

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»**

Кафедра радиоэлектронных устройств и систем

ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**к выполнению лабораторной работы № 1 (часть 1) по дисциплине «Цифровая
обработка сигналов» для студентов специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные
системы и комплексы» очной формы обучения**

Воронеж 2022

УДК 621.391.083.92

ББК 32.811.3

Составитель:

д. ф.-м.н. Кузьменко Р.В

Цифровая обработка сигналов: методические указания к выполнению лабораторной работы № 1 (часть 1) по дисциплине «Цифровая обработка сигналов» для студентов специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы» очной формы обучения/ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост. Р.В. Кузьменко. Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2022. – 36 с.

Основной целью указаний к выполнению лабораторных работ является поддержка выработка навыков цифровой обработки сигналов и средств их компьютерного моделирования в системе MATLAB.

Издание предназначено для проведения лабораторных работ по дисциплине «Цифровая обработка сигналов» для студентов 4-го курса.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле ЦОС Лаб. работа № 1 (часть 1).docx

Библиогр.: 3 назв.

УДК 621.391.083.92

ББК 32.811.3

Рецензент: Доктор технических наук, заведующий кафедрой
«Конструирования и производства радиоаппаратуры»
Башкиров А.В.

*Издается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университета*

Лабораторная работа №1

Знакомство с MATLAB.

1. Основные объекты языка MATLAB

Цель работы: познакомиться с назначением и интерфейсом системы MATLAB и овладеть начальными навыками работы в режиме прямых вычислений.

Краткая теоретическая справка

Система MATLAB — это интерактивная система, предназначенная для компьютерного моделирования практически в любой области науки и техники.

Интерфейс MATLAB образуют следующие окна.

Command Window (Командное окно) — основное окно интерактивной системы MATLAB с активизированной командной строкой.

Из активизированной командной строки пользователь может возвращаться к предыдущим строкам с помощью клавиш <↑> и <↓>.

Сеанс работы в окне **Command Window** до выхода из MATLAB называют текущей сессией.

Current Folder (Текущая папка) — в этом окне выводится содержимое папки, имя которой отображается в раскрывающемся списке **Current Folder** на панели инструментов окна MATLAB.

В составе ранних версий MATLAB (до 2009 г.) содержалась автоматически создаваемая текущая папка со стандартным именем¹ work, предназначенная для хранения файлов и папок, создаваемых пользователем. В последующих версиях такая папка отсутствует. Для тех же целей предусмотрена папка MATLAB, автоматически создаваемая в папке **Мои документы** на рабочем столе.

Создание собственной папки в окне **Current Folder** выполняется с помощью контекстного меню по команде **New Folder** (Новая папка), и новой папке присваивается имя.

Сохранение пути к собственной папке в окне **Current Folder** выполняется по команде контекстного меню **Add to Path | Selected Folders** (Добавить к пути | Выделенные папки).

Workspace (Рабочая область памяти) — в этом окне выводится список текущих переменных, сохраняемых в рабочей области памяти Workspace до выхода из MATLAB.

Command History (История команд) — в этом окне выводится построчный список объектов языка MATLAB, вводимых в ходе текущей и предшествующих сессий. Двойным щелчком левой кнопки мыши можно

¹ Здесь и далее во избежание путаницы для папок и файлов MATLAB используется шрифт Courier New.

дублировать любую строку из окна **Command History** в окно **Command Window**.

Пользователь может произвольно менять состав активных окон с помощью команд меню **Desktop** (Стол).

Система оперативной помощи MATLAB включает в себя:

справочную систему в формате HTML (HyperText Markup Language — язык гипертекстовой разметки), обращение к которой производится по **команде Product Help** (Помощь по продукту) в меню **Help** окна **MATLAB**; команду:

`help <стандартное имя объекта языка MATLAB>`

Режим прямых вычислений

Режим прямых вычислений (называемый также командным режимом) означает, что вычисления выполняются без составления программы. Объекты языка MATLAB в ходе текущей сессии вводятся построчно в командной строке окна **Command Window** с соблюдением следующих правил:

символ ";" (точка с запятой) в конце строки блокирует автоматический вывод результата;

символ "..." (многоточие) в конце строки является признаком продолжения предыдущей строки;

символ "%" (процент) в начале строки соответствует комментарию.

Базовые объекты языка MATLAB

К базовым объектам языка MATLAB относятся:

- команды;
- операторы;
- константы;
- переменные;
- функции;
- выражения.

Команда — это объект языка MATLAB со стандартным именем, предназначенный для взаимодействия с системой MATLAB и имеющий формат:

<команда><содержательная часть>

где <команда> — стандартное имя команды; <содержательная часть> — уточняется для каждой конкретной команды и может отсутствовать.

В конце команды символ ";" не ставится.

Список команд общего назначения выводится по команде:

help general

Наиболее распространенные команды приведены в табл. 1.1. Другие будут рассматриваться по мере изложения материала.

Таблица 1.1. Команды

Команда	Назначение
clc	Очистка окна Command Window
clear	Удаление объектов из Workspace (без

	содержательной части — очистка Workspace)
format	Установка формата вывода данных (см. табл. 1.2)
help	Справка по стандартному объекту MATLAB
load	Загрузка файла с диска в Workspace (см. разд. 1.1.4)
save	Сохранение на диске объекта Workspace (см. разд. 1.1.4)
ver	Вывод информации об установленной версии MATLAB и пакетах расширения
what	Вывод содержимого папки (без содержательной части — текущей папки), например: what work\LAB\lab_01
which	Вывод пути для нахождения встроенной или внешней функции
who	Вывод содержимого Workspace
whos	Вывод содержимого Workspace с дополнительными сведениями

Оператор — это объект языка MATLAB со стандартным именем, предназначенный для разработки программ.

Простейшим оператором является оператор присваивания с форматом:

<имя переменной> = <выражение>

или

<выражение>

В последнем случае значение выражения присваивается переменной со стандартным именем ans.

Константа — это объект языка MATLAB, имеющий в процессе вычислений неизменное значение.

Различают следующие типы констант:

численные, среди которых выделяют:

- целые;
- вещественные;
- комплексные;

логические;

символьные.

Целые и вещественные константы могут вводиться в обычной форме с разделением точкой целой и дробной частей:

>> 158; >> -17.38; или в форме E, которой соответствует представление числа в показательной форме:

$$\mu \cdot 10^p, \quad (1.1)$$

где μ — мантисса — вещественная константа; p — порядок — целая константа; 10 — основание, обозначаемое буквой e:

```
>> 0.157e-3;
```

```
>> 12.23e8;
```

Комплексные константы вводятся в алгебраической форме:

$\xi + j\eta$. (1.2)

Мнимая единица вводится как i или j , но выводится всегда как i :

```
>> 5+3.7j
```

```
ans =
```

```
5.0000 + 3.7000i
```

Возможен ввод с использованием символа умножения в мнимой части:

```
>> 5+3.7*j
```

```
ans =
```

```
5.0000 + 3.7000i
```

Вещественная и/или мнимая части комплексного числа могут вводиться в форме E:

```
>> 5e-3+3.7e5j
```

```
ans =
```

```
5.0000e-003 +3.7000e+005i
```

Комплексно сопряженная константа вводится с помощью символа `'` (апостроф):

```
>> (5+3i)'
```

```
ans =
```

```
5.0000 — 3.0000i
```

Вывод численных констант может производиться по умолчанию или в заданном формате с помощью команды:

format <вид формата>

где содержательная часть может отсутствовать.

Действие команды `format` сохраняется до ее отмены другой командой `format`.

Разновидности форматов можно вывести по команде:

help format

Наиболее распространенные форматы приведены в табл. 1.2.

Таблица 1.2. Форматы для вывода констант

Команда	Формат вывода
format	Формат, тождественный формату format short
format short	Формат с автоматическим выводом в обычной форме или нормализованной форме E с 4-мя значащими цифрами в дробной части мантииссы. Этот формат установлен по умолчанию
format short e	Короткий формат E с выводом в нормализованной форме E с 4-мя значащими цифрами в дробной части мантииссы

format long	Длинный формат с автоматическим выводом в обычной форме или нормализованной форме E с 15-ю значащими цифрами в дробной части мантииссы
format long e	Длинный формат с выводом в нормализованной форме E с 15-ю значащими цифрами в дробной части мантииссы

Форму E называют *нормализованной* (см. табл. 1.2), если целая часть мантииссы μ в (1.1) содержит одну отличную от нуля значащую цифру, а порядок p — три цифры.

Стандартные константы — это константы со стандартными именами. Их полный список может быть выведен по команде: **help elmat**

Наиболее распространенные стандартные константы приведены в табл. 1.3.

Таблица 1.3. Стандартные константы

Стандартное имя константы	Назначение
i или j	Мнимая единица, $\sqrt{-1} : i = \text{sqrt}(-1)$
pi	Число π

Таблица 1.3 (окончание)

Стандартное имя константы	Назначение
Inf (или inf)	Машинная бесконечность (число, большее максимально допустимого во внутренних вычислениях в MATLAB)
Nan	Нечисло (Not-a-number). Присваивается неопределенностям типа 0/0, inf/inf, 0·inf

Логические константы — это константы, принимающие значения 1 (true — истина) или 0 (false — ложь).

Символьные константы — это любые последовательности символов, заключенные в апострофы:

```
>> 'Sella'
ans =
```

Sella

Переменная — это объект языка MATLAB, который в процессе вычислений может менять свое значение.

Различают следующие типы переменных:

- простые переменные;
- массивы.

Переменные представляются своими именами (идентификаторами).

Имя переменной составляется из последовательности латинских букв, цифр и символа подчеркивания и начинается с буквы. В MATLAB *прописные и строчные буквы различаются*.

Массивом называют упорядоченную совокупность данных, объединенных одним именем.

Массив характеризуется:

§ *Размерностью*. Размерность массива равна количеству индексов k , которые указывают на упорядоченность данных в k -мерном пространстве.

Если данные упорядочены в строку (столбец), то их порядок следования указывается с помощью одного индекса, и массив называют одномерным или *вектором*.

Если данные упорядочены одновременно по строкам и по столбцам, то их порядок следования указывается с помощью двух индексов, и массив называют двумерным или *матрицей*.

Если данные упорядочены по матрицам, то их порядок следования указывается с помощью третьего индекса, и массив называют и т. д.;

§ *Размером*. В матричной алгебре размер массива принято указывать произведением числа элементов по каждому индексу, а именно: $1 \times n$ — одномерный массив (вектор-строка); $m \times n$ — двумерный и т. д.

Матрицу называют квадратной порядка n , если число строк равно числу столбцов: $m = n$;

§ *Типом*. Тип массива определяется типом его элементов. Элементами числового массива являются численные константы. Основные типы массивов рассматриваются в гл. 3.

Особенностью MATLAB является то, что *тип переменной не объявляется, и любая переменная по умолчанию считается матрицей*¹.

В MATLAB *нижняя граница индексов массива равна единице*.

Матрица вводится построчно в квадратных скобках, элементы строки отделяются пробелом или запятой, а строки — точкой с запятой:

```
>> A = [1 2 3;5 6 7;8 9 7]
```

```
A =
```

```
1 2 3
5 6 7
8 9 7
```

¹ Отсюда и название MATLAB — MATrix LABoratory (Матричная лаборатория).

Вектор (вектор-строка) размером $1 \times n$ вводится в квадратных скобках, а его элементы — через пробел или запятую:

```
>> A = [1 4 5 7 8]
```

```
A =
```

```
1   4   5   7   8
```

Вектор-столбец размером $m \times 1$ вводится в квадратных скобках, а его элементы — через точку с запятой:

```
>> A = [1;4;5]
```

```
A =
```

```
1
```

```
4
```

```
5
```

Скаляр размером 1×1 можно вводить без квадратных скобок:

```
>> b = 1.5e-3;
```

Простой переменной, таким образом, соответствует скаляр.

Функции в MATLAB представлены двумя разновидностями:

☼встроенные;

☼внешние.

Встроенная функция (по умолчанию функция) — это объект языка MATLAB со стандартным именем, предназначенный для выполнения действий с параметрами (аргументами), перечисленными через запятую и заключенными в круглые скобки.

Список основных элементарных математических функций, сгруппированных по назначению, представлен в табл. 1.4. Их полный список выводится по команде:

help elfun

Таблица 1.4. Элементарные математические функции

Тип функции	Функция	Назначение
Тригонометрическая	sin(X)	Синус — $\sin(x)$
	cos(X)	Косинус — $\cos(x)$
	tan(X)	Тангенс — $\operatorname{tg}(x)$
	cot(X)	Котангенс — $\operatorname{ctg}(x)$
Обратная тригонометрическая	asin(X)	Арксинус — $\arcsin(x)$
	acos(X)	Арккосинус — $\arccos(x)$
	atan(X)	Арктангенс — $\operatorname{arctg}(x)$
	acot(X)	Арккотангенс — $\operatorname{arcctg}(x)$
Экспоненциальная	exp(X)	Экспонента — e^x

	pow2(X)	Возведение двойки в степень — 2^x
	nextpow2(X)	Ближайшая степень двойки в сторону увеличения — $\text{int}[\log_2(x)]$
Логарифмическая	log(X)	Натуральный логарифм — $\ln(x)$
	log10(X)	Десятичный логарифм — $\lg(x)$
	log2(X)	Логарифм по основанию 2 — $\log_2 x$
Корень квадратный	sqrt(X)	Корень квадратный $\sqrt{x}$
Число по модулю m	mod(X,m)	Число x по модулю m — $\text{mod}_m x$
С комплексным аргументом	abs(X)	Модуль числа $ x $
	angle(X)	Аргумент числа x
	complex(X1,X2)	Запись комплексного числа по вещественной X1 и мнимой X2 частям
	real(X)	Выделение вещественной части — $\text{Re}(x)$
	imag(X)	Выделение мнимой части — $\text{Im}(x)$
	conj(X)	Комплексно сопряженное число

Таблица 1.4 (окончание)

Тип функции	Функция	Назначение
Округление	fix(X)	Округление в направлении нуля — усечение дробной части
	floor(X)	Округление в направлении $-\infty$ — округление до ближайшего целого в сторону уменьшения

ceil(X)	Округление в направлении $+\infty$ — округление до ближайшего целого в сторону увеличения
round(X)	Округление до ближайшего целого — при дробной части, равной 0.5, — в сторону увеличения модуля числа
nearest(X)	Округление до ближайшего целого — при дробной части, равной 0.5, — в сторону увеличения
convergent(X)	Округление до ближайшего целого — при дробной части, равной 0.5, — в сторону ближайшего четного числа

Список основных функций преобразования систем счисления представлен в табл. 1.5. Цифра 2 в имени этих функций соответствует английскому предлогу "to", переводимому как "в" или "к".

Таблица 1.5. Функции преобразования систем счисления

Функция	Назначение
dec2hex(X)	Преобразование десятичного целого в шестнадцатеричное. Десятичное число указывается в качестве аргумента, а шестнадцатеричное выводится без апострофов с использованием заглавных букв
dec2bin(X)	Преобразование десятичного целого в двоичное. Десятичное число указывается в качестве аргумента, а двоичное выводится без апострофов
bin2dec(X)	Преобразование двоичного целого в десятичное. Двоичное число указывается в качестве аргумента в апострофах, а десятичное выводится без апострофов
hex2dec(X)	Преобразование шестнадцатеричного целого в десятичное. Шестнадцатеричное число указывается в качестве аргумента в апострофах с использованием заглавных или строчных букв, а десятичное выводится без апострофов

Выражение — это объект языка MATLAB, представляющий собой имеющую смысл совокупность констант, переменных и функций, объединенных символами операций.

К основным типам выражений относятся арифметические и логические выражения.

Арифметическим выражением называют имеющую математический смысл совокупность констант, переменных и функций, объединенных символами (или функциями) арифметических операций:

```
>> x+sin(a)-sqrt(c+b);
```

Приоритет операций в арифметических выражениях устанавливается с помощью круглых скобок и старшинства операций внутри них, а именно: сначала вычисляются функции, затем возведение в степень, затем умножение и деление и в заключение — сложение и вычитание. Операции одного ранга выполняются слева направо.

Логическим выражением называют имеющую математический смысл совокупность арифметических выражений, объединенных символами (или функциями) операций отношения и логических операций:

```
>> (i==j)&((a+b)>sqrt(c));
```

Простейшим логическим выражением является *отношение*. Результатом вычисления логического выражения будет логическая константа 1 (true) или 0 (false):

```
>> sin(3)<0.5
```

```
ans =
```

```
1
```

Приоритет операций в логических выражениях устанавливается с помощью круглых скобок и старшинства операций внутри них, а именно: сначала вычисляются арифметические выражения, затем выполняются операции отношения и в заключение — логические операции. Операции одного ранга выполняются слева направо.

Символ операции — это символическое обозначение операции с операндами или операндом (объектами, с которыми выполняется операция).

Функция операции — это эквивалентное обозначение символа операции в виде функции MATLAB.

Большинство символов операций дублируется эквивалентными функциями, однако некоторые операции обозначаются только символом, другие — только функцией.

Основные символы и дублирующие их функции операции, сгруппированные по назначению, представлены в табл. 1.6—1.8, где переменные X и Y — числовые матрицы, а c — скаляр.

Полный список символов и функций операций выводится по команде:

```
help ops
```

Таблица 1.6. Символы и функции арифметических операций

Символ	Функция	Операция
+	plus(X,Y)	Сложение матричное и поэлементное
-	minus(X,Y)	Вычитание матричное и поэлементное
*	mtimes(X,Y)	Матричное умножение
.*	times(X,Y)	Поэлементное умножение
^	mpower(X,c)	Матричное возведение в целую степень
.^	power(X,c)	Поэлементное возведение в степень
\	mldivide(X,Y)	Левое матричное деление
/	mrdivide(X,Y)	Правое матричное деление
.\	ldivide(X,Y)	Левое поэлементное деление
./	rdivide(X,Y)	Правое поэлементное деление

Таблица 1.7. Символы и функции операций отношения

Символ	Функция	Операция
==	eq(X,Y)	Равно
~=	ne(X,Y)	Не равно
<	lt(X,Y)	Меньше
>	gt(X,Y)	Больше
<=	le(X,Y)	Меньше либо равно
>=	ge(X,Y)	Больше либо равно

Таблица 1.8. Символы и функции логических операций

Символ	Функция	Операция
&	and(X,Y)	И (AND) — истина (true — логическая константа 1), если оба аргумента — истина
	or(X,Y)	ИЛИ (OR) — истина, если хотя бы один аргумент — истина
~	not(X)	НЕ (NOT) — ложь (false — логическая константа 0), если аргумент — истина, и наоборот

1.1.3. Рабочая область памяти **Workspace**

В MATLAB переменные текущей сессии хранятся в рабочей области памяти, называемой **Workspace**. Окно **Workspace**, открываемое по одноименной команде в меню **Desktop**, содержит построчный список имен переменных (**Name**), каждую с ее символическим изображением и значением (**Value**) или размером и типом.

Двойной щелчок левой кнопки мыши на переменной в столбце **Name** или **Value** открывает окно **Variable Editor** (Редактор переменной), в котором наглядно отображается переменная и допускается ее редактирование.

Сохранение данных на диске

Для того чтобы в следующих сессиях воспользоваться данными текущей сессии, их можно сохранить на диске в файле с расширением **mat** по команде:

save <имяфайла><списокпеременных>

где:

<имя файла> — имя **mat**-файла; если оно не указано, то по умолчанию **mat**-файлу присваивается имя первой переменной из <списка переменных>, а сама первая переменная при этом не сохраняется; <список переменных> — список сохраняемых переменных, указываемых через пробел.

Данные — **mat**-файлы — по умолчанию сохраняются на диске в текущей папке. Например:

```
>> n = 1:100; x = sin(0.5*pi.*n); y = cos(0.5*pi.*n);
```

```
>> save sigx n x y
```

Значения переменных **n**, **x**, **y** будут сохранены в файле **sigx.mat** в текущей папке.

По команде:

load <имя файла>

выполняется обратная процедура — загрузка данных (**mat**-файла) с диска в рабочее пространство памяти **Workspace**, например:

```
>> load sigx
```

Для систематизации сохраняемых файлов с различным назначением и расширением удобно создавать собственные папки.

Содержание лабораторной работы

Содержание работы связано с изучением режима прямых вычислений и базовых объектов языка MATLAB.

Задание на лабораторную работу

Задание на лабораторную работу включает в себя следующие пункты:

1. Запуск системы MATLAB и знакомство с ее интерфейсом.

Пояснить, какие окна образуют интерфейс MATLAB.

2. Знакомство со справочной системой MATLAB в формате HTML.

Пояснить, как обратиться к справочной системе.

3. Ввод комментария в окне **Command Window**.

Ввести наименование лабораторной работы.

Пояснить, какой символ используется для ввода комментария.

4. Знакомство с командами языка MATLAB.

Выполнить команду:

help general

Пояснить назначение и формат команды help.

О каких объектах языка MATLAB будет выдана справка?

5. Очистка окна **Command Window**.

Пояснить, какая команда используется.

6. Ввод вещественных констант.

Ввести следующие константы в обычной форме и форме E без символа

";" в конце строки:

0

0,000

0,814

-0,814

$8,14 \cdot 10^{-7}$

0,814578942

0,9999999999

0,0000814765178

8145,7

-8145,5777777777

$0,814557 \cdot 10^5$

Пояснить:

- смысл символа ";" в конце строки;
- какой переменной присваиваются значения вводимых констант;
- в каком случае при вводе констант целесообразно использовать

форму E;

- в каком формате выводятся константы по умолчанию;
- как вывести указанные константы с максимальным количеством значащих цифр в дробной части;
- какое количество значащих цифр в дробной части будет максимальным;
- какие форматы предусмотрены для вывода вещественных констант;
- какую форму E называют нормализованной.

7. Ввод комплексных констант.

Ввести следующие константы без символа ";" в конце строки:

0,057+0,5j 0,057+0,5i

1200000,5+56i

1200000,57857+56i

12,5+56i

12,5+0,000056i

-0,9999999i

0i

$17+10^{-5}i$

$15 \cdot 10^{-5}i$

Пояснить:

- в какой форме вводятся комплексные константы;
- в какой форме вводятся их вещественные и мнимые части;
- в каком формате выводятся комплексные константы по умолчанию;
- какой формат целесообразно выбрать для вывода указанных

констант;

- какая из констант списка будет воспринята как вещественная.

8. Ввод логических констант.

Ввести константы true и false без символа ";" в конце строки.

Пояснить, какие значения будут выведены и какой переменной присвоены.

9. Ввод символьных констант.

Ввести константы:

- ФИО;
- наименование лабораторной работы.

Пояснить, как вводятся и выводятся символьные константы.

10. Ввод векторов.

Ввести векторы — строки и столбцы — со следующими элементами:

–0,9; 125; 0; $5+3i$; $12i$;

–0,9; 125; 0; 5; 12;

1; 2; 4; 5; 12.

Пояснить:

- какие символы используются при вводе векторов;
- как в MATLAB воспринимаются скаляры и векторы.

11. Ввод матрицы.

Ввести матрицы 3×3 и 3×2 с произвольными элементами.

Пояснить, что называют размером и порядком матрицы.

12. Ввод переменных.

Присвоить произвольные значения простой переменной, вектору и матрице.

Пояснить, как выбираются имена переменных и как переменные воспринимаются в MATLAB.

13. Знакомство с особенностями ввода комплексных переменных.

Присвоить переменной i значение 5.

Присвоить переменной F значение комплексной константы $5+3i$, которую ввести двумя способами: без символа умножения в мнимой части; с символом умножения.

Пояснить:

- в каком из этих случаев и почему возникает ошибка;
- как предотвратить возникновение ошибок в подобных случаях.

14. Знакомство со стандартными функциями с комплексным аргументом.

Присвоить переменной произвольное комплексное значение.

Вычислить модуль, аргумент, вещественную и мнимую части переменной.

Присвоить другой переменной значение комплексно сопряженной константы.

Пояснить, какие стандартные функции для этого используются.

15. Ввод арифметических выражений.

Присвоить переменным a, b и c значения произвольных вещественных констант, не равных нулю.

Вычислить значения переменных d и e по следующим формулам:

$$d = a + b \sin(\pi/a + b/c - \cos a \pi);$$

$$e = a^2 - \sqrt{|b|} + \sqrt[3]{c} + \frac{d + ac}{b}$$

Пояснить:

- приоритет выполнения операций в арифметических выражениях;
- что является результатом вычисления арифметического выражения.

16. Ввод логических выражений.

Используя переменные предыдущего пункта, записать логическое выражение с использованием операций отношения и вычислить его значение.

Добавить в данное выражение логические операции и вычислить значение нового логического выражения.

Пояснить:

- приоритет выполнения операций в логических выражениях;
- что является результатом вычисления логического выражения.

17. Знакомство со стандартными переменными.

Ввести арифметические выражения, которым по умолчанию будут присвоены константы Nan и Inf.

Пояснить назначение данных констант.

18. Знакомство со стандартными функциями округления.

Выполнить следующие вычисления:

floor([8.2 8.5 8.7 -8.2 -8.5 -8.7])

ceil([8.2 8.5 8.7 -8.2 -8.5 -8.7])

convergent([8.2 8.5 8.7 -8.2 -8.5 -8.7])

nearest([8.2 8.5 8.7 -8.2 -8.5 -8.7])

round([8.2 8.5 8.7 -8.2 -8.5 -8.7])

fix([8.2 8.5 8.7 -8.2 -8.5 -8.7])

Привести и пояснить полученные результаты.

19. Знакомство со стандартными функциями преобразования систем счисления.

Записать произвольное целое десятичное число и преобразовать его в шестнадцатеричное и двоичное.

Выполнить обратные преобразования.

Пояснить, какие стандартные функции использовались для преобразования.

20. Сохранение переменных на диске.

Присвоить переменным A, B и C произвольные значения и сохранить их в текущей папке в файле с произвольным именем.

Пояснить:

- какая команда используется для сохранения данных;
- как выбирается имя файла данных;
- какое расширение имеют файлы данных.

21. Знакомство с рабочим пространством памяти Workspace.

Выполнить следующие действия:

- очистить и проверить содержимое Workspace;
- загрузить сохраненный файл данных (см. п. 20) и вывести значение переменных A, B, C в окне **Command Window**;
- проверить содержимое Workspace;
- удалить из Workspace переменную A и проверить содержимое Workspace.

Пояснить назначение Workspace и выполняемые команды.

22. Завершение работы MATLAB.

1.4. Задание на самостоятельную работу

Самостоятельное задание рекомендуется для закрепления полученных знаний и включает в себя следующие пункты:

1С. Ввод вещественных констант.

Привести примеры ввода вещественных констант, для которых удобен обычный формат и формат E, а также тех, для которых, независимо от формы ввода, количество значащих цифр после запятой будет ограничено.

2С. Операции с комплексными константами.

Ввести вещественные константы:

i = 7; j = 5;

и определить, в каком из следующих случаев будут выведены комплексные константы:

(5+7i)*(5+7*j)

(5+7*i)*(5+7*j) (5+7i)*(5+7j)

i = sqrt(-1); (5+7*i)*(5+7j) j = sqrt(-1); (5+7*i)*(5+7*j)

3С. Вычисление арифметических выражений.

Присвоить простым переменным a, b и c произвольные значения и записать арифметические выражения для вычислений по следующим формулам:

$$c^{2+b} \frac{a+b}{a-b} + \sqrt{\frac{a-b}{q+b}} e^{\frac{a-b}{a+b}}$$

$$c^2 + b \frac{a+b}{a-b} \times \frac{\sqrt{a} - \sqrt[3]{b}}{a^2 + b^3}$$

$$\frac{a+b}{a-c} + c^{1/3} \sin \frac{a-b}{a+b}$$

4С. Для четырех комбинаций логических констант х и у (00, 01, 10 и 11) вычислить значения логического выражения (составить таблицу истинности):

$$f = \overline{x}y \vee (\overline{x} \vee y \vee xy),$$

где символу "∨" соответствует логическая операция "ИЛИ".

5С. Операции со стандартными функциями.

Привести пример арифметического выражения с использованием стандартных функций, включая функции округления.

Отчет и контрольные вопросы

Отчет составляется в редакторе MS Word и содержит результаты выполнения каждого пункта задания, копируемые из окна Command Window (шрифт Courier New), и ответы на поставленные вопросы (шрифт Times New Roman).

Защита лабораторной работы проводится на основании представленного отчета и контрольных вопросов из следующего списка:

1. Для чего предназначена система MATLAB?
2. Назовите окна интерфейса MATLAB и поясните их назначение.
3. Дайте определение следующим понятиям: текущая сессия, режим прямых вычислений.
4. Назовите базовые объекты языка MATLAB.
5. Дайте определение команды.
6. Дайте определение константы.
7. Какие типы констант используются в MATLAB?
8. Как вводятся комплексные константы?
9. Какие форматы вывода констант используются в MATLAB?
10. Дайте определение формы E и нормализованной формы E.
11. Какие константы называют стандартными?
12. Дайте определение переменной и поясните, с помощью какого оператора ей присваивается значение.
13. Дайте определение массива.
14. Чем характеризуется массив?
15. Дайте расшифровку названия "MATLAB" и поясните его смысл.
16. Как вектор и скаляр воспринимаются в MATLAB?
17. Чему равна нижняя граница индексов матрицы в MATLAB?
18. Как вводятся матрица, вектор и скаляр?
19. Чему соответствует простая переменная в MATLAB?
20. Дайте определение выражения в MATLAB.
21. Какие типы выражений используются в MATLAB?
22. Дайте определение арифметического и логического выражений

2. Операции с матрицами

Цель работы: овладеть навыками матричной обработки данных в MATLAB.

Краткая теоретическая справка

Как уже говорилось ранее (см. разд. 1.1.2), в MATLAB любая переменная по умолчанию считается матрицей.

Матрица представляется своим именем (идентификатором) и характеризуется размером и типом.

Размер матрицы принято указывать произведением $m \times n$, где m , n — число строк и столбцов соответственно. Матрицу размером $n \times n$ называют квадратной порядка n . Вектор воспринимается как матрица размером $1 \times n$ (строка) или $m \times 1$ (столбец), а скаляр — как матрица размером 1×1 .

Хранение матриц в оперативной памяти организовано по столбцам.

Тип матрицы определяется типом ее элементов. В этой работе по умолчанию под матрицей будем подразумевать числовую матрицу.

Ввод матриц рассматривался в разд. 1.1.2.

Вектор, формирующий регулярную сетку, вводят в виде:

<начальное значение>:[<шаг>:]<конечное значение>

Шаг, равный единице, можно не указывать, условным признаком чего служат квадратные скобки.

Например:

```
>> y = 0:pi/4:pi
```

```
y =
```

```
    0    0.7854    1.5708    2.3562    3.1416
```

```
>> x = 0:9
```

```
x =
```

```
    0    1    2    3    4    5    6    7    8    9
```

Элементы матрицы могут быть представлены численными константами, простыми переменными, арифметическими выражениями и, в свою очередь, матрицами, например:

```
>> A = [5.3 sin(pi/4) 3+4i]
```

```
A =
```

```
5.3000      0.7071      3.0000 + 4.0000i
```

```
>> a = [1 2;3 4], b=[4 5;6 7]
```

```
A =
```

```
1  2
```

```
3  4
```

```
B =
```

```
4  5
```

```
6  7
```

```
>> B = [a b]
```

```
B =
```

```
1  2  4  5
```

```
3  4  6  7
```

Обращение к элементу матрицы происходит по ее имени с указанием индексов строки и столбца в круглых скобках (нижняя граница индексов равна единице):

```
>> B(2,4)
```

```
ans =
```

```
7
```

По обращению $B(i)$ матрица B воспринимается как вектор, элементы которого сформированы по столбцам:

```
>> B(5)
```

```
ans =
```

```
4
```

Размер матрицы — число строк и столбцов — определяется с помощью функции: `size(x)`

Длина вектора — число элементов строки (столбца) — определяется с помощью функции:

```
length(x)
```

Матрица нулевой размерности — пустая матрица — обозначается как $A = []$:

```
>> A = []; size(A)
```

```
ans = 0 0
```

Имя пустой матрицы сохраняется в `Workspace` и в дальнейшем может использоваться для формирования матрицы любого размера.

2.1.1. Функции генерации типовых матриц

В MATLAB можно генерировать большое разнообразие типовых матриц с помощью встроенных функций, список которых может быть выведен по команде:

help elmat

Некоторые из них приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1. Функции генерирования типовых матриц

Функция	Типовая матрица
zeros(M,N)	Нулевая матрица $M \times N$
ones(M,N)	Матрица единиц $M \times N$
eye(N)	Единичная матрица порядка N
rand(M,N)	Матрица $M \times N$ случайных чисел в диапазоне от 0 до 1, распределенных по равномерному закону
randn(M,N)	Матрица $M \times N$ случайных чисел, распределенных по нормальному закону с математическим ожиданием, равным 0, и дисперсией, равной 1
diag(V)	Вектор из диагональных элементов квадратной матрицы V . Диагональная матрица — матрица, у которой все элементы равны нулю, кроме диагональных, равных вектору V
toeplitz(r)	Матрица Теплица — квадратная матрица с одинаковыми элементами на диагоналях, равными соответствующим элементам первого столбца r

2.1.2. Преобразование матриц

К операциям преобразования матриц относятся:

☼выделение из матрицы вектора-столбца:

$A(:,N)$

где N — номер столбца;

☼выделение из матрицы вектора-строки:

$A(M,:)$ где M — номер строки;

☼выделение подматрицы с указанием граничных индексов:

$A(M1:M2,N1:N2)$

где $M1:M2$ — номера строк с $M1$ по $M2$ включительно; $N1:N2$ — номера столбцов с $N1$ по $N2$ включительно;

☼выделение подматрицы с указанием начальных индексов:

$A(M1:end,N1:end)$

где M1:end — строки с M1 до последней включительно; N1:end — столбцы с N1 до последнего включительно;

☞растягивание матрицы в вектор-столбец:

A(:)

☞горизонтальная конкатенация (объединение) подматриц (по столбцам):

A = [A1,A2,A3,...] где A1,A2,A3,... — объединяемые подматрицы с одинаковым числом строк; вертикальная конкатенация подматриц (по строкам):

A = [A1;A2;A3;...] где A1;A2;A3;... — объединяемые подматрицы с одинаковым числом столбцов;

☞копирование матрицы, выполняемое с помощью функции:

repmat(A,m,n)

где A — исходная матрица как элемент новой матрицы; m, n — число копий матрицы A по строкам и столбцам соответственно;

☞копирование квадратных матриц, выполняемое с помощью функции:

repmat(A,n)

где A — исходная квадратная матрица как элемент новой квадратной матрицы; n — число копий матрицы A по строкам и столбцам.

2.1.3. Поэлементные операции с матрицами

К поэлементным операциям с матрицами относятся арифметические операции и вычисление элементарных функций, аргументы которых — матрицы.

Признаком поэлементных арифметических операций умножения, деления и возведения в степень является точка перед символом операции:

```
>> A = [1 2 3;2 -1 5;1 -1 -1], B = [-1 -2 -3;-4 -5 -6;-7 -8 -9]
```

```
A =
```

```
1  2  3
2 -1  5
1 -1 -1
```

```
B =
```

```
-1 -2 -3
-4 -5 -6
-7 -8 -9
```

```
>> A.*B
```

```
ans =
```

```
-1 -4 -9
-8  5 -30
-7  8  9
```

```
>> A./sin(B)
```

```
ans =
```

```
-1.1884 -2.1995 -21.2585
 2.6427 -1.0428 17.8945
-1.5221  1.0108  2.4265
```

Операции с матрицами в задачах линейной алгебры

К простейшим операциям с матрицами в задачах линейной алгебры относятся:

- ✿ арифметические операции;
- ✿ транспонирование и эрмитово сопряжение;
- ✿ обращение;
- ✿ матричное деление.

Арифметические операции с матрицами

К арифметическим операциям с матрицами относятся:

- ✿ сложение и вычитание матриц одинакового размера.

Суммой (разностью) матриц **A** и **B** размером $m \times n$ называется матрица **C** того же размера с элементами, равными сумме (разности) соответствующих элементов матриц **A** и **B**. Для операций сложения и вычитания матриц справедливы обычные законы арифметики:

$$\mathbf{A} + \mathbf{B} = \mathbf{B} + \mathbf{A};$$

$$\mathbf{A} - \mathbf{B} = -\mathbf{B} + \mathbf{A}.$$

Пример сложения матриц:

```
>> A = [1 2 3; 2 -1 5; 1 -1 -1]; B = [-1 -2 -3; -4 -5 -6; -7 -8 -9];
```

```
>> C = A+B
```

```
C =
```

```
0 0 0
-2 -6 -1
-6 -9 -10
```

✿ умножение матрицы на скаляр (число), эквивалентное операции поэлементного умножения на скаляр;

- ✿ умножение матрицы на матрицу.

Операция умножения возможна только в том случае, если число столбцов матрицы **A** равно числу строк матрицы **B**.

Произведением матрицы **A** размером $m \times n$ на матрицу **B** размером $n \times p$ называется матрица **C** размером $m \times p$, элемент i -й строки и k -го столбца которой равен сумме произведений соответственных элементов i -й строки матрицы **A** и k -го столбца матрицы **B**:

$$c_{ik} = \sum_{j=1}^n a_{ij} b_{jk}; i = 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, p.$$

В общем случае умножение матриц не коммутативно:

$$\mathbf{AB} \neq \mathbf{BA}.$$

Пример умножения матриц:

```
>> D = [1 2 5 7; 3 8 0 3]
```

```
D =
```

```
1 2 5 7
3 8 0 3
```

```
>> size(D)
```

```
ans =
```

2 4

```
>> F = [1 2 0;3 8 5;0 3 4;9 7 1]
```

```
F =
```

```
1 2 0
```

```
3 8 5
```

```
0 3 4
```

```
9 7 1 >> size(F)
```

```
ans =
```

```
4 3
```

```
>> D*F
```

```
ans =
```

```
70 82 37
```

```
54 91 43
```

⊗ возведение квадратной матрицы в целую степень q , эквивалентное умножению матрицы самой на себя q раз:

```
>> A = [1 2;4 5]
```

```
A =
```

```
1 2
```

```
4 5
```

```
>> B = A^3
```

```
B =
```

```
57 78
```

```
156 213
```

Транспонирование и эрмитово сопряжение матриц

Транспонирование матрицы — это операция замены каждой строки столбцом с тем же номером.

Эрмитово сопряжение матрицы — это операция транспонирования матрицы с одновременной заменой ее элементов на комплексно сопряженные.

Операции транспонирования и эрмитова сопряжения выполняются с помощью *одного и того же символа* `'` (апостроф). Результат зависит от исходной матрицы — является она вещественной или комплексной. В первом случае получим транспонированную, а во втором — эрмитово сопряженную матрицу:

```
>> A = [1 2 3;4 5 6;7 8 9]
```

```
A =
```

```
1 2 3
```

```
4 5 6
```

```
7 8 9
```

```
>> A'
```

```
ans =
```

```
1 4 7
```

```
2 5 8
```

```
3 6 9
>> C = [3+2i 4-5i;7-5i 1+i;2+2i 1-8i]
```

```
C =
3.0000 + 2.0000i 4.0000 — 5.0000i
7.0000 — 5.0000i 1.0000 + 1.0000i
2.0000 + 2.0000i 1.0000 — 8.0000i
>> C'
```

```
ans =
3.0000 — 2.0000i 7.0000 + 5.0000i 2.0000 — 2.0000i
4.0000 + 5.0000i 1.0000 — 1.0000i 1.0000 + 8.0000i
```

Транспонирование комплексной матрицы выполняется с помощью символа поэлементного транспонирования:

```
>> C.'
ans =
3.0000 + 2.0000i 7.0000 — 5.0000i 2.0000 + 2.0000i
4.0000 — 5.0000i 1.0000 + 1.0000i 1.0000 — 8.0000i
```

Матрицу с комплексно сопряженными элементами можно получить путем транспонирования эрмитово сопряженной матрицы или с помощью функции `conj`

```
(см. табл. 1.4):
>> (C').'
ans =
3.0000 — 2.0000i 4.0000 + 5.0000i
7.0000 + 5.0000i 1.0000 — 1.0000i
2.0000 — 2.0000i 1.0000 + 8.0000i
>> conj(C)
```

```
ans =
3.0000 — 2.0000i 4.0000 + 5.0000i
7.0000 + 5.0000i 1.0000 — 1.0000i
2.0000 — 2.0000i 1.0000 + 8.0000i
```

2.1.4.3. Обращение матриц

Матрица **B** называется обратной к матрице **A**, если произведение этих матриц дает единичную матрицу **I**:

$$\mathbf{AB} = \mathbf{BA} = \mathbf{I}$$

Матрица, обратная к матрице **A**, обозначается как $\mathbf{A}^{-1}$.

Операция обращения возможна только для квадратных матриц с определителем (детерминантом), не равным нулю.

Определитель матрицы вычисляется с помощью функции: `det(A)`

а обратная матрица — с помощью функции:

```
inv(A)
```

Например:

```
>> A = [1 2;4 5]
```

```

A =
    1    2
    4    5
>> det(A)
ans =
    -3
>> inv(A)
ans =
   -1.6667    0.6667
    1.3333   -0.3333

```

2.1.4.4. Матричное деление

В списке символов арифметических операций содержатся два символа матричного деления с *квадратными* матрицами A и B порядка n (см. табл. 1.6):

⌘левое матричное деление — $A \setminus B$, эквивалентное алгебраической операции $A^{-1} B$, т. е. $\text{inv}(A)*B$;

⌘правое матричное деление — A/B , эквивалентное алгебраической операции

AB^{-1} , т. е. $A*\text{inv}(B)$.

Символ левого матричного деления "\" используют при решении систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ):

$$Ax = b, \quad (2.1)$$

где A — матрица коэффициентов при неизвестных; b, x — векторы-столбцы свободных членов и неизвестных соответственно.

Умножив обе части (2.1) на A^{-1} слева, получим решение системы в виде:

$$X = A^{-1}b \quad (2.2)$$

что в MATLAB соответствует выполнению операций $\text{inv}(A)*B$, т. е. левому матричному делению:

```
>> X=A\B
```

Пример решения системы уравнений (2.1):

$$\begin{cases} x_1 + 5x_2 = 4 \\ -x_1 + 7x_2 = 8. \end{cases}$$

```

>> A = [1 5;-1 7], B = [4 8]
A      =
    1    5
   -1    7
B      =
    4    8
>> X = A\B'
X =
   -1

```

1

Проверим правильность решения по (2.1) — получим вектор-столбец В:

```
>> A*X ans =
```

4

8

Деление В/А будет ошибочным, т. к. эта операция соответствует $\mathbf{B}\mathbf{A}^{-1}$ ($\mathbf{B} \cdot \text{inv}(\mathbf{A})$), а умножение матриц в общем случае не коммутативно: $\mathbf{A}^{-1}\mathbf{B} \neq \mathbf{B}\mathbf{A}^{-1}$ (см. разд. 2.1.4.1):

```
>> B/A
```

```
ans =
```

```
3.0000 -1.0000
```

Норма матрицы и вектора

Норма матрицы (вектора) — это скаляр, с помощью которого оцениваются значения элементов матрицы (вектора).

Среди норм матрицы **A** и вектора **X** выделим следующие основные:

✿ норма, $\|A\|_1$ определяется как максимальная сумма модулей элементов в столбце:

$$\|A\|_1 = \max_j \sum_{i=1}^n |a_{ij}| \quad (2.3)$$

Аналогичная норма для вектора равна сумме модулей элементов вектора:
 $\|x\|_1 = \sum_{i=1}^m |x_i|$ (2.4)

✿ норма $\|A\|_\infty$ определяется как максимальная сумма модулей элементов в строке:

$$\|A\|_\infty = \max_i \sum_{j=1}^m |a_{ij}| \quad (2.5)$$

Аналогичная норма для вектора равна максимальному элементу вектора:

$$\|x\|_\infty = \max_i |x_i| \quad (2.6)$$

✿ норма $\|A\|_2$ (евклидова норма) определяется как корень квадратной из суммы квадратов модулей всех элементов матрицы:

$$\|A\|_2 = \sqrt{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n |a_{ij}|^2} \quad (2.7)$$

Аналогичная норма для вектора:

$$\|x\|_2 = \sqrt{\sum_{i=1}^m |x_i|^2} \quad (2.8)$$

Норма матрицы и вектора вычисляется с помощью функции:

norm(A,p)

где p — параметр, указывающий норму и принимающий значения: 1 — для $\|A\|_1$

2 — для $\|A\|_2$ (по умолчанию); inf — для $\|A\|_\infty$

```
>> A = [1 2;4 5]
```

```
A =
```

```
1 2
```

```
4 5
```

```
>> NORMS = [norm(A,1) norm(A) norm(A,inf)]
```

```
NORMS =
```

```
7.0000 6.7678 9.0000
```

2.1.6. Операции с матрицами в задачах математической статистики

Для решения задач математической статистики предусмотрен набор встроенных функций, список которых может быть выведен по команде:

help datafun

Основные из них приведены в табл. 2.2.

Таблица 2.2. Функции математической статистики

Функ ция	Назначение
max(A)	Максимальные элементы столбца
min(A)	Минимальные элементы столбца
sort(A)	Сортировка элементов столбца по возрастанию
sum(A)	Сумма элементов столбца
prod(A)	Произведение элементов столбца
mean(A)	Математическое ожидание (среднее значение) элементов столбца
std(A)	Среднеквадратическое (стандартное) отклонение (СКО), вычисляемое по формуле: $\text{СКО} = \sqrt{\frac{(a_{1j} - \bar{a}_j)^2 + (a_{2j} - \bar{a}_j)^2 + \dots + (a_{mj} - \bar{a}_j)^2}{(m - 1)}}$ где: a_{ij}, $i=1, 2, \dots, m$; $j=1, 2, \dots, n$ – элемент матрицы A; $\bar{a}_j$, $j=1, 2, \dots, n$ – математическое ожидание (среднее значение) элементов j-го столбца; m – количество строк, n – количество столбцов

std(A,1)	Среднеквадратическое (стандартное) отклонение (СКО), вычисляемое по формуле: $\text{СКО} = \sqrt{\frac{(a_{1j} - \bar{a}_j)^2 + (a_{2j} - \bar{a}_j)^2 + \dots + (a_{mj} - \bar{a}_j)^2}{m}}$
var(A)	Дисперсия элементов столбца, вычисляемая по формуле: $\sigma_j^2 = \frac{(a_{1j} - \bar{a}_j)^2 + (a_{2j} - \bar{a}_j)^2 + \dots + (a_{mj} - \bar{a}_j)^2}{(m - 1)}$
var(A,1)	Дисперсия элементов столбца, вычисляемая по формуле: $\sigma_j^2 = \frac{(a_{1j} - \bar{a}_j)^2 + (a_{2j} - \bar{a}_j)^2 + \dots + (a_{mj} - \bar{a}_j)^2}{m}$

2.2. Содержание лабораторной работы

Содержание работы связано с изучением типовых операций с матрицами в MATLAB в режиме прямых вычислений.

2.3. Задание на лабораторную работу

Задание на лабораторную работу включает в себя следующие пункты:

1. Определение длины вектора и размера матрицы.

Ввести:

- произвольную матрицу A;
- пустую матрицу Z;
- вектор В в виде регулярной сетки с начальным элементом $-\pi$, конечным π и шагом $\pi/32$.

Определить размеры матриц и длину вектора.

Пояснить:

- что такое длина вектора и размер матрицы и как они определяются в MATLAB;
- с какой целью и как вводится пустая матрица и каков ее размер;
- как вводится регулярная сетка; в каком случае допускается не указывать шаг изменения значения переменной.

2. Генерирование типовых матриц.

Сгенерировать следующие квадратные матрицы 3-го порядка:

- нулевую матрицу C;
- матрицу единиц D;
- единичную матрицу D1;
- матрицу Теплица Т с произвольными вещественными элементами первого столбца;
- матрицу E случайных чисел, распределенных по равномерному закону;

- матрицу F случайных чисел, распределенных по нормальному закону.

Пояснить:

- как выполняется генерация указанных матриц в MATLAB;
- что собой представляют матрицы: нулевая, единиц, единичная и

Теплица.

3. Выделение элементов матрицы.

В матрице F (см. п. 2) выделить:

- второй элемент третьей строки;
- вектор диагональных элементов;
- первую строку;
- третий столбец;
- подматрицу с номерами строк 2:3 и номерами столбцов 1:3.

Пояснить, как происходит выделение подматриц.

4. Преобразование матриц.

Произвести с матрицей F (см. п. 2) следующие преобразования:

- выполнить горизонтальную конкатенацию матрицы F с матрицей C (см. п. 2);
- выполнить вертикальную конкатенацию матрицы F с матрицей D (см. п. 2);
- сформировать квадратную матрицу G 6-го порядка посредством копирования матрицы F .

Пояснить, как выполняются указанные преобразования.

5. Поэлементные операции с матрицами.

Для всех элементов матрицы F (см. п. 2) выполнить операцию возведения в квадрат и умножения на 2.

Пояснить, какие символы арифметических операций использованы.

6. Сложение и вычитание матриц.

Ввести квадратные матрицы A и B 3-го порядка с произвольными вещественными элементами.

Выполнить операции сложения и вычитания матриц A и B и присвоить результаты переменным $C1$ и $C2$.

Пояснить:

- что собой представляют переменные $C1$ и $C2$;
- является ли операция сложения (вычитания) матриц

коммутативной.

7. Умножение матриц.

Ввести матрицы A и B с произвольными вещественными элементами. Размеры матриц выбрать так, чтобы для этих матриц была возможна операция умножения.

Выполнить умножение матрицы A на матрицу B и присвоить результат переменной C .

Пояснить:

- как должны быть согласованы размеры матриц A и B, чтобы для них была возможна операция умножения;
- что собой представляет переменная C;
- является ли операция умножения матриц коммутативной.

8. Транспонирование и эрмитово сопряжение матриц.

Выполнить следующие операции:

- транспонировать матрицу F (см. п. 2);
- сформировать квадратную матрицу P 3-го порядка с произвольными комплексными элементами;
- транспонировать матрицу P;
- сформировать матрицу R, эрмитово сопряженную с матрицей P;
- сформировать матрицу R1 с комплексно сопряженными элементами относительно матрицы P.

Пояснить, как указанные операции выполняются в MATLAB.

9. Обращение матриц.

Выполнить следующие операции:

- вычислить определитель матрицы F (см. п. 2);
- сформировать матрицу F1, обратную к матрице F;
- найти произведение матриц F и F1 и присвоить результат переменной F2.

Пояснить:

- для какой матрицы возможна операция обращения;
- какая функция служит для вычисления определителя матрицы;
- что собой представляет переменная F2 и с какой целью она вычислена.

10. Решить СЛАУ

$$\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 3x_3 = 14; \\ 2x_1 - x_2 - 5x_3 = -15; \\ x_1 - x_2 - x_3 = -4 \end{cases}$$

11. и проверить правильность решения.

Пояснить, какая операция матричного деления используется и почему.

12. Вычисление норм матрицы и вектора.

Для матрицы F (см. п. 2) вычислить нормы (2.3), (2.5) и (2.7).

Для вектора $X = \text{rand}(1,100)$ вычислить нормы (2.4), (2.6) и (2.8).

Пояснить смысл указанных норм и способ их вычисления в MATLAB.

13. Операции с матрицами в задачах математической статистики.

Для матрицы F (см. п. 2) вычислить:

- максимальные и минимальные элементы столбцов;
- сумму и произведение элементов столбцов;
- средние значения элементов столбцов;
- СКО элементов столбцов с помощью функции `std(F,1)`;
- дисперсию элементов столбцов с помощью функции `var(F,1)`.

Пояснить:

- какие функции MATLAB использованы в каждом из этих случаев (кроме std и var);
- как проверить правильность результатов согласно определению среднего значения, СКО и дисперсии.

2.4. Задание на самостоятельную работу

Самостоятельное задание рекомендуется для закрепления полученных знаний и включает в себя следующие пункты:

1С. Операции с матрицами.

Привести пример арифметического выражения, в котором все переменные и результат вычисления — матрицы.

Вычислить статистические характеристики и нормы результирующей матрицы.

2С. Обращение, транспонирование и эрмитово сопряжение матрицы.

Выполнить для матрицы Теплица 5-го порядка.

3С. Решение СЛАУ:

$$\begin{cases} 5x_1 + 2x_2 - 7x_3 - 0,5x_4 + 9 = 0; \\ x_1 - 0,3x_2 + 9x_3 + 5 = 0; \\ 6x_1 + x_2 - 8x_3 - 19 = 0; \\ 3x_2 + 4x_3 - 2x_4 = 0; \end{cases}$$

с проверкой правильности решения.

2.5. Отчет и контрольные вопросы

Отчет составляется в редакторе MS Word и содержит результаты выполнения каждого пункта задания, копируемые из окна Command Window (шрифт Courier New), и ответы на поставленные вопросы (шрифт Times New Roman).

Защита лабораторной работы проводится на основании представленного отчета и контрольных вопросов из следующего списка:

1. Дайте определение матрицы.
2. Что такое размер и порядок матрицы?
3. Как вектор и скаляр воспринимаются в MATLAB?
4. Чем определяется тип матрицы?
5. Как вводятся матрица, вектор и скаляр?
6. Чему равна нижняя граница индексов матрицы в MATLAB?
7. Как обратиться к элементу матрицы и вектора?
8. Что такое пустая матрица? С какой целью она вводится и каков ее размер?
9. Что такое регулярная сетка и как она вводится в MATLAB?
10. Как определить размер матрицы и длину вектора в MATLAB?
11. Как в MATLAB сформировать следующие матрицы: нулевую; единиц; единичную; случайных чисел, распределенных по равномерному и нормальному законам?
12. Как из матрицы выделить вектор-строку и вектор-столбец?

13. Как из матрицы выделить подматрицу с произвольными граничными индексами? С произвольными начальными индексами?
14. Как матрицу растянуть в вектор-столбец?
15. Как выполнить копирование матрицы?
16. Какие символы используются для поэлементных арифметических операций с матрицами?
17. Что такое транспонирование матрицы и как оно выполняется в MATLAB?
18. Что такое эрмитово сопряжение матрицы и как оно выполняется в MATLAB?
19. Дайте определение обратной матрицы и поясните, как она вычисляется в MATLAB.
20. Как в MATLAB вычислить определитель матрицы?
21. Для каких матриц допустима операция матричного умножения и какой символ операции используется?
22. Какие символы матричного деления используются в MATLAB и чем они отличаются? Какой из них используется при решении СЛАУ?
23. Как в MATLAB вычисляются различные нормы матрицы и вектора?
24. Как в MATLAB вычисляются среднее значение, дисперсия и СКО матрицы?

Использованные источники:

1. Цифровая обработка сигналов и MATLAB: учеб. пособие / А. И. Солонина, Д. М. Клионский, Т. В. Меркучева, С. Н. Перов. — СПб.: БХВ-Петербург, 2013. — 512 с.
2. Воробьев С.Н. Цифровая обработка сигналов : учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / С.Н. Воробьев. - М. : Академия, 2013. - 320 с.
3. Голубинский А.Н. Теория цифровой обработки сигналов : учеб, пособие / А.Н. Голубинский, С.В. Ролдугин, И.В. Лазарев. - Воронеж : Воронежский институт МВД России, 2009. - 132 с.

ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ № 1 (часть 1) по дисциплине «Цифровая обработка сигналов» для студентов специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы» очной формы обучения

Составитель:
д. ф.-м.н. Кузьменко Р.В.

Компьютерный набор Р.В. Кузьменко

Подписано к изданию _____
Уч-изд. л. _____

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
технический университет»
394026 Воронеж, Московский просп., 14