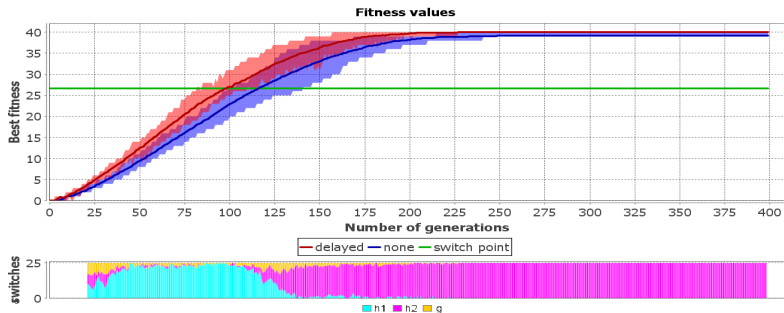
Сравнение с многокритериальной оптимизацией

Модельная задача H-IFF
Задача MH-IFF
Результаты экспериментов

Заключение

Результаты эксперимента

- ▶ Реализованные алгоритмы обучения:
Delayed Q-learning > R-learning \geq
 ϵ -greedy Q-learning \geq Dyna



Выбор функции приспособленности...

А. Афанасьева

Общая постановка задачи

Описание метода

Модельная задача

Постановка модельной задачи

Ожидаемое поведение метода

Модельная задача как задача обучения с подкреплением

Результаты эксперимента

Сравнение с многокритериальной оптимизацией

Модельная задача H-IFF

Задача MH-IFF

Результаты экспериментов

Заключение

Общая постановка задачи

Описание метода

Модельная задача

Постановка модельной задачи

Ожидаемое поведение метода

Модельная задача как задача обучения с подкреплением

Результаты эксперимента

Сравнение с многокритериальной оптимизацией

Модельная задача H-IFF

Задача MN-IFF

Результаты экспериментов

Выбор
функции
приспособлен-
ности. . .

А. Афанасьева

Общая
постановка
задачи

Описание
метода

Модельная
задача

Постановка
модельной
задачи

Ожидаемое
поведение
метода

Модельная
задача как
задача

обучения с
подкреплением
Результаты
эксперимента

Сравнение с
многокритери-
альной
оптимизацией

Модельная
задача H-IFF
Задача MN-IFF
Результаты
экспериментов

Заключение

Модельная задача H-IFF

- ▶ Из статьи Knowles J., Watson R., Corne D. Reducing Local Optima in Single-Objective Problems by Multi-objectivization
- ▶ H-IFF — Hierarchical-if-and-only-if function
- ▶ B — битовая строка

$$f(B) = \begin{cases} 1 & \text{if } |B| = 1, \text{ else} \\ |B| + f(B_L) + f(B_R) & \text{if } \forall i \{b_i = 0\} \text{ or } \forall i \{b_i = 1\} \\ f(B_L) + f(B_R) & \text{otherwise} \end{cases}$$

Выбор функции приспособленности...

А. Афанасьева

Общая постановка задачи

Описание метода

Модельная задача

Постановка модельной задачи

Ожидаемое поведение метода

Модельная задача как задача обучения с подкреплением

Результаты эксперимента

Сравнение с многокритериальной оптимизацией

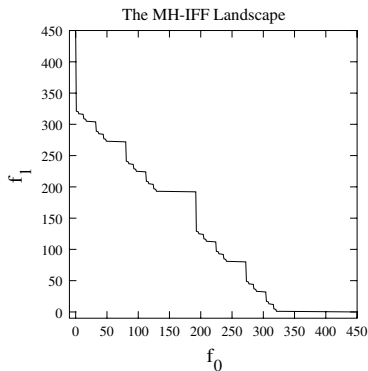
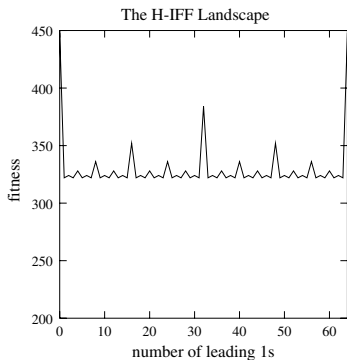
Модельная задача H-IFF

Задача MH-IFF
Результаты экспериментов

Заключение

MH-IFF: обеспечение многокритериальности

$$f_k(B) = \begin{cases} 0 & \text{if } |B| = 1 \text{ and } b_1 \neq k, \text{ else} \\ 1 & \text{if } |B| = 1 \text{ and } b_1 = k, \text{ else} \\ |B| + f_k(B_L) + f_k(B_R) & \text{if } \forall i \{b_i = k\} \\ f_k(B_L) + f_k(B_R) & \text{otherwise} \end{cases}$$



Выбор
функции
приспособлен-
ности...

А. Афанасьева

Общая
постановка
задачи

Описание
метода

Модельная
задача

Постановка
модельной
задачи

Ожидаемое
поведение
метода

Модельная
задача как
задача
обучения с
подкреплением
Результаты
эксперимента

Сравнение с
многокритери-
альной
оптимизацией

Модельная
задача H-IFF
Задача MH-IFF
Результаты
экспериментов

Заключение

Результаты экспериментов

M	Algorithm	Best	Mean	σ	%one	%both
-	SHC	336	267.47	29.46	0	0
+	PAES	448	418.13	50.68	74	43
-	DCGA	448	323.93	26.54	3	0
+	PESA	448	448.00	0.00	100	100
-	SA	448	435.20	26.04	80	0
-	Shift GA	448	448.00	0.00	100	0
-	Point GA	384	304.53	27.55	0	0
+	Random	384	354.67	29.24	0	0
+	R-learning	448	448.00	0.00	100	10
+	ϵ -greedy QL	448	435.61	32.94	87	3
+	Dyna	448	433.07	38.07	80	0
+	Delayed QL	448	397.18	49.16	53	0

Таблица: Результаты сравнения алгоритмов решения задач H-IFF/MH-IFF

Выбор функции приспособленности...

А. Афанасьева

Общая постановка задачи

Описание метода

Модельная задача

Постановка модельной задачи

Ожидаемое поведение метода

Модельная задача как задача обучения с подкреплением

Результаты эксперимента

Сравнение с многокритериальной

оптимизацией

Модельная задача H-IFF

Задача MH-IFF

Результаты экспериментов

Заключение

Заключение

- ▶ Характеристики предлагаемого метода:
 - ▶ метод основан на обучении с подкреплением
 - ▶ динамически выбирает текущую ФП во время работы ГА
 - ▶ ускоряет поиск лучшей особи
- ▶ Работоспособность метода подтверждается результатами решения модельной задачи
- ▶ Проведено сравнение с методами многокритериальной оптимизации
- ▶ Направления дальнейшей работы:
 - ▶ совместное применение многокритериальной оптимизации и машинного обучения
 - ▶ решение практических задач; в частности, оптимизация автоматической генерации тестов

Выбор функции приспособленности...

А. Афанасьева

Общая постановка задачи

Описание метода

Модельная задача

Постановка модельной задачи

Ожидаемое поведение метода

Модельная задача как задача обучения с подкреплением
Результаты эксперимента

Сравнение с многокритериальной оптимизацией

Модельная задача H-IFF
Задача MH-IFF
Результаты экспериментов

Заключение

- ▶ Afanasyeva A., Buzdalov M. Choosing Best Fitness Function with Reinforcement Learning / Proceedings of the Ninth International Conference on Machine Learning and Applications, ICMLA 2011, Honolulu, HI, USA, 18-21 December 2011. IEEE Computer Society, 2011. Vol. 2. P. 354–357.
- ▶ Афанасьева А.С., Буздалов М.В. Выбор функции приспособленности особей генетического алгоритма с помощью обучения с подкреплением // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2012. №1(77), с. 77-81.

Спасибо за внимание! Вопросы?

Выбор
функции
приспособлен-
ности. . .

А. Афанасьева

Общая
постановка
задачи

Описание
метода

Модельная
задача

Постановка
модельной
задачи

Ожидаемое
поведение
метода

Модельная
задача как
задача
обучения с
подкреплением

Результаты
эксперимента

Сравнение с
многокритери-
альной
оптимизацией

Модельная
задача H-IFF

Задача MH-IFF
Результаты
экспериментов

Заключение