



ارزیابی بهینه سازی اختصاص کاربری زمین شهری با استفاده از الگوریتم ژنتیک و کلونی مورچگان

حسن آزادی^{۱*}، روزبه شاد^۲، مرجان قائمی^۳

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سیستم اطلاعات مکانی، دانشگاه فردوسی مشهد
- ۲- عضو هیئت علمی گروه مهندسی عمران دانشگاه فردوسی مشهد
- ۳- عضو هیئت علمی گروه مهندسی عمران دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده:

از مهمترین فعالیت‌ها در زمینه توسعه شهری و شهرک سازی، اختصاص کاربری به مناطق در حال توسعه می‌باشد که در آن پارامترهای مکانی، زمانی، اقتصادی، اجتماعی و نظیر آن تاثیر گذارند. هدف اصلی این مقاله ارائه و ارزیابی روشی نوین مبتنی بر سامانه اطلاعات مکانی و الگوریتم بهینه سازی به منظور تخصیص کاربری و تعیین مکان‌های بهینه کاربری‌های منطقه، در سطح شهری می‌باشد. در این راستا، به منظور سازگار نمودن الگوریتم‌های ژنتیک و مورچگان با شرایط مسئله چهار تابع هدف بیشینه‌سازی سازگاری، بیشینه سازی وابستگی، بیشینه‌سازی مطلوبیت و بیشینه‌سازی همسان‌بودن کاربری‌های مجاور، تعریف شدند. در نهایت، مدل پیشنهادی الگوریتم مورچگان به همراه الگوریتم ژنتیک با استفاده از زبان برنامه‌نویسی متلب بر روی داده‌های دو محله از منطقه‌ی ۱۲ شهرداری مشهد شامل لایه‌های جمعیت، قطعات زمین، آلودگی هوا و شبکه راههای ارتباطی پیاده سازی شدند. نتایج حاصل از پیاده‌سازی الگوریتم ژنتیک و مورچگان نشان داد که فرآیند بهینه‌سازی مورچگان پیشنهادی از نظر همگرایی و تست تکرارپذیری در سطح قابل قبول تری می‌باشد. علاوه بر این، مدل پیشنهادی قادر است که به برنامه‌ریزان و سیاستگذاران شهری در خصوص اختصاص کاربری و یا تغییر آن در طرح تفصیلی موجود کمک نماید.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم ژنتیک، کلونی مورچگان، بهینه‌سازی، سیستم اطلاعات مکانی، کاربری زمین

۱- مقدمه

با وجود رایج بودن استفاده از طرح‌های تفصیلی در برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری، مهم‌ترین مشکل بهینه نبودن این طرح‌ها با توجه به ساختار شهری می‌باشد [۱] از سویی دیگر در صورتی که تعدادی از کاربری‌ها بدون پیروی از طرح تفصیلی تغییر یابند، چیدمان مابقی آنها اعتبار اولیه خود را نخواهد داشت. بنابراین با توجه به پویایی شهر و تغییر نیاز شهروندان، برنامه‌ها پاسخگوی نیازها نخواهند بود [۲]. یکی از مهم‌ترین مسائل در فرآیند پویایی شهر، به دست آوردن تأثیر تغییر یک کاربری بر روی کاربری‌های دیگر است. یعنی در صورت تغییر یک کاربری، بایستی تعادل معیارهای کمی و کیفی مربوط به برنامه‌ریزی شهری توسط چیدمان سایر کاربری‌ها به صورت بهینه حفظ شود [۳]. لذا با توجه به لزوم در نظر گرفتن معیارهای کمی و کیفی به صورت بهینه و همزمان، مساله تخصیص کاربری‌ها به صورت یک مساله‌ی بهینه‌سازی چنددهدفه با فضای جستجوی وسیع تبدیل خواهد شد [۲]. علاوه بر این در هنگام تغییر کاربری‌ها، مشکلات مرتبط با تعدد معیارهای پیچیدگی فرآیند پیش‌بینی آینده و تعداد حالات گوناگون تخصیص، مدل‌سازی مساله را با پیچیدگی‌های زیادی همراه می‌نماید که در نتیجه به این مساله اصطلاحاً NP-Hard اطلاق می‌گردد [۴]. حل مساله مذکور نیازمند به کارگیری روش‌هایی مانند الگوریتم‌های فرا ابتکاری است [۲]. الگوریتم‌های فرا ابتکاری قادرند که با وجود مشکلات جواب‌های قابل قبولی را تولید نمایند [۵] در برخی از تحقیقات مرتبط با چینش بهینه کاربری‌ها، عملکرد الگوریتم‌های فرا ابتکاری مانند PSO چنددهدفه [۶] تنها از جنبه‌های خاصی مانند ترافیک، شرایط اجتماعی- اقتصادی و نظیر آن بررسی شده و برای یک نوع کاربری خاص پیاده سازی گردیده است [۷]. در برخی دیگر از مقالات، اثرات همسایگی کاربری‌ها و چینش آن‌ها بررسی شده و تغییراتی در نحوه قرارگیری کاربری‌ها پیشنهاد گردیده است [۸]. در برخی فرآیندها، مواردی مانند بهینه‌سازی و تخصیص بهینه مدنظر قرار نگرفته و اغلب پیامدهای خارجی کاربری‌ها ارزیابی شده‌اند [۹]. در [۶] هدف اصلی از بهینه‌سازی همزمان چند تابع هدف، تخصیص بهینه کاربری‌ها در نظر گرفته شد. روش بهینه‌سازی به کار گرفته شده در مقاله مذکور، PSO تک هدفه می‌باشد که در آن تابع برازنده‌گی به صورت تابعی از سه تابع هدف شامل: هزینه‌ی تغییر کاربری، تناسب اکولوژیکی و الگوی چشم انداز شهری تعریف گردید. در تحقیق مذکور، کاربری‌ها با توجه به واحد مکانی ناحیه، در مسأله منظور شده‌اند که با در نظر گرفتن تک هدفه بودن راه حل مساله نتایج انعطاف پذیری بدست نیامد. برای حل این مشکل، در برخی تحقیقات از الگوریتم‌های بهینه‌سازی چنددهدفه استفاده شده است. به عنوان مثال در [۱۰] از یک مدل چنددهدفه به منظور بهینه‌سازی توابع هدفی شامل: کمینه کردن ناسازگاری‌های در همسایگی، کمینه نمودن فاصله از مناطق شهری، حداقل سازی توسعه در مناطق غیر شهری و تغییر کاربری در مناطق شهری استفاده شد. در قیود مساله مذکور تدبیری به منظور حفظ تراکم و پیوستگی کاربری‌ها اتخاذ گردید. علاوه بر این، در مطالعه‌ای دیگر از الگوریتم ژنتیک برای بهینه‌سازی سه تابع هدف شامل: کمینه کردن ترافیک، کمینه کردن هزینه‌های جابجایی تا مرکز خرید و حمل و نقل و حداقل نمودن تغییر کاربری به کاربری دیگر استفاده شد [۱۱]. در این الگوریتم ابتکاری با معرفی توابع هدف، فرآیند بهینه‌سازی به صورت همزمان اجرا گردید. بدین صورت که بهترین‌های هر تابع هدف در فرآیند بهینه‌سازی مشخص شده و به صورت همزمان در تابع هدف کلی تحلیل می‌گردد. این امر خود باعث می‌گردد که برخی از جواب‌های بهینه در پردازش‌ها در نظر گرفته نشوند. در تحقیق دیگری که توسط [۱۲] انجام شد، توابع هدفی شامل: بیشینه‌سازی بهره‌ی اقتصادی، بیشینه نمودن دسترسی و بیشینه‌سازی سازگاری معرفی گردیدند. در این مطالعه سعی بر آن بوده است که در یک شهر جدید سناریوهای مختلف تصمیم‌گیری مرتبط با تخصیص بهینه‌ی اراضی ارائه شوند [۱۳]. در این مقاله، تخصیص در زمین‌هایی تعریف شده که هنوز هیچ کاربری برای آنها مشخص نشده است. همچنین کاربری‌ها در سه سطح کاربری مسکونی، تجاری و صنعتی ارائه شده‌اند. در مقاله [۱۴]، هدف اصلی اختصاص کاربری‌های مختلف برای مدیریت کاربری شهری بوده است. در این تحقیق، از الگوریتم ژنتیک

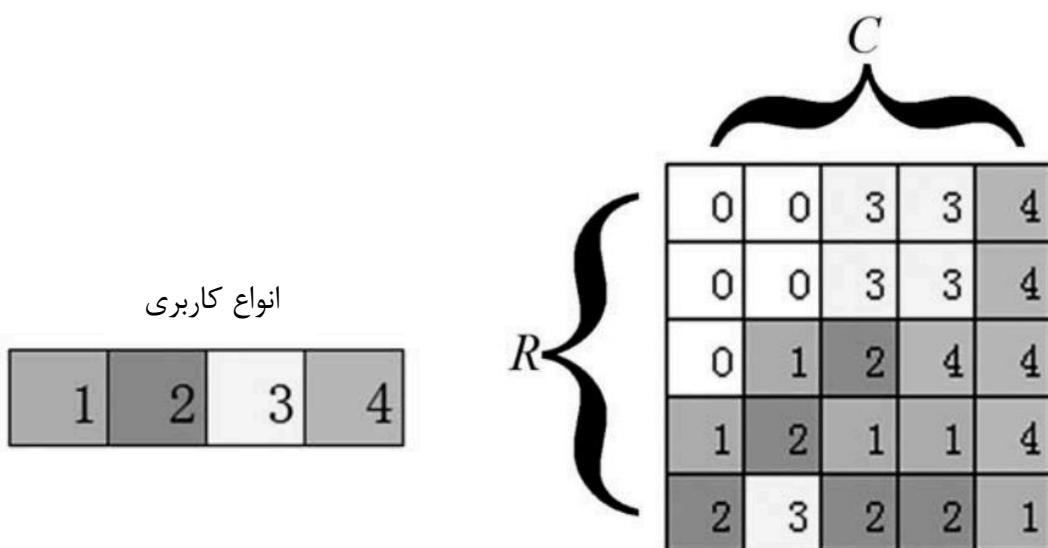
استفاده شده و واحد مکانی مورد بررسی، ناحیه‌های شهری در نظر گرفته شدند. همچنین، توابع هدفی شامل تعیین تناسب کاربری با اهداف توسعه و تعیین ناحیه‌ی سازگاری ناحیه‌های همسایه با یکدیگر به کار گرفته شدند. از محدودیت‌های این تحقیق می‌توان به عدم پوشش تمامی عوامل در فرآیند تخصیص کاربری‌ها و استفاده از واحد مکانی ناحیه اشاره نمود.

با توجه به تحقیقات گذشتگان می‌توان گفت که در اکثر مطالعات هدف اصلی اختصاص بهینه‌ی کاربری‌ها از یک جنبه‌ی خاص بوده و یا تنها برای یک کاربری خاص مساله با پیچیدگی بالای حل شده است. علاوه بر این، در برخی تحقیقات تنها پیامدهای خارجی ناشی از تغییرات کاربری در نظر گرفته شده و چینش کاربری‌ها فقط در سطح همسایگی و بدون بهینه‌سازی مد نظر قرار گرفته است. در اغلب مطالعات انجام شده به کمک فرآیند تخصیص بهینه‌ی چنددهده‌ی فرالبتکاری، پارامترهای الگوریتم فرالبتکاری توسط کاربر و با توجه به ویژگی‌های محدوده مطالعاتی معرفی شده‌اند. در مناطق شهری با کاربری‌های متنوع و حجم تنظیم پارامترهای حل مساله زمانی بوده و به اهداف مساله محدود می‌گردد. الگوریتم مورچگان پیشنهادی قادر است که نقش مهمی را در کاهش مدت زمان اجرا و افزایش دقت چینش در فضاهای جواب بزرگ ایفا نماید. لذا در این مقاله با در نظر گرفتن همزمان معیارهای کمی و کیفی (سازگاری، وابستگی و مطلوبیت)، برنامه‌ریزی مکانی تخصیص بهینه‌ی کاربری‌ها با استفاده از الگوریتم پیشنهادی و اگوریتم ژنتیک در محیط GIS انجام شده و فرآیندی مناسب برای حل مساله تخصیص بهینه‌ی کاربری‌ها ارائه می‌گردد.

۲- مدل اختصاص کاربری زمین

به طور معمول مساله اختصاص کاربری زمین در شهرها را می‌توان به صورت یک شبکه منظم سلولی دو بعدی با k نوع کاربری و ابعاد R^*C بیان کرد که در آن هر سلول (j,i) مطابق با محدودیت‌های مساله در داده‌ی سلولی تنها یک نوع کاربری را می‌تواند داشته باشد و نوع کاربری اختصاص داده شده به قطعه‌ی مورد نظر وابسته به شرایط منطقه و معیارهای تصمیم‌گیری است. این معیارهای تصمیم‌گیری به دو نوع شرایط خود قطعه زمین و عواملی محیطی آن تقسیم می‌شوند. عوامل محیطی شامل محیط، مساحت، پوشش گیاهی و عوامل محیطی شامل نزدیکی به شریان‌های ارتباطی، آلودگی، نزدیگی به گسل و نظیر آن تقسیم می‌شوند. مطابق با معیارهای وزنی، عملیات اختصاص کاربری زمین با استفاده ازتابع هدفی شامل سازگاری، وابستگی، مطلوبیت، یکسان بودن کاربری‌های مجاور صورت گرفت. با در نظر گرفتن k نوع کاربری، مدل اختصاص کاربری زمین را می‌توان به صورت آرایه‌ای سلولی با ابعاد R^*C نمایش داد که در آن R و C ابعاد منطقه است. در ماتریس ذکر شده مجموع کاربری‌های اختصاص داده شده از $K+1$ کوچکتر هستند. همچنین به تعداد فلان مقدار عدد صفر در ماتریس مشاهده شده وجود دارد که نشان دهنده آنست که به آن قطعات کاربری اختصاص داده نشده است.

شکل (۱) مثالی از مساله‌ی اختصاص کاربری زمین با $R=5$ و $C=4$ ، $K=4$ و ۲۰ را نشان می‌دهد.



شکل ۱: مثالی از مساله اختصاص کابوی زمین

در مسائل اختصاص کابوی زمین، بیشتر پدیده‌های مکانی دارای توزیع یکنواخت و پیوسته‌ای هستند (مانند آبودگی، فاصله و تناسب). همچنین، مشخصه‌ها و مقادیر سایر خصوصیات مکانی (مانند وابستگی) توزیع گسسته‌ای دارند. بنابری این ایجاد تعادل بین شرایط درونی و بیرونی قطعات از اهمیت بالایی برخوردار است. برای این کار از مقدار دهی اولیه ماتریس مطلوبیت استفاده است تا از فضای پیچیده محاسباتی کاسته شده و سرعت همگرایی به جواب افزایش یابد.

۳- الگوریتم مورچگان و الگوریتم ژنتیک

الگوریتم ژنتیک، یک الگوریتم محاسباتی بهینه سازی می‌باشد که با در نظر گرفتن مجموعه‌ای از نقاط فضای جواب در هر تکرار محاسباتی، به نحو مؤثری نواحی مختلف فضای جواب را جستجو می‌کند. در مکانیزم جستجو گرچه مقدار تابع هدف تمام فضای جواب محاسبه نمی‌شود. ولی مقدار محاسبه شده تابع هدف برای هر نقطه، در متوسط‌گیری آماری تابع هدف در کلیه زیر فضاهایی که آن نقطه به آنها وابسته بوده است، دلالت داده می‌شود. این زیر فضاهای به‌طور موازی از نظر تابع هدف متوسط‌گیری آماری می‌شوند. این مکانیزم توازنی ضمنی (Parallelism implicit) نامیده می‌شود. روند مذکور باعث خواهد شد که جستجوی فضا به نواحی از آن که متوسط آماری تابع هدف در آنها زیاد بوده و امکان وجود نقطه بهینه مطلق در آنها بیشتر است، تمایل پیدا کند. چون در این روش برخلاف روش‌های تک مسیری، فضای جواب به طور همه جانبه جستجو می‌شود، امکان کمتری برای همگرایی به یک نقطه بهینه محلی وجود خواهد داشت. امتیاز دیگر این الگوریتم آنست که هیچ محدودیتی برای تابع بهینه شونده، مثل مشتق پذیری یا پیوستگی لازم نداشته و در روند جستجو خود تنها به تعیین مقدار تابع هدف در نقاط مختلف می‌پردازد (Deb 2001).

طرح کلی یک الگوریتم ژنتیک به شرح کلی زیر می‌باشد [۱۵].

- (۱) (شروع): جمعیت n کروموزومی، به صورت تصادفی ایجاد می‌شود (راه حل های مناسب مساله در فضای موجه جواب).

۲) (تعیین برازنده‌گی^۱): برازنده‌گی ($F(x)$) هر کروموزوم X در جمعیت محاسبه می‌گردد.

۳) (جمعیت جدید): جمعیت جدید تشکیل می‌شود و مراحل زیر تکرار می‌گردد تا جمعیت جدید کامل شود.

• (انتخاب^۲): دو کروموزوم (والدین) را با توجه به برازنده‌گی آنها از میان جمعیت انتخاب شده، به طوری که هر چه برازنده‌گی بهتر باشد، شانس انتخاب آنها بیشتر شود.

• (ترکیب^۳): با توجه به احتمال ترکیب شدن (p_C) والدین را برای تشکیل فرزندان (جديد با هم offspring) ترکیب می‌شوند.

(جهش^۴): با توجه به احتمال جهش (p_m) فرزندان را در هر locus (موقعیت در کروموزوم) مورد جهش قرار می‌دهد. با پذیرفته شدن فرآیند، فرزندان جدید در جمعیت جدید جای داده می‌شوند.

ایده اصلی الگوریتم کلونی مورچه شبیه‌سازی رفتار مورچه‌ها برای یافتن غذا بود. زمانی که گروه مورچه‌ها برای جستجوی منبع غذا از لانه خارج می‌شوند، از نوعی ماده شیمیایی برای برقراری ارتباط با یکدیگر استفاده می‌کنند. زمانی که مورچه‌ها مسیری را تا کشف غذا می‌پیمایند. هر مورچه روی مسیر فرمون ترشح می‌کند. با حس کردن فرمون موجود روی زمین، مورچه می‌تواند مسیر مورچه‌ی دیگر را دنبال کند^[۱۶]. در این مقاله قطعات زمین به عنوان نودهای عبوری مورچه‌ها هستند که هر مورچه در عبور از هر قطعه زمین یک کاربری را برای آن قطعه اختصاص می‌دهد.

۴- فرآیند کلی الگوریتم‌ها و تست روش‌ها با داده‌های آزمایشی

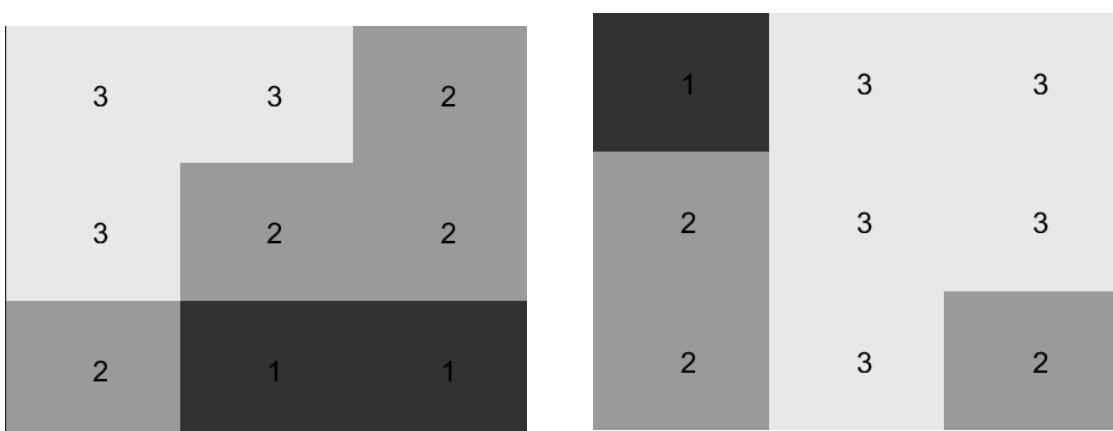
به منظور تست روش‌ها از داده‌های آزمایشی استفاده گردید بدین صورت که یک قطعه زمین با ابعاد 3×3 ایجاد گردید. فرض برآن شد که سه نوع کاربری به منطقه اختصاص داده شود لذا ماتریس وابستگی، مطلوبیت، مقادیر مربوط به دسترسی به طور پیش‌فرض مقدار دهی شدند. پس از این کار زمان رسیدن به جواب بهینه و میزان صحت آن در اجراهای مختلف بررسی گردید. به لحاظ اینکه تعداد قطعات اندک بود کیفیت جواب و زمان رسیدن به جواب واقعی قایل ملموس نبود. بنابراین رفته رفته فضای مساله بزرگتر شد تا کارایی مدل معلوم گردد. همانطور که در شکل (۲) نیز مشاهده می‌گردد الگوریتم کلونی مورچگان عملکرد بهتری نسبت به الگوریتم ژنتیک از خود نشان می‌دهد علت این کار آنست که این الگوریتم با حذف جواب‌های تکراری سریعتر خود را با شرایط مساله وفق می‌دهد.

¹ Fitness

² Selection

³ Crossover

⁴ Mutation



شکل ۲: اختصاص کاربری فرضی زمین با استفاده از الگوریتم ژنتیک و کلونی مورچه‌ها

۵- آماده‌سازی و پردازش

در این تحقیق، نقشه‌های شهری ناحیه‌ی ۱۲ منطقه‌ی مشهد با مقیاس ۱:۲۰۰۰ به عنوان داده‌ی مکانی نمونه وارد مدل شده‌اند (شکل (۳)). از نکات قابل توجه در این محدوده، وجود کاربری‌های متنوع در سطوح مختلف مدیریت شهری می‌باشد. لذا، مساله‌ی مدیریت کاربری‌های شهری در این منطقه پیچیده می‌گردد. همچنین، منطقه مذکور تحت فشار بخش‌های مجاور شهر مشهد قرار گرفته که نتیجه‌ی آن افزایش درخواست برای تغییر کاربری‌ها خواهد بود.

داده‌های اصلی مورد نیاز برای ایجاد پایگاه داده‌های مکانی این تحقیق به شرح زیر بوده‌اند.

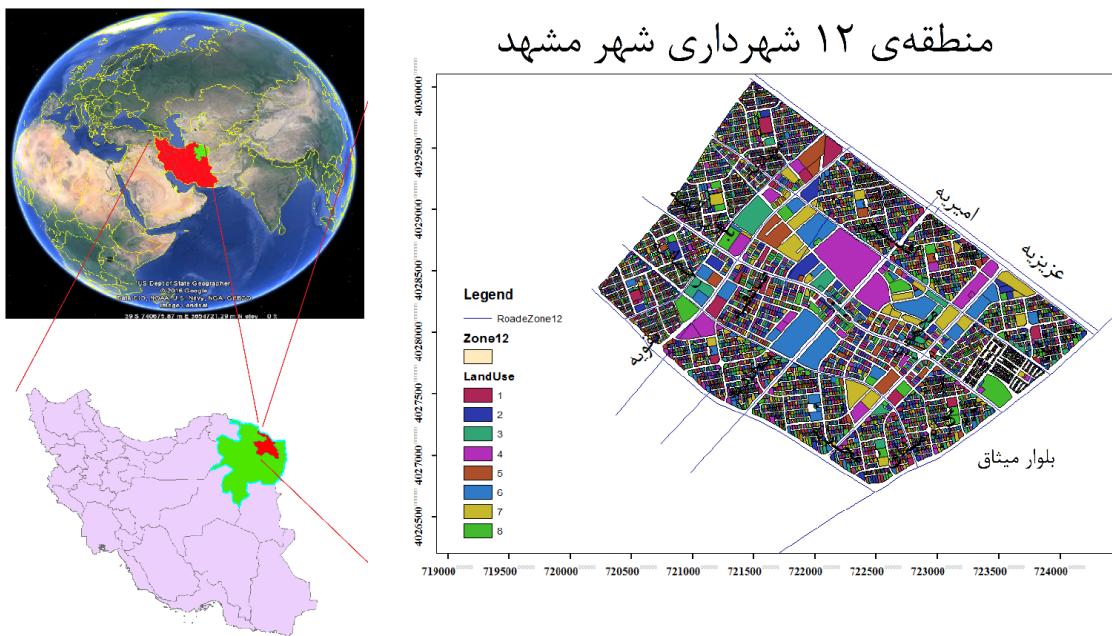
- اطلاعات جمعیتی

آمار جمعیتی مورد استفاده در این تحقیق حاصل سرشماری ۱۳۹۰ کل کشور توسط مرکز آمار ایران و پیمایش‌های صورت گرفته توسط شرکت‌های مشاور جهت تخمین جمعیت فعلی منطقه‌ی مورد مطالعه می‌باشد.

- اطلاعات کاربری اراضی شهری

اطلاعات کاربری اراضی شهری شامل کاربری عمده‌ی هر پلاک ساختمانی در مقیاس ۱:۲۰۰۰ می‌باشد. این اطلاعات با توجه به مشخصات مدل مورد نظر و طبقه‌بندی کاربری‌های شهری بر اساس سطح عملکرد طبقه‌بندی گردیده‌اند. انواع کاربری‌های موجود شامل هشت نوع اصلی: خدماتی، تجاری، اداری، مسکونی، صنعتی، فضای سبز، بایر، فرهنگی مذهبی می‌باشد.

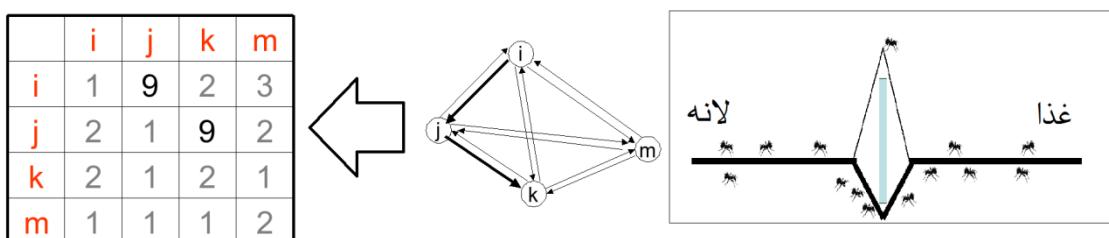
- سایر داده‌ها: علاوه بر لایه‌های جمعیتی و کاربری، داده‌های معابر، مدل رقومی ارتفاعی زمین، شب و آلودگی هوا، جنس خاک، وضعیت گسل‌ها، قیمت املاک و ترافیک منطقه‌ای در مقیاس ۱:۲۰۰۰ و با سیستم تصویر UTM تهیه شده است.



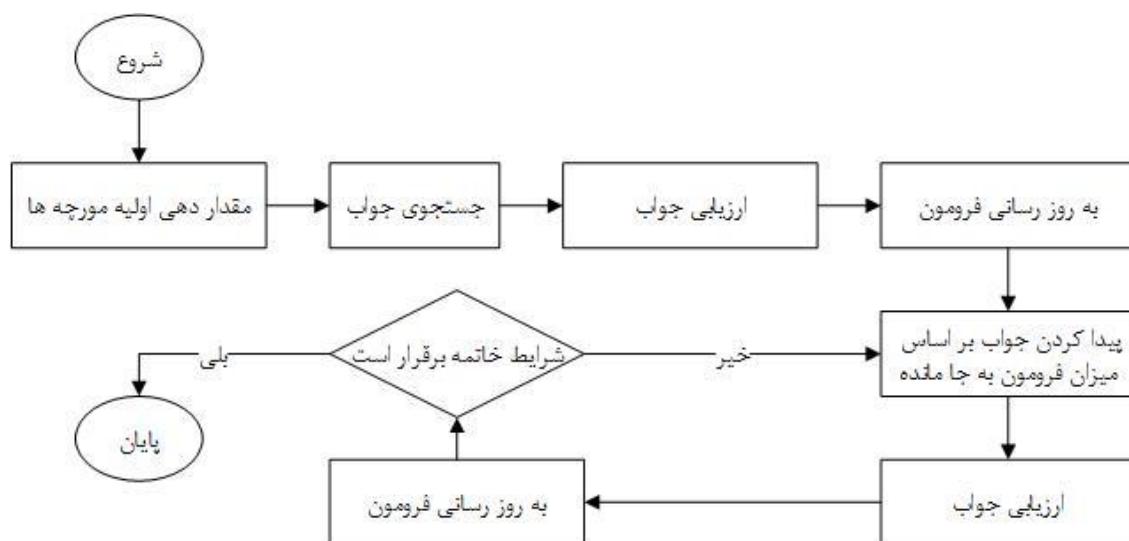
شکل ۳: محدوده اختصاص کاربری زمین

۶- فرآیند اختصاص کاربری با استفاده از الگوریتم کلونی مورچگان

در فرآیند اختصاص کاربری با استفاده از الگوریتم کلونی مورچه‌ها نودها به عنوان قطعات زمین در نظر گرفته شده اند که هر مورچه با عبور از آن یک کاربری را برای آن برمی‌گزیند. بنابراین بر اساس مقدار تابع هدفی که آن مسیر دارد بر روی نودهای مورد نظر فرمون ریخته می‌شود (شکل (۴)).



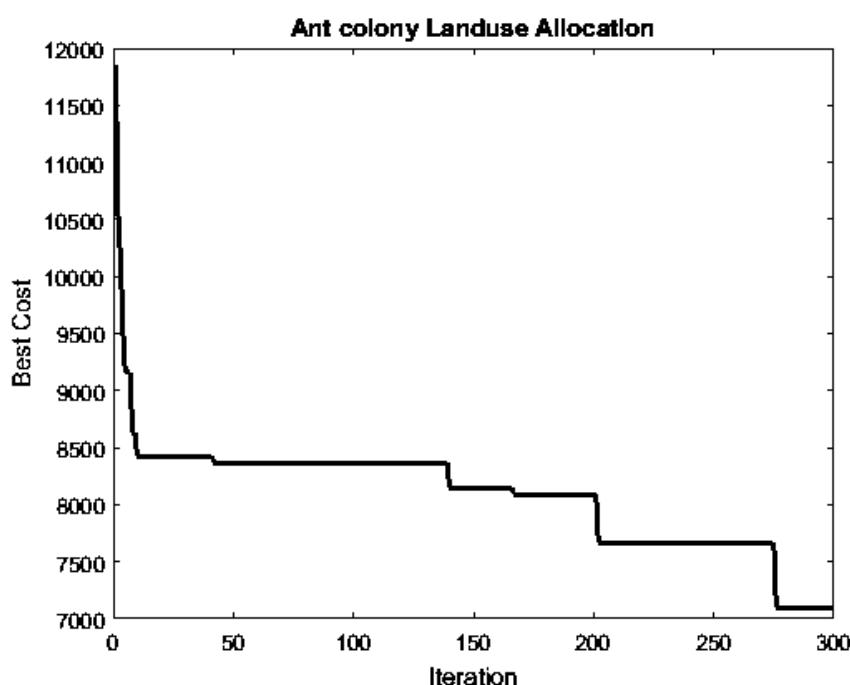
شکل ۴: ارتباط بین کاربری‌ها و نحوه حرکت مورچه‌ها



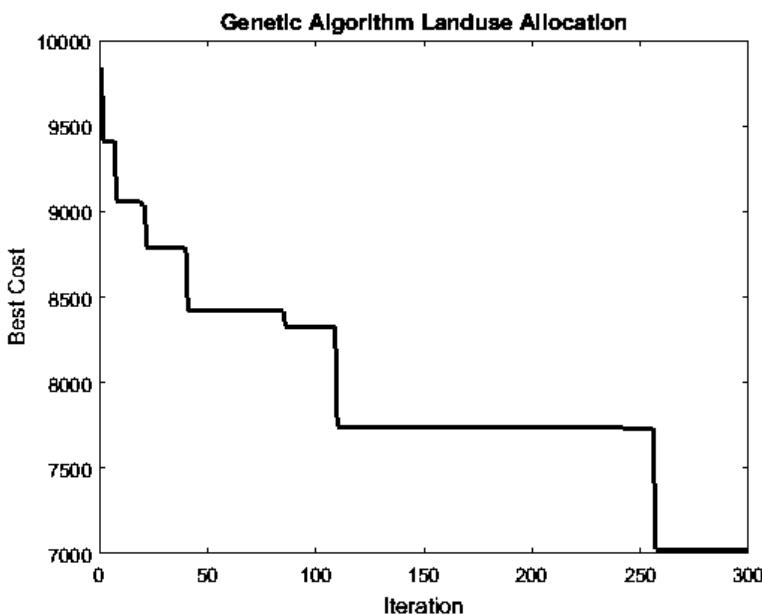
شکل ۵: فلوچارت اختصاص کاربری زمین با استفاده از الگوریتم کلونی مورچه‌ها

۷- آنالیز نتایج حاصل از الگوریتم‌ها

عوامل مختلفی را می‌توان برای تست همگرایی الگوریتم در نظر گرفت. در الگوریتم‌های تکاملی، مهم‌ترین عامل نشان دهنده‌ی همگرایی الگوریتم، ثابت ماندن مقادیر توابع هدف پس از تعداد تکرارهایی مشخص است. در تست همگرایی مورد نظر، تغییر بیشینه‌ی مقادیر توابع هدف در هر ۳۰۰ تکرار مورد بررسی قرار گرفت. تغییر مقادیر تابع هدف با تکرارهای مختلف در شکل (۶) نشان داده شده است. همانطور که در شکل (۶ و ۷) ملاحظه می‌گردد، مقادیر تابع هدف با افزایش تکرارها بهبود می‌یابند. همچنین، پس از ۲۰ تکرار تغییر معنی‌داری در توابع هدف الگوریتم خفash اتفاق نمی‌افتد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که الگوریتم برای محدوده فرضی در تکرار ۳۰۰۰ به همگرایی لازم می‌رسد. عملکرد الگوریتم کلونی مورچه‌ها نسبت به الگوریتم ژنتیک بهتر می‌باشد(شکل (۶ و ۷)).



شکل ۶: نمودار همگرایی الگوریتم کلونی مورچگان برای مساله اختصاص کاربری



شکل ۷: نمودار همگرایی جواب برای مساله اختصاص کاربری با استفاده از الگوریتم ژنتیک

۸- آنالیز نتایج بهینه‌سازی

بر این اساس مساحت چیزی مناسب کاربری برای منطقه مطالعاتی برای چهار تابع هدف شامل: همسانی، سازگاری، وابستگی و تناسب برای ۸ نوع کاربری، شامل: تجاری، اداری، مسکونی، صنعتی، فرهنگی-مذهبی، آموزشی، پارک و فضای سبز و بایر به صورت جدول ۱ محاسبه گردید. با مقایسه‌ی نتایج بدست آمده و طرح تفصیلی مشخص می‌گردد که نتایج حاصل از الگوریتم مورچه را می‌توان به عنوان مبنای مناسبی برای طرح ریزی کاربری‌ها در آینده به کار گرفت.

جدول ۱: مجموع مساحت کاربری‌های اختصاص داده شده پس از بهینه‌سازی با الگوریتم مورچگان

نوع کاربری	مساحت (منطقه مطالعاتی (متر مربع))	بیشینه‌سازی تناسب	بیشینه‌سازی وابستگی	بیشینه‌سازی سازگاری	بیشینه‌سازی فسرده‌گی
مسکونی	۳۳۱۳۷۳	۹۳۵۲۵۸	۷۱۴۵۴۷	۱۱۰۴۲۷۳	۸۲۴۳۹۲
تجاری	۲۹۵۹	۲۳۹۱۶۹	۴۹۹۲۴۴	۷۹۵۱۸۱	۷۰۵۹۷۰
فرهنگی مذهبی	۸۷۴۱	۴۲۸۰۰۹	۴۱۷۴۷۸	۸۷۶۱۵۶	۵۲۴۹۰
آموزشی	۴۹۳۳۵۷	۴۳۱۵۱۰	۷۳۸۳۲۷	۲۱۰۲۷۲	۷۷۲۷۱
اداری	۱۱۹۷	۶۴۶۱۳۸	۵۰۹۲۳۶	۸۸۸۴۱۸	۲۰۱۴۸۸
پارک و فضای سبز	۷۰۳۵۰	۴۴۳۷۶۸	۷۶۹۵۱۳	۴۰۶۷۸۶	۳۴۵۲۰۰
بایر	۲۷۳۶۱۸۴	۳۳۱۶۲۸	۵۲۵۴۹۹	۲۸۵۴۵۶	۱۰۰۰۸۱
صنعتی	۱۱۷۸۳۶	۳۰۶۵۱۷	۴۷۵۶۸۸	۸۲۹۹۱	۵۱۱۱۹

در مسائلی مشابه این تحقیق که از نوع NP-Hard هستند و از الگوریتم‌های متاهیوریستیک در حل آنها استفاده می‌شود، ادعایی مبنی بر رسیدن به بهینه‌ی کلی وجود ندارد. در واقع جواب بهینه بدست نیامده، جواب‌ها ساخته شده و تنها به بهینه‌ی کلی نزدیک می‌شوند. در این تحقیق، با ارزیابی نتایج روش الگوریتم ژنتیک و الگوریتم پیشنهادی مورچه مراحل اجرای فرآیند تخصیص بهینه برای کاربری‌ها پیشنهاد می‌گردد. از آنجائی که تصمیم‌گیرندگان

ترجیح می‌دهند با معرفی اولویت‌های تصمیم‌گیری خود، سناریوهای متناظر و محدودی را بررسی و ملاحظه نمایند، وجود گزینه‌های مختلف تصمیم‌گیری برنامه‌ریزان را سردرگم می‌کند. بنابراین با استفاده از الگوریتم‌های فرا ابتکاری چندهدفه و استفاده از مقاهم جبهه‌ی پرتو می‌توان در حد قابل قبولی بر این پیچیدگی غلبه کرده و جواب‌های منطقی و مناسبی را برای تخصیص بهینه به دست آورد. در بیشتر موارد تصمیم‌گیرندگان به دنبال تنوعی از جواب‌های محدود و متفاوت از هم می‌باشند که این امر در این تحقیق میسر شده است. در این تحقیق، محدوده تخصیص وسیع بوده و اهداف و محدودیت‌های زیادی وجود دارند. لذا با توجه به ارزیابی انجام شده الگوریتم مورچه پیشنهاد شده است. این الگوریتم پیوسته بوده و در مسائل گستته جواب نمی‌دهد. لذا در این تحقیق فرآیند گستته سازی بر روی آن اجرا گردید. بدین صورت که ابتدا الگوریتم پیشنهادی با استفاده از یک ناحیه^۳ رستری ارزیابی گردیده و نتایج آن با الگوریتم ژنتیک مقایسه شد. نتایج این مقایسه نشان دادند که الگوریتم مورچه ارائه می‌دهد به جواب واقعی نزدیک‌تر است. علاوه بر این، در الگوریتم پیشنهادی زمان رسیدن به جواب بهینه‌ی مشترک یک پنجم زمان الگوریتم ژنتیک می‌باشد. نتیجه‌ی اجرای الگوریتم بر روی دادهای فرضی نشان داد که الگوریتم در فضاهای بزرگ پتانسیل بالایی را به منظور حل مساله دارد. بنابراین، پس از ارزیابی در محدوده فرضی، الگوریتم پیشنهادی بر روی منطقه‌ی مطالعاتی (شهر مشهد) اجرا گردید. در محدوده مطالعاتی، با در نظر گرفتن چهار تابع هدف شامل: سازگاری، مطلوبیت، همسانی و وابستگی، ۸ نوع کاربری شامل: خدماتی، تجاری، اداری، مسکونی، صنعتی، فضای سبز، بایر، فرهنگی-مذهبی به پارسل‌ها اختصاص داده شد. بر این اساس تعداد جواب‌های ممکن در مساله به تعداد^۶^۷^۸ خواهد بود. زمان اجرای الگوریتم برای ایجاد جواب بهینه در حدود ۱۲ دقیقه می‌باشد که زمان قابل قبولی است. به منظور نمایش بهتر نتایج حاصل از تحقیق، تنها دو هدف برنامه‌ریزی شامل: تناسب و فشردگی در نظر گرفته شدند. لایه‌های تناسب از طریق نظرات کارشناسی و با استفاده از روش دلفی و از طریق پرسش‌نامه جمع آوری گردیده و سپس با استفاده از روش AHP به مقادیر عددی تبدیل شدند.

۹- نتایج و پیشنهادها

در این مقاله از الگوریتم ژنتیک و کلونی مورچگان به منظور اختصاص کاربری زمین با در نظر گرفتن^۴ تابع هدف شامل: تناسب، سازگاری، وابستگی، فشردگی، نزدیکی به راه دسترسی و آسودگی هوا استفاده شد. آنچه که می‌توان به عنوان نوآوری در این مقاله ذکر کرد عبارتند از: استفاده از الگوریتم ژنتیک با عملگر انتخاب حریصانه به منظور اختصاص کاربری زمین. استفاده از الگوریتم کلونی مورچگان با تابع پخش فرمون در فرآیند بهینه‌سازی. استفاده از روش HIPI به منظور مقدار دهی جواب‌های اولیه و جستجوی همسایگی. مقایسه‌ی بین نتایج مختلف نشان دادند که الگوریتم کلونی مورچگان عملکرد بهتری نسبت به الگوریتم ژنتیک و پرندگان دارد. در پژوهش‌های آینده می‌توان از سایر روش‌های بهینه سازی مانند الگوریتم خفash‌ها، الگوریتم تابو به منظور افزایش سرعت جستجو استفاده کرد.

مراجع

- [1] L. Yang, X. Sun, L. Peng, J. Shao, and T. Chi, "An improved artificial bee colony algorithm for optimal land-use allocation," *Int. J. Geogr. Inf. Sci.*, vol. 29, no. 8, pp. 1470–1489, 2015.
- [2] K. Huang, X. Liu, X. Li, J. Liang, and S. He, "An improved artificial immune system for seeking the Pareto front of land-use allocation problem in large areas," *Int. J. Geogr. Inf. Sci.*, vol. 27, no. 5, pp. 922–946, 2013.
- [3] P. Pilehforooshha, M. Karimi, and M. Taleai, "A GIS-based agricultural land-use allocation model coupling increase and decrease in land demand," *Agric. Syst.*, vol. 130, pp. 116–125, 2014.
- [4] H. Su, J. Hao, Y. Tan, Y. Bao, B. Song, and X. He, "A land use and transportation integration method for land use allocation and transportation strategies in China q," *Transp. Res. Part A*, vol. 69, pp. 329–353, 2014.

- [5] X.-S. Yang, "Bat Algorithm for Multiobjective Optimization," *Int. J. Bio-Inspired Comput.*, vol. 3, no. 5, pp. 267–274, 2011.
- [6] M. A. Shifa and H. E. Jianhua, "Land-Use Spatial Optimization Based on PSO Algorithm," *vol. 14, no. 1*, pp. 54–61, 2011.
- [7] A. A. El Baroudy, "Catena Mapping and evaluating land suitability using a GIS-based model," *Catena*, vol. 140, pp. 96–104, 2016.
- [8] M. Taleai, A. Sharifi, R. Sliuzas, and M. Mesgari, "Evaluating the compatibility of multi-functional and intensive urban land uses," *vol. 9*, pp. 375–391, 2007.
- [9] Z. Y. Dai and Y. P. Li, "A multistage irrigation water allocation model for agricultural land-use planning under uncertainty," *vol. 129*, pp. 69–79, 2013.
- [10] A. Ligmann-Zielinska, R. Church, and P. Jankowski, "Spatial optimization as a generative technique for sustainable multiobjective land-use allocation," *Int. J. Geogr. Inf. Sci.*, vol. 22, no. 6, pp. 601–622, 2008.
- [11] M. Chandramouli, B. Huang, and L. Xue, "Spatial Change Optimization : Integrating GA with V isualization for 3D Scenario Generation," *vol. 75, no. 8*, pp. 1015–1022, 2009.
- [12] K. Cao, "International Journal of Geographical Spatial multi-objective land use optimization : extensions to the non- dominated sorting genetic algorithm-II," *no. December 2014*, pp. 37–41, 2011.
- [13] K. Cao, B. Huang, S. Wang, and H. Lin, "Computers , Environment and Urban Systems Sustainable land use optimization using Boundary-based Fast Genetic Algorithm," *Comput. Environ. Urban Syst.*, vol. 36, no. 3, pp. 257–269, 2012.
- [14] A. Haque and Y. Asami, "Computers , Environment and Urban Systems Optimizing urban land use allocation for planners and real estate developers," *Comput. Environ. Urban Syst.*, vol. 46, pp. 57–69, 2014.
- [15] D. Goldberg, *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning*. 1989.
- [16] W. W. Chen, S. S. Member, J. Zhang, and S. S. Member, "An ant colony optimization approach to a grid workflow scheduling problem with various QoS requirements," *Syst. Man, Cybern. Part C*, vol. 39, no. 1, pp. 29–43, 2009.