تخصیص کاربری اراضی مناطق روستایی با استفاده از الگوریتم ژنتیک

ابراهیم ابراهیمی[۱]، محمد کریمی*[۲]، پرستو پیله فروش‌ها[۳]

[۱] کارشناس ارشد سیستم‌های اطلاعات مکانی - دانشکده مهندسی نقشه‌برداری - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
e.ebrahimi@email.kntu.ac.ir

[۲]دانشیار دانشکده مهندسی نقشه‌برداری - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
mkarimi@kntu.ac.ir

[۳]دکتری سیستم‌های اطلاعات مکانی - دانشکده مهندسی نقشه‌برداری - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
pilehforoosh.p@gmail.com

(تاریخ دریافت فروردین ۱۳۹۹، تاریخ تصویب آبان ۱۳۹۹)

چکیده

روستا نشینی شکل ویژه‌ای از زندگی مردم بوده و نقش مهمی در فرایندهای توسعه اقتصادی، اجتماعی و سیاسی دارا می‌باشد. در این زمینه طرح هادی روستایی در راستای فراهم سازی زمینه توسعه و عمران و با هدف تخصیص مناسب و بهینه کاربری‌های روستایی به منظور توسعه پایدار انجام می‌شود. با این وجود، عدم مکان‌یابی بهینه کاربری‌های پیشنهادی در این طرح‌ها یکی از نقاط ضعف آن‌ها به شمار می‌آید. این موضوع سبب عدم دسترسی مناسب کاربری‌ها، عدم سازگاری یک کاربری با کاربری‌های مجاور و در نتیجه عدم فراهم‌سازی بستر مناسب برای رشد روستا می‌شود. به منظور حل این مشکل، هدف این پژوهش تخصیص بهینه کاربری اراضی روستایی به وسیله الگوریتم ژنتیک به عنوان یک منبع پیشنهادی برای ارتقاء و تدوین بهتر طرح هادی روستایی است. به منظور نیل به این مهم، ابتدا محدودیت‌ها شامل حریم رودخانه و حریم مرغداری به داده‌ها اعمال شدند. سپس، با استفاده از چهار معیار همسایگی (سازگاری، وابستگی و متمرکزسازی)، دسترسی، پتانسیل فیزیکی و مقاومت در برابر تغییرات، و با در نظر گرفتن مساحت تعیین شده در طرح هادی به عنوان تقاضای کاربری‌ها، الگوریتم ژنتیک در ساختار برداری اجرا و کاربری‌های روستایی تخصیص داده شدند. مدل پیشنهادی در روستای نعمت آباد و با استفاده از نقشه کاربری سال ۱۳۹۵، به منظور تولید نقشه کاربری سال ۱۳۹۶ پیاده سازی شد. به منظور دستیابی به نقشه کاربری پیشنهادی، ابتدا وزن معیارهای مدل در پنج سناریو مختلف تغییر و اعتبارسنجی مدل در هر سناریو با استفاده از محاسبه ضریب کاپا و دقت کلی انجام شد. با توجه به نتایج حاصل شده، سناریو سوم با دیدگاه اقتصادی دارای دقت کل ۷۱٪ بوده و بنابراین، از وزن‌های اختصاص یافته به معیارها در این سناریو برای تهیه نقشه نهایی پیشنهادی استفاده گردید. افزون بر این، نتایج حاصل شده نشان داد که معیارهای همسایگی و دسترسی از مهم‌ترین عوامل در طرح هادی روستایی می‌باشند.

واژگان کلیدی: کاربری اراضی، تخصیص، الگوریتم ژنتیک، بهینه‌سازی، برنامه‌ریزی روستایی

* نویسنده رابط

۱- مقدمه

روستانشینی شکل ویژه‌ای از استقرار و معیشت انسان و جلوه بارزی از حیات اقتصادی و اجتماعی است که با نظامی کم و بیش پایدار در طی قرون متمادی دوام یافته است. نقش و جایگاه روستا در فرایندهای توسعه اقتصادی، اجتماعی و سیاسی در مقیاس محلی، منطقه‌ای، ملی و بین المللی موجب توجه جدی به نواحی روستایی گردیده است. افزون بر این، پیامدهای توسعه نیافتگی مناطق روستایی چون فقر، نابرابری فزاینده و رشد سریع جمعیت بیکار بر اهمیت این موضوع افزوده است [۱]. از این رو، در سال‌های اخیر توجه به تعیین رویکردی مناسب برای توسعه‌ی کاربری اراضی سکونتگاه روستایی، شناخت ضرورت‌ها، محدودیت‌ها و امکانات توسعه همه‌جانبه و پایدار کالبدی در عرصه‌های روستایی اولویت ویژه‌ای یافته و در دستور کار سازمان‌ها و نهادهای توسعه روستایی قرار گرفته است.

در این زمینه طرح هادی روستایی در راستای فراهم سازی زمینه توسعه و عمران و با هدف تخصیص مناسب و بهینه کاربری‌های روستایی به منظور توسعه پایدار انجام می‌شود. در واقع این طرح‌ها به منزله سند توسعه اقتصادی- اجتماعی روستا تلقی شده که بر اساس آن تمامی نیازمندی‌های مسکونی، خدماتی و رفاهی برای افق طرح، با لحاظ نمودن تمامی ضوابط در چارچوب جایگاه روستا در طرح‌های فرادست مکان‌یابی می‌شوند.

با این وجود، عدم مکان‌یابی بهینه کاربری‌های پیشنهادی در طرح‌های هادی روستایی یکی از نقاط ضعف این طرح‌ها به شمار می‌آید. این موضوع سبب عدم دسترسی مناسب کاربری‌ها، عدم سازگاری یک کاربری با کاربری‌های مجاور و در نتیجه عدم فراهم‌سازی بستر مناسب برای رشد روستا می‌شود [۲]. بنابراین به نظر می رسد ارائه روشی برای تخصیص بهینه کاربری اراضی روستایی که به عنوان یک منبع پیشنهادی برای کمک به مشاورین طرح هادی در نظر گرفته شود، امری ضروری بوده و به ادامه حیات و مدیریت صحیح روستاها یاری رساند.

به طور کلی، برنامه‌ریزی کاربری اراضی دانش تقسیم زمین و مکان برای کاربردها و مصارف مختلف زندگی می باشد. به عبارتی برنامه‌ریزی کاربری اراضی را می‌توان فرایند تخصیص فعالیت‌ها و یا کاربری‌های مختلف به واحد مشخصی از زمین در یک ناحیه تعریف کرد[۳]. فرایند تخصیص کاربری به وسیله تعیین مساحت مورد نیاز (تقاضا) و تناسب زمین (عرضه) و در نظر گرفتن شرایط حاکم بر منطقه مورد مطالعه انجام می‌گیرد. در این فرایند متغیرهای مختلفی بسته به مقیاس مورد مطالعه و نوع منطقه در نظر گرفته می‌شوند. در غالب تحقیقات این متغیرها به پنج دسته پتانسیل فیزیکی زمین، دسترسی، همسایگی، دشواری تغییر و محدودیت‌ها طبقه‌بندی شده‌اند [۴].

فرآیند تخصیص کاربری اراضی به دلیل اینکه مستلزم در نظر گرفتن چندین معیار یا هدف است، به صورت یک مسئله چند معیاره یا چند هدفه تعریف می‌شود [۵]. با توجه به این موضوع، در سال‌های اخیر روش‌ها و مدل‌های مختلفی به منظور کمک به برنامه‌ریزان در امر تصمیم‌گیری توسعه داده شده‌اند [۶]. یکی از پرکاربردترین روش‌ها برای حل این‌گونه مسائل، الگوریتم‌های فرا ابتکاری هستند. الگوریتم‌های فرا ابتکاری می‌توانند در هر بار اجرا چندین جواب بهینه را پیدا کنند. از این رو، گزینه مناسبی برای حل مسائل بهینه‌سازی چندمعیاره یا چند هدفه می‌باشند [۵،۷،۸].

تحقیقات زیادی در زمینه تخصیص کاربری اراضی در سال‌های اخیر صورت گرفته است. به عنوان نمونه سیزاس و همکاران (۲۰۰۷) از روش بهینه‌سازی چند هدفه به نام ژنتیک زمین به منظور مدلسازی تغییر کاربری زمین استفاده نمودند. اهداف به کار رفته در این مدل حداقل نمودن فرسایش خاک و حداکثر توقیف کربن با در نظر گرفتن مجموعه‌ای از قیود است [۹]. کای کوا و همکاران (۲۰۱۲) از برنامه‌ریزی خطی برای بهینه‌سازی کاربری اراضی در منطقه‌ای در پکن چین استفاده کردند که در آن جنبه‌های اقتصادی، عوامل زیست‌محیطی، عوامل اجتماعی و ویژگی‌های زمین‌شناسی در نظر گرفته شد. براساس نتایج این تحقیق، با استفاده از برنامه‌ریزی خطی می‌توان سناریوهای بهینه و یا نزدیک به بهینه با توجه به اهداف موردنظر را در منطقه مورد مطالعه ارائه نمود [۱۰].

لویی و همکاران (۲۰۱۳) با استفاده از روش تلفیقی بهینه‌سازی تجمعی ذرات (HPSO[۱])، تخصیص سه نوع کاربری مسکونی، صنعتی و تجاری را با در نظر گرفتن توابع هدف مناسبت زمین با کاربری، سازگاری و همسانی کاربری‌های مجاور با یکدیگر انجام دادند. در تحقیق مذکور بهینه‌سازی

۱ Hybrid Particle Swarm Optimization

به‌صورت تک هدفه انجام شده و تابع هدف به‌صورت مجموع وزن‌دار سه تابع هدف تعریف شده است. همچنین داده‌های مکانی به‌صورت رستری به کار رفته‌اند [۱۱].

از سوی دیگر در پژوهش انجام شده توسط پورتس و همکاران (۲۰۱۴) مدل ترکیبی تخصیص کاربری زمین ارائه شد که متشکل از مدل‌های رگرسیون لجستیک، زنجیره مارکوف و سلول‌های ماشینی بود [۱۲]. همچنین، در پژوهش وانگ و همکاران (۲۰۱۵) به منظور شبیه سازی تخصیص بهینه زمین از مدل DE-CA[1] استفاده شد. نتایج حاصل از شبیه‌سازی با این مدل نشان داد که سازگاری مناسبی بین خروجی مدل و شرایط واقعی وجود دارد [۱۳].

علایی مقدم و همکاران (۱۳۹۴) با استفاده از الگوریتم ژنتیک مرتب‌سازی نامغلوب نقطه مرجع (R-NSGA-II) به تخصیص ۸ دسته از کاربری‌ها همچون اداری، خدماتی، تجاری و غیره برای کلان‌شهر شیراز پرداختند. در این تحقیق از چهار متغیر سازگاری، دسترسی، تناسب فیزیکی و مقاومت در برابر تغییر به عنوان توابع هدف در تحقیق خود بهره جستند و در تلاش برای حل مسئله پرتو سعی بر بهینه کردن هم‌زمان این چهار هدف نمودند [۴]. بعلاوه، صفرزاده رامهرمزی و همکاران (۱۳۹۶) به مدلسازی تخصیص بهینه کاربری اراضی شهری به وسیله‌ی الگوریتم‌های فرا ابتکاری و رتبه‌بندی جواب‌ها بر مبنای یک شاخص مکانی تلفیقی پرداختند[۱۴]. طالشی و رحیمی‌پور (۱۳۹۶) با استفاده از مدل تخصیص چند هدفه، به پیش‌بینی الگوی تخصیص پایدار در اراضی روستایی پرداخته‌اند [۱۵]. با این وجود در این تحقیق تنها به استفاده از پتانسیل فیزیکی به عنوان معیار موثر اکتفا شده است. همچنین در زمینه استفاده از نرم افزارهای ایرانی تخصیص کاربری، می‌توان به نرم افزار ایرانی LAGA به منظور تخصیص کاربری اراضی با استفاده از الگوریتم ژنتیک (GA)[2] اشاره کرد [۱۶].

با بررسی تحقیقات صورت گرفته مشخص گردید که غالب تحقیقات انجام شده در زمینه بهینه‌سازی تخصیص کاربری، مرتبط با کاربری‌های شهری بوده است. این در حالی است که به دلیل تفاوت‌هایی که در زمینه تخصیص کاربری‌های شهری و روستایی وجود دارد، مدل‌های تخصیص کاربری اراضی شهری برای کاربری‌های روستایی مناسب نمی‌باشند. از جمله این تفاوت‌ها می‌توان به شعاع نفوذ کاربری‌ها اشاره کرد، به‌گونه‌ای که شعاع نفوذ کاربری ها در شهر بیشتر بوده و تا شعاع بیشتری کاربری‌های همسایه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. همچنین معیار دسترسی نیز در سطح روستا، به صورت یک معیار وابسته به فاصله و نوع شبکه ارتباطی می‌باشد. این در حالی است که در شهر مراکز عمده‌ای وجود دارد که می‌بایست در محاسبه دسترسی لحاظ شوند.

علاوه بر این، بررسی‌های صورت گرفته نشان می‌دهد که تحقیقات انجام شده در زمینه تخصیص کاربری‌های روستایی تنها به در نظر گرفتن تعدادی از پارامترهای موثر در فرایند تخصیص پرداخته‌اند. بعلاوه، نحوه تعیین اهمیت معیارهای مورد استفاده برای مناطق روستایی، از دیگر مواردی می‌باشد که در تحقیقات پیشین مورد توجه قرار نگرفته است.

در راستای حل مشکلات یاد شده، هدف این پژوهش تخصیص بهینه کاربری اراضی روستایی به صورت برداری به وسیله الگوریتم ژنتیک به عنوان یک منبع پیشنهادی برای ارتقاء و تدوین بهتر طرح‌های هادی روستایی است. به منظور نیل به این مهم، ابتدا محدودیت‌ها شامل حریم رودخانه و حریم مرغداری به داده‌ها اعمال شدند. سپس، با استفاده از چهار معیار همسایگی (سازگاری، وابستگی و متمرکزسازی)، دسترسی، پتانسیل فیزیکی و مقاومت در برابر تغییرات، و با در نظر گرفتن مساحت تعیین شده در طرح هادی به عنوان تقاضای کاربری‌ها، الگوریتم بهینه‌سازی ژنتیک در ساختار برداری اجرا و کاربری‌های روستایی تخصیص داده شدند. به منظور تعیین اهمیت معیارهای مورد استفاده در این تحقیق، با استفاده از رویکردی جدید، از نظر کارشناسان خبره استفاده شده است.

در ادامه، در بخش دوم ضمن بیان مواد و روش تحقیق، مدل پیشنهادی این تحقیق ارائه گردیده است و نتایج حاصل از اجرای مدل پیشنهادی در یک منطقه مطالعه موردی در بخش سوم مقاله مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌گیرد. در نهایت در بخش چهارم نتیجه‌گیری و پیشنهاد کارهای آینده ارائه می‌شود.

۲- مواد و روش ها

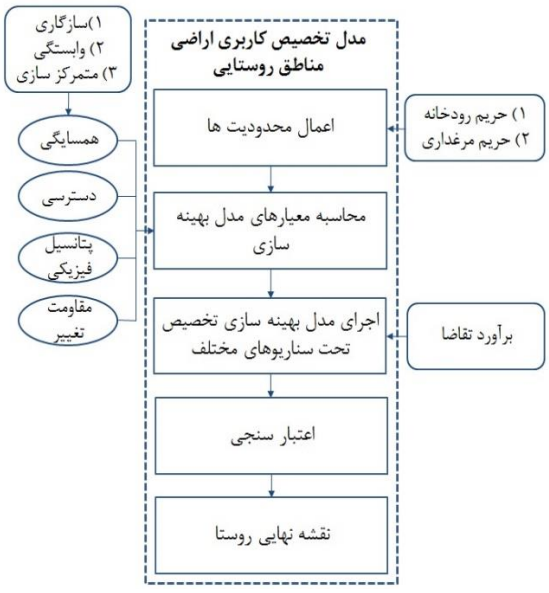
در این تحقیق فرایند تخصیص کاربری مطابق با فلوچارت ارائه شده در شکل (۱) مدلسازی شده است.

[1] Differential Evolution - Cellular Automata
[2] Genetic Algorithm

همانطور که در شکل (۱) نشان داده شده است، پس از جمع‌آوری داده‌های اولیه، ابتدا محدودیت‌ها به داده‌ها اعمال شدند. در مرحله بعد نقشه‌های معیار عوامل موثر تهیه شدند و به عنوان پارامترهای مدل بهینه‌سازی مورد استفاده قرار گرفتند. این معیارها شامل همسایگی، دسترسی، مقاومت تغییر کاربری‌ها و پتانسیل فیزیکی می‌باشند که می‌بایست ابتدا محاسبه و سپس با یکدیگر تلفیق شوند. شایان ذکر است در این تحقیق، بهینه‌سازی به‌صورت تک هدفه انجام شده و تابع هدف به صورت بیشینه‌سازی مجموع وزن‌دار معیارهای تعریف شده، در نظر گرفته شده است. همچنین، کاربری‌های در نظر گرفته شده در این تحقیق شامل کاربری‌های اداری، مسکونی، فضای سبز و تجاری می‌باشند.

در گام بعد، مساحت‌هایی که در طرح هادی برای تقاضای کاربری‌ها در نظر گرفته شده بود، به عنوان تقاضا در مدل بهینه سازی تخصیص وارد می‌شود. در این مرحله با تغییر وزن معیارها به منظور مدلسازی دیدگاه‌های مختلف در فرایند تخصیص کاربری، سناریوهای مختلف برای محاسبه تابع هدف در نظر گرفته شده و در هر سناریو، اعتبار سنجی مدل با استفاده از نقشه هادی روستایی سال ۱۳۹۶ انجام شد. در نهایت با مقایسه سناریوهای مختلف با نقشه مصوب روستا یکی از سناریوها که بیشترین مطابقت با نقشه مصوب روستا را دارا بود به عنوان نقشه نهایی توسعه روستا انتخاب می‌گردد.

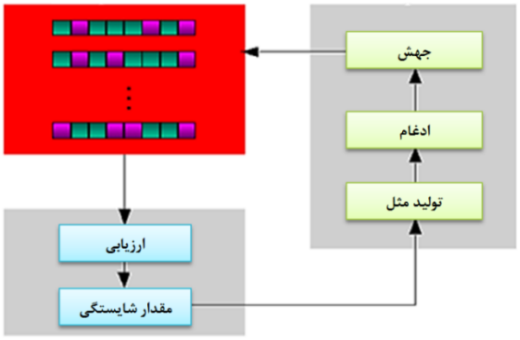
شایان ذکر است که داده‌های مکانی به صورت برداری به کار رفته‌اند. در ادامه هریک از مراحل فوق تشریح می‌گردند.



شکل ۱- مراحل انجام تحقیق

۲-۱- مدلسازی تخصیص کاربری با استفاده از الگوریتم ژنتیک

در این بخش مسئله تخصیص کاربری در الگوریتم فراابتکاری ژنتیک مدلسازی شده است. الگوریتم ژنتیک یکی از پرکاربردترین روش‌های فراابتکاری در مسئله بهینه‌سازی است. این الگوریتم در هر تکرار محاسباتی (نسل) روی جمعیتی از کروموزوم‌ها عمل کرده و تغییرات تصادفی روی مجموعه کروموزوم‌ها از طریق اعمال عملگرهای ژنتیکی (جهش و ادغام) روی کروموزوم‌ها انجام می‌دهد. پس از اعمال این عملگرها، جواب‌های مختلف به‌دست آمده از نظر عملکرد بر اساس تابع هدف ارزیابی شده و انتخاب برای نسل بعدی بر مبنای این ارزیابی انجام می‌شود. شکل (۲) نمای کلی الگوریتم ژنتیک را نشان می‌دهد [۱۷،۱۸].



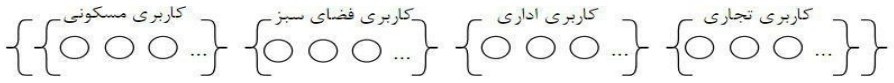
شکل۲- نمای کلی بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک[۱۷]

تعریف یک راه‌حل در قالب یک کروموزوم یکی از مراحل اصلی در بهینه‌سازی با استفاده از الگوریتم ژنتیک می‌باشد. کدگذاری ارائه شده در این پژوهش به صورت گسسته بوده و هریک از کروموزوم‌ها معرف یک نقشه‌ی پیشنهادی برای کاربری‌ها می‌باشد. کروموزوم‌ها شامل مجموعه‌ای از کاربری‌ها هستند که هریک از مجموعه کاربری‌ها، شامل شماره قطعات زمین است. به‌عبارتی دیگر ژن‌ها دو داده نوع کاربری و شماره قطعه را در خود ذخیره می‌کنند. شکل (۳) نحوه کدگذاری کروموزوم‌ها در الگوریتم ژنتیک را نشان می‌دهد.

جهت تشکیل هر کروموزوم از جمعیت اولیه، ابتدا قطعه زمین‌هایی که در بافت روستا (در سال ۸۴ مرز آن مشخص شده است) وجود داشت، حذف شده و مابقی قطعه زمین‌ها (۶۹۴ قطعه) شناسایی و به صورت تصادفی کاربری‌های جدید به آن‌ها تعلق می‌گیرد تا تقاضای مورد نیاز برآورده شود.

همچنین، برای انجام عمل تقاطع ابتدا بر اساس چرخ رولت دو والد انتخاب شده و سپس برای هر کاربری تعداد قطعات تخصیص یافته شده به آن کاربری شمارش شده و عدد به دست آمده را نصف کرده تا محل تقاطع برای هر کاربری در کروموزوم‌ها مشخص شود. سپس عمل تقاطع صورت می‌گیرد تا تقاضای مورد نیاز برآورده شود. همچنین درصورتی که در عمل تقاطع تکرار بین قطعات زمین صورت گیرد آن قطعه زمین به صورت خودکار حذف می‌شود. در انتها، با توجه به نرخ جهش، ژن‌ها انتخاب می‌شوند و عملگر جهش روی آن‌ها اعمال می‌شود بدین صورت که یک عدد تصافی از بین شماره قطعات زمین انتخاب شده و جایگزین ژن مورد نظر می‌شود و شرط تکراری نبودن شماره قطعه در آن کروموزم بررسی می‌شود.

تکمیل مراحل فوق، یک اجرای کامل از الگوریتم ژنتیک می‌باشد. کروموزوم با بهترین تابع هدف به عنوان بهترین جواب ذخیره می‌شود. همچنین تعدادی کروموزم به‌عنوان جواب‌های نخبه وارد نسل بعدی می‌شوند. شرط پایان حلقه نیز تعداد اجرای مشخص می‌باشد.



شکل ۳- نحوه کدگذاری کروموزوم‌ها در الگوریتم ژنتیک

۲-۲- تعریف تابع هدف

به طور کلی در مسائل تخصیص کاربری، از منظر پایداری اجتماعی یک منطقه ایده آل را منطقه‌ای با دسترسی و همسایگی مناسب میان کاربری‌ها تعریف می کنند. همچنین علاوه بر اهداف اجتماعی مذکور، عوامل دیگری در تخصیص بهینه کاربری اراضی چون پتانسیل فیزیکی قطعه زمین و مقاومت قطعه زمین در برابر تغییرات نیز از اهمیت بسیار زیادی برخوردار هستند [۵، ۱۴]. بنابراین در این تحقیق از چهار معیار همسایگی (سازگاری، وابستگی و متمرکزسازی)، دسترسی، پتانسیل فیزیکی و مقاومت در برابر تغییرات برای تعریف تابع هدف استفاده شده است. در این مسئله هدف یافتن قطعه‌هایی است که با تخصیص دادن کاربری‌های مسکونی، فضای سبز، اداری و تجاری به این قطعه‌ها مجموع اثرات همسایگی، دسترسی، اثر مقاومت در برابر تغییر و پتانسیل فیزیکی بیشینه شود.

بنابراین، برای سنجش میزان تناسب هر قطعه هنگامی که کاربری آن، به کاربری دیگری تغییر می‌یابد می‌بایست ابتدا عوامل مؤثر در تعین تناسب کلی آن قطعه شامل پتانسیل فیزیکی، اثر همسایگی، میزان دسترسی و مقاومت تغییر کاربری‌ها محاسبه و سپس با یکدیگر تلفیق شوند تا میزان بهینه بودن این تغییر کاربری مشخص شود. به همین منظور در این پژوهش از روش ارزیابی چند معیاره ترکیب خطی وزنی طبق رابطه (۱) استفاده‌شده است.

$$P_{ia} = W_a \times A_{ia} + W_s \times S_{ia} + W_n \times N_{ia} + W_r \times R_{ia} \qquad (۱)$$

در این رابطه P_{ia}، A_{ia}، S_{ia}، N_{ia} و R_{ia} به ترتیب بیانگر تناسب کلی، دسترسی، پتانسیل فیزیکی، همسایگی و اثر مقاومت برای قطعه i ام با کاربری a می‌باشند. همچنین اهمیت نسبی هر یک از معیارها توسط پارامترهای w_a، w_s، w_n و w_r بیان می‌شود. بعد از محاسبه تناسب کلی برای هر قطعه، تابع هدف طبق رابطه (۲) محاسبه می‌شود.

$$Fitness = \sum_{i}^{n} P(k.j) \qquad (۲)$$

در رابطه (۲)، n برابر با طول هر کروموزوم می‌باشد و p(k.j) برابر با تناسب کلی قطعه kام با کاربری j در درایه iام کروموزوم می‌باشد. در ادامه، معیارهای تشکیل دهنده تابع هدف مدل بهینه سازی شامل همسایگی، دسترسی، مقاومت در برابر تغییر و پتانسیل فیزیکی تشریح شده‌اند.

۲-۲-۱- همسایگی

اولین قانون توبلر در جغرافیا می‌گوید «هر چیزی بـه چیـز دیگـری مـرتبط می‌باشد اما چیزهای نزدیک از چیزهای دور دارای ارتباط بیشتری می‌باشند»[۱۹]. بر اساس قانون توبلر می‌توان گفت که در فرایند تخصیص کاربری به هر واحد از سرزمین، علاوه بر ویژگی‌های محیطی آن واحد، لحاظ نمودن توزیع مکـانی کاربری‌های اطراف آن واحد و به عبارتی همسایگی آن واحد ضروری به نظر می‌رسد. در این پژوهش معیار همسایگی از سه زیر معیار سازگاری، وابستگی و متمرکزسازی تشکیل می‌شود. برای محاسبه معیار همسایگی ابتدا هرکدام از زیر معیارها

را محاسبه و با تلفیق زیر معیارها، معیار همسایگی محاسبه می‌شود.

سازگاری: سازگاری به معنی نداشتن اثر منفی کاربری‌های مجاور بر روی یکدیگر است. به طور معمول سازگاری توسط ماتریسی بین کاربری‌ها تعریف می‌شود [۱۴]. این ماتریس فراهم‌کننده‌ی یک روش ارزیابی کلی برای حصول سازگاری میان قطعات مختلف زمین‌های روستایی می‌باشد [۲۰].

معصومی و همکاران [۲۱] برای بیان میزان سازگاری میان کاربری‌ها با استفاده از روش دلفی، ماتریس سازگاری را تشکیل داده و سپس با روش AHP[۱] سطوح مختلف سازگاری را کمی سازی کرده‌اند. در این تحقیق نیز به منظور محاسبه سازگاری از ماتریس سازگاری استفاده می‌گردد. به منظور نیل به این مهم، با استفاده از نظر کارشناسان، سازگاری در پنج کلاس، کاملاً سازگار، نسبتاً سازگار، خنثی، نسبتاً ناسازگار و کاملاً ناسازگار طبقه‌بندی شده است. سپس، مقادیر کیفی به‌دست‌آمده با استفاده از روش AHP به مقادیر عددی تبدیل می‌شوند.

وابستگی: هر نوع کاربری دارای یک مجموعه از روابط با سایر کاربری‌ها می‌باشد. این روابط تعریف کننده‌ی وابستگی هر کاربری به دیگر کاربری‌ها می‌باشد. وابستگی می‌تواند در مقیاس‌های مختلف شامل محلی، ناحیه‌ای، منطقه‌ای و فرا منطقه‌ای ارزیابی گردد[۲۲] سنجش مقدار وابستگی بسیار مشکل است چرا که به وسیله‌ی پارامترهای متعدد و از جنبه‌های مختلف قابل بررسی می‌باشد. از این رو به منظور مدلسازی وابستگی در بیشتر تحقیقات از ماتریس وابستگی استفاده می‌شود [۲۳]. در این تحقیق، معیار وابستگی همانند معیار سازگاری در پنج کلاس کاملاً وابسته، نسبتاً وابسته، وابستگی کم، نسبتاً مستقل و کاملاً مستقل طبقه‌بندی شده و سپس مقادیر کیفی به دست آماده با استفاده از روش AHP کمی سازی می‌شوند.

متمرکز سازی: به طور کلی، تمایل به ایجاد یک نوع کاربری در مجاورت کاربری مشابه بیشتر بوده و با هزینه کمتری صورت می‌گیرد[۲۴]. تعداد کاربری‌های مشابه در یک شعاع همسایگی را می‌توان عامل جذب کاربری مشابه دانست و شمار آن‌ها را تحت عنوان فاکتور متمرکزسازی بیان کرد[۲۵]. در این تحقیق به منظور محاسبه زیرمعیار متمرکز سازی همانند زیرمعیارهای سازگاری و وابستگی، از ماتریس متمرکز سازی استفاده می‌شود. متمرکزسازی همانند سازگاری و وابستگی در پنج کلاس طبقه‌بندی و سپس با استفاده از روش AHP کمی سازی می‌شود.

لازم به ذکر است به منظور محاسبه دقیق‌تر زیرمعیارهای سازگاری، وابستگی و متمرکزسازی، با در نظر گرفتن دو پارامتر شعاع نفوذ کاربری‌ها و مساحت کاربری‌های قطعات همسایه، امتیاز نهایی هرکدام از زیرمعیارهای سازگاری، وابستگی و متمرکزسازی برای کاربری‌های مختلف و تمامی قطعات نقشه براساس رابطه (۳) محاسبه می‌شود [۲۶].

$$N_{ab_{lkd}} = \left(\exp\left(\frac{\frac{A_b}{A_a}}{\frac{A_{max}}{A_{min}}} \right) * \exp\left(\frac{-d_{ab}}{1000} \right) \right) * I_{albk} \qquad (۳)$$

در این رابطه $N_{ab_{lkd}}$ بیانگر اثر همسایگی قطعه b با کاربری k بر قطعه a با کاربری l می‌باشد که در فاصله d از یکدیگر قرار گرفته‌اند. A_b، A_a، A_{max}، A_{min} و d_{ab} به ترتیب معرف مساحت قطعه b، مساحت قطعه a (هدف)، بیشترین و کمترین مساحت موجود در منطقه، و فاصله بین دو قطعه a و b است. همچنین I_{albk} میزان اثرات مثبت و منفی قطعه b با کاربری k بر قطعه هدف و یا تأثیر هر یک از سه زیرمعیار سازگاری، وابستگی و متمرکزسازی می‌باشد که در تحقیق حاضر بر اساس دانش کارشناسی و تحقیقات پیشین [۲۷، ۲۸] محاسبه می‌شود.

لازم به ذکر است که در تحقیق حاضر با توجه به محدوده مطالعاتی که یک منطقه روستایی بوده و با در نظر گرفتن آستانه فعالیت کاربری‌های مختلف روستایی، و همچنین لحاظ کردن نظرات کارشناسی، شعاع همسایگی ۴۰۰ متر مورد نظر قرارگرفته است. همچنین، برای بیان فاصله بین دو قطعه از روش اندازه‌گیری مرکز ثقل استفاده شده است.

در پایان اثر همسایگی هر قطعه برای هر کاربری از مجموع اثرات کلیه پارسل‌های مجاور در قالب سه گروه متمرکزسازی، وابستگی و سازگاری محاسبه می‌گردد. با توجه به ماهیت متفاوت کاربری‌های مختلف روستایی و زمینه توسعه آن‌ها در سطح روستا، برای ترکیب سه زیرمعیار متمرکزسازی، وابستگی و سازگاری، با توجه به نوع کاربری هدف می‌توان وزن‌های متفاوتی را اختصاص داد. بنابراین در رابطه (۴)، NE بیانگر همسایگی و S، Vو M به ترتیب بیانگر سازگاری، وابستگی و متمرکز سازی می‌باشند.

[۱] Analytical Hierarchy Process

همچنین، α، β و Ω به ترتیب، وزن مربوط به پارامترهای سازگاری، وابستگی و متمرکزسازی می‌باشند [۲۳].

$$NE = (\alpha S + \beta V + \Omega M) \qquad (۴)$$

۲-۲-۲- دسترسی

در این تحقیق معیار دسترسی به صورت یک معیار وابسته به فاصله و نوع شبکه ارتباطی تعریف شده است. به منظور استخراج این پارامتر برای هر یک از قطعات زمین فرض بر این است که هر قطعه زمین از نزدیک‌ترین نقطه شبکه (فاصله مستقیم) برای دسترسی به شبکه استفاده می‌کند. بدین منظور مسیرهای روستایی به دو دسته شریان‌های اصلی و فرعی تقسیم شده و سپس نقشه فاصله از راه‌های درجه ۱ و ۲ استخراج گردیده و به کمک نظر کارشناسان وزن دهی می‌شود. در نهایت، این دو نقشه به روش ارزیابی چند معیاره با یکدیگر تلفیق شده و دسترسی نهایی حاصل می‌گردد.

۲-۲-۳- مقاومت در برابر تغییر

در هنگام پیشنهاد تغییر کاربری در چینش‌ها لازم است سختی تغییر کاربری‌ها به یکدیگر مورد بررسی قرار گیرد. این امر بدین دلیل است که در بسیاری از موارد مشخصات مورد نیاز دو کاربری با هم تفاوت بسیار زیادی داشته [۲۹] و یا از نظر آیین‌نامه‌ای و اعتقادی امکان تغییر یک کاربری به کاربری دیگر وجود ندارد. به طور مثال به منظور حفاظت از محیط زیست لازم است برخی از کاربری‌ها مانند فضای سبز تا حد امکان تغییر نکنند. در واقع این معیار، مقاومت در برابر تغییر یک کاربری به کاربری دیگر را بیان می‌کند. در صورت امکان تغییر کاربری، اثر مقاومت توسط ماتریسی بین کاربری ها تحت عنوان ماتریس مقاومت تعریف می‌شود. ماتریس مقاومت استفاده شده در این تحقیق، توسط کارشناسان شهرسازی تکمیل گردیده است. در این ماتریس، میزان مقاومت کاربری برای تبدیل شدن به کاربری دیگر در پنج سطح خیلی سخت، سخت، متوسط، راحت و خیلی راحت مشخص شده و سپس با استفاده از روش AHP، کمی سازی شده است. درنهایت نقشه نهایی اثر مقامت تولید می‌شود.

۲-۲-۴- پتانسیل فیزیکی

یکی دیگر از عوامل مؤثر در تخصیص کاربری، پتانسیل زمین از نظر معیارهایی مانند ارتفاع، جنس خاک، شیب و آب و هوا برای کاربری مورد نظر است [۱۴]. در مباحث روستایی معمولاً غالب معیارها مانند جنس خاک و آب و هوا که در محیط روستایی یکسان است لحاظ نمی‌شوند و نقشه شیب که بیشترین تغییر را در محیط روستایی دارد، به عنوان نقشه پتانسیل فیزیکی لحاظ می‌شود.

در این پژوهش با توجه به آن‌که منطقه مورد مطالعه در سطح یک روستا می‌باشد و معیارهایی مانند جنس خاک و یا ارتفاع تغییرات چندانی ندارند، تنها از پارامتر شیب به منظور تعیین پتانسیل فیزیکی زمین استفاده شده است. بدین صورت که ابتدا با استفاده از نظر کارشناسان میزان شیب مجاز برای هر کاربری در پنج سطح طبقه‌بندی شده و سپس با استفاده از روش AHP کمی سازی می‌گردد. در نهایت نقشه پتانسیل فیزیکی برای هر یک از کاربری‌ها ایجاد می‌گردد.

۲-۳- محدودیت فیزیکی

در مسائل تخصیص کاربری اراضی روستایی محدودیت ها و شرایطی وجود دارد که می‌بایست در نظر گرفته شوند. این محدودیت‌ها شامل مناطقی می‌باشد که تغییر کاربری در آن‌ها ممنوع است. از جمله این مناطق، مناطق حفاظت‌شده و یا مناطقی که دارای حریم خاصی می‌باشند مانند مرغداری‌ها یا رودخانه‌ها می‌باشند [۲۹]. در این پژوهش، محدودیت‌های در نظر گرفته شده شامل حریم رودخانه و حریم مرغداری می‌باشند.

۲-۴- برآورد تقاضا

به طور کلی، برآورد تقاضا به معنای تعیین مساحت مورد نیاز کاربری‌ها می‌باشد. غالب مدل‌های موجود به منظور تعیین میزان مساحت موردنیاز کاربری‌ها از داده‌ها و روابط اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و داده‌های سال‌های قبل استفاده می‌کنند. در میان روش‌های مختلف مدلسازی، می‌توان به روش‌های تجربی بر پایه رشد جمعیت و توسعه اقتصادی[۳۰]، رگرسیون آماری[۳۱] و روش‌های برنامه‌ریزی خطی چند منظوره[۳۲] اشاره نمود.

در این تحقیق به دلیل اینکه تست و اعتبار سنجی نتایج حاصل از مدل، با مقایسه طرح هادی مصوب روستا انجام می گیرد، میزان تقاضای مورد نیاز برای هر کاربری برابر با مساحت‌هایی در نظر گرفته می‌شود که مشاور طرح هادی به عنوان تقاضا برای آن کاربری‌ها در نظر گرفته است.

۲-۵- اعتبارسنجی مدل

به منظور اعتبارسنجی مدل‌های تخصیص کاربری معمولاً از نقشه‌های کاربری واقعی به عنوان مبنا استفاده می‌شود[۳۲, ۳۳]. بنابراین، در این تحقیق، خروجی‌های حاصل از الگوریتم با نقشه طرح هادی روستا در سال ۱۳۹۶، از طریق محاسبه ضریب کاپا و دقت کلی مقایسه گردیدند. دقت کلی معادل نسبت تعداد قطعه‌های صحیح تخصیص یافته به تعداد قطعه‌های تخصیص یافته (تقاضای مورد نیاز) می‌باشد. علاوه بر این، ضریب کاپا میزان تشابه دو نقشه را در سطح قطعه محاسبه می‌کند.

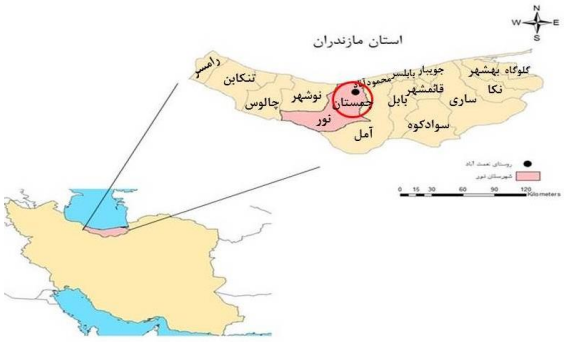
۳- پیاده سازی

در این بخش ابتدا منطقه مورد مطالعه در بخش ۳-۱ ارائه شده است. سپس، نحوه محاسبه معیارهای موثر در تشکیل تابع هدف مدل بهینه سازی در بخش ۳-۲، نحوه محاسبه تقاضا در بخش ۳-۳ و نحوه ارزیابی عملکرد الگوریتم بهینه‌سازی در بخش ۳-۴ ارائه می‌گردد. در نهایت در بخش ۳-۵ به اعتبار سنجی مدل و ارائه نقشه پیشنهادی پرداخته می‌شود.

۳-۱- منطقه مورد مطالعه

مدل پیشنهادی این تحقیق با پیاده سازی در روستای نعمت‌آباد از توابع شهرستان نور در بخش چمستان آزموده شد. حدود مختصاتی این روستا در عرض جغرافیایی ۳۶/۴۷۸۳۷۸° و طول جغرافیایی ۵۲/۱۳۷۸۴۰° و با مساحت تقریبی ۱۵۰ هکتار و در ارتفاع ۱۰۰ متر از سطح دریا قرار دارد. نزدیک‌ترین شهرها به این روستا شهر چمستان با ۲ کیلومتر فاصله تا مرکز شهر و شهر نور با ۱۹ کیلومتر فاصله بوده و فاصله روستا تا مرکز استان ۱۰۴ کیلومتر می‌باشد (شکل ۴).

برای محاسبه پارامترهای الگوریتم بهینه‌سازی (تولید نقشه‌های معیار) از محیط پایتون در نرم افزار آرک جی آی اس برای کد نویسی استفاده شد. مقادیر بهینه پارامترهای اولیه الگوریتم بر اساس تجربیات به دست آمده از تکرارهای مختلف الگوریتم و به صورت سعی و خطا به دست آمده است که جواب بهینه در نسل ۳۵۰۰ حاصل می‌شود. این مقادیر در جدول (۱) قابل مشاهده می‌باشد.

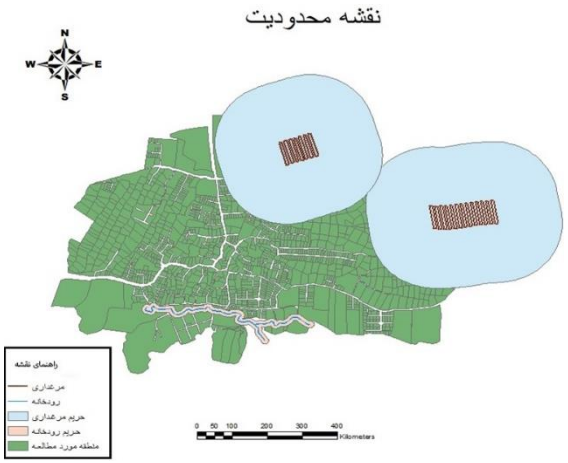


شکل۴- منطقه مورد مطالعه

جدول ۱- پارامترهای ورودی الگوریتم ژنتیک

تعداد جمعیت اولیه	۱۰۰
درصد نخبه‌گرایی	۴٪
نرخ جهش	۰/۱۵
تعداد تکرارها	۳۵۰۰

در ادامه، به منظور پیاده سازی تابع هدف الگوریتم بهینه سازی، ابتدا محدودیت‌های منطقه مورد مطالعه تعیین و از مناطق قابل تخصیص به کاربری‌های روستایی حذف شدند. محدودیت‌های در نظر گرفته شده در این تحقیق حریم رودخانه و حریم مرغداری هستند که به ترتیب ۱۵ متر و ۳۰۰ متر در نظر گرفته شده‌اند (شکل ۵).



شکل ۵- نقشه محدودیت‌ها در منطقه مورد مطالعه

۳-۲- پیاده سازی تابع هدف الگوریتم بهینه سازی

به منظور پیاده‌سازی تابع هدف الگوریتم بهینه سازی، نیاز به محاسبه معیارهای تابع هدف می‌باشد. در این خصوص به دلیل تعداد زیاد نقشه‌های خروجی (چهار نقشه برای هریک از کاربری‌های مورد مطالعه) به ارائه نقشه‌های خروجی برای کاربری مسکونی بسنده می‌شود.

همانطور که پیش‌تر بیان شد، به منظور محاسبه معیار همسایگی نیاز به محاسبه زیرمعیارهای سازگاری، وابستگی و متمرکزسازی می‌باشد. در این تحقیق زیرمعیار سازگاری در پنج کلاس، کاملاً سازگار، نسبتاً سازگار، خنثی، نسبتاً ناسازگار، کاملاً ناسازگار طبقه‌بندی‌شده است. جدول (۲) درجه مختلف سازگاری کاربری‌ها را در مقایسه با یکدیگر نشان می‌دهد. در ادامه، مقادیر کیفی به‌دست‌آمده با استفاده از روش AHP به مقادیر عددی تبدیل شده (جدول ۳) و ماتریس نهایی سازگاری برای کاربری‌ها در جدول (۴) ارائه شده است. در نهایت، بر اساس شعاع نفوذ کاربری‌ها و مساحت کاربری‌های قطعات همسایه تا قطعه هدف، امتیاز نهایی سازگاری برای کاربری های مختلف و تمامی قطعات نقشه با استفاده از رابطه شماره (۳) محاسبه می‌شود. شکل (۶) نقشه سازگاری برای کاربری مسکونی را نشان می‌دهد.

زیر معیار وابستگی همانند معیار سازگاری در پنج کلاس کاملاً وابسته، نسبتاً وابسته، وابستگی کم، نسبتاً مستقل و کاملاً مستقل طبقه‌بندی‌شده است (جدول ۵). در ادامه مقادیر کیفی حاصل شده، به روش AHP کمی سازی و سپس ماتریس نهایی وابستگی به دست آمده است (جدول ۶). در نهایت، با استفاده از رابطه شماره (۳) امتیاز نهایی وابستگی برای کاربری‌های مختلف و تمامی قطعات نقشه محاسبه می‌شود. شکل (۷) نقشه وابستگی برای کاربری مسکونی را نشان می‌دهد.

زیرمعیار متمرکزسازی نیز همانند سازگاری و وابستگی در پنج کلاس طبقه‌بندی و با استفاده از روش AHP کمی سازی می‌شود و سپس امتیاز نهایی متمرکزسازی برای کاربری‌های مختلف و تمامی قطعات نقشه با استفاده از رابطه شماره (۳) محاسبه می‌شود. شکل (۸) نقشه متمرکز سازی برای کاربری مسکونی را نشان می‌دهد.

در نهایت، به منظور محاسبه معیار همسایگی از رابطه شماره (۴) استفاده می‌گردد. در این رابطه، وزن مربوط به زیرمعیارهای سازگاری، وابستگی و متمرکز سازی به ترتیب بر اساس دانش کارشناسی، ۰/۳۰۶، ۰/۱۱۸ و ۰/۵۷۶ می‌باشند. شکل (۹) نقشه خروجی همسایگی برای کاربری مسکونی را نشان می‌دهد.

جدول ۲- ماتریس سازگاری به دست آمده با استفاده از نظر کارشناسان

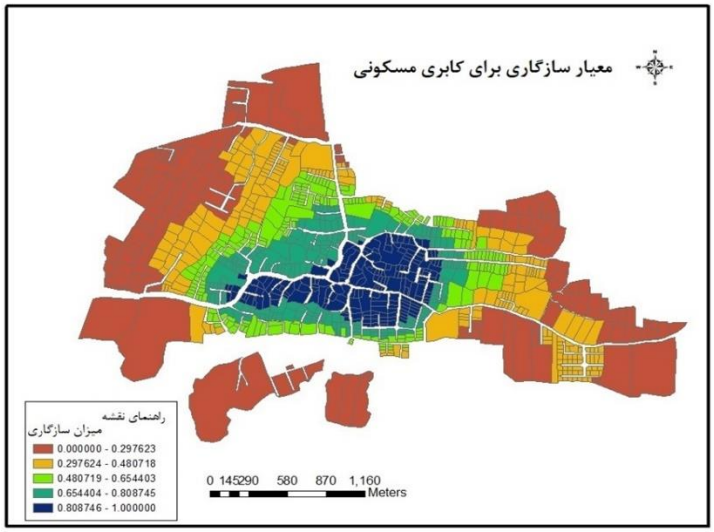
	زراعی	مسکونی	ورزشی	مذهبی	گورستان	صنعتی	تاسیسات	بهداشتی	آموزشی	تجاری
مسکونی	نسبتا سازگار	سازگار	نسبتا ناسازگار	سازگار	نسبتا ناسازگار	ناسازگار	سازگار	سازگار	سازگار	سازگار
فضای سبز	سازگار	سازگار	سازگار	نسبتا سازگار	خنثی	ناسازگار	خنثی	نسبتا سازگار	سازگار	خنثی
اداری	نسبتا ناسازگار	سازگار	نسبتا ناسازگار	نسبتا ناسازگار	نسبتا ناسازگار	ناسازگار	نسبتا ناسازگار	نسبتا سازگار	نسبتا سازگار	سازگار
تجاری	ناسازگار	سازگار	ناسازگار	نسبتا سازگار	ناسازگار	ناسازگار	نسبتا ناسازگار	خنثی	خنثی	سازگار

جدول ۳- مقادیر کمی محاسبه شده با استفاده از روش AHP

سطح سازگاری	سازگار	نسبتا سازگار	خنثی	نسبتا ناسازگار	ناسازگار	میانگین هندسی	مقدار استاندارد
سازگار	۱	۲	۳	۵	۷	۲/۹۱	۰/۴۲
نسبتا سازگار	۰/۵	۱	۲	۴	۶	۱/۸۹	۰/۲۸
خنثی	۰/۳۳	۰/۵	۱	۳	۵	۱/۲	۰/۱۸
نسبتا ناسازگار	۰/۲	۰/۲۵	۰/۳۳	۱	۳	۰/۵۵	۰/۰۸
ناسازگار	۰/۱۴	۰/۱۷	۰/۲	۰/۳۳	۱	۰/۲۷	۰/۰۴

جدول ۴- ماتریس نهایی سازگاری

	زراعی	مسکونی	ورزشی	مذهبی	گورستان	صنعتی	تاسیسات	بهداشتی	اموزشی	تجاری
مسکونی	۰/۲۸	۰/۴۲	۰/۰۸	۰/۴۲	۰/۰۸	۰/۰۴	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۴۲
فضای سبز	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۲۸	۰/۱۸	۰/۰۴	۰/۱۸	۰/۲۸	۰/۴۲	۰/۱۸
اداری	۰/۰۸	۰/۴۲	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۴	۰/۰۸	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۴۲
تجاری	۰/۱۸	۰/۴۲	۰/۰۴	۰/۲۸	۰.۱۸	۰/۱۸	۰/۰۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۴۲



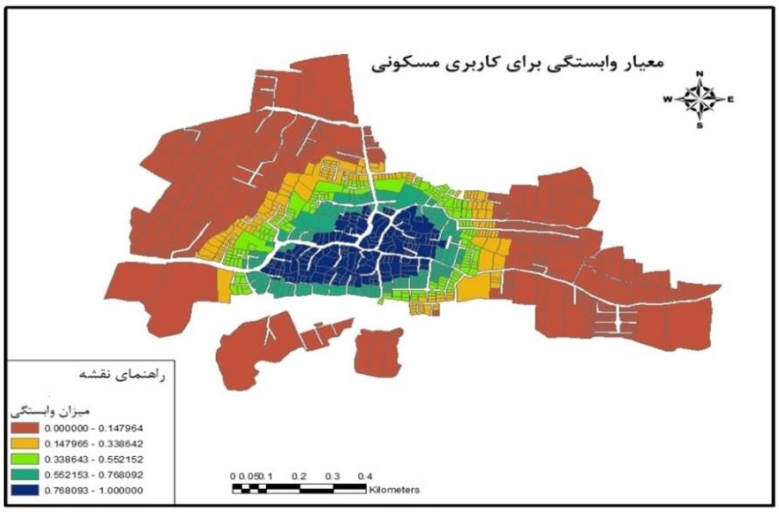
شکل ۶- نقشه سازگاری برای کاربری مسکونی

جدول ۵- ماتریس وابستگی به دست آمده با استفاده از نظر کارشناسان

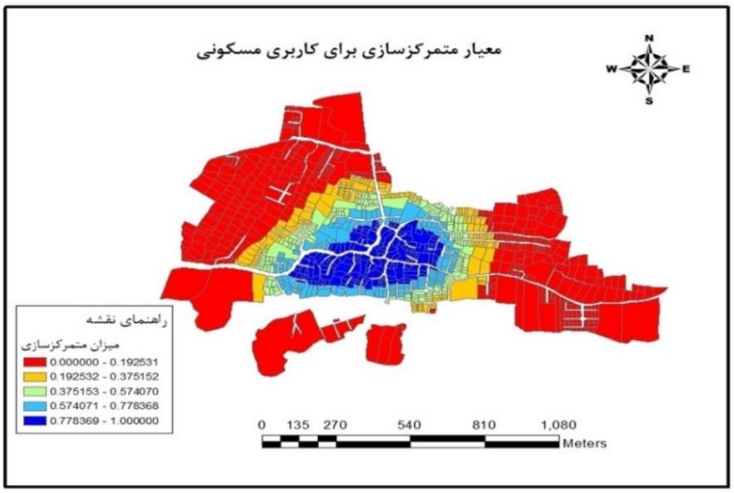
	زراعی	مسکونی	ورزشی	مذهبی	گورستان	صنعتی	تاسیسات	بهداشتی	اموزشی	تجاری
مسکونی	کاملا مستقل	کاملا وابسته	وابستگی کم	نسبتا وابسته	نسبتا مستقل	کاملا مستقل	کاملا مستقل	کاملا وابسته	کاملا وابسته	کاملا وابسته
فضای سبز	کاملا مستقل	کاملا وابسته	نسبتا وابسته	کاملا مستقل	کاملا مستقل	کاملا مستقل	وابستگی کم	نسبتا وابسته	نسبتا وابسته	کاملا مستقل
اداری	کاملا مستقل	کاملا وابسته	کاملا مستقل	کاملا مستقل	کاملا مستقل	نسبتا وابسته	کاملا وابسته	وابستگی کم	وابستگی کم	کاملا مستقل
تجاری	کاملا مستقل	کاملا وابسته	کاملا مستقل	کاملا مستقل	کاملا مستقل	کاملا مستقل	نسبتا مستقل	وابستگی کم	نسبتا مستقل	کاملا وابسته

جدول ۶- ماتریس نهایی وابستگی

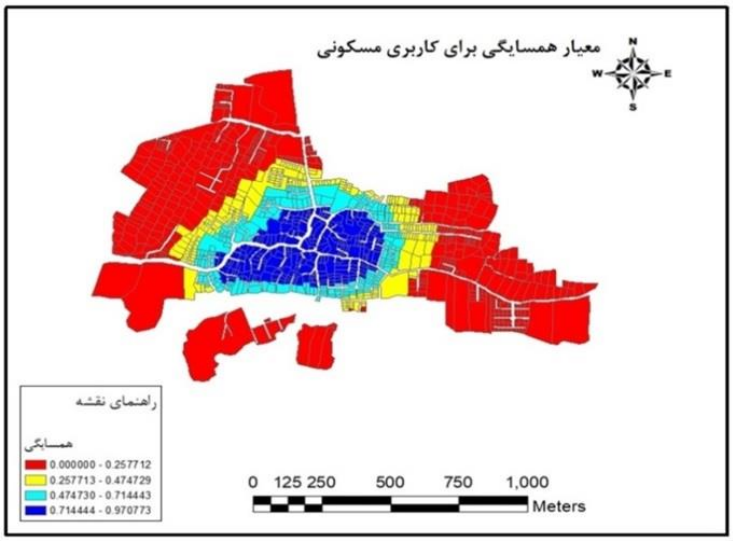
	زراعی	مسکونی	ورزشی	مذهبی	گورستان	صنعتی	تاسیسات	بهداشتی	اموزشی	تجاری
مسکونی	۰/۰۴	۰/۴۲	۰/۱۸	۰/۲۸	۰/۰۸	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۴۲
فضای سبز	۰/۰۴	۰/۴۲	۰/۲۸	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۱۸	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۰۴
اداری	۰/۰۴	۰/۴۲	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۲۸	۰/۴۲	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۰۴
تجاری	۰/۰۴	۰/۴۲	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۸	۰/۱۸	۰/۰۸	۰/۴۲



شکل ۷- نقشه وابستگی برای کاربری مسکونی

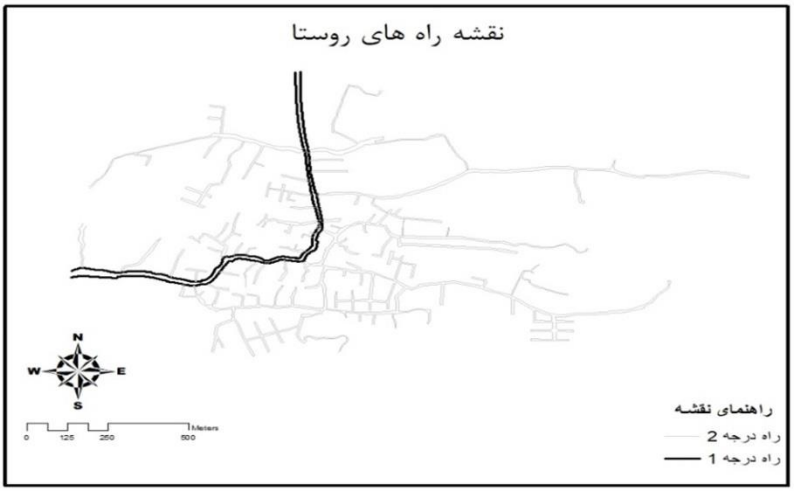


شکل ۸- نقشه متمرکزسازی برای کاربری مسکونی

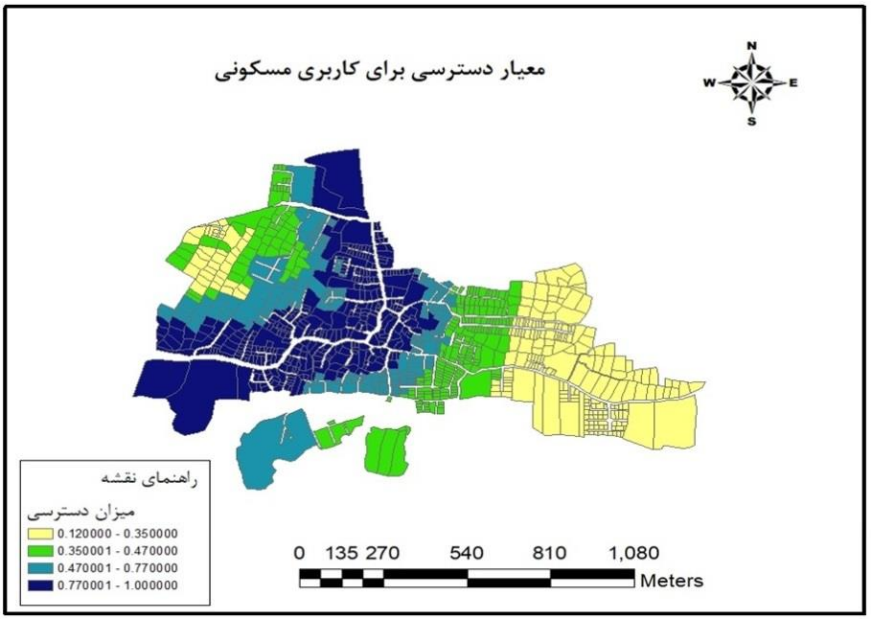


شکل ۹- نقشه همسایگی برای کاربری مسکونی

برای رسیدن به دسترسی نهایی با توجه به نظر کارشناسان ضریب ۰/۷ برای راه‌های درجه ۱ و ضریب ۰/۳ برای راه‌های درجه ۲ در نظر گرفته شد و با استفاده از روش ارزیابی چند معیاره، دسترسی نهایی حاصل گردید. شکل (۱۰) نقشه راه‌های روستا و شکل (۱۱) نقشه دسترسی برای کاربری مسکونی را نشان می‌دهد.



شکل ۱۰- نقشه راه‌های روستا



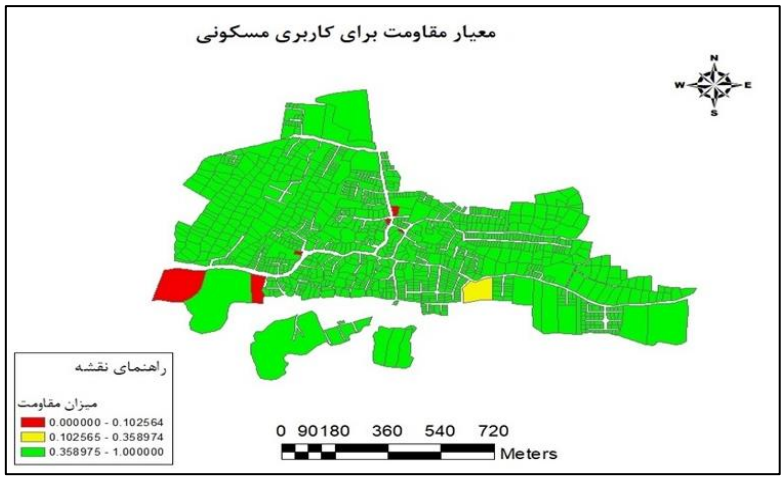
شکل ۱۱- نقشه دسترسی برای کاربری مسکونی

در مرحله بعد، به منظور محاسبه مقاومت در برابر تغییر، ابتدا ماتریس مربوطه توسط کارشناسان شهرسازی در پنج سطح خیلی سخت، سخت، متوسط، راحت و خیلی راحت تکمیل گردیده و سپس با استفاده از روش AHP، کمی سازی شده است. جدول (۷) ماتریس نهایی مقاومت در برابر تغییر را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود، اعداد درج شده در این جدول میزان مقاومت تغییر کاربری را نشان می‌دهند. به عنوان مثال، عدد ۰/۴۲ در سطر دوم و ستون دوم جدول (۷) نشان دهنده این است که تغییر کاربری مسکونی به فضای سبز به سختی انجام می‌شود. شکل (۱۲) نقشه خروجی مقاومت در برابر تغییر برای کاربری مسکونی را نشان می‌دهد.

در نهایت، به منظور محاسبه معیار پتانسیل فیزیکی، همانطور که گفته شد با استفاده از نظر کارشناسان میزان شیب مجاز برای هر کاربری در پنج سطح طبقه‌بندی شده و سپس با استفاده از روش AHP کمی سازی می‌گردد. جدول (۸) ضرایب شیب مجاز برای هریک از کاربری‌ها را نشان می‌دهد. در نهایت نقشه پتانسیل فیزیکی برای هر یک از کاربری‌ها ایجاد می‌گردد. شکل (۱۳) نقشه خروجی پتانسیل فیزیکی برای کاربری مسکونی را نشان می‌دهد.

جدول ۷- ماتریس مقاومت در برابر تغییر

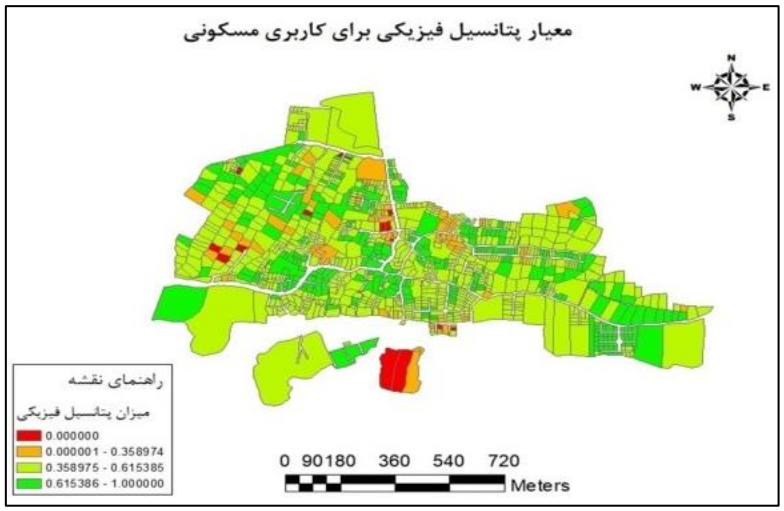
	مسکونی	فضای سبز	اداری	تجاری
زراعی	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴
مسکونی	۰/۰۴	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۴۲
ورزشی	۰/۱۸	۰/۰۴	۰/۱۸	۰/۱۸
مذهبی	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۴۲
گورستان	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۴۲
صنعتی	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۲۸	۰/۴۲
تاسیسات	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۱۸	۰/۲۸
بهداشتی	۰/۲۸	۰/۴۲	۰/۲۸	۰/۴۲
اموزشی	۰/۲۸	۰/۴۲	۰/۲۸	۰/۴۲
تجاری	۰/۰۸	۰/۴۲	۰/۲۸	۰/۰۴



شکل ۱۲- نقشه مقاومت در برابر تغییر برای کاربری مسکونی

جدول ۸- ماتریس ضرایب شیب مجاز برای هر کاربری

	۰ - ۳	۳ - ۸	۸ - ۱۵	۱۵ - ۳۰	>۳۰
مسکونی	۰/۴۲	۰/۲۸	۰/۱۸	۰/۰۴	۰/۰۴
فضای سبز	۰/۲۸	۰/۴۲	۰/۲۸	۰/۱۸	۰/۰۸
اداری	۰/۴۲	۰/۲۸	۰/۱۸	۰/۰۴	۰/۰۴
تجاری	۰/۴۲	۰/۲۸	۰/۱۸	۰/۰۴	۰/۰۴



شکل ۱۳- نقشه پتانسیل فیزیکی برای کاربری مسکونی

۳-۳- تعیین میزان تقاضا

در این تحقیق، میزان تقاضای مورد نیاز هر کاربری برابر با مساحتی در نظر گرفته شد که مشاور طرح هادی به عنوان تقاضا برای آن کاربری‌ها در نظر گرفته است. جدول (۹) میزان تقاضای مورد نیاز برای هر کاربری را نشان می‌دهد که ستون اول آن مساحتی است که مشاور طرح هادی در نظر گرفته و ستون دوم، مساحتی است که در مدل به هر کاربری تخصیص یافته است.

جدول ۹- میزان تقاضا برای هر کاربری

کاربری	مساحت مورد نیاز	مساحت تخصیص یافته
مسکونی	۲۰۲۰۰	۲۰۱۵۰
فضای سبز	۱۵۰۰	۱۴۷۹
اداری	۲۵۰	۲۳۵
تجاری	۲۸۰	۲۸۰

۴-۳- ارزیابی عملکرد الگوریتم ژنتیک

در این پژوهش از پارامترهای همگرایی و پایداری به منظور ارزیابی الگوریتم ژنتیک استفاده شده است. پارامتر

همگرایی الگوریتم بدین معنی است که پاسخ‌های کاندید، اکثراً به یک پاسخ واحد شباهت پیدا کنند. هرچه یک الگوریتم سریع‌تر به همگرایی برسد، نشان از کارایی این الگوریتم دارد. شکل (۱۴) روند همگرایی تابع بهینگی را نشان می‌دهد. با توجه به نمودار شکل (۱۴) سرعت همگرایی در تکرارهای اولیه بسیار زیاد است اما به تدریج این سرعت کاسته شده و در نهایت، شدت همگرایی تثبیت می‌شود. به طوری که از شروع تا اجرای ۵۰۰ تقریباً همگرایی شتاب بیشتری دارد. از این اجرا تا اجرای حدود ۱۰۰۰، شتاب همگرایی کمتر شده است. سپس یک همگرایی کمتری از این اجرا تا اجرای ۱۵۰۰ وجود داد و نمودار همگرایی از تکرار ۱۰۰۰ به بعد همگرایی تدریجی را نشان می‌دهد. به طورکلی نتایج حاکی از آن است که همگرایی در مراحل اولیه اجرای الگوریتم از شتاب بیشتری برخوردار است و در ادامه با یک همگرایی پلکانی با همگرایی کمتری مواجه هستیم.

همچنین در خصوص پارامتر پایداری الگوریتم، هرچه یک الگوریتم در اجراهای متوالی نتایج مشابه‌تری را به دست آورد، این الگوریتم پایداری بیشتری دارد. برای بررسی این معیار، الگوریتم ۱۰ بار اجرا و واریانس تغییرات جواب نهایی الگوریتم در ۱۰ اجرا محاسبه شده است. واریانس جواب‌ها در ۱۰ اجرا در الگوریتم ژنتیک ۰/۱۸ به دست آمده است که ثبات نسبتاً مناسب الگوریتم را نشان می‌دهد.

۳-۵- اعتبارسنجی مدل و نقشه پیشنهادی نهایی

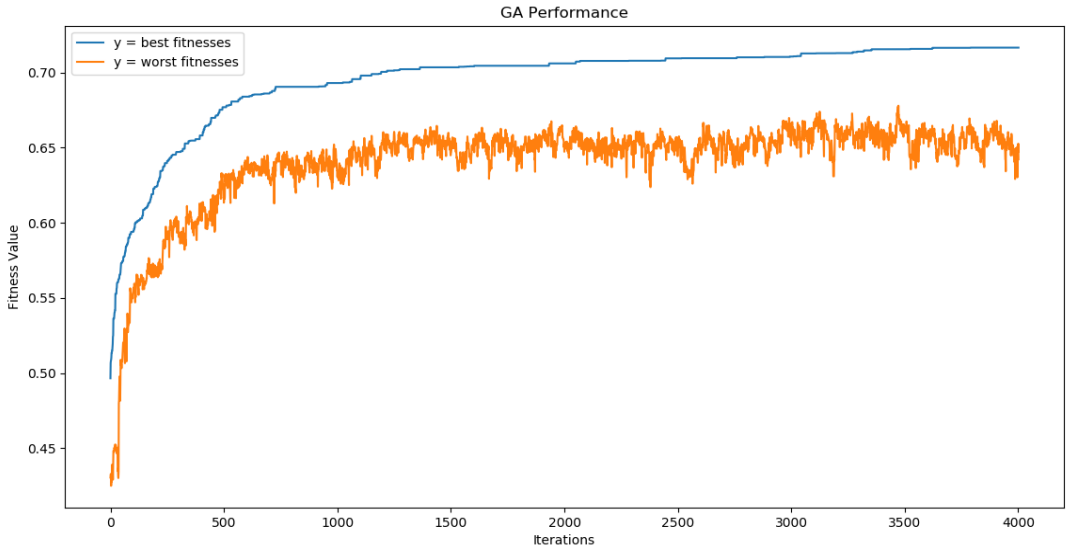
به منظور دستیابی به نقشه کاربری پیشنهادی، ابتدا وزن معیارهای مدل بهینه‌سازی در پنج سناریو مختلف تغییر کرد و اعتبارسنجی مدل در هر سناریو با استفاده از محاسبه ضریب کاپا و دقت کلی انجام شد.

ذکر این نکته قابل توجه است که به طور کلی در فرایند تخصیص کاربری با توجه به معیارهای در نظر گرفته شده و وزن اختصاص داده شده به آن‌ها چهار سناریو اصلی شامل سناریوهای اجتماعی، اقتصادی، محیطی و یکپارچه وجود دارد. در این بخش با تغییر وزن‌های اختصاص یافته به معیارهای مدل بهینه سازی، سعی بر مدلسازی این مساله شده است. به عنوان مثال، سناریو اول که در آن وزن معیارها یکسان در نظر گرفته شده است، سعی بر مدلسازی سناریو یکپارچه در فرایند تخصیص کاربری دارد. بعلاوه، سایر سناریوهای در نظر گرفته شده که در آن وزن معیارهای دسترسی و همسایگی بالاتر از سایر معیارها می‌باشد، نشان دهنده سناریو اقتصادی در فرایند تخصیص کاربری می‌باشد. بنابراین با افزایش و کاهش وزن اختصاص یافته به معیارهای مختلف مدل می‌توان سناریوهای مختلف را در فرایند تخصیص مدلسازی نمود.

خروجی‌های حاصل از مقایسه پنج سناریو مختلف اختصاص وزن به معیارهای مدل بهینه سازی در جدول (۱۰) ارائه شده‌اند. با توجه به نتایج حاصل شده، سناریو سوم با دقت کل ۷۱٪ دارای بیشترین دقت کل می‌باشد. بالا بودن دقت کل در سناریو سوم نشان دهنده این مساله می‌باشد که دیدگاه فعلی حاکم بر طرح‌های هادی روستایی، دیدگاه اقتصادی می‌باشد که در آن معیار همسایگی بیش از سایر معیارها دارای اهمیت است.

در نهایت، با استفاده از وزن‌های اختصاص یافته به معیارها در این سناریو، نقشه نهایی پیشنهادی تولید می‌شود. نقشه کاربری پیشنهادی در شکل (۱۵) ارائه شده است. با توجه به شکل (۱۵) مشخص می‌شود که عمده فضای تجاری در یک محدوده متمرکز شده است. این امر به دلیل لحاظ کردن وزن بالاتر زیرمعیار متمرکزسازی نسبت به سایر زیرمعیارها در محاسبه معیار همسایگی می‌باشد. براساس پارامتر متمرکز سازی، تمایل به ایجاد یک نوع کاربری در مجاورت کاربری مشابه بیشتر بوده و با هزینه کمتری صورت می‌گیرد. همچنین به دلیل سازگار بودن کاربری‌های مسکونی و فضای سبز با کاربری زراعی، این کاربری‌ها در همسایگی یکدیگر تخصیص داده شده‌اند.

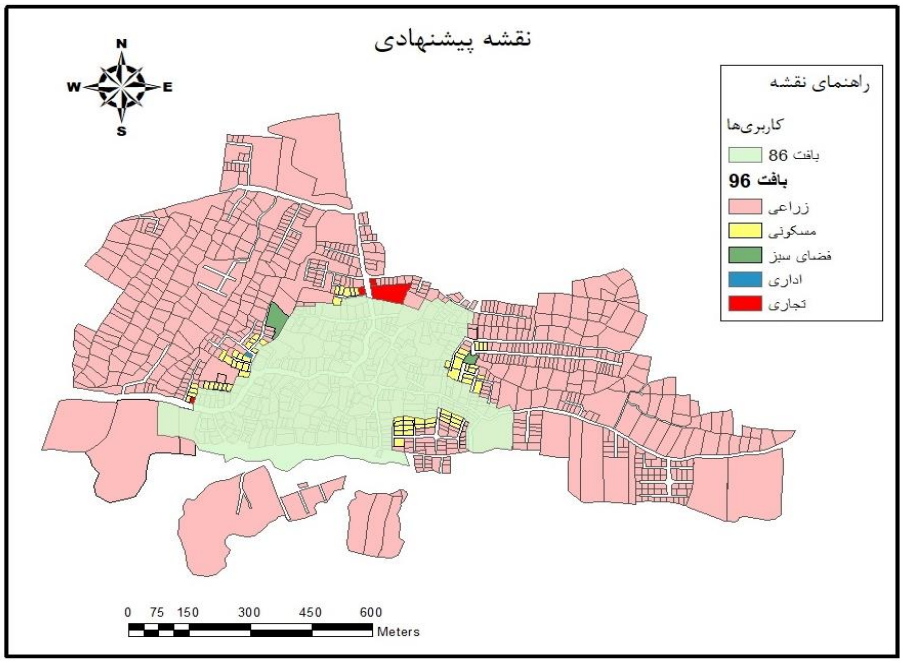
علاوه بر این، بعد از محاسبه مقادیر دسترسی، همسایگی، اثر مقاومت و پتانسیل فیزیکی برای قطعه‌هایی که در فرآیند تخصیص کاربری در دو روش (نظر مشاور در طرح هادی و مدل پیشنهادی این تحقیق) با هم اختلاف داشتند (جدول ۱۱) این نتیجه حاصل شد که قطعه‌های انتخابی حاصل از مدل پیشنهادی این تحقیق از نظر سه معیار همسایگی، دسترسی و پتانسیل فیزیکی، امتیاز بیشتری نسبت به قطعه‌هایی که با استفاده از نظر مشاور تخصیص داده شده‌اند، دارا هستند.



شکل ۱۴-روند همگرایی الگوریتم ژنتیک

جدول ۱۰- سناریوهای مختلف اختصاص وزن به پارامترهای مدل بهینه سازی

	دسترسی	همسایگی	مقاومت	پتانسیل فیزیکی	کاپا	دقت کل
سناریو ۱	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۱۶	٪۱۸
سناریو ۲	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۱۸	۰/۱۲	۰/۳۵	٪۳۷
سناریو ۳	۰/۳۰	۰/۵۰	۰/۱۰	۰/۱	۰/۶۹	٪۷۱
سناریو ۴	۰/۲۸	۰/۴۰	۰/۱۲	۰/۲	۰/۲۸	٪۳۰
سناریو ۵	۰/۲۳	۰/۵۵	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۴۹	٪۵۰



شکل ۱۵- نقشه کاربری پیشنهادی

جدول ۱۱- مقادیر پارامترها برای قطعه‌هایی که در دو روش تخصیص اختلاف دارند

	مقاومت	همسایگی	دسترسی	پتانسیل فیزیکی
تخصیص مدل پیشنهادی	۰/۸۴	۰/۷۱	۰/۹۰	۰/۸۵
تخصیص مشاور	۰/۹۹	۰/۵۸	۰/۸۶	۰/۷۴

۴- نتیجه‌گیری

روستا نشینی شکل ویژه‌ای از زندگی مردم و جلوه بارزی از حیات اقتصادی و اجتماعی بوده و نقش مهمی در فرایندهای توسعه اقتصادی، اجتماعی و سیاسی دارا می باشد. در این زمینه طرح هادی روستایی در راستای فراهم سازی زمینه توسعه و عمران و با هدف تخصیص مناسب و بهینه کاربری‌های روستایی به منظور توسعه پایدار انجام می‌شود. با این وجود، عدم مکان‌یابی بهینه کاربری‌های پیشنهادی در طرح‌های هادی روستایی یکی از نقاط ضعف این طرح‌ها به شمار می‌آید. به منظور حل این مشکل، هدف این پژوهش تخصیص بهینه کاربری اراضی روستایی به وسیله الگوریتم ژنتیک به عنوان یک منبع پیشنهادی برای ارتقاء و تدوین بهتر طرح‌های هادی روستایی است.

به منظور نیل به این مهم، ابتدا محدودیت‌ها شامل حریم رودخانه و حریم مرغداری به داده‌ها اعمال شدند. سپس، با استفاده از چهار معیار همسایگی (سازگاری، وابستگی و متمرکزسازی)، دسترسی، پتانسیل فیزیکی و مقاومت در برابر تغییرات، و در نظر گرفتن مساحت تعیین شده در طرح هادی به عنوان تقاضای کاربری‌ها، الگوریتم بهینه‌سازی ژنتیک در ساختار برداری اجرا و کاربری‌های روستایی تخصیص داده شدند.

مدل پیشنهادی در روستای نعمت آباد و با استفاده از نقشه کاربری سال ۱۳۹۵، به منظور تولید نقشه کاربری سال ۱۳۹۶ پیاده سازی شد. به منظور دستیابی به نقشه کاربری پیشنهادی، ابتدا وزن معیارهای مدل بهینه‌سازی در پنج حالت مختلف تغییر کرد و اعتبارسنجی مدل در هر حالت با استفاده از محاسبه ضریب کاپا و دقت کلی انجام شد. با توجه به نتایج حاصل شده، حالت سوم که نشان دهنده دیدگاه اقتصادی در فرایند تخصیص کاربری می‌باشد، با دقت کل ۷۱٪ دارای بیشترین دقت کل بوده و بنابراین، از وزن‌های اختصاص یافته به پارامترها در این حالت برای تهیه نقشه نهایی پیشنهادی استفاده گردید.

بعلاوه، از مقایسه نتایج حاصل از حالت‌های مختلف اختصاص وزن و اعتبارسنجی مدل در هر حالت این نتیجه حاصل می‌شود که معیار همسایگی و اثرات آن و در رتبه بعدی معیار دسترسی از مهم‌ترین عوامل در طرح هادی روستایی می‌باشند.

با این وجود، از آنجایی که با افزایش و کاهش وزن اختصاص یافته به معیارهای مختلف مدل می‌توان سناریوهای مختلف را در فرایند تخصیص مدلسازی نمود، پیشنهاد می‌شود با در نظر گرفتن معیارهای دیگر و تغییر وزن اختصاص یافته به آن‌ها، سایر سناریوهای مطرح در فرایند تخصیص کاربری شامل سناریو اجتماعی و سناریو محیطی نیز مدلسازی شده و نتیجه آن با طرح هادی مقایسه گردد. علاوه بر این، از آنجایی که در این پژوهش از چهار کاربری مسکونی، فضای سبز، اداری و تجاری در مرحله تخصیص استفاده شده است، پیشنهاد می‌شود به منظور بهبود نتایج در مرحله تخصیص، کاربری‌های دیگری نظیر کشاورزی متناسب با تقاضای آن روستا استفاده شود.

مراجع

[1] Pourtahari, M., Naghavi, M. (1391). "Physical development of rural settlements with sustainable development approach (Concepts, Theories, Strategies)". Journal of Housing and Rural Environment. Vol. 31, No. 137, pp.53-70.

[2] Anbestani, A., Javanshirii, M. (2014). "Factors influencing the location of land uses in the rural projects". Space Economy and Rural Development. Vol. 3, No. 7, pp. 35-54.

[3] Cao, K., Batty, M., Huang, B., Liu, Y., Yu, L., and Chen, J. (2011). "Spatial multi-objective land use optimization: extensions to the non-dominated sorting genetic algorithm-II". International Journal of Geographical Information Science. Vol. 25, No. 12, pp. 1969-1949.

[4] Alaei moghadam, S., Karimi, M., Mohammadzadeh, M. (2015). "Modeling of Urban Land Use Allocation Using Reference-Point-Nondominated Sorting Genetic Algorithm II". Journal of Geomatics Science and Technology. Vol. 4, No. 4, pp.47-66.

[5] Stewart, T.J., Janssen, R., and van Herwijnen, M. (2004). "A genetic algorithm approach to multi objective land use planning". Computers & Operations Research, Vol. 31, No. 14, pp. 2293-2313.

[6] Huang, B. and Zhang W. (2014). "Sustainable land-use planning for a downtown lake area in central China: multi objective optimization approach aided by urban growth modeling". Journal of Urban Planning and Development. Vol. 140, No. 2, pp. 04014002.

[7] Deb, K., & Sundar, J. (2006, July). "Reference point based multi-objective optimization using evolutionary algorithms". In Proceedings of the 8th annual conference on Genetic and evolutionary computation. pp. 635-642.

[8] Sadidi, J. (2017). "Introducing a Developed Meta-heuristic Model based on Multi Objectives Genetics Algorithm for Optimal Land Use Change Modeling". The Journal of Spatial Planning. Vol. 21, No. 3, pp. 307-327.

[9] Seixas, J., Nunes, J.P., Lourenço, P. and Corte-Real, J. (2007). "GeneticLand: modelling land-use change using evolutionary algorithms". In Modelling land-use change. pp. 181-197, Springer, Dordrecht.

[10] Cao, K., Huang, B., Wang, S. and Lin, H. (2012). "Sustainable land use optimization using Boundary-based Fast Genetic Algorithm". Computers, Environment and Urban Systems. Vol. 36, No. 3, pp. 257-269.

[11] Liu, X., Ou, J., Li, X., & Ai, B. (2013). "Combining system dynamics and hybrid particle swarm optimization for land use allocation". Ecological Modelling. 257, pp. 11-24.

[12] Puertas, O.L., Henriquez, C., and Meza, F.J. (2014). "Assessing spatial dynamics of urban growth using an integrated land use model, Application in Santiago Metropolitan Area, 2010-2045". Land Use Policy. Vol. 38, pp. 415–425.

[13] Wang, S.h., Wang, X., and Zhang, H. (2015). "Simulation on optimized allocation of land resource based on DE-CA model". Ecological Modelling. Vol. 314, pp. 135-144.

[14] Safarzadeh Ramhormozi, R., Karimi, M., Alaei Moghadam, S. (2018). "Multi Objective Optimization of Urban Land Use Allocation Using Meta-heuristic Algorithms and Spatial Metrics". Journal of Geomatics Science and Technology. Vol. 7, No. 3, pp.189-212.

[15] Taleshi, M., Rahimi poor, M.A. (1396). "Modeling sustainable land use allocation in rural areas of east Gilan". Journal of Space Economics and Rural Development. Vol. 6, No. 4, pp. 119-146.

[16] Kamyab, H., Salman Mahini, A., Shahraeini, M. (1397). "LAGA: Iranian software for land use allocation at the land level using genetic algorithm". Journal of Environmental Science and Technology.

[17] Holland, J.H. (1992). "Adaptation in natural and artificial systems: an introductory analysis with applications to biology, control, and artificial intelligence". MIT press.

[18] Rasouli, R., Mesgari, M.S., and Moradweisi, H. (2015). "Bank Branches Site Selection in Competitive Condition Using Genetic Algorithm". Geospatial Engineering Journal. Vol. 6, No. 4, pp. 9-21.

[19] Tobler, W.R. (1970). "A computer movie simulating urban growth in the Detroit region". Economic geography. Vol. 46, pp. 234-240.

[20] Masumi, Z. (2012). "Modeling the Physical Impacts of Urban Land Use Change by Optimization Algorithms". In the Spatial Information System Group. Khajeh Nasir Toosi University.

[21] Ziyari, K. (1388). "Urban Land Use Planning", Seventh Edition. Tehran University Press.

[22] Taleai, M., Sharifi, A., Sliuzas, R. and Mesgari, M. (2007). "Evaluating the compatibility of multi-functional and intensive urban land uses". International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. Vol. 9, No. 4, pp. 375-391.

[23] Karimi, M., Sharifi, M.A. Mesgari, M.S. (2012). "Modeling land use interaction using linguistic variables". International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. Vol. 16, pp. 42-53

[24] Abolhasani, S., Karimi, M., Taleai, M. (2015). "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, No. 1, pp. 25-42.

[25] Cao, K., Batty, M., Huang, B., Liu, Y., Yu, L. and Chen, J. (2011). "Spatial multi-objective land use optimization: extensions to the non-dominated sorting genetic algorithm-II". International Journal of Geographical Information Science. Vol. 25, No. 12, pp. 1949-1969.

[26] Abolhasani, S., Taleai, M., Karimi, M. (2015). "Urban growth modeling using vector-based celluar automata". Planning and Arranging Space. Vol. 19, No. 3, pp. 199-231.

[27] Karimi, M. (2010). "Developing multi-criteria decision analysis methods for land use allocation". phD Dissertation. Khaje Nasir Toosi University.

[28] Hagoort, M.J. (2006). "The Neighbourhood Rules: Land-use Interactions, Urban Dynamics and Cellular Automata Modelling", Netherlands Geographical Studies334, KNAG/Utrecht University, Utrecht, The Netherlands.

[29] Liu, Y., Lv, X., Qin, X., Guo, H., Yu, Y., Wang, J. and Mao, G. (2007). "An integrated GIS-based analysis system for land-use management of lake areas in urban fringe". Landscape and urban planning. Vol. 82, No. 4, pp. 233-246.

[30] Verburg, P.H., de Nijs, T.C., van Eck, J.R., Visser, H. and de Jong, K. (2004). "A method to analyse neighbourhood characteristics of land use patterns". Computers, Environment and Urban Systems. Vol. 28, No. 6, pp. 667-690.

[31] Wang, I.L., Johnson, E.L. and Sokol, J.S. (2005). "A multiple pairs shortest path algorithm". Transportation science. Vol. 39, No. 4, pp. 465-476.

[32] Hagoort, M., Geertman, S. and Ottens, H. (2008). "Spatial externalities, neighbourhood rules and CA land-use modelling". The Annals of Regional Science. Vol. 42, No. 1, pp. 39-56.

[33] Engelen, G., R. White, Uljee, I. (2003). "Integrating constrained cellular automata models, GIS and decision support tools for urban planning and policy-making". Decision support systems in urban planning. Routledge. pp. 113-135.