

## تعیین حریم مهندسی گسل شمال تهران

مسعود مجرب<sup>۱</sup> و دکتر مهدی زارع<sup>۲</sup>

### چکیده

ساخت و ساز در مناطق حوزه نزدیک گسل، اهمیت ویژه ای دارد و باید برای آن حریم ایمنی نسبت به گسل لرزه زا در نظر گرفته شود. منظور از حریم مهندسی گسلش، حریمی است که برای یک گسل لرزه زا در نظر گرفته می شود که در آن سازه ها از اثرات حوزه نزدیک گسل، مانند گسیختگی سطحی، جنبش شدید زمین، جابه جایی و زمین لغزش، در مناطق با توپوگرافی و شیب زیاد، تاثیر می پذیرند. در این مطالعه ابتدا مدل سه بعدی توپوگرافی و بعد نقشه شیب منطقه تهیه شد. حریم گسلش نیز با توجه به چگالی گسل ها و سه سناریوی جنبایی احتمالی گسل شمال تهران و با توجه به بزرگای بدست آمده از سناریوهای مختلف محاسبه شد. بیشترین حریم گسل ۲/۲ کیلومتر و کمترین حالت یک کیلومتر می باشد.

کلید واژه ها : حریم گسلش، گسل شمال تهران، GIS, DEM و زمین لغزش.

## Engineering fault rupture zone determination for North Tehran Fault

Masoud Mojarab and Dr Mehdi Zare

### Abstract

Construction in near fault regions is of specific importance for which safety should be considered against seismic faults. Fault rupture zone is a region that civil construction receives highest damage from near fault zone effects such as surface fractures, strong ground motion, displacement and landslide in the regions of great slope and rough topography. In this study, first, the three dimensional topography and slope map of the studied area are prepared. The fault rupture zone of North Tehran Fault is calculated after developing the faults density and magnitudes gained from three probable mobile scenarios. Present study suggests a fault rupture zone of 2.2 to 1 km for North Tehran Fault.

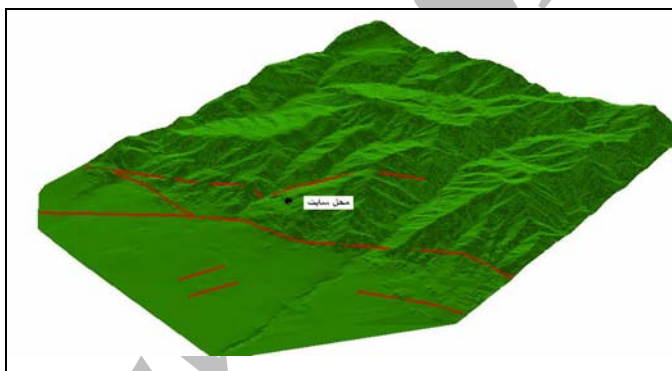
۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشکده فنی و دانشجوی دکترای مهندسی اکتشاف دانشکده فنی دانشگاه تهران

۲- دانشیار و معاونت فن آوری و پژوهشی پژوهشگاه زلزله شناسی و مهندسی زلزله

**Keywords:** faulting zone, north Tehran fault, DEM, GIS and landslide**مقدمه:**

احتمالی، طبقه بندی شیب و زمین لغزش بررسی شوند. در مناطق حوزه نزدیک گسل، ساخت و ساز اهمیت ویژه ای دارد و باید برای ساخت و ساز حریمی ایمن نسبت به گسل لرزه زا در نظر گرفته شود. منظور از حریم مهندسی گسلش، حریمی است که برای یک گسل لرزه زا در نظر گرفته می شود تا سازه ها از اثرات حوزه نزدیک گسل مانند گسیختگی سطحی، جنبش شدید زمین، جابه جایی و زمین لغزش در مناطق با توپوگرافی و شیب زیاد، کمتر تاثیر پذیرند. منطقه مورد مطالعه، سایت دانشگاه آزاد- واحد علوم انتخاب شده است (شکل ۱).

تجربه زلزله های گذشته، بویژه زلزله های اخیر، نشان می دهد که جنبش زمین در نزدیک گسل خصوصیات ویژه ای دارد که با حرکت آن در مناطق دور از گسل متفاوت است. در مناطق نزدیک گسل، حرکت زمین شدیداً تحت تأثیر مکانیزم شکست، جهت گسترش گسلش نسبت به ساختگاه و تغییر مکان ماندگار زمین می باشد. اثر حوزه نزدیک در مناطق کوهستانی و دارای شیب، باعث پدیده هایی چون زمین لغزش و سنگ افت می شود. بنابراین مناطقی که نزدیک گسلهای لرزه زا می باشند، باید از لحاظ حریم گسلش، میزان جابه جایی



شکل (۱): مدل سه بعدی توپوگرافی منطقه مورد مطالعه

خواهیم پرداخت. به دلیل اینکه ساخت و ساز در سایت دانشگاه آزاد و محدوده آن در حال افزایش است توجه به حریم گسلش و اثرات ناشی از زمین لرزه اهمیت ویژه ای دارد.

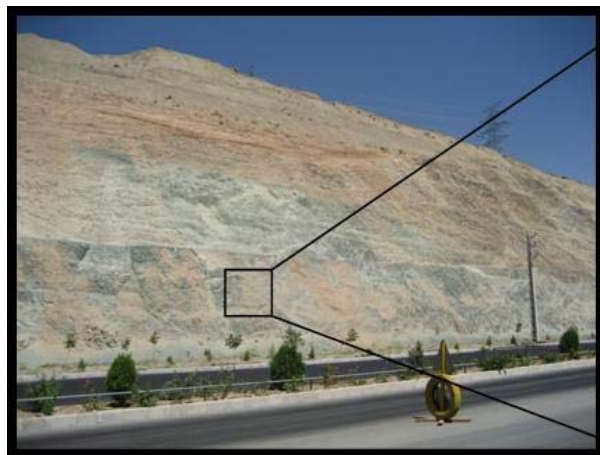
بررسی های زلزله شناسی مهندسی به صورت تهیه نقشه های حریم گسلش، چگالی گسل ها و شیب توپوگرافی در منطقه مورد مطالعه بوده است. با توجه به اینکه نزدیک ترین گسل لرزه زا به سایت، گسل شمال تهران است در ادامه به معرفی دقیق تر این پهنه لرزه زا



شکل (۲): عکس هوایی دانشگاه آزاد و محل سایت

شمال تهران راندگی است و در بیشتر مناطق سبب راندگی سازند کرج (با سن ائوسن) و بخش چین های کناری البرز (از سوی شمال) بر روی آبرفت های سازند هزار دره (A) و آبرفتهای ناهمگن شمال تهران (Bn) شده است (شکل ۳).

محدوده ی سایت و کلا دانشگاه واحد علوم تحقیقات، در فرا دیواره ی راندگی شمال تهران واقع شده است (شکل ۲). راندگی شمال تهران، ۹۰ کیلومتر درازا دارد (بربریان) که بخشی از آن مرز میان کوه و دشت را در شمال شهر تهران شامل می شود. ساز و کار گسل



شکل (۳): ابتدای بزرگراه فردوسی، توالی سازند کرج و آبرفت تهران. دید به سمت شمال

زمان دقیق آخرین حرکت گسل شمال تهران مشخص نیست ولی بنا به گزارش های منتشر شده حداقل تا ۴ هزار سال پیش قدمت دارد. از این رو امکان حرکت و فعالیت آن در هر زمان وجود دارد. مشاهده بهم ریختگی و توالی سازند کرج و آبرفت هزار دره ی (A) و بعضی مواقع آبرفت تهران (Bn)، تئوری وجود زمین لغزش های بزرگ قدیمی را تقویت می کند. این زمین لغزش ها نمی تواند به علت بارندگی باشد و احتمالاً علت آن زلزله های بزرگ است (شکل ۴).

راندگی شمال تهران، گسلی لرزه زاست و احتمال می رود که زمین لرزه های ذیل به سبب جنبش این گسل روی داده باشد (امبرسیز و ملویل):

- زمین لرزه ی ۲۳ فوریه ۲۵۸ میلادی، Ms ۷/۷ و شدت X
- زمین لرزه ماه مه ۱۱۷۷ میلادی میان شهرری و قزوین Ms ۷/۲ و شدت IX
- زمین لرزه ی ۲۴ دسامبر ۱۸۹۵ میلادی تهران
- زمین لرزه ی سه اکتبر ۱۹۷۰ میلادی رودبار قصران
- زمین لرزه ی ۲۶ اکتبر ۱۹۸۹ نجار کلایه در شمال خاوری تهران (امبرسیز ۱۳۷۰).



شکل (۴): بهم ریختگی در سازند کرج و آبرفت

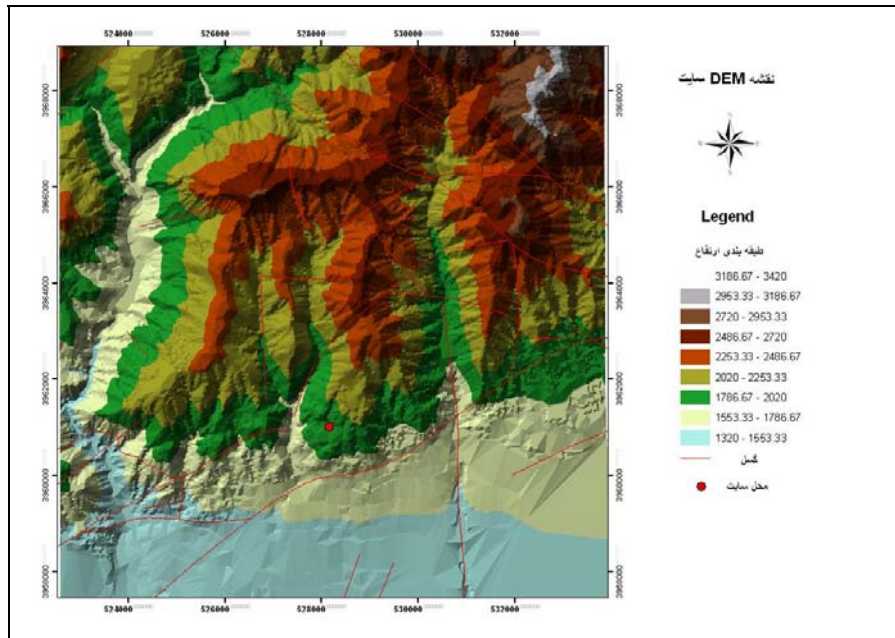
## گسل شمال تهران

گسل شمال تهران شامل یک پهنه از گسل هایی است که به صورت نردبانی پلکانی در پهنه شمال باختر تهران با طول تقریبی ۹۰ کیلومتر از شرق دره لشکرک (ده سبو) در شمال خاوری، تا روستای کاظم آباد (۲ کیلومتری شرق کلان و شمال بزرگراه تهران - کرج) در کوهپایه شمال تهران قرار گرفته است و نزدیکترین گسل لرزه زا به تهران است. بخشی از این سیستم گسلی، مرز میان کوه و دشت در شمال تهران را شامل می شود. راستای بخش خاوری گسل، خاوری- باختری است. سازوکار گسل شمال تهران، فشاری و راستالغز چپگرد است. سیستم گسلی شمال تهران شبیه به سوی شمال خاوری دارد. سیستم گسلی شمال تهران شبیه متغیر بین ۱۰ تا ۸۰ را دارا می باشد. این احتمال وجود دارد که زمین لرزه های ۲۳۴-۲۳۵ و ۵۵۶ هجری شمسی به دلیل گسیختگی گسل شمال تهران روی داده باشند. براساس مطالعات دور سنجی (عکس های هوایی و ماهواره ای) و با توجه به تغییر مسیر آبراه ها و تغییر شکل چپگرد مخروطه افکنه ها و آبراهه ها روی افتگاه گسل شمال تهران می توان سازوکار چپگرد را برای این گسل مسلم دانست. وابستگی زمین لرز های تاریخی به گسل های مهم هنوز مورد تردید است. نظیر زلزله ۱۹ آذر ۴۹۸ شمسی شمال قزوین که (بربریان ۱۹۹۹) آن را به گسل مشا منتسب دانسته اند. گسل شمال تهران شاخص ترین عارضه زمین ساختی در مجاورت شهر است. گذرگاه این گسل، خاور شمال خاوری- باختر جنوب باختری است و به صورتی ملایم به طرف جنوب تمایل دارد. در باختر کن، گسل های متعدد شمال خاوری - جنوب باختری و خاوری - باختری، تداوم آنرا قطع می کنند. در خاور لشکرک، این گسل وارد یک ناحیه پیچیده زمین ساختی می شود و به گسل مشا - فشم می پیوندد، گسل شمال تهران در بخش مرکزی بین کن و لشکرک، بین صخره های سازند کرج در چینه های مرزی و ذخایر رسوبی دشت آبرفتی مرز چین داری را تشکیل

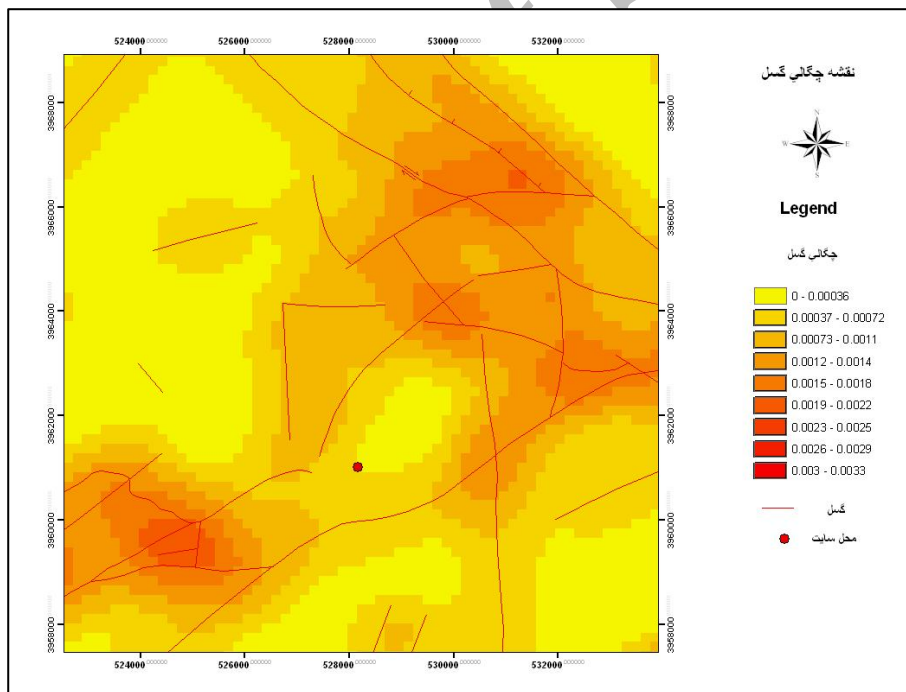
می دهد که بر روی لایه های جنوبی فرو می نشیند. بسیاری از مناطق در طول این بخش مرکزی قبلا توسط ریبین و انگالنگ تفسیر شده است و توسط چالنگو و همکاران مورد بررسی مجدد قرار گرفته اند. تعیین تاریخ آخرین حرکت گسل شمال تهران به علت عدم اطمینان و قطعیت در مورد عمر بسترهای قرمز رنگ که در زیر سطح پوسته قرار گرفته اند، مشکل است. گسل شمال تهران در باختر دارآباد، به رغم ساختار راندگی منطقه ای که در کن مشاهده می شود، یک گسل معکوس است. خاور دارآباد به طور مشخص تر، یک گسل رانده با زاویه کم می باشد. اختلاف بلندی ناگهانی بین شهر تهران (۱۳۰۰ متر) و نزدیکترین ستیغ آن، در فاصله ای کمتر از ۱۰ کیلومتر (توچال ۳۹۳۳ متر)، یکی از بارزترین ویژگیهای توپوگرافی گستره تهران است که نتیجه جنبش های شاغولی است که در راستای راندگی شمال تهران روی داده است. در راستای این گسل، سازند کرج بر روی آبرفت های کواترن تهران رانده شده است. در این بررسی گسل شمال تهران و شاخه های فرعی آن در مقیاس ۱/۲۵۰۰۰ و در محل دانشگاه آزاد واحد علوم تحقیقات مطالعه شده است.

## چگالی گسل

یکی از راه های تعیین حریم گسلش بدست آوردن چگالی گسل ها در منطقه مورد مطالعه است، که به وسیله آن می توان مناطق را از نظر خطر گسلش طبقه بندی کرد. هرچقدر چگالی گسل یک منطقه بیشتر باشد احتمال اینکه جنبایی گسل در آن منطقه صورت گیرد بیشتر است. بنابراین در این پژوهش نقشه چگالی گسل با توجه به گسل های موجود (شکل ۵)، تهیه و مناطق با چگالی متفاوت طبقه بندی شد. البته این روش یک روش نیمه توصیفی است، که با وزن دهی به میزان گسل موجود در هر پیکسل محاسبه می شود (شکل ۶).



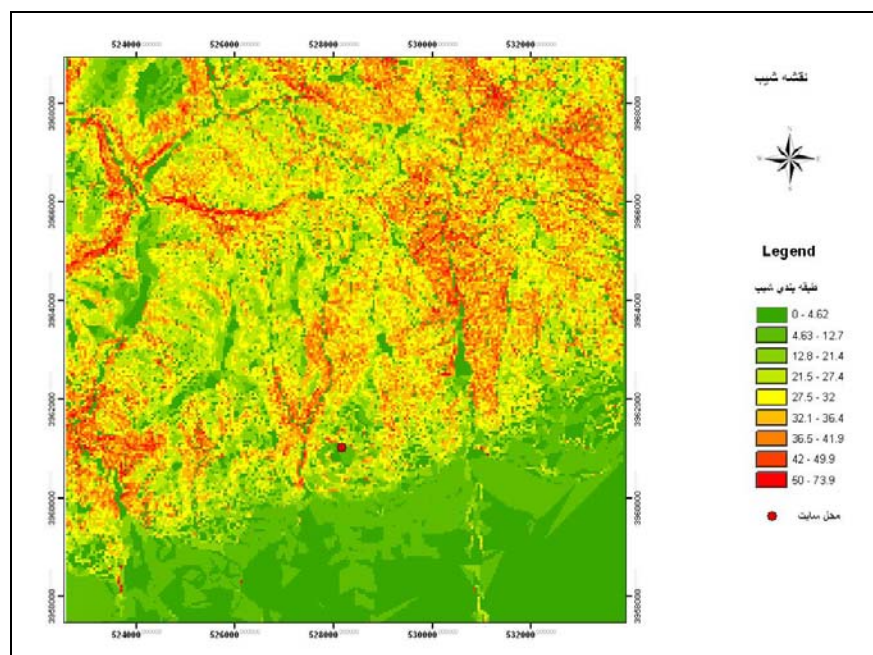
شکل (۵): نقشه توپوگرافی و شاخه‌های فرعی گسل شمال تهران



شکل (۶): نقشه طبقه‌بندی چگالی گسل

تصمیم‌گیری برای انتخاب سایت می‌باشد. هر چه قدر شیب عوارض زیادتر باشد احتمال لغزش در اثر یک زلزله بیشتر می‌شود (شکل ۷).

نقشه شیب منطقه نیز با توجه به مدل سه بعدی توپوگرافی تهیه شد. نقشه شیب، یکی از نقشه‌های پایه ای برای مهندسین عمران می‌باشد که در طراحی‌ها از آن استفاده می‌گردد. ضمناً نقشه شیب یکی از لایه‌های



شکل (۷): نقشه طبقه‌بندی شیب

قابل ملاحظه ای است که در زمین لرزه ای با بزرگای بیش از ۶ و ۷ باعث به وجود آمدن چنین پهنه های لغزشی شده است، بنابراین این امکان وجود دارد که محدوده سایت احتمالاً در مکانی پایدار از لحاظ لغزش های دامنه ای قرار دارد. اما با توجه به بازگشت پذیر بودن زلزله ها این امکان وجود دارد که در اثر جنباشدن گسل شمال تهران، سایت مورد نظر و در کل منطقه شمال تهران، مورد آسیب جدی قرار گیرد.

برای اندازه گیری تغییرمکان می توان به مشاهده برداری آن، یعنی یافتن در محل، در دو سوی گسل که پیش از رخداد گسلش برهم قابل انطباق بوده اند، پرداخت. روش دیگری که زلزله شناسانی ارائه داده اند، تخمین جابه جایی گسل در اثر یک زمین لرزه احتمالی با بزرگای گشتاوری مشخصی باشد. در همین راستا برای تعیین جابه جایی احتمالی گسل شمال تهران با توجه به سناریوهای مختلف از رابطه (زارع ۱۳۷۴) با در نظر گرفتن میانگین ۰.۵۰٪ و ۰.۳۷٪ گسیختگی از طول گسل استفاده شد.

$$M_W = 0.91Ln_{LR} + 3.66$$

سناریوهای مختلف موجود عبارت اند از:

۱- سناریوی بدترین حالت پهنه گسلی کلان-

## تغییر مکان گسل

تغییر مکان های سطحی حاصل از رویدادهای لرزه ای به میزان بسیار زیادی متغیرند. این تغییرات از ویژگی های متفاوت چشمه های لرزه ای، توزیع متفاوت تغییر شکل های زمین ساختی و پاسخ های متفاوت نهشته های سطحی و نزدیک سطح زمین ناشی می شود. گسل هایی که تغییر مکان های متفاوتی را نشان می دهند، تظاهرات سطحی متفاوتی دارند. به عنوان مثال در محدوده سایت دانشگاه آزاد علوم تحقیقات، بر اثر جنباشدن گسل معکوس شمال تهران سازند های زمین شناسی دچار بهم ریختگی شده و مشاهده جابه جایی سازند کرج و آبرفت Bn تهران و در بعضی مناطق آبرفت هزاره دره (A) می باشیم. در طول گسل شمال تهران که از محدوده شرق به کرج و از غرب تا لواسان و در نهایت به گسل مشا - فشم می رسد زمین لغزش های قدیمی قابل شناسایی است که احتمالاً در اثر جنبائی، شدن گسل شمال تهران به وجود آمدند. یک زمین لغزش قدیمی که در کوه مزارا اتاق افتاده است واقع شده است. البته مکان فعلی دانشگاه احتمالاً روی پنجه یک توده لغزشی واقع شده است. نکته قابل ملاحظه در مورد سایت دانشگاه این است که لزوماً سایت در معرض خطر زمین لغزش قرار ندارد ولی نکته

محاسبه شد.

با محاسبه بزرگای احتمالی و با توجه به روابط ولز و کوپراسمیت برای جابه جایی، میزان جابه جایی احتمالی با توجه به سناریوهای مختلف محاسبه شد.

$$LOG(D) = 0.82M - 5.46$$

اشتهارد با طول ۹۰ کیلومتر.

۲- سناریوی بدپهنه گسلی کلان- کرج با طول ۶۴ کیلومتر

۳- سناریوی گسیختگی قطعه کرج- دارآباد با طول ۲۵ کیلومتر.

به این ترتیب با توجه به سناریوهای مختلف، بزرگای

مختلف برای ساختگاه

طول گسل	گسیختگی ۵۰٪	گسیختگی ۳۷٪
90	7.1	6.8
64	6.8	6.5
25	5.9	5.6

طول گسل	گسیختگی ۵۰٪	گسیختگی ۳۷٪	جابه جایی احتمال M/۵۰	ابه جایی احتمال M/۳۷
90	7.1	6.8	2.4	1.4
64	6.8	6.5	1.3	0.7
25	5.9	5.6	0.2	0.1

شمال تهران قرار گرفته که با توجه به خطر گسیختگی مستقیم، اثرهای حوزه ی نزدیک گسل، در صورت وقوع زمین لرزه امکان بروز خسارات و تلفات فراوان در تهران و بخصوص سایت مورد نظر پیش بینی می شود. برای محاسبه حریم گسلش در محدوده ی سایت، حریم گسلش طبق فرمول (زارع ۱۳۸۰) بدست می آید.

$$M_w = a + b \ln(W) + \sigma$$

$$a = 6.88$$

$$b = 0.34$$

$$\sigma = 0.61$$

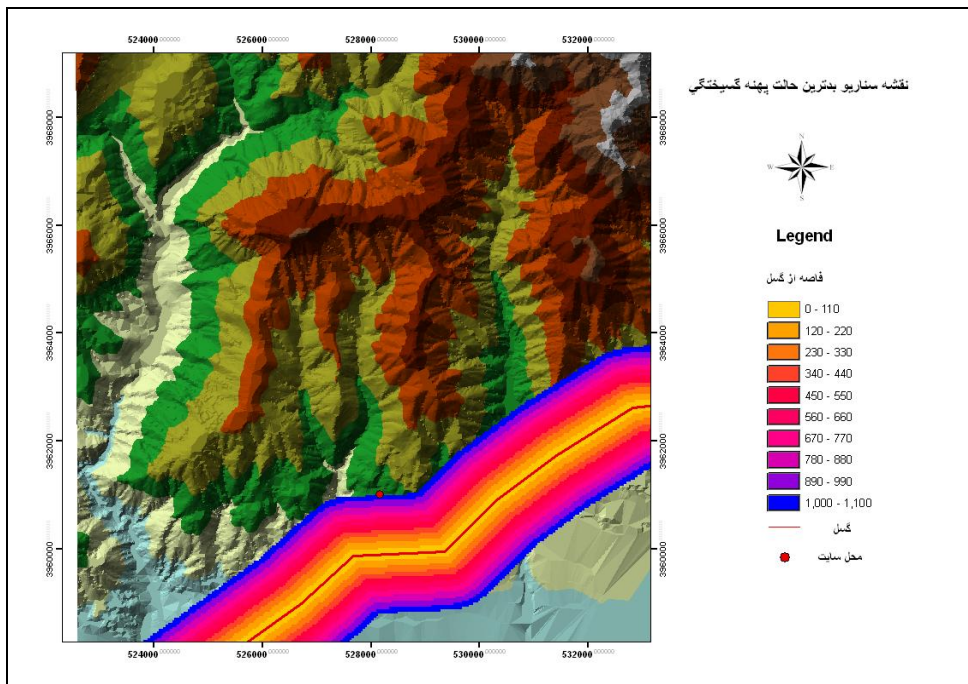
طول گسل	گسیختگی ۵۰٪	گسیختگی ۳۷٪	حریم گسلش ۵۰٪	حریم گسلش ۳۷٪
90	7.1	6.8	2.2	1.9
64	6.8	6.5	1.8	1.6
25	5.9	5.6	1.1	1.0

به این ترتیب بدترین حالت جابه جایی، محتمل ۲/۴ متر و کمترین حالت ۱۰ سانتیمتر می باشد.

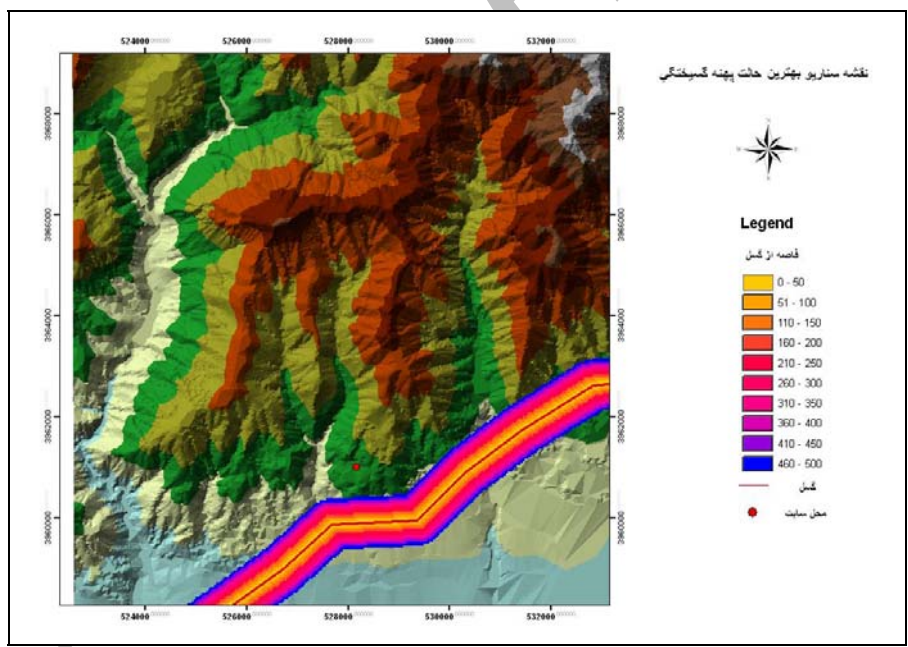
### حریم گسلش

با توجه به گسترش شهرنشینی و قرارگیری بسیاری از شهرها و مناطق مسکونی ایران در دامنه ها و قرارگیری روندهای گسله کواترنری در مرز بین کوه و دشت (در بسیاری موارد منطبق بر پای دامنه های کوهستانی)، مسئله حریم گسلش و چگونگی تعیین آن اهمیت ویژه ای یافته است. در این مطالعه نیز سایت مورد نظر بر روی پهنه گسله

با توجه به بزرگای بدست آمده از سناریوهای بالا، بیشترین حریم گسل ۲/۲ کیلومتر (شکل ۸) و کمترین حالت یک کیلومتر محاسبه شده است (شکل ۹).



شکل (۸): نقشه حریم گسلش، با سناریوی بدترین حالت



شکل (۹): نقشه حریم گسلش، با سناریوی بهترین حالت

### نتیجه گیری

با توجه به اینکه روند ساخت و ساز در حریم گسل شمال تهران رو به افزایش می باشد، یکی از مهمترین مطالعات مقدماتی برای جلوگیری از آسیب پذیری لرزه ای رعایت حریم گسل می باشد. در این مطالعه حریم مهندسی گسلش با توجه به روابط موجود محاسبه

وارائه شده است. با توجه به بزرگای بدست آمده از سناریوهای مختلف بیشترین حریم گسل ۲/۲ کیلومتر و کمترین حالت یک کیلومتر محاسبه شده است. همچنین نقشه چگالی گسل با توجه به تعداد گسل های فرعی بدست آمده است. نقشه شیب منطقه مورد مطالعه نیز برای مطالعه مقدماتی زمین لغزشها تهیه گردیده است. بنابراین



- امبرسیز ن.ن.، ملویل چ.پ.، ۱۳۷۰، تاریخ زمین لرزه‌های ایران، ترجمه ابوالحسن رده، انتشارات آگاه.

- بربریان، م، ۱۳۷۴، نخستین کاتالوگ زلزله و پدیده‌های طبیعی ایران زمین، جلد نخست خطرهای طبیعی پیش از سده بیستم، انتشارات موسسه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله.

- Berberian, M., 1995, Masterbluel thrust fault hidden under the zagros fold active basement tectonics & surface morphotectonics, Tectonophysics, 241, 143-224.
- Berberian, M., king, G.C. 1981. Towards a paleogeography & tectonics evolution of Iran, Canadians journal of Earth Science, 18, 210-265.

با توجه به نقشه های تهیه شده و قضاوت مهندسی می توان نتیجه گرفت که محدوده سایت، در حریم گسلش واقع شده و در اثر یک زمین لرزه احتمالی، امکان تخریب و زمین لغزش بالا را دارد.

### مراجع

- زارع، م، ۱۳۸۰، خطر زمین لرزه و ساخت و ساز در حریم گسل شمال تبریز و حریم گسلش گسل های زمین لرزه ای ایران، پژوهش نامه زلزله شناسی و مهندسی زلزله.
- بربریان، م، پژوهش و بررسی لرزه - زمین ساخت (سایزموکتونیک ایران) گزارش ۴۰، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

Archive of SID

پیوست



شاخه فرعی گسل شمال تهران



اسکارپ گسل شمال تهران در آبرفت



شاخه فرعی گسل شمال تهران



شاخه فرعی گسل شمال تهران



نمای نزدیک سایت



زمین لغزش محلی