

## برآورد خطر زمینلرزه و پهنه‌بندی لرزه‌ای استان ایلام به دو روش تعینی و احتمالاتی

محمد رضا سپهوند<sup>۱</sup>، افسانه نصرآبادی<sup>۲</sup>، معصومه اسکندری<sup>۳</sup> و لیلا طاهری<sup>۴</sup>

### چکیده

برآورد خطر زمینلرزه و پهنه بندی لرزه‌ای به روش تعینی و احتمالاتی در استان ایلام انجام گرفت. با توجه به نتایج روش تعینی، استان ایلام دارای مناطقی با خطر پایین و متوسط می‌باشد. با توجه به نتایج روش احتمالاتی، نقشه خمهای هم شتاب سطح طراحی D.B.E و عمر مفید 50 سال مبنای پهنه بندی قرار گرفته، و بر این اساس، منطقه به چهار محدوده با سطوح خطر نسبی مختلف تقسیم بندی شده است. محدوده با خط بسیار پایین، که شتاب مورد انتظار در آن برای دوره بازگشت 475 سال کمتر از  $0/1g$  است. منطقه با سطح خطر پایین،  $0/1 < PGA < 0/15$ . منطقه با خطر متوسط،  $0/15 < PGA < 0/2$  و منطقه با سطح خطر بالا که شتاب مورد انتظار در آن بیش از  $0/2g$  است. در بیشتر مناطق استان سطح نسبی خطر زلزله متوسط است و تنها در قسمت کوچکی از استان، انتهای جنوب شرقی آن، سطح خطر نسبی زمینلرزه پایین است.

واژه های کلیدی: خطر زمینلرزه، پهنه‌بندی لرزه‌ای، ایران، ایلام

## Seismic hazard assessment and seismic hazard zoning of Ilam province using deterministic and probabilistic methods

Mohammad Reza Sepahvand, Afsaneh Nasrabadi, Masume Eskandari and Leila Taheri

### Abstract

This paper presents a probabilistic hazard assessment of Ilam region in Zagros mountain, western Iran. Zagros is one of the most seismically active parts of Alpine-Himalayan seismic belt. We got a catalogue containing historical and instrumental, complete for magnitudes greater 4. To account for seismicity of regions near Ilam, area under study was extended and fault map then seismotectonic map was obtained. Considering seismic pattern in area, potential seismic sources were detected and modeled as volume sources. Using probabilistic method and choosing attenuation relationship, we obtained peak ground acceleration on bedrock in sites for exceedence probability 64%, 10% and 2% and life time 50 years. Considering four relatively hazard level, we zoned Ilam to four zones as high danger part, relatively high danger, intermediate and low seismic hazard level.

<sup>1</sup> عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ایلام، دانشجوی دکتری زلزله شناسی پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله،

[m.sepahvand@iiees.ac.ir](mailto:m.sepahvand@iiees.ac.ir)

<sup>2</sup> دانشجوی دکتری زلزله شناسی، پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، [a.nasrabadi@iiees.ac.ir](mailto:a.nasrabadi@iiees.ac.ir)

<sup>3</sup> دانشجوی دکتری زلزله شناسی، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، [eskandary@ut.ac.ir](mailto:eskandary@ut.ac.ir)

<sup>4</sup> عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر، دانشجوی دکتری زلزله شناسی موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، [leilataheri@yahoo.com](mailto:leilataheri@yahoo.com)

**Keywords:** Seismic hazard, seismic hazard zoning, Ilam province, Iran

ایلام شباهت

مقدمه:

رسوبی زاگرس دارد. از نظر جغرافیایی و بویژه زمین شناسی، استان ایلام بخشی از ارتفاعات غرب ایران یعنی زون لرزه‌زمین‌ساختی زاگرس می‌باشد.

امروزه تحلیل خطر شامل دو روش تعینی و احتمالی می‌باشد. شناخت ما از چشمه‌های لرزه‌زا و پارامترهای مربوط به آنها و همچنین کاتالوگ زمینلرزه‌های منطقه و به طور کلی نسبت به پدیده زمینلرزه محدود می‌باشد و باعث ایجاد عدم قطعیت‌هایی در نتایج حاصل می‌گردد که اجتناب ناپذیر است. بنابراین شناخت این عدم قطعیت‌ها و مقادیر آنها و همچنین میزان حساسیت نتایج خطر نسبت تغییرات پارامترهای ورودی می‌تواند کمک زیادی در تصمیم‌گیری در انتخاب این پارامترها و بدست آوردن نتایج قابل اعتمادتری نماید.

### اندازه‌گیری و مشاهده

تحلیل خطر زمین‌لرزه روشی جهت بدست آوردن تخمینی از زلزله‌های آینده بر اساس شواهد موجود زمین‌شناسی و همچنین زلزله‌های ثبت شده گذشته می‌باشد. بنابراین شناخت و جمع‌آوری اطلاعات مربوط به زلزله‌های رخ داده در گذشته یک منطقه، نقش اساسی در نتایج حاصل ایفا می‌کند. شناخت زمین‌لرزه‌های تاریخی بر اساس مدارک گوناگون موجود در متون تاریخی انجام می‌گیرد. با وجود اینکه زمین‌لرزه‌های تاریخی دقت کمی از نظر محل وقوع، شدت و بزرگا دارند، ولی برای بدست آوردن دیدی کلی از لرزه‌خیزی منطقه مفید می‌باشند. جهت فراهم نمودن شرایط همگن و یکنواخت داده‌های تهیه کاتالوگ یکنواخت زمینلرزه از اهمیت خاصی برخوردار است. از این داده‌ها برای بررسی لرزه خیری به منظور درک قوانین عمومی مربوط به وقوع زمینلرزه برای حفظ جان بشر از اثر تخریبی این رویداد طبیعی، استفاده می‌شود. گستره  $31/5^{\circ}$  N -  $35/5^{\circ}$  N و  $45^{\circ}$  E -  $49/5^{\circ}$  E برای برآورد خطر زمینلرزه به روش تعینی و احتمالاتی در

زمینلرزه‌ها مهمترین خطرات طبیعی هستند که هر ساله شمار کثیری از جمعیت جهان گرفتار اثرات نامطلوب آن می‌شوند. جهت کاهش تلفات جانی و اقتصادی و نیز تبعات اجتماعی آن نیاز است بر اساس دانش کنونی و آخرین دستاوردها، برآورد قابل اعتماد از خطر زمینلرزه در نقاط مختلف ایران جهت طراحی و ساخت سازه‌های عمومی و پیشرفته انجام گیرد. در مناطق زلزله‌خیز هرگونه تصمیم‌گیری در مورد سازه‌های جدید و یا سازه‌های موجود و تصمیم‌گیری در مورد مناطق شهری باید با در نظر گرفتن اثرهای زلزله‌های احتمالی آینده باشد. اطلاعات لازم برای این منظور از تحلیل خطر لرزه‌ای بدست می‌آید.

سرزمین ایران در بخش میانی کوهزایی نوار آلپ-همیالیا، قرار گرفته است و سطح بالایی از فعالیت‌های لرزه‌ای را نشان می‌دهد. از نظر لرزه‌زمین‌ساختی ایران را می‌توان به نوار چین‌خورده زاگرس، البرز، کپه داغ و ایران مرکزی و دشت لوت تقسیم نمود (بربریان، 1976). کمربند چین‌خورده-رانده زاگرس یکی از ساده‌ترین و لرزه‌خیزترین آنهاست (تاتار و همکاران، 2004). این کمربند چین‌خورده-رانده به عنوان بخشی از کمربند کوهزایی آلپ-همیالیا، یکی از جوان‌ترین و فعال‌ترین مناطق برخورد قاره‌ای زمین است. از نظر ساختمانی، شکل‌گیری زاگرس مربوط به جنبش همگرای مداوم صفحه عربستان در جنوب غرب و ریزقاره ایران مرکزی در شمال شرق است که ناشی از حرکت به سوی شمال شرق صفحه عربستان-آفریقا نسبت به اوراسیاست (تاجالانکو و برد، 1974؛ بربریان، 1995). استان ایلام یکی از استانهای غربی کشور می‌باشد. این استان بین طولهای جغرافیایی  $48^{\circ}$  -  $45^{\circ}$  شمالی و عرضهای جغرافیایی  $34^{\circ}$  -  $32/05^{\circ}$  شرقی و در ارتفاعات زاگرس واقع شده است. بررسیهای زمین‌شناسی و ویژگی‌های زمین‌شناسی و ساختاری رخنمودهای سنگی استان

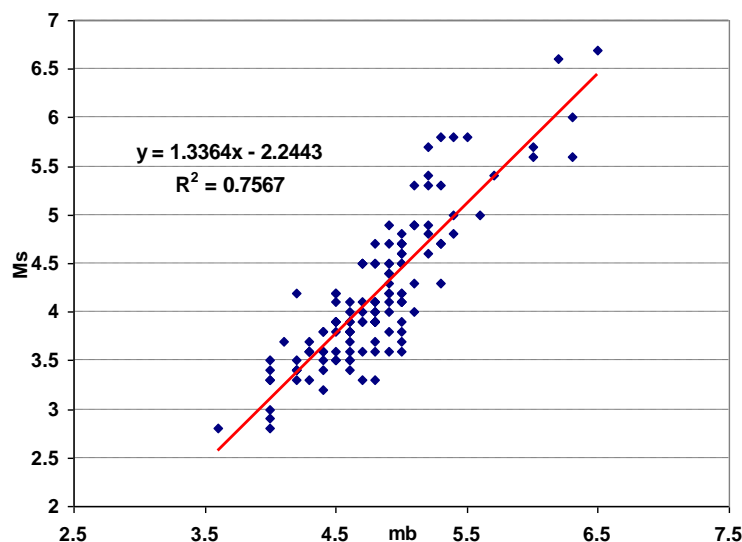
زمینلرزه‌های مربوط به این منطقه استفاده گردید (جدول 1 و شکل 1).

جایگاه بیشتر زمینلرزه‌ها، گسله‌های جنب‌ها هستند. گسله‌ها عبارت از شکستگی‌های پوسته زمین هستند که در راستای آنها جابجایی قابل ملاحظه (بزرگتر از 0/5 میلیمتر و معمولاً خیلی بزرگتر از این حداقل جابجایی) روی داده است.

استان ایلام انتخاب شده و پهنه بندی خطر زمینلرزه در این منطقه انجام گرفته است. کاتالوگ یکنواختی از زمینلرزه‌های محدوده مورد مطالعه تهیه شده است. این کاتالوگ شامل 15 زمینلرزه تاریخی و 210 زمینلرزه دستگاهی از سال 1917-2007 با بزرگای  $M_S > 4$  می‌باشد. پس از حذف پس‌لرزه‌ها و پیش‌لرزه‌ها با روشهای موجود از کاتالوگ زمینلرزه‌های دستگاهی، تعداد 142 زمینلرزه بدست آمد. در این تحقیق جهت تبدیل  $m_b$  به  $M_S$  از رابطه میان  $m_b$  و  $M_S$  بدست آمده از کاتالوگ

رابطه	محدوده بزرگی	تعداد زمینلرزه‌ها	کاتالوگ
$M_S = 1/79 m_b - 4/32$	$4/0 \leq m_b \leq 6/2$	263	ISC & USGS
$M_S = 1/34 m_b - 2/24$	$4/0 \leq m_b \leq 6/5$	131	(با استفاده از کاتالوگ داده‌ها در این تحقیق)

جدول 1: رابطه تجربی بین بزرگی  $m_b$  و  $M_S$  در گستره مورد مطالعه

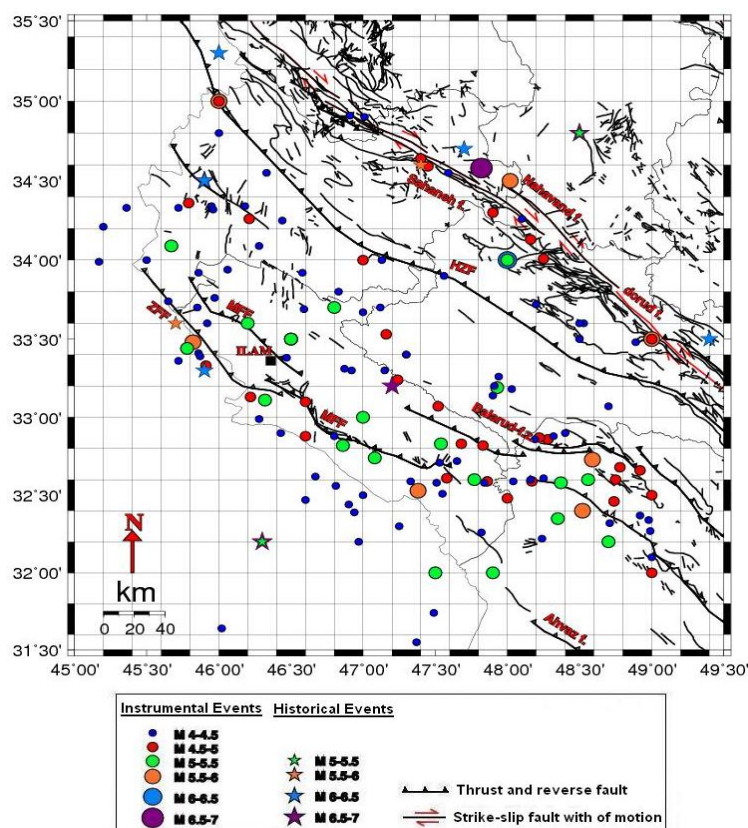


شکل 1: رابطه بین بزرگی  $m_b$  و  $M_S$  با استفاده از کاتالوگ داده‌های زمینلرزه در گستره مورد مطالعه

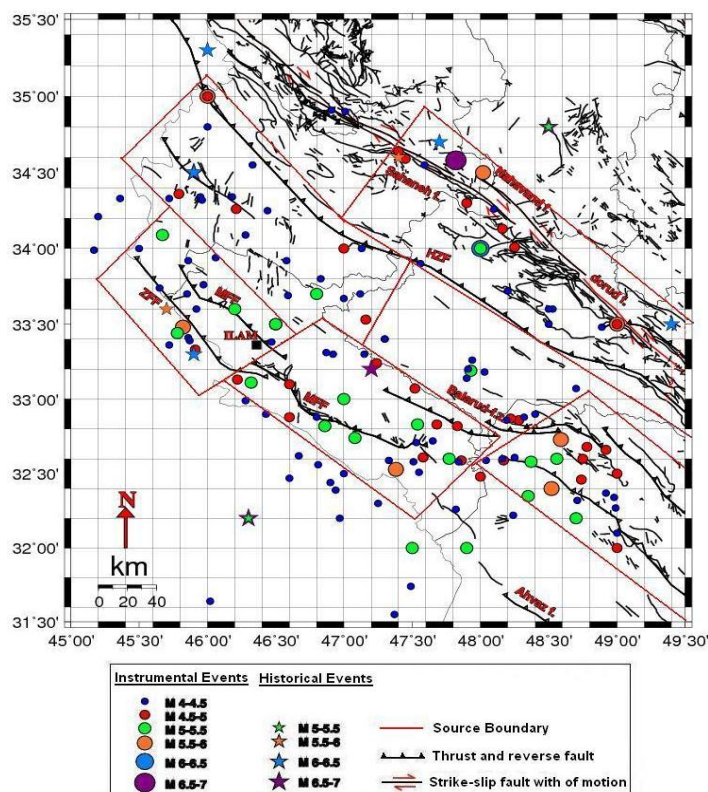
این احتمال وجود دارد که گسله‌هایی که در عهد حاضر جنب‌ها بوده و زمینلرزه‌های مخرب را بوجود آورده‌اند، در

گسل جنب‌ها گسلی است که در طی دوره زمانی آینده احتمال وقوع زمینلرزه در اثر فعالیت آن احساس می‌گردد.

آینده دور یا نزدیک با جنبش مجدد خود زمینلرزه‌های  
 قدیمی بار دیگر از خود فعالیت نشان دهند. شکل (2)  
 دیگری را موجب شوند و گاهی ممکن است گسله‌های  
 گسل‌های موجود در گستره مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل 3: نقشه رومرکز زمینلرزه‌های رخ داده (زمینلرزه‌های تاریخی و دستگاهی) بعد از حذف پیش‌لرزه و پس‌لرزه‌ها در گستره مورد مطالعه.



شکل 4: نقشه گسلهای منطقه، رومرکز زمینلرزه‌های رخ داده (زمینلرزه‌های تاریخی و دستگاهی) و چشمه‌های لرزه‌ای در گستره مورد مطالعه.

$$\log Y = aM_w + bX - d \log X + c_1 s_i + \sigma_p \quad (1)$$

که در آن Y پارامتر جنبش نیرومند زمین (-PGA) (PGV-PGD)، X فاصله کانونی و  $s_i$  نوع خاک محل می‌باشد. ضریب d برای امواج حجمی برابر 1 و برای امواج سطحی برابر 0/5 می‌باشد. در این رابطه بیشینه شتاب بر حسب متر بر مجذور ثانیه، بیشینه سرعت بر حسب متر بر ثانیه و بیشینه تغییر مکان بر حسب متر سنجیده می‌شود. جدول (2) ضرایب کاهندگی برای بیشینه شتاب زمین در رابطه کاهندگی زارع و همکاران (1999) را نشان می‌دهد. در این پژوهش بدلیل قرارگرفتن گستره مورد مطالعه در زون لرزه‌زمین ساختی زاگرس، از رابطه مربوط به پهنه زاگرس (افقی) جهت بدست آوردن بیشینه شتاب استفاده گردید.

## روش و محاسبه

### 1- برآورد خطر زمینلرزه به روش تعیینی در گستره مورد مطالعه

برآورد پارامترهای جنبش نیرومند در یک ساختگاه به روش تعیینی، براساس ویژگیهای لرزه‌زمینساختی منطقه استوار است. این روش، مبتنی بر تشخیص مؤثرترین چشمه زمینلرزه است که با فرض وقوع بیشینه زمینلرزه در آن چشمه و محاسبه جنبش‌های زمین در ساختگاه، چشمه مورد نظر بیشترین اثر را نسبت به چشمه‌های دیگر، در آن ساختگاه اعمال کند. بدین منظور لازم است که چشمه‌های بالقوه زمینلرزه در گستره مورد مطالعه تعیین گردند (شکل 4). در این پژوهش بیشینه زمینلرزه مشاهده شده در کاتالوگ داده‌ها برای هر چشمه سطحی، مورد استفاده قرار گرفت. براساس اطلاعات موجود، رابطه کاهندگی زارع و همکاران (1999)، برای انجام محاسبات در گستره مورد مطالعه انتخاب گردید.

2:

ناحیه/مؤلفه	a	b	$c_1$	$c_2$	$c_3$	$c_4$	$\sigma$
زاگرس (افقی)	0/399	-0/0019	-1/047	-1/065	-1/020	-1/975	0/329

جدول  
ضرایب

کاهندگی برای بیشینه شتاب زمین در رابطه کاهندگی زارع و همکاران (1999)

شبکه‌ای از نقاط (به فاصله هر 0/25 درجه عرض و طول جغرافیایی) و با استفاده از بیشینه بزرگیهای بدست آمده، برآورد خطر زمینلرزه برای هر نقطه شبکه با استفاده از برنامه‌ای که نوشته شد، انجام گردید و نهایتاً خمهای همشتاب در فاصله هر 0/1g در گستره مورد مطالعه ترسیم شده است. در شکل (5) نقشه‌های پهنه‌بندی خطر زمینلرزه به روش قطعی نشان داده شده است. در این شکل میزان خطر بصورت خمهای همشتاب نشان داده

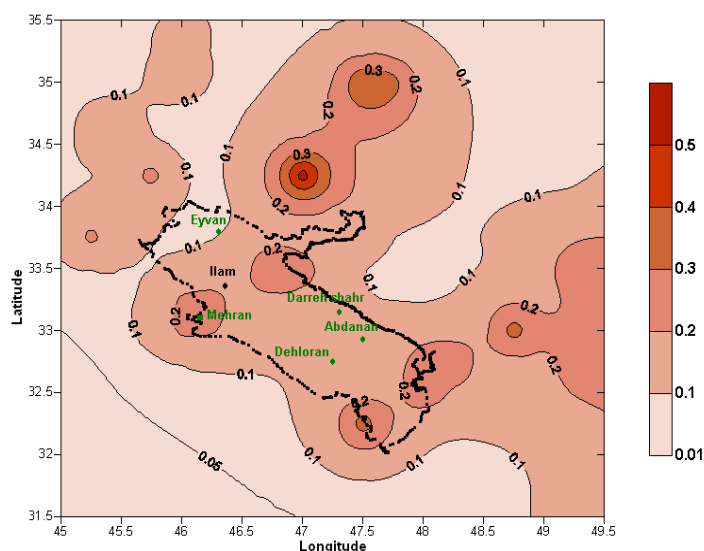
در گستره مورد مطالعه، نقشه پهنه‌بندی زمینلرزه بصورت زونهایی با درجات مختلف خطر لرزه‌ای بر اساس داده‌های زمین‌شناختی، لرزه‌شناختی و ژئوفیزیکی تهیه شده است. این نقشه‌ها هنگامیکه مطالعه موردی و خاص برای ساختگاه معین امکان نباشد، ابزار عملی مناسب و راهنمای مفیدی برای طراحی سازه‌های مقاوم در برابر زمینلرزه به شمار می‌آیند (میرزایی، 1997). همچنین با تقسیم ناحیه مورد نظر به صورت

زلزله های ممکن را (معمولا بیشتر از یک مقدار مینیمم) بر روی همه چشمه های موجود، در همه فواصل ممکن را در نظر می گیرد و یک احتمال کلی از ترکیب نتایج را می دهد. بنابراین بکار بردن روش احتمالاتی اجازه می دهد سازه ای بر اساس احتمال وقوع مورد نظر طراحی شود. اولین گام در تحلیل خطر لرزه ای به روش احتمالاتی مرسوم توسط کرنل (1968) برداشته شده که توسط ریتز (1990) توصیف شده است. جهت انجام محاسبات احتمالاتی از برنامه کامپیوتری SeisriskIII (بندر و پارکینز، 1987) استفاده گردید.

شده است. قابل ذکر است که تمام شتابها بر روی سنگ کف محاسبه شده‌اند.

## 2- برآورد خطر زمینلرزه به روش احتمالاتی

پارامترهای جنبش زمین که از تحلیل خطر زمینلرزه به روش تعینی بدست می‌آید حاصل یک بزرگای خاص بر روی یک چشمه لرزه‌ای خاص و در یک فاصله مشخص از ساختگاه است و در آن توجهی به احتمال وقوع زلزله با بزرگای دیگر و فاصله‌های دیگر نمی‌شود. در نتیجه بر اساس این روش قادر نیست، به طور کیفی میزان محافظه‌کاری در طراحی یک سازه را تشخیص دهد. در مقایسه، تحلیل خطر به روش احتمالاتی بزرگی همه



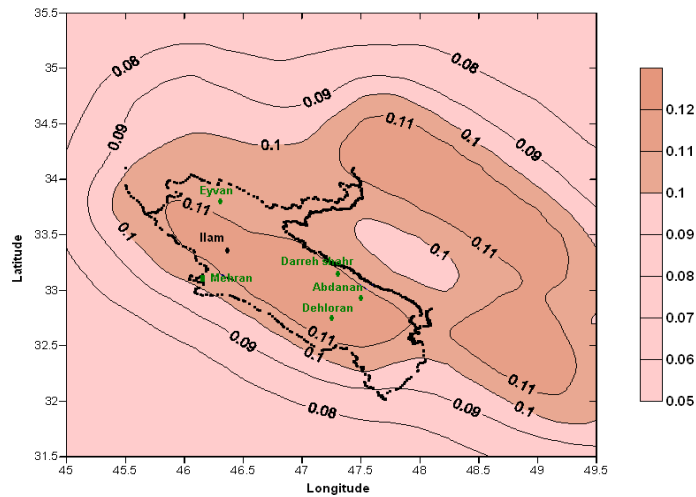
شکل 5: نقشه پهنه بندی شتاب زمینلرزه در استان ایلام و نواحی پیرامون بر اساس راهکار برآورد خطر زمینلرزه به روش تعینی

می‌باشد و سطح سوم، سطح حداکثر توصیه شده برای طراحی (M.C.E)، دوره بازگشت 2475 سال یا 2٪ احتمال وقوع در طول عمر مفید 50 سال می‌باشد. قابل ذکر است که محاسبات فوق برای شتاب افقی بر روی سنگ کف و با استفاده از رابطه کاهندگی زاگرس (زارع و همکاران، 1999) انجام شد و نتایج در شکل‌های (6) الی (8) قابل مشاهده می‌باشد.

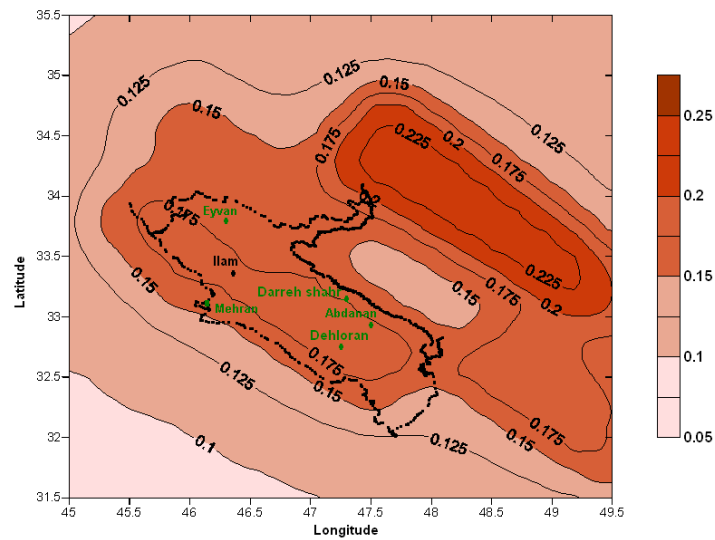
## 2-1- برآورد خطر زمینلرزه برای دوره بازگشت‌های

475، 50 و 2475 سال

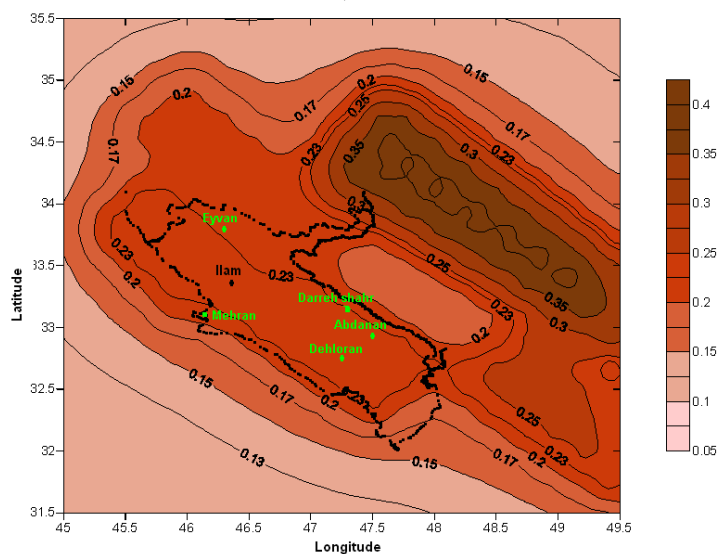
محاسبات روش احتمالی برای سه سطح خطر مختلف انجام شد. سطح اول خطر زلزله‌ای، سطح مبنای بهره‌برداری (O.B.E)، با دوره بازگشت 50 سال، 64٪ احتمال وقوع در طول عمر مفید 50 سال می‌باشد. سطح دوم، سطح مبنای طراحی (D.B.E)، دوره بازگشت 475 سال یا 10٪ احتمال وقوع در طول عمر مفید 50 سال



شکل 6: نتایج روش احتمالی برای شتاب افقی، دوره بازگشت 50 سال (64٪ احتمال وقوع در 50 سال عمر مفید سازه، سطح مبنای بهره‌برداری (O.B.E))، برای استان ایلام و نواحی پیرامون.



شکل 7: نتایج روش احتمالی برای شتاب افقی، دوره بازگشت 475 سال (10٪ احتمال وقوع در 50 سال عمر مفید سازه، سطح مبنای طراحی (D.B.E))، برای استان ایلام و نواحی پیرامون



شکل 8: نتایج روش احتمالی برای شتاب افقی، دوره بازگشت 2475 سال (2٪ احتمال وقوع در 50 سال عمر مفید سازه، سطح حداکثر توصیه شده برای طراحی (M.C.E))، برای استان ایلام و نواحی پیرامون.

## نتیجه‌گیری

پهنه بندی زمینلرزه‌ای استان ایلام و نواحی اطراف به روش تعیینی انجام گردید. برآورد پارامترهای جنبش نیرومند در یک ساختگاه به روش تعیینی، براساس ویژگیهای لرزه‌زمینساختی منطقه استوار است. مجموعاً 5 چشمه بالقوه زمینلرزه در گستره مورد مطالعه (استان ایلام و نواحی اطراف) بر اساس داده‌های زمین‌شناختی، زمین‌ساختی، زمینلرزه‌ای و ژئوفیزیکی تعیین شده است. پیشینه توان لرزه‌زایی چشمه‌ها و همچنین روابط کاهندگی مناسب تعیین و انتخاب گردیدند. نهایتاً میزان خطر زمینلرزه‌ای برای هر نقطه از شبکه با استفاده از برنامه نوشته شده در این رابطه، برآورد شده و خمهای همشتاب در فواصل  $0/1g$  در گستره مورد مطالعه ترسیم گردید. با توجه به شکل (5)، استان ایلام دارای مناطقی با خطر پایین و متوسط می‌باشد. حداقل شتاب مورد انتظار در منطقه  $0/11g$  و حداکثر  $0/31g$  است. مرکز استان ایلام، شهرستان ایلام، در منطقه با سطح خطر متوسط قرار دارد. در مطالعه خطر زمینلرزه بر اساس روش احتمالاتی، پس از بررسی مجموعه اطلاعات قابل دسترس زمین‌شناسی و زلزله‌شناسی، چشمه‌های بالقوه لرزه‌زا و پیشینه توان لرزه‌زایی هر چشمه در قالب  $M_{max}$  مشخص و سپس جنبش نیرومند زمین برآورد شده است. منطقه به 400 سایت مشبک شده و در هر سایت با استفاده از رابطه کاهندگی زارع و همکاران (1999)، پارامتر جنبش نیرومند زمین، PGA، برای سطوح طراحی مختلف، O.B.E، D.B.E و M.C.E و عمر مفید 50 سال، محاسبه شده است. نقشه خمهای همشتاب برای احتمال فزونی 64٪ (سطح طراحی O.B.E) و عمر مفید سازه 50 سال (دوره بازگشت 50 سال) در شکل (6) آورده شده است. حداقل شتاب مورد انتظار در منطقه  $0/05g$  و حداکثر  $0/12g$  است. بر مبنای این نقشه برای دوره بازگشت 50 سال، حداقل شتاب مورد انتظار در استان ایلام  $0/09g$  و حداکثر  $0/11g$  است. حداقل شتاب مورد انتظار برای استان ایلام در دوره بازگشت 475 سال

(برای سطح طراحی D.B.E)،  $0/12g$  و حداکثر  $0/17g$  است (شکل 7). شکل (8) نقشه خمهای همشتاب را برای دوره بازگشت 2475 سال و سطح طراحی M.C.E نشان می‌دهد. برای این دوره بازگشت، حداقل شتاب مورد انتظار در استان،  $0/15g$  و حداکثر  $0/23g$  است. نقشه خمهای هم شتاب سطح طراحی D.B.E و عمر مفید 50 سال مبنای پهنه بندی قرار گرفته است. بر این اساس، منطقه مورد مطالعه به چهار محدوده با سطوح خطر نسبی مختلف تقسیم بندی شده است. محدوده با خط بسیار پایین، که شتاب مورد انتظار در آن برای دوره بازگشت 475 سال کمتر از  $0/1g$  است. منطقه با سطح خطر پایین،  $0/1 < PGA < 0/15$ . منطقه با خطر متوسط،  $0/15 < PGA < 0/2$  و منطقه با سطح خطر بالا که شتاب مورد انتظار در آن بیش از  $0/2g$  است. در بیشتر مناطق استان سطح نسبی خطر زلزله متوسط است و تنها در قسمت کوچکی از استان، انتهای جنوب شرقی آن، سطح خطر نسبی زمینلرزه پایین است.

مطالعه حاضر، میزان پارامتر جنبش نیرومند زمین را روی سنگ بستر لرزه‌ای نشان می‌دهد. پیشنهاد می‌شود، برای دقت بیشتر و رساندن شتاب وارد بر سازه‌ها به روی سطح، مطالعات ریزپهنه بندی صورت گیرد.

## References:

- Alsinawi, Sahil A and Al Qasrani, Z.O.G. 1992, Hazard Considerations for Iraq” The 29<sup>th</sup> International Congress, Vol. 3, 21 August-3 September, Koyoto.
- Alsinawi, Sahil, A. and Issa, Amer, A., 1986. Seismicity and Seismotectonics of Iraq, Jour. Geol. Soc. of Iraq-, 19, 39-59.
- Bender B. and Perkins, D. M. 1987, SEISRISK III. A Computer Program for Seismic Hazard Estimation US Geological Survey, Bulletin 1772.
- Berberian, M., 1976, Contribution to the seismotectonics of Iran (Part II): Geol. Surv. Iran, Rep. 39.
- Berberian, M., 1995, Master blind thrust faults hidden under the Zagros folds: active basement tectonics and surface



- morphotectonics, Tectonophysics, 241, 193-224.
- Mirzaei, N., 1997. Seismic Zoning of Iran, Ph.D. Dissertation: Institute of Geophysics, State seismological Bureau, Beijing, P.R. China, 134 PP.
  - Reiter, L., 1990, Earthquake hazard analysis: issues and insights: Colombia University Press, New York.
  - Sahil. A. Alsinawi and Zia O. Al-Qasrani; 2003. Earthquake hazards considerations for Iraq: Fourth International Conference of Earthquake Engineering and Seismology, 12-14 May Tehran, Islamic Republic of Iran.
  - Sahil, A. & Alsinawi, 2002, Seismicity, seismotectonic, crustal structure and attenuation data on Iraq: The RELEMR Meeting, Antakya, Turkey, 12-14 December.
  - Tatar, M., Hatzfeld, D. and Ghafory-Ashtiany, M., 2004, Tectonics of the Central Zagros (Iran) deduced from microearthquakes seismicity, Geophys. J. Int., 156, 255-266.
  - Tchalenko, J. and Braud, J., 1974. Seismicity and structure of the Zagros (Iran)- the main recent fault between 33 and 35° N, Phil. Trans. Roy. Soc. London, 277, 1-25.
  - Zare, M., Bard, P. Y. and Ghafory-Ashtiany, M., 1999, Site characterizations for the Iranian strong motion network, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 18, 101-123