

Санкт-Петербургский политехнический университет  
Петра Великого

Институт прикладной математики и механики  
Кафедра «Прикладная математика»

## ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №2

по дисциплине  
"Интервальный анализ"

Выполнил студент  
группы 5030102/00201

Сон Артём Игоревич

Проверил  
доцент, к.ф.-м.н.

Баженов Александр Николаевич

Санкт-Петербург  
2024 г.

# Содержание

<b>1</b>	<b>Постановка задачи</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Реализация</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Результаты</b>	<b>2</b>
3.1	ИСЛАУ . . . . .	2
3.2	Достижение разрешимости . . . . .	3
3.3	Достижение разрешимости за счет корректировки правой части . . . . .	3
3.4	Достижение разрешимости за счет корректировки матрицы . . . . .	4
<b>4</b>	<b>Управление положением максимума распознающего функционала</b>	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>Сравнение</b>	<b>9</b>
<b>6</b>	<b>Выводы</b>	<b>9</b>

# 1 Постановка задачи

Пусть дана интервальная система линейных алгебраических уравнений (ИСЛАУ) (1.1)

$$\begin{cases} [0.5, 1.5] \cdot x_1 + [0.5, 2.5] \cdot x_2 = [1, 7] \\ x_1 + [-3, -1] \cdot x_2 = [-0.5, 0.5] \\ [0.9, 1.1] \cdot x_1 = [2.95, 3.45] \\ [0.9, 1.1] \cdot x_2 = [1.55, 2.05] \end{cases} \quad (1.1)$$

Необходимо найти и проиллюстрировать:

1. Максимум распознающего функционала
2. Достижение разрешимости ИСЛАУ за счет корректировки правой части
3. Достижение разрешимости ИСЛАУ за счет корректировки матрицы
4. Оценки варибельности решения
5. Управление положением максимума распознающего функционала за счет полной корректировки матрицы ИСЛАУ
6. Управление положением максимума распознающего функционала за счет корректировки матрицы ИСЛАУ построчно

## 2 Реализация

Для решения данной задачи была написана программа на языке Python версии 3.11.4. Дополнительно была использована библиотека Intvalpy 1.5.8.

## 3 Результаты

### 3.1 ИСЛАУ

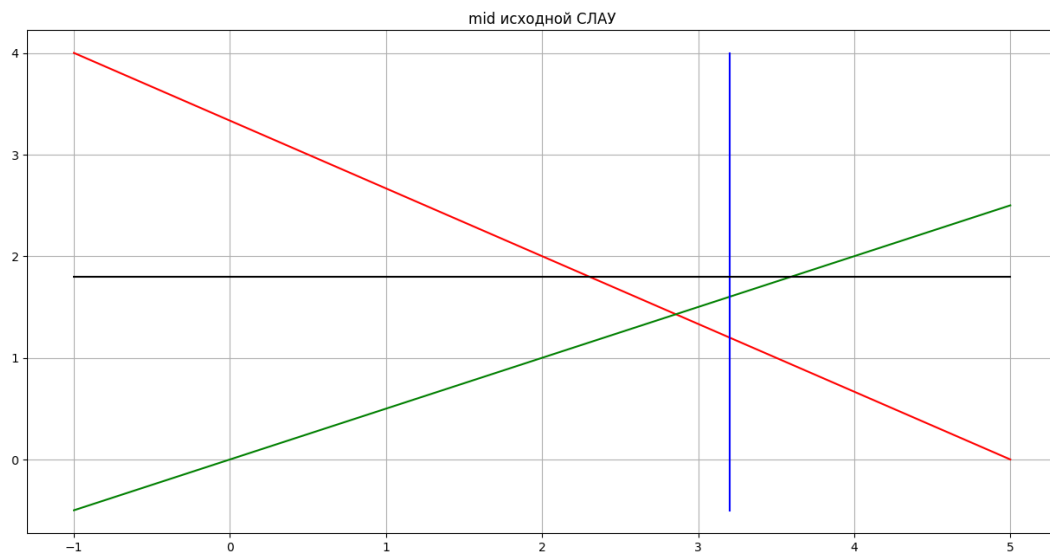


Рис. 1: mid исходной ИСЛАУ

### 3.2 Достижение разрешимости

Исходная рассматриваемая ИСЛАУ имеет пустое допустовое множество:  $\max \text{Tol} = -0.90$ ,  $\arg\max \text{Tol} = (2.80, 1.40)$ .

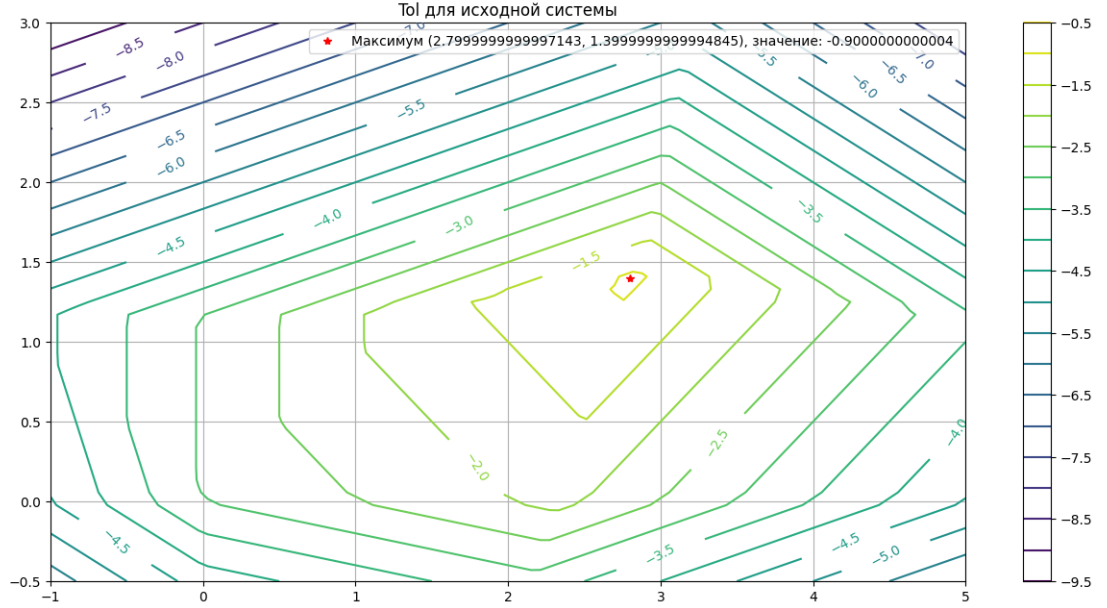


Рис. 2: Tol для исходной системы

### 3.3 Достижение разрешимости за счет корректировки правой части

Добавим к каждой компоненте правой части величину  $K \cdot \nu_i \cdot [-1, 1]$ , где  $i$  – номер компоненты,  $\nu_i$  – вес, задающий расширение компоненты,  $K$  – общий коэффициент этого расширения. Будем использовать  $\nu_i = 1 \forall i$ , чтобы компоненты расширялись одинаково. Подберем  $K$  так, чтобы  $K + \max_{x \in R^n} \text{Tol} \geq 0$ .

Подобрав такое  $K$ , получим непустое допустовое множество.

Используя вышеописанный способ корректировки, получаем следующие результаты:  $\max \text{Tol} = 0.45$ ,  $\arg\max \text{Tol} = (2.80, 1.40)$ . Множество решений стало непустым, правая часть приняла вид  $b' = [1.65, 8.35]$ ,  $[-1.85, 1.85]$ ,  $[1.6, 4.8]$ ,  $[0.2, 3.4]$ . Допустовое множество перестало быть пустым,  $\text{ive}(A, b') = 0.25$ ,  $\text{rve}(A, b') = 0.49$ . На графике ниже представлены бусы с центром в точке  $\arg\max \text{Tol}$  и радиусами  $\text{ive}$ ,  $\text{rve}$ .

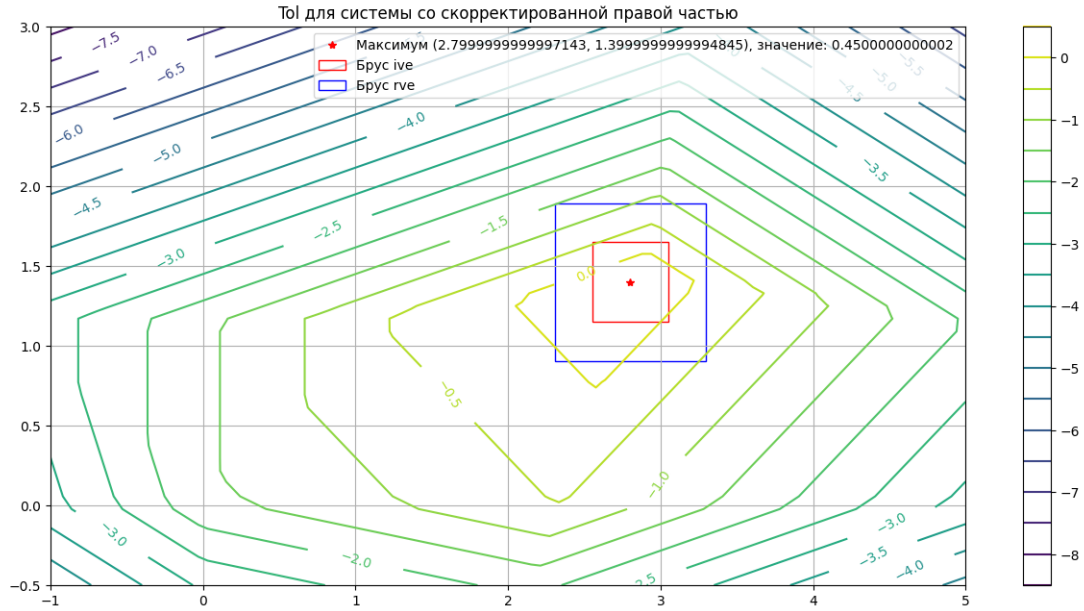


Рис. 3: Tol для системы с корректировкой правой части

### 3.4 Достижение разрешимости за счет корректировки матрицы

Корректировка левой части происходит по следующей схеме. Заменяем исходную матрицу  $A$  на  $A \ominus K \cdot N \cdot E$ , где  $K$  – общий коэффициент сужения матрицы  $A$ ,  $N = \{\nu_{ij}\}$  – матрица весов,  $E$  состоит из  $[-e_{ij}, e_{ij}]$ . При этом необходимо следить, чтобы мы все время оставались в пределах  $\mathbb{IR}$ .

Для полной корректировки матрицы рекомендуется брать единичную матрицу  $N$ , а для построчной –  $N = \{\nu_i\}$ .

Возьмем следующую матрицу  $E$ :

$$E = \begin{pmatrix} 0.3 & 0.6 \\ 0 & 0.6 \\ 0.06 & 0 \\ 0 & 0.06 \end{pmatrix} \quad (3.1)$$

Тогда получим непустое множество решений,  $\max \text{Tol} = 0.10$ ,  $\arg\max \text{Tol} = (3.29, 1.68)$ .

$$A' = \begin{pmatrix} [0.905, 1.095] & [1.31, 1.69] \\ 1 & [-2.19, -1.81] \\ [0.981, 1.019] & 0 \\ 0 & [0.981, 1.019] \end{pmatrix} \quad (3.2)$$



Рис. 4: Tol для системы с полной корректировкой левой части

Допусковое множество перестало быть пустым,  $\text{ive}(A, b') = 0.09$ ,  $\text{rve}(A, b') = 0.15$ . На Рис. 4 представлены брусы с центром в точке  $\text{argmaxTol}$  и радиусами  $\text{ive}$ ,  $\text{rve}$ .

## 4 Управление положением максимума распознающего функционала

Объединим графики для распознающего функционала и уравнений, образующих средние значения интервалов в системе.

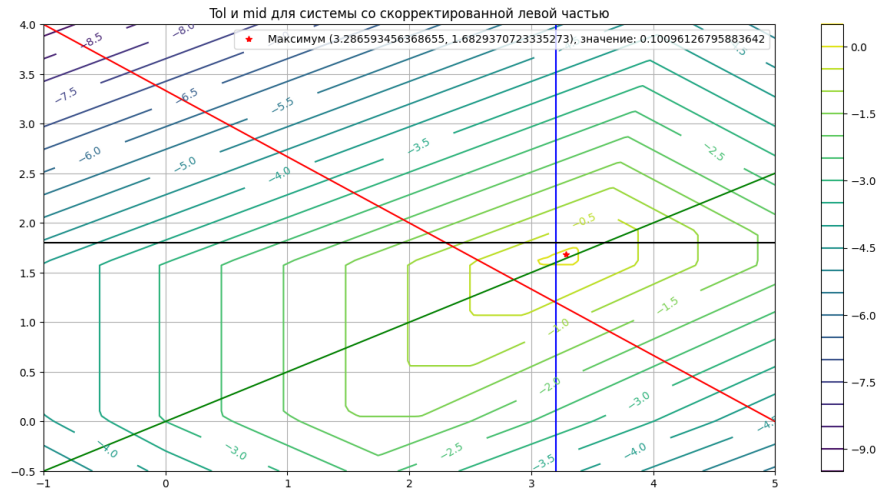


Рис. 5: Tol и mid для системы с корректировкой левой части

Теперь будем производить построчную корректировку матрицы.  
Результат корректировки первой строки:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1.5 \\ 1 & [-3, -1] \\ [0.9, 1.1] & 0 \\ 0 & [0.9, 1.1] \end{pmatrix} \quad (4.1)$$

$$\max \text{Tol} = -0.73, \arg\max \text{Tol} = (2.46, 1.23)$$

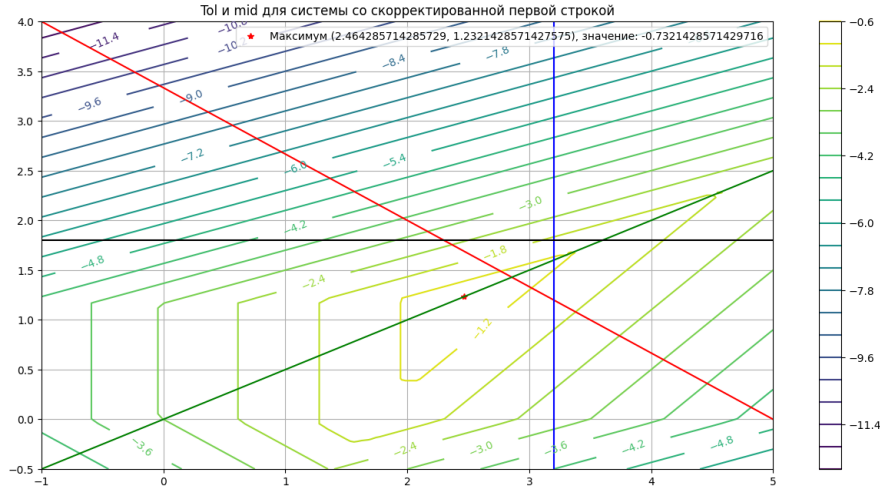


Рис. 6: Tol и mid для системы с корректировкой первой строки матрицы

Результат корректировки второй строки:

$$A = \begin{pmatrix} [0.5, 1.5] & [0.5, 2.5] \\ 1 & -2 \\ [0.9, 1.1] & 0 \\ 0 & [0.9, 1.1] \end{pmatrix} \quad (4.2)$$

$\max \text{Tol} = -0.77$ ,  $\arg\max \text{Tol} = (3.40, 1.07)$

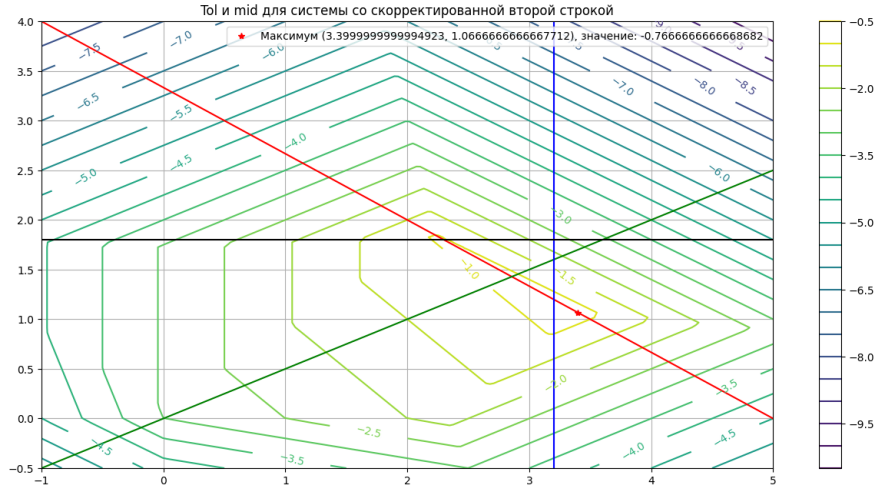


Рис. 7: Tol и mid для системы с корректировкой второй строки матрицы

Результат корректировки третьей строки:

$$A = \begin{pmatrix} [0.5, 1.5] & [0.5, 2.5] \\ 1 & [-3, -1] \\ 1 & 0 \\ 0 & [0.9, 1.1] \end{pmatrix} \quad (4.3)$$



$$\max \text{Tol} = -0.73, \arg\max \text{Tol} = (2.80, 1.40)$$

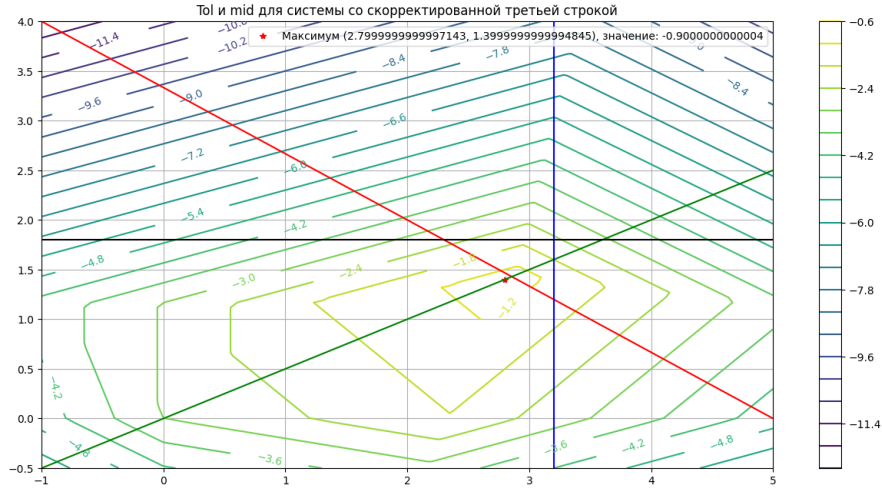


Рис. 8: Tol и mid для системы с корректировкой третьей строки матрицы

Результат корректировки четвёртой строки:

$$A = \begin{pmatrix} [0.5, 1.5] & [0.5, 2.5] \\ 1 & [-3, -1] \\ [0.9, 1.1] & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (4.4)$$

$$\max \text{Tol} = -0.90, \arg\max \text{Tol} = (2.80, 1.40)$$

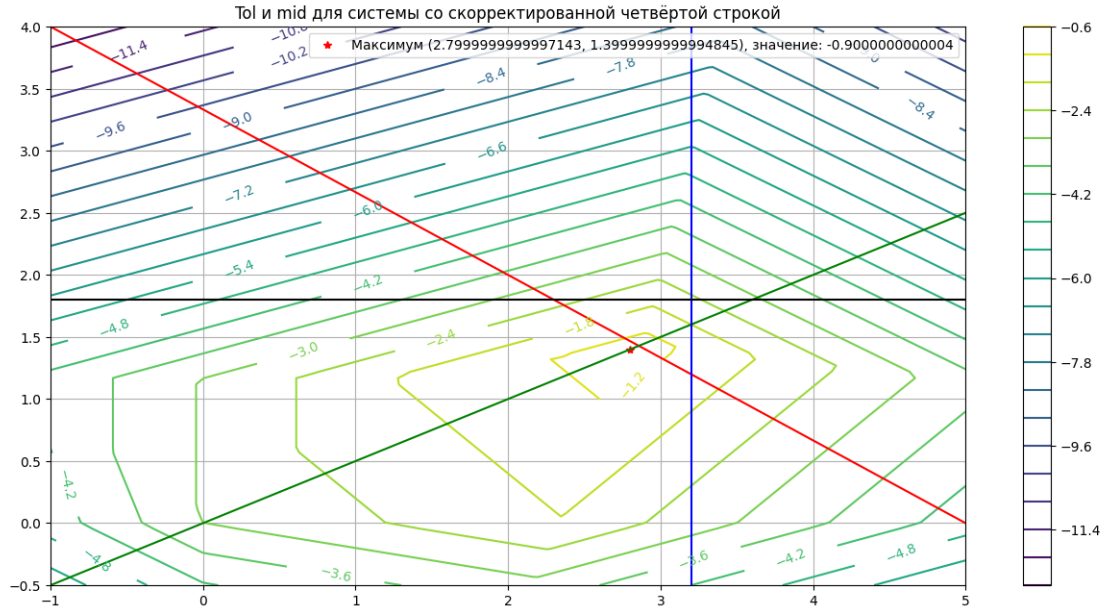


Рис. 9: Tol и mid для системы с корректировкой четвёртой строки матрицы

## 5 Сравнение

Объект преобразования	$\text{argmax Tol}$	$\text{max Tol}$	Способ коррекции
Правая часть	(2.80, 1.40)	0.45	Увеличение правой части с коэффициентом $K = 1.35$
Матрица	(3.29, 1.68)	0.10	Сужение матрицы с коэффициентом $K = 1.35$
1-ая строка	(2.46, 1.23)	-0.73	Сведение элементов строки в точечные интервалы
2-ая строка	(3.40, 1.07)	-0.77	Сведение элементов строки в точечные интервалы
3-ья строка	(2.80, 1.40)	-0.73	Сведение элементов строки в точечные интервалы
4-ая строка	(2.80, 1.40)	-0.90	Сведение элементов строки в точечные интервалы

## 6 Выводы

- Оценки вариабельности меньше при корректировке матрицы. При этом брусы, соответствующие оценкам вариабельности, хорошо оценили допусковое множество итоговой ИСЛАУ.
- Корректировка правой части ИСЛАУ влечет за собой увеличение значений максимума распознающего функционала.
- При корректировке первой и второй строк матрицы максимум распознающего функционала располагается на прямых, соответствующих  $\text{mid}$  второй и первой строк соответственно.
- При корректировке третьей и четвёртой строк матрицы  $\text{argmaxTol}$  совпали.
- При корректировке первой и третьей строк  $\text{max Tol}$  совпали.
- Корректировка матрицы ИСЛАУ влечет за собой изменение формы распознающего функционала при всех преобразованиях, рассмотренных в данной работе.