



تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر زلزله در گستره شهرستان اندیمشک بر مبنای نتایج تحلیل احتمالاتی خطر لرزه‌ای

شاهرخ طافی^۱، مهدی مهدوی عادل^{۲*}

۱- کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران (shahrokhTafi55@gmail.com)

۲- استادیار، گروه مهندسی عمران، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران (mehmahad@yahoo.com)

چکیده

پیش نیاز طراحی ایمن و نیز مقاوم سازی لرزه‌ای سازه، داشتن تخمینی مناسب از میزان نیروهای ناشی از زلزله است که با توجه به ماهیت تصادفی پدیده زلزله چنین تخمینی باید در یک چارچوب احتمالاتی که با نام تحلیل احتمالاتی خطر لرزه‌ای شناخته می‌شود صورت گیرد. در این تحلیل، با استفاده از ترکیب قوانین آمار و احتمالات و داده‌های لرزه‌خیزی، احتمال وقوع سالیانه یک پارامتر حرکت نیرومند زمین ناشی از زلزله برآورد می‌گردد. اگرچه تا مدت‌ها این پارامتر حرکت، شتاب حداکثر زمین انتخاب می‌گشت، اما در سالهای اخیر و با توجه به تغییر طیف طرح آیین نامه‌ها از طیفهای مقیاس شده به طیفهای خطر یکنواخت، شتابهای طیفی جایگزین شتاب طیفی حداکثر زمین شده‌اند و نقشه‌های شتاب طیفی جای نقشه‌های شتاب حداکثر زمین را گرفته‌اند. تهیه چنین نقشه‌هایی با استفاده از تحلیل احتمالاتی خطر لرزه‌ای برای گستره شهرستان اندیمشک هدف اصلی این مقاله را تشکیل می‌دهد. اهمیت شهرستان اندیمشک در محورهای مواصلاتی کشور از یک سو و قرارگیری آن در پهنه‌ای لرزه‌خیز از سوی دیگر، اثبات کننده لزوم تهیه چنین نقشه‌هایی جهت تخمین قابل اعتماد خطرات لرزه‌ای در این گستره می‌باشد. نقشه‌های حاصل شده در این تحقیق نشانگر سطح نسبی خطر لرزه‌ای زیاد در این گستره و حتی بیش از مقادیر پیشنهادی آیین‌نامه ۲۸۰۰ می‌باشد که این مساله لزوم توجه هرچه بیشتر به مقاوم‌سازی سازه‌های موجود در این گستره و نیز طراحی سازه‌های جدید بصورت مقاوم در برابر سطوح بالای خطر زلزله را به اثبات می‌رساند. همچنین مقایسه طیفهای خطر یکنواخت تعیین شده برای اندیمشک با طیف پیشنهادی آیین‌نامه ۲۸۰۰ ایران نشانگر شباهت طیف‌ها در زمانهای تناوب کوتاه و تفاوت آنها در سایر زمانهای تناوب است.

واژه‌های کلیدی: زلزله، تحلیل احتمالاتی خطر لرزه‌ای، پهنه‌بندی، شتاب طیفی، اندیمشک

۱- مقدمه

امروزه با مشاهده فجایع و حوادث ناگوار جبران‌ناپذیری که تاکنون در اثر وقوع زلزله‌های مختلف در ایران رخ داده و سبب تلفات جانی و مالی باورنکردنی شده است، کوچکترین تردیدی در اهمیت پرداختن به قضیه زلزله و خطرات ناشی از آن باقی نمانده است. این یک حقیقت انکارناپذیر است که ایران در منطقه‌ای با سطح خطر زلزله بسیار بالا قرار گرفته و همواره احتمال وقوع زلزله شدید دیگری در آن وجود دارد. حقیقت دیگری که باید پذیرفت این است که بنظر نمی‌رسد با دانش کنونی بشر، جز طراحی سازه‌های مقاوم در برابر زلزله و مقاوم سازی سازه‌های موجود، راهی جهت مقابله با این پدیده طبیعی وجود داشته



باشد. بدون شک قدم اول برای این امر نیز چیزی جز تحلیل و ارزیابی خطرات ناشی از زلزله و بدست آوردن تخمین مناسبی از نیروهای ناشی از زلزله نیست. به عبارت دیگر تمام این حقایق اثبات کننده اهمیت تحقیقاتی است که در آنها به تحلیل و ارزیابی خطر زلزله پرداخته می شود و طبیعتاً مقاله حاضر نیز در زمره همین تحقیقات قرار خواهد گرفت.

اما آنچه که در برخی موارد ضرورت انجام چنین تحقیقاتی را دو چندان می سازد، اهمیت گستره هدف انتخاب شده در تحقیق است. شهرستان اندیمشک به عنوان یک نقطه کلیدی در مسیرهای جاده ای و ریلی اصلی کشور همواره از جایگاه استراتژیکی در استان خوزستان و حتی کشور ایران برخوردار بوده است. از سوی دیگر، بسیاری شواهد نشان می دهد این شهرستان در منطقه ای لرزه خیز قرار دارد و بروز یک پدیده لرزه ای مهیب در آن که می تواند خسارات جبران ناپذیری بر شریان حیاتی اصلی اقتصاد ایران وارد سازد چندان دور از ذهن نیست.

با چنین مقدمه ای می توان چارچوب اصلی در مقاله حاضر را تعریف نمود. در این مقاله تلاش شده است که با استفاده از تحلیل احتمالاتی خطر لرزه ای (Probabilistic Seismic Hazard Analysis)، وضعیت لرزه خیزی برای گستره شهرستان اندیمشک مورد ارزیابی قرار گیرد. هدف از انجام یک تحلیل احتمالاتی خطر لرزه ای، یک تخمین منطقی از احتمال وقوع پارامترهای وابسته به جنبش زمین در ساختمانی مشخص می باشد [۱]. تا مدت ها این پارامتر وابسته به جنبش زمین، شتاب حداکثر زمین (Peak Ground Acceleration, PGA) انتخاب می شد و طراحی لرزه ای سازه ها از طریق نقشه های شتاب حداکثر زمین و طیفهای طرح مقیاس شده صورت می گرفت. اما در سالهای اخیر و با معرفی مفهوم جدید طیفهای خطر یکنواخت (Uniform Hazard Spectra, UHS) که در واقع طیف پاسخی با احتمال وقوع یکسان برای تمام نقاط دامنه است و با استفاده از شتابهای طیفی مستقل در زمانهای تناوب مختلف ساخته می شود، نقشه های شتاب طیفی، جای نقشه های شتاب حداکثر زمین را گرفتند [۲]. به عبارت دیگر در آیین نامه های جدید، بجای نقشه PGA این نقشه های شتاب طیفی هستند که در زمانهای تناوب کلیدی ارائه می شوند و در طراحی سازه بکار می روند.

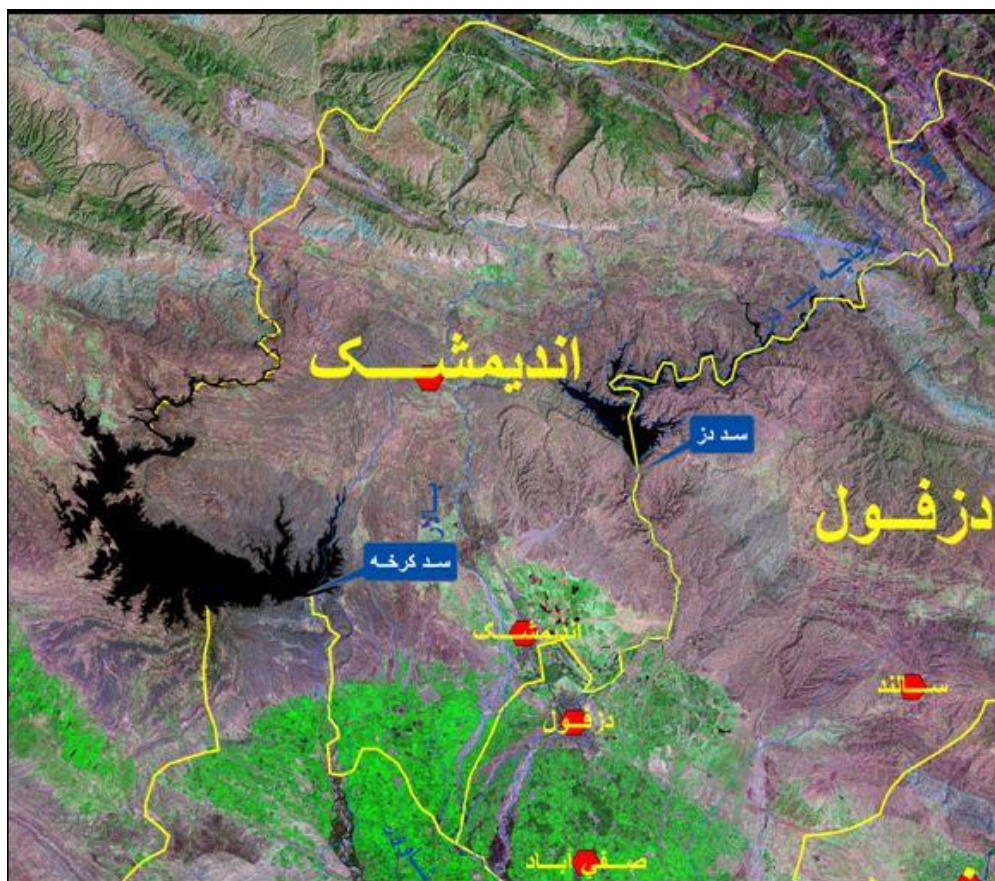
در واقع علل رجحان نقشه های شتاب طیفی بر نقشه شتاب حداکثر زمین، منطبق بر علل برتری طیف خطر یکنواخت بر طیف مقیاس شده است. برخلاف طیفهای مقیاس شده، شکل UHS ثابت نیست و هر ساختمانی می تواند شکل طیف خاص خود را داشته باشد. همچنین از آنجا که این طیفها در زمانهای تناوب مستقل و مستقیماً با استفاده از شتابهای طیفی ساخته می شوند، پاسخ سازه و نیروی ناشی از زلزله را بسیار منطقی تر از طیفهای مقیاس شده برآورد می کنند [۳]. البته علت اصلی گرایش امروزی آیین نامه ها به استفاده از UHS در طراحی لرزه ای سازه ها، امکان یکسان سازی سطح ایمنی سازه ها با استفاده از این نوع طیف می باشد، در حالیکه طیفهای مقیاس شده این قابلیت را ندارند [۴]. به عنوان مثال، در طیفهایی که از طریق PGA مقیاس می شوند - نظیر طیف طرح آیین نامه ۲۸۰۰ ایران - اینگونه فرض می گردد که احتمال وقوع پارامتر PGA، در تمام زمانهای تناوب مختلف کوتاه و بلند هم معتبر است، در حالیکه چنین فرضی صحیح نیست و PGA، یک پارامتر با زمان تناوب کوتاه است، - زیر ۰/۲ ثانیه و حتی کمتر از ۰/۱ ثانیه - بنابراین نمی توان انتظار داشت که احتمال وقوع این پارامتر با زمان تناوب کوتاه، در تمامی نواحی طیف حاکم باشد و قطعاً احتمال وقوع پارامترهای طیفی در زمانهای تناوب متوسط و بلند از احتمال وقوع مورد نظر فاصله می گیرند [۵].

نتیجه حاصل از بحث فوق، اثبات کننده لزوم تهیه چنین نقشه های شتاب طیفی برای مناطق مختلف کشور با سطوح خطر لرزه خیزی بالا می باشد. به همین دلیل، در این تحقیق نیز تهیه نقشه های شتاب طیفی در زمانهای تناوب کلیدی برای منطقه لرزه خیز اندیمشک بعنوان نتیجه حاصل از تحلیل احتمالاتی خطر لرزه ای در دستور کار قرار گرفته است. همچنین بر مبنای این نقشه ها، طیفهای خطر یکنواخت برای شهرهای واقع در گستره هدف مذکور تولید شده اند که این طیفها می توانند مستقیماً در طراحی مقاوم سازه ها و نیز مقاوم سازی سازه های موجود در این شهر مورد استفاده قرار گیرند.



۲- تعریف گستره شهرستان اندیمشک و وضعیت لرزه‌زمین ساخت آن

اندیمشک در شمالی‌ترین قسمت استان خوزستان قرار دارد و از غرب با شهرستان دره شهر هم‌مرز است به همین سبب آب و هوای این شهر در اواخر زمستان و بهار به علت بودن در دامنه‌های سبز زاگرس بسیار مطلوب و یکی از مقصدهای مسافران نوروزی در ایام بهار است. در فصل تابستان آب و هوای این شهر روزهای نسبتاً گرم و شب‌های خنک را شامل می‌شود. در روزهای سرد فصل زمستان نیز در برخی مناطق بارش برف را تجربه می‌کند. دمای این منطقه در روزهای گرم سال به ۵۰ درجه بالای صفر و در روزهای سرد سال در پایین‌ترین حد خود در برخی مناطق به چند درجه زیر صفر نیز می‌رسد (شکل ۱).



شکل ۱: گستره شهرستان اندیمشک

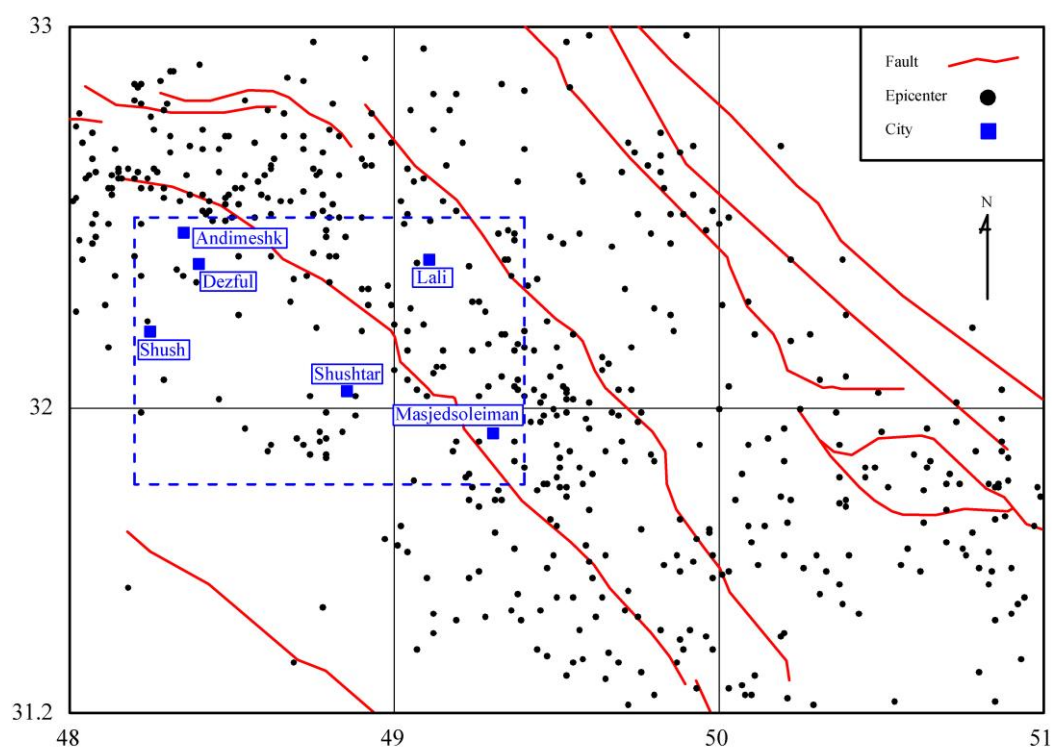
لرزه‌خیزی شهرستان اندیمشک تحت تأثیر فعالیت گسل دزفول قرار دارد که این گسل بخشی از گسل فروبار دزفول بشمار می‌رود (شکل ۲). گسل فروبار دزفول مرز شمالی فروبار دزفول را تشکیل می‌دهد. این گسل رانده در بین گسل‌های رانده پوشیده جبهه کوهستان و جلو شیب زاگرس قرار دارد. گسل فروبار دزفول برخط میزان ۵۰۰ متر منطبق است. گسل‌های لهری، دزفول و رامهرمز بخش‌های مختلف این گسل رانده پوشیده را تشکیل می‌دهند. روند صفحه گسل فروبار دزفول شمال غربی- جنوب شرقی (NW-SE) است و جهت شیب صفحه این گسل شمال شرقی (NE) می‌باشد.



تاکنون زمین لرزه‌هایی با بزرگی ۵/۲ تا ۶ درجه در مقیاس امواج درونی بر اثر فعالیت گسل فروبار دزفول رخ داده است. این زمین لرزه ها بین سالهای ۱۳۱۸ تا ۱۳۶۴ اتفاق افتاده‌اند. در صورتیکه گسل دزفول که طول آن ۵۰ کیلومتر است فعال شود قادر است زمین لرزه ای با بزرگی ۷/۰۰ درجه در مقیاس امواج درونی ایجاد کند که شتاب افقی آن در فاصله ۷ کیلومتری این گسل حدوداً ۰/۳۰g خواهد بود. شهر اندیمشک در پهنه ای با خطر نسبی زیاد قرار گرفته و مقدار شتاب افقی در آن براساس نشریه ۲۸۰۰ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن ۰/۳۰g در نظر گرفته شده است. لازم به ذکر است که شهرستان اندیمشک از لحاظ رخداد وقوع زلزله، جایگاه اول را در میان دیگر شهرهای استان به خود اختصاص داده است. در جدول ذیل مختصات دقیق گسل بحرانی شهر اندیمشک (گسل دزفول) ذکر شده است.

جدول ۱: مختصات گسل بحرانی شهر اندیمشک، گسل دزفول

مختصات انتها		مختصات ابتدا		نام گسل
N	E	N	E	
۳۲°، ۲۶'، ۵۷"	۴۸°، ۱۴'، ۰۱"	۳۲°، ۱۲'، ۰۸"	۴۸°، ۳۷'، ۲۴"	گسل دزفول



شکل ۲: وضعیت لرزه زمین ساخت گستره شهرستان اندیمشک



۳- انتخاب روابط کاهندگی طیفی جهت تحلیل احتمالاتی خطر لرزه‌ای در گستره اندیمشک

جهت ارزیابی خطرات لرزه‌ای، انتخاب یک رابطه کاهندگی طیفی مناسب اهمیت زیادی دارد. رابطه کاهندگی رابطه‌ای است ریاضی، که یک پارامتر حرکت زمین را برحسب پارامترهای مختلفی از قبیل بزرگی، فاصله، شرایط ساختگاهی مختلف و پارامترهای دیگر توصیف می‌کند. مهمترین عامل در انتخاب یک رابطه کاهندگی طیفی برای یک پهنه، در نظر گرفتن شرایط لرزه‌زمین‌ساختی آن پهنه است. بنابراین، رابطه‌ای برای یک ناحیه مناسب است که در ساخت آن از اطلاعات ثبت شده در همان ناحیه استفاده شده باشد. براساس این شرط کلی، برای تحلیل خطر لرزه‌ای در این تحقیق، از یک رابطه کاهندگی طیفی معتبر برای گستره اندیمشک استفاده شده است. این رابطه در سال ۱۹۹۹ توسط دکتر زارع به شرح ذیل پیشنهاد شده است [۹]:

$$\log(Sa(T)) = a(T).M + b(T).R - \log(R) + C_i.S_i + \sigma.P$$

که در آن ضرایب این رابطه که در قالب ضریب a ، ضریب b چهار ضریب C و انحراف معیار σ برای زمانهای تناوب گوناگون ارائه شده‌اند امکان رسم یک طیف خطر یکنواخت کامل را فراهم می‌سازند. در این رابطه M بزرگی گشتاوری زلزله و R فاصله از کانون زلزله می باشد. همچنین بوسیله پارامتر P می‌توان حالت میانگین یا فوق میانگین و با استفاده از متغیرهای S می‌توان شرایط ساختگاهی مختلف را تعریف کرد که در این تحقیق از شرایط ساختگاهی سنگ جهت محاسبه شتابهای طیفی و طیفهای خطر یکنواخت استفاده شده است.

۴- محاسبات تحلیل احتمالاتی خطر لرزه‌ای

در این تحقیق از یک روش معتبر و شناخته شده جهت تحلیل خطر لرزه‌ای استفاده شده است [۱۰]. در این روش جهت محاسبه احتمال وقوع سالیانه پارامتری که در طول T سال، ریسک وقوع آن R است، از یک توزیع پواسون به صورت ذیل کمک گرفته می‌شود:

$$R = 1 - e^{-\lambda T}$$

ریسکی که در این تحقیق مد نظر است ۱۰ درصد در طول ۵۰ سال می‌باشد که با استفاده از رابطه بالا، احتمال وقوع سالیانه آن یعنی λ برابر ۰/۰۰۲۱ (متناظر با دوره بازگشت ۴۷۵ سال) بدست می‌آید. حال اگر فرض شود که تعداد N چشمه لرزه‌زا که هر یک دارای نرخ فعالیت لرزه ای v_i هستند، بتوانند ساختگاه مورد نظر را تحت تاثیر قرار دهند، با استفاده از رابطه ذیل می‌توان مقدار پارامتر حرکت زمین متناظر با آن را محاسبه نمود:

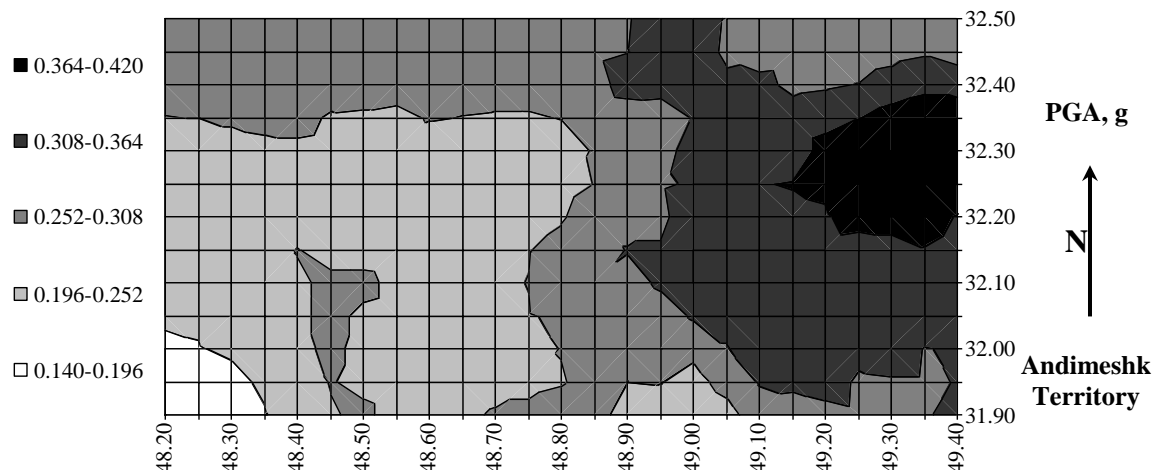
$$\lambda = \sum_{i=1}^N v_i \iint P[Y > y | m, r].f_M(m).f_R(r).dm.dr$$

که در آن $P[Y > y | m, r]$ همان رابطه کاهندگی است و $f_M(m)$ و $f_R(r)$ توابع چگالی احتمال بزرگی و فاصله هستند که باید برای هر چشمه لرزه‌زا با توجه به مشخصات آن چشمه و فاصله آن تا ساختگاه به طور جداگانه تعیین شوند.



۵- نقشه شتاب حداکثر زمین برای گستره شهرستان اندیمشک

در شکل (۳) اولین نتیجه بدست آمده از تحلیل احتمالاتی خطر لرزه‌ای در گستره هدف شهرستان اندیمشک که نقشه شتاب حداکثر زمین بر روی سنگ بستر و با احتمال وقوع ۱۰ درصد در طول ۵۰ سال می‌باشد رسم شده است. با توجه به اینکه PGA را می‌توان شتاب طیفی در زمان تناوب صفر ثانیه تعریف کرد، نحوه محاسبه این پارامتر نیز هیچ تفاوتی با محاسبه شتاب‌ها طیفی نخواهد داشت و فقط کافی است که از رابطه کاهندگی طیفی مربوط به زمان تناوب صفر ثانیه در چارچوب تعریف شده در بخش چهارم استفاده کرد. نقشه حاصل بخوبی می‌تواند سطوح نسبی خطر زلزله و الگوی آن را در این گستره نشان دهد و همانگونه که از آن مشخص است با حرکت از جنوب غربی به شمال شرقی، سطح خطر زلزله بنحو چشمگیری افزایش می‌یابد.



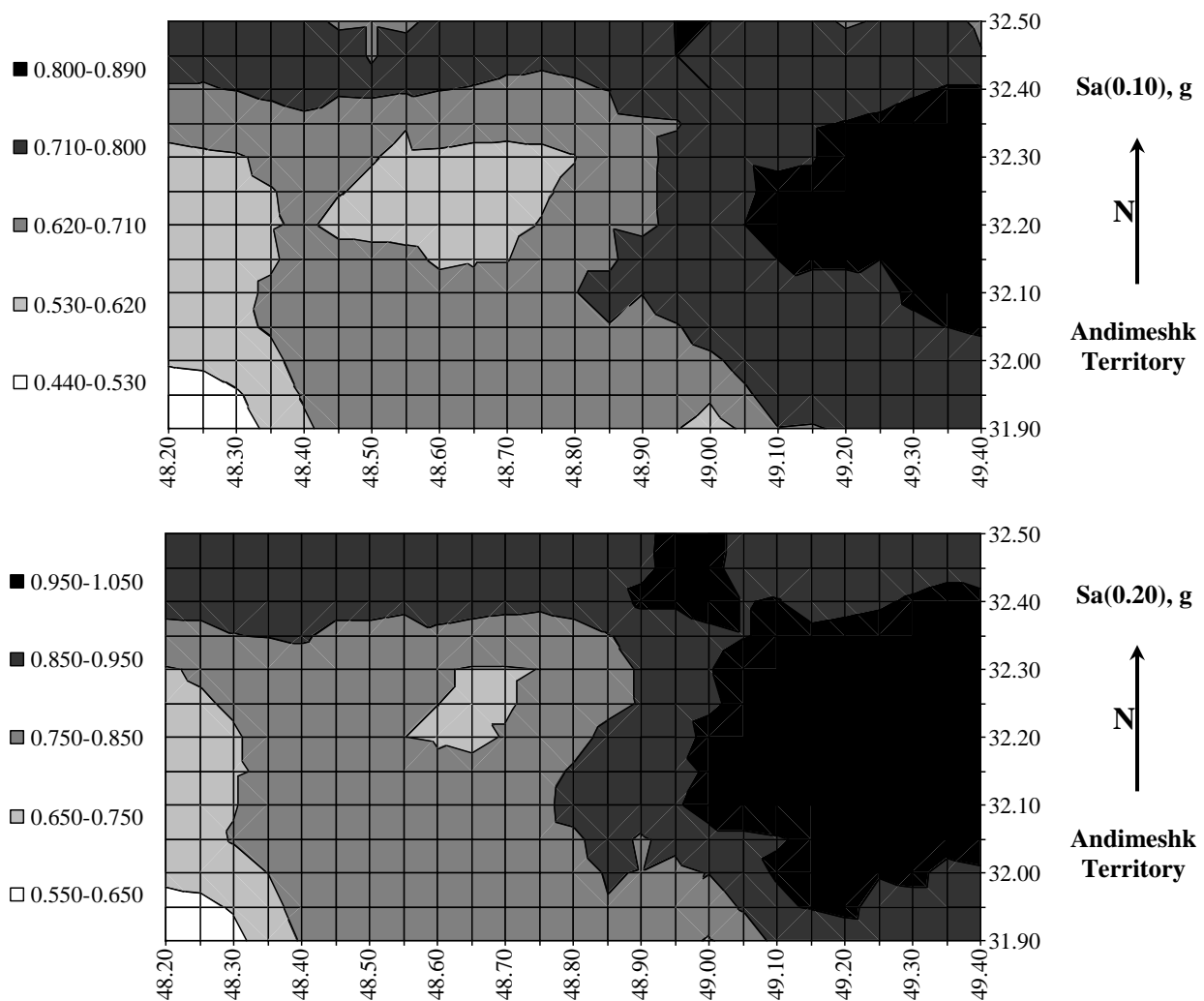
شکل ۳: نقشه شتاب حداکثر زمین برای گستره هدف در گستره شهرستان اندیمشک، احتمال وقوع ۱۰ درصد در طول پنجاه سال، بر روی سنگ بستر

مقایسه این نقشه با مشابه آن در آیین‌نامه ۲۸۰۰ ایران یعنی نقشه پهنه‌بندی خطر نسبی زمینلرزه حاوی نکات قابل توجهی است. درحالی‌که در آیین‌نامه ۲۸۰۰ مقدار شتاب حداکثر زمین برای کل این گستره با همین شرایط ساختگاهی و همین احتمال وقوع برابر $0.30g$ محاسبه شده، در تحقیق حاضر مقدار مذکور بین $0.14g$ تا $0.42g$ تعیین شده است. البته میانگین کل شتابهای حداکثر زمین در این گستره بنحو معنی داری به $0.30g$ نزدیک است لیکن لازم به ذکر است که در برخی از نقاط این گستره، شتاب حداکثر زمین به مقداری حتی بیشتر از آنچه که در استاندارد ۲۸۰۰ برای شهرستان اندیمشک ذکر شده است، می‌رسد.

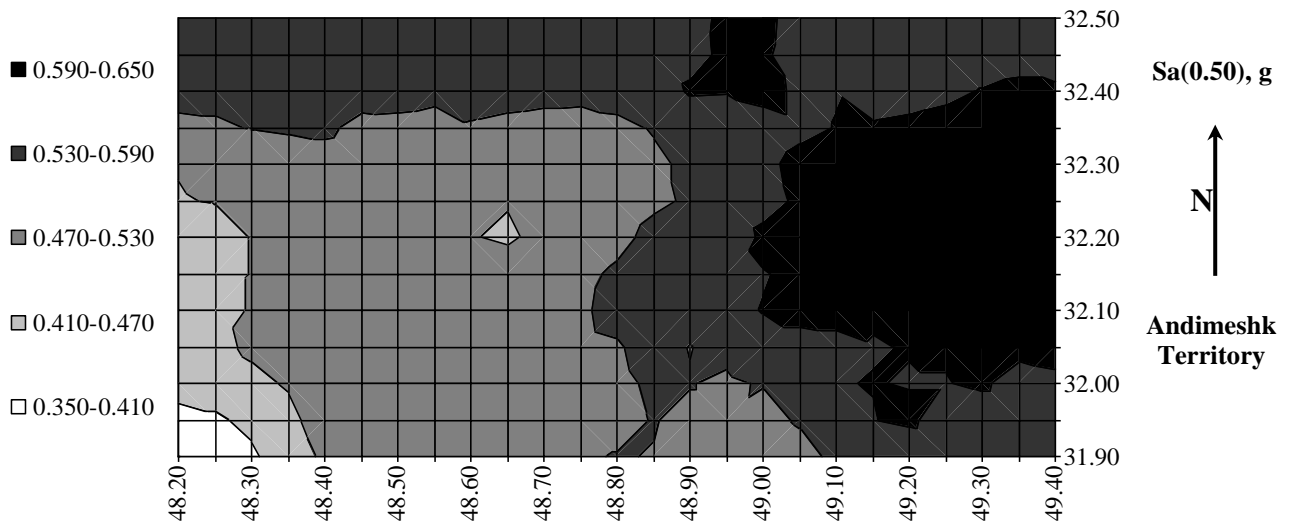
۶- نقشه‌های شتاب طیفی برای گستره هدف



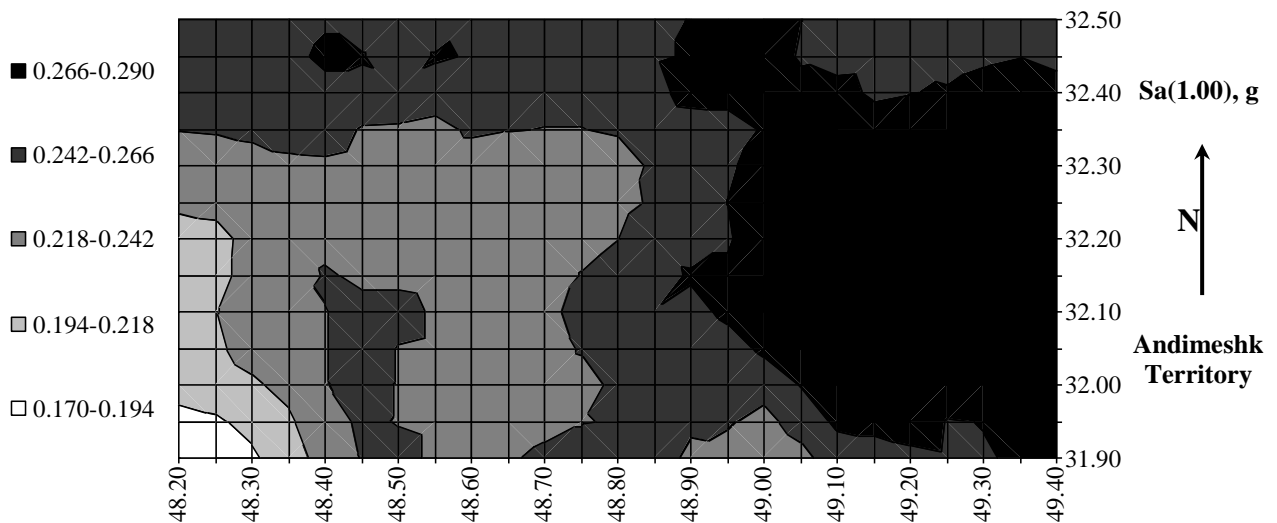
اهداف اصلی این تحقیق، یعنی نقشه‌های شتاب طیفی در زمانهای تناوب مختلف برای گستره هدف شهرستان اندیمشک در اشکال (۴)، (۵) و (۶) رسم شده‌اند. در شکل (۴) شتابهای طیفی در زمانهای تناوب کوتاه ۰/۱۰ و ۰/۲۰ ثانیه، در شکل (۵) شتابهای طیفی در زمان تناوب متوسط ۰/۵۰ ثانیه و در شکل (۶) شتابهای طیفی در زمانهای تناوب بلند ۱/۰۰ ثانیه با احتمال وقوع ۱۰ درصد در طول ۵۰ سال و در شرایط ساختگاهی سنگ بستر با استفاده از محاسبات تحلیل احتمالاتی خطر لرزه‌ای به نمایش درآمده‌اند. ساختار کلی این نقشه‌ها تقریباً مشابه با آن چیزی است که در نقشه شتاب حداکثر زمین ذکر شد، می‌باشد. نکته قابل توجه در این شکلها تغییرات شدید شتابهای طیفی بر حسب تغییر موقعیت ساختگاه‌های مختلف می‌باشد. همچنین از این نقشه‌ها می‌توان دریافت که بالاترین میزان شتاب طیفی در زمان تناوبی حول و حوش ۰/۲۰ ثانیه رخ می‌دهد.



شکل ۴: نقشه‌های شتاب طیفی در زمانهای تناوب کوتاه ۰/۱ و ۰/۲ ثانیه برای گستره شهرستان اندیمشک، احتمال وقوع ۱۰ درصد در طول پنجاه سال، شرایط ساختگاهی سنگ بستر



شکل ۵: نقشه شتاب طیفی در زمانهای تناوب ۰/۵۰ ثانیه برای گستره شهرستان اندیمشک، احتمال وقوع ۱۰ درصد در طول پنجاه سال



شکل ۶: نقشه شتاب طیفی در زمان تناوب ۱/۰۰ ثانیه برای گستره شهرستان اندیمشک، احتمال وقوع ۱۰ درصد در طول پنجاه سال

۷- طیفهای خطر یکنواخت برای شهر اندیمشک و مقایسه با طیف آیین نامه ۲۸۰۰

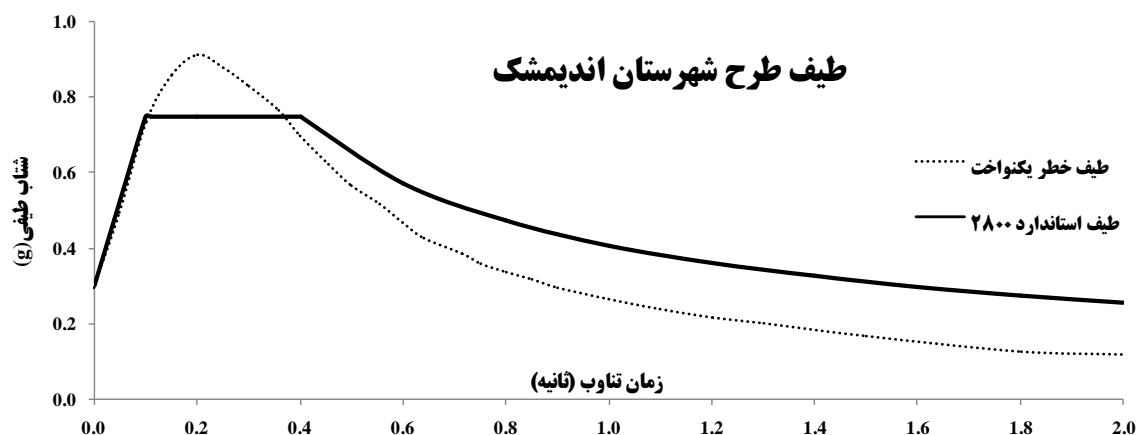
برای تعیین طیفهای خطر یکنواخت در شهرستان اندیمشک، شتابهای طیفی با دقت بیشتر و به تفصیل در ۲۶ زمان تناوب و با احتمال وقوع ۱۰ درصد در طول ۵۰ سال محاسبه و نتایج حاصل در جدول (۲) به نمایش در آمده است. این مقادیر



که در واقع همان دامنه طیفی در زمانهای تناوب مختلف هستند، می‌توانند نشانگر سطح نسبی لرزه‌خیزی در این شهر نیز قلمداد شود که بر اساس آن شهر اندیمشک در سطح خطر لرزه‌ای نسبی زیاد قرار گرفته است. برای مقایسه طیفهای خطر یکنواخت حاصل شده در این تحقیق با طیف پیشنهادی آیین‌نامه برای شهرستان اندیمشک، در ستون دیگر جدول (۲) مقادیر متناظر شتاب طیفی پیشنهادی توسط آیین‌نامه ۲۸۰۰ برای پهنه با سطح خطر نسبی زلزله زیاد که مربوط به این شهرستان می‌باشد، محاسبه شده است. همچنین در شکل (۷) مقایسه‌ای بین طیف طرح پیشنهادی آیین‌نامه ۲۸۰۰ برای پهنه با سطح خطر نسبی زلزله زیاد و طیف خطر یکنواخت شهرستان اندیمشک انجام گرفته است. بر اساس شکل (۷) می‌توان سه ناحیه مختلف در مقایسه این دو طیف را تشخیص داد. نخست زمانهای تناوب بسیار کوتاه، یعنی زیر ۰/۱ ثانیه که محل حاکمیت PGA است و در آن طیف استاندارد ۲۸۰۰ و طیف خطر یکنواخت کاملاً بر یکدیگر منطبق هستند، دوم ناحیه زمانهای تناوب کوتاه که در آن شتاب طیفی در طیف خطر یکنواخت بیشتر است و سوم زمانهای تناوب متوسط و بلند که در آنها شتاب طیفی طیف ۲۸۰۰ به شکل محسوسی بزرگتر می‌باشد. علت این تفاوتها باید در ماهیت طیف استاندارد ۲۸۰۰ که طیفی مقیاس شده است جستجو نمود، زیرا پارامتر PGA که پارامتری با زمان تناوب بسیار کوتاه است فقط در همین ناحیه حاکم است و نمی‌تواند احتمال وقوع خود را به تمام نواحی طیف منتقل کند.

جدول ۱: شتاب زمین و شتابهای طیفی محاسبه شده بر حسب g برای شهرستان اندیمشک در شرایط ساختگاهی سنگ بستر و با احتمال وقوع ۱۰ درصد در طول ۵۰ سال و مقادیر متناظر در آیین‌نامه ۲۸۰۰ ایران برای سطح نسبی خطر زیاد

Sa(T)	اندیمشک	۲۸۰۰
PGA	0.297	0.295
Sa(0.05)	0.495	0.494
Sa(0.10)	0.736	0.735
Sa(0.15)	0.859	0.855
Sa(0.20)	0.912	0.908
Sa(0.25)	0.879	0.876
Sa(0.30)	0.830	0.827
Sa(0.35)	0.765	0.763
Sa(0.40)	0.697	0.695
Sa(0.45)	0.622	0.620
Sa(0.50)	0.567	0.565
Sa(0.55)	0.516	0.515
Sa(0.60)	0.467	0.466
Sa(0.65)	0.427	0.425
Sa(0.70)	0.387	0.386
Sa(0.75)	0.359	0.357
Sa(0.80)	0.337	0.336
Sa(0.85)	0.316	0.315
Sa(0.90)	0.296	0.295
Sa(1.00)	0.264	0.263
Sa(1.10)	0.237	0.237
Sa(1.20)	0.217	0.216
Sa(1.30)	0.199	0.198
Sa(1.50)	0.165	0.165
Sa(1.80)	0.126	0.125
Sa(2.00)	0.117	0.117



شکل ۷: طیف خطر یکنواخت تعیین شده برای شهرستان اندیمشک و مقایسه با طیف پیشنهادی آیین‌نامه ۲۸۰۰

۷- نتیجه‌گیری

در این تحقیق تلاش شد که با استفاده از تحلیل احتمالاتی خطر لرزه‌ای، نقشه‌های شتاب طیفی در زمانهای تناوب کلیدی برای گستره شهرستان اندیمشک که در شمال استان خوزستان قرار دارد، تهیه شود. همچنین همین روش برای تولید طیف خطر یکنواخت در این شهرستان که بر اساس نظر استاندارد ۲۸۰۰ در پهنه با سطح نسبی خطر زلزله زیاد واقع شده، مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج حاصل در این تحقیق بطور کلی نظر آیین‌نامه ۲۸۰۰ ایران را در مورد سطح خطر زلزله این گستره تایید می‌کند. اگر مبنای قضاوت شتاب حداکثر زمین که در استاندارد ۲۸۰۰ شتاب مبنای طرح نامیده شده است باشد، در شهر اندیمشک، دزفول، لالی، مسجد سلیمان و شوشتر، این پارامتر با نظر آیین‌نامه ۲۸۰۰ ایران سازگار است. البته باید توجه داشت که در برخی از نقاط شرقی گستره شهرستان اندیمشک، شتاب حداکثر زمین به نحو محسوسی از مقدار پیشنهادی آیین‌نامه بیشتر است. همچنین مقایسه طیفهای خطر یکنواخت تعیین شده برای گستره هدف در این تحقیق و طیف پیشنهادی استاندارد ۲۸۰۰ ایران برای این گستره نشانگر شباهت این طیفها در زمانهای تناوب کوتاه و تفاوت آنها در زمانهای تناوب متوسط و بلند است. نکته نگران کننده در این خصوص، ناحیه زمانهای تناوب بین ۰/۱ تا ۰/۴ ثانیه است که در آن مقدار دامنه طیفهای خطر یکنواخت بیش از مقدار پیشنهادی آیین‌نامه است و این مساله می‌تواند در طراحی سازه‌های کوتاه‌مرتبه شهرستان اندیمشک که زمان تناوب آنها در این محدوده قرار می‌گیرد تردیدهای جدی ایجاد کند. از طرف دیگر ناحیه زمانهای تناوب بلند وجود دارد که در آن، مقدار پیشنهادی آیین‌نامه در مقایسه با طیف خطر یکنواخت نسبتاً دست بالا و محافظه‌کارانه است و شاید برای این سازه‌هایی با چنین زمان تناوبهایی استفاده از طیف ساختگاه به اقتصادی شدن طرح در عین حفظ سطح ایمنی مطلوب کمک کند.

در پایان این تحقیق و به عنوان یک نتیجه کلی باید به لزوم ایجاد تغییرات اساسی در ماهیت طیف آیین‌نامه ۲۸۰۰ ایران بمنظور گذر از طیف های مقیاس شده و استفاده از طیف های خطر یکنواخت هم اشاره نمود. چنین عملی که امروزه در بسیاری از آیین‌نامه‌های پیشروی دنیا نظیر آیین‌نامه‌های مورد استفاده در آمریکا، اروپا، کانادا، نیوزیلند و . . . صورت گرفته می‌تواند بنحو محسوسی سبب یکسان شدن سطح ایمنی در مورد تمام سازه‌های طراحی شده با آیین‌نامه در مناطق با سطوح



لرزه‌خیزی مختلف گردد. همچنین لازم به ذکر است که تمام محاسبات انجام گرفته در این تحقیق، صرفاً مربوط به مبحث تحلیل خطر زلزله است، اما طبیعتاً برای گسترش این بحث و رسیدن به نتایج نهایی، نیاز است که با استفاده از نتایج حاصل از این تحقیق و همچنین بررسی وضعیت سازه‌های ساختمان‌های موجود در شهر اندیمشک، مطالعات مربوط به تحلیل ریسک زلزله نیز در خصوص این شهر انجام گیرد تا از این طریق، سبب افزایش سطح ایمنی در گستره هدف گردد.

مراجع

- [1] Cornell, C.A., (1997), “engineering seismic risk analysis”, Bulletin of the Seismological Society of America, ۶۷, pp ۱۱۷۳-۱۱۹۴.
- [2] Loh, C.H., Jean, W.Y. and Penzien, J., (1994), “Uniform-hazard response spectra – an alternative approach”, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 23 (4), pp 433-445.
- [3] Atkinson, G. M., (1991), “Use of the UHS in characterizing expected levels of seismic ground shaking”, Proc. of the 6th Earthquake Engineering Canadian Conference, Univ. Toronto and Buffalo, pp 469-4۷۶.
- [4] McGuire, R. K., (1997), “Seismic design spectra and mapping procedures using hazard analysis based directly on oscillator response”, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 5, pp 211-2۳۴.
- [5] Shapira, A. and Van Eck, T., (1993), “synthetic uniform hazard site specific response spectrum”, Natural Hazards, 8(3), November, pp 201-215.
- [6] Web source, International Institute of Earthquake Engineering and Seismology, “www.iiees.ac.ir”.
- [7] Ambraseys, N.N. and Melville, C.P., (1981), “A history of Persian earthquakes”, Cambridge university press, Cambridge, 219 pages.
- [8] Gardner, J.K. and Knopoff, L., (1974), “Is the sequence of earthquakes in Southern California, with aftershocks removed, Poissonian”, Bulletin of the Seismological Society of America, 64(5), pp 1363-1۳۶۷.
- [9] Zar´e M., (1999), “Contribution `a l’etude des mouvements forts en Iran: du catalogue aux lois d’att´enuation”, Ph.D. Thesis Universit´e Joseph Fourier, Grenoble, France.
- [10] EERI Committee on Seismic Risk, (1989), “The basics of seismic risk analysis”, Journal of Earthquake Spectra, 5(4), pp 675-702.