



پهنه بندی آسیب پذیری های کالبدی- زیرساختی در برابر زمین لغزش با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی مورد مطالعاتی: سکونتگاه های واقع در محدوده استان تهران و البرز

سعیده اسدی^۱، علی شرفی^۲ و مژگان عاطفی^۳

۱. دانشجوی دکتری معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران. Saeedehasadi1363@gmail.com

۲. استادیار، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران. sharghi@sru.ac.ir

۳. کارشناس ارشد بازسازی پس از سانحه، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهیدبهشتی، تهران، ایران. Atefi.mojgan@gmail.com

چکیده

زمینه و هدف: استان تهران و البرز مناطقی با اهمیت ویژه از لحاظ فعالیت های اقتصادی، اجتماعی و سیاسی در کشور هستند که بسیاری از سکونتگاه های آنها در مناطق مستعد وقوع حرکات دامن های از نوع زمین لغزش احداث شده اند. پژوهش حاضر، با توجه به پهنه های پرخطر زمین لغزش بر اساس سناریوی رخداد زلزله و بارش، زیانها و آسیب پذیری های کالبدی- زیرساختی محتمل در این مناطق را مورد بررسی قرار می دهد. **روش:** در تحقیق حاضر ۱۱ شاخص موثر بر رخداد زمین لغزش با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی گروهی امتیازدهی و مقایسه زوجی شده اند و پس از تدوین نقشه پهنه های مستعد زمین لغزش، آسیب پذیری زیرساختها، ابنیه، تجهیزات و تسهیلات شهری در برابر این سانحه ارزیابی شد. **یافته ها:** بر اساس یافته ها، در نوار شمالی، قسمتهایی از شرق و جنوب استان تهران و شمال و غرب استان البرز خطر زمین لغزش با احتمال بسیار بالا، بالا و متوسط وجود دارد. توسعه عناصر کالبدی- زیرساختی استان تهران و البرز در این محدوده ها سبب آسیب پذیری بالا و متوسط این حوزه شده است. متعاقب آن احتمال رخداد سوانح ثانویه مانند انفجار و آتش سوزی در بخش هایی از محدوده پژوهش، بالا و متوسط ارزیابی شده است. **نتیجه گیری:** با توجه به احتمال رخداد زمین لغزش در شهرها و شهرک های واقع در استان های تهران و البرز، لازم است در وهله اول، کاهش آسیب پذیری عناصر کالبدی- زیرساختی موجود، در برابر زمین لغزش در اولویت برنامه ریزان و مسئولان شهری و منطقه ای قرار گیرد. همچنین، هرگونه برنامه ریزی و توسعه آتی عناصر کالبدی- زیرساختی شهری و منطقه ای در این محدوده ها، باید با توجه به احتمال سانحه زمین لغزش انجام گیرند. **کلید واژه ها:** زمین لغزش، استان تهران، استان البرز، سیستم اطلاعات جغرافیایی، آسیب پذیری کالبدی- زیرساختی.

◀ **استناد فارسی (شبهه APA، ویرایش ششم ۲۰۱۰):** اسدی، سعیده؛ شرفی، علی؛ عاطفی، مژگان (زمستان، ۱۳۹۸). پهنه بندی آسیب پذیری های کالبدی- زیرساختی در برابر زمین لغزش با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی مورد مطالعاتی: سکونتگاه های واقع در محدوده استان تهران و البرز. *فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران*، ۹ (۴)، ۳۲۹-۳۴۰.

Zoning of physical - infrastructural Vulnerabilities to landslides using GIS, case study: settlements in Tehran and Alborz provinces

, Saeedeh Asadi¹, Ali Sharghi² & Mojgan Atefi³

1. PhD candidate, Faculty of Architecture and Urban Planning, Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran

2. Assistant Professor, Faculty of Architecture and Urban Planning, Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran..

3. Master in Reconstruction after Disaster, Faculty of Architecture and Urban Planning, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

Abstract

Background and Objectives: Tehran and Alborz provinces are important zones from an economic, social and political activities point of views in the country; most of the habitations in these provinces were built in areas which are in the risk of landslide. This research, studied the damages and physical-infrastructural vulnerabilities in these areas, considering the landslide hazardous zones based on the earthquake and rainfall incidents.

Method: The present study were scored and compared 11 indices which affect landslide incident by using hierarchical group analysis method; after compiling landslide susceptibility maps, infrastructure, and buildings, equipment and facilities vulnerability in cities to the incident was assessed.

Findings: According to the findings, there is a very high, high and medium probability of landslide risk in the northern strip, some parts of east and south of Tehran province and north and west of Alborz province. The development of physical and infrastructural elements in Tehran and Alborz provinces in these zones has caused high and medium vulnerability in this field. Subsequently, the probability of secondary disasters such as explosions and fires in some parts of the studied zones is assessed as high and medium.

Conclusion: Considering the probability of landslides in cities and suburbs in Tehran and Alborz provinces, first, it is necessary to reduce the vulnerability of existing physical-infrastructural elements to landslides as a priority for urban planners and regional authorities. As well as, every future planning and development of urban and regional physical-infrastructural elements in these zones should consider the possibility of landslide.

Keywords: Landslide, Tehran Province, Alborz Province, GIS, Urban Physical-Infrastructural vulnerabilities.

► **Citation (APA 6th ed.):** , Asadi S, Sharghi A, Atefi M. (2020, Winter). Zoning of physical - infrastructural Vulnerabilities to landslides using GIS, case study: settlements in Tehran and Alborz provinces. *Disaster Prevention and Management Knowledge Quarterly (DPMK)*, 9(4),329-340.

مقدمه

امروزه شهرهای مختلف جهان به دلایل متعدد از جمله نوع مکان‌گزینی، توسعه کالبدی نامناسب و عدم رعایت استانداردهای لازم همواره در معرض خطرات ناشی از بلایای طبیعی قرار دارند (زنگی آبادی، ۱۳۸۵). کشور ایران نیز به لحاظ شرایط طبیعی، منطقه‌ای و موقعیت استقرار سکونتگاههای انسانی مستعد بروز بلایای طبیعی و ایجاد شرایط بحرانی است. یکی از مخاطرات طبیعی جدی که پتانسیل رخداد به دنبال سوانح دیگر یا به صورت مستقل را دارد، زمین لغزش است. زمین‌شناسان، مهندسان و سایر متخصصان مرتبط، غالباً تعاریف منحصر به فرد و گاه متفاوت از زمین لغزش ارائه داده‌اند. این تنوع در تعاریف، ماهیت پیچیده مطالعات پیرامون پدیده زمین لغزش را نشان می‌دهد. یکی از تعاریف عام و مشترک از زمین لغزش بنا بر تعریف یو اس جی اس^۱، حرکت رو به پایین خاک، سنگ و مواد آلی تحت تاثیرگرانش و همچنین شکل زمین است. الکساندر^۲ نیز زمین لغزش را حرکت توده عظیم که اغلب ناشی از زلزله یا سیل است، تعریف می‌کند (الکساندر، ۱۹۸۹). زمین لغزش یکی از بارزترین سوانح مخرب در مناطق تپه‌ای می‌باشد (آی آل کانتارا^۳، ۲۰۰۸). این سانحه یکی از فرآیندهای مهم زمین‌شناسی است که باعث خسارتهای زیاد و از دست دادن زندگی افراد می‌شود (جی خمکار^۴ و همکاران، ۲۰۱۸). این حرکات توده‌ای تاثیر مخربی بر جاده‌های ارتباطی، مناطق مسکونی، تاسیسات و زیرساختهای شهری دارند.

امروزه مخاطرات طبیعی تهدیدهای خود را بیشتر بر سایه شهرها و محیط‌های پرتراکم انسانی گسترانده و توسعه آن را بیش از پیش آسیب‌پذیر نموده است (شایان و عمونیا، ۱۳۹۶). از سوی دیگر افزایش برنامه‌های عمرانی و توسعه‌ای، باعث افزایش وقوع زمین لغزش‌ها و خسارات ناشی از آنها شده است (آرمین و قربان نیا خیبری، ۱۳۹۸). استان تهران و البرز مناطقی با اهمیتی ویژه از لحاظ فعالیت‌های اقتصادی، اجتماعی و سیاسی دارای در کشور می‌باشند و بسیاری از شهرها، شهرکها و روستاهای آنها در دامنه کوهها و تپه ماهورها احداث شده و از لحاظ زمین‌شناسی بر روی سازندهای

حساس به حرکات توده‌ای مستقر و مستعد وقوع حرکات دامنه‌ای از نوع لغزش می‌باشند (عابدینی و یعقوب نژاد اصل، ۱۳۹۶). از سوی دیگر مجاورت با گسل‌های متعدد و شرایط اقلیمی، رخداد چنین سانحه‌ای را محتمل‌تر می‌سازد. و همانطور که روستایی و جباری بیان می‌کنند، هرکجا که ساخت شهر روی زمین ناپایدار برنامه ریزی شود، بررسی دقیق شرایط زمین و ارزیابی خطرپذیری های نسبی آنها ضروری است (روستایی و جباری، ۱۳۸۶). بنابراین باتوجه به اهمیت استراتژیک منطقه، پیش‌بینی پهنه‌های حرکات لغزشی، پیامدها و عواقب کالبدی آن در شهر و مناطق قابل سکونت ضروری به نظر می‌رسد. همانطور که الکساندر بیان می‌کند، یکی از جنبه‌های نادیده گرفته شده در مطالعات حرکت توده‌های زمین لغزش در شهرها، ارزیابی تأثیرات آنها است (الکساندر، ۱۹۸۹). پهنه‌بندی خطر زمین لغزش یکی از روشهای غیرمستقیم و کارآمد در شناسایی مناطق خطرپذیر است و عبارت است از تقسیم بندی سطح زمین به مناطق مجزا و رتبه بندی این مناطق براساس پتانسیل خطر ناشی از بروز سانحه (شیرانی، چاوشی، غیومیان، ۱۳۸۵). در این مقاله، با توجه به پهنه‌های پرخطر زمین لغزش بر اساس سناریوی رخداد زلزله و بارش، زیانها و آسیب‌پذیری‌های کالبدی محتمل در زیرساختها، تسهیلات و تجهیزات شهری و ابنیه در سکونتگاههای واقع در پهنه استان تهران و البرز مورد بررسی قرار می‌گیرند. پرسشهای تحقیق شامل:

۱. آیا رخداد زمین لغزش در پهنه مورد نظر، محدود به نواحی مناطق با شیب‌های زیاد است؟
۲. پهنه‌های خطرپذیر در برابر زمین لغزش متعلق به کدامیک از سکونتگاههای مورد بررسی در محدوده مورد مطالعه هستند؟ و عوامل موثر بر خطرپذیری آنها کدام است؟
۳. آسیب‌پذیری زیرساختها، تسهیلات و تجهیزات شهری و ابنیه مسکونی، در برابر رخداد زمین لغزش در سکونتگاههای بررسی شده، در چه سطحی است؟

پیشینه

امروزه پیش‌بینی و پهنه‌بندی مخاطرات طبیعی، آسیب‌پذیری‌ها و شاخص‌های تاثیرگذار در این موضوع، از جمله اقدامات مهمی است که در برنامه‌ریزی‌ها و توسعه شهری، مورد توجه گسترده‌ای

1. USGS
2. Alexander
3. I. Alcantara
4. J. Khamkar

زمین‌شناسی؛ فاصله ازگسل؛ شتاب زمینلرزه و میزان بارندگی که تهیه داده‌های آنها امکان‌پذیر بود، استفاده کردند(کامران‌زاد و همکاران، ۱۳۹۷). یمانی صالحی پور و میلانی نیز در مطالعه پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوزه آبریز رامیان(استان گلستان) از چهار پارامتر اصلی سنگ شناسی، پوشش گیاهی، جهت دامنه و فاصله از گسل استفاده کردند(یمانی صالحی پور، میلانی، ۱۳۹۷). در یک جمع بندی می‌توان شاخص‌های موثر و بررسی شده در رابطه با پهنه بندی خطرزمین لغزش را در جدول ۱ خلاصه کرد.

از سویی، اگرچه تحقیقات زیادی با استفاده از شاخص‌های مذکور و موثر بر زمین لغزش و میزان خطرپذیری ناشی از آن در محدوده تهران انجام شده است، اما آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های واقع در استان تهران و البرز به عنوان محدوده‌های مکانی موثر بر یکدیگر، در برابر زمین لغزش به صورت یکپارچه در هیچ یک از پژوهش‌ها دیده نشده است. از سوی دیگر آسیب‌پذیری‌های کالبدی زیرساخت‌ها، تاسیسات و تجهیزات شهری و ابنیه مسکونی نیز در برابر این سانحه نادیده گرفته شده‌اند. در تحقیق حاضر تلاش شده است با شناخت پهنه‌های آسیب‌پذیر کالبدی-زیرساختی، زمینه لازم برای برنامه‌های آتی کاهش آسیب‌پذیری این محدوده میسر شود.

چارچوب پژوهش

ارزیابی خطرپذیری و آسیب‌پذیری غالباً مربوط به دوران پیش از سانحه هستند که در جهت تدوین برنامه مدیریت سانحه حائز اهمیت می‌باشند(فلاحی، ۱۳۸۸). در همین راستا، پهنه‌بندی نواحی‌ای که در برابر زمین لغزش آسیب‌پذیر هستند، برای مدیریت سانحه و برنامه‌ریزی کاربری زمین در مقیاس محلی و منطقه‌ای حائز اهمیت می‌باشد(روبل، احمد^۳، ۲۰۱۳). به منظور وضوح روش انجام پژوهش چارچوب مدیریت خطرپذیری زمین لغزش که توسط فل^۴ و در سال ۲۰۰۸ ارائه شده است، مبنای کار قرار گرفته شده است. در شکل ۲ میتوان مشاهده کرد که چارچوب شامل "تحلیل خطرپذیری" و "ارزیابی آسیب‌پذیری" و "مدیریت خطرپذیری" است(فل و همکاران، ۲۰۰۸) (تصویر ۱)

قرار گرفته‌اند. در راستای تحقیقات مرتبط با زمین لغزش در نواحی شهری، شیرانی و همکاران در بررسی و ارزیابی روش‌های پهنه‌بندی خطر زمین لغزش درپادناهی علیای سمیرم، از روش همبستگی عوامل موثر بر اساس روش رگرسیون خطی استفاده کردند. در این پژوهش، نقش فاکتورهای لیتولوژی؛ شیب؛ بارندگی؛ پوشش گیاهی و کاربری اراضی؛ جهت شیب؛ فاصله از آبراهه؛ شتاب ثقل افقی و فاصله از گسل در رخداد زمین لغزش مهم ارزیابی شدند (شیرانی و همکاران، ۱۳۸۵). صفاری در سال ۹۳، به تحلیل و ارزیابی آسیب‌پذیری لغزشی در پهنه‌های کوهستانی کلانشهر تهران پرداخت. در این تحقیق از تلفیق مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در سیستم اطلاعات جغرافیایی و استفاده از هشت عامل کمی و کیفی، و وزن‌دهی به معیارهای مورد نظر از دو روش مدل نسبت فراوانی و مدل تحلیل سلسله مراتبی استفاده شده است. معیارهای مورد استفاده در این پژوهش طبقات لیتولوژیکی؛ فاصله از گسل؛ فاصله از شبکه زه کشی؛ ارتفاع؛ شیب؛ جهات شیب؛ بارش سالانه؛ و طبقات بارش شدید ۲۴ ساعته هستند (صفاری، ۱۳۹۳). عابدینی و یعقوب نژاد اصل نیز در سال ۹۶ به پهنه بندی خطر وقوع زمین لغزش در استان تهران، با استفاده از مدل فازی و ۸ شاخص کمی و کیفی شامل زمین‌شناسی؛ ارتفاع؛ شیب دامنه‌ها؛ جهت دامنه‌ها؛ فاصله از گسلها؛ فاصله از رودخانه‌ها؛ کاربری زمین و بارش به عنوان عوامل مؤثر در وقوع حرکات لغزشی، درنرم افزار آرک جی آی اس^۱ پرداختند. (عابدینی و یعقوب نژاد، ۱۳۹۶). شایان و عمونیا، در مطالعه خود به بررسی میزان آسیب‌پذیری منطقه یک تهران با استفاده از مدل‌ای ان پی^۲ و نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی در برابر زمین لغزش پرداختند. معیارهای موثر در پژوهش آنها در دو دسته ویژگی‌های زیست محیطی و مخاطرات طبیعی شامل میانگین بارش سالانه، ویژگی‌های لیتولوژی، فاصله از آبراهه، کاربری اراضی، و میزان شیب دامنه، جهت شیب دامنه، فاصله از گسل، فاصله از مراکز مسکونی بودند(شایان و عمونیا، ۱۳۹۶). کامران‌زاد و همکاران نیز در سال ۹۷ در پهنه بندی خطر زمین لغزش در استان تهران با استفاده از روش‌های داده محور و تحلیل سلسله مراتبی، از میان مهمترین عوامل مؤثر بر زمین لغزش، ۶ عامل مقدار شیب؛ جهت شیب؛ جنس مصالح

3. Rubel& Ahmed

4. Fell

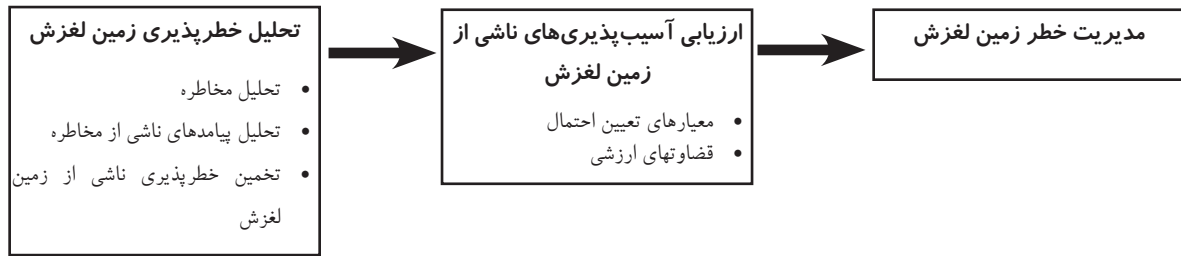
1. Arc GIS

2. ANP



جدول ۱. جمع بندی شاخص‌های موثر بر احتمال زمین لغزش

معیارهای مشترک	معیارهای موثر بر خطر زمین لغزش	محققین و صاحب نظران	ردیف
فاصله از گسلها و شتاب زمینلرزه	لیتولوژی	شیرانی و همکاران، ۱۳۸۵	۱
	فاصله از گسل		
	شتاب نقل افقی		
	فاصله از آبراهه		
	جهت شیب		
	پوشش گیاهی و کاربری اراضی		
	بارندگی		
فاصله از آبراهه، شبکه زه کشی و رودخانه‌ها	شیب	صفاری، ۱۳۹۳	۲
	طبقات لیتولوژیکی		
	فاصله از گسل		
	فاصله از شبکه زه کشی		
	ارتفاع		
	شیب		
	جهت شیب		
شیب و جهت شیب	بارش سالانه	عابدینی و یعقوب نژاد، ۱۳۹۶	۳
	و طبقات بارش		
	زمین‌شناسی		
	ارتفاع		
	شیب دامنه‌ها		
	جهت دامنه‌ها		
	فاصله از گسلها		
پوشش گیاهی و کاربری اراضی	فاصله از رودخانه‌ها	شایان و عمونیا، ۱۳۹۶	۴
	کاربری زمین		
	بارش		
	میانگین بارش سالانه		
	ویژگی‌های لیتولوژی		
	کاربری اراضی		
	فاصله از آبراهه		
میزان بارش	میزان شیب دامنه	کامران‌زاد و همکاران، ۱۳۹۷	۵
	جهت شیب دامنه		
	فاصله از گسل		
	فاصله از مراکز مسکونی		
	شیب		
	جهت شیب		
	جنس مصالح زمین‌شناسی		
جنس مصالح زمین‌شناسی	فاصله از گسل	یمانی صالحی پور، میلانی، ۱۳۹۷	۶
	شتاب زمینلرزه		
	میزان بارندگی		
	سنگ شناسی		
	پوشش گیاهی		
	جهت دامنه		
	فاصله از گسل		



تصویر ۱. چارچوب ارزیابی آسیب‌پذیری در برابر زمین لغزش، فل ۲۰۰۸

بر اساس سوابق پژوهش و مطالعات انجام شده در ارتباط هریک، عوامل موثر بر زمین‌لغزش در قالب جدول DSD تنظیم با زمین‌لغزش (جدول ۱) و بسط شاخص‌های مشترک از دیدگاه شده‌اند. صاحب نظران، در کنار شناخت از منطقه و سناریوهای مرتبط با

جدول ۲. DSD شاخص‌های موثر بر احتمال زمین لغزش پژوهش

توضیحات	شاخص‌ها	عوامل اصلی موثر بر زمین لغزش	
تراکم بیشتر و فاصله کمتر، احتمال بالاتر زمین لغزش	تراکم و فاصله از گسل‌ها	عوامل ژئولوژیکی	عوامل موثر بر احتمال و شدت رخداد زمین لغزش
نقاط با سوابق رخداد زمین لرزه و احتمال بیشتر رخداد مجدد و در نتیجه زمین لغزش	سابقه زمین لرزه		
نقاط با سوابق زمین لغزش و احتمال بیشتر رخداد مجدد.	سابقه رخداد زمین لغزش		
شیب بیشتر، افزایش احتمال زمین لغزش	شیب زمین		
وجود خاک‌های رسی و کاهش ابعاد دانه بندی خاک سبب افزایش احتمال زمین لغزش می‌شود.	جنس خاک		
	توپوگرافی (جهت شیب)		
فرسایش بیشتر خاک منجر به افزایش احتمال زمین لغزش می‌گردد.	میزان فرسایش خاک	پوشش زمین	
افزایش پوشش گیاهی سبب کاهش احتمال زمین لغزش می‌شود.	پوشش گیاهی		
وجود بارندگی بالا، احتمال بیشتر سانحه زمین لغزش	تراکم خطوط هم باران	عوامل هیدرولوژیکی	
تراکم بالاتر مسیل‌ها و کانال‌های آب، احتمال بیشتر زمین لغزش مجاور آنها افزایش می‌یابد.	تراکم مسیل‌ها و کانال‌های آب		
تراکم بیشتر قنوات و احتمال بیشتر زمین لغزش	تراکم قنات‌ها		
تراکم بیشتر رودخانه و احتمال بیشتر زمین لغزش	تراکم رودخانه‌ها		

روش

استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در پیش‌بینی خطر سوانح در دهه‌های اخیر مورد توجه زیادی قرار گرفته است. سناریوی پژوهش حاضر، فعال شدن گسل راندگی شمال تهران و گسل‌های اطراف آن، گسل‌های شرق و جنوب منطقه به همراه بارندگی است. شاخص‌های

می‌شود که شیب (نقشه ۲)، خطوط همباران (نقشه ۷)، قرارگیری در مجاورت مسیل‌ها، رودخانه‌ها و کانال‌ها (نقشه‌های ۸، ۹، ۱۰)، وجود گسل‌های فعال (نقشه ۱)، وضعیت بودن پوشش گیاهی (نقشه ۳)، در احتمال زمین‌لغزش استان‌ها تأثیرگذارترین معیارها می‌باشند. در توضیح به تفکیک نیز باید گفت، شمال و شرق استان تهران و شمال استان البرز که سکونتگاهها واقع در دامنه‌های کوهستانی و شیبدار هستند، به دلیل شرایط جغرافیایی خاص از جمله شیب زیاد، فرسایش خاک، تراکم خطوط هم باران، تراکم بالای خطوط گسل و جریان آبهای سطحی دارای پتانسیل بالایی برای رخداد زمین لغزش هستند (نقشه شماره ۱۲) شهرها و شهرک‌های امامه، جیرود، پردیس، دماوند، فیروزکوه، مهاباد، سرپندان، شمال شهر تهران (منطقه یک شهرداری) و روستاهای واقع در نوار شمالی و شرقی استان تهران و هشتگرد، شهرک هشتگرد جدید، شهرک طالقان، شهرستانک و قسمتی از شمال ساوجبلاغ بیشترین سطح اراضی با خطر زیاد و خیلی زیاد زمین لغزش را شامل می‌شوند. به علاوه خطر وقوع زمین‌لغزش در اراضی کوهپایه‌ای و دامنه‌ای در حاشیه رودخانه‌های درکه، دره فرحزاد و دربند نیز بسیار زیاد ارزیابی شده است.

بر اساس یافته‌های پژوهش رخداد زمین لغزش در قسمت‌هایی از جنوب استان تهران نیز که فاقد توپوگرافی خاص و شیب تند می‌باشد، در نقاطی با احتمال بالا و متوسط دیده می‌شود. یافته‌ها دلیلی بر این ادعا هستند که، دیدگاه رایج که لغزش‌ها به دامنه‌های شیب‌دار و لرزه‌ای محدود می‌شوند، با ماهیت واقعی این سازه منطبق نمی‌باشد و واقعیت شگفت‌آور اینکه، زمین لغزش‌ها عملاً در هر نقطه از جهان پتانسیل رخداد دارند (ام‌هایلند، بابر و سکی، ۲۰۰۸). نواحی مستعد زمین لغزش شامل جنوب شهرستان ری و مناطق پراکنده‌ای در حوزه اسلام‌شهر، ورامین، مامازند، ماهدشت و اشتهاارد می‌باشند. عوامل موثر در این بخش‌ها شامل پوشش گیاهی (نقشه ۱۱)، جنس خاک (نقشه ۴)، خطوط گسل و سابقه زمین لرزه (نقشه ۱ و ۲)، فرسایش خاک (نقشه ۶)، تراکم قنات‌ها (نقشه ۹) و مسیل‌ها، کانال‌ها و رودخانه‌ها (نقشه‌های ۱۰ و ۸) هستند.

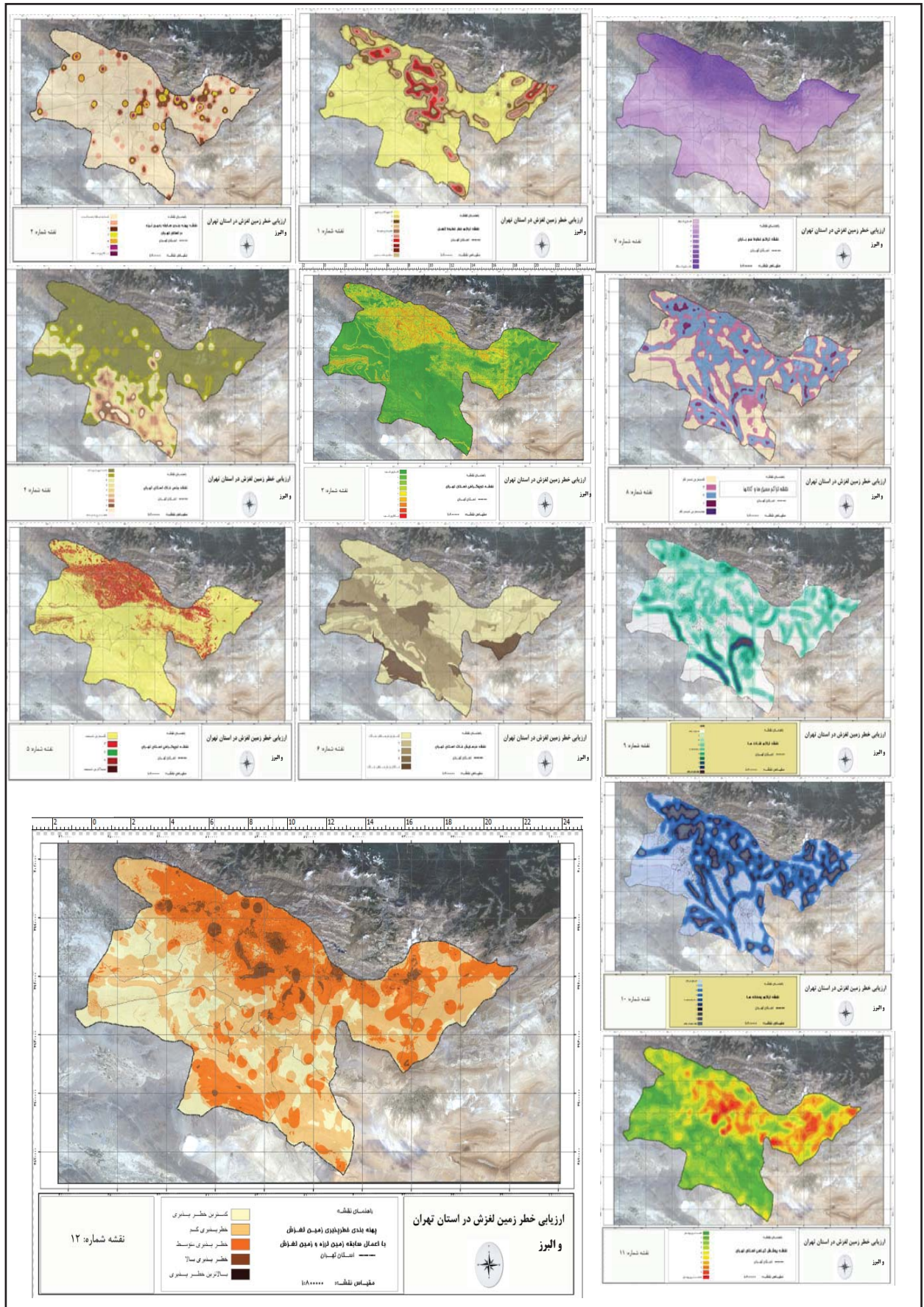
۲. آسیب‌پذیری اماکن عمومی: با اعمال نقشه پهنه‌های خطرپذیر زمین‌لغزش، بر نقشه عناصر کالبدی - زیرساختی واقع در محدوده‌های

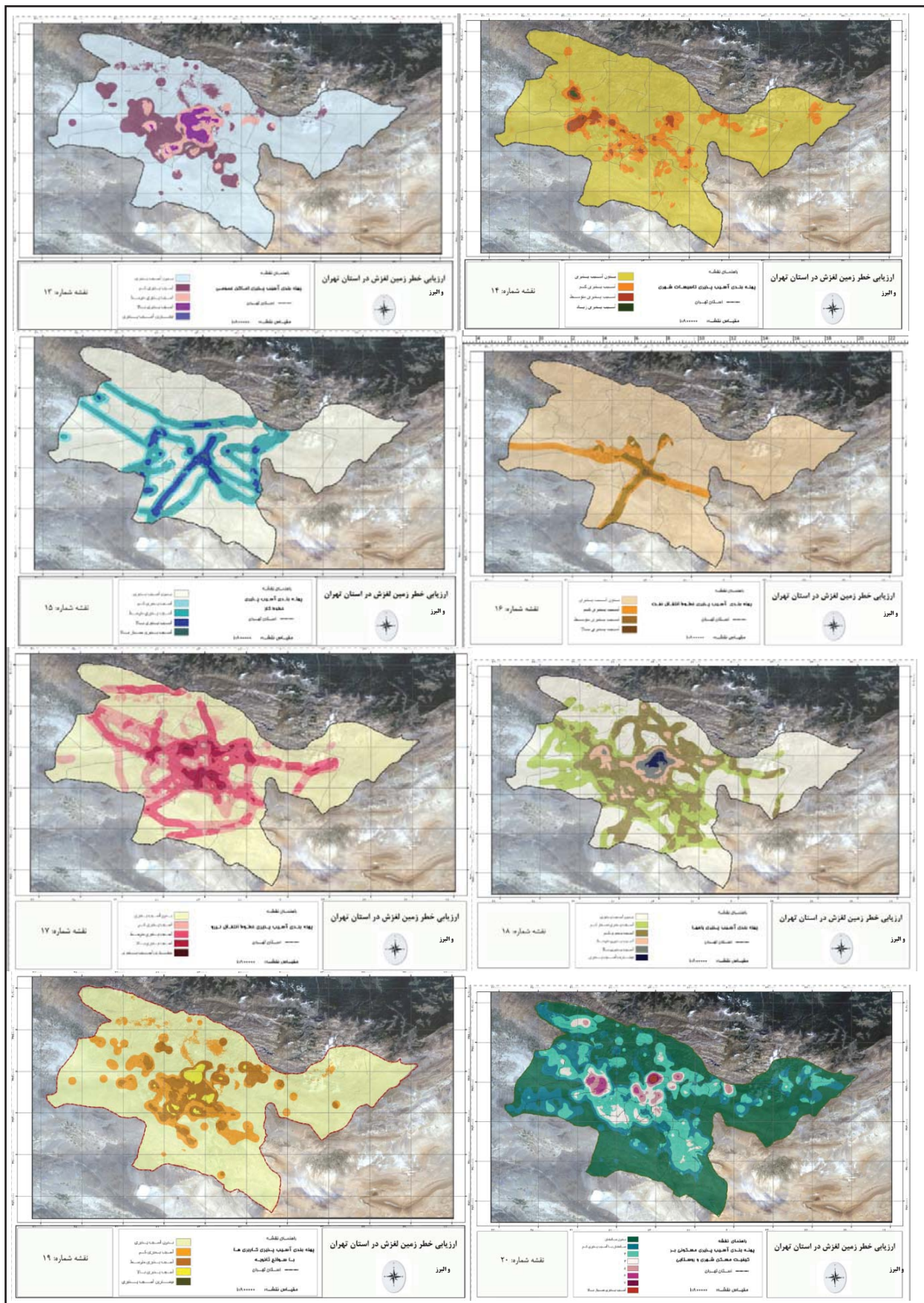
استفاده شده است. این شاخص‌ها بر طبق معیارهای مشترک در سوابق پژوهش‌های انجام شده پیرامون زمین‌لغزش، بسط معیارها در قالب دو یا چند شاخص و در نهایت دیدگاه صاحب‌نظران با استفاده از روش دلفی انتخاب شدند. وزن‌دهی به شاخص‌ها بر اساس فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی گروهی داده‌ها انجام شد. دلیل استفاده از این روش، فقدان درک جامع از ارتباط درونی بین شاخص‌ها بود. به منظور تحلیل امتیازهای مرتبط با هر یک از شاخص‌های پژوهش، ۵ متخصص خبره در این زمینه به امتیازدهی و مقایسه زوجی در طیف ۵ تایی (دامنه طیف از ۱ ترجیح یکسان، ۳ مرجح، ۵ کاملاً مرجح و ۲ و ۴ امتیازهای بینابین) پرداختند. سپس اقدام به تولید لایه داده‌های موضوعی و تحلیل فضایی آنها در سیستم اطلاعات جغرافیایی شد. نقشه‌های لازم در مقیاس ۱:۸۰۰۰۰۰ تدوین شدند. پس از تدوین نقشه‌های میزان خطرپذیری زمین‌لغزش و تعیین پهنه‌های خطرپذیر در محدوده مورد مطالعه (نقشه‌های ۱ تا ۱۲)، به منظور سنجش روایی و پایایی یافته‌های این بخش از پژوهش، پهنه‌های خطرپذیر زمین‌لغزش، با چهار مطالعه انجام شده حول پهنه‌بندی خطر زمین لغزش استان تهران که توسط صفاری (۱۳۹۳)، عابدینی و یعقوب نژاد اصل (۱۳۹۶)، شایان و عمونیا (۱۳۹۶) و کامران‌زاد و همکاران (۱۳۹۷) انجام شده‌اند تطبیق داده شدند. صحت و مطابقت یافته‌های پژوهش در محدوده مورد نظر، تأییدی بر سایر یافته‌ها خواهد بود. در مرحله بعد، نقشه‌های مرتبط با آسیب‌پذیری عناصر کالبدی مانند زیرساختها، ابنیه، تجهیزات و تسهیلات شهری بر نقشه پهنه‌های خطر زمین لغزش اعمال و در نهایت میزان آسیب‌پذیری این عوامل در برابر زمین لغزش مشخص شد (نقشه‌های ۱۳ تا ۲۰)

یافته‌ها

تحلیل یافته‌ها

۱. پهنه‌های رخداد زمین لغزش: نقشه خطر زمین‌لغزش سکونتگاههای واقع در استان تهران و البرز نشان می‌دهد که احتمال رخداد این سازه، در نوار شمالی استان تهران و البرز و قسمتهایی از شرق و جنوب استان تهران، با احتمال بسیار بالا، بالا و متوسط وجود دارد. همچنین با مقایسه نتایج حاصل با نقشه‌های پایه، مشخص





از خطوط انتقال نفت در پهنه‌ها با آسیب‌پذیری بالا قرار ندارد و تنها بخش از تقاطع خطوط در مرکز استان واقع در شهریار در معرض آسیب‌پذیری، متوسط است (نقشه ۱۶). به علاوه بر اساس یافته‌های حاصل از نقشه پهنه‌های خطر زمین لغزش، به نظر می‌رسد، پس از رخداد سانحه تعدادی از مسیرهای اصلی انتقال گاز دچار آسیب جدی شوند. خطوط انتقال گاز از شهر تهران به سمت نوار شمالی استان، منطقه بیست تهران و اسلام‌شهر، مامازند، قدس و ماهدشت احتمال آسیب‌پذیری در برابر زمین لغزش دارند. همچنین این آسیب‌پذیری در خطوط اصلی انتقال گاز ورامین، دماوند، پردیس، کرج و نظرآباد متوسط ارزیابی شده است (نقشه ۱۵).

۵. آسیب‌پذیری راهها: نقشه پهنه‌بندی آسیب‌پذیری راهها (نقشه ۱۸) از ترکیب نقشه خطر زمین لغزش و نقشه مکان راهها با هدف تشخیص دقیق راههای در معرض خطر زمین لغزش تولید شده است. با توجه به نقشه، در مرکز استان تهران بیشترین تهدید زمین لغزش برای آسیب به راهها وجود دارد. شمال شهر تهران، شهر کرج و قدس دارای بالاترین پهنه آسیب‌پذیری راهها در برابر زمین لغزش هستند. تعدادی از مسیرهای خروج از تهران به نواحی و شهرکهای پیرامونی نیز احتمال آسیب متوسط را خواهند داشت که این امر امکان دسترسی به مناطق مختلف را مختل می‌سازد. با توجه به نقشه آسیب‌پذیری راهها، مسیرهای خروجی در شمال استان تهران و بخشی از مسیر خروجی در جنوب تهران به سمت اسلام‌شهر دارای بیشترین آسیب‌پذیری هستند. اما به طور کلی وضعیت آسیب‌پذیری مسیرهای جنوبی استان تهران و البرز در برابر زمین لغزش کم ارزیابی شده است.

۶. آسیب‌پذیری ابنیه مسکونی: در تهیه نقشه میزان آسیب‌پذیری ابنیه در برابر زمین لغزش، موارد مرتبط با کیفیت ساخت مانند نوع و مقاومت مصالح مصرفی، تکنیک‌ها و استانداردهای ساختمانی، کیفیت و میزان فرسایش خاک بستر ساختمان‌ها، مکان‌یابی سکونتگاه و تراکم تاثیرگذار هستند. در پژوهش حاضر شاخص تعیین کیفیت ابنیه، به تفکیک مسکن روستایی و شهری مشخص شده است. فرض سناریوی پژوهش بر این مبنا نهاده شده است که تکنیک‌ها و مصالح استفاده شده در مسکن شهری مقاوم‌تر از مسکن روستایی است. همچنین، نقشه تراکم مسکن شهری و روستایی با ضریب

مورد نظر، میزان آسیب‌پذیری آنها ارزیابی شد. اماکن عمومی وارد شده در سیستم اطلاعات جغرافیایی شامل استادیوم‌ها، ایستگاه‌های راه‌آهن و مترو، ترمینال‌های اتوبوسرانی، موزه، تفریحگاه‌ها، مراکز آموزشی، درمانی، اداری و تجاری می‌باشند. به دلیل تراکم بالای این‌گونه از مکانهای کالبدی در تهران میزان آسیب‌پذیری آنها در بخش مرکزی استان، بسیار بالا می‌باشد. این آسیب‌پذیری در مرکز استان تهران از جمله جنوب اسلام‌شهر، شهر قدس، قسمت‌هایی از شمال رباط کریم و شهریار، به همراه بخشی از غرب دماوند و پردیس با احتمال بالا و در بخش‌هایی از ورامین، مامازند، قرچک، قدس، کرج و نظرآباد با احتمال متوسط هستند. در مقابل در قسمت‌های مرکزی و جنوب شهر تهران احتمال آسیب‌پذیری اماکن عمومی در برابر زمین لغزش کم یا بدون آسیب ارزیابی شده است (نقشه ۱۳).

۳. آسیب‌پذیری تاسیسات شهری: تاسیسات شهری، بر اساس نقشه مربوطه (نقشه ۱۴)، اکثر بخش‌های قرارگیری تاسیسات شهری در محدوده استان تهران و البرز دارای آسیب‌پذیری متوسط و کم هستند. اما تعدادی از این تاسیسات در جنوب شهر تهران، شهر قدس و کرج و شهر پردیس دارای آسیب‌پذیری متوسط تا بالا می‌باشند. همچنین در مرکز ساوجبلاق، رباط کریم، اسلام‌شهر، شهریار و دماوند، مرکز و شمال پاکدشت و بخش‌های اندکی از شمال فیروزکوه نیز آسیب‌پذیری متوسط تاسیسات شهری ارزیابی شده است.

۴. آسیب‌پذیری خطوط انتقال نیرو، نفت و گاز: بر اساس نقشه‌های به دست آمده از آسیب‌پذیری خطوط انتقال نیرو، نفت و گاز، میزان آسیب‌پذیری هریک از شریانها در برابر زمین لغزش احتمالی در محدوده سکونتگاههای واقع در استان تهران و البرز مشخص شده است (نقشه‌های ۱۵، ۱۶ و ۱۷). تراکم خطوط اصلی انتقال برق در این محدوده‌ها بالا می‌باشد. به همین علت، آسیب‌های ممکن پس از سانحه زمین لغزش در این خطوط، زیاد پیش‌بینی می‌شود. نقاط با آسیب‌پذیری بالا واقع در شمال شهر تهران، شهر قدس، قرچک، اسلام‌شهر و پردیس و خطوط اصلی انتقال نیرو به ایگل و امامه هستند. شهرک اندیشه، قدس، شهریار، محمدشهر و خطوط اصلی انتقال نیروی واقع در بخش جنوبی استان البرز نیز در معرض آسیب متوسط قرار دارند (نقشه ۱۷). از سوی دیگر، هیچ یک

خطوط هم باران، تراکم بالای خطوط گسل، جریان آبهای سطحی و رودخانه ها، سابقه زمین لرزه و پوشش گیاهی ضعیف، بیشترین تاثیرات را در احتمال زمین لغزش سکونتگاههای امامه، جیرود، پردیس، دماوند، فیروزکوه، مهاباد، سریندان، شمال شهر تهران (منطقه یک شهرداری) و روستاهای واقع در نوار شمالی و شرقی استان تهران و هشتگرد، شهرک هشتگرد جدید، شهرک طالقان و کرج در استان البرز را دارند. در نواحی جنوبی محدوده‌های پژوهش نیز نواحی مستعد شامل جنوب شهرستان ری و مناطق پراکنده‌ای درحوزه اسلام‌شهر، ورامین، مامازند، ماهدشت، اشتهارد و نظرآباد می‌باشند که عوامل موثر در این بخش‌ها شامل پوشش گیاهی، جنس خاک، خطوط گسل و سابقه زمین لرزه، فرسایش خاک، تراکم قنات‌ها و مسیل‌ها، کانال‌ها و رودخانه‌ها می‌باشند.

در بررسی میزان آسیب‌پذیری‌های کالبدی- زیرساختی به دنبال سناریوی مورد نظر، مشخص شد که آسیب‌پذیری اماکن عمومی که از یک سو جمعیت زیادی از کاربران را در خود جای می‌دهند و از سوی دیگر در برنامه‌های امداد و نجات مکانهای مناسب برای اسکان موقت آسیب‌دیدگان سانحه زلزله و زمین‌لغزش محسوب می‌شوند در مرکز استان تهران از جمله جنوب اسلام‌شهر، شهر قدس، قسمت‌هایی از شمال رباط کریم و شهریار، به همراه بخشی از غرب دماوند و پردیس دارای پهنه‌های آسیب‌پذیری بالا و در بخش‌هایی از ورامین، مامازند، قرچک، قدس، کرج و نظرآباد با آسیب‌پذیری متوسط هستند. آسیب‌پذیری اماکن عمومی ناشی از این مخاطره در قسمتهای مرکزی و جنوب تهران کم و یا بدون آسیب‌پذیری ارزیابی شده است. آسیب‌تاسیسات شهری به دنبال سناریوی مورد نظر، منجر به مختل شدن خدمات شهری و مشکلات ثانویه دیگر خواهد شد. این آسیب‌ها در محدوده مورد مطالعه به استثنای نقاطی محدود، کم و متوسط ارزیابی شده است. از سوی دیگر آسیب یا تخریب خطوط گاز، نفت و نیرو می‌تواند منجر به حوادث ثانویه‌ای مانند انفجار، آتش‌سوزی یا مختل شدن خدمات شهری می‌گردند. بر اساس یافته‌ها این آسیب‌ها در خطوط اصلی انتقال نفت متوسط و کم، خطوط انتقال گاز از شهر تهران به سمت نوار شمالی استان، منطقه بیست تهران و اسلام‌شهر، مامازند، قدس و ماهدشت با آسیب بالا و در خطوط اصلی انتقال گاز ورامین، دماوند، پردیس، کرج

اهمیت بیشتر مسکن شهری تولید شده است (نقشه ۲۰). بر اساس نقشه به دست آمده، مسکن آسیب‌پذیر از منظر رخداد زمین لغزش، در پهنه‌هایی از شمال و غرب شهر تهران، شمال دماوند، شهر قدس، محمدشهر، ماهدشت، کرج، شهرک طالقان و نظرآباد واقع شده اند.

۷. آسیب‌پذیری سکونتگاهها در برابر سوانح ثانویه: علاوه بر آسیب‌پذیری‌های بررسی شده در هریک از موارد مذکور، یکی از مهمترین رخدادهای پس از سوانح، از جمله زمین‌لغزش، رخداد سوانح ثانویه‌ای مانند آتش‌سوزی و انفجار در نقاط مختلف و حساس شهری مانند پمپ بنزین‌ها، انبارهای سوخت و نقاط با احتمال بالای انفجار و آتش است که گاه پیامدهایی بیش از رخداد سانحه به دنبال خواهند داشت. در پژوهش حاضر، این پیامدها بررسی شده‌اند (نقشه ۱۹). به نظر می‌رسد احتمال رخداد سوانح ثانویه در بخش‌های شمالی شهر تهران شامل پردیس، امامه، ایگول و شهرستانک، در مرکز و جنوب استان تهران، شامل اسلام‌شهر، ورامین، مامازند، قرچک و در نقاطی از کرج و ماهدشت بالا و متوسط می‌باشد.

نتیجه گیری

امروزه مسائل مربوط به توسعه پایدار شهری و منطقه‌ای مسئله مهم پیشروی سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان شهری است که پیش‌بینی حوادث و کاهش میزان خسارات ناشی از آنها، یکی از شاخص‌های مهم و ضروری پایداری و پیشگیری محسوب می‌شود. در همین راستا، تعیین پهنه‌های آسیب‌پذیری‌های کالبدی-زیرساختی سکونتگاههای شهری و روستایی واقع در محدوده استان تهران و البرز در برابر زمین لغزش متعاقب سانحه زلزله، تحلیل و استنتاج نتایج آنها در تعیین نقاط ضعف و پایدارسازی توسعه و ساخت شهر موثر خواهند بود. در مطالعه پهنه‌های خطر زمین‌لغزش در محدوده مطالعه شده، مشخص شد که رخداد این سانحه محدود به نواحی با توپوگرافی کوهستانی و شیب‌دار نمی‌باشد و علاوه بر نوار شمالی استان تهران و البرز، قسمتهایی از شرق و جنوب استان تهران و غرب استان البرز نیز خطر زمین لغزش با احتمال بسیار بالا، بالا و متوسط وجود دارد. این مخاطره در هریک از نواحی متأثر از برخی شاخص‌های موثر پژوهش است. در نواحی کوهستانی بخش شمالی محدوده شاخص‌های شیب و توپوگرافی، فرسایش خاک، تراکم

- شامل اسلام شهر، ورامین، مامازند، قرچک و در نقاطی از کرج و ماهدشت؛
۴. مقاوم سازی ابنیه و اماکن عمومی در معرض آسیب ناشی از زمین لغزش و در نظر گرفتن نقاط امن در جهت اسکان سانه دیدگان؛
۵. پیشگیری از ساخت و سازهای سنگین در نقاط با آسیب‌پذیری بالا در برابر زمین لغزش؛
۶. نوسازی، مقاوم سازی یا جابه‌جایی ابنیه مسکونی با آسیب‌پذیری بالا در برابر زمین لغزش به مکان‌هایی با ایمنی بالاتر؛
۷. ایجاد یا تقویت پوشش گیاهی مناسب در مناطق شمالی محدوده پژوهش؛
۸. مقاوم سازی جداره راههای مواصلاتی برای پیشگیری از رانش و ریزش آوار و سنگ‌ها؛
۹. اصلاح یا ایجاد مسیر جایگزین در خطوط اصلی انتقال گاز و نیرو.

منابع

۱. آرمین، محسن، قربان نیا خیبری، وجیهه، (۱۳۹۸)، مدیریت جامع پایش خطر زمین لغزش، فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران، دوره نهم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۸، صفحه: ۱۷۹-۱۹۲
<http://dpmk.ir/article-1-255-fa.html>
۲. روستایی، شهرام، جباری، ایرج، (۱۳۸۶) ژئومورفولوژی مناطق شهری، تهران: انتشارات سمت.
۳. زنگی آبادی، علی، تبریزی، نازنین، (۱۳۸۵)، زلزله تهران و ارزیابی فضایی آسیب‌پذیری مناطق شهری، پژوهش‌های جغرافیایی، دوره ۳۸، شماره ۵۶، ۱۱۵-۱۳۰.
<https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=52654>
۴. شایان سیاوش، عمونیا حمید، (۱۳۹۶)، تحلیل توسعه پایدار شهری در کلان شهر تهران از دیدگاه مخاطرات ژئومورفولوژیک (مطالعه موردی: منطقه یک شهرداری)، فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران، دوره هفتم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۶، صفحه: ۶۸-۸۴
<http://dpmk.ir/article-1-134-fa.html>
۵. شیرانی، کوروش، چاوشی، ستار، غیومیان، جعفر، (۱۳۸۵)، بررسی و ارزیابی روش‌های پهنه بندی خطر زمین لغزش در پادانای علیای سمیرم، مجله پژوهشی علوم پایه دانشگاه اصفهان، دوره ۲۳، شماره ۱،
<https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=54227>
۶. صالحی پور میلانی، علیرضا، یمانی مجتبی، (۱۳۹۷)، پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوضه آبریز رامیان (استان گلستان)، فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران، دوره هشتم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۷، صفحه: ۱۶۱-۱۷۲

و نظرآباد متوسط ارزیابی شده است. آسیب‌پذیری خطوط اصلی انتقال نیرو نیز به دلیل تراکم بالا در بخش‌های زیادی از استانها بالا می‌باشد. آسیب به راههای استان تهران و البرز نیز منجر به اختلال جدی در امدادسانی و دریافت کمک و نجات در نقاط مختلف خواهد شد. براساس یافته‌ها راههای متمرکز در بخش شمالی دارای آسیب‌پذیری بیشتری نسبت به راههای جنوبی در محدوده مورد مطالعه هستند. آسیب‌های ابنیه و مسکن شهری و روستایی ناشی از زمین لغزش نیز منجر به دامنه بالای مرگ و میر، بی‌خانمانی و افزایش بار فراهم‌سازی سرپناه اضطراری، موقت و دائم خواهد شد. مشخص گردید، پهنه‌های آسیب‌پذیر مسکن، در بخش‌هایی از شمال و غرب شهر تهران، شمال دماوند، قدس، محمدشهر، ماهدشت، کرج، شهرک طالقان و نظرآباد واقع شده اند.

در یک جمع‌بندی مشخص شد که سکونتگاهها، خصوصا نواحی شهری با خطرپذیری زمین لغزش و آسیب‌پذیری عناصر کالبدی-زیرساختی در برابر این سانه در محدوده دو استان تهران و البرز، به عنوان پهنه‌هایی با تاثیرگذاری و تاثیرپذیری زیاد بر یکدیگر در شرایط بحرانی، زیاد می‌باشد و این مسئله می‌تواند به بحرانی‌تر شدن شرایط پس از سوانح زلزله و زمین لغزش منجر شود. بنابراین به منظور پیشگیری از آسیب‌های کالبدی-زیرساختی ناشی از زمین لغزش در سکونتگاههای مشخص شده، برنامه‌ریزی‌های استراتژیک شهری و منطقه‌ای با توجه به رخدادهای زمین لغزش امری ضروری است که نیازمند رویکردی جامع در مدیریت و برنامه‌ریزی‌های پیشگیرانه است. راهکارهای پیشنهادی در جهت کاهش و پیشگیری آسیب‌پذیری‌ها شامل موارد ذیل می‌باشند:

۱. مقاوم سازی جداره رودخانه‌ها و مسیل‌های شهری از جمله رودخانه‌های درکه، دربند و دره فرحزاد؛
۲. توسعه مسیرها و راههای ارتباطی ثانویه برای ارتباطدهی بین نقاط آسیب‌پذیر در موقعیت زمین لغزش بین شهرهای پردیس، دماوند، اسلام شهر، کرج، نظرآباد و روستاها و شهرکهای مستقر در نوار شمالی استانهای تهران و البرز؛
۳. جابه‌جایی یا مقاوم‌سازی کاربریها با احتمال انفجار و آتش واقع در پهنه‌های آسیب‌پذیر در برابر زمین لغزش مانند پردیس، امامه، ایگول و شهرستانک، در مرکز و جنوب استان تهران،



- 1989, <https://doi.org/10.1177/030913338901300201>
12. Alcántara-Ayala Irasema, (2008), On the historical account of disastrous landslides in Mexico: The challenge of risk management and disaster prevention, January 2008, *Advances in Geosciences* 14, <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00297063/>
13. Fell Robin , Corominas Jordi, Bonnard Christophe, Cascini Leonardo, Leroie Eric, Savage William, (2008), Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land-use planning, *Engineering Geology*, Volume 102, Issues 3-4, 1 December 2008, Pages 85-98 DOI:10.1016/j.enggeo.2008.03.022
14. J. Khamkar, Dattatraya, Y. Mhaske Sumedh, (2018), Identification of landslide susceptible settlements using geographical information system of Yelwandi river basin, Maharashtra (India), *Natural Hazards*, <https://doi.org/10.1007/s11069-019-03609-0>
15. M. Highland Lynn, Bobrowsky Peter, (2008), *The Landslide Handbook—A Guide to Understanding Landslides*, U.S. Geological Survey, Reston, Virginia: 2008
16. Rubel, yiaser Arafat, Ahmed, Bayes, (2013), understanding the issue involved in urban landslide vulnerability in Chittagong metropolitan area, Bangladesh, My COE/SERVIR Himalayas fellowship program. <http://discovery.ucl.ac.uk/1418959/>
7. صفاری، امیر، (۱۳۹۳)، تحلیل و ارزیابی آسیب پذیری لغزشی در پهنه های کوهستانی کلان شهر تهران، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال اول، شماره پیاپی ۳، پاییز ۱۳۹۳، صفحه ۲۹-۴۴.
https://jsaeh.khu.ac.ir/browse.php?a_code=A-10-3-8&slc_lang=fa&sid=1
۸. عابدینی، موسی، یعقوب نژاد اصل، نازیلا، (۱۳۹۶)، پهنه بندی خطر وقوع زمین لغزش در استان تهران با استفاده از مدل فازی، دو فصلنامه علمی-پژوهشی مدیریت بحران، دوره ۱۴۵، شماره ۱۱، بهار و تابستان ۱۳۹۶.
۹. فلاحتی، علیرضا، (۱۳۸۸)، ارزیابی سانحه، خطرپذیری، آسیب پذیری و خسارات، موسسه آموزش عالی علمی- کاربردی هلال احمر، چاپ اول، زمستان ۱۳۸۸، صفحه: ۱۶-۱۷
۱۰. کامران زاد، فرناز، محصل افشار، عماد، مجرب، مسعود، معماریان، حسین، (۱۳۹۴)، پهنه بندی خطر زمین لغزش در استان تهران با استفاده از روشهای داده محور و تحلیل سلسله مراتبی، فصلنامه علمی- پژوهشی علوم زمین، سال ۲۵، شماره ۹۷، صفحه ۱۰۱-۱۱۴، DOI: ۱۰.۲۲۰۷۱/۲۰۱۵,۴۱۳۷۲.gsj
11. Alexander David, (1989), *Urban landslides*, *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, Vol 13, Issue 2,