فصلنامه علوم محیطی،دوره هفدهم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۸

۱۸۹-۲۰۶

بیان یک راهکار مدیریتی سیلاب مبتنی بر تخصیص بهینه‌ی کاربری با الگوریتم ژنتیک

داوود مختاری، علی اکبر رسولی و منیره موسی بیگی*

گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۹/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۰۴

مختاری، د.، ع.ا. رسولی و م. موسی بیگی. ۱۳۹۸. بیان یک راهکار مدیریتی سیلاب مبتنی برتخصیص بهینه‌ی کاربری با الگوریتم ژنتیک. فصلنامه علوم محیطی. ۱۷(۲): ۲۰۶-۱۸۹.

سابقه و هدف: از جمله عامل‌های موثر در ایجاد بحران سیلاب درسطح حوضه‌های آبریز می‌توان به کاربری‌های نامطلوب و غیراصولی و یا بیشتر از قابلیت زمین استناد کرد. یکی از راهکارهای مدیریتی سیلاب، بهینه‌سازی تخصیص کاربری زمین با در نظرگرفتن اهداف و پارامترهای چندگانه نسبت به هم می‌باشد که بدین منظور می‌توان از قابلیت‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی(GIS) بعنوان یکی از روش‌های نوین علمی و فنی به‌همراه بهره گیری از قابلیت‌های هوش مصنوعی مانند الگوریتم ژنتیک چندهدفه بهره برد. هدف از این پژوهش مدل سازی تخصیص کاربری زمین‌ها در بسترGIS با استفاده از الگوریتم NSGA-II[1] بمنظور مدیریت بحران سیل است.

مواد و روش‌ها: در مدل طراحی شده در ابتدا با استفاده ار روش مخدوم نقش توان اکولوژیک سرزمین استخراج و در ادامه با استفاده از قابلیت‌های الگوریتم NSGA-II کاربری‌های بهینه برای قسمت‌های مختلف منطقه با اهداف کاهش ارتفاع سیلاب و افزایش سطح منفعت اقتصادی با کمترین دشواری تغییر کاربری‌ها، به‌دست می‌آید. در مدل طراحی شده بمنظور بررسی نقش کاربری زمین روی سیلاب از پارامتر شماره منحنی (CN) استفاده شده است.

نتایج و بحث: نتایج نهایی مدل طراحی شده بصورت چندین الگوی بهینه که دارای ارزش کاربردی یکسان می‌باشند، بیان می‌گردد که براساس شرایط موجود در منطقه مورد مطالعه و نظرکارشناسی، الگوی بهینه قابل انتخاب واجرایی خواهدبود. بمنظور بررسی قابلیت مدل طراحی شده، حوضه طالقان واقع در استان البرزانتخاب شد. میزان CN منطقه مورد مطالعه درشرایط کاربری فعلی، برای مناطق منتخب در فضای جستجو، ۸۳ است، این درحالی است که در الگوهای خروجی مدل طراحی شده،کمترین مقدارCN با کاهش ۱۱ درصدی نسبت به شرایط فعلی حدود ۷۴/۵ است. همچنین رشد سطح منفعت اقتصادی دراین الگوی آمایش سرزمین ۵۲/۱۹ درصد بوده است.

نتیجه‌گیری: نتایج و دستاوردهای این مطالعه شامل نمایاندن یک مدل بهینه‌سازی کاربری زمین مبتنی بر الگوریتم ژنتیک چندهدفه بارویکرد کاهش سیل خیزی، مدیریت یکپارچه حوضه آبریز و نگارش برنامه به فرمی قابل گسترش درآینده بمنظور استفاده در مطالعات آتی، است.

واژه‌های کلیدی: مدل سازی، بهینه‌سازی کاربری زمین، سیل خیزی، GIS، الگوریتم NSGA-II.

*Corresponding Author: *Email Address.* m.moosabeigi16@gmail.com

مقدمه

مطالعات نشان داده است که یکی از دلیل‌های افزایش خسارت‌های سیل در دنیا، افزایش تکرار و بزرگی سیل‌ها نبوده، بلکه عامل اصلی ایجاد سیل‌های مخرب، تشدید استفاده از زمین و تخریب شدید از منبع‌های طبیعی بدلیل بهره‌برداری بی رویه ازجنگل‌ها و مرتع‌ها و محدودسازی مقطع رودخانه‌ها ازطریق ایجاد منطقه‌های مسکونی، پل‌ها وغیره است (Vahhabi, 1997). تجربه‌های ناشی از روش‌های سازه‌ای برای کنترل سیلاب نشان می‌دهد که این روش‌ها هر چند نقش تعیین کننده‌ای در کاهش خسارت‌های سیل دارند ولی قادر به حداقل رساندن این خسارت‌ها نیستند و در مواردی هم توجیه اقتصادی جهت اجرای آن‌ها وجود ندارد. بر این اساس روش‌های مدیریتی کنترل سیلاب در دهه‌های اخیر بیشتر مورد توجه کارشناسان و مدیران قرارگرفته است. یکی از راهکارهای مدیریتی سیلاب اختصاص دادن کاربرهای بهینه برای هر قسمت از حوضه آبریز است. برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری برای انتخاب یک کاربری بهینه بمنظور مدیریت سیلاب با وجود اهداف و پارامترهای مختلف امر دشواری است، بنابراین استفاده از ابزار قدرتمند در زمینه‌ی مدیریت، نمایش و تحلیل داده‌های مکانی همانند سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) در حل این گونه مسئله‌ها بسیار مفید است. (Tenasan, 2012) با وجود این بسیاری از روش‌ها و تابع‌های استاندارد امروزی GIS در حل بعضی از مسئله‌های پیچیده مکانی ناتوان است از این رو استفاده از الگوریتم‌های هوشمند ازجمله الگوریتم‌های بهینه‌ی ابی چندهدفه می‌تواند GIS را درحل اینگونه مسئله‌های تصمیم‌گیری مکانی کمک کند (Herzig, 2008).الگوریتم ژنتیک برای اولین بار بوسیله‌ی Holland در سال ۱۹۷۵ و با الهام از طبیعت معرفی شد. مطالعه‌های Goldberg (1989) نشان داد الگوریتم ژنتیک در زمینه‌های مختلفی با هدف پیدا کردن جواب بهینه با استفاده از عمل‌های وراثت و جهش مورد استفاده قرار گرفته است. اصل پایه بکار رفته در الگوریتم ژنتیک ساخت نمونه جدید با استفاده از نمونه‌های قوی و حذف نمونه‌های ضعیف بمنظور جواب بهتر است. نمونه‌ها بوسیله عمل‌های وراثت و جهش همانند تکامل زیستی تغییر پیدا می‌کنند. بنابراین، الگوریتم ژنتیک با ایجاد تنوع در جمعیت باعث حذف کمترین‌های محلی می شود. الگوریتم ژنتیک بصورت افزاینده‌ای در مسئله‌های جهان واقعی مانند: (Hakli and Uguz, 2017).

- مسئله‌های زمانبندی (Asadzadeh, 2015)
- طراحی سامانه‌های بسته بندی (Thomas and Chaudhari, 2014)
- مسئله‌های طراحی تاسیسات (Pourvaziri and Naderi, 2014)،
- برنامه‌ریزی خدمات حمل و نقل بیمار(Fogue *et al*., 2016)
- سامانه‌های تشخیص چهره (Sukhija *et al*., 2016)
- پیش‌بینی گسترش آتش سوزی در جنگل (Denham *et al*., 2012)
- تعیین کاربری زمین‌ها (Porta *et al*., 2013)
- مسئله‌های فیلترینگ (Ar and Bostanci, 2016)
- و غیره...

ازمیان الگوریتم تکاملی الگوریتم NSGA-II بعنوان یکی از انواع الگوریتم‌های ژنتیک و بهینه‌یابی (Coello *et al*., 2007) از معروف‌ترین و پرکاربردترین الگوریتم‌های تکاملی چند هدفه است که روشی بسیار قدرتمند برای حل مسئله‌های جست وجو و بهینه‌یابی دنیای واقعی، با قابلیت درنظر گرفتن همزمان چندین هدف مخالف است. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهند که نیاز نداشتن این الگوریتم به پارامترهای اضافی و سرعت محاسبه‌های بالای آن (Deb *et al*., 2002) سبب افزایش به‌کارگیری آن در پژوهش‌های مختلف بویژه در محیط GIS شده است (Tenasan, 2012).

ازجمله پژوهش‌های صورت گرفته در راستای پژوهش حاضر می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

Campbell *et al.* (1992) از GIS و الگوریتم بهینه‌یابی برنامه ریزی خطی (LP) برای برنامه ریزی استفاده از زمین در بخش کشاورزی استفاده کردند.Bladt (2002) در پایان نامه کارشناسی ارشد، از الگوریتم‌های تکاملی چند هدفه SPEA، NSGA-II و WSEA بمنظور حفاظت از منبع‌های محیطی و بویژه اختصاص دادن منبع‌ها با

دو هدف تنوع زیستی و پایداری کاربری استفاده نمود. Suhaedi *et al*. (2004) برای حل مسئله آمایش سرزمین از روش برنامه ریزی آرمانی استفاده کردند و الگوریتم ژنتیک را برای توسعه آن به کار بردند. Liu *et al*. (2004) از سامانه پشتیبانی تصمیم‌گیری (DSS)[۲] برای گرفتن تصمیم چندهدفه در مدیریت منبع‌های طبیعی در آفریقای جنوبی استفاده کرده و این مدل را مورد ارزیابی قرار دادند. Ducheyne *et al*. (2006) در پژوهش خود یک سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری برای مدیریت جنگل را عرضه کردند و در آن نیازهای فضایی حیات وحش را مدل کرده و با ترکیب الگوریتم ژنتیک چند هدفه[۳] و GIS این فضا را بهینه‌یابی کرده‌اند. Datta and Deb (2007) در پژوهش خود از الگوریتم NSGA-II برای مدیریت زمین استفاده کردند که برای این کار سه هدف میزان جنبه‌های اقتصادی مدیریت زمین، میزان فرسایش خاک و میزان از دست رفتن کربن را در نظر گرفتند و درکارخود NSGA-II-LUM را بعنوان یک الگوریتم بهینه‌یابی چند هدفه تکاملی و مکان مبنا معرفی کردند. Kia Cao *et al*. (2011) مدلی به نام NSGA-II_MOLM یا به عبارتی الگوریتم NSGA-II را بمنظور آمایش سرزمین با چند هدف گسترش دادند. پژوهش‌های صورت گرفته در این زمینه در ایران بصورت زیراست:

Ziaee (2007) در پایان نامه کارشناسی ارشد خود از الگوریتم NSGA-II، در بستر GIS، برای مدیریت بهره‌برداری از سامانه دو مخزنه سدهای بختیاری و دز استفاده کرد که اهداف مورد نظر ایشان کمینه‌کردن خسارت سیلاب و همچنین کمینه کردن خسارت تأمین نبودن نیاز آب کشاورزی در پایین دست مخازن است. Sadeghi *et al*. (2008) در مطالعه خود از یک بهینه‌یابی چندهدفه خطی برای کمینه کردن فرسایش خاک و بیشینه‌کردن تولید مزرعه از هرکاربری درحوضه آبریز بریموند استفاده کردند. Shabani *et al*. (2008) در پژوهش خود سطح بهینه کاربری‌های زمین، بمنظور کاهش میزان فرسایش و بالا بردن درآمد را تعیین کردند. Masoumi *et al*. (2008) با استفاده از الگوریتم NSGA-II بدلیل حمایت از تصمیم‌گیری در یافتن زمین‌های مناسب برای کاربری صنعتی در محدوده استان زنجان استفاده کردند. Tenasan (2012) در پایانامه‌ی کارشناسی ارشد مدلی بمنظور بهینه‌سازی کاربری زمین، مبتنی بر الگوریتم ژنتیک چندهدفه با رویکرد آمایش سرزمین طراحی کرد. Shaiegan *et al*. (2012) قابلیت NSGA-II با طراحی و استفاده از نوع عملگر تقاطع یکنواخت (UC) و عملگر تقاطع دو بعدی (TDC) برای بهینه‌سازی اختصاص دادن کاربری زمین با اهداف چندگانه در بخشی از حوضه‌ی طالقان مورد مقایسه و ارزیابی قرار دادند. بررسی پژوهش‌های صورت گرفته نشان داد که استفاده از الگوریتم NSGA-II در حل مسئله‌های مکانی بویژه مسئله در نظر گرفته شده در این پژوهش می‌تواند بسیار مفید واقع شود.

هدف از این پژوهش طراحی سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری اختصاص‌دادن کاربری زمین در بستر GIS با استفاده از الگوریتم NSGA-II بمنظور مدیریت بحران سیلاست. همانطور که می‌دانیم با افزایش رواناب دبی بیشینه سیلاب افزایش پیدا می‌کند درنتیجه برای کاهش سیل‌خیزی باید رواناب را کنترل کرد. از عامل‌های بسیار موثر در ایجاد رواناب و به دنبال آن سیلاب، نوع کاربری زمین است. برای بررسی نقش کاربری زمین می‌توان از پارامتر شماره منحنی (CN) استفاده وسپس ارتفاع رواناب را حساب کرد. روش‌های مختلفی برای محاسبه ارتفاع رواناب با استفاده از شماره منحنی وجود دارد که روش SCS بدلیل کاربرد فراوان در اقالیم مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد.

بدین منظور ابتدا با مطالعه منبع‌های فیزیولوژیک منطقه و به کارگیری مدل اکولوژیکی مخدوم (Tenasan, 2012) و با استفاده از قابلیت‌های GIS، توان بالقوه یا به عبارتی استعداد زمین واحدهای کاری حوضه آبریز برای کاربری‌های مختلف سنجیده می‌شود. در ادامه با استفاده از توانایی‌های الگوریتم بهینه‌سازی NSGA-II، کاربری‌های بهینه به نحوی اختصاص داده می‌شوند که ضمن کمترین دشواری تغییر، سیل‌خیزی در منطقه را تا حد قابل قبولی کاهش دهند و سطح منفعت اقتصادی منطقه را بالا ببرند. نتایج نهایی سامانه طراحی شده بصورت چندین الگوی بهینه که دارای ارزش کاربردی یکسان است عرضه می‌گردد که بر اساس شرایط موجود

در منطقه مورد مطالعه و نظرکارشناسی، الگوی بهینه قابل انتخاب و اجرایی خواهد بود. به سبب بررسی قابلیت سامانه طراحی شده، حوضه طالقان واقع دراستان البرز انتخاب شد.

مبانی نظری

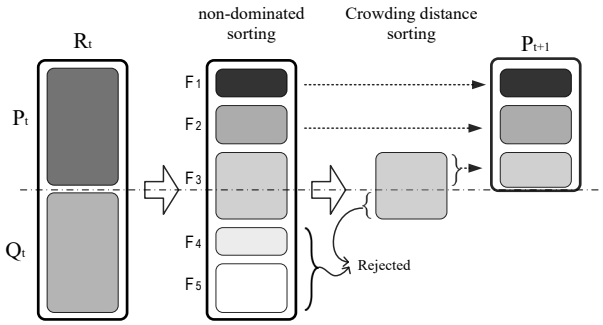
بهینه‌یابی چندهدفه[3]

هنگامی‌که مسئله‌ی بهینه‌یابی بیش از یک تابع هدف دارد، عمل یافتن یک یا چند جواب بهینه، بهینه‌یابی چندهدفه نامیده می‌شود (Dias *et al*., 2002). در مسئله‌ی بهینه‌یابی چندهدفه پس از شناسایی مسئله، مجموعه‌ای از متغیرهای تصمیم کشف می‌شود و با توجه به محدودیت‌های مسئله، بهینه‌کردن تابع‌های هدف دنبال می‌شود. ازاین‌رو واژه‌ی«بهینه‌یابی» به‌معنای پیداکردن مجموعه‌ای از جواب یا جوابی است که از نظر همه‌ی مقادیر توابع هدف مورد پذیرش است (Coello Coello *et al*., 2007). جواب‌های بهینه‌ی پاره‌تو[4] و جبهه‌ی بهینه‌ی پاره‌تو[5] هنگامی‌که در مقایسه‌ی دو جواب، هیچ‌یک از دو جواب به ازای همه‌ی اهداف بهتر از دیگری نباشد، گفته می‌شود که آن دو جواب‌های نامغلوب هستند. اگر اهمیت اهداف به یک اندازه باشد، نمی‌توان گفت کدام یک از این دو جواب به‌ازای همه‌ی اهداف بهتر از دیگری است. به مجموع چنین جواب‌هایی، جواب‌های بهینه‌ی پاره‌تو گفته می‌شود(Deb, 2001). مجموعه‌ی همه‌ی جواب‌های بهینه‌ی پاره‌تو در مسئله‌ی چندهدفه‌ی مجموعه‌ی بهینه‌ی پاره‌تو و بردارهای هدف متناظر با آن، لبه یا جبهه‌ی بهینه‌ی پاره‌تو نامیده می‌شود (Horn, 1999).

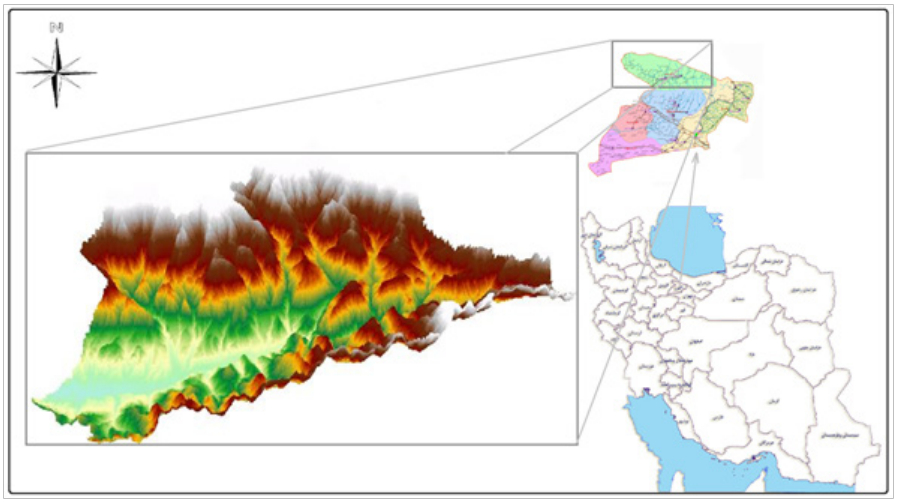
الگوریتم NSGA-II

الگوریتم NSGA-II را نخستین بار دب و همکارانش در سال ۲۰۰۲ مطرح کردند. این الگوریتم یکی از معروف‌ترین و پرکاربردترین الگوریتم‌های تکاملی چندهدفه است، که از نگرش نخبه‌گرایی استفاده می‌کند و می‌تواند در فضایی گسترده از متغییر تصمیم و هدف، جست‌وجو را انجام دهد (Maringanti *et al*., 2009). در این الگوریتم ابتدا جمعیت اولیه بصورت تصادفی انتخاب می‌شود، سپس این جمعیت با توجه به توابع هدف و براساس مفهوم غالب بودن به کمک عملگر مرتب‌سازی نامغلوب[6] (Deb *et al*., 2002) به n سطح پاره‌تو[7] (F) تقسیم می‌شود. به هرسطح پاره‌تو، رتبه‌ای جداگانه و به اعضای درون سطح، رتبه‌ای مساوی براساس مفهوم غالب‌بودن نسبت داده می‌شود. برای اعضایی که در یک سطح پاره‌تو قرارمی‌گیرند و هم رتبه هستند، یک عدد فاصله با توجه به روش فاصله‌ی ازدحامی[8] که بیانگر رتبه‌ی فاصله است نسبت داده می‌شود. در مرحله‌ی بعد به‌کمک الگوریتم رقابت دو دویی، جمعیت والد (P) باتوجه به رتبه‌ی غالب بودن کمتر و رتبه‌ی فاصله‌ی بیشترانتخاب می‌شود. در ادامه، جمعیت نتیجه (Q) از روی جمعیت والد به‌کمک عملگرهای کلاسیک ژنتیک ایجاد می‌شود. درنهایت، جمعیت‌های والد وفرزندان با هم ترکیب می‌شوند وجمعیت نسل بعد (R) از کل مجموعه‌ی این دو جمعیت که شامل جمعیت نخبه نیز هستند، انتخاب می‌شود. این روند درنسل‌های بعد نیز به همین ترتیب تکرار می‌شود تا معیار اختتام ارضا شود. به‌عنوان نمونه می‌توان همگرا شدن کل جمعیت یا فاصله‌ی ارزیابی (برازندگی) بهترین فرد جمعیت از متوسط ارزیابی‌ها (برازندگی‌ها) را در نظر گرفت (Deb *et al*., 2002).شکل ۱ نمایشی از نحوه‌ی عملکرد این الگوریتم را نشان می‌دهد. در این شکل Rt جمعیت حاصل از ترکیب جمعیت والدین (P) و فرزندان (Q) نسل t است. ابتدا جمعیت R_t به‌وسیله‌ی عملگر مرتب‌سازی نامغلوب به ۵ سطح پاره‌تو (F) تقسیم شد. چون فقط به تعداد جمعیت اولیه از جمعیت R_t می‌تواند به نسل بعد (t+۱) انتقال یابد، جمعیت F_1 و F_2 به‌دلیل داشتن رتبه‌ی غالب‌بودن بهتر می‌توانند به‌صورت مستقیم وارد نسل بعد شوند ولی جمعیت F_3 نمی‌تواند بطور کامل به نسل بعد انتقال یابد. از این‌رو ابتدا اعضای جمعیت F_3 به‌روش فاصله‌ی ازدحامی مرتب شدند، سپس تعدادی از اعضای این جبهه‌ی پاره‌تو که فاصله‌ی ازدحامی بهتری داشته باشند به نسل بعد انتقال می‌یابند و باقی اعضای این سطح پاره‌تو به‌همراه اعضای F_4 و F_5 حذف می‌شوند.

مواد و روش‌ها



شکل ۱- نمایشی از نحوه‌ی عملکرد الگوریتم NSGA-II
Fig. 1- A demonstration of the performance of NSGA-II algorithm (Deb *et al.*, 2002)



شکل ۲- موقعیت حوضه آبریز طالقان (در استان البرز و کشور)
Fig. 2- Location of Taleqan Basin (in Alborz Province and Iran)

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز طالقان یکی از بخش‌های حوضه آبخیز سفید رود بشمار می‌رود که در دامنه‌ی جنوبی رشته کوه‌های البرز و در بخش شمال غربی استان تهران واقع شده است. وسعت کل حوضه آبخیز طالقان ۱۴۰۰۰۰هکتار است و منطقه مورد مطالعه که بالادست این حوضه را تشکیل می‌دهد، مساحت تقریبی ۹۴۰۲۸ هکتار را داراست که ۶۷ درصد وسعت کل حوضه را شامل می‌شود و بین عرض شمالی ۲۰ ۵ ۳۶ تا۲۱ ۱۹ ۳۶ و طول‌های شرقی ۲۵ ۳۶ ۵۰تا ۳۷ ۱۱ ۵۱ واقع گردیده است. بیشترین ارتفاع حوضه در حدود ۴۳۰۰ متر و کمترین ارتفاع حدود۱۷۰۰متر از سطح دریاست که در نقطه خروجی حوضه، واقع شده است. بیشترین ارتفاع متوسط حوضه مورد مطالعه نیز برابر ۲۶۵۰ متر می‌باشد.

در حوضه آبخیز طالقان شیب‌های کم (۲۰-۰درجه) در اکثر قسمت‌های نزدیک به رودخانه‌ی اصلی قرار دارند و درآن‌ها کشاورزی‌های آبی، دیم و باغداری صورت می‌گیرد و زمین‌های مسکونی نیز دراین طبقه قرار دارند. در شیب های ۲۰تا ۴۰ درجه، مرتع‌ها و زمین‌های کشاورزی بصورت پراکنده واقع شده‌اند. در ارتفاعات بالایی که داری شیب ۴۰ درجه به بالا هستند نیز مرتع‌ها قرار دارند که نواحی مرتفع‌تر آن‌ها بطور عمده حدود ۶ ماه از سال پوشیده از برف است و بهره‌برداری خاصی از آن‌ها صورت نمی‌گیرد. شیب متوسط حوضه ۲۶ درجه برآوردگردیده است. میانگین بارش سالیانه حوضه‌ی آبخیز طالقان ۵۱۵/۱۶ میلی متر و دمای سالیانه آن نیز۱۰/۵ درجه سانتیگراد است. در مطالعات اقلیم شناسی تماب (سازمان تحقیقات منابع آب)، اقلیم منطقه‌ی طالقان در سامانه دو

مارتن، شامل مدیترانه‌ای، نیمه مرطوب، مرطوب و خیلی مرطوب است (The comprehensive study of watershed management in Taleghan watershed,1993).

نقشه‌ها و داده‌های پایه

در این پژوهش نقشه مدلر قومی ارتفاع (DEM)، نقشه کاربری زمین و خاک‌شناسی (عمق، بافت و گروه‌های هیدرولوژیکی) بعنوان نقشه‌ها و داده‌های پایه مورد استفاده قرار گرفته‌اند و دیگر نقشه‌ها و داده‌ها از این نقشه‌ها تولید شده‌اند (منبع همه‌ی این نقشه‌ها اداره‌ی منابع طبیعی استان تهران است).

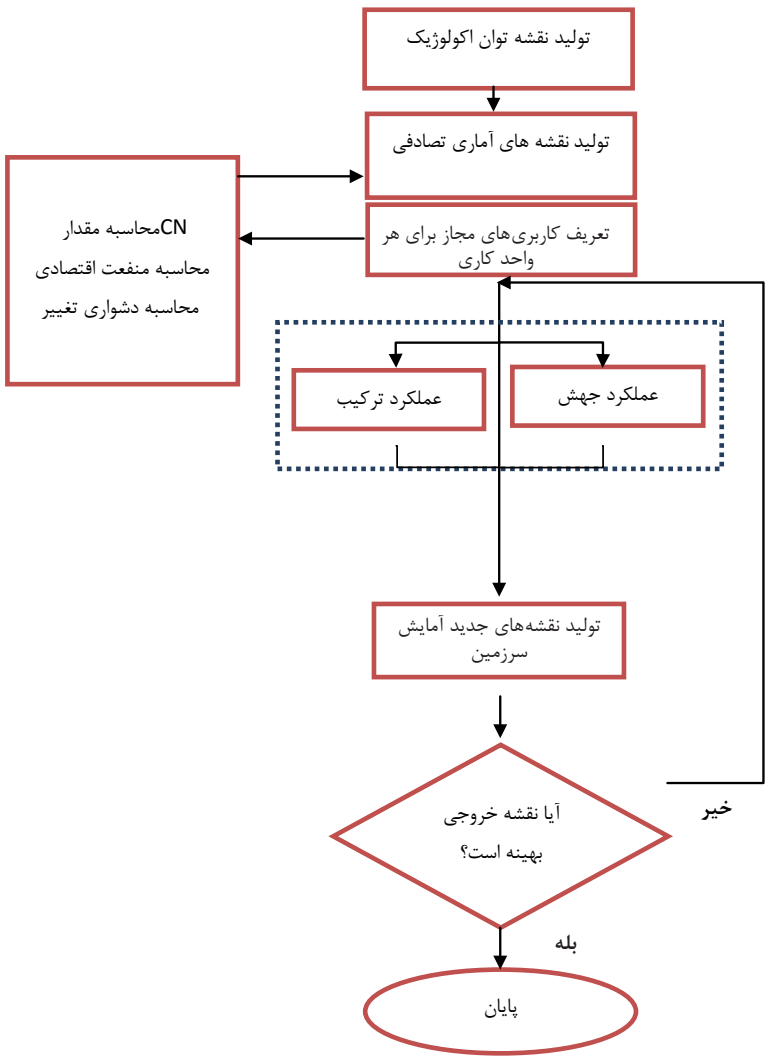
آماده سازی داده‌ها

در این تحقیق از نقشه‌ها و داده‌های پایه و بمنظور محاسبه توان اکولوژیکی منطقه بعنوان ورودی مدل طراحی شده و محاسبه‌ی CN وتوابع هدف مورد نظر استفاده شده است. شکل (۱) نحوه عملکرد مدل را نمایش می دهد.

در ادامه نحوه تهیه و آماده سازی نقشه‌های لازم جهت تولید نقشه توان اکولوژیکی منطقه و همچنین نقشه‌های لازم محاسبه CN مورد بررسی قرار می‌گیرد.

محاسبه توان اکولوژیکی

تعیین توان بالقوه‌ی انواع کاربرد سرزمین بعنوان تعریف

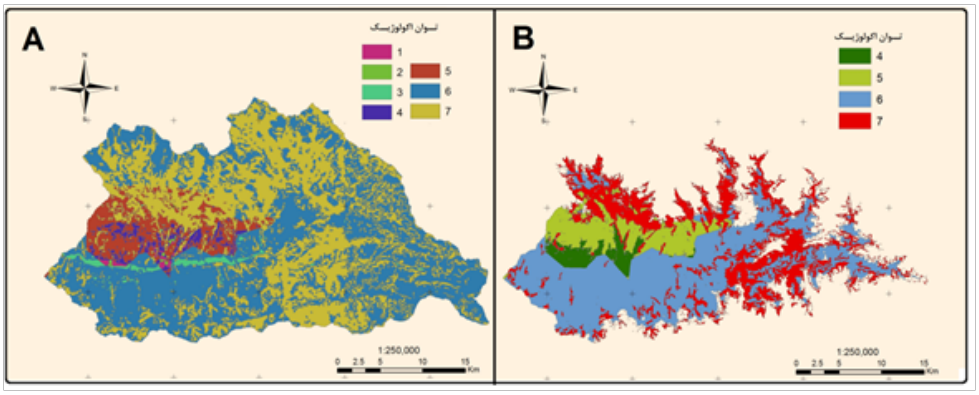


نحوه‌ی عملکرد مدل

شکل ۳- مدل طراحی شده و محاسبه‌ی CN و توابع هدف

Fig. 3- The designed model and calculation of CN and target functions

تعیین توان اکولوژیک مدنظر است. نقشه توان اکولوژیک منطقه یکی از ورودی مدل طراحی شده است. بمنظور تهیه نقشه توان اکولوژیک، در این پژوهش از روش مخدوم استفاده شده است. بدین منظور در ابتدا وضعیت منبع‌های اکولوژیک منطقه مورد شناسایی و تجزیه و تحلیل و همچنین جمع بندی و ارزیابی قرار گرفت و نقشه منابع اکولوژیکی منطقه تولید گردید. سپس با استفاده از نقشه شیب و طبقات ارتفاعی،نقشه واحدهای شکل زمین در منطقه تولید شد و در ادامه با تلفیق این نقشه با نقشه‌های بافت وعمق خاک منطقه، نقشه واحدهای محیط زیستی منطقه تهیه گردید، در انتها نقشه توان اکولوژیکی منطقه برای کاربری‌های کشاورزی، مرتع و جنگلداری طبق مدل استخراج شد و قدرت نهفته عرصه‌های مختلف سرزمین برای کاربری‌های مورد نظر تعیین گردید. شکل (۳) نقشه‌های توان اکولوژیک کاربری‌های کشاورزی و مرتع (A) و کاربری جنگلداری (B) با استفاده از مدل مخدوم برای حوضه طالقان را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج به‌دست آمده از بررسی توان اکولوژیک منطقه، ۲۲۸۹ هکتار از سطح حوضه دارای توان ۴ جنگلداری، ۶۱۳۸ هکتار دارای توان ۵ جنگلداری،۲۴۳۴۳ هکتار دارای توان ۶ جنگلداری و ۱۶۸۲۷ هکتار دارای توان ۷ جنگلداری است. همچنین در مورد توان کاربری‌های کشاورزی ومرتع، ۴۲۳ هکتار دارای توان یک، ۱۲۷ هکتار دارای توان دو، ۱۴۵۰



شکل ۴- نقشه توان اکولوژیکی کاربری‌های کشاورزی و مرتع(A)و کاربری جنگل(B)
Fig. 4- Ecological capacity map for agricultural and farm use (A) and forest use (B)

هکتار دارای توان سه، ۱۷۹۷ هکتار دارای توان چهار، ۶۶۳۸ هکتار دارای توان پنج، ۴۳۵۹۳ هکتار دارای توان شش و ۴۰۱۴۸ هکتار دارای توان هفت است. لازم به بیان است که بمنظور اختصاص دادن سرزمین به کاربری‌های مختلف، به مطالعات اقتصادی و اجتماعی و مدل سازی‌های بیشتری نیاز است. بصورت خاص، منبع‌های آب از جمله معیارهای مؤثر در تعیین توان اکولوژیکی بشمار می‌آید. با توجه به گستردگی موضوع، بررسی و تحلیل وضعیت منابع آبی و همچنین تلفیق مطالعات اقتصادی و اجتماعی با نتایج محاسبات توان اکولوژیکی، خود مقوله دیگری است که انجام آن به دلیل زمان‌بر بودن در این پژوهش انجام نشد و تنها بصورت مختصر تحت دو تابع هدف به بحث اقتصادی پرداخته شده است؛ بنابراین بطور اساسی همه‌ی درجه‌های تناسب تعیین شده به شرط تأمین آب، قابل توصیه است.

اجرا و پیاده سازی مدل

فرموله بندی مسئله

هدف از آمایش سرزمین رسیدن به توسعه پایدار است و این توسعه سعی در تأمین سه هدف اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی دارد. بنابراین در این تحقیق سعی شده تا از هر یک از این اهداف نمونه‌ای بکار گرفته شود و مدلی بر پایه‌ی برنامه‌ریزی چند هدفه توسعه داده شود. مدل طراحی شده برای بهینه‌سازی کاربری زمین در تحقیق حاضر به گونه‌ای تعریف شده تا در پایان الگوهایی از آمایش سرزمین ایجاد کند که در آن‌ها سیل‌خیزی حوضه کاهش یابد و منفعت اقتصادی بالا رود همچنین دشواری تغییر کاربری‌ها کم شود. توابع هدف یاد شده بمنظور تامین نمونه‌ای از هدف اقتصادی و اجتماعی و محیط زیستی در

نظرگرفته شده است. لازم به اشاره است که اهداف در نظر گرفته شده تنها برای نشان دادن کارایی مدل طراحی شده در آمایش سرزمین می‌باشد، روشن است که برای دستیابی به نتایج کامل‌تر در این مدل نیاز به پژوهش‌های بیشتری است. فرمول بندی مسئله به گونه ای صورت گرفته که همه‌ی اهداف مدنظر در آن دیده شود. شایان توجه است که در مدل طراحی شده برای کاهش حجم محاسبات و افزایش سرعت اجرای آن، قسمت‌های توده سنگی و مسیل‌های منطقه که برای هیچ یک از کاربری‌های جنگلداری، کشاورزی و مرتع توان ندارد از فضای جستجو خارج شده است. در ادامه نحوه فرموله کردن اهداف مد نظر شرح داده شده است.

تابع هدف کاهش سیل‌خیزی

در این تحقیق بمنظور بررسی تاثیر الگوهای بهینه در کاهش سیل خیزی از پارامتر شماره منحنی (CN) استفاده شده است. پارامتر CN یک پارامتر وابسته به کاربری زمین بوده و کاهش آن نشان دهنده‌ی افزایش نفوذ آب در خاک یا به عبارتی کاهش ارتفاع رواناب و در عمل کاهش سیل‌خیزی است. بمنظور در نظر گرفتن تاثیر CN در مدل، این پارامتر بصورت زیر فرموله شده است:

$$Minimiz: \quad Z_1 = \sum_{e=1}^{E}\sum_{i=1}^{nUnit}(CN_{e,i} \times Area_i) \Big/ \sum_{i=1}^{nUnit}(Area_i) \qquad (۱)$$

که در معادله CNe,i شماره منحنی واحد کاری i ام با کاربری e و Areai مساحت واحد کاری i ام است.

تابع هدف سختی تغییر کاربری

در هنگام تغییر کاربری‌ها سؤالی که مطرح می‌شود این است که آیا هزینه تغییر کاربری به میزانی هست که مقرون به صرفه باشد؟ در این راستا یکی از اهداف این پژوهش، کمینه‌کردن دشواری تغییر کاربری‌ها در الگوهای خروجی مدل است. برای محاسبه سختی تغییر کاربری‌ها از ماتریس دشواری تغییر کاربری‌ها (Bakhtiari Far *et al.*, 2009) استفاده شد. رابطه ۲ نحوه‌ی محاسبه میزان دشواری تغییر، از کاربری فعلی هر پیکسل به کاربری مدنظر را نشان می‌دهد.

$$Minimaiz: \quad Z_2 = \sum_{i=1}^{nUnit}(D_i \times Area_i) \Big/ \sum_{i=1}^{nUnit}(Area_i) \qquad (۲)$$

در معادله(۲) Di دشواری تغییر کاربری از کاربری فعلی واحد کاری iام، به کاربری پیشنهاد شده بوسیله‌ی مدل طراحی شده و Areai مساحت هر واحد کاری است.

تابع هدف منفعت اقتصادی

مطابق طرح آمایش سرزمین میزان منفعت اقتصادی تغییر کاربری زمین باید به‌گونه‌ای باشد که سودمندی الگوی آمایش سرزمین بیشینه شود. در این پژوهش برای منفعت اقتصادی الگوهای آمایشی تنها به منفعت بازاری این الگوها توجه شده است در صورتی که هر یک از این الگوها از نظر اقتصاد غیر بازاری نیز دارای منفعت است که در این تحقیق مد نظر قرار گرفته نشده است. بمنظور در نظر گرفتن تابع هدف اشاره شده در ابتدا با استفاده دانش کارشناسی ماتریس منفعت اقتصادی ایجاد گردید، سپس سطح‌های منفعت اقتصادی به کمک روش AHP وزن دهی وکمی سازی شد و منفعت اقتصادی تغییر کاربری برای تک تک واحدهای کاری محاسبه شد و مجموع آن بعنوان منفعت اقتصادی کلی در نظر گرفته شد. معادله تابع هدف منفعت اقتصادی تغییر کاربری‌ها بصورت زیر است:

$$Minimaiz: \quad Z_4 = \sum_{i=1}^{nUnit}(P_i \times Area_i) \Big/ \sum_{i=1}^{nUnit} Area_i \qquad (۳)$$

در معادله(۳) Pi منفعت اقتصادی تغییر کاربری واحد کاری iام، از کاربری فعلی به کاربری پیشنهاد شده بوسیله‌ی مدل طراحی شده، و Areai مساحت هر واحدکاری می‌باشد.

اجرای مدل

بمنظور حل مسئله‌های آمایش سرزمین با استفاده از الگوریتم NSGA-II لازم است ابتدا واحدهای کاری متناسب با نیاز مسئله تعریف گردد و در ادامه کروموزم‌های متناسب

با این مسئله طراحی شوند و همچنین عملگرهای ژنتیکی متناسب با این گونه مسئله‌ها مورد استفاده قرار گیرند. واحدهای کاری استفاده شده در این پژوهش از آمیختگی لایه‌های طبقات شیب، طبقات ارتفاعی، نقشه حساسیت به فرسایش، بافت و عمق خاک به شیوه چند ترکیبی تولید شد. به علاوه قسمت‌هایی از منطقه مورد مطالعه که بدون توان اکولوژیک برای اعمال کاربری بوده‌اند (از جمله قسمت‌های توده سنگی) از فضای جستجوی مسئله حذف گردید.

نحوه شکل دهی کروموزوم

مجموعه‌ای از کروموزوم‌ها به شکل یک جمعیت برای الگوریتم ژنتیک هستند که این جمعیت بوسیله عملگرهای الگوریتم ژنتیک تکامل پیدا می‌کند. تابع عملگر انتخاب تاکید بر انتخاب جواب‌های خوب برای نسل بعد دارد. عملگرهای ترکیب و جهش مسئول ایجاد فرزندان (راه حل جدید) هستند.

در این پژوهش یک کروموزوم متشکل از یک فضای دو بعدی از ژن‌ها است که موقعیت هر ژن نشان دهنده یک واحد مکانی (مطالعاتی) از منطقه است و ارزش آن بیانگر کاربری مورد استفاده برای آن واحد است. این موردها به گونه‌ای طراحی شده‌اند که نیاز فضایی مسئله را ارضا کنند. از طرفی دراین پژوهش کروموزوم بصورت مقدار حقیقی در نظرگرفته شده‌اند. از جمله دلایل انتخاب این روش نداشتن مشکل‌های روش کد گذاری دو دویی است. الگوریتم ژنتیک دو دویی بصورت مستقیم بر روی پارامترهای بهینه‌سازی عمل نمی‌کند و بلکه بصورت جایگذاری گسسته اجرا می‌شود؛ بنابراین خطای گسسته سازی در هنگام کدگذاری وارد می‌شود وکدگذاری و رمزگشایی الگوریتم را پیچیده می‌سازد. (Masoumi *et al*., 2008).

عملگر ترکیب

یکی از عملگرهای مهم در الگوریتم NSGA-II، عملگر ترکیب است. هدف از عملگر ترکیب کاوش در قسمت‌های جدید و بویژه سودمند فضای جست وجو بوسیله‌ی عوض‌کردن قسمتی از یک مجموعه از ژن‌ها بین دو کروموزوم است. در این پژوهش از عملگر ترکیب تک نقطه‌ای و دو نقطه‌ای و استفاده شده است. شکل ۵ نحوه عملکرد این دو عملگر ترکیب را نشان می‌دهد.

عملگر جهش

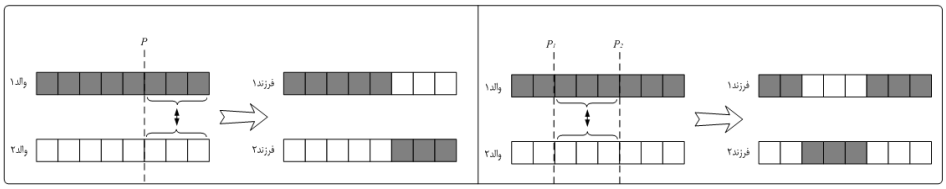
عملگر جهش سبب ورود اطلاعات جدید به جمعیت و همچنین جست و جو در فضاهای دست نخورده مسئله می‌شود. در این پژوهش بمنظور اعمال جهش از عملگر جهش حقیقی استفاده شده است. در کدگذاری حقیقی، عملگر جهش سبب تولید تصادفی یک مقدار جدید در یک موقعیت خاص در کروموزوم می‌شود، در نتیجه‌ی این تغییرهای تصادفی در جمعیت کروموزوم‌ها، نواحی بیشتری از فضای کاوش بررسی شده و از همگرایی بی‌موقع (ناگهانی محلی) الگوریتم جلوگیری می‌شود. در این پژوهش پس از انتخاب تصادفی چند واحد کاری (ژن) بصورت تصادفی یک کاربری از لیست مجاز کاربری‌های آن انتخاب شده و با کاربری فعلی آن تعویض می‌شود.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از مدل

از آنجا که مدل طراحی شده مبتنی بر الگوریتم ژنتیک چندهدفه است بنابراین خروجی مدل بصورت چندین الگوی بهینه که دارای ارزش کاربردی یکسانی می‌باشند عرضه می‌گردد که بر اساس شرایط موجود در منطقه مورد مطالعه و نظرکارشناسی، الگوهای بهینه قابل انتخاب و اجرایی خواهد بود.

میزان CN منطقه در شرایط کاربری فعلی، برای مناطق منتخب در فضای جستجو، ۸۳ برآورد شد. این در حالی است که در الگوهای خروجی مدل کمترین مقدار CN حدود ۷۴/۵ است که این به معنای کاهش حدود ۱۱ درصدی مقدار CN در این الگو نسبت به شرایط فعلی در قسمت‌های مدنظر است. همچنین این الگوی آمایش سرزمین سطح منفعت اقتصادی حاصل از تغییر کاربری منطقه را به ۰/۱۵۲ رسانده که این میزان برابر با رشد ۵۲/۱۹ درصدی در سطح منفعت اقتصادی حاصل از تغییر کاربری است. باید توجه داشت که سطح منفعت اقتصادی



شکل ۵- عملگر ترکیب تک نقطه ای(A) و دو نقطه ای(B)
Fig. 5- Single-point combination operator (A) and two-point (B)

تنها برای تغییر کاربری‌ها از کاربری فعلی منطقه به یک کاربری خاص است بنابراین سطح منفعت اقتصادی الگوی کاربری فعلی منطقه نقطه سر به سر (نه سود و نه زیان) در نظر گرفته شد که مقدار کمی این سطح طبق جدول ۳-۷ برابر با ۰/۱ می‌باشد. همچنین در برآورد سطح اقتصادی تغییر کاربری‌ها، تنها به اقتصاد بازاری تغییر کاربری‌ها توجه شد. جدول ۱ تعدادی از الگوهای خروجی حاصل از اجرای مدل و همچنین تأثیر این الگوها در منطقه را نشان می‌دهد. همان‌طور که از جدول ۱ مشخص می‌شود الگوهای تولیدی توانسته‌اند سطح منفعت اقتصادی منطقه مورد مطالعه را یک سطح افزایش بدهند و آن را از سطح نقطه سربه‌سر (نه سود و نه زیان) به سطح سود دهی کم افزایش دهند. همچنین تمامی الگوها دارای دشواری تغییر بسیار کم و حتی پایین‌تر از بسیار کم می‌باشد؛ بنابراین مدل توانسته اهداف مد نظر را به خوبی پیاده سازی کند. چرا که الگوهای نهایی توانسته‌اند هم مقدار CN منطقه را تا حد قابل قبولی کاهش دهند و هم سطح منفعت اقتصادی را بالا ببرند این درحالی است که دشواری تغییر کاربری‌ها پایین می‌باشد. در شکل ۵ یکی از الگوهای خروجی مدل به‌همراه تاثیر آن بر روی رواناب منطقه در شکل ۶ نمایش داده شده است.

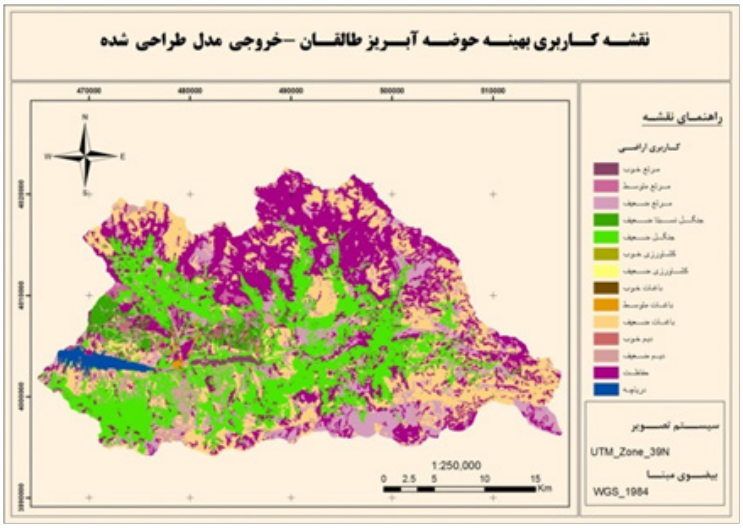
همانطور که از شکل(۶) مشخص است رواناب منطقه نسبت به شرایط فعلی آن بسیار بهبود یافته البته بخش‌هایی از منطقه در آن بهبودی نیافته که این امر نشان از آن دارد که با مدیریت زمین نمی‌توان ارتفاع رواناب آن قسمت‌ها را کنترل کرد و نیازمند عملیات سازه‌ای است.

مجموعه جواب‌های بهینه و جبهه بهینه

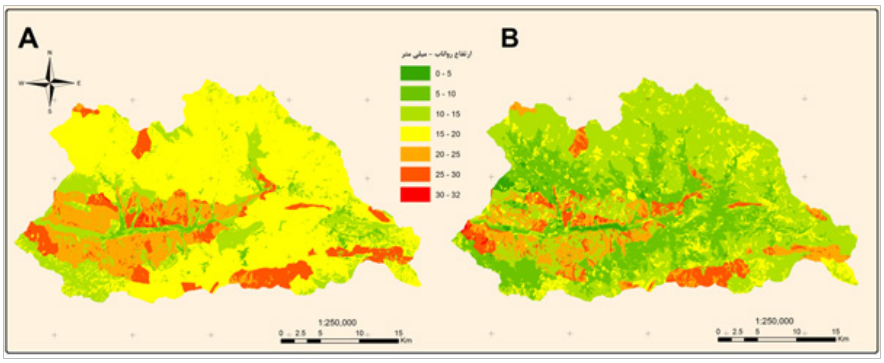
مجموعه‌ی جواب بهینه حاصل از پیاده سازی مدل طراحی شده در منطقه مورد مطالعه دارای فضای سه بعدی، به تعداد تابع‌های هدف است. در شکل (۷) هم نمایش سه بعدی و هم منحنی جواب در ۳ تصویر دو بعدی (بر اساس دو تابع هدف) برای نسل ۱۰۰۰ ام نمایش داده شده است. دو هدف اصلی الگوریتم‌های بهینه‌سازی چند هدفه شامل کشف جواب‌های بهینه پارتو یا نزدیک به آن و پیدا کردن جواب‌هایی با تنوع و گوناگونی مناسب (فاصله ازدحامی مناسب جواب‌ها) است.چندین معیار وجود دارد که هر دو وظیفه مسئله‌های بهینه‌یابی را بطور همزمان ارزیابی

جدول ۱- الگوهای حاصل از مدل و تأثیر آن بر روی منطقه
Table 1. Patterns derived from the model and its effect on the region

شماره Number	CN	درصد کاهش CN percent reduction	سطح منفعت اقتصادی Economic benefit level	درصد رشد سطح اقتصادی Growth percentage of economic level	سطح دشواری تغییر Difficulty level of change
1	74.86	10.88	0.152	52.19	0.040
8	75.65	9.94	0.150	49.59	0.033
9	75.01	10.71	0.149	48.90	0.039
12	77.21	8.08	0.129	28.51	0.021
23	76.50	8.93	0.148	48.39	0.028
24	76.57	8.84	0.148	47.86	0.027
29	77.55	7.68	0.126	25.77	0.019
30	75.51	9.03	0.153	53.44	0.035



شکل۶-الگوی آمایش سرزمین تولید شده توسط مدل
Fig. 6- Spatial planning pattern produced by the model



شکل۷-نقشه ارتفاع رواناب با کاربری فعلی منطقه (A) و نقشه ارتفاع با کاربری‌های بهینه پیشنهادی مدل (B)
Fig. 7- Run off height map with region's current utility (A) and elevation map with optimal proposed by the model (B)

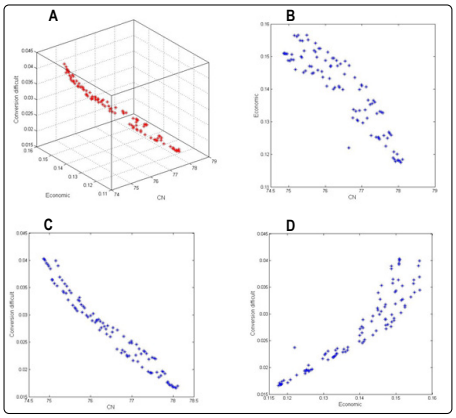
می‌کنند. در این پژوهش برای ارزیابی مدل از نمودار مسیر ارزش استفاده شد (Geoffrion, 1972). شکل۷ نمودار مسیر ارزش را برای جواب‌های نسل ۱۰۰۰ام نمایش می‌دهد.

در شکل بالا محور افقی توابع هدف را نشان می‌دهد. میله‌های عمودی برای نمایش هر تابع هدف بکار رفته است که برد آن کمترین و بیشترین مقدار تابع هدف برای مجموعه‌ی بهینه پارتو را نمایش می‌دهد. این شکل برای توابع هدف بصورت نرمال شده ترسیم شده است. هر خط متقاطع که سه هدف را به هم وصل می‌کند با یک جواب از مجموعه نامغلوب متناظر است. همچنین این خطها ارزش یک جواب را در هر مورد از توابع هدف نشان می‌دهد. در مورد نمودار بالا بیان این دو نکته ضروری است: ۱) این نمودار یک ارزیابی کیفی از جواب‌های به‌دست آمده از نظر هر تابع هدف را نشان می‌دهد. الگوریتمی که بتواند جواب‌های خود را در سراسر طول میله بگستراند، جواب‌هایی با پراکندگی خوب پیدا کرده است (Deb, 2001). اندازه شیب میان خطوط متقاطع زیگزاگ، مبادله میان توابع هدف را نشان می‌دهد. الگوریتمی که تغییرهای عمده در شیب خطوط بین دو تابع هدف متوالی (میله‌های عمودی) را داشته باشد آنگاه دارای مبادله خوبی از جواب نامغلوب است (Deb, 2001).

همان‌طور که از شکل (۸) نیز مشخص است جواب‌های به‌دست آمده از مدل در سراسر طول میله گسترده شده، در نتیجه پراکندگی نتایج خوب است و هم اینکه تغییرهای عمده‌ای در شیب خطوط بین هر دو تابع هدف متوالی دیده می‌شود که نشان از مبادله خوب بین جواب‌های نامغلوب است.

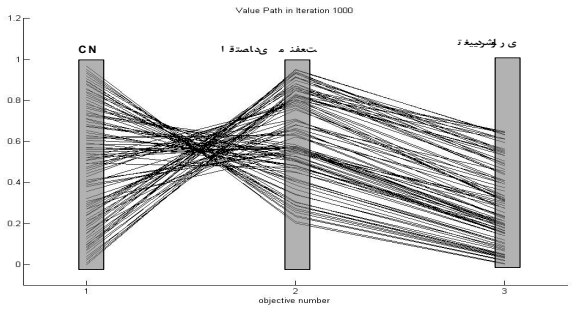
کاهش اندازه مجموعه جواب

همان طور که در جدول ۱مشخص است تمامی جواب‌های



شکل ۸ -نمایش پاسخ‌های شبه بهینه حاصل پیاده سازی مدل در فضای سه بعدی (A) و در فضای دو بعدی بین تابع هدف اقتصادی و سیل خیزی (B)، سیل خیزیی و دشواری تغییر(C) و اقتصادی و دشواری تغییر (D)

Fig. 8- Representation of quasi-optimal responses resulting from implementation of model in three-dimensional space (A) and in two-dimensional space between objective economic function and fluctuation (B), fluctuation and difficulty of change (C) and economic and difficulty of change (D)



شکل ۹- نمودارمسیر ارزش برای سه تابع هدف درنسل ۱۰۰۰

Fig. 9- Value path diagrams for three objective functions in the 1000th generation

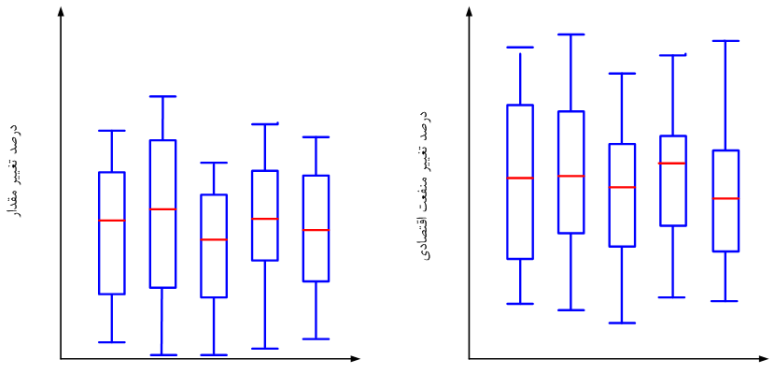
جدول ۲- جواب‌های نهایی پیشنهادی ازمجموعه جواب بهینه

Table 2. Proposed final answers from the optimal answer set

شماره Number	CN	درصد کاهش CN percent reduction	سطح منفعت اقتصادی Economic benefit level	درصد رشد سطح اقتصادی Growth percentage of economic level	سطح دشواری تغییر Difficulty level of change
1	74.86	10.88	0.152	52.19	0.040
2	75.25	10.41	0.154	54.35	0.038

نهایی دارای سطح سازگاری بالا و دشواری تغییر پایین هستند و همچنین پیوستگی کاربری‌ها بهبود پیداکرده است. بنابراین می‌توان این توابع هدف را بعنوان محدودیت و قید برای مسئله در نظر گرفته که تا نسل آخر در مدل قرار داشته‌اند و جواب‌ها را به سمت جواب‌هایی با سازگاری و پیوستگی بالا و همچنین دشواری تغییر کم هدایت کنند. در این پژوهش برای کاهش اندازه‌ی مجموعه‌ی جواب‌ها، جواب‌های نهایی را با عملگر مرتب سازی نامغلوب بر اساس دو تابع هدف میزان CN و سطح منفعت اقتصادی مرتب کرده و تنها جواب‌هایی که در جبهه‌ی اول این دو تابع هدف قرار دارند بعنوان جواب نهایی معرفی شد. این جواب‌ها در جدول زیر بیان شده است.

لازم به اشاره است که همه‌ی جواب‌های بهینه نهایی مدل



شکل ۱۰- نمودار حاصل از ۵ بار تکرار مدل با ۳۰ جمعیت اولیه طی ۵۰ نسل
Fig. 10- A graph of 5 repetitions of the model with 30 primary populations over 50 generations

دارای ارزش کاربردی یکسانی هستند و این روش تنها برای بیان پیشنهاد جواب بمنظور کاهش اندازه مجموعه جواب نهایی است.

تست تکرارپذیری مدل

از آنجا که در الگوریتم‌های تکاملی، جمعیت اولیه بصورت تصادفی انتخاب می‌شود، نتایج کار با اجراهای مختلف، متفاوت خواهد بود. به سبب تست تکرار پذیری، مدل به دفعات ۵ بار با جمعیت اولیه ۵۰ و تعداد تکرار ۵۰۰ با پارامترهای یکسان اجرا شد. شکل(۹) نتایج حاصل از اجرای مدل برای دو تابع هدف مقدار CN و منفعت اقتصادی در طی ۵ بار تکرار را نمایش می‌دهد.

همان‌طور که از شکل (۹) مشخص است جواب‌های خروجی مدل در طی ۵ تکرار بطور تقریبی در یک بازه از مقدارCN و منفعت اقتصادی قرار دارند و تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین آن‌ها از جهت این دو تابع هدف وجود ندارد. همه‌ی الگوها توانسته‌اند میزان CN منطقه را در حد قابل قبولی کاهش دهند و سطح منفعت اقتصادی منطقه را بالا ببرند.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش سعی شد سامانه‌ای برای بهینه‌سازی کاربری زمین مبتنی بر الگوریتم ژنتیک چند هدفه با رویکرد کاهش سیل خیزی بیان شود؛ بدین سبب در ابتدا ضرورت و اهمیت مسئله بیان و پیشینه تحقیقاتی در این زمینه مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. در ادامه به بررسی مفهوم بهینه‌سازی و بویژه بهینه‌سازی چند هدفه و روش‌های حل این گونه مسئله‌ها پرداخته شد. همچنین الگوریتم NSGA-II، بدلیل پیچیدگی محاسباتی کم و همچنین توانایی آن در حل مسئله‌های آمایش سرزمین، بمنظور طراحی مدل انتخاب شد. با پژوهش‌های صورت گرفته در حوضه طالقان مشخص شد این منطقه به مطالعات آمایش سرزمین بارویکرد سیل خیزی نیازمند است؛ بدین جهت کارایی مدل پیشنهادی در حل مسئله آمایش سرزمین این منطقه مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور داده‌های پایه‌ای مورد نیاز شناسایی و آماده سازی شد و نقشه توان اکولوژیک منطقه به‌دست آمد. در انتها مدل طراحی شده، در محیط نرم افزاری MATLAB پیاده سازی شد. بررسی نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که مدل طراحی شده در پژوهش حاضر قادر است الگوهایی برای آمایش سرزمین پیشنهاد دهد که حدود ۱۰ درصد میزان ارتفاع رواناب منطقه را کاهش دهند این در حالی است که سطح منفعت اقتصادی حاصل از تغییر کاربری حدود ۴۰ تا ۵۰ درصد رشد داشته است. همچنین تمامی الگوها دارای دشواری تغییر کم است. از نتایج و دستاوردهای این مطالعه می‌توان به موارد چون: ۱) بیان یک مدل بهینه‌سازی کاربری زمین مبتنی بر الگوریتم ژنتیک چند هدفه با رویکرد کاهش سیل خیزی۲) مدیریت یکپارچه‌ی حوضه آبریز۳) نگارش برنامه به فرمی قابل توسعه در آینده بمنظور استفاده در پژوهش‌های آینده، اشاره کرد. مدل توسعه داده شده در این مطالعه در کنار ویژگی‌ها و مواردی که منجر به بهبود رویکرد حل مسئله شده، کاستی‌هایی را نیز دارد. همان‌طور که پیش از این اشاره شد، وجود جواب‌های بی‌شمار در فضای جست

وجو و محدودیت‌های موجود در تولید الگوهای بهینه آمایش سرزمین، مسئله را به فرمی پیچیده تبدیل کرده است و سبب شده تا محدودیت‌هایی در مدل بیان شده وجود داشته باشد. استفاده از نظرهای کارشناسی و جداول تجربی در محاسبه CN، موجب گردید برآورد دقیقی از تغییر میزان رواناب با تغییر کاربری به‌دست نیاید. در نظر گرفته نشدن اقلیم و آب در برآورد توان اکولوژیک منطقه موجب گردید کاربری‌های اختصاص داده شده تنها به شرط وجود منبع‌های کافی آب قابل اجرا باشند، در نظر گرفته نشدن مساحت مجاز هر کاربری در کل منطقه به دلیل نیاز به مطالعات خاص اقتصادی، اجتماعی در منطقه، توجه نکردن به اقتصاد غیر بازاری کاربری‌ها به سبب نیاز به داده‌ها و پارامترهای مورد نیاز، از آن جمله است.

پی نوشت‌ها

[1] Non dominated Sorting Genetic Algorithm – II
[2] Decision Support System
[3] Multi-objective optimization
[4] Pareto-Optimal Set
[5] Pareto-Optimal Front (Surface)
[6] Non dominated Sorting
[7] Pareto Front
[8] Crowding Distance

منابع

Ar, Y. and Bostanci, E., 2016. A genetic algorithm solution to the collaborative filtering problem. Expert Systems with Applications. 61, 122–128.

Bakhtiari Far, M., Mesgari, M., Karimi, M. and Chahaghani, A., 2011. Modeling of land use change using multicriteria and GIS methods. Journal of Environmental Studies. 37, 43-52.

Bladt, J., 2002. Moltiobjective land use optimisation using evolutionary algorithms. MS.c. Thesis. University of Aarhus, Denmark.

Campbell, J.C., Radke, J., Gless, J.T. and Wirtshafter, R.M, 1992. An application of linear programming and geographic information systems: cropland allocation in Antigua. Environment and Planning. 24, 535–549.

Coello Coello, C.A., Lamont G.B. and Van Veldhuizen, D.A., 2007. Evolutionary Algorithms for Solving Multi-Objective Problems. Springer Science+Business Media, Germany.

Datta, D., Deb, K. and Fonseca, C.M., 2007. Multi-Objective Evolutionary Algorithm for Land-Use Management Problem. International Journal of Computational Intelligence Research. 3, 371-384.

Deb, K., 2001. Multi-objective optimization using evolutionary algorithms. Computers. 497, 115-201.

Deb, K., Pratap, A., Agarwal, S. and Meyarivan, T., 2002. A Fast and Elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II. IEEE Transaction on Evolutionary Computation. 6, 182-197.

Denham, M., Wendt, K., Bianchini, G., Cortes, A. and Margalef, T., 2012. Dynamic data-driven genetic algorithm for forest fire spread prediction. Journal of Computational Science. 3, 398–404 .

Ducheyne, E.I., Wulf, R.R.De. and Baets, B.De., 2006. A spatial approach to forest-management optimization: linking GIS and A spatial approach to forest-management optimization: linking GIS and multiple objective genetic algorithms. International Journal of Geographical Information Science. 20, 917-928.

Fogue, M., Sanguesa, J.A., Naranjo, F., Gallardo, J., Garrido, P. and Martinez, F.J., 2016. Non-mergency patient transport services planning through genetic algorithms. Expert Systems with Applications. 61, 262–271

Geoffrion, A.M., Dyer, J.S. and Feinberg, A., 1972. An interactive approach for multicriterion optimization with an application to the operation of an academic department. Management Science. 19, 335-368.

Hakli, H. and Uguz, H., 2017. A novel approach for automated land partitioning using genetic algorithm. Expert Systems With Applications. 82, 10-18.

Herzig, A., 2008. A GIS-based module for the multiobjective optimization of areal resource allocation. In Proceedings 11th AGILE International Conference on Geographic Information Science, 4th-8th Agust, University of Girona, Spain, pp. 17-19.

Holland, J.H., 1975. Adaption in natural and artificial systems. The University of Michigan Press, USA.

Khosheamoze, G., 2011. Development of a Multi-Objective Decision-Making Plot Model with Emphasis on Industrial Planning. Journal of Environmental Studied. 38(2), 1-12. (In Persian).

Liu, D T.J. and Stewart, T.J., 2004. Object-Oriented decision support system modelling for multicriteria decision making natural resource management. Computers & Operations Research. 31, 985-999.

Mahdoum, M., 2008. The Foundation of the Alignment of the Land. Tehran University Press. Tehran, Iran.

Masoumi, Z., Mansourian, A. and Mesgari, M.S., 2010, Application of Multi-objective Genetic Algorithms in Locations of Industrial Applications. Remote Sensing and GIS of Iran. 4, 1-22.

Porta, J., Parapar, J., Doallo, R., Rivera, F.F., Sante, I. and Crecente, R., 2013. High performance genetic algorithm for land use planning. Computers Environment and Urban Systems. 37, 45–58 .

Pourvaziri, H. and Naderi, B., 2014. A hybrid multi-population genetic algorithm for the dynamic facility layout problem. Applied Soft Computing. 24, 457–469.

Sadeghi, S.H., Jalili, Kh. and Nikkami, D., 2008. Maximizing profitability of land use in Breimond watershed. Journal of Natural Resources. 60, 6-15.

Sadzadeh, L., 2015. A local search genetic algorithm for the job shop scheduling problem with intelligent agents. Computers, Industrial Engineering. 85, 376-383.

Sha'bani, M., Ahmadi, H., Mohseni Saravi, M., Azarnivand, H. and Niknami, D., 2008. Land use optimization in order to reduceing erosion and increaseing profitability of watersheds (case study: Khorestan Watershed of Fars). Journal of Natural Resources. 60(1-65), 33-74.

Suhaedi, E., 2002. Models of Spatial Planning For Sustainable Rural Development. Ph.D. Thesis. Curtin University of Technology, Perth, Australi.

Sukhija, P., Behal, S. and Singh, P., 2016. Face recognition system using genetic algorithm. Procedia Computer Science. 85, 410–417 .

Tenasan, M., 2012. Designing a land use optimization model base on multi-objective genetic algorithm with a land-use approach. MS.c. Thesis. Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

The comprehensive study of watershed management in Taleghan watershed, 1993. Irrigation group, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Iran.

Thomas, J. and Chaudhari, N.S., 2014. Design of efficient packing system using genetic algorithm based on hyper heuristic approach. Advances in Engineering Software. 73, 45–52.

Vahhabi, J., 1997. Flood zoning in Abkhizat-e-Alagh Basin. MS.c. Thesis. University of Tehran, Tehran, Iran.

Ziaee, A., 2007. Multi-objective optimization of reservoir exploitation using genetic algorithm. MS.c. Thesis. Tehran University, Tehran, Iran.

Environmental Sciences Vol.17/ No.2 / Summer 2019

189-206

Proposing a flood management solution based on optimal usage allocation via genetic algorithm

Davood Mokhtari, Ali Akbar Rasouli and Monireh Mosabeigi*

Department of Remote Sensing and Geographical Information Systems, Faculty of Geography and Urban Planning, Tabriz University, Tabriz, Iran

Received: 2017.11.28 Accepted: 2019.04.24

Mokhtari, D., Rasouli, A.A. and Mosabeigi, M., 2019.Proposing a flood management solution based on optimal usage allocation via genetic algorithm. Environmental Sciences.17(2): 189-206.

Introduction: One of the most influential factors in the occurence of a flood in the spillway basins is proposed to be the unsuitable or exorbitanceuse use of lands. One of the flood management solutions is to optimize the land use allocation by considering multiple objectives and parameters. In this regard, GIS capabilities could be applied as one of the novel scientific and technical methods along with taking the advantage of artificial intelligence capabilities, such as multi-objective genetic algorithm. This research aimed to model the land use allocation in GIS platform using NSGA-II algorithm to monitor flood crisis.

Material and methods: In the designed model, using the interruptive method, land's ecological capability was extracted and then using NSGA-II algorithm capabilities, optimal applications were obtained for various parts of the area in order to decrease the flood height as well as to increase the economic profit with the least difficult change of utilities. In the designed model, the curve number parameter (CN) was used to investigate the role of land use on the flood.

Results and discussion: The results of the designed model are represented in several optimal patterns that have the same applicable value. Based on the present conditions of the studied region and the expert's opinion, the optimal model could be executed. To evaluate the capability of the designed model, the Taleghan basin was selected which is located in Alborz Province; CN range of the study area was 83 in the searching space, while in designed output models, the lowest amount of CN, with 11% decrease compared to the current situation, was about 74.5%. Also, the economic profit growth was 52.19% in this land synthetic pattern.

Conclusion: The results and achievements of this study include proposing a land use optimization model based on a

*Corresponding Author: *Email Address.* m.moosabeigi16@gmail.com

multi-objective genetic algorithm for flood reduction, integrated river basin management, as well as programming in an expansive form to use in future studies.

Keywords: Modeling, Land use optimization, Flooding, GIS, NSGA-II algorithm.