УДК 519.68

О СРАВНЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ МУРАВЬИНОГО И ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМОВ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ КОМБИНАТОРНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

Семенкина О.Е.
Научный руководитель – Е.С. Семенкин

Сибирский федеральный университет

Одной из актуальных научных проблем современной математики является исследование эффективности стохастических алгоритмов, работающих одновременно с большим количеством текущих решений на задачах оптимизации. Данная работа посвящена исследованию эффективности алгоритма муравьиных колоний и генетического алгоритма.

Для разработки и исследования эффективности алгоритмов была использована задача коммивояжера[1], которая является оптимизационной задачей, часто возникающей на практике. Если имеется заданное множество из n городов, то *задача коммивояжера* – это задача нахождения замкнутого обхода минимальной длины, причем каждый город должен быть посещен единственный раз. В качестве тестовых задач были взяты решетки 4 на 4 и 5 на 5 городов.

Муравьиный алгоритм основан на имитации поведения муравьев в природе [2]. Почти слепые животные, такие как муравьи, справляются с задачей отыскания кратчайшего пути от гнезда до источника пищи и обратно. Для обмена информацией они используют след фермента, оставляемый на пути. Муравей с большей вероятностью выбирает тот путь, на котором большее количество фермента.

После прохождения полного обхода каждый муравей оставляет вещество, называемое *след*, на каждом пройденном ребре (i, j) между i-м и j-м городами.

Пусть $\tau_{ij}(t)$ это *интенсивность следа* на ребре (i, j) в момент времени t. Интенсивность следа обновляется в соответствии с формулой $\tau_{ij}(t+n)=\rho\cdot\tau_{ij}(t)+\Delta\tau_{ij}$, где ρ является коэффициентом таким, что $(1-\rho)$ представляет собой *испарение* следа. $\Delta\tau_{ij} = \sum_{k=1}^{m} \Delta\tau_{ij}^{k}$, где $\Delta\tau_{ij}^{k}$ есть количество вещества следа, оставленного на единице длины ребра (i, j) k-м; оно задается формулой

$$\Delta\tau_{ij}^{k} = \begin{cases} \dfrac{Q}{L_k}, & \text{если k - й муравей использует ребро (i, j) в своем обходе} \\ 0, & \text{если не использует} \end{cases}.$$

где Q является постоянной, а L_k - длина обхода k-го муравья.

Коэффициент ρ должен иметь значение меньше 1 для того, чтобы исключить неограниченное накопление следа.

Пусть число η_{ij}, равное $1/d_{ij}$, называется *видимостью*, где d_{ij} - длина пути между городами i и j. Муравей выбирает город в который собирается идти с вероятностью, которая является функцией расстояния до города и количества следов, оставленный на соединяющем ребре. Вероятность перехода из города i в город j для k-го муравья выражается следующим образом

$$p_{ij}^{k} = \begin{cases} \dfrac{[\tau_{ij}(t)]^{\alpha}\cdot[\eta_{ij}]^{\beta}}{\sum_{k}[\tau_{ik}(t)]^{\alpha}\cdot[\eta_{ik}]^{\beta}}, & \text{если k - й муравей еще не посещал j - й город,} \\ 0\ , & \text{если k - й муравей уже посещал j - й город.} \end{cases}$$

α и β являются параметрами, которые управляют относительной важностью следа и видимости.

Была разработана программа, реализующая алгоритм муравьиных колоний, и с ее помощью исследована на тестовых задачах зависимость надежности этого алгоритма от различных настроек параметров. А именно: выявлены лучшие настройки: α=1, β=10, ρ=0.5-0.7, и установлено, что значение параметра Q существенного влияния не оказывает, а количество муравьев должно быть близко к количеству городов.

Генетический алгоритм основан на имитации естественной эволюции [3]. Каждое решение задачи является индивидом популяции, т.е. множества решений, который представлен хромосомой – списком номеров городов в порядке их посещения. В своей работе генетический алгоритм использует несколько операторов, следующих друг за другом, таких как селекция, рекомбинация и мутация. В генетическом алгоритме для задачи коммивояжера хромосома представляет собой перестановку из n чисел (номеров городов), тогда как в стандартной версии это строка нулей и единиц. В связи с этим стандартные операторы видоизменены, однако сохраняется большое количество настраиваемых параметров, таких как вероятность мутации, тип селекции – турнирная (с выбором размера турнира), пропорциональная и ранговая (с линейным или экспоненциальным ранжированием).

Была разработана программа, реализующая генетический алгоритм, и с ее помощью исследована на тестовых задачах его надежность при различных настройках параметров. Были выявлены лучшие настройки генетического алгоритма, а именно: турнирная селекция с небольшим турниром и слабая или очень слабая мутация.

На тестовых задачах муравьиный алгоритм требует гораздо меньшего количества вычислений, т.к. является алгоритмом, специально разработанным для задач такого типа. Генетический же алгоритм потребовал в разы большего количества вычислений, однако он приспособлен для более широкого класса задач.

Была рассмотрена практическая задача, которую можно сформулировать следующим образом. Необходимо посетить все районные центры Красноярского края, а именно 47 городов и поселков, с заданными координатами. Предполагается, что расстояние между городами преодолевается на вертолете, т.е. расстояние измеряется кратчайшим расстоянием между двумя городами.

У обоих алгоритмов возникли трудности с решением данной задачи. Лучший обход, найденный муравьиным алгоритмом, имеет длину 5420.57 км, а генетическим - 5288.37 км. Оба решения не являются глобально оптимальными. При решении практической задачи генетическому алгоритму было дано большее количество вычислений целевой функции, т.к. у него происходило медленное улучшение текущего решения, в то время как муравьиный алгоритм по-прежнему быстро сходился к указанному решению и не улучшал его на очень большом последующем количестве итераций.