مجله علمی -پژوهشی برنامه‌ریزی فضایی (جغرافیا)
سال سوم، شماره اول، (پیاپی ۸)، بهار ۱۳۹۲
تاریخ وصول: ۱۳۹۲/۲/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۸/۱۰
صص: ۵۶-۳۷

سنجش خطر پذیری سکونتگاه‌های شهری از پدیده فرونشست زمین
مطالعه موردی: منطقه ۱۸ شهر تهران

مرتضی کریمی[1*]، علی اصغر قنبری[2]، شهرام امیری[3]
۱-عضو هیأت علمی و استادیار دانشگاه جامع امام حسین(ع)
۲- عضو هیأت علمی دانشگاه جامع امام حسین (ع)
۳- کارشناش ارشد دانشگاه تربیت مدرس

چکیده

فرونشست زمین یکی از مخاطرات ژئومورفیک محسوب می‌شود، که دارای حرکتی کند و بطئی بوده و در بلند مدت آثار مخرب خود را نشان می‌دهد. وقوع این مخاطره می‌تواند عاملی در ایجاد و تشدید آسیب پذیری کانون فعالیت‌های انسانی واقع در بسترهایی با زیرساخت مخاطره آمیز طبیعی باشد. در چنین شرایطی شناخت کافی از درجه و میزان آسیب پذیری و تحلیل و تبیین ویژگی‌ها و شرایط گروه‌های انسانی، تاسیسات و مکان‌های در معرض خطر می‌تواند مجال برنامه ریزی و آمایش محیطی فضا را درجهت تعدیل خطر پذیری و به تبع آن دوری از بحران را فراهم آورد. بدین منظور برای سنجش خطر پذیری سکونتگاه‌های شهری منطقه ۱۸ شهر تهران ناشی از پدیده فرونشست زمین از داده‌های ماهواره‌ای راداری و به‌کمک تکنیک تداخل سنجی رادار دهانه ترکیبی (InSAR) میزان فرونشست زمین در طی دوره یک ساله مورد بررسی قرار گرفت. روش مورد استفاده برای انجام این تحقیق پیمایشی- توصیفی- تحلیلی است بدین منظور منابع داده‌ای مختلف مورد نیاز به همراه داده‌های میدانی و پیمایشی تهیه و پس از رقومی سازی، پردازش اولیه، در جهت ایجاد پایگاه داده‌های مکانی در محیط GIS برروی آن صورت گرفت. در مرحله بعد به کمک تکنیک تداخل سنجی راداری اقدام به استخراج نرخ و دامنه فرونشست شده است. نتایج حاصل از پردازش تصاویر راداری سنجنده PALSAR ماهواره ALOS در سال ۲۰۰۹-۲۰۱۰ نشان می‌دهد که

* نویسنده مسؤول mkarimi35@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

پدیده نشست در منطقه ۱۸ و مناطق اطراف آن از الگوی پهنه‌ای برخوردار است. نقشه الگوی توزیع فضایی نواحی مسکون نشان دهنده استقرار بخش قابل توجهی از مساکن این منطقه در عرصه درگیر با پدیده نشست است. مساحت کلی منطقه در حدود۳۸۰ هکتاربرآورد شده که ۱۵۰ هکتار(۴۰٪) از این مساحت واقع در سه ناحیه (۱-۲ و۳) در حال فرونشینی به نرخ ۱-۲۵ سانتیمتر است. فروریزش ناگهانی زمین و تخریب و ریزش سازه‌های آسیب پذیر از سوانح محتمل ناشی از عوارض فرونشست است که در منطقه مورد مطالعه به سبب تراکم زیاد جمعیت می‌تواند با ایجاد تلفات انسانی زیاد، فاجعه آفرین باشد. فاجعه بارترین وضعیت محتمل برای این منطقه هم زمانی سانحه نشست با زمین لرزه است. زمین لرزه می‌تواند به عنوان عامل ماشه‌ای برای رویداد سانحه فروریزش در این اراضی به شمار آید. چنین فاجعه‌ای در منطقه به خاطر دارا بودن پتانسیل لرزه خیزی منطقه به دلیل همجوار بودن با گسل فعال ری دور از انتظار نیست.

واژه‌های کلیدی: فرونشست، منطقه ۱۸، خطر پذیری، تداخل سنجی راداری، زلزله.

بیان مسأله:

مخاطرات طبیعی از جمله عواملی هستند که سالانه با رویداد خود باعث ایجاد خسارت های جانی و مالی فراوانی در بیشتر مناطق جهان از جمله ایران می‌شوند. اگر دررابطه با اقدامات کاهش خطر احتمالی این مخاطرات، شناخت بیشتری صورت می گرفت بدون شک زندگی بسیاری حفظ می‌شد (مونیخ، ۲۰۰۷). امروزه بر خلاف آنچه در گذشته مخاطرات طبیعی را بعنوان بلایای طبیعی و غیر قابل پیش بینی و پیشگیری تصور می کردند، جوامع، مقامات دولتی و سازمان های توسعه می توانند با درک و پیش بینی پیامد های آینده مخاطرات، خطر ابتلا به این بحران ها را به حداقل برسانند (توماس و همکاران، ۲۰۰۵). این گروه از مخاطرات با توجه به رویداد سطحی و مجاورتشان با بستر کانون‌های فعالیت انسانی، از یک سو تحدیدی برای زیرساخت ها محسوب شده و از سوی دیگر آسیب پذیری ناشی از رویداد آن به واسطه اقدامات فاقد برنامه ریزی و مخرب انسان تشدید گردیده و در اغلب موارد فاجعه به همراه دارد. برخی از فرایند های مورفولوژیک ازقبیل فرونشست زمین، زمین لرزه، لغزش، سیل و... ازجمله فرایندهای هستند که وقوع آنها عاملی در ایجاد و تشدید ناپایداری و آسیب پذیری کانون های استقرارگروه ها و فعالیت های انسانی محسوب می‌شوند(شریفی کیا و همکاران،۱۳۹۰). پدیده فرونشست زمین یکی از پدیده‌های مورفولوژیکی بشمار می‌آید، که طبق تعریف انستیتو زمین شناسی ایالات متحده، این پدیده شامل فروریزش یا نشست رو به پائین سطح زمین است که می تواند همراه با جابجایی اندک افقی باشد. حرکت از نظر شدت، وسعت و میزان مناطق درگیر محدود نبوده و فرونشست می تواند در اثر پدیده‌های طبیعی زمین شناختی مانند انحلال و ... و یا فعالیت های انسانی نظیر برداشت آب های زیرزمینی و یا نفت ایجاد شود. این پدیده می‌تواند اثرات مورفولوژیکی سطحی مانند بی نظمی‌های مورفولوژیکی، خسارت به تاسیسات انسان ساخت (ساختمان ها، بزرگراهها، خیابان ها و معابر) و اثرات

Archive of SID

www.SID.ir

زیر سطحی مانند کاهش حجم آبخوان ها، اختلال در الگوی جریان های هیدرولوژیک و تخریب تاسیسات زیر سطحی (همچون قنوات، شبکه های آبرسانی مدرن، شبکه سوخت و آبرسانی، تونل‌های شهری و...) را به دنبال داشته باشد.

در سال‌های اخیر افزایش روز افزون جمعیت و بهره برداری از آب‌های زیر زمینی جهت تامین آب برای مصارف خانگی، کشاورزی و حتی صنعتی در بعضی از نقاط جهان به ویژه در حوضه‌هایی که با نهشته‌های آبرفتی، دریایی کم عمق یا دریاچه‌ای تحکیم نیافته انباشته شده‌اند، به نشست و یا فروریزش سطح زمین منجر شده و باعث به وجود آمدن مخاطره فرونشست شده است (وانگ و همکاران، ۲۰۰۹). هرچند رخ داد پدیده فرونشست از فرکانس و توالی نسبتاً زیادی برخوردار است، اما به واسطه حرکت بسیار کند و آرام زمین در اغلب مواقع درک و اندازگیری آن بدرستی میسر نیست. بدین سبب رویداد این پدیده در اغلب نواحی تنها زمانی مورد شناسایی قرار می‌گیرد که در مورفولوژی سطحی و بخصوص در تاسیسات و تجهیزات باعث اثر گذاری گردیده و تخریب و خسارتی ببار آورد. خسارت های ناشی از فرونشست‌ها و شکاف های زمین ترمیم ناپذیر، پر هزینه و مخرب هستند و وقوع آن می‌تواند عاملی در ایجاد و تشدید آسیب پذیری کانون های استقرار فعالیت های انسانی همچون مراکز نظامی- امنیتی واقع در بسترهایی با زیرساخت مخاطره آمیز طبیعی که در صورت وقوع، با توجه به اهمیت ملی و بین‌اللملی این مراکز از جمله شهر تهران، ممکن است امنیت کشور را از نظر داخلی و خارجی به شدت متزلزل کند. بنابراین ضرورت دارد مبتنی بر الگوی فضایی سکونت گاه ها و تاسیسات در معرض نشست استخراج شده و گروه های انسانی بهره ور که در معرض آسیب پذیری این پدیده قرار دارند تعیین گردد.

اندازه گیری نرخ و دامنه فضایی پدیده فرونشست از طریق اطلاعات ماهواره‌ای روشی نوین در پایش این پدیده بشمار می‌رود. در این روش با بکارگیری داده‌های ماهواره‌ای راداری و به‌کمک تکنیک SAR؛ قابلیت اندازه گیری نرخ و همچنین عرصه و دامنه این پدیده در یک بازه زمانی متوسط ۱/۵ ماهه فراهم بوده که در مواردی خاص تا حد چند روز نیز قابلیت تعدیل دارد.

اهداف پژوهش:

۱- اندازه گیری نرخ و دامنه پدیده فرونشست در محدود مورد مطالعه.

۲- استخراج میزان و دامنه خسارات احتمالی ناشی از رخداد پدیده فرونشست و همزادی آن با پدیده زلزله در محدود مورد مطالعه.

۳- سنجش ناپایداری بستر تاسیسات صنعتی – امنیتی تهران در برابر مخاطره فرونشست و **همزادی** آن با پدیده زلزله به منظورتعیین درجه ؛ میزان و نوع گروههاو تاسیسات آسیب پذیر.

پیشینه تحقیق

بر اساس اطلاعات کارگروه فرونشست در سازمان یونسکو قدیمی‌ترین فرونشست شناخته شده در ایالت آلاباما در امریکا در سال ۱۹۰۰ میلادی بوقوع پیوسته است(holzer,1998). اساس مطالعات این کار گروه بررسی‌های تفصیلی بر روی ۴۲

Archive of SID

www.SID.ir

فرونشست در ١٥ کشور جهان بوده است. از حدود سال ١٩٦٥، یونسکو اولین برنامه جهانی خود را برای چرخه‌های آب شناختی با عنوان دهه جهانی آبشناسی آغاز نمود که در سالهای بعد مطالعه فرونشست ها به یکی از موضوع‌های اصلی آن تبدیل گشت . از آن تاریخ تا به امروز بررسی‌های بیشتری در این زمینه در کشورهای پیشرفته به ویژه در ایالات متحده و ژاپن انجام شده است که نتیجه آن کنترل شدید مصرف آب و تغییر در الگوی مصرف و توقف فرونشست ها در بسیاری از موارد بوده است.

کارهایی در سایر نقاط جهان صورت پذیرفته که از جمله (آندرسا و گاما، ٢٠٠٢) و (حسام‌الدین و عابدین) به پایش نشست جاکارتا اندونزی با استفاده از تکنیک تداخل سنجی راداری و GPS پرداخته‌اند و یا (تاتینی، ٢٠٠٠) به بررسی اثرات دینامیکی آب و گاز برفرونشست در منطقه شیکاگو امریکا پرداخته است.

در ایران نیز پدیده فرونشست بالاخص در اثر استخراج بی رویه آبهای زیر زمینی به وفور مشاهده شده است.نخستین بررسی های علمی در جهت تعیین نرخ فرونشست از حدود دو دهه قبل در دشت رفسنجان که واجد بالاترین سابقه و نرخ نشست بود، آغاز گردید. (شفیعی ثابت ، ١٣٧٣) بطورکلی از مجموعه قریب به ٦٠٠ دشت کشور که احتمال می‌رود بیش از نیمی از آنها درمعرض نشست باشند؛ مطالعات منتشرشده موید انجام تحقیقات در تنها ١٨ دشت از جمله دشتهای رفسنجان ، کرمان – زنگی آباد و رزند در استان کرمان (رهنما و همکاران، ٢٠٠٩، اردکان و یزد در استان یزد (آمیغ پی و همکاران، ١٣٨٩)، مشهد ، نیشابور و کاشمر- بردسکن در استان خراسان رضوی(لشکری پور، ١٣٨٧)، قرچک- ورامین، تهران - اسلام شهر و هشتگرد در استان تهران (شمشکی،١٣٨٤، فتوت اسکندری، ١٣٨٧) کبوتر آهنگ در استان همدان (امیری، ١٣٨٤؛ هاشمی، ١٣٨١) کاشان، گلپایگان و مهیار در استان اصفهان (جنت، ١٣٨٨، مصلحی، ١٣٨٩) دو دشت سلماس و مرند (دهقان سورکی،١٣٩٠) در آذربایجان و مطالعه فرونشست‌های دشت رفسنجان، مشهد، کرمان، دشت کبودرآهنگ و فامنین در استان همدان اشاره نمود (عمیق‌پی و همکاران، ٢٠٠٨).

علل موثر دراندازه گیری نرخ و دامنه فضایی پدیده فرونشست از طریق اطلاعات ماهواره‌ای روشی نوین در پایش این پدیده بشمار میرود. در این روش با بکارگیری داده‌های ماهواره‌ای راداری و به کمک تکنیک SAR ؛ قابلیت اندازه گیری نرخ و همچنین عرصه و دامنه این پدیده در یک بازه زمانی متوسط ١/٥ ماهه فراهم بوده که در مواردی خاص تا حد چند روز نیز قابلیت تعدیل دارد.

سوال تحقیق

١- نرخ و دامنه فرونشست در منطقه چگونه است؟

٢ - چه عواملی در ایجاد پدیده فرونشست موثر است؟

فرضیه تحقیق:

نرخ و دامنه فرونشست در منطقه مورد مطالعه تابع عوامل ایجابی شامل تراکم منابع برداشت آب و الگوی استقرار اراضی مسکونی است.

Archive of SID

www.SID.ir

روش تحقیق و داده‌های مورد استفاده:

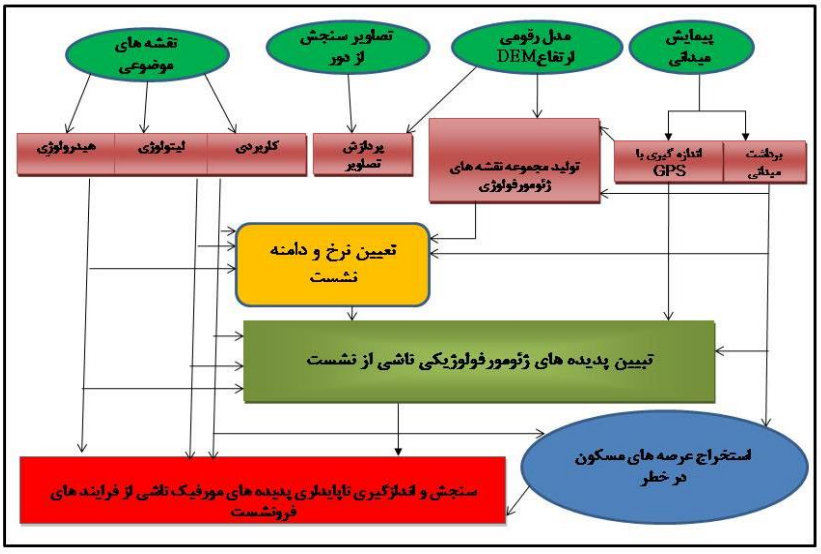
در راستای انجام این پژوهش حجم قابل توجهی از دادهای رقومی و آنالوگ مورد نیازخواهد بود که عمده آن مشتمل برموارد ذیل خواهد بود:

١- منابع اسنادی شامل نقشه های موضوعی(زمین شناسی ١:١٠٠٠٠٠تهران، و توپوگرافی ١:٢٥٠٠٠)

٢-تصاویر سنجش از دوری مشتمل بر تعداد ٤ سین داده SAR از سنجنده ASAR ماهواره ENVISTA اروپا سال ٢٠١٠-٢٠١١ و تعداد٢ سین داده SAR از سنجنده PALSAR ماهواره ALOS ژاپن مربوط به سال ٢٠٠٩-٢٠١٠.

٣-داده‌های پیمایشی، تعیین و کنترل کاربری اراضی.

روش مورد استفاده برای انجام این تحقیق پیمایشی- توصیفی- تحلیلی است. بدین منظور منابع داده‌ای مختلف مورد نیاز به همراه دادهای میدانی و پیمایشی تهیه و پس از رقومی سازی، پردازش اولیه، در جهت ایجاد پایگاه دادهای مکانی در محیط GIS برروی آن صورت گرفت. در مرحله بعد به کمک تکنیک تداخل سنجی راداری اقدام به استخراج نرخ و دامنه فرونشست شده است. در این روش از طریق تداخل سنجی تفاضلی داده‌های راداری[1] که می‌توان نرخ نشست را در ابعاد سانتیمتر تعیین و دامنه آن را با دقت متر (١ تا ١٠ متر بسته به نوع داده ماهواره ای) مشخص ساخت، استفاده شده است. در ادامه با تعیین نواحی در معرض نشست و دسته بندی آنها براساس نرخ بیان شده اقدام به انجام پیمایش میدانی برای استخراج پدیده‌های مورفیک ناشی از نشست و تعیین سکونتگاه ها و تاسیسات در معرض مخاطره ناشی از این پدیده شد. سپس با تحلیل داده های نقشه ای و پیمایشی روند تبدیل پدیده به مخاطره و احتمالا فاجعه تبیین شده و در نهایت قابلیت پذیری رویداد فاجعه احتمالی در بسترهای نا امن را معرفی می‌نمایم(شکل ١).



شکل شماره ١: نمودار فرایند تحقیق

1 -Differential Interfrometric Synthetic Aperture Radar- D-InSAR

Archive of SID

www.SID.ir

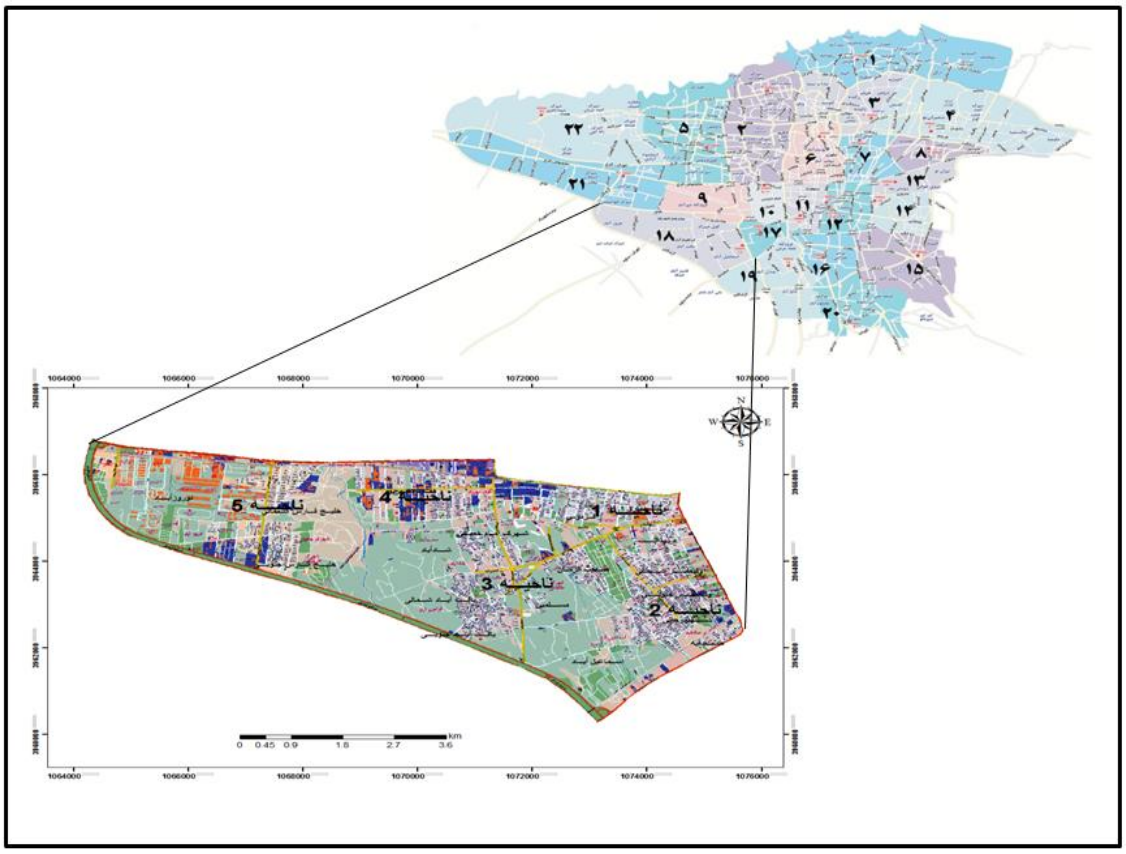
منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه یکی از بزرگترین مناطق شهر تهران است. این منطقه در منتهی الیه جنوب غربی شهر تهران از شمال به ٤٥ متری زرند و بزرگراه فتح در منطقه ۹ از جنوب به بزرگراه آیت اله سعیدی در منطقه ۱۹ و بزرگراه آزادگان و شهر چهاردانگه از شرق به بزرگراه آیت اله سعیدی و منطقه ۱۷ و از غرب بزرگراه آزادگان محدود می‌گردد. مساحت منطقه بر اساس طرح مصوب راهبردی _ ساختاری (جامع) شهر تهران ۳۸۰۹ هکتار که ۸/۵ درصد از کل مساحت شهر تهران است. این مساحت بدون احتساب حریم بوده و مساحت حریم بر اساس آخرین برآورد ۷۱۹۱ هکتار است (شکل شماره۱). جمعیت منطقه بر اساس آخرین سرشماری نفوس مسکن سال و احتساب ۰۸/ درصد رشد سالیانه ٤۰۳۰۱۷ نفر که از این تعداد ۳۸۲٥٤٥ نفر (۹٤/۹ درصد) در محدوده و ۲۰٤۷۲ نفر (٥/۱ درصد) درحریم سکونت دارند. بررسی عناصر اقلیمی در سطح منطقه ۱۸ تهران نشان می‌دهد که در پنج سال گذشته میانگین حداقل دما ۳/۲ درجه سانتیگراد و میانگین حداکثر دما ۲۹/۸ درجه سانتیگراد بوده است.

بارش‌ها بیشتر به صورت باران بوده و به طور میانگین ٤٥ روز در سال بارندگی وجود دارد. حداکثر میزان بارندگی ۹/٦ میلی‌متر بوده است و بیشترین میزان بارندگی در ماه‌های آبان، دی و بهمن صورت گرفته است. از نظر ژئومورفولوژی بر روی رسوبات دوران چهارم زمین شناسی قرار گرفته است. جنس رسوبات موجود در منطقه شامل آبرفت‌های جوان مخروط افکنه‌ای است که از دامنه جنوبی البرز به سمت جنوب ادامه داشته و بخشی از دشت را در بر گرفته و بخش کمتری از شهر تهران بر روی آن بنا شده است، است. این سازند بطور کلی از نهشته‌های سیلابی و رودخانه‌ای جور نشده تشکیل و ضخامت آن ٦۰ متر است. سازند آبرفتی تهران در نزدیکی کوهپایه شکل مخروط افکنه‌ای داشته و به سمت جنوب تبدیل به لایه‌های سیلتی کم شیب می‌شود (تچالنکو و همکاران، ۱۹۷٤). تنها رودخانه موجود در منطقه، رود خانه کن است و از مهمترین رودخانه‌های منطقه دشت تهران به شمار می‌آید که در تغذیه سفره آب زیر زمینی غرب و جنوب غربی تهران نقش اساسی را بر عهده دارد (شکل۲).

Archive of SID

www.SID.ir



شکل شماره ۲: نقشه محدوده مورد مطالعه در جنوب غربی شهر تهران

یافته‌های تحقیق:

همان گونه که در نقشه میزان فرونشست تهیه شده از تصاویر راداری یک ساله ماهواره ALOS مشاهده می‌شود، این پدیده از همان روندی پیروی می‌کند که در تصاویر راداری ماهواره ENVISAT قابل مشاهده است.

تحلیل نتایج حاصل از پردازش تصاویر راداری سنجنده ASAR ماهواره ENVISAT

تصاویر راداری مربوط به منطقه مورد مطالعه در یک دوره ۹۰ روزه از تاریخ ۲٤ می(خرداد ماه) تا ۲۲ آگوست (شهریور ماه) سال۲۰۱۱ با استفاده از نرم افزار SARSAPE در محیط ENVI آنالیز شده و میزان فرونشست در منطقه مورد مطالعه بدست آمده است. برای کسب نتایج بهتر میزان فرونشست در منطقه ۱۸در سه کلاس کمتر از ۲، ۲-٤ و٤-٦ سانتیمتر کلاس بندی شد. بیشتر پهنه‌های در معرض رخداد این پدیده مورفولوژیکی در سه ناحیه (۱، ۲ و ۳) واقع شده‌اند، این سه ناحیه در مجموع مساحتی حدود ۱٦۹٦٥۱٥۲ (٤٤.۷٤٪) از کل منطقه را شامل می‌شوند. از نظر پراکندگی جمعیتی بیشترین میزان جمعیت ساکن در منطقه در این سه ناحیه تجمع یافته است، تنها در ناحیه یک جمعیتی بالغ بر ۱۰٥ هزار نفر سکونت دارند که پر جمعیت‌ترین ناحیه در منطقه محسوب می‌شود. به طورکلی این نواحی جمعیتی حدود ۲٤۷٦٤٤ نفر که معادل ٦٥درصد از

Archive

www.SID.ir

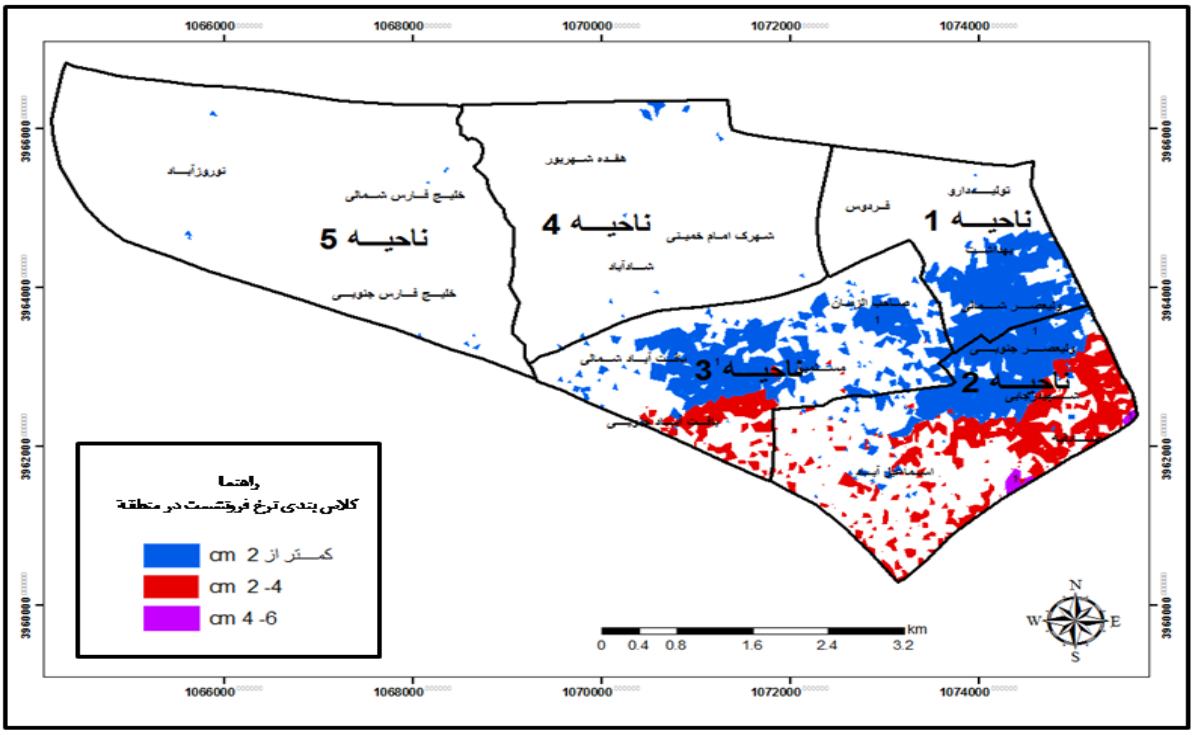
کل جمعیت منطقه است را در خود جای داده‌اند. با توجه به پهنه‌های در حال فرونشست، هر چه به سمت جنوب منطقه نزدیک می‌شویم افزایش میزان فرونشست را در پی دارد به گونه‌ای که در محله‌های بهداشت، ولیعصر شمالی، مسلمین، یافت آباد شمالی و جنوبی، قسمت غربی محله ولیعصر جنوبی و شمال محله شهید رجایی دارای فرونشتی با نرخ کمتر از دو سانتیمتر و به مساحت ٤٤٠٩٩٢٧ متر مربع است. در کلاس دوم با نرخ فرونشست بین ٢ تا ٤ سانتیمتر برآورد شده است که در این پهنه، محله‌های ولیعصر جنوبی، یافت آباد جنوبی، صادقیه، شهید رجایی و اسماعیل آباد قرار دارند. بیشترین میزان فرونشست رخ داده در این کلاس در ناحیه دو اتفاق افتاده است. در مجموع پهنه در حال فرونشینی با نرخ ٢-٤ سانتیمتر، مساحتی حدود ٢١٤٦٧٩٠ متر مربع از این نواحی را شامل می‌شود. بیشترین میزان فرونشست در منطقه، بین٤ تا ٦ سانتیمتر است که در دو محله صادقیه و اسماعیل آباد به مساحت ٦٣٣٩٩ متر مربع به وقوع پیوسته است (جدول شماره ١ - شکل ٣). قابل ذکر است که این میزان فرونشست در طی دوره ٩٠ روزه در این نواحی رخ داده است.

جدول شماره١: مساحت پهنه‌های درحال فرونشینی در منطقه

	مساحت متر مربع	درصد	جمعیت	درصد
ناحیه یک	٤٣٢٣٥٩٩	٪١١.٤	١٠٥٤٩٨	٪٢٧.٥٧
ناحیه دو	٦٢٧٣٨٢٦	٪١٦.٥٤	٧٥٩٤٧	٪١٩.٨٤
ناحیه سه	٦٣٦٧٧٢٧	٪١٦.٨	٦٦١٩٩	٪١٧.٣
مجموع	١٦٩٦٥١٥٢	٪٤٤.٧٤	٢٤٧٦٤٤	٪٦٤.٧١

Archive of SID

www.SID.ir



شکل شماره۳: نقشه پراکندگی پهنه‌های درحال فرونشینی در منطقه ۱۸ برگرفته از تصاویر رادرای ماهواره ENVISAT

تحلیل نتایج حاصل از پردازش تصاویر راداری سنجنده PALSAR ماهواره ALOS

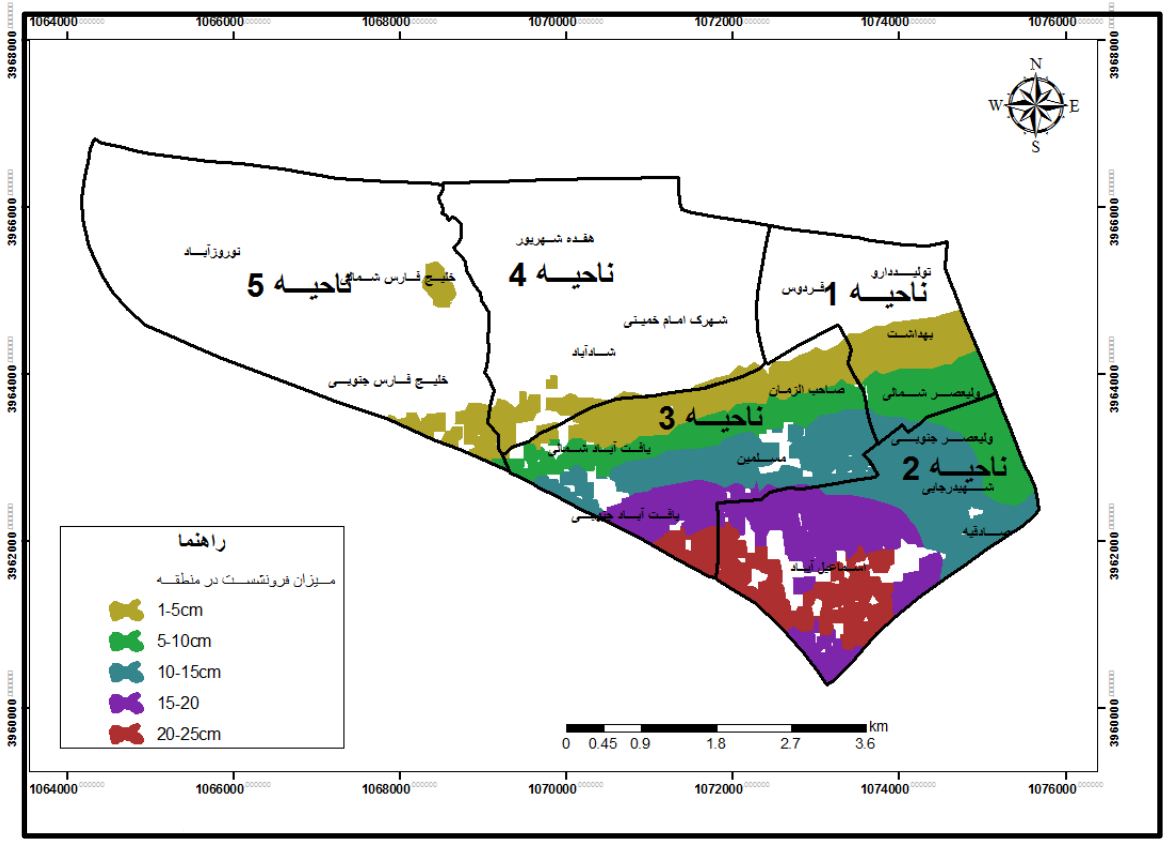
الگوی فرونشست به دست آمده از تصاویر راداری یک ساله ماهواره ALOS نشان می‌دهد که این پدیده از همان روندی پیروی می‌کند که در تصاویر راداری ماهواره ENVISAT مشاهده می‌شود. از پنج ناحیه موجود در منطقه سه ناحیه به شدت و با نرخ بسیار بالایی در حال فرونشینی هستند به نحوی که در طی دوره مورد بررسی (۲۰۰۹-۲۰۱۰) فرونشستی با نرخ ۲۵سانتیمتر رخ داده است. وقوع این پدیده در محله‌های بهداشت، مسلمین، صاحب‌الزمان و یافت آباد شمالی با نرخ سالانه ۱-۵ سانتیمتر شروع شده و درپی آن در محلات جنوبی منطقه به بیشترین میزان خود ۲۰-۲۵ سانتیمتر در سال می‌رسد. در واقع هرچه به سمت جنوب منطقه نزدیک می‌شویم بر میزان نشست افزوده می‌شود و به صورت یک پهنه وسیع که حدود ۱۵ کیلومتر مربع از آن، منطقه مورد مطالعه را در بر می‌گیرد، قابل تشخیص است. به طوری که محله‌های واقع در پهنه‌های در معرض فرونشینی، جمعیتی حدود ۲٦۱٤٦٤ نفر (٦٨.٦٪) از کل جمعیت ساکن (۳۸۰۹٤۸) در منطقه قرار گرفته‌اند (جدول۲ و شکل٤).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول شماره۲: مساحت پهنه‌های درحال فرونشینی در منطقه

کلاس(cm)	مساحت(متر مربع)	درصد
۵-۱	۳٤۰٦۲۷۱	٪۹
۱۰-۵	۲۹٦۱۸۸۰	٪۷.۸
۱۵-۱۰	٤۰۷۸۸۰۳	٪۱۰.۸
۲۰-۱۵	۲۸۲۹۵۱۲	٪۷.۵
۲۵-۲۰	۱۷۲۸۳۸٤	٪٤.۵
مجموع	۱۵۰۰٤۸۵۰	٪۳۹.٦



شکل شماره٤: نقشه پراکندگی پهنه‌های درحال فرونشینی در منطقه ۱۸ برگرفته از تصاویر رادرای ماهواره ALOS

مساحت کلی منطقه مورد مطالعه در حدود۳۸۰ هکتاربرآورد شده که ۱۵۰ هکتار از این مساحت در حال فرونشینی به نرخ ۱-۲۵ سانتیمتر است، این مساحت ٤۰ درصد از منطقه را در بر می‌گیرد. سه ناحیه از منطقه(ناحیه۱-۲ و۳) که جزو مهمترین و پر جمعیت ترین نواحی منطقه محسوب می‌شوند با خطر فرونشست مواجعه هستند، به ویژه در قسمت‌های جنوب و جنوب شرقی منطقه که در آن این پدیده با شدت بیشتری در حال وقوع است. در حال حاضر این پدیده در برخی نواحی منطقه به

www.SID.ir

آخرین سطح تکامل خود که همان ایجاد درز و شکاف در ابنیه‌ها و تاسیسات سطحی بوده، رسیده است (شکل۵)

شکل شماره۵: تصویری از ساختمان واقع در منطقه که درز و شکاف‌های ناشی از پدیده فرونشست ایجاد شده

(عکس: نگارنده)

رخداد فرونشست زمین در این منطقه از اهمیت شایانی برخوردار است، چرا که این منطقه علاوه بر جمعیت انسانی ساکن و مناطق مسکونی، دارای مراکز صنعتی، نظامی و تاسیسات زیر بنایی بوده که هر کدام از این تاسیسات دارای ارزش و اهمیت ویژه‌ای هستند به عنوان نمونه، بزرگراه آزادگان و بزرگراه سعیدی و خط راه آهن تهران – جنوب که از محورهای مهم و حیاتی راه آهن کشور محسوب می‌شود در جنوب و جنوب شرقی منطقه، درست در همان پهنه‌های پر خطر فرونشینی قرار دارند. به طوری که سالانه رخداد پدیده فرونشست باعث ایجاد و افزایش درز و شکاف در این تاسیسات زیر بنایی می‌شوند و در صورت ادامه و افزایش می‌تواند منجر به ایجاد خسارات و اتلاف هزینه و در صورت تشدید، تخریب این گونه تاسیسات را در پی داشته باشد (شکل٦).

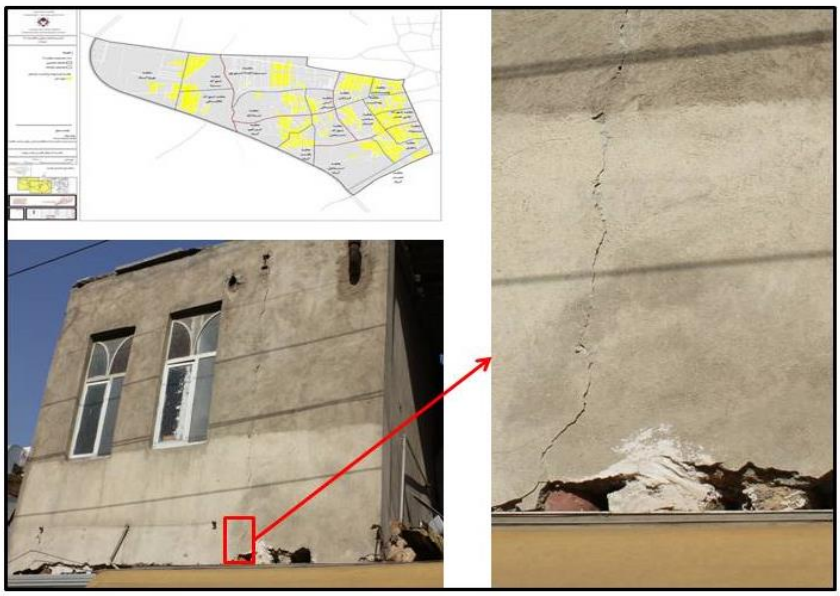
شکل شماره٦: تصویرایجاد درز و شکاف در پل بزرگراه آیت الله سعیدی ناشی از پدیده فرونشست

(عکس: نگارنده)

Archive of SID

www.SID.ir

علاوه بر این، سایر تاسیسات موجود در این نواحی شامل بیمارستان‌ها، ادارات دولتی و تاسیسات زیر سطحی(خطوط لوله آب، گاز و...) گرفته تا کارگاه‌ها و مراکز صنعتی نیز از این مخاطره ژئومورفیکی به دور نیستند و همواره با توجه به روند فرونشینی در آینده نچندان دور دچار خسارت‌های هر چند جزیی خواهند شد. در این مناطق به دلیل استخراج منابع زیر زمینی (آب) و تحمیل بار زیاد بر آن از یک سو و نامناسب بودن جنس لایه‌های زیرین زمین از سوی دیگر منجر به ایجاد و تشدید پدیده فرونشست شده که درنتیجه این تحولات پدیده طبیعی فرونشست را از سیر طبیعی خود خارج کرده و باعث ایجاد خسارات جانی و مالی شده است. در چنین وضعیتی یک پدیده طبیعی همانند فرونشست در مناطق سکونتگاهی تبدیل به مخاطره شده و همواره از آن به عنوان یک آسیب و در تداوم تهدید نام برده می‌شود. نواحی از منطقه که دارای بافتی قدیمی و فرسوده هستند، پدیده فرونشست با ایجاد خسارت مالی وتلفات انسانی به عنوان یک عامل تهدید کننده و مخاطره آمیز در نظر گرفته می‌شود. در این منطقه به دلیل داشتن بافت‌های فرسوده(بافت آسیب پذیر) در سه ناحیه: ناحیه یک ٢٣.٤ درصد، ناحیه دو ٢٨.٦ و در ناحیه سه ٣٣.٣ درصد، قابلیت افزایش خسارات و تلفات ناشی از پدیده فرونشست را داراست. تعداد زیادی از این بافت‌ها در پهنه‌های با نرخ فرونشینی بین ١٠-٢٠ سانتیمتر در سال واقع شده‌اند. با توجه به نوع مواد مورد استفاده و طول عمر این بناها با کمترین تحرکات ناشی از فرونشینی دچار درز و شکاف شده و به مرور زمان و افزایش فرونشست، درز و شکاف‌ها گسترده تر شده و در نهایت به آسیب‌های جدی به ساختمان‌ها منجر شده و حتی ریزش این گونه بناها را به دنبال خواهد داشت، از آنجایی که اکثر این ساختمان‌ها مسکونی بوده و دارای جمعیت بهره بردار هستند در صورت ریزش به تلفات جانی نیز خواهند منجر شد (شکل ٧).



شکل شماره٧: تصویربافت‌های فرسوده و تاثیر فرونشست در این نوع سازه‌ها

منبع: مطالعات طرح تفظیلی منطقه ١٨ تهران

Archive of SID

www.SID.ir

مخاطره فرونشست، زلزله و ارتباط این دو مخاطره با هم وپیامدهای آن در منطقه مورد مطالعه

رویداد مخاطره فرونشست در سکونتگاه‌ها علاوه بر ایجاد خسارت فراوان به ساختمان‌ها و تاسیسات، جمعیت‌های انسانی ساکن را نیز تهدید می‌کند. به نحوی که رویداد آن می‌تواند با ایجاد تلفات انسانی از طریق تخریب ساختمان‌ها به فاجعه تبدیل شود. فروریزش ناگهانی زمین و تخریب و ریزش سازه‌های آسیب پذیر از سوانح محتمل ناشی از عوارض فرونشست است که در نواحی شهری با تلفات انسانی همراه خواهد بود. این سوانح در مواردی خاص به سبب تراکم زیاد جمعیت (منطقه مورد مطالعه) و یا گسترش شعاعی اراضی فروریخته، می‌تواند با ایجاد تلفات انسانی زیاد، فاجعه آفرین باشد. فاجعه بارترین وضعیت محتمل برای نواحی در معرض فرونشست، هم زمانی سانحه نشست با زمین لرزه است زمین لرزه از یک سو عامل ماشه‌ای برای رویداد سانحه فروریزش در اراضی که به سبب بر خورداری از پدیده فرونشست چنین قابلیتی را دارند، به شمار می‌رود.

کاهش رطوبت و ذخایر آبی لایه‌های زیرین قادر است موج ناشی از رخداد زمین لرزه را مخرب‌تر ساخته و فاجعه ایجاد کند. بدین سبب هم زمانی رویداد سانحه زمین لرزه در اراضی در معرض فرونشست می‌تواند نتایج ناشی از رویداد یک زمین لرزه غیر مخرب و یا نسبتاً مخرب را به یک زلزله خسارت بار و پر تلفات تغییر داده و فاجعه انسانی را به دنبال داشته باشد (شریفی کیا، ۱۳۸۹). چنین فاجعه‌ای در منطقه مورد مطالعه به خاطر دارا بودن پتانسیل لرزه خیزی منطقه به دلیل همجوار بودن با گسل فعال ری، برداشت منابع زیر زمینی(آب) بسیار بیشتر از ظرفیت منطقه و نواحی اطراف آن که این امر منجر به افزایش شتابان نرخ نشست زمین شده ، دور از انتظار نیست. در صورت وقوع چنین فاجعه‌ای در منطقه به دلیل تراکم جمعیت زیاد از یک سو و وجود بافت‌های فرسوده در سه ناحیه(۱، ۲ و ۳) از سوی دیگر باعث چند برابر شدن خسارات و تلفات انسانی در منطقه مورد مطالعه خواهد شد. دیگر تاسیسات و امکانات زیر بنایی موجود در منطقه همچون پردیس خودرو، ترمینال در محله اسماعیل آباد با نرخ فرونشست سالانه ۱۵-۲۵ سانتیمتر، شهرداری منطقه ۱۸، منبع آب، مجتمع قضایی مجاور پارک قائم واقع در محله صاحب الزمان، بیمارستان شهدای یافت آباد، راه آهن تهران – جنوب ، بزرگراه آزدگان را می‌توان از جمله مهمترین تاسیسات در حال فرونشینی و در معرض تخریب در منطقه بشمار آورد.

علاوه بر این یکی از مهمترین و خطرناک‌ترین مخاطرات ژئومورفیکی موجود در این منطقه، رخداد زلزله است که طبق مطالعات و بررسی‌های انجام شده توسط دیگر محققان در رابطه با شهر تهران که منطقه مورد مطالعه (منطقه۱۸) در قسمت جنوب غربی آن واقع شده است، نشان می‌دهد که با فعال شدن گسل ری دچار تخریب و تلفات بسیار زیادی خواهد شد (شکل شماره۸). بر اساس مطالعاتی که جایکا (۱۳۸۱) و دیگر محققان در رابطه با خطر پذیری شهر تهران و پیامدهای ناشی از وقوع زلزله در چند سال اخیر انجام داده‌اند، پهنه‌های خطر پذیری و میزان آسیب‌های ناشی از آن در مناطق۲۲ گانه شهر تهران در صورت فعال شدن هر یک از گسل‌های موجود مشخص شده است. جدول شماره (۳) میزان

Archive of SID

www.SID.ir

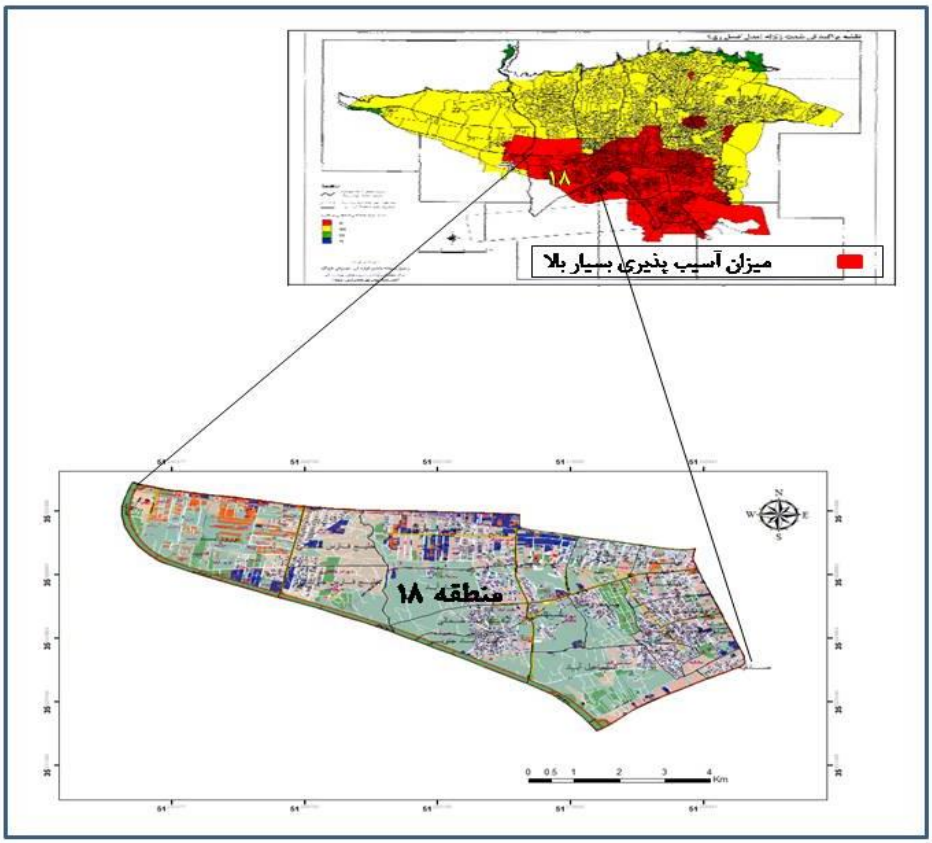
آسیب‌پذیری ساختمان‌های منطقه ۱۸ شهر تهران را در برابر سه گسل اصلی و فعال را نشان می‌دهند.

جدول شماره۳: آسیب‌های وارده به ساختمان‌های مسکونی منطقه ۱۸ در اثر فعال شدن هر یک از گسل‌ها

گسل منطقه	گسل ری		گسل شمال تهران		گسل مشأ		مدل گسل شناور		تعداد کل ساختمان‌ها
منطقه ۱۸ شهرداری تهران	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	۳۵۳۹۹
	۲۷٤٤٦	٪۷۷/۵	۸۹٤۲	٪۲۵/۳	۳٦۱۸	۱۰٪/۲	۱۸٤۳۷	٪۵۲/۱	

** مأخذ: جایکا، ۱۳۸۱، ۱۱۰

بر این اساس می‌توان به این نتیجه رسید که منطقه ۱۸ شهر تهران یکی از مناطقی است که در هنگام فعال شدن گسل ری بیشترین آسیب را متحمل خواهد شد.

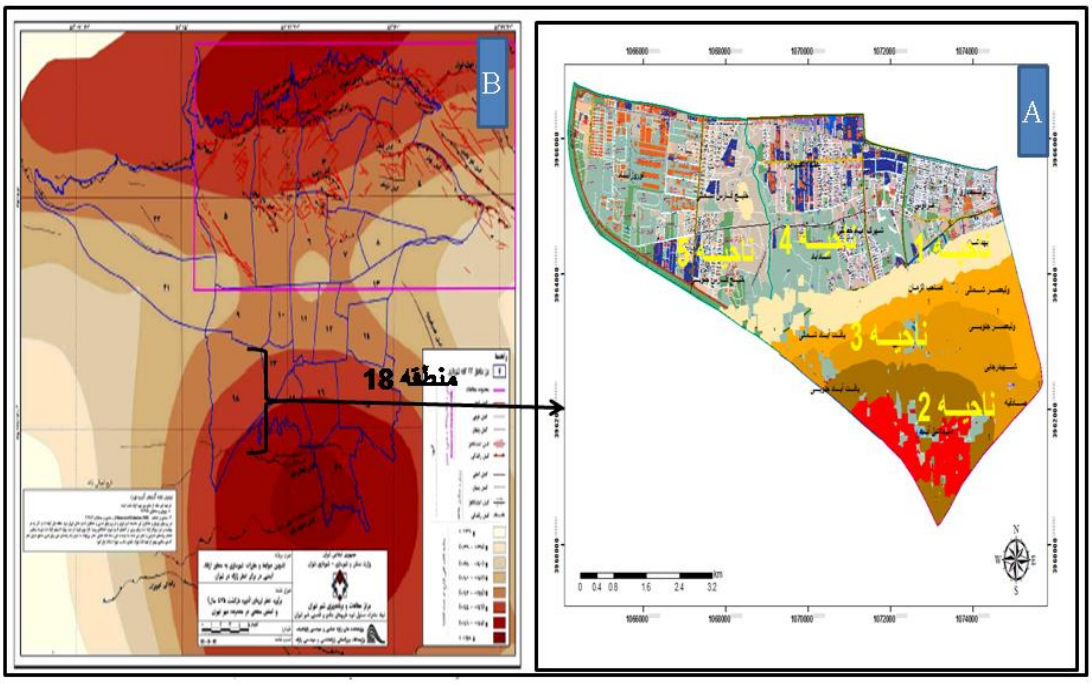


شکل شماره۸: نقشه پراکندگی بیشینه شتاب زمین مدل گسل ری و موقعیت منطقه ۱۸ بر روی آن

قسمت جنوب و جنوب شرقی منطقه مورد مطالعه در صورت فعال شدن گسل ری دچار ٤٤-٤٦٪ تخریب خواهد شد. حال اگر زلزله نیز باعث تحریک مناطق در حال فرونشینی شود (ناحیه یک، دو و سه) تخریب و تلفات ناشی از این دو مخاطره به میزانی بسیار بیشتر از این برآوردها خواهد رسید.

www.SID.ir

زیرا این منطقه از نظر منابع زیر زمینی(آب) هر ساله دارای افتی بیش از ۲۵ سانتیمتر است که همین امر خود باعث ایجاد و یا تشدید یک مخاطره بالقوه به نام فرونشست بوده و از طرف دیگر با خالی شدن فضای بین ذرات خاک و سنگ موجود در بستر این تاسیسات در مقابل ارتعاشات ناشی از وقوع زلزله مقاومت چندانی از خود نشان نخواهد داد و با توجه به این نکته وقوع یک زلزله بی خطر یا کم خطر در این منطقه می‌تواند به عنوان عاملی ماشه‌ای برای ایجاد مخاطره فرونشست شده و منجر به حوادث ناگواری شود به نحوی که تاسیسات و جمعیت موجود در آن را با فاجعه‌ای غیر قابل جبران روبرو خواهد کرد (شکل۹). از طرف دیگر با توجه به اهمیتی که شهر تهران از نظر سیاسی، امنیتی، اجتماعی و اقتصادی در اداره کل کشور دارد با وقوع مخاطرات ژئومورفولوژیکی از قبیل فرونشست و زلزله و همچنین حدوث همزمان این دو مخاطره به دلیل تاثیر مستقیمی که با هم دارند شهر تهران و به دنبال آن کشور را با فاجعه و بحران شدیدی مواجعه خواهد کرد.



شکل شماره۹: A: پهنه‌های در حال فرونشینی در منطقه ۱۸(ماهواره ALOS) B: پهنه‌های در معرض مخاطره زلزله (مطالعات جایکا۱۳۸۱-۱۱۰)

نتیجه گیری

همانطور که در مطالعات اشاره گردید، در چند دهه اخیر توسعه شهری در کلانشهر تهران و مناطق اطراف آن در بخش‌های صنعت، تجارت، حمل و نقل، املاک و ... رشد سریع و فزاینده‌ای داشته است. این توسعه سریع شهری، اثرات منفی جانبی از جمله تبدیل گسترده مناطق کشاورزی به مناطق مسکونی و صنعتی، اختلال قابل توجهی به عملکرد محیط

www.SID.ir

زیست، آلودگی‌های زیست محیطی و... را باعث شده است. یکی از اختلالات موجود در منطقه ناشی از پدیده ژئومورفیک فرونشست است. این فرایند که در نتیجه برداشت‌های بی رویه از منابع زیر زمینی به ویژه منابع آب و تحمیل بار حاصل از فعالیت‌های انسانی در سطح حاصل شده است. این فرایند مورفولوژیکی در مناطق شهری به واسطه تراکم جمعیتی و تاسیسات احداثی و پیامدهای مخربی که این فرایند می‌تواند ایجاد کند، دارای ارزش و اهمیت ویژه‌ای است.

به طور کلی درز و شکاف‌های ایجاد شده در تاسیسات و چشم اندازهای طبیعی بویژه در مناطق خشک و نیمه خشک (همانند منطقه مورد مطالعه) با زمین‌های در حال فرونشست مرتبط هستند. این وضعیت به ویژه در مناطقی که شرایط اقلیمی خشک و نیمه خشک حاکم باشد و از سوی دیگر برداشت بی رویه از سفرهای آب دار ماسه‌ای متخلل که به صورت بین لایه‌ای با لایه‌های آب دار رسی نفوذناپذیر قرار دارد بسیار حاد بوده و موجب فرونشست گسترده می‌شود. ازمناطق مستعد ایجاد این پدیده حاشیه ارتفاعات به سمت مرکز دشت است، در این نواحی هرگاه نیروی ناشی از وزن طبقات بالای سطح ایستابی بر مقاومت موادی که بر روی آبخوان هستند غلبه نمایند، باعث ایجاد شکاف در سطح زمین می‌شود.

نتایج حاصل از پردازش تصاویر راداری سنجنده PALSAR ماهواره ALOSدر سال ۲۰۰۹-۲۰۱۰ نشان می‌دهد که پدیده نشست در منطقه ۱۸ از الگوی پهنه‌ای برخوردار است. همنهاد سازی نقشه حاصل از دامنه و نرخ فرونشست در منطقه با نقشه الگوی توزیع فضایی نواحی مسکون نشان دهنده استقرار بخش قابل توجهی از مساکن این منطقه در عرصه درگیر با پدیده نشست است. در حال حاضر از مساحت کلی منطقه در حدود۳۸۰ هکتاربرآورد شده که ۱۵۰ هکتار(۴۰٪) از این مساحت واقع در سه ناحیه (۱-۲ و۳) در حال فرونشینی به نرخ ۱-۲۵ سانتیمتر است (شکل٤). پدیده طبیعی که دیگر نمی‌توان از روند آن به عنوان طبیعی یاد کرد، بلکه مخاطره مورفولوژیکی بالقوه‌ای است که هر لحظه امکان تبدیل شدن به فاجعه در شهر تهران و به دنبال آن در سطح ملی را دارد، پدیده‌ای که علاوه بر ایجاد رخنمون‌های فراوان مورفولوژیکی در سطح زمین، توان تبدیل شدن به مخاطره و تهدید برای انسان و دستاوردهای انسانی را داراست. ایجاد فرو چاله، جابجایی بنیاد و شکست و ترک در ساختمان‌های مسکونی، تجاری و اداری، کج شدگی تاسیسات مرتفع، آسیب دیدگی تاسیسات کشاورزی در دو منطقه واقع در حریم منطقه ۱۸ (تاسیسات منصوب در چاه‌های بهره برداری، شبکه آبیاری و...) انهدام و شکستگی و پل‌ها، جاده‌ها و شبکه معابر شهری (خطوط مترو راه آهن) فروریزش ناگهانی زمین و تخریب و ریزش سازه‌های آسیب پذیر از جمله عمومی‌ترین خسارات و تهدید ات حاصل از تشدید پدیده فرونشست است که در نواحی شهری با تلفات انسانی همراه خواهد بود. بسیاری از این اشکال در حال حاضر در منطقه مشاهده شده و به عنوان یک فرایند ژئومورفیکی مخاطره آمیز و به‌عنوان تهدیدی جدید برای جمعیت و تاسیسات جمعیتی محسوب می‌شود (اشکال۵، ٦ و ۷). از جمله مهمترین عوامل تاثیر گذار بر ایجاد و شدت فرونشست در منطقه،

Archive of SID

www.SID.ir

تراکم منابع برداشت آب و الگوی استقرار اراضی مسکونی است. آنچه مسلم است، این منطقه هم‌اکنون با دو مخاطره بالقوه مورفولوژیکی (فرونشست و زمین لرزه) مواجعه است که در صورت وقوع هر کدام از این مخاطرات، منطقه را به شدت تحت تاثیر خود قرار خواهد داد. بیشترین آسیب حاصله زمانی ایجاد می‌شود که این دو مخاطره به صورت همزمان رخ دهند به گونه‌ای که زمین لرزه باعث وقوع فرونشست شود. در این صورت، با توجه به تراکم جمعیتی و نوع سازه‌های موجود (بافت‌های فرسوده فراوان) و زیر ساخت نامناسب زمین شناسی، منطقه را به شدت تخریب و بالاترین میزان تلفات انسانی و خسارت مالی ممکن را در این مناطق در پی خواهد داشت. چنین شرایطی از تهدید و مخاطره برای کلان شهر تهران بسیار خسارات بار است، امری که به سبب استقرار زیر ساخت مخاطره آمیز فرونشست و زمین لرزه از یک سو و تراکم جمعیت و استقرار اراضی مسکونی و صنعتی در این نواحی از سوی دیگر، بستر مناسبی را برای زایش یک فاجعه فراهم ساخته است. فاجعه‌ای که در صورت وقوع نه تنها کلان شهر تهران؛ بلکه کل کشور را با بحران مواجعه خواهد کرد. لذا شایسته است که قبل از وقوع حوادث تلخ، دردناک و پرهزینه، مسئولان در هنگام برنامه ریزی و توسعه مناطق شهری نسبت به پیش بینی وقوع وقایع اتفاقیه دغدغه لازم را داشته باشند و احساس مسولیت کنند. البته ناگفته نماند علاوه بر مطالعات ژئومورفیکی، سایر مطالعات جغرافیایی نیز در مکان گزینی، توسعه و برنامه ریزی‌های مناطق شهری توجه لازم را داشته باشند، زیرا بی توجهی به آنها خسارات جبران ناپذیری را در آینده به وجود خواهد آورد.

پیشنهادها

با توجه به نتایج مطالعات به دست آمده موارد ذیل را می‌توان پیشنهاد نمود؛

۱- با توجه به وجود مناطق متعدد فرونشست در منطقه، لزوم و شناسایی و کنترل و مدیریت این مناطق امری ضروری به نظر می‌رسد. چرا که رویارویی با خطر فرونشست بر سه اصل پیش بینی، تشخیص و پایش استوار است.

۲-اصلاح روش‌های مدیریت منابع آب و جلوگیری از ادامه فعالیت استفاده کنندگان غیر مجاز و چاه‌های حفر شده را می‌توان به عنوان راهکاری فوری و اضطراری در نظر گرفت.

منابع

۱-امیری، منوچهر، (۱۳۸٤)، ارتباط بین فروچاله‌های دشت فامین کبودرآهنگ-قهاوند با سنگ کف منطقه، فصلنامه علمی پژوهشی علوم زمین،شماره ۵۸ ص ۱۳٤-۱٤۷.

۲-بیاتی خطیبی، مریم، (۱۳۸٦). مفهوم زمان و طیف‌ها و مقیاس‌های آن درپژوهش‌های ژئومورفولوژی، مجله آموزش رشد، شماره ۸۱، دوره۲۳، ص۳-۱٦.

۳-جنت، کبری، قاضی فرد، اکبر، (۱۳۸۸)، بررسی ویژگی‌ها و علل فرونشست در دشت گلپایگان با استفاده از تداخل سنجی رادار و GIS. مجموعه مقالات نخستین کنفرانس سراسری آب‌های زیر زمینی، ص ۱-۹.

Archive of SID

www.SID.ir

٤-دادستان،احمد، انتظام، ایمان، بلوارچی، محمد جواد، (١٣٨١)، بررسی سازوکار فرونشست‌ها و خطرات ناشی از آن در دشتهای کبودآهنگ، فامنین و همه کسی استان همدان، گروه زمین شناسی ایران، دی ١٣٨١.

٥-دهقان سورکی، یونس، (١٣٩٠)، به کارگیری تکنیک تداخل سنجی تفاضلی راداری D-In SAR در تعیین نرخ و دامنه فرونشست زمین در دشت مرند، پایان نامه کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS استاد راهنما محمد شریفی کیا، دانشگاه تربیت مدرس.

٦-شریفی کیا، محمد، (١٣٨٩)، بررسی پی آمدهای ناشی از پدیده فرونشست در اراضی و دشت‌های مسکونی ایران، مجله انجمن زمین شناسی مهندسی ایران، جلد سوم، شماره ٣و٤، ص ٤٣-٥٨ .

٧-شریفی کیا، محمد، امیری، شهرام، شایان، سیاوش، (١٣٩٠)، سنجش آسیب پذیری سکونت گاه‌های روستایی ناحیه ولشت از مخاطرات زمینی، مدرس علوم انسانی، برنامه ریزی و آمایش فضا، دوره پانزدهم، شماره١.

٨- شفیعی ثابت، بهرام، (١٣٧٣)، مدل کردن نشست منطقه‌ای زمین در اثر پایین رفتن سطح آبهای زیر زمینی. پایان نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما محمد محسن توفیق، دانشگاه شهید باهنر کرمان، دانشکده فنی.

٩-شمشکی، امیر، بلوارچی، محمد جواد، انصاری‌فر، (١٣٨٤)، بررسی فرونشست زمین در دشت تهران- شهریار، مدیریت زمین شناسی و زیست محیطی، سازمان زمین شناسی، نشریه داخلی.

١٠-فتوت اسکندری، امیر. (١٣٨٧). مدل سازی ریاضی فرونشست دشت شهریار، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شاهرود، مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک.

١١-کمک پناه، علی. (١٣٨٦). مطالعه علل پدیده گسیختگی زمین در جاده‌های دشت یزد- اردکان، پژوهش نامه حمل ونقل، سال چهارم شماره دوم تابستان ١٣٨٦.

١٢-گروه زمین شناسی مهندسی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور. (١٣٨٣). فرونشست و پیامدهای نامطلوب آن در ایران و جهان، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، بهمن ماه ١٣٨٣.

١٣-لشکری پوریا، غلام رضا، (١٣٨٧)، بررسی علل تشکیل شکاف‌ها و فرونشست زمین در غرب دشت کاشمر، مجله مطالعات زمین شناسی، جلد یک، شماره ١ ص٩٥-١١١.

١٤-مصلحی، علی، قاضی فرد، اکبر، (١٣٨٧)، بررسی فرونشست زمین و پهنه بندی خطر فرونشست در دشت کاشان، مجموعه مقالات همایش ملی مهندسی عمران و توسعه پایدار، استهبان- دانشگاه آزاد اسلامی واحد استهبان،ص ١-٨ .

١٥-معصومه آمیغ پی، سیاوش عربی، علی طالبی، (١٣٨٩)، بررسی فرونشست یزد با استفاده از روش تداخل سنجی رادای و ترازیابی دقیق، علوم زمین، سال بیستم، شماره ٧٧ سازمان نقشه برداری کشور ،تهران، ایران.

١٦-مهشادنیا، فاطمه، (١٣٨٥)، مروری بر نشست منطقه‌ای زمین در ایران و تدوین بانک اطلاعات فرونشست زمین، دهمین همایش انجمن

Archive of SID

www.SID.ir

زمین‌شناسی ایران، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۵،ص۲۶۱۲-۲۶۱۹.

۱۷-هاشمی، علی، (۱۳۸۱)، بررسی علل فرونشست عمومی زمین و تشکیل فروچاله‌ها در دشت فامنین و راه‌های مقابله با آن، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده صنعت آب و برق.

18- Amighpey, M., Mousavi. Z., Nankali, H., Arabi, S., Sedighi, M., Hosseini, S, 2008 ,Studying subsidence in Iran with leveling and permanent GPS observations, Geomantic 84 conference.

19- Shelley,E.O.,Ossa,A.,Romo,M.P.,2007.the sinking of Mexicocity: its effects onsoil properties and seismic response, sohl dynamics and earthquake engineering, 27: 333-343.

20- Goudie, Andrew. S, 2010, Geomorphological Hazards and Disaster Prevention, eds, by Cambridge University Press. Cambridge University Press 2010.

21- Gumilar, H.Z. Abidin , H. Andreas, T.P. Sidiq , M.Gamal 2012, the Impacts of Land Subsidence in Bandung Basin (Indonesia), institute teknologi bandung, may6-10 2012,rome,Italy.

22- Wang, G.Y, G. You, B. Shi, J. Yu, M. Tuck, 2009, Long-term land subsidence and strata compression in Changzhou, China, Engineering Geology 104 (2009) 109–118.

23- www.region18.tehran.ir

24- www.gsi.ir

25- www.subsidence.gsi.ir

Archive of SID

www.SID.ir