**Министерство**

**образования**

**Российской**

**Федерации**

**МОСКОВСКИЙ**

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ**

**ТЕХНИЧЕСКИЙ**

**УНИВЕРСИТЕТ**

**им**

**.**

**Н**

**.**

**Э**

**.**

**БАУМАНА**

Факультет

:

Информатика

и

системы

управления

Кафедра

:

Информационная

безопасность

(

ИУ

8)

**ТЕОРИЯ СИСТЕМ И**

**СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ**

**Лабораторная**

**работа**

**№**

**1**

**на**

**тему**

**:**

«Исследование метода случайного поиска экстремума функции одного переменного»

функции одного переменногоеременного»

Вариант

2

**Преподаватель**

**:**

Коннова Н.С.

**Студент**

:

Быков А. С.

**Группа**

**:**

ИУ

8

-32

Москва

2020

# Цель работы

Изучение метода случайного поиска экстремума на примере унимодальной и мультимодальной функций одного переменного.

# Постановка задачи

Унимодальная функция:

Мультимодальная функция:

Отрезок поиска:

Методы поиска: метод случайного поиска.

Вероятность попадания в  
окрестность экстремума: 0,90, 0,91, ..., 0,99.

Длина интервала   
неопределенности: , где 0,005, 0,010, ..., 0,100.

2. При аналогичных исходных условиях осуществить поиск минимума ,

модулированной сигналом , т.е. мультимодальной функции

.

# Ход работы

Рисунок 1 демонстрирует график заданной унимодальной функции f(x).

# 

**Рис. 1** График унимаодальной функции f(x)

Найдем для заданной нам функции точку минимума методом случайного поиска.

Задана функция: на интервале [-4,3] (см. рис. 2.2).

В данном методе – это вероятность того, что найденная точка минимума находится в интервале неопределенности, а – это вероятность попадания в интервал неопределенности для отдельно взятой точки. Тогда вероятность непопадания в интервал неопределенности за одно испытание будет равна . Вероятность непопадания в интервал неопределенности за испытаний будет равна . Тогда вероятность . Отсюда можем найти .

Представим таблицу 1 зависимости от и . В верхней строке записаны , а в первом столбце – . На пересечении – соответствующее значение .

Случайно выбираем точек в заданном отрезке [], определим значение унимодальной функции в этих точках и среди них найдем наименьшее значение. Результаты численного эксперимента для представим в виде таблицы 2 в зависимости от и .

**Таблица 1** – Зависимость от и .

+-----+---+----+----+----+----+----+----+----+----+----+

|q/P |0.9|0.91|0.92|0.93|0.94|0.95|0.96|0.97|0.98|0.99|

+-----+---+----+----+----+----+----+----+----+----+----+

|0.005|460|481 |504 |531 |562 |598 |643 |700 |781 |919 |

+-----+---+----+----+----+----+----+----+----+----+----+

|0.01 |230|240 |252 |265 |280 |299 |321 |349 |390 |459 |

+-----+---+----+----+----+----+----+----+----+----+----+

|0.015|153|160 |168 |176 |187 |199 |213 |233 |259 |305 |

+-----+---+----+----+----+----+----+----+----+----+----+

|0.02 |114|120 |126 |132 |140 |149 |160 |174 |194 |228 |

+-----+---+----+----+----+----+----+----+----+----+----+

|0.025|91 |96 |100 |106 |112 |119 |128 |139 |155 |182 |

+-----+---+----+----+----+----+----+----+----+----+----+

|0.03 |76 |80 |83 |88 |93 |99 |106 |116 |129 |152 |

+-----+---+----+----+----+----+----+----+----+----+----+

|0.035|65 |68 |71 |75 |79 |85 |91 |99 |110 |130 |

+-----+---+----+----+----+----+----+----+----+----+----+

|0.04 |57 |59 |62 |66 |69 |74 |79 |86 |96 |113 |

+-----+---+----+----+----+----+----+----+----+----+----+

|0.045|51 |53 |55 |58 |62 |66 |70 |77 |85 |101 |

+-----+---+----+----+----+----+----+----+----+----+----+

|0.05 |45 |47 |50 |52 |55 |59 |63 |69 |77 |90 |

+-----+---+----+----+----+----+----+----+----+----+----+

|0.055|41 |43 |45 |48 |50 |53 |57 |62 |70 |82 |

+-----+---+----+----+----+----+----+----+----+----+----+

|0.06 |38 |39 |41 |43 |46 |49 |53 |57 |64 |75 |

+-----+---+----+----+----+----+----+----+----+----+----+

|0.065|35 |36 |38 |40 |42 |45 |48 |53 |59 |69 |

+-----+---+----+----+----+----+----+----+----+----+----+

|0.07 |32 |34 |35 |37 |39 |42 |45 |49 |54 |64 |

+-----+---+----+----+----+----+----+----+----+----+----+

|0.075|30 |31 |33 |35 |37 |39 |42 |45 |51 |60 |

+-----+---+----+----+----+----+----+----+----+----+----+

|0.08 |28 |29 |31 |32 |34 |36 |39 |43 |47 |56 |

+-----+---+----+----+----+----+----+----+----+----+----+

|0.085|26 |28 |29 |30 |32 |34 |37 |40 |45 |52 |

+-----+---+----+----+----+----+----+----+----+----+----+

|0.09 |25 |26 |27 |29 |30 |32 |35 |38 |42 |49 |

+-----+---+----+----+----+----+----+----+----+----+----+

|0.095|24 |25 |26 |27 |29 |31 |33 |36 |40 |47 |

+-----+---+----+----+----+----+----+----+----+----+----+

|0.1 |22 |23 |24 |26 |27 |29 |31 |34 |38 |44 |

+-----+---+----+----+----+----+----+----+----+----+----+

**Таблица 2** – Результаты поиска экстремума в зависимости от *P* и *q*.

+-----+------+------+------+------+------+------+------+------+------+------+

|q/P |0.9 |0.91 |0.92 |0.93 |0.94 |0.95 |0.96 |0.97 |0.98 |0.99 |

+-----+------+------+------+------+------+------+------+------+------+------+

|0.005|1.8395|1.8395|1.8395|1.8395|1.8397|1.8395|1.8395|1.8395|1.8395|1.8396|

+-----+------+------+------+------+------+------+------+------+------+------+

|0.01 |1.8396|1.8396|1.8400|1.8395|1.8480|1.8395|1.8395|1.8395|1.8396|1.8395|

+-----+------+------+------+------+------+------+------+------+------+------+

|0.015|1.8398|1.8417|1.8395|1.8401|1.8402|1.8398|1.8395|1.8395|1.8399|1.8395|

+-----+------+------+------+------+------+------+------+------+------+------+

|0.02 |1.8416|1.8411|1.8398|1.8396|1.8403|1.8401|1.8418|1.8396|1.8395|1.8407|

+-----+------+------+------+------+------+------+------+------+------+------+

|0.025|1.8582|1.8399|1.8499|1.8562|1.8755|1.8482|1.8400|1.8398|1.8399|1.8408|

+-----+------+------+------+------+------+------+------+------+------+------+

|0.03 |1.8442|1.8504|1.8403|1.8435|1.8406|1.8594|1.8450|1.8521|1.8400|1.8397|

+-----+------+------+------+------+------+------+------+------+------+------+

|0.035|1.8559|1.8420|1.8531|1.8400|1.8429|1.8515|1.8402|1.8400|1.8395|1.8425|

+-----+------+------+------+------+------+------+------+------+------+------+

|0.04 |1.8771|1.8442|1.8417|1.8496|1.8455|1.8500|1.8398|1.8458|1.8396|1.8427|

+-----+------+------+------+------+------+------+------+------+------+------+

|0.045|1.8397|1.8401|1.8545|1.8533|1.8401|1.8421|1.8399|1.8400|1.8396|1.8404|

+-----+------+------+------+------+------+------+------+------+------+------+

|0.05 |1.8412|1.8464|1.8469|1.8475|1.8399|1.8404|1.8432|1.8395|1.8398|1.8420|

+-----+------+------+------+------+------+------+------+------+------+------+

|0.055|1.8434|1.8417|1.8433|1.8437|1.8395|1.9036|1.8632|1.8439|1.8395|1.8454|

+-----+------+------+------+------+------+------+------+------+------+------+

|0.06 |1.8634|1.8636|1.8465|1.8399|1.8398|1.8396|1.9412|1.8567|1.8405|1.8814|

+-----+------+------+------+------+------+------+------+------+------+------+

|0.065|1.8435|1.8522|1.8408|1.8416|1.8867|1.8405|1.8816|1.8884|1.8737|1.8461|

+-----+------+------+------+------+------+------+------+------+------+------+

|0.07 |1.8397|1.8435|1.8476|1.8500|1.8413|1.8784|1.8434|1.8402|1.8411|1.8750|

+-----+------+------+------+------+------+------+------+------+------+------+

|0.075|1.8416|1.8568|1.9135|1.8437|1.8694|1.8411|1.8398|1.8406|1.8481|1.8404|

+-----+------+------+------+------+------+------+------+------+------+------+

|0.08 |1.8948|1.8398|1.8604|1.8627|1.9360|1.8402|1.8402|1.8396|1.8415|1.9292|

+-----+------+------+------+------+------+------+------+------+------+------+

|0.085|1.8950|1.8438|2.0359|1.8395|1.8431|1.8563|1.8435|1.8542|1.8395|1.9035|

+-----+------+------+------+------+------+------+------+------+------+------+

|0.09 |1.8544|1.8415|1.8541|1.8548|1.9626|1.8547|1.8449|1.8397|1.8617|1.8874|

+-----+------+------+------+------+------+------+------+------+------+------+

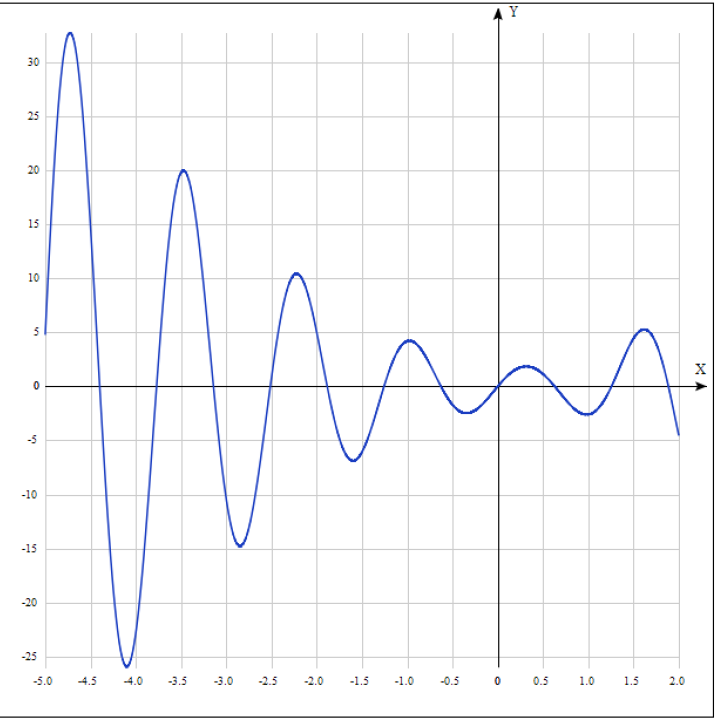
|0.095|1.8406|1.8703|1.8580|1.9755|1.8396|1.8724|1.8396|1.8395|1.8481|1.8426|

+-----+------+------+------+------+------+------+------+------+------+------+

|0.1 |1.8431|1.8922|1.8524|1.8416|1.8395|1.8402|1.9750|1.9813|1.8571|1.8439|

+-----+------+------+------+------+------+------+------+------+------+------+

**Рис. 2** График мультимодальной функции f(x)\*sin5x



**Таблица 3** – Результаты поиска экстремума в зависимости от *P* и *q*

+-----+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+

|q/P |0.9 |0.91 |0.92 |0.93 |0.94 |0.95 |0.96 |0.97 |0.98 |0.99 |

+-----+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+

|0.005|-21.5287|-21.0131|-20.9309|-19.3915|-22.8387|-21.1450|-21.7647|-22.7277|-22.6000|-22.8030|

+-----+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+

|0.01 |-19.9406|-21.7133|-21.9982|-20.4502|-22.4463|-21.1733|-21.5910|-21.1653|-22.5504|-22.5701|

+-----+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+

|0.015|-14.7859|-21.2032|-14.7209|-14.0119|-21.7595|-22.5524|-20.9843|-16.9750|-21.8026|-22.6441|

+-----+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+

|0.02 |-20.4407|-22.0501|-18.7767|-21.8160|-22.2120|-13.3283|-21.5594|-22.3869|-22.5225|-21.3712|

+-----+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+

|0.025|-21.8743|-22.0460|-22.1143|-14.6965|-19.2928|-13.9954|-19.0584|-14.7793|-18.8741|-22.0556|

+-----+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+

|0.03 |-14.5481|-19.4946|-13.8902|-22.4357|-22.2653|-16.0484|-21.9943|-19.9689|-21.5001|-21.4791|

+-----+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+

|0.035|-20.8304|-21.3284|-21.0329|-16.1387|-15.9940|-12.5174|-21.8902|-14.7567|-17.5031|-18.1288|

+-----+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+

|0.04 |-13.9777|-13.2128|-21.4174|-14.4407|-22.7912|-20.9653|-14.5017|-19.7449|-14.9266|-22.3228|

+-----+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+

|0.045|-22.1402|-14.6853|-14.0016|-21.6199|-13.7274|-22.7674|-21.8631|-18.3657|-18.9355|-22.6785|

+-----+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+

|0.05 |-14.4004|-17.1321|-10.6694|-14.7824|-14.5174|-21.1706|-12.7810|-16.6278|-19.7898|-13.7810|

+-----+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+

|0.055|-14.6534|-13.7171|-13.1972|-14.2573|-14.2672|-14.7292|-22.1368|-14.7377|-22.6790|-14.6945|

+-----+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+

|0.06 |-14.3848|-11.1660|-20.9278|-14.2313|-14.4986|-14.7830|-17.4720|-12.0583|-22.3124|-13.4022|

+-----+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+

|0.065|-22.5734|-13.8608|-14.7827|-13.8011|-13.3255|-12.2741|-19.2933|-14.5875|-22.4096|-14.6630|

+-----+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+

|0.07 |-13.2474|-14.4383|-19.0900|-9.7278 |-13.4636|-17.5232|-22.6540|-13.6010|-22.6767|-20.5804|

+-----+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+

|0.075|-18.9432|-20.7761|-9.4465 |-14.7157|-21.4823|-20.6568|-14.4006|-21.0014|-16.4719|-13.9243|

+-----+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+

|0.08 |-14.5660|-10.6894|-14.7379|-14.7741|-14.6005|-13.7789|-15.6199|-12.9899|-14.2428|-15.7286|

+-----+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+

|0.085|-21.6733|-22.7580|-14.4389|-21.0270|-14.7792|-20.8077|-18.1571|-20.8550|-14.7013|-22.4296|

+-----+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+

|0.09 |-19.8323|-13.5844|-17.9488|-19.0835|-12.7683|-14.7717|-14.5622|-14.7539|-13.2865|-14.7858|

+-----+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+

|0.095|-14.5674|-12.3166|-14.6690|-12.8393|-13.9968|-13.5175|-10.4658|-20.8456|-14.5473|-18.5238|

+-----+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+

|0.1 |-16.5373|-12.0302|-14.7693|-11.5877|-17.4567|-17.5181|-15.0830|-12.6294|-21.0482|-13.4837|

+-----+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+

# Выводы

В ходе данной лабораторной работы мы научились применять алгоритм случайного поиска для поиска экстремума функций на примере унимодальной и мультимодальной функций.

# Контрольный вопрос:

# Чем отличается направленный от ненаправленного случайного поиска?

**Ответ**:

При ненаправленном случайном поиске все испытания проводятся независимо друг от друга. Такой поиск имеет малую сходимость, но позволяет решать многоэкстремальные задачи(поиск глобального минимума).

При направленном случайном поиске отдельные испытания связаны между собой, т.е результаты проведённых исследований используются для формирования следующих. У такого поиска сходимость выше, но с его помощью обычно можно найти только локальные экстремумы.

**Приложение А.**

Ссылка: [Репозиторий GitHub](https://github.com/AndreyBMWX6/tsis_lab02)

*Файл ‘main.cpp’.*

#include <iostream>  
#include <vector>  
#include <string>  
#include <cmath>  
#include <random>  
#include <sstream>  
#include "TextTable.h"  
  
double get\_fucn\_val(double x) {  
 return ((1 - x) \* (1 - x) + exp(x));  
}  
  
double get\_multi\_fucn\_val(double x) {  
 return get\_fucn\_val(x) \* sin(5 \* x);  
}  
  
std::string get\_spec\_str(double x) {  
 std::stringstream s;  
 std::string str;  
 s.precision(4);  
 s << x;  
 s >> str;  
 return str;  
}  
  
std::string get\_str(double x) {  
 std::stringstream s;  
 std::string str;  
 s << std::fixed;  
 s.precision(4);  
 s << x;  
 s >> str;  
 return str;  
}  
  
void get\_dependence\_matrix(double a, double b, std::vector<double> p, std::vector<double> q) {  
 std::random\_device rd;  
 std::mt19937 gen(rd());  
 std::uniform\_real\_distribution<double> dis(a, b);  
 TextTable N\_dependence\_matrix('-', '|', '+');  
 TextTable uni\_func\_min\_matrix('-', '|', '+');  
 TextTable multi\_func\_min\_matrix('-', '|', '+');  
 for (int i = 0; i < q.size() + 1; ++i) {  
 for (int j = 0; j < p.size() + 1; ++j) {  
 if (i == 0 && j == 0) {  
 N\_dependence\_matrix.add("q/P");  
 uni\_func\_min\_matrix.add("q/P");  
 multi\_func\_min\_matrix.add("q/P");  
 continue;  
 } else if (i == 0) {  
 N\_dependence\_matrix.add(get\_spec\_str(p[j - 1]));  
 uni\_func\_min\_matrix.add(get\_spec\_str(p[j - 1]));  
 multi\_func\_min\_matrix.add(get\_spec\_str(p[j - 1]));  
 } else if (j == 0) {  
 N\_dependence\_matrix.add(get\_spec\_str(q[i - 1]));  
 uni\_func\_min\_matrix.add(get\_spec\_str(q[i - 1]));  
 multi\_func\_min\_matrix.add(get\_spec\_str(q[i - 1]));  
 } else {  
 double N = ceil((log(1 - p[j - 1])) / log(1 - q[i - 1]));  
 N\_dependence\_matrix.add(std::to\_string(int(N)));  
 double f\_min = get\_fucn\_val(a);  
 double f\_cur;  
 for (int iter = 0; iter < N; ++iter) {  
 double x = dis(gen);  
 f\_cur = get\_fucn\_val(x);  
 if (f\_cur < f\_min) {  
 f\_min = f\_cur;  
 }  
 }  
 uni\_func\_min\_matrix.add(get\_str(f\_min));  
  
 f\_min = get\_multi\_fucn\_val(dis(gen));  
 for (int it = 0; it < N; ++it) {  
 double x = dis(gen);  
 f\_cur = get\_multi\_fucn\_val(x);  
 if (f\_cur < f\_min) {  
 f\_min = f\_cur;  
 }  
 }  
 multi\_func\_min\_matrix.add(get\_str(f\_min));  
 }  
 }  
 N\_dependence\_matrix.endOfRow();  
 uni\_func\_min\_matrix.endOfRow();  
 multi\_func\_min\_matrix.endOfRow();  
 }  
 std::cout << N\_dependence\_matrix << "\n" << uni\_func\_min\_matrix << "\n" << multi\_func\_min\_matrix;  
}  
  
int main() {  
 std::vector<double> p, q;  
 for (int i = 0; i < 10; ++i) {  
 p.push\_back(0.9 + 0.01 \* i);  
 }  
 for (int i = 0; i < 20; ++i) {  
 q.push\_back(0.005 \* (i + 1));  
 }  
 get\_dependence\_matrix(-4, 3, p, q);  
 return 0;  
}