1 – صورت پروژه :

برای یک سایت در ایران به روشهای تعیینی و احتمالی تحلیل خطر انجام داده ودر نهایت طیف طراحی را بدست آورید .

2 – مشخصات سایت پروژه :

نام شهر : آمل

موقعیت جغرافیایی : 52.33E , 36.45N

شعاع در نظر گرفته شده برای پروژه : 150 کیلومتر

3 – داده های مورد استفاده :

تعداد بزرگای مورد استفاده در این پروژه که بزرگای آن بزرگتر از 3 می باشد برابر 109 تا می باشد البته بعد از از حذف پس لرزه وپیش لرزه از داده ها که از سایت پژوهشگاه استخراج شده و از سال 1959 تا 2006 (47 سال) می باشد .

داده های بالا برای برازش خطی برای کل ناحیه مورد استفاده قرار گرفته اند و برای هر ناحیه نسبت به زمان و مساحت ناحیه نرمالیز شده است .

در جدول 1 که در پایین آمده است داده ها بر حسب مختصات جغرافیایی و بزرگا والبته بعد از حذف پس وپیش لرزه ها :

جدول 1 – داده های مورد استفاده

Date(yyyy/mm/dd)	Time (UTC)	Latitude	Longitude	Magnitude	Radial Distance (km)
				Mw	
5/1/1959	24:03.0	36.45	51.23	5.7	99.00
2/8/1964	28:27.5	37.1	51.04	4.6	136.69
10/3/1966	05:08.0	35.8	53.44	4.9	123.23
11/8/1966	14:12.8	36.1	50.74	4.8	148.28
11/10/1967	50:52.0	36	53.89	4.9	149.02
5/19/1968	49:50.0	36.61	53.35	4.6	93.50
7/29/1968	03:43.4	36.72	53.85	4.8	140.04
12/12/1968	54:47.0	35.8	53.49	4.9	126.91
10/3/1970	57:02.0	36.1	51.4	4.1	92.28
8/9/1971	54:36.7	36.2	52.7	5.2	43.35
8/8/1972	44:55.2	36.3	52.6	4.7	29.46
2/15/1973	13:09.0	36.9	53.3	4.5	100.58
9/17/1973	06:03.2	36.59	51.19	4.7	103.77
10/27/1973	22:47.0	35.77	52.57	4.3	78.51
11/5/1974	02:22.3	36.2	52.8	4.5	50.59
11/6/1975	09:31.0	35.89	53.03	4.7	88.50
1/31/1976	52:11.7	36.53	53.8	4.2	132.60

3/18/1979	19:51.5	36.487	52.642	4.5	28.38
10/25/1982	54:51.3	35.208	52.355	5.7	137.88
3/26/1983	07:19.5	35.961	52.228	5.4	55.05
12/20/1983	21:05.9	36.797	50.789	4.8	143.94
2/16/1985	57:35.4	36.608	51.911	4.3	41.59
7/8/1985	02:36.0	36.111	53.779	4.7	135.73
10/14/1985	28:31.4	35.629	52.699	4.8	96.99
3/26/1986	18:09.2	35.86	53.685	4.6	138.42
8/22/1988	23:34.1	35.28	52.35	5.0	129.88
8/23/1988	56:08.0	35.688	52.389	4.1	84.75
10/24/1988	01:58.4	35.206	52.257	4.9	138.24
1/20/1990	27:09.8	35.832	52.954	6.0	88.65
1/20/1990	15:06.4	36.053	53.309	4.5	98.52
1/22/1991	04:22.5	35.574	52.402	4.6	97.45
8/23/1991	14:20.6	35.905	53.25	4.7	102.55
10/17/1991	16:27.4	36.42	53.13	4.1	72.08
12/24/1991	08:28.4	36.072	53.105	3.8	81.40
9/22/1992	05:55.0	36.334	52.701	5.2	35.79
3/8/1993	13:21.9	36.363	51.082	4.4	112.73
5/12/1993	41:17.4	36.387	51.979	4.3	32.35
10/18/1993	28:22.5	36.443	53.95	4.4	145.80
11/21/1994	55:16.4	35.9	51.88	4.5	73.26
6/3/1995	08:33.1	35.93	53.12	4.0	91.58
6/26/1995	12:55.8	36.56	51.2	4.9	102.43
11/23/1995	29:34.7	36.01	53.44	4.2	111.20
1/14/1996	05:24.0	36.59	51.15	4.0	107.33
8/20/1996	53:41.2	36.42	53.12	3.6	71.18
8/25/1996	17:08.2	35.96	52.95	4.4	77.92
6/23/1997	06:03.4	35.67	52.5	4.0	87.92
8/26/1997	44:49.9	36.54	53.07	4.5	67.35
1/9/1998	06:13.8	36.47	52.17	4.8	14.57
1/24/1998	51:52.8	35.83	53.57	4.2	131.11
12/19/1998	54:00.4	36.98	50.95	4.4	137.43
4/3/2000	30:55.7	36.88	53.46	3.4	112.34
5/6/2000	24:41.6	36.73	53.69	3.5	126.28
8/8/2000	17:03.1	36.3	52	3.6	34.05
1/11/2001	29:24.7	36.02	53.5	3.5	115.61
2/5/2001	04:11.1	36.41	52.29	3.6	5.72
2/16/2001	45:20.5	35.73	52.06	3.9	83.53
2/22/2001	19:33.8	36.4	52.55	4.2	20.56
4/16/2001	08:18.6	35.75	51.67	3.1	97.80
5/16/2001	24:23.7	36.73	52.71	4.3	46.21
6/24/2001	05:17.4	36.08	52.31	4.0	41.11
7/7/2001	02:09.9	35.74	52.46	3.3	79.67
1/12/2002	18:25.6	35.8	51.11	3.4	131.38
2/19/2002	09:34.1	36.87	52.44	3.4	47.66
3/15/2002	27:01.9	35.4	52.52	3.7	117.80
4/8/2002	30:58.5	36.42	52.03	4.8	27.20
5/21/2002	48:37.4	36.35	51.56	4.4	70.18
10/10/2002	13:43.6	35.89	52.33	4.7	62.16
10/18/2002	24:53.6	36.28	52.51	4.2	24.87
11/20/2002	16:30.7	35.64	53.51	4.0	139.15

3/9/2003	57:29.5	35.63	51.34	3.0	127.37
3/9/2003	50:12.3	35.69	51.68	4.0	102.66
6/21/2003	00:21.7	36.29	52.77	4.1	43.40
9/15/2003	21:07.5	35.9	52.02	3.1	67.12
9/19/2003	11:32.6	35.61	51.62	3.5	113.03
9/19/2003	53:15.0	35.93	51.85	3.3	72.10
9/30/2003	44:36.7	35.97	52.57	3.5	57.49
10/13/2003	28:20.0	35.12	52.25	3.5	147.81
12/2/2003	04:19.2	36.11	52.64	3.6	46.93
2/21/2004	06:36.8	35.86	52.46	3.7	66.53
4/12/2004	35:52.6	35.87	53.38	3.2	114.35
5/28/2004	38:46.1	36.371	51.643	6.3	62.45
6/1/2004	01:29.2	35.95	52.99	3.2	81.29
6/4/2004	37:21.7	35.89	53.27	3.9	104.98
6/27/2004	17:57.3	35.91	52.66	3.5	66.89
9/24/2004	42:48.7	35.66	52.37	4.0	87.76
10/17/2004	25:09.2	35.19	52.35	3.3	139.87
11/2/2004	13:21.5	36.58	50.66	3.1	150.99
11/13/2004	05:51.3	35.62	51.94	3.1	98.59
12/17/2004	18:03.3	35.91	53.23	3.5	100.77
12/21/2004	19:30.3	36.29	53.96	3.0	147.77
1/13/2005	13:06.1	35.51	53.25	3.5	133.20
1/29/2005	07:35.1	35.94	52.27	3.0	56.87
2/20/2005	46:09.9	36.56	53	4.4	61.52
4/29/2005	55:53.3	35.81	53.25	3.1	109.10
5/22/2005	55:34.1	36.05	53.11	3.1	83.06
6/1/2005	09:34.3	35.42	53.1	3.1	133.69
8/29/2005	27:04.4	35.67	52.17	3.1	87.77
8/31/2005	29:52.7	36.13	53.7	3.8	128.31
9/26/2005	55:11.5	36.45	53.44	3.0	99.90
10/6/2005	48:45.5	37.61	51.97	3.4	132.77
12/9/2005	57:05.4	36.48	51.81	3.0	46.92
12/22/2005	31:06.5	36.07	53.53	3.6	115.94
1/13/2006	18:29.0	35.47	53.03	3.2	125.71
3/7/2006	58:42.5	36.35	51.45	3.0	79.97
3/26/2006	46:40.7	36.08	53.62	3.0	123.15
4/3/2006	38:05.0	35.2	52	3.3	141.89
4/30/2006	06:21.8	36.77	50.78	3.4	143.95
5/7/2006	48:56.2	35.45	53.37	3.2	145.20
5/13/2006	25:35.1	36.09	52.4	3.1	40.45

4 – چشمه های لرزه ای :

بعد از پیاده کردن داده ها روی نقشه گسل های فعال ایران که با برنامه Surfer انجام شد که در زیر این نقشه آورده 4 چشمه سطحی در نظر گرفته شد که به ترتیب :

4-1 : چشمه سطحی 1 :

موقعیت جغرافیایی این چشمه 35.05-36.14N 51.79-52.88E می باشد . این چشمه در جنوب گسل شمال البرز قرار دارد .

مساحت چشمه سطحی = 11869 کیلومتر مربع
کمترین فاصله از سایت = 5.87 کیلومتر
بیشترین بزرگا در داده ها = Mw=5.4
تعداد زیر ناحیه های در نظر گرفته شده = 4

زیر ناحیه 1 : $R_{11} = 69km$ $A_{11} = 2967.25km^2$
زیر ناحیه 2 : $R_{12} = 128km$ $A_{12} = 2967.25km^2$
زیر ناحیه 3 : $R_{13} = 69km$ $A_{13} = 2967.25km^2$
زیر ناحیه 4 : $R_{14} = 128km$ $A_{14} = 2967.25km^2$

4-2 : چشمه سطحی 2 :

موقعیت جغرافیایی این چشمه 35.38-36.17N 52.91-54.00E می باشد . این چشمه در جنوب گسل شمال البرزودر قسمت شرقی چشمه 1 قرار دارد .

مساحت چشمه سطحی = 8524 کیلومتر مربع
کمترین فاصله از سایت = 60.75 کیلومتر
بیشترین بزرگا در داده ها = Mw=6
تعداد زیر ناحیه های در نظر گرفته شده = 4

زیر ناحیه 1 : $R_{21} = 93km$ $A_{11} = 2131km^2$
زیر ناحیه 2 : $R_{22} = 136km$ $A_{12} = 2131km^2$
زیر ناحیه 3 : $R_{23} = 123km$ $A_{23} = 2131km^2$
زیر ناحیه 4 : $R_{24} = 158km$ $A_{14} = 2131km^2$

4-3 : چشمه سطحی 3 :

موقعیت جغرافیایی این چشمه 36.20-36.98N 52.48-53.99E می باشد . این چشمه در بر گیرنده قسمت شرقی گسل خزر وگسل شمال البرز می باشد .
مساحت چشمه سطحی = 11766 کیلومتر مربع
کمترین فاصله از سایت = 3.67 کیلومتر
بیشترین بزرگا در داده ها = Mw=5.2

تعداد زیر ناحیه های در نظر گرفته شده = 4

زیر ناحیه 1 : $R_{31} = 60.5km$ $A_{31} = 2941.5km^2$

زیر ناحیه 2 : $R_{32} = 121km$ $A_{32} = 2941.5km^2$

زیر ناحیه 3 : $R_{33} = 47km$ $A_{33} = 2941.5km^2$

زیر ناحیه 4 : $R_{34} = 116km$ $A_{34} = 2941.5km^2$

4-4 : چشمه سطحی 4 :

موقعیت جغرافیایی این چشمه 36.28-37.18N 50.65-52.33E می باشد . این چشمه در بر گیرنده قسمت غربی گسل خزر وگسل شمال البرز می باشد . و شهر آمل در شرق این ناحیه واقع است.

مساحت چشمه سطحی = 14266 کیلومتر مربع

کمترین فاصله از سایت = 3 کیلومتر

بیشترین بزرگا در داده ها = Mw=6.3

تعداد زیر ناحیه های در نظر گرفته شده = 4

زیر ناحیه 1 : $R_{41} = 128km$ $A_{41} = 3566.5km^2$

زیر ناحیه 2 : $R_{42} = 71km$ $A_{42} = 3566.5km^2$

زیر ناحیه 3 : $R_{43} = 116km$ $A_{13} = 3566.5km^2$

زیر ناحیه 4 : $R_{44} = 45km$ $A_{44} = 3566.5km^2$

Deterministic Seismic Hazard Analysis – 5

5-1 : گام اول – مشخص کردن چشمه ها :

این قسمت در بخش قبلی همراه با مشخصات چشمه ها مشخص شده است .

5-2 – گام دوم –تعیین حداکثر بزرگای هر چشمه :

برای تعیین بزرگا از مقایسه نتایج روشهای زیر استفاده می شود .

1- از روی داده های تاریخی

2- محاسبه بزرگای پتانسیل چشمه از روی روابط ارائه شده که بر اساس طول موثر گسل می باشد .

مثل روابط زیر :

Wells & Copper smith(1994)

$M_w = 5.08 + 1.16 \times LogL$

ویا($LogL = -4.1 + 0.804M_w$

ودر نهایت پارامترهای تعیین کننده هر چشمه در جدول زیر آورده شده :

جدول 2 –پارامتر های تعیین کننده هر چشمه

نام چشمه	طول کل چشمه	طول موثر چشمه	بیشترین بزرگای چشمه	بزرگای محاسبه شدد	بزرگای انتخابی برای چشمه	کمترین فاصله چشمه از سایت
S1	-	-	5.4	-	5.4	km5.87
S2	-	-	6	-	6	km60.75
S3	-	-	5.2	-	5.2	km3.67
S4	-	-	6.3	-	6.3	km3

3-5 – گام سوم –انتخاب رابطه کاهندگی :

برای انتخاب رابطه کاهندگی باید رابطه ای انتخاب شود که سازگاری بیشتری با سایت انتخابی داشته باشد بدین منظور از دو رابطه کاهندگی استفاده ونتایج را با هم مقایسه می کنیم .

4-5 – گام چهارم – محاسبه حداکثر شتاب باور کردنی :

بر اساس جدول 2 که مقادیر بزرگا و کمترین فاصله در آن ذکر شده است برای محاسبه PGA استفاده می شود.

ابتدا می خواهیم از رابطه کاهندگی بور استفاده کنیم :

Boore ,Joyner & Fumal

$$LogPGA = b_1 + b_2(M-6) + b_3(M-6)^2 + b_4\sqrt{(R^2+h^2)} + b_5 \times Log(\sqrt{(R^2+h^2)}) + b_6 G_b + b_7 G_c$$

وبر اساس رابطه بالا :

چشمه سطحی 1 :

$b_1 = -0.038$	$b_2 = 0.216$	$b_3 = 0.0$	$b_4 = 0.0$	$b_5 = -0.777$	$b_6 = 0.158$
$b_7 = 0.254$	$h = 5.48$	$G_b = 0.0$	$G_c = 0.0$	$M = 5.4$	$R = 5.87$

$$LogPGA = -0.038 + 0.216 \times (5.4-6) - 0.777 \times Log(\sqrt{(5.87^2 + 5.48^2}$$

$$LogPGA = -0.8706$$

$$PGA = 10^{-0.8706}$$

$$PGA = 0.135$$

چشمه سطحی2 :

$b_1 = -0.038$	$b_2 = 0.216$	$b_3 = 0.0$	$b_4 = 0.0$	$b_5 = -0.777$	$b_6 = 0.158$
$b_7 = 0.254$	$h = 5.48$	$G_b = 0.0$	$G_c = 0.0$	$M = 6$	$R = 60.75$

$$LogPGA = -0.038 + 0.216 \times (6-6) - 0.777 \times Log(\sqrt{(60.75^2 + 5.48^2}$$

$$LogPGA = -1.425$$

$$PGA = 10^{-1.425}$$

$$PGA = 0.038$$

چشمه سطحی 3 :

$b_1 = -0.038$	$b_2 = 0.216$	$b_3 = 0.0$	$b_4 = 0.0$	$b_5 = -0.777$	$b_6 = 0.158$
$b_7 = 0.254$	$h = 5.48$	$G_b = 0.0$	$G_c = 0.0$	$M = 5.2$	$R = 3.67$

$$LogPGA = -0.038 + 0.216 \times (5.2-6) - 0.777 \times Log(\sqrt{(3.67^2 + 5.48^2}$$

$$LogPGA = -0.847$$

$$PGA = 10^{-0.847}$$

$$PGA = 0.142$$

چشمه سطحی 4 :

$b_1 = -0.038$	$b_2 = 0.216$	$b_3 = 0.0$	$b_4 = 0.0$	$b_5 = -0.777$	$b_6 = 0.158$
$b_7 = 0.254$	$h = 5.48$	$G_b = 0.0$	$G_c = 0.0$	$M = 6.2$	$R = 3$

$$LogPGA = -0.038 + 0.216 \times (6.2-6) - 0.777 \times Log(\sqrt{(3^2 + 5.48^2}$$

$$LogPGA = -0.613$$

$$PGA = 10^{-0.613}$$

$$PGA = 0.244$$

بزرگترین مقدار محاسبه سده یا مقدار میانگین را می توان به عنوان PGAدر نظر گرفت .(بر اساس قضاوت مهندسی)

PGA=0.244g

حال می خواهیم مراحل بالا را با رابطه کاهندگی ایران نیز بدست آوریم که پارامتر ها با توجه به ناحیه انتخابی بدست می آید :

$$LogPGA = aM_w + bR - dLogR + C_i S_i + \sigma P$$

چشمه سطحی 1 :

$a=0.322$	$b=-0.0004$	$d=1$	$C_1=-0.688$	$S_1=1$
$M=5.4$	$R=5.87$	PGA=		

$$LogPGA=0.322\times5.4-0.0004\times5.87-Log5.87-0.688$$

$$LogPGA=0.28$$

$$PGA=10^{0.28}/g$$

$$PGA=0.19g$$

چشمه سطحی 2 :

$a=0.322$	$b=-0.0004$	$d=1$	$C_1=-0.688$	$S_1=1$
$M=6$	$R=60.75$	PGA=		

$$LogPGA=0.322\times6-0.0004\times60.75-Log60.75-0.688$$

$$LogPGA=-0.563$$

$$PGA=10^{-0.563}/g$$

$$PGA=0.027g$$

چشمه سطحی 3 :

$a=0.322$	$b=-0.0004$	$d=1$	$C_1=-0.688$	$S_1=1$
$M=5.2$	$R=3.67$	PGA=		

$$LogPGA=0.322\times5.2-0.0004\times3.67-Log3.67-0.688$$

$$LogPGA=0.42$$

$$PGA=10^{0.42}/g$$

$$PGA=0.26g$$

چشمه سطحی 4 :

$a=0.322$	$b=-0.0004$	$d=1$	$C_1=-0.688$	$S_1=1$
$M=6.2$	$R=3$	PGA=		

$$LogPGA=0.322\times6-0.0004\times3-Log3-0.688$$

$$LogPGA=0.766$$

$$PGA=10^{0.766}/g$$

$$PGA=0.583g$$

که بزرگترین مقدار بالا را به عنوان PGA در نظر می گیریم

PGA=0.583g

Probabilistic Seismic Hazard Analysis – 6

برای هر چشمه به روش احتمالی محاسبات زیر صورت می گیرد ودر آخر برای جواب نهایی نتایج با هم ترکیب میشود .

6 – 1 –چشمه سطحی 1:

6-1-1 – گام اول :تعیین مشخصات چشمه :

چشمه ومشخصات آن به طور کامل در قسمت 4 آورده شده که خلاصه ای از آن به صورت زیر است .

$A = 11869 km^2$ $R_{11} = 69 km$ $R_{12} = 69 km$ $R_{13} = 128 km$ $R_{14} = 128 km$

$M_{Max} = 5.4$ $M_0 = 3$ $n = 4$

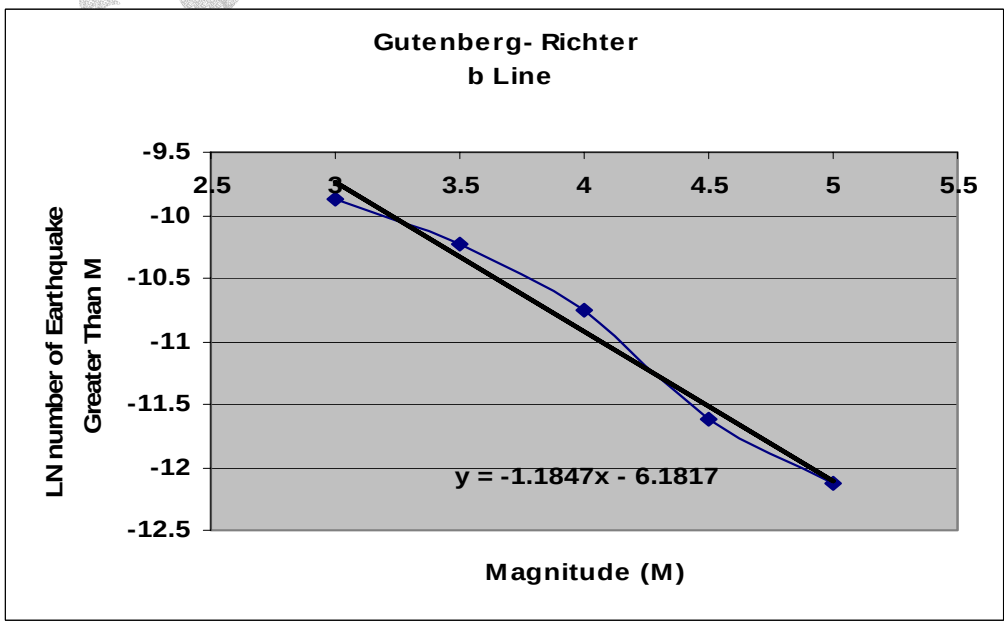
$F(R)\Delta R = 1/4$

6-1-2 – گام دوم : برازش خطی داده ها بر اساس رابطه رگرسیون خطی(گوتنبرگ ریشتر) Gutenberg –Richter وتعیین تابع چگالی احتمال بزرگا ورسم منحنی آن

جدول 3 – نتایج داده ها برای برازش خطی

Gutenberg –Richter b-Line For Source 1				
Magnitude(Mw)	**Sum**	**Sum/Year**	**Per Length**	**Ln(N)**
M>3.0	29	0.617021	5.1986E-05	-9.86454
M>3.5	20	0.425532	3.5852E-05	-10.2361
M>4.0	12	0.255319	2.1511E-05	-10.7469
M>4.5	5	0.106383	8.9631E-06	-11.6224
M>5.0	3	0.06383	5.3779E-06	-12.1332

نمودار 1 –(b Line)برای چشمه سطحی 1



-

Gutenberg – Richter RelationShip :

$$LnN = \alpha - \beta \times M$$

LnN=-6.1817-1.1847M

$$\alpha_1 = -6.1817$$

$$\beta_1 = 1.1847$$

توزیع بزرگا :

برای این چشمه سطحی بزرگا بین اعداد زیر است:

$$M_{Max} = 5.4 \quad M_0 = 3$$

وتابع توزیع چگالی بزرگا بشرح زیر بدست می آید :

$$f_1(M) = C_1 \times \beta_1 \times e^{-\beta_1 \times (M - M_0)}$$

$$C_1 = \frac{1}{1 - e^{-\beta_1 \times (M_{MAx} - M_0)}} = \frac{1}{1 - e^{-1.1847(5.4-3)}} = 1.062$$

,

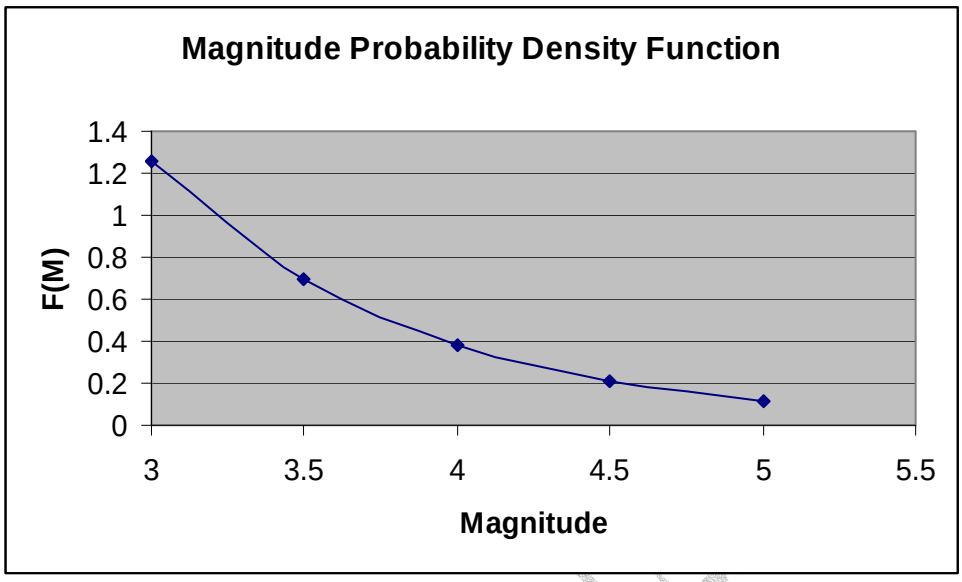
$$f_1(M) = 1.062 \times 1.1847 \times e^{-1.1847 \times (M-3)}$$

$$f_1(M) = 1.2581 \times e^{-1.1847 \times (M-3)}$$

جدول 4 – مقادیر تابع چگالی احتمال

Magnitude Probability Density Function	
M	F(M)
3	1.2581
3.5	0.6958
4	0.3848
4.5	0.2128
5	0.1177
5.5	0.0646

نمودار 2 – نمودار تابع چگالی احتمال بزرگا



بزرگا را به فواصل 0.5M تقسیم می کنیم .

جدول 5 – بزرگا تقسیم شده به فواصل 0.5 M

تعداد تقسیمات	محدوده بزرگا	حد وسط بزرگا
1	3.0<M<3.5	3.25
2	3.5<M<4.0	3.75
3	4.0<M<4.5	4.25
4	4.5<M<5	4.75
5	5.0<M<5.5	5.25

برای محاسبه تابع چگالی احتمال مقادیر بزرگا را به صورت عددی و در بازه ΔM در نظر می گیریم و به شرح زیر محاسبه می کنیم .

$$P(M_{mid1} - \Delta M/2 \prec M \prec M_{mid1} + \Delta M/2) = f1(M_{mid}) \times \Delta M$$

$$P(3.0 \prec M \prec 3.5|EQ) = f1(M_{mid}) \times \Delta M$$

$$= f1(3.25) \times 0.5$$

$$= 1.2581 \times e^{-1.1847 \times (3.25-3)} \times 0.5$$

$$= 0.4645$$

وبه همین صورت P(mid) را برای بقیه محاسبه و به صورت زیر می شود :

-

$P(3.0 \prec M \prec 3.5 | EQ) = 0.464535$

$P(3.5 \prec M \prec 4.0 | EQ) = 0.2569$

$P(4.0 \prec M \prec 4.5 | EQ) = 0.1420724$

$P(4.5 \prec M \prec 5.0 | EQ) = 0.0785698$

$P(5.0 \prec M \prec 5.5 | EQ) = 0.0434511$

Average Occurrence Rate :

$$v_1 = \{N_1(3) - N(5.4)\} \times L$$

$$\Rightarrow N_1(3) = e^{(-6.1817-1.1847\times 3)} = 5.9128 \times E^{-05}$$

$$\Rightarrow N_1(5.4) = e^{(-6.1817-1.1847\times 5.4)} = 3.4433 \times E^{-06}$$

$$A = 11869 km^2$$

$$\Rightarrow v_1 = (5.9128 \times E^{-05} - 3.4433 \times E^{-06}) \times 11869 = 0.661$$

$v_1 = 0.661$

3-1-6 – محاسبه مقادیر PGA برای بزرگا و فاصله ها ی متفاوت (فاصله هر قسمت تا سایت مورد نظر) برای این منظور با استفاده از روابط کاهندگی برای مقادیر حد وسط بزرگا و مقادیر متفاوت فاصله ها مقدار PGA محاسبه می شود .
بدین منظور از روابط زیر استفاده می شود :

Boore ,Joyner & Fumal

$$LogPGA = b_1 + b_2(M-6) + b_3(M-6)^2 + b_4\sqrt{(R^2+h^2)} + b_5 \times Log(\sqrt{(R^2+h^2)}) + b_6 G_b + b_7 G_c$$

$$\Rightarrow LogPGA = -0.038 + 0.216(M_{Mid} - 6) - 0.777 \times Log(\sqrt{R^2 + 5.48^2}$$

Median PGA :

$$PGA = 10^{LogPGA}$$

و یا می توان از روابط زارع 99 که برای البرز مرکزی با توجه به محل سایت که در این منطقه قرار دارد استفاده نمود .این رابطه به صورت زیر است :

Mean/Medial Log(PGA):

$$Log(PGA) = aM_W + bR - dLogR + C_i S_i + \sigma P$$

$$\Rightarrow LogPGA = 0.322 \times M_{mid} - 0.004 \times R - LogR - 0.688$$

Median PGA :

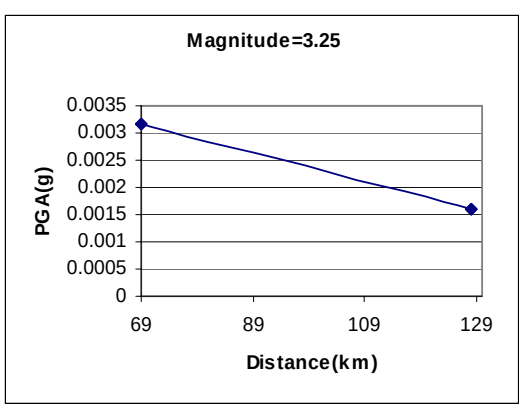
$$PGA = 10^{LogPGA} / g$$

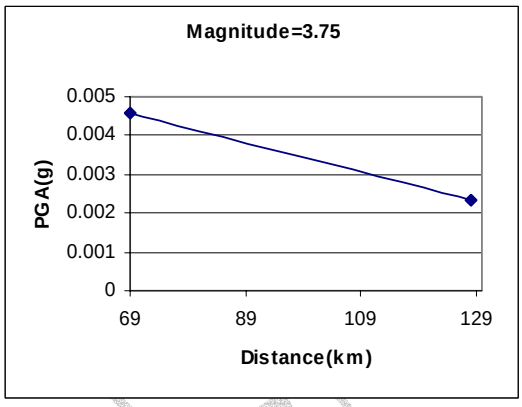
جدول 6 – PGA Estimation Through Attenuation Function For S1

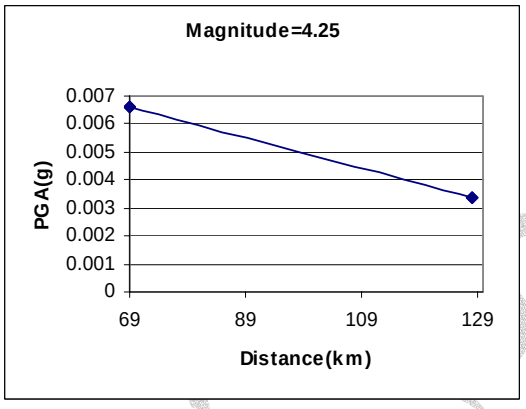
M_{Mid}	R = 69km		R = 69km		R = 128km		R = 128km	
	$LogPGA$	$PGA(g)$	$LogPGA$	$PGA(g)$	$LogPGA$	$PGA(g)$	$LogPGA$	$PGA(g)$
3.25	-1.5079491	0.0031651	-1.5079491	0.0031651	-1.79991	0.0016159	-1.79991	0.0016159
3.75	-1.3469491	0.0045854	-1.3469491	0.0045854	-1.63891	0.0023411	-1.63891	0.0023411
4.25	-1.1859491	0.0066433	-1.1859491	0.0066433	-1.47791	0.0033917	-1.47791	0.0033917
4.75	-1.0249491	0.0096246	-1.0249491	0.0096246	-1.31691	0.0049138	-1.31691	0.0049138
5.25	-0.8639491	0.0139438	-0.8639491	0.0139438	-1.15591	0.007119	-1.15591	0.007119

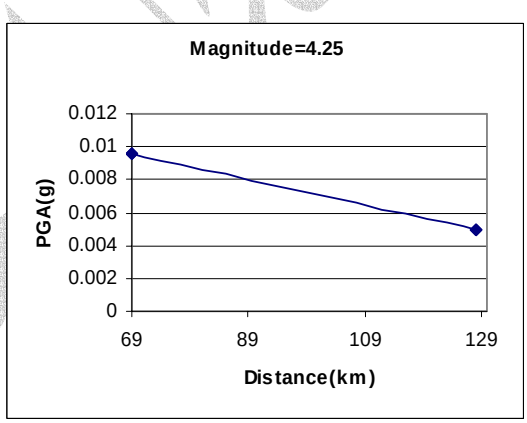
بر اساس نتایج بالا که از رابطه زارع 99 بدست آمده است نمودار فاصله بر حسب PGA را رسم می کنیم که به صورت زیر است .

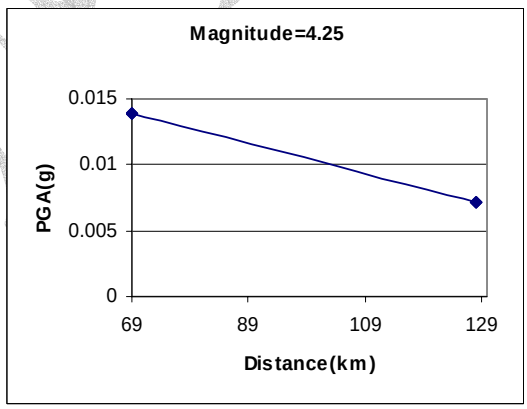
نمودار PGA Attenuation Estimation for Source 1 – 3











حال ما برای محاسبه تابع PGA بزرگتر از یک برای acceleration مشخص و M,R مشخص با فرض اینکه شتاب ما در محدوده (0.05g-0.65g) باشد به شرح زیر است .

-

$$acc_0 = 0.05g$$
$$acc_0 = 0.10g$$
$$acc_0 = 0.15g$$
$$acc_0 = 0.20g$$
.
.
.
$$acc_0 = 0.65g$$

برای محاسبه این احتمال از توزیع چگالی احتمال نرمال استفاده می شود .برای این کار از رابطه boore – Joyner Fuaml استفاده می شود که در این رابطه σ انحراف معیار رابطه کاهندگی انتخابی می باشد که مساوی 0.205 می باشد .

$$P(PGA > acc \left| EQ : R, M \right.) = 1 - \Phi(\frac{Log(acc) - \log PGA}{\sigma_{LogPGA}}$$

برای توضیح بیشتر رابطه بالا مرحله اول این کار را نوشته وبقیه در جدول زیر آمده است :

$acc > 0.05g$ R=69 km , M=3.25

$$P(PGA > acc \left| EQ : R = 69, M = 3.25 \right.) = 1 - \Phi(\frac{Log(0.05) - \log 0.0031651}{0.205})$$

$$= 1 - \Phi(\frac{-1.30103 + 2.499612}{0.205})$$

$$= 1 - \Phi(5.84674)$$

$$\Phi(5.84674) = 0.9988253 \Rightarrow P(PGA > acc \left| EQ : R = 69, M = 3.25 \right.) = 0.0011747$$

خلاصه تمام مراحل بالا برای تمام acceleration ها در جداول زیر به صورت کامل آورده شده است :

-

جدول 7 – Probability Of Exceeding A Given EQ From acc

$P(PGA > 0.05g | EQ : R, M)$ $acc = 0.05g$

M (M_{Mid})	R=69km		R=69km		R=128km		R=128km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0031651	0.0011747	0.0031651	0.0011747	0.0016159	7.746E-05	0.0016159	7.746E-05
3.75	0.0045854	0.0042259	0.0045854	0.0042259	0.0023411	0.0003698	0.0023411	0.0003698
4.25	0.0066433	0.0130458	0.0066433	0.0130458	0.0033917	0.0015093	0.0033917	0.0015093
4.75	0.0096246	0.0346688	0.0096246	0.0346688	0.0049138	0.0052755	0.0049138	0.0052755
5.25	0.0139438	0.0796272	0.0139438	0.0796272	0.007119	0.0158329	0.007119	0.0158329

$P(PGA > 0.10g | EQ : R, M)$ $acc = 0.10g$

M (M_{Mid})	R=69km		R=69km		R=128km		R=128km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0031651	7.06E-05	0.0031651	7.06E-05	0.0016159	2.721E-06	0.0016159	2.721E-06
3.75	0.0045854	0.0003401	0.0045854	0.0003401	0.0023411	1.749E-05	0.0023411	1.749E-05
4.25	0.0066433	0.0014001	0.0066433	0.0014001	0.0033917	9.581E-05	0.0033917	9.581E-05
4.75	0.0096246	0.0049365	0.0096246	0.0049365	0.0049138	0.0004481	0.0049138	0.0004481
5.25	0.0139438	0.0149421	0.0139438	0.0149421	0.007119	0.001792	0.007119	0.001792

$P(PGA > 0.15g | EQ : R, M)$ $acc = 0.15g$

M (M_{Mid})	R=69km		R=69km		R=128km		R=128km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0031651	1.055E-05	0.0031651	1.055E-05	0.0016159	2.96E-07	0.0016159	2.96E-07
3.75	0.0045854	6.044E-05	0.0045854	6.044E-05	0.0023411	2.267E-06	0.0023411	2.267E-06
4.25	0.0066433	0.0002954	0.0066433	0.0002954	0.0033917	1.479E-05	0.0033917	1.479E-05
4.75	0.0096246	0.0012343	0.0096246	0.0012343	0.0049138	8.224E-05	0.0049138	8.224E-05
5.25	0.0139438	0.0044152	0.0139438	0.0044152	0.007119	0.0003904	0.007119	0.0003904

$P(PGA > 0.20g | EQ : R, M)$ $acc = 0.20g$

M (M_{Mid})	R=69km		R=69km		R=128km		R=128km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0031651	2.439E-06	0.0031651	2.439E-06	0.0016159	5.457E-08	0.0016159	5.457E-08
3.75	0.0045854	1.581E-05	0.0045854	1.581E-05	0.0023411	4.737E-07	0.0023411	4.737E-07
4.25	0.0066433	8.742E-05	0.0066433	8.742E-05	0.0033917	3.499E-06	0.0033917	3.499E-06
4.75	0.0096246	0.0004125	0.0096246	0.0004125	0.0049138	2.202E-05	0.0049138	2.202E-05
5.25	0.0139438	0.0016643	0.0139438	0.0016643	0.007119	0.0001182	0.007119	0.0001182

-

$P(PGA > 0.25g | EQ : R, M)$ $acc = 0.25g$

M (M_{Mid})	R=69km		R=69km		R=128km		R=128km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0031651	7.328E-07	0.0031651	7.328E-07	0.0016159	1.375E-08	0.0016159	1.375E-08
3.75	0.0045854	5.233E-06	0.0045854	5.233E-06	0.0023411	1.315E-07	0.0023411	1.315E-07
4.25	0.0066433	3.184E-05	0.0066433	3.184E-05	0.0033917	1.07E-06	0.0033917	1.07E-06
4.75	0.0096246	0.0001652	0.0096246	0.0001652	0.0049138	7.418E-06	0.0049138	7.418E-06
5.25	0.0139438	0.0007323	0.0139438	0.0007323	0.007119	4.381E-05	0.007119	4.381E-05

$P(PGA > 0.30g | EQ : R, M)$ $acc = 0.30g$

M (M_{Mid})	R=69km		R=69km		R=128km		R=128km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0031651	2.627E-07	0.0031651	2.627E-07	0.0016159	4.266E-09	0.0016159	4.266E-09
3.75	0.0045854	2.03E-06	0.0045854	2.03E-06	0.0023411	4.42E-08	0.0023411	4.42E-08
4.25	0.0066433	1.336E-05	0.0066433	1.336E-05	0.0033917	3.895E-07	0.0033917	3.895E-07
4.75	0.0096246	7.498E-05	0.0096246	7.498E-05	0.0049138	2.921E-06	0.0049138	2.921E-06
5.25	0.0139438	0.0003591	0.0139438	0.0003591	0.007119	1.866E-05	0.007119	1.866E-05

$P(PGA > 0.35g | EQ : R, M)$ $acc = 0.35g$

M (M_{Mid})	R=69km		R=69km		R=128km		R=128km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0031651	1.07E-07	0.0031651	1.07E-07	0.0016159	1.538E-09	0.0016159	1.538E-09
3.75	0.0045854	8.846E-07	0.0045854	8.846E-07	0.0023411	1.705E-08	0.0023411	1.705E-08
4.25	0.0066433	6.224E-06	0.0066433	6.224E-06	0.0033917	1.607E-07	0.0033917	1.607E-07
4.75	0.0096246	3.731E-05	0.0096246	3.731E-05	0.0049138	1.289E-06	0.0049138	1.289E-06
5.25	0.0139438	0.0001908	0.0139438	0.0001908	0.007119	8.799E-06	0.007119	8.799E-06

$P(PGA > 0.40g | EQ : R, M)$ $acc = 0.40g$

M (M_{Mid})	R=69km		R=69km		R=128km		R=128km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0031651	4.808E-08	0.0031651	4.808E-08	0.0016159	6.214E-10	0.0016159	6.214E-10
3.75	0.0045854	4.212E-07	0.0045854	4.212E-07	0.0023411	7.304E-09	0.0023411	7.304E-09
4.25	0.0066433	3.14E-06	0.0066433	3.14E-06	0.0033917	7.297E-08	0.0033917	7.297E-08
4.75	0.0096246	1.994E-05	0.0096246	1.994E-05	0.0049138	6.202E-07	0.0049138	6.202E-07
5.25	0.0139438	0.000108	0.0139438	0.000108	0.007119	4.487E-06	0.007119	4.487E-06

-

$P(PGA > 0.45g | EQ : R, M)$ $acc = 0.45g$

M (M_{Mid})	R=69km		R=69km		R=128km		R=128km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0031651	2.333E-08	0.0031651	2.333E-08	0.0016159	2.745E-10	0.0016159	2.745E-10
3.75	0.0045854	2.151E-07	0.0045854	2.151E-07	0.0023411	3.398E-09	0.0023411	3.398E-09
4.25	0.0066433	1.688E-06	0.0066433	1.688E-06	0.0033917	3.574E-08	0.0033917	3.574E-08
4.75	0.0096246	1.128E-05	0.0096246	1.128E-05	0.0049138	3.198E-07	0.0049138	3.198E-07
5.25	0.0139438	6.422E-05	0.0139438	6.422E-05	0.007119	2.435E-06	0.007119	2.435E-06

$P(PGA > 0.50g | EQ : R, M)$ $acc = 0.50g$

M (M_{Mid})	R=69km		R=69km		R=128km		R=128km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0031651	1.205E-08	0.0031651	1.205E-08	0.0016159	1.304E-10	0.0016159	1.304E-10
3.75	0.0045854	1.163E-07	0.0045854	1.163E-07	0.0023411	1.69E-09	0.0023411	1.69E-09
4.25	0.0066433	9.553E-07	0.0066433	9.553E-07	0.0033917	1.862E-08	0.0033917	1.862E-08
4.75	0.0096246	6.68E-06	0.0096246	6.68E-06	0.0049138	1.744E-07	0.0049138	1.744E-07
5.25	0.0139438	3.981E-05	0.0139438	3.981E-05	0.007119	1.39E-06	0.007119	1.39E-06

$P(PGA > 0.55g | EQ : R, M)$ $acc = 0.55g$

M (M_{Mid})	R=69km		R=69km		R=128km		R=128km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0031651	6.55E-09	0.0031651	6.55E-09	0.0016159	6.57E-11	0.0016159	6.57E-11
3.75	0.0045854	6.594E-08	0.0045854	6.594E-08	0.0023411	8.882E-10	0.0023411	8.882E-10
4.25	0.0066433	5.645E-07	0.0066433	5.645E-07	0.0033917	1.02E-08	0.0033917	1.02E-08
4.75	0.0096246	4.114E-06	0.0096246	4.114E-06	0.0049138	9.964E-08	0.0049138	9.964E-08
5.25	0.0139438	2.554E-05	0.0139438	2.554E-05	0.007119	8.278E-07	0.007119	8.278E-07

$P(PGA > 0.60g | EQ : R, M)$ $acc = 0.60g$

M (M_{Mid})	R=69km		R=69km		R=128km		R=128km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0031651	3.721E-09	0.0031651	3.721E-09	0.0016159	3.482E-11	0.0016159	3.482E-11
3.75	0.0045854	3.891E-08	0.0045854	3.891E-08	0.0023411	4.891E-10	0.0023411	4.891E-10
4.25	0.0066433	3.46E-07	0.0066433	3.46E-07	0.0033917	5.837E-09	0.0033917	5.837E-09
4.75	0.0096246	2.619E-06	0.0096246	2.619E-06	0.0049138	5.922E-08	0.0049138	5.922E-08
5.25	0.0139438	1.688E-05	0.0139438	1.688E-05	0.007119	5.11E-07	0.007119	5.11E-07

-

$P(PGA > 0.65g | EQ : R, M)$ $acc = 0.65g$

M (M_{Mid})	R=69km		R=69km		R=128km		R=128km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0031651	2.194E-09	0.0031651	2.194E-09	0.0016159	1.927E-11	0.0016159	1.927E-11
3.75	0.0045854	2.376E-08	0.0045854	2.376E-08	0.0023411	2.803E-10	0.0023411	2.803E-10
4.25	0.0066433	2.188E-07	0.0066433	2.188E-07	0.0033917	3.465E-09	0.0033917	3.465E-09
4.75	0.0096246	1.715E-06	0.0096246	1.715E-06	0.0049138	3.64E-08	0.0049138	3.64E-08
5.25	0.0139438	1.144E-05	0.0139438	1.144E-05	0.007119	3.253E-07	0.007119	3.253E-07

6-1- 4 – گام چهارم : محاسبه تابع احتمال برای وقوع زلزله بزرگتر از acceleration مشخص به صورت زیر محاسبه شده و بر اساس جدول حاصل شده منحنی خطر برای چشمه مورد نظر بدست می آید :

$$P(PGA > acc | EQ) = \sum_R \sum_M P(PGA > acc | EQ : R, M) \times f(M) \times \Delta M$$

$$P(PGA > acc) = 1 - e^{-v \times P}$$

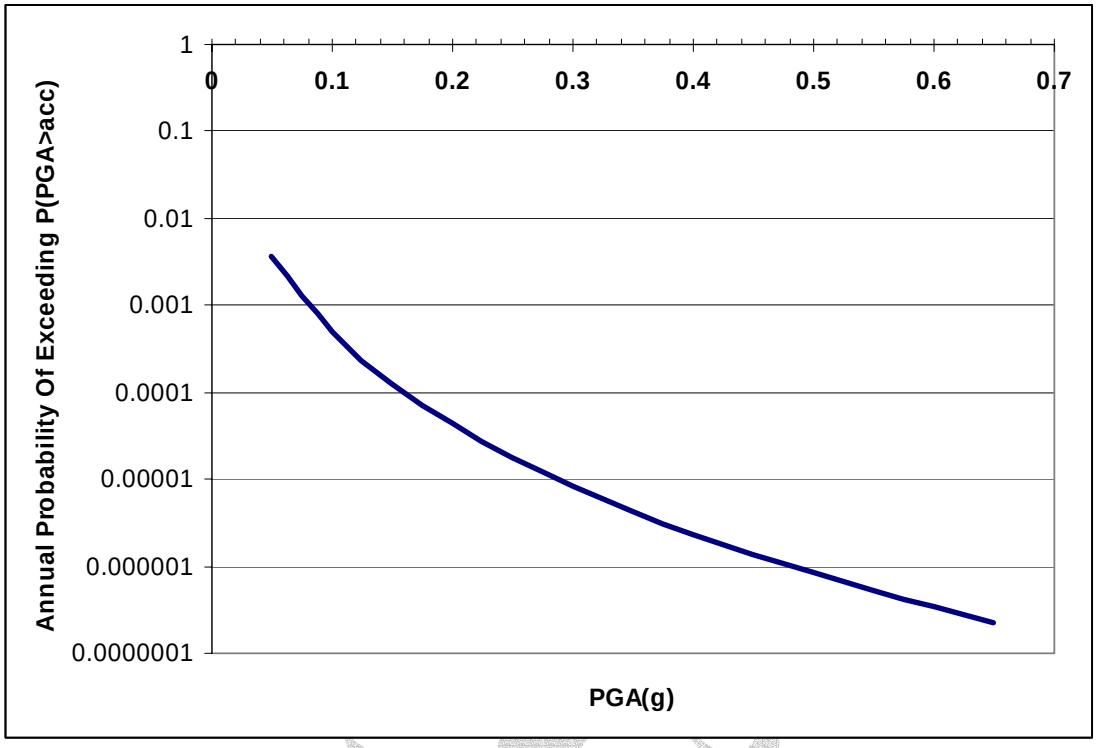
$$Approx : P(PGA > acc) = v \times P$$

جدول 8 – Probabilities Of Exceeding

acc	$P(PGA > acc \mid EQ)$	$P(PGA > acc)$	$Approx : P(PGA > acc)$
0.05	0.0055582	0.0036921	0.003699
0.1	0.0007443	0.0004952	0.0004953
0.15	0.0001887	0.0001256	0.0001256
0.2	6.493E-05	4.321E-05	4.321E-05
0.25	2.684E-05	1.786E-05	1.786E-05
0.3	1.257E-05	8.367E-06	8.367E-06
0.35	6.448E-06	4.291E-06	4.291E-06
0.4	3.545E-06	2.359E-06	2.359E-06
0.45	2.06E-06	1.371E-06	1.371E-06
0.5	1.252E-06	8.329E-07	8.329E-07
0.55	7.894E-07	5.254E-07	5.254E-07
0.6	5.14E-07	3.42E-07	3.42E-07
0.65	3.439E-07	2.288E-07	2.288E-07

-

نمودار 4 – Hazard Curve For Source 1 Using Boore – Joyner& Fumal Attenuation Expression



-

6 – 2 –چشمه سطحی 2:

6-2-1 – گام اول :تعیین مشخصات چشمه :

چشمه ومشخصات آن به طور کامل در قسمت 4 آورده شده که خلاصه ای از آن به صورت زیر است .

$A = 8524km^2$ $R_{21} = 93km$ $R_{22} = 136km$ $R_{23} = 123km$ $R_{24} = 158km$

$M_{Max} = 6.0$ $M_0 = 3$ $n = 4$

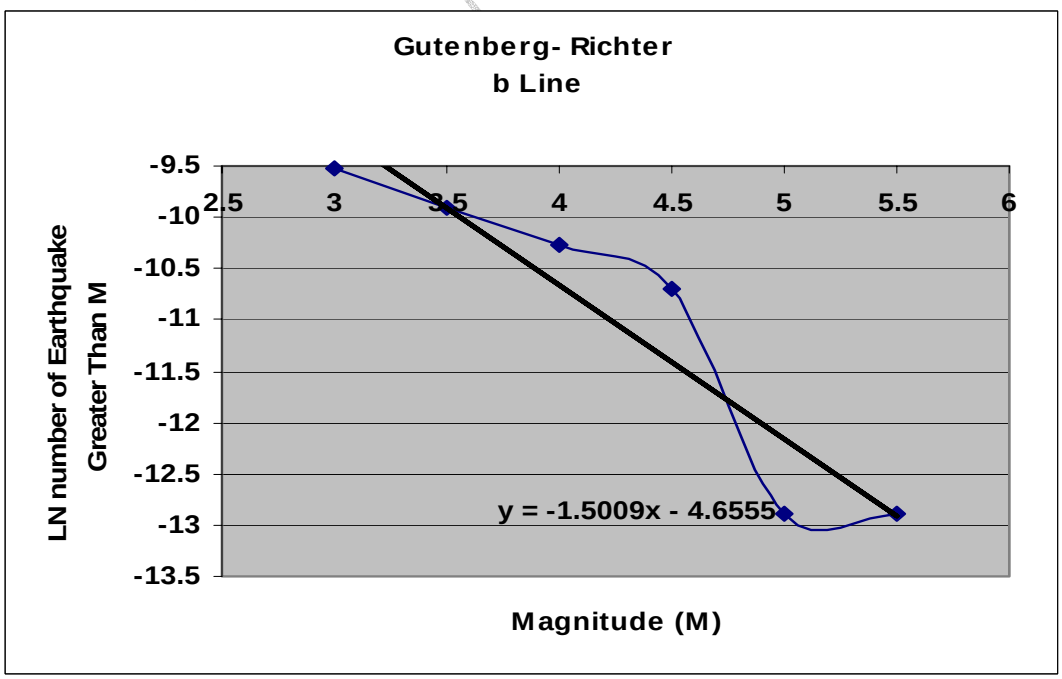
$F(R)\Delta R = 1/4$

6-1-2 – گام دوم : برازش خطی داده ها بر اساس رابطه رگرسیون خطی(گوتنبرگ ریشتر) Gutenberg –Richter وتعیین تابع چگالی احتمال بزرگا ورسم منحنی آن

جدول 9 – نتایج داده ها برای برازش خطی

Gutenberg –Richter b-Line For Source 2				
Magnitude(Mw)	**Sum**	**Sum/Year**	**Per Length**	**Ln(N)**
M>3.0	29	0.617021	7.2386E-05	-9.5334
M>3.5	20	0.425532	4.9922E-05	-9.9051
M>4.0	14	0.297872	3.4945E-05	-10.2617
M>4.5	9	0.191489	2.2465E-05	-10.7036
M>5.0	1	0.021276	2.4961E-06	-12.9008
M>5.5	1	0.021276	2.4961E-06	-12.9008

نمودار 5 –(b Line)برای چشمه سطحی 2



Gutenberg – Richter RelationShip :

$LnN = \alpha - \beta \times M$

-

LnN=-4.6555-1.5009M

$\alpha_2 = -4.6555$

$\beta_2 = 1.5009$

توزیع بزرگا :

برای این چشمه سطحی بزرگا بین اعداد زیر است:

$M_{Max} = 6.0 \qquad M_0 = 3$

وتابع توزیع چگالی بزرگا بشرح زیر بدست می آید :

$$f_2(M) = C_1 \times \beta_1 \times e^{-\beta_2 \times (M - M_0)}$$

$$C_2 = \frac{1}{1 - e^{-\beta_2 \times (M_{MAx} - M_0)}} = \frac{1}{1 - e^{-1.5009(6.0-3)}} = 1.0112$$

,

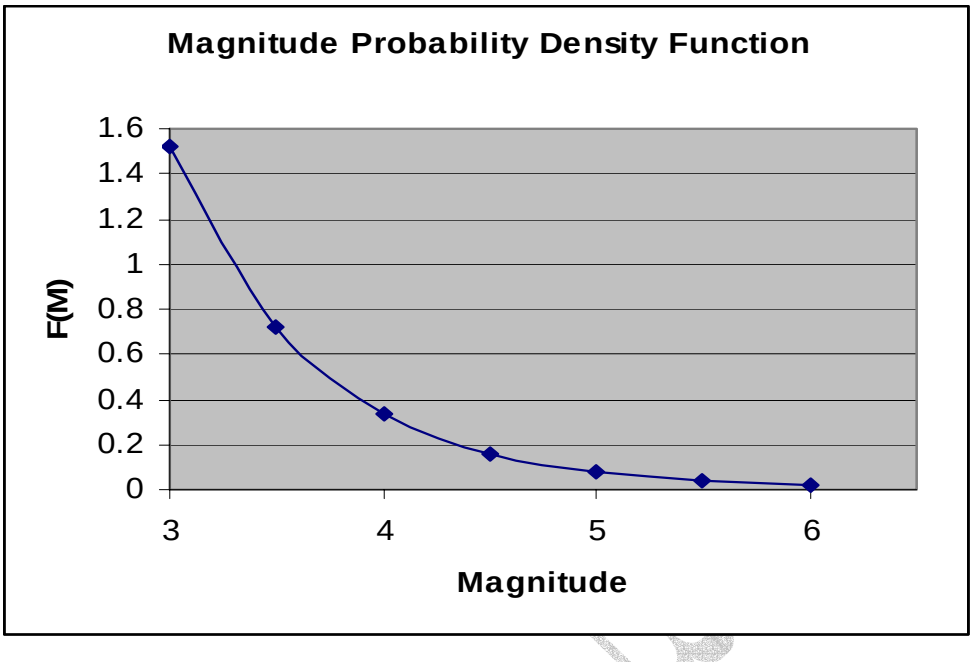
$$f_2(M) = 1.0112 \times 1.5009 \times e^{-1.5009 \times (M-3)}$$

$$f_2(M) = 1.5177 \times e^{-1.5009 \times (M-3)}$$

جدول 10 – مقادیر تابع چگالی احتمال

Magnitude Probability Density Function	
M	F(M)
3	1.5177
3.5	0.7166
4	0.3383
4.5	0.1597
5	0.0754
5.5	0.0356
6.0	0.0168

نمودار 6 – نمودار تابع چگالی احتمال بزرگا



بزرگا را به فواصل 0.5M تقسیم می کنیم .

جدول 11 – بزرگا تقسیم شده به فواصل 0.5 M

تعداد تقسیمات	محدوده بزرگا	حد وسط بزرگا
1	3.0<M<3.5	3.25
2	3.5<M<4.0	3.75
3	4.0<M<4.5	4.25
4	4.5<M<5	4.75
5	5.0<M<5.5	5.25
6	5.5<M<6.0	5.75

برای محاسبه تابع چگالی احتمال مقادیر بزرگا را به صورت عددی و در بازه ΔM در نظر می گیریم و به شرح زیر محاسبه می کنیم .

$$P(M_{mid1} - \Delta M/2 \prec M \prec M_{mid1} + \Delta M/2) = f1(M_{mid}) \times \Delta M$$

$$P(3.0 \prec M \prec 3.5 | EQ) = f1(M_{mid}) \times \Delta M$$

$$= f1(3.25) \times 0.5$$

$$= 1.5177 \times e^{-1.5009 \times (3.25-3)} \times 0.5$$

$$= 0.5214$$

وبه همین صورت P(mid) را برای بقیه محاسبه و به صورت زیر می شود :

$P(3.0 \prec M \prec 3.5 | EQ) = 0.521432$
$P(3.5 \prec M \prec 4.0 | EQ) = 0.246196$
$P(4.0 \prec M \prec 4.5 | EQ) = 0.116242$
$P(4.5 \prec M \prec 5.0 | EQ) = 0.054884$
$P(5.0 \prec M \prec 5.5 | EQ) = 0.025913$
$P(5.5 \prec M \prec 6.0 | EQ) = 0.012235$

Average Occurrence Rate :

$$v_2 = \{N_2(3) - N(6.0)\} \times L$$

$$\Rightarrow N_2(3.0) = e^{(=-4.6555-1.5009\times 3)} = 1.0535 \times E^{-04}$$
$$\Rightarrow N_2(6.0) = e^{(=-4.6555-1.5009\times 6)} = 1.1682 \times E^{-06}$$
$$A = 8524 km^2$$
$$\Rightarrow v_2 = (1.0535 \times E^{-04} - 1.1682 \times E^{-06}) \times 8524 = 0.8881$$

$v_2 = 0.8881$

3-2-6 – محاسبه مقادیر PGA برای بزرگا و فاصله ها ی متفاوت (فاصله هر قسمت تا سایت مورد نظر) برای این منظور با استفاده از روابط کاهندگی برای مقادیر حد وسط بزرگا و مقادیر متفاوت فاصله ها مقدار PGA محاسبه می شود .
بدین منظور از روابط زیر استفاده می شود :

Boore ,Joyner & Fumal

$$LogPGA = b_1 + b_2(M-6) + b_3(M-6)^2 + b_4\sqrt{(R^2+h^2)} + b_5 \times Log(\sqrt{(R^2+h^2)}) + b_6 G_b + b_7 G_c$$

$$\Rightarrow LogPGA = -0.038 + 0.216(M_{Mid} - 6) - 0.777 \times Log(\sqrt{R^2 + 5.48^2}$$

Median PGA :

$$PGA = 10^{LogPGA}$$

و یا می توان از روابط زارع 99 که برای البرز مرکزی با توجه به محل سایت که در این منطقه قرار دارد استفاده نمود .این رابطه به صورت زیر است :

Mean/Medial Log(PGA):

$$Log(PGA) = aM_W + bR - dLogR + C_i S_i + \sigma P$$
$$\Rightarrow LogPGA = 0.322 \times M_{mid} - 0.004 \times R - LogR - 0.688$$

Median PGA :

$$PGA = 10^{LogPGA} / g$$

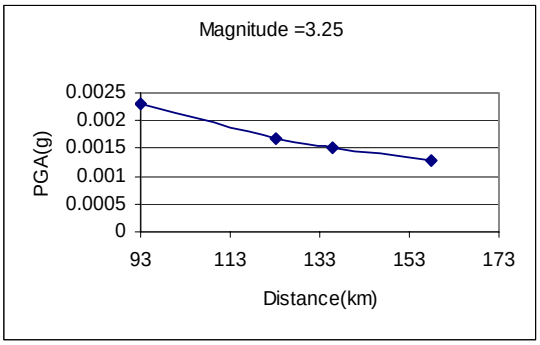
جدول 12 – PGA Estimation Through Attenuation Function For S2

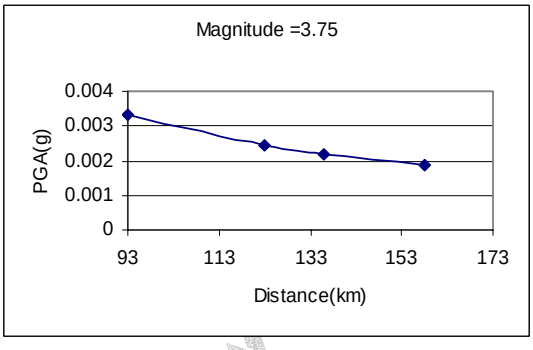
M_{Mid}	R = 93km		R = 136km		R = 123km		R = 158km	
	LogPGA	$PGA(g)$	*LogPGA*	$PGA(g)$	*LogPGA*	$PGA(g)$	*LogPGA*	$PGA(g)$
3.25	-1.6471829	0.0022969	-1.8294389	0.0015097	-1.7806051	0.0016894	-1.9033571	0.0012734
3.75	-1.4861829	0.0033277	-1.6684389	0.0021872	-1.6196051	0.0024475	-1.7423571	0.0018449
4.25	-1.3251829	0.0048211	-1.5074389	0.0031688	-1.4586051	0.0035459	-1.5813571	0.0026728
4.75	-1.1641829	0.0069847	-1.3464389	0.0045908	-1.2976051	0.0051372	-1.4203571	0.0038723
5.25	-1.0031829	0.0101192	-1.1854389	0.0066511	-1.1366051	0.0074426	-1.2593571	0.0056101
5.75	-0.8421829	0.0146605	-1.0244389	0.0096359	-0.9756051	0.0107827	-1.0983571	0.0081278

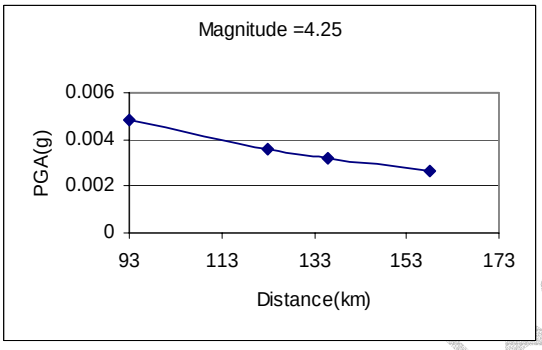
بر اساس نتایج بالا که از رابطه زارع 99 بدست آمده است نمودار فاصله بر حسب PGA را رسم می کنیم که به صورت زیر است .

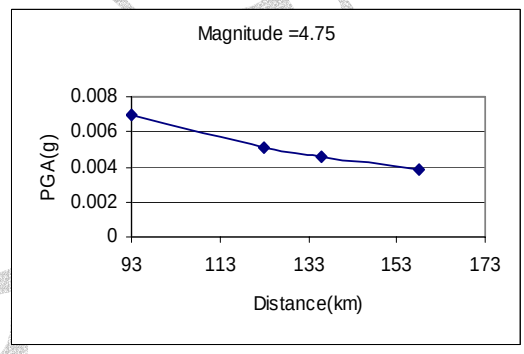
-

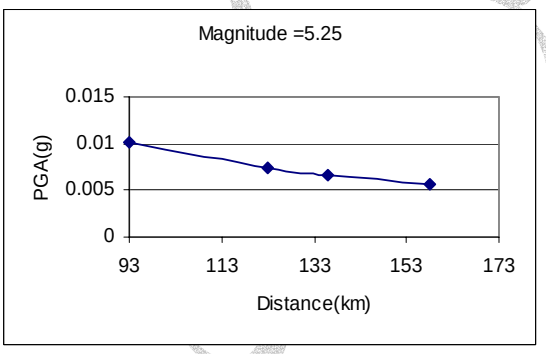
نمودار PGA Attenuation Estimation for Source 2 – 7

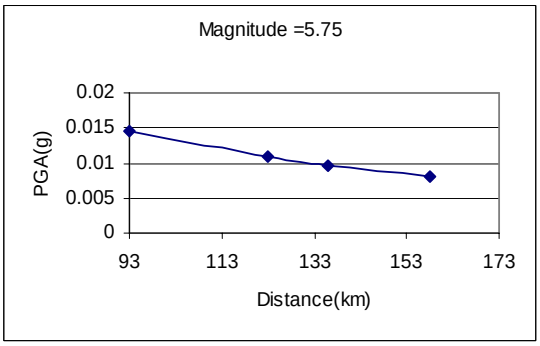












حال ما برای محاسبه تابع PGA بزرگتر از یک برای acceleration مشخص و M,R مشخص با فرض اینکه شتاب ما در محدوده (0.05g-0.65g) باشد به شرح زیر است .

$$acc_0 = 0.05g$$
$$acc_0 = 0.10g$$
$$acc_0 = 0.15g$$
$$acc_0 = 0.20g$$
.
.
.
$$acc_0 = 0.65g$$

برای محاسبه این احتمال از توزیع چگالی احتمال نرمال استفاده می شود .برای این کار از رابطه boore – Joyner Fuaml استفاده می شود که در این رابطه σ انحراف معیار رابطه کاهندگی انتخابی می باشد که مساوی 0.205 می باشد .

$$P(PGA > acc \mid EQ : R, M) = 1 - \Phi(\frac{Log(acc) - \log PGA}{\sigma_{LogPGA}}$$

برای توضیح بیشتر رابطه بالا مرحله اول این کار را نوشته وبقیه در جدول زیر آمده است :

$acc > 0.05g$ R=93 km , M=3.25

$$P(PGA > acc \mid EQ : R = 93, M = 3.25) = 1 - \Phi(\frac{Log(0.05) - \log 0.0022969}{0.205})$$
$$= 1 - \Phi(\frac{-1.30103 + 2.638858}{0.205})$$
$$= 1 - \Phi(6.52599)$$
$$\Phi(6.52599) = 0.9996574 \Rightarrow P(PGA > acc \mid EQ : R = 93, M = 3.25) = 0.0003426$$

خلاصه تمام مراحل بالا برای تمام acceleration ها در جداول زیر به صورت کامل آورده شده است :

-

جدول 13 – Probability Of Exceeding A Given EQ From acc

$P(PGA > 0.05g | EQ : R, M)$ $acc = 0.05g$

M (M_{Mid})	R=93km		R=136km		R=123km		R=158km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0022969	0.0003426	0.0015097	5.717E-05	0.0016894	9.421E-05	0.0012734	2.61E-05
3.75	0.0033277	0.0014094	0.0021872	0.0002809	0.0024475	0.0004414	0.0018449	0.0001379
4.25	0.0048211	0.0049654	0.0031688	0.0011798	0.0035459	0.0017679	0.0026728	0.0006225
4.75	0.0069847	0.0150186	0.0045908	0.004242	0.0051372	0.0060668	0.0038723	0.0024028
5.25	0.0101192	0.0391217	0.0066511	0.0130894	0.0074426	0.0178818	0.0056101	0.007951
5.75	0.0146605	0.0881333	0.0096359	0.0347682	0.0107827	0.0454208	0.0081278	0.0226139

$P(PGA > 0.10g | EQ : R, M)$ $acc = 0.10g$

M (M_{Mid})	R=93km		R=136km		R=123km		R=158km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0022969	1.596E-05	0.0015097	1.901E-06	0.0016894	3.43E-06	0.0012734	7.567E-07
3.75	0.0033277	8.813E-05	0.0021872	1.258E-05	0.0024475	2.162E-05	0.0018449	5.39E-06
4.25	0.0048211	0.0004155	0.0031688	7.097E-05	0.0035459	0.0001162	0.0026728	3.271E-05
4.75	0.0069847	0.0016752	0.0045908	0.0003417	0.0051372	0.0005335	0.0038723	0.0001693
5.25	0.0101192	0.0057849	0.0066511	0.001406	0.0074426	0.0020941	0.0056101	0.0007487
5.75	0.0146605	0.0171564	0.0096359	0.004955	0.0107827	0.007044	0.0081278	0.0028326

$P(PGA > 0.15g | EQ : R, M)$ $acc = 0.15g$

M (M_{Mid})	R=93km		R=136km		R=123km		R=158km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0022969	2.05E-06	0.0015097	2.003E-07	0.0016894	3.811E-07	0.0012734	7.35E-08
3.75	0.0033277	1.348E-05	0.0021872	1.58E-06	0.0024475	2.863E-06	0.0018449	6.244E-07
4.25	0.0048211	7.559E-05	0.0031688	1.061E-05	0.0035459	1.832E-05	0.0026728	4.515E-06
4.75	0.0069847	0.0003617	0.0045908	6.076E-05	0.0051372	9.996E-05	0.0038723	2.781E-05
5.25	0.0101192	0.0014797	0.0066511	0.0002969	0.0074426	0.0004656	0.0056101	0.0001461
5.75	0.0146605	0.005184	0.0096359	0.0012396	0.0107827	0.0018543	0.0081278	0.0006557

$P(PGA > 0.20g | EQ : R, M)$ $acc = 0.20g$

M (M_{Mid})	R=93km		R=136km		R=123km		R=158km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0022969	4.255E-07	0.0015097	3.607E-08	0.0016894	7.132E-08	0.0012734	1.25E-08
3.75	0.0033277	3.17E-06	0.0021872	3.225E-07	0.0024475	6.071E-07	0.0018449	1.204E-07
4.25	0.0048211	2.011E-05	0.0031688	2.454E-06	0.0035459	4.4E-06	0.0026728	9.862E-07
4.75	0.0069847	0.0001088	0.0045908	1.59E-05	0.0051372	2.716E-05	0.0038723	6.879E-06
5.25	0.0101192	0.0005027	0.0066511	8.788E-05	0.0074426	0.000143	0.0056101	4.089E-05
5.75	0.0146605	0.0019859	0.0096359	0.0004145	0.0107827	0.0006432	0.0081278	0.0002074

$P(PGA > 0.25g | EQ : R, M)$ $acc = 0.25g$

M (M_{Mid})	R=93km		R=136km		R=123km		R=158km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0022969	1.176E-07	8.926E-09	8.926E-09	0.0016894	1.818E-08	0.0012734	2.957E-09
3.75	0.0033277	9.649E-07	8.797E-08	8.797E-08	0.0024475	1.705E-07	0.0018449	3.139E-08
4.25	0.0048211	6.742E-06	7.375E-07	7.375E-07	0.0035459	1.362E-06	0.0026728	2.835E-07
4.75	0.0069847	4.015E-05	5.264E-06	5.264E-06	0.0051372	9.256E-06	0.0038723	2.178E-06
5.25	0.0101192	0.0002039	3.201E-05	3.201E-05	0.0074426	5.363E-05	0.0056101	1.425E-05
5.75	0.0146605	0.0008849	0.000166	0.000166	0.0107827	0.0002652	0.0081278	7.953E-05

$P(PGA > 0.30g | EQ : R, M)$ $acc = 0.30g$

M (M_{Mid})	R=93km		R=136km		R=123km		R=158km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0022969	3.935E-08	0.0015097	2.73E-09	0.0016894	5.694E-09	0.0012734	8.716E-10
3.75	0.0033277	3.496E-07	0.0021872	2.914E-08	0.0024475	5.786E-08	0.0018449	1.002E-08
4.25	0.0048211	2.644E-06	0.0031688	2.645E-07	0.0035459	5.001E-07	0.0026728	9.801E-08
4.75	0.0069847	1.703E-05	0.0045908	2.043E-06	0.0051372	3.679E-06	0.0038723	8.153E-07
5.25	0.0101192	9.352E-05	0.0066511	1.344E-05	0.0074426	2.306E-05	0.0056101	5.773E-06
5.75	0.0146605	0.0004384	0.0096359	7.537E-05	0.0107827	0.0001232	0.0081278	3.483E-05

$P(PGA > 0.35g | EQ : R, M)$ $acc = 0.35g$

M (M_{Mid})	R=93km		R=136km		R=123km		R=158km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0022969	1.513E-08	0.0015097	9.721E-10	0.0016894	2.07E-09	0.0012734	3.009E-10
3.75	0.0033277	1.438E-07	0.0021872	1.11E-08	0.0024475	2.25E-08	0.0018449	3.703E-09
4.25	0.0048211	1.162E-06	0.0031688	1.078E-07	0.0035459	2.08E-07	0.0026728	3.873E-08
4.75	0.0069847	8.003E-06	0.0045908	8.903E-07	0.0051372	1.636E-06	0.0038723	3.446E-07
5.25	0.0101192	4.696E-05	0.0066511	6.261E-06	0.0074426	1.096E-05	0.0056101	2.608E-06
5.75	0.0146605	0.0002351	0.0096359	3.752E-05	0.0107827	6.258E-05	0.0081278	1.682E-05

$P(PGA > 0.40g | EQ : R, M)$ $acc = 0.40g$

M (M_{Mid})	R=93km		R=136km		R=123km		R=158km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0022969	6.461E-09	0.0015097	3.885E-10	0.0016894	8.422E-10	0.0012734	1.171E-10
3.75	0.0033277	6.509E-08	0.0021872	4.705E-09	0.0024475	9.708E-09	0.0018449	1.528E-09
4.25	0.0048211	5.578E-07	0.0031688	4.843E-08	0.0035459	9.513E-08	0.0026728	1.694E-08
4.75	0.0069847	4.069E-06	0.0045908	4.24E-07	0.0051372	7.93E-07	0.0038723	1.598E-07
5.25	0.0101192	2.529E-05	0.0066511	3.159E-06	0.0074426	5.628E-06	0.0056101	1.282E-06
5.75	0.0146605	0.000134	0.0096359	2.005E-05	0.0107827	3.403E-05	0.0081278	8.755E-06

$P(PGA > 0.45g | EQ : R, M)$ $acc = 0.45g$

M (M_{Mid})	R=93km		R=136km		R=123km		R=158km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0022969	2.998E-09	0.0015097	1.7E-10	0.0016894	3.744E-10	0.0012734	5.002E-11
3.75	0.0033277	3.18E-08	0.0021872	2.168E-09	0.0024475	4.544E-09	0.0018449	6.875E-10
4.25	0.0048211	2.869E-07	0.0031688	2.35E-08	0.0035459	4.688E-08	0.0026728	8.028E-09
4.75	0.0069847	2.202E-06	0.0045908	2.166E-07	0.0051372	4.114E-07	0.0038723	7.97E-08
5.25	0.0101192	1.44E-05	0.0066511	1.698E-06	0.0074426	3.072E-06	0.0056101	6.73E-07
5.75	0.0146605	8.026E-05	0.0096359	1.134E-05	0.0107827	1.955E-05	0.0081278	4.838E-06

$P(PGA > 0.50g | EQ : R, M)$ $acc = 0.50g$

M (M_{Mid})	R=93km		R=136km		R=123km		R=158km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0022969	1.487E-09	0.0015097	8.005E-11	0.0016894	1.788E-10	0.0012734	2.306E-11
3.75	0.0033277	1.652E-08	0.0021872	1.069E-09	0.0024475	2.273E-09	0.0018449	3.319E-10
4.25	0.0048211	1.561E-07	0.0031688	1.214E-08	0.0035459	2.455E-08	0.0026728	4.059E-09
4.75	0.0069847	1.254E-06	0.0045908	1.171E-07	0.0051372	2.256E-07	0.0038723	4.22E-08
5.25	0.0101192	8.583E-06	0.0066511	9.614E-07	0.0074426	1.764E-06	0.0056101	3.731E-07
5.75	0.0146605	5.006E-05	0.0096359	6.72E-06	0.0107827	1.174E-05	0.0081278	2.807E-06

$P(PGA > 0.55g | EQ : R, M)$ $acc = 0.55g$

M (M_{Mid})	R=93km		R=136km		R=123km		R=158km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0022969	7.801E-10	0.0015097	4.004E-11	0.0016894	9.056E-11	0.0012734	1.131E-11
3.75	0.0033277	9.036E-09	0.0021872	5.577E-10	0.0024475	1.201E-09	0.0018449	1.698E-10
4.25	0.0048211	8.898E-08	0.0031688	6.6E-09	0.0035459	1.352E-08	0.0026728	2.166E-09
4.75	0.0069847	7.454E-07	0.0045908	6.64E-08	0.0051372	1.295E-07	0.0038723	2.347E-08
5.25	0.0101192	5.316E-06	0.0066511	5.682E-07	0.0074426	1.056E-06	0.0056101	2.164E-07
5.75	0.0146605	3.23E-05	0.0096359	4.139E-06	0.0107827	7.323E-06	0.0081278	1.697E-06

$P(PGA > 0.60g | EQ : R, M)$ $acc = 0.60g$

M (M_{Mid})	R=93km		R=136km		R=123km		R=158km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0022969	4.287E-10	0.0015097	2.107E-11	0.0016894	4.822E-11	0.0012734	5.85E-12
3.75	0.0033277	5.16E-09	0.0021872	3.05E-10	0.0024475	6.642E-10	0.0018449	9.125E-11
4.25	0.0048211	5.278E-08	0.0031688	3.75E-09	0.0035459	7.773E-09	0.0026728	1.209E-09
4.75	0.0069847	4.592E-07	0.0045908	3.919E-08	0.0051372	7.734E-08	0.0038723	1.361E-08
5.25	0.0101192	3.401E-06	0.0066511	3.483E-07	0.0074426	6.545E-07	0.0056101	1.303E-07
5.75	0.0146605	2.145E-05	0.0096359	2.635E-06	0.0107827	4.715E-06	0.0081278	1.062E-06

$P(PGA > 0.65g \mid EQ : R, M)$ $acc = 0.65g$

M (M_{Mid})	R=93km		R=136km		R=123km		R=158km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0022969	2.453E-10	0.0015097	1.158E-11	0.0016894	2.679E-11	0.0012734	3.164E-12
3.75	0.0033277	3.057E-09	0.0021872	1.737E-10	0.0024475	3.822E-10	0.0018449	5.113E-11
4.25	0.0048211	3.239E-08	0.0031688	2.212E-09	0.0035459	4.633E-09	0.0026728	7.017E-10
4.75	0.0069847	2.918E-07	0.0045908	2.394E-08	0.0051372	4.774E-08	0.0038723	8.184E-09
5.25	0.0101192	2.237E-06	0.0066511	2.203E-07	0.0074426	4.184E-07	0.0056101	8.114E-08
5.75	0.0146605	1.461E-05	0.0096359	1.726E-06	0.0107827	3.121E-06	0.0081278	6.843E-07

6-2- 4 – گام چهارم : محاسبه تابع احتمال برای وقوع زلزله بزرگتر از acceleration مشخص به صورت زیر محاسبه شده و بر اساس جدول حاصل شده منحنی خطر برای چشمه مورد نظر بدست می آید :

$$P(PGA > acc \mid EQ) = \sum_R \sum_M P(PGA > acc \mid EQ : R, M) \times f(M) \times \Delta M$$

$$P(PGA > acc) = 1 - e^{-v \times P}$$

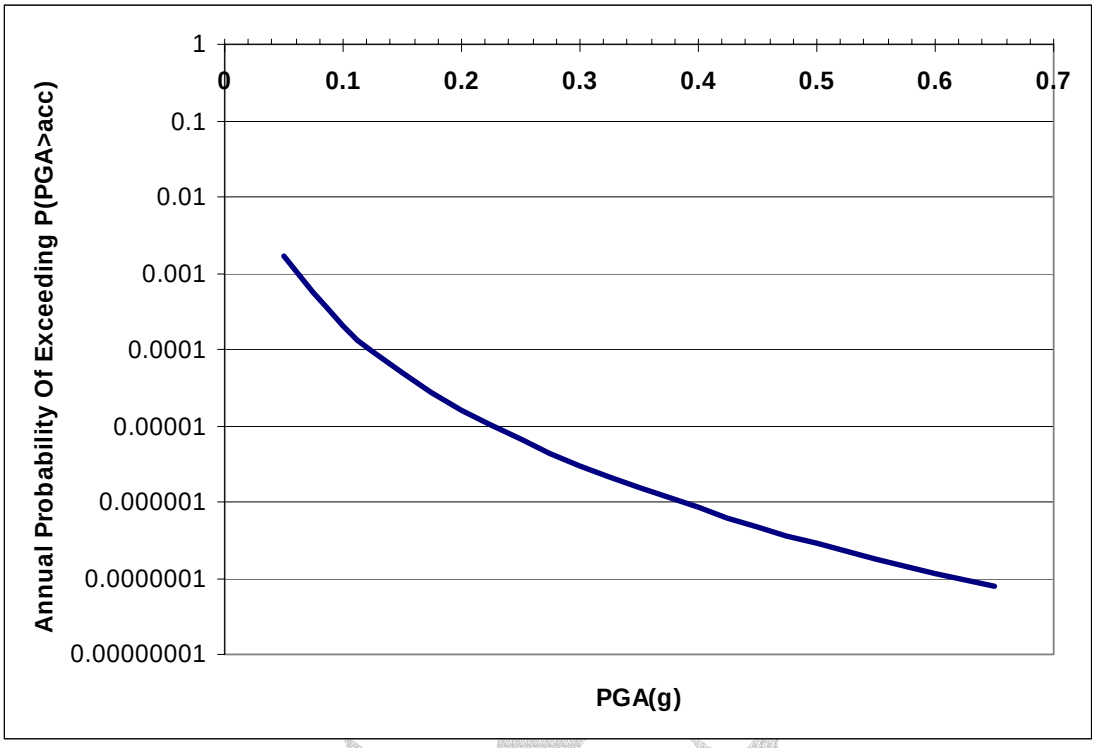
$$Approx : P(PGA > acc) = v \times P$$

جدول 14 – Probabilities Of Exceeding

acc	$P(PGA > acc \mid EQ)$	$P(PGA > acc)$	$Approx : P(PGA > acc)$
0.05	0.0019257	0.0017087	0.0017102
0.1	0.0002294	0.0002037	0.0002037
0.15	5.501E-05	4.885E-05	4.886E-05
0.2	1.828E-05	1.624E-05	1.624E-05
0.25	7.379E-06	6.553E-06	6.553E-06
0.3	3.394E-06	3.014E-06	3.014E-06
0.35	1.716E-06	1.524E-06	1.524E-06
0.4	9.328E-07	8.284E-07	8.284E-07
0.45	5.368E-07	4.767E-07	4.767E-07
0.5	3.235E-07	2.873E-07	2.873E-07
0.55	2.027E-07	1.8E-07	1.8E-07
0.6	1.312E-07	1.165E-07	1.165E-07
0.65	8.729E-08	7.752E-08	7.752E-08

-

نمودار 8 – Hazard Curve For Source 2 Using Boore – Joyner& Fumal Attenuation Expression



-

6 – 3 –چشمه سطحی 3:

6-3-1 – گام اول :تعیین مشخصات چشمه :

چشمه ومشخصات آن به طور کامل در قسمت 4 آورده شده که خلاصه ای از آن به صورت زیر است .

$A = 11766km^2$ $R_{31} = 60.5km$ $R_{32} = 47km$ $R_{33} = 128km$ $R_{34} = 116km$

$M_{Max} = 5.2$ $M_0 = 3$ $n = 4$

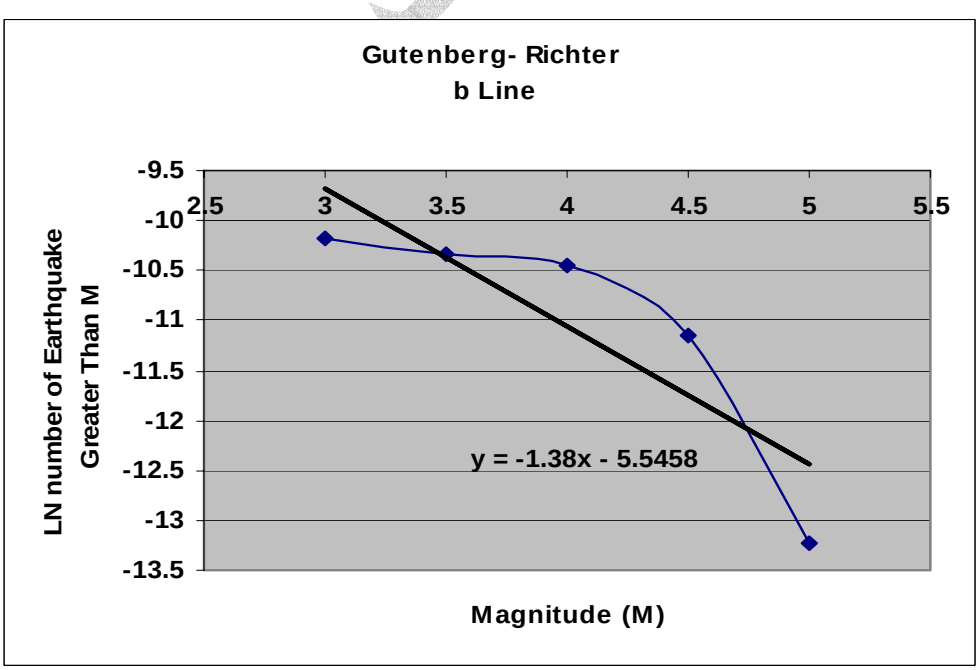
$F(R)\Delta R = 1/4$

6-3-2 – گام دوم : برازش خطی داده ها بر اساس رابطه رگرسیون خطی(گوتنبرگ ریشتر) Gutenberg –Richter وتعیین تابع چگالی احتمال بزرگا ورسم منحنی آن

جدول 15 – نتایج داده ها برای برازش خطی

Gutenberg –Richter b-Line For Source 3				
Magnitude(Mw)	**Sum**	**Sum/Year**	**Per Length**	**Ln(N)**
M>3.0	21	0.446808	3.7974E-05	-10.1786
M>3.5	18	0.3829787	3.2549E-05	-10.3327
M>4.0	16	0.3404255	2.8932E-05	-10.4505
M>4.5	8	0.1702127	1.4466E-06	-11.1437
M>5.0	1	0.0212766	1.8083E-06	-13.2231

نمودار 9 –(b Line)برای چشمه سطحی 3



Gutenberg – Richter RelationShip :

$LnN = \alpha - \beta \times M$

LnN=-5.5458-1.38M

-

$\alpha_3 = -5.5458$

$\beta_3 = 1.38$

توزیع بزرگا :

برای این چشمه سطحی بزرگا بین اعداد زیر است:

$M_{Max} = 5.2 \quad M_0 = 3$

وتابع توزیع چگالی بزرگا بشرح زیر بدست می آید :

$$f_3(M) = C_3 \times \beta_3 \times e^{-\beta_1 \times (M - M_0)}$$

$$C_3 = \frac{1}{1 - e^{-\beta_3 \times (M_{MAx} - M_0)}} = \frac{1}{1 - e^{-1.38(5.2-3)}} = 1.05$$

,

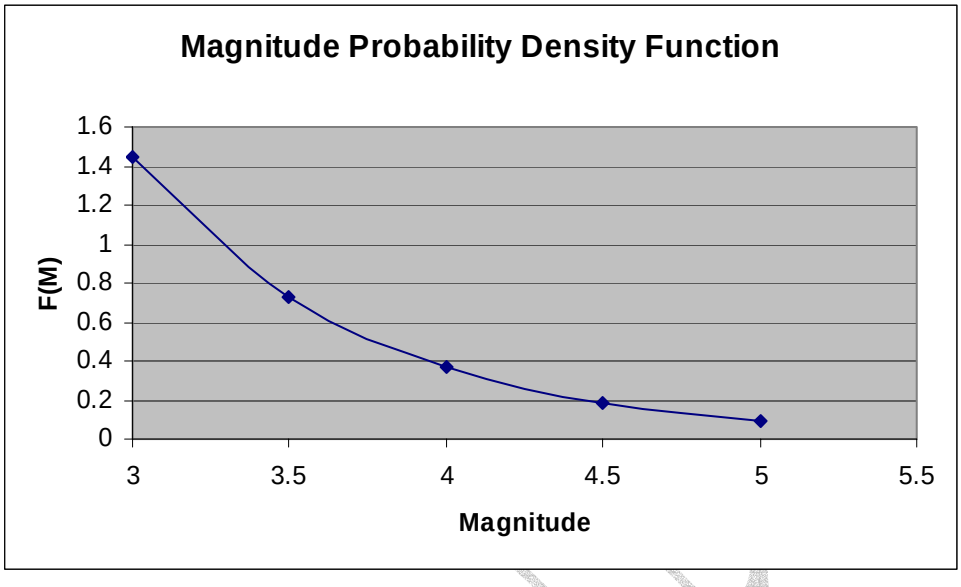
$$f_3(M) = 1.05 \times 1.38 \times e^{-1.38 \times (M-3)}$$

$$f_3(M) = 1.4496204 \times e^{-1.38 \times (M-3)}$$

جدول 16 – مقادیر تابع چگالی احتمال

Magnitude Probability Density Function	
M	F(M)
3	1.4496204
3.5	0.7270949
4	0.3646934
4.5	0.1829215
5	0.091749

نمودار 10 – نمودار تابع چگالی احتمال بزرگا



بزرگا را به فواصل 0.5M تقسیم می کنیم .

جدول 17 – بزرگا تقسیم شده به فواصل 0.5 M

تعداد تقسیمات	محدوده بزرگا	حد وسط بزرگا
1	3.0<M<3.5	3.25
2	3.5<M<4.0	3.75
3	4.0<M<4.5	4.25
4	4.5<M<5	4.75

برای محاسبه تابع چگالی احتمال مقادیر بزرگا را به صورت عددی و در بازه ΔM در نظر می گیریم و به شرح زیر محاسبه می کنیم .

$$P(M_{mid1} - \Delta M/2 \prec M \prec M_{mid1} + \Delta M/2) = f1(M_{mid}) \times \Delta M$$

$$P(3.0 \prec M \prec 3.5|EQ) = f1(M_{mid}) \times \Delta M$$

$$= f1(3.25) \times 0.5$$

$$= 1.44962 \times e^{-1.38\times(3.25-3)} \times 0.5$$

$$= 0.5133253$$

وبه همین صورت P(mid) را برای بقیه محاسبه و به صورت زیر می شود :

-

$P(3.0 \prec M \prec 3.5 | EQ) = 0.5133253$

$P(3.5 \prec M \prec 4.0 | EQ) = 0.2574717$

$P(4.0 \prec M \prec 4.5 | EQ) = 0.1291416$

$P(4.5 \prec M \prec 5.0 | EQ) = 0.0647744$

Average Occurrence Rate :

$$v_3 = \{N_3(3) - N(5.2)\} \times L$$

$$\Rightarrow N_3(3) = e^{(-5.5458-1.38\times 3)} = 6.21599 \times E^{-05}$$

$$\Rightarrow N_3(5.2) = e^{(-5.5458-1.38\times 5.2)} = 2.98533 \times E^{-06}$$

$$A = 11766 km^2$$

$$\Rightarrow v_3 = (5.9128 \times E^{-05} - 3.4433 \times E^{-06}) \times 11766 = 0.696248$$

$v_3 = 0.696248$

3-3-6 – محاسبه مقادیر PGA برای بزرگا و فاصله ها ی متفاوت (فاصله هر قسمت تا سایت مورد نظر) برای این منظور با استفاده از روابط کاهندگی برای مقادیر حد وسط بزرگا و مقادیر متفاوت فاصله ها مقدار PGA محاسبه می شود .
بدین منظور از روابط زیر استفاده می شود :

Boore ,Joyner & Fumal

$$LogPGA = b_1 + b_2(M-6) + b_3(M-6)^2 + b_4\sqrt{(R^2+h^2)} + b_5 \times Log(\sqrt{(R^2+h^2)}) + b_6 G_b + b_7 G_c$$

$$\Rightarrow LogPGA = -0.038 + 0.216(M_{Mid} - 6) - 0.777 \times Log(\sqrt{R^2 + 5.48^2}$$

Median PGA :

$$PGA = 10^{LogPGA}$$

و یا می توان از روابط زارع 99 که برای البرز مرکزی با توجه به محل سایت که در این منطقه قرار دارد استفاده نمود .این رابطه به صورت زیر است :

Mean/Medial Log(PGA):

$$Log(PGA) = aM_W + bR - dLogR + C_i S_i + \sigma P$$

$$\Rightarrow LogPGA = 0.322 \times M_{mid} - 0.004 \times R - LogR - 0.688$$

-

Median PGA :

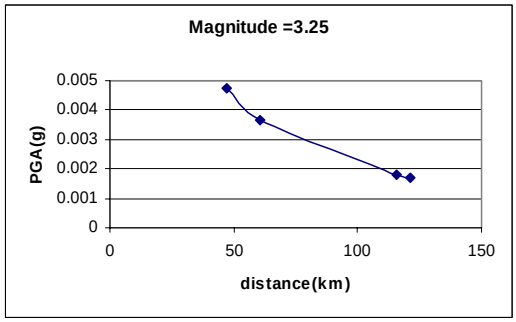
$$PGA = 10^{LogPGA} / g$$

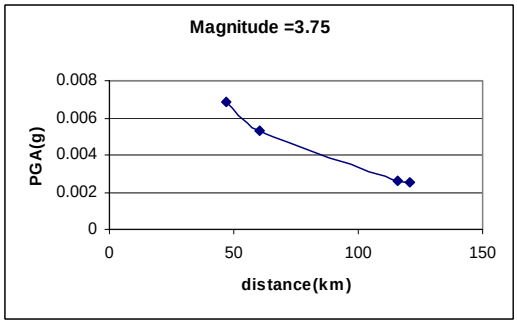
جدول 18 – PGA Estimation Through Attenuation Function For S3

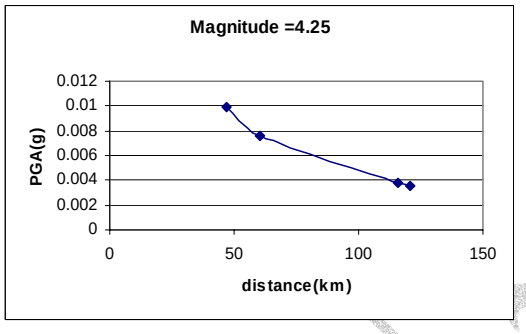
M_{Mid}	R = 60.5km		R = 121km		R = 47km		R = 116km	
	LogPGA	$PGA(g)$	*LogPGA*	$PGA(g)$	*LogPGA*	$PGA(g)$	*LogPGA*	$PGA(g)$
3.25	-1.4474554	0.0036381	-1.7726854	0.0017205	-1.3323979	0.0047417	-1.752358	0.0018029
3.75	-1.2864554	0.0052708	-1.6116854	0.0024926	-1.1713979	0.0068696	-1.591358	0.002612
4.25	-1.1254554	0.0076362	-1.4506854	0.0036112	-1.0103979	0.0099525	-1.430358	0.0037842
4.75	-0.9644554	0.0110631	-1.2896854	0.0052317	-0.8493979	0.0144189	-1.269358	0.0054824

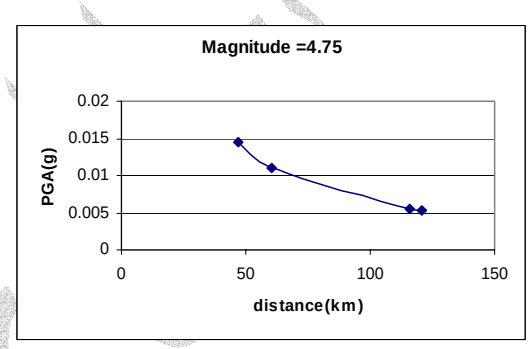
بر اساس نتایج بالا که از رابطه زارع 99 بدست آمده است نمودار فاصله بر حسب PGA را رسم می کنیم که به صورت زیر است .

نمودار PGA Attenuation Estimation for Source 3 – 11









حال ما برای محاسبه تابع PGA بزرگتر از یک برای acceleration مشخص و M,R مشخص با فرض اینکه شتاب ما در محدوده (0.05g-0.65g) باشد به شرح زیر است .

$$acc_0 = 0.05g$$
$$acc_0 = 0.10g$$
$$acc_0 = 0.15g$$
$$acc_0 = 0.20g$$
.
.
.
$$acc_0 = 0.65g$$

برای محاسبه این احتمال از توزیع چگالی احتمال نرمال استفاده می شود .برای این کار از رابطه boore – Joyner Fuaml استفاده می شود که در این رابطه σ انحراف معیار رابطه کاهندگی انتخابی می باشد که مساوی 0.205 می باشد .

-

$$P(PGA > acc \mid EQ : R, M) = 1 - \Phi(\frac{Log(acc) - \log PGA}{\sigma_{LogPGA}}$$

برای توضیح بیشتر رابطه بالا مرحله اول این کار را نوشته وبقیه در جدول زیر آمده است :

$acc > 0.05g$ R=60.5 km , M=3.25

$$P(PGA > acc \mid EQ : R = 60.5, M = 3.25) = 1 - \Phi(\frac{Log(0.05) - \log 0.0036381}{0.205})$$

$$= 1 - \Phi(\frac{-1.30103 + 2.439125}{0.205})$$

$$= 1 - \Phi(5.551683)$$

$$\Phi(5.551683) = 0.9980649 \Rightarrow P(PGA > acc \mid EQ : R = 60.5, M = 3.25) = 0.0019351$$

خلاصه تمام مراحل بالا برای تمام acceleration ها در جداول زیر به صورت کامل آورده شده است :

جدول 19 – Probability Of Exceeding A Given EQ From acc

$P(PGA > 0.05g \mid EQ : R, M)$ $acc = 0.05g$

M (M_{Mid})	R=60.5km		R=121km		R=47km		R=116km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0036381	0.0019351	0.0017205	0.000102	0.0047417	0.0047084	0.0018029	0.000125
3.75	0.0052708	0.0065703	0.0024926	0.0004743	0.0068696	0.014338	0.002612	0.0005694
4.25	0.0076362	0.0191651	0.0036112	0.0018852	0.0099525	0.0375968	0.0037842	0.0022194
4.75	0.0110631	0.0481886	0.0052317	0.0064208	0.0144189	0.0852418	0.0054824	0.0074143

$P(PGA > 0.10g \mid EQ : R, M)$ $acc = 0.10g$

M (M_{Mid})	R=60.5km		R=121km		R=47km		R=116km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0036381	0.0001298	0.0017205	3.77E-06	0.0047417	0.000389	0.0018029	4.794E-06
3.75	0.0052708	0.0005894	0.0024926	2.358E-05	0.0068696	0.001579	0.002612	2.938E-05
4.25	0.0076362	0.0022889	0.0036112	0.0001257	0.0099525	0.0054903	0.0037842	0.0001536
4.75	0.0110631	0.0076182	0.0052317	0.0005727	0.0144189	0.0163932	0.0054824	0.0006858

-

$P(PGA > 0.15g | EQ : R, M)$ $acc = 0.15g$

M (M_{Mid})	R=60.5km		R=121km		R=47km		R=116km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0036381	2.071E-05	0.0017205	4.224E-07	0.0047417	7.021E-05	0.0018029	5.492E-07
3.75	0.0052708	0.0001118	0.0024926	3.149E-06	0.0068696	0.0003384	0.002612	4.011E-06
4.25	0.0076362	0.0005149	0.0036112	1.999E-05	0.0099525	0.0013938	0.0037842	2.496E-05
4.75	0.0110631	0.0020289	0.0052317	0.0001082	0.0144189	0.0049169	0.0054824	0.0001324

$P(PGA > 0.20g | EQ : R, M)$ $acc = 0.20g$

M (M_{Mid})	R=60.5km		R=121km		R=47km		R=116km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0036381	5.017E-06	0.0017205	7.954E-08	0.0047417	1.858E-05	0.0018029	1.051E-07
3.75	0.0052708	3.063E-05	0.0024926	6.718E-07	0.0068696	0.0001012	0.002612	8.695E-07
4.25	0.0076362	0.0001595	0.0036112	4.83E-06	0.0099525	0.000471	0.0037842	6.126E-06
4.75	0.0110631	0.0007096	0.0052317	2.959E-05	0.0144189	0.0018735	0.0054824	3.677E-05

$P(PGA > 0.25g | EQ : R, M)$ $acc = 0.25g$

M (M_{Mid})	R=60.5km		R=121km		R=47km		R=116km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0036381	1.563E-06	0.0017205	2.037E-08	0.0047417	6.201E-06	0.0018029	2.724E-08
3.75	0.0052708	1.051E-05	0.0024926	1.896E-07	0.0068696	3.719E-05	0.002612	2.484E-07
4.25	0.0076362	6.021E-05	0.0036112	1.502E-06	0.0099525	0.0001902	0.0037842	1.928E-06
4.75	0.0110631	0.0002945	0.0052317	1.013E-05	0.0144189	0.0008314	0.0054824	1.274E-05

$P(PGA > 0.30g | EQ : R, M)$ $acc = 0.30g$

M (M_{Mid})	R=60.5km		R=121km		R=47km		R=116km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0036381	5.772E-07	0.0017205	6.407E-09	0.0047417	2.423E-06	0.0018029	8.654E-09
3.75	0.0052708	4.2E-06	0.0024926	6.458E-08	0.0068696	1.572E-05	0.002612	8.547E-08
4.25	0.0076362	2.603E-05	0.0036112	5.538E-07	0.0099525	8.695E-05	0.0037842	7.181E-07
4.75	0.0110631	0.0001376	0.0052317	4.042E-06	0.0144189	0.0004105	0.0054824	5.136E-06

-

$P(PGA > 0.35g | EQ : R, M)$ $acc = 0.35g$

M (M_{Mid})	R=60.5km		R=121km		R=47km		R=116km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0036381	2.412E-07	0.0017205	2.337E-09	0.0047417	1.062E-06	0.0018029	3.183E-09
3.75	0.0052708	1.876E-06	0.0024926	2.52E-08	0.0068696	7.366E-06	0.002612	3.364E-08
4.25	0.0076362	1.243E-05	0.0036112	2.311E-07	0.0099525	4.353E-05	0.0037842	3.022E-07
4.75	0.0110631	7.019E-05	0.0052317	1.804E-06	0.0144189	0.0002194	0.0054824	2.311E-06

$P(PGA > 0.40g | EQ : R, M)$ $acc = 0.40g$

M (M_{Mid})	R=60.5km		R=121km		R=47km		R=116km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0036381	1.108E-07	0.0017205	9.534E-10	0.0047417	5.084E-07	0.0018029	1.309E-09
3.75	0.0052708	9.13E-07	0.0024926	1.09E-08	0.0068696	3.735E-06	0.002612	1.466E-08
4.25	0.0076362	6.407E-06	0.0036112	1.06E-07	0.0099525	2.338E-05	0.0037842	1.396E-07
4.75	0.0110631	3.832E-05	0.0052317	8.765E-07	0.0144189	0.0001248	0.0054824	1.131E-06

$P(PGA > 0.45g | EQ : R, M)$ $acc = 0.45g$

M (M_{Mid})	R=60.5km		R=121km		R=47km		R=116km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0036381	5.478E-08	0.0017205	4.249E-10	0.0047417	2.608E-07	0.0018029	5.87E-10
3.75	0.0052708	4.753E-07	0.0024926	5.116E-09	0.0068696	2.017E-06	0.002612	6.924E-09
4.25	0.0076362	3.511E-06	0.0036112	5.237E-08	0.0099525	1.328E-05	0.0037842	6.944E-08
4.75	0.0110631	2.209E-05	0.0052317	4.559E-07	0.0144189	7.457E-05	0.0054824	5.923E-07

$P(PGA > 0.50g | EQ : R, M)$ $acc = 0.50g$

M (M_{Mid})	R=60.5km		R=121km		R=47km		R=116km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0036381	2.878E-08	0.0017205	2.034E-10	0.0047417	1.416E-07	0.0018029	2.826E-10
3.75	0.0052708	2.615E-07	0.0024926	2.565E-09	0.0068696	1.146E-06	0.002612	3.491E-09
4.25	0.0076362	2.022E-06	0.0036112	2.749E-08	0.0099525	7.901E-06	0.0037842	3.666E-08
4.75	0.0110631	1.331E-05	0.0052317	2.505E-07	0.0144189	4.641E-05	0.0054824	3.274E-07

-

$P(PGA > 0.55g | EQ : R, M)$ $acc = 0.55g$

M (M_{Mid})	R=60.5km		R=121km		R=47km		R=116km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0036381	1.59E-08	0.0017205	1.032E-10	0.0047417	8.059E-08	0.0018029	1.442E-10
3.75	0.0052708	1.506E-07	0.0024926	1.358E-09	0.0068696	6.8E-07	0.002612	1.858E-09
4.25	0.0076362	1.213E-06	0.0036112	1.517E-08	0.0099525	4.884E-06	0.0037842	2.034E-08
4.75	0.0110631	8.325E-06	0.0052317	1.442E-07	0.0144189	2.989E-05	0.0054824	1.894E-07

$P(PGA > 0.60g | EQ : R, M)$ $acc = 0.60g$

M (M_{Mid})	R=60.5km		R=121km		R=47km		R=116km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0036381	9.161E-09	0.0017205	5.507E-11	0.0047417	4.772E-08	0.0018029	7.73E-11
3.75	0.0052708	9.013E-08	0.0024926	7.525E-10	0.0068696	4.182E-07	0.002612	1.035E-09
4.25	0.0076362	7.543E-07	0.0036112	8.736E-09	0.0099525	3.12E-06	0.0037842	1.177E-08
4.75	0.0110631	5.374E-06	0.0052317	8.623E-08	0.0144189	1.982E-05	0.0054824	1.138E-07

$P(PGA > 0.65g | EQ : R, M)$ $acc = 0.65g$

M (M_{Mid})	R=60.5km		R=121km		R=47km		R=116km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0036381	5.474E-09	0.0017205	3.065E-11	0.0047417	2.924E-08	0.0018029	4.322E-11
3.75	0.0052708	5.578E-08	0.0024926	4.338E-10	0.0068696	2.653E-07	0.002612	5.992E-10
4.25	0.0076362	4.834E-07	0.0036112	5.217E-09	0.0099525	2.049E-06	0.0037842	7.059E-09
4.75	0.0110631	3.565E-06	0.0052317	5.332E-08	0.0144189	1.348E-05	0.0054824	7.069E-08

3-6- 4 – گام چهارم : محاسبه تابع احتمال برای وقوع زلزله بزرگتر از acceleration مشخص به صورت زیر محاسبه شده و بر اساس جدول حاصل شده منحنی خطر برای چشمه مورد نظر بدست می آید :

$$P(PGA > acc | EQ) = \sum_R \sum_M P(PGA > acc | EQ : R, M) \times f(M) \times \Delta M$$

$$P(PGA > acc) = 1 - e^{-v \times P}$$

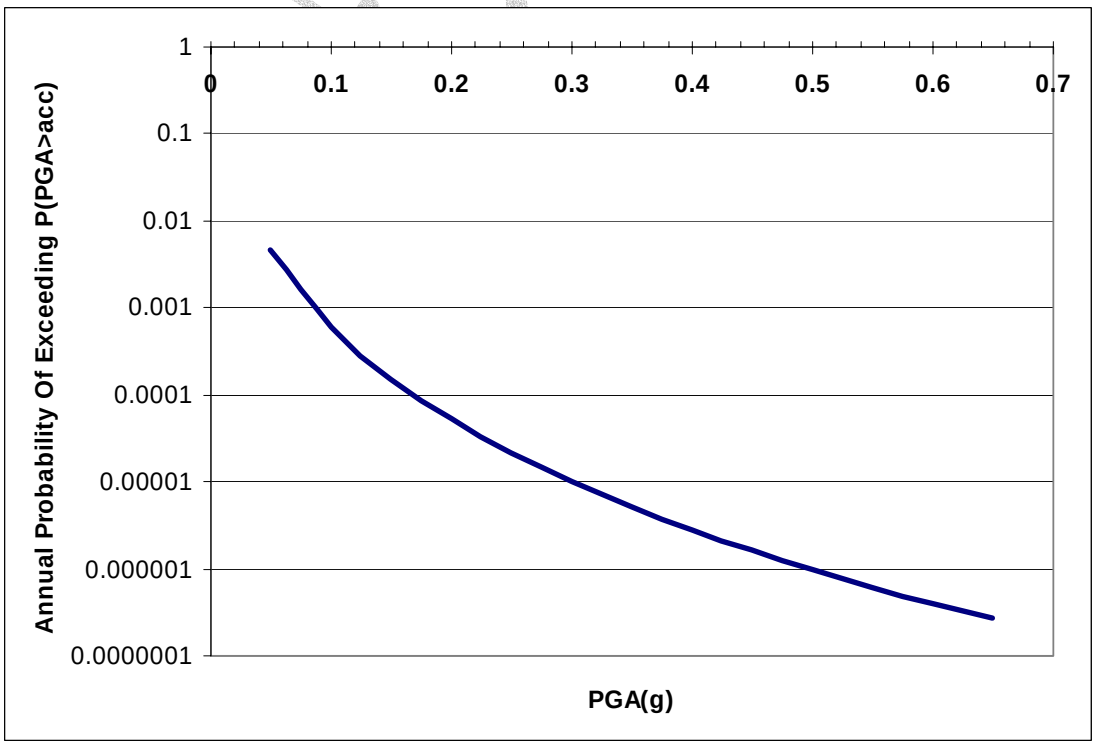
$$Approx : P(PGA > acc) = v \times P$$

-

جدول 20 – Probabilities Of Exceeding

acc	$P(PGA > acc \mid EQ)$	$P(PGA > acc)$	$Approx: P(PGA > acc)$
0.05	0.0066446	0.0046156	0.0046263
0.1	0.00088	0.0006125	0.0006127
0.15	0.0002207	0.0001536	0.0001536
0.2	7.525E-05	5.239E-05	5.239E-05
0.25	3.09E-05	2.151E-05	2.151E-05
0.3	1.439E-05	1.002E-05	1.002E-05
0.35	7.347E-06	5.116E-06	5.116E-06
0.4	4.024E-06	2.802E-06	2.802E-06
0.45	2.33E-06	1.622E-06	1.622E-06
0.5	1.412E-06	9.83E-07	9.83E-07
0.55	8.884E-07	6.185E-07	6.185E-07
0.6	5.771E-07	4.018E-07	4.018E-07
0.65	3.854E-07	2.683E-07	2.683E-07

نمودار 12 – Hazard Curve For Source 3 Using Boore – Joyner& Fumal Attenuation Expression



-

6 – 4 –چشمه سطحی 4:

6-4-1 – گام اول :تعیین مشخصات چشمه :

چشمه ومشخصات آن به طور کامل در قسمت 4 آورده شده که خلاصه ای از آن به صورت زیر است .

$A = 14266km^2$ $R_{41} = 128km$ $R_{42} = 71km$ $R_{43} = 116km$ $R_{44} = 45km$

$M_{Max} = 6.3$ $M_0 = 3$ $n = 4$

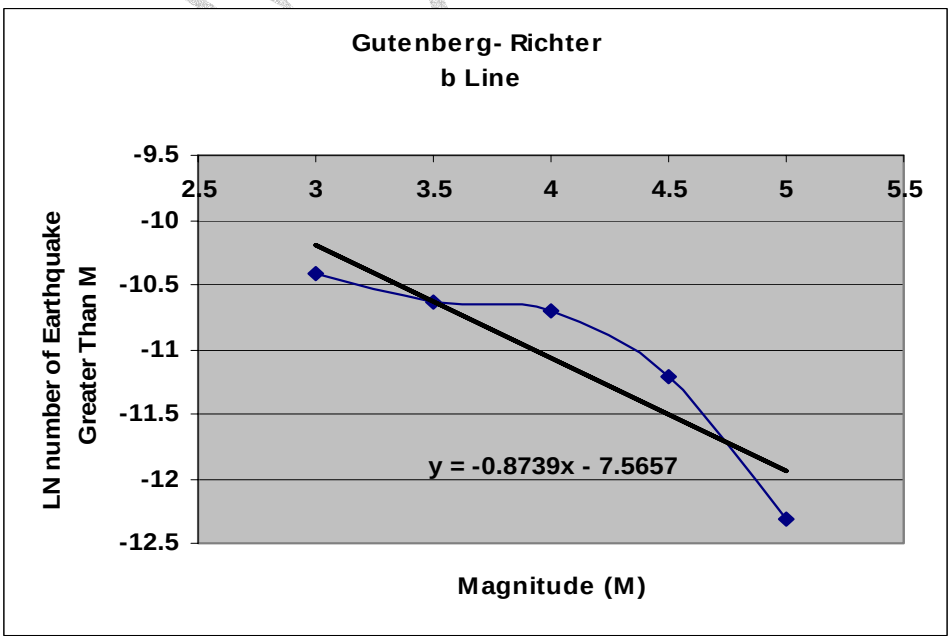
$F(R)\Delta R = 1/4$

6-4-2 – گام دوم : برازش خطی داده ها بر اساس رابطه رگرسیون خطی(گوتنبرگ ریشتر) Gutenberg –Richter وتعیین تابع چگالی احتمال بزرگا ورسم منحنی آن

جدول 21 – نتایج داده ها برای برازش خطی

Gutenberg –Richter b-Line For Source 4				
Magnitude(Mw)	**Sum**	**Sum/Year**	**Per Length**	**Ln(N)**
M>3.0	20	0.425532	2.9828E-05	-10.42
M>3.5	16	0.340426	2.3863E-05	-10.6432
M>4.0	15	0.319149	2.2371E-05	-10.7077
M>4.5	9	0.191489	1.3423E-05	-11.2186
M>5.0	3	0.06383	4.4743E-06	-12.3172
M>5.5	2	0.042553	2.9828E-06	-12.7226
M>6.0	1	0.021277	1.4914E-06	-13.4158

نمودار 13 –(b Line)برای چشمه سطحی 4



Gutenberg – Richter RelationShip :

$LnN = \alpha - \beta \times M$

-

LnN=-7.5657-0.8739M

$\alpha_4 = -7.5657$

$\beta_4 = 0.8739$

توزیع بزرگا :

برای این چشمه سطحی بزرگا بین اعداد زیر است:

$M_{Max} = 6.3 \quad M_0 = 3$

وتابع توزیع چگالی بزرگا بشرح زیر بدست می آید :

$$f_4(M) = C_4 \times \beta_4 \times e^{-\beta_4 \times (M - M_0)}$$

$$C_4 = \frac{1}{1 - e^{-\beta_4 \times (M_{MAx} - M_0)}} = \frac{1}{1 - e^{-0.8739(6.3-3)}} = 1.0592$$

,

$$f_4(M) = 1.0592 \times 0.8739 \times e^{-0.8739 \times (M-3)}$$

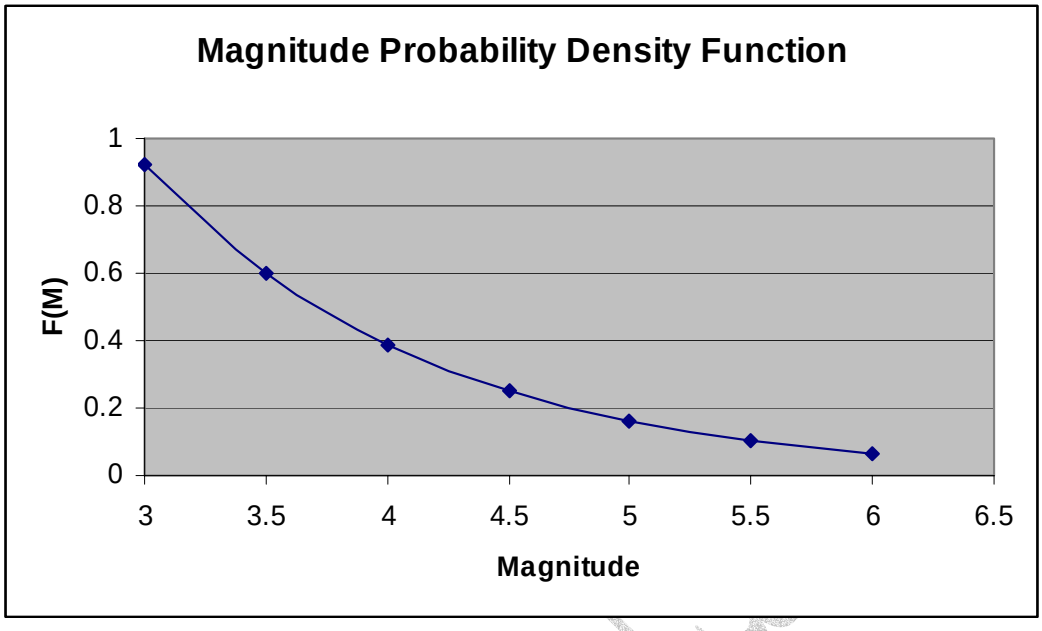
$$f_4(M) = 0.9257 \times e^{-0.8739 \times (M-3)}$$

جدول 22 – مقادیر تابع چگالی احتمال

Magnitude Probability Density Function	
M	F(M)
3	0.9256611
3.5	0.5979805
4	0.3862976
4.5	0.2495497
5	0.16121
5.5	0.1041423
6.0	0.0672763

-

نمودار 14 – نمودار تابع چگالی احتمال بزرگا



بزرگا را به فواصل 0.5M تقسیم می کنیم .

جدول 23 – بزرگا تقسیم شده به فواصل 0.5 M

تعداد تقسیمات	محدوده بزرگا	حد وسط بزرگا
1	3.0<M<3.5	3.25
2	3.5<M<4.0	3.75
3	4.0<M<4.5	4.25
4	4.5<M<5	4.75
5	5.0<M<5.5	5.25
6	5.5<M<6.0	5.75

برای محاسبه تابع چگالی احتمال مقادیر بزرگا را به صورت عددی و در بازه ΔM در نظر می گیریم و به شرح زیر محاسبه می کنیم .

$$P(M_{mid1} - \Delta M/2 \prec M \prec M_{mid1} + \Delta M/2) = f1(M_{mid}) \times \Delta M$$

$$P(3.0 \prec M \prec 3.5|EQ) = f1(M_{mid}) \times \Delta M$$

$$= f1(3.25) \times 0.5$$

$$= 0.9257 \times e^{-0.8739 \times (3.25-3)} \times 0.5$$

$$= 0.37199$$

وبه همین صورت P(mid) را برای بقیه محاسبه و به صورت زیر می شود :

-

$P(3.0 \prec M \prec 3.5 | EQ) = 0.3719971$

$P(3.5 \prec M \prec 4.0 | EQ) = 0.2403115$

$P(4.0 \prec M \prec 4.5 | EQ) = 0.1552421$

$P(4.5 \prec M \prec 5.0 | EQ) = 0.100287$

$P(5.0 \prec M \prec 5.5 | EQ) = 0.0647858$

$P(5.5 \prec M \prec 6.0 | EQ) = 0.0418518$

Average Occurrence Rate :

$$v_4 = \{N_4(3) - N(6.3)\} \times L$$

$$\Rightarrow N_4(3.0) = e^{(-7.5657-0.8739\times 3)} = 3.764163 \times E^{-05}$$

$$\Rightarrow N_4(6.3) = e^{(-7.5657-0.8739\times 6.3)} = 2.1048423 \times E^{-06}$$

$$A = 14266 km^2$$

$$\Rightarrow v_4 = (3.764163 \times E^{-05} - 2.1048423 \times E^{-06}) \times 14266 = 0.5069677803$$

$v_4 = 0.50697$

3-4-6 – محاسبه مقادیر PGA برای بزرگا و فاصله ها ی متفاوت (فاصله هر قسمت تا سایت مورد نظر) برای این منظور با استفاده از روابط کاهندگی برای مقادیر حد وسط بزرگا و مقادیر متفاوت فاصله ها مقدار PGA محاسبه می شود .

بدین منظور از روابط زیر استفاده می شود :

Boore ,Joyner & Fumal

$$LogPGA = b_1 + b_2(M-6) + b_3(M-6)^2 + b_4\sqrt{(R^2+h^2)} + b_5 \times Log(\sqrt{(R^2+h^2)}) + b_6 G_b + b_7 G_c$$

$$\Rightarrow LogPGA = -0.038 + 0.216(M_{Mid} - 6) - 0.777 \times Log(\sqrt{R^2 + 5.48^2}$$

Median PGA :

$$PGA = 10^{LogPGA}$$

و یا می توان از روابط زارع 99 که برای البرز مرکزی با توجه به محل سایت که در این منطقه قرار دارد استفاده نمود .این رابطه به صورت زیر است :

Mean/Medial Log(PGA):

$$Log(PGA) = aM_W + bR - dLogR + C_i S_i + \sigma P$$

$$\Rightarrow LogPGA = 0.322 \times M_{mid} - 0.004 \times R - LogR - 0.688$$

Median PGA :

$$PGA = 10^{LogPGA} / g$$

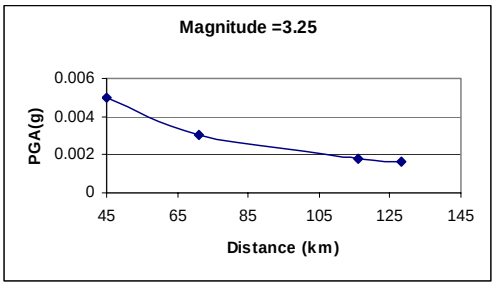
جدول 24 – PGA Estimation Through Attenuation Function For S4

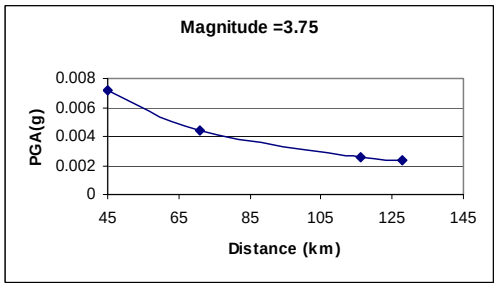
M_{Mid}	R = 128km		R = 71km		R = 116km		R = 45km	
	LogPGA	$PGA(g)$	*LogPGA*	$PGA(g)$	*LogPGA*	$PGA(g)$	*LogPGA*	$PGA(g)$
3.25	-1.79991	0.0016159	-1.5211583	0.0030702	-1.752358	0.0018029	-1.3127125	0.0049616
3.75	-1.63891	0.0023411	-1.3601583	0.0044481	-1.591358	0.002612	-1.1517125	0.0071882
4.25	-1.47791	0.0033917	-1.1991583	0.0064443	-1.430358	0.0037842	-0.9907125	0.010414
4.75	-1.31691	0.0049138	-1.0381583	0.0093363	-1.269358	0.0054824	-0.8297125	0.0150875
5.25	-1.15591	0.007119	-0.8771583	0.0135261	-1.108358	0.0079428	-0.6687125	0.0218584
5.75	-0.99491	0.0103139	-0.7161583	0.0195962	-0.947358	0.0115073	-0.5077125	0.0316678

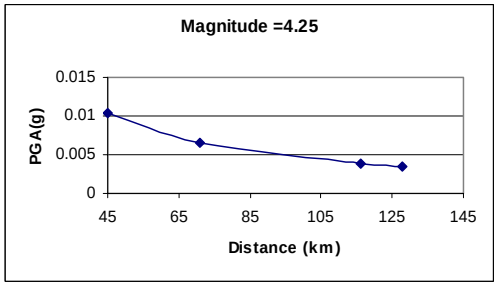
بر اساس نتایج بالا که از رابطه زارع 99 بدست آمده است نمودار فاصله بر حسب PGA را رسم می کنیم که به صورت زیر است .

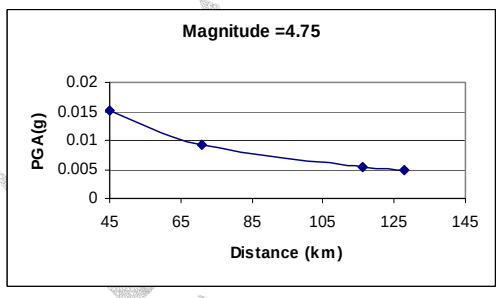
-

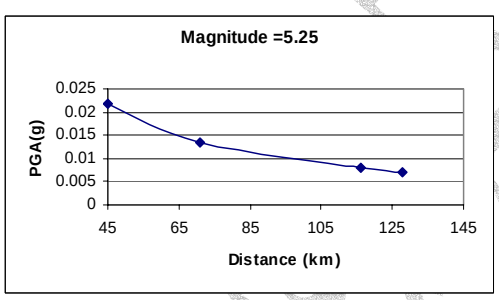
نمودار PGA Attenuation Estimation for Source 4 – 15

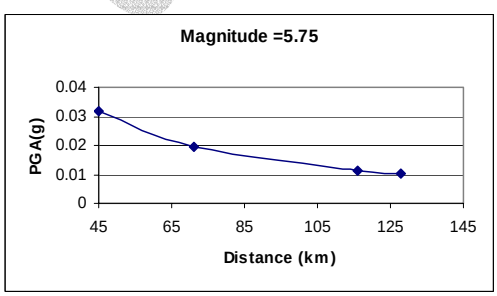












حال ما برای محاسبه تابع PGA بزرگتر از یک برای acceleration مشخص و M,R مشخص با فرض اینکه شتاب ما در محدوده (0.05g-0.65g) باشد به شرح زیر است .

-

$$acc_0 = 0.05g$$
$$acc_0 = 0.10g$$
$$acc_0 = 0.15g$$
$$acc_0 = 0.20g$$
.
.
.
$$acc_0 = 0.65g$$

برای محاسبه این احتمال از توزیع چگالی احتمال نرمال استفاده می شود .برای این کار از رابطه boore – Joyner Fuaml استفاده می شود که در این رابطه σ انحراف معیار رابطه کاهندگی انتخابی می باشد که مساوی 0.205 می باشد .

$$P(PGA > acc \left| EQ : R, M \right.) = 1 - \Phi(\frac{Log(acc) - \log PGA}{\sigma_{LogPGA}}$$

برای توضیح بیشتر رابطه بالا مرحله اول این کار را نوشته وبقیه در جدول زیر آمده است :

$acc > 0.05g$ R=128 km , M=3.25

$$P(PGA > acc \left| EQ : R = 128, M = 3.25 \right.) = 1 - \Phi(\frac{Log(0.05) - \log 0.0016159}{0.205})$$

$$= 1 - \Phi(\frac{-1.30103 + 2.791585519}{0.205})$$

$$= 1 - \Phi(7.271)$$

$$\Phi(7.271) = 0.99992254 \Rightarrow P(PGA > acc \left| EQ : R = 128, M = 3.25 \right.) = 7.746 \times E^{-05}$$

خلاصه تمام مراحل بالا برای تمام acceleration ها در جداول زیر به صورت کامل آورده شده است :

-

جدول 25 – Probability Of Exceeding A Given EQ From acc

$P(PGA > 0.05g | EQ : R, M)$ $acc = 0.05g$

M (M_{Mid})	R=128km		R=71km		R=116km		R=45km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0016159	7.746E-05	0.0030702	0.0010504	0.0018029	0.000125	0.0049616	0.0054393
3.75	0.0023411	0.0003698	0.0044481	0.0038266	0.002612	0.0005694	0.0071882	0.0162604
4.25	0.0033917	0.0015093	0.0064443	0.0119613	0.0037842	0.0022194	0.010414	0.041876
4.75	0.0049138	0.0052755	0.0093363	0.0321755	0.0054824	0.0074143	0.0150875	0.0933026
5.25	0.007119	0.0158329	0.0135261	0.0747768	0.0079428	0.0212846	0.0218584	0.1808686
5.75	0.0103139	0.0409319	0.0195962	0.1509235	0.0115073	0.0526933	0.0316678	0.3073309

$P(PGA > 0.10g | EQ : R, M)$ $acc = 0.10g$

M (M_{Mid})	R=128km		R=71km		R=116km		R=45km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0016159	2.721E-06	0.0030702	6.162E-05	0.0018029	4.794E-06	0.0049616	0.0004655
3.75	0.0023411	1.749E-05	0.0044481	0.0003007	0.002612	2.938E-05	0.0071882	0.0018541
4.25	0.0033917	9.581E-05	0.0064443	0.0012539	0.0037842	0.0001536	0.010414	0.0063271
4.75	0.0049138	0.0004481	0.0093363	0.0044774	0.0054824	0.0006858	0.0150875	0.0185471
5.25	0.007119	0.001792	0.0135261	0.0137219	0.0079428	0.0026197	0.0218584	0.0468597
5.75	0.0103139	0.0061398	0.0195962	0.0362062	0.0115073	0.0085787	0.0316678	0.1024945

$P(PGA > 0.15g | EQ : R, M)$ $acc = 0.15g$

M (M_{Mid})	R=128km		R=71km		R=116km		R=45km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0016159	2.96E-07	0.0030702	9.078E-06	0.0018029	5.492E-07	0.0049616	8.582E-05
3.75	0.0023411	2.267E-06	0.0044481	5.269E-05	0.002612	4.011E-06	0.0071882	0.0004057
4.25	0.0033917	1.479E-05	0.0064443	0.0002609	0.0037842	2.496E-05	0.010414	0.0016396
4.75	0.0049138	8.224E-05	0.0093363	0.0011041	0.0054824	0.0001324	0.0150875	0.0056763
5.25	0.007119	0.0003904	0.0135261	0.0039999	0.0079428	0.0006001	0.0218584	0.0168757
5.75	0.0103139	0.0015841	0.0195962	0.0124339	0.0115073	0.0023256	0.0316678	0.0432278

$P(PGA > 0.20g | EQ : R, M)$ $acc = 0.20g$

M (M_{Mid})	R=128km		R=71km		R=116km		R=45km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0016159	5.457E-08	0.0030702	2.077E-06	0.0018029	1.051E-07	0.0049616	2.305E-05
3.75	0.0023411	4.737E-07	0.0044481	1.365E-05	0.002612	8.695E-07	0.0071882	0.0001232
4.25	0.0033917	3.499E-06	0.0064443	7.644E-05	0.0037842	6.126E-06	0.010414	0.0005623
4.75	0.0049138	2.202E-05	0.0093363	0.0003654	0.0054824	3.677E-05	0.0150875	0.0021946
5.25	0.007119	0.0001182	0.0135261	0.001493	0.0079428	0.0001883	0.0218584	0.007341
5.75	0.0103139	0.0005415	0.0195962	0.0052253	0.0115073	0.0008238	0.0316678	0.021102

$P(PGA > 0.25g | EQ : R, M)$ $acc = 0.25g$

M (M_{Mid})	R=128km		R=71km		R=116km		R=45km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0016159	1.375E-08	0.0030702	6.192E-07	0.0018029	2.724E-08	0.0049616	7.786E-06
3.75	0.0023411	1.315E-07	0.0044481	4.48E-06	0.002612	2.484E-07	0.0071882	4.579E-05
4.25	0.0033917	1.07E-06	0.0064443	2.762E-05	0.0037842	1.928E-06	0.010414	0.0002298
4.75	0.0049138	7.418E-06	0.0093363	0.0001452	0.0054824	1.274E-05	0.0150875	0.000985
5.25	0.007119	4.381E-05	0.0135261	0.000652	0.0079428	7.181E-05	0.0218584	0.0036147
5.75	0.0103139	0.0002207	0.0195962	0.0025041	0.0115073	0.0003453	0.0316678	0.0113792

$P(PGA > 0.30g | EQ : R, M)$ $acc = 0.30g$

M (M_{Mid})	R=128km		R=71km		R=116km		R=45km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0016159	4.266E-09	0.0030702	2.205E-07	0.0018029	8.654E-09	0.0049616	3.072E-06
3.75	0.0023411	4.42E-08	0.0044481	1.727E-06	0.002612	8.547E-08	0.0071882	1.954E-05
4.25	0.0033917	3.895E-07	0.0064443	1.152E-05	0.0037842	7.181E-07	0.010414	0.000106
4.75	0.0049138	2.921E-06	0.0093363	6.548E-05	0.0054824	5.136E-06	0.0150875	0.000491
5.25	0.007119	1.866E-05	0.0135261	0.0003177	0.0079428	3.13E-05	0.0218584	0.0019443
5.75	0.0103139	0.0001016	0.0195962	0.0013172	0.0115073	0.0001627	0.0316678	0.006598

$P(PGA > 0.35g | EQ : R, M)$ $acc = 0.35g$

M (M_{Mid})	R=128km		R=71km		R=116km		R=45km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0016159	1.538E-09	0.0030702	8.937E-08	0.0018029	3.183E-09	0.0049616	1.358E-06
3.75	0.0023411	1.705E-08	0.0044481	7.484E-07	0.002612	3.364E-08	0.0071882	9.231E-06
4.25	0.0033917	1.607E-07	0.0064443	5.335E-06	0.0037842	3.022E-07	0.010414	5.35E-05
4.75	0.0049138	1.289E-06	0.0093363	3.241E-05	0.0054824	2.311E-06	0.0150875	0.0002646
5.25	0.007119	8.799E-06	0.0135261	0.0001679	0.0079428	1.505E-05	0.0218584	0.001118
5.75	0.0103139	5.121E-05	0.0195962	0.0007431	0.0115073	8.357E-05	0.0316678	0.0040443

$P(PGA > 0.40g | EQ : R, M)$ $acc = 0.40g$

M (M_{Mid})	R=128km		R=71km		R=116km		R=45km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0016159	6.214E-10	0.0030702	3.995E-08	0.0018029	1.309E-09	0.0049616	6.544E-07
3.75	0.0023411	7.304E-09	0.0044481	3.546E-07	0.002612	1.466E-08	0.0071882	4.714E-06
4.25	0.0033917	7.297E-08	0.0064443	2.679E-06	0.0037842	1.396E-07	0.010414	2.894E-05
4.75	0.0049138	6.202E-07	0.0093363	1.724E-05	0.0054824	1.131E-06	0.0150875	0.0001515
5.25	0.007119	4.487E-06	0.0135261	9.455E-05	0.0079428	7.807E-06	0.0218584	0.0006773
5.75	0.0103139	2.766E-05	0.0195962	0.0004428	0.0115073	4.59E-05	0.0316678	0.0025907

$P(PGA > 0.45g | EQ : R, M)$ $acc = 0.45g$

M (M_{Mid})	R=128km		R=71km		R=116km		R=45km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0016159	2.745E-10	0.0030702	1.93E-08	0.0018029	5.87E-10	0.0049616	3.379E-07
3.75	0.0023411	3.398E-09	0.0044481	1.804E-07	0.002612	6.924E-09	0.0071882	2.562E-06
4.25	0.0033917	3.574E-08	0.0064443	1.434E-06	0.0037842	6.944E-08	0.010414	1.654E-05
4.75	0.0049138	3.198E-07	0.0093363	9.707E-06	0.0054824	5.923E-07	0.0150875	9.108E-05
5.25	0.007119	2.435E-06	0.0135261	5.601E-05	0.0079428	4.3E-06	0.0218584	0.0004281
5.75	0.0103139	1.579E-05	0.0195962	0.0002758	0.0115073	2.66E-05	0.0316678	0.0017203

$P(PGA > 0.50g | EQ : R, M)$ $acc = 0.50g$

M (M_{Mid})	R=128km		R=71km		R=116km		R=45km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0016159	1.304E-10	0.0030702	9.929E-09	0.0018029	2.826E-10	0.0049616	1.845E-07
3.75	0.0023411	1.69E-09	0.0044481	9.715E-08	0.002612	3.491E-09	0.0071882	1.464E-06
4.25	0.0033917	1.862E-08	0.0064443	8.086E-07	0.0037842	3.666E-08	0.010414	9.895E-06
4.75	0.0049138	1.744E-07	0.0093363	5.729E-06	0.0054824	3.274E-07	0.0150875	5.7E-05
5.25	0.007119	1.39E-06	0.0135261	3.459E-05	0.0079428	2.488E-06	0.0218584	0.0002802
5.75	0.0103139	9.434E-06	0.0195962	0.0001782	0.0115073	1.611E-05	0.0316678	0.0011771

$P(PGA > 0.55g | EQ : R, M)$ $acc = 0.55g$

M (M_{Mid})	R=128km		R=71km		R=116km		R=45km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0016159	6.57E-11	0.0030702	5.381E-09	0.0018029	1.442E-10	0.0049616	1.055E-07
3.75	0.0023411	8.882E-10	0.0044481	5.489E-08	0.002612	1.858E-09	0.0071882	8.729E-07
4.25	0.0033917	1.02E-08	0.0064443	4.762E-07	0.0037842	2.034E-08	0.010414	6.148E-06
4.75	0.0049138	9.964E-08	0.0093363	3.517E-06	0.0054824	1.894E-07	0.0150875	3.69E-05
5.25	0.007119	8.278E-07	0.0135261	2.212E-05	0.0079428	1.5E-06	0.0218584	0.0001889
5.75	0.0103139	5.855E-06	0.0195962	0.0001187	0.0115073	1.012E-05	0.0316678	0.0008261

$P(PGA > 0.60g | EQ : R, M)$ $acc = 0.60g$

M (M_{Mid})	R=128km		R=71km		R=116km		R=45km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0016159	3.482E-11	0.0030702	3.047E-09	0.0018029	7.73E-11	0.0049616	6.277E-08
3.75	0.0023411	4.891E-10	0.0044481	3.229E-08	0.002612	1.035E-09	0.0071882	5.393E-07
4.25	0.0033917	5.837E-09	0.0064443	2.91E-07	0.0037842	1.177E-08	0.010414	3.945E-06
4.75	0.0049138	5.922E-08	0.0093363	2.232E-06	0.0054824	1.138E-07	0.0150875	2.458E-05
5.25	0.007119	5.11E-07	0.0135261	1.457E-05	0.0079428	9.363E-07	0.0218584	0.0001306
5.75	0.0103139	3.753E-06	0.0195962	8.115E-05	0.0115073	6.558E-06	0.0316678	0.0005926

$P(PGA > 0.65g | EQ : R, M)$ $acc = 0.65g$

M (M_{Mid})	R=128km		R=71km		R=116km		R=45km	
	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$	$PGA(g)$	$P()$
3.25	0.0016159	1.927E-11	0.0030702	1.792E-09	0.0018029	4.322E-11	0.0049616	3.862E-08
3.75	0.0023411	2.803E-10	0.0044481	1.967E-08	0.002612	5.992E-10	0.0071882	3.436E-07
4.25	0.0033917	3.465E-09	0.0064443	1.835E-07	0.0037842	7.059E-09	0.010414	2.602E-06
4.75	0.0049138	3.64E-08	0.0093363	1.457E-06	0.0054824	7.069E-08	0.0150875	1.678E-05
5.25	0.007119	3.253E-07	0.0135261	9.852E-06	0.0079428	6.022E-07	0.0218584	9.228E-05
5.75	0.0103139	2.473E-06	0.0195962	5.677E-05	0.0115073	4.367E-06	0.0316678	0.0004332

6-4- 4 – گام چهارم : محاسبه تابع احتمال برای وقوع زلزله بزرگتر از acceleration مشخص به صورت زیر محاسبه شده و بر اساس جدول حاصل شده منحنی خطر برای چشمه مورد نظر بدست می آید :

$$P(PGA > acc | EQ) = \sum_R \sum_M P(PGA > acc | EQ : R, M) \times f(M) \times \Delta M$$

$$P(PGA > acc) = 1 - e^{-v \times P}$$

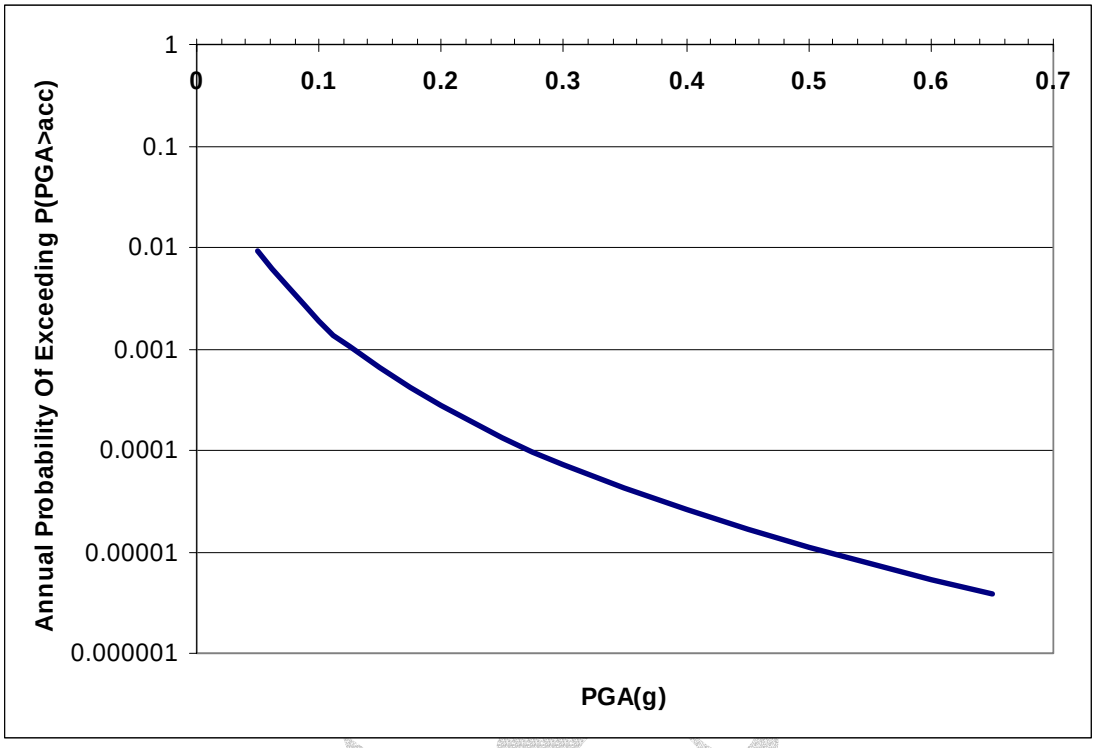
$$Approx : P(PGA > acc) = v \times P$$

جدول 26 – Probabilities Of Exceeding

acc	$P(PGA > acc \mid EQ)$	$P(PGA > acc)$	$Approx : P(PGA > acc)$
0.05	0.0180999	0.0091341	0.009176
0.1	0.0037495	0.0018991	0.0019009
0.15	0.0012649	0.0006411	0.0006413
0.2	0.0005393	0.0002734	0.0002734
0.25	0.0002649	0.0001343	0.0001343
0.3	0.0001434	7.269E-05	7.269E-05
0.35	8.329E-05	4.222E-05	4.222E-05
0.4	5.109E-05	2.59E-05	2.59E-05
0.45	3.273E-05	1.659E-05	1.659E-05
0.5	2.172E-05	1.101E-05	1.101E-05
0.55	1.485E-05	7.53E-06	7.53E-06
0.6	1.041E-05	5.279E-06	5.279E-06
0.65	7.462E-06	3.783E-06	3.783E-06

-

نمودار 16 – Hazard Curve For Source 4 Using Boore – Joyner& Fumal Attenuation Expression



-

6 – 5 - ترکیب نتایج :

توسط رابطه زیر نتایج با هم ترکیب می شوند :

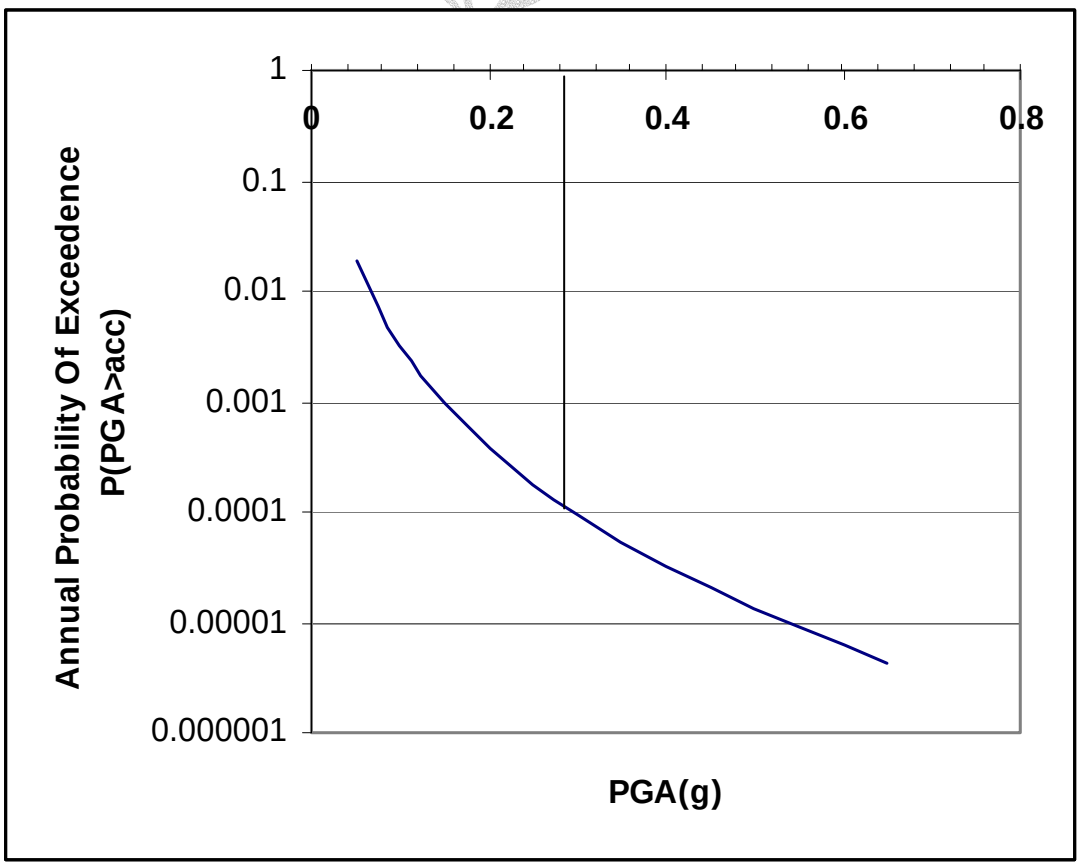
$$P(PGA > acc) = 1 - \Pi_K \{P(PGA < acc)_K\}$$

$$P(PGA > acc) = 1 - \{1 - P(PGA > acc)_1\} \times ... \times \{1 - P(PGA > acc)_4\}$$

جدول 27 – Probabilities Of Exceeding

acc	Area Source 1	Area Source 2	Area Source 3	Area Source 4	Combined
	$P(PGA > acc)$	$P(PGA > acc)$	$P(PGA > acc)$	$P(PGA > acc)$	$P(PGA > acc)$
0.05	0.003699	0.00171	0.004626	0.009176	0.019088
0.1	0.0004953	0.000204	0.000613	0.001901	0.00321
0.15	0.0001256	4.89E-05	0.000154	0.000641	0.000969
0.2	4.321E-05	1.62E-05	5.24E-05	0.000273	0.000385
0.25	1.786E-05	6.55E-06	2.15E-05	0.000134	0.00018
0.3	8.367E-06	3.01E-06	1.00E-05	7.27E-05	9.41E-05
0.35	4.291E-06	1.52E-06	5.12E-06	4.22E-05	5.32E-05
0.4	2.359E-06	8.28E-07	2.80E-06	2.59E-05	3.19E-05
0.45	1.371E-06	4.77E-07	1.62E-06	1.66E-05	2.01E-05
0.5	8.329E-07	2.87E-07	9.83E-07	1.10E-05	1.31E-05
0.55	5.254E-07	1.80E-07	6.19E-07	7.53E-06	8.85E-06
0.6	3.42E-07	1.17E-07	4.02E-07	5.28E-06	6.14E-06
0.65	2.288E-07	7.75E-08	2.68E-07	3.78E-06	4.36E-06

نمودار 17 - Combined Hazard Curve For Entire SITE



7 – PGA برای احتمال وقوع های مشخص :

7-1 – احتمال وقوع 2 درصد در 50 سال آینده :

$$P(2\%IN50years) \Rightarrow 0.02 = 1-(1-P)^{50} \Rightarrow P = 4.039 \times E^{-04}$$

7-2– احتمال وقوع 5 درصد در 50 سال آینده :

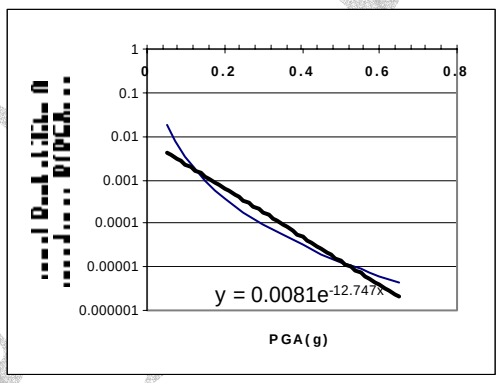
$$P(5\%IN50years) \Rightarrow 0.05 = 1-(1-P)^{50} \Rightarrow P = 1.025 \times E^{-03}$$

7- 3 – احتمال وقوع 10 درصد در 50 سال آینده :

$$P(10\%IN50years) \Rightarrow 0.10 = 1-(1-P)^{50} \Rightarrow P = 2.104 \times E^{-03}$$

نمودار 17 که منحنی ترکیب شده خطر می باشد در اکسل به صورت نمایی برازش شده است ومانند آنچه در زیر دیده می شود معادله خط زیر بدست می آید :

y = 0.0081e-12.747x



که با جاگذاری مقادیر احتمال های بدست آمده در معادله مقادیر PGA به صورت زیر بدست آمده است .

$$P(2\%IN50years) \Rightarrow 0.235g$$

$$P(5\%IN50years) \Rightarrow 0.162g$$

$$P(10\%IN50years) \Rightarrow 0.106g$$

تحلیل خطر پذیری