



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет математики и компьютерных наук

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплине

Численные методы решения некорректных задач

Кафедра прикладной математики факультета
математики и компьютерных наук

Образовательная программа бакалавриата
01.03.02 - Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль) программы
Математическое моделирование и вычислительная математика

Форма обучения
Очная

Статус дисциплины: входит в часть ОПОП, формируемую
участниками образовательных отношений,
является дисциплиной по выбору

Махачкала, 2022

1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по дисциплине «Численные методы решения некорректных задач»

1.1. Основные сведения о дисциплине

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы (72 академических часа).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов	
	6 семестр	всего
Общая трудоёмкость	72	72
Контактная работа:	38	38
Лекции (Л)	14	14
Практические занятия (ПЗ)		
Лабораторные занятия (ЛЗ)	24	24
Консультации		
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	зачет	
Самостоятельная работа:	34	34
- подготовка к лабораторной работе;	18	18
- самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий);	16	16

1.2. Требования к результатам обучения по дисциплине, формы их контроля и виды оценочных средств

№ п/п	Контролируемые модули, разделы, (темы) дисциплины, их наименование	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства		Способ контроля
			Наименование	№№ заданий	
1	Метод регуляризации решения операторных уравнений	УК-1, ОПК-1, ПК-1	Лабораторная работа (см. приложение)	1	Защита отчета
2	Численный метод регуляризации решения плохо обусловленных СЛАУ	УК-1, ОПК-1, ПК-1	Лабораторная работа (см. приложение)	2	Защита отчета
Промежуточная аттестация: зачет		УК-1, ОПК-1, ПК-1	Лабораторная работа (см. приложение)		Защита отчета

1.3. В результате изучения дисциплины «Численные методы решения некорректных задач» обучающийся должен:

1.3.1. Знать:

базовые определения и понятия вычислительной математики, базовые понятия работы и использования ЭВМ, этапы решения задачи на ЭВМ, основы теории погрешностей, пакет Mathcad, языки программирования.

1.3.2. Уметь:

непосредственно решать некорректные математические задачи с помощью численных методов, применять для численного решения стандартных задач пакет прикладных программ и средств, применять теорию погрешностей для оценки результатов расчетов.

1.3.3. Владеть:

- численными методами решения типовых задач;
- навыками реализации численных методов на ЭВМ.

1.4. Показатели и критерии определения уровня сформированности компетенций

№ п/п	Код компетенции	Уровни сформированности компетенции			
		Недостаточный	Удовлетворительный (достаточный)	Базовый	Повышенный
	УК-1	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня	<p>Знать: структуру задач в области математики, теоретической механики и физики, а также базовые составляющие таких задач</p> <p>Уметь: формулировать постановку математических задач, анализировать необходимость и (или) достаточность информации для ее решения</p> <p>Владеть: необходимыми профессиональными редакторами и пакетами прикладных программ</p>	<p>Знать: принципы математического моделирования разнородных явлений, систематизации и научной информации в области математики и компьютерных наук</p> <p>Уметь: системно подходить к решению задач на разнородные явления в области математики и компьютерных наук</p> <p>Владеть: базовым математическим аппаратом и основными принципами работы ЭВМ</p>	<p>Знать: современные методы сбора и анализа научного материала с использованием информационных технологий; основные методы работы с ресурсами сети Интернет</p> <p>Уметь: применять современные методы и средства автоматизированного анализа и систематизации научных данных; практически использовать научно – образовательные ресурсы Интернет в научных исследованиях</p> <p>Владеть: навыками использования информационных технологий в организации и проведении научного исследования; навыками использования совре-</p>

					менных баз данных; навыками применения мультимедийных технологий обработки и представления информации; навыками автоматизации подготовки документов в различных текстовых и графических редакторах
	ОПК-1	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня	<p>Знать: теоретические основы основных математических дисциплин, а также теоретической механики и физики</p> <p>Уметь: решать задачи, связанные с исследованием различных методов, полученных в области математических и физических наук</p> <p>Владеть: базовым математическим и естественнонаучным аппаратом</p>	<p>Знать: способы использования знаний в различных областях математики при решении конкретных прикладных задач</p> <p>Уметь: применять различные численные методы по исследованию прикладных задач</p> <p>Владеть: навыками применения численных методов при решении конкретных прикладных задач</p>	<p>Знать: численные методы решения прикладных задач</p> <p>Уметь: корректно выбирать численные методы решения конкретной прикладной задачи</p> <p>Владеть: навыками выбора численных методов решения прикладных задач</p>
	ПК-1	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня	<p>Знать: численные методы, современные языки программирования и современные информационные технологии</p> <p>Уметь: применять современные научные исследования для решения различных прикладных задач, составлять программы на современных языках программирования</p>	<p>Знать: численные методы, различные языки программирования</p> <p>Уметь: решать прикладные задачи численными методами, применять различные языки программирования в прикладных исследованиях</p>	<p>Знать: методы исследования прикладных задач, современные информационные технологии</p> <p>Уметь: применять методы исследования современных прикладных задач, информационные технологии</p>

			Владеть: численными методами и навыками программирования на современных языках	Владеть: численными методами	Владеть: навыками применения численных методов для решения задач прикладной математики
--	--	--	---------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------

2. КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ И ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ОЦЕНКИ

знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины «Численные методы решения некорректных задач»

2.1 Вопросы к зачету.

По учебному плану дисциплины в течение 6 семестра предусмотрено выполнение 2 лабораторных работ, название и содержание которых приводится в соответствующей рабочей программе дисциплины. Кроме того, в научной библиотеке и на сайте ДГУ имеется лабораторный практикум по каждому разделу настоящей дисциплины под редакцией разработчика настоящего ФОС.

Критерии оценивания

- **оценка «зачтено»** выставляется студенту, который успешно защитил не менее 2/3 отчетов по лабораторным работам, прочно усвоил предусмотренный программный материал; правильно, аргументировано ответил на все вопросы, с приведением примеров;
- **оценка «не зачтено»** выставляется студенту, который не представил к защите 2/3 и более отчетов по лабораторным работам и не справляется с 50% вопросов и в ответах на другие вопросы допустил существенные ошибки. Не может ответить на дополнительные вопросы, предложенные преподавателем.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

«МЕТОД РЕГУЛЯРИЗАЦИИ РЕШЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ ФРЕДГОЛЬМА ПЕРВОГО РОДА»

Задание к лабораторной работе

Дано интегральное уравнение Фредгольма первого рода

$$\int_a^b K(t,s)\varphi(s)ds = f(t), \quad a \leq t \leq b, \quad (1)$$

где $K(t,s)$ – ядро интегрального уравнения, $f(t)$ – заданная функция.

Целью настоящей работы является нахождение приближенного решения уравнения (1) с последующим построением соответствующего графика.

Приведем алгоритм решения поставленной задачи:

1. Для заданных значений $a = 0$, $b = 1$ и $N = 5$ найти шаг $h = \frac{b-a}{N}$ и задать равномерную сетку $x_k = x_{k-1} + h$, $k = 0..N$, $x_0 = 0$.
2. Составить последовательность регуляризующих параметров $\alpha_k = \frac{1}{10^k}$, $k = 0, 1, \dots$
3. Составив матрицу из ядер $K(t_k, s_p)$ и вычислив значения функции $f(t_k)$, составить систему уравнений $\int_a^b \frac{K(t,s)}{\alpha} \varphi(s) ds = \frac{f(t)}{\alpha}$ и посчитать приближенные значения φ .

Построить на графике полученные приближенные значения $\varphi_0, \dots, \varphi_N$.

Примечание. Для приближенного вычисления интеграла п.3 можно воспользоваться квадратурными формулами, например формулой трапеций.

Варианты

1. $K(t,s) = s^{t+\sin t}$;
2. $K(t,s) = s^t$;
3. $K(t,s) = t^s$;
4. $K(t,s) = \sqrt[3]{t+s}$;
5. $K(t,s) = \sec(st)$;
6. $K(t,s) = tg^3(s+t)$;
7. $K(t,s) = \sqrt{s+t}$;

8. $K(t, s) = tg(s + t)$;
9. $K(t, s) = 4\sec(s + t)$;
10. $K(t, s) = s^{t+\sin t}$;
11. $K(t, s) = \sqrt[7]{t + s}$;
12. $K(t, s) = \sinh^t(s)$;
13. $K(t, s) = tgh(t + s)$;
14. $K(t, s) = \sqrt[5]{s + t} + \sin(t)$;
15. $K(t, s) = tg^s(t)$;
16. $K(t, s) = \cos^t(s)$;
17. $K(t, s) = s^{\sqrt{t}}$;
18. $K(t, s) = s^{t+\sin s}$;
19. $K(t, s) = s^{t+tg t}$;
20. $K(t, s) = s^{t-\sin s}$;

Содержание отчета

Отчет должен содержать титульный лист, номер варианта, краткое описание применяемого метода регуляризации и результаты решения задачи. Обязательно наличие выводов по проделанной работе. В случае несвоевременного выполнения задания к отчету прилагается USB носитель с выполненным заданием.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

«МЕТОД РЕГУЛЯРИЗАЦИИ РЕШЕНИЯ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ УРАВНЕНИЙ»

Задание к лабораторной работе

Дана система $Az = u$, в которой вместо матрицы A и вектора u известны приближенная матрица \tilde{A} и приближенный вектор \tilde{u} . Указать h и δ в оценках $\|A - \tilde{A}\|_1 \leq h$ и $\|u - \tilde{u}\|_1 \leq \delta$.

Пусть z^α – вектор, минимизирующий функционал Тихонова $M^\alpha[z, \tilde{u}, \tilde{A}]$. Выбрать $\alpha = \alpha(\Delta)$, где $\Delta = hq + \delta$, $q > \|z^0\|$ (z^0 – нормальное решение) так, чтобы существовал $\lim_{\Delta \rightarrow 0} z^{\alpha(\Delta)}$ (т.е., чтобы $z^{\alpha(\Delta)}$ было регуляризованным решением). Найти $z^{\alpha(\Delta)}$ для 8-10 убывающих значений Δ . Выбор $\alpha(\Delta)$ обосновать.

Вариант 1

$$A = \begin{pmatrix} 1/3 & 1/3 & -1/3 & 1/3 & 0 \\ -1/3 & -1/3 & 1/3 & -1/3 & 0 \\ 1 & 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 0 & -1 \end{pmatrix}, \quad u = \begin{pmatrix} 1/3 \\ 1/3 \\ 0 \\ -1 \end{pmatrix}.$$

Принять: $\frac{1}{3} \approx 0, \underbrace{33 \dots 3}_n$, $n = \overline{7,15}$, при этом $\left| \frac{1}{3} - 0, \underbrace{33 \dots 3}_n \right| < 4 \cdot 10^{-(n+1)}$.

Вариант 2

$$A = \begin{pmatrix} 2/3 & 1/3 & 0 & 0 & 1 & 2 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & -1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 \\ 3 & 1 & 0 & 2 & 0 & 2 \\ 1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 2 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 \end{pmatrix}, \quad u = \begin{pmatrix} 1 \\ -1 \\ 1 \\ -1 \\ 2/3 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

Принять: $\frac{1}{3} \approx 0, \underbrace{33 \dots 3}_n$, $\frac{2}{3} \approx 0, \underbrace{66 \dots 6}_n$, $n = \overline{8,15}$, при этом

$$\left| \frac{1}{3} - 0, \underbrace{33 \dots 3}_n \right| < 4 \cdot 10^{-(n+1)}, \quad \left| \frac{2}{3} - 0, \underbrace{66 \dots 6}_n \right| < 7 \cdot 10^{-(n+1)}.$$

Вариант 3

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1/2 & 1/3 & 1/4 & 1/5 \\ 2 & 1 & 2/3 & 1/2 & 2/5 \\ 3 & 3/2 & 1 & 3/4 & 3/5 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}, \quad u = \begin{pmatrix} 1/3 \\ 1/4 \\ 1/5 \\ 1/6 \\ 3 \end{pmatrix}.$$

Принять: $\frac{1}{3} \approx 0, \underbrace{33 \dots 3}_n$, $\frac{2}{3} \approx 0, \underbrace{66 \dots 6}_n$, $\frac{1}{6} \approx 0, 1 \underbrace{66 \dots 6}_n$ $n = \overline{7,15}$, при этом

$$\left| \frac{1}{3} - 0, \underbrace{33 \dots 3}_n \right| < 4 \cdot 10^{-(n+1)}, \quad \left| \frac{2}{3} - 0, \underbrace{66 \dots 6}_n \right| < 7 \cdot 10^{-(n+1)},$$

$$\left| \frac{1}{6} - 0, 1 \underbrace{66 \dots 6}_n \right| < 7 \cdot 10^{-(n+1)}.$$

Вариант 4

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 2 & -2 & 1 & 2 \\ 1 & 2 & -2 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 2 & -1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 2 & -1 & 1 \end{pmatrix}, \quad u = \begin{pmatrix} 0,2 \\ 0,4 \\ 2,5 \\ -4,2 \\ -2,8 \end{pmatrix}.$$

Приближенно известны: $a_{13} = -2 + \delta$, $a_{43} = 1 - \delta$, $a_{55} = 1 + \delta$, $u_2 = 0,4 + \delta$, $0 < \delta \leq 10^{-5}$.

Вариант 5

$$A = \begin{pmatrix} -1 & 2 & 1 & 2 \\ 1 & -2 & -1 & -2 \\ 1 & 2 & 2 & 1 \\ 3 & -2 & 1 & 2 \end{pmatrix}, \quad u = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ -2 \\ 4 \end{pmatrix}.$$

Приближенно известны: $a_{12} = 2 + \delta$, $a_{33} = 2 - \delta$, $a_{44} = 2 + \delta$, $u_2 = 1 + \delta$, $0 < \delta \leq 3 \cdot 10^{-6}$.

Вариант 6

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 2 & -2 & 2 & -2 & 2 \\ 2 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ 3 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 4 & 2 & -2 & 2 & -2 & 2 \\ 2 & 4 & -4 & 4 & -4 & 4 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}, \quad u = \begin{pmatrix} 1/3 \\ 1/3 \\ 1 \\ -1/3 \\ -1/3 \\ -1/3 \end{pmatrix}.$$

Принять: $\frac{1}{3} \approx 0, \underbrace{33 \dots 3}_n$, $n = \overline{7,15}$, при этом $\left| \frac{1}{3} - 0, \underbrace{33 \dots 3}_n \right| < 4 \cdot 10^{-(n+1)}$.

Вариант 7

$$A = (a_{ij}), \quad a_{ij} = \frac{i+j}{2n}, \quad i, j = \overline{1, n},$$

$$u = (u_j), \quad u_j = \frac{7-2(-1)^j}{j+1}, \quad j = \overline{1, n}; \quad n = 7.$$

Дроби округлять, оставляя шесть десятичных знаков ($\delta = 10^{-6}$).

Вариант 8

$$A = \begin{pmatrix} 6 & 5 & 4 & 3 & 2 & 1 \\ 5 & 4 & 3 & 2 & 1 & 0 \\ 4 & 3 & 2 & 1 & 0 & -1 \\ 3 & 2 & 1 & 0 & -1 & -2 \\ 2 & 1 & 0 & -1 & -2 & -3 \end{pmatrix}, \quad u = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ -1 \\ 2 \end{pmatrix}.$$

Приближенно известны: $a_{14} = 3 + \delta$, $a_{35} = \delta$, $a_{56} = -3 + \delta$, $u_3 = 1 + \delta$, $0 < \delta \leq 10^{-5}$.

Вариант 9

$$A = \begin{pmatrix} 3 & 2 & 1/3 & 0 & 0 \\ 2 & 1/3 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -3 & -4 & -5 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \end{pmatrix}, \quad u = \begin{pmatrix} 1/3 \\ 0 \\ 0 \\ -1/3 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

Принять: $\frac{1}{3} \approx 0, \underbrace{33 \dots 3}_n$, $n = \overline{8,15}$, при этом $\left| \frac{1}{3} - 0, \underbrace{33 \dots 3}_n \right| < 4 \cdot 10^{-(n+1)}$.

Вариант 10

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}, \quad u = \begin{pmatrix} 2 \\ 2 \\ 2 \\ 2 \\ 2 \end{pmatrix}.$$

Приближенно известны: $a_{12} = 1 + \delta$, $a_{53} = 1 - \delta$, $u_5 = 2 + \delta$, $0 < \delta \leq 2 \cdot 10^{-5}$.

Вариант 11

$$A = \begin{pmatrix} 2 & 2 & -1 & 1 \\ 4 & 4 & -2 & 2 \\ 3 & 3 & -1 & 1 \\ 4 & 4 & 2 & -2 \\ 2 & 2 & 1 & -1 \end{pmatrix}, \quad u = \begin{pmatrix} 1/3 \\ -1/3 \\ 1/3 \\ -1/3 \\ 1/3 \end{pmatrix}.$$

Принять: $\frac{1}{3} \approx 0, \underbrace{33 \dots 3}_n$, $n = \overline{7,15}$, при этом $\left| \frac{1}{3} - 0, \underbrace{33 \dots 3}_n \right| < 4 \cdot 10^{-(n+1)}$.

Вариант 12

$$A = \begin{pmatrix} 2 & 2 \\ 2 & 2 \\ 2 & 2 \\ 2 & 2 \end{pmatrix}, \quad u = \begin{pmatrix} 2 \\ 2 \\ -2 \\ 2 \end{pmatrix}.$$

Приближенно известны: $a_{11} = 2 - \delta$, $a_{22} = 2 + \delta$, $a_{32} = 2 + \delta$, $a_{42} = 2 + \delta$, $u_1 = 2 + \delta$, $0 < \delta \leq 3 \cdot 10^{-4}$.

Вариант 13

$$A = \begin{pmatrix} 3 & 3 & 3 & 3 & 3 \\ 2 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}, \quad u = \begin{pmatrix} 2 \\ 1 \\ -1 \end{pmatrix}.$$

Приближенно известны: $a_{11} = 3 - \delta$, $a_{15} = 3 + \delta$, $a_{31} = 1 + \delta$, $a_{35} = 1 - \delta$, $u_2 = 1 + \delta$, $0 < \delta \leq 10^{-4}$.

Вариант 14

$$A = \begin{pmatrix} -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 \\ -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}, \quad u = \begin{pmatrix} 2 \\ 2 \\ 2 \\ 2 \\ 2 \end{pmatrix}.$$

Приближенно известны: $a_{12} = 1 + \delta$, $a_{33} = -1 + \delta$, $a_{53} = \delta$, $u_1 = u_2 = 2 + \delta$, $0 < \delta \leq 2 \cdot 10^{-4}$.

Вариант 15

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 2 & 2 & 2/3 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad u = \begin{pmatrix} 1/3 \\ -1/3 \\ 1/3 \end{pmatrix}.$$

Принять: $\frac{1}{3} \approx 0, \underbrace{33 \dots 3}_n$, $\frac{2}{3} \approx 0, \underbrace{66 \dots 6}_n$, $n = \overline{8,15}$, при этом

$$\left| \frac{1}{3} - 0, \underbrace{33 \dots 3}_n \right| < 4 \cdot 10^{-(n+1)}, \quad \left| \frac{2}{3} - 0, \underbrace{66 \dots 6}_n \right| < 7 \cdot 10^{-(n+1)}.$$

Вариант 16

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 2 & 2 \\ -1 & -2 \\ -2 & -2 \end{pmatrix}, \quad u = \begin{pmatrix} 3 \\ 6 \\ -3 \\ 6 \end{pmatrix}.$$

Приближенно известны: $a_{11} = 1 + \delta$, $u_1 = 3 - \delta$, $u_4 = 6 + \delta$, $0 < \delta \leq 10^{-5}$.

Вариант 17

$$A = \begin{pmatrix} -2 & -1 & 0 & 1 & 2 \\ -1 & 0 & 1 & 2 & 3 \\ 0 & 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \end{pmatrix}, \quad u = \begin{pmatrix} 2 \\ 2 \\ 2 \\ 2 \end{pmatrix}.$$

Приближенно известны: $a_{22} = \delta$, $a_{25} = 3 + \delta$, $a_{41} = 1 - \delta$, $u_2 = u_3 = 2 + \delta$, $0 < \delta \leq 3 \cdot 10^{-4}$.

Содержание отчета

Отчет должен содержать титульный лист, номер варианта, краткое описание применяемого метода регуляризации и пошаговый алгоритм выполнения задания. Результаты решения задачи следует оформить в виде следующей таблицы:

$\Delta_1 = \dots$	$\Delta_2 = \dots$	$\Delta_3 = \dots$	...	$\Delta_7 = \dots$	$\Delta_8 = \dots$
$z_1 = \dots$	$z_1 = \dots$	$z_1 = \dots$	...	$z_1 = \dots$	$z_1 = \dots$
$z_2 = \dots$	$z_2 = \dots$	$z_2 = \dots$	...	$z_2 = \dots$	$z_2 = \dots$
...
...
...
...
$z_n = \dots$	$z_n = \dots$	$z_n = \dots$	...	$z_n = \dots$	$z_n = \dots$

Приближенное нормальное решение $z^0 = \begin{pmatrix} z_1 = \dots \\ z_2 = \dots \\ \dots \\ \dots \\ z_n = \dots \end{pmatrix}$ (последний столбец таблицы).

Обязательно наличие выводов по проделанной работе. В случае несвоевременного выполнения задания к отчету прилагается USB носитель с выполненным заданием.

Библиографический список

1. Тихонов, А. Н. Методы решения некорректных задач /А. Н. Тихонов, В. Я. Арсенин. – М.: Наука, 1979. – 288 с.
2. Бахвалов, Н. С. Численные методы /Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г. М. Кобельков.- М.: Наука, 1987.
3. Тихонов, А. Н. Численные методы решения некорректно поставленных задач /А.Н. Тихонов, А.В. Гончарский, В.В. Степанов, А. Г. Ягола. – М.: Наука, 1990. – 231 с.