



## ارزیابی مخاطرات با منشأ زمین‌ساختی ناشی از وقوع زلزله در شهر اندیمشک و ارائه راهکارهای مدیریتی جهت کاهش ریسک

شاهرخ طافی<sup>۱</sup>، مهدی مهدوی عادل<sup>۲\*</sup>

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

مخاطرات با منشأ زمین‌ساختی ناشی از زلزله، نظیر زمین‌لغزش، روانگرایی، فرسایش و جدا شدن قطعات بزرگ از کوه‌ها، از جمله مهمترین خطرات پس از وقوع یک واقعه لرزه‌ای محسوب می‌گردند. از آنجا که بروز چنین مخاطراتی در یک ناحیه شهری می‌تواند منجر به نتایج ناگواری گردد، ارزیابی آنها و ارائه راهکارهای مدیریتی جهت کاهش ریسک این مخاطرات از اهمیتی بنیادی برخوردار می‌باشد که انجام این مهم برای گستره شهر اندیمشک که شهری لرزه‌خیز و مهم در محورهای مواصلاتی کشور محسوب می‌گردد هدف اصلی این تحقیق است. در این تحقیق پس از شناسایی کلیه گسلها و عوامل لرزه‌زایی که بروز مخاطرات لرزه‌ای ناشی از آنها در گستره شهر اندیمشک محتمل است، اقدام به ارائه راهکارهای مدیریتی جهت کاهش ریسک لرزه‌ای گردید. بر اساس نتایج حاصل در این تحقیق می‌توان توصیه کرد تا یک کیلومتری گسل دزفول هیچگونه ساخت و سازی انجام نگیرد و صرفاً به فضای سبز اختصاص یابد. همچنین تا ده کیلومتری این گسل از هرگونه ساخت و ساز سازه حساس و خاص پرهیز گردد و در نهایت اینکه لازم است که گسترش شهر به سمت شمال با لحاظ نمودن دقیق فرسایش کناره چپ رودخانه بالارود و ریزش کوه صورت گیرد.

**واژه‌های کلیدی:** زلزله، مخاطرات لرزه‌ای، زمین‌ساخت، گسل، کاهش ریسک، اندیمشک

### ۱- مقدمه

سوانح و حوادث طبیعی سالانه سبب خسارتهای بسیار قابل توجه جانی و مالی در کشور ایران می‌شود. با توجه به موقعیت کشور و نحوه قرا گیری شهرها در نقاط آسیب پذیر از لحاظ زلزله، ضرورت پرداختن به این مسأله امری بدیهی است. یکی از ضروریترین اقدامات و مسائل، به کارگیری اصول مدیریت بحران به منظور کاهش مخاطرات، آمادگی، مقابله، بازسازی و بازتوانی است. بنابراین مدیریت بحران شهری فرایندی پویا در قالب اقداماتی سنجیده می‌باشد که پیش از وقوع بحران، در زمان وقوع بحران و بعد از وقوع بحران انجام می‌شود [۱].

زلزله، نشانگر حرکت مداوم پوسته زمین است و یکی از مخربترین پدیده‌های طبیعی محسوب می‌شود که هر ساله شمار زیادی از مردم در نقاط مختلف دنیا را درگیر آثار نامطلوب خود می‌سازد. ایران نیز کشوری است لرزه‌خیز که تاکنون موارد متعددی از زلزله‌های ویرانگر در آن رخ داده و هرکدام از آنها به نوبه خود خسارات و تلفات جبران‌ناپذیری برجای گذاشته است. قرار گرفتن فلات ایران در کمربند کوه‌زایی آلپ-همیالیا، که از لرزه‌خیزترین مناطق جهان محسوب می‌شود و نیز دیگر شواهد



زمین‌شناسی، لرزه‌خیزی، لرزه‌شناسی و ژئوفیزیکی، همگی دلالت بر این مطلب دارند که همواره احتمال رویداد زلزله شدید دیگری در گستره ایران وجود دارد.

اینگونه بنظر می‌رسد که در شرایط کنونی و با دانش امروز بشر، تنها راه مقابله با این پدیده طبیعی، مقاوم‌سازی سازه‌ها در برابر حرکات زمین ناشی از زلزله و نیز گسترش شهرها در فضاهای امن و با خطر نسبی زلزله پائین می‌باشد. می‌توان با طراحی سازه‌های جدید به شیوه‌ای مقاوم در برابر زلزله و نیز بهسازی لرزه‌ای سازه‌های موجود در صورت نیاز، به یک سطح ایمنی مطلوب در برابر خطرات زلزله دست یافت و از این طریق، تلفات جانی و خسارات مالی ناشی از زلزله را به حداقل ممکن رساند. همچنین اگر گسترش شهرها به سمت مناطقی صورت گیرد که از نظر خطر زلزله در سطح پائین‌تری باشند، طبیعتاً سطح ایمنی بیشتری در گستره شهر حاکم خواهد شد [۲].

بهمین منظور، یعنی کاهش آسیب‌پذیری سازه‌ها در برابر زلزله و نیز گسترش شهرها در فضای امن، لازم است که اولاً روشی مناسب جهت تحلیل و طراحی سازه‌ها در برابر نیروهای ناشی از زلزله انتخاب شود و ثانیاً برآوردی منطقی و قابل اعتماد از نیروهای زلزله در دست باشد. چنین ملزوماتی، طراح و مدیریت شهری را قادر می‌سازد تا بنحو مطلوبی طراحی سازه‌های مقاوم در برابر زلزله یا طرح بهسازی لرزه‌ای یک سازه موجود را به انجام برساند و یا تصمیم‌سازی مناسبی در خصوص محور گسترش شهر انجام دهد [۳].

در یک دیدگاه کلی، مقاله حاضر را نیز می‌توان در همین راستا تعریف نمود. در این تحقیق تلاش گردیده است که با استفاده از جدیدترین روش‌های موجود در زمینه تحلیل خطر زلزله و نیز آخرین آمار و اطلاعات بدست از وضعیت لرزه‌خیزی گستره شهرستان اندیمشک، اقدام به تحلیل و ارزیابی خطر زلزله در مناطق مختلف استان خوزستان نمود و در قدم اول اقدام به شناسایی سطح خطر موجود در گستره شهرستان اندیمشک نمود. سپس این نتایج پایه‌ای جهت ارزیابی مخاطرات ناشی از زلزله (نظیر روانگرایی، زمین لغزش و ...) قرار خواهند گرفت و در پایان با جمع بندی کلیه نتایج حاصل، مناطق امن جهت گسترش شهر اندیمشک از دیدگاه خطر زلزله پیشنهاد خواهد شد. اهمیت شهر اندیمشک به عنوان یکی از شهرهای مهم استان خوزستان و نقاط کلیدی در شاهراه‌های اصلی ایران، که قلب تپنده اقتصاد ایران و به مثابه شریان حیاتی برای صنعت آن محسوب می‌گردد و لزوم برقراری یک سطح جامع ایمنی در این شهر در واقع مهمترین انگیزه بنیادی جهت انجام این تحقیق می‌باشد.

## ۲- معرفی گستره شهرستان اندیمشک و وضعیت لرزه‌زمین‌ساختی 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 (شکل ۱). این شهرستان از لحاظ مختصات جغرافیایی در بین ۴۷ درجه و ۵۴ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۴۶ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ و ۳۲ درجه و ۱۷ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۵۹ دقیقه عرض شمالی از خط استوا قرار گرفته است. شهر اندیمشک مرکز این شهرستان می‌باشد. وضعیت طبیعی شهر اندیمشک جلگه‌ای و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۴۹ متر است. جمعیت شهر تا کنون حدود ۱۶۷۱۲۶ نفر برآورد گردیده است (آمار سال ۱۳۹۰). مساحت قانونی شهر ۱۸ کیلومتر مربع، محدوده خدماتی ۱۲ کیلومتر مربع و حوزه استحفاظی این شهر ۹۳ کیلومتر مربع است. فاصله شهر اندیمشک از شهر اهواز مرکز استان ۱۵۵ کیلومتر و از تهران مرکز کشور ۷۵۰ کیلومتر است. بررسی‌های آماری و تاریخی شهر اندیمشک نشان می‌دهد که این شهر تا کنون حوادث طبیعی بسیاری را تجربه کرده است [۴].



شکل ۱: نمایی از شهرستان اندیمشک

لرزه‌خیزی شهر اندیمشک عمدتاً تحت تأثیر فعالیت گسل دزفول قرار دارد که این گسل بخشی از گسل فروبار دزفول بشمار می‌رود. 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 بر خط 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 [۵].

تاکنون زمین لرزه‌هایی با بزرگی  $5/2$  تا  $6$  درجه در مقیاس امواج درونی بر اثر فعالیت گسل فروبار دزفول رخ داده است. این زمین لرزه‌ها 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  $7/0$  درجه در مقیاس امواج درونی ایجاد کند که شتاب افقی آن در فاصله ۷ کیلومتری این گسل حدوداً  $0/30g$  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  $0/30g$  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 ذکر شده است.

جدول ۱: مختصات گسل بحرانی شهر اندیمشک، گسل دزفول

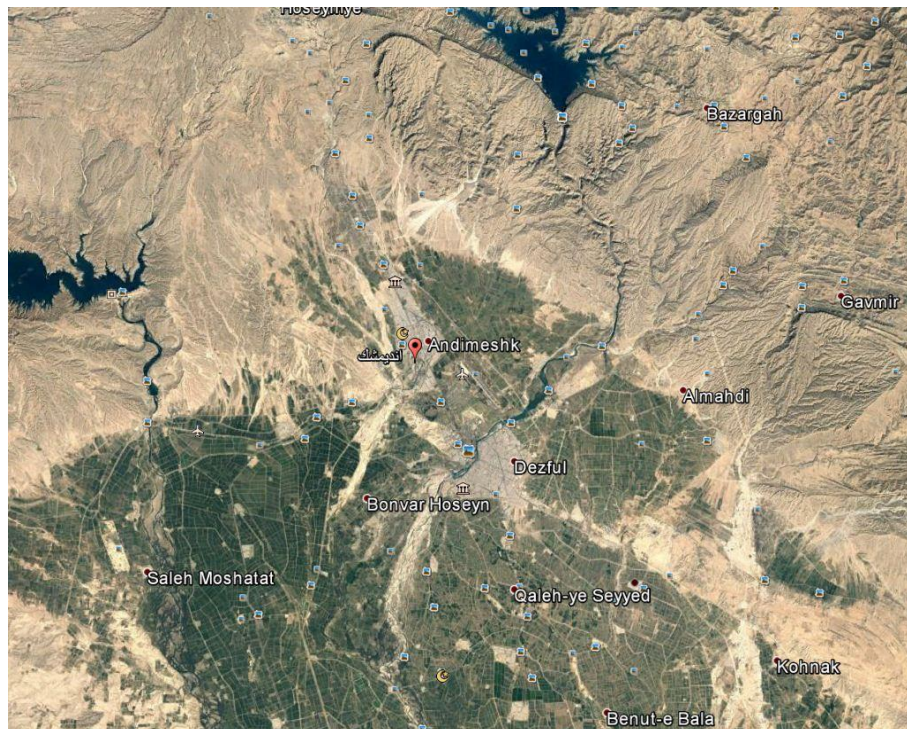
مختصات ابتدا		مختصات انتها		نام گسل
N	E	N	E	
$32^{\circ} 12' 08''$	$48^{\circ} 14' 01''$	$32^{\circ} 26' 05''$	$48^{\circ} 37' 24''$	گسل دزفول



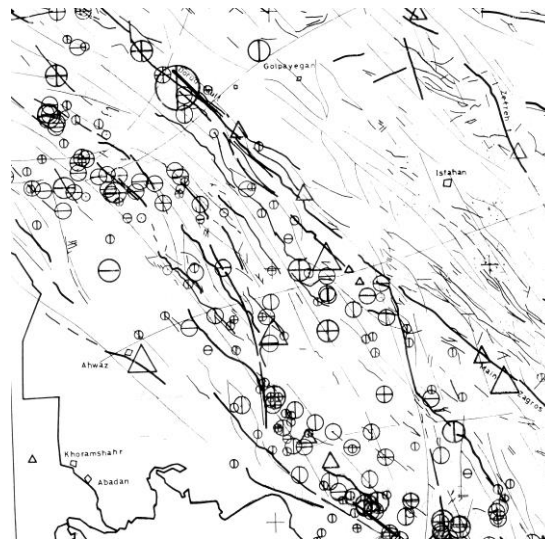
### ۳- تعریف گستره طرح و گستره شهرستان اندیمشک

این بخش از پایان نامه به منظور تحلیل خطر لرزه‌ای در اندیمشک انجام گرفته است، لذا در ابتدا باید گستره شهر اندیمشک و گستره طرح تعریف شوند. در این پروژه، گستره شهر اندیمشک، محدوده‌ای بین ۴۷ تا ۵۱ درجه طول جغرافیایی و ۳۰/۵ تا ۳۳/۶ درجه عرض جغرافیایی تعریف می‌گردد. این محدوده تعریف شده، به طور کامل شهر اندیمشک را از طرف غرب و شرق و همچنین از شمال و جنوب دربر می‌گیرد. بنابراین، می‌توان نتایج حاصل از تحلیل خطر لرزه‌ای را که برای این گستره ارائه می‌شود، به عنوان نتایج معتبر برای اندیمشک تعریف کرد (شکل ۲).

حال برای تعریف گستره طرح، یعنی مساحتی که باید برای آن اطلاعات اولیه لازم جهت تحلیل خطر لرزه‌ای جمع‌آوری شود، باید ناحیه‌ای در نظر گرفته شود که تمام عوامل لرزه‌زایی را که ممکن است به نحوی گستره شهر اندیمشک را تحت تاثیر قرار دهند، در این ناحیه لحاظ شده باشند. به عبارت دیگر، برای هر نقطه تعریف شده در گستره شهر اندیمشک، تا شعاع مناسبی تمام عوامل لرزه‌زا در نظر گرفته شود. انتخاب مقدار شعاع این محدوده، به عوامل مختلفی بستگی دارد. به طور کلی، در نظر گرفتن شعاعی بین ۱۰۰ تا ۳۰۰ کیلومتر برای یک ساختگاه مشخص، توصیه شده است. در این پروژه، محدوده‌ای بین طولهای جغرافیایی ۴۷/۰ تا ۵۱/۰ درجه و عرضهای جغرافیایی ۳۰/۵ تا ۳۳/۶ درجه به عنوان گستره طرح در نظر گرفته شده است. در نظر گرفتن چنین محدوده‌ای با مساحت تقریبی ۱۲۳۰۰۰ کیلومترمربع، سبب می‌شود که تمام عناصر و عوامل زمین‌شناسی و زلزله‌شناسی که به نحوی ممکن است گستره تعریف شده برای شهر اندیمشک را متاثر سازند، مورد بررسی قرار گیرند و اثرات آنها در برآورد خطر لرزه‌ای برای اندیمشک، دیده شود (شکل ۳ از مرجع [۶]).



شکل ۲: گستره هدف تعریف شده برای شهرستان اندیمشک



شکل ۳: گستره طرح تعریف شده برای شهرستان اندیمشک [۶]

#### ۴- مخاطرات ناشی از وجود گسلها در اندیمشک و راهکارهای مدیریتی کاهش آنها

گسل حاکم بر گستره شهرستان اندیمشک در صورت فعال شدن حداکثری می تواند سبب بروز زلزله‌ای قابل توجه در این گستره شوند. بنابراین لازم است که حداکثر زلزله محتمل در این گسل که به عنوان حداکثر توان لرزه‌ای شناخته می‌شود برای این گسل محاسبه گردد. متداولترین پارامتر جهت محاسبه حداکثر توان لرزه‌ای، طول گسلش است. طول گسلش، طولی از یک گسل است که در هنگام زلزله دچار گسیختگی می‌گردد. رابطه ذیل برای محاسبه طول گسلش بر حسب طول کل گسل در ایران پیشنهاد شده است [۷]:

$$L=3+0.75L_f \quad (1)$$

که در آن  $L_f$  طول کل گسل و  $L$  طول گسلش است. با استفاده از این رابطه، طول گسلش برای گسل شهرستان اندیمشک محاسبه و در جدول (۲) به نمایش در آمده است. روابط مختلفی جهت تخمین حداکثر توان لرزه‌ای بر حسب طول گسلش برای استفاده در ایران پیشنهاد شده است. از بین این روابط، سه رابطه مختلف انتخاب شده است. برای عمل در جهت اطمینان، با استفاده از هر سه رابطه، حداکثر توان لرزه‌ای چشمه‌های تعریف شده محاسبه می‌گردد. مقدار  $M_C$  که به معنای حداکثر توان لرزه‌ای محاسباتی است، برابر مقدار حداکثر حاصل شده از سه رابطه مختلف تعریف می‌شود. این سه رابطه عبارتند از [۷]:



$$M_c = \max \begin{cases} M_s = 5.400 + 1.000 \log(L) & \text{(Mohajer - Ashjai and Nowroozi, 1978)} \\ M_s = 4.629 + 1.429 \log(L) & \text{(Ambraseys and Melville, 1982)} \\ M_s = 3.810 + 1.920 \log(L) & \text{(Ramazi and Schenk, 1994)} \end{cases} \quad (2)$$

در جدول (۲) با استفاده از حداکثر مقدار حاصل شده توسط سه رابطه فوق، حداکثر توان لرزه‌زایی هر گسل محاسبه و به نمایش در آمده است. لازم به ذکر است که بزرگ بودن این مقادیر بزرگی زلزله بواسطه حداکثر بودن و حد نهایی توان لرزه‌ای گسلها حاصل شده است.

جدول ۲: طول گسلش و حداکثر زلزله محتمل در گسلهای شهر اندیمشک

نام گسل	موقعیت گسل	طول گسل (Km)	طول گسلش (Km)	حداکثر زلزله محتمل
اندمشک: گسل دزفول	۷ کیلومتری شمال شهر	۵۰	۴۱	۷/۰

پس از محاسبه حداکثر توان لرزه‌ای هر گسل، می‌توان اقدام به محاسبه حداکثر شتاب ناشی از وقوع زلزله حداکثر در هر یک از گسلهای شهر اندیمشک نمود. برای این کار عموماً از روابط کاهندگی استفاده می‌شود. رابطه کاهندگی عبارتست از یک معادله ریاضی که پارامترهای حرکت زمین را به صورت توابعی از بزرگی زلزله، فاصله، شرایط ساختگاهی و احیاناً پارامترهای دیگر تخمین می‌زند [۸]. یک رابطه کاهندگی مناسب، برای استفاده در تحلیل خطر لرزه‌ای، حائز اهمیت فراوانی می‌باشد، زیرا نتیجه تحلیل خطر لرزه‌ای به نحو چشمگیری از آن تاثیر می‌پذیرد. قطعاً بهترین رابطه کاهندگی برای استفاده در یک منطقه خاص، رابطه‌ای است که با استفاده از اطلاعات موجود در همان منطقه تهیه شده باشد. باید توجه داشت که شرایط زمین‌ساختی، زمین‌شناسی، مکانیزم گسیختگی گسلها و عمق کانونی زلزله‌ها در یک منطقه، بر چگونگی تغییرات جنبش نیرومند زمین با فاصله در آن منطقه تاثیر می‌گذارد و این در حالی است که در بسیاری از روابط کاهندگی، پارامترهای ذکر شده، دیده نمی‌شود. بنابراین باید رابطه‌ای را مورد استفاده قرار داد که با استفاده از اطلاعات همان منطقه تولید شده باشد، تا به نوعی کاستی‌های ذکر شده مرتفع گردند.

در این مقاله از رابطه کاهندگی دکتر زارع که در سال ۱۹۹۹ با استفاده از اطلاعات موجود در گستره ایران تهیه گردیده استفاده شده است. بدیهی است که وجود چنین رابطه‌ای که بیشترین هماهنگی ممکن را با شرایط لرزه‌خیزی و زمین‌ساختی ایران دارد، امکان انجام عملیات تحلیل خطر لرزه‌ای را با بیشترین اطمینان خاطر ممکن فراهم می‌سازد. رابطه کاهندگی طیفی زارع به صورت ذیل تعریف می‌گردد [۹]:

$$\text{Log}(A) = 0.36M + 0.0003X - \text{Log}(X) - 0.916 \quad (3)$$

که در آن A شتاب حداکثر زمین (یا همان شتاب مبنای طرح که در استاندارد ۲۸۰۰ ایران ذکر شده است) می‌باشد، که واحد آن متر بر مجذور ثانیه است. بزرگی زلزله در این رابطه با علامت M بکار رفته و فاصله X تعریف شده برای این مدل،

$$X = \sqrt{D^2 + h^2} \quad (4)$$



فاصله از کانون در نظر گرفته شده است. بنابراین اگر  $D$  فاصله از مرکز و  $h$  عمق کانونی زلزله باشد، رابطه ذیل برای محاسبه  $X$ ، حاکم است:

با استفاده از این رابطه می توان شتاب حداکثر زمین ناشی از وقوع زلزله حداکثر در فواصل مختلف از گسل حاکم بر شهر اندیمشک را محاسبه کرد. این امر در جدول (۳) صورت گرفته است. در این جدول حداکثر شتاب زمین ناشی از فعالیت حداکثری گسل در چهار فاصله (مجاورت گسل، کمترین فاصله تا شهر که موجب بروز مقدار حداکثر در شهر می شود، فاصله ده کیلومتر و فاصله سی کیلومتر) محاسبه شده است. عمق کانونی زلزله در این محاسبات با توجه به اطلاعات موجود ده کیلومتر در نظر گرفته شده است.

جدول ۳: حداکثر شتاب محتمل ناشی از فعالیت حداکثری گسلهای گستره اندیمشک در فواصل گوناگون

گستره شهرستان اندیمشک		شتاب مبنای طرح طبق استاندارد ۲۸۰۰		
گسل اندیمشک	$7/0 =$ حداکثر توان لرزه ای	$7 \text{ Km}$ حداقل فاصله تا شهر	$0/3g =$ شتاب مبنای طرح طبق استاندارد ۲۸۰۰	
فاصله سی کیلومتر	حداکثر در شهر	مجاورت گسل	شتاب حداکثر زمین	$A(g)$
۰/۲۹	۰/۳۴	۰/۴۲		

هماگونه که از جدول فوق مشخص است، فعالین حداکثری گسل مذکور می توان در برخی فواصل (کمتر از ده کیلومتر) حتی شتابی بیش از شتاب پیشنهادی آئین نامه ۲۸۰۰ یعنی  $0/3g$  ایجاد کند که این مسأله زنگ خطری جدی برای رعایت حریم گسل در این شهر می باشد. در واقع جهت کاهش مقدار آسیب پذیری یا میزان تلفات و خسارتهای ناشی از وقوع زمین لرزه ها لازم است تا فاصله ای از سرچشمه این زمین لرزه ها که گسل ها هستند، تعیین نمود. این فاصله عموماً تحت عنوان مبحث حریم گسل مطرح می شود.

با الگو گرفتن از مقدار حریم گسل شمال تهران که نتایج نشان داده ۹۰۰ متر از طرفین گسل است [۱۰]، می توان مقادیر حریم گسل واقع در محدوده شهر اندیمشک و یا در اطراف آنها را محاسبه نمود که نتایج و شرح آن در جدول ذیل آورده شده است. لذا بر این اساس مقادیر پیشنهادی مندرج در جدول ذیل می تواند بعنوان یک مبناء در نحوه صدور مجوزها و توسعه فضای شهری از سوی دستگاههای اجرایی و شهرداری ملاک عمل قرار گیرد. بر اساس نتایج این جدول و در نظر گرفت ضریب اطمینان، رعایت یک کیلومتر حریم برای گسلهای این شهر توصیه می گردد. جهت کاهش مقدار آسیب پذیری و میزان تلفات و خسارتهای ناشی از وقوع زمین لرزه ها لازم است حریم گسلهای عبوری از محدوده شهر صرفاً به فضای سبز و کاربریهای مشابه تغییر یابد.

جدول ۴: حریم پیشنهادی برای گسلهای شهرستان اندیمشک

نام شهر	نام گسل	طول کل گسل (km)	طول	بزرگی زمین لرزه	فاصله گسل تا شهر (km)	موقعیت گسل نسبت به شهر	حریم گسل (m)
			گسیختگی				



گسل (km)						
اندیمشک	گسل اندیمشک	۵۰	۴۱	۷/۰	۷	حومه شمالی شهر ۸۵۰

### ۵- مخاطرات با منشأ زمین‌ساختی در گستره اندیمشک و راهکارهای مدیریتی کاهش آنها

از جمله مسائل زمین‌ساختی که در گسترش شهر اندیمشک علاوه بر وجود گسل و لرزه خیزی این مناطق لازم است رعایت شود موانع و محدودیتهایی است که طبیعت ایجاد می‌کند. از جمله این موانع وجود زمینهای سست، دامنه های کوهستانی مستعد لغزش و یا ریزش سنگ و وجود درز و شکافها در لایه های سنگی است که بعضاً در جوار محل گسترش شهر قرار دارند و لازم است که در توسعه و گسترش شهر اندیمشک این موارد بررسی و لحاظ گردد. در جدول شماره (۵) با توجه به وضعیت زمین‌شناسی و برداشتهای میدانی صورت گرفته، نقاط آسیب پذیر شهر اندیمشک با منشأ زمین‌شناسی قابل مشاهده است. بر اساس این جدول بجز خطر روانگرایی که نتایج تحقیقات نشان داده ظاهراً در گستره شهر اندیمشک امکان بروز آن نمی‌باشد سایر مخاطرات با منشأ زمین یعنی لغزش، فرسایش و درز و شکاف زمین وجود دارد که لازم است جهت مقابله با آنها تدابیری اندیشید.

#### جدول ۵: نقاط آسیب پذیر شهر اندیمشک با منشأ زمین‌ساختی

محل‌های سست و مستعد لغزش	فرسایش	روانگرایی	درز و شکاف
ریزش سنگ در دامنه کوه قلعه قاسم در شمال اندیمشک	فرسایش درکناره های رودخانه بالارود و در بستر آن در ناحیه غربی و جنوب غربی اندیمشک	وجود ندارد.	لایه های سنگی واقع در شمال اندیمشک (منطقه قلعه قاسم) درزهای عمودی دارند و احتمال جدا شدن قطعه های بزرگ سنگ وجود دارد.

همانگونه که ملاحظه می‌گردد، علاوه بر وجود گسل و پتانسیل لرزه خیزی مناطق شهری، سایر رخدادها با منشأ زمین‌ساختی نیز شهر اندیمشک را تهدید می‌نماید که از جمله آنها لغزش، روانگرایی ریزشی سنگ و فرسایش کناره های رودخانه می‌باشد. بدیهی است حسب مورد هر منطقه و با توجه به خصوصیات زمین‌شناسی آن لازم است که تدابیر لازم جهت کاهش آسیب پذیری این مناطق در مقابل رخدادهای مذکور اتخاذ گردد.

در صورتیکه سازه‌های سنگینی در محدوده زمینهای سست احداث شود ضروری است خاک زیر شالوده ها تقویت شود. می‌توان این کار را از طریق جایگزینی خاک سست با لاشه سنگ یا قلوه سنگ انجام داد. در صورتیکه سنگ بستر و یا لایه سخت و مقاوم عمیق باشد توصیه می‌شود از شالوده شمع استفاده شود. در تمامی مراحل فوق لازم است برای احداث سازه‌های سنگین از مطالعات ژئوتکنیک، از طریق حفر گمانه‌های اکتشافی تا عمق مناسب استفاده بعمل آید. در رابطه با دامنه‌های





مستعد لغزش توصیه می‌شود شیب دامنه‌های مذکور تعدیل شود و به حالت پایدار برسد. تعیین شیب پایدار برای این دامنه‌ها پس از شناسایی یا تعیین نوع خاک و مقدار پارامترهای ژئوتکنیکی آن صورت می‌گیرد. برای دامنه‌های سنگی لازم است مقدار شیب در جهت شیب صفحات لایه‌بندی سنگها و یا صفحات درزها در نظر گرفته شود. در صورتیکه مقدار شیب دامنه بیشتر از مقدار صفحات مذکور باشد لغزش در این دامنه رخ می‌دهد. همچنین می‌توان تراس‌بندی در دامنه‌های مستعد لغزش جهت کاهش خطر و یا تقلیل حجم توده‌های لغزشی انجام داد.

#### ۶- مناطق امن جهت گسترش شهر اندیمشک

بمنظور تعیین مناطق امن جهت گسترش شهر اندیمشک توجه به هر دو معیار حریم گسلها و نقاط با منشأ آسیب‌پذیری زمین‌ساختی الزامی است. در واقع بمنظور تعیین مناطق امن جهت گسترش شهر اندیمشک لازم است به موقعیت گسل یا گسلهای فعالی که توان لرزه‌زائی دارند توجه ویژه‌ای نمود. همچنین ضروری است حریم گسل در گسترش شهر رعایت شود. محققان توصیه نموده‌اند که در حریم گسل ساخت و ساز صورت نگیرد و فقط فضای سبز در این حریم ایجاد شود. با توجه به نکات فوق الذکر و لحاظ سایر ملاحظات از جمله وضعیت آسیب‌پذیری شهرها با توجه به منشأ زمین‌ساختی آن می‌توان مناطق امن جهت گسترش شهر اندیمشک را بشرح جدول ذیل پیشنهاد نمود.

جدول ۶: مناطق قابل توصیه جهت گسترش شهر اندیمشک

نام گسل	موقعیت گسل نسبت به شهر	مناطق امن پیشنهادی جهت گسترش شهر	ملاحظات
گسل دزفول	۷ کیلومتری شمال شهر	گسترش شهر بشکل محدود بسمت شمال و بشکل آزاد بسمت جنوب	فرسایش کناره چپ رودخانه بالارود و ریزش کوه در گسترش شهر بسمت ناحیه شمال در نظر گرفته شود.

با توجه به موقعیت قرارگیری گسلها و وضعیت زمین‌شناسی محدوده شهری توصیه می‌شود در طرح توسعه شهر، به شکل محدود به سمت شمال و به شکل آزاد به سمت جنوب باشد و از توسعه آن و بویژه احداث تأسیسات حیاتی و مهم در دیگر مناطق آن اجتناب گردد. در واقع توصیه می‌گردد تا یک کیلومتری گسل دزفول هیچگونه ساخت و سازی انجام نگیرد و تا ده کیلومتری این گسل از هرگونه ساخت و ساز سازه حساس و خاص پرهیز گردد. از سوی دیگر، لازم است که گسترش شهر به سمت شمال با لحاظ نمودن دقیق فرسایش کناره چپ رودخانه بالارود و ریزش کوه صورت گیرد.

#### ۷- توصیه‌های مدیریتی جهت کاهش ریسک لرزه‌ای شهرستان اندیمشک

بر اساس سطح خطر و آسیب‌پذیری موجود در گستره شهرستان اندیمشک و نیز امکانات موجود، توصیه‌های عمومی زیر را می‌توان به عنوان اقدامات لازم در راستای کاهش مخاطرات ناشی از زلزله در شهر اندیمشک پیشنهاد نمود. لازم به ذکر است که توصیه‌های عمومی زیر از اصلاح و انطباق توصیه‌های عمومی کاهش مخاطرات ناشی از زلزله با وضعیت موجود خطر زلزله در گستره شهرستان اندیمشک حاصل شده است.



- ✓ تأکید بر پیشگیری به جای اقدامات پس از حادثه در برنامه مدیریت بحران منطقه
- ✓ لحاظ ((تعیین آثار ناشی از خطر زلزله و راههای کاهش آن)) در پروژه‌هایی نظیر ساخت مدارس، بیمارستان، آسایشگاه و ...
- ✓ تهیه نقشه آسیب پذیری ساختمانها، مراکز مهم عمومی و تأسیسات زیربنایی
- ✓ افزایش آموزشها و آگاهی‌های عمومی مردم در رابطه با وقوع زلزله
- ✓ انعقاد قرارداد با بخش های خصوصی قبل از رخداد حادثه بگونه ای که در موقع بحران امکانات، تجهیزات و وسایل امدادی خاص را در اختیار مدیریت بحران منطقه قرار دهد.
- ✓ تهیه و اعمال سیاست‌های تشویقی برای شهروندان و شرکتهای خصوصی برای حفاظت و ایمنی شهرها
- ✓ شناسایی فضاهای باز شهری برای اسکان جمعیت در مواقع اضطراری وقوع زلزله
- ✓ محدود کردن ساخت و سازها و توسعه‌های جدید در مناطق خطرناک
- ✓ تجهیز فضاهای شهری با امکانات اولیه امدادی (بیل، کلنگ، چراغ قوه و ...) با توجه به خصوصیات جمعیتی، کالبدی و ...
- ✓ تعیین حریم گسل و رعایت فاصله‌های مناسب در ساخت و سازها

## ۸- نتیجه‌گیری

- نتایج حاصل در این مقاله در خصوص خطر ناشی از زلزله در شهر اندیمشک، مخاطرات ناشی از زلزله و آسیب‌پذیری شهر اندیمشک و ارائه راهکارهای مدیریتی جهت کاهش آسیب پذیری ناشی از زلزله در شهرستان اندیمشک با تأکید بر گسترش امن شهرستان اندیمشک قابل ارائه است که به شرح ذیل مطرح می‌گردد:
- ✓ گسل دزفول با احتمال فعالیت لرزه‌ای حاکم بر گستره شهر اندیمشک وجود دارد که در شمال این شهر قرار دارد. این گسل در صورت فعالیت حداکثری می‌تواند شتاب حداکثر زمینی بیش از آنچه که حتی در استاندارد ۲۸۰۰ ایران برای گستره اندیمشک ذکر شده است ایجاد نمایند. اگرچه در فاصله ده کیلومتری تا این گسلها، شتاب حداکثر ناشی از زلزله حداکثری در این گسلها کمتر از میزان ذکر شده در آئین نامه خواهد بود.
  - ✓ نتایج این تحقیق نشان داد امکان ریزش سنگ در دامنه کوه قلعه قاسم در شمال اندیمشک ناشی از وقوع زلزله وجود دارد. همچنین بررسی‌های میدانی نشان داد لایه های سنگی واقع در شمال اندیمشک (منطقه قلعه قاسم) درزهای عمودی دارند و احتمال جدا شدن قطعه های بزرگ سنگ وجود دارد که می‌تواند در هنگام وقوع زلزله آسیب‌زا باشد.
  - ✓ حریم گسل‌ها در ساخت و ساز شهری اندیمشک رعایت گردد. رعایت حریم یک کیلومتری برای گسل‌ها به نحوی که هیچگونه مستحذات و تأسیساتی در آن وجود نداشته باشد الزامی است. بهترین گزینه در حریم گسلهای شهر اندیمشک ایجاد یک فضای سبز است. همچنین در صورت احداث سازه‌های بسیار خاص و با حساسیت بالا، رعایت فاصله ده کیلومتری تا گسل دزفول به منظور جلوگیری از اثرات زلزله حداکثری در این گسلها توصیه می‌گردد.
  - ✓ در رابطه با دامنه‌های مستعد لغزش توصیه می‌شود شیب دامنه‌های مذکور تعدیل شود و به حالت پایدار برسد. تعیین شیب پایدار برای این دامنه‌ها پس از شناسایی یا تعیین نوع خاک و مقدار پارامترهای ژئوتکنیکی آن



صورت می‌گیرد. برای دامنه‌های سنگی لازم است مقدار شیب درجهت شیب صفحات لایه بندی سنگها و یا صفحات درزها در نظر گرفته شود. در صورتیکه مقدار شیب دامنه بیشتر از مقدار صفحات مذکور باشد لغزش در این دامنه رخ می‌دهد. همچنین می‌توان تراس‌بندی در دامنه‌های مستعد لغزش جهت کاهش خطر و یا تقلیل حجم توده های لغزشی انجام داد.

✓ در پایان و بر اساس وضعیت سطح خطر زلزله در گستره شهرستان اندیمشک، مخاطرات ناشی از آن و سطح آسیب‌پذیری شهر و همچنین امکانات شهری موجود در این گستره توصیه می‌شود در طرح توسعه شهر، به شکل محدود به سمت شمال و به شکل آزاد به سمت جنوب باشد و از توسعه آن و بویژه احداث تأسیسات حیاتی و مهم در دیگر مناطق آن اجتناب گردد. در واقع توصیه می‌گردد تا یک کیلومتری گسل دزفول هیچگونه ساخت و سازی انجام نگیرد و تا ده کیلومتری این گسل از هرگونه ساخت و ساز سازه حساس و خاص پرهیز گردد. از سوی دیگر، لازم است که گسترش شهر به سمت شمال با لحاظ نمودن دقیق فرسایش کناره چپ رودخانه بالارود و ریزش کوه صورت گیرد.

## مراجع

- [۱] امینی ورکی، س، شناسایی دیدگاه های حاکم بر آسیب پذیری شهرها در برابر مخاطرات محیطی و استخراج مولفه های تأثیر گذار در آن با استفاده از روش کیو، ویژه نامه هفته پدافند غیر عامل، فصلنامه علمی پژوهشی، مدیریت بحران، ۱۳۹۳.
- [۲] شهناز، ع،، سرمدی، ح و رادمد، س. بررسی شاخص‌های مؤثر بر کاهش آسیب‌پذیری شهر در برابر زلزله با رویکرد شکل‌گیری شهرسازی دفاعی، ۱۳۹۲.
- [3] Shahnaz, Ali Akbar, Rezaeenia, H. Assessing Seismic Vulnerability of Urban Network (Case Study of Tabriz), Fourth Conference on Planning and Urban Management, Mashhad, 2012.
- [4] Mirzaei, N.; Gao M. and Chen Y. T. "Seismicity in major seismotectonic provinces of Iran" , Earthquake Research in China, 11, 351-36, 1997.
- [۵] قبادی، م و چرچی، ع، اهمیت گسلهای امتداد لغز در ارزیابی وضعیت لرزه خیزی استان خوزستان، چهارمین کنفرانس بین المللی لرزه شناسی و مهندسی زلزله، تهران، ایران، اردیبهشت ۱۳۸۲.
- [6] Ramazi H. R. , "Attenuation laws of iranian earthquakes" ,Proceeding of the 3rd International Conference on Seismology and Earthquake Engineering, Tehran, Iran, 1999.
- [7] Berberian M. and Yeats, R. S., "Pattern of historical earthquake rupture in the Iranian plateau", Bulletin of the Seismological Society of America, 89, 120-139, 1999.
- [8] EERI Committee on Seismic Risk, "The basics of seismic risk analysis" , Earthquake Spectra, 5(4), 675-۷۰۲, ۱۹۸۹.
- [9] Zar´e M. "Contribution `a l`etude des mouvements forts en Iran: du catalogue aux lois d`att´enuation", PhD Thesis Universit´e Joseph Fourier, Grenoble, France, 1999.
- [10] Daeinezhad, F. Principles and guidelines for designing and furnishing the outdoor space of open houses in order to passive defense, Proceedings of the Seminar on Mass Housing Development Policies in October, the Department of Housing and Urban Development, Building and Housing Research Center, Tehran, 2006.



**1<sup>th</sup>.Miaad University National Conference on  
Civil Engineering , Architecture**

**۱۵-December 2017, Shahid Beheshti University , Tehran , Iran**

