

# ارائه مدل تخمین تلفات زلزله برای ایران

انوشیروان انصاری

کامبد امینی حسینی

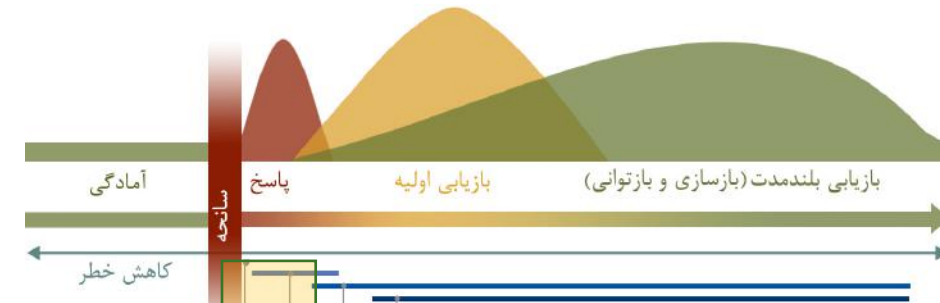
عرفان فیروزی

محمد حسینی

پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله

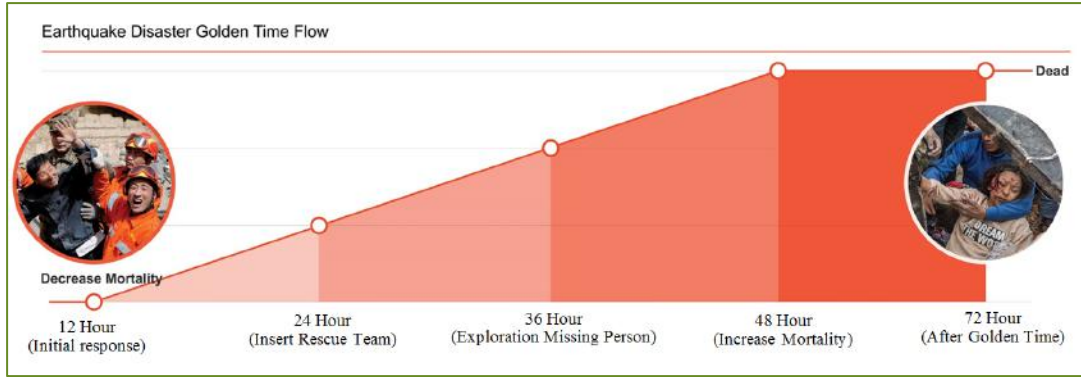
# گزارش‌های مرحله اول و دوم – سامانه تخمین سریع خسارت

نوع گزارش	فاز گزارش	عنوان گزارش	نحوه تهیه گزارش	مفاد گزارش
مرحله اول	-	گزارش تخمین آسیب یا خسارت	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ابزارهای اطلاعات مکانی و نقشه‌برداری</li> <li>- سامانه‌های ارزیابی خسارت</li> <li>- اطلاعات دریافتی از منطقه (مسئولان و مردم) از طرق مختلف</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- گزارش اولیه شدت سانحه</li> <li>- برآورد اولیه وسعت منطقه تحت تأثیر</li> <li>- برآورد اولیه وسعت منطقه آسیب‌دیده</li> <li>- برآورد اولیه شدت آسیب‌ها و خرابی‌ها</li> <li>- <b>برآورد اولیه تلفات انسانی</b></li> </ul>
	اول	گزارش ارزیابی سریع آسیب‌ها	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ابزارهای اطلاعات مکانی و نقشه‌برداری</li> <li>- سامانه‌های ارزیابی خسارت</li> <li>- اطلاعات دریافتی از منطقه (مسئولان و مردم) از طرق مختلف</li> <li>- برداشت‌های میدانی اولیه</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- گزارش دقیق شدت سانحه دارای توزیع مکانی</li> <li>- ارزیابی اولیه وسعت منطقه تحت تأثیر به تفکیک مناطق</li> <li>- ارزیابی اولیه وسعت منطقه آسیب‌دیده به تفکیک مناطق</li> <li>- ارزیابی اولیه شدت آسیب‌ها و خرابی‌ها به تفکیک مناطق</li> <li>- ارزیابی اولیه تلفات انسانی به تفکیک مناطق</li> </ul>
مرحله دوم	دوم	گزارش ارزیابی سریع نیازهای اضطراری امداد و نجات	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ابزارهای اطلاعات مکانی و نقشه‌برداری</li> <li>- برداشت‌های میدانی اولیه نیازها</li> <li>- اطلاعات دریافتی از مردم از طرق مختلف</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ارزیابی نیازهای امداد و نجات به تفکیک مناطق</li> <li>- نیازهای درمانی به تفکیک مناطق</li> </ul>
	سوم	گزارش ارزیابی سریع نیازهای اولیه	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ابزارهای اطلاعات مکانی و نقشه‌برداری</li> <li>- برداشت‌های میدانی اولیه نیازها</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ارزیابی نیازهای اولیه (غذایی، پوشاک) به تفکیک مناطق</li> <li>- نیازهای اسکان اضطراری به تفکیک مناطق</li> </ul>
	چهارم	گزارش ارزیابی سریع خسارات	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ابزارهای اطلاعات مکانی و نقشه‌برداری</li> <li>- برداشت‌های میدانی اولیه نیازها</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ارزیابی اولیه خسارت‌ها به تفکیک مناطق</li> </ul>
	پنجم	گزارش سریع ارزیابی منابع موجود در منطقه جهت امداد رسانی و اسکان اضطراری	<ul style="list-style-type: none"> <li>- استعلام از دستگاه‌های مختلف در منطقه</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ارزیابی منابع موجود (لجستیکی و انسانی) در منطقه جهت امداد رسانی</li> </ul>



محدوده عملکرد سامانه تخمین سریع خسارت

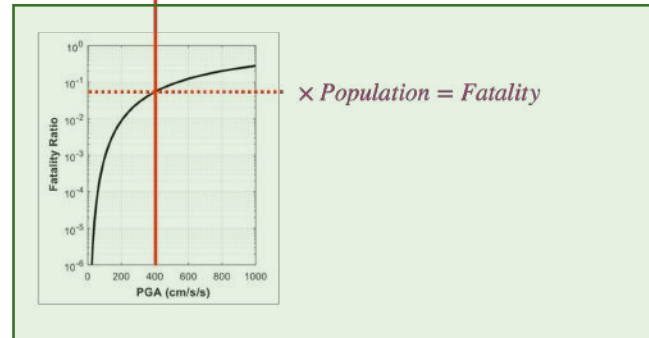
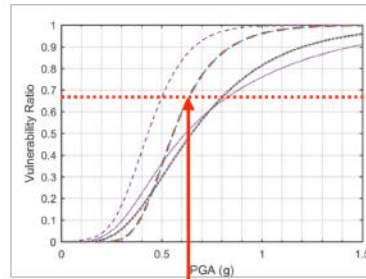
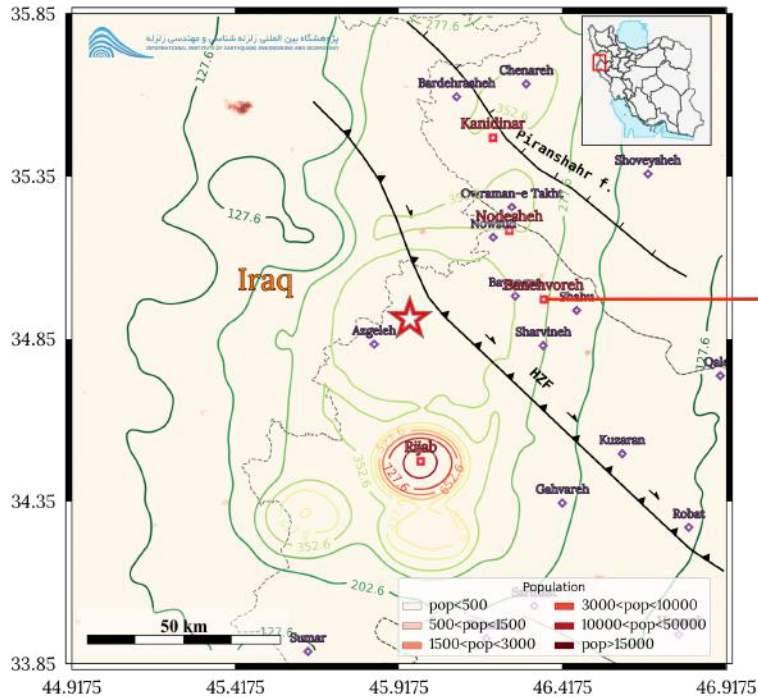
# روند تخمین تلفات و خسارات پس از زمینلرزه



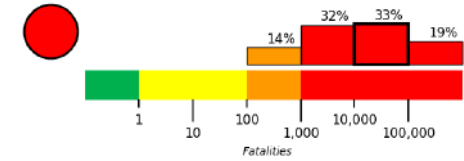
۷۲ ساعت  
زمان طلایی امداد و  
نجات پس از زلزله



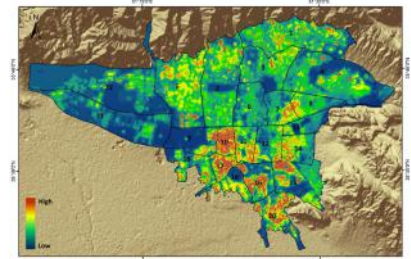
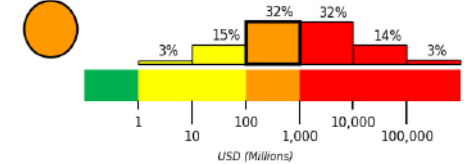
اهمیت سامانه‌های تخمین سریع  
خسارت و تلفات



## Estimated Fatalities



## Estimated Economic Losses



# مدل های تجربی - نیمه تجربی و تحلیلی بر آورد تلفات

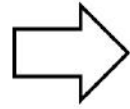
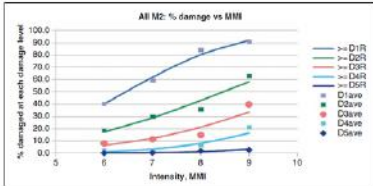
**مزایا:**

سادگی، سرعت محاسباتی بالا و قابلیت اجرایی بالا

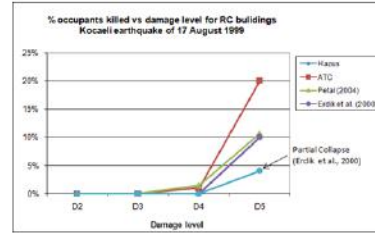
**معایب:**

سادگی مدل های محاسباتی عدم قطعیت هایی به محاسبات اعمال مینماید.

بر اساس مدل های تجربی توزیعی از خرابی (ساختمانی) در منطقه بدست می آید.



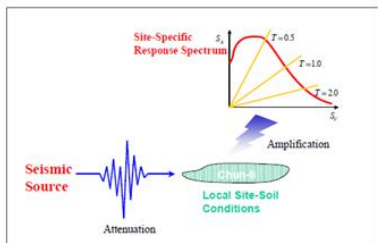
بر اساس توزیع خرابی های ساختمانی میزان تلفات موجود در منطقه بدست می آید.



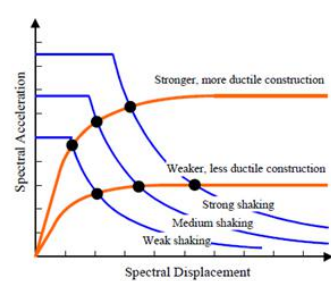
**Jaiswal et al (2010)**

**Samardjieva (2005)**

بر اساس پارامترهای حرکتی زمین طیف تقاضا تعیین میگردد

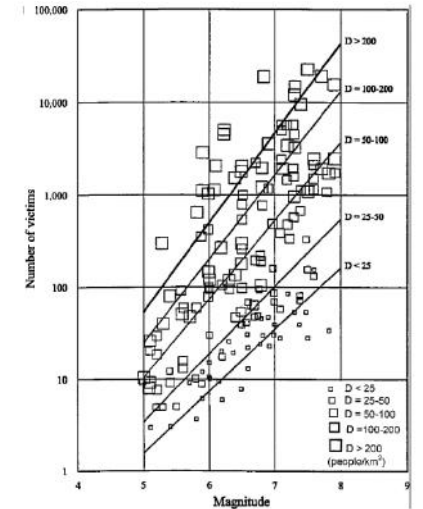
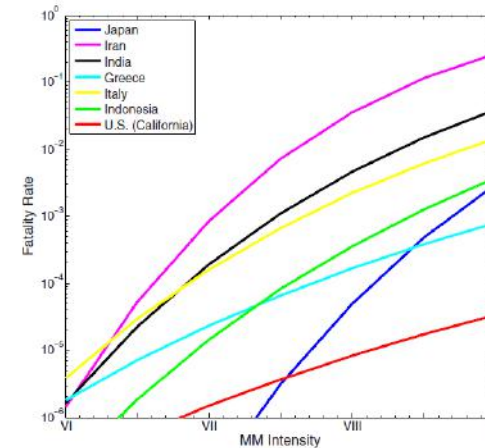


از تقاطع طیف تقاضا و ظرفیت سطح عملکرد سازه ها تعیین می گردد

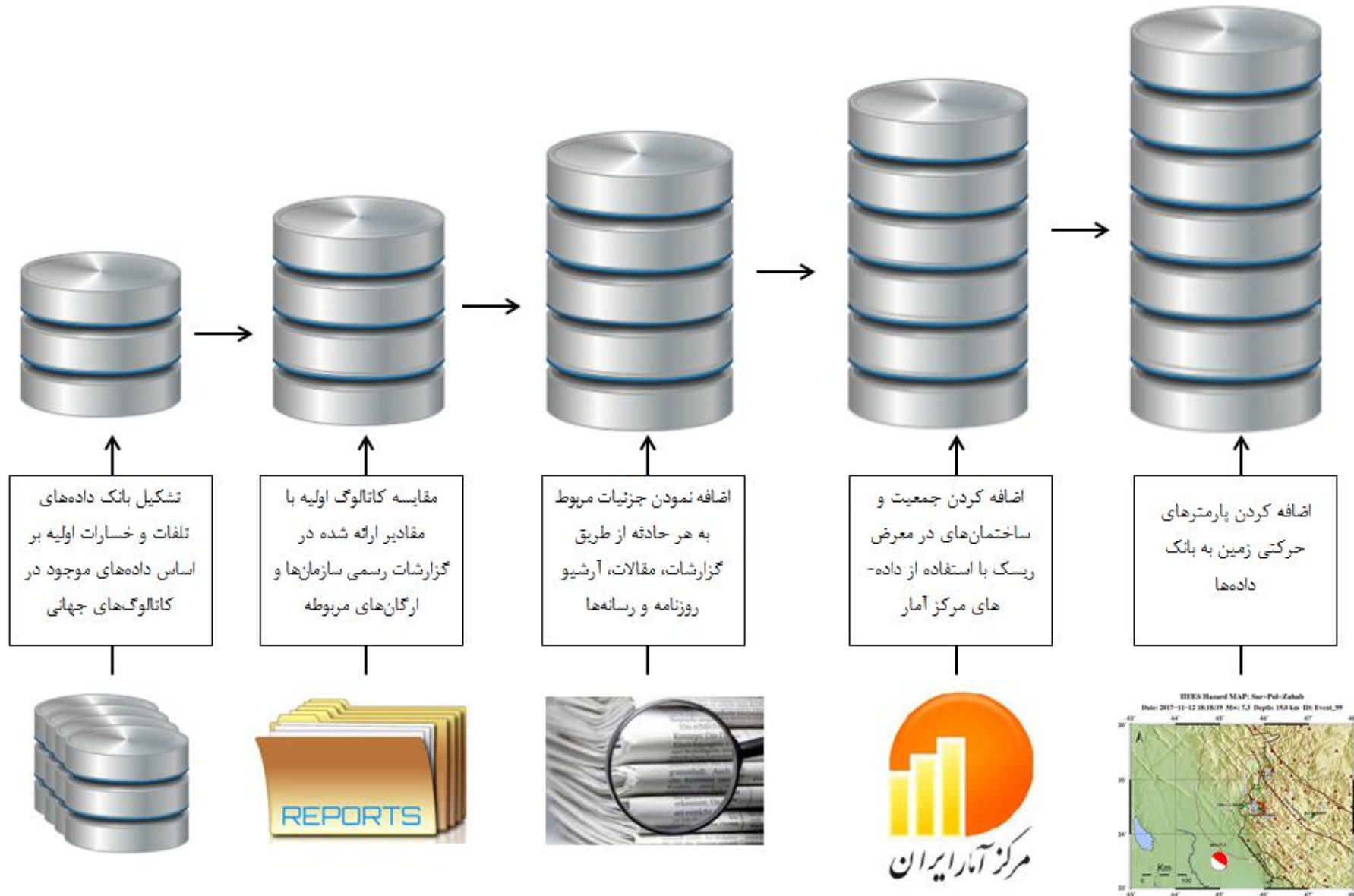


بر اساس سطح عملکرد سازه ها میزان تلفات بر اساس روابط تجربی تعیین می گردد.

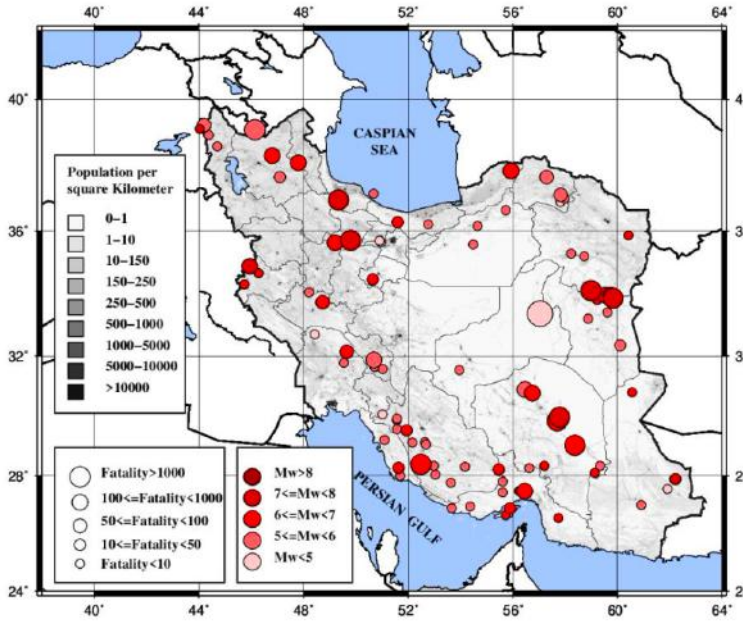
	Damage State	no. of deaths	% of occupants killed
Pakistan			
Muzaffarabad	D0/D1	5	71%
	D2	1	33%
	D3	2	50%
	D4	6	40%
	D5	136	56%



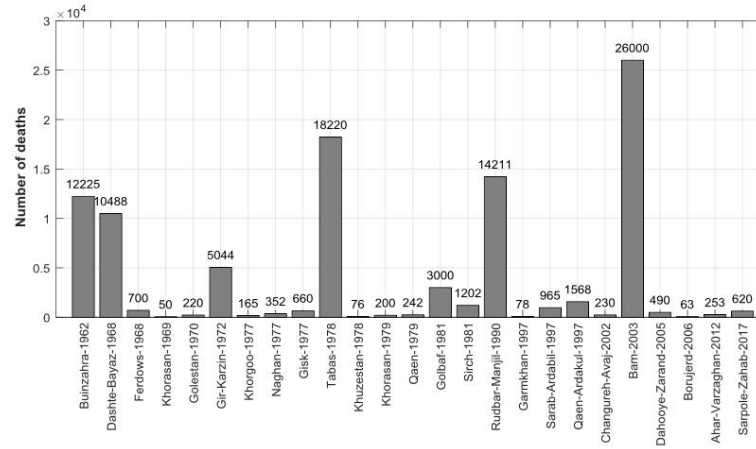
**هدف: بر آورد سریع تلفات**



# تهیه بانک داده تلفات انسانی



توزیع رومرکز زمین لرزه‌های توام با تلفات از سال ۱۹۶۲ میلادی



**Table 2** Number of deaths in villages around Ahar and distance from village to epicenter

No.	Village	Coordinates of village		No. of deaths			r <sub>epi</sub> (km)
		Lat	Long	Total	Men	Women	
1	Owrang	38.493	46.862	4	2	2	13.37
2	Burnas	38.483	46.911	1	1	0	18.27
3	Dinar Abad	38.418	46.942	8	4	4	10.79
4	Duqaym-e-Giya	38.469	46.788	1	0	1	4.70
5	Duqaym-e-Sofa	38.469	46.803	1	0	1	6.23
6	Gonab Abad	38.395	46.899	1	0	1	17.71
7	Goocadaraq	38.399	46.832	4	1	3	10.79
8	Goragik	38.455	46.926	1	1	0	19.62
9	Khorram abad	38.396	46.924	1	0	1	30.21
10	Khosroiyaj	38.431	47.007				
11	Malas	38.431	46.834				
12	Marr-e-Ye-Hajjebidin	38.396	46.974				
13	Qoreje	38.444	46.802				
14	Bavacjan	38.509	46.948				
15	Yaylou	38.406	46.877				

**Table 3** Number of deaths in villages around Varzaqan and distance from village to epicenter

No.	Village	Coordinates of village		No. of deaths			r <sub>epi</sub> (km)
		Lat	Long	Total	Men	Women	
1	Alibeyk Kandi	38.423	46.693	2	0	2	7.00
2	Chaykandi	38.376	46.700	5	1	4	9.95
3	Cheraqlou	38.439	46.606	10	3	7	16.05
4	Golanbar	38.431	46.647	2	1	1	11.62
5	Hasanlou	36.536	46.670	1	0	1	212.94
6	Mehtarlu	38.472	46.711	1	1	0	4.97
7	Mirzaali Kandi	38.452	46.662	6	1	5	9.75
8	Qarabolaq	38.484	46.571	2	0	2	20.25
9	Sheykhlou	38.442	46.638	10	3	7	12.53
10	Zaqan Abad	38.414	46.659	18	4	14	9.87
11	Zong Abad	38.430	46.726	14	6	8	3.51

**Table 4** Number of deaths in villages around Haris and distance from village to epicenter

No.	Village	Coordinates of village		No. of deaths			r <sub>epi</sub> (km)
		Lat	Long	Total	Men	Women	
1	Bajohj	38.361	46.709				
2	Chukhmagholaq-e-Olya	38.394	46.715				
3	Chukhmagholaq-e-Sofa	38.392	46.701				
4	Chubandar	38.600	47.159				
5	Duqaylan	38.311	46.639				
6	Dobehlu	37.658	46.899				
7	Goosylaraq	38.344	46.855				
8	Hiq	38.338	46.674	3	2	1	15.11
9	Jighoh	38.316	46.759	6	5	1	14.96
10	Krivch	38.331	46.580	9	5	4	23.04
11	Kovij	38.333	46.576	4	1	3	23.36
12	Mohr Abad	38.354	46.591	8	3	5	20.63
13	Qoqoqom	38.307	46.828	2	2	0	18.11
14	Sarand	38.303	46.610	1	0	1	22.60
15	Stumlou	38.130	46.678	1	0	1	36.48
16	Shacavar	38.306	46.806	2	1	1	17.15
17	Sorkhegav	38.367	46.670	5	3	2	12.82
18	Tarekand-e-Sarand	38.322	46.610	6	2	4	21.06
19	Vahlu	38.337	46.892	5	2	3	20.23

نمونه‌ای از اطلاعات استخراج شده در زلزله تربت حیدریه در تاریخ ۱۳۴۲/۱/۱۱ که از روزنامه اطلاعات استخراج شده است



نمونه‌ای از اطلاعات استخراج شده در زلزله بویین زهرا در تاریخ ۱۳۴۱/۶/۱۰ که از روزنامه اطلاعات استخراج شده است

**آمار رسمی تلفات**

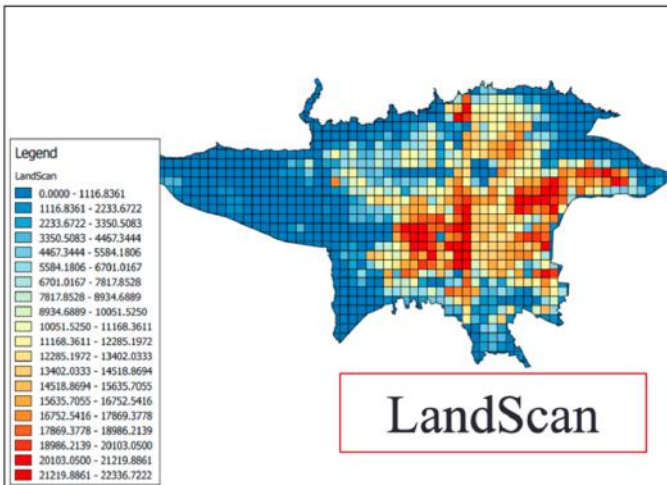
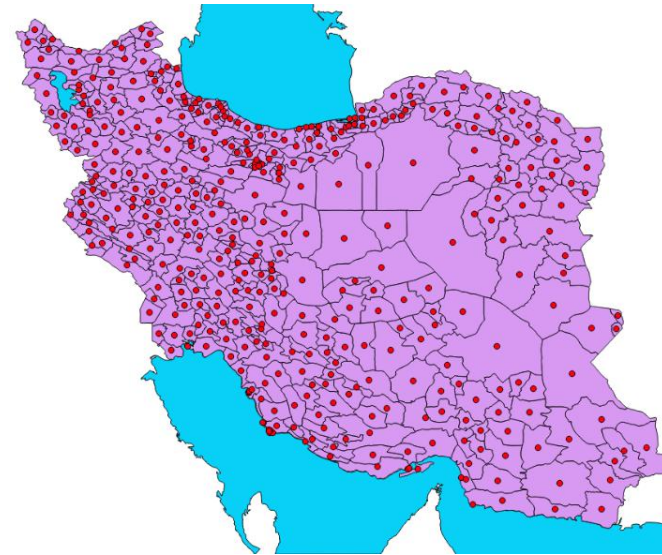
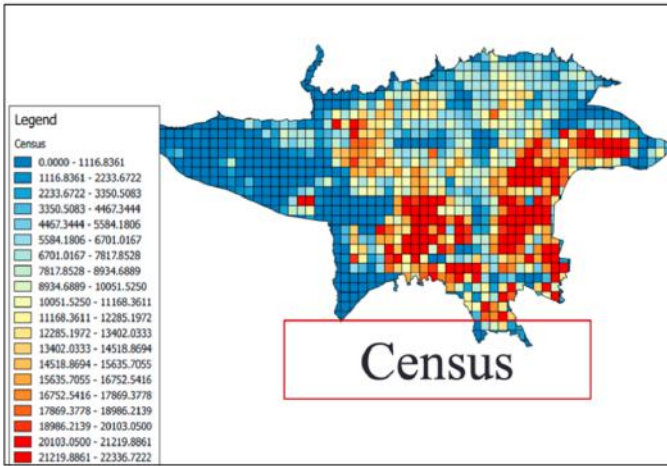
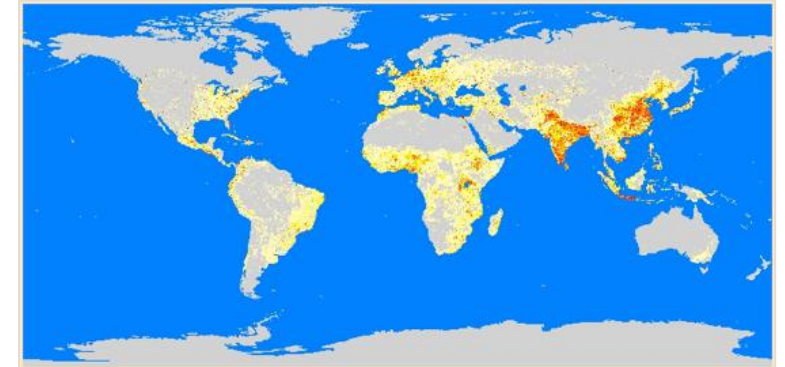
بینه از سنه ۱

رقم (نفر)	جمعیت (نفر) کشته (نفر)	فهریه
۱۶۰	۱۵۰۰	روستای یاد
۳۰	۳۰	سیرگان
۲	۲۲	دویان
۲	۸۷	بالاخان چان
۲	۸	فرزویه تشلاک
۷	۱۶۰	صادق آباد
۰	۲۱	چنارعلی
۶	۳۰	چنارعلی
۳۰	۳۰	ساجی هوب
۱۰۰	۱۸۰	خوشان
۱۰۶	۲۲	مهنشاد آباد
۱۲	۳۱	خاوری آباد
۲۰	۱۱۶۶	ایر اهیم آباد
۱۰	۳۰	ولی آباد
۲	۱۰	تشلاک امین آباد
۰	۰	حسین آباد
۷۰	۱۵۰	صدرا آباد
۶	۳۰	فیض آباد
۲	۲	حیدر آباد
۲	۴۰۰	سنگر آباد
۱۵	۲۶	جهان آباد
۱۰	۳۰	رحیم آباد
۱۲	۳۰	مهرت آباد
نادر	۴	ریگه کوهیز
۵۰	۱۱۵	کلادره
۳۰	۳۰۰	بویین زهرا
۳	۷	مشکینویه
۶	۲۰	امیر آباد نو
۷	۱۶۰	پرک
۷	۱۰	صادق آباد
۸	۳۰	قره آماج
۴۵	۱۸۰	چکین
۱۰	۸۰	آراسنج
۱	۱۱	خوش تریه
۱۰۰	۳۰۰	دودک
۵	۷	آب بارک
۳۰	۱۷۴	آبیموز
۳۰	۲۲۱	ایک
نادر	۱۷	آبکران
-	۱۷	قرقرک
-	۲	قروچک
۳	۲۷	پیرسید آباد
-	۰	توده
-	۰	علی آباد
-	۰	قلعه کچی
۲	۱۰	حسن آباد

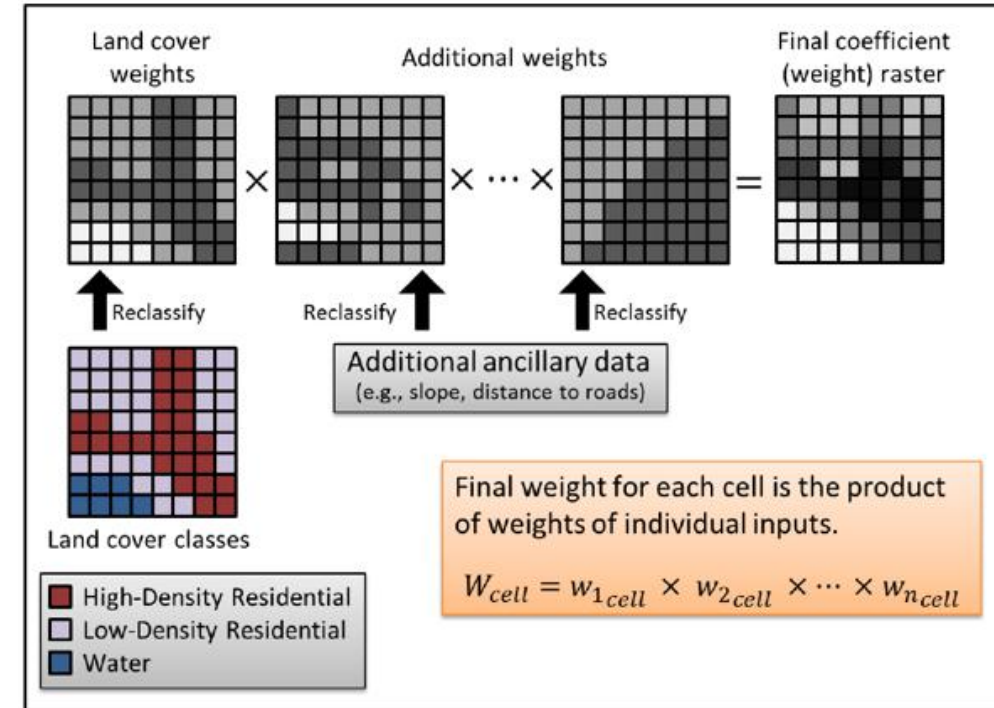
در دهات و روستاها - خونیان - محمدآباد - ولی آباد - تشلاک امین آباد - حسین آباد - حیدر آباد - سیرگان - رحیم آباد - کلادره - بویین زهرا - سراسنج - رودک - آبیموز و حسین آباد - خاوری آباد - زهرا - آراسنج - دودک و دویان شده است.

## داده های مرکز آمار

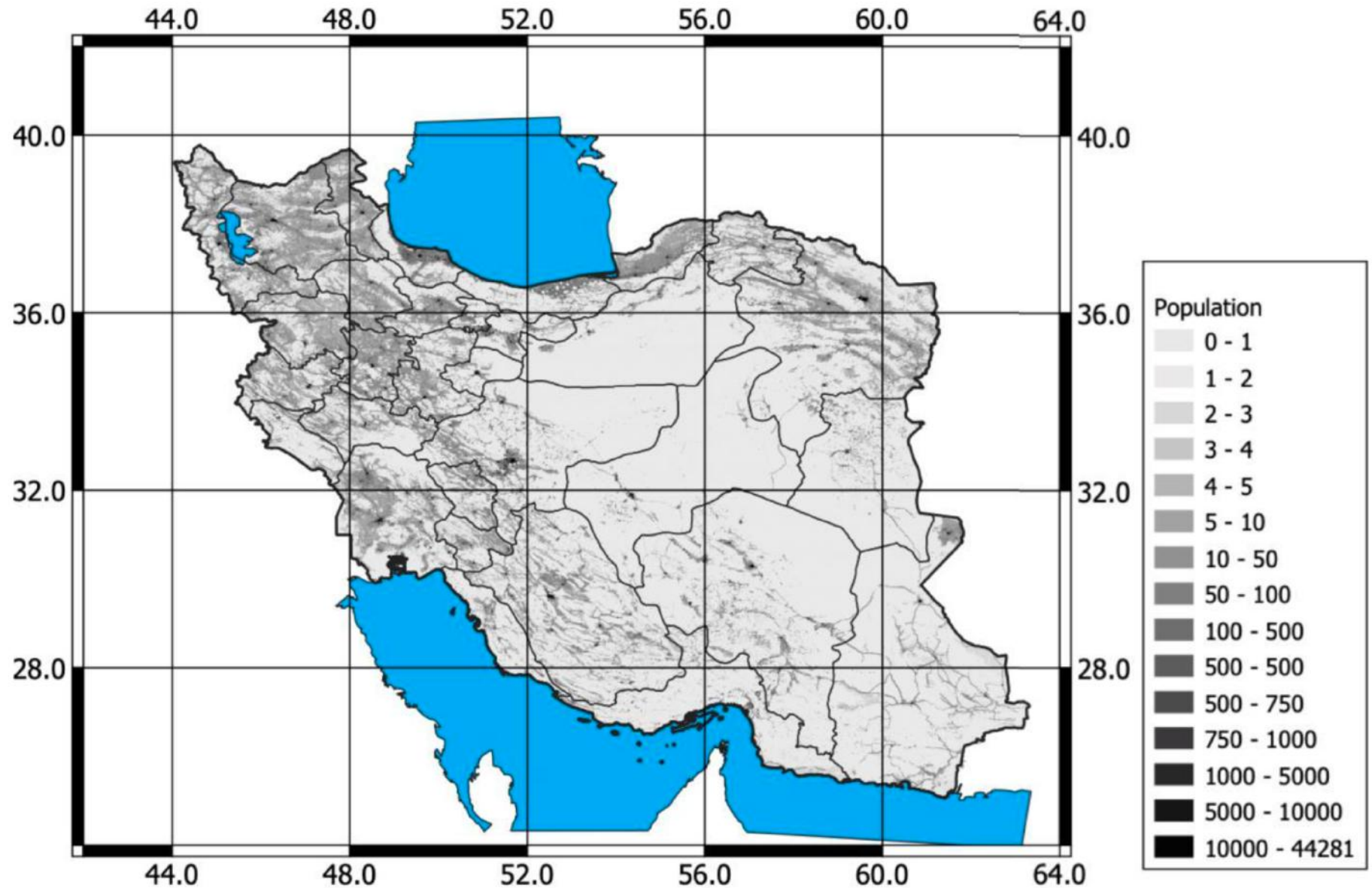
## LandScan



LandScan توزیع جمعیت دینامیک را ارائه میدهد در صورتیکه مرکز آمار توزیع جمعیتی ساکن را ارائه میدهد.



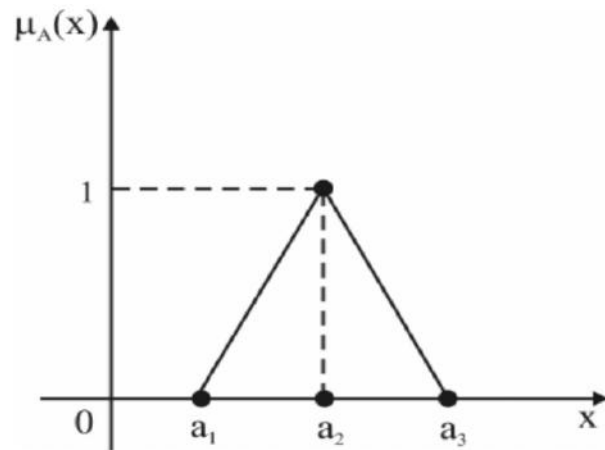
توزیع جمعیتی ایران در  
شبکه مربعی ۸۶۰ در ۸۶۰  
۸۶۰ متر بر اساس  
داده‌های LandScan سال  
۲۰۱۶





# توسعه مدل تجربی با در نظر گرفتن عدم قطعیتها

استفاده از مفهوم نوین رگرسیون فازی جهت استخراج مدل تلفات زلزله



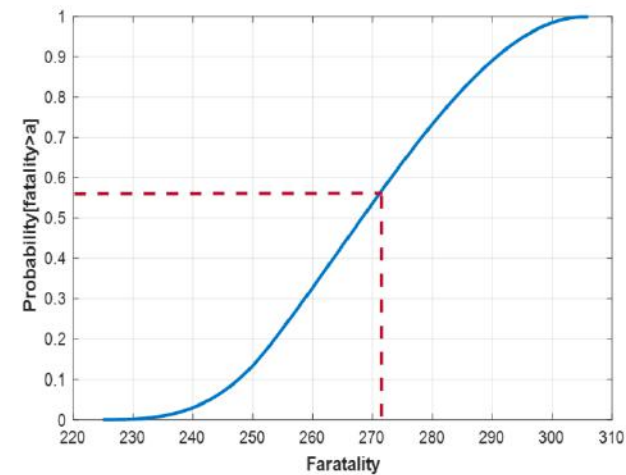
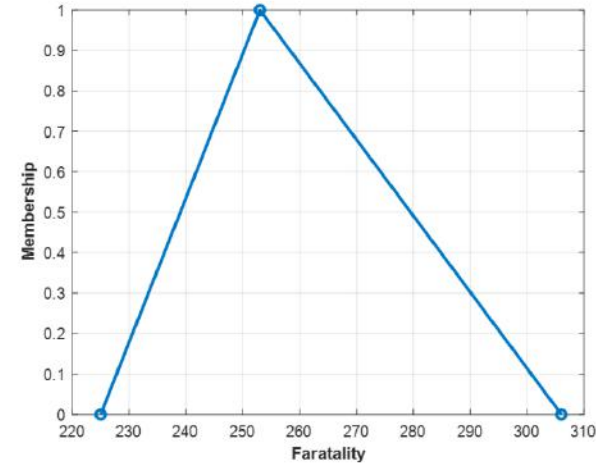
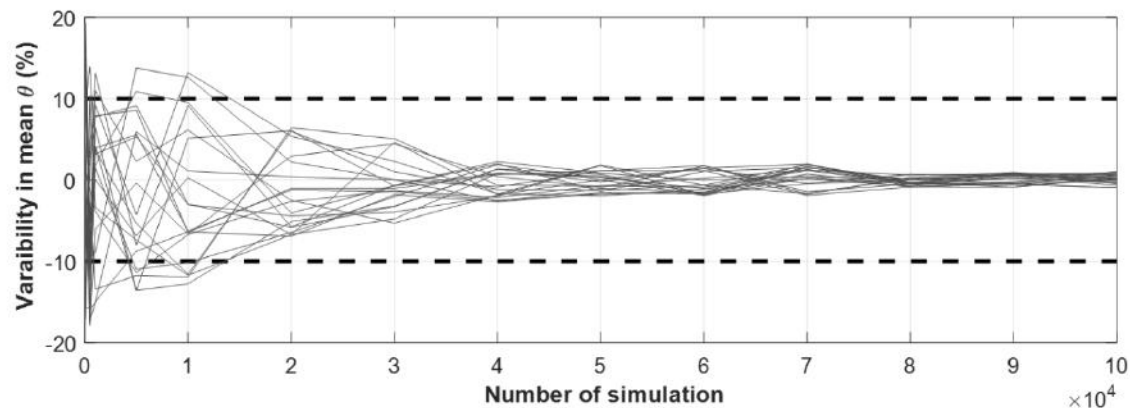
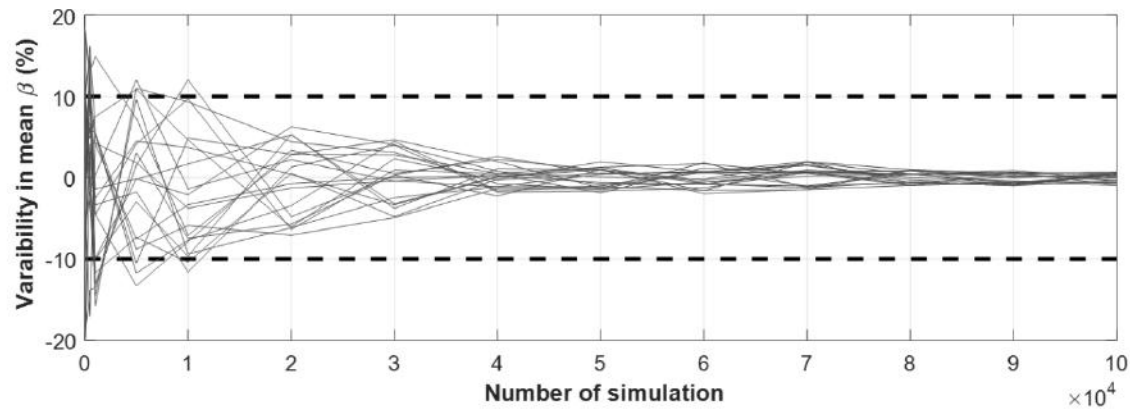
جدول (۹-۵) تعداد تلفات در زلزله های رخ داده در ایران از سال ۱۹۶۲ میلادی که در منابع مختلف ارائه شده است (اعداد فازی معادل تلفات نیز ارائه شده است)

id	Year	Month	Day	Longitude	Latitude	Mw	UTSU	NGDC	PDE	News paper	a1	a2	a3
1	1962	4	1	58.87	33.21	5.7	2	5	-	2	1	2	5
2	1962	9	1	49.8	35.7	7	12225	12225	-	13000	12000	12225	13000
3	1962	10	5	58.716	35.205	5.7	6	6	-	4	3	4	6
4	1963	3	31	57.97	37	5.4	4	4	-	4	3	4	5
5	1963	7	29	55.6	27.8	5	5	5	-	5	4	5	6
6	1965	2	10	47.09	37.66	5.1	20	20	-	7	7	20	25
7	1968	4	29	44.193	39.228	5.7	61	38	-	48	45	48	61
8	1968	8	31	58.97	34.11	7.1	15000	10488	-	-	10000	10488	15000
9	1968	9	1	46.134	39.091	5.1	900	700	-	-	650	700	900
10	1969	1	3	57.81	37.11	5.5	50	50	-	50	45	50	55
11	1970	3	14	44.71	38.59	5.2	5	5	-	5	4	5	6
12	1970	7	30	55.92	37.85	6.3	220	220	-	-	210	220	230
13	1971	2	14	55.72	36.64	5.7	1	1	-	-	0	1	2
14	1971	4	12	56.61	28.26	5.9	1	1	-	1	0	1	2
15	1971	8	9	52.757	36.204	5.6	1	1	-	1	0	1	2
16	1972	4	10	52.47	28.39	6.7	5010	30000	5054	1445		5044	
17	1973	11	11	53.95	31.54	5.5	1	1	1	-	0	1	2
18	1975	3	7	56.23	27.48	6.1	7	7	7	7	6	7	8
19	1975	9	21	51.017	31.572	5.3	2	2	-	-	1	2	3
20	1976	11	7	59.21	33.85	6	17	17	17	16	15	16	17

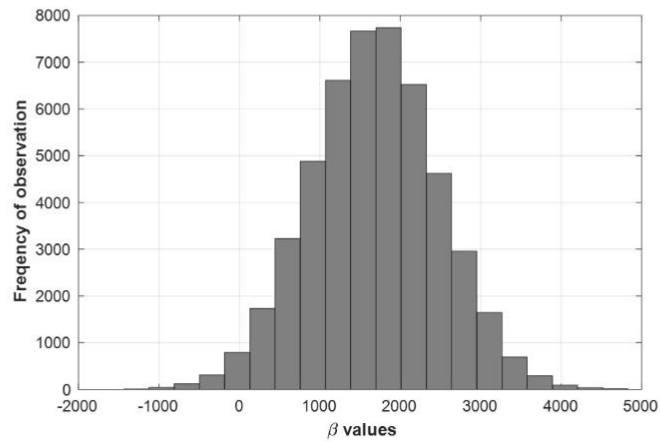
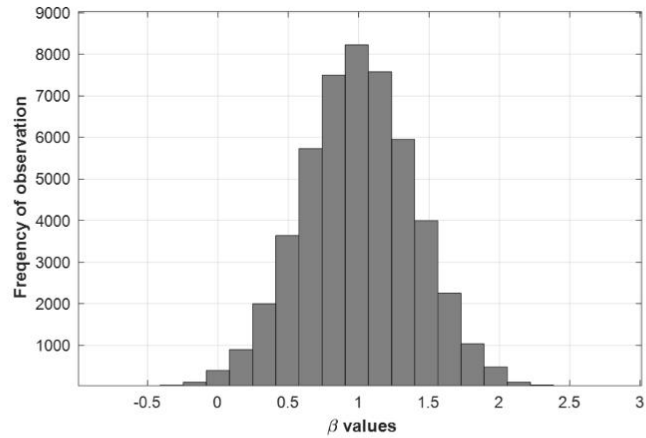
67	2003	12	26	58.356	29.04	6.6	-	31000	31000	26000	26000	29333.3	31000
----	------	----	----	--------	-------	-----	---	-------	-------	-------	-------	---------	-------

# استفاده از روش شبیه‌سازی مونته کارلو برای استخراج مدل

$$FR(IM)_i = \Phi\left[\frac{1}{\beta} \ln\left(\frac{IM_i}{\theta}\right)\right]$$

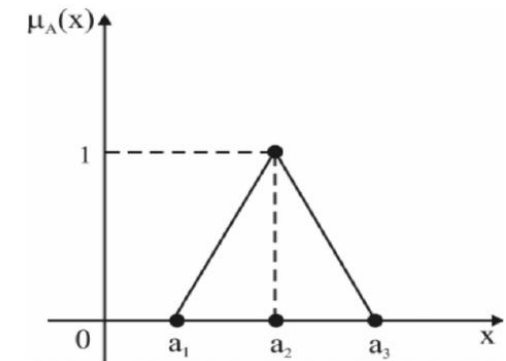
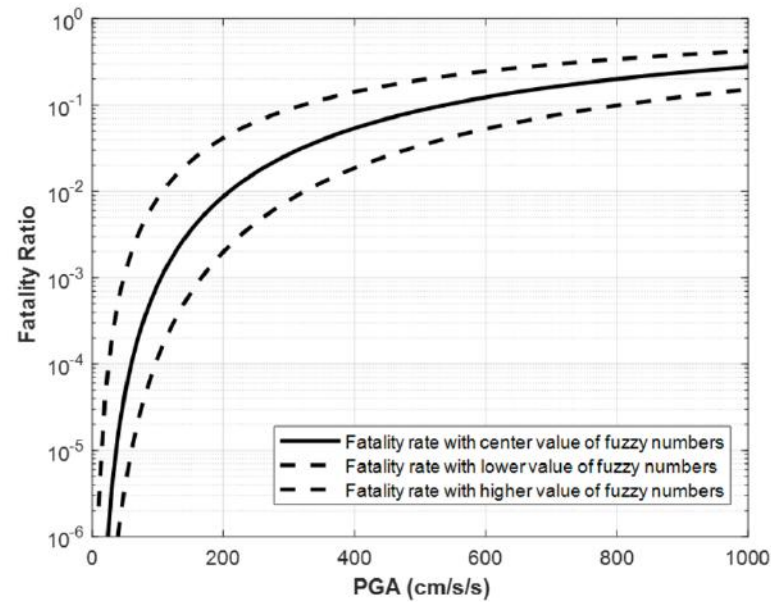


تعیین تصادفی تعداد تلفات در زلزله اهر-ورزقان (۲۰۱۲) بر اساس تابع توزیع تجمعی احتمالی تعداد تلفات به منظور استفاده در شبیه‌سازی مونته کارلو برای انجام رگرسیون فازی



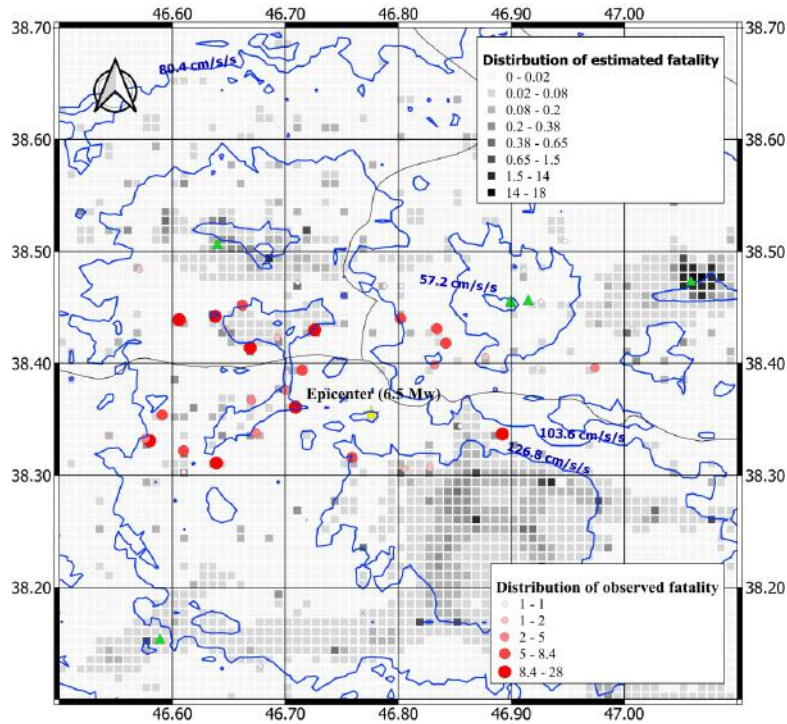
جدول (۵-۱۰) ضرایب مدل تلفات بر اساس رگرسیون فازی

Model	Parameters
Fatality rate with lower value of fuzzy numbers	$\beta = 0.89, \theta = 1681$
Fatality rate with center value of fuzzy numbers	$\beta = 0.87, \theta = 2451$
Fatality rate with higher value of fuzzy numbers	$\beta = 1.05, \theta = 1234$



شکل (۵-۱۵) توزیع مقادیر  $\beta$  و  $\theta$  بر اساس نتایج شبیه سازی مونته کارلو با ۵۰۰۰۰ هزار تکرار مساله

شکل (۵-۱۶) مدل نهایی برآورد تلفات بر اساس رگرسیون فازی



No.	Event name	mm/dd/yyyy	Death records	Estimated fatality by log-linear model	Estimated fatality by exponential model	Estimated fatality by cumulative normal distribution model
1	Gir-Karzin	04/10/1972	5044	6972	7057	3824
2	Khorgoo	03/21/1977	165	68	69	117
3	Qaen	11/14/1979	242	74	76	138
4	Sirch	07/28/1981	1202	2742	2291	1246
5	Qaen-Ardakul	05/10/1997	1568	2418	2069	1570
6	Bam	12/26/2003	26000	19596	18127	24668
7	Dahooye-Zarand	02/22/2005	490	262	298	651
8	Ahar-Varzaghan	08/11/2012	253	451	481	917
9	Sarpol-zahab	12/11/2017	604	913	921	1321

جدول (۱۱-۵) تعداد تلفات تخمینی زلزله اهر-ورزقان (۲۰۱۲) با استفاده از مدل تلفات مختلف

Fatality model	Expected number of deaths
No of deaths	253-306
Present study using PGA as dependent variable	322.63
Present study using PGV as dependent variable	907.97
Present study using MMI as dependent variable	490.99
Model developed by Jaiswal et al (2010)	1013.2
Model developed by Badal et al (2005)	35.89

- تهیه دو بانک RAISE-DAT و REXPO-DAT که به ترتیب در برگیرنده تعداد تلفات و جمعیت تحت در تاثیر در زلزله‌های ایران از سال ۱۹۶۲ می‌باشد.
- استفاده از رگرسیون فازی برای توسعه مدل تلفات انسانی، این امر باعث گردید که بتوانیم عدم قطعیت‌های مربوط به تعداد تلفات را بگونه‌ای مناسب و منطقی در مدل نهایی لحاظ نماییم.
- برآورد تلفات در زلزله امری پیچیده می‌باشد که وابسته به پارامترهای متعددی است. هدف از انجام این پروژه برآورد اولیه تلفات برای گزارش اول مدیریت بحران بوده است.

# با تشکر



پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله