

اولویت‌بندی و تعیین کاربری‌های مستعد تغییر در پلاک‌های شهری با استفاده از تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی

جمشید مالکی^۱، فرشاد حکیم‌پور^{۲*}، زهره معصومی^۳

^۱ دانشجوی دکتری سیستم‌های اطلاعات مکانی - دانشکده مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی - پردیس دانشکده‌های فنی - دانشگاه تهران
j.maleki@ut.ac.ir

^۲ استادیار دانشکده مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی - پردیس دانشکده‌های فنی - دانشگاه تهران
fhakimpour@ut.ac.ir

^۳ استادیار دانشکده علوم زمین - دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه‌ی زنجان
z.masoumi@iasbs.ac.ir

(تاریخ دریافت بهمن ۱۳۹۵، تاریخ تصویب مرداد ۱۳۹۶)

چکیده

بررسی تناسب کاربری‌های موجود و اولویت‌بندی کاربری‌ها برای پلاک‌های شهری با توجه به مشخصات کالبدی آن‌ها در ارتباط با سایر کاربری‌های مجاور، منجر به مدیریت بهینه در محیط شهری خواهد شد. از این‌رو، هدف اصلی این تحقیق، ارائه مدلی برای ارزیابی و اولویت‌بندی کاربری اراضی شهری بر اساس معیارهای تعریف‌شده است. در این مدل با توجه به تقریبی بودن نظر کارشناسان در تعیین مقادیر معیارهای ارزیابی شهری، برای برآورد کلی مقادیر این معیارها از محاسبات فازی استفاده گردیده است. اولویت‌بندی کاربری‌ها برای هر یک از پلاک‌های شهری نیز با توجه به فازی بودن مقادیر معیارها، با استفاده از روش TOPSIS-فازی صورت گرفته است تا اولویت‌های تخصیص کاربری برای هر یک از پلاک‌ها تعیین گردد. در نهایت بر اساس اولویت‌بندی‌های انجام‌گرفته کاربری‌های مستعد تغییر می‌توانند شناسایی گردند. توسط مدل پیشنهادی، اولویت کاربری‌های موجود در شهر با توجه به خصوصیات فیزیکی و کالبدی زمین برای هر کاربری مشخص شده و تصمیم‌گیرنده در مراحل تصمیم‌گیری برای تغییر کاربری‌ها می‌تواند اولویت کاربری مناسب را برای قطعات مختلف ملاحظه نماید. این مدل با استفاده از داده‌های مکانی ناحیه یک منطقه ۷ تهران مورد پیاده‌سازی و ارزیابی قرار گرفت. رتبه‌بندی کاربری‌های شهری برای پلاک‌های موجود در منطقه‌ی مورد مطالعه نشان داد که ۷۷٫۲ درصد کاربری‌های موجود دارای اولویت اول برای پلاک‌های خود هستند. در نتیجه ۲۲٫۸ درصد پلاک‌های شهری در منطقه مورد مطالعه، کاربری با اولویت اول را به خود اختصاص نداده‌اند و کاربری این پلاک‌ها، می‌توانند مستعد تغییر باشند. نتایج به‌دست‌آمده علاوه بر پلاک‌های شهری با کاربری مستعد تغییر، اولویت‌های تخصیص کاربری برای هر یک از این پلاک‌ها را نیز مشخص نموده است.

واژگان کلیدی: اولویت‌بندی کاربری‌های شهری، برنامه‌ریزی کاربری‌های شهری، تصمیم‌گیری چندمعیاره، محاسبات فازی، Fuzzy TOPSIS، ناحیه یک منطقه هفت تهران

۱- مقدمه

شهرها از دیرباز به‌عنوان نهادهای پیچیده و پویا شناخته شده‌اند [۱]. توسعه شهرها و تأمین نیازمندی‌های به وجود آمده و اتخاذ تصمیماتی که مشکلات شهری را به حداقل خود برساند ضرورت برنامه‌ریزی و مدیریت این نهاد پیچیده و پویا را بیشتر از پیش نمایان می‌کند [۲]. برنامه‌ریزی کاربری‌های شهری به‌عنوان هسته اصلی برنامه‌ریزی شهری، کاربری‌های مختلف شهری را به مکان‌های مطلوب اختصاص داده و موجب ساماندهی مکانی فعالیت‌ها و عملکردهای شهری بر اساس خواست‌ها و نیازهای جامعه شهری می‌شود [۳]. فرایند اختصاص بهینه کاربری‌های شهری به اراضی شهری از پیچیدگی‌های خاص خود برخوردار است [۴]. این فرایند، به‌عنوان یک فرایند تصمیم‌گیری چندمعیاره، به معیارها کمی و کیفی زیادی وابسته است [۵]. تعیین این معیارها و تعریف پارامترهایی برای اندازه‌گیری این معیارها با توجه به ماهیت تقریبی بودن و عدم قطعیت آن‌ها از چالش‌های پیشروی محققان است [۵-۷]. از مهم‌ترین و پرکاربردترین معیارهای کمی و کیفی در این زمینه می‌توان به سازگاری، وابستگی، مطلوبیت، سرانه و همسانی کاربری‌های اشاره نمود [۸-۱۰]. در زمینه اختصاص بهینه کاربری‌های اراضی شهری با توجه به معیارهای ارزیابی، تحقیقات وسیعی صورت گرفته است [۱۱]. در میان این تحقیقات، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به دلیل وجود معیارها و پارامترهای مختلف در ارزیابی کاربری اراضی شهری بیشتر مورد استقبال محققین بوده و اغلب در کنار سیستم‌های اطلاعات مکانی از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره نیز استفاده می‌گردد [۱۱-۱۳]. این مدل‌های تصمیم‌گیری به دو دسته عمده مدل‌های تصمیم‌گیری چندهدفه و مدل‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه تقسیم‌بندی می‌شوند. در روش‌های چندهدفه برای برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری به دلیل پیچیدگی بالای برنامه‌ریزی و اختصاص کاربری‌های شهری، محققین به‌طور گسترده‌ای از روش‌های ابتکاری و فرا ابتکاری بهره جسته‌اند [۹، ۱۴-۱۶]. از تحقیقاتی که از روش‌های چندهدفه استفاده نموده می‌توان به تحقیق Cao و همکاران اشاره نموده که با استفاده از الگوریتم ژنتیک، راه‌حل‌های نزدیک به حالت بهینه برای مسئله تخصیص کاربری اراضی به دست آورده است [۱۰]. در این تحقیق

با هدف حداکثرسازی منافع اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی و با اضافه نمودن قیودی مانند مناطق محافظت‌شده، در نهایت اهداف در قالب یک مدل برنامه‌ریزی آرمانی تبدیل به یک هدف نهایی گردیده و با بهینه‌سازی این هدف با توجه به وزن‌های مختلف برای هر یک از اهداف، چندین طرح پارتو ایجاد گردیده است. و یا در تحقیق علائی‌مقدم و همکاران با استفاده از الگوریتم چندهدفه R-NSGAI^۱ اقدام به بهینه‌سازی اهداف تعریف‌شده، برای نیل به نقشه بهینه کاربری اراضی شهر شیراز در ده سال آینده، نموده‌اند [۱۷]. در روش‌های چندهدفه، مدل‌های دیگری مانند الگوریتم ژنتیک مرتب‌سازی نامغلوب [۱۸]، الگوریتم ازدحام ذرات چندهدفه [۹]، سیستم‌های عامل‌مبنا [۱۵]، شبیه‌سازی تبرید شده [۱۹]، به‌منظور بهینه‌سازی و برنامه‌ریزی تخصیص کاربری اراضی مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

در روش‌های چندشاخصه، با توجه به شاخص‌ها و خصوصیات مختلفی که برای اندازه‌گیری میزان تناسب کاربری‌ها تعریف می‌گردد، اقدام به انتخاب طرح‌هایی می‌شود که شاخص‌های تعریف‌شده را تا حد ممکن به سمت مطلوب خود سوق دهند. مدل‌های زیادی برای تخصیص کاربری‌های اراضی به‌صورت چندشاخصه ارائه گردیده است [۵، ۸، ۱۲، ۲۰]. به‌طور مثال در تحقیق بختیاری‌فر و همکاران با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و با در نظر گرفتن معیارهای مختلف میزان تناسب اراضی منطقه‌ای با کاربری‌های مختلف محاسبه گردیده است [۲۱]. سازگاری بین کاربری‌ها نیز بعد از برآورد به روش دانش کارشناسی با استفاده از روش AHP کمی‌سازی گردیده است. سپس با تعریف مدلی برای تغییر کاربری واحدهای مکانی نامطلوب، با استفاده از مشخصه‌های مختلفی ازجمله میزان تناسب، سازگاری، سرانه و دشواری تغییر مناطق با کاربری نامطلوب شناسایی شده و به کاربری مطلوب تغییر می‌یابد. در این تحقیق از ۸ نوع کاربری در سطح اراضی منطقه‌ای استفاده گردیده است. نتایج مدل‌سازی‌های این تحقیق درنهایت منجر به ارائه یک طرح کاربری پیشنهادی مطلوب برای منطقه مورد مطالعه می‌گردد. در تحقیق Ullah و منصوریان بر اساس مدل AHP^۲ یک ارزیابی برای برنامه‌ریزی کاربری

^۱ Reference point Non dominant Sorting Genetic Algorithm

^۲ Analytical Hierarchy Process

اراضی شهری صورت گرفته است [۱۲]. در این ارزیابی، کاربری شهری مورد تأکید قرار گرفته است و میزان تناسب اراضی برای اختصاص به کاربری شهری با استفاده از فاکتورها و معیارهای تعریف شده به روش AHP تعیین گردیده است. در تحقیق ابوالحسنی و همکاران، نیز تأکید بر توسعه آینده شهر شده است [۸]. در این تحقیق علاوه بر انتخاب مکان‌های مناسب برای توسعه آتی شهر، کاربری‌های شهری مختلف نیز در مدل گنجانده شده و با اعمال معیارهایی مانند متمرکزسازی، سازگاری و وابستگی، به قطعات ملکی مختلفی که توسط ابزار تقسیم‌بندی خودکار زمین [۲۲] ایجاد گردیده، اختصاص یافته‌اند. در تحقیق طالع جنکانلو و همکاران با استفاده از روش‌های OWA و IOWA با در نظر گرفتن چهار کارشناس، نقشه‌های معیار تهیه گردیده و توسط روش Fuzzy TOPSIS رتبه‌بندی شده‌اند. سپس وزن هر معیار بر اساس رتبه‌اش محاسبه و با ترکیب این معیارها نقشه تناسب اراضی مسکونی به دست آمده است [۲۰]. در زمینه اولویت‌بندی کاربری‌های مختلف برای هر یک کاربری‌های شهری کارهای کمی صورت گرفته است. در تحقیق عسگری مهرآبادی و همکاران [۲۳] با استفاده از یک مدل عامل‌مبنا اثرات متقابل پلاک‌های شهری مدل شده است که اقدام به اولویت‌بندی کاربری‌ها نیز می‌کند. در طراحی این مدل تنها از دو معیار سازگاری و وابستگی برای سنجش تأثیرات متقابل پلاک‌ها استفاده گردیده است که می‌تواند نتایج اولویت‌بندی را به شدت تحت قرار می‌دهد. در اکثر تحقیقات گذشته، داده‌های استفاده‌شده برای اختصاص بهینه کاربری‌های شهری بر مبنای مدل داده رستری می‌باشد [۱۷، ۲۴، ۲۵]. این مدل داده با توجه به اینکه در محیط شهری مرزبندی قطعات ملکی به صورت چندضلعی با حدود دقیق و نه بر اساس یک شبکه منظم می‌باشد، موجب می‌گردد تا مدل‌های پیشنهادی برای اختصاص بهینه کاربری‌های اراضی شهری با محیط واقعی شهری همخوانی زیادی نداشته باشد. به همین دلیل در این تحقیق از مدل برداری که با محیط واقعی شهری همخوانی بیشتری دارد، استفاده گردیده است. یکی دیگر از مسائلی که در تحقیقات دیگر کمتر به آن پرداخته شده است، استفاده از محاسبات فازی برای برآورد مقادیر معیارهای ارزیابی برای هر یک از قطعات ملکی است. در اکثر تحقیقات گذشته، با استفاده از روش‌های کمی‌سازی مقادیر زبانی که برای برآورد مقدار معیارهای تقریبی

استفاده می‌گردد را کمی‌سازی نموده‌اند [۱۶، ۲۶، ۲۷]. در حالی که با استفاده از محاسبات فازی و بدون درگیر شدن با روش‌های کمی‌سازی و مشکلات ناشی از آن، محاسبات لازم را روی متغیرهای زبانی می‌توان انجام داد. در این تحقیق، از محاسبات فازی برای محاسبه میزان تأثیرات کاربری‌های مجاور برای یک قطعه ملکی استفاده گردیده است. از طرفی، کاربری‌های شهری با توجه به حد آستانه فعالیت آن‌ها تأثیرات متفاوتی را بر روی هم دارند [۹، ۲۸، ۲۹]. ممکن است دو کاربری در یک آستانه فعالیت با یکدیگر سازگاری کاملی داشته باشند ولی در یک آستانه دیگر با یکدیگر کاملاً ناسازگار باشند. در این تحقیق با در نظر گرفتن آستانه فعالیت هر یک از کاربری‌ها، تأثیرات متفاوت آن‌ها در تعیین معیارهای ارزیابی کاربری پلاک‌های شهری اعمال گردیده است. در کنار برنامه‌ریزی کاربری‌های شهری، اولویت‌بندی کاربری‌ها برای پلاک‌های شهری نیز یکی از ملزومات طرح‌های شهری است که در غالب تحقیقات به آن پرداخته نشده است. در صورتی که اولویت‌بندی کاربری‌ها برای تک‌تک پلاک‌های شهری ارائه گردد، به برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیرندگان این حوزه، امکان در اختیار داشتن گزینه‌های دیگر نزدیک به حالت تعادل برای آن پلاک شهری را فراهم می‌نماید تا در صورت ضرورت تغییر در کاربری پلاک موردنظر کاربری‌های مناسب جایگزین داشته باشند. مدل TOPSIS^۱ به‌عنوان یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه، یکی از بهترین و پرکاربردترین روش‌ها برای اولویت‌بندی گزینه‌های تصمیم‌گیری است که اولین بار توسط Hwang و Yoon توسعه داده شده است [۳۰]. در شرایطی که معیارهای ارزیابی کاربری‌های اراضی شهری به صورت کیفی و با استفاده از محاسبات فازی برآورد شده‌اند، استفاده از روش Fuzzy TOPSIS می‌تواند، یک روش کارآمد در مدل‌سازی و اولویت‌بندی کاربری‌های شهری عمل نماید. استفاده از محاسبات فازی برای محاسبه معیارهای ارزیابی کاربری‌های شهری و اولویت‌بندی کاربری‌های شهری برای همه‌ی پلاک‌های شهری با استفاده از روش Fuzzy TOPSIS از نوآوری‌های این تحقیق به شمار می‌رود.

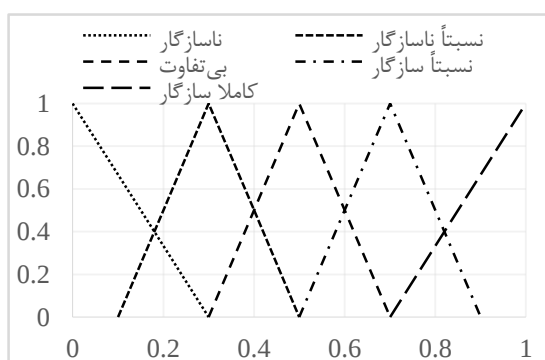
^۱ Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution

که در آن ها، علامت $\oplus$ جمع فازی، $\ominus$ تفریق فازی، $\otimes$ ضرب فازی و $\oslash$ تقسیم فازی را نشان می دهند. برای محاسبه فاصله بین دو عدد فازی مثلثی نیز می توان از رابطه ۸ استفاده نمود [۳۳]:

$$d(\tilde{a}_1, \tilde{a}_2) = \sqrt{\frac{1}{3}[(a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2 + (c_1 - c_2)^2]} \quad (۸)$$

۲-۲- معیارهای ارزیابی کاربری اراضی شهری

برای ارزیابی کاربری های اراضی شهری به منظور رعایت تناسب و اطمینان خاطر از استقرار منطقی، از معیارهای کمی و کیفی مختلفی استفاده می گردد. برآورد دقیق معیارهای کمی مانند میزان مطلوبیت، ممکن نبوده و استفاده از اعداد فازی برای بیان مقادیر این کمیت ها می تواند برآورد این معیارها را معقول تر و نزدیک به واقعیت نماید. معیارهای کیفی نیز ویژگی های کیفی بین کاربری های اراضی شهری مانند سازگاری و یا وابستگی بین کاربری ها را بیان می کنند. به عنوان مثال سازگاری بین کاربری های مختلف شهری را می توان به عنوان یک متغیر زبانی [۳۴] در نظر گرفت و از مقادیر زبانی^۱ مانند ناسازگار، نسبتاً ناسازگار، بی تفاوت، نسبتاً سازگار، کاملاً سازگار، استفاده نمود [۳۵]. به منظور استفاده از متغیرهای زبانی در محاسبات فازی، مقادیر زبانی به صورت اعداد فازی نمایش داده می شوند. شکل ۲ توابع عضویت مقادیر زبانی ذکر شده برای سازگاری میان کاربری ها را نشان می دهد.



شکل ۲- توابع عضویت اعداد فازی برای معیار سازگاری

از معیارهای معرفی شده در تحقیقات مختلف می توان به معیار سازگاری، وابستگی، همسانی کاربری های مجاور، مطلوبیت فیزیکی و سرانه برای ارزیابی کاربری های اراضی

در ادامه ی مقاله، در بخش دو، برخی از مفاهیم و روش های مورد استفاده در تحقیق به صورت مختصر شرح داده می شود. در بخش سه، مدل سازی مسئله و نحوه ی پیاده سازی آن تشریح خواهد شد. در بخش چهار، نتایج پیاده سازی مدل و در نهایت در بخش پنج نتیجه گیری ارائه می گردد.

۲- مفاهیم پایه

در این بخش برخی از مفاهیم پایه که در تشریح بهتر روش پیشنهادی الزامی است تعریف و توضیح داده شده است.

۲-۱- اعداد و عملگرهای فازی

اعداد فازی، مجموعه های فازی هستند که روی فضای اعداد حقیقی تعریف شده و برای توصیف مفاهیمی که به صورت تقریبی بیان می شوند، مورد استفاده قرار می گیرند. با توجه به نوع تابعی که برای برآورد میزان عضویت اعداد فازی استفاده می شود، می توان اعداد فازی مختلفی تعریف نمود. از اعداد فازی معروف می توان به اعداد فازی مثلثی، ذوزنقه ای و گوسی اشاره نمود [۳۱]. در این تحقیق به دلیل سهولت و سرعت بالای محاسبات، از اعداد فازی مثلثی استفاده گردیده است. به دلیل استفاده از عملگرهای فازی در این تحقیق، در این قسمت برخی از عملگرهای فازی معرفی گردیده است. گفتنی است عملیات جبری اعداد حقیقی با استفاده از اصل گسترش به اعداد فازی قابل گسترش هستند. خوانندگان برای مطالعه ی بیشتر می توانند به منهج، ۱۳۹۰ مراجعه نمایند [۳۱].

با فرض اینکه a به عنوان دامنه ی چپ، c به عنوان دامنه ی راست و b به عنوان میانه ی یک عدد فازی باشد، برخی از عملیات جبری که روی اعداد فازی A_1 و A_2 قابل انجام است، به صورت روابط ۱ تا ۷ تعریف می شوند [۳۲].

$$A_1 \oplus A_2 = (a_1 + a_2, b_1 + b_2, c_1 + c_2) \quad (۱)$$

$$A_1 \ominus A_2 = (a_1 - a_2, b_1 - b_2, c_1 - c_2) \quad (۲)$$

$$A_1 \otimes A_2 \approx (a_1 \times a_2, b_1 \times b_2, c_1 \times c_2) \quad (۳)$$

$$A_1 \oslash A_2 \approx (a_1/c_2, b_1/b_2, c_1/a_2) \quad (۴)$$

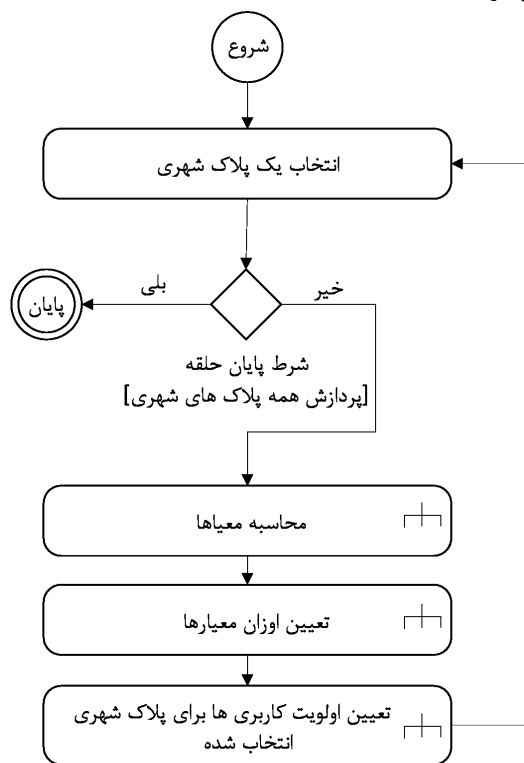
$$k \otimes A_1 = (k \times a_1, k \times b_1, k \times c_1), k \in R \quad (۵)$$

$$k \oslash A_1 = (k/c_1, k/b_1, k/a_1), k \in R \quad (۶)$$

$$\ln(A_1) \approx (\ln(a_1), \ln(b_1), \ln(c_1)), k \in R \quad (۷)$$

^۱ Linguistic Values

معیارهای تصمیم‌گیری برای پلاک‌های شهری، تعیین اوزان معیارها و تعیین اولویت کاربری‌ها برای پلاک‌های شهری است که در ادامه با جزئیات بیشتری توضیح داده می‌شوند.



شکل ۳- مراحل مختلف مدل پیشنهادی

۳-۱- آماده‌سازی داده‌ها

در این مرحله داده‌های کاربری اراضی شهری به‌صورت داده‌های برداری و داده‌های توصیفی برای هر یک از پلاک‌های شهری برای انجام پردازش‌های بعدی آماده‌سازی می‌شوند.

۳-۲- محاسبه معیارهای تصمیم‌گیری برای پلاک‌های شهری

در این قسمت ابتدا همسایگی پلاک‌های شهری تعریف شده و سپس نحوه محاسبه فازی معیارهای سازگاری، وابستگی و همسانی کاربری‌های مجاور (به‌عنوان تأثیر همسایگی)، مناسبت و سرانه برای هر یک از پلاک‌های شهری با توجه به کاربری‌های مختلف بحث می‌گردد. خروجی این محاسبات فازی، یک ماتریس فازی ۳۶ (تعداد کاربری‌ها با سه آستانه فعالیت مختلف) در ۵ (تعداد معیارها) برای هر یک از پلاک‌های شهری است.

شهری اشاره نمود [۹، ۲۸، ۳۶، ۳۷]. در این تحقیق معیارهای ذکر شده به صورت تقریبی و با استفاده از محاسبات فازی برآورد می‌گردند. در بخش ۲-۳ نحوه محاسبه فازی هر یک معیارها توضیح داده شده است.

۳-۲- TOPSIS فازی و کاربرد آن در مسئله

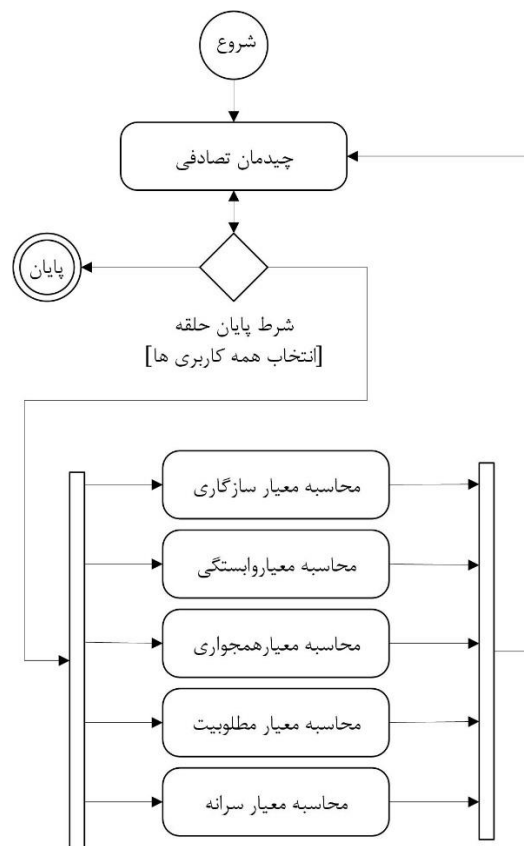
انتخاب کاربری مناسب برای پلاک‌های شهری با توجه به معیارهای مختلف می‌تواند یک مسئله تصمیم‌گیری چندمعیاره در نظر گرفته شود. در این مسئله هر یک از کاربری‌های شهری تعریف‌شده در مسئله می‌تواند یکی از گزینه‌های انتخاب باشد که برای یک پلاک شهری در نظر گرفته می‌شود. فنون مختلفی برای برخورد با مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره موجود است [۳۸]. روش TOPSIS یکی از روش‌های کلاسیک معروف درزمینه‌ی تصمیم‌گیری‌های چندشاخصه است [۳۹]. این روش بر اساس دوری گزینه‌ها از مقدار ایده آل منفی و نزدیکی به ایده آل مثبت، آن‌ها را مرتب نموده و رتبه‌بندی می‌کند. با توجه به ماهیت فازی معیارهای در نظر گرفته‌شده در این تحقیق، می‌توان از روش TOPSIS فازی برای رتبه‌بندی کاربری‌های مختلف برای هر یک از پلاک‌های شهری، استفاده نمود. برای فازی‌سازی روش TOPSIS، تنها کافیت ماتریس تصمیم که شامل معیارهای تصمیم‌گیری هستند، به‌صورت فازی بیان شده و تمامی فرایندهای روش TOPSIS بر روی مقادیر فازی و با اپراتورهای تعریف‌شده برای محاسبات فازی اعمال گردند [۳۳].

۳- مدل پیشنهادی

در این بخش مدل پیشنهادی و اجزای تشکیل‌دهنده آن تشریح می‌شود. فرایند کلی مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره در شکل ۳ با استفاده از نمودار فعالیت^۲ نشان داده شده است. در این مدل معیارهای تصمیم‌گیری با توجه به پلاک‌ها و کاربری‌های شهری محاسبه شده و داخل یک فرایند تصمیم‌گیری به روش Fuzzy TOPSIS کاربری‌های شهری برای هر یک از پلاک‌های شهری اولویت‌بندی می‌شوند. مراحل مختلف مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی شامل آماده‌سازی داده‌ها، محاسبه

^۱ Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
^۲ Activity Diagram

شکل ۴ فرایند کلی محاسبه معیارهای تصمیم گیری برای همه کاربری ها در یک پلاک معین را نشان می دهد.



شکل ۴- مراحل مختلف محاسبه معیارهای تصمیم گیری

۳-۲-۱- همسایگی پلاک های شهری

مقدار معیارهای سازگاری و وابستگی به میزان سازگاری و وابستگی بین کاربری های پلاک مورد بررسی و پلاک های مجاورش وابسته است. نوع کاربری پلاک های همسایه نزدیک در محاسبه معیار سازگاری و وابستگی تأثیر بیشتری داشته و همسایه های دور تأثیر کمتری خواهند داشت. بر این اساس همسایه ها را بر اساس فاصله شان از پلاک مورد نظر می توان به پنج گروه همسایه های خیلی نزدیک، همسایه های نسبتاً نزدیک، همسایه های نسبتاً دور، همسایه های دور و همسایه های خیلی دور دسته بندی کرد. برای تعیین وزن فازی هر گروه از همسایه ها از ضریب آلفا که به صورت رابطه ۹ تعریف می گردد، استفاده می گردد [۹].

$$\alpha_{i,j} = \begin{cases} 1 & d_{ij} \leq d_{ij}^{min} \\ \left(\frac{d_{ij}^{min} - d_{ij}}{d_{ij}^{max} - d_{ij}^{min}} \right) & d_{ij}^{min} \leq d_{ij} \leq d_{ij}^{max} \\ 0 & d_{ij} \geq d_{ij}^{max} \end{cases} \quad (9)$$

در رابطه ۹، پارامتر d_{ij}^{min} کمترین فاصله ای است که دو کاربری پلاک i و j است. بیشترین تأثیر را روی هم دارند، پارامتر d_{ij}^{max} هم حداکثر شعاع تأثیرگذاری دو کاربری پلاک i و j است. پارامتر d_{ij} نزدیک ترین فاصله اقلیدسی دو پلاک i و j است.

مقادیر زبانی وزن هر یک از همسایه ها بر اساس ضریب آلفا مطابق جدول ۱ تعریف می گردد.

عدد فازی متناظر	متغیر زبانی (همسایه ها)	مقدار ضریب آلفا
(0, 0, 0.3)	خیلی دور	$\alpha_{i,j} \leq 0.2$
(0.1, 0.3, 0.5)	دور	$0.2 < \alpha_{i,j} \leq 0.4$
(0.3, 0.5, 0.7)	نسبتاً دور	$0.4 < \alpha_{i,j} \leq 0.6$
(0.5, 0.7, 0.9)	نسبتاً نزدیک	$0.6 < \alpha_{i,j} \leq 0.8$
(0.7, 1, 1)	خیلی نزدیک	$0.8 < \alpha_{i,j} \leq 1.0$

۳-۲-۱- معیار سازگاری

کاربری های شهری در همسایگی یکدیگر نباید موجب مزاحمت و مانع اجرای فعالیت های یکدیگر شوند [۲۹]. بر این اساس ارتباط بین کاربری های مختلف را از نظر سازگاری می توان به حالت های مختلف تقسیم بندی نمود. برای برآورد میزان سازگاری یک کاربری با کاربری مجاور از ماتریس سازگاری ارائه شده در [۹] استفاده گردیده است. همان طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، برای بیان مقادیر مختلف سازگاری، از اعداد فازی مثلثی استفاده گردیده است. با در نظر گرفتن $\tilde{w}_k$ به عنوان وزن هر یک از کاربری های همسایه که مطابق جدول ۱ به دست می آید، معیار سازگاری پلاک مورد بررسی با توجه به مقدار سازگاری بین پلاک های مجاور، از رابطه ۱۰ محاسبه می گردد.

$$\tilde{c}_{i,j} = \frac{\bigoplus_{k=1}^{N_j} (\tilde{w}_k \otimes \tilde{c}_{i,j,k})}{N_j} \quad (10)$$

در رابطه ۱۰، $\tilde{c}_{i,j}$ میزان میانگین سازگاری کاربری i در پلاک شهری j را نسبت به همسایگانش به صورت یک عدد فازی نشان می دهد. $\tilde{c}_{i,j,k}$ میزان سازگاری بین کاربری i در پلاک شهری j و همسایه k را نشان می دهد. N_j نیز تعداد همسایه های پلاک شهری j را نشان می دهد.

۳-۲-۲- معیار وابستگی

معیار وابستگی میزان وابستگی کاربری پلاک شهری به کاربری‌های مجاور را مشخص می‌کند. برای محاسبه این معیار نیز از ماتریس وابستگی ارائه شده در [۹] استفاده گردیده است. برای بیان مقادیر وابستگی نیز از پنج مقدار زبانی وابستگی زیاد، وابستگی متوسط، وابستگی کم، نسبتاً مستقل و کاملاً مستقل استفاده شده است. همانند معیار سازگاری، این معیار نیز با توجه به وزن همسایگان مجاور و وابستگی بین‌شان به صورت رابطه ۱۱ محاسبه می‌گردد.

$$\tilde{D}_{i,j} = \frac{\bigoplus_{i=1}^{N_j} (\tilde{w}_k \otimes \tilde{D}_{i,j,k})}{N_j} \quad (11)$$

در رابطه ۱۱، $\tilde{D}_{i,j}$ میزان میانگین وابستگی کاربری i در پلاک شهری j را نسبت به همسایگانش به صورت یک عدد فازی نشان می‌دهد. $\tilde{D}_{i,j,k}$ نیز میزان وابستگی بین کاربری i در پلاک شهری j و همسایه k را نشان می‌دهد. $\tilde{w}_k$ نیز وزن هر یک از کاربری‌های همسایه را مشخص می‌کند.

۳-۲-۳- معیار همسانی همسایه‌های مجاور

با توجه به تمایل بسیاری از کاربری‌ها برای تجمع در همسایگی کاربری‌های همسان، معیار همسانی همسایه‌های مجاور می‌تواند یکی از معیارهای ارزیابی تناسب چیدمان کاربری‌های مختلف باشد. معیار همسانی کاربری‌های مجاور برای کاربری‌های مسکونی، نشان‌دهنده میزان تمرکز کاربری‌ها در همسایگی یکدیگر است. برای محاسبه این معیار، پارامتر همسانی بر اساس تعداد همسایه‌های همسان از نظر کاربری به کل همسایه‌های پلاک موردنظر به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$Sim_k = \frac{N_k^S}{N_k^T} \quad (12)$$

در رابطه ۱۲، N_k^S تعداد همسایه همسان با کاربری k و N_k^T نیز تعداد کل پلاک‌ها در حدآستانه کاربری k را نشان می‌دهد.

مقادیر زبانی میزان همسانی کاربری‌های مجاور به صورت مقادیر ارائه شده در جدول ۲ می‌تواند تعریف شود.

جدول ۲- مقادیر زبانی و اعداد فازی مثلثی متناظر آن‌ها برای معیار همسانی همسایه‌های مجاور

عدد فازی متناظر	مقدار زبانی (همسانی)	مقدار همسانی (Sim_k)
(0, 0, 0.3)	خیلی کم	$Sim_k \leq 0.2$
(0.1, 0.3, 0.5)	کم	$0.2 < Sim_k \leq 0.4$
(0.3, 0.5, 0.7)	متوسط	$0.4 < Sim_k \leq 0.6$
(0.5, 0.7, 0.9)	زیاد	$0.6 < Sim_k \leq 0.8$
(0.7, 1, 1)	خیلی زیاد	$0.8 < Sim_k \leq 1.0$

۳-۲-۴- معیار مطلوبیت

معیار مطلوبیت مشخص‌کننده میزان سازگاری بین کاربری و محل استقرار آن است. از این رو می‌توان گفت که هر کاربری با توجه به ویژگی‌های منحصر به فرد خود مناسب هر مکانی نیست و نیازمند مکان خاص خود است و هر مکانی نیز کاربری خاص خود را می‌طلبد. برای محاسبه‌ی معیار مطلوبیت می‌بایست ویژگی‌ها و نیازهای هر کاربری با خصوصیات محل استقرار تطبیق داده شود. خصوصیتی که برای محاسبه‌ی مطلوبیت در این تحقیق در نظر گرفته شده است مطابق با [۹] بوده و شامل، ابعاد و اندازه زمین، دسترسی به شبکه حمل‌ونقل عمومی شهر، آلودگی صوتی، آلودگی هوا و میزان سختی تغییر کاربری به کاربری دیگر می‌باشد. با در نظر گرفتن خصوصیات مذکور، میزان مطلوبیت هر پلاک شهری، برای هر یک از کاربری‌ها، می‌تواند کاملاً مطلوب، نسبتاً مطلوب، نسبتاً نامطلوب و یا کاملاً نامطلوب باشد. این مقادیر با اعداد فازی مثلثی مطابق با خصوصیات مندرج در جدول ۳ وارد مدل شده‌اند.

جدول ۳- مقادیر زبانی و اعداد فازی مثلثی متناظر آن‌ها برای معیار مطلوبیت

عدد فازی	مقدار زبانی
(0, 0, 0.3)	کاملاً مطلوب
(0.2, 0.4, 0.6)	نسبتاً مطلوب
(0.4, 0.6, 0.8)	نسبتاً نامطلوب
(0.7, 1, 1)	کاملاً نامطلوب

۳-۲-۵- معیار سرانه

سرانه معیاری است که با استفاده از آن نیازهای فعلی و آتی منطقه‌ی مورد مطالعه برآورد می‌گردد. در مدل پیشنهادی میزان تخطی از سرانه محاسبه و در اولویت‌بندی

کاربری ها لحاظ می گردد. میزان تخطی از سرانه برای هر کاربری توسط رابطه ۱۳ محاسبه می شود.

$$V_{C_i} = \begin{cases} \frac{\min A_i - A_i}{\min A_i} & \text{if } A_i < \min A_i, \\ \frac{A_i - \max A_i}{\max A_i} & \text{if } A_i > \max A_i. \end{cases} \quad (13)$$

در رابطه ۱۳، V_{C_i} میزان تخطی از سرانه کاربری C_i را نشان می دهد. پارامتر $\min A_i$ و $\max A_i$ حداقل و حداکثر مقدار مساحت قابل قبول برای کاربری C_i است که با ضرب حداکثر و حداقل سرانه کاربری C_i در جمعیت کل منطقه مورد مطالعه به دست می آید. میزان حداقل و حداکثر سرانه کاربری های شهری نیز از [۴۰] استخراج گردیده است. A_i نیز مقدار مساحت کاربری C_i در جواب مورد بررسی است. با توجه به تعریف میزان تخطی از سرانه، فازی سازی و اختصاص اعداد فازی به مقادیر مختلف این معیار، مطابق جدول ۴ انجام می گیرد.

جدول ۴- مقادیر زبانی و اعداد فازی مثلثی متناظر برای معیار سرانه

عدد فازی متناظر	مقدار زبانی خطی از سرانه	مقدار تخطی از سرانه (PV)
(0.7, 0.1, 0.1)	خیلی کم	$PV \leq 0.2$
(0.5, 0.7, 0.9)	کم	$0.2 < PV \leq 0.4$
(0.3, 0.5, 0.7)	متوسط	$0.4 < PV \leq 0.6$
(0.1, 0.3, 0.5)	زیاد	$0.6 < PV \leq 0.8$
(0, 0, 0.3)	خیلی زیاد	$0.8 < PV$

۳-۳- تعیین اوزان معیارها و اولویت بندی آن ها

میزان تأثیر هر یک از معیارها می بایست تعیین و در ماتریس تصمیم گیری لحاظ گردد. برای تعیین میزان تأثیر هر یک از معیارها در روش های تصمیم گیری چندمعیاره معمولاً از دو روش تعیین وزن عینی^۱ و تعیین وزن ذهنی^۲ استفاده می شود. [۳۸]. ایده ی اصلی روش تعیین وزن عینی بر این پایه استوار است که هر چه پراکندگی مقادیر یک معیار بیشتر باشد، آن معیار در تصمیم گیری از اهمیت بیشتری برخوردار است و می بایست وزن بیشتری را به خود اختصاص دهد. اوزانی که کارشناسان به معیارهای تصمیم گیری، با توجه به شناخت و تجربه ای که از معیارها دارند، اختصاص می دهند، به وزن دهی ذهنی معروف است.

^۱ Objective Weights

^۲ Subjective Weighting

۳-۳-۱- تعیین وزن عینی معیارها با استفاده از روش آنتروپی شانون

وزن دهی به روش آنتروپی شانون یک روش عینی بر پایه ی روابط داخلی داده ها است. برای محاسبه وزن معیارها به این روش، ابتدا مقدار نرمال شده مقادیر ماتریس تصمیم نسبت به هر یک از معیارها محاسبه شده و مقادیر تصویر شده $\tilde{p}_{ij}$ مطابق رابطه ۱۴ به دست می آید:

$$\tilde{p}_{ij} = \frac{\tilde{x}_{ij}}{\bigoplus_{i=1}^n (\tilde{x}_{ij})} \quad (14)$$

سپس مقادیر آنتروپی هر یک از معیارها به صورت رابطه ۱۵ محاسبه می شود:

$$\begin{aligned} \tilde{e}_j &= -\frac{1}{\ln(m)} \bigoplus_{i=1}^n (\tilde{p}_{ij} \otimes \ln(\tilde{p}_{ij})) \\ &\cong \frac{1}{\ln(m)} \bigoplus_{i=1}^n (p_{ij}^a, p_{ij}^b, p_{ij}^c) \\ &\quad \times \ln(p_{ij}^a), p_{ij}^b \\ &\quad \times \ln(p_{ij}^b), p_{ij}^c \times \ln(p_{ij}^c) \end{aligned} \quad (15)$$

مقدار آنتروپی میزان همگونی درونی مقادیر هر معیار را نشان می دهد. میزان همگونی درونی هر معیار رابطه ی عکس با میزان وزن و تأثیرگذاری آن دارد. در نتیجه برای محاسبه ی وزن معیار می بایست از معکوس مقدار آنتروپی استفاده گردد. در حالت غیر فازی به دلیل آنکه مقدار آنتروپی بین صفر تا یک است، از رابطه ۱۶ برای محاسبه درجه انحراف (d_j) استفاده می شود [۴۱]. ولی در حالت فازی مقدار آنتروپی لزوماً بین ۰ تا ۱ قرار نمی گیرد و استفاده از رابطه ۱۶ امکان ایجاد مقدار درجه انحراف منفی را به وجود می آورد که قابل قبول نیست. به همین دلیل در این تحقیق، برای محاسبه مقدار درجه انحراف معیار j رابطه ۱۷ مورد استفاده قرار می گیرد.

$$d_j = 1 - e_j \quad (16)$$

$$\tilde{d}_j = \frac{1}{1 \oplus \tilde{e}_j} \quad (17)$$

$\tilde{d}_j$ مقدار درجه انحراف برای معیار j را نشان می دهد. مقدار درجه انحراف بیشتر برای یک معیار نشان دهنده اهمیت بیشتر و در نتیجه وزن بیشتر برای آن معیار است. در نتیجه وزن عینی هر یک از معیارها به صورت رابطه ۱۸ می تواند محاسبه گردد:

$$\tilde{w}_j^o = \frac{\tilde{d}_j}{\bigoplus_{i=1}^n (\tilde{d}_j)} \quad (18)$$

۳-۳-۲- تعیین اوزان ذهنی معیارها

در این تحقیق برای وزن دهی ذهنی از پنج مقدار زبانی که شامل، اهمیت خیلی کم، اهمیت کم، اهمیت متوسط، اهمیت زیاد و اهمیت خیلی زیاد است، استفاده گردیده است که توسط کارشناس تعیین می گردد. وزن نهایی هر یک از معیارها به صورت زیر قابل محاسبه است:

$$\tilde{w}_j = (w_j^o \oplus \tilde{w}_j^s) / 2 \quad (19)$$

در رابطه ۱۹ $\tilde{w}_j$ وزن کلی، w_j^o وزن عینی و $\tilde{w}_j^s$ وزن ذهنی معیار j می باشد.

۳-۴- تعیین اولویت کاربری ها برای پلاک های شهری

بعد از محاسبه معیارهای تصمیم گیری و میزان تأثیر هر یک از آنها، حال اولویت هر یک از کاربری ها برای تک تک پلاک های شهری با استفاده از روش TOPSIS فازی تعیین می گردد. تعیین اولویت کاربری ها از مراحل مختلف تشکیل شده است که در شکل ۵ نشان داده شده است و در ادامه نحوه محاسبه هر یک از مراحل بیان می شود.



شکل ۵- مراحل محاسبه اولویت کاربری ها برای هر یک از پلاک های شهری

۳-۴-۱- نرمال سازی ماتریس تصمیم برای هر یک از پلاک های شهری

در این مرحله ماتریس تصمیم هر یک از پلاک های شهری می بایست به منظور محدود شدن مقادیرشان بین صفر تا یک و قابل مقایسه شدن مقادیر با یکدیگر، نرمال سازی گردد. برای مقادیر فازی که توسط اعداد فازی مثلثی به صورت (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}) نمایش داده می شوند، مقادیر نرمال شده از طریق رابطه ۲۰ به دست می آید [۳۳]:

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\left(\frac{a_{ij}}{c_{ij}^+}, \frac{b_{ij}}{c_{ij}^+}, \frac{c_{ij}}{c_{ij}^+} \right), c_{ij}^+ = \max_i c_{ij} \right) \quad (20)$$

۳-۴-۲- محاسبه ی ماتریس تصمیم فازی وزن دار

با ضرب اوزان فازی به دست آمده در ماتریس تصمیم فازی، ماتریس تصمیم وزن دار به دست می آید:

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}], \quad \tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \otimes \tilde{w}_j \quad (21)$$

در رابطه ی ۲۱، $\tilde{w}_j$ وزن کلی معیار j ام، $\tilde{r}_{ij}$ مقدار فازی معیار j برای کاربری i و $\tilde{v}_{ij}$ مقدار فازی وزن دار معیار j برای کاربری i را نشان می دهد. در ادامه از ماتریس $\tilde{V}$ برای تعیین مقادیر ایده آل مثبت و منفی و رتبه بندی کاربری ها استفاده می شود.

۳-۴-۳- تعیین راه حل های ایده آل مثبت و منفی

در این مرحله راه حل های ایده آل مثبت و منفی به دست می آید. برداری متشکل از بزرگ ترین مقدار برای معیارهای مثبت و کوچک ترین مقدار برای معیارهای منفی، راه حل ایده آل مثبت و بلعکس برداری متشکل از کوچک ترین مقدار برای معیارهای مثبت و بزرگ ترین مقدار برای معیارهای منفی، راه حل ایده آل منفی در نظر گرفته می شود. برای به دست آوردن این بردارها ماتریس مقادیر سطر اول به عنوان راه حل ایده آل مثبت و مقادیر سطر آخر به عنوان راه حل ایده آل منفی انتخاب می شوند:

$$A^+ = (\tilde{v}_1^+, \tilde{v}_2^+, \dots, \tilde{v}_n^+) \quad (22)$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-) \quad (23)$$

به کاربری های مختلف با آستانه فعالیت مختلف شعاع همسایگی مختلفی در نظر گرفته شده و با استفاده از تجزیه و تحلیل های مکانی شماره و فاصله پلاک های همسایه هر پلاک بر اساس شعاع های مختلف استخراج و در یک لیست ذخیره می گردند. در انتهای پیش پردازش مقدار مطلوبیت و لیست همسایگی های مختلف پلاک شهری به همراه خصوصیات دیگر پلاک ها مانند، شماره شناسایی پلاک، مساحت، نوع معبر دسترسی و غیره در قالب یک کلاس و در اشیاء ایجاد شده از این کلاس ذخیره می شود. در نهایت لیست اشیاء ایجاد شده از پلاک های شهری به صورت دودویی در حافظه دستگاه ذخیره شده و در حین محاسبات فراخوانی می شوند. با توجه به اینکه مدل پیشنهادی بر اساس پلاک های شهری طراحی شده است، پلاک های شهری ناحیه یک منطقه ۷ تهران برای اجرای مدل پیشنهادی بکار گرفته شده است. لایه پلاک های شهری به صورت نوع داده ای برداری و سطح کاربری های شهری در ۳۸ کلاس کاربری با توجه به سه حد آستانه محلی، ناحیه ای و منطقه ای تعریف شده است. از نقاط قابل توجه در این منطقه، وجود کاربری های متنوع در سطوح مختلف مدیریت شهری است که در این منطقه مسئله مدیریت کاربری های شهری را پیچیده می سازد. شکل ۶ نقشه پلاک های شهری ناحیه یک منطقه ۷ تهران را نشان می دهد.

در روابط ۲۲ و ۲۳، A^+ شان دهنده راه حل ایده آل مثبت و A^- نشان دهنده راه حل ایده آل منفی است. $\tilde{v}_1^+, \tilde{v}_2^+, \dots, \tilde{v}_n^+$ مقادیر حداکثر و $\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-$ مقادیر حداقل برای معیارهای ۱ تا n را نشان می دهند.

۳-۴-۴ محاسبه فاصله گزینه ها از راه حل های مثبت و منفی

سپس فاصله هر یک از گزینه ها از راه حل های ایده آل مثبت و منفی با استفاده از روابط ۲۴ و ۲۵ محاسبه می گردند:

$$d_i^+ = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^+) \quad (24)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-) \quad (25)$$

d_i^+ مقدار فاصله از مقدار ایده آل مثبت و d_i^- مقدار فاصله از مقدار ایده آل منفی را برای گزینه i نشان می دهد.

۳-۴-۵ محاسبه ضریب نزدیکی و اولویت بندی گزینه ها

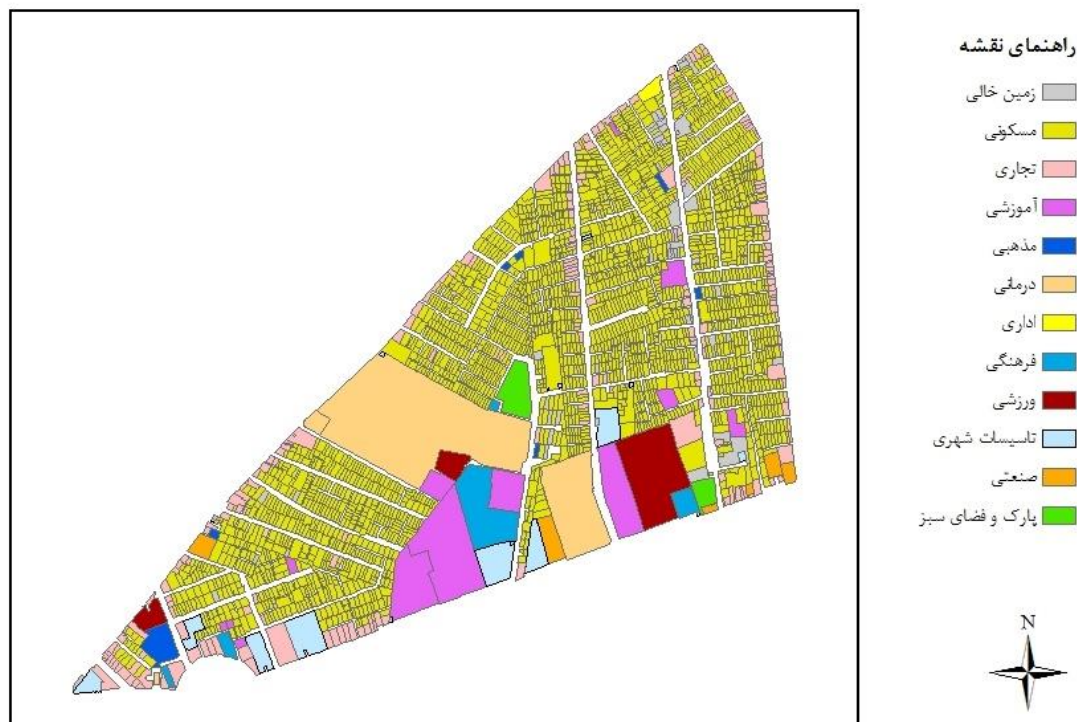
در پایان، ضریب نزدیکی (CC_i) محاسبه شده و هریک از گزینه ها بر اساس این ضریب به صورت نزولی مرتب می شوند. کاربری هایی با ضریب نزدیکی بیشتر دارای اولویت بالاتری هستند.

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad (26)$$

۴- پیاده سازی

برای پیاده سازی مدل پیشنهادی از محیط ویژوال استادیو ۲۰۱۰ و از بسته توسعه نرم افزاری^۱ ArcObjects استفاده شده است. به منظور افزایش سرعت محاسبات و جلوگیری از خواندن و نوشتن های زمان گیری روی داده های مکانی و غیرمکانی ذخیره شده در حافظه دستگاه، از یک پیش پردازش برای ذخیره سازی داده ها در قالب دودویی استفاده شده است. در این پیش پردازش، ابتدا مقدار مطلوبیت هر پلاک محاسبه می شود. سپس با توجه

^۱ Software Development Kit (SDK)



شکل ۶- نقشه پلاک‌های شهری منطقه مورد مطالعه

۵- نتایج پیاده‌سازی و تحلیل آن‌ها

با توجه به مدل پیشنهادی به منظور اولویت‌بندی کاربری‌های شهری برای هر یک از پلاک‌های شهری، ابتدا معیارهای ارزیابی کاربری اراضی شهری برای هر یک از پلاک‌های شهری و با توجه به کاربری‌های مختلف محاسبه می‌گردد. برای مثال در جدول ۵ مقادیر فازی یک پلاک شهری را نشان می‌دهد. همان‌طور که قبلاً اشاره شد، در مدل پیشنهادی برای هر یک از پلاک‌های شهری یک ماتریس تصمیم فازی متشکل از مقادیر معیارها که با توجه به همسایگی‌ها و خصوصیات فیزیکی پلاک شهری موردنظر محاسبه گردیده‌اند، در نظر گرفته می‌شود. در این ماتریس فازی برای هر یک از کاربری‌های موردبررسی مقادیر معیارها محاسبه گردیده و با توجه به نزدیکی به نقطه ایده آل مثبت و دوری از نقطه ایده آل منفی، رتبه‌بندی شده‌اند. همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، کاربری آموزشی در سطح راهنمایی رتبه‌ی یک را در این پلاک شهری به خود اختصاص داده است. با توجه به مقادیر معیارها، کاربری آموزشی در سطح راهنمایی سازگاری و وابستگی نسبتاً بالایی نسبت به کاربری‌های پلاک‌های مجاور این پلاک شهری دارد. اختصاص عدد فازی (1, 0.7) برای معیار سرانه نیز مشخص‌کننده

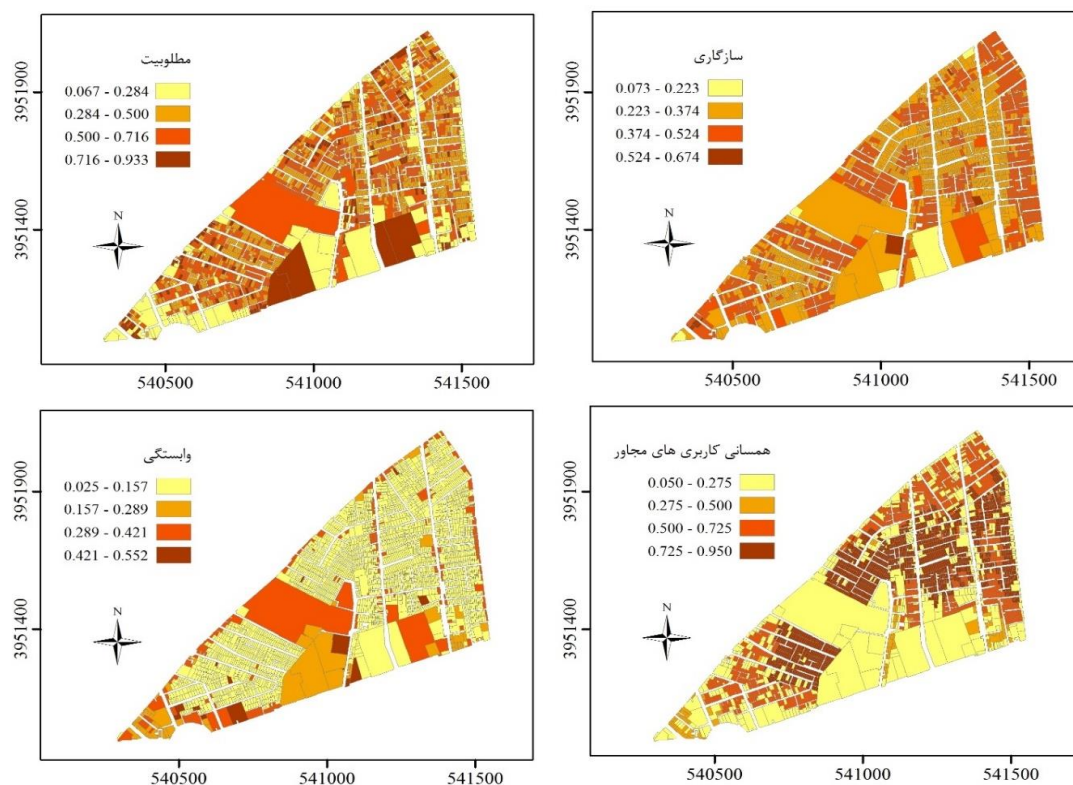
کمبود سرانه کاربری آموزشی در سطح راهنمایی در منطقه مورد مطالعه است. معیار همسانی کاربری‌های مجاور نیز به دلیل عدم وجود کاربری آموزشی در سطح راهنمایی در همسایگی این پلاک شهری کمترین مقدار را به خود اختصاص داده است. این کاربری از نظر فاصله از ایده آل مثبت نیز دارای کمترین مقدار و از نظر فاصله از ایده آل منفی نیز دارای بیشترین مقدار بین کاربری‌های دیگر است. کاربری موجود این پلاک شهری، بهداشتی در مقیاس منطقه است. با توجه به جدول ۷ کاربری بهداشتی در مقیاس منطقه دارای سازگاری و وابستگی پایینی با کاربری‌های همسایه بوده و از نظر معیار مطلوبیت و همسانی با کاربری‌های مجاور نیز نمره پایینی دریافت کرده است. با توجه به مقدار معیار سرانه نیز می‌توان دریافت که منطقه‌ی مورد مطالعه از نظر سرانه بهداشتی در مقیاس منطقه دارای در وضعیت مطلوبی قرار دارد و نیازی به این کاربری از نظر سرانه احساس نمی‌شود. در نتیجه رتبه این کاربری برای پلاک شهری انتخاب شده دارای مقدار ۳۷ بوده و جزء آخرین اولویت‌ها برای این پلاک در نظر گرفته شده است.

جدول ۵- مقادیر معیارها و رتبه بندی کاربری های مختلف برای یک پلاک شهری

کاربری	سازگاری	وابستگی	مطلوبیت	سرانه	فاصله از A^+	فاصله از A^-	رتبه
مسکونی	کم تراکم	(0.23, 0.49, 0.75)	(0.02, 0.05, 0.33)	(0, 0, 0.4)	4.101	1.616	15
	تراکم متوسط	(0.24, 0.53, 0.75)	(0.03, 0.07, 0.32)	(0, 0, 0.4)	4.014	2.087	4
	تراکم بالا	(0.1, 0.27, 0.56)	(0.01, 0.03, 0.25)	(0, 0, 0.4)	4.241	1.407	25
تجاری	روزانه - هفتگی	(0.2, 0.46, 0.69)	(0.2, 0.45, 0.7)	(0, 0, 0.4)	4.042	1.524	17
	محله	(0.1, 0.25, 0.54)	(0.1, 0.26, 0.58)	(0, 0, 0.4)	4.228	1.286	31
	منطقه / شهر	(0.15, 0.38, 0.67)	(0.08, 0.28, 0.55)	(0.6, 1, 1)	4.078	1.745	11
آموزشی	مهد کودک	(0.17, 0.43, 0.67)	(0.18, 0.45, 0.71)	(0, 0, 0.4)	3.936	1.821	8
	دبستان	(0.28, 0.63, 0.85)	(0.29, 0.65, 0.9)	(0, 0, 0.4)	3.768	2.11	3
	راهنمایی	(0.39, 0.82, 1)	(0.3, 0.61, 0.96)	(0.6, 1, 1)	3.641	2.634	1
	دبیرستان	(0.22, 0.52, 0.78)	(0.08, 0.33, 0.6)	(0.6, 1, 1)	3.868	2.188	2
	هنرستان	(0.09, 0.34, 0.59)	(0.08, 0.33, 0.6)	(0.6, 1, 1)	3.963	2.04	5
مذهبی	دانشگاه/دانشکده	(0.08, 0.3, 0.55)	(0.01, 0.04, 0.39)	(0.6, 1, 1)	4.12	1.856	9
	مقیاس محله	(0.2, 0.45, 0.68)	(0.2, 0.45, 0.69)	(0, 0, 0.4)	4.051	1.509	18
	مقیاس ناحیه	(0.08, 0.23, 0.49)	(0.12, 0.3, 0.62)	(0, 0, 0.4)	4.223	1.287	30
تجارتی	مقیاس منطقه	(0.11, 0.3, 0.57)	(0.04, 0.18, 0.43)	(0, 0, 0.4)	4.26	1.227	32
	مقیاس محله	(0.14, 0.35, 0.6)	(0.14, 0.35, 0.63)	(0, 0, 0.4)	4.142	1.386	24
	مقیاس ناحیه	(0.12, 0.31, 0.58)	(0.19, 0.42, 0.75)	(0, 0, 0.4)	4.12	1.44	20
اداری	مقیاس منطقه	(0.02, 0.05, 0.36)	(0, 0.01, 0.35)	(0, 0, 0.4)	4.477	1.003	37
	مقیاس ناحیه	(0.04, 0.15, 0.37)	(0.12, 0.31, 0.63)	(0, 0, 0.4)	4.158	1.52	19
	مقیاس منطقه	(0.04, 0.18, 0.42)	(0.04, 0.19, 0.44)	(0, 0, 0.4)	4.21	1.438	22
فرهنگی	مقیاس محله	(0.18, 0.41, 0.65)	(0.14, 0.33, 0.64)	(0, 0, 0.4)	4.115	1.429	21
	مقیاس ناحیه	(0.12, 0.29, 0.59)	(0.13, 0.31, 0.63)	(0, 0, 0.4)	4.176	1.358	26
	مقیاس منطقه	(0.11, 0.3, 0.57)	(0.01, 0.02, 0.29)	(0, 0, 0.4)	4.347	1.129	33
ورزشی	مقیاس محله	(0.14, 0.35, 0.61)	(0.15, 0.36, 0.64)	(0, 0, 0.4)	4.134	1.399	23
	مقیاس ناحیه	(0.25, 0.57, 0.8)	(0.2, 0.45, 0.79)	(0.4, 0.6, 0.8)	3.911	1.9	7
	مقیاس منطقه	(0.19, 0.48, 0.74)	(0.1, 0.36, 0.64)	(0, 0, 0.4)	3.964	1.766	10
تفریحی	مقیاس محله	(0.19, 0.44, 0.67)	(0.21, 0.48, 0.72)	(0, 0, 0.4)	4.041	1.527	16
	مقیاس ناحیه	(0.08, 0.22, 0.48)	(0.18, 0.44, 0.71)	(0, 0, 0.4)	4.173	1.352	27
	مقیاس منطقه	(0.14, 0.36, 0.64)	(0.37, 0.78, 1)	(0, 0, 0.4)	3.974	1.688	12
سایر	مقیاس محله	(0.1, 0.26, 0.51)	(0, 0.01, 0.23)	(0, 0, 0.4)	4.391	1.06	34
	مقیاس ناحیه	(0.03, 0.15, 0.37)	(0, 0, 0.22)	(0, 0, 0.4)	4.474	0.951	38
	مقیاس ناحیه	(0.04, 0.19, 0.42)	(0, 0, 0.27)	(0, 0, 0.4)	4.431	1.018	35
پارک	مقیاس محله	(0.13, 0.32, 0.59)	(0.13, 0.34, 0.62)	(0, 0, 0.4)	4.035	1.68	14
	مقیاس ناحیه	(0.26, 0.59, 0.82)	(0.2, 0.45, 0.79)	(0, 0, 0.4)	3.852	1.978	6
	مقیاس منطقه	(0.16, 0.38, 0.67)	(0.07, 0.26, 0.54)	(0, 0, 0.4)	4.039	1.682	13

شکل ۷ مقادیر غیر فازی شده ی معیارهای مطلوبیت، سازگاری، وابستگی و همسانی کاربری های مجاور را برای کاربری های موجود در منطقه ی مورد مطالعه نشان می دهد. در این شکل اعداد بزرگ تر وضعیت بهتر را نشان می دهند. همان طور که در این شکل ملاحظه می شود، معیار

همسانی کاربری های مسکونی در وضعیت مناسبی قرار دارند. علت این امر هم قرار گرفتن این کاربری ها در مجاورت یکدیگر است. از نظر وابستگی نیز کاربری های مسکونی وابستگی نسبتاً کمتری را نسبت همدیگر دارند.



شکل ۷- مقدار غیر فازی شده معیارهای ارزیابی کاربری های شهری

شهری است. در غیر این صورت، کاربری یا کاربری های دیگری وجود دارد که نسبت به کاربری موجود برای پلاک موردنظر مناسب تر است. از نظر تعداد پلاک های شهری، ۷۷٫۲ درصد پلاک های موجود در منطقه مورد مطالعه دارای اولویت اول برای پلاک های خود می باشند. در حالی که اکثر پلاک های با مساحت بالا که کاربری هایی مانند صنعتی، بهداشتی و آموزشی را به خود اختصاص داده اند، دارای اولویت اول برای کاربری های خود نیستند. از نظر مساحت، پلاک هایی که دارای کاربری با اولویت اول هستند، تنها ۴۴٫۶ درصد از مساحت کل پلاک های منطقه را به خود اختصاص داده اند.

شکل ۸ رتبه کاربری های موجود در اولویت بندی کاربری ها برای هر یک از پلاک های شهری در منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد. با توجه به معیارهای ارزیابی محاسبه شده برای هر یک از پلاک ها، کاربری های موجود برای این پلاک ها مورد ارزیابی قرار گرفته و بین تمامی کاربری ها، رتبه بندی شده اند. این رتبه بندی می تواند به عنوان شاخص مناسبی برای ارزیابی کاربری های پلاک های شهری مورد استفاده قرار گیرد. وقتی کاربری موجود یک پلاک، رتبه اول را به خود اختصاص می دهد، این بدین معناست که این کاربری با توجه به معیارهای ارزیابی، مناسب ترین کاربری برای این پلاک های



شکل ۸- رتبه کاربری های موجود پلاک های شهری با توجه به معیارهای ارزیابی کاربری های شهری

شکل ۹ درصد کاربری‌های مختلف برای اولویت‌های مختلف را به صورت نمودار نشان می‌دهد. به عبارت دیگر، شکل ۹ نمودار تجمعی کاربری‌ها با توجه به اولویت‌های اول تا ۳۸ را نشان می‌دهد. به طور مثال، ۷۰ درصد پلاک‌هایی که دارای کاربری آموزشی هستند، این کاربری دارای اولویت ششم یا بهتر برای این پلاک‌های شهری است. با توجه به شکل، کاربری صنعتی، بین همه کاربری‌ها بدترین وضعیت را دارد و در بهترین حالت این کاربری برای پلاک‌هایی که دارای کاربری صنعتی هستند اولویت ۳۴ را داراست. علت این امر نیز می‌تواند سازگاری پایین با کاربری‌های دیگر، وابستگی کم با دیگر کاربری‌ها و عدم نیاز به کاربری صنعتی در این منطقه شهری با توجه معیار سرانه باشد. مطلوب‌ترین کاربری نیز از نظر جای‌گیری صحیح در پلاک‌های شهری، کاربری مسکونی است و این امر به دلیل تأمین سرانه مطلوب و نیز همسانی قابل قبول این نوع کاربری است.

۶- بحث

تخصیص کاربری‌های بهینه به پلاک‌های شهری باعث بهبود سطح کیفیت زندگی مناطق شهری شده و تداخلات کاربری‌ها را به حداقل می‌رساند. روش‌های بهینه‌سازی کاربری‌های شهری برای هر قطعه تنها یک کاربری پیشنهاد می‌دهد. همچنین یکی از عوامل مهم در عدم موفقیت اجرای طرح‌های برنامه‌ریزی شهری انجماد و عدم انعطاف این طرح‌ها است. درحالی که مشخص نمودن اولویت‌های بعدی می‌تواند به انعطاف‌پذیری این طرح‌ها و در نتیجه تصمیم‌گیری بهتر در مورد کاربری تک‌تک قطعات شهری کمک نماید. با در اختیار داشتن اولویت‌های مختلف کاربری شهری برای هر یک از قطعات شهری، در صورت نیاز به تغییر کاربری چند قطعه در این طرح‌ها، برنامه‌ریزان شهری از گزینه‌های دیگری به صورت اولویت‌بندی برخوردار هستند. با توجه به این که گزینه‌های پیش روی برنامه‌ریزان از نظر معیارهای برنامه‌ریزی شهری اولویت‌بندی گردیده‌اند، با تغییر کاربری چند قطعه به این گزینه‌ها، کمترین افت را در این معیارها شاهد خواهیم بود.

در این تحقیق، به منظور اولویت‌بندی کاربری‌ها برای هر یک از قطعات شهری، از روش Fuzzy TOPSIS استفاده شده است. با توجه به ماهیت تقریبی معیارهای

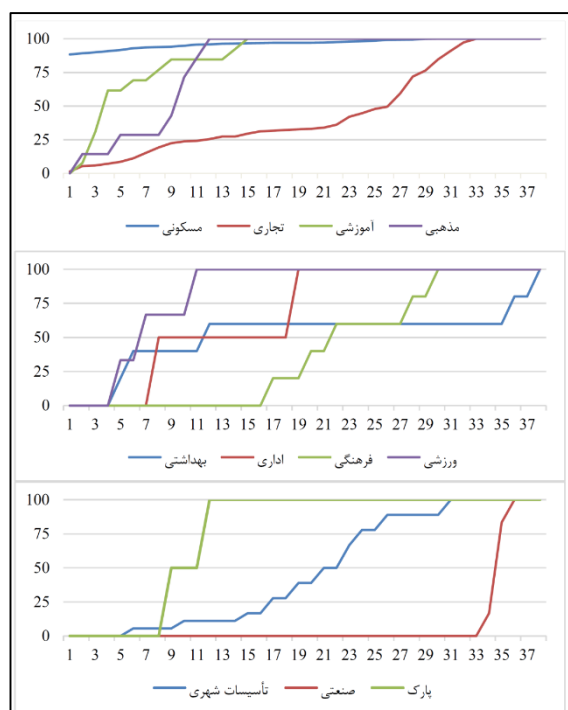
ارزیابی کاربری‌های شهری، محاسبات فازی برای محاسبه این معیارها به کار گرفته شد. اوزان ذهنی و عینی هر یک از معیارها نیز به صورت فازی برآورد گردید. نتایج به دست آمده از این تحقیق می‌تواند به عنوان مکملی برای طراح‌های هدایت توسعه شهری، به پویا و انعطاف‌پذیری این طرح‌ها کمک نماید. از ویژگی‌های بارز این تحقیق نسبت به کارهای مشابه می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- استفاده از محاسبات فازی برای محاسبه معیارهای ارزیابی کاربری‌های شهری.
- استفاده از حد آستانه و شعاع تأثیرگذاری متفاوت برای هر یک از کاربری‌های شهری.
- تعیین اوزان عینی معیارهای ارزیابی کاربری‌های شهری.
- استفاده از تکنیک Fuzzy TOPSIS به منظور رتبه‌بندی کاربری‌های شهری برای هر یک از پلاک‌های شهری.
- قابلیت تعیین کاربری‌های مستعد تغییر در منطقه مورد مطالعه.

- ارائه بهترین کاربری جایگزین برای کاربری مستعد تغییر با توجه به معیارهای ارزیابی کاربری اراضی. تحقیقات زیادی در زمینه تخصیص بهینه کاربری‌های شهری صورت گرفته است. طرح‌های پیشنهادی این تحقیقات اولویت‌های بعدی کاربری‌های را برای قطعات شهری نظر نگرفته و در صورت تغییر کاربری یک یا چند پلاک شهری اثرات متقابل کاربری‌ها و مناسبت کاربری برای پلاک مورد نظر باعث افت شدید معیارهای ارزیابی طرح‌های پیشنهادی می‌گردد. از محدود کارهایی که اقدام به اولویت‌بندی کاربری‌ها برای تک‌تک قطعات شهری می‌نماید می‌توان به کار عسگری مهرآبادی و همکاران [۲۳] اشاره نمود. از ویژگی‌های این تحقیق نسبت به تحقیق ایشان می‌توان به استفاده از حد آستانه و شعاع تأثیرگذاری متفاوت برای هر یک از کاربری‌های شهری، تعیین اوزان عینی و ذهنی معیارها به صورت فازی و در نظر گرفتن معیارهای فازی بیشتری اشاره نمود.

از محدودیت‌های این تحقیق می‌توان به ثابت در نظر گرفتن پلاک‌های شهری و عدم ادغام آن‌ها در صورت لزوم اشاره کرد. همچنین اوزان ذهنی در نظر گرفته شده در این تحقیق، نتایج اولویت‌بندی را وابسته به نظر کارشناسان می‌کند و وجود تفاوت دیدگاه در بین

کاربری مختلف با در نظر گرفتن آستانه فعالیت و شعاع‌های متفاوت برای تعیین همسایگی هر یک از این کاربری‌ها، نتایج اولویت‌بندی مدل پیشنهادی با واقعیت موجود مطابقت بیشتری پیدا کرده است. با پیاده‌سازی این مدل بر روی داده‌های مکانی منطقه‌ی مورد مطالعه نشان داد که ۷۷٫۲ درصد کاربری‌های موجود دارای اولویت اول برای پلاک‌های خود هستند و ۲۲٫۸ درصد از پلاک‌ها، کاربری با اولویت اول را به خود اختصاص داده‌اند. در نتیجه ۲۲٫۸ درصد پلاک‌های شهری در منطقه مورد مطالعه می‌تواند مستعد تغییر باشند. البته با تغییر این کاربری‌ها، معیارهای سایر پلاک‌ها نیز می‌تواند دستخوش تغییر قرار گیرد. از این‌رو، در تحقیقات آتی می‌توان روش‌ها و سناریوهای مختلف تخصیص کاربری‌های شهری را با مدل پیشنهادی ادغام نمود و در یک فرایند تکراری چینش‌های بهینه کاربری‌ها را به دست آورد و به ارزیابی این چینش‌ها با روش‌های بهینه‌سازی معمول پرداخت.



شکل ۹- نمودار درصد کاربری‌های موجود در اولویت‌های مختلف

کارشناسان مختلف می‌تواند باعث تغییر نتایج به دست آمده شود. محدود کردن منطقه مورد مطالعه به یک ناحیه منزوی از مناطق دیگر شهر نیز می‌تواند اولویت‌بندی کاربری‌های قطعات نزدیک به مرز منطقه مورد مطالعه را تحت تأثیر قرار دهد.

استفاده از اولویت‌بندی کاربری‌ها برای تخصیص کاربری‌های بهینه می‌تواند به عنوان تحقیق آتی در نظر گرفته شود. اختصاص اولویت اول به هر پلاک شهری، اثرات متقابل کاربری‌ها دچار تغییر شده و در نتیجه معیارهای ارزیابی نیز دچار تغییر خواهند شد. تعریف سناریوهای تخصیص کاربری مناسب و استفاده از یک فرایند تکراری می‌تواند باعث بهبود معیارهای ارزیابی در کل منطقه مطالعه شده و چینش کاربری‌ها به حالت بهینه خود نزدیک می‌شوند.

۶- نتیجه‌گیری

اولویت‌بندی در کنار تخصیص بهینه کاربری‌های شهری به برنامه‌ریزان کاربری‌های شهری این امکان را می‌دهد که در کنار بهترین پیشنهاد کاربری برای هر یک از پلاک‌های شهری، کاربری‌هایی با اولویت‌های بعدی نیز در اختیار داشته باشند. این قابلیت در قالب یک سیستم حامی برنامه‌ریزی کاربری‌های شهری گزینه‌های بعدی جایگزین کاربری بهینه هر پلاک شهری را در اختیار برنامه‌ریزان قرار می‌دهد تا بتوانند در صورت نیاز، گزینه‌های مناسب دیگری برای جایگزینی کاربری هر پلاک شهری انتخاب نمایند. بر همین اساس هدف از این تحقیق ارائه یک مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره برای اولویت‌بندی کاربری‌های شهری است. معیارهای در نظر گرفته شده در مدل پیشنهادی شامل تأثیرات همسایگی از قبیل سازگاری، وابستگی و همسانی کاربری‌های مجاور، مناسبیت فیزیکی و سرانه است. با توجه به ماهیت تقریبی اکثر پارامترهای تعیین‌کننده مقدار این معیارها، محاسبات فازی برای مدل‌سازی و تعیین مقادیر این معیارها به کار گرفته شد. با توجه به استفاده از ۳۸

مراجع

- [1] Y. Xie, "A generalized model for cellular urban dynamics," *Geographical Analysis*, vol. 28, pp. 350-373, 1996.
- [2] E. Shia, *Introduction to the Principles of Urban Planning (In Persian)*: Iran University of Science & Technology, 2014.

- [3] A. Saidnia, Urban land-use (In Persian) vol. Two. Tehran: Publication of Tehran Urban Planning & Research Center (TUPRC), 1999.
- [4] A. Haque and Y. Asami, "Optimizing urban land use allocation for planners and real estate developers," Computers, Environment and Urban Systems, vol. 46, pp. 57-69, 2014.
- [5] R. Mosadeghi, J. Warnken, R. Tomlinson, and H. Mirfenderesk, "Comparison of Fuzzy-AHP and AHP in a spatial multi-criteria decision making model for urban land-use planning," Computers, Environment and Urban Systems, vol. 49, pp. 54-65, 2015.
- [6] M. Zhou, S. Tan, L. Tao, X. Zhu, and G. Akhmat, "An interval fuzzy land-use allocation model (IFLAM) for Beijing in association with environmental and ecological consideration under uncertainty," Quality & Quantity, vol. 49, pp. 2269-2290, 2015.
- [7] C. Kadaifci, S. K. Usta, and E. Cevikcan, "Analytic Hierarchy Process and Fuzzy Rule Based System-Integrated Methodology for Urban Land Use Planning," in Intelligence Systems in Environmental Management: Theory and Applications, ed :Springer, 2017, pp. 385-411.
- [8] S. Abolhasani, M. Karimi, and M. Taleai, "Modeling Index of land use Suitability Based on Vector-Based Cellular Automata by Focusing on Neighborhood Effect and Application to Simulating Land Use Changes," Journal of Geomatics Science and Technology, vol. 5, pp. 25-42, 2015.
- [9] Z. Masoomi, M. S. Mesgari, and M. Hamrah, "Allocation of urban land uses by Multi-Objective Particle Swarm Optimization algorithm," International Journal of Geographical Information Science, vol. 27, pp. 542-566, 2013.
- [10] K. Cao, B. Huang, S. Wang, and H. Lin, "Sustainable land use optimization using Boundary-based Fast Genetic Algorithm," Computers, Environment and Urban Systems, vol. 36, pp. 257-269, 2012.
- [11] J. Malczewski, "GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview," Progress in Planning, vol. 62, pp. 3-65, 7// 2004.
- [12] K. M. Ullah and A. Mansourian, "Evaluation of Land Suitability for Urban Land-Use Planning: Case Study Dhaka City," Transactions in GIS, 2015.
- [13] B. Montgomery and S. Dragičević, "Comparison of GIS-Based Logic Scoring of Preference and Multicriteria Evaluation Methods: Urban Land Use Suitability," Geographical Analysis, pp. n/a-n/a, 2016.
- [14] K. Cao, M. Batty, B. Huang, Y. Liu, L. Yu, and J. Chen, "Spatial multi-objective land use optimization: extensions to the non-dominated sorting genetic algorithm-II," International Journal of Geographical Information Science, vol. 25, pp. 1949-1969, 2011.
- [15] S. Behzadi and A. A. Alesheikh, "Introducing a novel model of belief–desire–intention agent for urban land use planning," Engineering Applications of Artificial Intelligence, vol. 26, pp. 2028-2044, 2013.
- [16] M. Shaygan, A. Alimohammadi, A. Mansourian, Z. S. Govara, and S. M. Kalami, "Spatial Multi-Objective Optimization Approach for Land Use Allocation Using NSGA-II," IEEE JOURNAL OF SELECTED TOPICS IN APPLIED EARTH OBSERVATIONS AND REMOTE SENSING, 2014.
- [17] S. Alaei moghadam, M. Karimi, and M. Mohammadzadeh, "Modeling of Urban Land Use Allocation Using Reference-Point-Nondominated Sorting Genetic Algorithm II," Journal of Geomatics Science and Technology, vol. 4, pp. 47-66, 2015.
- [18] Z. Masoomi and M. S. Mesgari, "Spatial modeling of urban land use change using NSGA-II algorithm and clustering of the Pareto-front for urban dynamic plans," Journal of Geomatics Science and Technology, vol. 5, pp. 139-157, 2015.
- [19] J. C. Aerts, M. van Herwijnen, and T. J. Stewart, "Using simulated annealing and spatial goal programming for solving a multi site land use allocation problem," in International Conference on Evolutionary Multi-Criterion Optimization, 2003, pp. 448-463.
- [20] A. Tale Jenekanlou, M. Karimi, and M. Taleai, "Residential Land Suitability Assessment Using Fuzzy Group TOPSIS-OWA," Journal of Geomatics Science and Technology, vol. 4, pp. 29-46, 2015.
- [21] M. Bakhtiarifar, M. Mesgari, M. Karimi, and A. chehrehghani, "Changing Land Uses, Using Spatial Multi-Criteria Decision Analyses (In Persian)," JOURNAL OF ENVIRONMENTAL STUDIES, vol. 58, 2011.
- [22] R. Wickramasuriya, L. A. Chisholm, M. Puotinen, N. Gill, and P. Klepeis, "An automated land subdivision tool for urban and regional planning: Concepts, implementation and testing," Environmental Modelling & Software, vol. 26, pp. 1675-1684, 2011.
- [23] M. H. Asgari Mehrabadi, M. S. Mesgari, A. Alimohammadi, and s. Khatibi, "Development of an agent-based dynamic model for prioritizing land-use types for each land-unit (In Persian)," presented at the International Conference on Civil Engineering Architecture & Urban Sustainable Development, 1392.

- [24] Z. Masoumi, J. Maleki, M. S. Mesgari, and A. Mansourian, "Using an Evolutionary Algorithm in Multiobjective Geographic Analysis for Land Use Allocation and Decision Supporting," *Geographical Analysis*, 2016.
- [25] K. Khalili-Damghani, B. Aminzadeh-Goharrizi, S. Rastegar, and B. Aminzadeh-Goharrizi, "Solving land-use suitability analysis and planning problem by a hybrid meta-heuristic algorithm," *International Journal of Geographical Information Science*, 2014.
- [26] T. J. Stewart and R. Janssen, "A multiobjective GIS-based land use planning algorithm," *Computers, Environment and Urban Systems*, vol. 46, pp. 25-34, 2014.
- [27] J. Porta, J. Parapar, R. Doallo, F. F. Rivera, I. Santé, and R. Crecente, "High performance genetic algorithm for land use planning," *Computers, Environment and Urban Systems*, vol. 37, pp. 45-58, 2013.
- [28] S. Abolhasani, M. Taleai, M. Karimi, and A. Rezaee Node, "Simulating urban growth under planning policies through parcel-based cellular automata (ParCA) model," *International Journal of Geographical Information Science*, pp. 1-26, 2016.
- [29] M. Taleai, A. Sharifi, R. Sliuzas, and M. Mesgari, "Evaluating the compatibility of multi-functional and intensive urban land uses," *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, vol. 9, pp. 375-391, 12// 2007.
- [30] C. Hwang and K. Yoon, "Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications, Springer," Berlin Heidelberg, 1981.
- [31] M. Menhaj, B., *Fuzzy Computations (In Persian)* (vol. 3. Tehran: Danesh Negar, 2011.
- [32] K. S. Ray, *Soft Computing and Its Applications, Volume One: A Unified Engineering Concept* vol. 1: CRC Press, 2014.
- [33] C.-T. Chen, "Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment," *Fuzzy sets and systems*, vol. 114, pp. 1-9, 2000.
- [34] L. A. Zadeh, "The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning—I," *Information sciences*, vol. 8, pp. 199-249, 1975.
- [35] M. R. Pour-Mohammadi, *Urban Land-use Planning (In Persian)*, 9 ed.: samt, 2013.
- [36] J. Maleki, F. Hakimpour, and Z. Masoumi, "A Parcel-Level Model for Ranking and Allocating Urban Land-Uses," *ISPRS International Journal of Geo-Information*, vol. 6, p. 273, 2017.
- [37] L. Yang, X. Sun, L. Peng, J. Shao, and T. Chi, "An improved artificial bee colony algorithm for optimal land-use allocation," *International Journal of Geographical Information Science*, pp. 1-20, 2015.
- [38] M. Asgharpour, *Multi-criteria decision making (In Persian)*. Tehran: University of Tehran, 2015.
- [39] K. Yoon and C. Hwang, "TOPSIS (technique for order preference by similarity to ideal solution)—a multiple attribute decision making, w: Multiple attribute decision making—methods and applications, a state-of-the-art survey," ed: Berlin: Springer Verlag, 1981.
- [40] Maab-Consulting-Engineers, *Definitions and concepts of urban land-uses and determining the per capita (In Persian)*: Iran's Supreme Council for Planning and Architecture, 2010.
- [41] T.-C. Wang and H.-D. Lee, "Developing a fuzzy TOPSIS approach based on subjective weights and objective weights," *Expert Systems with Applications*, vol. 36, pp. 8980-8985, 2009.