الگوریتم‌های ژنتیک و حل مسائل آمایش سرزمین

تاریخ دریافت مقاله: 89/10/15 تاریخ پذیرش مقاله: 89/11/12

گیتی خوش آموز* (دانشجوی کارشناسی ارشد سیستم اطلاعات مکانی، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی)
محمد طالعی[1](استادیار دانشکده مهندسی ژئودزی و ژئوماتیک، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی)
علی منصوریان[2](استادیار دانشکده مهندسی ژئودزی و ژئوماتیک، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی)

چکیده

آمایش سرزمین، به معنی تخصیص کاربری به واحدهای مشخصی از زمین با توجه به توان فیزیکی و اکولوژیکی آن است. در این فرآیند نه تنها نوع فعالیت بلکه مکان آن مشخص می‌شود. هدف از آمایش سرزمین دستیابی به توسعه پایدار است. توسعه پایدار، توسعه‌ای است که هر سه هدف اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی را تامین می‌سازد لذا با یک مساله چند هدفه با اهداف متضاد روبرو هستیم. برای حل این مسائل از روش‌های بهینه سازی چند هدفه استفاده می‌شود در میان روش‌های بهینه سازی چند هدفه، الگوریتم‌های ژنتیک بیش ترین محبوبیت را در حل مسائل کاربری زمین داشته‌اند لذا در این تحقیق به بررسی استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک در حل مسائل آمایش سرزمین و کاربری زمین، نحوه نمادگذاری مساله و اهداف به کار رفته پرداختیم. همچنین از الگوریتم[3] NSGA-II به منظور آمایش صنعتی شهرستان برخوار با توجه به اهداف اقتصادی و اجتماعی استفاده نمودیم و ملاحظات زیست محیطی را به صورت قیود مساله در نظر گرفتیم.

واژ ه های کلیدی

آمایش سرزمین، روش‌های بهینه سازی چند هدفه، الگوریتم‌های ژنتیک،NSGA-II

* نویسنده رابط: gkhoshamooz@sina.kntu.ac.ir

1 talei@kntu.ac.ir

2 mansourian@kntu.ac.ir

3 Non-dominated sorting genetic algorithm

Archive of SID

www.SID.ir

1 - مقدمه

آمایش سرزمین، فرآیند تخصیص فعالیت‌ها و کاربری‌ها به واحدهای مشخصی از فضا در یک منطقه است. مسائل تصمیم گیری مکانی مانند آمایش سرزمین نه تنها نیازمند روش‌های فنی هستند بلکه ابعاد اقتصادی، اجتماعی، زیست محیطی و سیاسی را در بر می‌گیرد که با یکدیگر در تضاد هستند .(الدراندلی، 2010) لذا از روش‌های تصمیم گیری چند هدفه برای حل این دسته از مسائل استفاده می‌شود. روش‌های بسیاری برای حل مسائل چند هدفه وجود دارد که به روش‌های کلاسیک و تکاملی تقسیم می‌شوند. مروری بر روش‌های کلاسیک نشان می‌دهد که این روش‌ها به دلیل دست یابی به تنها یک جواب بهینه پارتو[1] در هر مرحله شبیه سازی، عدم یافتن همه جواب های بهینه در بهینه یابی چند هدفه نامحدب و نیاز به اطلاعاتی راجع به مساله مانند وزن‌های مناسب و سطوح آرمان، نقاط ضعف دارند (رضایی،1387). برای غلبه به این موضوع، محققان غالبا به روش‌های تکاملی متوسل می‌شوند که کارایی بالایی دارند. تحقیقات انجام شده کارایی آن‌ها را در پیدا کردن راه حل‌های بهینه یا نزدیک به بهینه ثابت می‌کند.(زیائو،2007) روش‌های تکاملی، روش‌هایی هستند که از تکامل طبیعی پیروی می‌کند و جستجو را به سوی راه حل بهینه هدایت می‌کند. خروجی الگوریتم تکاملی، جمعیتی از راه حل‌ها است. قابلیت پیدا کردن چندین راه حل بهینه در یک اجرا، الگوریتم‌های تکاملی را برای حل مسائل بهینه سازی چند هدفه مناسب می‌سازد.(بلگاسمی،2008) از بین الگوریتم‌های تکاملی، الگوریتم ژنتیک غالبا برای حل مسائل کاربری زمین به کار رفته است.

2 - مروری بر مفاهیم

2 - 1 - الگوریتم ژنتیک[2]

موفقیت الگوریتم‌های ژنتیک در حل مسائل ترکیبی پیچیده منجر به انتخاب آن‌ها برای حل این دسته از مسائل شده است. (الدراندلی، 2010)

الگوریتم‌های ژنتیک یک ابزار قوی بالقوه برای حل مسائل بهینه سازی ترکیبی بزرگ مقیاس هستند. الگوریتم های ژنتیک خانواده‌ای از الگوریتم‌های ابتکاری بهینه برمبنای جستجو تصادفی هستند. مولفه اصلی الگوریتم تکاملی کروموزوم است که نمایانگر یک راه حل در فضای جستجو مساله بهینه سازی است. هر کروموزوم از ژن‌ها تشکیل یافته است که هر کدام یک پارامتر از مساله را

[1] Pareto
[2] GA

Archive of SID

www.SID.ir

تشریح می‌کند. (ژارامیلو، 2002) جستجو با یک جمعیت اولیه از رشته ها شروع می‌شود و در هر تکرار رشته‌های منحصر به فرد[1] مطابق با شرط کارایی ارزیابی می‌شوند و یک مقدار تناسب[2] به آن‌ها تخصیص داده می‌شود. (چان، 2004) فرآیند تکامل قصد در مقایسه یک راه حل با دیگر راه حل‌های جمعیت را دارد. (زو، 2002)

کروموزوم‌ها به منظور ایجاد نسل بعدی با به کار بردن عملگرهای ژنتیک، انتخاب، تقاطع و جهش بر مبنای مقادیر تناسبشان، انتخاب می‌شوند.دو عملگر اول نیازمند دو والد هستند که به بر مبنای مقادیر تناسبشان انتخاب می شوند، به طوری که کروموزوم‌های با مقدار تناسب بالا شانس بیش‌تری برای‌انتخاب شدن در نسل بعدی دارند. بعد از اینکه والدین انتخاب شدند ممکن است آن‌ها بدون تغییر (انتخاب)به نسل بعدانتقال‌یابند یا برای تولید مجموعه راه حل‌های بعدی تقاطع یابند. اپراتورهای تقاطع درمحدوده‌تقاطع‌تک نقطه‌ای‌تا الگوریتم‌های پیچیده قرار دارند. جهش یک عملگر کاملا تصادفی است که به صورت تصادفی مقدار رقم یک رشته انتخاب شده را تغییر می‌دهد.(آیتوگ، 2002)

از جمله الگوریتم‌های ژنتیک می‌توان الگوریتم برنامه نویسی بیان ژنی[3] و برنامه نویسی ژنتیک[4] را نام برد . تفاوت اصلی بین الگوریتم‌های ژنتیک، برنامه نویسی ژنتیک و برنامه نویسی بیان ژنی در طبیعت راه حل‌های منحصر به فرد است. راه حل‌های منحصر به فرد الگوریتم ژنتیک، رشته‌های نمادین با طول ثابت (کروموزوم‌ها) هستند در حالی که راه حل‌های منحصر به فرد برنامه نویسی ژنتیک درخت‌هایی با اندازه‌ها و شکل‌های متفاوت هستند. راه حل های منحصر به فرد برنامه نویسی بیان ژنی همچنین درخت‌هایی با اندازه و شکل‌های متفاوت هستند که به صورت رشته‌های با طول ثابت (کروموزوم‌ها) می‌باشند بنابراین مزایای هر دو را دارد. (الدراندلی، 2010)

از بین الگوریتم‌های ژنتیک، الگوریتم ژنتیک مرتب سازی غیر غالب-II به دلیل پیچیدگی محاسباتی کمتر و استفاده از عملگر ازدحام به دیگر روش‌های الگوریتم ژنتیک برتری دارد که در این مقاله به تشریح آن می‌پردازیم.

[1] Individual
[2] Fitness
[3] Gene expression programming
[4] Gen programming

Archive of SID

www.SID.ir

2 - 2 - الگوریتم ژنتیک مرتب سازی غیر غالب - II [1]

در دهه گذشته، تعدادی از الگوریتم‌های تکاملی چند هدفه پیشنهاد شده است. دلیل اولیه برای ارائه آن‌ها پیدا کردن راه حل‌های بهینه پارتو در یک اجرا است. از آن جایی که مساله ساختار چند هدفه دارد امکان اینکه یک راه حل واحد به طور همزمان در تمام اهداف بهینه شود وجود ندارد و الگوریتمی که تعداد راه حل‌هایی را بر روی پارتو یا نزدیک به پارتو می‌دهد ارزش عملی بالایی دارد. در این الگوریتم به منظور مرتب سازی جمعیتی با اندازه N ، هر راه حل باید با راه حل دیگر مقایسه شود بنابراین نیاز به O(MN) مقایسه برای هر راه حل دارد که M تعداد اهداف است. در این مرحله تمام راه حل‌های اولین front پیدا می‌شوند. ابتدا برای هر راه حل دو مقدار محاسبه می‌شود 1) n_i تعداد راه حل‌هایی که به راه حل i غلبه می‌کند و 2) s_i مجموعه راه حل‌هایی که راه حل i بر آن‌ها غلبه می‌کند. محاسبه این دو مقدار نیازمند $o(MN^2)$ مقایسه است. نقاطی که ni=0 دارند شناسایی شده و در لیست F1 قرار داده می‌شوند و F1 ، front فعلی نامیده می‌شود. برای هر راه حل در front فعلی هر عضو j در مجموعه s_i بررسی می شود و شماره n_j آن یکی کم می‌شود. اگر برای هر عضو j شماره صفر شود در لیست H قرار داده می‌شود. وقتی تمام اعضای Front فعلی چک شدند اعضای لیست F1 به عنوان‌اعضای اولین front در نظر گرفته می‌شوند. سپس این فرآیند تکرار می-شود تا تمام front ها شناسایی شوند. به منظور تخمین تراکم راه حل‌های حول یک نقطه خاص در جمعیت از فاصله میانگین دو نقطه در دو طرف این نقطه در امتداد اهداف استفاده می‌شود. مقدار فاصله i برآوردی از اندازه بزرگ ترین مستطیل دربرگیرنده نقطه i است که نقطه دیگری از جمعیت را در بر نمی‌گیرد و آن فاصله ازدحام نامیده می‌شود. بین دو راه حل با رتبه‌های غیر غالب متفاوت، راه حل با رتبه پایین‌تر ترجیح داده می‌شود. اگر دو راه حل متعلق به یک front باشند ، راه حل واقع شده در منطقه‌ای با تعداد نقطه کم تر برگزیده می‌شود. (دب، 2002)

3 - ادبیات تحقیق

استوارت و همکارانش در سال 2004 ، از روش برنامه ریزی آرمانی/ نقطه ایده آل برای حل مساله آمایش استفاده کردند و الگوریتم ژنتیک را برای توسعه آن به کار بردند. در این مدل دو ویژگی مورد توجه قرار گرفته است که شامل 1) حداقل هزینه می‌باشد که مجموع هزینه‌های تخصیص یک کاربری به یک سلول در کل سلول‌ها را در بر می‌گیرد و2) خصوصیات مکانی است که پیوستگی،

[1] Non-dominated sorting genetic algorithm

Archive of SID

www.SID.ir

مجاورت یا شکستگی در منطقه را نشان می‌دهد. (استورات،2004) زیائولی و همکارانش در سال 2009، یک سیستم پشتیبان تصمیم گیری[1] برای بهینه سازی ساختار کاربری زمین و تخصیص کاربری تشریح کردند. که این DSS شامل 4 مولفه سیستم اطلاعات جغرافیایی، ماژول کاربری زمین، رابط گرافیکی کاربر و ابزار آمایش می‌باشد. برنامه ریزی خطی، خوشه بندی فازی و دیگر الگوریتم‌های بهینه سازی ساختار کاربری زمین (الگوریتم ژنتیک) اجرا شده‌اند. این سیستم در منطقه‌ای از پکن به کار رفته است و شامل دو مرحله اصلی 1) بهینه سازی مناطق کاربری‌های مختلف و 2) تخصیص مکانی کاربری‌ها می‌باشد. (زیائولی،2009)

الدراندلی در سال 2009، از تلفیق برنامه ریزی بیان ژنی و سیستم اطلاعات مکانی برای حل مسائل تخصیص کاربری چند مکانی استفاده کرد. این تحقیق بر حداقل هزینه‌های توسعه و حداکثر فشردگی کاربری تخصیص یافته تاکید دارد. (الدراندلی،2009)

دتا و همکارانش در سال 2007، الگوریتم NSGA-II-LUM، را برای حل مساله آمایش سرزمین با سه هدف حداکثر بازگشت اقتصادی، حداکثر توقیف کربن، حداقل فرسایش خاک توسعه داد. موفقیت این الگوریتم در منطقه‌ای از پرتغال ارائه شده است. (دتا، 2007)

سیزاس و همکارانش در سال 2007 از روش بهینه سازی چند هدفه به نام ژنتیک زمین[2] به منظور مدل سازی تغییر کاربری زمین استفاده نمود. اهداف به کار رفته در این مدل حداقل نمودن فرسایش خاک و حداکثر توقیف کربن تحت یکسری قیود است. (سیزاس، 2007)

متیو و همکارانش در سال 1999 یک سیستم پشتیبان تصمیم گیری شامل یک ماژول آمایش سرزمین ایجاد نمودند. این ماژول از الگوریتم ژنتیک برای بهینه سازی چند هدفه استفاده می‌نماید. سود ناخالص در هر هکتار به عنوان هدف اقتصادی و حداکثر اشتغال به عنوان هدف اجتماعی در نظر گرفته شدند. (متیو، 1999)

متیو در سال 2000، از الگوریتم ژنتیک برای آمایش سرزمین استفاده نمود. اهداف به کار رفته حداکثر سود ناخالص به عنوان هدف اقتصادی و حداکثر شاخص شانون وینر[3] به عنوان هدف زیست محیطی در نظر گرفته شده است (متیو، 2000).

[1] DSS
[2] GeneticLand
[3] Shanon-Wiener

Archive of SID

www.SID.ir

4 - نماد گذاری راه حل

روش‌های مختلفی برای نماد گذاری راه حل‌ها در مسائل مکانی وجود دارد. در الگوریتم‌های ژنتیک، هر ژنوتیپ، یک‌راه حل واحدرا بیان می‌کند. ابتدائی ترین روش‌ها برای نماد گذاری راه حل‌ها، استفاده از یک رشته دودویی با طول ثابت است. روش دیگر استفاده از کدگذاری حقیقی می‌باشد. نماد گذاری‌متداول کروموزوم‌ها درحل‌مسائل مکانی‌به صورت شبکه‌ای ، کوادتری[1] و پلیگون است.

4-1- **نمادگذاری شبکه ای**: نماد گذاری شبکه آسان ترین روش است و به صورت یک آرایه دو بعدی از مقادیر می‌باشد ومقادیر کاربری‌ها را نشان می‌دهند. هر سلول یک محدوده جغرافیایی از سلول‌ها را مشخص می‌کند. مزیت روش شبکه ای سادگی آن و مجاورت مکانی قطعات زمین است که خصوصیات فیزیکی مشابه دارند و تناسب و محصول دهی همبسته دارند. مشکل این روش افزونگی است مخصوصا وقتی که برای داده های طبقه ای مانند کاربری زمین به کار می‌رود.

4-2- **روش کوادتری**:روش کوادتری تا حدی مشکل افزونگی را بر طرف می‌کند. این روش فضا را به4 قسمت تقسیم می‌کند و با ساختار درختی اندکس گذاری می‌کند و این فرآیند ادامه می‌یابد تا هر نود در ساختار درختی، متجانس شود. در این روش پیچیدگی الگوریتم افزایش می‌یابد. (متیو، 2000)

4-3- **نماد گذاری پلیگونی**: در این روش، هر پلیگون مرز یک شی را نشان می‌دهد. در روش پلیگون، هر پلیگون متناظر با یک رکورد در پایگاه داده است.

4-4- **بلوک زمین**[2] :در یک سیستم پشتیبان تصمیم گیری، بلوک زمین، از کلاس‌های پلیگونی برای ذخیره سازی تمام اطلاعات استفاده می‌شود. نماد گذاری بلوک زمین، یک نگاشت از ژن‌های منحصر به فرد به بلوک‌های منحصر به فرد است. در این روش، ژنوتیپ‌ها با طول و ترتیب ثابت هستند و هر ژن یک پارامتر (کاربری) را تعریف می‌کند.

4-5- **نماد گذاری درصد و اولویت**[3]: در این روش کاربری‌های تخصیص داده شده بر مبنای اولویت‌ها و مساحت های اختصاص داده شده به هر کاربری است. ژنوتیپ، یک لیست اولویت بندی شده از درصد و اولویت کاربری‌ها می‌باشد. بزرگی ژنوتیپ بستگی به تعداد کاربری‌ها دارد. این روش نماد گذاری، پیچیده است و در آن هر ژن سه مولفه دارد : کاربری، اولویت و درصد (متیو، 2000).

---

[1] Quadtree
[2] Landblock
[3] Percent and Priority

Archive of SID

www.SID.ir

5 - داده و روش

5-1- منطقه مطالعاتی: منطقه مطالعاتی در این تحقیق، شهرستان برخوار می‌باشد. شهرستان برخوار با وسعت 1952/77 کیلومتر مربع که از این مقدار حدود 1863 کیلومتر مربع آن دشت و بقیه بصورت ارتفاعات است؛ در شمال اصفهان واقع شده است. این دشت از غرب به ارتفاعات مورچه خورت و از شمال به ارتفاعات شمالی بخش برخوار و از جنوب به اصفهان و از شرق به سگزی و کوهپایه محدود می شود. ارتفاع آن از سطح دریا 1590 تا 1600 متر و دارای شیب ملایمی حدود 0/5-1/5 در هزار از غرب به طرف جنوب شرقی می باشد. صنایع واقع شده در این شهرستان شامل: پالایشگاه نفت، نیروگاه برق، کارخانه های نساجی و... می‌باشد (پرتال شهرستان برخوار،1389).

5-2- جمع آوری داده: داده های جمع آوری شده برای این تحقیق شامل مرز سیاسی شهرستان، معادن، رودخانه‌ها و شهرهای واقع شده در این شهرستان می‌باشد.

5-3- کدگذاری راه حل‌ها:به منظور کد گذاری راه حل‌ها از روش پیکسل مبنا که حالت خاصی از روش شبکه‌ای می‌باشد استفاده شده است، یعنی به هریک از پیکسل ها ، عددی به عنوان اندکس اختصاص یافته است. اندازه پیکسل‌ها 500 در 500 متر در نظر گرفته شده است.

5-4- حذف مناطق حساس زیست محیطی:به منظور رعایت نمودن حریم رودخانه، حد فاصله 100 متری رودخانه ها از منطقه مطالعاتی حذف شد. همچنین شعاع 150 کیلومتری از شهرها از فضای جستجو مساله خارج شد.

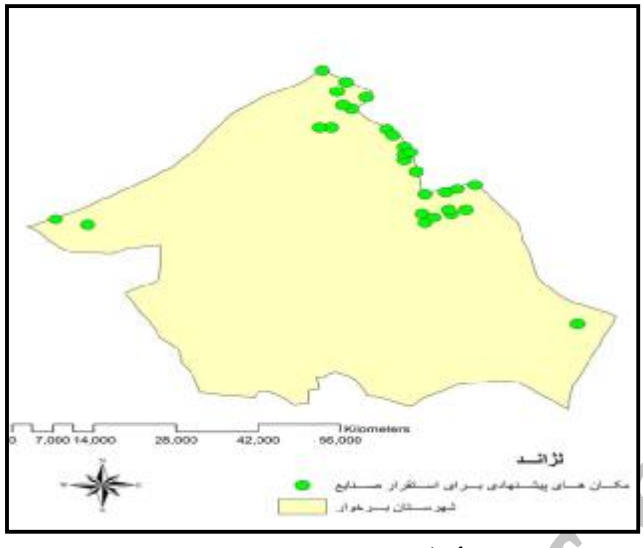
5-5- جمعیت اولیه: جمعیت اولیه برابر با 30 در نظر گرفته شد که به صورت تصادفی از بین پیکسل‌های مجاز برای استقرار صنایع انتخاب می‌شوند.

5-6- تعریف اهداف: حداقل فاصله اقلیدسی از معادن به منظور حداکثر نمودن دسترسی به مواد اولیه و حداقل فاصله اقلیدسی از مناطق شهری به منظور حداکثر نمودن اشتغال به عنوان اهداف اقتصادی و اجتماعی در نظر گرفته شدند.

5-7- اجرای الگوریتم: الگوریتم NSGA-II ، با تعداد 30 جمعیت اولیه و تعداد نسل‌های 1، 10، 50، 350 و 500 اجرا شد و جواب‌های بهینه در نسل 350 ام حاصل شدند و بعد از آن بهبود چندانی در نتایج حاصل نمی‌شود. مکان‌های انتخاب شده در شکل 1 مشاهده می‌شود.

Archive of SID

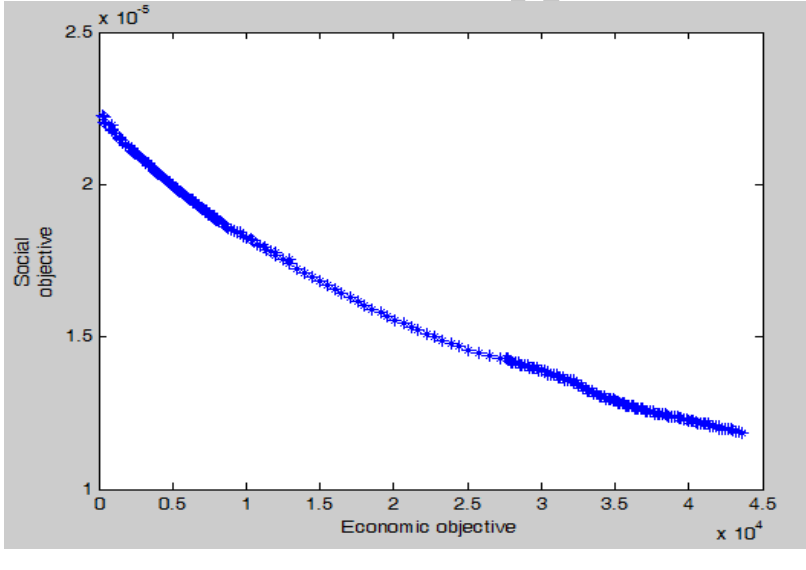
www.SID.ir



شکل 1: مکان‌های پیشنهادی برای استقرار صنایع

مأخذ: نگارنده

5-8- **تست و اعتبار سنجی نتایج**: به منظور دستیابی به نمودار پارتو بین اهداف اقتصادی و اجتماعی‌تعریف‌شده، الگوریتم برای کلیه‌پیکسل‌های مجاز اجرا شدکه نتایج‌آن در شکل 2 دیده‌می‌شود.



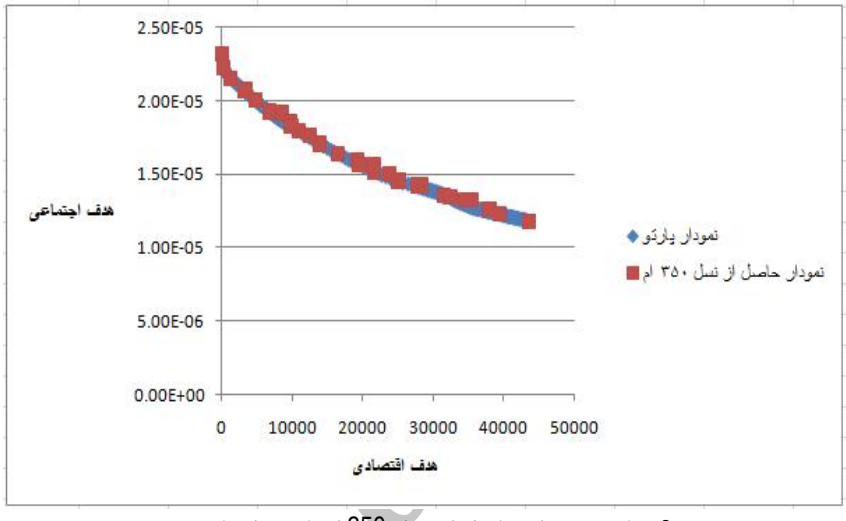
شکل 2: نمودار Front اول حاصل از کلیه پیکسل‌ها

مأخذ: نگارنده

Archive of SID

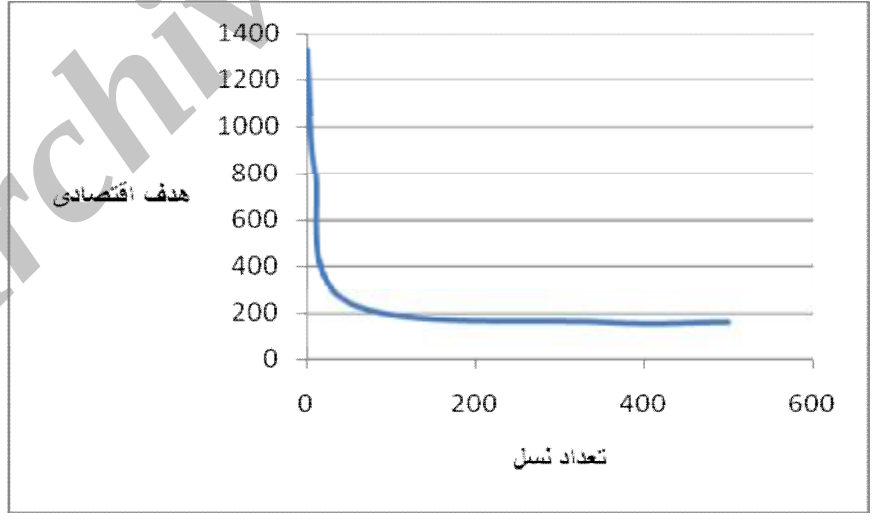
www.SID.ir

مقایسه نمودار حاصل از اجرای الگوریتم در نسل 350 ام نشان می‌دهد که این نمـودار منطبـق با نمودار پارتو می‌باشد (شکل 3)، همچنین با افزایش تعداد نسل از نسل 1 تا نسـل 350 ، جـواب‌هـا بهبود می‌یابند، میزان بهبود اهداف در شکل 4 و 5 دیده می‌شود.



شکل 3: مقایسه نمودار حاصل از نسل 350 ام با نمودار پارتو

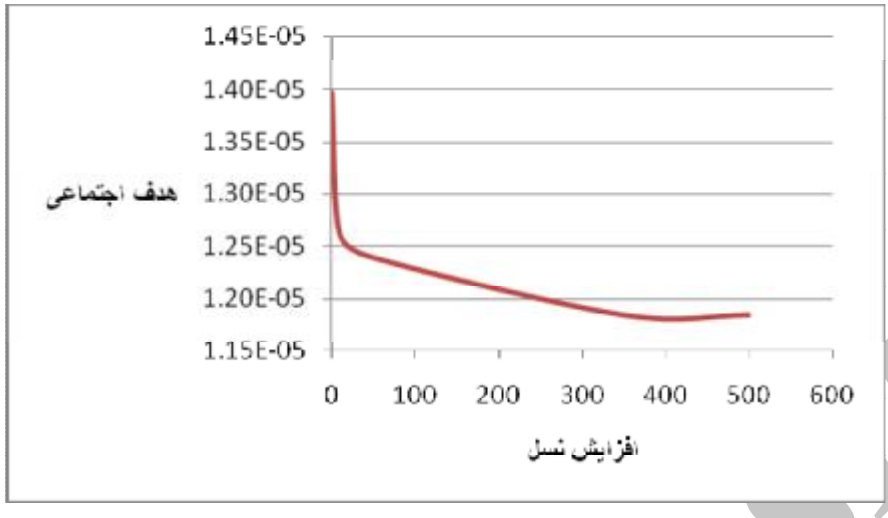
مأخذ: نگارنده



شکل 4: بهبود هدف اقتصادی با افزایش نسل

مأخذ: نگارنده

Archive
www.SID.ir



شکل 5: میزان بهبود هدف اجتماعی با افزایش نسل

مأخذ: نگارنده

6 - نتیجه گیری

مساله آمایش سرزمین، اختصاص کاربری به قطعاتی از زمین با توجه به توان آن می‌باشد و به تامین اهداف اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی می‌پردازد لذا با یک مساله چند هدفه با اهداف متضاد مواجه هستیم وبه منظور حل آن باید از روش‌های تصمیم گیری چند هدفه استفاده نمود این روش‌ها به روش‌های کلاسیک و تکاملی تقسیم بندی می‌شوند. به دلیل محدودیت‌ها و ضعف‌های روش‌های کلاسیک، امروزه گرایش به حل این مسائل با الگوریتم‌های تکاملی افزایش یافته است. از بین الگوریتم‌های تکاملی، الگوریتم ژنتیک انعطاف پذیری بیش تری برای حل مسائل آمایش سرزمین داشته است. لذا به بررسی این الگوریتم‌ها در حل مسائل آمایش سرزمین پرداختیم. بررسی این راه حل‌ها نشان می‌دهد که از الگوریتم ژنتیک، برنامه نویسی ژنتیک و برنامه نویسی بیان ژنی و الگوریتم ژنتیک مرتب سازی غیر غالب به منظور مدیریت کاربری زمین استفاده شده است. به منظور نماد گذاری راه حل‌ها از روش‌های مختلفی چون روش شبکه ای، روش اولویت و درصد و روش بلوک زمین استفاده شده است. مزیت روش شبکه ای سادگی آن و مجاورت مکانی قطعات زمین است که خصوصیات فیزیکی مشابه دارند و تناسب و محصول دهی همبسته دارند. مشکل این روش افزونگی است مخصوصا وقتی که برای داده های طبقه ای مانند کاربری زمین به کار می‌رود. کوادتری تا حدی مشکل افزونگی را بر طرف می‌کند اما باعث افزایش پیچیدگی الگوریتم می‌شود. غالبا حداکثر سود و حداقل هزینه به عنوان هدف اقتصادی، حداکثر اشتغال به عنوان هدف اجتماعی و حداقل اثرات

Archive of SID

www.SID.ir

زیست محیطی به عنوان هدف زیست محیطی در مدل سازی مسائل آمـایش سـرزمین در نظـر گرفتـه شده اند. در این تحقیق به منظور آمایش صنعت شهرستان برخـوار، از الگـوریتم NSGA-II اسـتفاده شده است که به کشف بده بستان بین اهداف اقتصادی و اجتماعی می پردازد و در نهایت جواب‌هـایی داریم که بر یکدیگر برتری ندارند. ویژگی این مدل مکانی بودن آن در تمامی مراحل می‌باشد همچنین با کشف بده بستان بین اهداف متضاد، مانع از حذف راه حل‌های مناسب می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

7 - منابع و مآخذ

[1] پرتال شهرستان برخوار، http://www.borkharportal.ir، 1389.

[2]رضایی، جعفر و داودی منفرد، منصور (مترجم) (1387) الگوریتم های ژنتیک با رویکرد بهینه چند هدفه. دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان. انتشارات پلک.

[3] Aytug.H and Saydam.C (2002), solving large-scale maximum expected covering location problems by genetic algorithms: A comparative study.European Journal of Operational Research, 141,480-494.

[4]Belgasmi.N,Ben Said.L and Ghedira Kh.(2008), Evolutionary multiobjective optimization of the multi-location transshipment problem.Oper Res Int J.8:167-183.

[5] Chan.F and Chung.S (2004), Multi-criteria genetic optimization for distribution network problems,Int J Adv Manuf Technol ,24:517-532.

[6] Datta.D,Deb.K,Foneseca.C,Lobo.F and Condado.P (2007),Multi-Objective evolutionary algorithm for land use management problem. International Journal of Computational Intelligence Research, 3,371-384.

[7] Deb.K,Agarwal.S and Meyarivan.T(2002),A fast and Elitist Multiobjective Genetic Algorithm:NSGA-II, IEEE Transactions on evolutionary computation,6,182-197.

[8] Eldrandaly,Kh.(2009),Integrating Gene Expression programming and Geographic Information system for solving Multi site land use allocation problem, American Journal of Applied Sciences 6 (5): 1021-1027.

[9]Eldrandaly,Kh.(2010),A GEP-based spatial decision support system for multisite land use allocation.Applied soft computing,10,694-702.

[10] Jaramillo.J,Bhadury.J and Batta.R.(2002), On the use of genetic algorithms to solve location problems, Computers & Operations Research 29,761-779

[11] Matthews.K,Sibbald.A and Craw.S.(1999), Implementation of a spatial decision support system for rural land use planning: integrating geographic information system and environmental models with search and optimization algorithms. Computers and Electronics in Agriculture, 23, 9-26.

[12] Matthews,k.(2001).Applying Genetic Algorithms to Multi-objective land use planning, The Robert Gordon University.

[13] Seixas.J,Nunes.J,Lourenco.P and Corte-Real.J.(2007),Modeling Land use change,Springer,181-196.

Archive of SID

www.SID.ir

[14]Stewart.T,Janssen.R and Herwijnen.M.(2004), A genetic algorithm approach to multiobjective land use planning, Computers & Operations Research,31,2293-2313.
[15]Xiao,N. Bennett,D and Armstrong,M.(2007). Interactive evolutionary approaches to multiobjective spatial decision making:A synthetic review. Computers, Environment and Urban Systems, 31,232-252.
[16] Xiaoli.L,Chen.Y and Daoliang.L (2009). A spatial decision support system for land-use structure optimization, WSEAS TRANSACTIONS on Computers, 2009, 8,439-448.
[17]Yong.S,Song.J and Park.k (2009).Development of optimal design formula for bi-tuned mass dampers using multi-objective optimization.Journal of sound and vibration.322,60-77.
[18] Zhou .G,Min.H and Gen.M (2003), A genetic algorithm approach to the bi-criteria allocation of customers to warehouses.Int,J.Production Economics.86,35-45.

Archive of SID

www.SID.ir