

Динамические нормы для случайных и направленных мутаций в генетическом алгоритме

О.Г. Ведерникова, О.В. Игнатьева

Ростовский государственный университет путей сообщения

Аннотация: Разработаны динамические нормы для случайных и направленных мутаций в генетическом алгоритме для решения задачи размещения элементов в ортонормированной решетке. Принцип данных норм заимствован из метода имитации отжига. Вероятность применения случайных мутаций уменьшается в соответствии с температурой «отжига», а вероятность направленных мутаций увеличивается от итерации к итерации при приближении к оптимуму.

Ключевые слова: генетический алгоритм, задачи размещения элементов, метод отжига, случайные мутации, направленные детерминированные мутации.

В данной статье представлен метод эффективного использования случайных и направленных мутаций в генетическом алгоритме (далее ГА) [1, 2], разработанный для задачи размещения элементов в ортонормированной решетке [3, 4]. Данный метод позволяет воплотить идею эффективного сочетания элементов случайности и детерминированности в ГА на основе метода имитации «отжига» и метода релаксации. Ранее автором представлены специализированные операторы проблемно ориентированных мутаций [5, 6] для задачи размещения, основанные на методах релаксации и Кернигана-Лина. Такого рода мутации позволяют направлять случайный поиск ГА в наиболее оптимальное направление, потому что детерминировано ищут оптимальные позиции для элементов, уменьшая напряжения между элементами. Так как в методе релаксации считается, что между размещаемыми элементами расположены пружины, чьи жесткости прямо пропорциональны степени связности элементов, а разработанный оператор мутации переставляет элементы так, чтобы ослабить напряжение пружин в случайно выбранных парах элементов [5]. Но такие детерминированные мутации губительны на ранних этапах ГА, так как могут направить в ловушку локального оптимума [7]. Напротив, случайные хаотические

мутации, переставляя две три или несколько случайных локусов в хромосоме благотворно влияют на ход эволюции в начале работы генетического алгоритма повышая разнообразие направлений поиска [8, 9]. Поэтому на ранних стадиях ГА нужно чаще использовать случайные мутации, а на поздних стадиях – детерминированные мутации. Исходя из этого, были созданы динамические нормы мутаций, на основе метода имитации отжига.

В методе имитации отжига определяется вероятность закрепления новой конфигурации элементов системы следующим образом:

$$\exp\left(-\frac{\Delta}{T}\right),$$

где Δ – изменение целевой функции, в методе «отжига» этот параметр означает увеличение или уменьшение внутренней силы связей элементов системы, T – параметр имитирующий текущую температуру отжига. Вероятность закрепления флуктуации системы зависит от двух факторов. Во первых, вероятность закрепления флуктуации, которая увеличивает внутреннее напряжение (или значение целевой функции) уменьшается при уменьшении параметра T , то есть при приближении алгоритма к завершению. Во вторых, вероятность зависит от степени ухудшения целевой функции, чем больше увеличение внутренней энергии Δ (если $\Delta > 0$), тем меньше вероятность. Для создания динамических норм мутаций, второй фактор не включается, поэтому можно положить $\Delta = 1$.

Известно, что оператор случайной мутации переставляет местами любые случайно выбранные гены в хромосоме [2]. Так как деструктивность случайной мутации возрастает по мере приближения к оптимуму, необходимо, чтобы вероятность ее применения уменьшалась от итерации к итерации. Для этого разработана динамическая норма случайной мутации имеющая следующий вид:

$$P_m^c = P_m^{co} \cdot \exp\left(-\frac{1}{T}\right),$$

где P_m^{co} – вероятность хаотичной мутации на нулевой итерации, ее величина подбирается во время отладки, на основе особенностей решаемой задачи в интервале от 0,06 до 0,01; T – параметр, заимствованный из метода «отжига» имитирующий температуру отжига, Этот параметр должен уменьшаться в течении эволюции по разработанному закону в алгоритме «отжига». Эффективный закон уменьшения температуры «отжига» заимствован из теории Марковских цепей и основан на статистических особенностях в динамике нахождения оптимума. Выражение для температуры «отжига» на начальной итерации следующее:

$$T_0 = -\frac{3\sigma_0}{\ln a_0},$$

где σ_0 – стандартное отклонение функции фитнеса для цепи Маркова при T_0 . Так как особи для случайной мутации выбираются с вероятностью, независимой от значения функции фитнеса, то можно принять равным $\sigma_0 = 1$. При этом коэффициент принятия изменения системы выбирается равным $a_0 = 0,9$. Закон уменьшения температуры или режим отжига следующий:

$$T_{k+1} = \frac{T_k}{1 + \frac{\ln(1 + \delta)}{3\sigma(T_k)} \cdot T_k}$$

где $\sigma(T_k)$ – стандартное отклонение функции фитнеса при T_k принимается равным 1; δ – параметр дистанции, определяющий скорость изменения температуры, задается пользователем $\delta=0,05$. При переходе от предыдущего поколения к новому, на каждом шаге генетического алгоритма происходит уменьшение температуры по данному закону или режиму отжига. Вследствие такого закона изменения параметра алгоритма T частота

применения хаотичной мутации будет постепенно уменьшаться от итерации к итерации ГА, так как T уменьшаться в соответствии с законом на каждом шаге ГА.

Вероятность применения направленных мутаций или другими словами проблемно ориентированных мутаций должна увеличиваться от итерации к итерации ГА. Для этого вводится динамическая норма для детерминированных мутаций, которая определяется как:

$$P_m^n = P_m^{no} \cdot \left(1 - \exp\left(-\frac{1}{T}\right)\right),$$

где P_m^{no} – конечная частота принятия проблемно ориентированной мутации на заключительных итерациях ГА ($P_m^{no} = 0,08$), ее значение определяется с учетом решаемой задачи. Разработанная динамическая норма детерминированной мутации возрастает к концу эволюции ГА.

Представленные динамические нормы мутаций гибко используют основные преимущества ГА и позволяют отклонять отрицательные аспекты эволюции. В частности, за счет увеличения генетического разнообразия в хромосомах на начальных итерациях алгоритма посредством применения с высокой долей вероятности хаотичных мутаций. А так же повышения среднего фитнеса за счет проблемно ориентированных мутаций разработанных для рассматриваемой задачи на заключительных итерациях алгоритма [10]. Таким образом осуществляется нахождение более оптимального решения за более короткое время по сравнению с классическим ГА.

Литература

1. Батищев Д. И., Неймарк Е. А., Старостин Н. В. Применение генетических алгоритмов к решению задач дискретной оптимизации. – Нижний Новгород: 2007. – 88 с.



2. Гладков, Л.А. Генетические алгоритмы /Л.А. Гладков, В.В. Курейчик, В.М. Курейчик – М.: Физматлит, 2006. – 320 с.

3. Кузнецова, А.В. Моделирование процесса оптимального размещения товаров на складе самообслуживания на основе эволюционных алгоритмов поиска / А.В. Кузнецова, В.А. Мохов, Е.В. Туровская // Инженерный вестник Дона, 2014, № 1 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2014/2276

4. Бегляров, В.В. Гибридный эволюционный алгоритм решения систем линейных алгебраических уравнений, описывающих электрические цепи / В.В. Бегляров, А.Н. Берёза // Инженерный вестник Дона, 2013, № 1 URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2013/1540

5. Ведерникова, О.Г. Модифицированные операторы направленной мутации в генетических алгоритмах для задачи размещения // Тр. междунар. науч.-практ. конф. «Транспорт-2013» / РГУПС. Ростов н/Д, 2013. С. 24-26.

6. Ведерникова О. Г. Разработка направленного оператора мутации, основанного на методе Кернигана – Лина, для задачи размещения // Тр. междунар. науч.-практ. конф. «Транспорт-2015» / РГУПС. Ростов н/Д, 2015. С. 30–31.

7. Mitchell M. An Introduction to Genetic Algorithms /M. Mitchell. – Cambridge: MIT Press, 1999 – 158 p. – ISBN 0-262-13316-4 (HB), 0-262-63185-7 (PB)

8. Reeves C., Rowe J. Genetic algorithms – principles and perspectives. A guide to GA theory. Kluwer Academic Publishers, 2003. 327 p.

9. Орловский Н. М. Решение задачи однокритериальной оптимизации процесса планирования действий экипажа Российского сегмента Международной космической станции на основе генетического алгоритма // Инженерный вестник Дона, 2013, № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1776

10. Ведерникова, О.Г. Разработка генетического алгоритма для транспортных задач //Транспорт Азиатско-Тихоокеанского региона. – 2015. № 3 (5). – С. 11-14

References

1. Batishchev D. I., Neymark E. A., Starostin N. V. Primenenie geneticheskikh algoritmov k resheniyu zadach diskretnoj optimizacii [Application of genetic algorithms to solving discrete optimization problems]. Nizhny Novgorod: 2007. 88 p.

2. L.A. Gladkov, V.V. Kureychik, V.M. Kureychik Geneticheskiye algoritmy [Genetic algorithms]. M.: Fizmatlit, 2006. 320 p.

3. Kuznetsova A.V., Mokhov V.A, Turovskaya E.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2014, № 1. URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2014/2276

4. Beglyarov, V.V., A.N. Birch Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013, № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2013/1540

5. Vedernikova O.G. Trudy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Transport-2013». RSTU. Rostov on Don, 2013. pp. 24-26.

6. Vedernikova O.G. Trudy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Transport-2015». RSTU. Rostov on Don, 2015. pp. 30–31.

7. Mitchell M. An Introduction to Genetic Algorithms M. Mitchell. Cambridge: MIT Press, 1999. 158 p. - ISBN 0-262-13316-4 (HB), 0-262-63185-7 (PB)

8. Reeves C., Rowe J. Genetic algorithms - principles and perspectives. A guide to GA theory. Kluwer Academic Publishers, 2003. 327 p.

9. Orlovsky N. M. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013, № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1776

10. Vedernikova, O.G. Transport Aziatcko-Tikhookeanckogo regiona. 2015. № 3 (5). pp. 11-14.