

Developing a Model for Determining Earthquake Resilience of Urban Fabrics with Historical and Economic Values, Case Study: Tabriz Historical Bazaar

Kambod Amini Hosseini

Associate Professor, Risk Management Research Center
kamini@iiees.ac.ir

Rezvan Moaddab

Traditional bazaars, as cultural and economic centers of historical cities, are among the most vulnerable urban fabrics. Therefore, natural hazards may destroy historical and cultural assets in these areas, disrupt the business of many people and cause significant casualties and economic loss. On the other hand, such bazaars have many differences with other urban fabrics. Thus, applying conventional risk and resilience assessment methods for measuring the resilience of traditional bazaars may not provide appropriate results, and new models should be developed for resilience assessment of these urban fabrics.

In this study, a new model was developed to estimate the system performance in urban fabrics with historic-commercial value against earthquakes. The proposed model provides a comprehensive approach based on the system performance to be used in earthquake resilience assessment of traditional bazaars. For this purpose, indicators related to different dimensions of earthquake resilience were classified into physical, economic, social and organizational dimensions. In addition a new aspect entitled the cultural-historical dimension (which is very important in traditional bazaars) was introduced, and indicators related to this dimension were also added to the framework. Then, the effective indicators and sub-indicators amongst these five dimensions were selected and their importance was determined using Analytic Hierarchy Process (AHP). The proposed model estimates the system performance in traditional bazaars based on 5 dimensions, 17 indicators and 50 sub-indicators. In addition, by applying this model, the effective interventions to improve the resilience of different parts of bazaars can be assessed.

In order to estimate the resilience index, it is necessary to quantify all the indicators and sub-indicators. For this purpose, the qualitative sub-indicators should be converted to quantitative values using uniform approaches. On the other hand, the received answers about qualitative parameters normally have significant uncertainty. Therefore, in this study the fuzzy logic was used to reduce the uncertainty caused by this subject. In this study, the method of Bruneau et al. (2003) was used to estimate the resilience. Therefore, it is necessary to estimate how much the performance of

توسعه مدلی برای ارزیابی تاب آوری بافت‌های شهری دارای ارزش تاریخی - تجاری در برابر زلزله، مطالعه موردی: محدوده بازار تاریخی تبریز

کامبد امینی حسینی

دانشیار پژوهشکده مدیریت خطرپذیری و بحران
kamini@iiees.ac.ir

رضوان مؤدب

بافت‌هایی نظیر بازارهای سنتی، که از نظر فرهنگی و اقتصادی دارای ارزش فراوانی هستند، از جمله مناطقی می باشند که در برابر زلزله بسیار آسیب پذیرند. رخداد سوانح طبیعی در این بافت‌ها علاوه بر ایجاد آسیبهای غیرقابل جبران جانی، باعث از بین رفتن میراث تاریخی و فرهنگی و اختلال در کسب و کار بخشی از مردم می گردد. بازارها دارای تفاوت‌های متعددی از جهات مختلف با بافت‌های معمولی شهری می باشند. بدین ترتیب استفاده از مدل‌های متداول ارزیابی ریسک و تاب‌آوری، برای سنجش تاب‌آوری بازارهای سنتی نتایج دقیقی را به دنبال نخواهد داشت.

مدلی که در این پژوهش جهت برآورد تاب‌آوری بافت‌های شهری دارای ارزش تاریخی-تجاری در برابر زلزله ارائه شده است، با تطبیق پارامترهای آن با شرایط هر منطقه، قابلیت استفاده در بازارهای ارزشمند تاریخی مختلف را دارد. در این پژوهش شاخص‌های مرتبط با ابعاد مختلف تاب‌آوری براساس وجوه اشتراک مطالعات پیشین، در چهار بعد فیزیکی، اقتصادی، اجتماعی و سازمانی دسته‌بندی شدند. البته با توجه به اینکه در مطالعات قبلی ابعاد فرهنگی و تاریخی که در بازارهای سنتی از اهمیت زیادی برخوردارند، مورد توجه نبوده است، لذا شاخص‌های مرتبط با این بعد نیز به چارچوب مذکور اضافه گردیدند. بنابراین ابعاد تاب‌آوری در این مدل شامل پنج بعد فیزیکی، اقتصادی، اجتماعی، سازمانی و تاریخی-فرهنگی می باشد که در نهایت ۱۷ شاخص و ۵۰ زیرشاخص را در بر می گیرد. در این تحقیق، از روش مصاحبه با کارشناسان برای تعیین شاخص‌های مؤثر در تاب‌آوری استفاده شده است. بدین منظور پس از تدوین لیست نهایی شاخص‌ها و زیر شاخص‌ها، از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) برای وزن‌دهی آنها براساس نظرات خبرگان استفاده گردید.

لازمه برآورد تاب‌آوری، کمی‌سازی شاخص‌ها و پارامترهای مؤثر در آن می باشد. برای این منظور سعی شد که تا حد امکان از پارامترهای کمی که می‌تواند نماینده یک زیرشاخص باشد استفاده شود و پارامترها به صورت عددی و دقیق محاسبه شوند. ولی با این حال تعدادی قابل‌توجهی از زیرشاخص‌ها ماهیت کیفی دارند و بنابراین لازم است معیارها و مقادیر کمی معادل برای هر مورد کیفی در نظر گرفته شود. پاسخ‌های کیفی می‌تواند دارای عدم قطعیت زیادی باشد، بنابراین در این تحقیق برای کمتر کردن عدم قطعیت ناشی از این پارامترها از منطق فازی استفاده شد.

در این مطالعه از روش برونو و همکاران (۲۰۰۳) برای محاسبه تاب‌آوری استفاده شده است. در نتیجه، لازم بود ابتدا تخمین زده شود که عملکرد بافت مورد نظر بلافاصله پس از وقوع زلزله چگونه خواهد بود، و همچنین با گذشت زمان چه تغییری خواهد کرد. روابط اصلی محاسبه عملکرد در ابعاد و شاخص‌های تعریف شده بر پایه ترکیب وزنی مقدار کمی هر مؤلفه

the system will be immediately reduce in the aftermath of earthquakes, and also how it will change over time. The main relations of system performance calculation in defined dimensions and indicators are based on the weighted composition of the quantitative value of each component (sub-indicators, indicators, dimensions). Therefore, the total performance can be written as follows:

$$PT = 0.3 \times PHS + 0.23 \times ECM + 0.32 \times SCL + 0.09 \times STU + 0.06 \times CH \quad (1)$$

PHS, ECM, SCL, STU and CH are system performance in physical, economic, social, organizational and cultural-historical dimensions, with weights of 0.3, 0.23, 0.32, 0.09 and 0.06, respectively. Therefore, this model can be conceptually considered as a comprehensive method to address system performance against earthquakes in historical bazaars.

Tabriz Historical Bazaar, as one of the Middle East's oldest bazaars and the largest covered bazaar in the world, was selected as the case study. This bazaar is located in the center of Tabriz, Iran. On the other hand, Tabriz bazaar is an important place for commercial as well as socio-cultural and political activities. Therefore, damage of the bazaar by an earthquake may have different physical, social and economic consequences in Tabriz. The system performance of Tabriz Bazaar was obtained by integration of the introduced parameters. Finally, the total system performance against earthquakes was obtained, based on Equation (1) is according to Figure (1) (for 2475 years earthquake scenario).

By calculating the average of the total performance of each section, the total performance of Tabriz bazaar is estimated to be 54%. The rate of loss of performance due to the earthquake will be 46%. Therefore, it is necessary to calculate the time required for 46% of fabric performance to return to 100%. In order to calculate the rehabilitation duration, it is necessary to estimate the time required for reconstruction operations after the earthquake for all sub-indices. The cumulative duration for the full operation (TR) is estimated to be 184.2 months. Based on this, Figure (2) shows the resilience graph.

This situation means that there is no decisions and actions to be implemented for improving resilience and the fabric with existing resilience faces an earthquake, or the time of a possible earthquake is so close that the progress in the preparation and resilience improvement operations is negligible. However, when the time of probable earthquakes would not be very close, there is an opportunity to complete the risk reduction programs. In this scenario, the preparedness measures can be fully completed and the bazaar will face the earthquake in the most favorable condition and will suffer the least disturbance and drop in the system's performance, and therefore the rehabilitation duration will be reduced, significantly. In this condition, the value of resilience is

(زیرشاخص، شاخص، بعد) تهیه شده است. بنابراین می توان عملکرد کل را به صورت زیر نوشت:

$$(1)$$

$$PT = 0.3 \times PHS + 0.23 \times ECM + 0.32 \times SCL + 0.09 \times STU + 0.06 \times CH$$

PHS, ECM, SCL, STU, و CH به ترتیب عملکرد سیستم در پنج بعد فیزیکی، اقتصادی، اجتماعی، سازمانی و فرهنگی-تاریخی می باشد و ۰/۳، ۰/۲۳، ۰/۳۲، ۰/۰۹ و ۰/۰۶ به ترتیب وزن های اهمیت پنج بعد است. لذا این روش می تواند به لحاظ مفهومی به عنوان یک روش جامع در نظر گرفته شده و نتایج آن تا حد قابل قبولی معرف وضعیت واقعی عملکرد سیستم در برابر زلزله در بازارهای تاریخی باشد.

در این پژوهش، به عنوان مطالعه موردی، بازار تاریخی تبریز که یکی از بازارهای تاریخی معروف ایران به شمار می رود، انتخاب شد. بازار تبریز از نظر نظام اجتماعی محلی برای تبادل نظرات و فعالیت های اجتماعی و سیاسی یکی از مراکز مهم در تاریخ ایران به شمار می رود. این نقش در حال حاضر نیز حفظ شده است و جمعیت زیادی نیز در طول روز در این بازار حضور دارند. پس از برداشت اطلاعات میدانی مورد نیاز و وارد کردن آنها به مدل، عملکرد بازار تاریخی تبریز پس از وقوع زلزله سناریو (زلزله ۲۴۷۵ ساله) برآورد شده است.

با محاسبه میانگین وزنی عملکرد تمامی بخش ها، عملکرد کلی بافت بازار تبریز برابر با ۵۴٪ تخمین زده می شود. بنابر این، میزان افت عملکرد بر اثر زلزله ۴۶٪ خواهد بود. حال لازم است مدت زمانی که مورد نیاز است تا ۴۶٪ از عملکرد بافت به حالت ۱۰۰٪ بازگردد برآورد شود. برای محاسبه زمان بازتوانی لازم است زمان لازم برای عملیات بازسازی پس از زلزله برای تمامی زیرشاخص ها تخمین زده شود. مدت زمان تجمعی برای پیشبرد کامل عملیات (TR) برابر با ۱۸۴/۲ ماه برآورد شده است. بر این اساس نمودار عملکرد-زمان (گراف تاب آوری) به صورت شکل (۲) خواهد بود.

این حالت به این معنی خواهد بود که یا هیچ تصمیم و عملیاتی برای ارتقای تاب آوری گرفته نشود و بافت با تاب آوری موجود با زلزله مواجه شود و یا زمان وقوع زلزله احتمالی آنقدر نزدیک باشد که درصد پیشرفت عملیات آمادگی و ارتقای تاب آوری بسیار کم باشد.

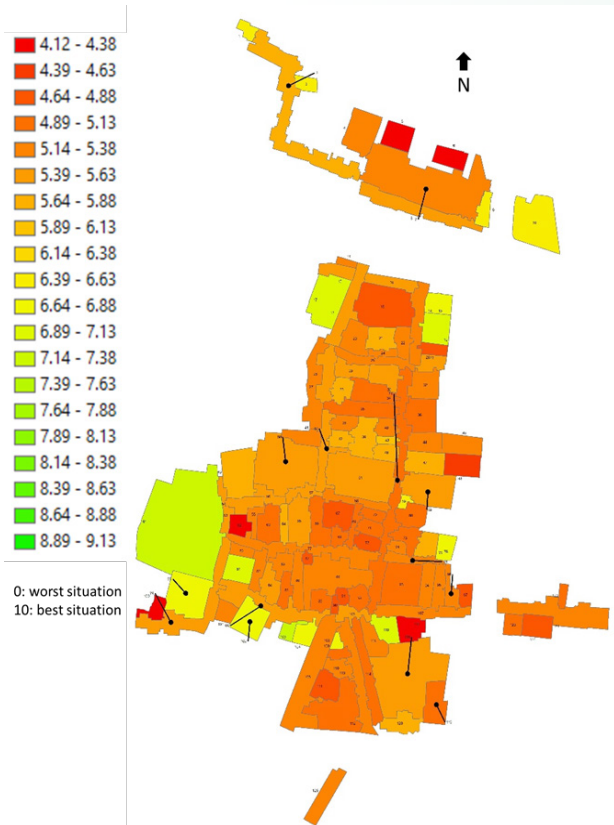
رویکرد دوم حالتی است که زمان وقوع زمین لرزه احتمالی آنقدر دور باشد که فرصت اتمام اقدامات آمادگی فراهم باشد. در این صورت اقدامات آمادگی به صورت کامل انجام شده و بافت با مطلوبترین حالت با زلزله مواجه خواهد شد و دچار کمترین اختلال و افت در عملکرد سیستم خواهد شد و مدت زمان بازتوانی نیز به مراتب کاهش خواهد یافت. بنابراین انتظار می رود مقدار تاب آوری نیز در این حالت بیشترین مقدار را داشته باشد. مدت زمان تجمعی این اقدامات ۱۲۰ ماه (۱۰ سال) محاسبه شده است. در این حالت، زمان بازتوانی متناظر برابر با ۱۸ ماه خواهد بود. به این معنی است که ۱۶۴ ماه (بیشتر از ۱۳ سال) از زمان بازتوانی در حالت بدون آمادگی می تواند کاهش پیدا کند. نمودار عملکرد-زمان برای این حالت به صورت شکل (۳) خواهد بود.

نقطه یابی نقاط امن و تعیین مسیرهای تخلیه ایمن، آموزش عمومی و اجرای مانور آمادگی در برابر زلزله، ایمن سازی اجزای غیرسازه ای، رفع سد

expected to be the highest. In this case, assuming a preparation period of 120 months, the corresponding rehabilitation time is calculated as 18 months. It means that 164 months (more than 13 years) can be reduced from rehabilitation time when compared with the unprepared state. The performance-time graph for this situation is shown in Figure (3).

Among the different interventions that can be done in bazaar in short-term, locating safe places and routes for evacuation, promoting public awareness and conducting preparedness drills, retrofitting non-structural elements, removing obstacles from roadsides, forming CBDRM groups, transferring hazardous materials outside the bazaar, establishment of strong command and disaster management support systems, etc. have the most effects on improving the resilience. There are other approaches that can be addressed in mid- to long-term plans that have been introduced in this report for improving resilience of Tabriz historical bazaar.

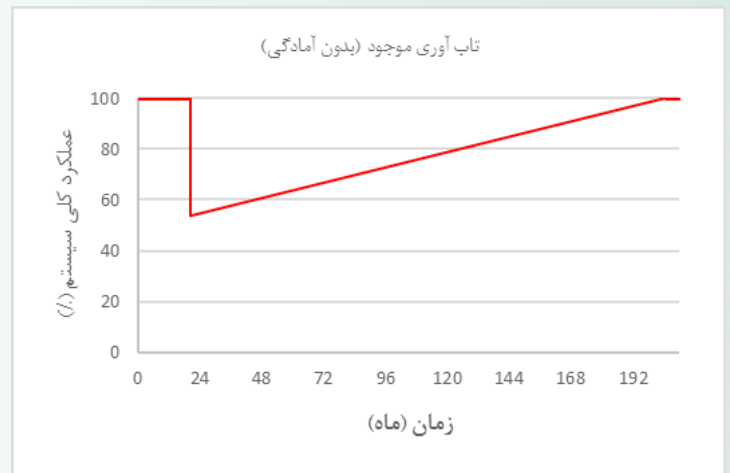
Keywords: Resilience, System performance, Earthquake, Traditional bazaars, Historic-commercial urban fabrics



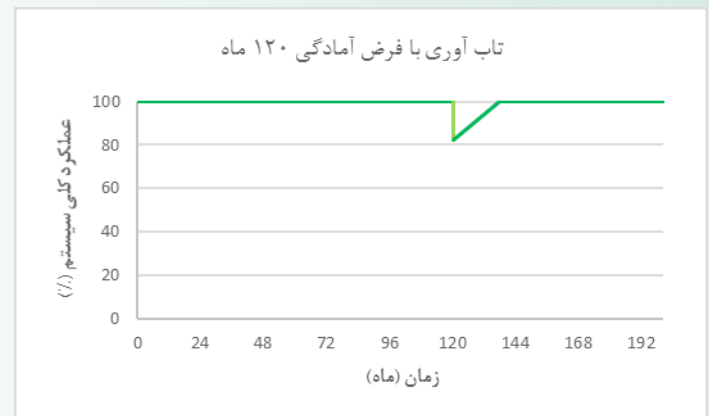
شکل (۱): عملکرد کلی بازار تبریز در تاب‌آوری در برابر زلزله (PT)

معتبر، تشکیل گروه‌های داوطلب مدیریت بحران، انتقال مواد خطرناک به خارج بافت بازار، ایجاد سیستم فرماندهی قوی و پشتیبانی مدیریت بحران و ... از جمله اولویت‌های اقدامات کوتاه‌مدت در برنامه ارتقای تاب‌آوری ارائه شده برای بازار تاریخی تبریز در این پژوهش می‌باشد. سایر اقدامات میان‌مدت و بلندمدت که در این بازار قابل اجرا هستند نیز در این تحقیق مورد بررسی قرار داده شده‌اند و اثرات آن در ارتقای تاب‌آوری برآورد شده است.

واژه‌های کلیدی: بافت تاریخی-تجاری، بازارهای سنتی، تاب‌آوری، زلزله، مدیریت بحران



شکل (۲): نمودار عملکرد-زمان بافت بازار تاریخی تبریز برای حالت موجود (بدون آمادگی)



شکل (۳): نمودار عملکرد-زمان بافت بازار تاریخی تبریز پس از گذشت ۱۲۰ ماه از شروع برنامه ارتقای تاب‌آوری