

ارزیابی سازگاری کاربری اراضی شهری با استفاده از مدل تصمیم‌گیری چند معیاره فازی

سیدرامین غفاری، استادیار جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، دانشگاه پیام نور واحد شهرکرد، ایران
سیروس شریفی، استادیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
نگین صالحی، دانشجوی کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد، اصفهان، ایران*

چکیده

سازگاری و ناسازگاری بین کاربریهای شهری به دلیل تأثیرات مثبت و منفی است که کاربریهای همسایه بر روی هم دارند. برای چیدمان کاربریها در کنار یکدیگر و مکان‌یابی کاربریها، معیارهای ویژه‌ای برای هر کاربری در نظر گرفته می‌شود؛ به طوری که قرارگیری دو کاربری در کنار هم باید با توجه به این معیارها صورت گیرد. ناکارآمدی تک بعدی نگری و لزوم جامع‌نگری در اتخاذ بهینه‌ترین تصمیم در مکان‌یابی کاربریها، بهره‌گیری از تخصص‌های مختلف، بر اساس معیارهای چند گانه کمی و کیفی و استفاده از تکنیک‌ها و روش‌های (تصمیم‌گیری گروهی) و (چند معیاره) را بیش از پیش ضروری نموده است. تعدد عوامل تأثیرگذار بر سازگاری لزوم به کارگیری روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره را محرز می‌نماید. از طرف دیگر، در نظر گرفتن این معیارها در قالب سنتی مشکل است، در حالی که با GIS می‌توان معیارهای مورد نظر را به صورت لایه‌های مختلف در قالب نقشه‌های معیار به کار برد. بنابراین، در ارزیابی سازگاری کاربریهای شهری، از یک طرف نیازمند استفاده از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی برای مدل‌سازی مکانی روابط بین کاربریها و از طرف دیگر، نیازمند سامانه‌های پشتیبان تصمیم‌گیری و مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره هستیم. ابهام و عدم قطعیت ذاتی حاکم بر محیط‌های تصمیم‌گیری از یک سو و ناسازگاری و بی‌دقتی در نظرها و قضاوت‌های افراد تصمیم‌گیرنده از سوی دیگر، باعث شده است تا نظریه مجموعه فازی و پیرو آن منطق فازی به صورتی کارآمد و مفید برای مواجهه با ابهام موجود در برنامه‌ریزی‌ها و تصمیم‌گیریها در آید. در مقاله حاضر، با استفاده از تکنیک AHP و مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در محیط فازی، مدلی برای ارزیابی سازگاری کاربری‌های شهری با در نظر گرفتن کلیه عوامل مؤثر بر آن ارائه می‌گردد. در این مقاله، مراحل مختلف مدل پیشنهادی تشریح و توصیف می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی سازگاری، تصمیم‌گیری چند معیاره، AHP، مدل فازی.

۱- مقدمه

۱-۱- طرح مسأله

توسعه فیزیکی شهر، فرآیندی پویا و مداوم است که طی آن محدوده شهر و فضای کالبدی آن در جهات عمودی و افقی از حیث کمی و کیفی افزایش می‌یابد و اگر این روند سریع و بی‌برنامه باشد، فضا و کالبد شهر را با مشکل مواجه خواهد ساخت (حیبی و دیگران، ۱۳۸۶: ۱۴).

تعیین اصول دقیق مکان‌یابی فعالیت‌های مختلف در شهر، به دلیل ماهیت پویای مسائل شهری، اگر نه غیرممکن، بدون تردید بسیار دشوار است. از همین رو، یکی از اهداف برنامه ریزی کاربری اراضی شهری مکان‌یابی مناسب کاربریها و جداسازی کاربریهای ناسازگار از یکدیگر است (بحرینی، ۱۳۸۷: ۱۹۳).

برای تعیین میزان سازگاری و ناسازگاری، بین دو کاربری باید مشخصات و نیازهای مختلف هر یک را برای انجام دادن فعالیت عادی آن تعیین و سپس با مقایسه این مشخصات، موارد توافق و عدم توافق را مشخص کرد (پورمحمدی، ۱۳۸۷: ۱۱۰).

کاربری‌های اراضی همجوار شهری، اثرات خارجی بر روی یکدیگر دارند. این تأثیرات می‌تواند مثبت یا منفی باشد. اثرات مثبت منجر به افزایش کارایی به‌میزانی می‌شود که کاربریهای اراضی همجوار به توسعه پایدار و شیوه بهتر زندگی منجر می‌شود، در حالی که اثرات منفی به کاهش کارایی منجر شده، کاهش ارزش کاربری اراضی را به دنبال خواهد داشت که به ایجاد ناسازگاری میان کاربری‌های مختلف خواهد انجامید (Taleai, 2007: 376).

۲-۱- ضرورت تحقیق

سازگاری و ناسازگاری بین کاربریهای شهری به دلیل اثرات مثبت و منفی است که کاربریهای همسایه بر روی هم دارند. این روابط را می‌توان در قالب موقعیت هر کاربری در سطح شهر، نحوه قرارگیری و چیدمان کاربریها در کنار هم و روابط مکانی بین هر کاربری با سایر کاربریهای همسایه بیان کرد. بنابراین، به دلیل ویژگی‌های مکانی این روابط و تأثیر آن در سازگاری کاربریها نیاز به سامانه اطلاعات مکانی (GIS) برای مدلسازی مکانی روابط بین کاربریها محسوس است؛ یعنی در بررسی مسأله سازگاری، GIS باید به عنوان یک سامانه برای آماده سازی و ورود داده‌ها، انجام آنالیزهای مناسب و نمایش نتایج در قالب مناسب استفاده گردد (محمدحسینیان، ۱۳۸۷: ۹).

بهرتر است به جای آنکه GIS را صرفاً یک نرم افزار یا سخت افزار در نظر بگیریم، آن را فرآیندی بدانیم که شامل مجموعه‌ای از روشها و دستورهای است که به واسطه آنها و در راستای پشتیبانی از فعالیتهای مبتنی بر تصمیم‌گیری، می‌توان هم در داده‌های فضایی و هم در داده‌های توصیفی، تسهیلاتی را در روند ورود، ذخیره، پردازش و تحلیل و در نهایت، خروجی گرفتن از داده‌ها ایجاد کرد.

هدف نهایی GIS ایجاد پشتیبانی برای تصمیم‌گیری است. قابلیت‌های GIS در پشتیبانی تصمیمات فضایی در سه مرحله اصلی از فرآیند تصمیم‌گیری تحلیل می‌شود: آگاهی، طراحی و انتخاب. (مالچفسکی، ۱۳۸۵: ۳۱)

عقیده بر این است که سامانه کنونی GIS پشتیبانی لازم را در مرحله مبتنی بر آگاهی در تصمیم‌گیری فراهم می‌آورد، اما در رابطه با دو مرحله طراحی و انتخاب

در این شرایط به بررسی سازگاری بین کاربری های خاص (مثل بزرگراه) با سایر کاربریها پرداخته شده است. در ادامه پژوهش های صورت گرفته در رابطه با مسأله سازگاری عنوان می گردد.

طالعی (۱۳۸۵) به توسعه یک مدل برای ارزیابی سازگاری کاربریهای شهری با کمک GIS می پردازد، ولی در این مدل سازگاری کلی بین کاربریها در نظر گرفته شده و عوامل مؤثر در سازگاری به صورت مشخص و جزئی لحاظ نگردیده است.

حبیبی و دیگران (۱۳۸۶) روشی برای ارزیابی جامع کاربری های اراضی از طریق متد تشکیل ماتریس های همجواری ارائه کردند. در این روش، مؤلفه های مختلف کیفی و کمی تأثیرگذار بر سازگاری کاربری های همجوار، مانند: بو، صدا، شکل و ... بررسی گردیده است. ماتریس همجواری به کار رفته برای ارزیابی انواع فعالیت های موجود در محله خاک سفید توسط مدلی مبتنی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی و ارزیابی دو دویی همسایگی ها محاسبه شده است.

مشکینی و دیگران (۱۳۸۶) به تحلیل سازگاری کاربری شهری منطقه یک شهر زنجان با استفاده از مدل AHP پرداخته اند ولی این پژوهش به رغم اینکه همه کاربریهای شهری را به صورت یکجا و کامل در نظر گرفته است، عوامل مؤثر در سازگاری در آن لحاظ نگردیده است. اگرچه AHP، یکی از متداولترین روشهای ارزیابی چند معیاره^۱ است، اما همان طور که بعد به تفصیل به آن خواهیم پرداخت، در AHP مرسوم شیوه تفکر و تصمیم گیری انسان به درستی لحاظ نمی شود و درجه اطمینان تصمیم سازان و ریسک موجود در فرآیند تصمیم سازی در نظر گرفته نمی شود.

دارای محدودیت است در حقیقت، سامانه های مبتنی بر GIS در همسازی با تغییرات به وجود آمده در زمینه و فرآیند مربوط به تصمیم گیران فضایی انعطاف پذیری لازم را ندارند و در ضمن، در عرصه ارزیابی معیارها و اهداف متعارض، فاقد ساز و کاری برای نمایش انتخاب و اولویت هستند و آن حد از انعطاف پذیری را برای تصمیم گیرندگان فراهم نمی آورند تا اهمیت معیار ارزیابی را تغییر دهند (Heywood et al, 1995:131).

بسیاری از سامانه های مبتنی بر GIS دارای قابلیت های بسیار محدودی در یکپارچه سازی اطلاعات جغرافیایی و اولویتهای تصمیم گیران هستند. بنابراین، تصمیم گیری های صرفاً مبتنی بر GIS نمی تواند در حل مسائل مکانی، از جمله مسأله سازگاری کارساز باشد و نیاز به تلفیق روشهای تصمیم گیری چند معیاره با GIS را محرز می نماید.

۳-۱- هدف

هدف این مقاله، ارائه مدلی برای تعیین کاربری های ناسازگار در سطح شهر با توجه به تاثیر همزمان عوامل مؤثر در سازگاری، با به کارگیری روشهای تصمیم گیری چند معیاره فازی است.

۴-۱- سوابق

اغلب تحقیقات صورت گرفته در مورد سازگاری بین کاربریها، در سطح برنامه ریزی طرحهای جامع انجام شده و همه کاربریهای شهری به صورت یکجا و کامل در نظر گرفته نشده است. در اغلب آنها، سازگاری به صورت کلی بررسی شده و گاه ارزیابی تنها با در نظر گرفتن یک جنبه (مثل آلودگی صوتی) صورت گرفته است. در مواردی که چند عامل در نظر گرفته شده باشد،

^۱. Multi – Criteria Analysis (MCA)

نسبت به دو مرحله طراحی و انتخاب (تعیین اولویت) دارای محدودیت هستند بنابراین، نیاز به تلفیق سامانه GIS با روش های تصمیم گیری چند معیاره لازم و ضروری است و موجب افزایش قابلیت های GIS برای حل مسایل مکانی، به عنوان یک سامانه پشتیبان تصمیم گیری مکانی می گردد.

۲-۱-۲- تلفیق روش های تصمیم گیری با GIS

نقش GIS در پیاده سازی مدل منطقی (مرحله به مرحله) تصمیم گیری در اختصاص کاربری زمین، انتخاب مکان و ... بهترین جستجو برای آلترناتیوهای مناسب است و همچنین به تصمیم گیرندگان کمک می کند که اولویت وزنها را به معیار تصمیم گیری اختصاص دهند، آلترناتیوهای مناسب را ارزیابی کنند و نتایج انتخاب را در نظر گرفته، مجسم کنند (jankowski, 1995:270).

چندین مشکل درخصوص پیاده سازی روشهای MCDM در GIS وجود دارد: اول آنکه ورود داده ها به داخل فرآیند ارزیابی چند معیاری مبتنی بر GIS، معمولاً با بی دقتی و ابهام همراه است درحالی که فرض موجود در مدلها این است که داده های ورودی دقیق و صحیح هستند؛ مشکل دوم مربوط به استانداردسازی معیارهای غیرمتجانس است سومین مشکل تنوع بسیار قواعد تصمیم گیری چند معیاری است که انتخاب بهترین روش از میان روشهای موجود برای یک کاربری خاص را مشکل ساخته است (عدیلی، ۱۳۸۷:۱۹).

این مقاله سعی دارد با توجه به مطالعات صورت گرفته در زمینه ارزیابی سازگاری کاربری اراضی شهری و اینکه در اکثر مطالعات مسأله سازگاری به صورت کلی بدون در نظر گرفتن کلیه معیارهای مؤثر در سازگاری بررسی شده و همچنین محدودیت GIS در پشتیبانی از تمام مراحل تصمیم گیری، براساس روش تحلیل اسنادی متکی بر روش های تصمیم گیری چند معیاره، به ارایه مدلی در ارزیابی سازگاری کاربری اراضی با در نظر گرفتن کلیه معیارهای مؤثر در آن پردازد.

۲- مفاهیم، دیدگاه ها و مبانی نظری

۱-۲ تعاریف و مفاهیم

۱-۱-۲ تصمیم گیری چند معیاری

واژه تصمیم گیری چند معیاری^۱ و تحلیل تصمیم چند معیاری^۲ به جای یکدیگر به کار می روند. مسائل مبتنی بر MCDM معمولاً در رابطه با مجموعه ای از گزینه ها به کار گرفته می شود که بر پایه معیارهای متعارض و ناسازگار ارزیابی شده باشند (مالچفسکی، ۱۳۸۵:۱۵۲).

MCDA, Roy (1996) را به عنوان حامی تصمیم گیری و ابزار محاسباتی تعریف می کند که به منظور راهنمایی تصمیم گیرنده به سوی یک انتخاب معقول، امکان مقایسه گزینه ها و یا سناریوها را مطابق با معیارهای مختلف و اغلب نامتناقض فراهم می کند (طالعی، ۱۳۸۵:۲۶).

چنان که قبلاً گفته شد، سامانه های اطلاعات جغرافیایی به عنوان سیستم پشتیبان تصمیم گیری تنها، پشتیبانی لازم را در مرحله شناخت فراهم می آورند و

¹. Multi – Criteria Decision Making (MCDM)

². Multi – Criteria Decision Analysis (MCDA)

متقابل و مشارکت افراد در تصمیم‌گیری را افزایش دهد (قدسی پور، ۱۳۸۷: ۱۰۴).

۲-۱-۴- فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

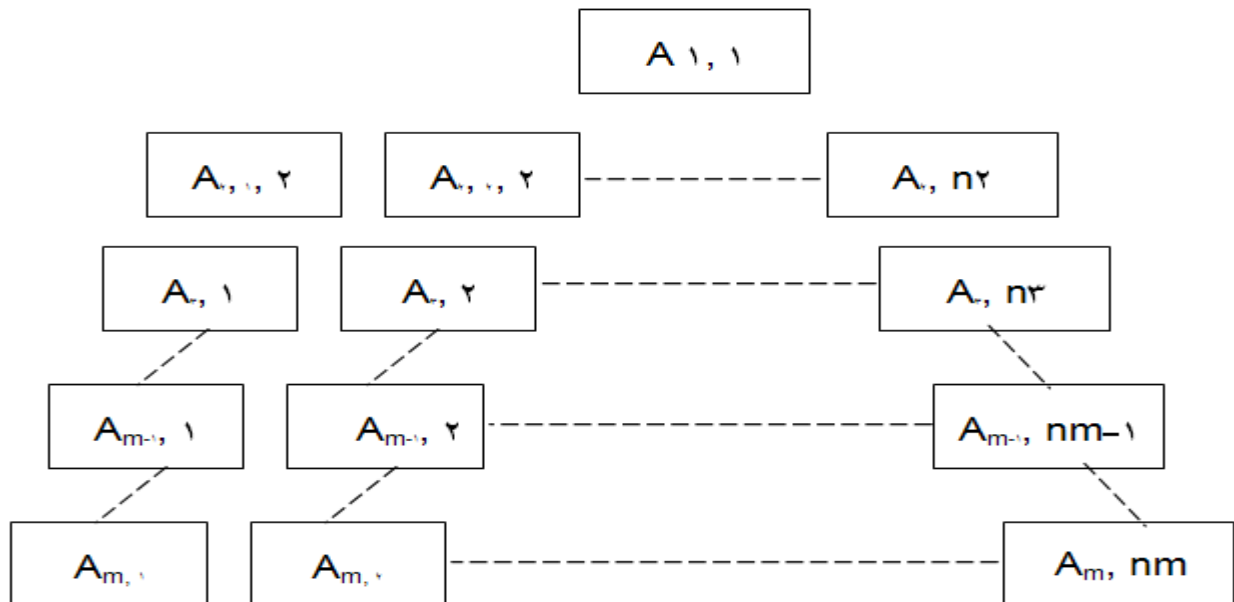
فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (Analytical hierarchy process (AHP) یکی از جامعترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است، زیرا این تکنیک امکان فرموله کردن مسأله را به شکل سلسله مراتبی فراهم می‌کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مسأله دارد. علاوه بر این بر مبنای مقایسه زوجی بنا نهاده شده است که قضاوت و محاسبات را تسهیل می‌نماید و میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد که از مزایای ممتاز این تکنیک در تصمیم‌گیری چند معیاره است (همان: ۵). این روش بر اساس تحلیل مغز انسان برای مسائل پیچیده توسط saaty در سال ۱۹۸۰ ارائه شده است.

۲-۱-۳- تصمیم‌گیری گروهی (Group decision making)

اغلب فعالیت‌های شهری ماهیت گروهی دارند و حل آنها نیازمند مشارکت افراد با دیدگاهها و سلاقی گوناگون است. هم‌اکنون فعالیتهای مرتبط با برنامه ریزی شهری معمولاً توسط طراحان با علایق و عقاید خاص به صورت انفرادی و بدون مشارکت گروهی طراحان و کارشناسان انجام می‌شود، در حالی که هر فعالیت برنامه ریزی شهری در برگیرنده اولویتها و منافع گوناگون است و تصمیم نهایی به اجماع گروهی از تصمیم‌سازان وابسته است (همان: ۲۰).

برای مدل‌سازی سازگاری کاربری اراضی، بهره‌گیری از نظر کارشناسان مختلف برنامه ریزی شهری جهت تشکیل ماتریس سازگاری کاربریها به ازای هر عامل پیشنهاد می‌گردد.

یکی از ابزارهای پشتیبان تصمیم‌گیری گروهی، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی است که می‌تواند تأثیر



شکل شماره ۱- یک مدل AHP برای حل مسأله با m سطح، مأخذ (Nasiri, 2007)

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به صورت زوجی انجام می‌گیرد در این مقایسه‌ها تصمیم‌گیرندگان از قضاوت‌های شفاهی استفاده خواهند کرد این قضاوت‌ها توسط ساعتی به مقادیر کمی بین ۱ تا ۹ تبدیل شده‌اند (قدسی پور، ۱۳۸۷:۱۳).

۲-۱-۵- محاسبه وزن در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، عناصر هر سطح نسبت به عنصر مربوط خود در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه شده، وزن آنها محاسبه می‌گردد که این وزن‌ها را وزن نسبی می‌گوییم. کلیه مقایسه‌ها، در

جدول شماره ۱- مقادیر ترجیحات برای مقایسه‌های زوجی

مقدار عددی	ترجیحات (قضاوت شفاهی)	
۹	(Entremely preferred)	کاملاً مرجح یا کاملاً مهمتر یا کاملاً مطلوبتر
۷	(Very strongly preferred)	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی
۵	(Strangly preferred)	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت قوی
۳	(Moderately preferred)	کمی مرجح یا کمی مهمتر یا کمی مطلوبتر
۱	(Equally prefered)	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان
۲، ۴، ۶، ۸		ترجیحات بین فواصل فوق

(ماخذ: قدسی پور: ۱۳۸۷)

جهت سازگاری بیشتر تجدید نظر کند (اصغرپور، ۱۳۸۷:۲۱۱).

۲-۲- دیدگاه‌ها و مبانی نظری

بررسی سازگاری کاربری‌های شهری، به آن دلیل است که در مناطق توسعه یافته شهری و درحال توسعه، ایجاد یک کاربری جدید طوری باشد که بیشترین تعامل و ارتباط مثبت را با واحدهای همسایه داشته باشد؛ یعنی بررسی سازگاری بین کاربریها، برای اطمینان از اینکه با توسعه شهر هرکاربری جدید، همسایه خوبی برای سایر همسایه‌ها خواهد بود، صورت می‌گیرد (of colifornia,2008,1 municipal council). برای این کار، ویژگی‌های هرکاربری شهری، روابط میان کاربریها با یکدیگر و تأثیراتی که کاربریها بر روی همدیگر دارند، به طور کامل بررسی و در نهایت، عوامل زیر به عنوان

یکی از مزایای فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، کنترل سازگاری تصمیم است. به عبارت دیگر، همواره در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی می‌توان میزان سازگاری تصمیم را محاسبه نمود و نسبت به خوب یا بد بودن یا قابل قبول و مردود بودن آن قضاوت کرد. در حالت کلی، می‌توان گفت که میزان قابل قبول ناسازگاری یک ماتریس یا سیستم، بستگی به تصمیم‌گیرنده دارد، اما ساعتی، عدد (۰/۱) را به عنوان حد قابل قبول ارایه می‌نماید (همان: ۶۷).

چنانچه $CR < 0.1$ باشد، ثبات ماتریس مفروض به توصیف آقای ساعتی پذیرفته می‌شود و چنانچه این نسبت بزرگتر از (۰/۱) باشد، باید از تصمیم‌گیرنده خواسته شود که در قضاوت‌های مقایسه‌ای خود در

1. Consistency Rctio (CR)

۳-ارایه مدل سازگاری کاربری اراضی شهری

۳-۱- تشکیل ماتریس سازگاری

ماتریس سازگاری به عنوان ابزاری مفید برای ارزیابی سازگاری کاربری اراضی شهری مختلف به کار می‌رود. برای ایجاد ماتریس سازگاری کاربری اراضی نیاز به استفاده از دانش کارشناسان مختلف برنامه‌ریزی محسوس است برای نیل به این هدف، به کارگیری روش های تصمیم‌گیری گروهی (Group Decision Method (GDM)) می‌تواند روش مناسبی باشد؛ بدین ترتیب که برای هر یک از پنج عامل یاد شده، یک ماتریس با نظر کارشناسان مختلف تشکیل می‌گردد.

عوامل مؤثر در سازگاری و ناسازگاری کاربریها استخراج

گردید:

۲-۲-۱- آلودگی صوتی؛

۲-۲-۲- آلودگی هوا؛

۲-۲-۳- امنیت عمومی؛

۲-۲-۴- راحتی و آسایش؛

۲-۲-۵- زیبایی شناسی.

سطوح سازگاری میان کاربری‌ها نیز به پنج سطح

تقسیم گردید: کاملاً سازگار، نسبتاً سازگار، بی تفاوت،

نسبتاً ناسازگار و کاملاً ناسازگار.

جدول شماره ۲- ماتریس مقایسه سطوح سازگاری

Compatibility degree	HI	MI	N	MC	HC
HI	۱	۳	۴	۷	۹
MI	۰/۳۳۳	۱	۳	۴	۵
N	۰/۲۵	۰/۳۳	۱	۳	۴
MC	۰/۱۴۲	۰/۲۵	۰/۳۳	۱	۲
HC	۰/۱۱۱	۰/۲	۰/۲۵	۰/۵	۱
جمع ستون	۱/۸۳۶	۴/۷۸۳	۸/۵۸۳	۱۵/۲	۲۱

(ماخذ: مطالعات نگارنده)

محاسبه میانگین هندسی استفاده می‌کنیم. میانگین هندسی عناصر هر سطر محاسبه شده و سپس بردار حاصل نرمالیزه می‌شود، تا بردار وزن به دست آید.

مرحله اول: ابتدا میانگین هندسی هر سطر ماتریس مورد نظر را به دست می‌آوریم.

این ماتریس باید با بهره‌گیری از نظر کارشناسان مختلف برنامه‌ریزی شهری تشکیل و سپس در مدل اعمال گردد.

۳-۲- محاسبه وزن نسبی ماتریس سازگاری به روش

AHP

برای محاسبه وزن نسبی ماتریس مقایسه زوجی

روشهای مختلفی وجود دارد. در این پژوهش، از روش

$$\begin{array}{l}
 \text{HI} \\
 \text{MI} \\
 \text{N} \\
 \text{MC} \\
 \text{HC}
 \end{array}
 \begin{bmatrix}
 (1 \times 3 \times 4 \times 7 \times 9)^{\frac{1}{5}} \\
 (0.33 \times 1 \times 3 \times 4 \times 5)^{\frac{1}{5}} \\
 (0.25 \times 0.33 \times 1 \times 3 \times 4)^{\frac{1}{5}} \\
 (0.142 \times 0.25 \times 0.33 \times 1 \times 2)^{\frac{1}{5}} \\
 (0.11 \times 0.2 \times 0.25 \times 0.5 \times 1)^{\frac{1}{5}}
 \end{bmatrix}
 =
 \begin{bmatrix}
 3/764 \\
 1/812 \\
 1 \\
 0.473 \\
 0.308
 \end{bmatrix}$$

مرحله دوم: ماتریس ستونی حاصل را نرمالیزه می‌کنیم تا وزن هر یک از سطوح سازگاری به دست آید

جدول شماره ۴- وزن محاسبه شده هر سطح از سازگاری

وزن نسبی	سطح سازگاری
۰/۵۱۱	HI (کاملاً ناسازگار)
۰/۲۴۷	MI (نسبتاً ناسازگار)
۰/۱۳۶	N (بی تفاوت)
۰/۰۶۴	MC (نسبتاً سازگار)
۰/۰۴۲	HC (کاملاً سازگار)

(ماخذ: مطالعات نگارنده)

مرحله سوم: محاسبه نرخ ناسازگاری ماتریس که بستگی به تصمیم گیرنده دارد، به شکل زیر محاسبه می‌گردد:

- بردار وزن (W) به دست آمده در مرحله قبل را مشخص می‌کنیم.

$$W = \begin{bmatrix}
 0.511 \\
 0.247 \\
 0.136 \\
 0.064 \\
 0.042
 \end{bmatrix}$$

- ماتریس مقایسه زوجی را در بردار وزن (W) ضرب می‌کنیم.

$$A.W = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 4 & 7 & 9 \\ 0.33 & 1 & 3 & 4 & 5 \\ 0.25 & 0.33 & 1 & 3 & 4 \\ 0.142 & 0.25 & 0.33 & 1 & 2 \\ 0.11 & 0.20 & 0.25 & 0.5 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.511 \\ 0.247 \\ 0.135 \\ 0.064 \\ 0.042 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.62 \\ 1.29 \\ 0.62 \\ 0.327 \\ 0.213 \end{bmatrix}$$

- از تقسیم مقادیر به دست آمده در مرحله قبل بر مقدار وزن های متناظر با آن در بردار وزن مقدار ویژه (λ_{max}) هر سطر را به دست می آوریم:

$$\lambda_{max1} = \frac{2.62}{0.511} = 5.12$$

$$\lambda_{max4} = \frac{0.327}{0.064} = 5.109$$

$$\lambda_{max2} = \frac{1.29}{0.247} = 5.206$$

$$\lambda_{max5} = \frac{0.213}{0.042} = 5.07$$

$$\lambda_{max3} = \frac{0.62}{0.135} = 4.6$$

۴- محاسبه میانگین λ_{max} ها

$$\lambda_{max} = \frac{\lambda_{max1} + \dots + \lambda_{max5}}{5} = 5.02$$

۵- محاسبه شاخص ناسازگاری^۱ (I. I)

$$I. I = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = 0.001$$

۶- محاسبه ضریب ناسازگاری^۲ (I. R)

$$I. R = \frac{I. I}{I. I. R_{5 \times 5}}$$

I.I: شاخص ناسازگاری

IIR: شاخص ناسازگاری ماتریس تصادفی که از جدول به دست می آید.

$$I. R = \frac{0.001}{1.12} = 0.0008$$

1. Inconsistency Index

2. Inconsistency Ratio

پیشنهاد می‌گردد. این تئوری 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. قابلیت مجموعه‌های فازی در تبیین تغییرات تدریجی از عضویت تا عدم عضویت، فواید قابل توجهی دارد که علاوه بر نمایش پدیده‌های جغرافیایی، دارای محدوده‌های غیر صریح، در عملیات و تحلیل‌های مبتنی بر GIS نیز می‌تواند استفاده شود (مالچفسکی، ۱۳۸۵: ۶۵).

ابهام و عدم قطعیت ذاتی حاکم بر محیط‌های برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری، نیازمند روش‌هایی است که امکان بررسی و صورت‌بندی ریاضی مفاهیم نادقیق را فراهم نمایند. تئوری مجموعه‌های فازی و منطق فازی^۳ ابزارهای بسیار کارآمد و مفیدی برای این منظور به شمار می‌روند (امینی، ۱۳۸۵: ۲۱۴).

مفهوم مقدار دهنده‌های زبانی، اولین بار توسط پرفسور زاده در سال ۱۹۸۳ ارایه شده‌اند. این نوع مقدار دهنده‌ها، می‌توانند برای معرفی و بیان عبارات لفظی به کار روند و یک زیرمجموعه فازی از $[0, 1]$ را با عبارات نسبی، همچون کمی، خیلی، بیشتر و غیره، شامل می‌شوند.

بخشی از توانایی‌های مجموعه‌های فازی زمانی مشخص‌تر می‌شود که به مجموعه‌های غیر فازی به شیوه‌ای دقیق توجه کنیم. این منحنی‌ها، توابع پله‌ای یا خطوط منقطع هستند که A و نقیض A را مشخص می‌کنند (آذر، ۱۳۸۷: ۱۲).

برای مثال، در دیدگاه غیر فازی، سازگاری کاربریها دو ارزشی است: کاربریها یا سازگار هستند یا ناسازگار و هیچ سطح دیگری از سازگاری وجود نخواهد داشت.

مقدار ضریب ناسازگاری کمتر از $0/1$ به دست آمد. بنابراین، سازگاری آن قابل قبول است. در غیر این صورت می‌بایست در قضاوت‌ها تجدید نظر می‌گردید.

۳-۳- ضعف‌های روش AHP مرسوم

به رغم استفاده گسترده از AHP، این روش خالی از اشکال نیست. برخی از محققان، معتقدند که نوع سؤالهای مطرح شده در طول فرآیند مربوط به مقایسه دو به دو بی‌معناست ابهامات در رابطه با اهمیت نسبی ممکن است بدین معنا باشد که تغییر سؤالها از سوی تصمیم‌گیرندگان به طرق متفاوت و احتمالاً نادرست صورت گرفته است (Malczewski, 1999:45).

همچنین AHP عدم قطعیت و ریسک را در بررسی کارآیی گزینه‌های تصمیم‌گیری در نظر نمی‌گیرد، چرا که در این روش فرض بر این است که اهمیت نسبی معیارهای مؤثر در کارآیی گزینه‌ها قطعی است؛ در صورتی که هنگام فرآیند تصمیم‌سازی عقیده، اولویت و انتخاب تصمیم‌سازان subjective بوده، به روابط غیرقطعی و غیردقیق بین معیارها و گزینه‌ها منجر می‌شود و در نهایت، بر نتایج ارزیابی بسیار تأثیرگذارند (عدیلی، ۱۳۸۷: ۴۰).

۳-۴- تئوری فازی^۱

در جریان تصمیم‌گیری گروهی و استفاده از مدل AHP، اغلب اوقات کارشناسان نمی‌توانند نظر کارشناسی خود را به صورت پارامترهای عددی دقیق بیان کنند و از واژه‌های زبانی و یا عبارتهای غیردقیق استفاده می‌کنند. در چنین شرایطی که ابهام و عدم شفافیت بر تصمیم‌گیریها حاکم است، استفاده از مجموعه‌های فازی^۲

¹ Fuzzy theory

² Fuzzy sets

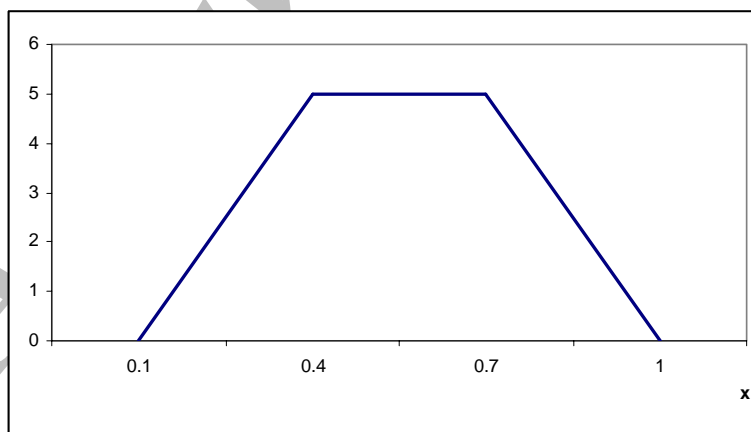
³ Fuzzy logic

اصل، امکان بسط هر عملیات جبری که برای مجموعه های قطعی تعریف شده است، در مجموعه های فازی نیز فراهم می شود. با وجود این، استفاده از عملیات مبتنی بر اصل گسترش بر روی اعداد فازی، امری طاقت فرسا و وقت گیر است از همین رو، در راستای ساده کردن مدل سازی فازی، اعداد فازی خاصی پیشنهاد شده اند. مفهوم عدد فازی، مبنایی برای تعریف و تعیین متغیرهای فازی یا زبانی به دست می دهد، آن دسته از اعداد که با توجه به کارایی محاسباتی و سهولت اکتساب داده، اغلب استفاده می شوند گیرند شامل انواع ذوزنقه ای، مثلثی و غیره هستند. در شکل یک نمونه عدد فازی ذوزنقه ای (Trapezoidal fuzzy number) نشان داده شده است (محمدحسینیان ۱۳۸۷: ۶). [برای اطلاعات بیشتر رک: (Eastman , 1995), (Chen & Hwang, 1992) [(Bonissone ,1982)]

یک مجموعه فازی، مجموعه ای از اعضا هستند که با یک درجه، به مجموعه تعلق دارند. این درجه، درجه عضویت (Degree of Member ship) نام دارد. بر این اساس، یک مجموعه فازی به صورت زیر تعریف می شود:

$$\tilde{A} = \{ (x, \mu_{\tilde{A}}(x)) \}$$

می توان گفت که x با درجه عضویت $\mu_{\tilde{A}}(x) \in [0,1]$ به مجموعه \tilde{A} تعلق دارد. هر مجموعه فازی، خانواده ای از مجموعه های قطعی یا عادی (حلقه حلقه) است. در نتیجه، می توان عملیات حسابی و جبری را بر روی اعداد فازی انجام داد؛ به گونه ای که امکان کاربر روی این اعداد در روشی مشابه با اعداد قطعی میسر باشد. به طور اخص، می توان گفت که عملیات بر پایه اصل گسترش قرار دارند مطابق این



شکل شماره ۲- عدد فازی ذوزنقه ای

$$M = (a, b, c, d)$$

و نمایانگر ذوزنقه ای است که در شکل نشان داده شده است.

عدد فازی ذوزنقه ای مورد نظر عبارت است از:

$$M = (0/1, 0/4, 0/7, 1)$$

در جدول ذیل صورت تعدیل شده ای از یک مقیاس تبدیل که توسط چن و هوانگ ارایه شده است، می آید.

تعدادی از دستگانه‌های تقریب عددی مطرح شده است که به واسطه آنها می توان واژه های زبانی را در یک الگوی منظم به اعداد فازی متناظر تبدیل کرد (Bonissone, 1982:336).

جدول شماره ۵- تبدیل مقدار دهنده های زبانی به اعداد فازی

تعداد مقدار دهنده زبانی				مقدار دهنده های زبانی
۷	۵	۳	۲	
(۰/۱ و ۰ و ۰)	(۰/۲ و ۰/۱ و ۰)			خیلی کم
(۰/۳ و ۰/۲ و ۰/۱)	(۰/۴ و ۰/۳ و ۰/۲ و ۰/۱)	(۰/۴ و ۰/۲ و ۰)		کم
(۰/۵ و ۰/۴ و ۰/۳ و ۰/۲)				کم - متوسط
(۰/۶ و ۰/۵ و ۰/۴ و ۰/۳)	(۰/۷ و ۰/۶ و ۰/۵ و ۰/۴)	(۰/۷ و ۰/۵ و ۰/۳ و ۰/۲)	(۰/۸ و ۰/۷ و ۰/۵ و ۰/۴)	متوسط
(۰/۸ و ۰/۷ و ۰/۶ و ۰/۵)				متوسط - زیاد
(۰/۹ و ۰/۸ و ۰/۷ و ۰/۶)	(۰/۹ و ۰/۸ و ۰/۷ و ۰/۶)	(۱ و ۰/۸ و ۰/۶)	(۱ و ۰/۸ و ۰/۵)	زیاد
(۱ و ۰/۹ و ۰/۸)	(۱ و ۰/۹ و ۰/۸)			خیلی زیاد

مأخذ: (Hwang & Chen, 1992)

کاملاً سازگار تا کاملاً ناسازگار تقسیم می شود. این پنج سطح، در واقع مقدار دهنده های زبانی محسوب می شوند. بنابراین، با توجه به تعداد واژه های زبانی، از اعداد فازی مرتبط با آن برای فازی نمودن سطوح سازگاری استفاده می شود.

۳-۵- استفاده از اعداد فازی و مقدار دهنده های زبانی (Linguistic Quantifier) برای فازی نمودن سطوح سازگاری

همان طور که در جدول ۵ دیده می شود، تخصیص اعداد فازی براساس تعداد مقدار دهنده های زبانی صورت می گیرد. سازگاری کاربریها به پنج سطح از

جدول شماره ۶- تبدیل سطوح سازگاری به اعداد فازی

سطح سازگاری	عدد فازی
کاملاً سازگار	(۰/۲ و ۰/۱ و ۰ و ۰)
نسبتاً سازگار	(۰/۴ و ۰/۳ و ۰/۲ و ۰/۱)
بی تفاوت	(۰/۷ و ۰/۶ و ۰/۵ و ۰/۴)
نسبتاً ناسازگار	(۰/۹ و ۰/۸ و ۰/۷ و ۰/۶)
کاملاً ناسازگار	(۱ و ۰/۹ و ۰/۸)

کاربری به یک عدد فازی تبدیل خواهد شد. فرض کنید سطوح سازگاری بین دو کاربری از لحاظ عامل آلودگی

بنابراین، با توجه به سطوح سازگاری به دست آمده در ماتریس سازگاری برای هر عامل، رابطه بین هر دو

که این روش فرضیات آسانتری نسبت به روشهای دیگر داشته، حجم محاسبات آن نیز کمتر است (Bonissone, 1982:324). [برای کسب اطلاعات بیشتر رک: (Zimmermann, 1990), (Kwakernaak, 1979), (Cheng, 1980), (Baas S.M. and Kwakernaak, 1997)]
Bonissone هر عدد فازی ذوزنقه ای $\tilde{\mu}$ را با چهار پارامتر به صورت زیر نمایش داد.

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

برای تبدیل این نمایش به نمایش موردنیاز روش Bonissone می توان براساس فرمول زیر عمل کرد:
$$\tilde{\mu} = (b, c, b - a, d - c)$$

با استفاده از فرمول، اعداد فازی مربوط به جدول ۶ بدین شکل در می آید:

صوتی در سطح نسبتاً سازگار قرار دارد. در این صورت، با توجه به جدول ۶ عدد فازی (۰/۱، ۰/۲۵، ۰/۲۵، ۰/۴) به آن اختصاص می یابد، این عمل برای تک تک عوامل در رابطه با دو کاربری مورد نظر صورت می گیرد؛ یعنی در مجموع ۵ عدد فازی به دست می آید.
در این مرحله باید ۵ عدد فازی به دست آمده تلفیق گردد تا یک مقدار کلی به عنوان شاخص برای هر کاربری در رابطه با کاربری همسایه اش به دست آید.

۳-۶- انتخاب روش تلفیق اعداد فازی

روش های مختلفی جهت تلفیق اعداد فازی وجود دارد، ولی در اینجا به دلیل اینکه همه اعداد فازی مورد استفاده در مدل سازگاری کاربریها، اعداد ذوزنقه ای هستند و جلوگیری از محاسبات طولانی و پیچیده روش Bonissone به عنوان روش مطلوب انتخاب گردید، چرا

جدول شماره ۷ تبدیل اعداد فازی سطوح سازگاری به نمایش مورد نظر

سطح سازگاری	اعداد فازی
HC	(۰/۱ و ۰/۱ و ۰/۱ و ۰)
MC	(۰/۱۵ و ۰/۱۵ و ۰/۲۵ و ۰/۲۵)
N	(۰/۲ و ۰/۲ و ۰/۵ و ۰/۵)
MI	(۰/۱۵ و ۰/۱۵ و ۰/۷۵ و ۰/۷۵)
HI	(۰ و ۰/۱ و ۱ و ۰/۹)

$x_i =$ عدد فازی مربوط به سطح سازگاری هر کاربری با همسایه اش
 $w_j =$ وزن سطوح متناظر با عدد فازی
برای مثال، اگر کاربری شکل ۲ با کاربریهای همجوار خود از لحاظ آلودگی هوا، دارای سطوح سازگاری زیر باشد، برطبق جدول ۷ برای هر رابطه یک عدد فازی تعلق می گیرد.

برای انجام تلفیق وزن هر سطح سازگاری به دست آمده از روش AHP (جدول ۴) در عدد فازی مربوط به هر سطح براساس فرمول زیر ضرب می گردد:

$$F_i = \sum_{j=1}^n w_j x_i$$

MC		MC	HC
MI		کاربری مورد نظر	HC
HI		HI	

شکل شماره ۲- میزان سازگاری کاربری مورد نظر با همسایگانش

در این مدل، وزن عوامل مؤثر در سازگاری یکسان فرض شده است. البته، ناگفته نماند که وزن این عوامل وابسته به منطقه مورد مطالعه است و تعیین این عوامل باید با توجه به محدوده مورد مطالعه و بهره‌گیری از کارشناسان برنامه ریزی شهری صورت گیرد. در نهایت، برای هر کاربری ۶ عدد فازی به دست می‌آید که ۵ عدد فازی مربوط به هر یک از معیارهای مؤثر در سازگاری و یک عدد فازی حاصل تلفیق ۵ عدد فازی مربوطه، است.

۳-۷- انتخاب روش رتبه بندی^۱ مجموعه های فازی

بعد از به دست آوردن مجموعه های فازی، نیاز است این مجموعه های فازی مربوط به گزینه ها رتبه بندی شوند روش های زیادی برای رتبه بندی مجموعه های فازی پیشنهاد شده است، شامل: روشهای مبتنی بر توزیع^۲، فاصله همینگ^۳، رتبه بندی براساس مقاطع - α . [برای اطلاعات بیشتر رک: (Nakamura., 1986)، (اصغریپور، ۱۳۸۵)، (Yager R.R., 993)، (1980)، (Adamo J.M)] با مطالعه این روش ها، نهایتاً روش میانگین گسترش از روش های مبتنی بر توزیع انتخاب گردید. در این روش، از میانگین و واریانس یک عدد

طبق فرمول خواهیم داشت

$$F_i = 0.64 * (0.15 \text{ و } 0.5 \text{ و } 0.25 \text{ و } 0.25) + 0.42 * (0.1 \text{ و } 0.1 \text{ و } 0) + 0.511 * (0.1 \text{ و } 1 \text{ و } 0.9) + 0.15 \text{ و } 0.75 \text{ و } 0.15 + 0.64 * (0.15 \text{ و } 0.15 \text{ و } 0.25 \text{ و } 0.25) = (0.64 \text{ و } 0.15 \text{ و } 0.247 \text{ و } 0.137) + 0.511 * (0.1 \text{ و } 1 \text{ و } 0.9)$$

این عدد فازی به دست آمده مربوط به میزان سازگاری کاربری مورد نظر در رابطه با عامل آلودگی هوا است در ادامه، باید برای چهارعامل دیگر مؤثر در ارزیابی نیز اعداد فازی مربوطه به دست آید. مرحله بعد مربوط به تلفیق اعداد فازی به دست آمده برای هر کاربری است؛ یعنی ۵ عدد فازی مربوط به پنج عامل مؤثر در سطح سازگاری باید با هم تلفیق شوند، تا یک عدد فازی برای هر کاربری به دست آید. این تلفیق به وسیله فرمول زیر صورت می‌گیرد.

$$F_{lin} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n W_i F_i$$

F_i = عدد فازی به دست آمده برای هر عامل

w_i = وزن هر عامل

1. Ordering

2. Distribution – based Approaches

3. Hamming Distance

فازی به عنوان شاخصی برای رتبه بندی استفاده می شود. اگر M میانگین و V واریانس باشد، مقایسه دو عدد فازی \tilde{U}_i و \tilde{U}_j به صورت زیر خواهد بود:

$$\begin{cases} M_i > M_j \Rightarrow \tilde{U}_i > \tilde{U}_j \\ M_i = M_j, V_i < V_j \Rightarrow \tilde{U}_i > \tilde{U}_j \\ M_i = M_j, V_i = V_j \Rightarrow \tilde{U}_i = \tilde{U}_j \\ \Rightarrow \tilde{U}_i < \tilde{U}_j \quad \text{در غیر این صورت} \end{cases}$$

$U_i > U_j$ ، نشان دهنده آن است که کاربری مربوط به عدد U_i ، دارای سطح ناسازگاری بالاتری از کاربری مربوط به U_j است و بالعکس.

برای اعداد دوزنقه ای میانگین و واریانس بدین صورت محاسبه می گردد:

$$M_i = \frac{a_i + b_i + c_i + d_i}{4} \quad \text{و} \quad V = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (U_i - M_i)^2$$

کنار تنوع کاربریهای درون شهری، برای مدل کردن سازگاری، روشهای تصمیم‌گیری چند معیاره و بهره‌گیری از نظر کارشناسان مختلف برنامه ریزی شهری را امری اجتناب ناپذیر می سازد. بدیهی است بهره‌گیری از مدل‌ها و روشهای تصمیم‌گیری چند معیاره و تلفیق آنها با GIS، در ارزیابی سازگاری کاربری‌ها به دقت بیشتر می انجامد.

استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در برنامه ریزی کاربریهای شهری، امکان مکان‌یابی مناسب را برای عملکردهای شهری فراهم می آورد، اما توجه بیش از حد به داده‌های جغرافیایی در قالب نقشه‌های شهری در GIS موجب به کار نگرفتن قدرت فوق العاده سیستم‌های تجزیه و تحلیل، نظیر GIS خواهد شد. تصمیم‌گیری‌های صرفاً مبتنی بر نتایج سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی موجود، نه تنها مفید نخواهد بود بلکه به لحاظ فقدان اطلاعات جامع و همه‌جانبه از محیط پیرامون در

به این ترتیب، هم می‌توان کاربریهای ناسازگار را با توجه به هر یک از عوامل استخراج کرد و هم کاربریهای ناسازگار را با توجه به ترتیب همه‌عوامل مشخص نمود.

۴- جمع بندی و نتیجه گیری

میزان توفیق طرح‌های توسعه شهری در ایران، همچون طرح‌های جامع و تفصیلی زیر ۴۰ درصد است که درحقیقت از دلایل اصلی این عدم موفقیت، توزیع نامناسب کاربریها و بی‌توجهی به مؤلفه‌های مکانی - فضایی تصمیم‌گیری، همچون سازگاری کاربری اراضی شهری است. بنابراین، در برنامه ریزی شهری تحلیل چگونگی قرارگیری کاربریهای مختلف در کنار هم اهمیت اساسی دارد؛ حتی بعد از تعیین نحوه چیدمان کاربریها و ایجاد فضای شهری برنامه ریزان شهری نیاز دارند به منظور اطمینان خاطر از استقرار منطقی کاربریها و رعایت تناسبات لازم، همه کاربریها را ارزیابی کنند. تعداد عوامل مؤثر بر ارزیابی سازگاری کاربری اراضی در

- لایه ای که در آن کاربریهای ناسازگار، با توجه به ترکیب تمام عوامل مشخص شده است.

۵- پیشنهادها

مدل پیشنهاد شده در این مقاله، برخلاف سایر پژوهش‌های قبلی که یا به بررسی سازگاری کاربری‌ها به صورت کلی و بدون در نظر گرفتن عوامل مؤثر در آنها می‌پرداخت و یا کلیه عوامل مؤثر بر کاربری خاصی را بررسی می‌کرد تمام عوامل مؤثر بر سازگاری کلیه کاربری‌های شهری در مقیاس همسایگی را بررسی می‌کند با وجود این، به دلیل پیچیدگی و تعدد قطعات کاربری‌ها، جا برای تحقیق و توسعه مدل پیشنهادی وجود دارد. در ادامه برخی از پیشنهادها برای تحقیقات آینده می‌آید:

۱-۵- در مدل ارائه شده، تنها به بررسی سازگاری کاربری‌ها در سطح افقی پرداخته شده است، در صورتی که این مدل قادر به بررسی سازگاری کاربری‌ها در سطح عمودی و در پلاک‌های ساختمانی که چندین نوع کاربری در آن وجود دارد، نیست بنابراین، بهتر است در ارزیابی سازگاری‌ها جهت عمودی را نیز در نظر گرفت.

۲-۵- همچنین مدل قادر است به بررسی سازگاری کاربری‌ها، تنها در شعاع یک واحد همسایگی پردازد، یعنی مقیاس مورد مطالعه همسایگی است و این مدل قادر نیست به بررسی سازگاری‌ها در مقیاس وسیعتر پردازد.

۳-۵- ارزیابی سازگاری کاربری‌ها، مسأله پیچیده‌ای است و نیاز به بهره‌گیری از نظرات کارشناسان مختلف دارد. در این مدل، از نظر کارشناسان برنامه ریزی شهری بهره گرفته شده است. بهره‌گیری از نظر کارشناسان شهرسازی، برنامه ریزی شهری، معماری، محیط زیست،

این سیستم‌ها و عدم قطعیت^۱ و پیچیدگی^۲ دنیای واقعی، زیان بار نیز خواهد بود. در این میان، استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی براساس منطق فازی از انعطاف پذیری بیشتری برخوردار است این روش، نه تنها ما را قادر می‌سازد تا نمایش گویا و توانمندی را از یکی از مؤلفه‌های اساسی در فرآیند تصمیم‌گیری فضایی (یعنی اندازه‌گیری عدم قطعیت‌ها در داده‌های جغرافیایی و قواعد تصمیم‌گیری) ارائه دهیم، بلکه امکان بازنمایی معنادار مفاهیم دارای محدوده‌های غیرصریح را نیز فراهم می‌کند.

مدل ارائه شده به بررسی اثرات متقابل هرکاربری با کاربریهای همجوار (مقیاس همسایگی) با در نظر گرفتن عوامل آلودگی صوتی، آلودگی هوا، امنیت، رفاه و آسایش و عامل زیبایی شناسی در سطح افقی می‌پردازد. پیاده سازی مدل پیشنهادی در محیط GIS می‌تواند نتایج را ملموس تر و دقیق تر نشان دهد. با پیاده سازی مدل در محیط نرم افزار GIS شش لایه بدین شرح به دست می‌آید:

- لایه ای که در آن کاربریهای ناسازگار، از لحاظ عامل «آلودگی صوتی» مشخص شده است؛

- لایه ای که در آن کاربریهای ناسازگار، از لحاظ عامل «آلودگی هوا» مشخص شده است؛

- لایه ای که در آن کاربریهای ناسازگار، از لحاظ «امنیت» مشخص شده است؛

- لایه ای که در آن کاربریهای ناسازگار، از لحاظ عامل «راحتی و آسایش» مشخص شده است؛

- لایه ای که در آن کاربریهای ناسازگار، از لحاظ عامل «زیبائی شناسی» مشخص شده است؛

¹. Uncertainty

². Complexity

مهندسی نقشه برداری، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی.

۹- قدسی پور، حسن، (۱۳۸۷)، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، چاپ ششم، تهران.

۱۰- مالچفسکی، یاجک، (۱۳۸۵)، سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چند معیاری، پرهیزگار، اکبر، انتشارات سمت، چاپ اول، تهران.

۱۱- محمد حسینیان، شهرام، (۱۳۸۷)، توسعه یک مدل تصمیم‌گیری مبتنی بر GIS برای ارزیابی سازگاری کاربری های شهری، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی نقشه برداری، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی.

۱۲- مشکینی، ابوالفضل و احد نژاد، محسن و تفکری، اکرم، (۱۳۸۶)، تحلیل سازگاری کاربری اراضی شهری با استفاده از مدل AHP (نمونه موردی منطقه یک شهر زنجان)، اولین همایش GIS شهری، آمل، ایران.

13- Bonissone, P.P, (1982), fuzzy sets based linguistic approach: theory and applications. In: M.M. Cupta and E. sanches, Approximate reasoning in decision analysis Amsterdam; North - Holl.

14- Eastmon, A, W. Jin, P.A.k. kyem, and J. toledano, (1995), Rasler procedures for criteria / multi - objective decisions, photogrametric Engineering and remote sensing, 61(5).

15- Municipal, council of colifornia, (2008), city of palos verdes Estates Neigh borhood compatibility Application.

16- Chen, S - J, and C - L. Hwang, 1992, fuzzy multiple Atribute decision making, Berlin: springer - Verlag.

17- Hey wood, I, J Oliver, and S. Tomlinson, (1995), Building an exploratory multi - cruiteria modelling environment for spatial decision support. In. P.fisher(Ed), Innovations in GIS 2.London:Taylor & Francis.

جامعه شناسی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، نقشه برداری و ... و تلفیق آنها می تواند به نتایج بهتری بینجامد.

منابع

۱- آذر، عادل و فرجی، حسین، (۱۳۸۷)، علم مدیریت فازی، انتشارات کتاب مهربان نشر، چاپ دوم، تهران.

۲- اصغرپور، محمدحسین، تصمیم‌گیری های چندمعیاره، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ ششم، تهران.

۳- امینی فسخودی، عباس، (۱۳۸۵)، ارزیابی واحدهای تصمیم‌گیری با استفاده از مدل برنامه ریزی اولویت بندی فازی گروهی، مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان، جلد بیستم، شماره ۱، اصفهان.

۴- بحرینی، حسینی، (۱۳۷۷)، فرآیند طراحی شهری، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول، تهران.

۵- پورمحمدی، محمدرضا، (۱۳۸۷)، برنامه ریزی کاربری اراضی شهری، انتشارات سمت، چاپ چهارم، تهران.

۶- حبیبی، کیومرث و نظری عدلی، سعید، (۱۳۸۶)، پیاده سازی ماتریس های همجواری در سیستم اطلاعات مکانی به منظور تعیین و یا تغییر کاربری های شهری، همایش ژئوماتیک ۱۳۸۶، سازمان نقشه برداری کشور.

۷- طالعی، محمد، (۱۳۸۵)، سامانه حامی برنامه ریزی مبتنی بر GIS جهت ارزیابی پیامدهای خارجی ناشی از کاربری های تفصیلی شهری، پایان نامه دکترا، مسگری، محمد سعدی، دانشکده مهندسی نقشه برداری، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی.

۸- عدیلی، اسماعیل، (۱۳۸۷)، تصمیم سازی مکانی گروهی در ارزیابی تناسب اراضی شهری با GIS، پایان نامه کارشناسی ارشد، علی محمدی، عباس، دانشکده

18- Jankowski, P, (1995), Integrating geographical information systems and multiple criteria decision-making methods, International journal of Geographical information science, 9 (3).

19- Malczewski, J, (1999), spatial multi criteria decision analysis In: J. - ctill(Ed), Multicriteria decision – making and analysis: a geographic in formation sciences approach. Brook field, VT: Ashgate publishing.

20- Nasiri, fuzhan, (2007), Development of fuzzy multiple – Attribute decision aid methodology for Energy – Environmental policy Analysis and Assessmetn, PHD thesis, university of Regina.

21- 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, 9 (4).

Archive of SID