# Основы генетических алгоритмов

1.2.1. Генетические алгоритмы и традиционные методы оптимизации

Генетический алгоритм представляет собой метод, отражающий естественную эволюцию методов решения проблем, и в первую очередь задач оптимизации. Генетические алгоритмы - это процедуры поиска, основанные на механизмах естественного отбора и наследования. В них используется эволюционный принцип выживания наиболее приспособленных особей.

Генетические алгоритмы отличаются от традиционных методов оптимизации несколькими базовыми элементами. В частности, они:

1) обрабатывают не значения параметров самой задачи, а их закодированную форму;

2) осуществляют поиск решения исходя не из единственной точки, а из их некоторой популяции;

3) используют только целевую функцию, а *не* ее производные либо иную дополнительную информацию,

4) применяют вероятностные, а не детерминированные правила вывода.

1.2.2. Основные понятия генетических алгоритмов

В теории генетических алгоритмов используются определения, заимствованные из генетики

Например, речь идет о *популяции особей, а в* качестве базовых понятий применяются *ген, хромосома, генотип, фенотип,* аллель.

Также используются соответствующие этим терминам определения из технического лексикона, в частности, цель, *двоичная последовательность, структура.*

*Популяция -* это конечное множество *особей.*

*Особи, входящие в популяцию*, вгенетических алгоритмах представляются хромосомами с закодированными в них множествами *параметров* задачи, т.е. решений, которые иначе называются точками *в пространстве поиска.* В некоторых работах особи называются организмами.

Хромосомы(другие названия - цепочки или *кодовые последовательности)* - это упорядоченные последовательности *генов.*

*Ген* (также называемый *свойством, знаком* или детектором) - это атомарный элемент *генотипа,* в частности, хромосомы.

*Генотип* или структура - это набор хромосом данной особи. Следовательно, особями популяции могут быть генотипы либо единичные хромосомы (в довольно распространенном случае, когда генотип состоит из одной хромосомы).

*Фенотип -* это набор значений, соответствующих данному генотипу, т.е. *декодированная структура* или множество параметров задачи (решение, точка *пространства поиска).*

*Аллель -* это значение конкретного гена, также определяемое как *значение* свойстваили *вариант свойства.*

*Локус* или п*озиция* указывает место размещения данного гена в хромосоме (цепочке). Множество позиций генов - это *локи.*

Очень важным понятием в генетически алгоритмах считается *функция приспособленности (fitness function),* иначе называемая *функцией оценки:*

Представляет меру приспособленности данной особи в популяции.

Играет важнейшую роль, поскольку позволяет оценить степень приспособленности конкретных особей в популяции и выбрать из них наиболее приспособленные (т.е. имеющие наибольшие значения функции приспособленности) в соответствии с эволюционным принципом выживания «сильнейших» (лучше всего приспособившихся).

Оказывает сильное влияние на функционирование генетических алгоритмов и должна иметь точное и корректное определение.

В задачах оптимизации функция приспособленности, как правило, оптимизируется (точнее говоря, максимизируется) и называется *целевой функцией.* В задачах минимизации целевая функции преобразуется, и проблема сводится кмаксимизации.

В теории управления функция приспособленности может принимать вид *функции погрешности,* а в теории игр - *стоимостной функции.* На каждой итерации генетического алгоритма приспособленность каждой особи данной популяции оценивается при помощи функции приспособленности, и на этой основе создается следующая популяция особей

Очередная популяция в генетическом алгоритме называется поколением, а к вновь создаваемой популяции особей применяется термин «новое поколение» или «поколение потомков».

1.2.3. Классический генетический алгоритм

Основной (классический) генетический алгоритм (также называемый элементарным или простым генетическим алгоритмом) состоит из следующих шагов:

1) инициализация, или выбор исходной популяции хромосом;

2) оценка приспособленности хромосом в популяции;

3) проверка условий остановки алгоритма;

4) селекция хромосом;

5) применение генетических операторов;

6) формирование новой популяции;

7) выбор «наилучшей» хромосомы,

Формирование исходной популяции заключается в случайном выборе заданного количества хромосом (особей), представляемых двоичными последовательностями фиксированной длины.

Оценивание приспособленности хромосом заключается в расчете функции приспособленности для каждой хромосомы этой популяции. Чем больше значение этой функции, тем выше «качество» хромосомы. Форма функции приспособленности зависит от характера решаемой задачи. Предполагается, что функция приспособленности всегда принимает неотрицательные значения и. кроме того, что для решения оптимизационной задачи требуется максимизировать эту функцию. Если исходная форма функции приспособленности не удовлетворяет этим условиям, то выполняется соответствующее преобразование (например, задачу минимизации функции можно легко свести к задаче максимизации).

Определение условий остановки генетического алгоритма зависит от его конкретного применения. В оптимизационных задачах, если известно максимальное (или минимальное) значение функции приспособленности, то остановка алгоритма может произойти после достижения ожидаемого оптимального значения, возможно - с заданной точностью. Остановка алгоритма также может произойти в случае, когда его выполнение не приводит к улучшению уже достигнутого значения. Алгоритм может быть остановлен по истечении определенного времени выполнения либо после выполнения заданного количества итераций. Если условие остановки выполнено, то производится переход к завершающему этапу выбора "наилучшей" хромосомы. В противном случае на следующем шаге выполняется селекция.

Селекция хромосом заключается в выборе (по рассчитанным на втором этапе значениям функции приспособленности) тех хромосом, которые будут участвовать в создании потомков для следующей популяции, т.е. для очередного поколения. Такой выбор производится согласно принципу естественного отбора, по которому наибольшие шансы на участие в создании новых особей имеют хромосомы с наибольшими значениями функции приспособленности. Существуют различные методы селекции. Наиболее популярным считается так называемый метод *рулетки (roulette wheel selection),* который свое название получил по аналогии с известной азартной игрой. Каждой хромосоме может быть сопоставлен сектор колеса рулетки, величина которого устанавливается пропорциональной значению функции приспособленности данной хромосомы. Поэтому чем больше значение функции приспособленности, тем больше сектор на колесе рулетки.

Всё колесо рулетки соответствует сумме значений функций приспособленности всех хромосом рассматриваемой популяции. Каждой хромосоме, обозначаемой *chi*, для *i = 1, 2,..., N* (где *N* обозначает численность популяции) соответствует сектор колеса *v(chi),* выраженный в процентах согласно формуле



где 

причем *F(chi)* - значение функции приспособленности хромосомы *chi*, а *рs(chi)* - *вероятность селекции* хромосомы *chi*. Селекция хромосомы может быть представлена как результат поворота колеса рулетки, поскольку «выигравшая» (т.е. выбранная) хромосома относится к выпавшему сектору этого колеса.

Очевидно, что чем больше сектор, тем больше вероятность «победы» соответствующей хромосомы. Поэтому вероятность выбора данной хромосомы оказывается пропорциональной значению ее функции приспособленности.

Если всю окружность колеса рулетки представить в виде цифрового интервала [0, 100], то выбор хромосомы можно отождествить с выбором числа из интервала [а, b], где а и bобозначают соответственно начало и окончание фрагмента окружности, соответствующего этому сектору колеса; очевидно, что *0 ≤ a < b ≤ 100*. В этом случае выборе помощью колеса рулетки сводится к выбору числа из интервала [0,100], которое соответствует конкретной точке на окружности колеса.

В результате процесса селекции создается *родительская популяция,* также называемая *родительским пулом (mating poof) с* численностью N, равной численности текущей популяции.

**Применение генетических операторов** к хромосомам, отобранным с помощью селекции, приводит к формированию новой популяции потомков от созданной на предыдущем шаге родительской популяции.

В классическом генетическом алгоритме применяются два основных генетических оператора: *оператор скрещивания (crossover)* и *оператор мутации (mutation).* Однако следует отметить, *что* оператор мутации играет явно второстепенную роль по сравнению с оператором скрещивания. Это означает, что скрещивание в классическом генетическом алгоритме производится практически всегда, тогда как мутация - достаточно редко. Вероятность скрещивания, как правило, достаточно велика (обычно 0,5 *< рс <* 1), тогда как вероятность мутации устанавливается весьма малой (чаще всего 0 < рm <0,1). Это следует из аналогии с миром живых организмов, где мутации происходят чрезвычайно редко

В генетическом алгоритме мутация хромосом может выполняться на популяции родителей перед скрещиванием либо на популяции потомков, образованных в результате скрещивания.

На первом этапе скрещивания выбираются пары хромосом из родительской популяции (родительского пула). Это временная популяция, состоящая из хромосом, отобранных в результате селекции и предназначенных для дальнейших преобразований операторами скрещиваний и мутации с целью формирования новой популяции потомков. На данном этапе хромосомы из родительской популяции объединяются в пары. Это производится случайным способом в соответствии с вероятностью скрещивания pc, Далее для каждой пары отобранных таким образом родителей разыгрывается позиция гена (локус) *в* хромосоме, определяющая так называемую *точку скрещивания.*

Если хромосома каждого из родителей состоит из *L* генов, то очевидно, что точка скрещиваний *lk* представляет собой натуральное число, меньшее *L.* Поэтому фиксация точки скрещивания сводится к случайному выбору числа из интервала *[1, L-1]*. В результате скрещивания пары родительских хромосом получается следующая пара потомков:

1) потомок, хромосома которого на позициях от 1 до *lk* состоит из генов первого родителя, *а* на позициях от *lk + 1* до *L* — из генов второго родителя;

*2)* потомок, хромосома которого на позициях от 1 до *lk* состоит из генов второго родителя, а на позициях от *!к* + 1 до *L* - из генов первого родителя.

Оператор мутации с вероятностью *рm,* изменяет значение гена в хромосоме на противоположное (т.е. с *0* на 1 или обратно). Например, если в хромосоме [100110101010] мутации подвергается ген на позиции 7, то его значение, равное 1, изменяется на 0. что приводит к образованию хромосомы [100110001010]. Как уже упоминалось выше, вероятность мутации обычно очень мала, и именно от нее зависит, будет данный ген мутировать или нет. Вероятность *рm* мутации может эмулироваться, например, случайным выбором числа из интервала [0, 1] для каждого гена и отбором для выполнения этой операции тех генов, для которых разыгранное число оказывается меньшим или равным значению *рm*.

Хромосомы, полученные в результате применения генетических операторов к хромосомам временной родительской популяции, включаются в состав новой популяции. Она становится так называемой текущей популяцией для данной итерации генетического алгоритма. На каждой очередной итерации рассчитываются значения функции приспособленности для всех хромосом этой популяции, после чего проверяется условие остановки алгоритма и либо фиксируется результат в виде хромосомы с наибольшим значением функции приспособленности, либо осуществляется переход к следующему шагу генетического алгоритма, т.е. к селекции В классическом генетическом алгоритме вся предшествующая популяция хромосом замещается новой популяцией потомков, имеющей ту же численность.

Если условие остановки алгоритма выполнено, то следует вывести результат работы, т.е. представить искомое решение задачи. Лучшим решением считается хромосома с наибольшим значением функции приспособленности.

# Лабораторная работа №2. Изучение основ применения генетических алгоритмов

Цель работы – изучение основ работы с генетическими алгоритмами.

В работе рассматривается решение задачи поиска максимума функции на заданном интервале с применением генетических алгоритмов.

Порядок выполнения работы.

1. Проанализируйте исследуемую функцию и постройте её график.

Таблица 2.2

|  |  |
| --- | --- |
| № вар. | Функция |
|  | f(x) = 2x2+1 |
|  | f(x) = 2x3+125 |
|  | f(x) = 4x4+16 |
|  | f(x)= |
|  | f(x)= |
|  | f(x) = 2x8+15 |
|  | f(x) = |
|  | f(x) = -4x4+16 |
|  | f(x)= |
|  | f(x) = 2|x7|+11 |

1. Сформулируйте задачу поиска оптимального значения функции на отрезке [0;15] с точностью до целых значений в терминах генетических алгоритмов.
2. Разработайте программу поиска максимального значения, с использованием классического варианта генетического алгоритма. Текст программы занесите в отчёт.
3. Запустите процедуру поиска оптимального значения на заданном отрезке. Проанализируйте полученные результаты, оцените точность полученного результата*.*
4. Модифицируйте программу поиска: измените количество точек скрещивания, тип селекции (по указанию преподавателя). Проанализируйте полученные результаты.
5. Полученные результаты и выводы занесите в отчёт.

Вопросы к защите:

1. Основные понятия генетических алгоритмов.
2. Генетические алгоритмы и традиционные методы оптимизации. Достоинства и недостатки
3. Генетические операторы. Кодирование параметров задачи в генетическом алгоритме.
4. Функция приспособленности.
5. Опишите работу классического генетического алгоритма.
6. Основная теорема о генетических алгоритмах. Следствия теоремы.
7. Модификации классического генетического алгоритма
8. Генетические алгоритмы и ИНС. Способы совместного использования