

ТЕМА 17

17.1 Канонический генетический алгоритм

Рассмотрим пример канонического генетического алгоритма (ГА), который часто используется на практике. Он имеет следующие характеристики:

- целочисленное кодирование;
- все хромосомы в популяции имеют одинаковую длину;
- постоянный размер популяции;
- рулеточная или турнирная селекция;
- одноточечный оператор кроссинговера;
- битовая мутация;
- новое поколение формируется только из особей-потомков (разрыв поколений $T = 1$).

Рассмотрим в качестве примера решение следующей задачи. Требуется найти минимум сферической функции

$$z = \sum_{i=1}^n x_i^2, n = 10, x_i \in [-5,12; 5,11], z \rightarrow \min.$$

Параметр n задает количество переменных функции z . Необходимо найти такие значения переменных x_i , при которых функция z принимает наименьшее значение. Будем использовать общую схему решения.

1 *Определение неизвестных переменных задачи.* По условию задачи необходимо найти значения переменных x_i , минимизирующие значение функции z , поэтому в хромосоме будем кодировать значения x_i . Таким образом, каждый i -й ген хромосомы будет соответствовать i -й переменной функции z .

2 *Задание функции приспособленности.* Будем определять приспособленность особи в зависимости от значения, которое принимает функция z при подстановке в нее вектора параметров, соответствующих хромосоме этой особи. Поскольку рассматривается задача минимизации функции z , то будем также считать, что чем меньше значение z , тем приспособленнее особь. Приспособленность i -й особи f_i будем определять по формуле $f_i = z_i$, где z_i – значение функции z в точке, соответствующей i -й особи.

3 *Выбор способа кодирования.* В качестве способа представления генетической информации рассмотрим целочисленное кодирование с точностью кодирования параметров 0,01. Тогда в имеющемся по условию задачи диапазоне изменения значений параметров $[-5,12; 5,11]$ можно закодировать

$(5,12 - (-5,11))/0,01 + 1 = 1024$ различных значений переменной. Единица прибавляется, т. к. значение переменной, равное 0, также учитывается.

Для того чтобы представить 1024 различных значений переменной, достаточно использовать $\log_2 1024 = 10$ бит на каждую переменную. Таким образом, будет использоваться целочисленное кодирование с 10-разрядными генами.

4 *Определение параметров ГА.* Для решения задачи рассмотрим популяцию из 20-ти особей. При отборе особей для скрещивания будем использовать турнирную селекцию с бинарным турниром. В качестве генетических операторов будем использовать одноточечный кроссинговер и битовую мутацию. Вероятности применения операторов скрещивания и мутации установим равными 0,7 и 0,05, соответственно. Новое поколение будем формировать только из особей-потомков, т. е. величина разрыва поколений

$T = 1$.

Результат работы генетического алгоритма с выбранными параметрами представлен на рисунке 1. Показаны зависимости изменения среднего $\langle z \rangle$ и наименьшего z_{\min} в популяции значения функции z от номера поколения t . Данные усреднены по 100 независимым запускам.

По данным рисунка 1 видно, что после 20-го поколения значение z_{\min} колеблется в достаточно большом диапазоне. Из этого следует, что потери хороших особей в результате мутации велики, и следует уменьшить вероятность мутации. Установим значение этого параметра равным $L^{-1} = 0,01$, где L – длина хромосомы в битах, в данном случае $L = 100$. Результаты работы ГА с измененным значением вероятности мутации показаны на рисунке 2.

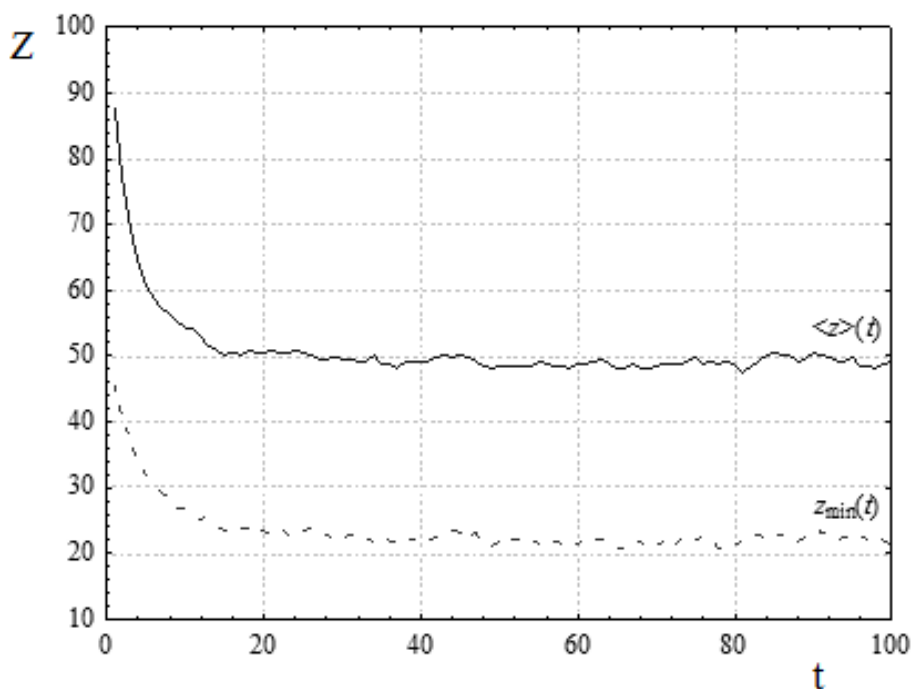


Рисунок 1 – Изменение $z_{\min}(t)$ и $\langle z \rangle(t)$. Популяция из 20-ти особей, турнирный отбор, одноточечный кроссинговер ($P_C = 0,7$), битовая мутация ($P_M = 0,05$)

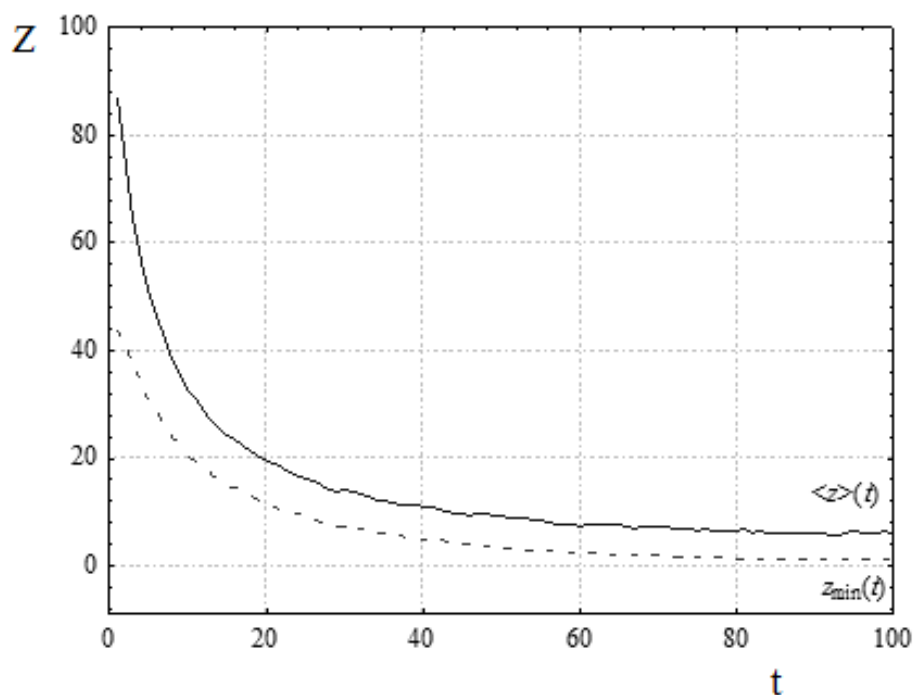


Рисунок 2 – Изменение $z_{\min}(t)$ и $\langle z \rangle(t)$. Популяция из 20-ти особей, турнирный отбор, одноточечный кроссинговер ($P_C = 0,7$), битовая мутация ($P_M = 0,01$)

Из сравнения графиков на рисунках 1 и 2 следует, что уменьшение вероятности мутации улучшило результат работы ГА. Также видно, что теперь эволюционный процесс стабилизировался значительно позднее, примерно после 60-го поколения. Усредненное по всем запускам минимальное значение функции z , достигнутое за первые 100 поколений, равно $\sim 1,016$. Для улучшения результата увеличивается давление селекции путем увеличения размера турнира до 4. Это привело к ускорению эволюционного поиска за счет удаления из популяции особей со средней и плохой приспособленностью. В результате стабилизация наступила после 40-го поколения, а усредненное по всем запускам минимальное полученное значение функции z равно $\sim 0,013$. Наименьшее значение функции z достигается в точке $x_i = 0, i = 1, 2, \dots, 10$ и равно нулю. В случае поиска минимума функции z с точностью 0,01, для ГА, решение было найдено в 69 запусках из 100. При этом в среднем было использовано 1698,68 вычислений целевой функции.

Чтобы повысить стабильность результатов, размер популяции увеличивается до 50-ти особей. Полученные кривые $z_{\min}(t)$ и $\langle z \rangle(t)$ изображены на рисунке 3. Во всех 100 запусках найден минимум функции z с точностью не меньше 0,01. Среднее количество вычислений целевой функции, использованное для нахождения решения, равно 3145,34.

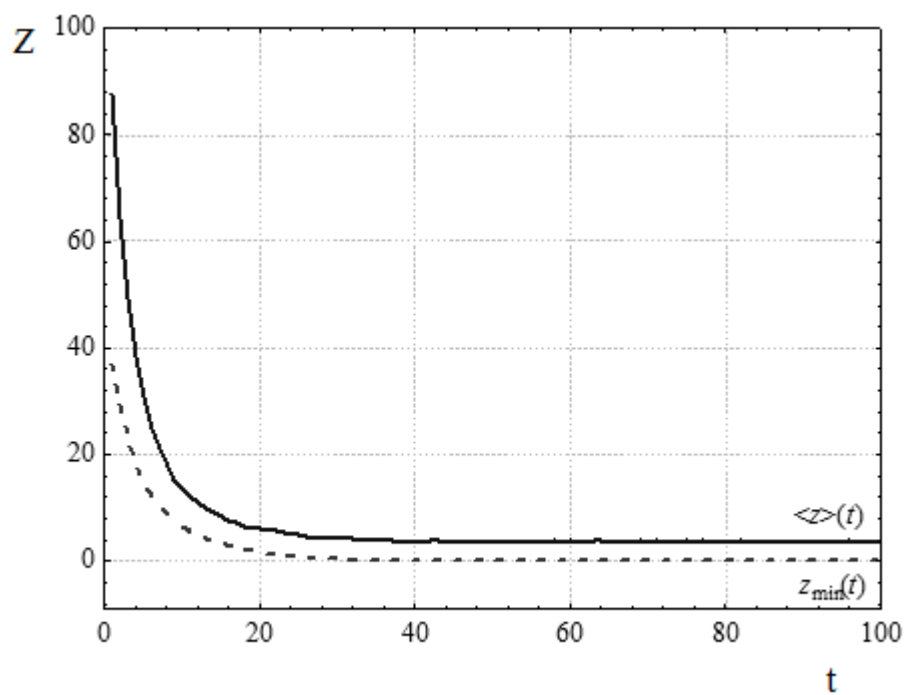


Рисунок 3 – Изменение $z_{\min}(t)$ и $\langle z \rangle(t)$. Популяция из 50-ти особей, турнирный отбор, одноточечный кроссинговер ($P_C = 0,7$), битовая мутация ($P_M = 0,01$)