

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования  
«Национальный исследовательский университет ИТМО»

*Факультет Программной инженерии и компьютерной техники*

**Лабораторная работа №1**  
**«Системы линейных алгебраических уравнений»**

**Вариант «Метод Гаусса-Зейделя»**

Группа: P32312

Выполнил: Цю Тяньшэн

Проверил:

Перл Ольга Вычеславовна

Санкт-Петербург  
2021г

## Содержание

**No table of contents entries found.**

## Описание метода, расчётные формулы

Метод Гаусса-Зейделя является итерационным методом для решения СЛАУ, имеющий один параметр  $\epsilon$ . Достаточное условие для сходимости метода является то, что матрица коэффициентов  $A$  является диагонально доминантной, т.е.:

$$|a_{ii}| \geq \sum_{i \neq k} |a_{ik}|$$

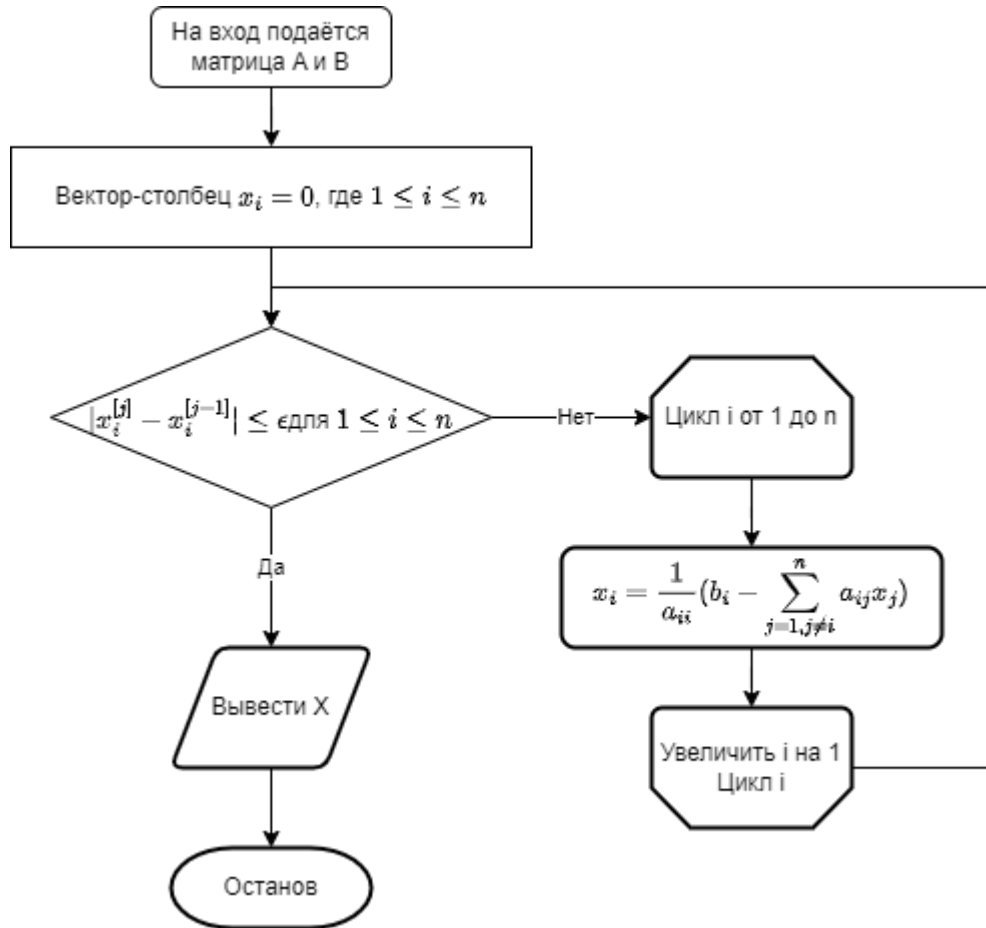
Условие для окончания итерационного процесса:

$$|x_i^{[j]} - x_i^{[j-1]}| \leq \epsilon$$

Основная формула для вычисления новых значений на каждом шаге итерации, опирающаяся на «свежие» значения:

$$x_i^{[j+1]} = \frac{1}{a_{ii}} \left( b_i - \sum_{k=1}^{i-1} a_{ik} x_k^{[j+1]} - \sum_{k=i+1}^n a_{ik} x_k^{[j]} \right)$$

## Блок-схема численного метода



## Листинг реализованного численного метода программы

```
boolean reachedEpsilon = false;
Matrix x = new Matrix(a.getHeight(), 1);
int iterations = 0;

while (iterations++ < maxIterations && !reachedEpsilon) {
    reachedEpsilon = true;

    System.err.println("Iteration No." + iterations + " error = " + system.getError(x));
    for (int i = 0; i < a.getHeight(); i++) {
        double s = b.get(i, 0);

        // Get right side sum
        for (int j = 0; j < a.getWidth(); j++) {
            // Skip diagonal elements
            if (i == j) continue;

            s -= x.get(j, 0) * a.get(i, j);
        }

        s /= a.get(i, i);
        if (Math.abs(s - x.get(i, 0)) > eps) reachedEpsilon = false;
        x.set(i, 0, s);
    }
}

return x;
```

# Примеры и результаты работы программы

## Пример №1

```
PS C:\Users\dmtr\Desktop\ITMO\comp-math\gauss_seidel> java -jar .\target\gauss_seidel-1.0-SNAPSHOT.jar -s 2 2 -f .\matrix.txt
Picked up JAVA_TOOL_OPTIONS: -Dfile.encoding=UTF-8
16.00000 3.00000
7.00000 -11.00000

11.00000
13.00000

Iteration No.1 error = 12.0
Iteration No.2 error = 1.1164772727272725
Iteration No.3 error = 0.1332160382231402
Iteration No.4 error = 0.01589509546980672
Iteration No.5 error = 0.00189657389128417
Iteration No.6 error = 2.262957483925021E-4
0.81219
-0.66497
```

## Пример №2

```
PS C:\Users\dmtr\Desktop\ITMO\comp-math\gauss_seidel> java -jar .\target\gauss_seidel-1.0-SNAPSHOT.jar -s 5 5 -f .\matrix3.txt
Picked up JAVA_TOOL_OPTIONS: -Dfile.encoding=UTF-8
0.00000 2.00000 8.00000 0.00000 0.00000
3.00000 12.00000 2.00000 0.00000 0.00000
10.00000 3.00000 0.00000 4.00000 0.00000
4.00000 0.00000 0.00000 5.00000 9.00000
0.00000 0.00000 0.00000 6.00000 5.00000

1.00000
1.00000
1.00000
1.00000
1.00000

Iteration No.1 error = 1.0
Iteration No.2 error = 0.2384259259259259
Iteration No.3 error = 0.044535836762688595
Iteration No.4 error = 0.03165640876644824
Iteration No.5 error = 0.01586809554294364
Iteration No.6 error = 0.004492452178749762
Iteration No.7 error = 0.0014153365279817808
Iteration No.8 error = 0.0012570157896756085
Iteration No.9 error = 4.4494454197450126E-4
Iteration No.10 error = 1.3195654407387457E-4
0.02106
0.05972
0.11007
0.15252
0.01702
```

## Пример №3 «Рандомно сгенерированные числа»

```
PS C:\Users\dmtr\Desktop\ITMO\comp-math\gauss_seidel> java -jar .\target\gauss_seidel-1.0-SNAPSHOT.jar -g 0.000001 1000
Picked up JAVA_TOOL_OPTIONS: -Dfile.encoding=UTF-8
86.67694 -6.07183 -0.03271 -0.92220 0.10087 -1.34119 -1.42483 6.64717 -3.50500 -9.20433
2.48762 56.89725 7.05264 -7.33160 6.65844 -9.82669 -2.38429 4.25050 1.03141 -8.10494
-6.83564 -8.94585 45.44272 -7.45057 1.08268 -0.50277 9.70552 1.06677 3.24441 -0.72583
9.11785 0.47224 6.45394 62.07690 -2.94288 8.03797 -8.27373 6.89296 -9.62771 8.13161
-0.52774 -8.15390 5.95664 -5.45095 53.80639 -2.96657 -3.48513 3.66967 5.47195 -8.26177
-8.92029 4.94863 -3.22348 5.13662 0.92803 54.85387 -9.86930 -8.14618 -9.05905 -3.56133
2.59241 8.35749 -8.52783 -0.00799 -1.73052 -9.01066 49.55553 -4.51713 -3.16929 -8.07517
-0.42782 1.31804 6.40370 5.46378 2.82367 -9.54349 0.28851 47.50049 8.11369 -9.32447
9.74067 -1.27259 -2.83523 -4.38407 3.59785 -6.60304 -7.39767 7.82810 61.90068 -9.36999
-1.93497 6.46561 0.66857 -0.53448 -4.96101 4.32448 -9.73001 -9.82336 9.78090 56.62268

6.23199
-5.04031
0.63824
-2.01417
4.49083
-6.54683
-7.47507
-6.97010
-7.74984
-5.03776

Iteration No.1 error = 5.219435132717282
Iteration No.2 error = 1.3021348651376783
Iteration No.3 error = 0.312562159866395
Iteration No.4 error = 0.0364083379130453
Iteration No.5 error = 0.006292806968439165
Iteration No.6 error = 0.001214747498116526
Iteration No.7 error = 2.4835522074980745E-4
Iteration No.8 error = 5.140967028665067E-5
Iteration No.9 error = 7.533617067645437E-6
0.12172
-0.14675
0.04848
-0.05511
0.00657
-0.17385
-0.19402
-0.16292
-0.18380
```

## Вывод

После тестирования можно выяснить, что на некоторых размерах данных прямые методы быстрее чем итерационные методы, это происходит, поскольку у прямых методов алгоритмическая сложность  $O(n^3)$ , а у итерационных методов  $O(l * n^2)$ , где  $l$  – количество итерации, так как мы не можем предсказать, сколько итерации потребует метод, время выполнения методов будет сильно различаться.

А если сравнить итерационные методы между собой, то можно сказать, что метод Гаусса-Зейделя более экономный с точки зрения памяти, так как можно в каждой итерации сразу на ходу переписывать данные в векторе столбце неизвестных, при этом метод Гаусса-Зейделя потребует меньшее количество итерации, чем метод простых итераций, поскольку сразу используются «свежие» значения. Но это одновременно обозначает, что сложнее будет реализовать параллельную обработку данных для метода Гаусса-Зейделя.