۱- مقدمه

۱-۱ MATLAB چیست؟

نرم افزار MATLAB برنامه کامپیوتری است که برای کسانی که با محاسبات عددی، و بویــژه جـبر خطی سر و کار دارند، تهیه شده است. نام این نرم افزار از عبارت انگلیسی MATrix LABoratory اقتباس شده و هدف اولیه آن قادر ساختن مهندسین و دانشمندان به حــل مسـائل شـامل عملیـات ماتریسی بدون نیاز به نوشتن برنامه در زبانهای برنامه نویســی متـداول همچـون C و FORTRAN بود. با گذشت زمان قابلیتهای بسیار بیشتری به این نرم افزار افزوده شده اند بطــوری کـه در حـال حاضر MATLAB به ابزار پر قدرتی برای ترسیم داده ها، برنامه نویسی و انجام محاسبات مهندسـی و پژوهشی تبدیل شده است.

در طول این جزوه علامت « علامتی است که در محیــط کـار موجـود اسـت و نشـان دهنـده محـل نوشتن دستورات می باشد. شما نیازی ندارید که آن را بنویسید.

۱-۲ استفاده از help

در صورتی که بخواهید در مورد دستور و یا تابع خاصی اطلاعاتی بـه دسـت بیـاورید مـی توانیـد در پنجره MATLAB کلمه help و پس از آن نام دستور یا تابع مورد نظر را نوشته و کلید بازگشــت را فشار دهید:

```
» help magic

MAGIC  Magic square.
   MAGIC(N) is an N-by-N matrix constructed from the integers
   1 through N^2 with equal row, column, and diagonal sums.
   Produces valid magic squares for N = 1,3,4,5,...
```

روش دیگر استفاده از help بکار بردن دستور helpwin است. این دستور پنجره کمک MATLAB را باز می کند و اجازه می دهد تا توضیحــات مـورد نیـاز را در پنجـره جـداگانـه ای بدسـت آوریـد. توضیحات داده شده در این پنجره همانهایی هستند که دستور help ارائه می نماید.

لازم به توضیح است که نام دستورات و توابع در help با حروف بزرگ آورده مــی شـوند در حالیکـه MATLAB نسبت به بزرگ و کوچک بودن حروف حساس است و هنگام استفاده از این دستورات و توابع باید آنها را با حروف کوچک بکار برد.

۱-۳ استفاده از demo

دستور demo پنجره جدیدی باز می کند که شما در آن مـی توانیـد مثالـهای متعـددی از امکانـات MATLAB را بیابید. بسیاری از این مثالها نمودارهای جالب و همراه با جزئیات تولید می نمـایند و همچنین توضیحات مفیدی در باره نحوه استفاده از MATLAB ارائه می دهند. توصیه می شود که حتماً تعدادی از این مثالــها را مشـاهده کنیـد تـا متوجـه شـوید کـه چـه کارهـایی مـی تـوان بـا MATLAB انجام داد. بویژه دقت کنید که چگونه برنامه های ساده مـی تواننـد نتـایج پیچیـده ای تولید نمایند.

۲- عملیات ابتدایی

۲-۱ تعریف کردن آرایه ها و عملیات جبری روی آنها

در MATLAB چهار نوع آرایه می توان تعریف کرد:

۱. اعداد اسکالر که تک عضوی هستند.
۲. بردارها که شامل یک سطر یا ستون می باشند (یک بعدی).
۳. ماتریسها که از اعضای چیده شده در یک آرایش مربعی تشکیل می گردند (دو بعدی).
۴. آرایه های با ابعاد بیش از دو.

اعضای یک آرایه می توانند عدد و یا حرف باشند و تفاوتی بین اعداد صحیح و اعشاری وجود نـدارد. در صورت جایگزینی یک عـدد و یـا حـرف در یـک متغـیر، MATLAB مقـدار جـایگزین شـده را بلافاصله نشان می دهد مگر آنکه عبارت تعریف متغیر با semicolon خاتمه یابد.

```
» a=2.5

a =

   2.5000

» a=3.2;
» a


a =

   3.2000

» p='hello'

p =

hello
```

MATLAB بین حروف کوچک و بزرگ فرق قائل است:

```
» A
??? Undefined function or variable 'A'.
```

از آنجا که نشان دادن مقادیر به شکل فوق قدری طولانی است معمولاً بهتر است که در انتهای دستور معرفی متغیر از semicolon استفاده کرد. در صورتی که این عمل را فراموش کنید و برنامه شروع به نشان دادن مقاذیر یک آرایه طولانی نماید کافی است که CONTROL C را فشار دهید تا نشان دادن مقادیر متوقف گردد. همانطور که در بالا دیدید همیشه می توان با نوشتن نام متغیر مقدار آن را مشاهده نمود. همچنین مشاهده می کنید MATLAB یک خط فاصله بین دستورها می گذارد. برای حذف این خطوط اضافی می توانید از دستور زیر استفاده کنید:

```
» format compact
```

اکنون چند بردار تعریف می کنیم:

```
» v=[1 2 3]
v =
    1     2     3
» w=['abcd' '1234']
w =
abcd1234
```

برای تعریف بردارهای عددی حتماً باید از کروشه استفاده کرد ولی استفاده از آنها برای متغیرهای حرفی الزامی نیست. حالت خاصی از بردار (که در توابع MATLAB به عنوان جای خالی استفاده بسیاری دارد) عبارتست از بردار تهی که به صورت [ ] تعریف می گردد.

نحوه تعریف ماتریسها به صورت زیر است:

```
» m=[1 2 3
4 5 6]
m =
    1     2     3
    4     5     6
» n=['abcd'
'1234']
n =
abcd
1234
```

اعضای یک ماتریس را می شود بطور جداگانه مشاهده کرد و یا تغییر داد:

```
» m(2,3)
ans =
    6
```

```
» m(2,3)=7
m =
    1    2    3
    4    5    7
```

عملیات ساده جبری روی بردارها و ماتریسها به صورت زیر انجام می شود:

```
» 2*m
ans =
    2    4    6
    8   10   14

» m+1
ans =
    2    3    4
    5    6    8

» n1=[2 5 4
-1 -2 0];
» m+n1
ans =
    3    7    7
    3    3    7
```

لازم به ذکر است که اعضای یک سطر ماتریس را می توان هم با فاصله و هم با ویرگول از هـم جـدا کرد. بکار بردن semicolon در تعریف یک ماتریس به معنای انتقال به سطر بعدی می باشد:

```
» q=[1, 2, 3
4 5 6; 7 8 9]
q =
    1    2    3
    4    5    6
    7    8    9
```

عملگر دو نقطه (:) کاربرد زیادی در رجوع به سطرها، ستونها و یا بخشی از آرایه دارد:

```
» q(1,:)
ans =
    1    2    3
» q(:,2)
ans =
    2
    5
    8
» q(1:2,2:end)
ans =
    2    3
    5    6
```

اگر بخواهید نام متغیرهای ایجاد شده را ببینید می توانید از دستور who استفاده نمایید:

```
» who

Your variables are:

a       n       q       w
m       p       v
```

برای مشاهده نام متغیرهای موجود به همراه اطلاعات اضافه تر در مورد آنـــها دســتور whos را بکـار ببرید:

```
» whos
  Name      Size        Bytes  Class

  a         1x1             8  double array
  m         2x3            48  double array
  n         2x4            16  char array
  p         1x5            10  char array
  q         3x3            72  double array
  v         1x3            24  double array
  w         1x8            16  char array

Grand total is 31 elements using 122 bytes
```

برای تولید بردارهای عددی که اعضای آن به فاصلــه مســاوی از هــم قــرار دارنــد روش ســاده ای در MATLAB وجود دارد. فرض کنید که t برداری باشد که عضو اول آن ۰، عضو آخر آن ۲ و اعضای آن به فاصله مساوی ۰/۵ از یکدیگر باشند

```
» t=0:.5:2
t =
      0    0.5000    1.0000    1.5000    2.0000
```

آرایه های چند بعدی (آرایه هایی که بیش از دو بعد دارند) از امکانات جدیــد پیــش بینــی شــده در MATLAB 5 هستند. به عنوان مثال می توان بعد سوم را به شکل زیر بـــه مـاتریس m کـه قبـلا" تعریف شده افزود:

```
» m(:,:,2)=ones(2,3)
m(:,:,1) =
    1    2    3
    4    5    7
m(:,:,2) =
    1    1    1
    1    1    1
```

افزودن بعدهای چهارم و بیشتر نیز به طریق مشابه امکان پذیر است. اصطلاحا" به بعد سوم صفحـــه گفته می شود ولی نام خاصی برای ابعاد چهارم به بعد وجود ندارد.

برای بدست آوردن طول یک بردار می توانید از دستور length استفاده کنید:

```
» length(t)
ans =
    5
```

دستور size تعداد سطرها و ستونهای یک ماتریس را نمایش می دهد:

```
» size(n)
ans =
    2     4
```

استفاده از size در مورد آرایه های چند بعدی برداری را می دهد که مولفه های آن طـول آرایـه در هر یک از ابعاد آن است.

برخی از توابعی که در ساختن آرایه ها بکار می روند عبارتند از:

یک ماتریس ۲×۲ با مولفه های ۱ ایجاد می کند	ones(2)
یک ماتریس ۲×۳ با مولفه های ۱ ایجاد می کند	ones(2,3)
یک ماتریس ۲×۳ با مولفه های صفر ایجاد می کند	zeros(2)
یک ماتریس یکه ۳×۳ ایجاد می کند	eye(3)
برداری با ۷ مولفه با فواصل مساوی بین ۱- و ۵ ایجاد می کند	linspace(-1,5,7)
برداری با ۸ مولفه با فواصل لگاریتمی مساوی بین $۱۰^{-۱}$ و $۱۰^{۲}$ ایجاد می کند	linspace(-1,2,8)

تعدادی از توابعی که روی آرایه ها عمل می کنند عبارتند از:

حاصل جمع مولفه های x	sum(x)
حاصل جمع مولفه های x از اول تا هر مولفه	cumsum(x)
حاصلضرب مولفه های x	prod(x)
حاصلضرب مولفه های x از اول تا هر مولفه	cumprod(x)
بزرگترین مولفه x را پیدا می کند	max(x)
کوچکترین مولفه x را پیدا می کند	max(x)
مولفه های x را مرتب می کند	sort(x)
میانگین حسابی مولفه های x	mean(x)
انحراف معیار مولفه های x	std(x)

۲-۲ ذخیره کردن و بازیابی داده ها

در صورتی که بخواهید کلیه متغیرهـــای موجـود در محیـط کـار (workspace) را ذخـیره کنیـد از دستور save استفاده کنید:

```
» save

Saving to: matlab.mat
```

این دستور، داده ها را در پرونده matlab.mat ذخیره می نماید. داده های موجود در این پرونـــده را می توان به طریق زیر بازیابی نمود:

```
» load

Loading from: matlab.mat
```

درصورتی که لازم باشد می توانید نام پرونده ذخیره را خودتان تعیین کنید:

```
» save myfile
```

و آن را با دستور زیر بازیابی نمایید:

```
» load myfile
```

اگر می خواهید که فقط بعضی از متغیرها را ذخیره کنید، نام آنها را بعد از نام پرونده بیاورید:

```
» save myfile t f
```

در صورتی که بخواهید تعدادی از متغیرها را از حافظه پاک کنیـــد کـافی اسـت نـام آنـها را پـس از دستور clear بیاورید:

```
» who

Your variables are:

a       f       n       t       w
ans     m       p       v

» clear a f
» who

Your variables are:

ans     n       t       w
m       p       v
```

در صورت استفاده از دستور clear بدون ذکر نام متغیری پس از آن، کلیه متغیرهـا از حافظـه پـاک می شوند.

توجه کنید که دستور save به صورتی که در بالا نشان داده شد داده ها را به شکل binary ذخیره می نماید و فقط در محیط MATLAB می توانید این داده ها را بازیابی کنید. در این صورت متغیرها با همان نامی که ذخیره شده اند، بازیابی می گردند. در مواردی که نیاز داشته باشید که داده ها را در محیطهای دیگری بازیابی نمایید باید متغیرها را به صورت ascii ذخیره کنید:

```
» save name t -ascii
» clear
» load name
» who

Your variables are:

name
```

همانطور که در بالا مشاهده می کنید هنگام بازیابی یک پرونده ascii نام متغیر، همان نام پرونده خواهد بود. ضمناً پرونده ascii ایجاد شده فاقد دنباله (extension) است مگر آنکه دنباله را در نام پرونده ذکر کنید.

۲-۳ عملیات ماتریسی روی آرایه ها

در MATLAB می توان دو نوع عملیات روی آرایه ها انجام داد که به آنها عملیات ماتریسی و عملیات عضو به عضو می گویند. عملیات ماتریسی شامل محاسبه ترانهاده، ضرب ماتریسی، جمع و تفریق آرایه های هم اندازه و غیره می شود. ترانهاده یک ماتریس با کمک علامت پریم بدست می آید:

```
» r=rand(2,4)
r =
   0.9501    0.6068    0.8913    0.4565
   0.2311    0.4860    0.7621    0.0185
» r'
ans =
   0.9501    0.2311
   0.6068    0.4860
   0.8913    0.7621
   0.4565    0.0185
```

ضرب ماتریسی با استفاده از علامت * و جمع و تفریق ماتریسها با استفاده از علامتهای مربوطه انجام می گیرند:

```
» v=[1:4];
» r*v'
ans =
   6.6636
   3.5634
```

```
» s=[0:3; 2:-.5:.5];
» s+r
ans =
   0.9501    1.6068    2.8913    3.4565
   2.2311    1.9860    1.7621    0.5185
```

تعدادی از توابع ماتریسی در زیر آورده شده اند:

دترمینان ماتریس مربعی	det(a)
ماتریس وارون	inv(a)
مقادیر و بردارهای ویژه ماتریس مربعی	eig(a)
چند جمله ای مشخصه ماتریس	poly(a)

۲-۴ عملیات عضو به عضو روی آرایه ها

انجام عملیات جبری روی آرایه ها در MATLAB نیازمند دقت است. بطور کلی دو نوع عملیات می توان روی آرایه ها انجام داد: ۱-عملیات عضو به عضو، ۲-عملیات برداری-ماتریسی. اشتباه گرفتن این دو نوع عملیات باعث بروز مشکل در محاسبات می گردد. دو بردار زیر را در نظر بگیرید:

```
» a=[1 2 3];
» b=[2 -1 0];
```

فرض کنید که می خواهید این دو را در هم ضرب کنید:

```
» a*b
??? Error using ==> *
Inner matrix dimensions must agree.
```

دلیل گرفتن پیام خطا از عمل فوق این است که در MATLAB استفاده از علامت ضرب به تنهایی به معنای ضرب ماتریسی است. بنابراین عمل بالا را می توان با ترانهاده بردار دوم به انجام رسانید:

```
» a*b'
ans =
    0
```

این عمل در حقیقت ضرب اسکالر دو ماتریس است، یعنی: ۱×۲+۲×(-۱)+۳×۰=۰

حال اگر بخواهید ضرب عضو به عضو این دو بردار را به دست آورید باید یک نقطه قبل از علامت ضرب بگذارید:

```
» a.*b
ans =
    2   -2    0
```

همین دستورالعمل را می توان برای تقسیم و به توان رساندن آرایه ها بکار بست:

```
» a.^2
ans =
    1     4     9
```

در صورت فراموش کردن نقطه قبل از علامت توان:

```
» a^2
??? Error using ==> ^
Matrix must be square.
```

۵-۲ تنظیم خروجیها روی صفحه نمایش با دستورات disp و format

اگر مقدار یک متغیر را بخواهید بدانید می توانید آن را با نوشتن نام متغیر مشاهده کنید. در این صورت MATLAB نام متغیر و به دنبال آن علامت تساوی را نشان داده و سپس مقدار را در سطر یا سطور بعد می نویسد. برای دیدن مقدار متغیر بدون آنکه لازم باشد دوباره نام آن و علامت تساوی را مشاهده کنید می توانید دستور disp را بکار ببرید.

```
» x=[2 4 5];
» disp(x)
    2     4     5
» y='That is better';
» disp(y)
That is better
```

پنجره MATLAB را می توانید با دستور clc پاک کنید:

```
» clc
```

همانطور که قبلاً دیدید دستور format compact باعث می شود که خطوط اضافی هنگام ارائه نتایج حذف گردند. دستور format دارای کاربردهای فراوان دیگری نیز هست. فرض کنید که می خواهید مولفه های بردار زیر را روی صفحه نمایش ببینید:

```
» v=exp(-10*(1:5))
v =
  1.0e-004 *
   0.4540    0.0000    0.0000    0.0000    0.0000
```

واضح است که در حالت فعلی نمی توانید مقادیر مولفه ها را بخوانید. در این وضعیت می توانید با کمک دستور format نحوه نمایش اعداد را تغییر دهید:

```
» format long
» v
v =
  1.0e-004 *
  Columns 1 through 4
   0.45399929762485   0.00002061153622   0.00000000093576   0.00000000000004
  Column 5
   0.00000000000000
```

مشاهده می کنید با وجود اینکه این دستور تعداد اعداد نشان داده شده بعد از ممیز را افزایش می دهد ولی هنوز قادر نیست که همه مولفه های بردار مورد نظر را بطور مناسبی نمایش دهد. در چنین حالتی بهتر است اعداد را با استفاده از نماد علمی به نمایش بگذارید:

```
» format short e
» v
v =
  4.5400e-005  2.0612e-009  9.3576e-014  4.2484e-018  1.9287e-022
```

برای اطلاع بیشتر از امکانات دستور format توصیه می شود که توضیحات مربوط به این دستور را در help مطالعه کنید.

۳- چند جمله ایها

یک چند جمله ای در MATLAB به صورت یک بردار سطری که مولفه های آن ضرایب چند جمله ای به ترتیب نزولی هستند معرفی می شود. برای مثال چند جمله ای $p(x) = x^{۳} - ۲x + ۵$ در MATLAB به شکل زیر معرفی می گردد:

```
» p=[1  0  -2  5];
```

۳-۱ ریشه های یک چند جمله ای

ریشه های یک چند جمله ای را می توانید به صورت زیر بدست آورد:

```
» r=roots(p)
r =
  -2.0946
   1.0473 + 1.1359i
   1.0473 - 1.1359i
```

با دانستن ریشه های معادله می توانید ضرایب چند جمله ای مربوطه را محاسبه نمائید:

```
» p2=poly(r)
p2 =
    1.0000    0.0000   -2.0000    5.0000
```

۳-۲ محاسبه مقدار یک چند جمله ای

تابع polyval مقدار چند جمله ای را در هر نقطه محاسبه می نماید. برای مثال مقدار p(۵) به طریق زیر محاسبه می گردد:

```
» polyval(p,5)
ans =
  120
```

۳-۳ ضرب و تقسیم چند جمله ایها

برای ضرب و تقسیم چند جمله ایها می توانید توابع conv و deconv را بکار ببرید. چند جمله ایهای $a(x)=x^{۲}+x+۱$ و $b(x)=x-۱$ را در نظر بگیرید. حاصلضرب این دو چند جمله ای به طریق زیر بدست می آید:

```
» a=[1  1  1]; b=[1  -1];
» c=conv(a,b)
c =
   1    0    0   -1
```

و تقسیم a/b نیز به صورت زیر قابل محاسبه است:

```
» [q,r]=deconv(a,b)
q =
   1    2
r =
   0    0    3
```

۳-۴ مشتق چند جمله ای

مشتق چند جمله ای را می توانید با بکار بردن تابع polyder محاسبه کنید.

```
» c=polyder(a)
c =
   2    1
```

مشتق حاصلضرب دو چند جمله ای (a×b) را می توانید به صورت زیر بدست آورید:

```
» d=polyder(a,b)
d =
   3    0    0
```

در صورتی که تعداد آرگومانهای خروجی تابع polyder برابر ۲ باشد، تابع مشتق تقسیم دو چند جمله ای (a/b) را تعیین می نماید:

```
» [q,d]=polyder(a,b)
q =
    1    -2    -2
d =
    1    -2     1
```

۳-۴ برازش منحنی چند جمله ای

تابع polyfit ضرایب بهترین چند جمله ای را پیدا می کند که از میان مجموعه نقاط داده شده عبور می نماید. به عنوان مثال مجموعه نقاط زیر را در نظر بگیرید:

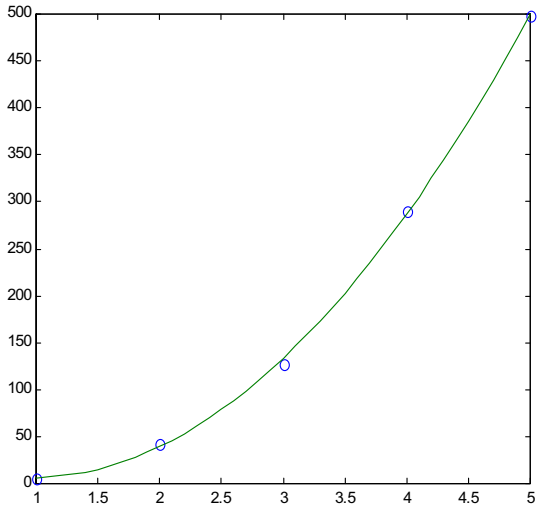
```
» x=[1  2  3  4  5];
» y=[5.5  43.1  128  290.7  498.4];
```

دستور زیر ضرایب بهترین چند جمله ای درجه سوم را محاسبه می کند که از بین نقاط فوق می گذرد:

```
» p=polyfit(x,y,3)
p =
  -0.1917   31.5821  -60.3262   35.3400
```

حال می توانید برای مقایسه منحنی محاسبه شده و داده های اولیه را در یک نمودار رسم کنید:

```
» x2=1:.1:5;
» y2=polyval(p,x2);
» plot(x,y,'o',x2,y2)
```



۴- عملیات و توابع منطقی

۴-۱ مقایسه منطقی

در MATLAB علامتهای زیر برای مقایسه مقادیر عددی و حرفی بکار می روند.

کوچکتر از	<
کوچکتر از یا مساوی با	<=
بزرگتر از	>
بزرگتر از یا مساوی با	>=
مساوی با	==
مخالف با	~=

چنین مقایسه ای را می توان بین دو اسکالر، دو آرایه یا اسکالر و اعضای آرایه انجام داد. مثالهایی برای نحوه عمل این عملگرها در زیر آورده می شوند. توجه کنید که حاصل همه عملیات منطقی می تواند ۰ به معنی نادرست یا ۱ به معنی درست باشد.

```
» 3<5
ans =
    1

» [1 2]>=[0 3]
ans =
    1    0

» a=[1 2 3
2 3 4];
» b=[-1 2 1
0 2 4];
» a~=b
ans =
    1    0    1
    1    1    0
```

بردار زیر را در نظر بگیرید:

```
» x=[1  2  -1  0  -5  4  -1.5  3  2.5  -.5];
```

عبارت زیر مولفه های مثبت این بردار را نمایش می دهد:

```
» x(x>0)
ans =
   1.0000    2.0000    4.0000    3.0000    2.5000
```

و این عبارت تعداد مولفه هایی را که بین صفر و ۳ هستند تعیین می کند:

```
» length(x((x>=0)&(x<=3)))
ans =
    5
```

۴-۲ عملگرهای منطقی

روابط منطقی را می توان با استفاده از عملگرهای منطقی با هم ترکیب کرد. این عملگرها عبـــارتند از:

و (ترکیب عطفی)	&
یا (ترکیب فصلی)	|
یا (مانع جمع)	xor
نقیض	~

مثالهایی از طرز عمل این عملگرها در زیر آورده شده اند:

```
» m=[1  2  4;  -2  3  -1];
» ~(m>0)
ans =
    0    0    0
    1    0    1
» (m>0)|(m<=2)
ans =
    1    1    1
    1    1    1

» (m>0)&(m<=2)
ans =
    1    1    0
    0    0    0

» xor([0 0 1 1],[0 1 0 1])
ans =
    0    1    1    0
```

توجه کنید که xor یک تابع است و دو بردار ورودی به آن باید هم اندازه باشند.

۴-۳ توابع منطقی any، all و find

تابع any معین می کند که آیا مولفه غیر صفر در یک بردار وجود دارد یا خیر.

```
» v=[-2  1  3  5];
» any(v<1)
ans =
    1
```

```
» any(v>6)
ans =
    0
```

تابع all معین می کند که آیا همه مقایسه ها درست هستند یا خیر.

```
» all(v<1)
ans =
    0

» all(v<6)
ans =
    1
```

توابع فوق را می توانید برای ماتریسها نیز بکار ببرید. در این صورت خروجی این توابع عبارت است از حاصل مقایسه های گفته شده برای هر ستون ماتریس.

تابع find مکان مولفه های غیر صفر را در یک آرایه نشان می دهد.

```
» find(v>3)
ans =
    4
```

۴-۴ اعداد ویژه

علاوه بر اعداد حقیقی، MATLAB قادر است حاصل عباراتی را که از نظر جبری انجام پذیر نیستند را نیز پوشش دهد. تقسیم یک عدد بر صفر بی نهایت (Inf) و تقسیم صفر بر صفر غیر قابل محاسبه است (NaN یا Not a Number).

```
» x=[1  2  0]./[2  0  0]
Warning: Divide by zero.
x =
   0.5000      Inf      NaN
```

همچنین اعداد موهومی را به سادگی اعداد حقیقی می توانید در محاسبات استفاده کنید.

```
» y=sqrt(-1)
y =
      0 + 1.0000i
```

توابع finite، isinf، isnan و isreal به شما امکان می دهد که این اعداد را شناسایی کنید:

```
» finite(x)
ans =
    1     0     0
```

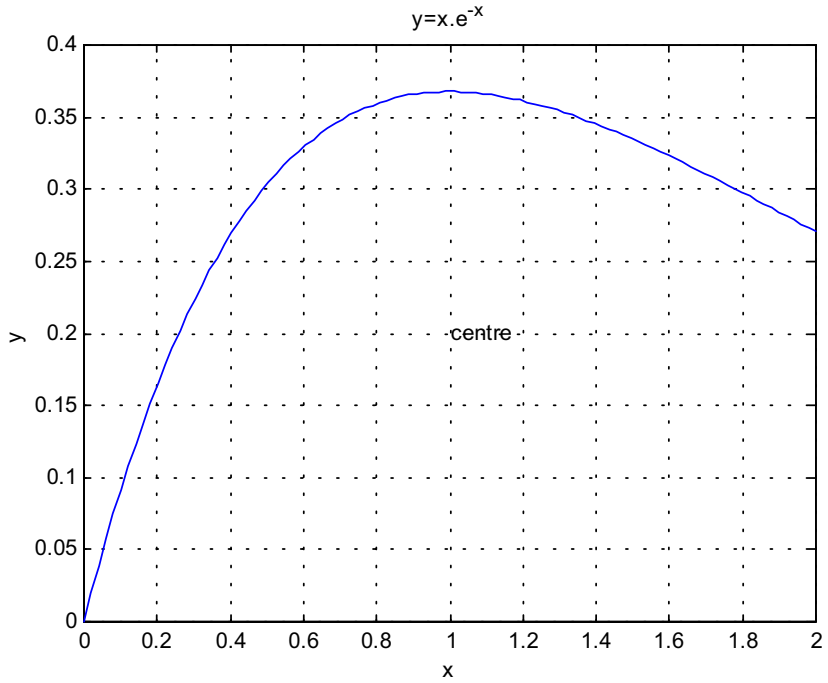
```
» isinf(x)
ans =
    0     1     0

» isnan(x)
ans =
    0     0     1

» isreal(x)
ans =
    1

» isreal(y)
ans =
    0
```

۵- ترسیم داده ها

۵-۱ نمودارهای ۲ بعدی

مجموعه دستورات زیر نحوه ترسیم یک تابع بر حسب یک متغیر مستقل را نشان می دهد:

```
» x=linspace(0,2); y=x.*exp(-x);
» plot(x,y)
» grid
» xlabel('x')
» ylabel('y')
» title('y=x.e^{-x}')
» text(1,.2,'centre')
```



هفت خط فوق به ترتیب اعمال زیر را انجام می دهند:

۱- بردار متغیرهای مستقل (x) و تابع (y) را ایجاد می کند.

۲- مقادیر y را بر حسب x رسم می نماید.

۳- شبکه را به نمودار می افزاید.

۴- توضیح محور افقی را می نویسد.

۵- توضیح محور عمودی را می نویسد.

۶- تیتر نمودار را در بالای آن می نویسد.

۷- در نقطه مورد نظر (در این مثال نقطه (۰/۲ و ۱)) متغیر حرفی مشخص شده (در این مثال centre) را می نویسد.

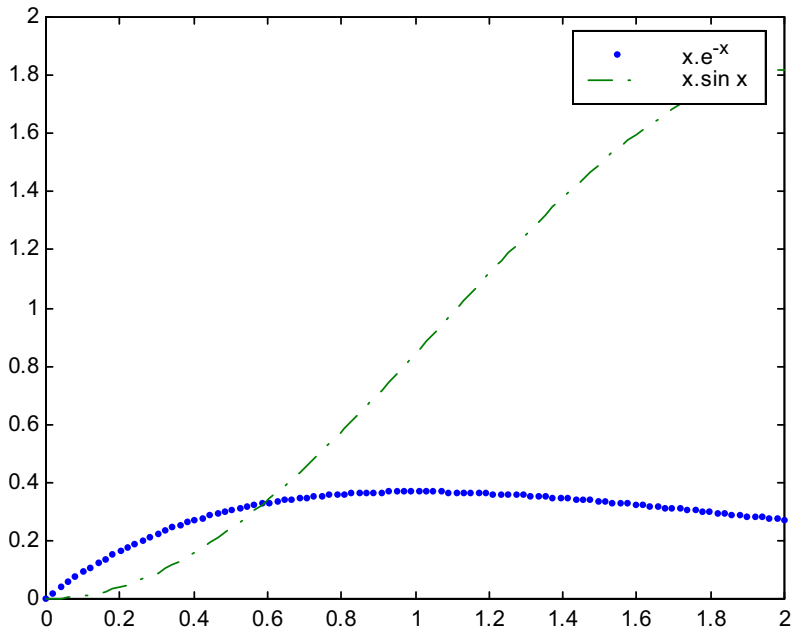
می توانید نمودار ایجاد شده را به کمک دستور Save As در منوی File پنجره نمودار، ذخیره نمایید. این دستور نمودار را در یک پرونده که نام آن را خودتان وارد خواهید کرد و دنباله آن ffig. می باشد ذخیره می کند. شما می توانید این نمودار را در دفعات بعدی کار با MATLAB با استفاده از دستور open بازیابی نمایید.

در هنگام رسم نمودارها می توانید از علامتهای مختلف (بجای خط) برای رسم توابع استفاده کنید. همچنین می توانید بیش از یک تابع را در یک نمودار نمایش دهید.

```
» plot(x,y,'.',x,x.*sin(x),'-.')
```

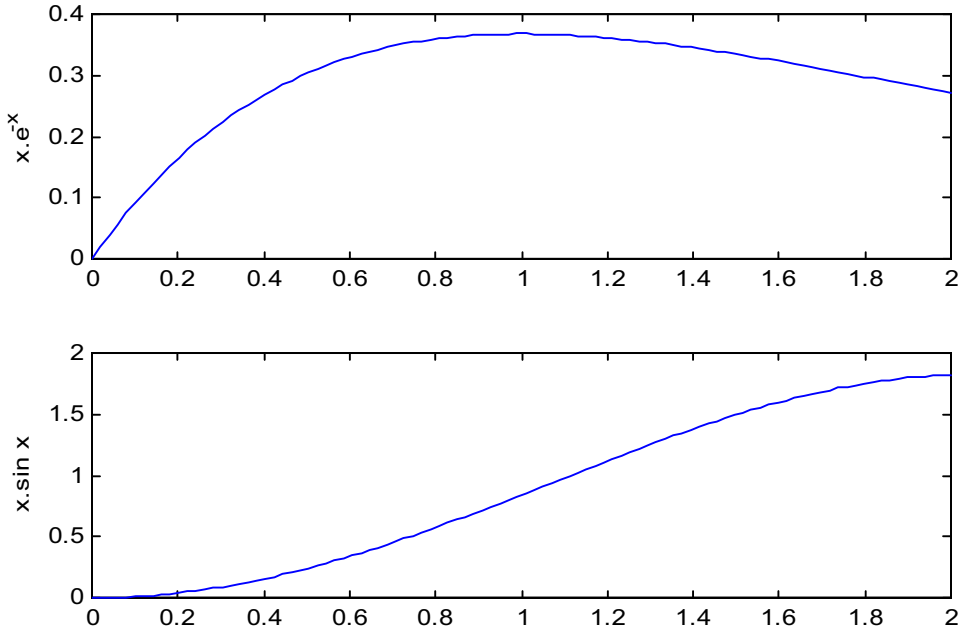
و در صورت لزوم نام توابع را نیز در همان نمودار نشان دهید.

```
» legend('x.e^{-x}','x.sin x')
```



می توانید بیش از یک نمودار را در یک پنجره نشان دهید:

```
» subplot(2,1,1), plot(x,y)
» ylabel('x.e^{-x}')
» subplot(2,1,2), plot(x,x.*sin(x))
» ylabel('x.sin x')
```



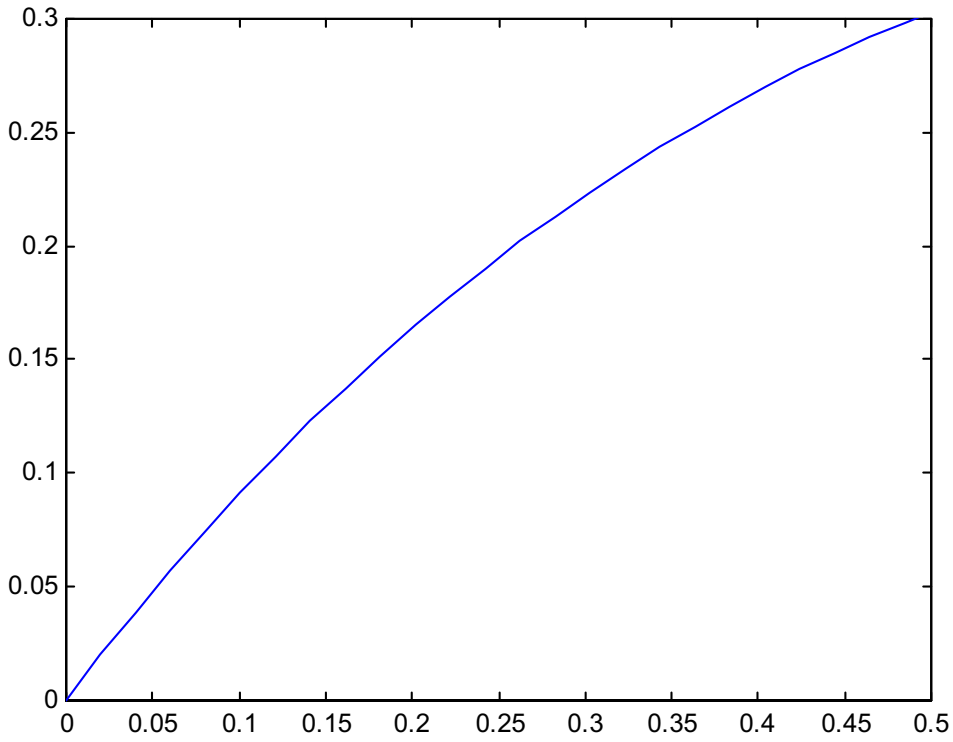
دو عدد اول در دستور subplot تعداد تقسیمات صفحه را معین می کنند (سطری و ستونی) و عـدد سوم مکان رسم نمودار (یا تغییر روی نمودار موجود) را مشخص می نماید.

نمودار را می توانید با استفاده از دستور clf پاک کنید.

```
» clf
```

با استفاده از دستور figure می توانید پنجره جدیدی برای رسـم نمـودار بـاز نمـائید. دسـتور axis حدود بالا وپایین محورهای مختصات را به صورت یک بردار ارائه می نماید.

```
» figure(2)
» plot(x,y)
» axis
ans =
      0    2.0000         0    0.4000
```



در تمامی مثالهای بالا مقادیر متغیر مستقل و متغیر وابسته به صورت دو بردار بر حسب هم رسم شده اند. در صورتی که تابعیت متغیر وابسته بر حسب متغیر مستقل مشخص باشد می توانید از دستور fplot برای رسم آن استفاده کنید:

```
» fplot('x*exp(-x)',[0  2])
```

آرگومان اول این دستور یک بردار حرفی است که مشخص کننده رابطه تابع (در صورت ساده بودن رابطه تحلیلی تابع، همانند مثال فوق) یا نام m-file حاوی تابع (که جداگانه باید ایجاد شده باشد) است. آرگومان دوم fplot یک بردار دو عضوی است که حد پائین و بالای متغیر مستقل را مشخص می کند.

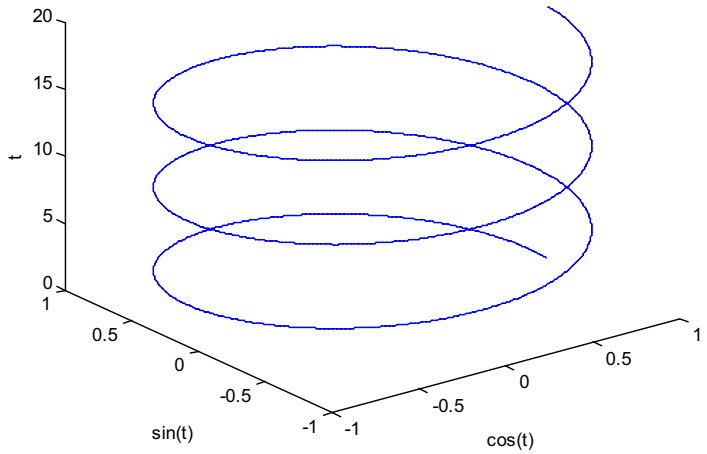
تعدادی از دستورهای ترسیم دو بعدی در زیر آورده شده اند:

نمودار نیمه لگاریتمی (محور x لگاریتمی)	semilogx(x,y)
نمودار نیمه لگاریتمی (محور y لگاریتمی)	semilogy(x,y)
نمودار تمام لگاریتمی	loglog(x,y)
رسم در دستگاه مختصات قطبی	polar(r,theta)
نمودار میله ای	bar(x,y)
نمودار مساحت	area(x,y)

۵-۲ نمودارهای ۳ بعدی

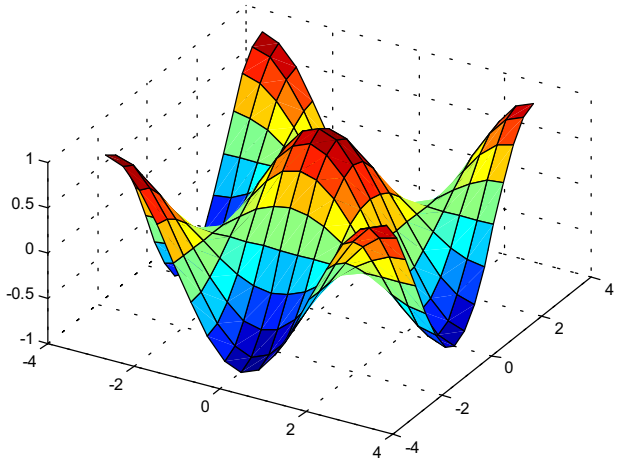
دستورهای زیادی در MATLAB برای ترسیم نمودارهای سه بعدی وجود دارند. یک منحنی سه بعدی را می توانید به کمک دستور plot3 ببینید:

```
» t=0:.01:6*pi;
» plot3(cos(t),sin(t),t)
» xlabel('cos(t)')
» ylabel('sin(t)')
» zlabel('t')
```



سطوح سه بعدی را می توانید با استفاده از دستور surf ترسیم کنید:

```
» [x,y]=meshgrid(-pi:pi/8:pi,-pi:pi/8:pi);
» z=cos(x).*cos(y);
» surf(x,y,z)
» view(30,45)
```



دستور meshgrid شبکه دو بعدی روی صفحه xy را ایجاد می کند. بردارهای ورودی به این دستور مشخص کننده تقسیمات در جهات x و y هستند. سطح ایجاد شده را می توانید با کمک دستور shading هموار کنید. همچنین برای تطابق رنگها با اعداد محور z می توانید از دستور colorbar استفاده کنید.

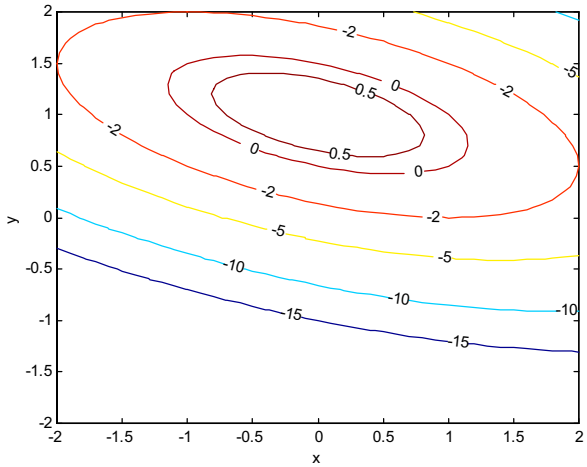
```
» shading interp
» colorbar
```

برای رسم سطوح سه بعدی از دستورات دیگری مانند mesh، meshc، meshz و waterfall نیز می توانید کمک بگیرید.

۵-۳ نمودارهای ۲/۵ بعدی

نمودارهای به اصطلاح ۲/۵ بعدی برای دیدن سطوح ۳ بعدی روی صفحه مختصات ۲ بعدی بکار می روند. یکی از این روشها رسم خطوط همتراز یک سطح است.

```
» [x,y]=meshgrid(-2:.1:2,-2:.1:2);
» z=2-((x-1).^2+4*(y-1).^2+2*x.*y);
» [c,h]=contour(x,y,z,[-15  -10  -5  -2  0  0.5]);
» clabel(c,h), xlabel('x'), ylabel('y')
```



آرگومان چهارم در دستور contour برداری است که بر اساس آن منحنیهای همـــترازی کـه مقـادیر عددی آنها برابر با مولفه های آن بردار است روی نمودار نشـــان داده خواهنـد شـد. دسـتور clabel مقادیر خطوط همتراز را روی نمودار نشان می دهد.

روش دیگر آن است که سطح را از زاویه ای عمود بـر صفحـه xy نگریسـت و رنگـهای متفـاوتی بـه مقادیر مختلف z نسبت داد:

```
» pcolor(x,y,z)
» shading interp
» colorbar
```

۶- برنامه نویسی (m-files)

مجموعه ای از دستورات MATLAB را می توانید در یک پرونده ذخیره کنید و سپس آنها را یکجـا اجرا نمائید. چنین پرونده ای برای آنکه در محیط MATLAB قابل اجـرا باشـد بـاید حتمـا" دارای

دنباله "m." باشد. در صورتی که از ویرایشگر MATLAB (MATLAB Editor) استفاده کنید، دنباله "m." بطور خودکار در هنگام ذخیره پرونده به نام آن افزوده می گردد. در صورت استفاده از ویرایشگر دیگری بغیر از ویرایشگر MATLAB (نظیر Notepad) اطمینان حاصل کنید که پرونده حتماً به روش ascii و با دنباله "m." ذخیره گردد.

در این بخش از یادداشت فقط بر نحوه برنامه نویسی و اجرای برنامه ها تاکید شده است و نتایج اجرای برنامه های مورد بحث نشان داده نشده اند. به خواننده توصیه می گردد که خود برنامه ها را اجرا کرده و نتایج آنها را مشاهده نماید.

۶-۱ برنامه اصلی

m-file ها می توانند به دو شکل برنامه اصلی و تابع باشند. برنامه اصلی عبارتست از مجموعه ای از دستورها که می توان آنها را بطور جداگانه در محیط کار MATLAB اجرا نمود. هنگامی که نام برنامه اصلی را در محیط کار MATLAB بنویسید این دستورها به ترتیب اجرا می گردند. به عنوان مثال برای محاسبه حجم گاز کامل، در دماهای مختلف و فشار معلوم، دستورات زیر را در ویرایشگر MATLAB بنویسید و سپس تحت عنوان pvt.m ذخیره کنید:

```
% A sample scritp file: pvt.m
disp(' Calculating the volume of an ideal gas.')
R = 8314;    % Gas constant (J/kmol.K)
t = ...
   input(' Vector of temperature (K) = ');
p = input(' Pressure (bar) = ')*1e5;
v = R*t/p;     % Ideal gas law
% Plotting the results
plot(t,v)
xlabel('T (K)')
ylabel('V (m^3/kmol)')
title('Ideal gas volume vs temperature')
```

علامت ٪ نشانگر وجود توضیحات در برنامه است. علامت ٪ و آنچه بدنبال آن در همان سطر می آید به هنگام اجرای برنامه نادیده گرفته می شود. همچنین علامت . . . بیانگر آن است که دستور مورد نظر در این سطر تمام نشده و در سطر بعدی ادامه می یابد. مورد استفاده این علامت بیشتر در مورد دستورهای محاسباتی طولانی است که برای مطالعه راحت تر این قسمت از برنامه بهتر است در دو یا سه خط نوشته شود.

پس از ایجاد پرونده pvt.m، برای اجرای آن کافی است که نام آن را در محیط کار MATLAB بنویسید و نتایج را مشاهده کنید (نمودار در زیر نشان داده نشده است).

```
» pvt
 Calculating the volume of an ideal gas.
 Vector of temperature (K) = 100:25:300
 Pressure (bar) = 10
```

۶-۲ استفاده از diary برای ایجاد برنامه

یک روش ایجاد برنامه برای مبتدیان بکار بردن دستور diary است. در صورت استفاده از دستور زیر

```
» diary xyz
```

تمامی نوشته های محیط کار MATLAB پس از آن در پرونده xyz حک می گردند. پرونده xyz بدون دنباله خواهد بود مگر آنکه خودتان برای آن دنباله مشخص کنید. در این حالت می توانید شروع به نوشتن دستورات مورد نظر در محیط کار MATLAB کنید، نتایج را همان جا ببینید و در صورت لزوم تصحیحات لازم را انجام دهید. هنگامی که به پایان محاسبات و نتیجه دلخواه رسیدید، پرونده xyz را به کمک دستور زیر ببندید:

```
» diary off
```

اکنون می توانید پرونده xyz را باز کرده، خطوط و دستورهای اضافی را از آن پاک کنید و سپس با دنباله m. آن را ذخیره نمائید. به این ترتیب یک m-file ایجاد کرده اید که به نتایج اجرای آن اطمینان دارید.

۶-۳ تابع

علاوه بر توابعی که همراه MATLAB هستند، شما می توانید توابعی را که محاسبات مورد نیازتان را انجام بدهد نیز ایجاد کنید. یک تابع یک یا چند داده را در ورودی دریافت می کند و پس از انجام محاسبات لازم نتایج را در قالب یک یا چند متغیر خروجی به شما برمی گرداند. خط اول یک تابع که خط تعریف تابع نیز نامیده می شود باید از ترتیب زیر پیروی نماید:

- کلمه function
- نام متغیر یا متغیرهای خروجی. در صورت وجود بیش از یک متغیر خروجی باید آنها را در کروشه گذاشته و با ویرگول از هم جدا کنید.
- علامت =
- نام تابع. پرونده ای که تابع در آن ذخیره می گردد باید دارای همین نام با دنباله m. باشد.
- آرگومان یا آرگومانهای ورودی (که با ویرگول از هم جدا شده باشند) در داخل پرانتز.

برای مثال تابع زیر، که باید در پرونده ideal.m ذخیره گردد، حجم گاز کامل را در فشارها و دماهای مختلف محاسبه می نماید:

```
function v = ideal(t,p)
% ideal: Calculation of ideal gas specific volume
% v=ideal(t,p) takes the vector of temperature (t) in K
% and the vector of pressure (p) in Pa and returns the
% matrix of specific volume (v) in m3/kmol.

% Start of calculations
R = 8314;       % Gas constant (J/kmol.K)
for k = 1:length(p)
   v(k,:) = R*t/p(k);     % Ideal gas law
end
```

حال این تابع را می توانید در محیط کار MATLAB، در یک برنامه اصلی و یا در تابع دیگری بکـار ببرید. مثلاً (نتایج در اینجا نشان داده نشده اند):

```
» p=1:10; t=300:10:400;
» vol=ideal(t,p);
» surf(t,p,vol)
» view(135,45), colorbar
```

توصیه می شود در توابعی که می نویسید، پس از خط تعریف تابع، کار تابع و نحـوه بکـاربردن آن را در چند خط توضیح دهید. خطوط توضیح پیوسته ای که در ابتدای تـابع مـی آینـد را مـی توانیـد همانند دیگر توابع و دستورهای موجود در MATLAB با استفاده از دستور help مرور کنید.

```
» help ideal

  ideal: Calculation of ideal gas specific volume
  v=ideal(t,p) takes the vector of temperature (t) in K
  and the vector of pressure (p) in Pa and returns the
  matrix of specific volume (v) in m3/kmol.
```

۶-۴ کنترل جریان محاسبات

MATLAB دارای چندین ترکیب کنترل جریان محاسبات است که به برنامه امکان می دهد که در حین اجرا تصمیمات لازم را اتخاذ کرده و ترتیب اجرای دستورات را کنترل کند. ایـن دسـتورها در زیر شرح داده می شوند.

if . . . (else . . .) end – دستور if برنامه را قادر می سازد که تصمیم بگیرد که چه دستورهایی باید اجرا گردند. مثال:

```
x = input(' x = ');
if x >= 0
   y=x^2
end
```

عبارتی که به دنبال کلمه if می آید باید یک عبارت منطقی باشد. در صورت درست بودن این عبارت منطقی، دستورهایی که در سطرهای بین if و end قرار دارند بترتیب اجرا می گردند و در صورت نادرست بودن این عبارت منطقی، دستورهای گفته شده نادیده گرفته می شوند.

شما همچنین می توانید از دستور else استفاده کنید. مثال:

```
x = input(' x = ');
if x >= 0
   y=x^2
else
   y=-x^2
end
```

در این حالت اگر عبارت منطقی مورد نظر درست باشد، مجموعه دستورهای بین if و else اجرا می گردند و در غیر این صورت دستورهای بین else و end قابل اجرا می باشند.

for . . . end – دستور for به برنامه اجازه می دهد که دستورهای درج شده بین for و end را به دفعات معینی تکرار نماید. مثال:

```
k = 0;
for x = 0:0.2:1
   k = k + 1
   y = exp(-x)
end
```

while . . . end – در مواردی که لازم باشد که در حین اجرای برنامه مجموعه ای از دستورات تکرار گردند ولی تعداد دفعات تکرار معلوم نباشد بلکه این عملیات تا ارضا شدن شرط یا شروط معینی ادامه یابند، می توان از دستور while استفاده نمود. مثال:

```
x = 0;
while x < 1
   y = sin(x)
   x = x + 0.1;
end
```

همانند آنچه در مورد دستور if گفته شد، عبارتی که به دنبال کلمه while می آید باید یک عبارت منطقی باشد که در واقع همان شرط مورد نظر است. در صورت صادق بودن این عبارت منطقی، دستورهایی که در سطرهای بین while و end قرار دارند بترتیب اجرا می گردند تا آنجایی که شرط مورد نظر دیگر برقرار نباشد.

switch . . . case . . . (otherwise . . .) end – وقتی که لازم باشد که برنامه بر حسب مقادیر مختلف یک متغیر، متناظراً دستورهای متفاوتی را اجرا کند، بکار بردن ترکیب switch-case راحت تر از بکار بردن چندین دستور if متداخل است. مثال:

```
a = input('a =');
switch a
case 1
   disp('One')
case 2
   disp('Two')
case 3
   disp('Three')
end
```

break و pause - دو دستور مفید دیگر که در برنامه نویسی می توانند مورد استفاده قرار گیرند عبارتند از break و pause. شما می توانید در صورت لزوم قبل از کامل شدن حلقه به کمک دستور break از آن خارج شوید. هنگامی که برنامه در حین اجرا به دستور pause برسد متوقف می ماند تا اینکه شما کلیدی را روی صفحه کلید فشار دهید و سپس اجرای برنامه از دستور بعد از pause ادامه می یابد. مثال:

```
k = 0;
for x = 0:0.2:1
   if k > 5
      disp('k > 5')
      break
   end
   k = k + 1;
   y = exp(-x);
   disp([' k = ',num2str(k),'  y = ',num2str(y)])
   pause
end
```

در مثال فوق، برنامه هر بار پس از نشان دادن مقادیر k و y متوقف می ماند تا اینکه کلیدی روی صفحه کلید فشرده شود. سپس حلقه for بار دیگر تکرار می گردد و این عمل آنقدر ادامه می یابد تا اینکه مقدار k از ۵ بیشتر شود. در این موقع دستور break باعث خروج برنامه از حلقه for (و در این مثال پایان اجرای برنامه) می شود.

۷- خطایابی برنامه ها

شما می توانید از راههای زیر، برنامه هایتان را خطایابی (debugging) نمائید:

- برنامه را به چند بخش کوتاهتر تقسیم کنید و هر بخش را جداگانه امتحان کنید.
- نتایج محاسبات را در مراحل میانی جریان برنامه بنویسید. این کار را می توانید به آسانی با برداشتن (;) semicolon از انتهای دستور محاسباتی ویا نوشتن نام متغیر مورد نظر انجام دهید.

همچنین می توانید با قرار دادن disp در مکانهای مشخصی از برنامه دریابید که برنامه تـا کجـا به پیش رفته است.

- تا حد امکان سعی کنید که از عملیات ماتریسی استفاده کنید و در برنامه از تعداد حلقـه هـایی که همان کار را انجام می دهند بکاهید.
- خطوط مورد شک برنامه را بطور جداگانه در محیط کار MATLAB اجـرا کنیـد (ترجیحـاً بـه کمک copy-paste) تا درستی و یا نادرستی محاسبه را دریابید.
- دقت کنید که پیغام خطا روی چه سطری از برنامه داده شده است و بویژه دقت کنید که پیغـام خطا چه می باشد و چه معنایی دارد.
- امکانات خطایابی موجود در نرم افزار را به کمک بگیرید.

۷-۱ پیغامهای خطا

بیشترین حجم پیغامهای خطایی که شما در ابتدای کار با MATLAB دریافت می کنید مربوط بـه عملیات و جایگزینی های برداری/ماتریسی است. در این بخش نحوه تصحیح برنامه را با اسـتفاده از پیغامهای خطای دریافتی با ذکر یک مثال نشان داده می شود.

در نظر بگیرید که می خواهید سطح PVT را بر اسـاس قـانون گـاز کـامل رسـم کنـید. داده هـای ورودی به برنامه محدوده های فشار و دما به صورت برداری هستند و برنامه باید حجـم ویـژه گـاز را محاسبه نماید و سپس سطح را رسم کند. بهتر است که محاسبه حجم در یک تابع جداگانـه انجـام گیرد تا اگر بخواهید محاسبه را با معادله حالت دیگری نیز تکـرار کنیـد، نیـازی بـه نوشـتن مجـدد برنامه اصلی نداشته باشید و فقط تابع محاسبه حجم را تغییر دهید. فرض کنید که برنامـه اصلـی و تابع مورد نیاز را در وهله اول به صورت زیر ایجاد کرده اید:

برنامه اصلی (main.m)

```
% Input
p = input(' Pressure (bar) = ');
t = input(' Temperature (K) = ');

% Calculation
v = ideal(t,p*1e5);

% Plotting results
surf(p,vol,t)
```

تابع (ideal.m)

```
function v = ideal(t,p)

R = 8314;       % Gas constant (J/kmol.K)
v = R*t/p;        % Ideal gas law
```

حال در صورتی که این برنامه را اجرا کنید، پیغام خطای زیر را دریافت می کنید:

```
» main
 Pressure (bar) = [1:10]
 Temperature (K) = 300:5:400
??? Error using ==> /
Matrix dimensions must agree.

Error in ==> C:\MATLABR11\work\ideal.m
On line 4  ==> v = R*t/p;                    % Ideal gas law

Error in ==> C:\MATLABR11\work\main.m
On line 6  ==> v = ideal(t,p*1e5);
```

همانطور که ملاحظه می کنید اشکال از سطر ۶ برنامه اصلی که مربوط بـه مراجعـه بـه تـابع اسـت گرفته شده و در حقیقت خطا در سطر ۴ تابع و مشخصاً در نحوه تقسیم دو بردار t و p وجـود دارد. به یاد بیاورید که در عملیات ماتریسی، ابعاد ماتریسها باید اجازه انجـام چنیـن عملـی را بدهـد. در اینجا با دو بردار t و p نمی توان عمل تقسیم را انجام داد و اصولاً در این مسـئله مقصـود از عبـارت بکار برده شده برای محاسبه حجم گاز کامل انجام محاسبه ماتریسی نمی باشـد. بنـابراین سـطر ۴ تابع ideal.m به شکل زیر تغییر داده می شود (بکار بردن تقسیم عضو به عضو بجـای ماتریسـی) تـا محاسبه حجم به صورت ماتریسی صورت نگیرد:

```
function v = ideal(t,p)

R = 8314;       % Gas constant (J/kmol.K)
v = R*t./p;       % Ideal gas law
```

اما با اجرای مجدد برنامه می بینید که مشکل حل نشده است:

```
» main
 Pressure (bar) = [1:10]
 Temperature (K) = 300:5:400
??? Error using ==> ./
Matrix dimensions must agree.

Error in ==> C:\MATLABR11\work\ideal.m
On line 4  ==> v = R*t./p;                   % Ideal gas law

Error in ==> C:\MATLABR11\work\main.m
On line 6  ==> v = ideal(t,p*1e5);
```

اگر تعداد مولفه های بردارهای t و p را در محیط کار MATLAB بخواهیم:

```
» length(p)
ans =
   10
» length(t)
ans =
   21
```

دیده می شود که این دو بردار هم اندازه نیستند و بنابراین عملیات عضو به عضو نیز نمی توان بر روی آن دو انجام داد. در اینجا چاره ای نیست جز آنکه از یک حلقه در محاسبات استفاده نمائید و مقادیر حجم ویژه را بر حسب دما، هر بار در یک فشار معین، محاسبه نمائید:

```
function v = ideal(t,p)

R = 8314;       % Gas constant (J/kmol.K)
for k = 1:length(p)
   v(:,k) = R*t/p(k);       % Ideal gas law
end
```

اما این بار نیز با پیغام خطا مواجه می شوید:

```
» main
 Pressure (bar) = [1:10]
 Temperature (K) = 300:5:400
??? In an assignment A(:,matrix) = B, the number of elements in the subscript of A
and the number of columns in B must be the same.

Error in ==> C:\MATLABR11\work\ideal.m
On line 5 ==>   v(:,k) = R*t/p(k);                    % Ideal gas law

Error in ==> C:\MATLABR11\work\main.m
On line 6 ==> v = ideal(t,p*1e5);
```

توجه کنید که بردار دما یک بردار سطری است و در نتیجه سمت راست عبارت محاسبه حجم یک بردار سطری خواهد بود. این در حالی است که در سمت چپ همان عبارت یک بردار ستونی قرار دارد و پیغام خطا نیز از همینجا ناشی می شود. بنابراین تابع ideal.m باید به شکل زیر تصحیح گردد:

```
function v = ideal(t,p)

R = 8314;       % Gas constant (J/kmol.K)
for k = 1:length(p)
   v(k,:) = R*t/p(k);       % Ideal gas law
end
```

این بار با اجرا کردن برنامه اصلی پیغام زیر را مشاهده می کنید:

```
» main
 Pressure (bar) = [1:10]
 Temperature (K) = 300:5:400
??? Undefined function or variable 'vol'.

Error in ==> C:\MATLABR11\work\main.m
On line 9  ==> surf(p,vol,t)
```

باز هم پیغام خطا! اما اگر دقت کنید می بینید که این بار پیغام خطا مربوط به تابع ideal.m نیست بلکه خطا از دستور مربوط به رسم داده ها گرفته شده است. در حقیقت تابع کار خود را بـه خوبـی انجام داده و رفع اشکال شده است. خطای این دفعه مربوط به اشتباه در نام متغیر اسـت. متغـیر v که قبلاً تعریف شده است اشتباهاً در دستور surf با نام vol بکار برده شده اسـت. ولـی vol قبـلاً تعریف نشده است و در نتیجه MATLAB آن را نمی شناسد. پـس از تصحیـح ایـن سـطر، برنامـه اصلی به صورت زیر خواهد بود:

```
% Input
p = input(' Pressure (bar) = ');
t = input(' Temperature (K) = ');

% Calculation
v = ideal(t,p*1e5);

% Plotting results
surf(p,v,t)
```

اجرای این برنامه پیغام زیر را به دنبال خواهد داشت:

```
» main
 Pressure (bar) = [1:10]
 Temperature (K) = 300:5:400
??? Error using ==> surface
Matrix dimensions must agree.

Error in ==> C:\MATLABR11\toolbox\matlab\graph3d\surf.m
On line 59  ==>     hh = surface(varargin{:});

Error in ==> C:\MATLABR11\work\main.m
On line 9  ==> surf(p,v,t)
```

خطای این دفعه باز هم مربوط به دستور surf و این بار در باره نحوه معرفی آرایه ها به آن است. بـا مراجعه به توضیحات (help) این دستـور مشخص می گردد که آرگومانـهای اول و دوم ایـن دسـتور می توانند بردار باشند ولی آرگومان سـوم باید ماتریس باشد. در این حالت طول آرگومانـهای اول و

دوم باید به ترتیب برابر با تعداد ستونها و سطرهای آرگومان سوم باشد. لـذا طبـق ایـن توضیحـات متغیر v باید آرگومان سوم دستور surf باشد و ضمناً با مشاهده ابعاد این متغیر:

```
» size(v)
ans =
   10    21
```

می توانید بگوئید که آرگومان اول باید بردار t و آرگومان دوم بـاید بـردار p باشـد. بنـابراین برنامـه اصلی باید به شکل زیر اصلاح گردد:

```
% Input
p = input(' Pressure (bar) = ');
t = input(' Temperature (K) = ');

% Calculation
v = ideal(t,p*1e5);

% Plotting results
surf(t,p,v)
xlabel('T (K)')
ylabel('P (bar)')
zlabel('V (m^3/kmol)')
view(135,30)
```

در صورت اجرای برنامه نتیجه نهایی را خواهید دید.

```
» main
 Pressure (bar) = [1:10]
 Temperature (K) = 300:5:400
```

۷-۲ دستورهای echo و keyboard

بکار بردن دستور echo باعث می گردد که هر سطر از برنامه اصلی قبل از آنکه اجرا گردد روی صفحه نمایش نشان داده شود. بنابراین ترتیب اجرای دستورات مشخص می شود. این دستور بویژه هنگامی که در برنامه حلقه ها و دستورات شرطی متعدد وجود دارد می تواند مفید واقع شود. در صورتی که بخواهید این دستور در هنگام اجرای تابع خاصی بکار بیفتد باید نام تابع مورد نظر را بعد از echo بیاورید. به هر حال، این دستور در بسیاری از موارد کمک چندانی به پیدا کردن خطای برنامه نمی کند زیرا در بیشتر موارد MATLAB سطری که برنامه در آن متوقف شده است را مشخص می نماید.

در صورت استفاده از دستور keyboard در میان برنامه، اجرای برنامه هنگامی که به آن دستور می رسد موقتاً متوقف می گردد و به شما اجازه می دهد که عملیات مورد نظرتان را انجام دهید. در چنین حالتی علامت «K را روی صفحه نمایشگر مشاهده خواهید نمود. برنامه پس از آنکه دستور return را وارد نمودید از جایی که متوقف شده بود، ادامه می یابد. این دستور بویژه در مواقعی بکار می رود که برنامه بواسطه اندازه و یا مقدار یک متغیر پیغام خطا می دهد. شما با استفاده از دستور keyboard امکان می یابید که اندازه و یا مقدار متغیر مورد سئوال را دیده و یا آن را تغییر دهید و پس از استفاده از دستور return اثر این تغییر را در اجرای ادامه برنامه مشاهده نمائید.