تحلیل آسیب‌پذیری حریم آثار تاریخی برای مستند نگاری میراث فرهنگی

(بررسی موردی: برج طغرل)

وحید کاویان[۱]، عباس مالیان[۲] و محمدرضا ملک[۳]

تاریخ دریافت: 97/08/23
تاریخ پذیرش: 97/11/02

چکیده: هدف پژوهش حاضر بررسی مفاهیم مرتبط با حریم میراث فرهنگی، شناسایی و انتخاب عوامل اساسی و تأثیرگذار بر روی حریم و چشم‌انداز، نظیر انواع کاربری قطعات، وضعیت نمای قطعات موجود در حریم، ارتفاع قطعات ملکی و تراکم آن‌هاست. یکی از جنبه‌های بسیار مهم مرتبط با میراث فرهنگی، حریم آن‌هاست و ضرورت دارد در هر نوع فعالیت عمرانی و توسعه‌ای از هر گونه تجاوز به حریم و چشم‌انداز آثار تاریخی پرهیز کرد. طبق اصول و موازین علمی بین‌المللی، برای میراث فرهنگی حریم‌های مختلف تعریف می‌شود، که برای هر یک نوع ویژه‌ای از مراقبت و محدویت‌های خاص از نظر ساخت‌وساز و دخل و تصرف تعیین شده است. متأسفانه در ایران این مهم تاکنون، مورد توجه جدی قرار نگرفته است و در نتیجه حریم میراث فرهنگی دچار بحران و آسیب جدی شده است. بنابراین برای حفظ آثار و همچنین مدیریت مناسب آن‌ها برای مقاصد گوناگون، وجود نقشه‌های مبین آسیب‌پذیری بسیار ضروری می‌نماید. به کمک چنین نقشه‌هایی، مدیریت دانش بنیان آثار تاریخی و فرهنگی از نظر شهرسازی پایدار امکان‌پذیر می‌گردد و مدیران شهری و میراث فرهنگی می‌توانند تصمیمات صحیح، سریع و مناسب اتخاذ کنند. تحقیق حاضر، برپایه رویکرد مبتنی بر اطلاعات و تحلیل‌های مکانی و با هدف مستند نگاری و مدیریت آسیب‌پذیری حریم میراث فرهنگی انجام شده است. به عنوان بررسی موردی، میزان آسیب‌پذیری حریم و چشم‌انداز یکی از مهم‌ترین آثار تاریخی ایران، یعنی برج طغرل واقع در ناحیه یک منطقه 20 تهران نسبت به خطرات غیر طبیعی و عوامل انسان ساخت، با استفاده از یک سیستم خبره فازی، مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است. برای این کار، از روش فازی یگانه برای استنتاج و همچنین تحلیل‌های مکانی و محاسبات رستری برای تولید نقشه‌های آسیب‌پذیری استفاده شد. با بررسی نتایج این تحقیق مشاهده می‌شود که فقط ۶ درصد حریم برج طغرل بدون آسیب باقی مانده است و بیش از نیمی از آن دارای آسیب پذیری متوسط و زیاد است که این یک تهدید جدی برای حریم و اثر تاریخی است. همچنین بر اساس تعریف حریم درجه یک و دو برای برج طغرل توسط سازمان میراث فرهنگی، حریم درجه یک در وضعیت تقریبا بدون آسیب، و بیشتر مناطق حریم درجه دو با آسیب‌پذیری متوسط شناسایی شدند.

واژگان کلیدی: مستند نگاری میراث فرهنگی، اطلاعات مکانی، حریم آثار تاریخی، آسیب پذیری، سیستم خبره فازی.

[۱] **دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی نقشه برداری**، دانشگاه تربیت دبیر شهیدرجائی، تهران، ایران.
[۲] **استادیار دانشکده مهندسی عمران**، دانشگاه تربیت دبیر شهیدرجائی، تهران، ایران. (نویسنده مسئول)، a.malian@sru.ac.ir
[۳] **دانشیار دانشکده مهندسی نقشه برداری**، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران.

1- مقدمه

بر اساس تعریف معاهده حمایت از میراث فرهنگی جهان، میراث فرهنگی شامل آثار، مجموعه‌ها و محوطه‌های تاریخی و فرهنگی است که دارای ارزش‌های جهانی و ملی‌اند. مهم‌ترین امتیاز پذیرش معاهده میراث جهانی، قرار گرفتن در مجموعه‌ای است که در آنجا به اهمیت و ارزش آثار ارزشمند واقف هستند و در زمینه حفاظت[1] و مراقبت از میراث فرهنگی و محیط پیرامون آن، متعهد هستند (Raei, 2018). در کشورهای در حال توسعه، مانند ایران اهمیت پذیرش این معاهده ملموس‌تر است، به ویژه زمانی که مداخلات و آسیب‌های انسانی، موجب آسیب‌دیدگی آثار و حریم آن‌ها شده است. راهکار اصولی برای پایش و تضمین حفظ میراث فرهنگی و حریم آن، انجام اصولی مستند نگاری[2] است.

طبق ضوابط بین‌المللی، شکل واقعی بناها و آثار تاریخی و همچنین حریم آن‌ها، باید برحسب ملاک‌های فنی، هنری و تاریخی بی کم و کاست مستند شود و این کار باید در بردارنده همه آسیب‌های وارد شده به بنا و حریم آن نیز باشد. انجام هرگونه عملیات اصولی در خصوص بازیابی، مرمت، باززنده‌سازی، پژوهش و تحلیل بناهای تاریخی و محیط پیرامون آن، تنها در صورت اندازه‌گیری و مستند نگاری کامل امکان پذیر است. هرگونه دخل و تصرف و تغییر در آثار تاریخی پیش از مستند نگاری علمی و شناخت کامل اثر و حریم آن، ممنوع است و در صورت انجام باید بی‌درنگ متوقف شود. با داشتن اطلاعات مکانی صحیح و نقشه‌های دقیق است که می‌توان بناهای تاریخی و حریم آن‌ها را به صورت هوشمندانه و علمی، مدیریت و حفظ کرد (malian, 2001).

تهیه نقشه‌های آسیب‌پذیری حریم که هدف اصلی آن مدیریت آسیب پذیری میراث فرهنگی و حفظ ارزش‌های معماری، تاریخی، فرهنگی و اجتماعی است، می‌تواند در جهت پیش‌گیری و کاهش آسیب‌های جدی به حریم و عرصه و نیز دست‌یابی به راه‌کارهایی دقیق و برنامه‌ریزی منطقی و اخذ تصمیمات بهینه، به مدیران و مسئولان میراث فرهنگی، شهرداری و دیگر نهادهای مسئول و همچنین مردم کمک شایانی کند. با به‌کارگیری دانش و فن سامانه اطلاعات مکانی و روش‌های مدلسازی، می‌توان به آسانی و به سرعت نقشه‌های دقیق و به هنگام بنای تاریخی و حریم آن و همچنین میزان آسیب‌پذیری آن‌ها را با هزینه و دقت مناسب تهیه کرد.

1-1- پیشینه پژوهش

حریم، محدوده‌ای است با ضابطه‌های قانونی، برای حفظ و تداوم بقای اثر تاریخی از راه پیوند آن با محیط که از سوی متولی اثر تعیین می‌شود (Yazdani, 2012). شکل ظاهری حریم یک اثر تاریخی، محدوده یا محدوده‌هایی است که به دقت تعریف و بر روی نقشه مشخص شده‌اند. تعداد و وسعت محدوده‌ها، به ویژگی‌های اثر و محیط بستگی دارد و پس از بررسی کارشناسی شده، تعیین می‌شود. این محدوده‌ها با نام «حریم درجه یک» و «حریم درجه دو» خوانده می‌شوند. یک طرح حریم از چند گونه حریم تشکیل می‌شود که تحت عنوان حریم استحفاظی، منظری (چشم اندازی) و کاربردی آثار منظور می‌گردند. حریم استحفاظی برای پیش‌گیری از فروریختن یا آسیب دیدن کالبد اثر تعیین می‌شود و باتوجه به وضعیت کالبدی اثر و مخاطرات محتمل برای آن قابل تغییر است. حریم منظری، به منظور حفظ و ارتقای پیوند دیداری دو سویه اثر تاریخی با بستر طبیعی و مصنوع آن و پیش‌گیری از هرگونه گسست در چشم-انداز تدوین می‌شود.

همچنین حریم کاربردی برای تضمین آینده پویای اثر و تبدیل اثر تاریخی و محیط پیرامون آن به کانونی فعال تعریف می‌شود (Droj, 2010). اگرچه حفظ آثار و بناهای تاریخی و میراث فرهنگی در گرو حفظ حریم و محیط پیرامون آن‌هاست و طبق نظرات کارشناسان میراث فرهنگی، اکثر آسیب‌های وارد شده به آثار و بناهای تاریخی ناشی از آسیب‌های وارد شده به حریم و محیط-های پیرامون بناست، تا کنون از سامانه اطلاعات مکانی برای مدیریت اطلاعات میراث فرهنگی و مستند نگاری آثار تاریخی در ایران استفاده شایسته نشده است و پژوهش قابل توجهی از منظر مهندسی اطلاعات مکانی در زمینه حریم پیرامون بنا و آثار تاریخی چه در زمینه تعیین میزان آسیب‌پذیری و چه در زمینه مستند نگاری

آن‌ها صورت نگرفته است. بنابراین، به کارگیری دانش و فناوری GIS در مستند نگاری و محافظت از میراث فرهنگی و حریم آن و مدل‌سازی خطر و تهیه نقشه‌های آسیب پذیری یک موضوع به‌نسبت نو است و پیشینه تاریخی گسترده‌ای ندارد و در اکثر منابع مطالعاتی هدف، ایجاد پایگاه داده، ایجاد مدل سه بعدی شیء برای مستند نگاری در یک محیط GIS است.

سابقه موضوع به دو بخش کاربرد سامانه اطلاعات مکانی در میراث فرهنگی و روش مدل‌سازی خطر و تهیه نقشه آسیب پذیری تقسیم می‌شود که می توان به نمونه‌های زیر اشاره کرد:

کاترینا و همکاران (2009) با استفاده از کاربردهای سامانه اطلاعات مکانی به ثبت، تحلیل و مستند نگاری برای محافظت از بناهای تاریخی در یونان پرداختند. هدفی که ایشان دنبال می‌کردند، تولید یک ابزار مفید برای مستند نگاری نظیر یک پایگاه داده پویا برای جمع-آوری، ثبت و سازمان‌دهی کارتوگرافی و معماری و عناصر مکانی، ویژگی‌های توپولوژی و مورفولوژی محل در یک محیط GIS بود. گونای روشی (2010) برای یک پروژه حفاظت ساختمان‌های تاریخی بر اساس سامانه اطلاعات مکانی ارائه داد. بر این اساس به عنوان بررسی موردی برای مستند نگاری و حفاظت از یک کلیسای تاریخی در ترکیه، سامانه اطلاعات مکانی برای ساختمان‌های تاریخی[3] طراحی شد.

کاسکامپاس و همکاران (2011) برای مستند نگاری مرکز شهر قدیمی آتن در یونان، یک سامانه اطلاعات سه بعدی ایجاد کرد. هدفی که ایشان دنبال می‌کرد، مستند سازی ساختمان‌هایی بود که دارای ارزش تاریخی بودند. مالیان و همکاران (2012) با استفاده تحلیل تصاویر ماهواره ای و هوایی، روند آسیب های وارد شده به حریم دیوار بزرگ گرگان در استان گلستان را مورد پژوهش قرار دادند و با انجام فرآیند آشکارسازی تغییرات طی نیم قرن گذشته نشان دادند که در منطقه مزبور، گسترش فعالیت‌های صنعتی و افزایش ساخت‌وساز تهدید اصلی برای میراث فرهنگی و حریم آن است. ساسان‌پور و همکاران (2011) به ارزیابی افزایش شدت میزان و نحوه آسیب‌پذیری مناطق و واحدهای شهری از زلزله در اثر عوامل انسان-ساخت در منطقه پنج کلان‌شهر تهران پرداختند. در این راستا از دانش برنامه‌ریزی شهری و ترکیب روش منطق فازی و سامانه اطلاعات مکانی استفاده شده است. کفاش و همکاران (2010) به منظور انجام پیش‌بینی‌های لازم برای کاهش اثرات تخریب ناشی از زلزله، به تعیین میزان آسیب‌پذیری و پتانسیل تخریب مناطق به خصوص سکونت‌گاه‌ها پرداختند. ایشان به کمک منطق فازی و موتورهای استنتاج‌گر آن نقشه‌های آسیب‌پذیری برای شهرک‌های آپادانا و اکباتان تهران تهیه کردند و نحوه اعمال قوانین در این پژوهش کنکاش شد.

نادری (2013) در پژوهشی به پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در حوزه آب‌خیز چرداول ایلام از طریق تهیه لایه-های اطلاعاتی و عوامل مؤثر بر خطر وقوع زمین لغزش، با استفاده از سامانه اطلاعات مکانی و تئوری منطق فازی که شامل اشتراک فازی، جمع جبری، ضرب جبری و فازی گاماست پرداخت. تاز و همکاران (2011) پژوهشی در زمینه مستند نگاری میراث فرهنگی با استفاده از فتوگرامتری و سامانه اطلاعات مکانی انجام دادند. مورد مطالعه، بنای کریست پانتوس در ترکیه بود که تحت تأثیر عواملی مانند شلوغی، آلودگی و مانند آن مورد آسیب واقع شده بود. بنابراین، موقعیت و وضعیت واقعی این بنا به منظور تحلیل علمی آن اثر مهم تحت عملیات مستند نگاری قرار گرفت.

2- روش تحقیق

2-1- معیارهای مؤثر در آسیب‌پذیری حریم میراث فرهنگی

برای تعیین آسیب‌پذیری حریم و چشم‌انداز بناها و محوطه‌های تاریخی نیاز به پیدا کردن عناصر و پارامترهای تاثیرگذار بر روی این موضوع است. این پارامترها و عناصر با مطالعه طرح ضوابط عرصه و حریم، نقشه‌های موجود حریم بناها و آثار تاریخی و همچنین نظرات کارشناسی کارشناسان و صاحب‌نظران میراث فرهنگی و شهرداری به دست آمدند، که در ادامه توضیح داده می‌شوند.

یکی از این پارامترها، فاصله ازکاربری زمین در پیرامون اثر تاریخی (واقع در حریم آن) است که بسته به نوع کاربری میزان آسیب‌پذیری متفاوت است. به همین دلیل بر پایه نظرات متخصصان میراث فرهنگی، این پارامتر به چهار گروه تقسیم‌بندی شد:

1- فاصله از کاربری گروه A: شامل زمین‌های ساخته نشده، پارک و فضای سبز و مانند آن،

2- فاصله از کاربری گروه B: شامل فضاهای مسکونی،

3- فاصله از کاربری گروه C: شامل فضاهای اداری، آموزشی، تجاری و فرهنگی و مانند آن،

4- فاصله از کاربری گروه D: شامل فضاهای صنعتی، انبارداری، نظامی، خدماتی، بهداشتی و مانند آن.

فاصله از نماهای اطراف بنای تاریخی نیز جزء پارامترهای آسیب زننده محسوب می‌شود که بسته به میزان آسیب-پذیری به دو دسته تقسیم بندی شدکه در بند 5 و 6 آمده است،

5-فاصله از نماهای متناسب،

6-فاصله از نماهای نامتناسب،

7-ارتفاع ساختمان‌های اطراف اثر تاریخی،

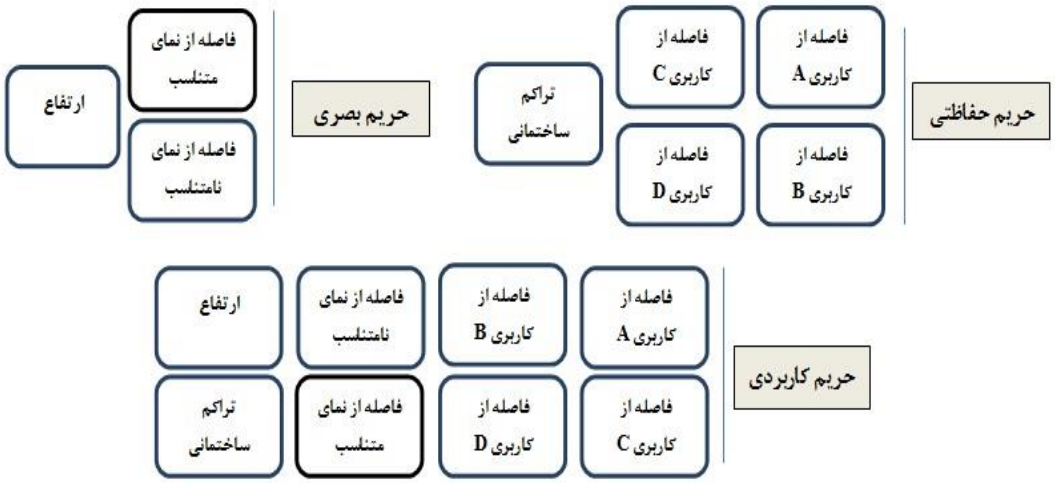
8-تراکم ساختمانی اطراف اثر تاریخی.

حریم بناها و آثار تاریخی به سه گروه حریم بصری (منظری یا چشم‌اندازی)، حریم حفاظتی و حریم کاربردی تقسیم‌بندی می‌شوند. بر اساس نظر کارشناسی هریک از این حریم‌ها تحت تأثیر تعدادی از پارامترهای مذکور قرار می‌گیرند و مورد آسیب واقع می‌شوند که در شکل شماره 1 نشان داده شده است.

هشت پارامتر بالا به عنوان پارامترهای مؤثر در آسیب-پذیری حریم میراث فرهنگی انتخاب شدند. در این بین، دو پارامتر فاصله از کاربری A و فاصله از نمای متناسب جزء پارامترهایی با رفتار مثبت دسته‌بندی می‌شوند، زیرا با وجود یا کاهش این دو پارامتر اطراف بنای تاریخی میزان آسیب‌پذیری کاهش می‌یابد. اما شش پارامتر دیگر جزء پارامترهای منفی طبقه‌بندی می‌شوند، چرا که وجود یا افزایش آن‌ها موجب مخدوش شدن حریم میراث فرهنگی می‌شود.

2-2- مدل‌سازی آسیب‌پذیری حریم

تهیه نقشه‌های آسیب‌پذیری حریم میراث فرهنگی معمولا با عدم قطعیت[4] فراوانی مواجه است. این عدم قطعیت‌ها می‌توانند ناشی از نظرات کارشناسان، عدم وجود داده‌های دقیق و مانند آن‌ها باشند (Ramezani et al, 2011).



شکل 1-اثر هر یک از پارامترها بر روی انواع حریم

Fig.1- Impact of each parameter on different types of buffer zones

در پژوهش حاضر، سامانه خبره فازی[5] که ابزار بسیار مناسبی برای مدل‌سازی و حسابگری بر روی عدم اطمینان و مدل‌سازی متغیرهای زبانی است، مورد استفاده قرار گرفته. منطق فازی راه‌کاری است که به وسیله آن می‌توان بسیاری از پدیده‌ها و سامانه‌های پیچیده در جهان واقعیت، که درجه‌ای از ابهام[6] یا نامعلومی را نشان می‌دهند و به خوبی نمی‌توانند با منطق سنتی بیان شوند، به آسانی و با انعطاف بسیار بیشتر، مدل‌سازی کرد. در پژوهش حاضر، مدل عدم قطعیت بر دو نوع است:

1- عدم قطعیت ناشی از ضعف دانش و ابزار بشر در شناخت پیچیدگی‌های حریم و چشم‌انداز حریم میراث فرهنگی،

2- عدم قطعیت مربوط به عدم صراحت و عدم شفافیت مربوط به مفاهیم مربوط به حریم میراث فرهنگی به این معنی که تعیین و تشخیص حریم در اصل غیر صریح و وابسته به قضاوت و تشخیص کارشناسان است.

فرآیند سامانه منطق فازی از چهار بخش فازی سازی پارامترها، ایجاد پایگاه قواعد فازی، استنتاج فازی و غیر فازی سازی تشکیل می‌شود. یکی از ویژگی‌های منطق فازی در استفاده از ساختارهای قاعده مبناست که در طی آن مسائل کنترلی به رشته‌ای از قوانین به شکل کلی "If X and Y Then Z" تبدیل می‌شوند. این قوانین برای توصیف پاسخ دهی مطلوب سامانه با اصطلاحاتی از متغیرهای زبان شناختی استفاده می‌شوند (Ross, 2004).

2-3- سامانه استنتاج فازی یگانه

فرآیند خروج از حالت فازی، بسیار زمان‌بر و پیچیده است. روش فازی یگانه شیوه‌ای است که نتیجه‌گیری آن یک مقدار واقعی C به جای مجموعه فازی بر اساس شکل شماره ۲ است.

در این قوانین متغیرهای فرض، مجموعه‌های فازی است و نتیجه یک عدد حقیقی است. این فرآیند می‌تواند مطابق الگوریتم زیر محاسبه شود (Kaniz, 2010). فرض می‌شود x_0 و y_0 متغیرهای ورودی فرضیه باشند.

$$p \Rightarrow q: \begin{cases} \text{If } x \text{ is } A_1 \text{ and } y \text{ is } B_1 \text{ then } z \text{ is } c_1 \\ \text{If } x \text{ is } A_2 \text{ and } y \text{ is } B_2 \text{ then } z \text{ is } c_2 \\ \vdots \\ \text{If } x \text{ is } A_n \text{ and } y \text{ is } B_n \text{ then z is } c_n \end{cases}$$

$$p_1: \quad x \text{ is } A', \text{ y is } B'$$

$$q_1: \quad z \text{ is } c'$$

شکل ۲- روش فازی یگانه

Fig. 2- Single Fuzzy method

۱- مقادیر ورودی برای متغیرهای فرضیه در هر قانون به کار برده و کمینه $\mu_{Ai}(x_0)$ و$\mu_{Bi}(y_0)$ محاسبه می‌شود که در اینجا $\mu_{Ai}(x_0)$ و $\mu_{Bi}(y_0)$ تحت عنوان تابع عضویت مجموعه فازی A و B شناخته می‌شود:

Rule 1: $m1 = \min(\mu_{A1}(x_0), \mu_{B1}(y_0))$
Rule 2: $m1 = \min(\mu_{A2}(x_0), \mu_{B2}(y_0))$ …….
Rule n: $m1 = \min(\mu_{An}(x_0), \mu_{Bn}(y_0))$

رابطه (۱)

۲- مقدار نتیجه برای هر قانون محاسبه می‌شود :

Conclusion of Rule $_1$: $c_1' = m_1 . c_1$
Conclusion of Rule $_2$: $c_2' = m_2 . c_2$ …….
Conclusion of Rule $_n$: $c_n' = m_n . c_n$

رابطه (۲)

۳- نتیجه نهایی آسیب پذیری از طریق فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$C' = \frac{\sum_{i=1}^{n} c'i}{\sum_{i=1}^{n} mi}$$

رابطه (۳)

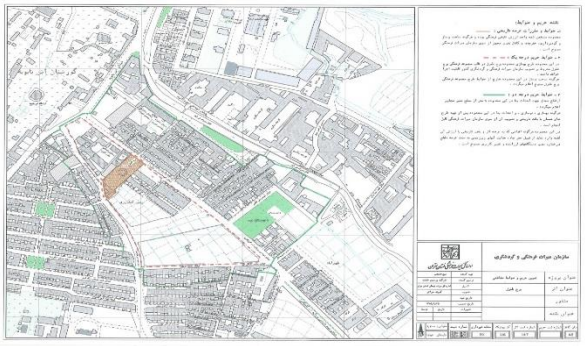
۳- نتایج و بحث

برج طغرل یکی از شاه‌کارهای معماری ایران در حاشیه شهر تهران و در شهر کهن ری است، که در میان انبوهی از سازه‌های سر به فلک کشیده، شکوه خود را پس حدود هشت قرن حفظ کرده است (شکل۳).

شکل ۳- برج طغرل

Fig. 3- Toghrol tower

این اثر کهن مطابق با شکل ٤، با شماره 147 در سال 1310 شمسی در فهرست آثار ملی ثبت و در سال 1383 توسط میراث فرهنگی و گردشگری تعیین حریم شده و دارای ضوابط حفاظتی است.



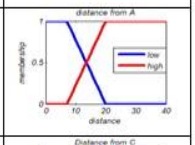
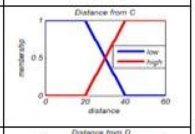
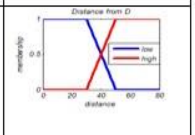
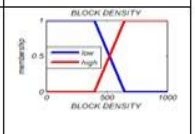
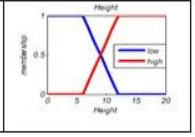
شکل ۴-نقشه حریم گذاری برج طغرل
Fig. 4- Map of Toghrol tower buffer zone

اهمیت تاریخی و فرهنگی این اثر از یک سو و مطرح بودن موضوع ثبت جهانی آن از سوی دیگر، انگیزه‌ای بود تا مسائل مربوط به حریم این بنا در تحقیق حاضر مطالعه شود و میزان آسیب‌پذیری آن را برای حفاظت از بنا و حریم آن و اقدامات پیش‌گیرانه مدیران و حفاظت گران میراث فرهنگی مورد پژوهش قرار گیرد. مدل‌سازی آسیب‌پذیری حریم برج طغرل بر پایه مفاهیم فوق، طی مرحله‌هایی که در دنباله تشریح می شود پیاده‌سازی گردید.

۱-۳- گام اول: فازی سازی متغیرهای ورودی

لازم است برای تمام لایه‌های ورودی، متغیرهای زبانی و توابع عضویت تعریف شود. برای اعمال توابع فازی بر روی پارامترهای مورد نظر (ورودی‌ها)، ابتدا باید ضوابط و حدود فواصل و مرزهای هر معیار برای تعریف توابع عضویت مشخص و تعیین شود (Faramarzian and Kamkar, 2012). توابع عضویت مربوط به هر پارامتر و همچنین اشکال آنها در قالب جدول شماره ۱ نمایش داده شده است. برای این کار از نرم‌افزار MATLAB استفاده شده است. در تعریف توابع عضویت، تمامی پارامترهای فاصله و ارتفاع بر حسب متر و پارامتر تراکم بر حسب درصد بیان شده است. برای محاسبه مقادیر در حریم برج طغرل، همچنین تعریف توابع عضویت روی پیکسل‌های هر رستر در هر لایه با برنامه نویسی در ابزار Raster Calculator در محیط Arc GIS، تمامی نقاط بر پایه میزان کم و زیاد، ارزش گذاری شدند.

جدول ۱- پارامترها و توابع عضویت فازی تعریف شده بر روی آن ها
Tab. 1- Parameters and their fuzzy membership functions

پارامترها و متغیرهای زبانی	توابع عضویت	نمودار
فاصله کم از کاربری A و B فاصله زیاد از کاربری A و B	$\mu(x)=\begin{cases}1 & x\le 7\\ \frac{20-x}{13} & 7<x<20\\ 0 & x\ge 20\end{cases}$ $\mu(x)=\begin{cases}0 & x\le 7\\ \frac{x-7}{13} & 7<x<20\\ 1 & x\ge 20\end{cases}$	
فاصله کم از کاربری C فاصله زیاد از کاربری C	$\mu(x)=\begin{cases}1 & x\le 20\\ \frac{60-x}{20} & 20<x<40\\ 0 & x\ge 40\end{cases}$ $\mu(x)=\begin{cases}0 & x\le 20\\ \frac{x-20}{20} & 20<x<40\\ 1 & x\ge 40\end{cases}$	
فاصله کم از کاربری D فاصله زیاد از کاربری D	$\mu(x)=\begin{cases}1 & x\le 30\\ \frac{50-x}{20} & 30<x<50\\ 0 & x\ge 50\end{cases}$ $\mu(x)=\begin{cases}0 & x\le 30\\ \frac{x-30}{20} & 30<x<50\\ 1 & x\ge 50\end{cases}$	
تراکم کم ساختمانی تراکم زیاد ساختمانی	$\mu(x)=\begin{cases}1 & x\le 400\\ \frac{650-x}{250} & 400<x<650\\ 0 & x\ge 650\end{cases}$ $\mu(x)=\begin{cases}0 & x\le 400\\ \frac{x-400}{250} & 400<x<650\\ 1 & x\ge 650\end{cases}$	
ارتفاع کم ارتفاع زیاد	$\mu(x)=\begin{cases}1 & x\le 6\\ \frac{12-x}{6} & 6<x<12\\ 0 & x\ge 12\end{cases}$ $\mu(x)=\begin{cases}0 & x\le 6\\ \frac{x-6}{6} & 6<x<12\\ 1 & x\ge 12\end{cases}$	

به عنوان نمونه، با توجه به جدول شماره ۱، درجه عضویت برای لایه فاصله از کاربری گروه A طبق قواعد زیر محاسبه و نتیجه در شکل شماره ۵ نشان داده شده است.

دیگر پارامترها نیز همانند زیر برنامه نویسی شده‌اند.

low_A = con ([A] <= 7, 1, con^{7} ([A] < 20, (20 – [A]) / 13, 0))

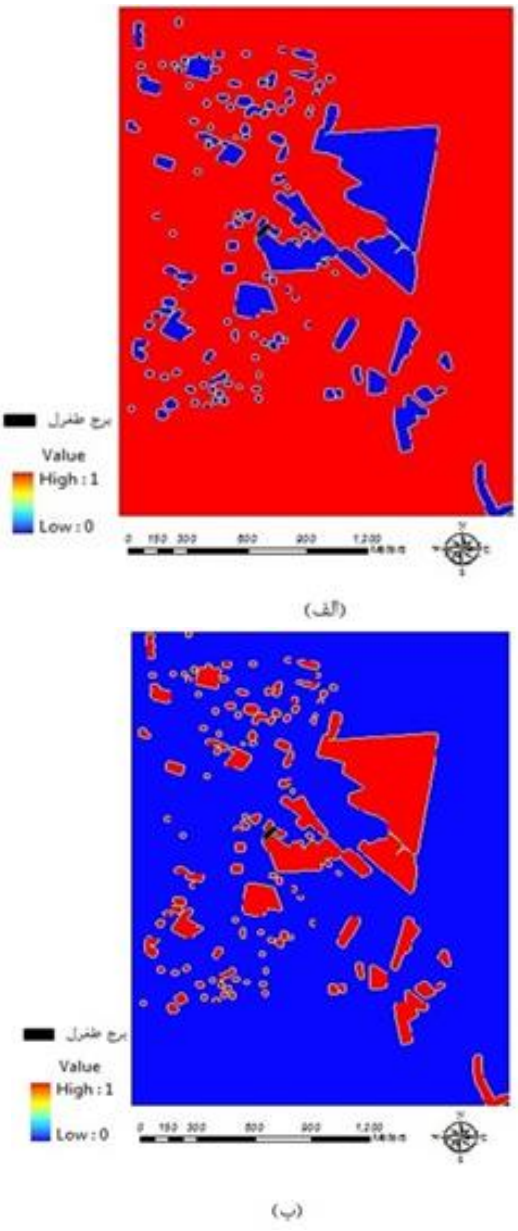
high_A = con ([A] <= 7, 0, con ([A] < 20, ([A] – 7) / 13, 1))

که درآن low_A فاصله کم از کاربری گروه A و high_A فاصله زیاد از کاربری گروه A است.

۲-۳- گام دوم: ایجاد پایگاه قواعد فازی

پس از تعریف متغیرهای زبانی، تابع عضویت و فازی سازی ورودی‌ها، قوانین طراحی می‌شوند. برای طراحی قوانین، دو ویژگی از لحاظ منطقی باید رعایت شوند:

۱- سازگاری: اینکه قوانین با یکدیگر سازگار باشند و دو قانون با مقدمات یکسان، نتیجه‌های مختلف ندهند.
۲- کامل بودن: اینکه به ازای هر متغیر، یک قانون موجود باشد.



شکل ۵- خروجی گام اول (الف): لایه فازی فاصله زیاد از کاربری A (ب): لایه فازی فاصله کم از کاربری A
Fig. 5- Output of the first step (Right): Fuzzy layer of long distance to land-use A, (Left): Fuzzy layer of short distance to land-use A

۳-۳- گام سوم: استنتاج فازی

مطابق با مرحله اول الگوریتم، روش ساده شده برای هر قانون، کمینه درجه عضویت با توجه به تابع عضویت تعریف شده برای هر پارامتر با استفاده از ابزار حسابگر شبکه‌ای کد نویسی و محاسبه شد. پس از محاسبه کمینه درجه عضویت برای همه قوانین ایجاد شده در مرحله اول الگوریتم، برای اجرای مرحله دوم الگوریتم باید به هر قانون مقدار ثابت C را نسبت داد. برای انجام این کار، ابتدا باید شدت آسیب پذیری حریم برج طغرل تعیین شود.

۱-۳-۳- شدت آسیب پذیری حریم و چشم انداز برج طغرل

به منظور تهیه نقشه پهنه‌بندی، با توجه به نظر کارشناسی و استفاده از متغیرهای زبانی در توصیف آسیب‌پذیری، توسط کارشناسان میراث فرهنگی، شدت آسیب‌پذیری حریم و چشم‌انداز به چهار رده مطابق زیر تقسیم بندی شد:

- آسیب‌پذیری زیاد (Z=4)
- آسیب‌پذیری متوسط (Z=3)
- آسیب‌پذیری کم (Z=2)
- بی آسیب (Z=1)

برای تعیین مقدار ثابت C مربوط به هر قانون باید دو عنصر مهم را در نظر گرفت:

۱- رفتار پارامترهای شرکت کننده در قوانین در تعیین میزان آسیب‌پذیری حریم،
۲- نقش و اهمیت پارامترهای شرکت کننده در قوانین نسبت به هم، در تعیین میزان آسیب‌پذیری حریم.

۳-۳-۲- رفتار پارامترها

با بررسی توابع عضویت هر یک از متغیرها، برای هر متغیر ورودی، دو متغیر زبانی کم و زیاد، در نظر گرفته شده است. از مجموع هشت پارامتر ورودی، چهار پارامتر ارتفاع، تراکم ساختمانی، فاصله از کاربری A و فاصله از نمای متناسب دارای رفتار مشابهی و نه یکسان در شدت آسیب‌پذیری است. این بدان معناست که کم بودن ارتفاع، تراکم ساختمانی، فاصله از کاربری A و فاصله از نمای متناسب، همگی به صورت مستقل، دارای اثر آسیب‌پذیری کم است. این در حالی است که عکس این

موضوع، در خصوص چهار پارامتر فاصله از کاربری B ، فاصله از کاربری C ، فاصله از کاربری D و فاصله از نمای نامتناسب صادق خواهد بود.

۳-۳-۳- اهمیت پارامترها در تعیین میزان آسیب پذیری

همان‌طور که بیان شد، هدف از طی مراحل پیشین، تعیین مقدار ثابت C برای هر قانون با به کارگیری رفتار و اهمیت هر پارامتر است. قبل از آن می‌بایست، بحرانی-ترین مقدار و ایمن‌ترین مقدار قوانین را محاسبه کرد. اگر رفتار پارامترها را با b (عدد 1 یا 3) و وزن پارامترها با W نشان داده شود، بحرانی‌ترین یا بدترین (بیشترین) حالت عبارت خواهد بود (Kafashpour and Alizadeh, 2013):

$$Y_{max} = (W_A.b_{maxA} + W_B.b_{maxB} + W_C.b_{maxC} + W_D.b_{maxD} + W_{NM}.b_{maxNM} + W_{NN}.b_{maxNN} + W_H.b_{maxH} + W_{density}.b_{maxdensity})$$

رابطه (۴)

و ایمن‌ترین یا بهترین (کمترین) حالت نیز عبارت خواهد بود از:

$$Y_{min} = (W_A.b_{minA} + W_B.b_{minB} + W_C.b_{minC} + W_D.b_{minD} + W_{NM}.b_{minNM} + W_{NN}.b_{minNN} + W_H.b_{minH} + W_{density}.b_{mindensity})$$

رابطه (۵)

با استفاده از مقادیر کمی رفتار پارامترها و وزن آن ها و اعمال روش امتیاز دهی فوق، بیشترین مقدار آسیب پذیری با مقدار 24 و کمترین مقدار آن با مقدار 8 مشخص گردید. در این پژوهش، میزان آسیب‌پذیری به چهار درجه تقسیم بندی شده‌اند و خروجی حاصل طبق شکل ۶ به چهار بازه تقسیم و هر بازه با Z = 1 تا Z = 4 مقدار دهی شدند.

۴-۳- مرحله سوم الگوریتم: ترکیب قوانین

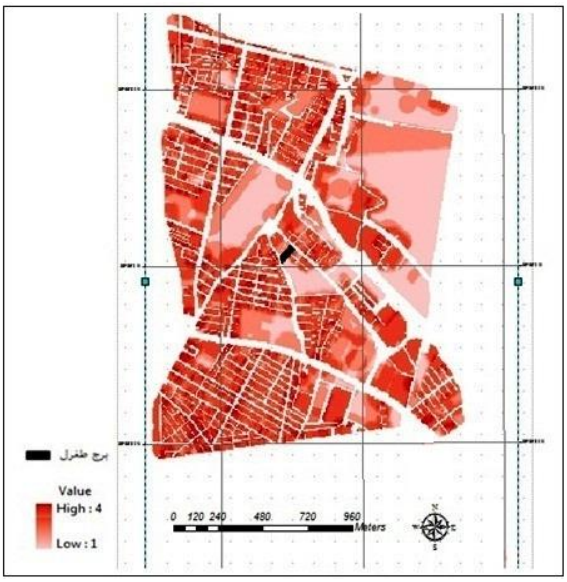
در این مرحله، با استفاده از رابطه ترکیب قوانین نتیجه نهایی آسیب پذیری محاسبه شد:

$$C' = \frac{\sum_{i=1}^{n} mi \times Ci}{\sum_{i=1}^{n} mi}$$

رابطه (۶)

که در این رابطه m_i کمینه توابع عضویت مربوط به هر قانون و c_i مقدار خروجی (درجه آسیب‌پذیری) هر قانون است. در نهایت، C' نتیجه نهایی آسیب پذیری را نشان خواهد داد.

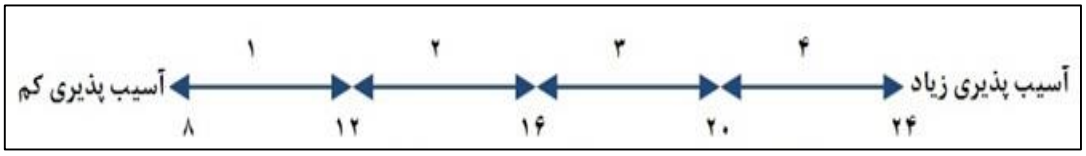
همان‌طور که در شکل شماره ۷ ملاحظه می‌شود مناطق بدون آسیب بیشتر در شرق برج طغرل قرار گرفته‌اند، چرا که این مناطق بیشتر فضای باز و ساخته نشده و مربوط به کاربری گروه A است.



شکل ۷- نقشه آسیب پذیری حریم و چشم انداز برج طغرل
Fig. 7- Vulnerability map of buffer zone and landscape of Toghrol tower

۵-۳- پهنه‌بندی آسیب‌پذیری حریم و چشم‌انداز برج طغرل

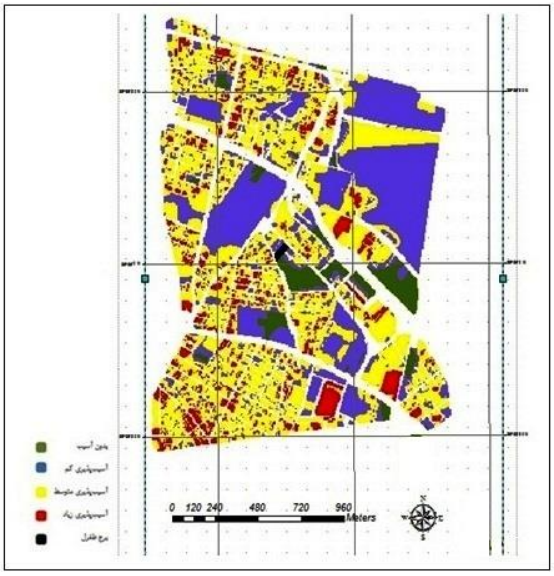
در این مرحله، با در نظر گرفتن ماهیت خروجی فازی، نسبت به بازگرداندن مقادیر خروجی در چهار طبقه اقدام می‌شود. بنابراین نقشه آسیب‌پذیری حریم و چشم‌انداز برج طغرل با روش رده‌بندی شکست طبیعی با توجه به



شکل ۶- درجه بندی آسیب پذیری محوطه تاریخی برج طغرل
Fig. 6- Gradation of vulnerability of Toghrol tower site

نظر کارشناسی و تطابق با واقعیت زمین پهنه‌بندی گردید. در این روش نقاط شکستگی بین دسته‌ها به گونه‌ای معین می‌شود، که به بهترین وجه مقادیر همسان در یک گروه جای داده شوند و تفاوت میان رده‌ها بیشینه شود (Hosseinzadeh and Bidkhori, 2013). در نهایت پهنه‌بندی آسیب‌پذیری حریم و چشم‌انداز برج طغرل به صورت شکل شماره ۸ تهیه شد. همان‌طور که مشخص است، مناطق بدون آسیب با رنگ سبز، مناطق با آسیب کم با رنگ آبی، مناطق با آسیب متوسط با رنگ زرد و مناطق با آسیب زیاد با رنگ قرمز نشان داده شده است. با تجزیه‌وتحلیل نقشه نهایی در ابزار آمارگری ناحیه‌ای[8] باتوجه به رده‌بندی انجام شده، مشاهده می‌شود، که تعداد پیکسل‌های کدام رده بیشتر و هر رده چه مساحت و چه درصدی را در بر گرفته است. بیشترین مساحت در منطقه، مناطق با آسیب‌پذیری متوسط است. پس از آن به ترتیب بیشترین مساحت منطقه مربوط به مناطق با آسیب کم و پس از آن مناطق با آسیب زیاد و سپس مناطق بدون آسیب است. در این طبقه‌بندی فقط حدود شش درصد مناطق بدون آسیب باقی مانده‌اند و بیش از نیمی از آن دارای آسیب‌پذیری متوسط و زیاد هستند که این می‌تواند، تهدید بسیار جدی برای حریم و چشم‌انداز برج طغرل و پس از آن خود بنا و عرصه آن باشد.

همچنین با استفاده از این ابزار، میانگین مقادیر پیکسل هر رده و همچنین انحراف معیار آن‌ها به عنوان شاخص پراکندگی محاسبه گردید.



شکل ۸- پهنه بندی آسیب‌پذیری حریم و چشم‌انداز برج طغرل

Fig. 8- Zonation of vulnerability of buffer zone and landscape of Toghrol tower

هدف از گرفتن انحراف معیار، تعیین تغییرات یا پراکندگی توزیع مقادیر پیکسل‌هاست. اگر توزیع مقادیر پیکسل‌ها نسبت به میانگین، پراکندگی زیادی داشته باشد، انحراف معیار بزرگتر خواهد شد. همچنین با مشاهده میانگین مقادیر پیکسل‌ها در هر رده، می‌توان به محل تجمع آن‌ها در بازه هر رده پی برد. جدول شماره ۲ نشان دهنده مقادیر میانگین، انحراف معیار و همچنین کمینه و بیشینه مقادیر پیکسل‌ها در هر رده است.

جدول ۲- محاسبه مقدار میانگین و انحراف معیار هر رده

Tab. 2- Calculating mean value and standard deviation of each class

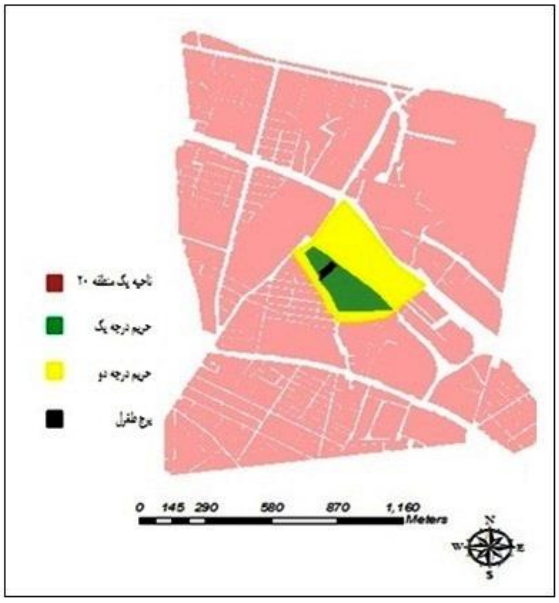
	مناطق بی‌آسیب	مناطق با آسیب‌پذیری کم	مناطق با آسیب‌پذیری متوسط	مناطق با آسیب‌پذیری زیاد
کمینه مقدار پیکسل	1	1.556	2.5	3.355
بیشینه مقدار پیکسل	1.538	2.5	3.354	4
میانگین مقدار	1.056	2.046	2.973	3.749
انحراف معیار	0.134	0.147	0.165	0.227

با توجه به جدول شماره ۲، مقادیر پیکسل رده آسیب-پذیری زیاد نسبت به رده‌های دیگر دارای پراکندگی بیشتری است. همچنین مقادیر پیکسل‌های مناطق بدون آسیب دارای تمرکز بیشتری حول مقدار میانگین این رده است.

۶-۳- بررسی میزان آسیب‌پذیری حریم وضع موجود برج طغرل

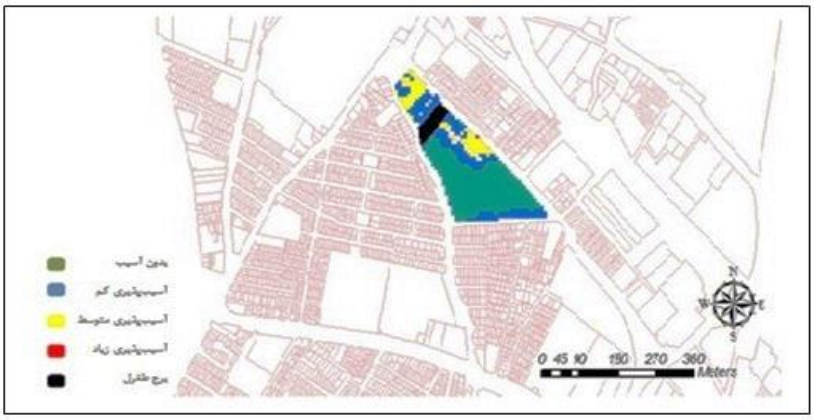
مطابق با شکل شماره ۲ و بر اساس حریم تعیین شده مربوط به برج طغرل توسط سازمان میراث فرهنگی و گردشگری شهر تهران، حریم درجه یک و دو بر روی نقشه ناحیه یک منطقه بیست تهران در محیط Arc GIS پیاده سازی و طبق شکل شماره ۹ با چندضلعی‌هایی در اطراف برج طغرل مشخص شد. نمایانگر حریم درجه یک و دو وضع موجود برج طغرل است.

برای تهیه نقشه میزان آسیب‌پذیری حریم‌های درجه یک و دو برج طغرل، عملیات برهم نهی[9] و اشتراک گیری[10] بین نقشه‌های آسیب‌پذیری و نقشه‌های حریم تعیین شده، انجام شد و نتیجه مطابق شکل ۱۰ و شکل ۱۱ به دست آمد. با به کارگیری ابزار آمارگری ناحیه‌ای و با توجه به پهنه‌بندی انجام شده، تعداد پیکسل‌های هر رده و مساحت آن‌ها به دست آمد. با توجه به شکل ۱۱ و جدول شماره ۳ مشاهده می‌شود که با حرکت به سمت

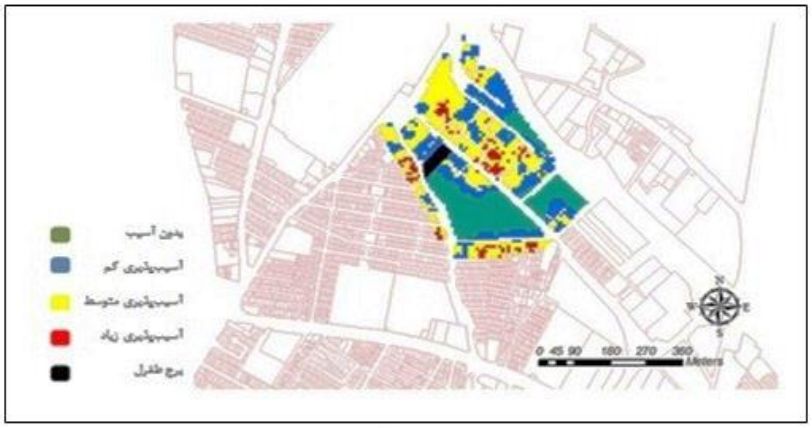


شکل ۹- حریم درجه یک و دو برج طغرل
Fig. 9- Buffer zones level I and II of Toghrol tower

حریم درجه دو،میزان آسیب‌پذیری بیشتر می‌شود، چرا که حدود پنج درصد منطقه دارای آسیب‌پذیری زیاد است، یعنی تعداد پیکسل‌های با درجه آسیب زیاد از 1 به 153 افزایش یافته است. همچنین بیشترین مساحت منطقه مربوط به رده آسیب‌پذیری متوسط است و این می‌تواند، تهدیدی جدی برای حریم درجه دو برج طغرل، حریم درجه یک و بنا و عرصه آن باشد.



شکل ۱۰- پهنه بندی آسیب پذیری حریم درجه یک
Fig. 10- Zonation of vulnerability of buffer zone level I



شکل ۱۱- پهنه بندی آسیب‌پذیری حریم درجه یک و دو

Fig. 11- Zonation of vulnerability of buffer zones level I and II

جدول ۳-تعداد پیکسل، مساحت و درصد هر رده با وزن یکسان پارامترها در حریم درجه یک و درجه دو برج طغرل

Tab. 3- Number of pixels, area and percentage of each class with equal weights in buffer zones level I and II of Toghrol tower

	مناطق بدون آسیب	مناطق با آسیب کم	مناطق با آسیب متوسط	مناطق با آسیب زیاد
تعداد پیکسل	758	791	1019	153
مساحت (m^2)	37142	38759	49931	7497
درصد	27.85	29.07	37.44	5.64

۴- نتیجه گیری

طراحی و پیاده سازی سامانه اطلاعات مکانی میراث فرهنگی دارای جنبه‌های گوناگون هندسی و توصیفی است. بر طبق موازین کمیته جهانی مستند نگاری میراث فرهنگی (CIPA)[11] یکی از مهمترین مؤلفه‌های هندسی مرتبط با مستند نگاری میراث فرهنگی مسأله ثبت، تحلیل و آسیب‌شناسی حریم و چشم‌انداز آثار تاریخی و محوطه‌های باستانی است. استفاده از سامانه اطلاعات مکانی به منظور یافتن مکان یا مکان‌هایی که دارای شرایط ویژه و اثرات مثبت یا منفی بر روی موضوع مورد مطالعه هستند، بسیار مفید و کارآمد است. به طور کلی، سامانه اطلاعات مکانی رفتار یک پدیده را در دنیای واقعی با استفاده از چندین عامل مدل‌سازی می‌کند. به کمک GIS می‌توان رفتار پدیده‌های پیرامون میراث فرهنگی را بر پایه منطق فازی مدل‌سازی و نقشه آسیب-پذیری بناها و محوطه‌های تاریخی را تهیه و تحلیل کرد. رویکرد فازی ابزاری بسیار مناسب و انعطاف‌پذیر برای مدل‌سازی و حسابگری بر روی نایقینی‌ها و عدم اطمینان و مدل‌سازی متغیرهای زبانی مرتبط با مفاهیم حریم و چشم‌انداز میراث فرهنگی است. محاسبات فازی، روشی بنیادی برای استدلال تقریبی (مدل کردن گزاره‌های نادقیق) فراهم می‌آورد.

در مدل پیشنهاد شده در این پژوهش، مطابق با ضوابط عرصه و حریم و همچنین نقشه‌های مستند نگاری موجود، همه پارامترها با اهمیت یکسان وارد مدل شدند. از این‌رو، مدل حاضر سخت‌گیرانه تلقی می‌شود. به عنوان مثال اثر کاربری‌های مسکونی و کاربری‌های صنعتی در این مدل برابر فرض می‌شود. بر این اساس چون در منطقه مطالعاتی اغلب قطعات دارای کاربری گروه B است، میزان آسیب‌پذیری چشم‌گیر می‌شود. اما با نشان دادن مناطق با حد بالای آسیب‌پذیری و حد پایین آن، می‌توان مدیران، محافظان و کارشناسان میراث فرهنگی را از وضعیت محیط پیرامون اثر تاریخی آگاه کرد و همین امر می‌تواند موجب اخذ تصمیمات بهینه و ایجاد

راهکارهای مناسب برای حفظ مناطق بدون آسیب و آسیب کم و جلوگیری از پیشرفت آسیب در مناطق با آسیب متوسط و زیاد گردد. بنابر نظر کارشناسان، این مدل می‌تواند به عنوان ابزاری دانش بنیان برای هشدار به دولت و مردم به منظور پایش آثار تاریخی و همچنین به عنوان پشتوانه علمی در تصمیم‌گیری مدیران و برنامه-ریزان شهری و برای حفظ و بازنگری حریم میراث فرهنگی به کار رود. بر اساس نوع پارامترهای انتخابی در مدل پیشنهادی و با تحلیل نقشه‌های خروجی آسیب-پذیری تولید شده، چنین آشکار می‌شود که رشد و توسعه شهری و افزایش ساخت‌وسازهای نسنجیده، موجب افزایش روزافزون آسیب‌پذیری حریم و مخدوش شدن چشم‌اندازهای میراث فرهنگی گردیده است. آسیب‌پذیری حریم و چشم‌انداز از عواملی‌اند که زندگی اثر تاریخی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. مستند نگاری و آسیب‌شناسی حریم کمک شایانی به مسئولان میراث فرهنگی و شهرداری‌ها در پیش‌گیری و مدیریت بحران و رفع چالش‌های توسعه شهری از دیدگاه فرهنگ مدارانه می‌کند. همچنین با مستند نگاری حریم و آسیب‌های در بر دارنده آن، می‌توان به صورت دانش بنیان در جهت نگهداری، بازسازی، باززنده‌سازی و همچنین بازنگری و ارائه طرح‌های کارآمدتر برای حریم و چشم‌انداز میراث فرهنگی اقدام کرد که این عمل در نهایت منجر به بهبود شرایط حفظ آثار تاریخی کشور می‌شود و بستر مناسب برای پژوهش، شناخت، شناساندن، درآمدزایی و بهره-برداری‌های اصولی از میراث فرهنگی و تحقق یک شهر پایدار را فراهم می‌سازد.

پی نوشت

[1] Conservation
[2] Documentation
[3] Historical Building Information System
[4] Uncertainty
[5] Fuzzy Expert System
[6] Vagueness
[7] Condition function
[8] Zonal Statistical
[9] Overlay
[10] Intersection
[11] International Committee for the Documentation of Cultural Heritage

منابع

Droj, G., 2010. Cultural Heritage Conservation by GIS, GIS OPEN Conference, University of Oradea, Romania.

Faramarzian, Mohammad and Kamkar, Abolghasem. 2012. Implementation of Fuzzy Logic Method in Combining Lead and Zinc Data Indices in Chichakloo Exploration Area to Determine Potential Points in GIS Environment. Journal of Earth Sciences. No. 82.

Gunay, S., 2010. From Data to Information: Methodology for a GIS-Based Historic Building Conservation Project, Canadian University of Dubai, School of Architecture and ID Dubai, UAE.

Hosseinzadeh, Seyed Reza and Bidkhori, Alireza. 2013. Spatial Information System (GIS). Publications of University of Mashhad.

Kafashpour, Azar and Alizadeh, Ali. 2013. Implementation of Fuzzy Delphi Analytical Hierarchy Process (FDAHP) and Hierarchical Cluster Analysis (HCA) in RFM model to determine the value of customer life cycle. Journal of New Market Research. Number 3.

Kaffash Charandabi, Neda, Malek, Mohammad Reza and Kamrouz Khadayar, Golbargh. 2010. Designing Fuzzy Vulnerability Maps for the Seismic Crisis and Analysis of Inference Rules for Improving Precision, Geomatics National Conference.

Kaniz, W., 2010. The Mathematics of GIS, Department of Geography and Regional Research, University of Vienna.

Kaskampas, N., Spirou, K. and Ioannidis, C., 2011. Development of a 3D Information System for the Old City Centre of Athens, National Technical University of Athens, Greece.

Katerina, P., Olga, G., Aikaterini, S., Anastasios, S. and Kiki, K., 2009. Record, Analysis and Documentation using GIS Applications for the Institutional Protection of Enoria Settlement in Greece, University of AUTH, Greece, 22nd CIPA Symposium, Japan.

Malian, Abbass. 2001. Photogrammetric technique for cultural heritage documentation. Mapping Journal, Vol. 11, No. 42.

Ross, T., 2004. Fuzzy Logic with Engineering Applications, University of New Mexico, Wiley, USA.

Sasanpour, Farzaneh and Musavand, Jafar. 2011. Effect of human-made factors on exacerbating the consequences of natural hazards in the metropolitan environment by using fuzzy logic and spatial information system. Journal of Applied Geographic Research. No. 12.

Toz, G. and Duran, Z., 2004. Documentation and Analysis of Cultural Heritage by Photogrammetric Methods and GIS, International Archives of the Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXXV.

Yazdani, Afshin. 2012. Documents for reviewing and preparing executive plans for the first and second degree buffer zones and determining the third degree of buffer zone (landscape) of the World Heritage Site of Persepolis, National Heritage Organization, Pasargad Research Base.

Malian, A. and Hosseini, A., Detection of Buffer Changes of Historical Monuments and Sites using Remote Sensing Methods, 3rd International Conference on Advances in Remote Sensing for Archaeology and Cultural Heritage Management, University of Ghent, Belgium. 2012.

Naderi, Fathollah. 2013. Application of fuzzy logic in zoning of landslide hazard in Chardavol watershed (Ilam Province). Watershed research. No. 94

Raei, Hussein. Why and how to record monuments in the World Heritage List. World Heritage Site. Access Date: September 2018.

Ramezani, Abuzar, Malek, Mohammad Reza and Omidvar, Mohammad. 2011. Preparation of vulnerability map using fuzzy logic. The 10th Iranian Fuzzy Systems Conference.