Preliminares matemáticos

Facultad de Ciencias de la Electrónica

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla



Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica

Dr. Fernando Reyes Cortés

Robótica

ftp://ece.buap.mx/pub/profesor/FernandoReyes/Robotica/

Primavera 2020

MATLAB Vectores Programación simbólica

ción simbólica Producto interno vectorial

vectorial Matrices

Preliminares Matemáticos

Contenido

- 1 Matlab
 - Ambiente de programación
- 2 Vectores
- Programación simbólica
- Producto interno vectorial
- Matrices





RUAP







ATLAB

Vectores

MATLAB

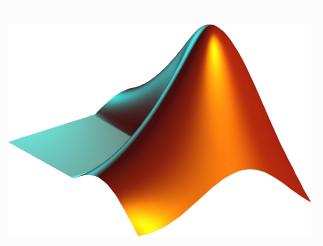


Figura 1: MATLAB.

Lenguaje de programación para matrices.

MATLAB significa *matrix laboratory* (laboratorio matricial)

- Código fuente.
- toolbox.
 - Control (lineal, no lineal, adaptable, óptimo, digital), procesamiento de imágenes, instrumentación, visión, cinemática, dinámica, etc.
- Simulink.
- Simulación de sistemas dinámicos.
- Robótica y mecatrónica.
- Control de robots manipuladores.
- Control digital.
- Procesamiento de señales.
- Filtrado y estimación.
- Análisis de resultados experimentales.







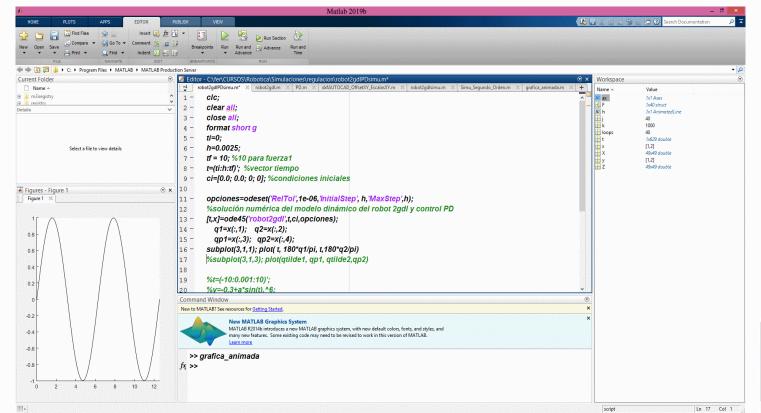


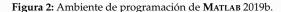




MATLAB

00000













ftp://ece.buap.mx/pub/profesor/FernandoReyes/Robotica/

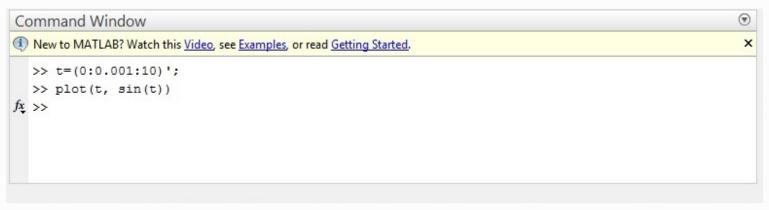


Figura 3: Ventana de comandos de MATLAB.

$$fx >> i=3 \leftrightarrow i=$$

$$fx>>$$
 6+5 \leftrightarrow ans=

3

11











3

$$fx>>$$
 a=1; \leftarrow $fx>>$ b=2; \leftarrow a+b=

$$fx>>$$
 a&b \hookleftarrow ans=







• Sugerencias útiles, cuando se trabaja directamente en la ventana de comandos de MATLAB.

Cálculos, operaciones, comentarios, instrucciones de programación realizados en MATLAB (sobre la ventana de comandos) pueden ser registrados (grabados) en un archivo tipo ASCII por medio de la función diary.



diary

Por ejemplo, escribir el siguiente código en la ventana de comandos:

```
fx>> diary \leftarrow

fx>> clc \leftarrow

fx>> clear all \leftarrow

fx>> close all \leftarrow

fx>> format short \leftarrow

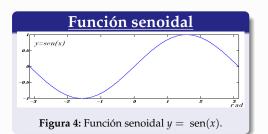
fx>> x=-pi:pi/100:pi; \leftarrow

fx>> y=sin(x); \leftarrow

fx>> plot(x,y) \leftarrow

fx>> diary off \leftarrow
```

Las instrucciones y cálculos comprendidos entre diary y diary off se graban en un archivo de texto denominado diary, el cual se encuentra en el directorio del usuario o en el directorio de trabajo de MATLAB (esto depende cómo el usuario definió dichas trayectorias).













Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica

• La función diary off cierra el registro de instrucciones y cálculos realizados en la ventana de comandos de MATLAB.

El usuario define la trayectoria del directorio de trabajo donde quedará almacenado el archivo **diary**, por ejemplo:

c://simulaciones/

Para visualizar el archivo diary (almacenado en el directorio del usuario), se puede abrir con el editor de texto de MATLAB o también directamente en la ventana de comandos de la siguiente forma:

```
fx >> type c://simulaciones/diary
       clc
       clear all
       close all
       format short
       x = -pi:pi/100:pi;
       y=\sin(x);
       plot(x,y)
       diary off
```

La función **diary** también acepta la siguiente sintaxis:



diary on







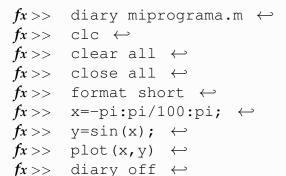


• Es posible registrar la información en un archivo definido por el usuario utilizando la siguiente sintaxis.



diary archivo

donde archivo es del tipo texto y cuyo nombre lo proporciona el usuario; inclusive puede definir la clase de extensión, por ejemplo: miprograma.dat, miprograma.txt, miprograma.m; considere el siguiente código en la ventana de comandos:



Mediante este procedimiento, la información grabada en el archivo miprograma.m se convierte en un script que se puede editar y ejecutar en MATLAB.

A través del editor de texto de MATLAB, es posible cargar el archivo **miprograma.m** al ambiente de programación.

miprograma.m

1- clc

2- clear all

3- close all

4- format short

5- x=-pi:pi/100:pi;

 $6- y=\sin(x)$;

7- plot(x,y)

8- diary off



Robótica FCE





Vectores

En general un espacio vectorial sobre un campo F consta de un conjunto V en el que está definida una operación de suma (la cual satisface las propiedades de un grupo abeliano conmutativo), junto con una operación de multiplicación definida entre elementos de V y elementos de F tal que esta operación asocia escalares y vectores, posee los elementos identidad y neutro.

Notación

La notación o representación de un vector no es única, hay varias representaciones entre las más usadas se encuentran las siguientes:

- \bullet $x, y, z, \alpha, \beta, \omega \in \mathbb{R}^n$
- \bullet $x, y, z, \alpha, \beta, \omega \in \mathbb{R}^{n \times 1}$

•
$$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 & x_2 & \cdots & x_n \end{bmatrix}^T$$
; con $x_i \in \mathbb{R}$ para $i = 1 \cdots n$.

- Si $x, y, z \in \mathbb{R}^n$
- \bullet $x + y = y + x \in \mathbb{R}^n$
- $x + (y + z) = y + (x + z) = z + (y + x) \in \mathbb{R}^n$









ftp://ece.buap.mx/pub/profesor/FernandoReyes/Robotica/

Código MATLAB 1: ejemplo1

Robótica, Período de primavera (9 de enero de 2020). Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica. Dr. Fernando Reyes Cortés. Facultad de Ciencias de la Electrónica, BUAP.

ejemplo1 .m

MATLAB 2019a

- 1 % Es recomendable iniciar un programa en MATLAB con las siguientes instrucciones
- 2 clc; % limpia pantalla
- 3 clear all; % limpia memoria asignada a variables
- 4 close all; % cierra gráficas o archivos previamente abiertos
- 5 format short %formato corto que despliega cuatro fracciones después del punto decimal
- 6 % Vectores
- 7 %declaración de vectores
- $\mathbf{x} = [1; 2; 3]; \% \ \mathbf{x} \in \mathbb{R}^3$
- 9 y=[4; 5; 6]; % $y \in \mathbb{R}^3$
- 10 a=3; % declaración de un escalar: $a \in \mathbb{R}$
- 11 x+y % la suma de vectores produce un vector $x, y \in \mathbb{R}^n$; $x + y = y + x \in \mathbb{R}^n$
- 12 % multiplicación de un escalar entre vectores: $a(x + y) = ax + ay \in \mathbb{R}^n$
- 13 $a^*(x+y) \stackrel{\sim}{\%} a(x+y) \in \mathbb{R}^n$



Robótica FCE

UAP





Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica

Programación con variables simbólicas.

Verifique en la ventana de comandos de MATLABel siguiente código para variables simbólicas.



Código MATLAB 2: ejemplo2

Robótica, Período de primavera (9 de enero de 2020). Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica.

Dr. Fernando Reyes Cortés. Facultad de Ciencias de la Electrónica, BUAP.

ejemplo2.m

MATLAB 2019a

- 1 clc:
- 2 clear all;
- 3 close all;
- 4 format short
- 5 %variables simbólicas
- 6 syms a x1 x2 x3 y1 y2 y3 real
- x=[x1; x2; x3];
- y=[y1; y2; y3];
- 9 $a^*(x+y) \% a (x + y) \in \mathbb{R}^n$
- 10 % Debe tenerse cuidado con las operaciones de vectores
- 11 % El producto escalar o punto produce un escalar: $x^Ty = y^Tx \in \mathbb{R}$
- 12 % La siguiente operación produce una matriz: % $\mathbf{y}^T \mathbf{x} \in \mathbb{R}^{n \times n}$
- 13 $\mathbf{x}' \mathbf{y} \% \mathbf{x}^T \mathbf{y} = \mathbf{y}^T \mathbf{x} \in \mathbb{R}$
- 14 $\mathbf{x}^*\mathbf{y}'\% \mathbf{x}\mathbf{y}^T \in \mathbb{R}^{n \times n}$. Además, $\mathbf{x}\mathbf{y}^T \neq \mathbf{y}\mathbf{x}^T$







Vectores

• Si $\alpha \in \mathbb{R}$ y $\mathbf{x} \in \mathbb{R}^n$

•
$$\alpha \mathbf{x} = \alpha \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha x_1 \\ \alpha x_2 \\ \vdots \\ \alpha x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \alpha \\ x_2 \alpha \\ \vdots \\ x_n \alpha \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} \alpha = \mathbf{x} \alpha$$



La norma de un vector $x \in \mathbb{R}^n$ se le denomina norma euclidiana y es una función escalar representada por: $||x|| \in \mathbb{R}_+$.

•
$$||x|| = \sqrt{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n x_i^2} = \sqrt{x^T x}$$

$$\|x\| > 0 \Longleftrightarrow x \neq 0$$

$$\bullet ||x|| = 0 \Longleftrightarrow x = \mathbf{0} = \begin{bmatrix} 0_1 \\ 0_2 \\ \vdots \\ 0_n \end{bmatrix}.$$

- ||x|| = norm(x, 2)
- $||x|| = \operatorname{sqrt} (\operatorname{dot} (x, x))$





BUAP





Preliminares matemáticos

MATLAB Vectores Programación simbólica Producto interno vectorial Matrices Lecturas recomendadas

Vectores

La interpretación geométrica de la norma euclidiana ||x|| de un vector $x \in \mathbb{R}^n$ es la línea diagonal desde las coordenadas cartesianas (x_1, x_2, \dots, x_n) hasta el origen del sistema de referencia cartesiano (ver figura 5).

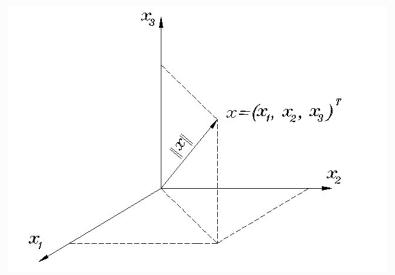


Figura 5: Interpretación geométrica de la norma euclidiana: $x \in \mathbb{R}^3$.



Preliminares matemáticos

Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica

Programación simbólica Producto interno vectorial Matrices Lecturas recomendadas

Producto interno vectorial

Considere los siguientes vectores $x, y \in \mathbb{R}^n$, el producto interno vectorial se define como:

$$\mathbf{x} \cdot \mathbf{y} = \mathbf{x}^T \mathbf{y} = x_1 y_1 + x_2 y_2 + \dots + x_n y_n$$

 $\mathbf{x} \cdot \mathbf{y} = \|\mathbf{x}\| \|\mathbf{y}\| \cos(\theta)$

donde θ es el ángulo definido entre los vectores x y y.

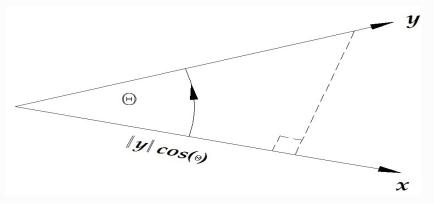


Figura 6: Interpretación geométrica del producto punto $x \cdot y$.

El producto interno entre vectores (dot product) $x \cdot y$, es una operación definida sobre dos vectores $x, y \in \mathbb{R}^n$ de un espacio euclidiano cuyo resultado es un número o escalar. Esta operación permite analizar las propiedades de proyección geométrica, ortogonalidad en dos y tres dimensiones.









15/30

Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica

Propiedades del producto interno:

$$\mathbf{x} \cdot \mathbf{y} = \mathbf{x}^T \mathbf{y} = x_1 y_1 + x_2 y_2 + \dots + x_n y_n$$

 $\mathbf{x} \cdot \mathbf{y} = \|\mathbf{x}\| \|\mathbf{y}\| \cos(\theta)$

- Conmutativa $x \cdot y = y \cdot x$.
- $||x|| = \sqrt{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2}, ||y|| = \sqrt{y_1^2 + y_2^2 + \dots + y_n^2}$



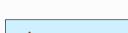








Programación simbólica Producto interno vectorial Matrices Lecturas recomendadas



for

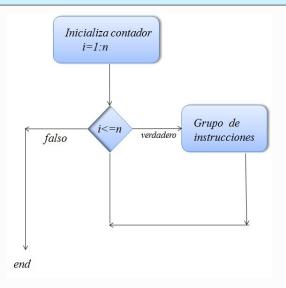


Figura 7: Instrucción for.



código ejemplo

Sintaxis de la instrucción for

```
for contador=1:n
   instrucción_1;
   . . . . . . . . . . . . . . . ;
   instrucción_n;
end
```









MATLAB 2019a

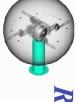
ejemplo3.m

Código MATLAB 3: ejemplo3

Robótica, Período de primavera (9 de enero de 2020). Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica. Dr. Fernando Reyes Cortés. Facultad de Ciencias de la Electrónica, BUAP.

```
1 clc;
2 clear all;
3 close all;
4 format short
5 w=[1;4;6];
6 normaw=norm(w);
7 norma_w= sqrt(w'*w);
8 norma_w1=sqrt(w(1,1)*w(1,1)+w(2,1)*w(2,1)+w(3,1)*w(3,1));
9 [n,m]=size(w);
10 norma_w2=0;
11 fork=1:n
```

 $norma_w2=norma_w2+w(k,1)*w(k,1);$ %vector columna w(k,1)*t(k,1)



Robótica FCE

ΙΙΔΡ







14 norma_w2=sqrt(norma_w2);

15 disp('Valor de la norma del vector w')

[normaw, norma_w norma_w1, norma_w2]

13 end

Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica

Una matriz es un arreglo rectangular de datos o números, tienen n renglones por p columnas; la notación matemática más común para representar a una matriz es: $A \in \mathbb{R}^{n \times p}$. Matrices con una sola columna o renglón significan vectores para MATLAB, por ejemplo $x \in \mathbb{R}^{n \times 1}$ o $y \in \mathbb{R}^{1 \times n}$, respectivamente. Especial significado representan los escalares cuya interpretación para propósitos de programación corresponde a una representación de matriz del tipo $\mathbb{R}^{1\times 1}$.

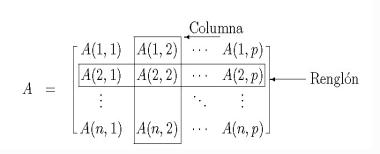


Figura 8: Componentes de una matriz A(i, j).

Los elementos del *i*-ésimo renglón o de la *j*-ésima columna de una matriz A son denotados como: A(i,j), la expresión A(3,4) representa un elemento de la matriz que se encuentra localizado en el tercer renglón y cuarta columna.









- Matriz cuadrada $A \in \mathbb{R}^{n \times n}$
- La matriz se inicializa por corchetes A = []
- Las entradas de una matriz puede ser de la siguiente forma: separando los elementos de un renglón por espacios en blanco o por comas: A = [2, 3, 4, 78.3, 45]
- Es posible emplear únicamente espacios en blanco: $A = [2\ 3\ 4\ 78.3\ 45]$
- Combinando comas y espacios en blanco es otra posibilidad de inicializar una matriz: A = [2, 3, 4, 78.3, 45]
- Usar el operador semicolon; para indicar el fin del renglón y generar otro más

$$A = [2, 3, 4; 568; 7, 89]$$

• De tomarse en cuenta que el operador ; además de emplearse en matrices tiene otra función cuando se inserta al finalizar una variable, constante o función desactiva la opción de desplegado.

Norma de una matriz

ftp://ece.buap.mx/pub/profesor/FernandoReyes/Robotica/

La norma de una matriz $A \in \mathbb{R}^{n \times n}$ se le denomina norma espectral y está representada por: $||A|| \in \mathbb{R}_+$.

$$||A|| = \sqrt{\lambda^{max} \{A^T A\}}$$













Considérese la siguiente matriz $A \in \mathbb{R}^{4\times 4}$

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 3 & 2 \\ 0 & 3 & 4 & 12 \\ 12 & 34 & 1 & 23 \\ 9 & 7 & 2 & 3 \end{bmatrix}$$

Se inicializa como: A=[1,3,3,2; 0, 3, 4,12; 12,34,1,23; 9,7,2,3].

En general $A(i,j) \neq A(j,i)$ o $A \neq A^T$. Si la matriz es simétrica, entonces se cumple A(i,j) = A(j,i) o $A = A^T$. En MATLAB el operador que representa la matriz transpuesta es '

Debe tenerse cuidado con el empleo del operador ', además de su uso en matrices también se emplea en cadenas

de caracteres.





BUAP



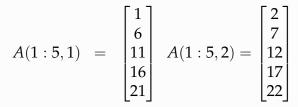




El operador colon : se puede emplear en matrices para referenciar a una porción de la matriz. Por ejemplo, sea una matriz $A \in \mathbb{R}^{5 \times 5}$

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 6 & 7 & 8 & 9 & 10 \\ 11 & 12 & 13 & 14 & 15 \\ 16 & 17 & 18 & 19 & 20 \\ 21 & 22 & 23 & 24 & 25 \end{bmatrix}$$

Las referencias A(1:5,1), A(1:5,2), A(1:5,3), A(1:5,4), A(1:5,5) representan los 5 renglones de las columnas $j=1\cdots 5$, respectivamente



$$A(1:5,3) = \begin{bmatrix} 3 \\ 8 \\ 13 \\ 18 \\ 23 \end{bmatrix} A(1:5,4) = \begin{bmatrix} 4 \\ 9 \\ 14 \\ 19 \\ 24 \end{bmatrix}$$











ロト 4周 > 4m > 4m > m りへへ

Para obtener las 5 columnas de cada renglón se representa por A(1, 1:5), A(2, 1:5), A(3, 1:5), A(4, 1:5), A(5, 1:5)



$$A(1,1:5) = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \end{bmatrix} A(2,1:5) = \begin{bmatrix} 6 & 7 & 8 & 9 & 10 \end{bmatrix}$$

$$A(3,1:5) = \begin{bmatrix} 11 & 12 & 13 & 14 & 15 \end{bmatrix} A(4,1:5) = \begin{bmatrix} 16 & 17 & 18 & 19 & 20 \end{bmatrix}$$

$$A(5,1:5) = \begin{bmatrix} 21 & 22 & 23 & 24 & 25 \end{bmatrix}$$







Dr. Fernando Reyes Cortés Período: Primavera (9 de enero de 2020) Benemérita Universidad Autónoma de Puebla Facultad de Ciencias de la Electrónica ftp://ece.buap.mx/pub/profesor/FernandoReyes/Robotica/

TLAB Vectores P1

Programación simbólica Producto interno vectorial

Matrices

Programa en variables simbólicas **MATLAB** para obtener la norma espectral y determinante de una matriz $A \in \mathbb{R}^{2\times 2}$:

Código MATLAB 4: ejemplo4.m

Robótica, Período de primavera (9 de enero de 2020). Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica.

Dr. Fernando Reyes Cortés. Facultad de Ciencias de la Electrónica, BUAP.

```
MATLAB 2019a
   ejemplo4.m.m
1 clc;
 2 clear all:
3 close all:
 4 format short
 5 syms a11 a12 a21 a22;
 6 A=[23;4,5];
 7 A1=[a11 a12; a21, a22];
8 norm(A)
9 vp = sqrt(eig(A'*A))
10 if abs(vp(1,1)>abs(vp(2,1)))
      vpmax=vp(1,1);
11
      else vpmax=vp(2,1);
13 end
14 disp('norma espectral de una matriz A')
15 [norm(A) vpmax]
16 A1
17 det(A1)
18 inv(A1)
```











Robótica

Preliminares matemáticos

Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica

AB Vectores

Programación simbólica

Matrices

Existen varias formas para generar matrices básicas en MATLAB, se pueden generar con funciones específicas, con funciones definidas por el usuario, o con el uso del operador colon :

A continuación se enlistan varias opciones para generar matrices básicas en MATLAB:

- Introduciendo una lista de elementos explícitos: A = [2, 3, 67; 5.3, 3.3, 2.4; 2, 9, 1]
- Cargando matrices de archivos de datos experimentales o externos en formato de columnas: matriz=load('datos.dat')
- Generando matrices usando funciones que retornan matrices: matriz=mi_matriz (n, m)
- Usando funciones de MATLAB por ejemplo: A=zeros (3, 3).













Matrices MATLAB Programación simbólica Producto interno vectorial Lecturas recomendadas

Matrices

La siguiente tabla muestra las opciones más comunes (funciones especiales y por asignación de datos) que permiten generar matrices básicas.

Tabla 1: Funciones especiales para generar matrices básicas

Nombre de la función	Descripción y características
zeros(n,m)	Genera una matriz $\mathbb{R}^{n \times m}$ donde todos sus elementos son cero.
ones(n,m)	Genera una matriz $\mathbb{R}^{n \times m}$ donde todos los elementos tienen el valor 1.
rand(n,m)	Genera una matriz $\mathbb{R}^{n \times m}$ donde las entradas son elementos aleatorios distribuidos de manera uniforme.
randn(n,m)	Genera una matriz $\mathbb{R}^{n \times m}$ donde las entradas son elementos aleatorios distribuidos normalmente.
magic(n)	Retorna una matriz cuadrada $\mathbb{R}^{n\times n}$ donde las entradas son números enteros desde 1 hasta n^2 . El número n debe ser mayor o igual a 3.
eye(n,m)	Genera una matriz rectangular $\mathbb{R}^{n\times m}$ donde los elementos con índices (i,j) tal que $i=j$ tienen el valor de 1, y para entradas $i\neq j$ tienen valor de 0. Si $n=m$, entonces la matriz es cuadrada y diagonal.
A(1:n, 1:m) = α	Genera una matriz rectangular $\mathbb{R}^{n\times m}$ donde todos los elementos de la matriz A adquieren el valor del escalar α . Cuando $n=m$, entonces retorna una matriz cuadrada.
A=load	Genera una matriz rectangular desde un archivo ASCII o de texto load ('nombre_archivo.tex'); el archivo puede tener datos experimentales y asignarlos a una matriz para su procesamiento o análisis.



Dada una matriz $A \in \mathbb{R}^{n \times n}$:

$$A_s = rac{A + A^T}{2}$$
 Matriz simétrica $A_{sk} = rac{A - A^T}{2}$ Matriz antisimétrica

Si $x \in \mathbb{R}^n$:

$$V(\mathbf{x}) = \mathbf{x}^T A \mathbf{x} = \mathbf{x}^T \left[A_s + A_{sk} \right] \mathbf{x} = \mathbf{x}^T A_s \mathbf{x} + \mathbf{x}^T A_{sk} \mathbf{x} = \mathbf{x}^T A_s \mathbf{x}$$
$$\mathbf{x}^T A_{sk} \mathbf{x} = 0$$

Función de energía cuadrática: $V(x) = x^T A_s x$.

$$V(x_1, x_2) = a_{11}x_1^2 + a_{22}x_2^2 + (a_{12} + a_{21})x_1x_2$$

$$= \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} a_{11} & \frac{a_{12} + a_{21}}{2} \\ \frac{a_{12} + a_{21}}{2} & a_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$$

$$V(x_1, x_2) = 8x_1^2 + 67x_1x_2 + 33x_2^2 = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} 8 & \frac{67}{2} \\ \frac{67}{2} & 33 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$$





BUAP





Verifique en la ventana de comandos de MATLABel siguiente código con variables simbólicas para matrices.



Código MATLAB 5: ejemplo5

Robótica, Período de primavera (9 de enero de 2020). Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica.

Dr. Fernando Reyes Cortés. Facultad de Ciencias de la Electrónica, BUAP.

ejemplo5.m

MATLAB 2019a

Producto interno vectorial

- 1 clc;
- 2 clear all;
- з close all;
- 4 format short
- 5 %variables simbólicas
- 6 syms x1 x2 x3 a11 a12 a21 a22 real
- 7 A=[a11 a12; a21 a22];
- x=[x1; x2];
- 9 simple(collect(x'*A*x))
- 10 As=(1/2)*(A+A');
- 11 Ask=(1/2)*(A-A');
- 12 [simplify(collect(x'*A*x)), simplify(collect(x'*As*x)), simplify(collect(x'*As*x))]





ΙΙΔΡ







MATLAB

Código MATLAB 6: ejemplo6

Robótica, Período de primavera (9 de enero de 2020). Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica. Dr. Fernando Reyes Cortés. Facultad de Ciencias de la Electrónica, BUAP.

ejemplo6 .m

MATLAB 2019a

- 1 clc;
- 2 clear all;
- з close all;
- 4 format short
- 5 A=[2 3; 4, 5];
- 6 x=[1; 2];
- 7 x'*A*x;
- 8 As=(1/2)*(A+A');
- 9 Ask=(1/2)*(A-A');
- 10 [x'*A*x x'*As*x x'*Ask*x]





SUAP







MATLAB Programación simbólica Matrices Lecturas recomendadas

Lecturas recomendadas













