

Решение задачи генерации оптимального графика обслуживания медицинского оборудования с использованием метода пчелиной колонии

Попов Г. А.¹, Мамлеева А. Р.², Понтус В. Н.³

¹Попов Георгий Александрович / Popov Georgij Aleksandrovich – доктор технических наук, профессор;

²Мамлеева Аделя Рифкатовна / Mamleeva Adelya Rifkatovna – аспирант,
кафедра информационной безопасности;

³Понтус Владимир Николаевич / Pontus Vladimir Nikolaevich – магистрант,
кафедра автоматизированных систем обработки информации и управления,
институт информационных технологий и коммуникаций,
Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань

Аннотация: в статье анализируются методы оптимизации графика обслуживания медицинского оборудования, описан метод пчелиных колоний для данной предметной области.

Abstract: the article analyzes the methods of optimization of graphic services of medical equipment, describe the method of bee colonies for this domain.

Ключевые слова: медицинское оборудование, паспорт оборудования, сервисное и ремонтное обслуживание оборудования, график обслуживания оборудования, семантическая модель, метод пчелиных колоний.

Keywords: medical equipment, equipment passports, service and repair of equipment, equipment maintenance schedule, semantic model, the method of bee colonies.

При проектировании алгоритма, оптимизации графика обслуживания медицинского оборудования за основу была взята группа эволюционных методов, а конкретно метод пчелиной колонии. Характеристиками метода пчелиной колонии является возможность горизонтального масштабирования вычислений за счет массовой параллелизации, возможность менять исходные данные, не прерывая вычислений, «дооптимизируя» уже найденные решения с учетом новых условий задачи, возможность получать относительно эффективные решения уже в первые, секунды работы алгоритма, применимость для решения как дискретных, так и непрерывных задач оптимизации. В купе этот набор характеристик делает метод пчелиной колонии очень хорошим кандидатом для разработки приближенного алгоритма решения поставленной в диссертации задачи.

Алгоритм основанный на методе пчелиной колонии обычно включает в себя начальную разведку и последующую работу пчел улья. При инициализации (начальной разведке) производится выполнение разведки пространства признаков с целью определения наиболее перспективных точек с наилучшими значениями целевой функции (в простейшем случае с использованием метода случайного перебора), которые запоминаются в улье (базе данных). После этого в окрестностях выбранных точек производится локальная разведка в пределах заданного радиуса разведки с целью попытки улучшения решения, при этом при достижении улучшения в улье сохраняется обновленное значение рекорда и соответствующий ему вектор параметров целевой функции. Комбинируя работу пчел-разведчиков и рабочих пчел, на протяжении заданного числа итераций алгоритм обеспечивает постепенное улучшение запоминаемой выборки. По завершении его работы из указанного множества решений выбирается наилучшее, что является результатом работы алгоритма.

Таким образом, для разработки алгоритма на базе метода пчелиной колонии необходимо разработать функции, определяющие поведение «пчел-разведчиков» и «пчел-рабочих» для конкретной предметной области обслуживания медицинского оборудования. Искомой точкой с наибольшим количеством «нектара», является график обслуживания, не противоречащий введенным в рамках формализации задачи ограничениям с рассчитанным для него значением функции оцененной прибыли.

Для создания алгоритма поведения вычислительного агента «пчела-разведчик» использовался стохастический жадный подход к проектированию алгоритма. Для формирования близкого к оптимальному графику, обслуживания объекта на каждый день вычисляется вероятность проведения его обслуживания как величина прямо пропорциональная вероятности отказа оборудования в этот день. Далее, согласно данной вероятности, создается новый наряд на проведение работ и вставляется в график в соответствующий день, если не нарушаются принятые при формализации задачи ограничения.

Для формирования нового наряда также используется стохастический жадный подход. При выборе конкретной операции определяется степень влияния каждой возможной операции по обслуживанию оборудования на вероятность отказа. С большей вероятностью выбирается та операция, степень влияния которой выше. В целом такой подход достаточно близок к тому, как формируют графики обслуживания люди вручную при использовании подхода к обслуживанию оборудования от технического состояния. Это обусловлено очень простой алгоритмической сложностью алгоритма оцениваемой как $O(N)$, где N –

количество дней в периоде обслуживания. Применение стохастического подхода, тем не менее, позволяет рассмотреть при разведке варианты, которые, как правило, упускаются людьми, инстинктивно использующими жадные методы построения графиков.

Для лучших отобранных в результате разведки графиков выполняется их дополнительная оптимизация с использованием вычислительных агентов «рабочих пчел». В предлагаемом алгоритме предложено два вида таких агентов.

Первый вид «рабочих пчел» занимается сокращением операций обслуживания. Суть подхода заключается в следующем: выбирается произвольная операция обслуживания в сформированном графике и исключается из него. Для того чтобы уравновесить получившееся увеличение вероятности отказа, предыдущая и следующая операция за исключенной передвигаются во времени навстречу друг другу (см. рис. 1).



Рис. 1. Схема сокращения операций обслуживания

После каждой операции исключения график проверяется на соответствие ограничениям, оценивается и, если оказывается лучше оригинала, сохраняется. Согласно механике метода пчелиных колоний, полученный график может быть еще раз сокращен «рабочей пчелой» в рамках следующих итераций. Алгоритмическая сложность алгоритма оценивается как $O(N)$, где N – количество дней в периоде обслуживания.

Другим вариантом вычислительного агента «рабочей пчелы» является процедура замены операции по обслуживанию на менее затратную. Для этого выбирается произвольная операция и для объекта обслуживания, к которому она применена, ищется операция с меньшей стоимостью, но с наиболее высокой степенью влияния на вероятность отказа.

После каждой операции замены график проверяется на соответствие ограничениям, оценивается и, если оказывается лучше оригинала, сохраняется. Согласно механике метода пчелиных колоний, полученный график может быть, еще раз подвергнут замене операций «рабочей пчелой» в рамках следующих итераций. Алгоритмическая сложность алгоритма оценивается как $O(1)$.

Применение построенного алгоритма, базирующегося на методе пчелиной колонии, позволяет генерировать и изменять графики обслуживания приближенными эвристическими полиномиальными алгоритмами, постоянно выполняя оценку целевой функции и улучшая набор получаемых решений. Такой алгоритм позволяет создать программное обеспечение, позволяющее в режиме реального времени выполнять приближение к оптимальному графику обслуживания, даже в условиях, изменяющихся в процессе вычислений данных. Кроме того, подобный подход позволяет ускорять расчеты или улучшать качество находимых за одно и то же время решений используя горизонтальное масштабирование вычислений путем добавления вычислительных ядер.

Литература

1. Некрасова Н. Профилактика и реанимация // Отраслевые решения. – 2010. – № 3. – С. 66-71.
2. Арсеньев А. ТОРО – время экономить миллиарды [Электронный ресурс] // СЮ.2010. – URL: <http://www.computerra.ru/cio/old/products/489775>.
3. Гореленков С. ЕАМ-решение как инструмент для гибкого управления затратами на техническое обслуживание [Электронный ресурс] // Сфера управления. 2014. – URL: http://www.s-ng.ru/pdf/spec_20_96.pdf.