

А.А. ТЕРЗЯН, Г.С. СУКИАСЯН, Г.Г. САРКИСЯН

**ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ПОНЯТИЯ БЛИЗОСТИ ОСОБЕЙ**

Развит генетический алгоритм принятия решения на основе предложенного понятия близости особей. Исследованы случаи, когда скрещивание близких родственников желательно и когда нежелательно. На примере решения задачи оптимального проектирования синхронного явнополюсного генератора показана эффективность развитого подхода.

Ключевые слова: генетические алгоритмы, оптимизационные задачи, алгоритмы принятия решения.

В последние годы одним из бурно развивающихся направлений нелинейного математического программирования является развитие генетических алгоритмов для решения оптимизационных задач.

В настоящей работе предложен генетический алгоритм с использованием понятия близости особей внутри популяции. Рассмотрена близость трех видов: по целевой функции, по ограничениям и геометрическая близость. Исследованы случаи, когда скрещивание близких особей желательно и когда нежелательно, при этом на разных стадиях решения задачи целесообразно использование разных видов близости.

Предложенный подход апробирован путем реализации машинной программы для решения задачи оптимального проектирования синхронного явнополюсного генератора. Проведен сопоставительный анализ с генетическими алгоритмами классического типа. Полученные результаты показывают эффективность развитого подхода.

Рассмотрим задачу нахождения минимума целевой функции $F(x_1, \dots, x_n)$, зависящей от n переменных, при условии выполнения ограничений

$$\varphi_i(\bar{x}) = \varphi_i(x_1, x_2, \dots, x_n) \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m,$$

где m - число ограничений.

Для описания генетических алгоритмов решения таких задач нам потребуется ряд биологических терминов, которым дадим формальное определение.

Особь - это точка n -мерного евклидова пространства.

Популяция - это конечное множество точек (особей). В генетических алгоритмах строится процесс последовательных популяций p_k , при этом переход от одного поколения к другому (т.е. от популяции p_k к p_{k+1}) осуществляется при помощи операций мутации, скрещивания и селекции.

Мутация - это сдвиг точки по случайному вектору. Обычно длина вектора предполагается фиксированной (шаг мутации), а ориентация – случайной с равномерным распределением на n -мерной единичной сфере.

Скрещивание особей A и B - это процесс порождения новых точек на отрезке, соединяющем A и B . В генетических алгоритмах используют разные способы порождения отпрысков нового потомства (чаще всего берут 2-3 случайные точки, равномерно распределенные на отрезке). Неизменным остается условие: новые точки непременно должны лежать на отрезке AB .

Селекция - это процесс сравнения особей старого и нового поколений и отбора лучших из них. Критерием для отбора особей является значение целевой функции $F(x_1, \dots, x_n)$ в данной точке.

Целью первого этапа работы генетического алгоритма является попадание особей в допустимую область. Для ускорения этого процесса предлагается производить скрещивание особей в зависимости от расположения родительских точек по отношению к ограничениям, определяющим допустимую область D . Ниже введем особое расстояние между особями, учитывающее взаиморасположение ограничений.

Каждой особи $A = (x_1, \dots, x_n)$ поставим в соответствие вектор (фрейм) $V_A = (v_1, \dots, v_m)$, где m - число ограничений. Величины v_k принимают два значения: $v_k = +1$, если в точке $A = (x_1, \dots, x_n)$ выполнено ограничение φ_k , и $v_k = -1$ - в противном случае. Пусть особи A соответствует фрейм $V_A = (v_1, \dots, v_m)$, а особи B - фрейм $V_B = (v'_1, \dots, v'_m)$. Расстоянием по ограничениям между особями A и B назовем расстояние между фреймами

$$R_1(A, B) = \sqrt{(v_1 - v'_1)^2 + \dots + (v_m - v'_m)^2}.$$

Пару особей назовем братом и сестрой, если их фреймы совпадают, то есть R_1 - расстояние между ними равно нулю. На рис. 1 особи B и C являются братом и сестрой. На том же рисунке для особи A наиболее удаленной (в смысле расстояния по ограничениям) является особь E . Отметим, что близость по ограничениям может отличаться от обычной геометрической близости. Так, на рис. 1 к особи B геометрически A ближе, чем C , а в смысле расстояния по ограничениям, наоборот, C ближе, чем A .

Пусть особи B и C являются братом и сестрой и не лежат в допустимой области и φ - ближайшее к ним невыполненное ограничение (на рис. 1 это φ_4). Обозначим через k максимальную кривизну этого ограничения.

Утверждение. Если особи B и C являются братом и сестрой и не лежат в допустимой области, то вероятность события, что при их скрещивании потомство попадет в допустимую область, меньше чем

$$1 - \frac{k \min[F(B), F(C)]}{2 - \sqrt{4 - k^2 d^2}},$$

где d - геометрическое расстояние между особями.

Эта вероятность равна нулю, если кривизна k отрицательна.

Согласно приведенному утверждению, очень высока вероятность того, что потомство от скрещивания близких родственников окажется неудачным (т.е. не попадет в допустимую область D). Предлагается на первом этапе работы генетического алгоритма запретить скрещивание близких родственников и произвести скрещивание наиболее удаленных (в смысле расстояния по ограничениям) особей.

Второй этап работы генетического алгоритма начинается, когда вся популяция находится в допустимой области, но особи еще далеки до оптимума. На этом этапе важным является геометрия расположения особей.

Пусть особь A как точка n – мерного евклидова пространства имеет декартовы координаты $(x_1, \dots, x_n)$, а особь B – координаты $(x'_1, \dots, x'_n)$. Расстоянием по геометрии между особями A и B назовем евклидово расстояние между точками

$$R_2(A, B) = \sqrt{(x_1 - x'_1)^2 + \dots + (x_n - x'_n)^2}.$$

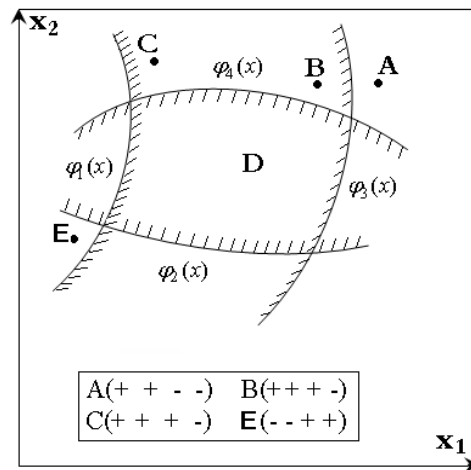


Рис.1

Обозначим через $d_{\max}$ максимальное геометрическое расстояние между особями в j -й популяции p_j . На рис.2 представлен график зависимости максимального геометрического расстояния $d_{\max}$ между особями в популяции от номера поколения $N_{\text{пок}}$. График соответствует второму этапу работы генетического алгоритма. По мере возрастания j величина $d_{\max}$ убывает (но не обязательно монотонно, см. рис. 2). Это происходит вследствие селекции, при которой отбираются лучшие особи, концентрируемые вокруг точки оптимума. Для ускорения этого процесса предлагается на втором этапе

работы генетического алгоритма скрещивать наиболее удаленные (в смысле расстояния по геометрии) особи.

В конце второго этапа работы генетического алгоритма наступает момент, когда популяции стабилизируются и не меняются (а значит, и не меняется величина $d_{\max}$). Это означает, что при скрещивании геометрически дальних особей все потомство оказывается хуже родителей. Это происходит в случае, когда популяция достаточно консолидирована и особи близки к оптимуму. В такой ситуации предлагается скрещивать близкие (по целевой функции) особи.

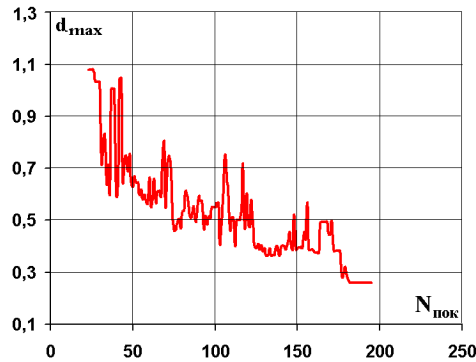


Рис. 2

Расстоянием по целевой функции между особями A и B будет величина

$$R_3(A, B) = |F(x_1, \dots, x_n) - F(x'_1, \dots, x'_n)|.$$

Переход к скрещиванию близких по целевой функции особей аналогичен уменьшению шага в градиентных методах. Поэтому целесообразно вместе с изменением стратегии скрещивания уменьшить шаг мутации.

Предложенный подход апробирован путем реализации машинной программы для решения задачи оптимального проектирования синхронного явнополюсного генератора. Проведен сопоставительный анализ с генетическими алгоритмами классического типа, приведенными в [1].

Для проведения численных исследований в качестве тестовой модели принята математическая модель синхронного явнополюсного генератора мощностью 20 кВт. Рассмотрим следующую задачу оптимизации.

Найти минимальный активный объем генератора $D_a^2 l$ вариацией внешнего диаметра статора D_a , относительного диаметра расточки статора D_i/D_a , относительной ширины паза d/t , длины статора l , числа эффективных проводников в пазу S_n , коэффициента полюсного перекрытия α_i ,

относительной ширины полюса b_m/b_p , относительного воздушного зазора δ/δ_m , плотности тока возбуждения J_b при следующих ограничениях в виде неравенств: КПД η , отношение короткого замыкания **ОКЗ**, максимальные значения индукций в зубцах B_z , спинке $B_{сп}$, полюсах B_p , продольные переходная и сверхпереходная реактивности x'_d и x''_d , фактор нагрева статора $AS \cdot J_a$, потери в обмотке возбуждения P_b , суммарная масса меди $G_{мед}$, сечение, занимаемое катушкой возбуждения $S_{вт}$.

На рис.3 представлены графики зависимости числа особей N_D , попавших в допустимую область D , от номера поколения $N_{пок}$ при различных геометриях области D . Жирная линия соответствует предложенному алгоритму, который запрещает скрещивание близких родственников и производит скрещивание наиболее удаленных (в смысле расстояния по ограничениям) особей. Вторая линия соответствует решению той же оптимизационной задачи классическим алгоритмом, приведенным в [1]. В случае рис. 3а область D довольно широка (в нее легко попасть обычным методом), в случаях рис.3б – г область D постепенно суживалась, оставляя остальные параметры модели неизменными. Графики показывают, что предложенный алгоритм особенно эффективен в случаях узких областей, куда трудно попасть обычным методом.

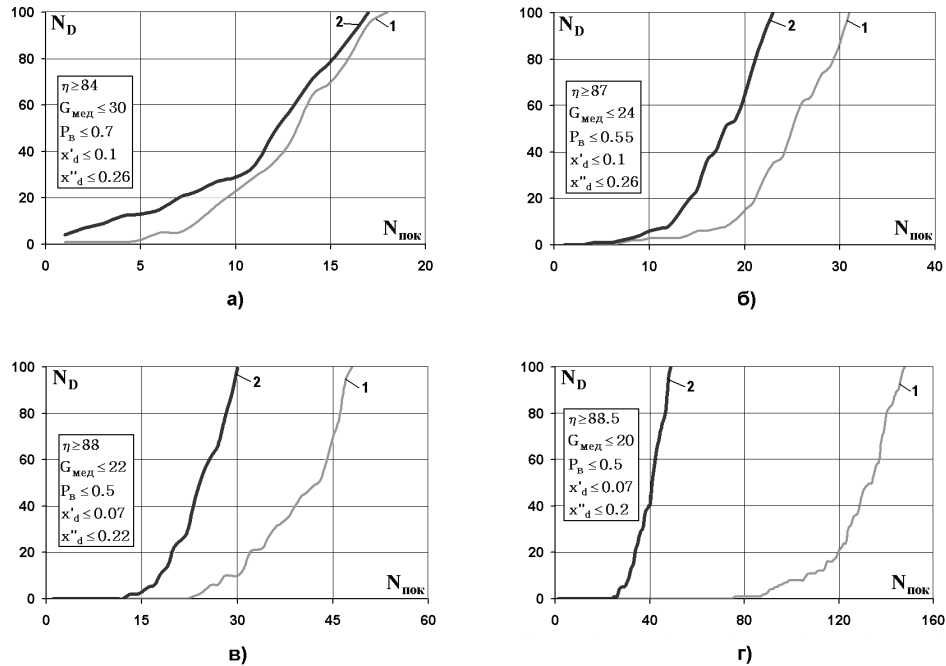


Рис. 3

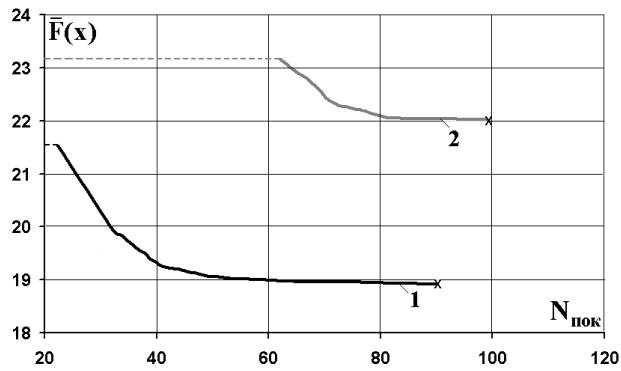


Рис. 4

На рис.4 представлен график зависимости целевой функции $F(x_1, \dots, x_n)$ от номера поколения $N_{\text{поп}}$. Кривая 1 соответствует предложенному алгоритму, который запрещает скрещивание близких родственников и производит скрещивание наиболее удаленных (в смысле геометрического расстояния) особей. Кривая 2 соответствует решению той же оптимизационной задачи классическим алгоритмом, приведенным в [1].

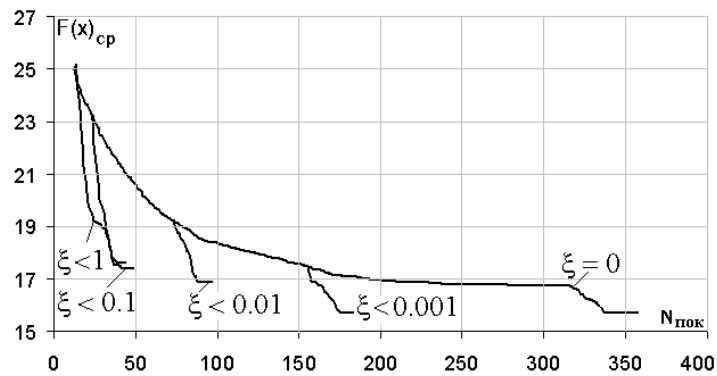


Рис. 5

На рис.5 представлен график зависимости целевой функции $F(x_1, \dots, x_n)$ от номера поколения $N_{\text{поп}}$ при работе генетического алгоритма с изменением стратегии скрещивания и уменьшения шага мутации. Переход к скрещиванию близких по целевой функции особей производится, когда максимальная невязка по целевой функции достигает заданного значения ξ . Как видно из рис 5, изменение стратегии на ранних стадиях работы поисковой

системы приводит к неоправданному остановам, соответственно, при высокой погрешности найденного решения. Изменение стратегии скрещивания на поздних этапах поиска повышает точность решения, но при этом сильно возрастает число итераций. Выбор оптимального значения ξ сильно зависит от особенностей решаемой задачи, т.е. ξ является управляющим параметром, который, наряду с другими управляющими параметрами, требует адаптации. В рассмотренной задаче оптимальным является значение $\xi = 0,001$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Терзян А.А., Саркисян Г.Г.** Генетические алгоритмы принятия решения // Известия НАН РА и ГИУА. Сер. ТН. - 2005. - Т. 58, № 1. - С. 147-153.

ГИУА. Материал поступил в редакцию 20.02.2006.

Հ.Ա. ԹԵՐԶՅԱՆ, Հ.Ս. ՍՈՒՔԻԱՍՅԱՆ Գ.Գ. ՍԱՐԳՍՅԱՆ

ՈՐՈՇՈՒՄՆԵՐԻ ԸՆԴՈՒՆՄԱՆ ԳԵՆԵՏԻԿ ԱԼԳՈՐԻԹՄ ԱՌԱՆՁՆՑԱԿՆԵՐԻ ՍՈՏԻԿՈՒԹՅԱՆ ՀԱՍԿԱՅՈՒԹՅԱՆ ՕԳՏԱԳՈՐԾՄԱՄԲ

Առաջարկված առանձնյակների մոտիկության հասկացության հիման վրա կատարված է գենետիկ ալգորիթմների զարգացում: Հետազոտվել են մերձավոր ազգականների խաչասերման ցանկալի և ոչ ցանկալի դեպքեր: Հայտնաբերվել սինքրոն գեներատորի օպտիմալ նախագծման խնդիրների լուծման օրինակի վրա ցույց է տրվել զարգացված մոտեցման արդյունավետությունը:

Առանցքային բառեր. գենետիկ ալգորիթմներ, օպտիմալացման խնդիրներ, որոշումների ընդունման ալգորիթմներ:

H.A. TERZIAN, H.S. SUKIASYAN, G.G. SARGSYAN

GENETIC ALGORITHM OF DECISION MAKING USING CONCEPTION OF SPECIES RELATIONS

A genetic algorithm of decision making based on proposed conception of species relations is developed. The cases when close relative intersection is desirable and when it is not desirable are studied. Based on the example of decision making in optimum synchronous explicit-pole generator designing the effectiveness of the developed approach is shown.

Keywords: genetic algorithms, optimization problems, decision making algorithms.