

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



## *Market Code*

نرم افزار طراحی مفهومی سیستم انتقال قدرت وسایل نقلیه الکتریکی

Software for Conceptual Design of Electric Vehicle Power Train

	شرکت بنا شریف	توسعه دهنده:
	شرکت بنا شریف	تهیه کننده مستند:
	۹۳/۱۲/۲۵	تاریخ تنظیم سند:

## فهرست مطالب

۳	۱ نرم افزار طراحی مفهومی .....
۳	۱.۱ راهنمای نصب و اجرا.....
۴	۲.۱ قسمت های اصلی برنامه.....
۴	۱.۲.۱ پنل مشخصات هدف.....
۵	۲.۲.۱ محاسبه حد تحمل تایرها در برابر گشتاور پیشران .....
۷	۳.۲.۱ محاسبه توان.....
۹	۴.۲.۱ انتخاب الکتروموتور .....
۱۰	۵.۲.۱ انتخاب کنترلر .....
۱۱	۶.۲.۱ محاسبه نسبت دنده ها .....
۱۴	۷.۲.۱ انتخاب باتری و آرایش آن .....
۱۶	۸.۲.۱ محاسبه پیمایش، سرعت و شتاب .....

## فهرست اشکال

- شکل ۱-۵ نمای کلی از نرم افزار ..... ۳
- شکل ۲-۵ انتخاب نوع وسیله نقلیه ..... ۴
- شکل ۳-۵ پنل اطلاعات ورودی و مشخصات هدف ..... ۴
- شکل ۴-۵ پاسخ نرم افزار نسبت به انتخاب محور محرک ..... ۵
- شکل ۵-۵ نمایش توان ورودی و خروجی ..... ۸
- شکل ۶-۵ قسمت انتخاب الکتروموتور ..... ۹
- شکل ۷-۵ پنل انتخاب کنترلر ..... ۱۰
- شکل ۸-۵ محل تنظیم نوع گشتاور الکتروموتور ..... ۱۲
- شکل ۹-۵ پنل انتخاب باتری ..... ۱۴
- شکل ۱۰-۵ پنل خروجی مشخصات باتری و کیت الکتريکی ..... ۱۶
- شکل ۱۱-۵ اطلاعات تحلیل دینامیک وسیله نقلیه ..... ۱۶
- شکل ۱۲-۵ نمودار شتاب، سرعت و مسافت ..... ۱۷

## فهرست جداول

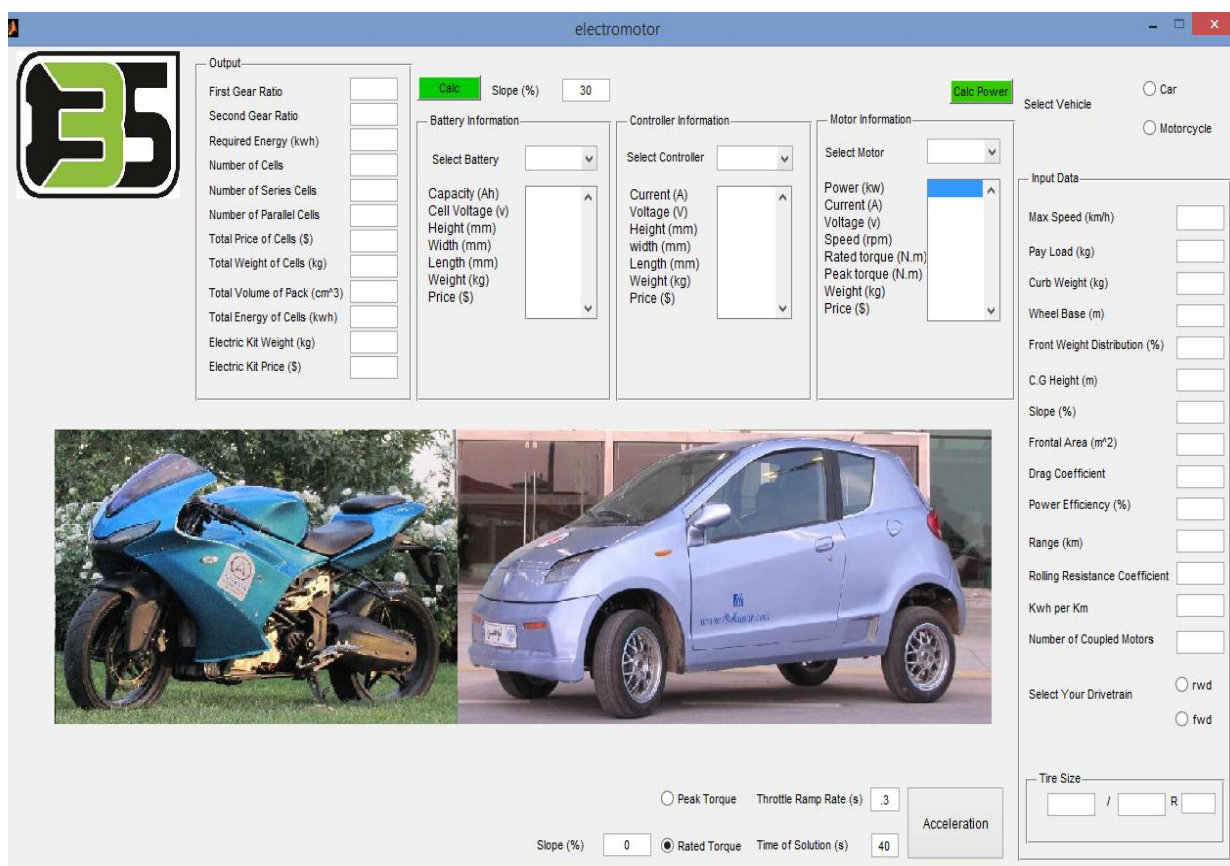
- جدول ۱-۵ نام متغیرهای ورودی در بخش محاسبه حد تحمل تایرها ..... ۵
- جدول ۲-۵ متغیرهای ورودی در بخش محاسبه توان ..... ۸
- جدول ۳-۵ متغیرهای خروجی محاسبه توان ..... ۸
- جدول ۴-۵ متغیرهای ورودی بخش محاسبه نسبت دنده و آرایش باتری ..... ۱۲
- جدول ۵-۵ متغیرهای ورودی محاسبه شتاب، سرعت و پیمایش ..... ۱۷

## ۱ نرم افزار طراحی مفهومی

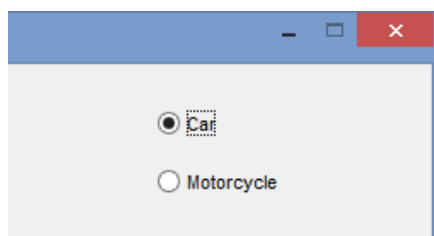
بر اساس روند ذکر شده در بالا نرم افزار تهیه شده است که بتوان سریعتر این فرایند را طی کرد. یکی از کارهایی که باید انجام شود تامین اطلاعات اولیه از قطعات موجود در بازار است. در ادامه بخش های مختلف نرم افزار تشریح شده است. این نرم افزار که به صورت رابط کاربری (GUI) نوشته شده است، جزییاتی را در بر دارد که در ادامه تشریح شده است.

### ۱.۱ راهنمای نصب و اجرا

پیش از نصب نرم افزار، پوشه program را در مسیر دلخواه کپی کنید. سپس در داخل پوشه مذکور روی فایل setup کلیک کنید، سپس پنجره ای باز می شود که مراحل نصب را به صورت خودکار انجام می دهد که شامل نصب کامپایلر نرم افزار MATLAB می باشد و مسیر نصب کامپایلر به صورت مجزا تعریف می شود و پس از آن نصب نرم افزار خاتمه می یابد. فایل Evehicle.exe را اجرا نموده تا پنجره اصلی نرم افزار ظاهر شود.



شکل ۱-۱ نمای کلی از نرم افزار



شکل ۲-۱ انتخاب نوع وسیله نقلیه

## ۲.۱ قسمت های اصلی برنامه

### ۱.۲.۱ پنل مشخصات هدف

پس از انتخاب نوع وسیله نقلیه طبق شکل ۲-۱، در این پنل اطلاعات ورودی به صورت پیش فرض ارائه می شود و در صورت نیاز کاربر می تواند با عوض کردن عددهای نمایش داده شده در کادرها تغییرات مورد نظر خود را در اطلاعات ورودی اعمال نماید، لازم به ذکر است که بیشتر اطلاعات مورد نیاز سایر بخش های نرم افزار نیز از این قسمت استخراج می شود.

 A screenshot of a software panel titled 'Input Data'. It contains a list of input fields, each with a label and a corresponding text box. The labels and values are as follows:
 

Label	Value
Max Speed (km/h)	100
Pay Load (kg)	75
Curb Weight (kg)	125
Wheel Base (m)	1.45
Front Weight Distribution (%)	65
C.G Height (m)	0.7
Slope (%)	0
Frontal Area (m <sup>2</sup> )	0.39
Drag Coefficient	1
Power Efficiency (%)	90
Range (km)	100
Rolling Resistance Coefficient	0.013
Kwh per Km	0.04
Number of Coupled Motors	1
Select Your Drivetrain	<input type="radio"/> rwd <input type="radio"/> fwd
Tire Size	<input type="text" value="110"/> / <input type="text" value="80"/> R <input type="text" value="16"/>

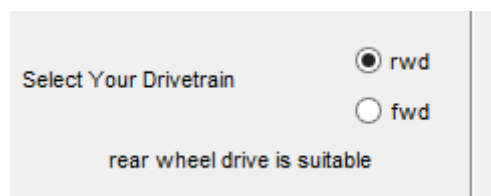
شکل ۳-۱ پنل اطلاعات ورودی و مشخصات هدف

## ۲.۲.۱ محاسبه حد تحمل تایرها در برابر گشتاور پیشران

پس از وارد کردن اطلاعات در پنل input data در قسمتی که متن select your drivetrain نوشته شده است باید انتخابی بین fwd و rwd صورت پذیرد، fwd مخفف front wheel drive به معنی محرکه جلو می- باشد و rwd مخفف محرکه عقب می باشد. در این قسمت ما تعیین می کنیم که نیروی پیشران به کدامیک از محورهای جلو و عقب وارد می شود.

با توجه به درصد شیبی که تعیین شده است، نرم افزار پیغام می دهد که با توجه به انتخاب ما وسیله نقلیه قادر به پیمودن شیب مورد نظر می باشد یا خیر.

در صورتی که احتمال هرزگردی تایر در محور انتخاب شده باشد نرم افزار پاسخ می دهد که محور انتخاب شده مناسب نیست.



شکل ۴-۱ پاسخ نرم افزار نسبت به انتخاب محور محرک

### جدول ۱-۱ نام متغیرهای ورودی در بخش محاسبه حد تحمل تایرها

واحد	تعریف متغیر	نام متغیر
kg	Pay load	Mp
kg	Curb weight	Mv
m	Wheelbase	l
%	Front weight distribution	wdf
m	c.g height	h
%	slope	slope
%	Power efficiency	eff
-	Drag coefficient	Cd
mm	Tire width	t <sup>۱</sup>
%	Aspect ratio	t <sup>۲</sup>
in	Rim diameter	t <sup>۳</sup>

### متغیرهای خروجی

نمایش پیغام تناسب یا عدم تناسب محور خروجی انتخاب شده

### محاسبات

در صورتی که محور عقب محور محرک باشد باید نیروی عمودی روی محور عقب در حالت شیبروی محاسبه شود:

$$w = W_v + W_p = M_p g + M_p g$$

$$b = L(1 - wdf) \quad (1-1)$$

$$w_r = \frac{w \sin(\theta)h}{L} + \frac{w \cos(\theta)b}{L}$$

بنابراین حداکثر مقدار گشتاوری که در این شرایط تایلر عقب می‌تواند تحمل کند محاسبه می‌شود:

$$T = r \times F_f = r \times \mu_f \times w_r \quad (2-1)$$

در صورتی که محور جلو محور محرک باشد باید نیروی عمودی روی محور جلو در حالت شیروی محاسبه شود:

$$c = L - b$$

$$w_f = -\frac{w \sin(\theta)h}{L} + \frac{w \cos(\theta)c}{L} \quad (3-1)$$

بنابراین حداکثر مقدار گشتاوری که در این شرایط تایلر جلو می‌تواند تحمل کند محاسبه می‌شود:

$$T = r \times F_f = r \times \mu_f \times w_f \quad (4-1)$$

می‌دانیم برای اینکه وسیله نقلیه بتواند شیب مورد نظر را بپیماید نیروی پیشران باید بتواند بر نیروی مقاومت غلتشی تایلر و نیروی گرانش در جهت مخالف حرکت غلبه کند در نتیجه داریم:

$$F_t - mg \sin(\theta) - mg \times \mu_r = 0$$

$$F_t = mg \sin(\theta) + mg \times \mu_r \quad (5-1)$$

با دانستن حداقل نیروی پیشران گشتاور مورد نیاز برای پیمودن شیب محاسبه می‌شود:

$$T_t = r \times F_t \quad (6-1)$$

شرط عدم هرزگردی تایرهای محور محرک این است که گشتاور مورد نیاز برای پیمایش شیب کمتر از گشتاور حد تحمل تایرها می‌باشد ( $T > T_t$ ).

در قسمت پایین کد نوشته شده برای تشخیص تناسب محور عقب نشان داده شده است:

```

%*****
%*****%
%***** Section 2-2-5
%*****%
%*****
%*****%
r=(t1*...t2)*2+t3*...t4)/2;%radius of wheel
b=l*(1-...wdf);
slope=slope/100;
g=9.8;%gravity
w=(Mp+Mv)*g;%gravity force
Ff=Cr*w;%rolling resistance force

```

```

teta=atan(slope);%angle of slope
Ft=w*sin(teta)+Ff;%traction force
T=r*Ft;
set(handles.text۲۱,'string','')
Wr=(w*sin(teta)*h+w*cos(teta)*b)/l;
mu=.۸;%coefficient of friction
T۱=r*mu*Wr;
if T۱>T
set(handles.text۲۱,'string',' rear wheel drive is suitable')
else
set(handles.text۲۱,'string',' rear wheel drive is not
suitable')
end

```

کد نوشته شده برای تشخیص تناسب محور جلو به صورت زیر نشان داده شده است:

```

g=۹.۸;%gravity
w=(Mp+Mv)*g;%gravity force
ru=۱.۲;%density of air
Ff=Cr*w;%rolling resistance force
teta=atan(slope);%angle of slope
Ft=w*sin(teta)+Ff;%traction force
T=r*Ft;
set(handles.text۲۱,'string','')
b=l*(۱-.۰۱*wdf);
c=l-b;%Range between CoG and rear axle
Wf=(-w*sin(teta)*h+w*cos(teta)*c)/l;
mu=.۸;%coefficient of friction
T۱=r*mu*Wf;
if T۱>T
set(handles.text۲۱,'string','front wheel drive is suitable')
else
set(handles.text۲۱,'string',' front wheel drive is not
suitable')
end
%*****
*****%

```

## ۳.۲.۱ محاسبه توان

در این قسمت با توجه به اینکه وسیله نقلیه در چه شیبی با چه سرعتی قادر به حرکت به مدت طولانی می-باشد توان مورد نیاز با فشردن کلید CalcPower محاسبه می‌شود.



Input Power(w)	6339.4616	Output Power(w)	5705.52	Calc Power
----------------	-----------	-----------------	---------	------------

شکل ۵-۱ نمایش توان ورودی و خروجی

### متغیرهای ورودی

جدول ۲-۱ متغیرهای ورودی در بخش محاسبه توان

واحد	تعریف متغیر	نام متغیر
Km/h	Max speed	<b>Vmax</b>
kg	Pay load	<b>Mp</b>
kg	Curb wieght	<b>Mv</b>
m <sup>۲</sup>	Frontal area	<b>A</b>
-	Drag coefficient	<b>Cd</b>
-	rolling resistance coefficient	<b>Cr</b>
%	Power efficiency	<b>eff</b>
%	slope	<b>slope</b>
-	Number of Coupled Motors	<b>Nm</b>

### متغیرهای خروجی

جدول ۳-۱ متغیرهای خروجی محاسبه توان

واحد	تعریف متغیر	نام متغیر
w	Output power	<b>Po</b>
w	Input Power	<b>Pi</b>

### نحوه محاسبه توان مورد نیاز

توان مورد نیاز به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$F_t = 0.5 \times A \times C_d \times \rho \times V^2 + mg \times \mu_r + mg \sin(\theta) \quad (۷-۱)$$

$$P = F_t \times V$$

در زیر کد نوشته شده برای محاسبه توان نشان داده شده است:

```

%*****
*****%
%*****
Section ۳-۲-۵
%*****
%*****%
g=۹.۸;%gravity
w=(Mp+Mv)*g;%gravity force
ru=۱.۲;%density of air
Vmax=Vmax/۲.۶;
Fslope=w*sin(teta);
Fd=.۵*ru*Cd*A*Vmax^۲;%aerodynamic dreg force

```

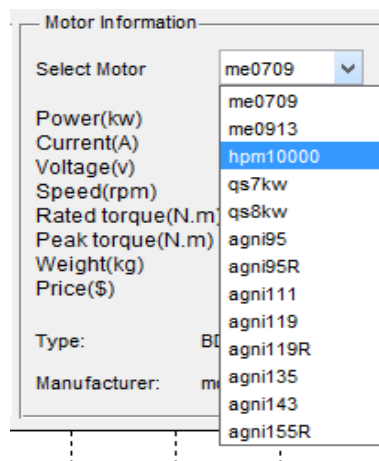
```

Ff=Cr*w;%rolling resistance force
Po=(Fd+Ff+Fslope)*Vmax;%required power
Nm=get(handles.edit۲۸,'string');
Nm=str2num(Nm);%number of electro motor
[type manufacturer g motor]=crmotor(Po,eff,Nm);
set(handles.text۱۲,'string',Po)
Pi=Po/eff;%input power
Pi=num2str(Pi);
%*****
*****%

```

## ۴.۲.۱ انتخاب الکتروموتور

باتوجه به توان محاسبه شده و بازده تعیین شده تعدادی از الکتروموتورها که قدرت تامین آن توان را داشته باشند در قسمت انتخاب الکتروموتور موجود می‌باشد. بعد از انتخاب الکتروموتور مشخصات آن به نمایش در می‌آید.



شکل ۶-۱ قسمت انتخاب الکتروموتور

کد نوشته شده برای محدود کردن انتخاب الکترو موتور به صورت زیر است:

```

%*****
*****%
%*****
Section ۴-۲-۵
*****%
%*****
*****%
function [type manufacturer g motor]=crmotor(Po,eff,Nm)
[a b c]=xlsread('motor.xlsx');
b(\,:)=[];
g=b(:,\);

```

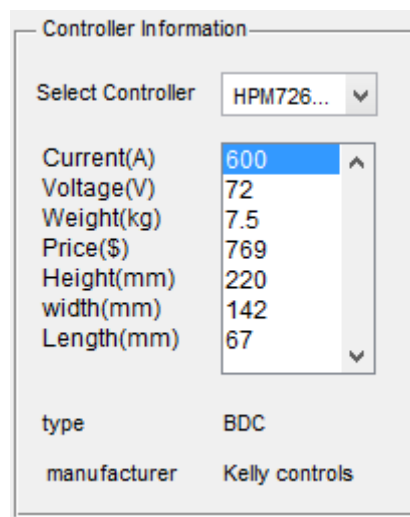
```

type=b(:,2);
manufacturer=b(:,2);
motor=a;%numeric values of motor
if Po~=0
    q=size(a,1);
    for i=q:-1:1
        if Nm*motor(i,1)*1000*eff<Po
            motor(i,:)=[];
            g(i,:)=[];
            type(i,:)=[];
            manufacturer(i,:)=[];
        end
    end
end
%*****
*****%

```

## ۵.۲.۱ انتخاب کنترلر

در کنار پنل انتخاب الکتروموتور پنل انتخاب کنترلر قرار دارد که با توجه به ولتاژ و جریان نامی و نوع الکتروموتور انتخاب شده، تعداد کنترلرهای قابل انتخاب محدود می‌شود. بعد از انتخاب کنترلر مشخصات آن به نمایش درمی‌آید.



شکل ۷-۱ پنل انتخاب کنترلر

در این قسمت کد نوشته شده برای محدود کردن کنترلر به صورت زیر نمایش داده می‌شود:

```

%*****
*****%
%*****
*****%

```

Section

۵-۲-۵

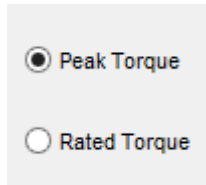
```

%*****
*****%
[a b c]=xlsread('controller.xlsx');
b(\, :)=[];
s=b;
d=a;
q=size(a, \);
fori=q:-\:\
if d(i, \)<I||d(i, ۲)<V
d(i, :)=[];
s(i, :)=[];
end
end
rt=get(handles.text۳۸, 'string');
wm=length(char(rt));
q=size(s, \);
fori=q:-\:\
s(i, \)
s(i, ۲)
wc=length(char(s(i, ۲)));
ifwm==۳
ifwc~=۳
d(i, :)=[];
s(i, :)=[];
end
elseifwm~=۳
ifwc==۳
d(i, :)=[];
s(i, :)=[];
end
end
end
%*****
*****%

```

## ۶.۲.۱ محاسبه نسبت دنده ها

برای آنکه وسیله نقلیه مورد نظر بتواند شیب دلخواه را طی نماید و به حداکثر سرعت مورد نظر دست یابد حداقل دو نسبت دنده مورد نیاز است که نرم افزار آنها را محاسبه می کند. برای راحتی در این کار مقدار شیب جاده در کادری مجزا از کاربر گرفته می شود. در قسمت پایین صفحه می توان نسبت دنده شیب روی را برای حالت استفاده از گشتاور پیک یا گشتاور نامی تنظیم کرد.



شکل ۸-۱ محل تنظیم نوع گشتاور الکتروموتور

## متغیرهای ورودی

جدول ۴-۱ متغیرهای ورودی بخش محاسبه نسبت دنده و آرایش باتری

واحد	تعریف متغیر	نام متغیر
km/h	Max speed	<b>vmax</b>
kg	Pay load	<b>mr</b>
kg	Curb wieght	<b>mm</b>
m <sup>2</sup>	Frontal area	<b>A</b>
-	Drag coefficient	<b>cd</b>
-	rolling resistance coefficient	<b>cf</b>
%	Power efficiency	<b>nm</b>
%	slope	<b>slope</b>
mm	Tire width	<b>t<sup>۱</sup></b>
%	Aspect ratio	<b>t<sup>۲</sup></b>
in	Rim diameter	<b>t<sup>۳</sup></b>
km	Range	<b>Range</b>
-	اطلاعات ورودی موتور	<b>motor</b>
-	اطلاعات ورودیباتری	<b>battery</b>

## متغیرهای خروجی

واحد	تعریف متغیر	نام متغیر
-	First Gear Ratio	<b>n<sup>۱</sup></b>
-	Second Gear Ratio	<b>n<sup>۲</sup></b>
-	Number of Cells	<b>ncell</b>
-	Number of Series Cells	<b>N</b>
-	Number of Parallel Cells	<b>M</b>
Cm <sup>3</sup>	Total Volume of Pack	<b>tv</b>
\$	Total Price of Cells	<b>tp</b>
kg	Total Weight of Cells	<b>tw</b>
kwh	Required Energy	<b>kwh</b>
kwh	Total Energy of Cells	<b>kwh</b>
kg	Electric Kit Weight	<b>wk</b>
\$	Electric Kit Price	<b>pk</b>

## تعیین نسبت دنده اول

با توجه به اینکه گشتاور ماکزیمم موتور چه مقدار می باشد باید نسبت دنده ای بدست آوریم تا گشتاور مورد نیاز برای شیروی راتامین کند در نتیجه داریم:

$$N_1 = \frac{T_t}{\eta T_M} \quad (۸-۱)$$

## تعیین نسبت دنده دوم

نسبت دنده دوم بر این اساس تعیین می‌شود که حداکثر سرعت دورانی چرخ عقب مقداری باشد که در آن سرعت، حداکثر سرعت الکتروموتور نیز اتفاق بی‌افتد در نتیجه داریم:

$$N_2 = \frac{\omega_{M \times r}}{V_{Max}} \quad (9-1)$$

کد این قسمت به صورت زیر است:

```

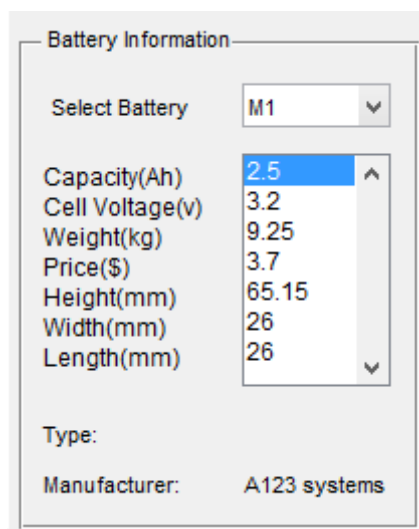
%*****
%*****%
%*****                               Section           ۶-۲-۵
%*****%
%*****
%*****%
g=۹.۸;%gravity
w=(Mp+Mv) *g;%gravity force
ru=۱.۲;%density of air
Vmax=Vmax/۲.۶;
Fd=.۰*ru*Cd*A*Vmax^۲;%aerodynamic drag force
Ff=Cr*w;%rolling resistance force
Po=(Fd+Ff) *Vmax;%required power
set(handles.text۱۲,'string',Po)
teta=atan(slope);%angle of slope
Ft=w*sin(teta)+Ff;%traction force
T=r*Ft;
Po=get(handles.text۱۲,'string');
Po=str2num(Po);%required power
Nm=get(handles.edit۲۸,'string');
Nm=str2num(Nm);%number of electro motor
[type manufacturer g motor]=crlmotor(Po,eff,Nm);
a=get(handles.popupmenu۲,'value');
omegamax=motor(a,۱);%angular velocity at maximum power
st=get(handles.radiobutton۳,'value');
ifst==۱
Tmax=Nm*motor(a,۱);
else
Tmax=Nm*motor(a,۰);
end
n۱=T/(eff*Tmax);%first gear ratio
n۲=(omegamax*۲*pi/۶۰)/(Vmax/r);%second gear ratio
%*****
%*****%

```

اگر نسبت دنده دوم بزرگتر از نسبت دنده اول باشد نسبت دنده اول برابر نسبت دنده دوم می‌شود و به عبارتی فقط از نسبت دنده دوم استفاده می‌شود. اگر کاربر خواهان استفاده از یک نسبت دنده باشد باید مقدار عددی یکسانی را در کادرهای هر دو نسبت دنده وارد کند.

## ۷.۲.۱ انتخاب باتری و آرایش آن

نوع باتری ها در قسمت پنل باتری تعیین می‌شود و پس از انتخاب آن از قسمت منو مشخصات باتری انتخابی نمایش داده می‌شود.



شکل ۹-۱ پنل انتخاب باتری

تعداد باتری ها بر اساس نوع باتری انتخاب شده و مقدار پیمایش که در پنل ورودی از کاربر گرفته شده تنظیم می‌شود و نحوه چینش آن بر اساس ولتاژ و جریان نامی موتور تعیین می‌شود. کد زیر نحوه آرایش باتری ها و وزن و قیمت کل سلول ها را محاسبه می‌کند.

```

%*****
*****%
%*****
Section ۷-۲-۵
*****%
%*****
*****%
RhoE=get(handles.edit۳۷,'string');
RhoE=str۲num(RhoE);%required travelling Range
kwh=Range*RhoE;%required energy to travelling Range
b۱=get(handles.listbox۳,'string');
b۱=str۲num(b۱);
ah=b۱(۱);%capacity of battery cells
v=b۱(۲);%voltage of battery cells
volx=b۱(۳);%length of battery cells

```

```

volz=b\(\xi);%height of battery cells
voly=b\(\sigma);%width of battery cells
price=b\(\gamma);%price of battery cells
weight=b\(\iota);%weight if battery cells
vol=volx*voly*volz/(1000*.75);%volume of battery cells
m=get(handles.listbox\,'string');
vm=str2num(m(3,:));%voltage of electromotor
N=round(vm/v);
M=ceil(kwh*1000/(N*v*ah));
ncell=M*N;%number of battery cells
te=ncell*v*ah/1000;%total energy of battery cells
tv=ncell*vol;%total volume of battery cells
tp=ncell*price;%total price of battery cells
tw=ncell*weight;%total weight if battery cells
p1=str2num(m(1,:));%price of electromotor
p2=tp;
p3=get(handles.listbox\x,'string');
p4=str2num(p3(7,:));%price of controller
kp=p1+p2+p4;
w1=str2num(m(7,:));%weight of electromotor
w2=tw;
w3=get(handles.listbox\x,'string');
w4=str2num(w3(6,:));%weight of controller
wk=w1+w2+w4;
%*****
*****%

```

در نهایت خروجی این قسمت با فشردن کلید Calc در پنل خروجی نمایش داده می شود.



Output	
First Gear Ratio	10.9182
Second Gear Ratio	3.82601
Required Energy (kwh)	4
Number of Cells	69
Number of Series Cells	23
Number of Parallel Cells	3
Total Price of Cells (\$)	1919.58
Total Weight of Cells (kg)	51.75
Total Volume of Pack (cm <sup>3</sup> )	41700.3
Total Energy of Cells (kwh)	4.416
Electric Kit Weight (kg)	75.45
Electric Kit Price (\$)	2821.58

شکل ۱۰-۱ پنل خروجی مشخصات باتری و کیت الکتریکی

نکته: قیمت و وزن کیت الکتریکی که در پنل خروجی که در شکل ۱۰-۱ نمایش داده شده شامل الکتروموتور، کنترلر و سلول های باتری انتخاب شده است.

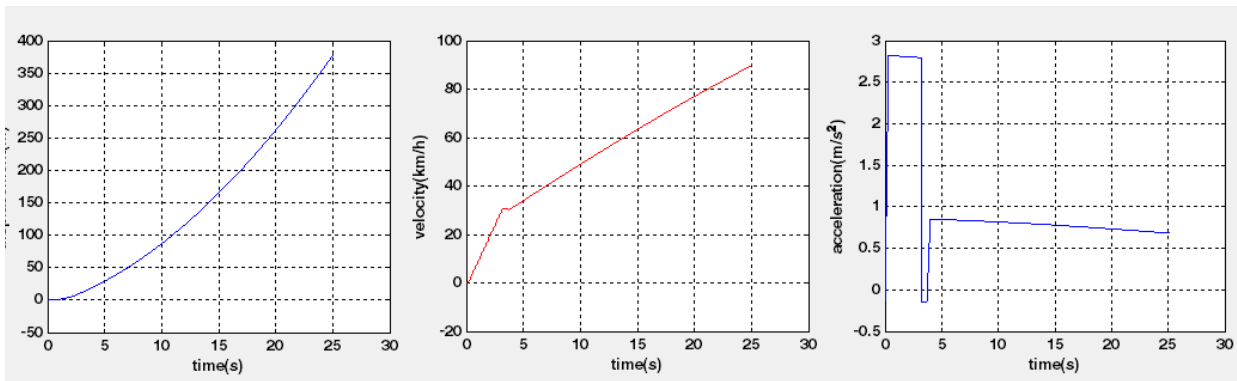
### ۸.۲.۱ محاسبه پیمایش، سرعت و شتاب

در این قسمت فرض بر این است که راکب با گاز پر شروع به حرکت می کند و تا حداکثر سرعت این روند ادامه می یابد، همچنین نیم ثانیه برای تعویض دنده زمان صرف می شود. اطلاعات ورودی که مخصوص این قسمت می باشد شامل مدت زمان حل مساله (time of solution) و تعیین نوع گشتاور موتور و مدت زمان پرکردن گاز هنگام شروع حرکت وبعد از تعویض دنده می باشد که با نام throttle ramp rate تعریف شده است.

Peak Torque Duration (s)	<input type="text" value="10"/>	<input checked="" type="radio"/> Peak Torque	Throttle Ramp Rate (s)	<input type="text" value="0.3"/>	Acceleration
Slope(%)	<input type="text" value="0"/>	<input type="radio"/> Rated Torque	Time of Solution (s)	<input type="text" value="40"/>	

شکل ۱۱-۱ اطلاعات تحلیل دینامیک وسیله نقلیه

برای راحتی کاربر مقدار شیب در شبیه سازی به صورت مجزا از کاربر گرفته می شود. اگر کاربر گشتاور پیک را انتخاب کرده باشد مدت زمانی که می توان از گشتاور پیک استفاده کند نیز باید تعیین شود، بعد از آن مدت گشتاور خروجی به حالت نامی برمی گردد. پس از کامل کردن اطلاعات ورودی با فشردن کلید acceleration سه نمودار پیمایش و سرعت و شتاب هر سه بر حسب زمان نمایش داده می شود.



شکل ۱-۱۲ نمودار شتاب، سرعت و مسافت

با تغییر اطلاعات پنل ورودی و نسبت دنده در پنل خروجی با فشردن مجدد کلید acceleration خروجی نمودارها تغییر خواهد کرد.

### متغیرهای ورودی

جدول ۱-۵ متغیرهای ورودی محاسبه شتاب، سرعت و پیمایش

واحد	تعریف متغیر	نام متغیر
Km/h	Max speed	<b>Vmax</b>
kg	Pay load	<b>Mp</b>
kg	Curb wieght	<b>Mv</b>
m <sup>2</sup>	Frontal area	<b>A</b>
-	Drag coefficient	<b>Cd</b>
-	rolling resistance coefficient	<b>Cr</b>
%	Power efficiency	<b>eff</b>
%	slope	<b>slope</b>
mm	Tire width	<b>t<sup>۱</sup></b>
%	Aspect ratio	<b>t<sup>۲</sup></b>
in	Rim diameter	<b>t<sup>۳</sup></b>
s	Time of Solution	<b>Time</b>
s	Throttle Ramp Rate	<b>td</b>

### متغیرهای خروجی

واحد	تعریف متغیر	نام متغیر
m/s <sup>2</sup>	acceleration	<b>a</b>
m/s	velocity	<b>v</b>
m	displacement	<b>x</b>

روند محاسبه مسافت طی شده، سرعت و شتاب نسبت به زمان

با استفاده از قانون دوم نیوتن، دیفرانسیل سرعت از رابطه زیر محاسبه می‌شود، در این رابطه  $F_{slope}$  نیروی گرانش در راستای شیب جاده،  $F_f$  نیروی مقاومت غلتشی تایرها،  $F_d$  نیروی مقاوم آیرودینامیکی،  $F_t$  نیروی پیشران،  $m_m$  جرم وسیله نقلیه و  $m_r$  جرم موتور سوار می‌باشد.

$$dv = \frac{(F_t - F_d - F_f - F_{slope})}{m_m + m_r} dt \quad (10-1)$$

با تعیین dt در این رابطه می توان سرعت را در هر لحظه نسبت به زمان محاسبه کرد:

$$v_{new} = v_{old} + dv \quad (11-1)$$

زمان متناظر به صورت روبه رو محاسبه می شود:

$$t_{new} = t_{old} + dt \quad (12-1)$$

رابطه شتاب و مسافت طی شده نیز به صورت روبه رو است:

$$a = \frac{dv}{dt} \quad (13-1)$$

$$x_{new} = vdt + x_{old}$$

کد نوشته شده برای محاسبه مسافت طی شده، سرعت و شتاب نسبت به زمان به صورت زیر است:

```

%*****
%*****
%***** Section ۸-۲-۵
%*****
%*****
for i=1:10000
if t>ptd
Tmax=Nm*motor(a\,o);
end
if t<td && td>.001
T=Tmax*(t)/td;
else
T=Tmax;
end
Ftr=T*eff*n\r;%traction force
Fd=.o*ru*Cd*A*v^۲;%aerodynamic dreg force
if v<.
Fd=-.o*ru*Cd*A*v^۲;
% Ff=-Cr*w;
end
if v<-۳ && t>td
Ftr=۰;
end
dv=(Ftr-Fd-Ff-Fslope)*dt/(Mp+Mv);

```

```

v=v+dv;%velocity
t=t+dt;
hh=hh+1;
a=dv/dt;%acceleration
x=x+v*dt;%displacement
X(hh)=x;
V(hh)=v;
ACC(hh)=a;
time(hh)=t;
if v>vn\
break
end
if t>Time
break
end
end
vn^=(omegamax*r/n^);
fori=1:.0/dt
if t>Time
break
end
Fd=.0*ru*Cd*A*v^%;%aerodynamic drag force
a=- (Fd+Ff+Fslope) / (Mp+Mv) ;%acceleration
t=t+dt;
dv=a*dt;
v=v+dv;%velocity
x=x+v*dt;%displacement
hh=hh+1;
X(hh)=x;
V(hh)=v;
ACC(hh)=a;
time(hh)=t;
end
d=t;
%while v<vn^
fori=1:100000
if t>ptd
Tmax=Nm*motor(a,0);
end
if t>Time
break
end
if t<d+td&& td>.001
T=Tmax*(t-d)/td;
else

```

```

        T=Tmax;
end
Ftr=T*eff*n^2/r;%traction force
Fd=.0*ru*Cd*A*v^2;%aerodynamic drag force
if v<.
Fd=-.0*ru*Cd*A*v^2;
Ff=-Cr*w;
end
if v<-.1
Ftr=.;
end
dv=(Ftr-Fd-Ff-Fslope)*dt/(Mp+Mv);
v=v+dv;%velocity
t=t+dt;
a=dv/dt;%acceleration
x=x+v*dt;%displacement
hh=hh+1;
X(hh)=x;
V(hh)=v;
ACC(hh)=a;
time(hh)=t;
if v>vn^2
break
end
end
%*****
*****%

```