

А.А. ТЕРЗЯН, Г.С. СУКИАСЯН, Х.Г. ДАШЯН

К АДАПТАЦИИ АЛГОРИТМОВ СЛУЧАЙНОГО ПОИСКА

Исследовано влияние численных значений управляющих параметров алгоритмов случайного поиска на точность и время решения оптимизационных задач. Предложены алгоритмы адаптации управляющих параметров в зависимости от скорости изменения целевой функции. Показано, что соответствующая адаптация приводит как к улучшению точности решения задачи, так и к уменьшению количества обращений к модели.

Ключевые слова: оптимизационные задачи, случайный поиск, адаптация.

Случайный поиск, как некий аналог Природы, возникший лишь в 60-х годах XX столетия, сегодня стал мощным вычислительным методом для решения всевозможных экстремальных задач. Вместе с тем проведенные исследования [1-4] весьма убедительно свидетельствуют о значительной зависимости эффективности алгоритмов принятия решения, в том числе алгоритмов случайного поиска, от численных значений управляющих параметров, что, в свою очередь, подтверждает важность адаптации. Здесь речь идет о сборе информации в процессе решения задачи и на основе этой информации о динамическом (в ходе решения задачи) изменении численных значений управляющих параметров с целью приспособления алгоритма принятия решения к особенностям решаемой экстремальной задачи.

Заметим, что все работы, связанные с развитием адаптации алгоритмов принятия решения, в силу исключительной сложности проблемы основаны на эвристике. В настоящей работе авторы также не избежали эвристического подхода.

В алгоритмах случайного поиска управляющими параметрами являются объем накопления в текущей точке поиска, величина рабочего шага и параметры распределения вероятностей случайного шага.

Гиперсферический случайный поиск с пересчетом предусматривает в случае неудачного пробного шага продолжение случайных попыток (при максимальном числе $m_{\max}$) из исходной точки до первой удачной попытки и рабочий шаг в этом направлении. Этот алгоритм предусматривает также управление длиной шага перемещения h_i . Так, если количество попыток m_i превосходит заданное число μ , то шаг уменьшается K_h раз (не менее чем $h_{\min}$). В случае успешного продвижения, т.е. когда лучшая точка находится при числе попыток меньше μ , предусматривается увеличение шага (не более чем $h_{\max}$).

В качестве критерия останова принято минимальное значение (ξ) отклонения целевой функции $F(\bar{x})$ в $(t+1)$ -й и t -й итерациях, т.е.

$$\xi = \frac{F_t(\bar{x}) - F_{t+1}(\bar{x})}{F_t(\bar{x})}.$$

Таким образом, при данном алгоритме случайного поиска

$$\bar{x}_{t+1} = \bar{x}_t + \frac{\bar{\lambda}}{|\bar{\lambda}|} h_t$$

управление поиском имеет следующий вид:

$$\begin{cases} \text{если } m \geq \mu, \text{ то } h_{t+1} = \frac{h_t}{K_h}; \\ \text{если } m < \mu, \text{ то } h_{t+1} = K_h h_t; \\ m_{\max} = \mu_{\max}; \\ h_{\max} \geq h_t \geq h_{\min}, \end{cases} \quad (1)$$

где $\bar{x}_t$ и $\bar{x}_{t+1}$ - предыдущая и последующая точки многомерного пространства поиска; h_t - текущий шаг перемещения; $\bar{\lambda}$ - случайный вектор; K_h - коэффициент управления длиной шага; μ - заданное число случайных выборов; $\mu_{\max}$ - заданное максимальное число выборов.

Рассмотрим влияние численных значений управляющих параметров μ и K_h на процесс решения задачи. Численные исследования проведем на тестовой задаче оптимального проектирования синхронного явнополюсного генератора мощностью 20 кВт [4].

На рис. 1 показаны зависимости целевой функции $F(\bar{x})$ (объем генератора, $F(\bar{x}) = V \cdot 10^3 \text{ см}^3$) от количества обращений к модели N при различных значениях коэффициента управления шагом K_h (при $\mu = 15$). На процесс поиска немаловажное влияние оказывает также объем накопления μ .

На рис. 2 представлены результаты численных экспериментов по исследованию зависимости целевой функции $F(\bar{x})$ от количества обращений к модели при различных значениях μ (при $K_h = 1,2$).

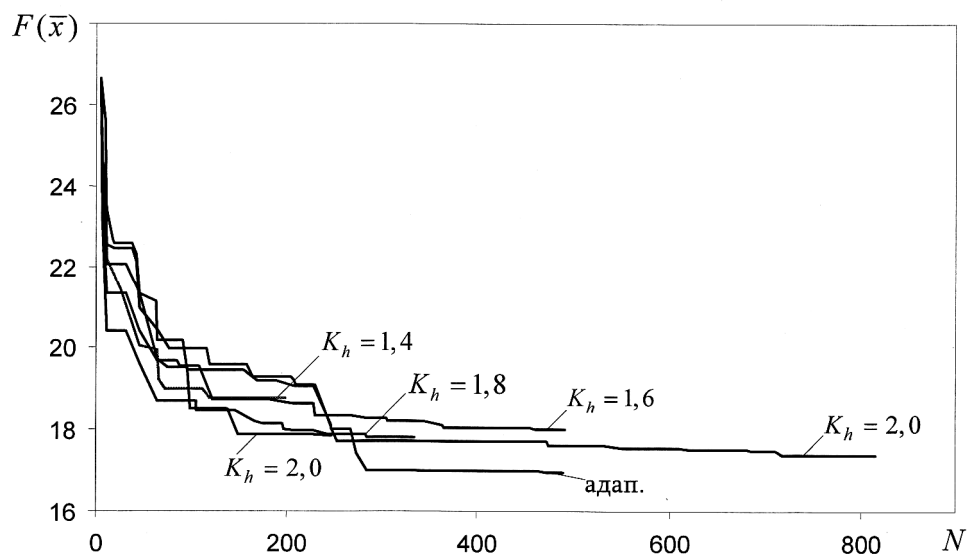


Рис. 1. Зависимости целевой функции $F(\bar{x})$ от количества обращений к модели N при различных значениях параметра

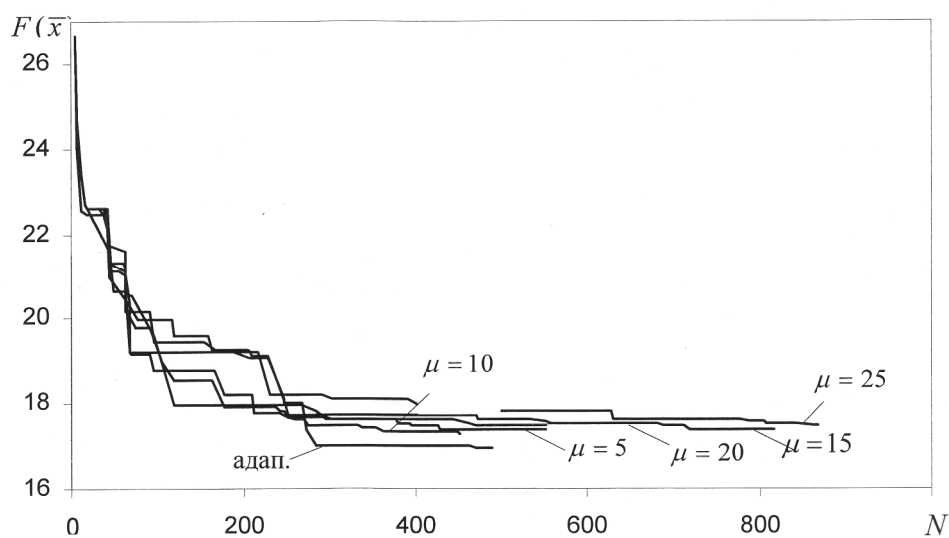


Рис. 2. Зависимости целевой функции $F(\bar{x})$ от количества обращений к модели N при различных значениях параметра управления μ в гиперсферическом случайном поиске. Кривая “адап” отражает процесс поиска с адаптивным управлением по μ и K_h

Представленные результаты свидетельствуют о значительном влиянии численных значений управляющих параметров μ и K_h на точность и время решения задачи.

Осуществим адаптацию параметра управления длиной шага K_h в зависимости от скорости изменения целевой функции. Представим эту зависимость в виде следующей функции:

$$K_h = 0,5e \left[1 + \frac{F_{t+1}(\bar{x}) - F_t(\bar{x})}{F_t(\bar{x})} \right], \quad (2)$$

где e – основание натурального логарифма.

Адаптации подвергнем также параметр управления μ . В алгоритме (1) вместо фиксированных значений μ представим динамически изменяемое μ_t в виде $\mu_{t+1} = \mu_t + K_m$, где

$$K_m = \ln(\xi)^{-1} = \ln \frac{F_t(\bar{x})}{F_t(\bar{x}) - F_{t+1}(\bar{x})}. \quad (3)$$

Таким образом, в предлагаемом алгоритме осуществляется гибкое управление как шагом поиска h_t , так и параметром μ в зависимости от скорости изменения целевой функции. Зависимость величины K_m от отклонения целевой функции ξ задается монотонно убывающей функцией так, чтобы K_m увеличивался, когда отклонение ξ уменьшается.

На рис. 1 и 2 сравнены зависимости целевой функции $F(\bar{x})$ от количества обращений к модели N при фиксированных значениях μ и K_h и при динамическом их изменении (кривые “адап”) по (2) и (3). Из рисунков видно, что адаптация параметров μ и h повышает качество поиска экстремума.

С учетом (2) и (3) алгоритм (1) преобразуется и принимает следующий вид:

$$\text{если } m_t \geq \mu_t, \text{ то } h_{t+1} = h_t K_h^{-1},$$

$$\text{если } m_t < \mu_t, \text{ то } h_{t+1} = h_t K_h,$$

$$\mu_{t+1} = \begin{cases} \mu_t + K_m, & \text{если } m_t \geq \mu_t, \\ \mu_t, & \text{если } m_t < \mu_t; \end{cases}$$

$$K_h = 0,5e \left[1 + \frac{F_{t+1}(\bar{x}) - F_t(\bar{x})}{F_t(\bar{x})} \right],$$

$$K_m = \ln \frac{F_t(\bar{x})}{F_t(\bar{x}) - F_{t+1}(\bar{x})},$$

$$h_{\max} \geq h_t \geq h_{\min}.$$

В связи с тем, что адаптация управляющего параметра типа (3) приводит в процессе поиска к увеличению значения μ , целесообразно начальное значение μ принимать небольшим в пределах 10...12. В этом случае достигается не только повышение точности, но и заметное уменьшение числа обращений к модели.

Алгоритмы случайного поиска, организующие целенаправленный поиск экстремума введением элемента случайности в виде источника возможностей, отличаются большим разнообразием.

Из этого разнообразия рассмотрим также алгоритм **наилучшей пробы**, при котором делается l случайных проб и по наилучшей выборке осуществляется рабочий шаг. Примем, что случайные выборки осуществляются в пределах гиперсферы, где радиус гиперсферы определяет длину h_t пробных шагов, а плотность распределения случайных точек предполагается равномерной на гиперсфере.

Как и в предыдущем случае, для управления длиной h_t шага перемещения используем минимальное значение ξ отклонения целевой функции $F(\bar{x})$ в $(t+1)$ -й и t -й итерациях. В случае успешного продвижения ($\xi \geq \Delta$, где Δ - заданное число) шаг увеличивается, в случае же $\xi < \Delta$ - уменьшается. Экстремальную точку будем считать найденной, если в процессе поиска минимальное значение ξ снизится до предельно заданного.

Итак, для решения экстремальной задачи управление рассмотренным алгоритмом случайного поиска имеет следующий вид:

$$\begin{cases} \text{если } \xi \geq \Delta, \text{ то } h_{t+1} = h_t K_h^{-1}, \\ \text{если } \xi < \Delta, \text{ то } h_{t+1} = h_t K_h, \\ h_{\max} \geq h_t \geq h_{\min}. \end{cases} \quad (4)$$

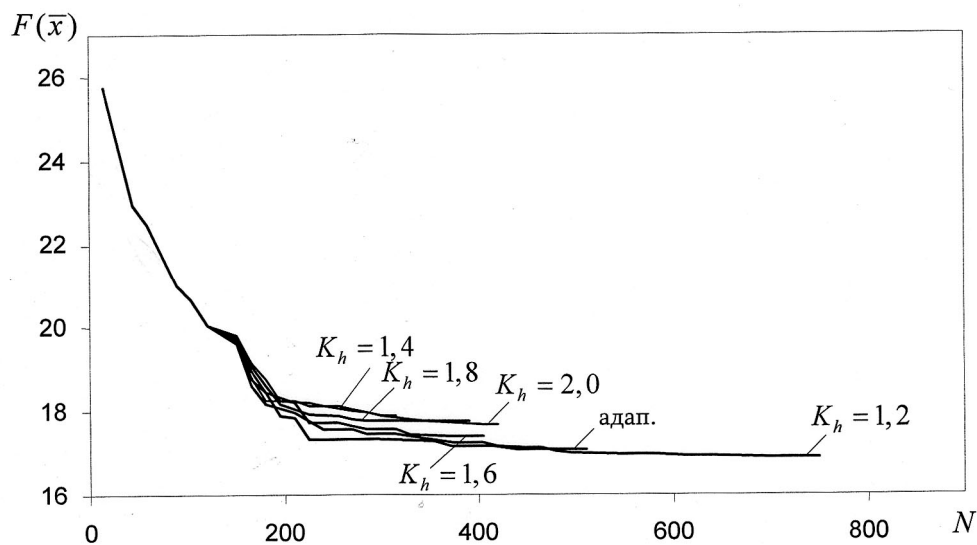
Обычно коэффициент управления длиной шага K_h принимается постоянным. На рис. 3 представлены результаты численного эксперимента по выявлению влияния различных значений K_h на процесс поиска экстремума (при $n = 15$).

Приведенные результаты убедительно свидетельствуют о значительном влиянии численных значений управляющего параметра K_h на процесс поиска при неопределенности самого выбора этого значения.

В обычно используемом алгоритме (4) количество проб l принимается постоянным, и, как правило, его выбор является неопределенным.

На рис.4 представлены результаты численных экспериментов по исследованию влияния количества проб l на процесс поиска экстремума (при $K_h = 1, 2$).

Как и в случае K_h , влияние значения n на процесс поиска заметно.



Error! Рис. 3. Зависимости целевой функции $F(\bar{x})$ от количества обращений к модели N при различных значениях параметра управления шагом K_h в случайном поиске с наилучшей пробой. Кривая “адап” отражает процесс поиска с адаптивным управлением по n и K_h

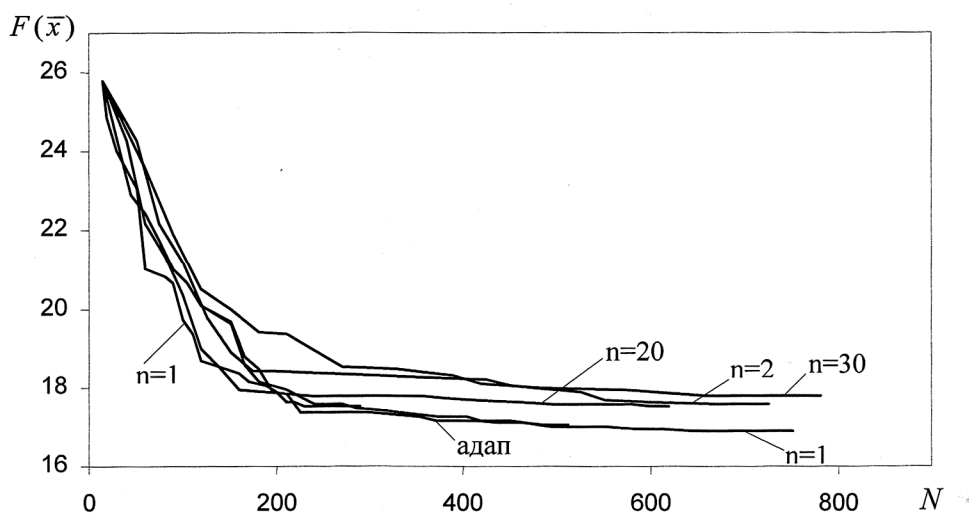


Рис. 4. Зависимости целевой функции $F(\bar{x})$ от количества обращений к модели N при различных значениях параметра управления n в случайном поиске с наилучшей пробой. Кривая “адап” отражает процесс поиска с адаптивным управлением по n и K_h

В настоящей работе предложено гибкое управление динамическим изменением величин K_h и n в зависимости от скорости изменения целевой функции. K_h предлагается изменять по (2), а в качестве регулирующей функции выборки n принимается

$$n_{t+1} = n_t + K_n,$$

где

$$K_n = \ln(\xi)^{-1} + 1 = \ln \frac{F_t(\bar{x})}{F_t(\bar{x}) - F_{t+1}(\bar{x})} + 1.$$

На рис. 3 и 4 наряду с фиксированными значениями K_h и n представлены результаты поиска по предложенной схеме адаптации управляющих параметров K_h и n (кривые “адап”). Из рисунков видно, что динамическая адаптация приводит как к улучшению точности решения задачи, так и к уменьшению количества обращений к модели.

В заключение заметим, что адаптация алгоритмов принятия решения является весьма актуальной и вместе с тем далеко не решенной проблемой.

Попытка авторов настоящей работы по развитию этой проблемы основана на эмпирическом подходе, а численные эксперименты проведены на классе задач электрических машин. В дальнейшем, несомненно, требуется расширение как подходов, так и используемых моделей в численных экспериментах.

Тем не менее полученные результаты сужают неопределенность в выборе значений управляющих параметров и повышают качество принятия решений в задачах электромеханики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Цыпкин Я.З.** Адаптация и обучение в автоматических системах. -М.: Наука, 1968.- 400с.
2. **Растринин Л.А., Рипа К.К., Тарасенко Г.С.** Адаптация случайного поиска. -Рига: Зинатне, 1978.-243с.
3. **Терзян А.А.** Автоматизированное проектирование электрических машин. - М.:Энергоатомиздат, 1983.- 256 с.
4. **Терзян А.А.** Алгоритмы принятия решений в электромеханике // Известия вузов. Электромеханика.- 2009. -№ 2. -С. 18-27.

ГИУА (П). Материал поступил в редакцию 16.04.2010.

Հ.Ա. ԹԵՐԶՅԱՆ, Հ.Ս. ՍՈՒՔԻԱՍՅԱՆ, Խ.Գ. ԴԱՇՅԱՆ

ՊԱՏԱՀԱԿԱՆ ՈՐՈՆՈՒՄՆԵՐԻ ԱԼԳՈՐԻԹՄՆԵՐԻ ԱԴԱՊՏԱՑՄԱՆ ՄԱՍԻՆ

Հետազոտված է պատահական որոնման ալգորիթմների դեկավարող պարամետրերի թվային արժեքների ազդեցությունը լավարկման խնդիրների լուծման ճշտության և ժամանակի վրա: Առաջարկված են դեկավարող պարամետրերի ադապտացման ալգորիթմներ, որոնք կախված են նպատակային ֆունկցիայի փոփոխման արագությունից: Ցույց է տված, որ համապատասխան ադապտացիան հանգեցնում է ինչպես խնդրի լուծման ճշտության լավացման, այնպես էլ մոդելին դիմումների թվի նվազման:

Առանցքային բառեր. լավարկման խնդիրներ, պատահական որոնում, ադապտացում:

H.A. TERZIAN, H.S. SUKIASYAN, KH.G. DASHYAN

ON ADAPTATION OF RANDOM SEARCHING ALGORITHMS

The numerical values influence of random searching algorithms controlling parameters on precision and solving time of optimization problems is investigated. The algorithms of random search adaptation of controlling parameters depending on variation rate of objective function are proposed. It is shown that the corresponding adaptation results in the growth of problem solving precision and reduction of model access quantity:

Keywords: optimization problems, random search, adaptation.