

بررسی خطر زمینلرزه - گسلش در گستره مشهد - نیشابور

نوشته : دکتر جعفر شجاع طاهری* و دکتر منوچهر قرشی**

Earthquake-Fault hazard Investigations in the Mashhad-Neyshabur Region

By : Dr.J.Shoja-Taheri* and Dr. M. Ghorashi**

چکیده

در این نوشتار ویژگی های لرزه زمینساختی گستره مشهد- نیشابور برای دستیابی به خطر زمینلرزه - گسلش مورد بررسی قرار گرفته است. وجود گسله های کواترنری کشفروود و سیستم گسله های شاندیز پیرامون مشهد و گسله نیشابور در نزدیکی شهر نیشابور و روی ندادن زمینلرزه ای بزرگ در سده بیستم در این دو شهر نکته ای جدی است. برای دستیابی به خطر زمینلرزه در گستره مورد بررسی با استفاده از برنامه رایانه Seisrisk II ، نقشه های خطر برای احتمالات و دوره های زمانی مختلف بصورت خمهای همشتاب ارائه شده است.

واژه های کلیدی : گسلش، زمینلرزه های تاریخی و سده بیستم ، خطر زمینلرزه ، مشهد- نیشابور ، ایران

Abstract

In this paper seismotectonic characteristics (earthquake- fault hazard) of the Mashhad- Neyshabur region are studied. The Presence of Kashafrud and Shandiz faults around Mashhad and Neyshabur fault near Neyshabur and absence of large earthquakes in 20th century in this region is a major problem. Seisrisk II computer program used for seismic hazard estimation, and results are given in acceleration contours "g" with different probabilities and mean periods.

Keywords: Faulting, Historical and 20th century earthquakes, Earthquake hazard, Mashhad- Neyshabur, Iran.

مقدمه

شده که داغ و فرونشست مشهد - قوچان).
ب - پهنه افیولیت پارینه تیس (شامل زمینچاک پارینه تیس و افیولیت های پارینه تیس).
ب - پهنه ایران مرکزی (شامل کوههای چین خورده - رانده شده بینالود : شمال ایران مرکزی و افیولیت های سبزوار).

گستره مشهد - نیشابور در استان خراسان در بخش شمال خاوری ایران مرکزی جای دارد که بخشی از کوه های که داغ را می پوشاند. از دیدگاه زمینریختشناختی گستره مورد بررسی به ترتیب از شمال خاوری به سوی جنوب باختری از بخش های گوناگون زیرساخته شده است (پیکر ۱):
الف - پهنه که داغ (شامل پیشگودال که داغ ، کوههای چین خورده رانده



۳- پیشینه لرزه خیزی گستره مورد بررسی

۳-۱- زمینلرزه های تاریخی

بررسی ژرف زمینلرزه های گذشته رویداده در یک ناحیه، الگویی از لرزه خیزی و سیمایی از ویژگی های لرزه زمینساختی آن ناحیه را آشکار می سازد، زیرا جایگاه رویداد زمینلرزه های گذشته نشانگر رویداد زمینلرزه های آینده است و زمینلرزه های بزرگ در جایی روی خواهند داد که در گذشته شاهد رویداد چنین زمینلرزه هایی بوده است. از این رو شناخت جایگاههای رویداد زمینلرزه های گذشته از اهمیت ویژه ای برای آینده برخوردار است.

نبود تاریخ نگاشته در برخی کشورها سبب شده تا از راه های دیگر به تاریخچه لرزه خیزی گذشته پرداخته شود. بررسی های باستانلرزه شناختی در سال های اخیر نشان داده است که می توان داده های بسیار ارزشمندی از اثر زمینلرزه های کهن بر سازه های کهن را بدست آورد. شایان ذکر است که بررسی های باستانلرزه شناختی در پی گیری اثر زمینلرزه های کهن کار دشوار و گفتگو برانگیز است، زیرا جداسازی اثر ویرانی رویداده به سبب زمینلرزه از دیگر ویرانی های رویداده در اثر نیروهایی چون انسان (جنگ و یورش) و دیگر نیروهای طبیعی بسیار مشکل است.

متأسفانه با وجود تپه های باستانی گوناگون و سازه های کهن در گستره مورد بررسی، هیچگونه بررسی باستانلرزه شناختی در این پهنه صورت نگرفته است.

در این نوشتار داده های لرزه خیزی تاریخی از سرچشمه های گوناگون گردآوری و در جدول آورده شده است. این بررسی نشان می دهد که در طول تاریخ نگاشته شده از سده هفتم میلادی تا سال ۱۹۰۰ چهار زمینلرزه ۱۲۰۹، ۱۲۷۰، ۱۳۸۹، ۱۴۰۵ با بزرگای بالاتر از $M_s > 7.0$ پهنه نیشابور را به ویرانی کشانده اند. چهار زمینلرزه ۱۵۹۸، ۱۶۷۳، ۱۶۸۷، ۱۸۸۳ در مشهد و یا نزدیکی مشهد رویداده است که داده مهلهزه ای از زمینلرزه های ۱۵۹۸، ۱۶۸۷ و ۱۸۸۳ در دست نیست و داده های موجود درباره زمینلرزه ۱۶۷۳ نیز بسیار اندک است. تنها نکته ای که می توان به آن دست یافت این است که سرچشمه رویداد این زمینلرزه به مشهد نزدیکتر بوده است تا به نیشابور. یاد این نکته ضروری است که در ناحیه قوچان در ۱۸۷۱، ۱۸۹۳ دو زمینلرزه با بزرگای $M_s > 7.0$ در ۱۸۹۵ یک زمینلرزه با بزرگای حدود $M_s > 6.8$ رویداده است. نزدیک بودن زمینلرزه های قوچان به چهار گوش مشهد در تعیین خطر زمینلرزه در شمال خاوری این چهارگوش تاثیر گذار است.

با توجه به تاریخچه زمینلرزه های بزرگ پیش از سده بیستم در مشهد و نیشابور و وجود گسله های مهم در پیرامون این دو شهر و روی ندادن زمینلرزه ای بزرگ در سده بیستم در این گستره، احتمال رویداد زمینلرزه ای بزرگ نکته ای جدی است. از این دیدگاه هدف این نوشتار بررسی های لرزه زمینساختی (خطر زمینلرزه - گسلش) در گستره مشهد - نیشابور است. برای دستیابی به این هدف و برآورد توان لرزه خیزی مشهد - نیشابور ابتدا گسله ها، سپس لرزه خیزی (تاریخی و سده بیستم) و در پایان خطر زمینلرزه مورد بررسی قرار گرفته اند.

۲- گسله های گستره مشهد- نیشابور

با توجه به گسترش مکانیابی برای ایجاد نیروگاههای هسته ای و دیگر سازه های مهم و حیاتی، در چند دهه اخیر، ویژگی های گوناگونی برای گسله های فعال و کاری (active fault) در نظر گرفته شده است، ولی به طور عمومی می توان تعاریف زیر را به عنوان ویژگی های گسله های فعال و کاری معرفی کرد:

الف - گسله هایی که در بخشی از درازای آن ها زمینلرزه (تاریخی و سده بیستم) رویداده است.

ب - یک جنبش در ۳۵۰۰۰ سال و یا دو جنبش یا بیشتر در ۵۰۰۰۰۰ سال گذشته (USAEC) داشته باشند.

پ - دیواره گسله های فعال (fault scarp) در روی زمین به وسیله فرسایش از میان نرفته باشد.

در گستره مشهد- نیشابور گسله های فراوانی وجود دارند و در این میان می توان گسله کشفورد (با درازای نزدیک ۱۲۰ کیلومتر)، سامانه گسله های شاندیز (با درازای ۷۷ کیلومتر) و گسله نیشابور (با درازای ۵۲ کیلومتر) را جزو گسله های با پیشینه لرزه خیزی جای داد (بیکر ۱).

سازو کار بیشتر مهگسله های شناخته شده گستره، فشاری بوده و با مولفه مهم فشاری دارند. این نکته از اهمیت زیادی برخوردار است، زیرا گسله های فشاری (در سنجش با گسله های راستالغز و نرمال) پرت انرژی تر بوده (Sibson 1974, 1975, 1978)، دوره بازگشت زمینلرزه ها در راستای آنها به نسبت طولانی، شتاب گرانشی افقی زمین در درازای آنها بیشتر (Campbell 1981) است و می توانند زمینلرزه های بزرگ و ویرانگری را بوجود آورند (Berberian 1981).

۳-۲- زمینلرزه های سده بیستم

زمینلرزه های سده بیستم یا دوره دستگاهی، دو دوره "دستگاهی آغازی" (۱۹۰۰ تا ۱۹۶۳) و "دستگاهی امروزی" (۱۹۶۴ تا کنون) را می پوشاند.

داده های دستگاهی دوره آغازی و در نتیجه لرزه خیزی این زمان از خطای بسیار بالا برخوردار بوده و داده های اندکی از پارامترهای درست زمینلرزه های این دوره به ویژه کانون آنها در دست است. علت این خطای بالا محدودیت دستگاهی آن زمان و محدودیت های موجود در محاسبه الگوی پوسته زمین از سرچشمه زمینلرزه و در ایستگاه های لرزه نگاشت بود. افزون بر آن نبود هماهنگی در بزرگای زمینلرزه های پیش از سال ۱۹۶۳ میلادی سبب می شود نتوان به پیوند درست بزرگا- فراوانی (magnitude-frequency) زمینلرزه های این دوره دست یافت.

در دوره دستگاهی امروزی بزرگای استاندارد (M_s, mb) برای تمامی زمینلرزه های بزرگ و متوسط محاسبه شده است. دگرگونی ژرف این دوره محاسبه Centroid Moment Tensor (CMT) زمینلرزه های بزرگتر از $M_s > 5.5$ یا $M_s = 5.0$ از سال ۱۹۷۷ می باشد. با استفاده از این روش ممان لرزه ای (Seismic moment) و بزرگای ممانی (M_w moment magnitude) قابل محاسبه است. در ایران در این دوره ایستگاههای لرزه نگاری در پهنه های مختلف توسط موسسه ژئوفیزیک، دانشگاه فردوسی مشهد، سازمان انرژی اتمی و پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله راه اندازی شدند (برای آگاهی از خطای موجود در رو کانون زمینلرزه های سده بیستم نگاه کنید به (Ambraseys 1978, Berberian 1979)).

ارزیابی داده های لرزه خیزی سده بیستم گستره مورد بررسی نشان می دهد که پس از رویداد زمینلرزه های بزرگ ۱۴۰۵ نیشابور و ۱۶۷۳ مشهد، این دو پهنه برترتیب برای زمان ۵۹۳ و ۳۲۵ سال تاکنون دوره آرامش نسبی را گذرانده اند. برای دستیابی به دوره بازگشت زمینلرزه های بزرگ در پهنه های نیشابور و مشهد نیاز مبرمی به بررسی های پارینه لرزه شناختی در راستای گسله های بنیادی و فعال این پهنه ها می باشد.

کانون دستگاهی برخی از زمینلرزه ها در نزدیکی گسله های فعال گستره مورد بررسی کانون یابی شده و ممکن است نشانه جنبش این گسله ها باشد (جدول ۲). نگرشی بر داده های دستگاهی سال های ۱۹۶۴ تاکنون نشان می دهد که داده های آژانس های گوناگون دارای خطاهای گوناگون می باشد و در نتیجه نمی توان با اطمینان رویداد زمینلرزه ها را به

گسله های شناخته شده روی زمین نسبت داد.

۴- بررسی خطر زمینلرزه در چهارگوشه ی مشهد- نیشابور

در پهنه های کاری و لرزه خیز، مهمترین گام در راه پیش گیری و کاهش خطرهای ناشی از زمینلرزه ها در شهرها و سازه ها و مرکزهای صنعتی، اقتصادی و اجتماعی، بررسی برآورد بیشینه جنبش های ناشی از زمینلرزه است. سازه ها به گونه ای باید طرح شوند که بتوانند در درازنای عمر مفیدشان در برابر بیشینه جنبش های برآورد شده پایداری داشته و سالم بمانند.

فراسنج های بیشینه جنبش زمین همانند: شتاب، سرعت، جابجایی، بسامد (frequency) شکل موج، و تداوم جنبش قوی ناشی از زمینلرزه، جزو پارامترهای مهمی هستند که در طرح پایدار سازی سازه ها به کار می روند. بیشینه نیروهای جانبی وارده به بناها معمولاً با بیشینه شتاب افقی در محل متناسب می باشند. از این رو برآورد بیشینه شتاب معمول تر از بقیه ی پارامترها است. با این حال بیشینه سرعت و یا بیشینه جابه جایی نیز در طرح ساختمانها و تاسیسات بزرگ به کار می روند.

بیشینه شتاب (و دیگر فراسنج ها) به طور معمول به وسیله یکی از دو روش تحلیلی (تعیینی؛ deterministic) و یا احتمالات (گمانایی؛ Probabilistic) بررسی می شوند. در روش تحلیلی نتیجه گیری بیشتر بر پایه ی گسله های کاری موجود در یک پهنه و تعیین ویژه گی های آن ها چون، درازا، ساز و کار، شیب و دیگر ... می باشد و سپس به کمک روابط تجربی بزرگترین زمینلرزه های ممکن به سبب جنبش آن ها تعیین و حرکات زمین در جایگاه مورد بررسی از طریق روابط کاهشندگی (attenuation) تعیین می گردند.

به سخن دیگر در این روش بزرگترین زمینلرزه ی ممکنه (بیشینه پتانسیل لرزه خیزی) و بیشینه شتاب گرانش افقی زمین (شدیدترین جنبش زمین) در زمان بیکرانه ای در آینده صورت می گیرد. در روش تحلیلی داده های دقیق زمین شناسی - زمین ساختی و لرزه زمین ساختی ناحیه ای و محلی مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته و بدین ترتیب بیشترین اثرهای ناشی از زمینلرزه های پیشین بر یک گستره و پتانسیل هر یک از عامل های لرزه زمینساختی کاری (مانند گسله های کاری) و اثرهای آن در نظر گرفته می شود.

در روش احتمالات محتمل ترین جنبش زمین به سبب رویداد زمینلرزه



در این پژوهش از برنامه ی رایانه ی Scisrisk II نوشته ی Bender and Perkins (1982) با اصلاحاتی بوسیله ی شجاع طاهری (۱۳۷۲) استفاده شده و در آن زمینلرزه ها در راستای گسله ها به صورت شکستگی های با درازای معین فرض شده اند. افزون بر آن فرض می شود که: (۱) رویداد زمینلرزه ها به صورت توزیع پواسون (poisson) بوده، (۲) میزان فعالیت در فاصله زمان اختیار شده ثابت مانده، (۳) جنبش زمین ناشی از زمینلرزه در یک محل تابع معینی است از بزرگی و فاصله تا مرکز زمینلرزه ها، (۴) محل گسله ها شناخته شده اند، (۵) درازای شکستگی گسله ها در هر رویداد بستگی به بزرگی زمینلرزه دارد. (پیشینه زمینلرزه در این چهار گوش معادل پیشینه زمینلرزه تاریخی $M_s = 7.3$ می باشد) و در فرجام (۶) میزان رویداد زمینلرزه ها بصورت تابعی از بزرگی مشخص می شود.

برای پیوند تجربی میان بزرگی (M_s) و درازای شکستگی (L)، Nowroozi (1985) با استفاده از ۱۴ زمینلرزه ی رویداده در ایران که بزرگی (M_s) آن ها، بیش از ۶٫۰ است، پیوند تجربی $\log_{10}(L) = 4.99 + 1/24 M_s$ را بدست آورده است. در این پیوند L به کیلومتر است. مروری بر این ۱۴ زمینلرزه نشان می دهد که در ازای شکستگی ۴۵ کیلومتری که برای زمینلرزه ی ۱۹۰۹ سیلاخور با بزرگی $M_s = 7.4$ فرض شده است، کوتاهتر از حد انتظار می باشد. از سویی دیگر، بزرگی زمینلرزه ی ۱۹۷۸ طبس گلشن $M_s = 7.7$ فرض شده است که برآورد صحیح بزرگی این زمینلرزه $M_s = 7.3$ می باشد. بنابراین، پس از حذف زمینلرزه ی سیلاخور از لیست ۱۴ زمینلرزه ای که بوسیله Nowroozi (1985) به کار گرفته شده، و اصلاح بزرگی زمینلرزه ی طبس گلشن، پیوند تجربی $\log_{10}(L) = 5.19 + 1.11 M_s$ بدست می آید. در این پیوند L به کیلومتر است. با توجه به داده های استفاده شده برای به دست آوردن این پیوند مرز بالایی درازای شکستگی و بزرگی آن به ترتیب ۸۰ کیلومتر و $M_s = 7.3$ خواهد بود. برای گسله های با درازای بیش از ۸۰ کیلومتر بر نرخ فعالیت به نسبت درازای آن بر مبنای ۸۰ کیلومتر افزوده می شود.

برای دستیابی به پیوند میان فراوانی و بزرگی زمینلرزه ها لازم است که در پیوند ریشتر $\log N = a - bM$ مقادیر عددی a، b برای گستره مورد بررسی محاسبه شود. Shoja- Taheri and Niazi (1981) در بررسی لرزه خیزی خاور و مرکز ایران با استفاده از زمینلرزه های میان سالهای ۱۹۵۷ و ۱۹۷۹ میانگین سالیانه b را برای خاور و مرکز ایران نزدیک به ۱٫۰ به

در زمان کرانمندی در آینده برآورد می شود و از آن برای پائین آوردن میزان شتاب به دست آمده از روش تحلیلی از فاکتورهای چون دوره بازگشت زمینلرزه ها، درصد ریسک (خطر) مورد قبول و احتمال رویداد زمینلرزه ای بزرگ در درازنای عمر مفید سازه استفاده می شود.

در بررسی خطر زمینلرزه در چهار گوشه ی مشهد-نیشابور، تنها روش احتمالی به کار گرفته شده است. یادآوری می شود که در سازه های مهم و بنیادی هر دو روش با هم به کار برده می شوند.

در این پژوهش کوشش شده تا خطر زمینلرزه در چهار گوشه ی مشهد-نیشابور، و در فاصله هر ۰/۰۵ درجه عرض و طول جغرافیایی به صورت خم های پیشینه شتاب افقی و با احتمالات مختلف و در زمان های بازگشت گوناگون بررسی شود. این بررسی با توجه به لرزه خیزی تاریخی و سده بیستم و بر پایه ی پراکنده گی گسله های کاری شناخته شده در این چهار گوشه انجام شده است. بیکر ۲ گسله های چهار گوشه ی مشهد-نیشابور که در محاسبه ی خطر زمینلرزه استفاده شده اند را نشان می دهد. در این بیکر مرز چهار گوشه ی مشهد-نیشابور بوسیله چهار گوشه ی داخل کادر مشخص است. در این چهار گوشه گسله های کوتاه تر شناخته شده بصورت خطوط پررنگ کشیده شده اند. زمینلرزه های تاریخی بصورت شش گوشه و زمینلرزه های سده ی بیستم بصورت سه گوشه نشان داده شده اند. لازم به تذکر است با توجه به نبود اطلاعات کافی در مورد شرائط زمینشناختی محلی (Local site condition) تمام نقاط این چهار گوشه از دیدگاه زمینشناختی همسان فرض می گردند.

با توجه به توزیع زمانی - مکانی لرزه خیزی، میزان فعالیت لرزه خیزی و نیز توزیع گسله ها و رژیم لرزه زمین ساختی حاکم بر منطقه، چهار گوشه ی مشهد-نیشابور و اطراف این منطقه را به هفت پهنه ی لرزه زمین ساختی تقسیم کرده و در هر پهنه آهنگ فعالیت لرزه خیزی متناسب را تعیین کردیم. در بیکر ۳ پهنه های هفتگانه نشان داده شده اند. در شش پهنه ی نخست فرض شده است که زمینلرزه ها در راستای گسله ها روی می دهند. بدین ترتیب سرچشمه ی زمینلرزه ای در این پهنه خطی است ولی در پهنه ی ۷ چون گسله ی مشخصی وجود ندارد سرچشمه های زمینلرزه ای بر پایه ی زمینلرزه های تاریخی بصورت سطحی در نظر گرفته شده اند. دوره ی بازگشت بزرگترین زمینلرزه در پهنه های گوناگون متفاوت و متناسب با فعالیت لرزه خیزی و میزان کاری بودن گسله ها فرض شده اند. بعنوان مثال در پهنه ی ۳ که نیشابور و پیرامون را دربردارد دوره بازگشت ۵۰۰ ساله و در پهنه ی ۱ دوره ی بازگشت بیش از ۵۰۰۰ سال فرض شده است.

(۱۳۸۰) با استفاده از شتاب نگاشت های زمینلرزه های خراسان برای زمینلرزه های با بزرگی $M_S = 5/0 - 7/3$ رابطه $\log a = 1.183 + 0.354M - \log(r) - 0.00061r$ را با انحراف معیار 0.217 بدست آورده است که در آن $r = (d^2 + h^2)^{1/2}$ ، d فاصله افقی محلی است که در آن شتاب نسبت به تصویر افقی نزدیک ترین لبه سطح گسل محاسبه می شود و h ثابت است. r, d بر حسب کیلومتر و a بر حسب سانتیمتر بر مجذور ثانیه می باشند. بدین سان در بررسی خطر زمینلرزه در چهار گوش مشهد - نیشابور برای تمامی نقاط بطور یکسان و صرف نظر از شرایط محلی از رابطه فوق استفاده شده است.

با توجه به داده های پراکندگی گسله ها، بیشینه بزرگی قابل انتظار از هر گسله، شمار رویداد زمینلرزه های کوچکتر، و روابط میرایی انتخاب

دست آورده اند. با توجه به پایداری نسبی این پارامتر در یک ناحیه لرزه زمینساخت در این بررسی نیز مقدار b با توجه به گستره ی خطای آن مساوی با ۱ انتخاب گردید. برای هر گسله با توجه به اینکه شمار زمینلرزه های پیشینه در یک دوره بازگشت فرض شده (برای مثال ۱۰۰۰ سال)، $N=1$ می باشد، از این رو می توان مقدار a را برای آن گسله به دست آورد. با داشتن a, b می توان در روی هر شکستگی، شمار زمینلرزه ها را در گستره ی بزرگی های گوناگون تعیین کرد.

برای بررسی میزان خطر در هر پهنه لازم است پیوندهای میرایی پهنه در دست باشد. منظور از پیوندهای میرایی، روابطی است به شکل عمومی $a = f(R, M)$ که در آن a بیشینه شتاب (سرعت یا جابجائی و غیره) را برای تمام فاصله های R و بزرگی های M بدست می دهد. شجاع طاهری

جدول ۱- لیست زمینلرزه های تاریخی گستره مورد بررسی

Date	Time	Epicentre		Intensity	Magnitude		Area
		N°	E°		M _S	mb	
1145.00.00		36.25-58.70		VII ⁺	5.3	5.3	Neyshabur
1251.00.00		36.27-58.69?		VII	5.3	5.3	Neyshabur
1673.07.30		36.35-59.27		VIII ⁺	6.6	6.5	Kashafrud
1851.06.00		36.78-58.50		IX	6.9	6.8	Binalud
1895.01.17	11:30	37.08-58.40		VIII ⁺	6.8	6.7	Quchan
c.4,000 BP		38.00-58.12		IX	7.1	7.0	Mian
c.10BC. AD10		37.95-58.18		IX	7.1	7.0	Mian
1209.00.00	Day time	36.05-59.22		X	7.6	7.3	Binalud
1270.10.07	Morning	36.25-58.75		IX	7.1	7.0	Neyshabour
1389.02.00		36.25-58.75		X ⁺	7.6	7.3	Neyshabour
1405.11.23		36.25-58.75		IX	7.6	7.3	Neyshabour
1871.12.23	Night	37.25-58.30		IX	7.2	7.1	Quchan
1893.11.17	19:36	37.12-58.40		IX	7.1	7.0	Quchan
1855.03.21		36.48-58.37					Rivand
1857.05:00		36.48-58.37					Rivand
1893.10.20		37.80-58.20					Quchan
1893.11.17	20:15	37.12-58.40					Quchan
1893.11.18	night	37.12-58.40					Quchan
1893.11.19	dawn	37.12-58.40					Quchan
1894.01.12	evening	37.12-58.40					Quchan
1895.01.22		37.08-58.40					Quchan

است بلکه تحت تاثیر گسله های عمده اطراف آن نقطه نیز قرار می گیرد.

شمار خطر زمینلرزه برای سه شهر مهم در چهارگوش مشهد- نیشابور و اطراف آن

برای دستیابی آسانتر به شمار خطر زمینلرزه برای سه شهر مشهد، نیشابور و قوچان نگاه کنید به پیکر ۸. در این پیکر شتاب افقی قابل انتظار برای احتمالات و دوره های زمانی گوناگون برای سه شهر نامبرده آورده شده اند. در پایان یادآور می گردد که بر پایه ی مجموعه داده های لرزه خیزی موجود و آهنگ فعالیت گسله ها در چهارگوشه ی مشهد-نیشابور، نتایج بدست آمده از این پژوهش جنبه عمومی داشته و مورد استفاده ی آن در برنامه ریزی های کلی میان مدت و دراز مدت عمرانی، اقتصادی، صنعتی و اجتماعی برای کاهش خسارت های ناشی از گسلش و زمینلرزه می باشد. روشن است داده های بیشتر و کم خطای لرزه خیزی و تعیین میزان دقیق تر فعالیت گسله ها بررسی تفصیلی تر خطر زمینلرزه در گستره مورد بررسی را امکان پذیر خواهد کرد.

شده، خطر زمینلرزه به روش احتمالات و برای چهار دوره ی زمانی ۱۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۵۰ ساله و برای پنج ضریب احتمال ۱۰٪، ۳۶٪، ۵۰٪، ۶۴٪ و ۹۰٪ محاسبه شده است. این محاسبات در هر مورد برای بیش از ۱۲۰۰ نقطه که به فاصله ۰.۵ درجه عرض و طول جغرافیایی از یکدیگر قرار دارند، انجام شده است. گستره محاسبه بین طول جغرافیایی ۵۸/۰ تا ۶۰/۵ و عرض جغرافیایی بین ۳۵/۵ تا ۳۷/۵ درجه انجام شده است.

در پیکرهای ۴، ۵، ۶ و ۷ نقشه های خطر برای احتمالات و دوره های زمانی مختلف آماده گردیده و خطر بصورت خمهای همشتاب نشان داده شده است. شمار های نشان داده شده در روی این خمها برحسب "g" (شتاب گرانشی زمین) است. برای نمونه، در پیکر ۴ در ظرف ۵۰ سال، احتمال ۱۰ درصد وجود دارد که شتاب ناشی از زمینلرزه در یک نقطه معین، از میزان شتاب حساب شده در آن نقطه تجاوز کند. چنانچه دیده می شود سیمای کلی خطر محاسبه شده به خوبی سیمای لرزه زمین ساختی منطقه را با توجه به توزیع گسله ها دنبال می کند. گسله ها در برخی نقطه ها خمهای همشتاب گسله های برداشت شده را بریده و به ظاهر با آنها همخوانی نشان نمیدهد. در این زمینه باید توجه داشت که خمهای همشتاب در یک نقطه نه تنها تابع گسله های برداشت شده در نزدیکی همان نقطه

جدول ۲- لیست زمینلرزه های سده بیستم گستره مورد بررسی (از بربریان و همکاران ۱۳۷۸)

Date	Geographic Coordinates	Magnitudes			Source	Causative Fault
		mb	M _S	M		
(G.M.T)	(Lat N° -LongE°)					
1964.05.15	36.300-58.850				ISC	Binalud
1976.05.01	36.380-59.060				ISC	
1977.08.17	36.420-59.040	4.8			ISC	
1983.01.04	36.300-59.200	4.3			ISC	
1988.09.28	36.600-58.560	4.4			ISC	
1995.06.14	36.585-58.598	4.5			NEIS	
1979.04.16	39.920-58.560	4.2			ISC	Neyshabur
1981.08.03	36.186-58.507	3.9			ISC	
1982.02.24	36.322-58.640	4.0			ISC	
1981.12.09	36.905-59.372	4.3			ISC	Kashafrud

Fig.1 – MAIN PHYSIOGRAPHIC FEATURES OF THE MASHHAD-NEYSHABUR QUADRANGLE AREA

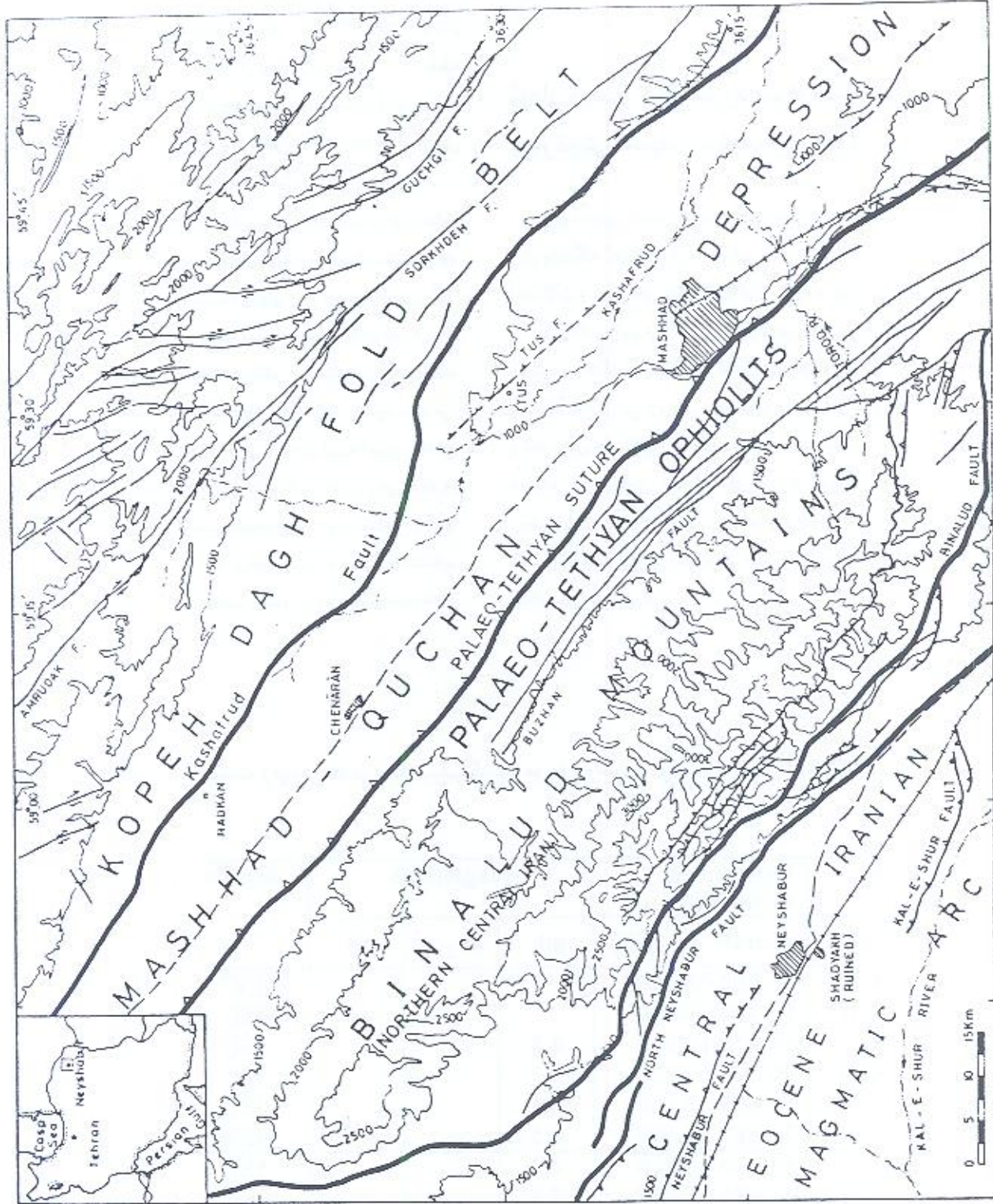
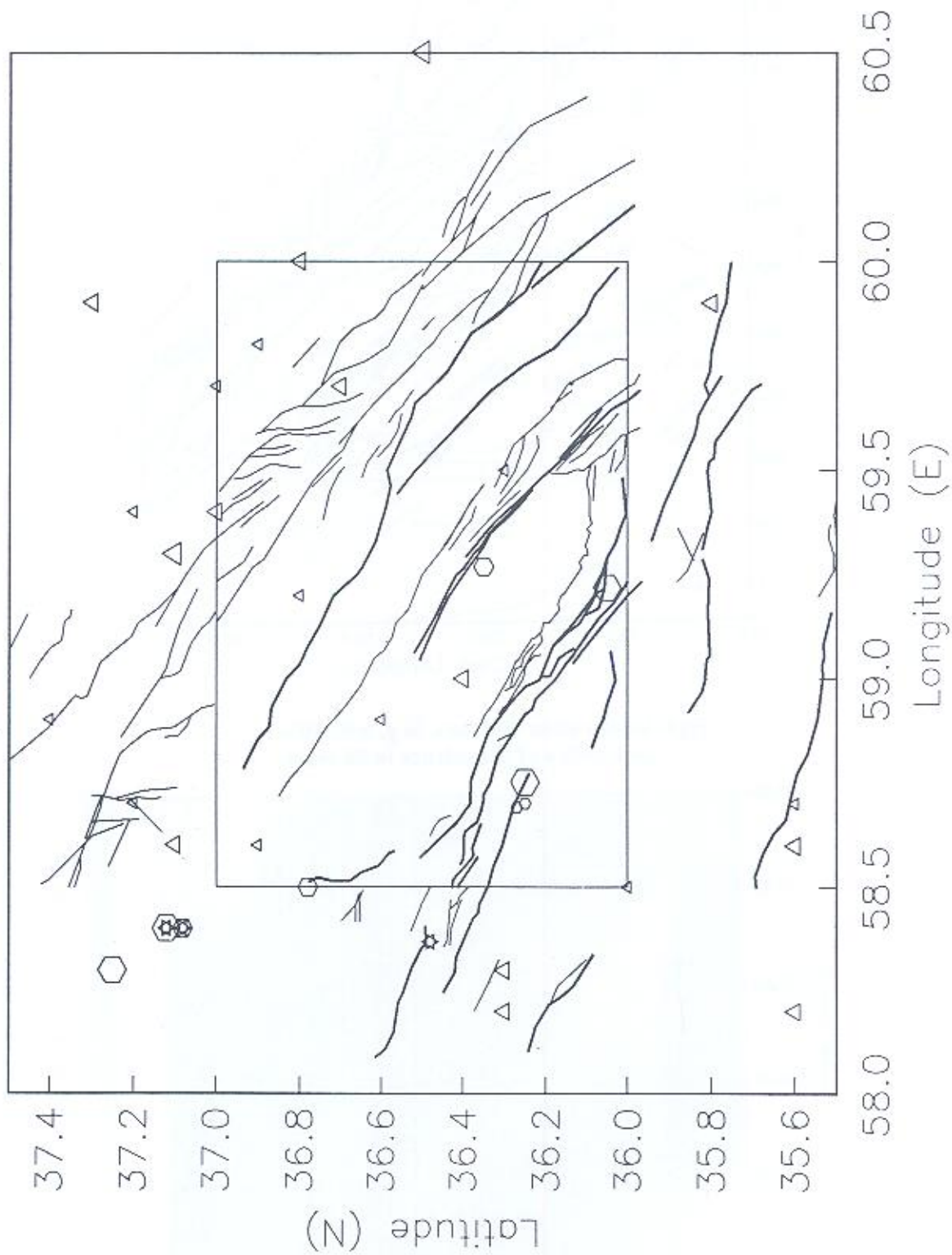


Fig.2 -Fault map of Mashhad quadrangle



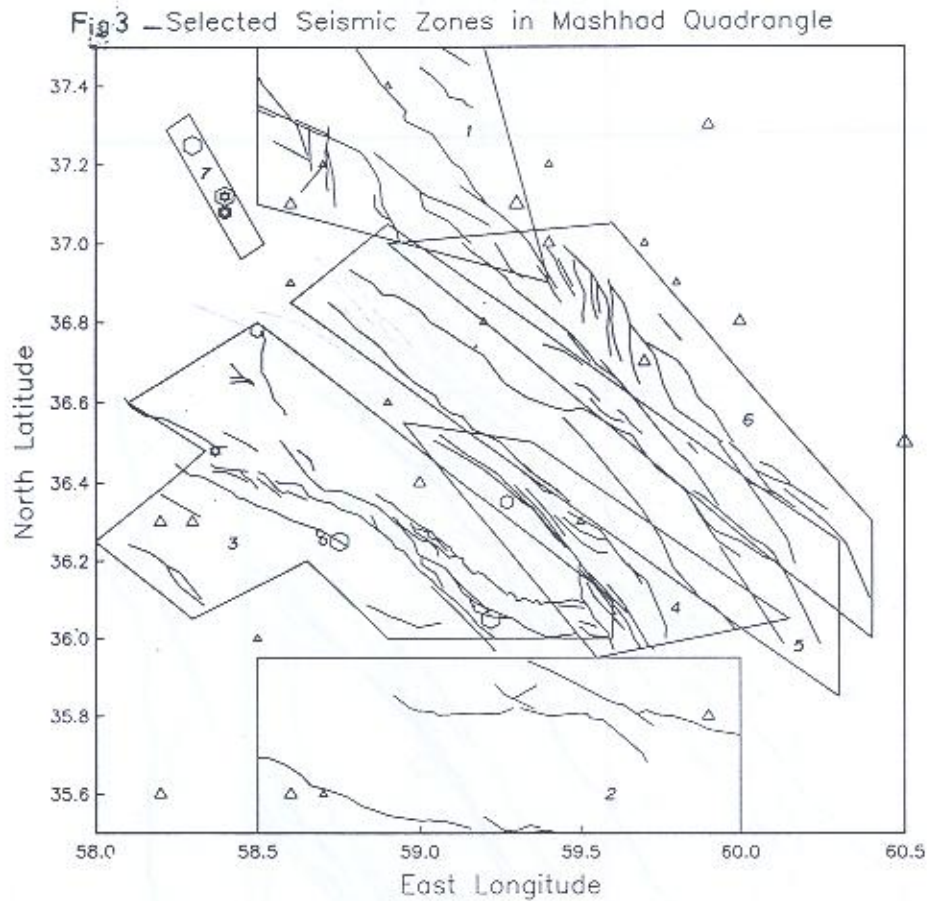


Fig4-Acceleration contours, in g, with 10% probability of exceedence in 50 years

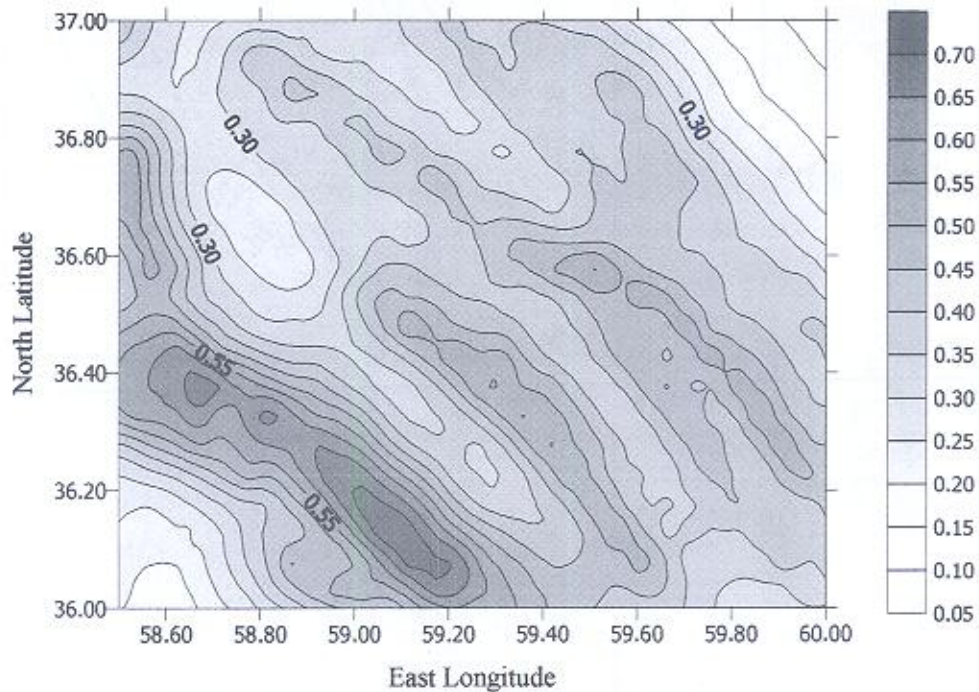


Fig.5-Acceleration contours, in g, with 50% probability of exceedence in 50 years

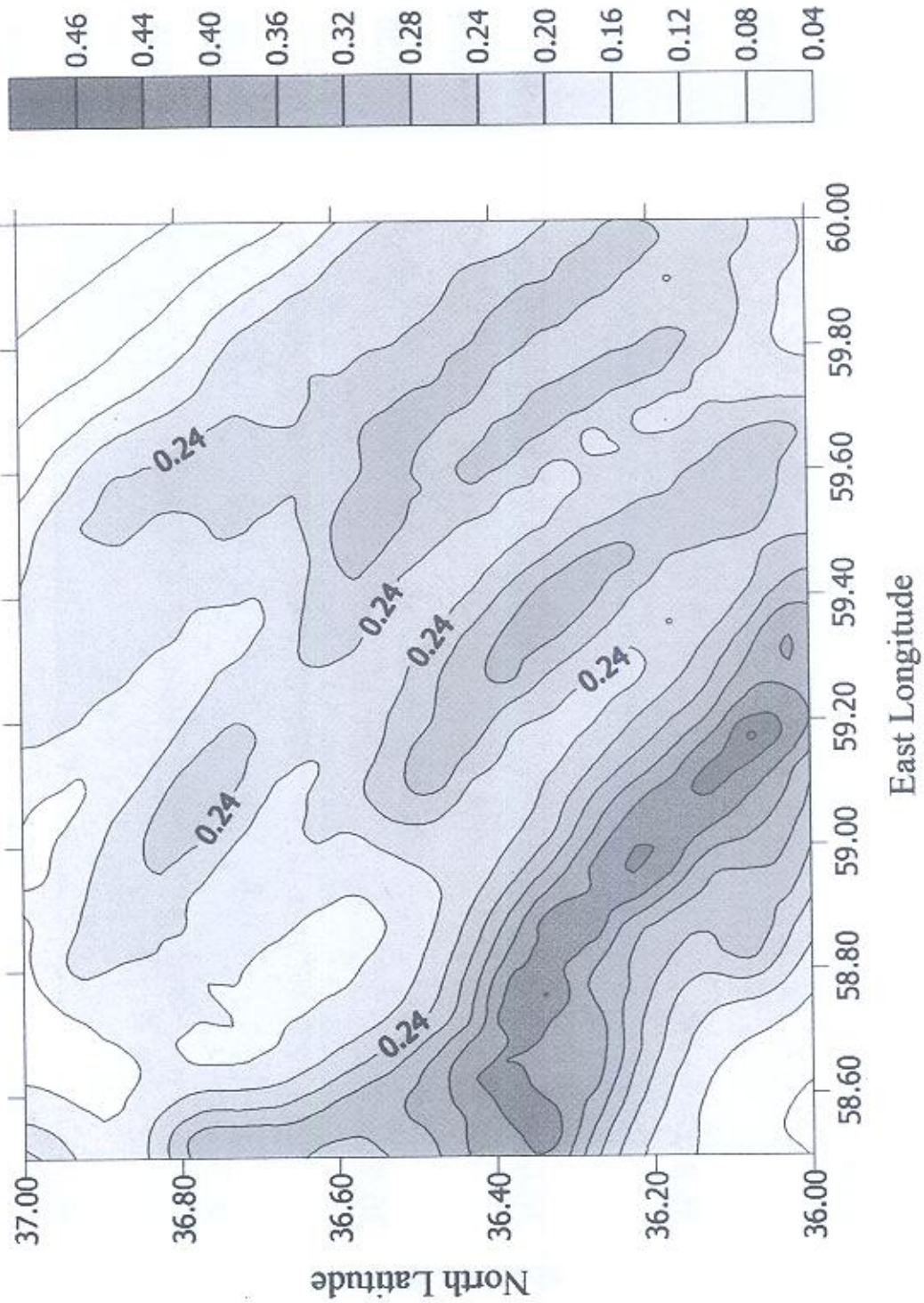


Fig.6 - Acceleration contours, in g, with 36% probability of exceedence in 100 years

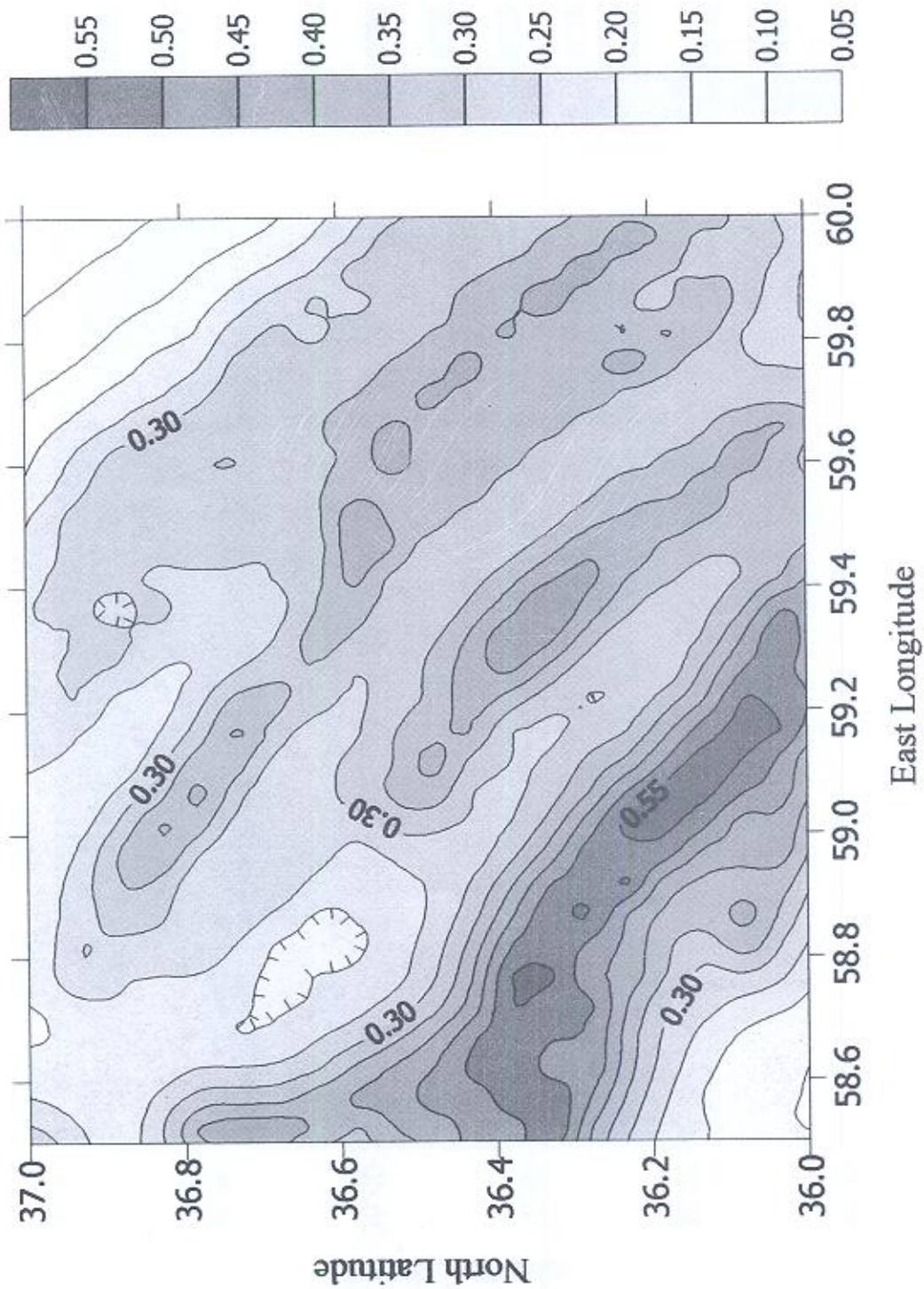


Fig.7-Acceleration contours, in g, with 50% probability of exceedence in 250 years

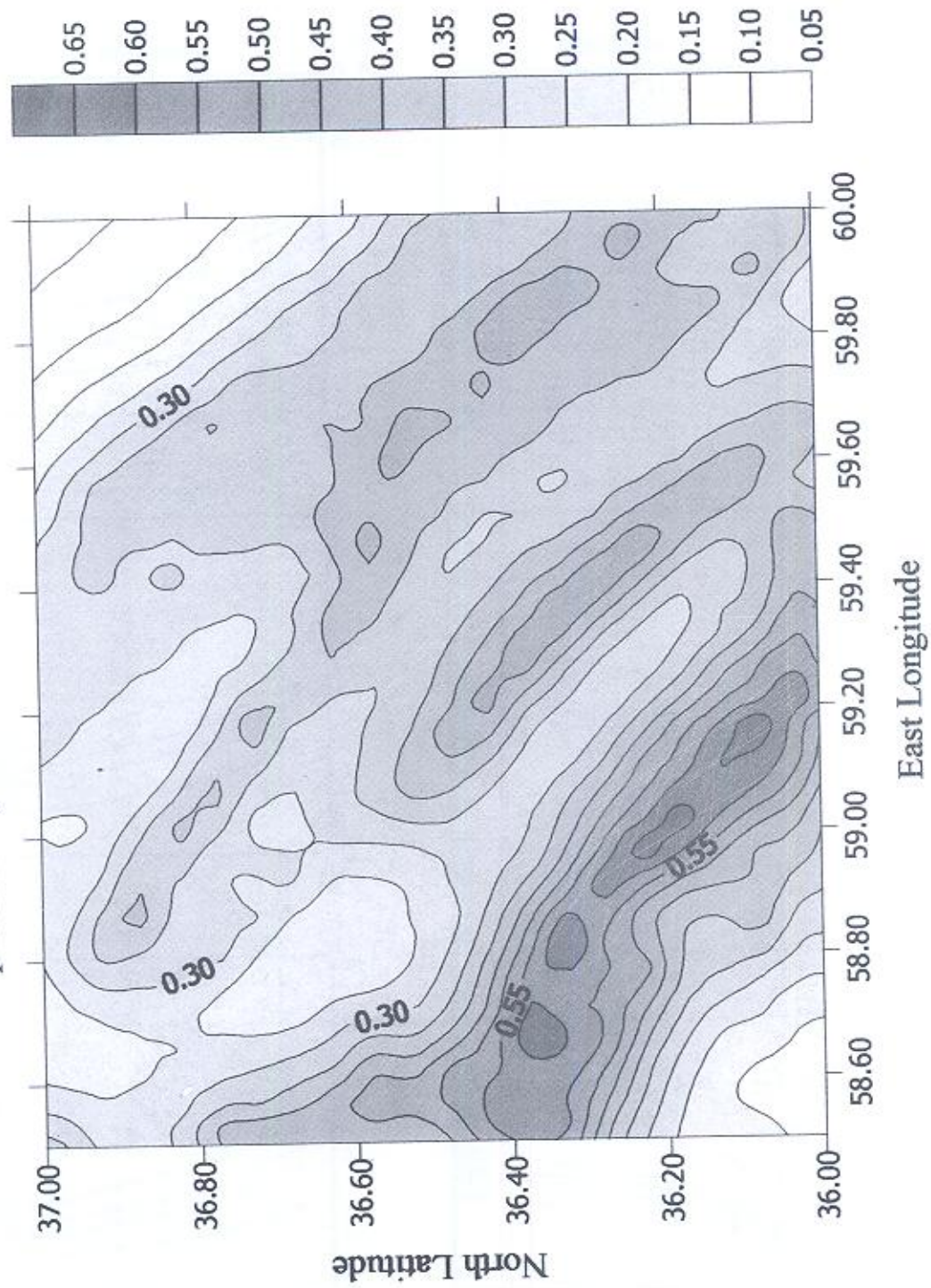
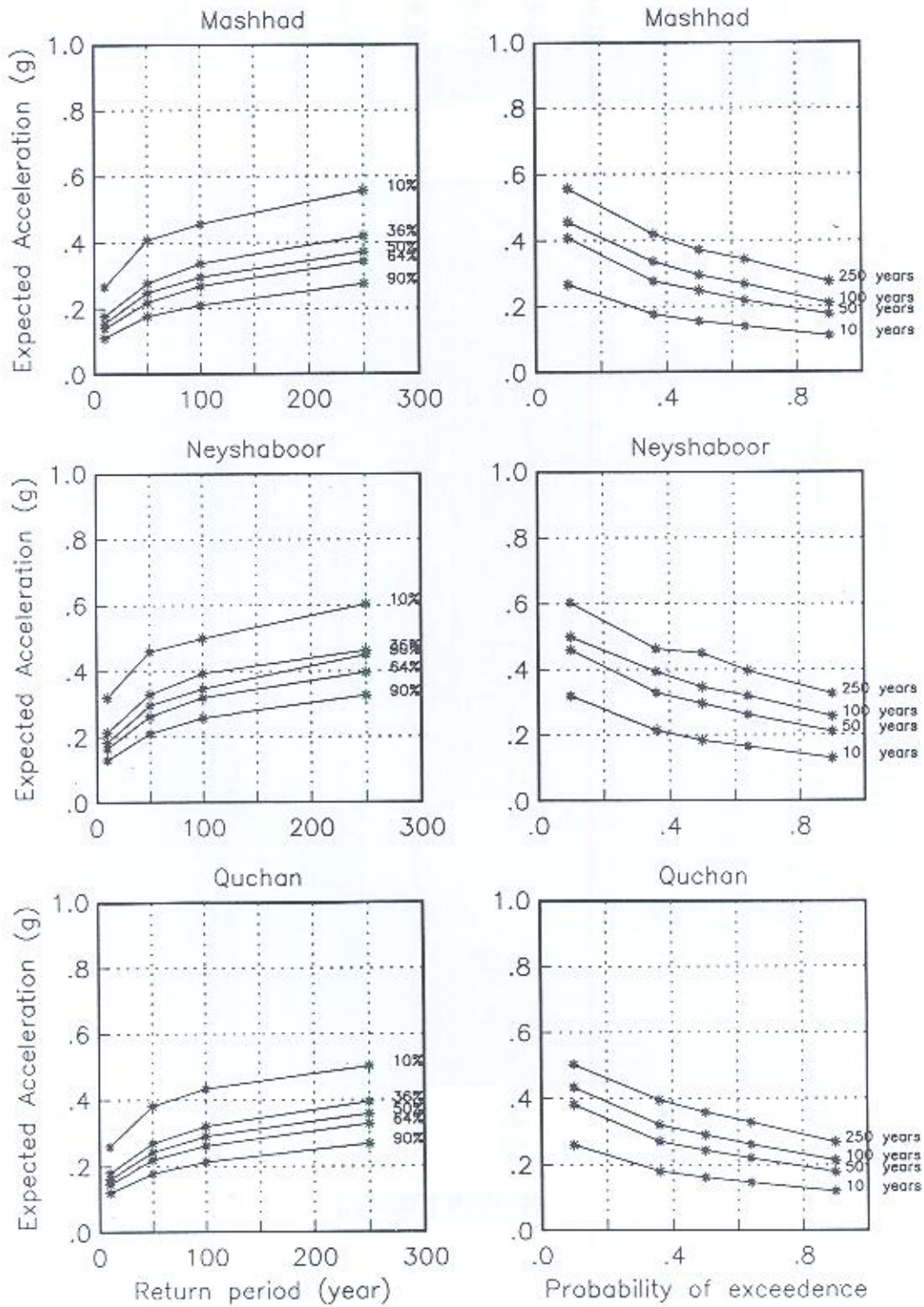


Fig.8



کتابنگاری

- بربریان، م.، قرشی، م.، ارژنگ روش، ب. و مهاجر اشجعی، ا.، ۱۳۶۴ - پژوهش و بررسی ژرف نوزمینساخت، لرزه زمینساخت و خطر زمینلرزه - گسلش در گستره تهران و پیرامون (پژوهش و بررسی لرزه زمینساخت ایرانزمین: بخش پنجم)، سازمان زمین شناسی کشور، گزارش شماره ۵۶، ۳۱۶ رویه.
- بربریان، م.، قرشی، م.، شجاع طاهری، ج. و طالبیان، م.، ۱۳۷۸ - پژوهش و بررسی لرزه زمینساخت، لرزه زمینساخت و خطر زمینلرزه - گسلش در گستره مشهد - نیشابور (پژوهش و بررسی لرزه زمینساخت ایرانزمین: بخش هشتم)، سازمان زمین شناسی کشور، گزارش شماره ۱۲، ۲۳۳ رویه.
- شجاع طاهری، ج.، ۱۳۸۰ - گزارش طرح ملی تعیین کاهیدگی حرکت قوی زلزله در فلات ایران (زیرچاپ).

Reference

- Ambraseys, N.N., 1978- The relocation of epicentres in Iran. Geophys. J.R. astr. Soc. London, 53, 117-121.
- Bender, B., and Perkins, D. V., 1982 - SEISRISK II: A computer program for seismic hazard estimation, Open File report 82, 293.
- Berberian, M., 1979- Evaluation of the instrumental and relocated epicentres of Iranian earthquakes. Geophys. J.R. astr. Soc. London, 58, 625- 630.
- Berberian, M., 1981- Active faulting and tectonics of Iran. In: Gupta, H.K., and Delany, F.M. (eds.), Zagros- Hindukush, Himalaya Geodynamic evolution. Am. Geophys. Union and Geol. Soc. Am. Geodynamics series, 3, 33- 69.
- Campbell, K.W., 1981- Near- Source attenuation of peak holij out of acceleration. Bull. Seism. Soc. Am, 71(6), 2039- 2070.
- Dziewonski, A.M., and Woodhouse. J. H., 1983- An experiment in systematic study of global seismicity: Centroid - moment tensor solutino for 201 moderate and large earthquakes, J. Geophys. Res. , 88, 3247- 3271.
- Sibson, H.R., 1974 - Frictional constranits on thrusts, Wrench and normal fanths. Nature, 249 (5454), 542- 544.
- Sibon, H.R., 1975- Generation of Pseudotachylyte by ancient seismic faulting. Geophys. J.R. astr. Soc., 43, 775. 794.
- Sibson, H.R., 1979- Fault rocks and fault mechanisms. J. Geol. Soc. London, 133, 191- 213.
- USAEC, 1973- United states Atomic Energy Commission, now; NRC, Nuclear Regulatory Guide, 160, 10 CFR 100, Appendix A., Reactor Siting Criteria.
- Nowrroozi, A.A., 1985- Empirical relations between magnitudes and fault Parameter for earthquakes in Iran. Bull. Seism. Soc. Am., 75, 1327-1338.
- Shoja- Taheri, J., and Niazi, M., 1981- Seismicity of the Iranian plateau and bordering regions. Bull. Sesim Soc. Am., 71, 477- 489

* مرکز زمینلرزه شناسی و دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد

** سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

* Seismology Centre, and School of Sciences of Mashhad University

** Geological Survey of Iran