نشریه علمی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی

سال سیزدهم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۴

Vol.13, No.4, Winter 2026

۱ -۲۳

مقاله پژوهشی

بهینه‌سازی قطعه‌بندی اراضی کشاورزی با رویکرد چندمعیاره و استفاده از الگوریتم ژنتیک

محمد کریمی[1*]، مهرداد بیجندی[2]، وحید فراهانی[3]

۱- دانشیار گروه سیستم‌های اطلاعات مکانی، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی

۲- استادیار گروه ژئودزی و مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه تفرش

۳- کارشناس ارشد سیستم‌های اطلاعات مکانی، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۰۷/۰۷ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۰۶/۰۳

چکیده

قطعه‌بندی اراضی کشاورزی به‌عنوان یک ابزار کلیدی در مدیریت پایدار منابع زمین، نقشی مهم در افزایش بهره‌وری و کارایی تولیدات کشاورزی ایفا می‌کند. با توجه به محدودیت منابع آب و خاک و افزایش تقاضا برای محصولات کشاورزی، توسعه روش‌های نوین و کارآمد برای قطعه‌بندی اراضی ضرورت بیشتری یافته‌است. در این پژوهش، یک روش ترکیبی مبتنی بر الگوریتم ژنتیک و الگوریتم‌های قطعه‌بندی موجود برای بهینه‌سازی قطعه‌بندی اراضی کشاورزی در منطقه کوکده، شهرستان آمل، مورد بررسی قرار گرفته است. هدف این مطالعه، ارائه یک راهکار بهینه برای تقسیم اراضی کشاورزی به قطعاتی با ابعاد مناسب و هندسه مطلوب است که معیارهای چندگانه‌ای نظیر نوع محصول، شیوه آبیاری و محدودیت‌های هندسی را در نظر می‌گیرد. نتایج حاصل از پیاده‌سازی این روش نشان می‌دهد که قطعات ایجادشده دارای ابعادی نزدیک به استانداردها و مطابق با آیین‌نامه‌های موجود هستند. در حالی که فرایند سنتی قطعه‌بندی اراضی که توسط کارشناسان انجام می‌شود، زمان‌بر و پرهزینه است، روش پیشنهادی در این تحقیق از نظر دقت، زمان پردازش و بهینه‌سازی هندسی عملکرد بهتری نسبت به روش‌های موجود داشته است. مقایسه نتایج نشان می‌دهد که اختلاف ابعاد قطعات در روش پیشنهادی با قطعات ایجادشده توسط کارشناس، در طول قطعات ۰/۷ درصد و در عرض قطعات ۵/۷ درصد است. علاوه بر این، زمان موردنیاز برای قطعه‌بندی با روش پیشنهادی تقریباً ۵۰ درصد کمتر از زمان قطعه‌بندی با روش الگوریتم ژنتیک بوده است. این پژوهش نشان می‌دهد که استفاده از روش ترکیبی پیشنهادی و بهره‌گیری از الگوریتم‌های قطعه‌بندی موجود می‌تواند به‌عنوان ابزاری کارآمد و مؤثر برای بهینه‌سازی قطعه‌بندی اراضی کشاورزی مورد استفاده قرار گیرد.

کلیدواژه‌ها : قطعه‌بندی اراضی، بهینه‌سازی، الگوریتم ژنتیک، آنالیز چندمعیاره، یکپارچه‌سازی اراضی.

[*] نویسنده مکاتبه‌کننده: تهران، خیابان ولیعصر، بالاتر از میدان ونک، تقاطع میرداماد، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.

تلفن: ۰۲۱ ۸۸۸۷۷۰۷۱

Email: mkarimi@kntu.ac.ir

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-12]

۱- مقدمه

در تمامی جوامع، تضمین امنیت غذایی و حفظ سلامت عمومی در بلندمدت نیازمند ایجاد شرایط لازم برای حفاظت و بهره‌برداری مؤثر و پایدار از اراضی موجود است [۱]. زمین، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع تولید در بخش کشاورزی، از اهمیت بالایی برخوردار است. بااین‌حال، پراکندگی و شکل نامنظم قطعات کشاورزی از جمله چالش‌های اساسی برای بهره وری بهینه از اراضی کشاورزی هستند. به همین دلیل، متخصصان برای حل این مشکل، فرآیند یکپارچه‌سازی اراضی را به‌عنوان یک استراتژی بنیادین برای بهبود جانمایی، شکل و ابعاد قطعات کشاورزی توصیه می‌کنند[۲].

در مطالعات مربوط به تجمیع و تخصیص مجدد اراضی کشاورزی[۱]، ابتدا فرآیند یکپارچه سازی انجام می شود و سپس به تخصیص مجدد زمین‌ها پرداخته می‌شود[۳]. بررسی ادبیات موضوع نشان می‌دهد که اکثر پژوهشهای موجود، قطعه‌بندی اراضی را به‌عنوان یکی از مراحل فرایند تخصیص مجدد اراضی در نظر گرفته‌اند. روشهای متعددی برای حل مسئله تخصیص مجدد اراضی کشاورزی ارائه شده‌است. رو شهایی مانند وزن‌دهی به اولویت‌های مالکان[۴ و ۵]، منطق فازی[۶]، بهینه‌سازی غیرخطی، تلفیق سیستم‌های تصمیم‌گیری[۲] و خبره[۳] [۷]، سیستم‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری مکانی[۴][۳ و ۸]، روش بهینه سازی با استفاده از الگوریتم‌هایی فرا ابتکاری[۵][۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵ و ۱۶]، روش عامل مبنا[۱۷] از جمله رو شهای رایجی هستند که در مطالعات مختلف بکار گرفته شده‌اند.

یکپارچه سازی اراضی، یکی از رو شهای کارآمد مدیریت زمین برای کاهش پراکندگی قطعات کشاورزی به شمار می‌رود که نه تنها یک فرآیند فنی، بلکه دارای پیامدهای اجتماعی و اقتصادی است[۱۸]. مزایای متعددی برای فرایند یکپارچه سازی اراضی کشاورزی ذکر شده‌است مانند کاهش قطعه‌قطعه شدن اراضی[۱۹ و ۲۰]، افزایش بهره‌وری[۱۹ و ۲۱]، بهبود دسترسی و کاهش هزینه‌های حمل و نقل[۲۲ و ۲۳]، بهبود مدیریت منابع آب[۲۴]، توسعه روستایی پایدار [۲۵ و ۲۶]، کاهش تخریب خاک[۲۷] و افزایش ارزش اراضی [۲۸]. شایان ذکر است که این فرایند با چالش‌هایی مانند مقاومت اجتماعی و پیچیدگی های قانونی و اداری نیز روبرو است[۲۹].

در تحقیقات مختلف از مدل‌های گوناگونی برای بهینه‌سازی قطعه‌بندی زمین‌های کشاورزی استفاده شده‌است. هکلی[۶] و همکارانش(۲۰۱۶)، از الگوریتم باینری و مثلث‌بندی دلونی برای قطعه‌بندی اراضی استفاده کردند[۳۰]. این روش با شکل واقعی قطعات زمین تطابق کامل ندارد، زیرا با ادغام یک شبکه مثلثی به دست آمده است.

کای[۷] و همکارانش (۲۰۱۱)، از منطق فازی برای قطعه‌بندی اراضی کشاورزی استفاده کردند. در این روش، معیارهای تعریف‌شده توسط کارشناسان به توابع و متغیرهای فازی تبدیل می‌شوند و با استفاده از سیستم استنتاج ممدانی، قطعه‌بندی انجام می‌شود[۶]. بااین حال، برای تعیین توابع و متغیرهای فازی در این روش از معیارهای زیادی استفاده شده‌است که باعث افزایش زمان و کاهش سرعت فرآیند می‌شود.

دیمتریو[۸] و همکاران(۲۰۱۳)، قطعه‌بندی زمین را برای دو بلوک با استفاده از ترکیب رویکردهای تک هدفه و چند هدفه با الگوریتم ژنتیک انجام دادند[۳۱]. هکلی و هارون(۲۰۱۷)، با استفاده از الگوریتم ژنتیک قطعه‌بندی بلوک را انجام دادند. در این مطالعه از معیارهایی مانند شکل و اندازه قطعه زمین، ارزش زمین و موقعیت قطعه زمینهای اولیه کاداستری برای تولید نقشه قطعه‌بندی

[1] *Land Reallocation*
[2] *decision-making method*
[3] *expert system*
[4] *Spatial Decision Support System (SDSS)*
[5] *metaheuristic*
[6] *Hakli*
[7] *Cay*
[8] *Demetriou*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-12]

اراضی استفاده شده‌است[۳۲]. هکلی (۲۰۱۹)، با استفاده از توابع هدف تعریف شده در دو تحقیق قبلی خود به مقایسه الگوریتم تکاملی تفاضلی[1] و الگوریتم جستجوی پراکنده[2] در همان منطقه مطالعاتی می‌پردازد[۳۳].

مطالعات اندکی در جهان و بویژه در ایران در رابطه با قطعه‌بندی اراضی کشاورزی انجام شده‌است. در یکی از معدود مطالعات انجام شده در ایران، بیجندی و همکاران (۲۰۲۱) با استفاده از شاخصهای مکانی و غیرمکانی روشی را برای قطعه‌بندی اراضی کشاورزی مبتنی بر راندمان آبیاری با استفاده از الگوریتم زنبور چندهدفه ارائه دادند[۳۴].

اغلب مطالعات قطعه‌بندی در اراضی شهری توسعه یافته‌اند که به اختصار به برخی از آنها اشاره می شود. ویکراماسوریا[3] و همکاران(۲۰۱۱)، یک ابزار قطعه‌بندی با قابلیت تولید خیابان و قطعات مسکونی توسعه دادند. مدل توسعه داده‌شده بر اساس بهینه‌سازی قطعات خروجی با هدف ایجاد بیشترین تعداد قطعات و کمترین تعداد خیابان بوده و قادر به قطعه‌بندی بلوک با اشکال مستطیل و نامنظم است[۳۵].

جومبا و دراگسیویک[4] (۲۰۱۲)، یک مدل عامل‌مبنای رشد شهری و ماژول قطعه‌بندی زمین در قالب توسعه مدل *icity* گسترش دادند. در مدل قطعه‌بندی، ابتدا بلوک اصلی به بلوک‌های کوچکتر تقسیم و سپس در میان آنها معابر جدید ایجاد و درنهایت بلوک‌های حاصله به تعداد زیادی قطعه تقسیم می‌گردد[۳۶]. داهال و چاو[5] (۲۰۱۴)، روشی برای قطعه‌بندی زمین های شهری تحت عنوان مجموعه ابزار *GIS* برای تقسیم اتوماتیک زمین‌های شهری ارائه داده‌اند[۳۷]. مدل قطعه‌بندی آنها از یک چارچوب منطقی با استفاده از روابط ریاضی به صورت بازگشتی استفاده نموده است و مشتمل بر هفت ابزار مختلف قطعه‌بندی است.

با توجه به مطالعات انجام‌شده، در بیشتر روش‌های موجود، فرآیند قطعه‌بندی اراضی کشاورزی به‌صورت نیمه‌خودکار و در چندین مرحله انجام می‌شود. این روش‌ها ابتدا فرآیند یکپارچه‌سازی و بلوک‌بندی زمین را انجام داده و سپس به قطعه‌بندی و تخصیص مجدد اراضی می‌پردازند. قطعه‌بندی صحیح اراضی کشاورزی یکی از مهم‌ترین روش‌ها برای بهبود بهره‌وری زمین‌های کشاورزی است و ارائه روشی مناسب برای این منظور، ضرورتی اجتناب‌ناپذیر به نظر می‌رسد. با توجه به محدودبودن مدلهای قطعه‌بندی موجود در ایران، ضرورت توسعه روشهایی که بتواند با در نظر گرفتن مقررات موجود فرآیند قطعه‌بندی اراضی کشاورزی را به‌صورت بهینه انجام دهد، وجود دارد.

هدف این مطالعه، یافتن یک راهکار بهینه برای تقسیم اراضی کشاورزی با در نظر گرفتن ضوابط و دستورالعملهای موجود در ایران است. در راستای این هدف، تلاش می‌شود قطعات زمین با ابعاد و هندسه مطلوب ایجاد شود به نحویکه، معیارهای چندگانه‌ای همچون نوع محصول، نوع آبیاری و محدودیت های هندسی در نظر گرفته شود.

در این تحقیق، از یک روش ترکیبی برای قطعه‌بندی اراضی کشاورزی استفاده‌شده‌است و از ویژگی‌های مدلهای موجود قطعه‌بندی (اعم از مدلهای اراضی شهری و کشاورزی) و الگوریتم ژنتیک بهره‌گیری شده‌است. ویژگی‌های اصلی این تحقیق که آن را از سایر تحقیقات متمایز می‌سازد، شامل تعیین معیارهای بومی سازی شده برای اراضی کشاورزی ایران، تعریف تابع هدف جدید و افزایش سرعت و دقت مدل‌های موجود قطعه‌بندی و اختصاصی کردن آنها بر اساس ضوابط موجود در ایران و همچنین انجام فرآیند قطعه‌بندی در پهنه‌ای وسیع‌تر از مدل‌های قبلی است.

[1] *Differential evolution algorithm*
[2] *Scatter search algorithm*
[3] *Wickramasuriya*
[4] *Jumba and Dragecivic*
[5] *Dahal and Chow*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-12]

۲- مبانی نظری تحقیق

در این بخش ابتدا به مفاهیم قطعه‌بندی زمین‌های کشاورزی در ایران و عوامل مؤثر در اندازه واحد زراعی پرداخته میشود. سپس در رابطه با شاخصهای هندسی شکل قطعات کشاورزی به اختصار توضیحاتی ارائه می‌گردد.

۲-۱- مفاهیم قطعه‌بندی زمینهای کشاورزی در ایران و عوامل مؤثر در اندازه واحد زراعی

عمده منابع استفاده شده در این تحقیق جلدهای یک تا پنج نشریات شماره ۳۴۶ و ۴۷۱ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور با عناوین مبانی و ضوابط طراحی، تجهیز و نوسازی اراضی کشاورزی خشکه‌زاری و مبانی و ضوابط طراحی، تجهیز و نوسازی اراضی کشاورزی شالیزاری و نیز تصویب‌نامه‌های هیئت وزیران از جمله تصویب‌نامه مورخه ۱۳۹۵/۱۲/۱۵ در رابطه با حدنصابهای فنی و اقتصادی اراضی کشاورزی است. همچنین از دستورالعمل‌ها و آیین‌نامه‌های وزارت جهاد کشاورزی و سازمان امور اراضی کشور از جمله آیین‌نامه اجرایی قانون جلوگیری از خُردشدن اراضی کشاورزی و ایجاد قطعات مناسب فنی و اقتصادی و همچنین دستورالعمل احداث معبر و راه دسترسی به مزارع، مصوب ۱۳۹۶/۵/۹ نیز در تدوین مطالب این بخش استفاده شده‌است.

یکی از عوامل مؤثر و تعیین‌کننده بازده کشاورزی، اندازه واحد زراعی است. از دیدگاه اقتصادی ترکیب صحیح عوامل تولید در هر منطقه کشاورزی، هزینه تولید در زراعت مکانیزه و سنتی و اختلاف درآمد و هزینه در واحدهای مختلف زراعی به انتخاب اندازه مطلوب قطعات کشاورزی کمک خواهد کرد. از دیدگاه مکانی اندازه مطلوب واحد زراعی به عوامل گوناگونی مانند توپوگرافی، ساختار شبکه معابر، مالکیت اراضی، نوع کشت، نوع آبیاری و نوع خاک بستگی دارد.

جانمایی سیستم‌های مزرعه باید به نحوی تعیین شود که اندازه و شکل قطعات زراعی سبب ایجاد حداقل تراکم جاده‌ها و کانال‌ها شود. اقتصادی ترین شکل قطعه بندی زراعی، به طور معمول آن است که جاده‌های بین مزارع با توجه به آرایش شبکه جاده‌های موجود در مزارع طراحی شوند.کانالهای آبیاری و زهکشی معمولاً در طول جاده‌های مزرعه طراحی می‌شوند. مساحت و شکل قطعات زراعی برای هر طرح، تا حد امکان در چهارچوب محدوده فوق تعیین می شود.

در قطعه‌بندی اراضی شالیزاری بایستی شکل و اندازه قطعات (کرت‌ها) بلوک‌های زراعی، همراه با موقعیت آن‌ها، آبیاری و زهکشی و جاده‌های زراعی به‌گونه‌ای طرح‌ریزی شوند که با یکدیگر رابطه‌ای ساختاری و عملیاتی برقرار کنند و امکان مدیریت بهینه آبیاری و کشت و کار را در مراحل بعدی فراهم آورند. با در نظر گرفتن شرایط مذکور به‌طورکلی مساحت و شکل استاندارد برای قطعات شالیزاری بین ۳۰۰۰ تا ۶۰۰۰ مترمربع پیشنهاد می‌شود.

۲-۲- شاخص‌های هندسی برای قطعات زمین

شاخص‌های شکل[1] *(SI)* و ابعاد فراکتال[2] *(FD)* برای بررسی شکل قطعات در فرایند یکپارچه سازی اراضی استفاده شده‌اند[۳۸]. این دو شاخص که از محیط پارسل Pi و مساحت پارسل ai استفاده می‌کنند طبق رابطه(۱) و (۲) محاسبه می‌شود.

رابطه(۱)

$$SI = \frac{Pi}{2\sqrt{\pi ai}}$$

رابطه(۲)

$$FD = \frac{2\ln Pi}{\ln ai}$$

شاخص فرم سطح[3] *(AFF)* نیز از دیگر شاخص‌های متداول شکل است که از رابطه(۳) محاسبه می‌شود[۳۱].

[1] *Shape Index*
[2] *Fractal Dimension*
[3] *Areal Form Factor*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-12]

رابطه(۳)

$$\mathrm{AFF} = \frac{\mathrm{ai}}{Pi^2}$$

دیمتریو و همکاران(۲۰۱۳) علاوه بر شاخص‌های تک پارامتره فوق، یک شاخص چندمعیاره معرفی کردند که بر اساس ترکیب وزندار چندین پارامتر مستقل تعریف می‌شود[۳۹]. شاخص شکل هندسی قطعه زمین i، (PSI_i)[1] بر اساس شاخص‌های چندپارامتره مطابق رابطه(۴) تعریف می‌شود.

رابطه(۴)

$$PSI_i = \frac{\sum_{i=1}^{m} P_{ij} w_j}{m}$$

در رابطه(۴)، شاخص PSI بر اساس شش$(m = 6)$ پارامتر (P_{ij}) مستقل شامل فشردگی[2]، زوایای‌حاده[3]، زوایای‌رفلکس[4](بیشتر از ۱۸۰ درجه و کمتر از ۳۶۰ درجه)، تعداد نقاط مرزی[5]، شکل منتظم[6] و طول یال‌ها[7] به صورت وزن‌دار (w_j) محاسبه می‌شود.

۳- مواد و روش تحقیق

تا کنون مدلهای قطعه‌بندی شهری و کشاورزی مختلفی توسعه داده شده‌اند. در این تحقیق از میان مدلهای موجود، دو مدل پراستناد انتخاب شده‌اند (مدل داهال[۳۷] و مدل دیمتریو[۳۱]) و ضمن پیاده‌سازی آنها در ایران تلاش شده‌است تا از مفاهیم هر دو مدل برای توسعه مدل جدید استفاده شود. در این تحقیق سه روش زیر مورد استفاده قرار می‌گیرند:

- مدل اول: قطعه‌بندی اراضی کشاورزی با الگوریتم ژنتیک و معیارهای جدید (بهبودیافته‌ی روش دیمتریو)
- مدل دوم: قطعه‌بندی اراضی کشاورزی با قطعات منظم (بهبودیافته‌ی روش داهال)
- مدل سوم: قطعه‌بندی به روش ترکیبی

فلوچارت کلی تحقیق در شکل(۱) نشان‌داده شده‌است. در شکل(۱)، ورودی و خروجی شماره دو نشان‌دهنده جریان کاری مدل سوم می‌باشد. این مدل که در این پژوهش به عنوان یک روش ترکیبی معرفی شده‌است، شامل یک فرآیند دو مرحله‌ای است: ابتدا خروجی مدل دوم محاسبه می‌شود و سپس این خروجی به عنوان ورودی به مدل اول وارد می‌گردد.

پس از جمع آوری اطلاعات از منطقه مورد مطالعه، سه روش قطعه‌بندی اجرا می‌شود که در ادامه تشریح می‌شوند.

۳-۱- مدل اول: قطعه‌بندی اراضی کشاورزی با الگوریتم ژنتیک و معیارهای جدید (بهبودیافته‌ی روش دیمتریو)

قطعه‌بندی اراضی کشاورزی در روش دیمتریو با استفاده از چند ضلعی‌های تیسن[8] و الگوریتم ژنتیک و بر اساس شاخص PSI، اندازه (مساحت) و ارزش زمین (دسترسی به معابر، قیمت زمین) انجام شده‌است. زمان محاسباتی برای قطعه‌بندی صرفاً دو بلوک گزارش شده‌است و به نظر می‌رسد با افزایش تعداد بلوک‌ها زمان محاسبات نیز افزایش پیدا کند همچنین فاکتورهای محلی مؤثر بر قطعه‌بندی زمین نیز درنظر گرفته نشده‌است و شکل و ابعاد قطعات را نمی‌توان وارد مدل کرد.

در این تحقیق، با استفاده از معیارهای جدید و تغییر تابع هدف تلاش شده‌است تا الگوریتمی سریعتر و سازگار با مقررات ایران ارائه گردد که قابلیت اجرا در پهنه‌های گسترده‌تر جغرافیایی داشته باشد. مراحل این روش به شرح زیر است:

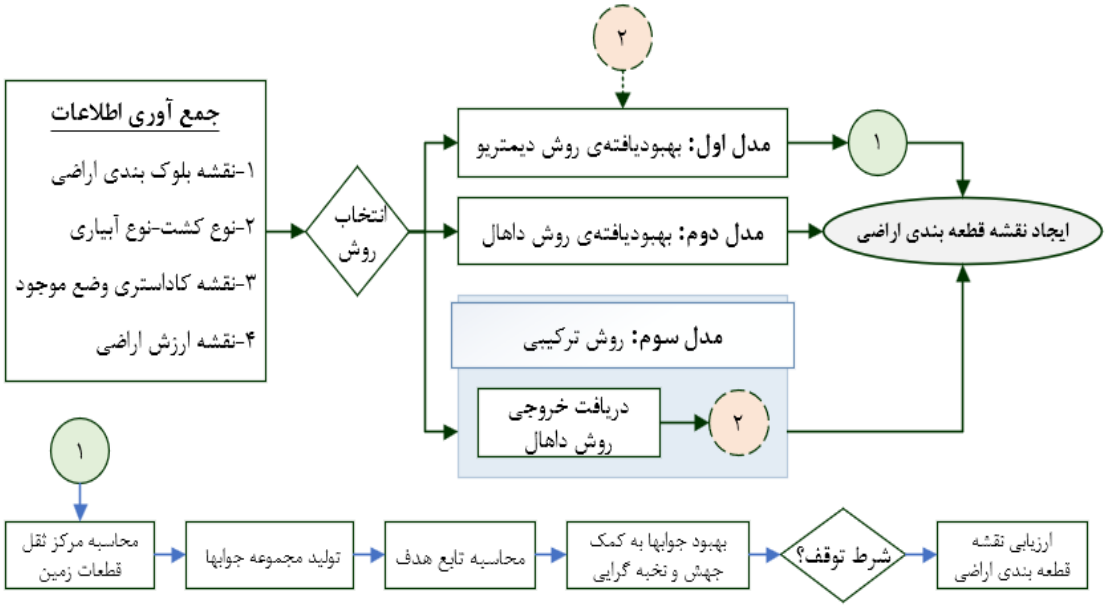
مرحله اول: آماده سازی داده‌های اولیه شامل استخراج اطلاعات توصیفی مرتبط با مالکیت، نوع محصول، نوع آبیاری.

مرحله دوم: محاسبه مرکز ثقل قطعات زمین بر اساس وضع موجود آن‌ها و اجرای الگوریتم ژنتیک نمایش گرافیکی چگونگی مدلسازی مسئله در قالب الگوریتم

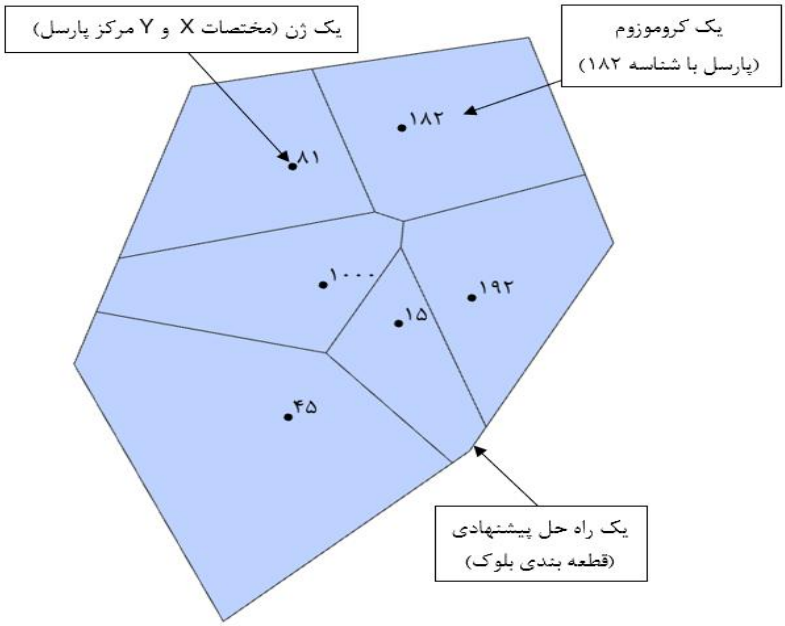
[1] *Parcel Shape Index*
[2] *Compactness*
[3] *Acute Angles*
[4] *Reflex Angles*
[5] *Boundary Points*
[6] *Regularity*
[7] *Length of Sides*
[8] *Thiessen Polygons*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-12]

ژنتیک در شکل(۲) نشان داده شده است. از الگوریتم ژنتیک برای بهینه‌کردن مختصات مرکز ثقل قطعات استفاده می‌شود.



شکل ۱: فلوچارت کلی تحقیق



شکل ۲: نمایش گرافیکی ساختار الگوریتم ژنتیک [۳۱]

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-12]

ابتدا مجموعه جوابها که عبارتند از X,Y مختصات مرکز ثقل قطعات زمین ایجاد می‌شوند، اگر چه این مختصات به‌صورت تصادفی ایجاد می‌شوند ولی دارای این قید هستند که X_{MAX} و X_{MIN} و همچنین Y_{MAX} و Y_{MIN} در محدوده بلوک باشند. سپس با استفاده از ابزار تیسن، پلیگونهای مربوط به هر مجموعه جواب ایجاد می‌شود تا مرز و شکل قطعات مشخص شود. در ادامه تابع هدف FT برای هر جواب محاسبه می‌شود که بصورت مجموع وزندارِ هدف‌های مختلف تعریف شده‌است و طبق رابطه(۵) محاسبه می شود.

رابطه(۵)

$$FT = W1 \times F1 + W2 \times F2 + W3 \times F3 + W4 \times F4 + W5 \times F5$$

در رابطه(۵)، $F1$، $F2$، $F3$، $F4$، $F5$ و $F6$ توابع هدف هستند که به صورت وزن‌دار(W) محاسبه می شوند. وزنهای توابع هدف در رابطه(۵)، با استفاده از نظرات متخصصین و کارشناسان تعیین می‌شود. رابطه(۶) اولین تابع هدف را بیان می‌کند.

رابطه(۶)

$$F_1 = \left|\frac{A_0 - An}{A_0}\right|$$

در رابطه(۶)، A_0 مجموع مساحت اولیه زمین‌های یک مالک قبل از قطعه‌بندی و An مساحت قطعات پس از انجام قطعه‌بندی است. تابع هدف F_1 وقتی بهینه خواهد بود که اختلاف مساحت اولیه قطعه با مساحت جدید آن، کم باشد. تابع هدف دوم طبق رابطه(۷) محاسبه می شود.

رابطه(۷)

$$F_2 = \left|\frac{AMS - An}{AMS}\right|$$

در رابطه(۷) ، AMS نشان‌دهنده مساحت استاندارد قطعات بر اساس نوع محصول است که بر اساس نشریه شماره ۴۷۱ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی تعین می‌شود. $F2$ نشان‌دهنده نسبت اختلاف مساحت استاندارد قطعات با مساحت پس از قطعه‌بندی می‌باشد. هرچقدر مقدار $F2$ کمتر باشد تابع هدف به بهینگی نزدیکتر خواهد بود.

یکی از مسائل بسیار مهم در اندازه قطعات کشاورزی نوع آبیاری منطقه موردنظر است و مساحت موردنیاز قطعات برای آبیاری‌های مختلف مثل قطره‌ای، غرقابی و بارانی متفاوت است. برای مثال محصول هندوانه در آبیاری قطره‌ای یا غرقابی، مساحت‌های مختلف را برای قطعات نیاز دارد. موضوع آبیاری در روش دیمتریو نادیده گرفته شده‌است. در این تحقیق تلاش شد با تعریف تابع هدف $F3$ مطابق رابطه(۸) این محدودیت برطرف شود.

رابطه(۸)

$$F_3 = \left|\frac{AWS - An}{AWS}\right|$$

در رابطه(۸)، AWS نشان‌دهنده مساحت استاندارد بر اساس نوع آبیاری محصول در منطقه موردنظر است. نوع آبیاری در این تحقیق با توجه به منطقه مطالعاتی، غرقابی است. بر اساس نشریه شماره ۴۷۱ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور با عنوان مبانی و ضوابط طراحی، تجهیز و نوسازی اراضی شالیزاری، حداقل مساحت قطعات برای زمین‌های آبی ۲۰۰۰ الی ۶۰۰۰ مترمربع است.

رابطه(۹)، نشان‌دهنده شاخص فرم هندسی قطعات است که در این تحقیق نیز مانند روش دیمتریو از شاخص PSI استفاده شده‌است.

رابطه(۹)

$$F_4 = 1 - PSI$$

تابع هدف $F4$، در حالت ایده‌آل برابر صفر است اگر همه پارسلهای بلوک دارای شکل بهینه باشند که عبارتست از مستطیلی با نسبت طول به عرض دو به یک. روابط محاسباتی شاخص PSI در بخش (۲-۲) ذکر شده است. ارزش قطعات در تابع هدف $F5$ مد نظر قرار گرفته است که طبق رابطه(۱۰) محاسبه می شود. ارزش اراضی زراعی بر اساس معیارهای مختلفی از جمله موقعیت مکانی، جنس خاک، شیب و سایر عوامل تعیین می‌شود.

رابطه(۱۰)

$$F_5 = \left|\frac{V_0 - Vn}{V_0}\right|$$

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-12]

در رابطه(۱۰)، V_0 نشان‌دهنده ارزش اولیه قطعه و Vn ارزش قطعه پس از قطعه‌بندی است که بوسیله همپوشانی مساحت قطعات جدید با لایه ارزش اولیه اراضی محاسبه می‌شود.

پس از محاسبه توابع هدف برای هر کدام از جوابها، انتخاب والدها با استفاده از روش تورنمنت انجام می شود. سپس ترکیب جوابها و تولید فرزندان جدید با استفاده از روابط (۱۱)، (۱۲) و (۱۳) انجام می‌شود.

رابطه(۱۱)

$$Xnew = (1-r) \times x1 + r \times x2$$

رابطه(۱۲)

$$Ynew = (1-r) \times y1 + r \times y2$$

رابطه(۱۳)

$$r = random\ (0.1)$$

فرایند جهش نیز انجام می‌شود و نخبه گرایی در هر تکرار بوسیله انتقال تعدادی از جوابهای بهینه از نسل قبل به نسل جدید انجام می شود. فرایند تولید نسل در الگوریتم پیشنهادی تا تعداد معینی از تکرار بعنوان شرط توقف ادامه می‌یابد.

۳-۲- مدل دوم: قطعه‌بندی اراضی کشاورزی با قطعات منظم (بهبودیافته‌ی روش داهال)

یکی از محدودیت‌های روش دیمتریو این است که نمی‌توان ابعاد قطعات را وارد قطعه‌بندی کرد. به عبارتی نمی‌توان قطعات با عرض مشخص و یا طول مشخص ایجاد کرد چرا که در آن روش، قطعات بر اساس شکل اولیه و شاخص شکل ایجاد می‌شوند. برای حل این مشکل از قطعه‌بندی داهال استفاده‌شده‌است. این روش می‌تواند بلوک‌ها را به قطعات منظم با طول و عرض مشخص قطعه‌بندی کند.

در این روش حداقل و حداکثر طول و عرض قطعات با استفاده از دستورالعملهای موجود و با توجه به نوع محصول و روش آبیاری، مشخص و به مدل معرفی می‌شود. ویژگی روش داهال برای زمین‌های شهری تولید خودکار شبکه معابر در اطراف قطعات است. به گونه‌ای است که قسمتی از مساحت پیرامون بلوک و داخل بلوک را برای تأمین دسترسی قطعات به شبکه معابر اختصاص می‌دهد (شکل(۳)).

شکل ۳: ایجاد شبکه معابر در پیرامون و داخل بلوک‌ها [۳۷]

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-12]

لیکن در یکپارچه‌سازی اراضی کشاورزی ابتدا نقشه بلوک‌بندی پروژه تهیه می‌شود و اسکلت پروژه با طراحی جاده ها، شبکه‌های آبیاری و زهکشی شکل می‌گیرد. از آنجاییکه در این تحقیق از روش داهال برای اراضی کشاورزی استفاده‌شده‌است و ورودی آن بلوک‌های کشاورزی هستند که قبلاً دسترسی آنها تأمین شده‌است لذا لازمست تغییراتی در طراحی این ابزار صورت گیرد. این تغییرات منجر به قطعه‌بندی سرتاسری بلوک بدون کسر مساحت شبکه معابر شد. همچنین در این ابزار تغییراتی صورت گرفت که پس از قطعه‌بندی اولیه، قطعاتی که کمتر از حد مجاز هستند را با قطعات مجاور ادغام کند.

۳-۳- مدل سوم: قطعه‌بندی به روش ترکیبی

در بخش‌های قبل دو روش برای قطعه‌بندی زمین‌های کشاورزی ارائه شد. در این دو روش برخی از محدودیتها مرتفع شد و تلاش شد تا از معیارهای بومی استفاده شود. ابعاد قطعات براساس دستورالعملهای موجود در ایران تعیین شد و ابزار قطعه‌بندی شهری برای اراضی کشاورزی مورد استفاده قرار گرفت. با این‌وجود هر دو این روش‌ها دارای معایبی هستند ازجمله اینکه در روش اول (دیمتریو) به دلیل اینکه الگوریتم به دنبال بهینه کردن شکل قطعات است زمان زیادی نیاز دارد تا فرایند را به سرانجام برساند. از طرف دیگر روش دوم (داهال) یک روش اختصاصی برای قطعه‌بندی اراضی شهری است و معیارهای کشاورزی و ارزش اراضی را دربر نمی‌گیرد. بنابراین دراین تحقیق رهیافت سومی تحت عنوان روش ترکیبی پیشنهاد شد تا بتواند با تلفیق این دو مدل، راهکاری برای مرتفع کردن محدودیتهای آنها ارائه دهد. در ادامه مراحل کار توضیح داده می‌شود.

داده های ورودی روش ترکیبی، قطعات خروجی روش قطعه‌بندی با اشکال منظم است. از اینرو به دلیل شکل منظم قطعات، بار محاسباتی تبدیل پلیگونهای نامنظم تیسن به قطعات مستطیلی از روی الگوریتم ژنتیک برداشته می‌شود. در روش ترکیبی از شاخص شکل *PSI* برای بهینه کردن شکل قطعات استفاده نمی‌شود چراکه قطعات دارای شکل اولیه مناسبی هستند و دیگر نیازی به محاسبات سنگین این شاخص نیست. به جای آن از شاخص *AFF* (رابطه(۳)) که پیچیدگی محاسباتی کمتری دارد استفاده می‌شود. مقدار شاخص *AFF* برای مستطیلی که طول آن دو برابر عرض آن باشد برابر با ۰/۰۵ است. بنابراین تابع هدف *F4* از رابطه(۱۴) محاسبه می‌شود و هرچه مقدار آن کمتر باشد شکل قطعات به شکل بهینه نزدیکتر خواهد بود.

رابطه(۱۴)

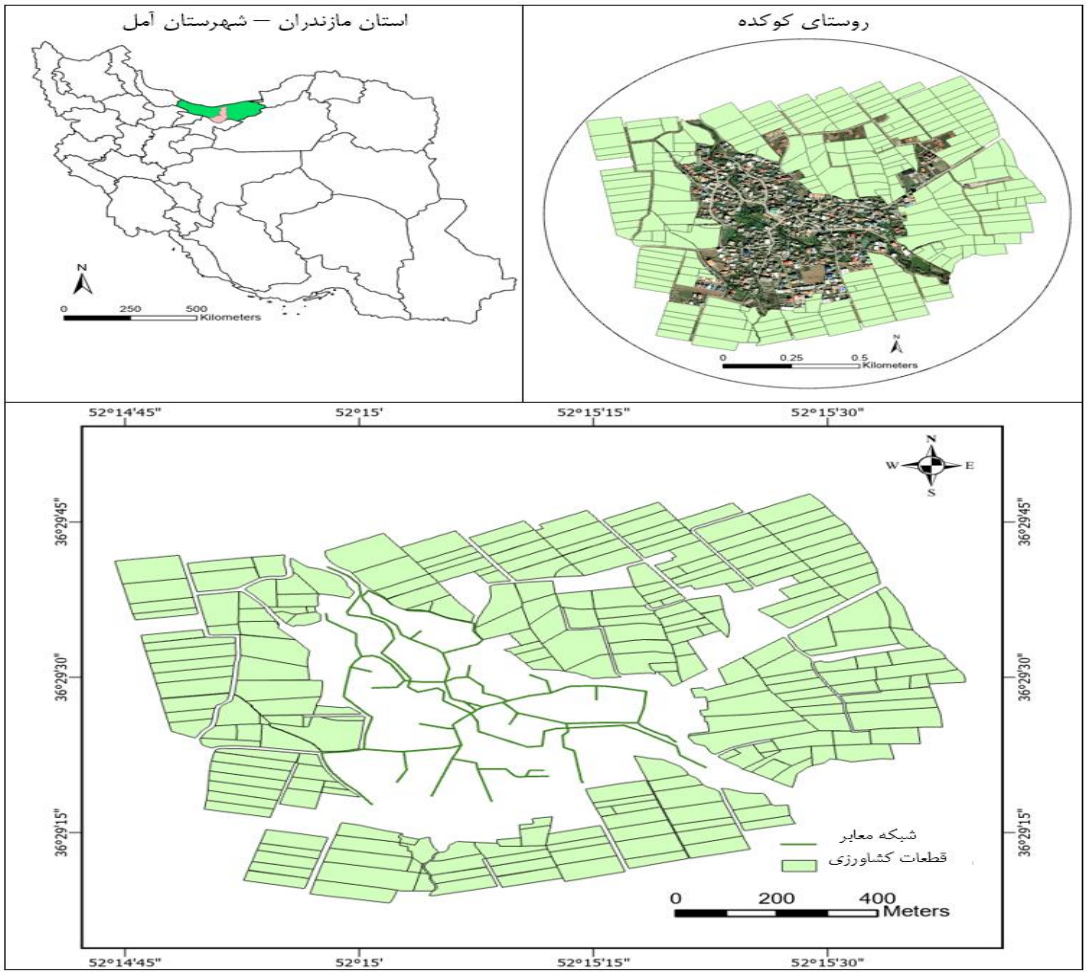
$$F4 = |0.05 - AFF|$$

مقدار مختصات مرکز ثقل قطعات به روش منظم به‌عنوان جواب اولیه وارد الگوریتم ژنتیک می‌شود و ادامه فرایند الگوریتم تا حصول نتایج بهینه ادامه می‌یابد.

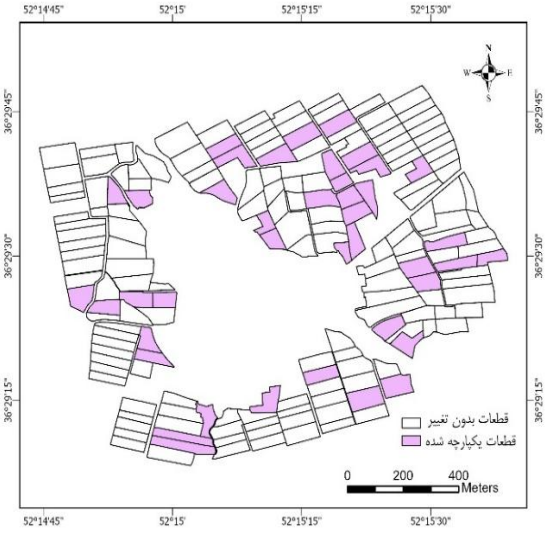
۴- پیاده‌سازی مدل‌ها و بررسی نتایج

منطقه مطالعاتی در این تحقیق روستای کوکده، از توابع بخش مرکزی شهرستان آمل در استان مازندران است (شکل(۴)). این روستا در دهستان پایین‌خیابان لیتکوه واقع است و مساحت کل اراضی کشاورزی آن حدود ۷۲ هکتار و کشت غالب منطقه برنج و چای و نوع آبیاری منطقه به‌صورت غرقابی است. این منطقه دارای مالکیت‌های کوچک، قطعات کشاورزی نامنظم و ناهموار است و نبود شبکه معابر مناسب و کانال‌های آبیاری و زهکشی مشکلات عمده‌ای را بر سر راه تولید برنج در این منطقه قرار داده است. به‌منظور افزایش بازده تولید برنج، مکانیزه کردن کشت، امکان کشت دوم، بهبود حفاظت خاک و مدیریت مزرعه، ارتقای وضعیت اقتصادی و اجتماعی جامعه کشاورزی و نهایتاً افزایش بهره‌وری، طرح یکپارچه‌سازی و تجهیز و نوسازی اراضی در شالیزارهای سنتی مازندران به اجرا درآمده است [۴۰]. در شکل(۴) و (۵) وضعیت قطعات کشاورزی در منطقه مطالعاتی قبل و بعد از یکپارچه سازی اراضی نشان‌داده شده‌است. در شکل(۵) قطعاتی که بعد از عملیات یکپارچه سازی اراضی دستخوش تغییر شده‌اند مشخص گردیده است. شکل(۶) نیز نقشه ارزش اراضی کشاورزی را نشان می‌دهد.

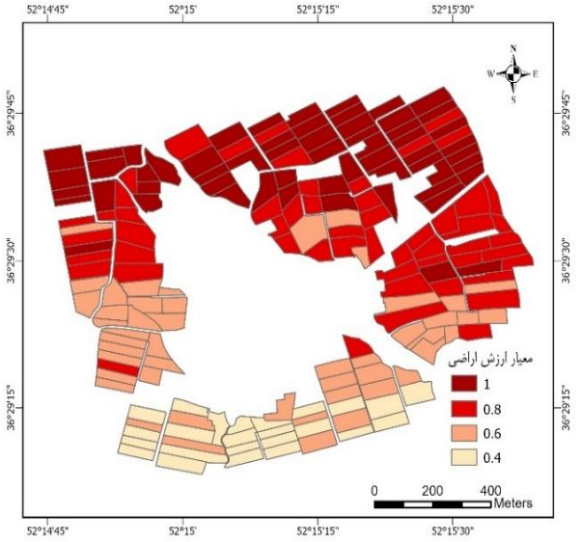
[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-12]



شکل ۴: موقعیت مکانی منطقه مطالعاتی و وضعیت قطعات کشاورزی قبل از یکپارچه سازی اراضی



شکل ۵: وضعیت قطعات کشاورزی بعد از یکپارچه‌سازی اراضی



شکل ۶: نقشه معیار ارزش اراضی کشاورزی

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-12]

۴-۱- نتایج و یافته‌های مدل اول

رابط کاربری که برای انجام روش قطعه‌بندی اراضی کشاورزی با الگوریتم ژنتیک و معیارهای جدید (مدل اول) طراحی شده در شکل(۷) نشان داده شده است.

این ابزار، ورودی‌هایی دارد که عبارت‌اند از ۱) نقشه اولیه قطعات ۲) نقشه بلوک موردنظر ۳) مساحت موردنیاز ۴) تعداد جمعیت اولیه ۵) نرخ نخبه‌گرایی ۶) نرخ جهش ۷) وزن توابع هدف.

شکل ۷: رابط کاربری روش قطعه‌بندی اراضی کشاورزی با الگوریتم ژنتیک و معیارهای جدید (مدل اول)

در رابط کاربری نشان داده‌شده در شکل(۷)، اولین ورودی فایل نقشه موردنظر است که به‌صورت شیپ فایل وارد می‌شود. در این شیپ فایل اطلاعات توصیفی مختلف از قبیل مساحت اولیه قطعه، محیط قطعه، روش آبیاری، نوع محصول و ... وجود دارد. در فیلد بعدی، مکان ذخیره فایل خروجی انتخاب می‌شود. در فیلد سوم یک شیپ فایل از بلوک موردنظر وارد می‌شود. در فیلد چهارم مساحت استاندارد بر اساس نوع محصول وارد می‌شود. در فیلد پنجم مساحت استاندارد بر اساس نوع آبیاری منطقه وارد می‌شود. فیلدهای ششم تا هشتم مربوط به الگوریتم ژنتیک است؛ که به ترتیب تعداد جمعیت اولیه، نرخ نخبه‌گرایی (تعداد جواب‌های که از یک نسل به نسل بعدی انتقال داده می‌شود) وجهش (تعداد ژن‌های که در آن‌ها جهش انجام می‌شود) وارد می‌شود. فیلد آخر نیز مربوط به وزن توابع هدف است که با توجه به اهمیت معیارها به مدل معرفی می‌شوند.

نوع محصول در این تحقیق برنج است و برابر با دستورالعملها برای این نوع محصول قطعات استاندارد بایستی دارای مساحت بین ۳۰۰۰ تا ۶۰۰۰ مترمربع باشند. در این تحقیق تعداد جمعیت اولیه الگوریتم ژنتیک ۳۰ است. جواب‌ها شامل ۱۸۵ قطعه است که

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-12]

هرکدام از این قطعات شامل دو ژن می‌شوند و این ژن‌ها x, y مرکز ثقل قطعات می‌باشند. این مراکز ثقل بوسیله روابط (۱۱)، (۱۲) و (۱۳) به X و Yهای جدید تبدیل می شوند و این حلقه تکرار می شود تا به تعداد موردنیاز (که در این تحقیق ۳۰ است) جواب ایجاد شود. برای به دست آوردن شکل هرکدام از جواب‌ها نیز از ابزار تیسن استفاده می‌شود. شکل(۸) نمونه‌های از جواب‌های اولیه را نشان می‌دهد.

شکل ۸: نمونه‌هایی از جواب‌های اولیه

در مرحله بعد باید والدها برای انجام فرایند ترکیب انتخاب شود که انتخاب والد از طریقه یک مسابقه یا به عبارتی از روش تورنمنت انجام می‌شود. به این صورت که از بین جواب‌های تولیدشده به‌صورت تصادفی دو جواب انتخاب می شود بعد جوابی که تابع هدف بهتری یا به عبارتی کمتری دارد انتخاب می‌شود. این جواب به‌عنوان والد اول است. این فرایند را برای والد دوم نیز تکرار می‌شود تا هر دو والد انتخاب شوند. نکته‌ای که وجود دارد این است که والدهای انتخاب شده دوباره به مجموعه جواب‌ها برگردانده می‌شوند تا دوباره شانس انتخاب به‌عنوان والد را داشته باشند.

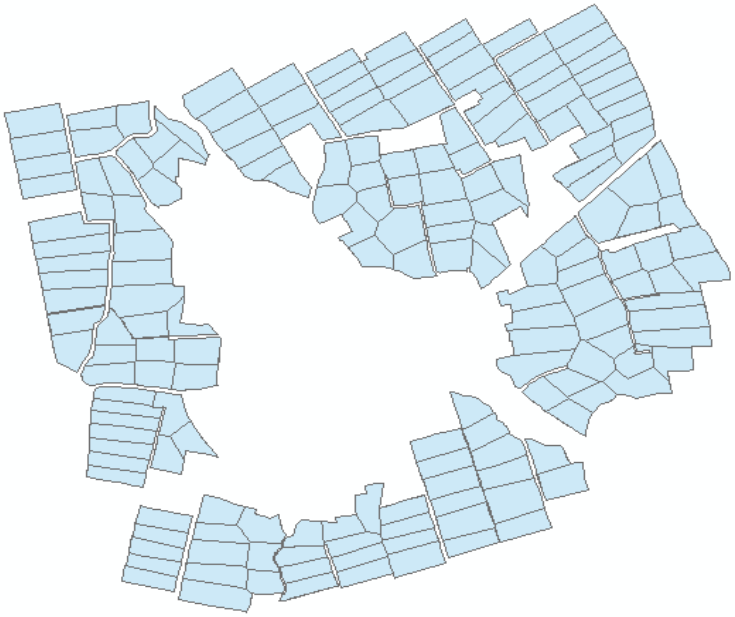
برای بهبود در جواب ها باید تغییرات تصادفی در جواب ها انجام شود که به این فرایند جهش گفته می‌شود. جهش به این معنا است که در ژن فرزندانی که جدید ایجاد شده‌اند، به‌صورت تصادفی تغییر ایجاد شود. برای پیاده‌سازی فرایند جهش به این صورت عمل شده‌است که ابتدا بطور تصادفی فرزندانی انتخاب می‌شوند و از بین ژن‌های این فرزندان نیز دو ژن آن‌ها باهم جابجا می‌شوند تا جهش در فرزند جدید ایجاد شود. تعداد ۳ جواب بهینه از نسل قبل به‌عنوان نخبه به نسل جدید منتقل می‌شوند. نسل جدید جایگزین نسل قبلی می‌شود و فرایند تا رسیدن به شرط توقف (۵۰ تکرار) دو باره تکرار می‌شود. مقادیر $F1$ تا $F5$ در جدول(۱) نشان‌دهنده توابع هدف است و FT میانگین وزن‌دار آنهاست.

با توجه به نتایج جدول(۱) مشاهده می‌شود در تکرارهای پایانی مقادیر توابع هدف کاهش یافته و جواب‌ها بهینه می شوند. شکل نهایی قطعه‌بندی منطقه مطالعاتی با روش الگوریتم ژنتیک در شکل(۹) نشان داده شده است.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-12]

جدول۱: مقادیر توابع هدف برای مدل اول

F1	F2	F3	F4	F5	FT
۰٫۱۷۶۵۸	۰٫۲۲۹	۰٫۲۲۹	۰٫۰۴۷۴۵	۰٫۰۰۰۲۱	۰٫۰۰۳۸۹
۰٫۰۰۵۶	۰٫۹۹۷۵	۰٫۹۹۷۵	۰٫۰۰۱۲	۰٫۰۰۳۱۰۶	۰٫۰۳۷۴۲
۰٫۱۰۸۶	۰٫۳۱۰۵۷	۰٫۳۱۰۵۷	۰٫۰۴۳۰۵	۰٫۰۰۲۷۶	۰٫۰۰۴۱۱
۰٫۰۵۳۴۴	۰٫۲۷۵۹۷	۰٫۲۷۵۹۷	۰٫۰۲۵۷۳	۰٫۰۰۱۴۰۴	۰٫۰۰۳۲۶
۰٫۰۲۲۹	۰٫۱۴۰۳۶	۰٫۱۴۰۳۶	۰٫۰۵۳۱۴	۰٫۰۰۲۴۲۸	۰٫۰۰۱۶۷
۰٫۰۱۶۳۵	۰٫۲۴۲۷۵	۰٫۲۴۲۷۵	۰٫۰۵۰۱	۰٫۰۰۲۱۱۱	۰٫۰۰۲۶۳
۰٫۰۷۴۹۴	۰٫۲۱۱۰۷	۰٫۲۱۱۰۷	۰٫۰۴۶۰۱	۰٫۰۰۰۱۳۶	۰٫۰۰۲۸۲
۰٫۲۱۸۰۳	۰٫۰۱۳۵۶	۰٫۰۱۳۵۶	۰٫۰۳۴۱۸	۰٫۰۰۱۷۱	۰٫۰۰۲۰۹
۰٫۰۹۶۲۹	۰٫۱۷۱	۰٫۱۷۱	۰٫۰۲۷۹۲	۰٫۰۰۳۰۴۶	۰٫۰۰۲۵۹



شکل ۹: خروجی نهایی قطعه‌بندی مدل اول

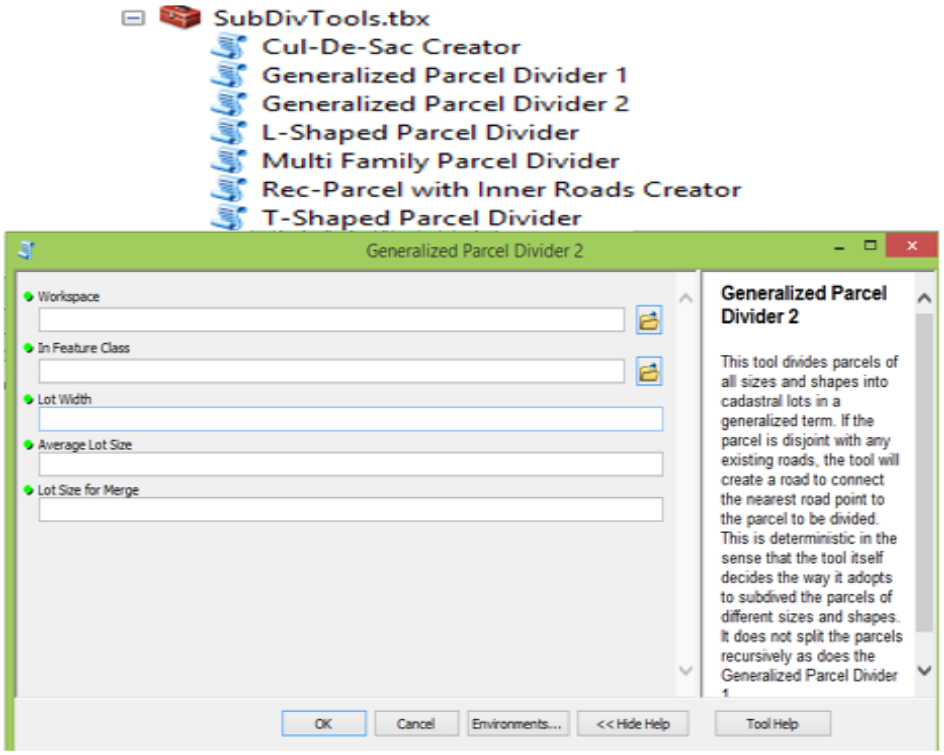
۴-۲- نتایج و یافته‌های مدل دوم

در این روش از مدل داهال که برای قطعه‌بندی زمین‌های شهری توسعه یافته‌ا ست، ا ستفاده شد و با اعمال تغییراتی در آن برای قطعه‌بندی اراضی کشاورزی بکار گرفته‌شد. در شکل(۱۰) هفت ابزار ارائه شده در تحقیق داهال نشان‌داده شده‌است. از بین این هفت ابزار، دو ابزار *(Generalized Parcel Divider 1&2)* برای قطعه‌بندی ارا ضی ک شاورزی ا صلاح شد. رابط کاربری مدل دوم در شکل(۱۰) ن شان‌داده شده‌ا ست. فیلدهای ورودی عبارت‌اند از: ۱- فضای کاری، ۲- نقشه بلوک اولیه، ۳- ابعاد قطعات، ۴- میانگین مساحت قطعات و ۵- حداقل مساحت قطعات.

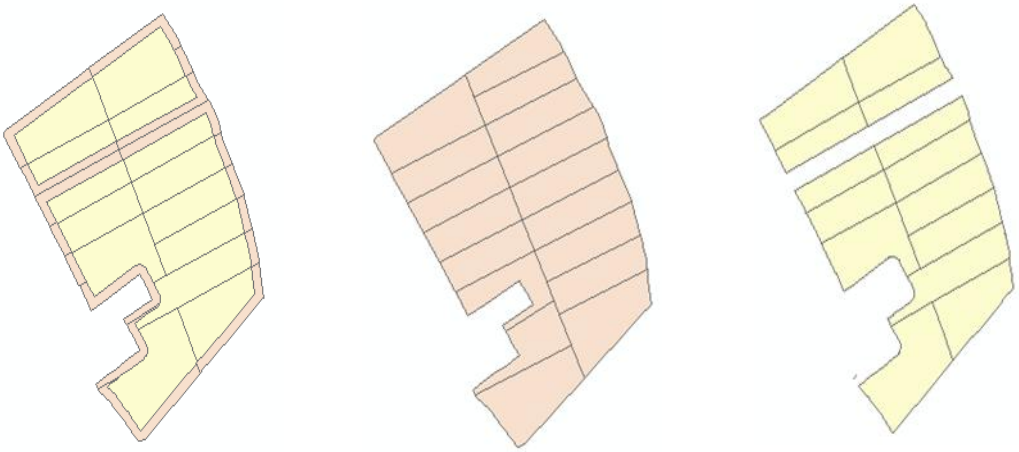
در این تحقیق، مجموعه ابزاری که برای قطعه‌بندی زمین‌های شهری توسعه یافته بود برای اراضی کشاورزی تغییر یافت. در شکل(۱۱) دو نمونه از قطعه‌بندی یک بلوک، قبل و بعد از انجام تغییرات در ابزارها، نشان‌داده شده‌است. در شکل (۱۱-الف) خروجی ابزار برای قطعات شهری مشاهده می‌شود که قطعات دارای معبر هستند.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-12]

در شکل(۱۱-ب) قطعه‌بندی اراضی کشاورزی توسط ابزار تغییر یافته نشان‌داده شده‌است که چون دسترسی بلوک‌ها قبلاً تامین شده‌است مساحتی از قطعات کشاورزی برای شبکه معابر کسر نمی‌گردد.



شکل۱۰: رابط کاربری ابزار اصلاح‌شده برای قطعه‌بندی زمین‌های کشاورزی با استفاده از قطعات منظم (مدل دوم)



(ج) (ب) (الف)

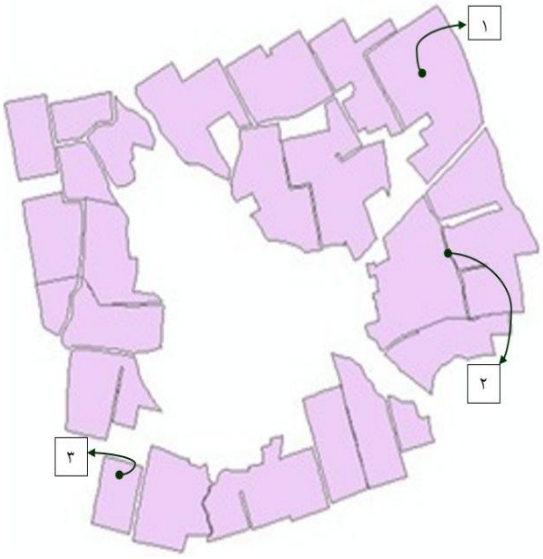
شکل ۱۱: نمایش قطعه‌بندی منظم برای یک بلوک نمونه

(الف) روش داهال، (ب) روش اصلاح‌شده داهال (بکار رفته در مدل دوم) و (ج) هردو روش در یک مکان

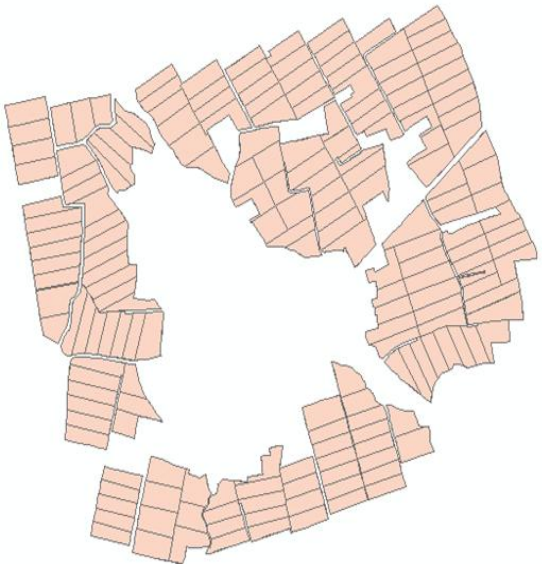
[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-12]

با اســـتفاده از ابزارهای بهبودیافته می‌توان بلوک‌ها را به قطعات منظم تبدیل کرد. مراحل انجام کار به‌صورت زیر است:

- **تعیین ابعاد قطعات، میانگین مســـاحت قطعات و حداقل مســـاحت برای ادغام کردن قطعات کوچک**: همانگونه قبلاً بدان اشاره شد برای قطعات شالیزاری باید طول قطعات ۱۰۰ متر و عرض قطعات ۳۰ الی ۶۰ متر در نظر گرفته شود. تعیین حدنصاب قطعات یا به عبارتی مقدار مساحتی که نباید قطعات از آن کمتر باشد؛ که در این تحقیق حداقل قطعات با توجه به نوع محصـــول برنج ۳۰۰۰ مترمربع و قطعات میانگین هم ۴۰۰۰ مترمربع است.
- **وارد کردن بلوک ها**: در منطقـه موردنظر ۲۴ بلوک وجود دارد که در شکل(۱۲) بلوک‌های ایجادشده برای منطقه مطالعاتی نمایش داده شده‌است.
- **شروع عملیات قطعه‌بندی**: خروجی نهایی قطعه‌بندی به روش منظم در شکل(۱۳) نشان‌داده شده‌است.



شکل ۱۲: نقشه بلوک بندی منطقه مطالعاتی



شکل ۱۳: خروجی نهایی قطعه‌بندی مدل دوم

همان‌طور که در شـــکل(۱۳) مشـــاهده می‌شـــود در این روش ۲۴ بلوک به قطعات کوچک‌تر تقسیم‌شده‌اند. اکثر قطعات دارای شـــکل هندســـی مطلوب هســـتند. ابعاد قطعات نیز مطابق با آیین نامه ها و دســـتورالعملهای ایران به مدل معرفی گردید. میانگین ابعاد قطعات ایجادشده برای سه بلوک مشخص شده در شکل(۱۲) در ادامه مقاله مورد بررسی قرار گرفته‌است.

۴-۳- نتایج و یافته‌های مدل سوم (روش ترکیبی)

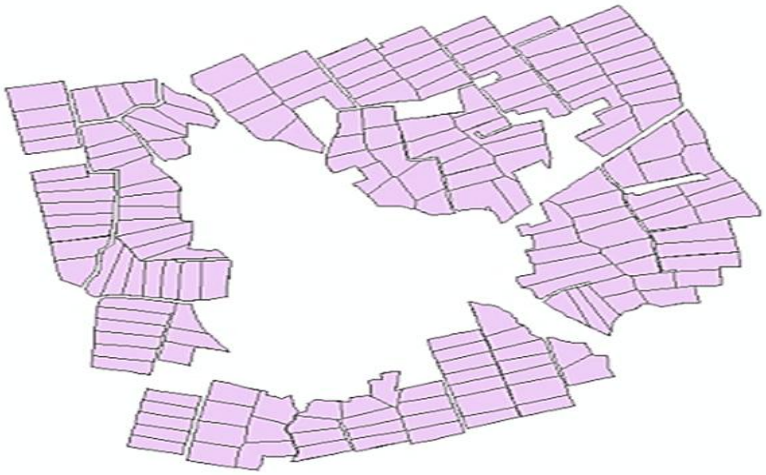
در این روش، خروجی مدل دوم به‌عنوان ورودی اولیه وارد مدل اول می‌شود. به عبارت دیگر مرکز ثقل قطعات به‌عنوان مجموعه جواب‌های اولیه وارد روش قطعه‌بندی با الگوریتم ژنتیک (مدل اول) می‌شـــود. همانگونه که پیشتر در بخش(۳-۳) توضیح داده شد، در مدل سوم، از توابع هدف مورد استفاده در مدل اول فقط تابع هدف چهارم تغییر کرده است و از شاخص *AFF* استفاده شده است. *AFF* پیچیدگی محاسباتی کمتری دارد که منجر به کاهش زمان انجام فرایند می‌شود.

در جدول(۲) مقادیر توابع هدف برای مدل ســـوم و در شـــکل(۱۴) نقشـــه قطعه‌بندی منطقه مطالعاتی به روش ترکیبی نشان‌داده شده است.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-12]

جدول ۲: مقادیر توابع هدف برای مدل سوم

F1	F2	F3	F4	F5	FT
۰٫۰۴۶۹۴	۰٫۰۱۴۱۶	۰٫۰۱۴۱۶	۰٫۰۵۰۱	۰٫۰۰۰۳۹۱	۰٫۰۱۰۶۱
۰٫۱۰	۰٫۰۹۹۶۷	۰٫۱۶۷۱	۰٫۰۰۰۰۲	۰٫۰۰۰۳۳۷۴۲	۰٫۰۰۵
۰٫۶۱۶۳	۰٫۱۸۲۲۵	۰٫۱۸۲۲۵	۰٫۰۲۲۱۱	۰٫۰۰۰۳۸۹	۰٫۰۰۷۲
۰٫۰۴۴۷۸	۰٫۱۰۶۵۲	۰٫۱۰۶۵۲	۰٫۰۲۴۲۸	۰٫۰۰۰۲۴۴	۰٫۰۰۱۴۹
۰٫۰۶۴۷۹	۰٫۱۷۶۳۲	۰٫۱۷۳۶۲	۰٫۰۵۳۱۵	۰٫۰۰۰۱۵۴	۰٫۰۰۲۳۷
۰٫۰۳۰۵۷	۰٫۱۲۱۱۸	۰٫۱۲۱۱۸	۰٫۰۴۷۱۷	۰٫۰۰۰۲۶۶	۰٫۰۰۱۵۴
۰٫۸۷۹۹۸	۰٫۴۹۰۹۵	۰٫۴۹۰۹۵	۰٫۰۲۵۸۴	۰٫۰۰۰۲۸۱	۰٫۰۱۲۶۴
۰٫۱۳۵۳۲	۰٫۰۶۵۱۹	۰٫۰۶۵۱۹	۰٫۰۲۹۶۹	۰٫۰۰۰۲۲	۰٫۰۰۱۸۷
۰٫۷۵۹۸۱	۰٫۷۰۷۱۷	۰٫۷۰۷۱۷	۰٫۰۵۱۹	۰٫۰۰۰۲۸۸	۰٫۰۱۳۷۸



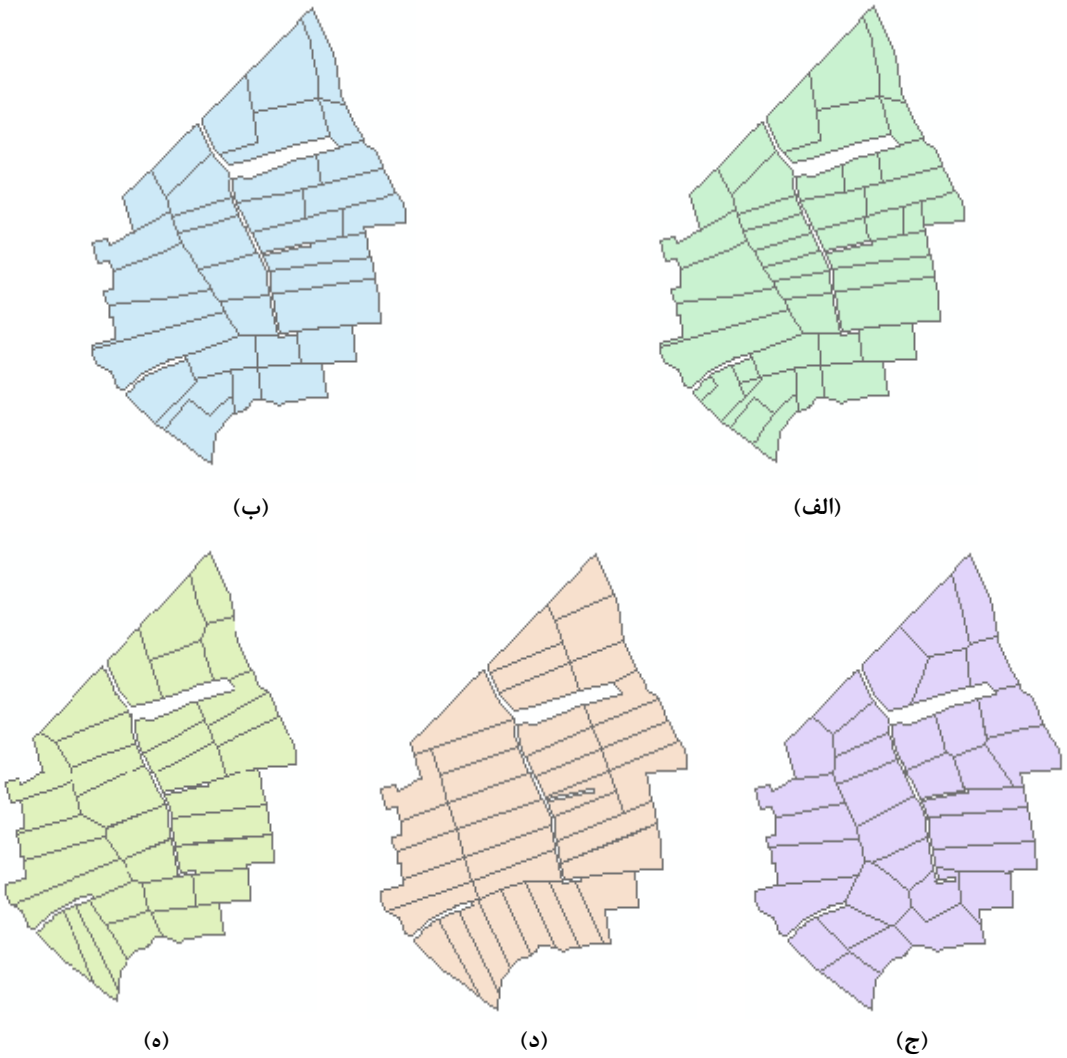
شکل ۱۴: خروجی نهایی قطعه‌بندی مدل سوم

۴-۴- بررسی و مقایسه نتایج مدلها

در شکل(۱۵) نقشه قطعه‌بندی اراضی کشاورزی در منطقه مطالعاتی برای یک بلوک نمونه در پنج حالت مختلف وضع موجود، طبق نظر کارشناس، ژنتیک، منظم و ترکیبی نشان‌داده شده‌است. در مدل اول هندسه قطعات با توجه به مختصات مرکز آنها در وضعیت کاداستری و شاخص شکل تعیین می‌شد. همچنانکه در شکل(۱۵) مشاهده می‌شود قطعات متعددی در خروجی مدل وجود دارند که تقریباً مربع شکل هستند. در مدل دوم هندسه قطعات مناسب است و می‌توان به‌راحتی قطعاتی با ابعاد مشخص ایجاد کرد ولی خروجی آن از نظر مساحت قطعات چندان شباهتی به وضع موجود ندارد. درروش ترکیبی مساحت قطعات تقریباً به وضع موجود نزدیک است و شکل هندسی قطعات نیز از مدل اول بهتر شده‌است و قطعات مربع شکل کمتر به چشم می‌خورند.

درروش قطعات منظم اگر چه قطعات شکل هندسی مناسبی دارند ولی ازنظر ابعاد و مساحت‌ها اختلاف زیادی با وضع موجود دارند که منجر به اختلاف و ناهمگونی ارزش قطعات با وضع موجود آنها خواهد شد. از نظر زمان اجرای مدلها، مدل اول، طولانی ترین زمان محاسباتی را به دلیل محاسبات پیچیده تر دارد.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-12]



شکل ۱۵: نقشه قطعه‌بندی یک بلوک نمونه

(الف) وضعیت کاداستری، (ب) قطعه‌بندی توسط کارشناس، (ج) مدل اول، (د) مدل دوم و (ه) مدل سوم

در روش ترکیبی، به علت دریافت خروجی روش قطعات منظم به‌عنوان ورودی، می‌توان گ فت تابع هدف تا حدودی بهینه شده‌است و پس از ۱۰ نسل، جواب بهینه حاصـل می‌شـود و ارزش قطعات همگونی بیشـتری با وضع موجود دارد.

همچنانکه در شـکل(۱۵) مشـاهده می‌شـود نتایج قطعه‌بندی با استفاده از سه روش استفاده شده متفاوت با قطعه‌بندی ایجاد شده توسط کار شناس ا ست. تفاوت مشـاهده‌شـده ناشـی از تفاوت در معیارها و رویکردهای مورد ا ستفاده ا ست. در روش‌های تحلیلی و الگوریتمی، معیارهای اصـلی شـامل مواردی مانند مسـاحت، شـکل هندسـی، نوع محصـول، روش آبیاری هسـتند. این در حالی اسـت که کارشـناسـان ممکن اسـت معیارهای دیگری ماند روابط اجتماعی و خانوادگی زار عان، موضوع حقابه، و سایر ملاحظات محلی (از جمله رضایت ذینفعان و کاهش تنش های اجتماعی) را نیز در نظر بگیر ند که در مدل های تحلیلی فعلی چندان قا بل کمی‌سازی نیستند.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-12]

به‌علاوه، فرآیند تصمیم‌گیری کارشناسان اغلب مبتنی بر تجربه عملی و دانش محلی است که ممکن است شامل عوامل کیفی و غیرساختاری باشد. این عوامل، اگرچه از نظر اجرایی و اجتماعی حائز اهمیت هستند، اما به دلیل ماهیت پیچیده و ذهنی، در مدل‌های ریاضی و الگوریتمی به‌سختی قابل مدل‌سازی هستند. بنابراین، تفاوت مشاهده‌شده در قطعه‌بندی را می‌توان به این موضوع نسبت داد که مدل‌های پیشنهادی، با وجود تلاش برای تطابق با آیین‌نامه‌ها و استانداردهای فنی، قادر به در نظر گرفتن تمامی معیارهای کیفی و محلی که کارشناسان استفاده می‌کنند، نیستند. برای ارزیابی این تفاوت، به جای ارزیابی کیفی (بررسی عوامل محلی و اجتماعی که توسط کارشناسان در نظر گرفته می‌شود) در این تحقیق به ارزیابی کمی پرداخته شده‌است که شامل مقایسه آماری بین تعداد و میانگین ابعاد قطعات ایجادشده توسط مدل‌ها و کارشناسان می‌شود و نتایج آن در جداول(۳) و (۴) نشان‌داده شده‌است.

در وضعیت موجود در بلوک ۴۲ قطعه وجود دارد و پس‌از فرایند یکپارچه‌سازی توسط کارشناس به ۳۳ قطعه تبدیل شده‌است. تعداد قطعات درروش قطعه‌بندی منظم ۳۷ شده‌است. تعداد قطعات درروش ترکیبی و ژنتیک برای بلوک نمونه برابر با ۳۳ است که با تعداد قطعات در قطعه‌بندی کارشناس برابر است. این موضوع بیانگر اینست که این مدلها توانسته‌اند مساحت کل بلوک را، مطابق آیین نامه ها و دستورالعملها، به گونه‌ای تقسیم کند که تعداد قطعات حاصل شده مطابق با نظر کارشناس باشد. تعداد کل قطعات در روش‌های مختلف قطعه‌بندی در جدول(۳) نشان‌داده شده‌است.

جدول ۳: تعداد قطعات در روشهای مختلف قطعه‌بندی

روش	تعداد قطعات
قطعات اولیه	۲۳۶
توسط کارشناس	۱۸۴
مدل اول (ژنتیک)	۱۸۵
مدل دوم (منظم)	۱۹۳
مدل سوم (مدل ترکیبی)	۱۸۵

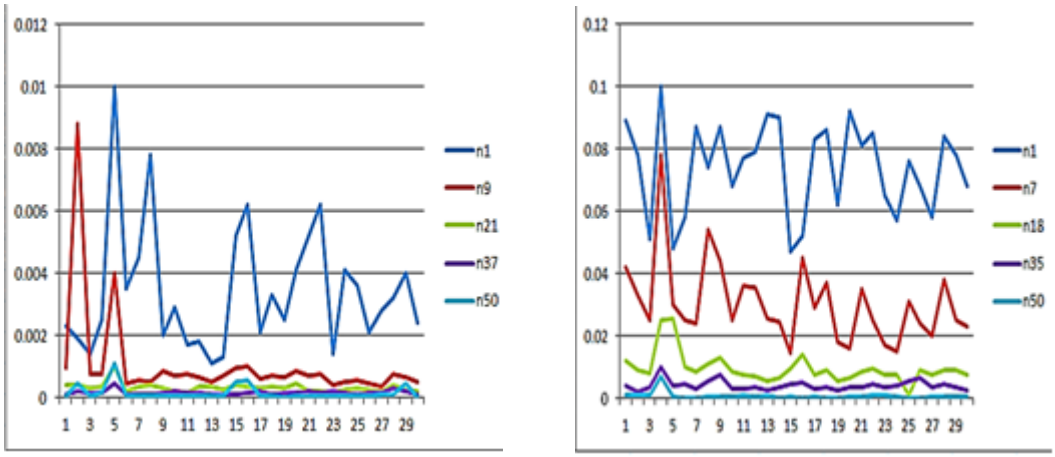
در جدول(۴)، میانگین ابعاد قطعات ایجادشده برای سه بلوک مشخص شده در شکل(۱۲) نشان‌داده شده‌است. قطعات در مدل دوم نزدیکترین ابعاد را به ابعاد استاندارد (عرض ۳۰ و طول ۱۰۰) دارند به دلیل این‌که در این روش امکان معرفی ابعاد قطعات به مدل وجود داشت و مدل بر اساس آن قطعه‌بندی را انجام داده است. همچنانکه در جدول(۴) مشاهده می‌شود ابعاد قطعات در روش ترکیبی اختلاف کمی با قطعات ایجادشده توسط کارشناس دارند و این اختلاف ۰/۷درصد در طول قطعات و ۵/۷ درصد در عرض قطعات می‌باشد.

در شکل (۱۶-الف) نمودار تغییرات تابع هدف برای مدل اول (روش ژنتیک) در تکرارهای مختلف نشان‌داده شده‌است که پس از ۵۰ نسل اجرا، تابع هدف تقریباً بهینه شده‌است. شکل (۱۶-ب) نمودار تغییرات تابع هدف در پنج نسل مختلف را برای روش ترکیبی نشان می‌دهد که پس از ۵۰ نسل اجرا تابع هدف بهینه‌شده‌است هر چند تقریباً در تکرار ۲۱ام به بهینگی رسیده است و همچنانکه مشاهده می‌شود روش ترکیبی با نرخ سریعتری به همگرایی رسیده است.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-12]

جدول ۴: میانگین ابعاد قطعات در روشهای مختلف قطعه‌بندی

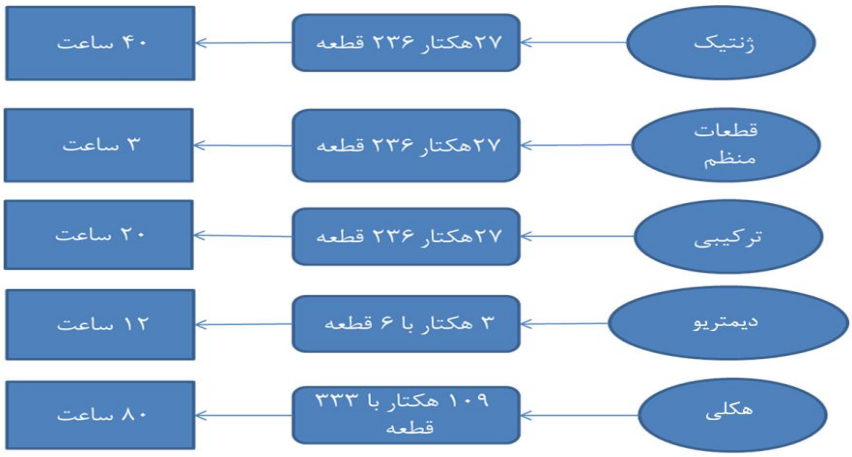
	بلوک۱		بلوک۲		بلوک۳		میانگین	
	طول	عرض	طول	عرض	طول	عرض	طول	عرض
ژنتیک	۸۵٫۸	۴۷٫۴۶	۹۸	۳۵٫۰۳	۱۰۰٫۵۴	۳۱٫۰۳	۹۴٫۷۸	۳۷٫۸۴
منظم	۱۰۱٫۷۱	۳۳٫۸۴	۱۰۱٫۰۳	۳۰٫۹۲	۱۰۰٫۰۵	۳۰٫۰۲۴۷	۱۰۰٫۹۳	۳۱٫۵۹
ترکیبی	۱۰۱٫۹	۳۸٫۶۹	۱۰۲٫۲	۳۴٫۶	۱۰۰٫۱۷	۳۱٫۰۴	۱۰۱٫۴۲	۳۴٫۰۶
کارشناس	۱۰۰٫۶۵	۳۵٫۱۴	۱۰۱٫۳۵	۳۱٫۱۴۷	۱۰۰٫۱۵	۳۰٫۰۳	۱۰۰٫۷۲	۳۲٫۱۱



(ب) (الف)

شکل ۱۶: نمودار تغییرات تابع هدف در چند نسل مختلف برای (الف) روش ژنتیک و (ب) روش ترکیبی

خلاصـــه‌ای از زمان اجرای روش‌های مختلف قطعه‌بندی و وسعت منطقه مطالعاتی آنها در شکل(۱۷) نشان‌داده شده‌است. همچنانکه در شکل(۱۷) مشاهده می شود زمان لازم برای قطعه‌بندی روش ترکیبی تقریباً نصـــف زمان قطعه‌بندی به روش الگوریتم ژنتیک است.



شکل ۱۷: زمان اجرای روش‌های مختلف قطعه‌بندی و وسعت منطقه مطالعاتی آنها

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-12]

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

بر اساس مطالعات انجام‌شده، تا کنون روش‌های قطعه‌بندی متعددی برای اراضی کشاورزی توسعه یافته‌اند که از روش‌های مختلفی مانند الگوریتم ژنتیک، منطق فازی، مثلث‌بندی دلونی و روش باینری استفاده کرده‌اند. مدلهای اندکی تا کنون در ایران توسعه یافته‌اند و فقدان مدلی که بتواند با درنظر گرفتن آیین نامه ها و دستورالعملهای موجود در ایران قطعه‌بندی اراضی کشاورزی را انجام دهد کاملاً مشهود است. این تحقیق برای پر کردن این شکاف تحقیقاتی هدفگذاری گردید و تلاش شد با پیاده‌سازی سه مدل مختلف قطعه‌بندی، رهیافتی جدید برای استفاده از مدلهای توسعه‌یافته‌ی موجود برای قطعه‌بندی اراضی کشاورزی در ایران ارائه گردد.

هدف اصلی این مطالعه، یافتن یک راهکار بهینه برای تقسیم اراضی کشاورزی به قطعاتی با ابعاد مناسب و هندسه مطلوب با در نظر گرفتن معیارهای چندگانه‌ای همچون نوع محصول، نوع آبیاری و محدودیت های هندسی بوده است. برای انجام این تحقیق، با بررسی ادبیات موضوع دو مدل قطعه‌بندی پر استناد، در اراضی کشاورزی و اراضی شهری انتخاب شدند. در مدل اول، قطعه‌بندی زمین‌های کشاورزی با استفاده از ابزار تیسن و بهینه سازی آرایش هندسی قطعات زمین، با استفاده از الگوریتم ژنتیک انجام می شد. تغییراتی در تابع هدف این مدل اعمال شد به نحویکه در آن به‌جز شکل زمین، مواردی مانند حداقل مساحت موردنیاز با توجه به نوع محصول و نوع آبیاری و همچنین ارزش اراضی در نظر گرفته‌شده‌است. در تعریف معیارهای جدید برای تابع هدف از دستورالعملها و آیین نامه‌های موجود در ایران استفاده شد.

در مدل دوم از یک روش قطعه‌بندی اراضی شهری استفاده شد و تغییراتی در آن اعمال شد تا قابل استفاده در اراضی کشاورزی باشد. سعی شد ابعاد قطعات و مساحتهای حداقلی و حداکثری آنها مطابق با مقررات ایران به مدل معرفی شود. مدل سوم که ترکیبی از مدلهای اول و دوم است تا حدودی توانست محدودیتهای هر کدام از مدلها را مرتفع نماید و نقاط ضعف آنها را با استفاده از نقاط قوت دیگری پوشش دهد. نقاط ضعف مدل اول عدم امکان معرفی ابعاد قطعات و زمانبر بودن فرایند ایجاد قطعات منظم بود در حالیکه هر دو این موارد از نقاط قوت مدل دوم است. از سوی دیگر، نقطه ضعف مدل دوم انتزاعی بودن آن بود به طوریکه چندان سازگار با شرایط کشاورزی منطقه و وضع موجود قطعات نبود در حالیکه این موارد را می‌توان بعنوان نقاط قوت مدل اول تلقی کرد. لذا در مدل سوم تلاش شد با ترکیب دو مدل قبلی، قطعه‌بندی اراضی کشاورزی انجام شود. خروجی مدل دوم بعنوان ورودی به مدل ژنتیک (مدل اول) معرفی شد و تابع هدف اصلاح شد. هر سه این مدلها در یک منطقه مطالعاتی در ایران پیاده‌سازی شدند و نتایج آنها نه تنها با یکدیگر بلکه با نتایج قطعه‌بندی انجام شده توسط کارشناس نیز مورد مقایسه قرار گرفت.

نتایج حاصل از اجرای این روش نشان می‌دهد که قطعات ایجاد شده دارای ابعادی نزدیک به استانداردهای تعیین شده و مطابق با آیین‌نامه‌های موجود هستند. در مقایسه با فرآیند سنتی قطعه‌بندی اراضی که توسط کارشناسان انجام می‌شود و معمولاً زمان‌بر و پرهزینه است، روش پیشنهادی از نظر سرعت پردازش و هندسه قطعات عملکرد بهتری را نشان می‌دهد. به‌طور خاص، ابعاد قطعات در روش پیشنهادی اختلاف کمی با قطعات ایجادشده توسط کارشناسان دارد، به‌طوری که این اختلاف در طول قطعات ۰/۷درصد و در عرض قطعات ۵/۷ درصد است. علاوه بر این، زمان مورد نیاز برای قطعه‌بندی در روش پیشنهادی تقریباً ۵۰ در صد کمتر از زمان مورد نیاز در روش الگوریتم ژنتیک است.

بررسی کارایی دیگر الگوریتم‌های بهینه سازی برای قطعه‌بندی اراضی کشاورزی می‌تواند بعنوان پیشنهادی برای تحقیقات آتی مد نظر قرار بگیرد. علاوه بر این تدقیق ارزش قطعات کشاورزی در فرایند قطعه‌بندی اراضی می‌تواند منجر به حفظ حقوق مالکان شود که

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-12]

مستلزم تحقیقات بیشتر است. یکی از محدودیتهای الگوریتم ژنتیک مورد استفاده در این تحقیق عدم در نظر گرفتن روابط همسایگی بین قطعات زراعی است. تمرکز اصلی این تحقیق بر سازگاری این الگوریتم با استانداردهای موجود بوده و هسته محاسباتی آن چندان تغییری نکرده است و لذا احتمال جانمایی نهایی قطعات درون بلوک متفاوت از موقعیت اولیه آن‌ها وجود دارد. این موضوع می‌تواند به‌عنوان یک مسیر پژوهشی مستقل برای توسعه الگوریتمی جدید مورد توجه قرار گیرد.

در فرآیند قطعه‌بندی اراضی کشاورزی، پارامترهای کلیدی همچون دبی آبیاری، الگوی کشت، نوع خاک و توپوگرافی زمین نقش تعیین‌کننده‌ای ایفا می‌کنند. این عوامل می‌توانند در پژوهش‌های آتی به‌عنوان معیارهای اساسی برای بهبود دقت و کارایی قطعه‌بندی اراضی مورد توجه قرار گیرند. علاوه بر این، بررسی شاخص‌های هندسی مؤثر در بهینه‌سازی شکل قطعات زمین و چیدمان منظم قطعات کشاورزی جدید در بلوک‌هایی با اشکال نامنظم، از جمله چالش‌های پیش‌روی این فرآیند است که نیازمند مطالعات بیشتر و توسعه روش‌های نوین می‌باشد. همچنین، مسئله تغییرات ارزش اراضی کشاورزی به‌عنوان یک چالش مهم دیگر مطرح است که می‌تواند به‌عنوان پیشنهادی برای تحقیقات آینده در نظر گرفته شود. این موضوع به ویژه در زمینه ارزیابی اقتصادی و برنامه‌ریزی کاربری اراضی از اهمیت بالایی برخوردار است.

مراجع

[1] *Zarangar, H., Cadastral surveys and records of rights in land; an FAO land tenure study. Iran: Land Affairs Organization of Iran, 2012 (Persian).*

[2] *Alireza Jamshidi, A.M.A., "Factors affecting the acceptance and implementation of agricultural land consolidation in Ilam province", Arid Regions Geographic Studies,Vol.3(7), pp. 103-118, 2012.*

[3] *M. Uyan, T. Cay, Y. Inceyol, H. Hakli, "Comparison of designed different land reallocation models in land consolidation: A case study in Konya/Turkey" Computers and Electronics in Agriculture, Vol.110, pp. 249-258, 2015.*

[4] *Essadiki, M., M. Ettarid, and P. Robert, "Optimisation of technical steps of a rural land consolidation using a geographic information system: Land reallocation step", presented at FIG working week, France, Paris, 2003.*

[5] *Aslan ST, Kirmikil M, Gündoğdu KS, Arici I., "Reallocation model for land consolidation based on landowners' requests", Land Use Policy, Vol.70, pp. 463-470, 2018.*

[6] *Cay, T. and F. Iscan, "Fuzzy expert system for land reallocation in land consolidation. Expert Systems with Applications",Vol.38(9), pp. 11055-11071, 2011.*

[7] *Demetriou, D., J. Stillwell, and L. See, "An integrated planning and decision support system (IPDSS) for land consolidation: Theoretical framework and application of the land-redistribution modules", Environment and Planning B: Planning and Design, Vol.39(4), pp. 609-628, 2012.*

[8] *Uyan, M., T. Cay, and O. Akcakaya, "A Spatial Decision Support System design for land reallocation: A case study in Turkey", Computers and Electronics in Agriculture,Vol. 98, pp. 8-16, 2013.*

[9] *Ertunç, E., T. Çay, and H. Haklı, "Modeling of reallocation in land consolidation with a hybrid method", Land Use Policy,Vol. 76, pp. 754-761, 2018.*

[10] *Hakli, H., H. Uğuz, and T. Çay, "Genetic algorithm supported by expert system to solve land redistribution problem", Expert Systems, Vol.35(6), pp. e12308, 2018.*

[11] *İnceyol, Y. and A. Özbeyaz, "A Model of*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-12]

Automatic Block Reallocation in the Land Consolidation Projects Using Artificial Bee Colony Algorithm", International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering, Vol4(Special Issue-1), pp. 255-259, 2016.

[12] Tongur, V., E. Ertunc, and M. Uyan, "Use of the Migrating Birds Optimization (MBO) Algorithm in solving land distribution problem", Land Use Policy,Vol. 94, pp. 104550, 2020.

[13] Ertunç, E., M. Uyan, and V. Tongur, "Land reallocation model with simulated annealing algorithm", Survey Review, Vol.53(380), pp.383-389, 2021.

[14] Uyan, M., V. Tongur, and E. Ertunc, "Comparison of different optimization based land reallocation models", Computers and Electronics in Agriculture, Vol.173, pp. 105449, 2020.

[15] Bijandi M, Karimi M, Farhadi Bansouleh B, van der Knaap W., "Reallocation model in land consolidation using multi-objective particle swarm optimization dealing with landowners' rights", Transactions in GIS, Vol.25(4), pp. 2168-2188, 2021.

[16] Inceyol, Y. and T. Cay, "Comparison of traditional method and genetic algorithm optimization in the land reallocation stage of land consolidation", Land Use Policy,Vol.115, pp. 105989, 2022.

[17] Bijandi M, Karimi M, van der Knaap W, Bansouleh BF., "A novel approach for multi-stakeholder agricultural land reallocation using agent-based modeling: A case study in Iran", Landscape and Urban Planning, Vol. 215, pp. 104231, 2021.

[18] WT de Vries, "Social aspects in land consolidation processes", Land, Vol.11(3), pp. 452, 2022.

[19] Ertunç, E., "Analysis of the effect of land consolidation projects in terms of land fragmentation and parcel shapes: the case of Konya, Turkey", Arabian journal of geosciences, Vol.13(10), pp. 350, 2020.

[20] Alturk, B., "Shape Analysis of Agricultural Parcels for Land Consolidation Priorities in Tekirdag Province, Turkey", Chinese Geographical Science, Vol.34(1), pp. 93-105, 2024.

[21] Gedefaw, A.A., Atzberger, C., Seher, W. and Mansberger, R, "Farmers willingness to participate in voluntary land consolidation in Gozamin District, Ethiopia", Land, Vol.8(10), pp. 148, 2019.

[22] Platonova, D. and A. Jankava, "Description of land fragmentation in Latvia and its prevention opportunities", Rural Sustainability Research, Vol.28, pp.1-8, 2013.

[23] Bahar, S.K. and M. Kirmikil, "The evaluation of agricultural landowner inputs before and after land consolidation: The Kesik Village example", Land Use Policy,Vol.109, pp. 105605, 2021.

[24] Zhou, Q., Ye, X., Gianoli, A. and Hou, W, "Exploring the dual impact: Dissecting the impact of tourism agglomeration on low-carbon agriculture", Journal of Environmental Management, Vol. 361, pp. 12120, 2024.

[25] Pašakarnis, G. and V. Maliene, "Towards sustainable rural development in Central and Eastern Europe: Applying land consolidation", Land use policy,Vol. 27(2), pp. 545-549, 2010.

[26] Duan, J., Ren, C., Wang, S., Zhang, X., Reis, S., Xu, J. and Gu, B., "Consolidation of agricultural land can contribute to agricultural sustainability in China", Nature Food, Vol.2(12),pp. 1014-1022, 2021.

[27] Cui, J., Kong, X., Liu, Y. and Wang, S., "Spatio-temporal variation of agricultural land consolidation in China: Case study of Huangshi, Hubei Province", Journal of Maps, Vol.12(1), pp. 493-497, 2016.

[28] Saygılı, C.B. and B. Çakmak, "Effect of land consolidation of land value", Journal of Agriculture and Food Sciences, Vol.38(2), pp. 265-273, 2024.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-12]

[29] Liu, Y., L. Dai, and H. Long, "Theories and practices of comprehensive land consolidation in promoting multifunctional land use", Habitat International, Vol.142, pp. 102964, 2023.

[30] Hakli, H., H. Uğuz, and T. Çay, "A new approach for automating land partitioning using binary search and Delaunay triangulation", Computers and Electronics in Agriculture, Vol.125, pp. 129-136, 2016.

[31] Demetriou, D., L. See, and J. Stillwell, "A spatial genetic algorithm for automating land partitioning", International Journal of Geographical Information Science, Vol. 27(12), pp. 2391-2409, 2013.

[32] Hakli, H. and U. Harun, "A novel approach for automated land partitioning using genetic algorithm", Expert Systems with Applications, Vol.82, pp. 10-18, 2017.

[33] Hakli, H., "A Performance Evaluation and Two New Implementations of Evolutionary Algorithms for Land Partitioning Problem", Arabian Journal for Science and Engineering,Vol 45(4), pp. 2545-2558. 2020.

[34] Bijandi M, Karimi M, Farhadi Bansouleh B, van der Knaap W., "Agricultural land partitioning model based on irrigation efficiency using a multi-objective artificial bee colony algorithm", Transactions in GIS, Vol. 25(1), pp. 551-574, 2021.

[35] Wickramasuriya, R., Chisholm, L.A., Puotinen, M., Gill, N. and Klepeis, P., "An automated land subdivision tool for urban and regional planning: Concepts, implementation and testing", Environmental Modelling & Software, Vol. 26(12), pp. 1675-1684, 2011.

[36] Jjumba, A. and S. Dragićević, "High resolution urban land-use change modeling: Agent iCity approach", Applied Spatial Analysis and Policy, Vol. 5, pp. 291-315,2012.

[37] Dahal, K.R. and T.E. Chow, "A GIS toolset for automated partitioning of urban lands", Environmental Modelling & Software, Vol.55,pp. 222-234, 2014.

[38] Aslan, S., K. Gundogdu, and I. Arici, "Some metric indices for the assessment of land consolidation projects", Pakistan Journal of Biological Sciences: PJBS, Vol. 10(9), pp. 1390-1397, 2007.

[39] Demetriou, D., L. See, and J. Stillwell, "A parcel shape index for use in land consolidation planning", Transactions in GIS, Vol. 17(6), pp. 861-882, 2013.

[40] Mohammad Ali Ahangharkalai, Hasan Asadpour, and Abbas Alipour ,"Survey of farmers point of view toward land consolidation in rice farms in Mazandaran provinceA case study of Glierd village in Joybar parish", Agricultural Economics and Development, Vol.14(3), pp. 135-154, 2006 (Persian).

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-12]

K. N. TOOSI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
FACULTY OF GEODESY AND GEOMATICS ENGINEERING

Journal of Geospatial Information Technology
Vol.13, No.4, Winter 2026

Research Paper

Optimization of Agricultural Land Partitioning Using a Multi-Criteria Approach and Genetic Algorithm

Mohammad Karimi [1]*, Mehrdad Bijandi [2], Vahid Farahani [3]

1- Assosiate Professor in Department of GIS, Faculty of Geomatics Engineering, K.N.Toosi University of Technology
2- Assistant Professor, Department of Geodesy and Surveying Engineering, Tafresh University
3- MSc of GIS, Faculty of Geomatics Engineering, K.N.Toosi University of Technology

Abstract

Agricultural land partitioning which is a fundamental instrument of sustainable land management, plays a crucial role in enhancing the productivity and efficiency of the agricultural systems. Given the growing constraints on water and soil resources, coupled with rising demand for agricultural products, developing innovative and efficient partitioning methods has become an urgent necessity. This study investigates a hybrid method that integrates a genetic algorithm with the existing partitioning algorithms to optimize agricultural land partitioning in the Koukedeh region of Amol Town. The primary objective is to develop an optimal framework for subdividing land blocks into parcels with appropriate dimensions and favorable geometrical characteristics, in which the multiple criteria such as crop type, irrigation method, and geometric constraints aretakenintoconsideration. The implementation results demonstrate that the generated parcels exhibit dimensions closely aligned with the established standards and regulatory guidelines. Unlike the conventional, time-intensive, and costly expert-led process, the proposed method outperforms the existing approaches in accuracy, computational efficiency, and geometric optimization. A comparative analysis indicates that the dimensional deviation of the proposed method's parcels, relative to the expert-delineated ones, is only 0.7% in length and 5.7% in width. Furthermore, the partitioning time using the hybrid method was approximately 50% shorter than that required by the standalone genetic algorithm. Overall, the findings suggest that the integration of the proposed hybrid approach with the existing partitioning algorithms can serve as a robust and effective tool for optimizing the agricultural land partitioning, thereby contributing to the sustainable land management and enhanced agricultural productivity.

Key words: *Agricultural land partitioning, optimization, genetic algorithm, multi-criteria analysis, land consolidation.*

Correspondence Address *: Department of Geospatial Information System, Faculty of Geomatics Engineering, K.N.Toosi University of Technology, Tehran, Iran.*
Tel *: +98 21 88770218*
Email*: mkarimi@kntu.ac.ir*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-12]