

**БИОИНСПИРИРОВАННЫЕ МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ В
РЕШЕНИИ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ ТЕОРИИ
РАСПИСАНИЙ НА ВОЗДУШНОМ ТРАНСПОРТЕ**

Романенко В.А.

*Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королёва,
г. Самара,
e-mail: vla_rom@mail.ru*

Биоинспирированные методы оптимизации – это метаэвристические приближенные методы решения оптимизационных задач, принципы которых заимствованы из разделов биологической науки. Биоинспирированные методы представляют собой эффективную альтернативу классическим методам оптимизации в случаях, когда целевая функция обладает такими особенностями, как дискретность, существенная нелинейность, мультимодальность и др. Среди довольно большого числа разработанных к настоящему времени методов и алгоритмов рассматриваемого класса следует отметить разнообразные генетические, эволюционные и иммунные алгоритмы, метод муравьиных колоний с его многочисленными модификациями, пчелиные алгоритмы [1].

Одной из областей успешного применения биоинспирированных оптимизационных методов стали задачи теории расписаний, в частности, на транспорте, в том числе, воздушном. Эти задачи отличаются дискретностью и значительной размерностью, что, при неудачном выборе подхода к решению, приводит к неприемлемым затратам машинного времени [2]. Задачи теории расписаний состоят в наилучшем по заданному критерию упорядочении некоторых работ по времени или по исполнителям с учетом ограничений на последовательность выполнения работ, на возможности исполнителей и т.п. Для предприятий воздушного транспорта актуальными являются задачи составления расписания движения воздушных судов (ВС), графиков оборота и отхода ВС на формы технического обслуживания и ремонта (ТОиР), графиков оборота экипажей, графиков наземного обслуживания ВС и т.п.

По мнению экспертов – представителей производственно-диспетчерских служб аэропортов, одной из частных, но важных для аэропортовых предприятий задач, является задача выравнивания загрузки персонала при распределении по исполнителям работ по обслуживанию ВС на ближайшую смену. В крупных аэропортах процедура «справедливого» распределения работ по исполнителям, выполняемая «вручную», не только требует значительных затрат труда и времени, но и чревата серьезными ошибками.

Рассматривается задача распределения I заданий по обработке багажа на перроне по J исполнителям, из которых $J^{(1)}$ исполнителей имеют одну профессию, а оставшиеся $J^{(2)}$ – другую. Учитывается получившая в последнее время широкое распространение многофункциональность персонала: предполагается, что некоторые из $J^{(2)}$ сотрудников второй профессии могут совмещать обязанности по первой профессии. Каждое задание $i \in I$ представляет собой некоторую работу по обслуживанию багажа заданного рейса, выделяемую исполнителю соответствующей профессии. Параметрами задания являются плановое время его начала, плановая продолжительность и категория допуска, которым должен обладать исполнитель, чтобы иметь право выполнять задание. Категория допуска зависит от типа обслуживаемого ВС и типа перронной механизации, которым должен управлять исполнитель при обработке багажа. Исполнитель $j \in J$ характеризуется профессией и имеющимися допусками к выполнению заданий. Необходимо определить такие значения бинарных переменных $x_{ij} \in \{0, 1\}$, $i = 1, \dots, I$, $j = 1, \dots, J$, которые минимизировали бы разброс величин времени занятости работников выполнением выделенных ему заданий T_j , $j = 1, \dots, J$, выражающийся выборочной дисперсией:

$$D = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J \left(T_j - \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J T_j \right)^2.$$

Для решения задачи на языке Delphi разработано программное обеспечение, реализующее модификацию одного из вариантов алгоритма муравьиных колоний. Классический «муравьиный» алгоритм [3] основан на результатах наблюдения за поведением муравьев, которые в ходе поиска пищи оставляют на поверхности свои

«феромонные следы». Очередной муравей ориентируется на след других муравьев и старается с некоторыми отклонениями двигаться в направлении большинства следов. На более коротком маршруте муравьи успевают пройти большее количество раз и оставить более интенсивный след. Со временем большинство муравьев «переключаются» на более короткий путь, а длинный путь «забывается» вместе с испарением следа. Воспроизводя поведение муравьев, алгоритм позволяет находить локально оптимальные решения задач комбинаторной и дискретной оптимизации.

На рисунке 1 приведены полученные величины времени занятости исполнителей для модельного примера, соответствующего условиям крупного регионального аэропорта: $I = 74$ задания, $J^{(1)} = 7$ чел., $J^{(2)} = 12$ чел. Разброс времени не превышает 30 минут.

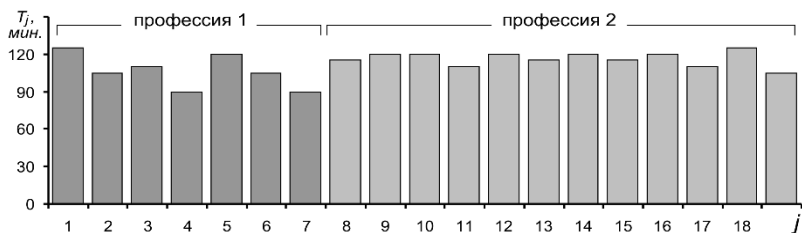


Рис. 1 Время занятости исполнителей

Следует отметить, что использование муравьиного алгоритма для решения задачи рассмотренной размерности позволяет до $8 \cdot 10^9$ раз сократить затраты машинного времени по сравнению с гипотетическим использованием алгоритма полного перебора.

Список использованных источников

1. *Гладков Л.А.* Биоинспирированные методы в оптимизации / Л.А. Гладков, В.В. Курейчик, В.М. Курейчик, П.В. Сороколетов. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. 384 с.
2. *Лазарев А.А.* Теория расписаний. Задачи и алгоритмы / А.А. Лазарев, Е.Р. Гафаров. М.: Издательство МГУ, 2011. 222 с.
3. *Colomi A.* Ant System for job-shop scheduling / A. Colomi, M. Dorigo, V. Maniezzo, M. Trubian // JORBEL. Belgian Journal of Operations Research, Statistics and Computer Science. 1994. 34(1), 39–53.