

Использование грид-систем на добровольной основе для сравнения качества решений эвристических методов в задаче поиска кратчайшего пути в графе при наличии ограничений на плотность графа

Существует достаточно обширный класс оптимизационных (экстремальных) задач, в которых исходные переменные являются дискретными. К ним относятся задачи теории графов, теории расписаний, исследования операций и многие другие. Часть из них, именуемая труднорешаемыми и образующая класс сложности NP , не могут быть решены точно с приемлемыми затратами вычислительного времени, поэтому на практике для их решения используют эвристические методы. В настоящее время наиболее известными и широко применяемыми на практике являются следующие методы [1]: жадные методы, методы ограниченного перебора (с ограничением глубины при анализе дерева комбинаторного перебора, ограничением числа анализируемых ветвей в его составе и т.п.), методы случайного и взвешенного случайного перебора, биоинспирированные методы (например, методы муравьиной и пчелиной колонии), метод имитации отжига, генетические (эволюционные) методы. Известны их модификации, например, связанные с ранним отсечением неперспективных решений (стратегия ветвей и границ), поддержкой комбинаторных возвратов для выхода из тупиков, вариацией порядка рассмотрения элементов в процессе формирования решения и пр.

Трудоемкость реализации, затраты вычислительного времени на формирование решений и их качество существенно различаются как для различных методов, так и для условий использования. Ряд методов требуют тонкой настройки параметров, выполняемой в ходе вычислительно сложной метаоптимизации. Вызывает интерес сравнения качества решений и выявление методов, характеризующихся максимальной скоростью сходимости и обеспечивающих получение решений максимального качества за минимальное время.

С целью выявления наиболее перспективных из них в качестве тестовой была взята известная задача поиска кратчайшего пути в графе. Ее оптимальное решение может быть найдено за квадратичное время с использованием алгоритма Дейкстры, что ввиду простоты делает ее удобной для сопоставления качества решений различных эвристических методов с известным оптимумом. Для этого был разработан соответствующий расчетный модуль, в составе которого были реализованы перечисленные выше эвристические методы и их модификации. Для каждого из методов, имеющих настроечные параметры, была проведена метаоптимизация, что в настоящее время выполняется в автоматизированном режиме и требует нескольких десятков часов машинного времени. После указанных действий расчетный модуль был размещен в проекте добровольных распределенных вычислений Gerasim@Home на платформе BOINC, с его использованием в период с апреля 2014 по июнь 2014 и с февраля 2015 по июнь 2015 по была организована серия вычислительных экспериментов, направленных на исследование качества решений эвристических методов для случайных графов с числом вершин $N \leq 500$ и плотностью $0 \leq d \leq 1$ при фиксированном числе итераций.

В результате анализа полученных данных был сделан ряд выводов. Прежде всего, в указанной задаче зонная зависимость выражена куда более слабо по сравнению с задачей построения разбиений граф-схем параллельных алгоритмов [2], которая также была исследована в проекте ранее. Полученные экспериментальные зависимости имеют вид гипербол в координатах $(N; d)$, что согласуется с теоретическими представлениями. Для графов большой плотности известные эвристические методы без модификаций обеспечивают достаточное качество решений, наиболее перспективными следует считать метод муравьиной колонии и генетический метод. При уменьшении плотности графов наилучшее качество решений обеспечивает метод муравьиной колонии с поддержкой

комбинаторных возвратов. Многие известные эвристические методы, с успехом применяемые на практике, в данной задаче не демонстрируют высокого качества решений. Так, например, метод имитации отжига в условиях графов малой плотности производит нахождение малого числа корректных решений (путей) ввиду сложности модификации текущего решения с сохранением его корректности, а метод пчелиной колонии имеет сильную зависимость значений настроечных параметров от области использования в координатах $(N; d)$, что не позволяет отыскание для него универсального набора значений настроечных параметров и вынуждает выполнять времязатратную метаоптимизацию при каждом использовании.

Сформулированные рекомендации могут быть в дальнейшем дополнены и использованы для решения более сложных задач дискретной комбинаторной оптимизации, имеющих практическую значимость. Кроме того, в перспективе дальнейших исследований необходимо выполнение анализа затрат вычислительного времени и скорости сходимости для множества рассматриваемых методов, по результатам чего возможна разработка более сложных многостадийных методов, улучшающих указанные характеристики.

Библиографический список

1. Ватутин Э.И., Титов В.С., Емельянов С.Г. Основы дискретной комбинаторной оптимизации. М.: АРГАМАК-МЕДИА, 2016. 270 с.
2. Ватутин Э.И. Проектирование логических мультиконтроллеров. Синтез разбиений параллельных граф-схем алгоритмов. Saarbrücken: LAP, 2011. 292 с.