جغرافیا و پایداری محیط، شماره ۵، زمستان ۱۳۹۱
صص. ۹۲-۷۱

پیاده‌سازی ماتریس‌های همجواری برای ارزیابی سازگاری کاربری‌های شهری به‌روش تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی(مورد مطالعه: کاربری‌های آموزشی دبیرستان شهر گرگان)

علیرضا خواجه شاهکوهی ـ استادیار گروه جغرافیا، دانشکده‌ی علوم انسانی، دانشگاه گلستان
حسین کریم زاده ـ استادیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تبریز
مجتبی حسین نژاد *ـ دانشجوی کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه گلستان

پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۰۴/۱۰ تأیید نهایی: ۱۳۹۱/۰۹/۰۸

چکیده

در رابطه با استقرار و برنامه‌ریزی تسهیلات و خدمات شهری، عوامل متعددی به‌صورت کمّی و کیفی مطرح هستند که ممکن است تأثیر آنها بر ارتباط بین این تسهیلات متفاوت باشد. در این میان به‌دلیل تأثیرهای مثبت و منفی که کاربری‌ها روی هم دارند، سازگاری و ناسازگاری بین کاربری‌های شهری در چیدمان آنها کنار یکدیگر، معیارهای ویژه‌ای برای هر کاربری شمرده می‌شود. این پروسه به‌دلیل تأثیرگذاری و وابستگی شدید کاربری‌های مختلف شهری به یکدیگر، فرآیند پیچیده‌ای به‌شمار می‌رود و تأثیرگذاری ذی‌نفع‌ها و عوامل متعدد در فعالیت کاربری‌های شهری نیز، بر پیچیدگی مسئله می‌افزاید. از سوی دیگر، ماهیت گروهی فعالیت‌های شهری و عدم قطعیت ذاتی موجود در اولویت‌ها و عقاید تصمیم‌سازان و لزوم به‌کارگیری اولویت‌ها و عقاید تصمیم‌سازان مختلف در این پروسه، به‌کارگیری همزمان روش‌های تصمیم‌سازی گروهی و ابزارهای مختلف پشتیبانی تصمیم، مانند سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی (GIS) را ضروری می‌کند، بنابراین پژوهش پیش رو برپایه‌ی رویکرد ترکیبی مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (AHP) و نظریه‌ی مجموعه‌های فازی، ضمن ارائه‌ی مدل (Fuzzy AHP) به ارزیابی سازگاری کاربری‌های آموزشی شهری با در نظر گرفتن کلیه عوامل مؤثر بر سازگاری کاربری‌ها پرداخته شده است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد، تمامی مدارس دبیرستان شهر گرگان از نظر سازگاری نسبت به معیارهای مورد بررسی، در رده‌ی نسبتاً سازگار (۰/۰۲۶- ۰/۰۵۲) قرار دارند. همچنین نتایج این پژوهش نشان‌دهنده‌ی تخصیص سطوح متفاوت و دقیق‌تر سازگاری در رابطه با کاربری‌های دبیرستان شهر گرگان و کارایی مدل طراحی شده برای ارزیابی سازگاری کاربری‌های شهری است.

کلید واژه‌ها: سازگاری، مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، کاربری‌های شهری، نظریه‌ی مجموعه‌های فازی، Fuzzy AHP.

---

* نویسنده مسئول: ۰۹۳۵۷۸۳۹۷۵۲ E-mail: Geo_mojtaba @ yahoo.com

مقدمه

توسعه‌ی فیزیکی شهر، فرآیندی پویا و مداوم است که طی آن، محدوده‌ی شهر و فضای کالبدی آن در جهات عمودی و افقی از لحاظ کمّی و کیفی افزایش می‌یابد و اگر این روند سریع و بی‌برنامه باشد، فضا وکالبد شهر را با مشکل روبه‌رو خواهد کرد (حبیبی و دیگران، ۱۳۸۶: ۱۴). بنابراین مکان‌یابی فعالیت‌های مختلف و تعیین توزیع بهینه‌ی مراکز خدماتی در شهر، به‌دلیل ماهیت پویای مسائل شهری، مسئله‌ای است که (بحرینی، ۱۳۷۷: ۴) اگرنه غیرممکن، بی‌تردید بسیار دشوار است. به بیان دیگر، کاربری‌های خدمات شهری برای ارائه‌ی تسهیلات بهتر به شهروندان، نیازمند یک سری اصول و قواعد علمی مکان‌یابی هستند. این موازین، مکان‌یابی بهینه‌ی کاربری‌ها از لحاظ شعاع دسترسی، سازگاری همجواری‌های مختلف، سنخیت کاربری‌ها با یکدیگر و آستانه‌ی هرکدام از آنها را مورد تأکید قرار می‌دهد.

اما اِعمال چنین معیارهایی برای مکان‌گزینی مراکز آموزشی، به‌ویژه مراکز آموزشی شهرهای بزرگ نیازمند حجم وسیعی از اطلاعات فضایی، مکانی و توصیفی است که تلفیق و تجزیه و تحلیل آنها با توجه به ماهیت گروهی اغلب فعالیت‌های شهری، مشارکت افراد با دیدگاه‌ها و سلایق گوناگون و استفاده از ابزارهای جدید در شهرسازی و برنامه‌ریزی شهری را می‌طلبد.

در شهرهای امروزی کاربری‌های متنوع، به‌خصوص کاربری‌هایی با تقاضای بیشتر مانند کاربری‌های آموزشی، به‌دلایل زیادی مانند ناهماهنگی نهادهای اجرایی شهر، مشکلات مالی بخش آموزش و پرورش و ناآشنایی مسئولان با موازین علمی مکان‌یابی، در پاسخ‌گویی به نیازهای جمعیت دانش‌آموزی با مشکلات زیادی روبه‌رو هستند (فرج زاده و سرور، ۱۳۸۱: ۳۵).

در مقیاس کالبدی نیز کاربری‌های اراضی همجوار شهری، اثرات خارجی بر یکدیگر دارند. این تأثیرها می‌تواند مثبت یا منفی باشد. آثار مثبت به افزایش کارآیی کاربری‌های اراضی همجوار به توسعه‌ی پایدار و شیوه‌ی بهتر زندگی منجر می‌شود، در حالی‌که اثرهای منفی به کاهش کارآیی منجر شده، کاهش ارزش کاربری اراضی را به‌دنبال خواهد داشت و دست آخر، به‌ایجاد ناسازگاری میان کاربری‌های مختلف خواهد انجامید (Taleai, 2008: 376). این پروسه، به‌دلیل تأثیرگذاری و وابستگی شدید کاربری‌های مختلف شهری بر یکدیگر و همچنین بر فعالیت‌های روزمره شهری، فرآیندی پیچیده به‌شمار می‌رود و تأثیرگذاری ذی‌نفع‌ها و عوامل متعدد در فعالیت کاربری‌های آموزشی، بر پیچیدگی مسئله می‌افزاید. چنین پیچیدگی‌ای، نیازمند به‌کارگیری همزمان برخی ابزارهای پشتیبان، مانند GIS و روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) را در فرآیند برنامه‌ریزی برای مدل‌سازی و حل مسائل پیچیده طلب می‌کند. از سوی دیگر، ماهیت گروهی فعالیت‌های شهری و عدم قطعیت ذاتی موجود در اولویت‌ها و عقاید تصمیم‌سازان و لزوم به کارگیری اولویت‌ها و عقاید ذی‌نفع‌ها و تصمیم‌سازان مختلف در این پروسه، به‌کارگیری روش‌های تصمیم‌سازی مکانی ـ گروهی و

استفاده از روش‌های ارزیابی مانند (Fuzzy AHP) را ضروری می‌کند (عدیلی، ۱۳۸۷: ۱۷).

در این زمینه، تعیین سازگاری یا ناسازگاری کاربری‌های شهری از اساسی‌ترین و پیچیده‌ترین مؤلفه‌های تعیین امکانات و فرصت‌های مداخله شهری است که از مفهومی به نام "همسایگی " منتج می‌شود که تعیین آن، نیازمند مقایسه‌های ماتریسی و زوجی و نیز تعیین شکل غالب مناسب کاربری‌های شهری است. بدیهی است که در این فرآیند، هر چه تعداد واحدهای ساختمانی مورد نظر افزایش یابد، حجم معادلات و مقایسه‌ها را افزایش می‌دهد. از این رو نیازمند ابزارها و فناوری‌های جدیدی است که این محاسبات را هوشمندانه و دقیق انجام دهد (نظری عدلی، ۱۳۸۵: ۱۴۴) و در این میان روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، پتانسیل زیادی را برای کاهش دادن هزینه و زمان و بالابردن دقت در تصمیم‌گیری‌های فضایی دارند و می‌توانند چارچوب مناسبی را برای حل مسائل فضایی شهرسازی فراهم آورند (Li et al., 2006).

بنابراین هدف کلی از پژوهش پیش رو، ارزیابی سازگاری کاربری‌های آموزشی سطح شهر گرگان با توجه به پیاده‌سازی ماتریس‌های مؤثر در سنجش ارزیابی همجواری، مانند آلودگی صوتی و هوا، آسایش و امنیت عمومی و زیبایی‌شناسی در سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی GIS با به‌کارگیری روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی است. همچنین در ابعاد جزئی نیز می‌کوشد، ضمن اولویت‌بندی مراکز آموزشی برحسب سطح سازگاری در پهنه‌ی مورد بررسی، مدلی را برای پی‌جویی و دست‌یابی به راهبردهای راهگشا در ارتباط با چگونگی برنامه‌ریزی و مکان‌گزینی کاربری آموزشی شهری ارائه دهد.

اغلب مطالعات انجام گرفته در مورد سازگاری بین کاربری‌ها، در سطح برنامه‌ریزی طرح‌های جامع بوده و همه‌ی کاربری‌های شهری یکجا و کامل در نظر گرفته نشده است. در اغلب آنها، مفهوم سازگاری به‌صورت کلی بررسی شده و گاه ارزیابی تنها با در نظر گرفتن یک جنبه (مثل آلودگی صوتی) انجام گرفته است. در ادامه نمونه‌هایی از مطالعاتی که در رابطه با مسئله‌ی سازگاری انجام پذیرفته شرح داده می‌شود.

طالعی و همکاران (۱۳۸۸)، در مقاله‌ای با عنوان "ارائه‌ی مدل تصمیم گیری چند شاخصه‌ی فازی مبتنی بر GIS" برای ارزیابی سازگاری کاربری‌های شهری، به بررسی سازگاری بین کاربری‌های شهری در سطح خُرد و در شعاع کاربری‌های همسایه پرداخته‌اند. در این پژوهش، محققان برای ارزیابی سطح سازگاری بین دو کاربری شهری از ماتریس سازگاری استفاده کرده‌اند، همچنین برای دست‌یابی به توافق گروهی بین کارشناسان برنامه‌ریزی شهری از روش دلفی بهره برده‌اند.

غفاری و همکارانش (۱۳۸۹)، در مقاله‌ای با عنوان "ارزیابی سازگاری کاربری اراضی شهری با استفاده از مدل تصمیم‌گیری چند معیاره فازی" با استفاده از روش AHP و مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در محیط فازی، به ارائه‌ی مدلی برای ارزیابی سازگاری کاربری‌های شهری می‌پردازد. در این پژوهش مدل ارائه شده به بررسی اثرات متقابل هرکاربری با کاربری‌های همجوار (مقیاس همسایگی) با در نظرگرفتن عوامل آلودگی

صوتی، آلودگی هوا، امنیت، رفاه و آسایش و عامل زیبایی‌شناسی در سطح افقی می‌پردازد. به این ترتیب، هم می‌توان کاربری‌های ناسازگار را با توجه به هریک از عوامل استخراج کرد و هم کاربری‌های ناسازگار را با توجه به‌ترتیب همه‌ی عوامل مشخص کرد.

در زمینه‌ی استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM)، مبتنی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در حل مسائل تصمیم‌گیری در شهرسازی نیز، پژوهش‌های متعددی در سطح جهان و ایران صورت گرفته است که در زیر به چند مورد از آنها اشاره می‌شود:

تال اسوری و همکاران در مطالعه‌ای از یکپارچه کردن روش ارزیابی چند معیاره و GIS، برای ارزیابی مناسبت مناطق زیست‌محیطی برای چهار کاربری حفاظت طبیعی، مناطق جنگلی، مناطق مسکونی و مناطق صنعتی زمین استفاده کردند. روش پیشنهادی در این پژوهش در نهایت، یک لایه‌ی تناسب برای هر یک از این چهار کاربری و یک لایه‌ی نهایی که می‌تواند مناسب‌ترین کاربری را برای هر قطعه از زمین پیشنهاد کند، فراهم می‌آورد (Svoray et al., 2005).

هیگز در پژوهش خود در مورد مزایا و فواید استفاده از روش ارزیابی چند معیاره‌ی یکپارچه شده با GIS در بالا بردن مشارکت عمومی بحث می‌کند. او برای نشان دادن این فواید، چالش‌ها و فرصت‌هایی را که تصمیم‌گیران در رابطه با افزایش مشارکت عمومی در مراحل فرآیند مدیریت مواد زائد با آنها مواجه هستند، بیان کرده و درنهایت نتیجه‌گیری می‌کند که استفاده از روش ارزیابی چند معیاره مبتنی بر GIS، می‌تواند کارآیی بالایی در افزایش مشارکت عمومی در طرح‌ها داشته باشد (Higgs, 2006).

حبیبی و دیگران در پژوهشی با استفاده از تلفیق روش ارزیابی چند معیاره و GIS، مدلی برای مکان‌یابی محل دفن مواد زائد جامد شهری پیشنهاد کردند. در این پژوهش با استفاده از داده‌هایی چون فاصله از محدوده‌ی قانونی شهر، فاصله از جاده، فرودگاه، کاربری اراضی، قابلیت اراضی و... از طریق مدل‌های تلفیق اطلاعات و نقشه‌ها بر اساس منطق فازی، مناسب‌ترین مکان جهت دفن مواد زائد جامد شهری در نمونه‌ی مورد مطالعه انتخاب شد (حبیبی و دیگران، ۱۳۸۴).

در نهایت این پژوهش تلاش دارد با توجه به مطالعات انجام گرفته در زمینه‌ی ارزیابی سازگاری کاربری اراضی شهری و اینکه در اکثر مطالعات، مسئله‌ی سازگاری به‌صورت کلی و بدون در نظرگرفتن کلیه معیارهای مؤثر در سازگاری بررسی شده و همچنین محدودیت GIS در پشتیبانی از تمام مراحل تصمیم‌گیری، براساس روش تحلیل اسنادی متکی بر روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، به ارائه‌ی مدلی در ارزیابی سازگاری کاربری اراضی با در نظرگرفتن کلیه‌ی معیارهای مؤثر در آن بپردازد.

مواد و روش‌ها

مفهوم سازگاری عبارتست از وجود یک ارتباط منطقی و معقولانه بین روابط در یک فضای حاصل از اشتراک فعالیت و مکان. این ارتباط می‌تواند محصول فرآیند طبیعی یا از طریق برنامه‌ریزی به‌وجود آمده باشد. از آنجایی که همیشه رشد طبیعی فعالیت‌ها در مکان متناسب با خواسته‌ها و نیازهای انسانی نیست؛ بنابراین برنامه‌ریزی برای ایجاد سازگاری و همگونی در روابط بین فعالیت و مکان برای دست‌یابی به مطلوبیت مورد نظر را ضروری می‌کند.

کاربری‌هایی که در حوزه‌ی نفوذ یکدیگر قرار می‌گیرند، باید از نظر سنخیت و همخوانی فعالیت با یکدیگر منطبق بوده و موجب مزاحمت و مانع انجام فعالیت‌های دیگر نباشد. این کاربری‌ها از نظر سازگاری ممکن است حالت‌های زیر را با هم داشته باشند:

الف) کاملاً با یکدیگر سازگار باشند؛ ب) نسبتاً سازگار باشند؛

ج) بی‌تفاوت باشند؛ د) نسبتاً ناسازگار باشند؛

ه) کاملاً ناسازگار باشند (بحرینی،۱۳۷۷: ۹۳).

بنابراین برای ارزیابی سازگاری کاربری‌های شهری، سطوح سازگاری میان کاربری‌ها به پنج سطح کاملاً سازگار، نسبتاً سازگار، بی‌تفاوت، نسبتاً ناسازگار و کاملاً ناسازگار دسته‌بندی شد. ویژگی‌های هر کاربری، روابط میان کاربری‌ها با یکدیگر و تأثیرهایی را که کاربری‌ها بر همدیگر دارند، نیز به‌طور کامل بررسی و درنهایت، عوامل زیر به عنوان عوامل مؤثر در سازگاری و ناسازگاری کاربری‌ها به‌دست آمد:

۱- آلودگی صوتی و هوا؛

۲- آسایش و امنیت عمومی؛

۳- زیبایی‌شناسی.

برای تحلیل ارزیابی سازگاری کاربری‌های آموزشی دبیرستان نیز ایجاد ماتریس مقایسه‌های زوجی در هر یک از سطوح سازگاری، استفاده از دانش کارشناسان مختلف مرتبط با امور شهری برای در نظر گرفتن عقاید مختلف و بالا بردن دقت کار محسوس است. در همین راستا پرسش‌نامه‌ای حاوی ماتریس‌های ارزیابی معیارها و سطوح سازگاری تهیه و بین ۴ نفر از متخصصان توزیع شد. بدین ترتیب که برای هر یک از سطوح مورد بررسی و با توجه به عوامل دخیل در بررسی هر یک از آنها، ماتریس‌هایی مطابق با نظر کارشناسان مختلف تشکیل و در مدل اعمال می‌شود. تمام مقایسه‌ها نیز مطابق با فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی به‌صورت زوجی انجام گرفته است. در این مقایسه‌ها تصمیم‌گیرندگان از قضاوت‌های شفاهی استفاده کردند که این قضاوت‌ها توسط ساعتی به مقادیر کمّی بین ۱ تا ۹ تبدیل شده‌اند (قدسی پور، ۱۳۸۷: ۱۳).

جدول ۱. مقادیر ترجیحات برای مقایسه‌های زوجی

ترجیحات (قضاوت شفاهی)		مقدار عددی
کاملاً مرجح یا کاملاً مهم‌تر یا کاملاً مطلوب‌تر	Extremely Preferred	۹
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی	Very Strongly Preferred	۷
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت قوی	Strongly Preferred	۵
کمی مرجح یا کمی مهم‌تر یا کمی مطلوب‌تر	Moderately Preferred	۳
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان	Equally Preferred	۱
ترجیحات بین فواصل فوق		۲ و ۴ و ۶ و ۸

منبع: Saaty,1980

در مرحله‌ی بعد از آنجا که مقایسه‌های زوجی، داده‌هایی به‌صورت نسبت ایجاد خواهد کرد، برای محاسبه‌ی وزن نسبی ماتریس مقایسه‌های زوجی، میانگین هندسی برای تمامی مؤلفه‌های متناظر به‌صورت زیر محاسبه می‌شود.

رابطه‌ی ۱)
$$a_{ij} = \left[\prod_{k=1}^{N} a_{ij}(k) \right]^{\frac{1}{N}}$$

همچنین در ادامه نیز به محاسبه‌ی نرخ سازگاری (C.R) پرداخته می‌شود. تجربه نشان داده است که اگر نرخ سازگاری (C.R) کمتر از ۰/۱ باشد، می‌توان سازگاری مقایسه‌ها را پذیرفت و در غیر این صورت باید به بازبینی داوری‌ها پرداخته شود (اصغرپور، ۱۳۸۷: ۲۱۱). همین روال برای ارزیابی میزان وزن نسبی عوامل مورد بررسی نیز به‌کار گرفته شده است.

در جریان تصمیم‌گیری گروهی و استفاده از مدل AHP، اغلب اوقات کارشناسان نمی توانند نظر کارشناسی خود را به‌صورت پارامترهای عددی دقیق بیان کنند و از واژه‌های زبانی یا عبارت‌های غیردقیق استفاده می کنند. در چنین شرایطی که ابهام و عدم شفافیت بر تصمیم گیری‌ها حاکم است، استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی و مجموعه‌های فازی پیشنهاد می‌شود. این نظریه در واقع متمم برای منطق مرسوم دو ارزشی صفر و یک محسوب می‌شود و یک حالت بین صفر و یک را نیز در بر می‌گیرد. (Malchefski, 2006: 65).

هر مجموعه فازی، خانواده‌ای از مجموعه‌های قطعی یا عادی (حلقه حلقه) است. در نتیجه، می‌توان عملیات حسابی و جبری را روی اعداد فازی انجام داد (محمد حسینیان، ۱۳۸۷: ۴۶). در این میان مقدار دهنده‌های زبانی[1]، می‌توانند برای معرفی و بیان عبارات لفظی به‌کار روند و یک زیرمجموعه‌ی فازی از [۰, ۱]

1. Linguistic Quantifier

را با عبارات نسبی، همچون کمی، خیلی، بیشتر و غیره، شامل شوند. در همین راستا تعدادی از دستگاه‌های تقریب عددی مطرح شده است که به‌واسطه‌ی آنها می‌توان واژه‌های زبانی را در یک الگوی منظم به اعداد فازی متناظر تبدیل کرد (Bonissone, 1982: 336). در جدول شماره‌ی ۲، صورت تعدیل شده‌ای از یک مقیاس تبدیل آمده است که چن و هوانگ آن را ارائه داده‌اند.

جدول ۲. صورت تعدیل شده ای از یک مقیاس تبدیل

تعداد واژه‌های زبانی	مقدار دهنده زبانی	خیلی پایین	پایین	متوسط	بالا	خیلی بالا
	۲			(۰/۴,۰/۵,۰/۵,۰/۸)	(۰/۵ ,۰/۸,۰/۸,۱)	
	۳		(۰,۰,۰/۲,۰/۴)	(۰/۲,۰/۵,۰/۵,۰/۸)	(۰/۶,۰/۸ ,۱,۱)	
	۵	(۰,۰, ۰/۱,۰/۲)	(۰/۱,۰/۲۵,۰/۲۵,۰/۴)	(۰/۳,۰/۵,۰/۵,۰/۷)	(۰/۶,۰/۷۵,۰/۷۵,۰/۹)	(۰/۸,۰/۹,۱,۱)

منبع: Hwang & Chen,1992

به‌دلیل اینکه همه‌ی اعداد فازی مورد استفاده در مدل سازگاری کاربری‌ها، اعداد ذوزنقه‌ای هستند، برای جلوگیری از محاسبات طولانی و پیچیده، روش بونیسون به‌عنوان روش مطلوب انتخاب شد، این روش فرضیه‌های آسان‌تری نسبت به روش‌های دیگر داشته، حجم محاسبات آن نیز کمتر است (Bonissone,1982: 324). بونیسون هر عدد فازی ذوزنقه‌ای را با چهار پارامتر به‌صورت رابطه‌ی شماره‌ی ۲ نمایش داد.

رابطه‌ی ۲) $\tilde{\mu} = (a, b, \alpha, \beta)$

برای تبدیل این نمایش به نمایش مورد نیاز روش بونیسون، می‌توان براساس رابطه‌ی شماره‌ی ۳ عمل کرد:

رابطه‌ی ۳) $\tilde{\mu} = (b, c, b-a, d-c)$

با اعمال رابطه‌ی فوق، اعداد فازی مربوط به جدول شماره‌ی ۲ به‌شکل جدول شماره‌ی ۳ حاصل می‌شود:

جدول ۳. تبدیل اعداد فازی سطوح سازگاری به نمایش مورد نظر

سطح سازگاری	عدد فازی
کاملاً ناسازگار	(۰/۱ و ۰ و ۰.۱ و ۰)
نسبتاً ناسازگار	(۰/۱۵ و ۰/۱۵ و ۰/۲۵ و ۰/۲۵)
بی تفاوت	(۰/۳ و ۰/۲ و ۰/۵ و ۰/۵)
نسبتاً سازگار	(۰/۱۵ و ۰/۱۵ و ۰/۷۵ و ۰/۷۵)
کاملاً سازگار	(۰ و ۰.۱ و ۱ و ۰/۹)

منبع: محاسبات نگارنده

این تبدیل در سایر سطوح ارزیابی سازگاری کاربری‌های شهری نیز اِعمال و اعداد فازی مربوط به آن محاسبه می‌شود. برای انجام تلفیق نیز، وزن هر سطح سازگاری به‌دست آمده از روش AHP در عدد فازی

مربوط به هر سطح بر اساس رابطه‌ی ۴ ضرب می‌شود:

رابطه‌ی ۴)
$$Fi=\sum_{i=1}^{n} w_j x_i$$

x_i : عدد فازی مربوط به سطح سازگاری هر کاربری با همسایه‌اش؛

w_j : وزن سطوح متناظر با عدد فازی

مرحله‌ی بعد مربوط به تلفیق اعداد فازی به‌دست آمده برای هر کاربری است؛ این تلفیق از رابطه‌ی شماره‌ی ۵ انجام می‌گیرد.

رابطه‌ی ۵)
$$F_{lin}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} w_i f_i$$

f_i: عدد فازی به دست آمده برای هر عامل

w_i: وزن هر عامل

در نهایت، برای هر کاربری چهار عدد فازی به‌دست می‌آید که سه عدد فازی مربوط به هر یک از عوامل مؤثر ارزیابی سازگاری و یک عدد فازی حاصل تلفیق سه عدد فازی مربوطه است.

پس از به‌دست آوردن مجموعه‌های فازی، نیاز است این مجموعه‌های فازی مربوط به گزینه‌ها، رتبه‌بندی شوند. روش‌های زیادی برای رتبه‌بندی مجموعه‌های فازی پیشنهاد شده است. شامل: روش‌های مبتنی بر توزیع، فاصله‌ی همینگ، رتبه‌بندی براساس مقاطع a - cat (Yager, 1980). در پژوهش حاضر، روش چن و چن، از روش‌های مبتنی بر اعداد فازی ناپارامتریک، برای روش رتبه‌بندی پیشنهادی انتخاب شده است (عالم تبریز، ۱۳۹۱: ۱۳۷) که با در نظر گرفتن میانگین و انحراف معیار اعداد فازی به شرح زیر اقدام به رتبه‌بندی می‌کند:

گام اول. تبدیل هر عدد فازی غیر نرمال به حالت استاندارد:

رابطه‌ی ۶)
$$\tilde{A}_i^* = \left(\frac{a}{k},\frac{b}{k},\frac{c}{k},\frac{d}{k};w_{\tilde{A}_i}\right)=\left(a^*,b^*,c^*,d^*;w_{\tilde{A}_i}\right)$$

به طوری که $k = \max(a,b,c,d,1)$

گام دوم. محاسبه‌ی میانگین $\bar{x}_{\tilde{A}_i}$ و انحراف معیار $S_{\tilde{A}_i}$ هر عدد فازی استاندارد با استفاده از رابطه‌ی ۷:

رابطه‌ی ۷)
$$\bar{x}_{\tilde{A}_i} = \frac{a^* + b^* + c^* + d^*}{4}$$

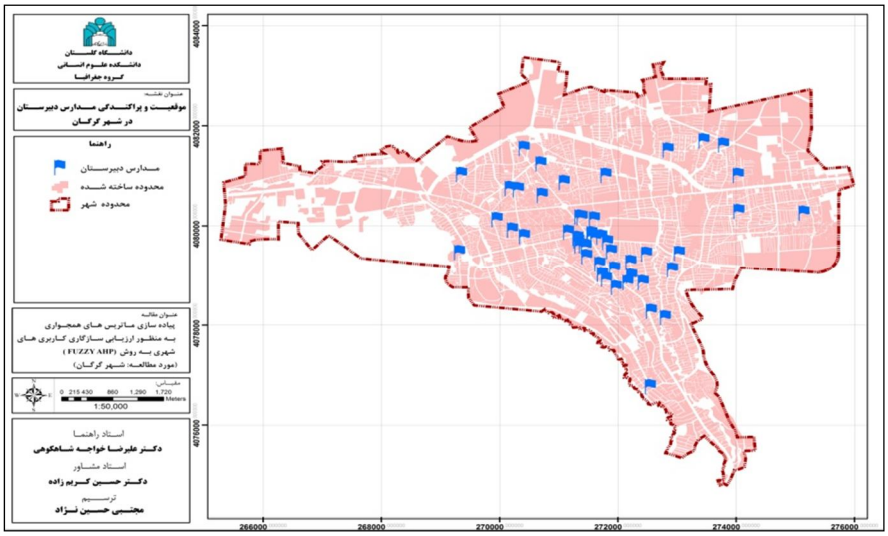
رابطه‌ی ۸)
$$s_{\tilde{A}_i} = \sqrt{\frac{\sum (x_j - \bar{x}_{\tilde{A}_i})}{۴-۱}} \qquad for \qquad x_i = a^*, b^*, c^*, d^*$$

گام سوم. محاسبه‌ی ارزش رتبه‌بندی با استفاده از رابطه‌ی ۹:

رابطه‌ی ۹)
$$score\ (\tilde{A}_i^*) = \frac{\overline{x}_{A_i} \times w_{\tilde{A}_i}}{1 + s_{\tilde{A}_i}}$$

که در رتبه‌بندی بزرگ‌ترین score دارای بالاترین رتبه است (Chen, S.M., Chen, J.H., 2009).

در همین راستا پهنه‌ی مورد مطالعه، شهر گرگان، مرکز استان گلستان است. این شهر از شهرهای شمالی ایران و مرکز استان گلستان است که در جنوب شرقی دریای خزر و در ۵۴ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۲۸ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۴۹ دقیقه عرض شمالی، در دامنه‌ی شمالی رشته‌کوه البرز گسترده شده است. جمع کل مساحت کاربری‌های آموزشی وضع موجود شهر گرگان، برابر با ۴۲/۷۲ هکتار و سطح سرانه‌ی ناخالص به میزان ۱/۴۱ متر مربع، به‌ازای هر ساکن شهری است که نسبت به کل شهر پهنه‌ای برابر با ۱/۱۹ درصد را اشغال کرده است. تعداد واحدهای آموزشی دبیرستان نیز ۵۹ واحد آموزشی است که با مساحت ۱۲۱۱۱۸ متر مربع و سرانه‌ی ناخالص در حدود ۰/۴۰ متر مربع به‌ازای هر نفر ۲۸/۳۴ درصد از مساحت کاربری‌های آموزشی و ۰/۳۳ درصد از مساحت کل شهر را به خود اختصاص داده است(مهندسین مشاور شهرساز پارت، ۱۳۸۸). از این تعداد ۳۸ واحد مربوط به مدارس دبیرستان دخترانه و ۲۱ واحد مربوط به مدارس دبیرستان پسرانه است که تعداد ۱۱۶۶۰ نفر دانش‌آموز (شامل ۶۸۶۴ نفر برابر ۵۸/۸۶ درصد مربوط به دانش‌آموزان دختر و ۴۷۹۶ نفر برابر ۴۱/۱۴ درصد مربوط به دانش‌آموزان پسر) در سال ۹۱-۱۳۹۰ در آن مشغول به تحصیل بوده‌اند. همچنین از کل ۵۹ واحد آموزشی، تعداد ۲۶ واحد دبیرستان غیر دولتی (شامل ۸ واحد دبیرستان پسرانه‌ی غیر انتفاعی و ۱۸ واحد دبیرستان دخترانه غیر انتفاعی) است که از تعداد ۱۱۶۶۰ نفر دانش‌آموز مقطع متوسطه، تعداد ۲۷۸۳ نفر (۲۳/۸۶ درصد) در این مدارس مشغول به تحصیل هستند. گفتنی است که تعداد ۹ واحد آموزشی نیز به صورت دونوبته به ارائه‌ی خدمات به دانش‌آموزان می‌پردازند (اداره‌ی کل آموزش و پرورش استان گلستان، ۱۳۹۰).



شکل ۱. نقشه‌ی موقعیت و پراکندگی مدارس دبیرستان در شهر گرگان

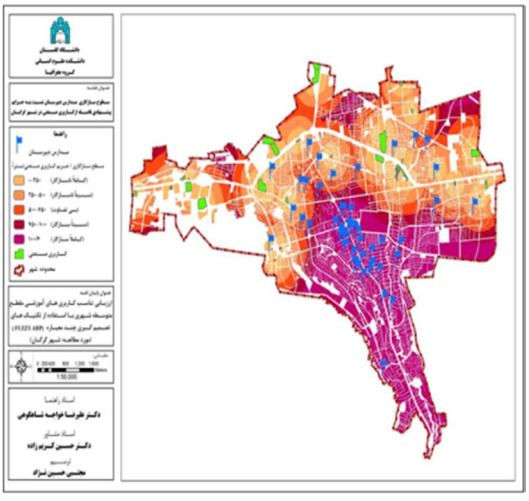
یافته‌های پژوهش

پس از جمع‌آوری اطلاعات لازم از وضع موجود کاربری‌ها و برای شناخت کامل دبیرستان‌های شهر از نظر عوامل مورد بررسی سازگاری کاربری‌های آموزشی دبیرستان، می‌توان به ارزیابی آنها اقدام کرد تا اطلاعات تکمیلی مورد نیاز مربوط به ارزیابی استقرار کاربری‌ها با استفاده از مدل مورد نظر فراهم آید.

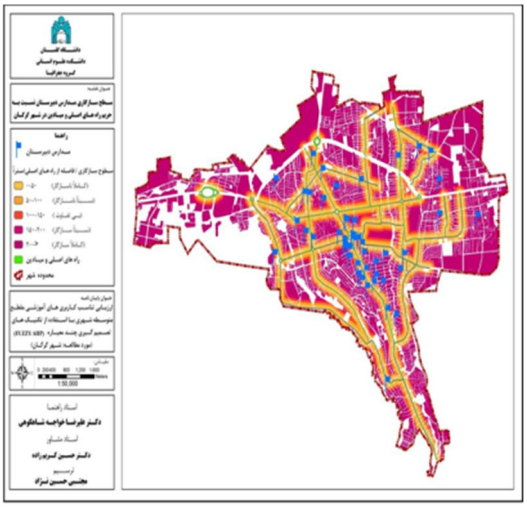
آلودگی صوتی و هوا

عمده‌ترین سروصدای ایجاد شده در شهر گرگان، ناشی از ترافیک زمینی است که کاربری‌های تجاری و صنعتی در تشدید آن سهم دارند. در ارزیابی موقعیت هر کدام از مدارس نسبت به بزرگراه‌ها و راه‌های عبوری اصلی، اقدام به تعیین سلسله‌مراتب حریم پیشنهادی برای بررسی سطح سازگاری واحدهای آموزشی دبیرستان با بزرگراه‌ها و راه‌های عبوری اصلی موجود در شهر گرگان، متناسب با استانداردهای فاصله‌ی کاربری‌های شهری از این معابر شده است. صنایع نیز با تولید سروصدا، آلودگی آب و هوا، یکی از کاربری‌های ناسازگار هستند و در طرح‌های شهری توصیه می شود که صنایع (به‌خصوص صنایع سنگین) در حومه‌ی شهرها تأسیس شود. در شهر گرگان کاربری صنعتی خاصی در داخل بافت شهر وجود ندارد، اما کارگاه‌های صنعتی و گاراژهای صنعتی کوچک در سطح شهر پراکنده‌اند که وجود چنین مراکزی، به‌دلیل آلودگی هوای ایجاد شده، می‌تواند اثرات نامطلوبی را در محوطه‌ی فضاهای آموزشی ایجاد کند، به همین دلیل رعایت حداقل فاصله به میزان ۵۰۰ متر از این مراکز الزامی است.

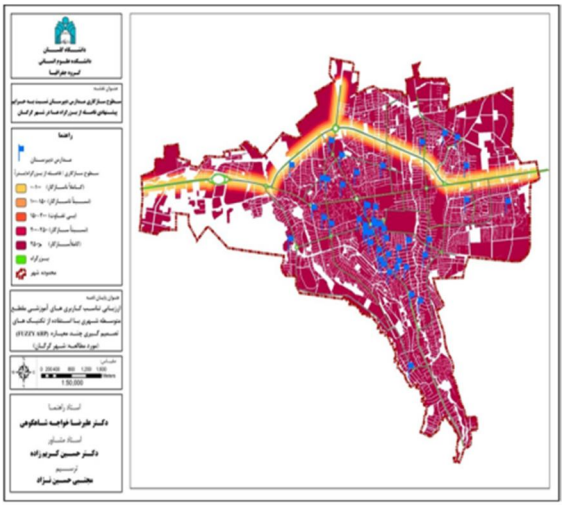
برای بررسی سازگاری فضایی هر کدام از دبیرستان‌ها اقدام به تعیین سلسله‌مراتب حریم پیشنهادی سطوح سازگاری واحدهای آموزشی دبیرستان با هر یک از معیارهای مورد بررسی متناسب با استانداردهای شهرسازی شد. این امر با استفاده از آنالیزهای مکانی ـ فضایی مانند توابع سطحی فاصله مستقیم از عناصر مورد نظر در محیط نرم‌افزار ARC GIS انجام شده است.



شکل ۲. نقشه‌ی سلسله‌مراتب حریم‌های پیشنهادی فاصله از بزرگراه



شکل ۳. نقشه‌ی سلسله‌مراتب حریم‌های پیشنهادی فاصله از معابر اصلی



شکل ۴. نقشه‌ی سلسله‌مراتب حریم های پیشنهادی فاصله از صنایع

جدول ۴. بررسی میزان سازگاری مدارس دبیرستان شهر گرگان نسبت به عامل آلودگی صوتی و هوا

معیار سازگاری		سطوح سازگاری مدارس دبیرستان									
		کاملا سازگار		نسبتاً سازگار		بی تفاوت		نسبتاً ناسازگار		کاملاً ناسازگار	
		تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد
آلودگی صوتی و هوا	فاصله از بزرگراه‌ها	۴۷	۹۴	۲	۴	۱	۲	۰	۰	۰	۰
	فاصله‌ی راه‌های عبوری اصلی و میادین	۹	۱۸	۵	۱۰	۱۱	۲۲	۱۲	۲۴	۱۳	۲۶
	فاصله از کاربری‌های صنعتی	۳۱	۶۲	۲	۴	۷	۱۴	۶	۱۲	۴	۸

منبع: محاسبات نگارنده

آسایش و امنیت عمومی

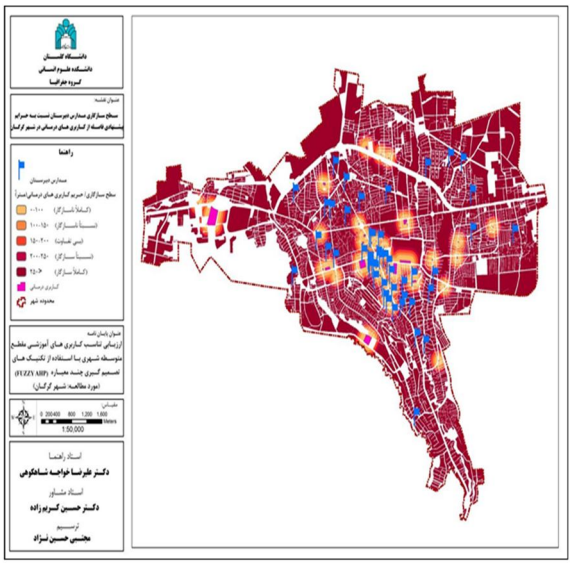
بسیاری از تأسیسات و تجهیزات شهری با رهاسازی پساب‌ها و پسمانده‌ها و بوهای نامطبوعی که ایجاد می‌کنند، یا به‌واسطه‌ی ایجاد ازدحام و اختلال در رفت‌وآمد، اسباب سلب آسایش و امنیت دانش‌آموزان را فراهم می‌آورند. مراکز درمانی و بیمارستانی، کشتارگاه‌ها، حمل و نگهداری زباله، گورستان، پمپ بنزین، ایستگاه آتش نشانی و مراکز انتظامی از جمله این منابع آلاینده به‌شمار می‌روند.

عمده مراکز بهداشتی و درمانی سطح شهر گرگان، بیمارستان‌های عمومی و آزمایشگاه‌ها هستند و بیمارستان عفونی در آن وجود ندارد؛ بنابراین تنها به بررسی موقعیت دبیرستان‌ها نسبت به بیمارستان‌های عمومی و تخصصی، آزمایشگاه‌ها و درمانگاه‌های پزشکی پرداخته می‌شود.

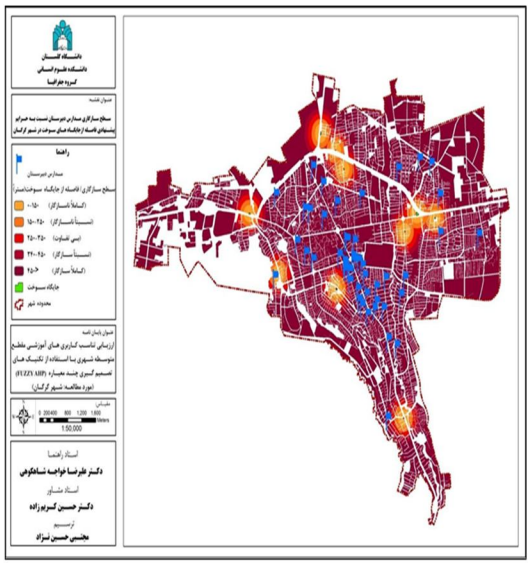
جایگاه‌های سوخت‌رسانی نیز، به‌دلیل آلودگی هوا، سروصدای زیاد و ترافیکی که ایجاد می کنند، از

کاربری‌های ناسازگار با مدارس شناخته می‌شوند. همچنین به‌دلیل آلودگی صوتی و شلوغی ناشی از مراجعه بسیاری از شهروندان در رابطه با حوادث آتش سوزی به ایستگاه‌های آتش نشانی، این کاربری‌ها نیز از دسته کاربری‌های ناسازگار با فضاهای آموزشی شمرده می‌شوند.

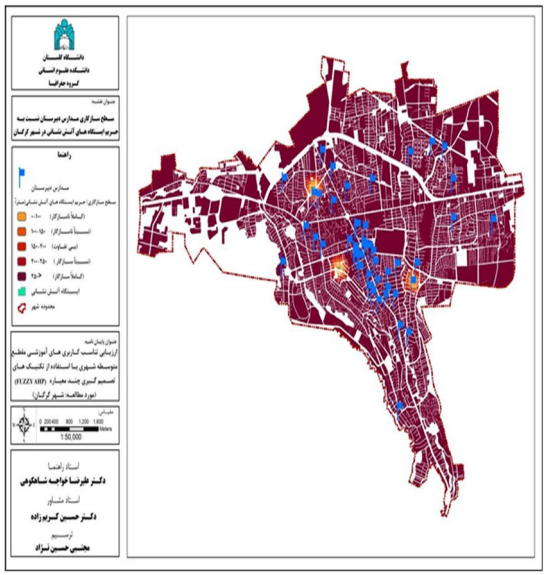
همچنین مراکز نظامی و انتظامی به‌دلیل مراجعات گسترده‌ی مردم، ترافیک زیاد و سروصدای ناشی از وسایل نقلیه، در گروه کاربری‌های ناسازگار با کاربری آموزشی به‌شمار می روند و رعایت حداقل فاصله از این کاربری‌ها، برای کاربری‌های آموزشی ضروری است.



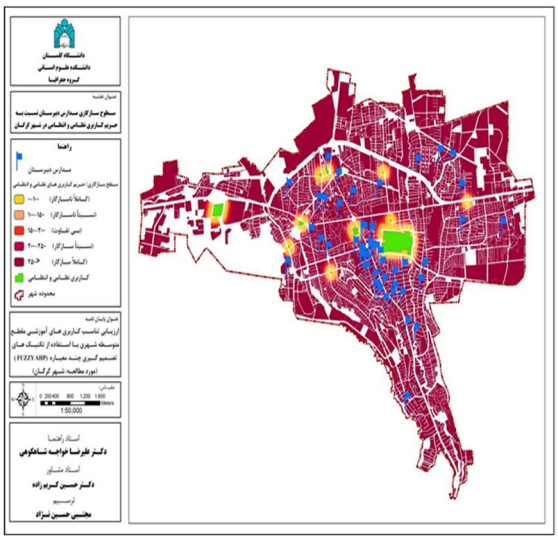
شکل ۵. نقشه‌ی سلسله‌مراتب حریم‌های پیشنهادی فاصله از کاربری درمانی



شکل ۶. نقشه‌ی سلسله‌مراتب حریم‌های پیشنهادی فاصله از جایگاه سوخت رسانی



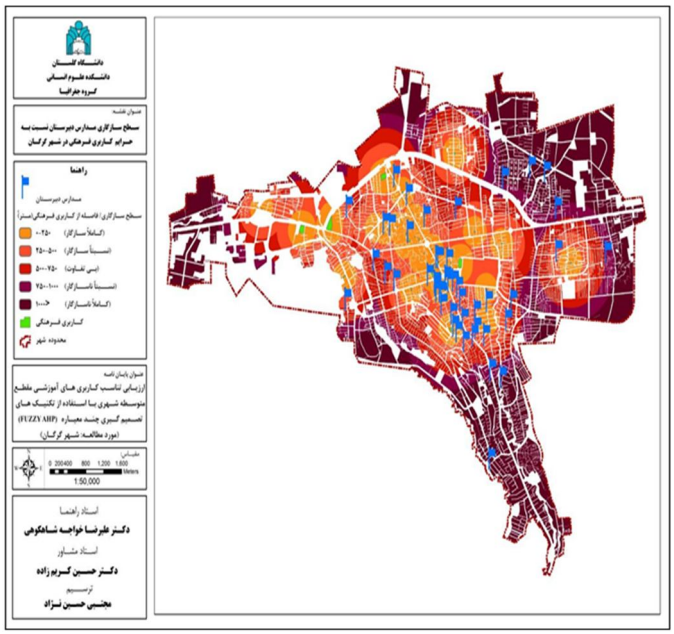
شکل ۷. نقشه‌ی سلسله‌مراتب حریم‌های پیشنهادی فاصله از مراکز آتش نشانی



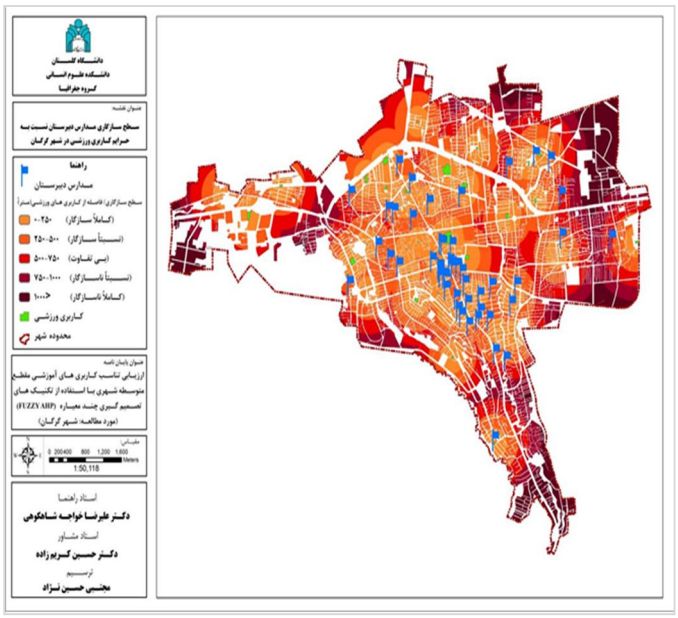
شکل ۸. نقشه‌ی سلسله‌مراتب حریم‌های پیشنهادی فاصله از کاربری نظامی- انتظامی

در این میان کاربری‌هایی چون کاربری فرهنگی و ورزشی که لحاظ ایمنی و آسایش روحی و روانی، آثار مطلوبی بر روحیه‌ی دانش‌آموزان دارند، از دسته کاربری‌های سازگار با فضاهای آموزشی شناخته می‌شوند.

بنابراین برای بررسی سازگاری فضایی هر کدام از دبیرستان‌ها، اقدام به تعیین سلسله‌مراتب حریم پیشنهادی سطوح سازگاری واحدهای آموزشی دبیرستان با هر یک از معیارهای مورد بررسی متناسب با استانداردهای شهرسازی شد. این امر با استفاده از آنالیزهای مکانی ـ فضایی مانند توابع سطحی فاصله مستقیم از عناصر مورد نظر در محیط نرم‌افزار ARC GIS انجام شده است.



شکل ۹. نقشه‌ی سلسله‌مراتب حریم‌های پیشنهادی همجواری با کاربری ورزشی



شکل ۱۰. نقشه‌ی سلسله‌مراتب حریم‌های پیشنهادی همجواری با کاربری فرهنگی

جدول ۵. بررسی میزان سازگاری مدارس دبیرستان شهر گرگان نسبت به عامل آسایش و امنیت عمومی

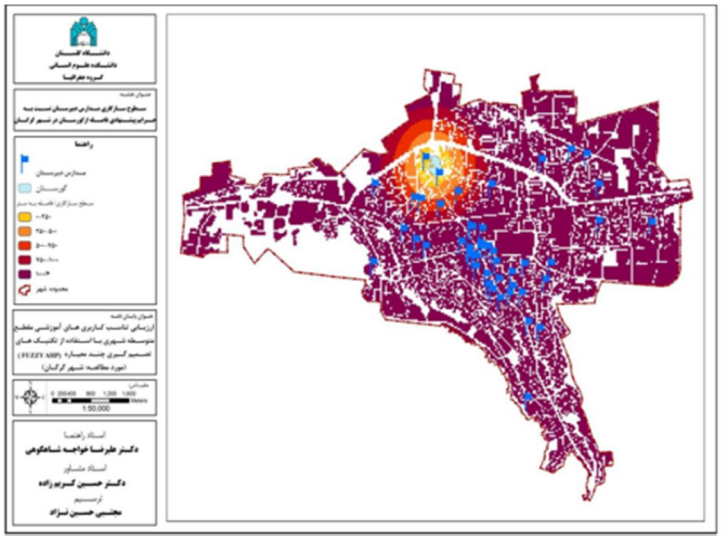
معیار سازگاری		سطوح سازگاری مدارس دبیرستان									
		کاملا سازگار		نسبتاً سازگار		بی تفاوت		نسبتاً ناسازگار		کاملاً ناسازگار	
		تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد
سایر آلودگی‌های محیطی	فاصله از کاربری‌های درمانی و بیمارستانی	۲۵	۵۰	۲	۴	۰	۰	۹	۱۸	۱۴	۲۷
	فاصله از جایگاه‌های سوخت‌رسانی	۴۳	۸۶	۵	۱۰	۰	۰	۱	۲	۱	۲
	فاصله از ایستگاه‌های آتش نشانی	۴۷	۹۴	۱	۲	۰	۰	۱	۲	۱	۲
	فاصله از مراکز نظامی و انتظامی	۴۱	۸۲	۴	۸	۲	۴	۲	۴	۱	۲
	نزدیکی به کاربری‌های فرهنگی	۲۵	۵۰	۱۳	۲۶	۴	۸	۳	۶	۴	۸
	نزدیکی به کاربری‌های ورزشی	۳۰	۶۰	۱۸	۳۶	۲	۴	۰	۰	۰	۰

منبع: محاسبات نگارنده

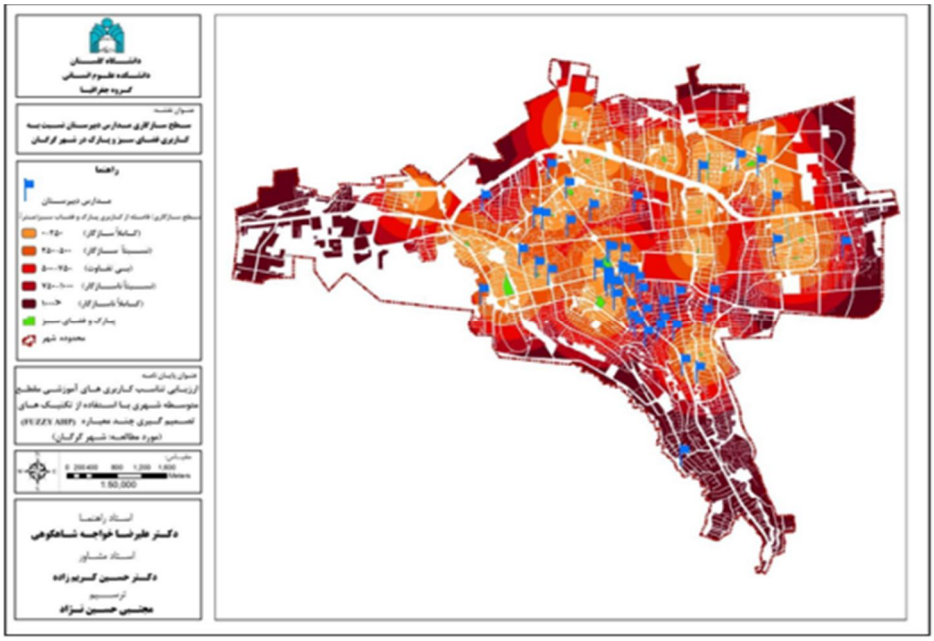
زیبایی شناسی

همجواری فضای سبز با فضاهای آموزشی، به‌ویژه دبیرستان‌ها، از نظر سالم‌سازی هوا، ایجاد چشم‌اندازهای زیبا و ایجاد آرامش در دانش‌آموزان بسیار مؤثر است. بنابراین در جانمایی‌ها تأکید بر ارتباط و نزدیکی این دو کاربری می شود. در همین راستا و برای ارزیابی موقعیت مکانی مدارس نسبت به کاربری فضای سبز، حریم‌هایی مشخص شده و مکان دبیرستان‌ها در رابطه با این حریم‌ها ارزیابی شده است.

آرامستان‌ها (گورستان‌ها) نیز، به‌دلیل ترافیک نامناسب در اطراف خود، وجود سروصدای زیاد، تأثیر روانی نامناسب روی دانش‌آموزان و ایجاد چشم‌انداز و تصویر نامناسب و غمگین، از دسته کاربری‌های ناسازگار با کاربری آموزشی به‌شمار می‌روند.



شکل ۱۱. نقشه‌ی سلسله‌مراتب حریم‌های پیشنهادی همجواری با کاربری فضای سبز و پارک



شکل ۱۲. نقشه سلسله‌مراتب حرایم پیشنهادی فاصله از گورستان

جدول ۶. بررسی میزان سازگاری مدارس دبیرستان شهر گرگان نسبت به عامل زیبایی شناسی

معیار سازگاری		سطوح سازگاری مدارس دبیرستان									
		کاملا سازگار		نسبتاً سازگار		بی تفاوت		نسبتاً ناسازگار		کاملاً ناسازگار	
		تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد
همجواری‌های سازگار	فاصله از گورستان‌ها	۴۳	۸۶	۰	۰	۴	۸	۰	۰	۳	۶
	نزدیکی به کاربری فضای سبز و پارک	۲۰	۴۰	۱۵	۳۰	۹	۱۸	۵	۱۰	۱	۲

منبع: مطالعات نگارنده.

پس از بررسی عوامل و معیارهای سازگاری کاربری‌های آموزشی دبیرستان با سایر کاربری‌ها و خدمات شهری، عوامل ارزیابی سازگاری هر یک از مدارس موجود با استفاده از روابط و قواعد فازی، مدل‌سازی می‌شوند.

از آنجا که در این پژوهش، تلاش در حل مسائل و فرضیه‌های پژوهش با به کارگیری عقاید و نظریه‌های گروهی از خبرگان و مشارکت چند تن از کارشناس در فرآیند تصمیم‌سازی است، بنابراین در مراحل مختلف اجرای پژوهش (وزن‌دهی به عوامل تعیین‌کننده‌ی سازگاری و وزن‌دهی سطوح ارزیابی معیارهای سازگاری)، نظریه‌های گروهی از کارشناسان گردآوری و مورد استفاده قرار گرفته است. برای ارزیابی اهمیت معیارها برای تصمیم‌گیران، روش‌های مقایسه‌ی زوجی بر مبنای AHP مورد استفاده قرار گرفته است. در نتیجه نتایج وزن‌دهی به معیارهای فوق با توجه به نظر کارشناسان مختلف (چهار نفر از متخصصان مرتبط با امور شهری

شامل دو نفر دکترای برنامه‌ریزی شهری، یک نفر فوق لیسانس شهرسازی و یک نفر کارشناس طراحی شهری) محاسبه و بیان شده است.

بردار وزن بیان‌کننده‌ی اهمیت نسبی هر معیار است که پس از تشکیل ماتریس مقایسه زوجی معیارها مطرح می‌شود. برای محاسبه‌ی وزن در ماتریس‌های ناسازگار از نرم افزار Expert Choice با بهره‌گیری از روش بردار ویژه استفاده شده است. با توجه به اهمیت محاسبه‌ی مقدار ناسازگاری نیز، اقدام به تعیین میزان ناسازگاری در هر یک از مقایسه‌های زوجی شده است و همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد، میزان ناسازگاری در همه مقایسه‌های زوجی کمتر از ۰/۱ و مقایسات مطلوب است. به‌منظور تلفیق نظرات مختلف کارشناسان در قضاوتی خاص نیز، پاسخ‌ها با استفاده از میانگین هندسی وزن‌دار (WGMM[1]) تبدیل به یک پاسخ می‌شوند.

جدول ۷. مقادیر ارجحیت معیارهای ارزیابی سازگاری کاربری‌های آموزشی براساس نظر تصمیم گیرندگان به روش AHP

زیبایی شناسی	آسایش و امنیت عمومی	آلودگی صوتی وهوا	CR= ۰.۰۰۰	وزن نسبی
۱/۴	۱/۷	۱	آلودگی صوتی وهوا	۰.۴۰
۱	۱	۷	آسایش و امنیت عمومی	۰.۵۰
۱	۱	۴	زیبایی شناسی	۰.۱۰

منبع: محاسبات نگارنده

جدول ۸. وزن محاسبه شده سطوح سازگاری براساس نظر تصمیم گیرندگان به روش AHP

کاملاً سازگار	نسبتاً سازگار	بی‌تفاوت	نسبتاً ناسازگار	کاملاً ناسازگار	CR= ۰.۰۲۷۷	وزن نسبی
۹/۱	۷/۱	۴/۱	۲/۱	۱	کاملاً ناسازگار	۰.۰۳۷
۷/۱	۵/۱	۲/۱	۱	۲	نسبتاً ناسازگار	۰.۰۶۳
۵/۱	۳/۱	۱	۲	۴	بی تفاوت	۰.۱۱
۳/۱	۱	۳	۵	۷	نسبتاً سازگار	۰.۲۶
۱	۳	۵	۷	۹	کاملاً سازگار	۰.۵۲

منبع: محاسبات نگارنده

پس از تعیین و مدل‌سازی عوامل مؤثر در فرآیند ارزیابی سازگاری هر یک از دبیرستان‌ها، برای ارزیابی دقیق میزان سازگاری و تعیین تأثیر عوامل مختلف متناسب با سازگاری کاربری‌های آموزشی، از مقدار دهنده‌های زبانی بر مبنای اعداد فازی ذوزنقه‌ای، به‌منظور بهبود روش AHP در ملاحظه‌ی عدم قطعیت و ریسک نظرات تصمیم‌سازان استفاده شده است.

در مرحله‌ی بعد، برای انجام تلفیق وزن هر سطح در عوامل مورد بررسی (آلودگی صوتی و هوا، آسایش و

1. Weighted Geometric Mean Method

امنیت عمومی و زیبایی‌شناسی) به‌دست آمده از روش AHP، در عدد فازی مربوط به هر سطح براساس رابطه‌ی ۴ ضرب می‌شود و نتایج نیز در ارتباط با هر واحد آموزشی دبیرستان اعمال می‌شود. با توجه به حجم زیاد محاسبات، در این مرحله تنها به ذکر نمونه‌ی از محاسبات انجام شده به شرح زیر پرداخته می‌شود. برای مثال دبیرستان ملاصدرا (واقع در خیابان شهدا و محله‌ی سرپیر گرگان) از لحاظ معیارهای مورد بررسی آسایش و امنیت عمومی دارای سطوح سازگاری به شرح زیر است:

جدول ۹. سطوح سازگاری دبیرستان ملاصدرا نسبت به معیارهای مورد بررسی

واحد آموزشی دبیرستان	فاصله به مراکز انتظامی	فاصله به جایگاه سوخت رسانی	فاصله به کاربری درمانی
ملاصدرا	HI	HI	HI
	فاصله به ایستگاه آتش نشانی	نزدیکی به کاربری ورزشی	نزدیکی به کاربری فرهنگی
	MC	MI	HI

بر اساس جدول شماره‌ی ۹، برای هر رابطه یک عدد فازی تعلق می‌گیرد و با توجه به اوزان نسبی سطوح سازگاری ارائه شده در جدول شماره‌ی ۸، بر اساس رابطه‌ی ۵ برای تلفیق خواهیم داشت:

$$F_i = ۰.۵۲ \otimes (۰.۹,۱,۰.۱,۰) \oplus ۰.۵۲ \otimes (۰.۹,۱,۰.۱,۰) \oplus ۰.۵۲ \otimes (۰.۹,۱,۰.۱,۰)$$

$$\oplus ۰.۲۶ \otimes (۰.۷۵,۰.۷۵,۰.۱۵,۰.۱۵) \oplus ۰.۰۶۳ \otimes (۰.۲۵,۰.۲۵,۰.۱۵,۰.۱۵) \oplus$$

$$۰.۵۲ \otimes (۰.۹,۱,۰.۱,۰) \ ] = (۱.۷۹۴,۱.۹۵۳,۰.۲۳۴,۰.۰۸۱) \quad \text{رابطه‌ی ۱۰)}$$

گام بعد مربوط به تلفیق وزن فازی هر یک از معیارهای ارزیابی سازگاری کاربری‌های آموزشی، در اعداد فازی به‌دست آمده برای هر واحد دبیرستان است، بدین معنی که اعداد فازی حاصل از تلفیق عوامل سنجش هر یک از معیارهای آلودگی صوتی و هوا، آسایش و امنیت عمومی و زیبایی‌شناسی، در وزن نسبی محاسبه شده توسط AHP تلفیق شده تا یک عدد فازی نهایی برای هر کاربری به‌دست آید.

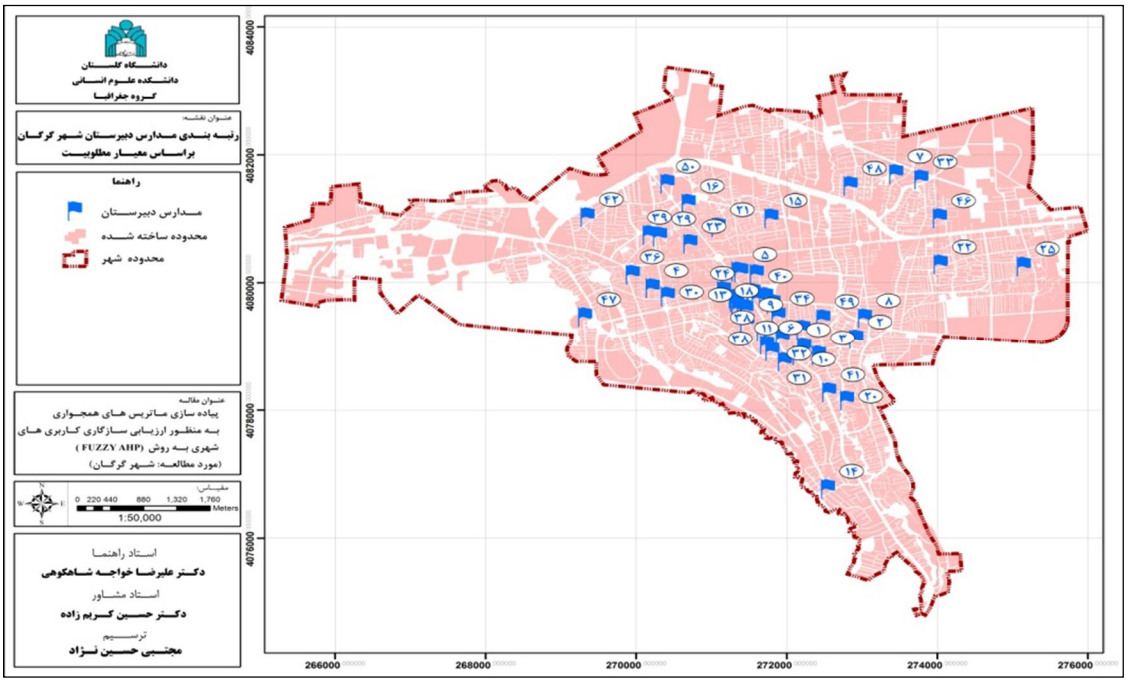
پس از به‌دست آوردن مجموعه‌های فازی، باید مجموعه‌های فازی مربوط به واحدهای آموزشی دبیرستان رتبه‌بندی شوند تا میزان و سطح عضویت هر یک از واحدهای آموزشی در ارتباط با معیارهای آلودگی صوتی و هوا، آسایش و امنیت عمومی و زیبایی‌شناسی تعیین شود. برای این امر، پس از به‌دست آوردن بردارهای وزن فازی مربوط به هر معیار، بردار وزن جامع حاصل ترکیب معیارها به‌دست می‌آید. در ادامه با اعمال نتایج به‌دست آمده در روابط ریاضی، رتبه‌بندی اعداد فازی غیر نرمال (به روش چن و چن) میزان سازگاری هر یک از دبیرستان‌های شهر گرگان به‌دست می‌آید. به این ترتیب نتیجه‌ای که از تلفیق عوامل ارزیابی سازگاری کاربری‌های آموزشی دبیرستان به روش Fuzzy AHP حاصل آمده است، شامل سطحی سازگاری است که

رتبه‌ی هر یک از واحدهای آموزشی را نسبت به سایرین در ارتباط با همجواری و سازگاری آن در شهر مشخص می‌کند.

جدول ۱۰. سطوح سازگاری و رتبه بندی مدارس دبیرستان شهر گرگان با استفاده از مدل Fuzzy AHP

واحدآموزشی	سطح سازگاری	مقطع	رتبه مدارس	واحدآموزشی	سطح سازگاری	مقطع	رتبه مدارس
آزادگان	۰.۰۵۱۵	پسرانه	۱	رضوان	۰.۰۴۳۸	پسرانه	۲۶
شهید مصطفی خمینی	۰.۰۵۱۱	پسرانه	۲	صدرا پسرانه	۰.۰۴۳۷	دخترانه	۲۷
پارسیان	۰.۰۵۰۹	دخترانه	۳	فرهنگ زیاد لو	۰.۰۴۳۷	دخترانه	۲۸
زمزم ۱	۰.۰۴۹۷	دخترانه	۴	کوثر کوی تختی	۰.۰۴۳۷	پسرانه	۲۹
البرز	۰.۰۴۸۷	دخترانه	۵	شهید رجایی	۰.۰۴۳۵	دخترانه	۳۰
ایراندخت	۰.۰۴۸۷	دخترانه	۶	محمدتقی چراغعلی	۰.۰۴۳۱	دخترانه	۳۱
شهیدبهشتی- ویلا شهر	۰.۰۴۸۷	پسرانه	۷	فاطمه	۰.۰۴۲۷	دخترانه	۳۲
فرهنگ نمونه	۰.۰۴۸۷	دخترانه	۸	علامه حلی	۰.۰۴۲۵	پسرانه	۳۳
نیکان	۰.۰۴۸۵	دخترانه	۹	فرزانگان	۰.۰۴۲۲	پسرانه	۳۴
فردوسی	۰.۰۴۷۶	دخترانه	۱۰	شهید مجیدی	۰.۰۴۱۹	دخترانه	۳۵
ایران نیک	۰.۰۴۷۳	دخترانه	۱۱	سید احمد خمینی ۱	۰.۰۴۱۵	پسرانه	۳۶
صدرا	۰.۰۴۷۳	دخترانه	۱۲	انقلاب اسلامی	۰.۰۴۱۳	دخترانه	۳۷
فروغ دانش	۰.۰۴۷۳	دخترانه	۱۳	شاهدپسران	۰.۰۴۱۳	دخترانه	۳۸
ایمان	۰.۰۴۷۳	دخترانه	۱۴	کوثر عدالت ۱۹	۰.۰۴۱۲	پسرانه	۳۹
شاهد دختران	۰.۰۴۷۳	دخترانه	۱۵	ملاصدرا	۰.۰۴۱۱	پسرانه	۴۰
شهید بهشتی شهدا	۰.۰۴۶۶	پسرانه	۱۶	سما	۰.۰۴۰۹	پسرانه	۴۱
واثقی ۱	۰.۰۴۶۲	دخترانه	۱۷	امام خمینی	۰.۰۴۰۹	دخترانه	۴۲
بعثت	۰.۰۴۶۰	دخترانه	۱۸	ایثارگران	۰.۰۴۰۰	دخترانه	۴۳
فرهیختگان	۰.۰۴۶۰	پسرانه	۱۹	شهیدقندهاری	۰.۰۳۸۸	پسرانه	۴۴
مهرآفرین	۰.۰۴۵۸	دخترانه	۲۰	ساعی ۲	۰.۰۳۸۴	پسرانه	۴۵
عفاف ۱	۰.۰۴۴۸	دخترانه	۲۱	سعدی	۰.۰۳۷۴	پسرانه	۴۶
عصمت	۰.۰۴۴۲	دخترانه	۲۲	شهید بهشتی	۰.۰۳۷۰	دخترانه	۴۷
سید محمد طاهر طاهری	۰.۰۴۴۲	پسرانه	۲۳	شهدا ۱	۰.۰۳۶۸	دخترانه	۴۸
بشارت	۰.۰۴۳۹	دخترانه	۲۴	عترت	۰.۰۳۵۹	پسرانه	۴۹
رضوان	۰.۰۴۳۸	دخترانه	۲۵	هاشمی میر رحیم	۰.۰۳۵۹	پسرانه	۵۰

منبع: محاسبان نگارندگان



شکل ۱۳. نقشه‌ی رتبه‌بندی سازگاری مدارس دبیرستان شهر گرگان بر اساس معیارهای مورد بررسی

بحث و نتیجه‌گیری

تحلیل فضایی خدمات شهری یک فرآیند تصمیم‌سازی چند معیاره است و از آنجا که اکثر مسائل شهری ماهیت گروهی دارند و حل آنها نیازمند مشارکت افراد با دیدگاه‌ها و سلایق گوناگون است، توجه به ماهیت گروهی مسائل شهری و به‌کارگیری عقاید و نظریه‌های گروهای مختلف با هدف حل پایدار و مؤثر مسئله، ضروری به نظر می‌رسد. روش‌های MCDM به‌عنوان ابزار و قابلیت‌های سودمند برای مدل‌سازی مسائل و مشکلات پیچیده‌ی شهری، می توانند کاربرد فراوانی را در ارزیابی تناسب کاربری‌های شهری ایفا کنند. بنابراین با توجه به نواقص شیوه‌های سنتی و مرسوم ارزیابی تناسب کاربری‌ها و به‌منظور توسعه‌ی روشی با توجیه و مبانی علمی و رفع کاستی‌های روش‌های کنونی، در این پژوهش با به‌کارگیری همزمان قابلیت‌های GIS و روش‌های تصمیم‌سازی چند معیاری MCDM از تصمیم‌سازی گروهی به‌روش Fuzzy AHP بر مبنای اعداد فازی ذوزنقه‌ای، برای بهبود روش AHP در ارزیابی سازگاری کاربری‌های آموزشی دبیرستان در شهر گرگان استفاده شده است.

در همین راستا نتایج حاصل از مدل‌سازی عوامل ارزیابی سازگاری کاربری‌های آموزشی دبیرستان‌های شهر با وزن‌دهی معیارهای ارزیابیِ گروهی از کارشناسان به روش‌های AHP و Fuzzy AHP به شرح زیر است:

نتایج حاصله از ارزیابیِ سازگاریِ موقعیتِ مکانیِ وضعیتِ موجودِ فضاهایِ آموزشیِ مقطعِ مطالعاتی با استفاده از مدل Fuzzy AHP، نشان داد که این فضاها از همجواری نسبتاً سازگار در ارتباط با سایر

کاربری‌های شهری برخوردارند؛ به‌طوری که تمامی مدارس مورد مطالعه با وجود برخی موارد استثنایی در همجواری با کاربری‌های نسبتاً ناسازگار، به‌طورکلی از حریم کاربری‌های ناسازگاری با فضاهای آموزشی (مانند مراکز صنعتی و آلوده کننده، بزرگراه‌ها و راه‌های عبوری اصلی) قرار گرفته‌اند.

مقدار سازگاری نهایی و اولویت‌بندی مدارس دبیرستان پهنه‌ی مطالعاتی، از نظر شاخص‌های مورد بررسی نیز نشان‌دهنده‌ی تفاوت سطح سازگاری مدارس دبیرستان شهر گرگان است که تأثیر کاربری‌های همجوار سازگار و ناسازگار با هر یک از مدارس به‌صورت جزئی و دقیق بیان می‌کند، به‌طوری که در بین مدارس متوسطه شهر گرگان، به‌ترتیب دبیرستان غیر دولتی آزادگان واقع در مرداد مرکزی (عدالت ۲۶) با رتبه‌ی ۰/۵۱۴۸ از بالاترین درجه تناسب اراضی برخوردار است. پس از آن مدارس دبیرستان شهید مصطفی خمینی واقع در کوی علی‌محمدی با سطح تناسب ۰/۵۱۱۰، دبیرستان پارسیان واقع در خیابان رازی با رتبه‌ی ۰/۵۰۸۷، دبیرستان زمزم واقع در هفت دستگاه با سطح تناسب ۰/۴۹۶۵، در رتبه‌های دوم تا چهارم قرار دارند. در انتهای جدول نیز، دبیرستان‌های نمونه‌ی استرآبادی با سطح تناسب ۰/۳۲۵۰، مرحوم میر رحیم‌هاشمی با سطح تناسب ۰/۳۵۸۵، دبیرستان دخترانه عترت با سطح تناسب ۰/۳۵۸۵و دبیرستان شهدا با سطح تناسب ۰/۳۶۷۷ پایین‌ترین رتبه را در بین مدارس دبیرستان شهر به خود اختصاص داده‌اند.

در نهایت اینکه مدل‌سازی پارامترها و معیارهای ارزیابی سازگاری کاربری‌های شهری با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و روش‌های نوینی چون Fuzzy AHP می‌تواند با ملاحظه‌ی دقیق نتایج ارزیابی سازگاری اراضی شهری، به طراحان و برنامه‌ریزان در انتخاب موقعیت‌های مناسب برای کاربری‌های مختلف شهری و برنامه‌ریزی صحیح کاربری زمین یاری رساند.

منابع

اصغرپور، م. ح. (۱۳۸۷). **تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره،** چاپ ششم، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

بحرینی، ح. (۱۳۷۷). **فرآیند طراحی شهری،** تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

حبیبی، ک. و زندی بختیاری، پ. (۱۳۸۴). **مکان‌یابی محل دفن مواد زائد و جامد شهری با استفاده از منطق فازی (Fuzzy Logic) در محیط GIS (مطالعه‌ی موردی: شهر سنندج)**، مجله‌ی هنرهای زیبای دانشگاه تهران، شماره ۲۳، صص ۲۴-۱۵

حبیبی، ک. و نظری عدلی، س. (۱۳۸۵). **تحلیل فضایی مکانی کشتارگاه شهر سنندج و مکان‌یابی کشتارگاه جدید به کمک منطق فازی و مدل شاخص‌های وزنی،** همایش سیستم‌های اطلاعات مکانی GIS، سازمان نقشه‌برداری کشور، قشم.

حبیبی، ک. و نظری عدلی، س. (۱۳۸۶)، **پیاده‌سازی ماتریس‌های همجواری در سیستم اطلاعات مکانی به‌منظور تعیین و یا تغییر کاربری‌های شهری،** همایش ژئوماتیک ۱۳۸۶، سازمان نقشه‌برداری کشور، تهران.

سازمان آموزش و پرورش استان گلستان. (۱۳۹۰). **مشخصات فضاهای آموزشی شهر گرگان**.

سرور، ه (۱۳۸۱)، **مدیریت و مکان‌یابی فضاهای آموزشی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS؛ مورد کاربری‌های آموزشی (مقطع راهنمایی) منطقه هفت تهران**، رساله‌ی کارشناسی ارشد، دانشکده‌ی ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس.

عالم تبریز، ا.؛ روغنیان، ع. و محبیان، ف. (۱۳۹۱). **یک مدل ترکیبی برای رتبه‌بندی اعداد فازی غیر نرمال**، نشریه‌ی بین‌المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید، شماره۱، جلد۲۳، صص. ۱۳۷-۱۳۰.

عدیلی، ا. (۱۳۸۷). **ارزیابی تناسب کاربری زمین شهری با GIS**، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد (سیستم‌های اطلاعات مکانی GIS)، دانشکده‌ی مهندسی ژئودزی و ژئوماتیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.

غفاری، سید رامین. شفقتی، سیروس. و صالحی، نگین. (۱۳۸۹). **ارزیابی سازگاری کاربری اراضی شهری با استفاده از مدل تصمیم گیری چند معیاره فازی**، فصلنامه مطالعات و پژوهش های شهری و منطقه ای، سال اول، شماره چهارم، صص. ۷۶-۵۹.

قدسی پور، ح. (۱۳۸۷). **فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی AHP**، چاپ ششم، تهران: انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر.

محمد حسینیان، ش. (۱۳۸۷). **توسعه‌ی یک مدل تصمیم‌گیری مبتنی بر GIS برای ارزیابی سازگاری کاربری‌های شهری**، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشکده‌ی مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه خواجه نصیر الدین طوسی.

مهندسین مشاور شهرساز پارت (۱۳۸۹)، **طرح جامع و تفضیلی شهر گرگان**، سازمان مسکن و شهرسازی استان گلستان.

نظری عدلی، س. (۱۳۸۵). **تحلیل عملکردی و مکان‌گزینی پارک‌های شهری با استفاده از الگوریتم‌های فازی در محیط GIS**، پایان‌نامه‌ی مقطع کارشناسی، دانشکده‌ی هنر و معماری، دانشگاه مازندران.

Bonissone, P.P., 1982, **Fuzzy Sets Based Linguistic Approach: Theory and Applications. in: M.M. Cupta and E. Sanches**, Approximate Reasoning in Decision Analysis Amesterdam, North- Holl.

Chen, S.J., Hwang, C.L., 1992, **Fuzzy Multiple Attribute Decision Making**, Springer, New York.

Higgs, G., 2006, **Integrating Multi-criteria Techniques with Geographical Information Systems in Waste Facility Location to Enhance Public Participation**, Journal of Waste Management & Research, Vol. 24, PP. 105-117.

Li, D., Mingjun, P., Zhenfeng, Sh., 2006, **Design and Implementation of Urban Management and Service Grid Based on Spatial Database**, in: ASIA GIS 2006, International Conference, March 9-10, Johor, Malaysia.

Malchefski, Y., 2006, **Geographic Information System and Multi- Criteria Analysis. Rendition Akbar Parhizegar**, Samt, Tehran.

Saaty, T.L., 1980, **The Analytical Hierarchy Process**, MC-Graw-Hill, New York.

Store, R. and Kangas, J.i, 2001, **Integrating Spatial Multi-criteria Evaluation and Expert Knowledge for GIS-based Habitat Suitability Modelling**, Journal of Landscape and Urban Planning, Vol. 55, PP. 79-93.

Svoray, T. and Bar, P. (Kutiel), Bannet, T., 2005, **Urban Land-use Allocation in a Mediterranean Ecotone: Habitat Heterogeneity Model Incorporated in a GIS Using a Multicriteria Mechanism**, Journal of Landscape and Urban Planning, Vol. 72, No. 4, PP. 337–351.

Taleai, M., Sharifi, A., Sliuzas, R., Mesgari, M., 2008, **Evaluating the Compatibility of Multi – functional and Intensive Urban Land Uses**, International Journal of Applied Earth Observation and Geo Information, Vol. 9, No. 4, PP. 368-383.

Yager, R.R., 1980, **On a General Class of Fuzzy Connectives, Fuuzt Sets and Systems**, Vol. 4, PP. 235-242.