УДК 004.021

ИССЛЕДОВАНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ОТКЛИКОВ АЛГОРИТМОВ РЕШЕНИЯ ОПТИМИЗАЦИОННОЙ ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ ПОРЯДКОМ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАКАЗОВ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Е. М. БОРЧИК, Д. А. ДЕНИСЕВИЧ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Для решения задач имитационного моделирования с целью оптимизации функционирования сложных производственных систем часто используются эволюционные алгоритмы случайного поиска – в частности, генетический алгоритм (ГА) и алгоритм 2Opt, имеющие параметры, требующие дополнительной настройки для обеспечения эффективной работы самих алгоритмов оптимизации (АО). Одним из этапов исследования АО является анализ чувствительности откликов в зависимости от изменения параметров АО.

Поставлена задача исследования чувствительности АО на основании оценки изменения отклика модели Y при изменении каждого параметра X на l-х уровнях ($l \geq 2$). При моделировании каждая q-я компонента вектора X принимает последовательно значения на 1, 2, …, l уровнях (X_{q1}, X_{q2}, …, X_{ql}). Остальные компоненты вектора X при этом остаются неизменными и соответствуют нулевому уровню. Для каждой q-й компоненты проводится l модельных экспериментов, вычисляются отклики (Y_{1q}, Y_{2q}, …, Y_{lq}).

Представление результатов имитационного эксперимента. Пусть в результате проведения имитационного эксперимента получен отклик Y, который представляет собой матрицу размерности $m*l$, где $m \geq 30$ – количество прогонов АО, l – количество уровней q-й компоненты АО, элементы матрицы Y – действительные числа. Предлагается использование статистических критериев для определения чувствительности на основе оценки разброса и математических ожиданий выборок отклика Y на l ($l \geq 2$) уровнях параметра X.

Статистический анализ результатов имитационных экспериментов проводится в два этапа: этап 1 – проверка гипотезы принадлежности выборок нормальной генеральной совокупности; этап 2 – определение чувствительности на основании оценок разброса и математического ожидания отклика. В результате статистического анализа l-выборкам отклика Y ставится в соответствии пара действительных неотрицательных чисел.

Этап 1. Для проверки гипотезы о принадлежности выборок нормальной генеральной совокупности выбраны критерии согласия Пирсона χ^2, Колмогорова λ, Мизеса ω^2. Если логические значения результатов применения критериев Пирсона и Колмогорова эквивалентны – на этом этап 1 оканчивается. Иначе – дополнительно применяется критерий Мизеса, результат работы которого принимается в качестве заключения о проверке.

Этап 2. Определение чувствительности на основе оценки разброса и математического ожидания отклика. В зависимости от вида распределений выборок y_j = (y_{1j}, y_{2j}, …, y_{mj}), j = 1, …, l, $m \geq 30$, для расчета оценок чувствительности разброса и математического ожидания выборки Y применяются методы параметрической либо непараметрической статистики.

Приведем проверяемые статистические гипотезы. Обозначим $\Theta_\sigma(Y)$ оценку чувствительности разброса выборки Y. Тогда нулевая гипотеза H_0: дисперсии l-выборок равны; альтернативная гипотеза H_1: найдутся такие выборки, дисперсии которых различны. Обозначим $\Theta_m(Y)$ оценку чувствительности математического ожидания выборки Y. Тогда нулевая гипотеза H_0: математические ожидания l-выборок равны; альтернативная гипотеза H_1: найдутся такие выборки, матожидания которых различны. Оценки характеристик выборки $\Theta_\sigma(Y)$, $\Theta_m(Y)$ используются в качестве оценки чувствительности параметров АО случайного поиска к изменению условий проведения эксперимента от уровня к уровню. Рассматриваемые статистические критерии основаны на вычислении некоторого наблюдаемого значения критерия $Ynabl$ и сравнения его с определенным критическим значением критерия $Ykrit$. В случае $Ynabl < Ykrit$ – нет оснований отвергнуть выдвинутую гипотезу и поскольку $Ynabl > 0$, $Ykrit > 0$, имеем $0 < Ynabl / Ykrit < 1$. Иначе – выдвинутая гипотеза отвергается и отношение $Ynabl / Ykrit > 1$. Результат работы статистических критериев будем сохранять в виде $\Theta = Ynabl / Ykrit$. В результате статистического анализа отклику Y ставится в соответствие пара неотрицательных чисел $\Theta_\sigma(Y)$, $\Theta_m(Y)$. При этом, чем больше данные значения, тем более чувствителен отклик к изменению параметра. В случае $\Theta_\sigma(Y) > 1$ или $\Theta_m(Y) > 1$ – выборки $y_j = (y_{1j}, y_{2j}, \ldots, y_{mj})$, $j = 1, \ldots, l$, $m \geq 30$ принадлежат различным генеральным совокупностям, АО чувствителен к изменению условий эксперимента от уровня к уровню.

Проведены исследования генетического алгоритма (ГА) и алгоритма 2Opt, примененные к задаче упорядочивания заказов на промышленном предприятии. Параметры ГА варьировались между значениями 500, 10000, 20000, 30000 и 50000, в то время, как параметр поколения для алгоритма 2Opt составлял 500. Оптимальное решение задачи заключалось в минимизации стоимости переналадки оборудования. Исследовались отклики алгоритмов оптимизации, включая оптимальную стоимость переналадки и время работы АО. При этом была изучена зависимость времени работы и эффективности ГА от параметра поколения, которая оказалась значительной. Также была исследована зависимость оптимальной стоимости переналадки оборудования при замене ГА на 2Opt, которая также оказалась значительной, указывая на различия в подходе данных алгоритмов к решению оптимизационной задачи. Чувствительность оптимальной стоимости переналадки оборудования при замене параметров поколения ГА на трех уровнях (500, 20000, 50000) также оказалась высокой, а на уровнях 20000, 30000, 50000 – пограничной между низкой и высокой. В целом, исследование показало, что точность решения задачи оптимизации возрастает с увеличением значения параметра поколения, но при этом время решения также увеличивается. Кроме того, с увеличением значения параметра поколения решения оптимизационной задачи становятся меньше чувствительными к последующему увеличению параметра поколения.