زلزلهٔ تهران و ارزیابی فضایی آسیب‌پذیری بنگاه‌های اقتصادی: مطالعهٔ موردی شبکهٔ بانکی شهر تهران

علی گلی[1*]، علی عسگری[2]

۱- استادیار جامعه‌شناسی و برنامه‌ریزی اجتماعی، دانشکدهٔ علوم اجتماعی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
۲- دانشیار مدیریت بحران، دانشگاه یورک، کانادا

دریافت: ۱۱/ ۴/ ۸۷ پذیرش: ۱۱/ ۱۲/ ۸۷

چکیده

امروزه، در بیشتر کشورهایی که با حوادث و خطرهای طبیعی روبه‌رویند، استقرار کاربری‌ها و خدمات عمومی و اجتماعی با توجه به الگو و عوامل مؤثر بر مخاطرات صورت می‌گیرد. با اینکه بخش عمده‌ای از سکونتگاه‌های کشور ایران در معرض خطرهای ناشی از این حوادث غیرمترقبه قرار دارد، به رعایت استانداردهای لازم کمتر توجه شده است. یکی از این مخاطرات در ایران، زلزله است که بیشتر شهرهای کشور را تهدید می‌کند و تهران به‌عنوان پایتخت ایران از مهم‌ترین شهرهای در معرض این خطر است.

این مقاله پژوهشی است کاربردی که به منظور ارزیابی آسیب‌پذیری بنگاه‌های اقتصادی شهر تهران در برابر زلزله، با استفاده از تحلیل مکانی انجام شده و هدف اصلی آن، برآورد منابع مالی و انسانی مورد تهدید شبکهٔ بانکی شهر تهران است. پس از بررسی شرایط عمومی زلزله‌خیزی شهر تهران، توزیع جمعیت ساکن در سال ۱۳۸۵، شعبه‌های بانک‌های مختلف و تعداد نیروی انسانی شاغل و منابع جذب‌شده و در اختیار بانک‌ها، داده‌ها جمع‌آوری و با استفاده از توابع تحلیل فضایی و مدل‌های عددی شبیه‌سازی زلزله و آثار آن ارزیابی شده است.

نتایج تحقیق نشان می‌دهد در صورت وقوع زلزله‌ای با شدت بیش از هشت ریشتر، بیش از ۸۰درصد منابع مالی و انسانی در معرض تهدید مستقیم خواهند بود. ارائه و سطح‌بندی پهنه‌های مخاطره‌آمیز می‌تواند به‌عنوان راهنمایی برای برنامه‌ریزان و مدیران بانک‌های مختلف در مکان‌یابی و استقرار شعبه‌های جدید و مقاوم‌سازی شعبه‌های موجود، مفید و موثر باشد.

واژه‌های کلیدی: مخاطرات محیطی، زلزله، شبکهٔ بانکی، منابع مالی، تهران.

---

* نویسندهٔ مسئول مقاله: E-mail:goli@shirazu.ac.ir

۱- مقدمه

محدودیت در فرصت‌های سرمایه‌گذاری فعالیت‌های اقتصادی همواره سرمایه‌گذاران را به انتخاب مکان مناسب که تعیین‌کنندهٔ فعالیت مداوم و سود فعالیت اقتصادی آن‌هاست سوق می‌دهد. بانکداری از فعالیت‌هایی است که همواره به دنبال انتخاب مکان مناسب است. در شکل نوین بانکداری یعنی بانکداری مجازی، مکان تضمین‌کنندهٔ حفظ اطلاعات و آمار مربوط به منابع و اعتبارات مشتریان است و اهمیت بسیاری دارد. توجه به انتخاب مکان‌هایی که کمترین احتمال وقوع حوادث انسانی و طبیعی در آن‌ها وجود داشته باشد، از مهم‌ترین نکات در الگوی مکان‌یابی جدید فعالیت‌های بانکی در کشورهای مختلف است.

در ایران استقرار سکونتگاه‌ها در بستر رودخانه‌ها و پیرامون گسل‌های فعال و ساخت مسکن در سازنده‌های غیرمقاوم نشان‌دهندهٔ بی‌توجهی جدی به خطرهای محیطی است (زنگی‌آبادی و تبریزی، ۱۳۸۵: ۱۱٦). بانک‌ها نیز به‌عنوان بخشی از بنگاه‌های اقتصادی کشور همواره در معرض این خطر بوده و هستند. هنوز درباب کاستن از عوامل تهدیدکنندهٔ محیطی در شبکهٔ گستردهٔ آن‌ها در سطح کشور اقدام مناسبی صورت نگرفته است (تجربهٔ زلزله بم در ۱۳۸۲).

تهران با قرارگیری و گسترش در مجاورت گسل‌های فعال در شمال و جنوب در معرض تهدید زلزله است. به‌رغم وقوع زلزله‌های پی‌درپی در سابقهٔ تاریخی شهر، و زلزله‌های متعدد در پیرامون آن در دهه‌های اخیر، در کاستن از خطرهای احتمالی زلزله در سطح تهران اقدامات مناسبی انجام نشده است. تراکم شدید ساختمانی، محدودیت در فضاهای خالی و باز بین ساختمان‌ها، بی‌توجهی به استانداردهای مصوب در سازه‌های مناطق مختلف شهر، تراکم شدید جمعیت و... از عوامل تهدیدکنندهٔ این شهر در صورت بروز هرگونه زلزله به‌شمار می‌روند (Asgary Et. al, 2007: 316). بنابر این، شناخت بسترهای مخاطره‌آمیز در سطح شهر، برنامه‌ریزی برای تغییر مکان شعبه‌های بانک‌ها یا مقاوم‌سازی بنای آن‌ها، استفاده از ابزارها و تجهیزات مناسب حفظ و ذخیره‌سازی داده‌های مشتریان از اقدامات کاهندهٔ آثار منفی زلزلهٔ احتمالی شهر تهران خواهد بود که در این مطالعه بررسی شده است.

۲- مبانی نظری

خطر بخشی از محیطی است که در آن زندگی می‌کنیم. تصور زندگی در محیط بدون خطر تقریباً محال است. تقسیم‌بندی‌های مختلفی از خطرها صورت گرفته است. در یک دسته‌بندی بر مبنای مداخلهٔ انسان، خطرها به دو گروه تقسیم شده است:

۱. خطرهای ارادی با محوریت انسان، مانند حوادث صنعتی؛
۲. خطرهای غیرارادی با محوریت عوامل طبیعی، مانند آتشفشان و زلزله.

الگوهای دیگری نیز در تقسیم‌بندی خطرها وجود دارد که هریک بر مبنای عوامل مؤثر در شکل‌گیری یا میزان تلفات، دسته‌بندی مختلفی ارائه می‌دهد:

۱. دسته‌بندی بر مبنای مداخلهٔ انسان؛
۲. دسته‌بندی بر مبنای تلفات؛
۳. دسته‌بندی بر مبنای تأثیرات بالقوه (Montoya, 2002: 1-4).

درمجموع خطرهای طبیعی دارای فرایندی نامنظم و پویاست. به این دلیل پویاست که این حوادث به‌صورت مجزّا اتفاق نمی‌افتد، بلکه همواره وقایع مرتبط دیگری را نیز به‌همراه دارد (زمین لغزش ناشی از زلزله)؛ همچنین به این دلیل دارای فرایندی نامنظم است که پیش‌بینی زمان وقوع آن‌ها مشکل است (United Nations Disaster Relief, 1991: 245). حوادث طبیعی را می‌توان عوامل تأثیرگذار بر اجتماعات آسیب‌پذیر نیز نام نهاد که بدون کمک از منابع فرامحلی، امکان حیات دوبارهٔ آن‌ها مشکل یا ناممکن خواهد بود.

جدول۱ تأثیرات بالقوه انواع خطرهای طبیعی

	اجتماعی و انسانی	فیزیکی- کالبدی	اقتصادی
تأثیرات اولیه (کوتاه‌مدت)	• جانباختگان • مجروحان • حذف فرصت‌های اشتغال • بی‌خانمانان	• تغییر شکل زمین و از دست دادن کیفیت • تخریب یا آسیب بناها	• وقفه در فعالیت‌های اقتصادی • از دست دادن منابع تولید انسانی • هزینه‌های سرمایه‌ای
تأثیرات بلندمدت	• بیماری یا معلولی دائم • تأثیرات روانی • تضعیف وابستگی‌های اجتماعی • نارضایتی‌ها	تخریب تدریجی ساختمان‌ها و بناها و زیرساخت‌هایی که بازسازی نشده‌اند	• افزایش حق بیمه • از دست رفتن فرصت‌های تجاری • کاهش ضریب اطمینان سرمایه‌گذاری

(United Nations Disaster Relief, 1991: 245-247)

تحقیقات انجام‌شده در زمینهٔ ارزیابی خطر در سکونتگاه‌های انسانی نشان‌دهندهٔ سه رویکـرد مطالعاتی در بررسی خطرهای محیطی در اجتماعات انـسانی اسـت: ارزیـابی زیـست‌محیطـی، ارزیابی اجتماعی و ارزیابی مکانی (Chang Et. al, 2001: 59). رویکـرد اول بـر پـیش‌بینـی احتمال وقوع خطرها و تعیین شعاع اثرگذاری در محیط و فضای جغرافیایی تأکید دارد (Palm Et. al, 1992: 209). رویکرد دوم به ارزیابی تأثیرات اجتماعی، اقتصادی و سیاسی خطرهـای محیطی در زمان وقوع و پس از آن مـی‌پـردازد (Montoya Et. al, 2002: 37-39). رویکـرد سوم به ارزیابی خطرهـای بـالقوهٔ محیطـی و آثـار اقتـصادی و اجتمـاعی آن‌هـا توجـه دارد و راهکارها و الگوهای مقابله با خطرهای محیطی و کاستن از آثار نامطلوب آن‌ها را ارائه می‌کنـد (Cutter Et. al, 2000: 714).

برخی پژوهش‌ها به بررسی خطرپذیری بنگاه‌هـای اقتـصادی بـا اتکـا بـه حـوادث رخـداده پرداخته‌اند. محور این پژوهش‌ها بـر ارزیـابی تـأثیر خطرهـا و تـوان مـدیریت بحـران توسـط بنگاه‌های اقتصادی به منظور بازسازی فعالیت‌ها متمرکـز اسـت. بررسـی زلزلـه‌هـای کوالینگـا[1] ۱۹۸٤م، لوما پریتا[2] ۱۹۸۹م، نورثریدج[3] ۱۹۹٤ و کوبه[4] ۱۹۹۵م نشان می‌دهد بنگاه‌های اقتصادی و فعالیت‌های وابسته به آن‌ها با مسائل خاص و مشابهی در بازسازی فعالیت‌های خـود مواجـه بوده‌اند (Chang Et. al, 2002: 60). در دوران بازسازی فعالیت‌های این بنگاه‌ها نیز تأکید بـر تغییرات ساختاری در مکان اسـتقرار، تقویـت مراکـز ذخیـرهٔ داده‌هـا و اطلاعـات و توجـه بـه کانون‌های بالقوهٔ خطر در گسترش فعالیت‌ها، از مهم‌ترین محورهای مورد توجه بوده است.

۳- روش تحقیق

برای دست‌یابی به هدف تحقیق، ابتدا با استفاده از روش‌های پیمایـشی و توصـیفی، داده‌هـا از محدودهٔ موردمطالعه جمع‌آوری شده و سپس پایگاه داده‌های مورد نیاز بر مبنای مدل‌های مورد استفاده طراحی و ایجاد شده است. در مراحل بعد، جهت تجزیـه و تحلیـل اطلاعـات و ارائـهٔ

1. Coalinga
2. Loma Prieta
3. Northridge
4. Kobe

الگوی آسیب‌پذیری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و توابع تحلیلی موردنیاز، به محاسبهٔ میزان خطرپذیری شعبه‌های بانک‌های مختلف شهر تهران پرداخته شده است. مناطق ۲۲گانهٔ تهران و شعبه‌های بانک‌های دولتی (اطلاعات منابع مالی و نیروی انسانی شاغل در شبکهٔ بانکی شهر تهران) نمونهٔ تحقیق را تشکیل می‌دهد.

۴- گسترهٔ مورد مطالعه

در این پژوهش با استفاده از نتایج گزارش‌های مطالعات محیط زیست تهران و مطالعات مشترک مرکز مطالعات زلزله و زیست‌محیطی تهران بزرگ و آژانس همکاری‌های بین‌المللی ژاپن(جایکا[1])، شرایط موجود تهران بیان شده است:

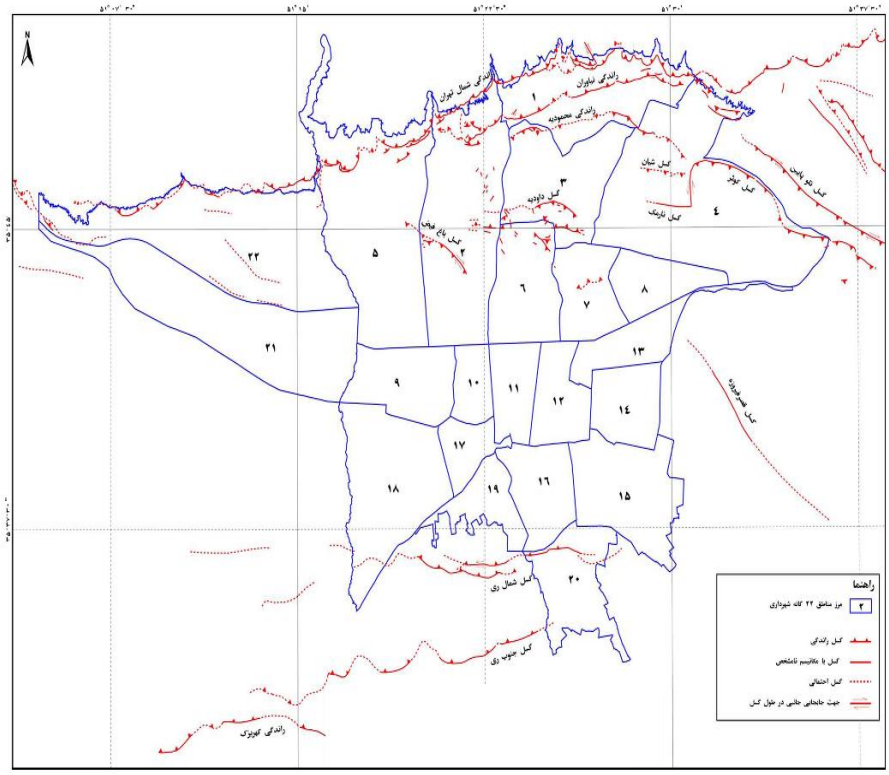
۴-۱- توپوگرافی شهر تهران

گسترهٔ مورد مطالعه در کوهپایهٔ شیب‌های جنوبی رشته‌کوه البرز قرار گرفته است و به پنج واحد توپوگرافیکی تقسیم می‌شود: کوه‌ها، تپه‌ها، مخروط‌افکنه‌های آبرفتی قدیمی، مخروط‌افکنهٔ آبرفتی جوان و دشت‌های آبرفتی (مرکز مطالعات راهبردی شهر تهران، ۱۳۸٤: ۵۹-۸۱؛ جایکا، ۱۳۸۰: ۱۷-۱۸).

۴-۲- گسل‌های فعال در تهران و اطراف آن

مطالعات پراکندگی گسل‌های فعال در ایران توسط بربریان (۱۳۵۵) و پراکندگی گسل‌های فعال در تهران و اطراف آن توسط بربریان و همکاران (۱۳٦۲) به‌طور سازمان‌یافته برای نخستین بار در کشور صورت گرفته است (شکل ۱). مرکز مطالعات زلزله و زیست‌محیطی تهران بزرگ (۱۳۷۷) و عباسی و همکاران (۱۳۷۸) نقشه‌های همراه با جزئیات پراکندگی گسل‌ها را سامان‌دهی کرده‌اند.

1. Japan International Cooperation Agency (JICA)

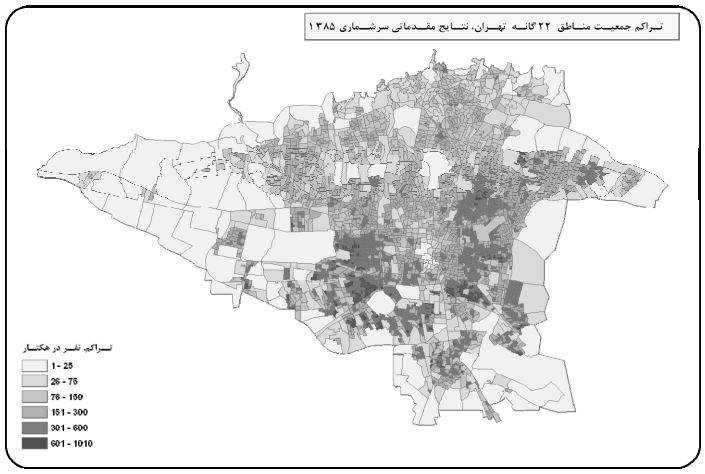


شکل۱ پراکندگی گسل‌ها در شهر تهران و اطراف آن

(بربریان و همکاران، ١٣٦٤).

۳-۴- شرایط اجتماعی شهر تهران

بر اساس نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۸۵، جمعیت شهر تهران در مناطق ۲۲گانهٔ ۷/۷۹۷/۵۲۰ نفر است. پراکندگی جمعیت براساس حوزه‌های آماری (شکل۲) نشان‌دهندهٔ بیشترین جمعیت در منطقهٔ ۹ و کمترین جمعیت در منطقهٔ ۲۲ است. تراکم جمعیت در شهر تهران به‌طور متوسط ۱۹۳نفر در هکتار است. منطقهٔ ۹ متراکم‌ترین و منطقهٔ ۲۲ دارای کمترین تراکم جمعیتی است (مرکز آمار ایران، ١٣٨٦).



شکل۲ تراکم جمعیت در مناطق ۲۲گانهٔ شهر تهران به تفکیک حوزه‌های سرشماری

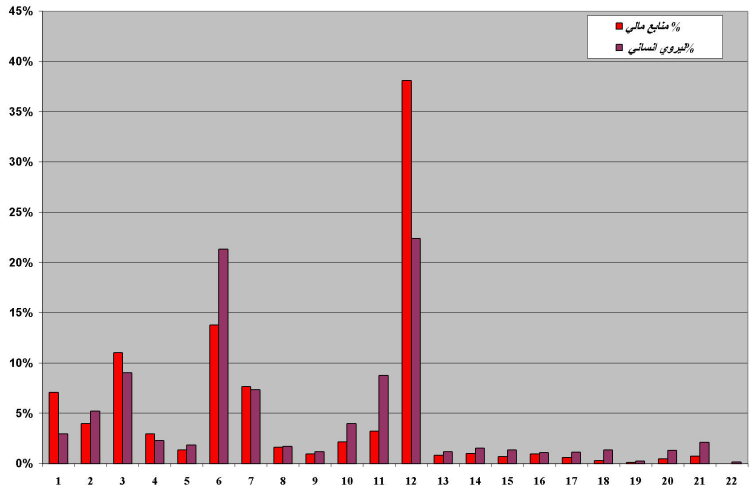
۴-۴- ویژگی‌های شبکهٔ بانکی شهر تهران

طی دهه‌های اخیر، بانکداری از فعالیت‌های روبه‌رشد در کشور بوده است. نظام فعالیت‌های بانکی کشور که براساس مراجعهٔ مستقیم مشتریان به شعبه است، باعث شده این فعالیت روبه‌رشد در سطح شهرهای مختلف با اشغال مکان‌های جدید و ایجاد شعبه‌های جدید صورت گیرد. استقرار بیش از ۱۵۰۰ شعبه بانک در قالب بانک‌های دولتی و خصوصی در تهران، این شهر را مهم‌ترین کانون فعالیت بانکداری در سطح کشور تبدیل کرده است.

افزایش تعداد شعبه‌ها نمی‌تواند به‌تنهایی مؤید توسعه و کارایی بالای نظام بانکی کشور باشد؛ از سوی دیگر هدف هم این نیست که فقط با استفاده از این عامل به تحلیل وضع موجود خطرپذیری شبکهٔ بانکی شهر تهران پرداخته شود؛ بلکه آنچه حائز اهمیت است این است که آیا این تمرکز همراه با توجه به خطرها و آسیب‌های مختلف محیطی تهدیدکنندهٔ شهر تهران صورت گرفته است یا خیر؟

بانک ملی با ٤٣١ شعبه دارای بیشترین شعبه و بعد ازآن بانک صادرات با ۳۵۷ شعبه در رتبهٔ دوم قرار دارد. کمترین تعداد (۱۰ شعبه) به بانک صنعت و معدن اختصاص دارد. بالاترین تراکم در بین مناطق به منطقهٔ ۱۲ و کمترین میزان نیز به منطقهٔ ۲۲ با ۲ شعبه اختصاص دارد (راهنمای شعب

بانک‌های مختلف شهر تهران، ۱۳۸۳، کتاب اول، ۱۳۸۵). توزیع منابع و نیروی انسانی شاغل در این شبکه نیز بر مبنای توزیع شعبه‌های بانک‌ها در سطح مورد مطالعه است. بخش بزرگی از شعبه‌های بانک‌های مختلف با تنوع فعالیت‌های بانکی در مناطق داخلی شهر استقرار دارند و با توجه به تمرکز فعالیت‌های اداری و تجاری در این نواحی بیشترین منابع بانکی نیز به این مناطق اختصاص دارد (شکل ۳).



شکل ۳ توزیع نسبی منابع مالی و نیروی انسانی شاغل در شبکهٔ بانکی تهران به تفکیک مناطق

بر مبنای ویژگی‌های محیطی شهر و الگوی استقرار شبکهٔ بانکی در تهران می‌توان ادعا کرد توسعهٔ کمّی شبکهٔ بانکی در این شهر اغلب با به‌کارگیری متغیرهای تأثیرگذار بر جذب منابع و ارائهٔ خدمات صورت گرفته است و به خطرهای محیطی یا انسانی در این توسعه چندان توجهی نشده است.

۵. تحلیل خطرپذیری شعبه‌های بانک‌ها در تهران

بهره‌گیری از زلزله سناریو برای برنامه‌ریزیِ واکنش اضطراری و برنامه‌ریزیِ پیشگیری از پیامدهای بحران ناشی از زلزله، برای هر شهری می‌تواند بسیار مفید باشد. بنابراین، باید زلزله‌هایی را در نظر

گرفت که بیشترین خسارت را به تهران وارد خواهد کرد. براساس نتایج بررسی‌های مرکز مطالعات زلزله و زیست‌محیطی تهران بزرگ، زلزله‌ای که تهران را تحت تأثیر قرار خواهد داد در گسلی فعال در نزدیکی شهر اتفاق خواهد افتاد. وسعت منطقه‌ای که بسیار خسارت خواهد دید، مشابه با موارد ناشی از زلزله‌های بزرگ از نوع بین‌صفحه‌ای مکنده[1]، محدود خواهد بود. تهران به‌اندازهٔ کافی وسیع است و احتمال آن زیاد است که منطقه‌ای متحمل خسارت شدید شود، اما منطقهٔ دیگر کمتر خسارت ببیند (جایکا، ۱۳۸۰: ۱۵٦). اما آنچه مهم است این است که با پیش‌بینی چنین وضعیتی الگویی از خطرپذیری شرایط موجود تهیه شود تا در مطالعات پیش‌بینی از آن استفاده شود. از میان بسیاری از گسل‌های فعال در منطقه، محتمل‌ترین گسل‌های خطرناک عبارت‌انداز:

۱. گسل مشا (طول حدود ۲۰۰ کیلومتر)؛

۲. گسل شمال تهران (طول حدود ۹۰ کیلومتر)؛

۳. گسل جنوب ری (طول حدود ۲۰ کیلومتر).

گسل مشا یکی از گسل‌های اصلی است و از چندین بخش تشکیل شده است. زلزلهٔ ۱۸۳۰ با فعالیت بخش شرقی گسل مشا تطابق دارد. بنابراین، گسل مشا شرقی به‌عنوان یکی از چشمه‌های زلزله سناریو انتخاب خواهد شد. «بزرگ‌ترین زلزلهٔ تاریخی در سال ۹۵۸ روی داد که بزرگای آن Mw ۷/۷ و فاصلهٔ آن تا مرکز تهران در حدود ۵۰ کیلومتر بود. این زلزله با فعالیت بخش غربی گسل مشا مطابقت داشت.» (امبرسزن، ۱۳۷۰). گسل شمال تهران بین بخش غربی گسل مشا و شهر تهران واقع شده است. اگر گسل شمال تهران فعال شود، خسارت‌های ناشی از زلزله سنگین‌تر از زلزلهٔ سال ۹۵۸ خواهد بود. بنابراین، برای زلزله سناریو، گسل شمال تهران دارای اهمیت است. بخش شمال‌غربی این گسل دور از شهر تهران است و ازاین‌رو، بخش شرقی آن همواره به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین کانون‌های احتمالی زلزله بررسی می‌شود. گسل جنوب ری در جنوب شهر تهران و تقریباً به‌موازات گسل موسوم به شمال ری امتداد دارد. فاصلهٔ بین این دو گسل ۳ تا ۵ کیلومتر است. به‌نظر می‌رسد منشأ هر دو گسل یکی باشد و هر دوی آن‌ها شاخه‌هایی از یک گسل باشند (جایکا، ۱۳۸۰: ۲۹).

---

1. Inter-plate Subduction

به منظور تخمین منابع مالی مورد تهدید بانک‌ها و نیروی انسانی، با استفاده از دو مدل به برآورد میزان آسیب‌پذیری شعبه‌ها در شهر تهران پرداخته شده است:

۱. استفاده از مدل پوشش شعاع خطی (Buffer) بر مبنای فاصلهٔ شعبه‌ها از گسل‌ها؛

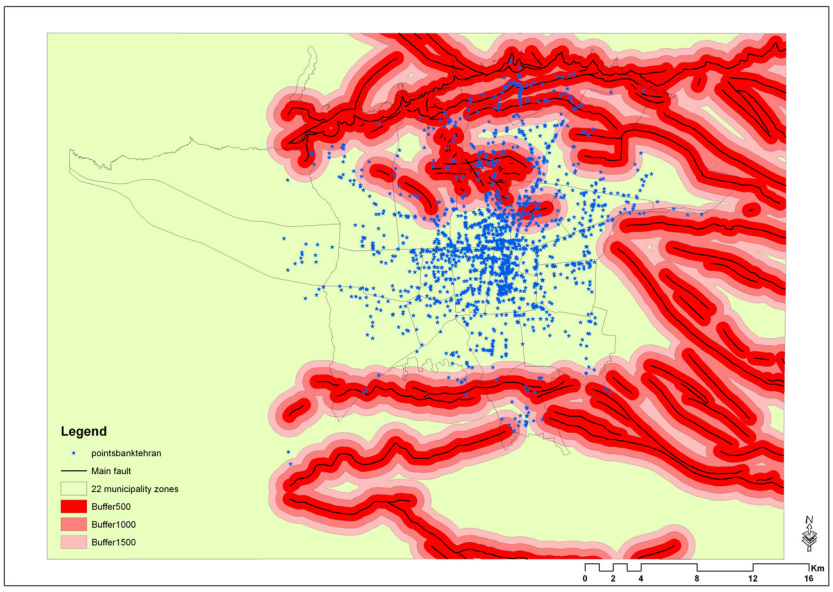
۲. استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی زلزله و استخراج الگوی پهنه‌ای زلزله در سطح شهر تهران براساس مطالعات صورت‌گرفته.

در مدل پوشش شعاع خطی برای برآورد توزیع منابع مالی و انسانی، داده‌های تمام بانک‌ها در سطح شهر تهران با استفاده از مدل IDW[1] از الگوی نقطه‌ای به الگوی سطحی تبدیل شده است. با به‌کارگیری این مدل، مقادیر منابع در اختیار شعبه‌های بانک‌های مختلف با مختصات مشخص در سایر نقاط با مختصات معلوم که فاقد مقادیر مالی بودند برآورد شده است:

$$\hat{z}_{(x_0)} = \frac{\sum_{i=1}^{N} w\,(d_i^{-1}) z\,(x_i)}{\sum_{i=1}^{N} w\,(d_i^{-1})}$$

در این معادله، $\hat{z}_{(x_0)}$ بیان‌گر مقدار تخمینی متغیر مالی برای سطوحی خواهد بود که فاقد شعبه‌های بانکی هستند، w نشان‌دهندهٔ مقدار ثابت عددی (در این مطالعه عدد ثابت ۱ در نظر گرفته شده است)، d_i^{-1} بیان‌گر معکوس فاصلهٔ بین نقاط با مقادیر معلوم و نقاط مجهول، و z معرّف مقدار متغیر مالی برای شعبه‌های بانکی خواهد بود (Darı Et. al, 2006: 457). برای تحلیل خطرپذیری با استفاده IDW و تخمین منابع مالی مورد تهدید و نیروی انسانی بانک‌ها، سه شعاع پوششی از گسل‌های فعال شهر تهران محاسبه شده است.

1. Inverse Distance Weighting (IDW)



شکل۴ شعاع پوشش خطی از گسل‌های فعال شهر تهران

بر اساس نتایج روش اول (شکل٤) از مجموع شعبه‌های بانک‌های مختلف، میزان آسیب‌پذیری شعبه‌ها در فواصل ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ متری از کانون خطر با احتمال وقوع زلزله‌ای با شدت ٤/٦ Mw (میانگین شدت زلزله در صدسال اخیر کشور) محاسبه شده است:

جدول۲ میزان آسیب‌پذیری شعبه‌ها بر مبنای شعاع پوشش خطی از گسل‌های فعال تهران

نسبت فاصله از گسل	٪ منابع مالی از مجموع منابع بانک‌ها در شهر	٪ منابع انسانی از مجموع نیروی انسانی بانک‌ها در شهر
۵۰۰ متر	٪۱۱/٤٤	٪۸/۹۸
۱۰۰۰ متر	٪۲۳/۸۸	٪۱۹/۵۱
۱۵۰۰ متر	٪۳۲/۹۸	٪۲۸/۹۹

در روش دوم با استفاده از نتایج تحقیقات مشترک مرکز مطالعات زلزله و زیست‌محیطی تهران بزرگ و جایکا، نقاط شعبه‌های بانک‌های مختلف در پهنه‌بندی شبیه‌سازی شده، داده‌های مکانی

روی‌هم‌اندازی شده[1] و مورد تحلیل قرار گرفته است. بر مبنای پژوهش‌های انجام‌شده، جنبش ثبت‌شدهٔ زلزله را می‌توان به روش ترکیب کردن توزیع لغزش در حوزهٔ زمان و مکان در سطح گسل و واکنش مواد در مسیر انتشار به‌ازای واحد لغزش (تابع گرین) مدل کرد. مفهوم تابع گرین آن است که برای محاسبهٔ یک رویداد بزرگ به جای کاربرد یک واقعهٔ نظری، از رویداد تجربه‌شدهٔ کوچک به‌عنوان تابع گرین استفاده کرد (جایکا، ۱۳۸۰: ۱۱٤).

«روابط پارامتر منبع بین رویدادهای بزرگ و کوچک به شرح زیر است:

$$\left(M_o \big/ m_o\right)^{\frac{1}{3}} = \frac{L}{l} = \frac{W}{w} = N$$

که در آن به‌ترتیب برای رویداد بزرگ و کوچک، M_o و m_o معرف لنگر لرزه‌ای، L و l معرف طول گسل و بالاخره W و w معرف پهنای گسل‌اند. اگر رویداد بزرگ و رویداد کوچک هر دو از قاعدهٔ مقیاس‌گذاری ω^{-2} پیروی کنند، در این صورت رابطهٔ طیفی بین رویدادهای بزرگ و کوچک برای دامنه‌های با فرکانس پایین و فرکانس بالا به شرح زیر خواهد بود:

$$U_L \big/ u_l = M_o \big/ m_o = N^3 \quad , \quad U_H \big/ u_h = \left(M_o \big/ m_o\right)^{\frac{1}{3}} = N$$

U_L و u_l عبارت‌انداز: سطح محدودهٔ فرکانس پایین و U_H و u_h، سطح محدودهٔ فرکانس بالا. با وجود این رابطه‌ها، لرزه‌نگاشت A(t) برای رویداد بزرگ برحسب لرزه‌نگاشت a(t) برای رویداد کوچک، به شرح زیر بیان می‌شود:

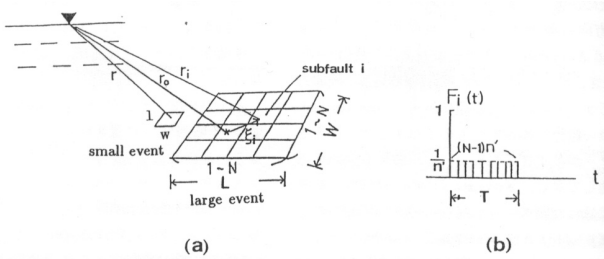
$$A(t) = \sum_{1}^{N^2} (r / r_i) F(t - t_i) \times a(t)$$

$$F(t) = \delta(t) + (1/n') \sum_{j=1}^{(N-1)n'} \delta[t - (j-1)T/(N-1)n']$$

$$t_i = r_i/V_c + \xi_i/V_i$$

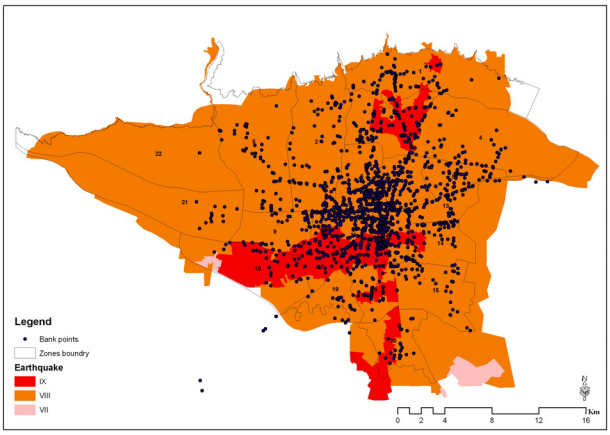
1. Overlay

که در آن‌ها r معرّف فاصلهٔ کانونی از نقطهٔ مشاهده تا رویداد کوچک، r_1 فاصلهٔ نقطهٔ مشاهده تا iامین عنصر گسل، ξ_i فاصله از نقطه منشأ شکست تا iامین عنصر گسل، Vr سرعت شکست، Vc سرعت امواج لرزه‌ای موردنظر، T زمان به اوج رسیدن رویداد بزرگ، n' عدد ثابت مناسبی برای از بین بردن حالت تناوب غیرواقعی و در ضمن معرف ترکیب امواج است. نمایش شماتیک این روش در شکل شماره پنج نشان داده شده است.» (همان، ۱۱۵).



شکل۵ نمایش شماتیک روش تابع تجربی گرین
(Irikura Et. al, 1992: 7)

برآورد احتمالی از شدت زلزلهٔ شهر تهران بر مبنای تابع گرین و به‌صورت مدل شناور با در نظر گرفتن تمام حالات ممکن به این شکل خواهد بود:



شکل۶ برآورد احتمالی از پراکندگی شدت زلزله در شهر تهران

در روش دوم با مبنا قرار دادن تابع گرین و استفاده از نتایج مدل شناور و توزیع شعبه‌ها بر پهنه‌های خطر بر مبنای شدت زلزلهٔ احتمالی در سطح حوزه‌های مناطق شهر تهران، میزان آسیب‌پذیری به این صورت خواهد بود:

جدول۳ میزان آسیب‌پذیری شعبه‌ها بر پهنه‌های خطر بر مبنای تابع گرین و مدل شناور

نسبت / شدت زلزله	٪ منابع مالی از مجموع منابع بانک‌ها در شهر تهران	٪ منابع انسانی از مجموع نیروی انسانی بانک‌ها در شهر تهران
شدت زلزله کمتر از ۷	۱	۲
شدت زلزله ۸-۷	۸۲	۷۹
شدت زلزله بیش از ۹	۱۷	۱۹

بر اساس نتایج مدل شناور، بخش بزرگی از شهر تهران در پهنهٔ خطری با شدت زلزلهٔ ۷-۸ واحد امواج درونی زمین قرار می‌گیرند و مجموع منابع مالی و انسانی مورد تهدید حدود ۸۰٪ از منابع موجود در شهر تهران را شامل می‌شوند.

۶- نتیجه‌گیری

برآورد محل، شدت و زمان زلزله به‌منظور برنامه‌ریزی عملی برای پیشگیری از زلزله مهم است. در این مقاله با مبنا قرار دادن اطلاعات شعبه‌های بانک‌های دولتی شهر تهران، توزیع مکانی آن‌ها و توزیع گسل‌های فعال، به منظور برخورد پیشگیرانه با زلزلهٔ احتمالی تهران برنامه‌ریزی شد و خسارت‌ها بر اساس سناریوهای احتمالی برآورد شد. اما اطلاعات کمی در مورد فاصلهٔ زمانی تا رویداد مجدد و آخرین حوادث زلزله وجود دارد. تعیین زمان رویداد زلزله سناریو مشکل است. در پایان بر مبنای نتایج تحقیقات مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران و مرکز مطالعات زلزله و زیست‌محیطی تهران بزرگ و جایکا پیشنهادهایی در قالب دو محور کلی ارائه می‌شود:

محور اول: بناها و تأسیسات شهری:

- ایجاد پایگاه داده‌های ساختمان، روساخت و زیرساخت؛

- آیین‌نامهٔ طراحی ساختمان‌های مقاوم در برابر زلزله و اجرایی شدن آن؛
- بررسی توسعه و گسترش شهر و تغییرات سازه‌ای؛
- استفاده از فناوری جدید در مقاوم‌سازی لرزه‌ای ساختمان‌ها.

محور دوم: شبکهٔ بانکی شهر تهران:

- به‌کارگیری سیستم‌های اطلاعاتی مناسب در ذخیره‌سازی و نگهداری داده‌های مشتریان بانک‌های مختلف؛
- مقاوم‌سازی شعبه‌های واقع در پهنه‌های خطر؛
- ایجاد مراکز انبار داده در سایر شهرها و مناطق با خطرپذیری کم؛
- رعایت استاندارد سازه‌ها و آیین‌نامه‌های بناها در ساخت شعبه‌های جدید یا خرید مکان‌هایی جهت ایجاد شعبه.

۷- منابع

- امبرسزن، ملویل. چ. (۱۳۷۰). ***تاریخ زمین‌لرزه‌های ایران***. ترجمهٔ ابوالحسن رده. تهران: آگاه.
- بربریان مانوئل و همکاران. (۱۳٦٤). ***پژوهش و بررسی زمین‌ساخت و بررسی ژرف نو زمین ساخت و خطر زمین‌لرزه- گسلش در گسترش تهران***. سازمان زمین‌شناسی کشور.
- زنگی‌آبادی و تبریزی. (۱۳۸۵). «زلزلهٔ تهران و ارزیابی فضایی آسیب‌پذیری مناطق شهری». ***پژوهش‌های جغرافیایی***. ش ٥٦.
- کتاب اول. (۱۳۸۵). ***بانک اطلاعات شهری کتاب اول***. تهران: مؤسسهٔ کتاب اول.
- ***مجموعه راهنمای شعب بانک‌های مختلف شهر تهران*** (راهنمای شعب بانک ملی، بانک مسکن، بانک تجارت، بانک صادرات، بانک کشاورزی، بانک سپه و بانک صنعت و معدن). (۱۳۸۳). تهران.
- مرکز آمار ایران. (۱۳۸٦). ***نتایج عمومی سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۸۵***. تهران: مرکز آمار ایران.

- جایکا- مرکز مطالعات زلزله و زیست‌محیطی تهران بزرگ و آژانس همکاری‌های بین‌المللی ژاپن. (۱۳۸۰). ***گزارش ریزپهنه‌بندی لرزه‌ای تهران بزرگ***. تهران.
- مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران. (۱۳۸٤). ***گزارش مطالعات خطر زلزله***. تهران.
- Asgary. A Et. al. (2007). "Estimating willingness to Pay for a Hypothetical Earthquake Early Warning Systems". Environmental Hazards. Vol. 7 . PP 312–320, DOI:10.1016/j.envhaz.2007.09.003.
- Chang.S, Falit-Baiamonte, A. (2002). Disaster vulnerability of businesses in the 2001 Nisqually earthquake, Environmental Hazards, Vol 4, PP. 59–71, DOI:10.1016/S1464-2867(03)00007-X.
- Cutter, S. L., J. T. Mitchell & M. S. Scott. (2000). Revealing the vulnerability of people and places: a case study of Georgetown County, South Carolina. Annals of the Association of American Geographers. Vol. 90 (4), PP. 713–737, DOI: 10.1111/0004-5608.00219.
- Darı´o Rojas-Avellaneda, Jose´ Luis Silva´ n-Ca´ rdenas. (2006). Performance of geostatistical interpolation methods for modelling sampled data with non-stationary mean, Stoch Environ Res Risk Assess, Vol 20: PP. 455–467, DOI: 10.1007/s00477-006-0038-5.
- Irikura, K. and K. Kamae. (1992). Some Problems in Practical Applications of Strong Motion Prediction, Program and Abstracts, the Seismological Society of Japan, Fall Meeting.
- Montoya, Morales. (2002). Urban Disaster Management, Thesis Utrecht University and ITC, Enschede, Netherlands.
- Montoya Morales, A. (2002). Urban Disaster Management: A Case Study of Earthquake Risk Assessment in Cartago, Costa Rica, Thesis in Master of Science in urban planning & management, International

Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (ITC), Enschede, Netherlands.

- Palm, R. I., M. E Hodgson. (1992). Earthquake insurance: mandated disclosure and homeowner response in California. Annals of the Association of American Geographers. Vol 82, PP. 207–222, DOI: 10.1111/j.1467-8306.1992.tb01905.x
- United Nations Disaster Relief Co-ordinator. (1999). Mitigating Natural Disasters: Phenomena, Effects and Options. A Manual for Policy Makers and Planners. New York, USA. United Nations.Solway, L. PP. 245-77.