



ارتعاشات پیشا و کاربرد آن در مهندسی زلزله

در نرم افزار های

SeismoSignal و MatLab

جلسه سوم: پردازش و محاسبه

پارامترهای شتابنگاشت در

SeismoSignal



# معرفی SeismoSignal

2

beheshtikhah@gmail.com

محمد حسین بهشتی خواه

- نرم افزار SeismoSignal که برای پردازش شتابنگاشت های قوی نوشته شده، یک نرم افزار تجاری است که قادر است علاوه بر پردازش شتابنگاشت، پارامتر های مهم آن را محاسبه کند.
- از مهمترین این پارامتر ها عبارتند از:

1. مقادیر بیشینه **Peak ground values of acceleration (PGA), velocity (PGV) and displacement (PGD)**  
 $PGA = \max|a(t)|$  ;  $PGV = \max|v(t)|$  ;  $PGD = \max|d(t)|$

2. نسبت سرعت بیشینه به شتاب بیشینه **Peak velocity and acceleration ratio (vmax/amax)**  
$$v_{\max}/a_{\max} = \frac{\max|v(t)|}{\max|a(t)|}$$

3. شدت آریاس **Arias Intensity (Ia)**  
$$I_a = \frac{\pi}{2g} \int_0^{\infty} [a(t)]^2 dt$$

4. RMS **Root-mean-square (RMS) of acceleration, velocity and displacement**  
$$a_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{1}{t_r} \int_0^t [a(t)]^2 dt} ; v_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{1}{t_r} \int_0^t [v(t)]^2 dt} ; d_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{1}{t_r} \int_0^t [d(t)]^2 dt}$$



# معرفی SeismoSignal

5. طول موثر
  6. پریود غالب
  7. طیف توان و طیف فوریه
  8. طیف پاسخ و شبه پاسخ الاستیک
  9. طیف پاسخ غیرالاستیک
  10. ...
- این برنامه قادر است شتابنگاشت ها با فرمت های ساختاری متفاوت را بازخوانی کند.



# بازخوانی فایل ها

4

beheshtikhah@gmail.com

محمد حسین بهشتی خواه

## Single-value per line input text files

### Example file 1

Time	Acceleration	Velocity	Displacement
0.0000	0.0011	-0.1710	0.0000
0.0100	0.0031	-0.4239	-0.0029
0.0200	0.0045	-0.6480	-0.0084
0.0300	0.0043	-0.5071	-0.0141
0.0400	0.0032	-0.0579	-0.0169
0.0500	0.0029	0.3491	-0.0154
0.0600	0.0037	0.3877	-0.0118
0.0700	0.0037	0.2660	-0.0085
0.0800	0.0019	0.2502	-0.0060
0.0900	-0.0005	0.3418	-0.0029
0.1000	-0.0011	0.3910	0.0007
0.1100	0.0013	0.3858	0.0045

### Example file 2

Acceleration
0.0011
0.0031
0.0045
0.0043
0.0032
0.0029
0.0037
0.0037
0.0019
-0.0005
-0.0011
0.0013



# بازخوانی فایل ها

5

beheshtikhah@gmail.com

محمد حسین بهشتی خواه

## + Multiple-value per line input text files

### Example file 3

acceleration values only

dt = 0.005

0.00468	0.01284	0.02032	0.01953
0.04397	0.09619	0.02929	-0.18252
-0.15370	-0.01253	0.09172	0.26058
*** **	*** **	*** **	*** **
*** **	*** **	*** **	*** **

### Example file 4

time + acceleration values

0.005	0.00468	0.010	0.01284
0.015	0.02032	0.020	0.01953
0.025	0.04397	0.030	0.09619
*** **	*** **	*** **	*** **
*** **	*** **	*** **	*** **



# اصلاح خط مبنا

□ این نرم افزار، برای اصلاح خط مبنا از روش حداقل مربع خطا استفاده می کند.

1. ثابت  $y=a_0$

2. خطی  $y=a_0+a_1*x$  (پیش فرض)

3. درجه دو  $y=a_0+a_1*x+a_2*x^2$

4. درجه سه  $y=a_0+a_1*x+a_2*x^2+a_3*x^3$



# یادآوری: مفهوم “Polynomial Type”

7

beheshtikhah@gmail.com

محمد حسین بهشتی خواه

- `clc;clear all;`
- `a3=1;a2=1;a1=1;a0=1;`
- `x=0:0.01:1;`
- `y3=a3*x.^3+a2*x.^2+a1*x+a0;`
- `y2=a2*x.^2+a1*x+a0;`
- `y1=a1*x+a0;`
- `y0=a0;`
- `figure(1);hold on;grid on`
- `plot(x,y3);plot(x,y2);plot(x,y1);plot(x,y0);`
- `ylim([0 4]);xlabel('x');ylabel('y');`

□ در نرم افزار SeismoSignal چهار نوع چندخطی برای اصلاح خط مبنا تعریف شده است. این چندخطی ها برای تقرب به ذهن در نرم افزار متلب نوشته و نشان داده شده است.

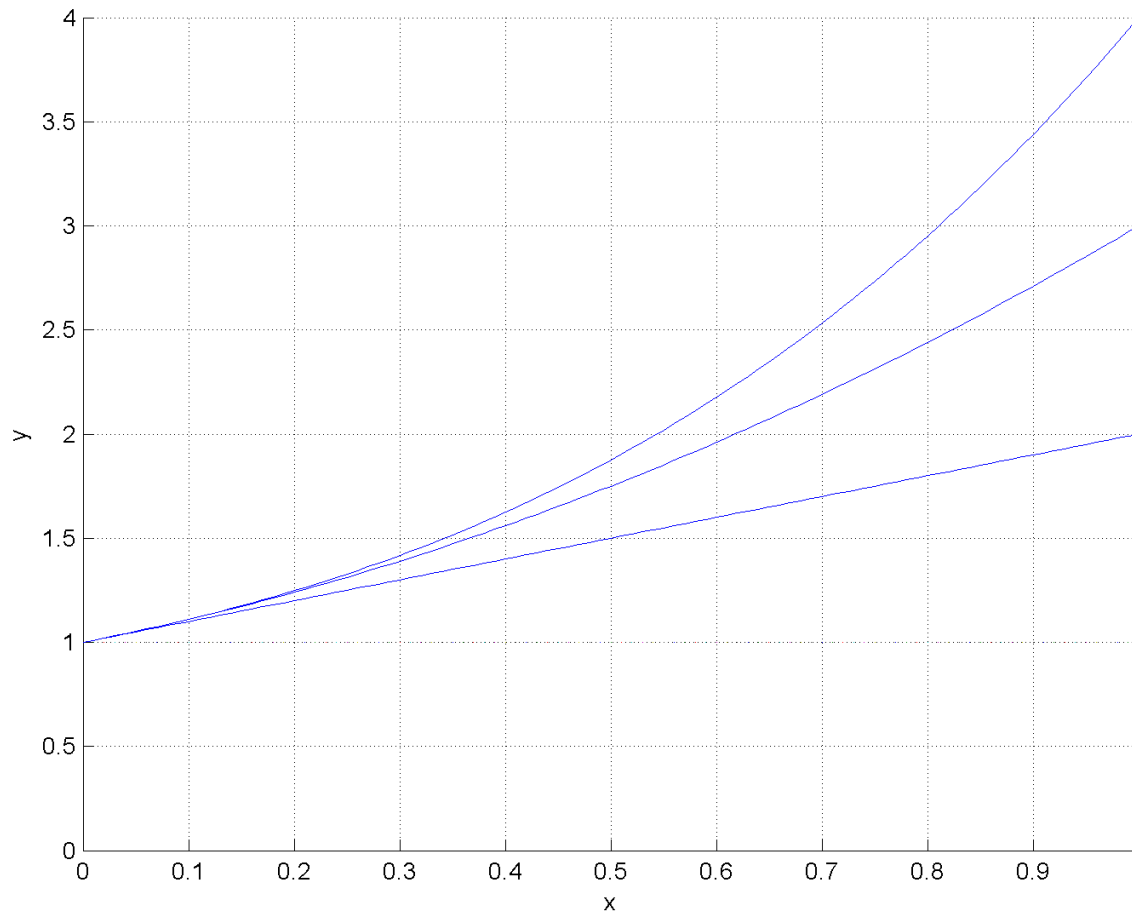


# یادآوری: مفهوم “Polynomial Type”

8

beheshtikhah@gmail.com

محمد حسین بهشتی خواه



□ بنابراین اصلاح خط مبنا  
نمی تواند موج های با پریود  
بلند را از شتابنگاشت حذف  
کند.





# فیلتر

□ پارامتر های فرکانسی

1.  $\text{Freq1} = \text{فرکانس cut-off بالا گذر}$

2.  $\text{freq2} = \text{فرکانس cut-off پایین گذر}$

3.  $\text{Freq1 تا freq2} = \text{فرکانس های cut-off میان گذر (پیش فرض)}$

□ انواع فیلتر ها (IIR) infinite-impulse-response

1. Butterworth (پیش فرض)

2. Chebyshev

3. Bessel



# Butterworth فیلتر

10

beheshtikhah@gmail.com

محمد حسین بهشتی خواه

- The **Butterworth filter** is a type of signal processing filter designed to have as flat a frequency response as possible in the passband. It is also referred to as a **maximally flat magnitude filter**. It was first described in 1930 by the British engineer Stephen Butterworth in his paper entitled "On the Theory of Filter Amplifiers".
- Butterworth stated that: "An ideal electrical filter should not only completely reject the unwanted frequencies but should also have uniform sensitivity for the wanted frequencies".
- frequency response (gain) is:

$$G(f) = \frac{1}{\sqrt{1 + (f / f_n)^{2n}}}$$

```
clc;clear all;  
f=0:0.01:100;  
fn=20;  
n=5;  
g=1./(1+(f./fn).^(2*n)).^0.5;  
plot(f,g);
```



# Butterworth فیلتر

- where  $\omega$  is the angular frequency in radians per second and  $n$  is the number of reactive elements (poles) in the filter. If  $\omega = 1$ , the amplitude response of this type of filter in the passband is  $1/\sqrt{2} \approx 0.707$ , which is half power or  $-3$  dB.
  - Butterworth also showed that his basic low-pass filter could be modified to give low-pass, high-pass, band-pass and band-stop functionality.
  - The frequency response of the Butterworth filter is maximally flat (i.e. has no ripples) in the passband and rolls off towards zero in the stopband
1. Compared with a Chebyshev Type I/Type II filter or an elliptic filter, the Butterworth filter has a slower roll-off, and thus will require a higher order to implement a particular stopband specification,



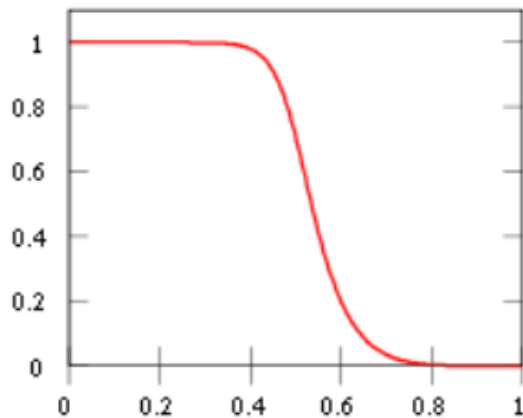
## مقایسه با دیگر فیلترها

12

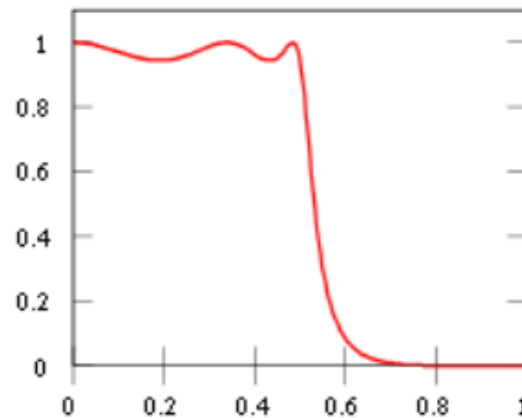
beheshtikhah@gmail.com

محمد حسین بهشتی خواه

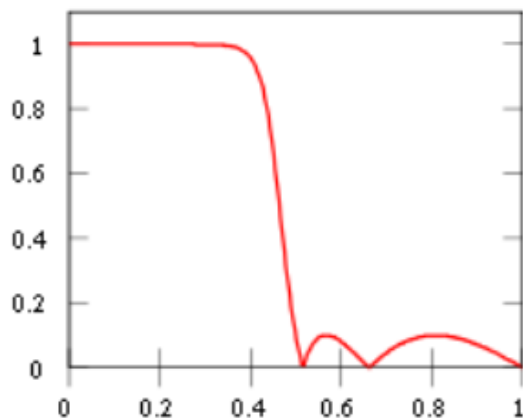
Butterworth



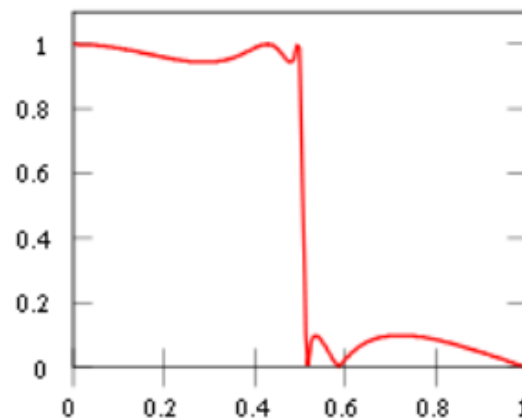
Chebyshev type 1



Chebyshev type 2



Elliptic



- All of these filters are fifth-order.
- Butterworth filter – no gain ripple in pass band and stop band, slow cutoff
- Chebyshev filter (Type I) – no gain ripple in stop band, moderate cutoff
- Chebyshev filter (Type II) – no gain ripple in pass band, moderate cutoff
- Bessel filter – no group delay ripple, no gain ripple in both bands, slow gain cutoff
- Elliptic filter – gain ripple in pass and stop band, fast cutoff

VOL1DS FILE: 2749/01

www.NoavaranGermi.ir



Inst Type = SSA-2

Origin Time : 2002/06/22 02:58:20

L

COMP L1

Avaj Station 35.580 N 49.220 E Altitude 1904m Azimuth L 119 T 209

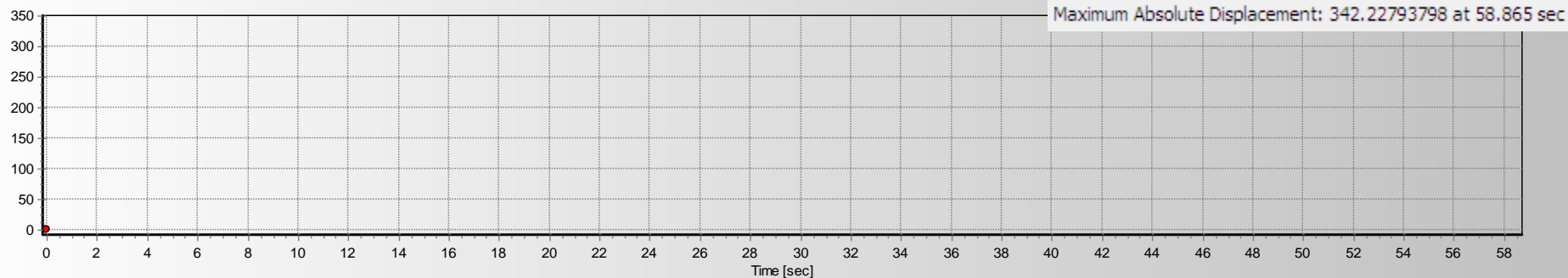
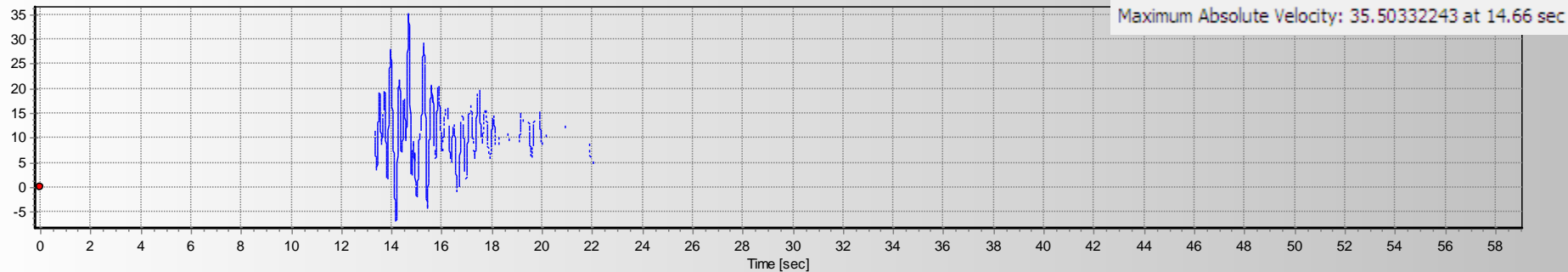
Epicenter 35.710 N 49.020 E FD Km mb Ms Mw M ML6.2(BHRC )

INSTR PERIOD = .020 SEC DAMPING = .640

NO. OF POINTS = 11776 DURATION = 58.880

Figure 1: Acceleration time history

Figure 2: Displacement time history



Baseline Correction

Polynomial Type

- ☐ Constant  
☒ Linear  
☐ Quadratic  
☐ Cubic

Polynomial Coefficients

a0 = 0.001  
a1 = -0.000  
a2 = 0.000  
a3 = 0.000

Filtering

Filter Type

- ☒ Butterworth  
☐ Chebyshev  
☐ Bessel

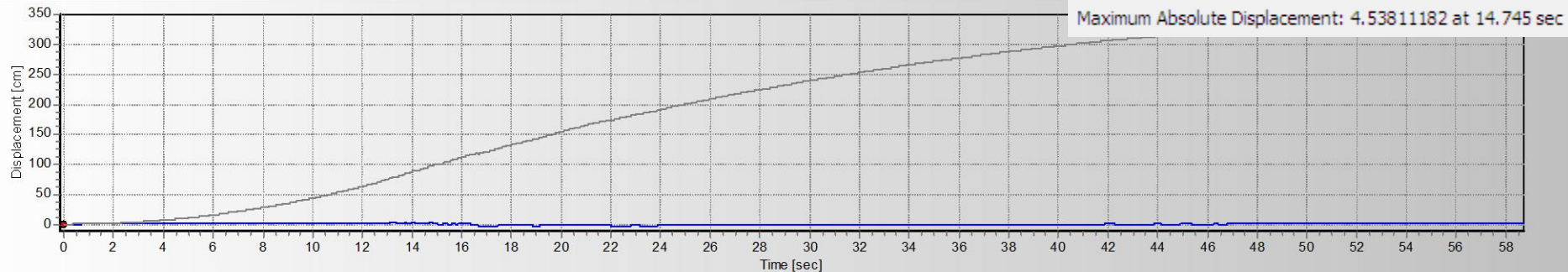
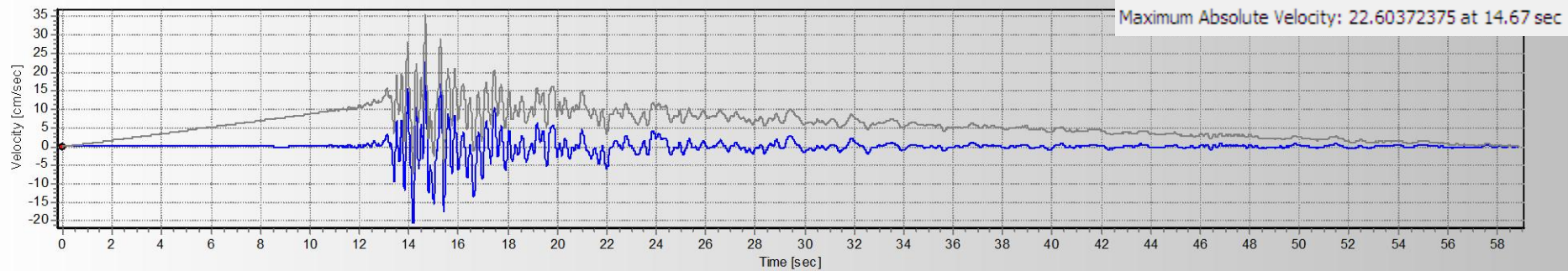
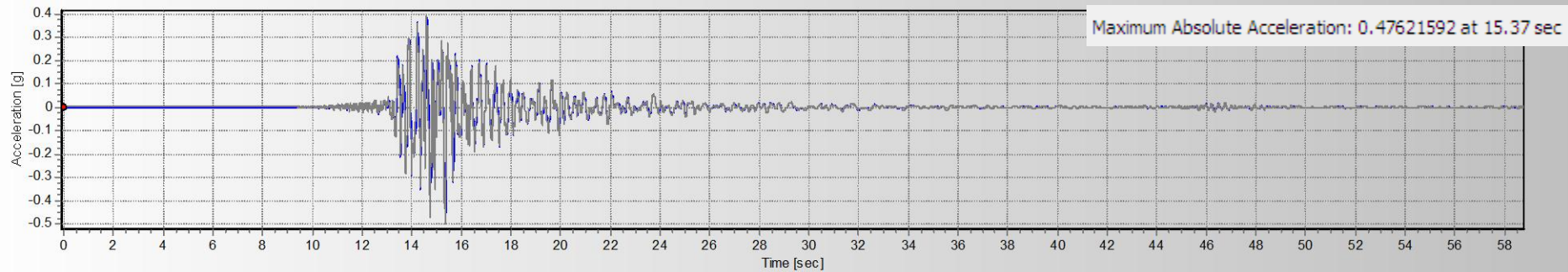
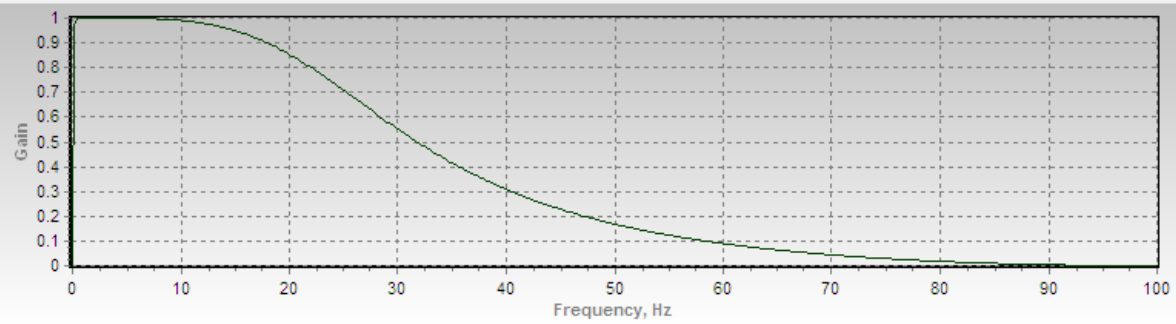
Filter Configuration

- ☐ Lowpass  
☐ Highpass  
☒ Bandpass  
☐ Bandstop

Order &amp; Frequencies

Order Freq 1 Freq 2 

Filter Gain





# فایل خروجی از SeismoSignal

15

beheshtikhah@gmail.com

محمد حسین بهشتی خواه

Time [sec]  
[m/sec<sup>2</sup>]

Acceleration

0.000000 0.007767

0.005000 0.007767

0.010000 0.007767

0.015000 0.007767

0.020000 0.007767

0.025000 0.007767

0.030000 0.007767

.....

.....

.....

.....

□ در حالت پیش فرض، خروجی نرم افزار SeismoSignal به صورت دو ستون است که ستون اول آن را زمان تشکیل می دهد. در خط اول نیز عنوان هرستون به همراه واحد آن نوشته می شود.

□ لذا لازم است کد MatLab به گونه ای نوشته شود که از خط و ستون اول صرفنظر شود تا تنها شتاب مدنظر قرار گیرد.