

Рисунок 1 — Тренд износа диагностируемого узла

**Заключение.** Представленная модель прогнозирования зарекомендовала себя достаточно перспективной. Моделирование показало, что она точна и обладает высокой податливостью к резким изменениям диагностического сигнала, при этом отфильтровывая сигналы, которые являются помехами при диагностике. Это достигается за счёт использования ПИД-регулятора, что приводит к колебательности прогнозной модели, что может оказывать влияние на точность прогноза. Использование ПИД-управления при прогнозировании требует дальнейших исследований в области стабилизации тренда и большей адаптации прогнозной модели к условиям реального производства.

#### Список цитируемых источников

1. Ковалёв А. В., Трушин Н. Н., Сальников В. С. Прогнозирование технического состояния технологического оборудования // Изв. ТулГУ. Техн. науки. Вып. 11 : в 2 ч. Тула : Изд-во ТулГУ, 2014. Ч. 2. С. 554—560.
2. Громыко Г. Л. Теория статистики : учеб. М. : ИНФРА-М, 2005. 416 с.

УДК 004.02

О. Д. Кравчук

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

### НЕЛИНЕЙНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДАМИ СЛУЧАЙНОГО ПОИСКА

В статье рассматриваются методы случайного поиска (далее — СП) для решения задач оптимизации сложных объектов. Произведён программный сравнительный анализ методов случайного поиска в зависимости от вида целевых функций. Результаты обоснованы и приведены в виде диаграмм.

In article methods of accidental search for the decision of problems of optimization of complex objects are considered. The program comparative analysis of methods of accidental search depending on a type of criterion functions is made. Results are proved and resulted in the form of diagrams.

**Введение.** Широкое внедрение вычислительных методов в практику инженерных расчётов обеспечило возможность решения задач оптимизации сложных многопараметрических объектов. Среди различных методов решения задач оптимизации большое распространение получили поисковые методы оптимизации, среди которых значительный интерес вызывают методы СП [1].

**Основная часть.** Нелинейное программирование — раздел математического программирования, изучающий методы решения экстремальных задач с нелинейной целевой функцией и (или) областью, определённой нелинейными ограничениями. Типичными областями применения нелинейного программирования являются прогнозирование, планирование промышленного производства, управление ресурсами, контроль качества выпускаемой продукции, планирование обслуживания и ремонта, проектирование технологических линий и процессов.

Практика показала, что среди существующих методов нелинейного программирования для решения подобных задач предпочтительны методы СП. Они позволяют весьма эффективно исключать локальные экстремумы и находить решение при достаточно гладких помехах [2].

Необходимо вычислить  $\max$  ( $\min$ ) функции  $z = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , при условиях  $\varphi_i(x_1, x_2, \dots, x_n) \{ \leq, =, \geq \} b_i, i = \overline{1, m}$ , где  $z, \varphi_i$  — заданные функции;  $b_i$  — действительные числа.

Система ограничений включает в себя условия неотрицательности переменных, если такие условия имеются. Условия неотрицательности переменных могут быть заданы и непосредственно [3].

Пусть задача минимизации решается для некоторой ограниченной области параметров. Если это возможно, то эта область соответствующим преобразованием координат переводится в единичный гиперкуб. Если такое преобразование неосуществимо, то производится замена координат таким образом, чтобы область поиска лежала внутри единичного гиперкуба [4]. Далее алгоритм опирается на ряд общих шагов: организация такого поиска, чтобы по результатам вычислений было удобно проводить статистические выводы; определение поведения системы и выбор следующих точек в окрестностях тех из предыдущих, в которых значения целевой функции относительно малы; просмотривание всего множества оптимизации, хотя и неравномерное; последовательное вероятностное или детерминированное сужение области поиска [5].

Всю совокупность методов СП можно разделить на две группы:

1) ненаправленный случайный поиск. При таком поиске все последующие испытания проводят совершенно независимо от результатов предыдущих. Примером является простой случайный поиск;

2) направленный случайный поиск. В этом случае отдельные испытания связаны между собой. Результаты проведённых испытаний используются для формирования последующих. Сходимость таких методов, как правило, выше, но сами методы обычно приводят только к локальным экстремумам. Примерами служат: адаптивный случайный поиск, случайный поиск с возвратом при неудачном шаге, метод наилучшей пробы, метод наилучшей пробы с направляющим гиперквадратом и др. [6].

При тестировании упомянутых выше методов СП были использованы различные тестовые функции, отличающиеся друг от друга такими характеристиками, как многоэкстремальность, овражность и унимодальность.

Для сравнения методов выбраны основные критерии: эффективность, время поиска и разброс (стабильность алгоритма в получаемых результатах). При помощи разработанного программного продукта произведена оценка времени вычисления для методов случайного поиска в зависимости от вида выбранной функции (рисунок 1).

Из диаграммы видно, что наилучшим временем вычисления обладает метод случайного поиска с направляющим гиперквадратом, а самыми быстро вычисляемыми являются унимодальные функции.

Так как на практике алгоритмы показали себя со стороны высокой сходимости, то за оценку эффективности принято считать разброс полученного значения функции, наблюдаемый в процессе  $n$  вычислений (рисунок 2).

Из графика видно, что наиболее стабильные результаты вычислений показывают многоэкстремальные функции. Но исходя из сравнения скорости вычисления и сходимости выгодными показателями обладает метод наилучшей пробы с направляющим гиперквадратом. Также он имеет наименьшее варьирование при повторяющихся вычислениях.

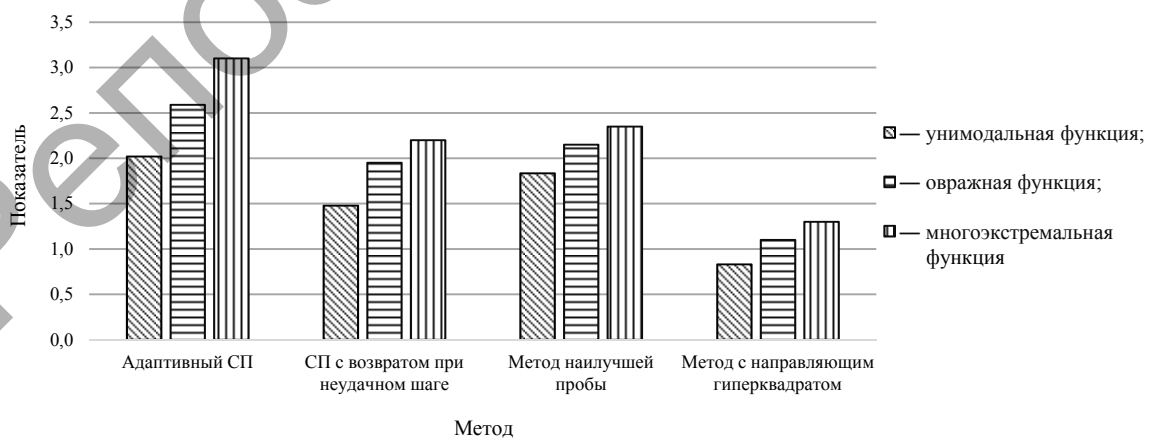


Рисунок 1 — Диаграмма времени вычисления для методов СП в зависимости от вида функции

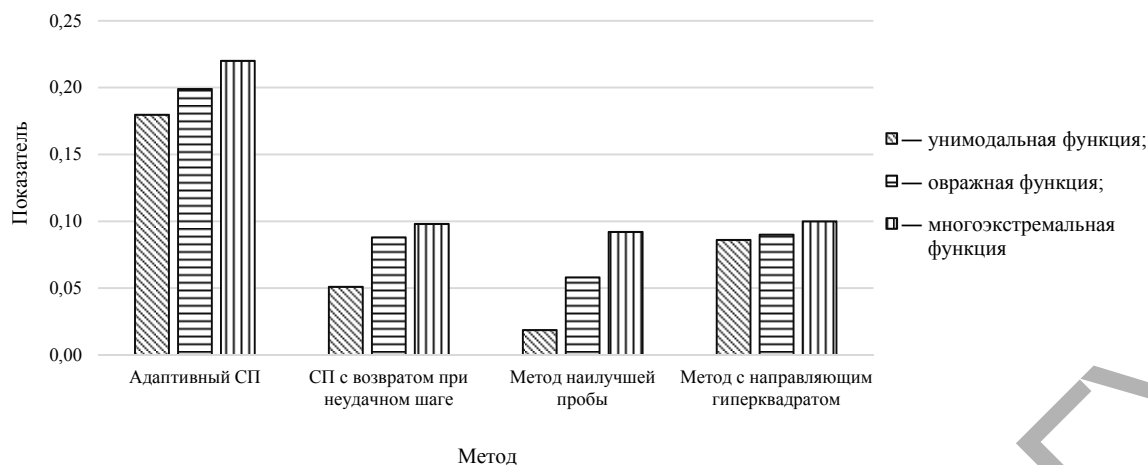


Рисунок 2 — Диаграмма разброса значения функции для методов СП в зависимости от вида функции

**Заключение.** Анализируя полученные результаты, можно сделать выводы о том, что методы случайного поиска применимы для поиска глобального условного минимума многомерных функций; обладают малой чувствительностью к нерегулярностям поведения целевой функции; быстро сходятся при многомерности исследуемой функции; быстро сходятся при условии, что функция имеет овражный тип; пригодны как для унимодальных, так и для мультимодальных функций.

#### Список цитируемых источников

1. Гатчин Ю. А., Коробейников А. Г. Проектирование интегрированных автоматизированных технологических комплексов. СПб. : СПбГИТМО (ТУ), 2000. 171 с.
2. Зубов Н. Н., Титов В. А. Моделирование и оптимизация технологических процессов : учеб. пособие СПб. : Изд-во СПбГУСЭ, 2009. 183 с.
3. Ахматова Д. Н. Линейное и нелинейное программирование в экономических задачах: учеб. пособие. Бузулук : БГТИ, 2013. 134 с.
4. Жиглявский А. А. Математическая теория глобального случайного поиска. Л. : Изд-во ЛГУ, 1985. 289 с.
5. Сушков Ю. А. Об одном способе организации случайного поиска // Исслед. операций и стат. моделирование. Л. : Изд-во ЛГУ, 1972. Вып. 1. 256 с.
6. Бахарев А. Т., Зуев А. К., Камиллов М. М. Теория и применение случайного поиска. Рига : Зинатне, 1969. 309 с.

УДК 004.942