

بررسی مقدماتی لرزه خیزی، لرزه زمین ساخت و خطر زمین لرزه - گسلش در پهنه استان اردبیل

مهدی زارع، استادیار پژوهشکده زلزله شناسی پژوهشگاه

۱- چکیده

در این مقاله، سرچشمه های لرزه زا در پهنه استان اردبیل بر اساس ویژگیهای لرزه خیزی تاریخی، سده بیستم و مشخصات گسلهای فعال در پهنه این استان معرفی گردیده است. مهمترین زلزله اخیر، رویداد اسفند ۱۳۷۵ اردبیل می باشد که در این مقاله، توجه خاصی به آن مبذول شده است. زلزله اسفند ۱۳۷۵ گلستان نمایانگر یک رویداد مخرب است که با توجه به سابقه لرزه خیزی منطقه احتمال وقوع آن در نواحی دیگر این استان وجود دارد که در این مقاله در مورد آنها بحث شده است. در پایان ضمن تخمین اولیه خطر در شهرهای مختلف این استان یک نمود لرزه ای در منطقه دشت مغان مورد توجه قرار گرفته است که این نمود لرزه ای احتمالاً با یک رویداد مهم لرزه زا به پایان خواهد رسید.

۲- مقدمه

گستره استان اردبیل ناحیه ای است که در آن زلزله های مخرب فراوانی رخ داده است. این ناحیه در کناره باختری دریای خزر واقع است. وجود گسلهای بنیادی و زمین لرزه های تاریخی متعدد از یک سو موجب می گردد تا این ناحیه از نظر زمین لرزه اهمیت ویژه ای بیابد و از سوی دیگر، وجود شهرستانهای مهمی نظیر شهر بزرگ اردبیل، ساخت و سازهای صنعتی و بناهای باستانی نمایانگر این است که مطالعه خطرپذیری زمین لرزه باید در این استان به صورت جدی مدنظر قرار گیرد. از آنجا که محل رویداد زمین لرزه های قبلی همواره به عنوان منطقه ای با قابلیت رویداد زمین لرزه ای مشابه ملحوظ می گردد، توجه به پهنه رومرکزی زمین لرزه های مهم ۱۵۹۳ سراب، ۱۷۲۱ جنوب خاوری تبریز، ۱۸۴۴ میانه- گرمرود، ۱۸۶۳ هیر- اردبیل و ۱۸۷۹ بزقوش- گرمرود اهمیتی ویژه دارد. نگاهی به

راستاهای بنیادی گسلهای منطقه استان اردبیل (بزقوش، نور، ماسوله) نشان می دهد که ساختارهای ناحیه باختری دریای خزر بر اثر تغییر راستاهای بنیادی در این منطقه با روند عمومی شمالی-جنوبی قرار گرفته اند. با توجه به روند عمومی شمال باختری-جنوب خاوری گسل شمال تبریز (خط ساختاری تبریز- زنجان)، که در جنوب میانه به راستاهای گسلهای منطقه استان اردبیل می رسند و راستاهای خاوری- باختری و باختر- شمال باختر، خاور-جنوب خاور گسلهای ناحیه البرز باختری و تالش که در خاور استان اردبیل واقعند، نواحی برخورد ساختاری متعددی در این منطقه ایجاد شده است. از سوی دیگر، راستای خطواره ارس که در شمال استان اردبیل در راستای رود ارس قرار دارد، در قسمت خاوری خود به روندهای ساختاری باختر دریای خزر (خطواره آستارا) می رسد. این وضعیت نمایانگر آن است که استان اردبیل از نظر لرزه زمین ساختی فعال است و هر لحظه ممکن است رویدادی نظیر زمین لرزه ۱۳۷۵/۱۲/۱۰ در آن رخ دهد. چنین خطری با توجه به موقعیت آرام شمال اردبیل باید بیشتر مورد توجه فرا گیرد، چرا که از نظر لرزه خیزی، اردبیل منطقه ای با خطر بالا ارزیابی می گردد و چنین آرامشی را غیرلرزه ای نمی توان تلقی نمود؛ بلکه، بیشتر نمایانگر نبود لرزه ای در ناحیه شمال اردبیل- اهر- دشت مغان است؛ بنابراین، در این مقاله به صورت مقدماتی وضعیت لرزه خیزی، لرزه زمین ساخت و خطر زمین لرزه- گسلش در مورد استان اردبیل بررسی می گردد و تخمینی اولیه از میزان خطر زمین لرزه در شهرهای این استان به عمل می آید. از آنجا که زمین لرزه دهم اسفند ۱۳۷۵ آخرین و در عین حال مهمترین زمین لرزه استان در زمان حاضر می باشد، در این مقاله توجه ویژه ای به این زلزله شده است.

هستیم؛ لذا، توجه به موقعیت گسل دشت مغان (از نظر خطر زمین لرزه در شهرهای گرمی، بیله سوار و پارس آباد) حائز اهمیت است.

۳-۳- نتیجه گیری از لرزه زمین ساخت و گسلش در پهنه استان اردبیل

با توجه به نقشه گسلهای بنیادی (شکل ۱) مشخص است که گسلهای بنیادی با راستای شمالی-جنوبی (یا نزدیک به روند شمالی-جنوبی) مهمترین راستاهای شکل دهنده ساختارهای ناحیه اردبیل می باشند. همچنین محلهای تغییر روند از شمال-جنوب به خاوری-باختری (در خاور و باختر دشت مغان و در خاور سراب که محل رومرکز زمین لرزه های در راستای گسل بزقوش بوده است) و محل تغییر روند از شمال خاور-جنوب باختر به روندهای شمال باختر-جنوب خاور (در باختر خلخال و محل برخورد گسلهای ماسوله و نور) به عنوان محلهای احتمالی برای رویداد زمین لرزه مشخص می گردند. وقوع زمین لرزه سالهای ۱۸۷۹ و ۱۹۹۷ نمایانگر این است که یکی از این محلهای تغییر روند در راستای گسل بزقوش در دو سده اخیر فعال بوده است. آرامش نسبی در ناحیه شمال اردبیل و دشت مغان با توجه به راستاهای ساختاری فعال موجود در این ناحیه نگران کننده است؛ چرا که می تواند نمایانگر نبودهای لرزه ای در این نواحی باشد. با نگرشی کلی تر و با توجه به اینکه ناحیه حاضر در یک منطقه مثلثی شکل بین روند گسل شمال تبریز (خط تبریز-زنجان) با روند شمال باختر-جنوب خاور و گسل آستارا با روند شمال-جنوب و روند خطواره ای ارس با راستای شمال خاور-جنوب باختر واقع است، می توان نتیجه گرفت که از نظر لرزه زمین ساختی ناحیه اردبیل (پهنه استان اردبیل و پیرامون آن) محل یکی از دگرشکلی های مهم در جنوب قفقاز، شمال باختر البرز و خاور آذربایجان ایران می باشد. چنین مشخصات ناحیه ای، پرتکاپو بودن این بخش از پوسته را (حتی اگر بخشهایی از آن در یک دوره آرامش نسبی باشد) نشان می دهد و از نظر خطر زمین لرزه باید توجه ویژه ای به آن مبذول گردد.

۴- سابقه لرزه خیزی منطقه

فهرست زمین لرزه های مهم ($M > 5$) تاریخی و سده بیستم در جدول (۱) ارائه شده است. این رویدادها که در شکل (۲) بر روی نقشه لرزه زمین ساخت منطقه مشخص شده اند، نمایانگر این مطلب می باشند که پهنه اردبیل در ناحیه جنوب سیلان در راستای گسل آستارا، نور و گسل شمال تبریز، با رویداد زلزله های مهم همراه بوده است. به نظر-

می رسد که مهمترین زمین لرزه در ناحیه باختر اردبیل زمین لرزه ۷/۵/۱۲/۱۰ باشد. این زلزله احتمالاً اعلام پایان یک نبود لرزه ای از زمان زمین لرزه های تاریخی شناخته شده تاکنون بوده است. شرح مختصری از مهمترین زلزله های فهرست شده در جدول (۱) در بخش ۴-۱ ارائه شده است.

۴-۱- زمین لرزه های تاریخی و سده بیستم در گستره استان اردبیل

به منظور بررسی خطر زمین لرزه، داده های زلزله های تاریخی (پیش از سده بیستم) و سده بیستم به ترتیب مرور می شوند.

۴-۱-۱- زمین لرزه ۱۵۹۳ میلادی سراب (۱۰۰۱ هجری قمری)

در تابستان این سال سراب کاملاً ویران شد. خسارتها تا منطقه میانه گسترش یافت تا جایی که دو روستا بر اثر زمین لغزش مدفون شدند.

۴-۱-۲- زمین لرزه ۱۷۲۱ میلادی جنوب خاوری تبریز (۱۱۳۳ هجری قمری)

در این زمین لرزه در تبریز حداقل ۴۰,۰۰۰ نفر کشته شدند و زلزله سه چهارم شهر را ویران کرد که بیشترین خرابیها بین تبریز و شیبلی رخ داد. در این زلزله که با گسلی به طول ۵۰ کیلومتر از تکمه داش تا نزدیکی تبریز همراه بود، سنگ لغزشهای فراوان نیز روی داد.

۴-۱-۳- زمین لرزه ۱۸۴۴ میلادی میانه- گرمود

در این زلزله بخش قابل ملاحظه ای از نواحی سراب و گرمود تخریب شد. میانه و روستاهای اطراف نیز ویران شدند و این زلزله با خسارتهایی در خاور آذربایجان همراه بود.

۴-۱-۴- زمین لرزه ۱۸۶۳ میلادی هیر- اردبیل

در این زلزله شهرستان اردبیل و نیمی از دهستان هیر ویران و دیوار کاملاً تخریب شد. ۱۰۸ نفر در هیر و ۵۰۰ نفر در نیارق کشته شدند. در کل حدود ۱۰۰۰ نفر از مردم جان باختند. در اردبیل هیچ خسارت جدی رخ نداد؛ ولی، همه خانه ها تقریباً ترک برداشتند. در لنکران در ۸۰ کیلومتری رومرکز زمین لرزه، چراغهای آویزان به مدت چند ثانیه تا ۶۰ سانتیمتر نوسان داشتند. این زلزله با زمین لغزشهای فراوان و فروریزشهای زمین همراه بود.

۴-۱-۵- زمین لرزه ۱۸۷۹ میلادی بزقوش- گرمود

این زلزله در بخش جنوب باختری اردبیل و همچنین ناحیه گرمود، که در سال ۱۸۴۴ یک زلزله دیگر را تحمل کرده بود، رخ داد. بین سفزچی و موناک در جنوب خاوری شیبهای کوه بزقوش و در امتداد گرمود کلیه روستاها ویران شد و در بیشتر منطقه هیچ کس زنده نماند. سنگ لغزش و زمین لغزش در ناحیه تارک، دیزج و یانگیجه بر وسعت

خراییها افزود. این زلزله با ۲۰۰۰ نفر کشته همراه بود و ۴۰۰۰ رأس دام تلف شدند. پس لرزه های این زلزله تا دو هفته ادامه داشت.

۴-۱-۶- زمین لرزه ۱۹۹۷ میلادی (۱۳۷۵/۱۰/۱۲) گلستان اردبیل

رویداد زمین لرزه گلستان اردبیل که در ساعت "۲۸:۵۷:۱۲ به وقت بین المللی (برابر با "۲۸:۲۷:۱۶ به وقت ایران) روی داد ناحیه

شمال باختری کشور در استان اردبیل را در روز جمعه ۷۵/۱۲/۱۰ به شدت لرزاند. این زلزله که بیشترین خسارتها را به روستای گلستان وارد نمود، با ۹۶۵ کشته و حدود ۲۶۰۰ مجروح همراه بود.

جدول (۱): فهرست زمین لرزه های تاریخی و سده بیستم با $M > 5$ در پهنه استان اردبیل (قبل از رویداد زمین لرزه ۷۵/۱۲/۱۰ در جنوب باختر اردبیل)

تاریخ	زمان	مختصات جغرافیایی		ژرفای کانونی	بزرگا		گسل	مرجع	محل وقوع	مسافت از اردبیل (کیلومتر)
		عرض شمالی	طول شرقی		M_s	m_b				
۱۵۹۳		۳۷°/۸۰'	۴۷°/۵۰'		۶/۱			Amb	سراب	۸۷/۳۷
۱۷۲۱/۰۴/۲۶	۰۷	۳۷°/۹۰'	۴۶°/۷۰'		۷/۷		*	Amb	تبریز	۱۴۹/۰۵
۱۸۴۴/۰۵/۱۳	۱۹	۳۷°/۴۰'	۴۸°/۰۰'		۶/۹			Amb	میانه	۹۷/۳۲
۱۸۵۴/۱۰/۰۱	۱۵	۳۸°/۰۰'	۵۰°/۰۰'		۵/۹			Am?	خزر	۱۵۵/۴۵
۱۸۶۳/۱۲/۳۰	۲۲	۳۸°/۲۰'	۴۸°/۶۰'		۶/۱			Amb	هیر	۲۷/۵۵
۱۸۷۹/۰۳/۲۲	۰۴	۳۷°/۸۰'	۴۶°/۹۰'		۶/۷		*	Amb	بزقوش	۶۱/۲۰
۱۸۸۳/۰۵/۰۳	۱۲	۳۷°/۹۰'	۴۷°/۲۰'		۶/۲			Amb		۱۰۶/۲۲
۱۸۹۶/۰۱/۰۴	۱۶	۳۷°/۸۰'	۴۸°/۴۰'		۶/۷				خلخال	۵۰/۳۱
۱۹۰۳/۰۶/۲۴	۱۶:۵۶	۳۷°/۴۸'	۴۸°/۴۰'		۶/۷			Amb		۱۰۳/۸۰
۱۹۲۴/۰۲/۲۹	۰۷:۰۱	۳۹°/۰۰'	۴۸°/۳۲'		۵/۹	۶/۸		Amb		۴۱/۵۰
۱۹۷۸/۱۱/۰۴	۱۵:۲۲:۲۰	۳۷°/۶۷'	۴۸°/۹۰'	۳۴	۶/۰	۶/۲		Amb		۸۳/۳۰
۱۹۸۰/۰۵/۰۴	۱۸:۳۵:۲۰	۳۸°/۰۵'	۴۸°/۹۸'	۴۶	۶/۲	۵/۴				۶۵/۳۴
۱۹۸۱/۰۸/۰۴	۱۸:۳۵:۴۰	۳۸°/۰۷'	۴۹°/۳۴'	۲۷	۵/۶	۵/۵		NEIC		۹۵/۶۲

*: ناشناخته

ناحیه اردبیل در شمال باختری کشور در راستای گسلهای بنیادی نور، بزقوش، سراب، میانه و ماسوله گسیخته شده است (شکل ۲). این ناحیه محل تغییر روند از راستاهای شمال- جنوب (نظیر گسل آستارا که مرکز باختری دریای خزر را در این ناحیه مشخص می کند) به راستاهای شمال باختری- جنوب خاوری (نظیر گسل شمال تبریز) می باشد. این مسأله با ایجاد پهنه های برخورد زمین ساختی به رویداد

پهنه رومرکزی این رویداد (بر اساس گزارشهای اولیه خرابیها) و رومرکز دستگاهی در شکل (۲) مشخص شده است. بزرگای این زلزله در مقیاس امواج حجمی $m_b=5.5$ ، در مقیاس امواج سطحی $M_s=6.1$ و در مقیاس بزرگای گشتاوری $M_w=6.0$ گزارش گردیدند. بر اساس اولین گزارشها، روستاهای گلستان، ارجستان، وینه کلخوران، ویلادره، ریناب و بخشهای نیر و سرعین از توابع اردبیل ویران شدند.

زمین لرزه های فراوان منجر شده است (شکل ۲). با توجه به موقعیت گسل بزقوش و سازوکار ژرفی ارائه شده برای این زلزله (شکل ۳) احتمالاً می توان حدس زد که گسیختگی مسبب زمین لرزه گلستان (۷۵/۱۲/۱۰) در ادامه راستای گسل بزقوش رخ داده است و با توجه به راستای غالب متمایل به شمالی- جنوبی گسل بزقوش سازوکار

سازوکار ژرفی زمین لرزه مطابق شکل (۳) می باشد. براساس این شکل احتمال دارد که روند شمالی- جنوبی با جابه جایی راستالغز چپگرد در این زلزله فعال شده باشد. این روند احتمالاً ادامه روند گسل بزقوش می باشد که در زمین لرزه سال ۱۸۷۹ (۱۲۵۸ خورشیدی) فعال شده بود.

۴-۲- ویژگیهای زمین ساختی پهنه زلزله زده ۱۳۷۵ اردبیل

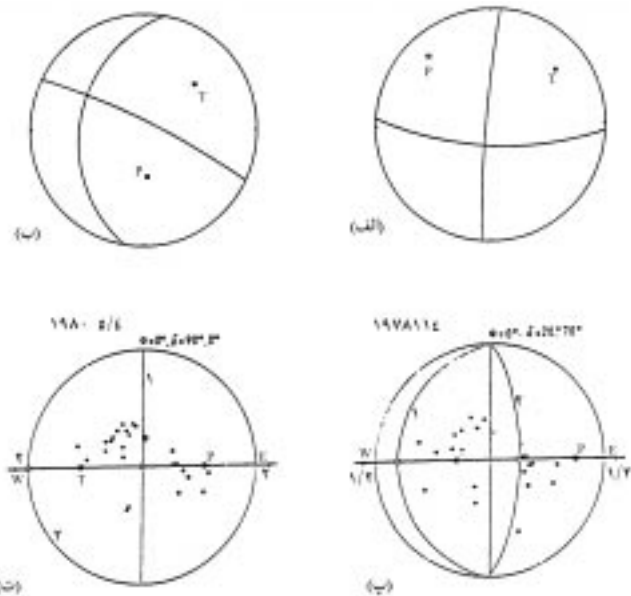
بیستم فعال بوده اند و از سوی دیگر وقوع زمین لرزه گلستان در این ناحیه نمایانگر پرتکاپو بودن این استان از نظر لرزه خیزی است. بخشهای میانی و شمالی استان (از اردبیل به سمت دشت مغان) متفاوت است، چرا که این قسمت با وقوع زلزله های مخرب همراه نبوده است؛ بنابراین، با عنایت به وضع ساختاری بخش شمالی استان (ناحیه ساختاری مثلثی شکل بین گسلهای دشت مغان، خطواره آستارا و خطواره ارس) مشخص می گردد که احتمالاً نبوده های لرزه ای به همراه جمع شدن انرژی در این ناحیه وجود دارد و وقوع زمین لرزه های مخرب در این پهنه در آینده دور از انتظار نیست [۹].

سازوکار ژرفی زلزله های سالهای ۱۹۷۸ و ۱۹۸۰ در راستای گسل آستارا نیز نمایانگر فعال بودن روند شمال- جنوب در باختر دریای خزر و خاور استان اردبیل است (شکل ۴)؛ بنابراین، جابه جا شدن گسلهای شمالی- جنوبی در این منطقه در آینده نیز خطر بالقوه دیگری در منطقه می تواند ایجاد نماید.

زلزله های ۱۸۶۳ و ۱۸۹۶ میلادی در راستای گسل نور در خاور اردبیل رخ داده اند و نشان می دهد که پهنه خاوری اردبیل نیز (تا گسل آستارا در کناره دریای خزر) پهنه ای پرتکاپوست.

۵- برآورد مقدماتی خطر زمین لرزه برای شهرهای استان اردبیل

در این قسمت خطر زمین لرزه به صورت مقدماتی برای شهرهای استان اردبیل برآورد می گردد (جدول ۲). خطر زمین لرزه در استان



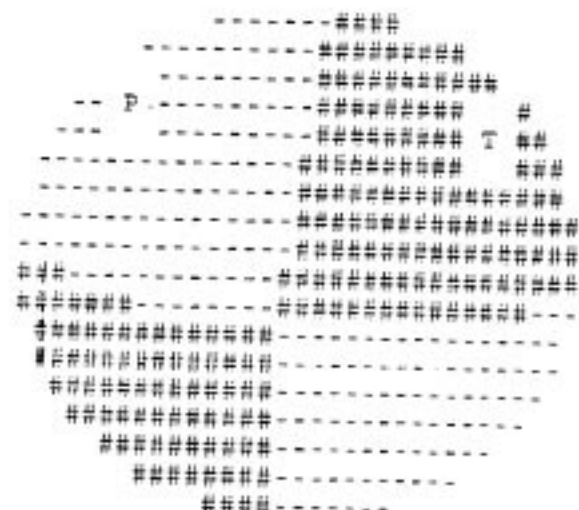
ژرفی آن احتمالاً امتداد لغز چپگرد با مؤلفه فشاری بوده است. با توجه به میزان بالای قربانیان این زلزله، با نگرشی لرزه زمین ساختی و زلزله شناختی، ژرفای کانونی کم این زلزله بر اساس گزارشهای اولیه ۱۵ کیلومتر محاسبه شده است. از سوی دیگر، با توجه به نواحی دامنه ای و کوهستانی شهر سرعین اردبیل ویژگیهای جنس خاک، پستی و بلندیها، وقوع زمین لغزشها و سنگ لغزشها نیز در این رویداد گزارش گردید.

۴-۳- نتیجه گیری از لرزه خیزی استان اردبیل

جدول (۱) و شکل (۲) نشان می دهند که بخش میانی و جنوبی استان اردبیل همواره محل رخداد زمین لرزه های مخرب در تاریخ این منطقه بوده است. پهنه رومرکزی زمین لرزه های تاریخی در این ناحیه انطباق جالبی با راستای گسلهای بنیادی نشان می دهد. گسلهای بنیادی این منطقه بویژه در بخش جنوبی استان اردبیل احتمالاً پیش از سده

```

CENTROID, MOMENT TENSOR SOLUTION
HARVARD EVENT-FILE NAME 0228978
DATA USED: GSN
L.P BODY WAVES: 12S, 24C, T= 45
CENTROID LOCATION:
ORIGIN TIME 12:57:28.6 0.6
LAT 38.16N 0.05; LON 48.61E 0.05
DEP 15.0 FIX; HALF-DURATION 2.7
MOMENT TENSOR; SCALE 10**25 D-CM
MRR=-0.22 0.03; MTT=-0.15 0.05
MFF= 0.38 0.04; MRT= 0.26 0.07
MRF=-0.64 0.09; MTF=-1.44 0.04
PRINCIPAL AXES:
1.(T) VAL= 1.79; PLG=18; AZM= 51
2.(N) -0.40; 68; 197
3.(P) -1.39; 12; 318
BEST DOUBLE COUPLE: M0=1.6*10**25
NP1: STRIKE= 94; DIP=69; SLIP= 175
NP2: 185; 85; 21
    
```



شکل (۴): سازوکارهای ژرفی زمین لرزه ۷.۵/۱۲/۱۰ که توسط HRV و CMT گزارش شده است (الف و ب). سازوکارهای ژرفی زلزله‌های ۱۹۷۸ و ۱۹۸۰ نیز بر روی همین شکل مشخص شده است (پ و ت).

اردبیل با توجه به رابطه کاهندگی (Attenuation) برای ایران محاسبه و توسط نگارنده توسعه داده شده است [۱۰]. رابطه مینا برای چنین محاسبه ای عبارت است از:

در این رابطه، A پارامتر جنبش شدید زمین، M بزرگا (که براساس مقیاس بزرگای گشتاوری تخمین زده شده است)، X فاصله تا پهنه گسله برای حالت حوزه نزدیک و فاصله کانونی برای حوزه دور، c پارامتر ساختگاه که برای چهار نوع جنس خاک (از S_1 تا S_4) در نظر گرفته می‌شود، σ_i انحراف معیار که با $P=1$ برای ۸۴٪ محاسبه می‌شود ($P=0$ برای محاسبه در حالت میانگین) و a و b به ترتیب پارامترهای بزرگا و فاصله می‌باشند. در این مطالعه، مقادیرهای بیشینه

$$\log A = a.M + b.X - \log X + c_i.S_i + \sigma_i P$$

جدول (۲): سرچشمه های خطی لرزه زا و میزان خطر تخمین زده شده برای شهرهای مختلف استان اردبیل با استفاده از رابطه های به دست آمده برای البرز و ایران مرکزی [۸، ۱۰ و ۱۱]

بیشینه پارامترهای جنبش شدید زمین در محل شهر (رهیافت تعیینی)		سرچشمه خطی لرزه زا (مهمترین سرچشمه لرزه زا نسبت به شهر)					شهر	ردیف
بیشینه شتاب PGA (g)	فاصله از گسل	زمین لرزه منتسب	بزرگای گشتاوری (M_w)	طول گسیختگی (کیلومتر)	طول (کیلومتر)	گسل		
۱۶٪	۱۸		۶/۷	۲۹/۶	۸۰	خطواره جنوب اردبیل	اردبیل	۱
۱۹٪	۱۸		۶/۹	۳۷	۱۰۰	نور	خلخال	۲
۳٪	۶۳	۴۱۸۸۳،۵۹۳	۶/۴	۲۲/۲	۶۰	خطواره جنوب سراب	مشکین شهر	۳
۱۷٪	۲۰		۶/۹	۳۷	۱۰۰	گسل دشت مغان	گرمی	۴
۶۳٪	۵		۶/۹	۳۴/۸	۹۴	خطواره ارس	پارس آباد	۵

تاریخی و موقعیت شهرها در استان اردبیل مشخص است که شهرهای استان اردبیل بویژه پارس آباد (با ۶۳٪ شتاب MCE)، خلخال (با ۱۹٪ شتاب MCE)، گرمی (با ۱۷٪ شتاب MCE) و اردبیل (با ۱۶٪ شتاب MCE) در معرض بیشترین خطر زمین لرزه واقعند. چنین برآوردی مقدماتی است و بدیهی است با در اختیار داشتن داده های شتابنگاری فراوانی که اخیراً در این استان به دست آمده است، می توان نقشه تفصیلی خطر زمین لرزه را در مقیاس ۱:۱۰۰،۰۰۰ برای استان و نقشه های ریزپهنه بندی را با انجام مطالعات ژئوتکنیک برای شهرهای این استان تهیه نمود.

۶- مراجع

۱- آمبرسیز، ن. ن؛ ملویل، ج. پ. "تاریخ زمین لرزه های ایران" [ترجمه ابوالحسن رده]، تهران: آگاه، ۱۳۷۰.

2. Berberian M., Natural Hazards and the First Earthquake Catalogue of Iran, V. 1: Historical Hazards in Iran Prior to

جنبش برای ساختگاه (بیرون زدگی) سنگی و مقادیرهای میانگین ($Mean$) بیشینه شتاب زمین (تمام مقادیر بیشینه شتاب افقی) محاسبه گردید.

فهرست مهمترین سرچشمه های خطر زمین لرزه نسبت به هر شهر در جدول (۲) آورده شده است و با توجه به رابطه های توسعه داده شده برای ناحیه البرز و ایران مرکزی (بر اساس داده های ایران) مقدار بیشینه شتاب (برحسب درصد g) برای هر یک از محل شهرها محاسبه گردیده است. یادآوری می‌شود که در مورد هر شهر میزان خطر زمین لرزه با توجه به تمام سرچشمه های لرزه ها تخمین زده شده است؛ ولی، در جدول (۲) مقادیرهای بیشینه فقط در مورد نزدیکترین سرچشمه (با بیشترین طول) به شهر مورد نظر به دست آمده است (سرچشمه ای که بیشترین توان لرزه زایی را دارد).

۵-۱- نتیجه گیری مقدماتی در مورد خطر زمین لرزه-گسلش برای استان اردبیل

با در نظر گرفتن سرچشمه های خطی لرزه زا، رویداد زمین لرزه های

- ۸- زارع، مهدی. رابطه‌های مناسب برای بیشینه بزرگ، شدت و بیشینه شتاب افقی بر اساس زمین لرزه‌های ایران، پژوهشنامه پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، سال چهارم، شماره سوم، شهریور ۱۳۷۴.
9. Zare, M., A Quick Seismological Overview on the Ardebil (M_w 6.0; Northwestern Iran) Earthquake, Seismological Research Letters, Vol. 68, No. 5, PP. 753-757. 1997.
10. Zare, M., Contribution a L'etude des Mouvement Forts en Iran: du Catalogu aux lois D'attenuation, These de Doctorat, Universite Joseph-Fourier, Grenoble, France, 1999.
- ۱۱- زارع، مهدی. پیشنهاد رابطه‌های کاهیدگی بیشینه شتاب افقی برای ایران با نگرشی ویژه به جنس زمین ساختگاه، پژوهشنامه پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، سال سوم، شماره ششم، اسفند ۱۳۷۳.
- 1900, International Institute of Earthquake Engineering and Seismology (IIEES), 603, 1994.
3. Berberian M., Macro seismic Epicentres of Iranian Earthquakes, in: Contribution to the Seismotectonics of Iran, Geol. Sur. of Iran, Rep. No. 40. PP. 79-99, 1977.
4. Berberian M., Active Faulting and Tectonics of Iran, in: Continental Deformation in the Iranian Plateau (Contribution to the Seismotectonic of Iran, Part IV) Geol. Sur. of Iran, No. 52, PP. 464-500, 1983.
5. Nogol-Sadat M.A.A., Seismotectonic Map of Iran, Treatise on the Geology of Iran, Geol. Sur. of Iran, 1994.
6. Jackson J. & D. Mckenzie, Active Tectonics of the Alpine-Himalaya Belt Between Western Turkey and Pakistan, Geophys. J. R. Astr. Soc, V. 77, PP. 185-264, 1984.
- ۷- زارع، مهدی. نقشه نو زمین ساخت و زمین ساخت جنبای البرز مرکزی و خاوری، مقیاس ۱:۵۰۰,۰۰۰، آخرین اصلاحات سال ۱۳۷۸.