هیدروژئومورفولوژی، شماره‌ی ۱۲، پاییز ۱۳۹۶، صص ۸۷-۶۷

وصول مقاله: ۱۳۹۵/۰۷/۲۴ تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۵/۱۰/۱۴

مقایسه‌ی سهم زیرحوضه‌ها در فرسایش و رسوب با استفاده از مدل‌های ترکیبی و الگوریتم ژنتیک (مطالعه‌ی موردی: حوضه‌ی آبخیز تنگ‌بستانک، استان فارس)

احمد نوحه‌گر[۱]

محمد کاظمی*[۲]

سیدجواد احمدی[۳]

چکیده

روش انگشت‌نگاری رسوب بر پایه‌ی ردیاب‌های ژئوشیمیایی، آلی، نسبت‌های ایزوتوپی و نیز استفاده از مدل‌های ترکیبی مختلف باعث شناخت سهم منابع مختلف رسوب در یک ناحیه می‌شود. در تحقیق حاضر با استفاده از ترکیب بهینه‌ی ردیاب‌های آلی و نسبت‌های ایزوتوپی اقدام به تفکیک منابع مختلف فرسایش، تولید رسوب و سپس تعیین سهم این منابع با استفاده از مدل‌های کالینز (Collins)، کالینز اصلاح‌شده (M Collins)، موتا (Motha)، لاندور (Landwehr) و اسلاتری (Slattery) در دو واحد سازندها و کابری‌های اراضی بر پایه‌ی بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک و سپس تهیه‌ی نقشه‌ی سهم مناطق مختلف (زیرحوضه‌ها) در سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی شد. برای تعیین بهترین مدل در این باره از شاخص‌های GOF و ME استفاده شد. عناصر کربن، مس، تیتانیوم، سیلیکون و عناصر استرانسیوم، تیتانیوم، مس، نسبت ایزوتوپی نئودیمیوم ۱۴۳/۱۴۴ به عنوان ردیاب‌های

۱ـ دکتری آبخیزداری دانشکده‌ی کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه هرمزگان.

۲ـ استاد دانشکده‌ی محیط زیست دانشگاه تهران (نویسنده‌ی مسئول).

E-mail:mohamad.kazemi86@gmail.com

۳ـ استاد پژوهشکده‌ی چرخه‌ی سوخت سازمان انرژی اتمی تهران.

Archive of SID

www.SID.ir

تفکیک‌کننده‌ی کاربری‌ها و سازندها شناخته شدند. مدل‌های ترکیبی کالینز اصلاح شده (MCollins) در واحد کاربری‌اراضی و کالینز (Collins) در واحد سازندها با شاخص‌های GOF، ۹۹/۹۵٪ و ۹۹/۹۹۶٪ و ضریب‌کارآیی ۹۹/۱۶٪ و ۹۹/۹۷۷٪ به عنوان بهترین مدل‌ها انتخاب شدند. بیشترین سهم در فرسایش و رسوب حوضه‌ی مربوط به اراضی مرتعی و سازند آسماری به ترتیب با ۶۵٪ و ۵۶/۵٪ می‌باشد. زیرحوضه‌های شماره‌ی ۶ و ۵ به‌ترتیب با ۵۹/۱۱٪ و ۵۸/۷٪ بیشترین و زیرحوضه‌ی شماره ۳۱ با ۷/۵۴٪ کمترین سهم را بر فرسایش و رسوب حوضه داشتند.

کلمات کلیدی: انگشت‌نگاری، الگوریتم ژنتیک، رسوب، مدل‌های ترکیبی، تنگ بستانکو.

مقدمه

افزایش بار رسوبی باعث ایجاد مشکلات درون و برون‌منطقه‌ای در رابطه با حوضه‌های آبخیز شده‌است (پالازون و همکاران[1]،۲۰۱۵: ۲۰۶۸). کاهش تولید رسوب نیازمند اجرای روش‌های مناسب کنترل رسوب و حفاظت خاک در مناطق بحرانی منبع رسوب در حوضه‌ی آبخیز است (پاتریک و همکاران[2]،۲۰۱۵: ۲۱۱۸) و لازمه‌ی شناخت روش مناسب و اجرای صحیح برنامه‌های حفاظت خاک شناخت و شناسایی اهمیّت‌نسبی منابع رسوب و میزان سهم هر یک از منابع رسوب (چن و همکاران[3]، ۲۰۱۶: ۱۲۴) در تولید رسوب است. بنابراین توسعه و ارتقاء روش‌های مدل‌سازی منشأیابی رسوب (کالینز و همکاران[4]، ۲۰۱۰: ۲۴۹) در مدیریت جامع حوضه‌های آبخیز ضروری است. اخیراً مدل‌های ترکیبی باعث شناخت و درک بهتری از فرسایش، رسوب‌گذاری و حمل در منابع مختلف تولید رسوب نسبت به روش‌های

1- Palazón et al.,
2- Patrick et al.,
3- Chen et al.,
4- Collins et al.,

Archive of SID

www.SID.ir

سنتی اندازه‌گیری فرسایش شده‌است (فرنز و همکاران[1]، ۲۰۱۴: ۵۱۴، کویتر و همکاران[2]، ۲۰۱۳: ۲۵). انگشت‌نگاری رسوب براساس فرض ارتباط بین ردیاب‌های رسوبات معلّق و منابع متناظر رسوب در سطح حوضه استوار است که امکان تشخیص منابع بالقوه تولید رسوب و میزان سهم هر منبع در رسوب خروجی از حوضه براساس خصوصیات انگشت‌نگاری را فراهم می‌کند (والینگ[3]، ۲۰۰۵: ۱۶۰) و همچنین تکنیک‌های آماری چندمتغیّره و مدل‌های ترکیبی و یا غیرترکیبی در تعیین سهم نسبی هر منبع استفاده می‌شود. از جمله تحقیقات داخلی می‌توان به تحقیق حیدری و همکاران (۱۳۹۲) در حوضه‌ی تول‌بنه استان منشأیابی رسوب اشاره کرد. نصرتی (۱۳۹۰) با استفاده از برآورد عدم‌قطعیت بروی مدل ترکیبی توانست سهم کاربری‌های اراضی مختلف را در تولید رسوب مشخص کند. عباسی و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از عناصر ژئوشیمیایی به‌عنوان ردیاب منشأیابی رسوبات را در منطقه‌ی نیاتک انجام دادند. قابل ذکر است که کلیه‌ی تحقیقات داخلی از مدل ترکیبی کالینز (۱۹۹۷) و یا کالینز اصلاح شده[4] (۲۰۱۰) استفاده کردند و تاکنون گزارشی مبنی بر استفاده از سایر مدل‌های ترکیبی همچون موتا (۲۰۰۴)، لاندور[5] (۲۰۱۰) و اسلاتری[6] (۲۰۰۰) گزارش نشده است. در زمینه‌ی تحقیقات خارجی می‌توان به تحقیقات چن و همکاران (۲۰۱۶) بروی واحدهای کاربری‌اراضی چراگاه، مراتع با پوشش گیاهی متراکم، جنگل و خندق‌ها با استفاده از روش منشأیابی رسوبات اشاره کرد. ونگ و همکاران[7] (۲۰۱۴) با استفاده از رسوبات به دام افتاده از پشت سد در فلات لس چین توانستند تغییرات سهم منابع مختلف رسوب را با

1- Franz et al.,
2- Koiter et al.,
3- Walling
4- Modified Collins
5- Landwehr
6- Slattery
7- Wang et al.,

Archive of SID

www.SID.ir

استفاده از رصد تغییرات کاربری اراضی پایش کنند. در تحقیق حاضر ابتدا سهم و اهمیت نسبی کاربری‌های‌اراضی و سازندهای موجود در منطقه‌ی تنگ بستانک استان فارس از مدل‌های ترکیبی کالینز، کالینز اصلاح‌شده، لاندور و اسلاتری بر پایه‌ی بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک استفاده شد و سپس با ترکیب این لایه‌ها در سیستم اطلاعات جغرافیایی، سهم‌بندی و اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها در رسوب خروجی از حوضه‌ی آبخیز انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه‌ی مورد مطالعه

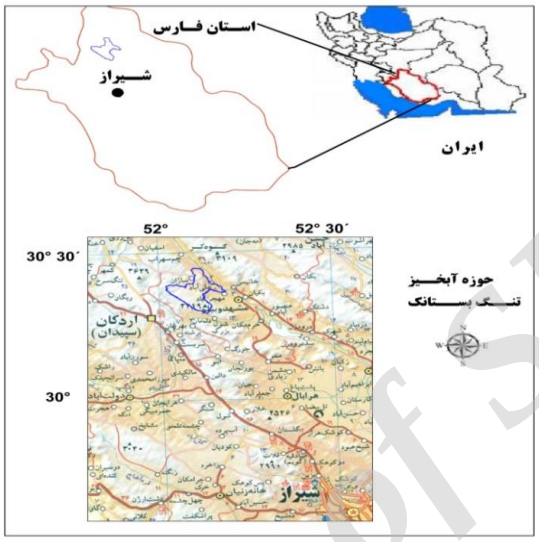
منطقه‌ی مورد مطالعه در این تحقیق با مساحت ۸۱/۷۳ km^2، تحت عنوان حوضه‌ی آبخیز بهشت گمشده (تنگ بستانک) در حدود ۸۰ کیلومتری شمال‌غرب شهرستان شیراز و در موقعیّت جغرافیایی ″۴۳ ′۰۳ °۵۲ تا ″۳۶ ′۱۳ °۵۲ شرقی و ″۳۳ ′۱۶ °۳۰ تا ″۱۸ ′۲۵ °۳۰ شمالی واقع شده است. شکل (۱) موقعیت و راه‌های دسترسی به این منطقه را نشان می‌دهد.

نمونه‌برداری

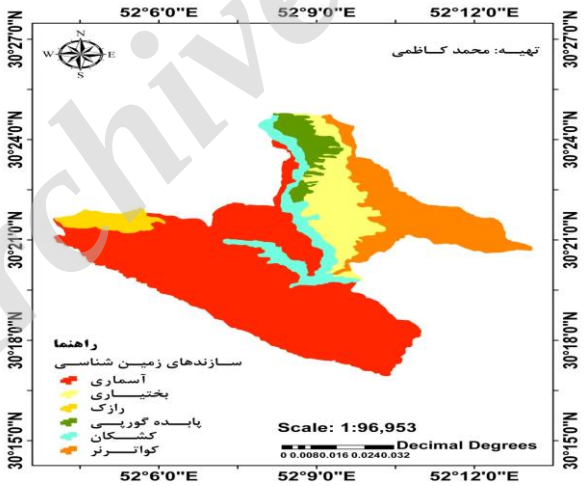
در این مطالعه نقشه‌ی کاربری اراضی تحت عنوان کاربری‌های اراضی زراعی، جنگل، باغات، مراتع و سازندهای رازک، کشکان، بختیاری، کواترنر، پابده‌گورپی و آسماری به عنوان واحدهای مولّد رسوب و مطابق با روش الگوریتم حداکثر تشابه (ML) و برازش مشخصه طیفی (SFF) با تصویر ماهواره‌ی لندست ۸ (تیرماه۹۴) سنجنده‌ی OLI تهیه شد (اشکال ۲ و ۳).

Archive of SID

www.SID.ir



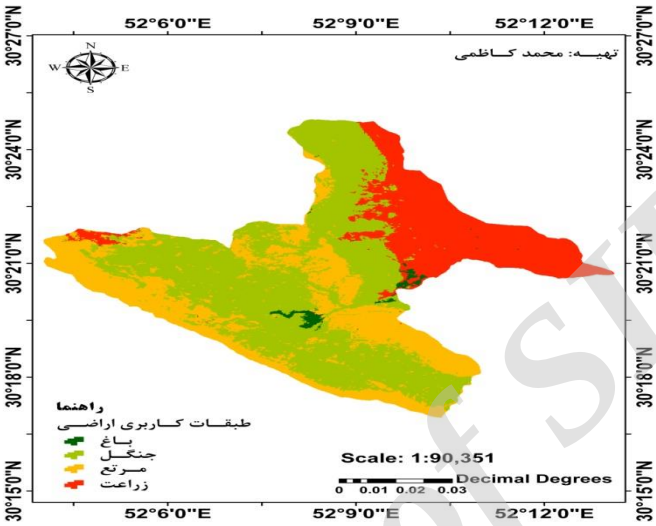
شکل(۱) موقعیت محدوده‌ی مورد مطالعه و راه‌های دسترسی به آن



شکل (۲) نقشه سازندهای زمین‌شناسی حوضه‌ی آبخیز تنگ بستانک به عنوان منابع مختلف تولیدکننده‌ی رسوب

Archive of SID

www.SID.ir



شکل (۳) نقشه‌ی کاربری اراضی حوضه‌ی آبخیز تنگ بستانک به عنوان منابع مختلف تولیدکننده‌ی رسوب

در این مطالعه تعداد ۱۹ عنصر شامل ۱۵ عنصر ژئوشیمیایی و ۲ عنصر آلی و ۲ نسبت ایزوتوپی به عنوان نمونه از کاربری‌ها و سازندها استخراج شد. عناصر ژئوشیمیایی شامل باریم، کادمیوم، کروم، مس، لیتیم، منگنز، نئودیوم، نیکل، فسفر، سیلیکون، استرانسیوم، تیتانیوم، وانادیوم، زینک و دو نسبت ایزوتوپی شامل استرانسیوم ۸۷/ استرانسیوم ۸۶، نئودیمیوم ۱۴۴/ نئودیمیوم ۱۴۳ و ۲ ماده آلی نیتروژن و کربن بودند. قابل ذکر است که کربن آلی به روش والکر و بلاک و نیتروژن کل به روش کجلدال انجام شده است.

انتخاب ترکیب بهینه ردیاب‌ها

برای تعیین ترکیب ردیاب‌های منشأیاب از یک روش آماری دو مرحله‌ای استفاده شد. در مرحله‌ی اوّل در صورت عدم تبعیت از توزیع نرمال، از آزمون غیرپارامتری آزمون

Archive of SID

www.SID.ir

H یا آزمون کروسکال_ والیس استفاده گردید (پلازان و همکاران، ۲۰۱۵: ۲۰۷۳). در مرحله‌ی دوّم تعیین تابع تحلیل تشخیص و ضرائب آن برای کاهش خصوصیات انتخابی اولیه ردیاب‌ها به طوری که دارای حداقل همبستگی و حداکثر توان تفکیک منابع رسوب باشند به کار گرفته شده است. بعد از محاسبه توابع تشخیص سطح معنی‌داری آماری آن‌ها با معیارهای Wilk'S Lambda و مربّع فاصله ماهالانوبیس صورت گرفت. برای نشان دادن توان جداسازی یا طبقه‌بندی تحلیل تشخیص، معنی داری توابع، اختلاف گروه‌ها و ماتریس طبقه‌بندی بررسی شده است. درصد طبقه بندی صحیح مهمترین معیار بررسی توان طبقه‌بندی تحلیل تشخیص می‌باشد که برای تعیین آن از ماتریس طبقه‌بندی استفاده شده‌است. در ضمن به منظور ارزیابی نتایج تحلیل تشخیص از روش ارزیابی متقابل استفاده به عمل آمده است. ترکیب مناسب به دست آمده از ردیاب‌ها در این مرحله برای تعیین سهم منابع رسوب در مرحله‌ی بعد استفاده می‌شود (والینگ و همکاران، ۲۰۰۸؛ ۲۷۹). یکی از پیش فرض‌های روش تحلیل تشخیص، نبود هم‌خطی چندگانه قوی بین متغیرها می‌باشد. برای تشخیص هم‌خطی چندگانه از عدد تحمل و عکس آن (عامل تورم واریانس) استفاده شده است (عباسی و همکاران، ۱۳۸۹؛۳۷).

مدل‌های ترکیبی و کمّی

تعین سهم منابع رسوب بر اساس مقایسه خصوصیات نمونه‌های رسوب و منابع رسوب با استفاده از روش‌های کمّی با به عبارتی مدل‌های چندمتغیره ترکیبی صورت گرفت. برای حل این مدل‌ها برنامه‌نویسی خطی برای حل و بهینه کردن مقادیر سهم نسبی استفاده می‌شود (حددادچی و همکاران[1]، ۲۰۱۳: ۵۶۹، والینگ و

1- Haddadghi et al.,

Archive of SID

www.SID.ir

همکاران، ۲۰۰۸: ۲۸۰). بر همین اساس، رابطه‌ی ترکیبی برای هر یک از ردیاب‌ها به صورت رابطه‌ی (۱) بیان می‌شود:

$$C_i = \sum_{j=1}^{n} a_{ij} P_j \quad \text{رابطه‌ی (۱)}$$

که در آن C_i برابر با مقدار برآوردی ردیاب iام برای نمونه‌های رسوب (m،...، ۲ و i=۱)، a_{ij} مقدار میانگین ردیاب iام در واحد کاربری‌اراضی jام (n،...،۲ و j=۱)، P_j میانگین مشارکت نسبی واحد کاربری‌اراضی jام (که نامعلوم بوده و بوسیله مدل برآورد می‌شود)، n تعداد واحدهای کاربری اراضی و m تعداد ردیاب‌های انتخاب شده (ترکیب بهینه) می‌باشد. از آن جایی که فرض می‌شود ردیاب‌ها و ویژگی‌های آنان در نمونه‌های رسوب کاملاً وابسته به مواد منبع واحدها می‌باشند و این ردیاب‌ها تنها از این واحدها ناشی می‌شوند، بنابراین نتایج حاصل، مشروط به دو محدودیت (P_j) زیر می‌باشند:

$$0 \le P_j \le 1 \quad \text{رابطه‌ی (۲)}$$

$$\sum_{j=1}^{n} P_j = 1 \quad \text{رابطه‌ی (۳)}$$

به این علّت که در چنین مدل‌هایی، رابطه‌ی (۱) برای تمام ردیاب‌ها تکرار می‌شود، بنابراین تعداد معادلات بیشتری نسبت به متغیرهای مجهول وجود خواهد داشت. برای حل این معادلات از روش بهینه‌سازی تابع هدف و تکرار عملیات استفاده می‌شود که در این پژوهش نیز از کمینه‌سازی مجموع مربعات باقی‌مانده به عنوان تابع هدف استفاده شد. با حل مدل‌های زیر سهم تمام واحدهای کاربری اراضی برای هر نمونه رسوب به صورت جداگانه به دست آمد که در نهایت با میانگین‌گیری از سهم واحدها، مقدار متوسط سهم هر واحد کاربری‌های‌اراضی و سازندها در تولید رسوب تعیین شد.

Archive of SID

www.SID.ir

رابطه‌ی (۴) (حدادچی و همکاران،۲۰۱۳: ۵۷۰)

$$R = \sum_{i=1}^{n}[\sum_{j=1}^{m} S_{ij}X_j - C_i]^2$$

رابطه‌ی (۵)

$$R = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(C_i - \sum_{j=1}^{m} X_j S_{ij})^2}{n}}$$

رابطه‌ی (۶)

$$R = (\frac{1}{n}) \sum_{i=1}^{n} \left| C_i - \sum_{j=1}^{m} X_j S_{ji} \right| \Big/ \sqrt{\sum_{j=1}^{m} X_j^2 VAR_{ij}}$$

رابطه‌ی (۷) (پاتریک، ۲۰۱۵: ۲۱۲۱)

$$R = \sum_{i=1}^{n} \left\{ \frac{[C_i - (\sum_{j=1}^{m} X_j S_{ij} Z_j O_j]}{C_i} \right\}^2 W_i$$

رابطه‌ی (۸) (کالینز و همکاران،۲۰۱۰: ۲۵۵)

$$R = \sum_{i=1}^{n} \left\{ \frac{[C_i - (\sum_{j=1}^{m} X_j S_{ij} Z_j O_j SV_{ji}]}{C_i} \right\}^2 W_i$$

در روابط بالا VAR_{ij} واریانس ویژگی ردیاب jام منبع رسوب iام، R مجموع مربعات باقیمانده، C_i میزان اندازه‌گیری شده ویژگی (ردیاب) iام در نمونه رسوب، W_i ضریب وزنی ویژه‌ی ردیاب iام، Z_j ضریب اصلاحی اندازه‌ی ذرات برای فرسایش (منبع) jام، O_j ضریب تصحیح ماده آلی برای فرسایش(منبع) jام، S_{ij} میزان ویژگی (ردیاب) iام در منبع jام، m تعداد منابع، n تعداد ردیاب‌ها، m_j تعداد نمونه‌ها در هر منبع، X_j سهم منبع در فرسایش و تولید رسوب، SV_{ji} وزن درون منبع j برای مقادیر مختلف ردیاب‌های منشأیاب i.. قابل ذکر است که جهت انجام بهینه‌سازی روابط ۴ تا ۸ کد نویسی الگوریتم ژنتیک در نرم‌افزار متلب انجام شده است. همچنین جهت بهینه‌سازی از روش الگوریتم ژنتیک استفاده شد. اندازه‌ی جمعیت در روش الگوریتم ژنتیک ۴۰، تعداد کروموزوم‌ها همان تعداد منابع رسوب هست که برای سازندها ۶ و برای کاربری اراضی ۴ هست، تقاطع ۰/۷، نرخ جهش ۰/۳ تنظیم شد. برای تست دقّت بهینه‌سازی مقدار R (مجموع مربعات باقیمانده) از روش پیشنهادی کالینز و همکاران (۲۰۱۲) مطابق با رابطه‌ی (۹) استفاده شد. این روش

Archive of SID

www.SID.ir

جهت مقایسه‌ی صحت و دقت روش بهینه‌سازی روش الگوریتم ژنتیک پیشنهاد شده، که در تحقیق حاضر نتایج دقت بهینه‌سازی روی مدل‌های مذکور مورد ارزیابی قرار گرفت و به شکل درصد بیان شد.

$$GOF = 1 - \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{(C_i - \sum_{j=1}^{m} S_{ij}X_j)}{C_i}$$ رابطه‌ی (۹)

$$ME = 1 - \frac{\sum_{j=1}^{n}(O_i - P_i)^2}{\sum_{j=1}^{n}(O_i - O_{mean})^2}$$ رابطه‌ی (۱۰)

بحث و نتایج

مطابق با نتایج آزمون کروسکال- والیس اختلاف میانگین‌های هر یک از عناصر درواحدهای کاربری اراضی به غیر از شش عنصر کربن، نیتروژن، مس، استرانسیوم، تیتانیوم و سیلیکون در سطح کمتر از ۵ درصد معنی‌دار نیست. همچنین در واحد سازندها، تنها عناصر مس، نئودیمیوم، سیلیکون، استرانسیوم، تیتانیوم، کربن، نیتروژن و نئودیمیوم ۱۴۴/ نئودیمیوم ۱۴۳ به مرحله‌ی بعد یعنی آزمون تحلیل تشخیص راه پیدا کرده‌اند و این عناصر و ایزوتوپ‌ها توان تفکیک منابع از هم را نشان دادند. نتایج تحلیل تشخیص (DFA) و معنی‌داری آماری نشان داد، ترکیب بهینه‌ی خصوصیات منشأیاب باید طوری انتخاب شود که علاوه بر داشتن کمترین هم‌خطی چندگانه، بیشترین توان تفکیک منابع را داشته باشد تا باعث مشکلاتی در تفسیر اهمیت هر یک از متغیرها و ناپایداری نتایج طبقه‌بندی تحلیل نشود. معیار کمترین هم‌خطی برای عناصر ترکیب‌ها، داشتن عامل تورم واریانس حداقل ۱۰ است. ضرایب هـمبستگی بیشتر از ۹۵٪ با حذف یکی از دو ماتریس هـمبستگی اصلاح می‌شود. معنی‌داری توابع به وسیله‌ی آماره مربّع‌کای نشان داد که توابع اوّل به ترتیب در واحدهای تفکیک منابع رسوب ۶۵/۳٪ و ۷۱/۳٪ را به خود اختصاص داده‌اند. توابع اوّل با بیشترین همبستگی کانونی، بیشترین تغییرات و اختلاف‌ها را در گروه‌ها

Archive of SID

www.SID.ir

را توصیف می‌کنند. درصد طبقه‌بندی صحیح در تفکیک منابع رسوب برای واحدهای کاربری اراضی ۷۵٪ و برای واحدهای سازندها ۸۶٪ بود. از جمله عناصری که در مرحله‌ی اوّل توان تفکیک کاربری‌های اراضی را نشان دادند. نیتروژن و استرانسیوم بودند که این عناصر در مرحله‌ی دوّم و در تابع تشخیص حذف شدند و در جمع ترکیب بهینه قرار نگرفتند. از مجموع ۱۹ عنصر و نسبت ایزوتوپی، تنها ۴ عنصر مس، کربن، سیلیکون و تیتانیوم (عناصر نادر) قادر به جداسازی منابع رسوب بودند. همچنین برای سازندها ۷ عنصر مس، نئودیمیوم، سیلیکون، استرانسیوم، کربن، نیتروژن و نئودیمیوم۱۴۴/ نئودیمیوم ۱۴۳ به مرحله‌ی آزمون تحلیل تشخیص راه پیدا کرده‌اند که تنها چهار عنصر استرانسیوم، تیتانیوم، مس و ایزوتوپ نئودیمیوم ۱۴۴/ نئودیمیوم ۱۴۳ در ترکیب بهینه ردیاب‌ها قرار گرفتند. نتایج بهینه‌سازی مدل‌ها و تعیین سهم منابع بر پایه‌ی الگوریتم ژنتیک در جداول ۱ و ۲ به ترتیب برای واحدهای کاربری‌های اراضی و سازندهای زمین‌شناسی نشان داده شده است. همچنین اشکال ۴ و ۵ روند بهینه‌سازی را بر اساس انتخاب بهترین مدل‌ها در هر دو واحد کاری مطابق با الگوریتم ژنتیک نشان می‌دهد.

جدول (۱) سهم نسبی (درصد سهم میانگین) کاربری اراضی در تولید رسوب بروش بهینه‌سازی الگوریتم‌ژنتیک

مدل کالینز اصلاح‌شده (Modified Collins)	نوع کاربری اراضی
۰/۸	زراعت آبی
۳۱/۲	اراضی جنگلی
۳	اراضی باغی
۶۵	اراضی مرتعی

Archive of SID

www.SID.ir

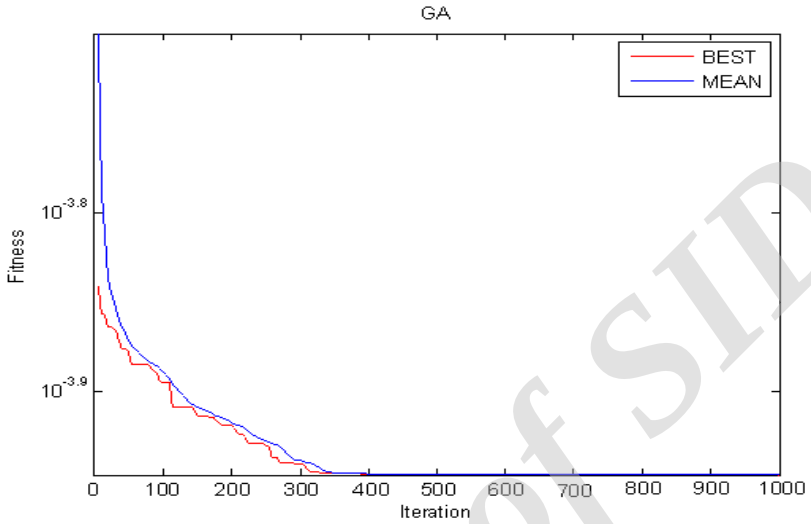
جدول (۲) سهم نسبی (درصد سهم میانگین) سازندها در تولید رسوب بروش بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک

نام سازند	مدل کالینز (Collins)
رازک	۶/۵
کشکان	۵/۸
بختیاری	۹/۲
کواترنر	۱۳/۶
پابده‌گورپی	۸/۴
آسماری	۵۶/۵

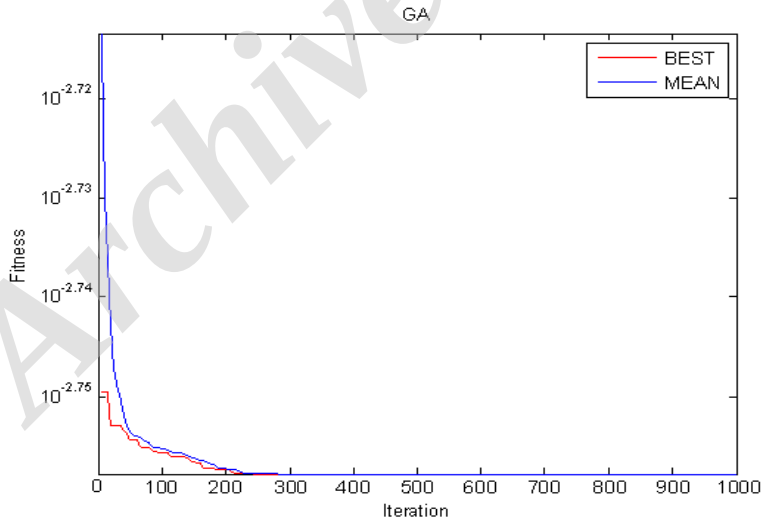
مطابق با جدول (۳) در واحد کاربری‌های اراضی مدل کالینز اصلاح‌شده با شاخص نیکویی برازش (GOF) ۹۹/۹۵٪ و ضریب کارآیی (ME) ۹۹/۱۶٪ (جدول۵) بهترین عملکرد را در تعیین سهم‌نسبی منابع مولّد رسوب داشته‌است. همچنین در واحد سازندهای زمین‌شناسی مطابق با جدول (۴) مدل کالینز با شاخص نیکویی برازش (GOF) ۹۹/۹۹۶٪ و ضریب کارآیی (ME) ۹۹/۹۷۷٪ (جدول۶) بهترین عملکرد را در تعیین سهم‌نسبی منابع مواد رسوب داشته است. همان‌گونه که جدول (۱) نشان می‌دهد سهم اراضی زراعی، جنگلی، باغات و اراضی مرتعی به ترتیب ۰/۸٪، ۳۱/۲٪، ۳٪ و ۶۵٪ می‌باشد که بیشترین سهم مربوط به کاربری مرتع هست. مطابق با جدول (۲) سهم سازندهای رازک، کشکان، بختیاری، کواترنری، پابده گورپی و آسماری به‌ترتیب ۶/۵٪، ۵/۸٪، ۹/۲٪، ۱۳/۶٪، ۸/۴٪ و ۵۶/۵٪ می‌باشد که بیشترین سهم مربوط به سازند آسماری هست.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل(۳) روند بهینه‌سازی الگوریتم‌ژنتیک مدل کالینز اصلاح‌شده



شکل(۴) روند بهینه‌سازی الگوریتم‌ژنتیک مدل کالینز

Archive of SID

www.SID.ir

جدول (۳) میزان GOF برای واحد کاربری‌های اراضی بر حسب درصد

نام مدل	GA
موتا (Motha)	۳۵/۲۷
اسلاتری (Slattery)	<۰
لاندور (Landwehr)	۲۹/۲۵
لاندور اصلاح‌شده (MLandwehr)	<۰
کالینز (Collins)	۹۹/۷
کالینزاصلاح‌شده (MCollins)	۹۹/۹۵

جدول (۴) میزان GOF برای واحد سازندهای زمین‌شناسی بر حسب درصد

نام مدل	GA
موتا (Motha)	۶۶/۰۱
اسلاتری (Slattery)	۵۵/۵۷
لاندور (Landwehr)	۹۴/۴۸
لاندوراصلاح‌شده (MLandwehr)	۸۲/۱۳
کالینز (Collins)	۹۹/۹۹۶
کالینزاصلاح‌شده (MCollins)	۹۹/۹۸۵

جدول (۵) میزان ME برای واحد کاربری‌های اراضی بر حسب درصد

نام مدل	GA
موتا (Motha)	۹۸/۳۷
اسلاتری (Slattery)	۹۵/۹۴
لاندور (Landwehr)	۹۶/۳۱
لاندور اصلاح‌شده (MLandwehr)	۹۴/۷۸
کالینز (Collins)	۹۶/۳۷
کالینز اصلاح‌شده (MCollins)	۹۹/۱۶

Archive of SID

www.SID.ir

جدول (۶) میزان ME برای واحد سازندهای زمین‌شناسی بر حسب درصد

نام مدل	GA
موتا (Motha)	۹۹/۸۰۳
اسلاتری (Slattery)	۹۹/۶۴۵
لاندور (Landwehr)	۹۹/۸۳۹
لاندوراصلاح‌شده (MLandwehr)	۹۹/۸۷۳
کالینز (Collins)	۹۹/۹۷۷
کالینزاصلاح‌شده (MCollins)	۹۹/۹۳۲

براساس سهم‌های محاسبه شده از دو واحد کاری(کاربری‌ها و سازندها) نقشه‌ی رستری سهم منابع در سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی ترسیم گشت و سپس بر اساس نقشه‌ی زیرحوضه‌ها سهم میانگین هر زیرحوضه از لایه‌ی اطلاعاتی سهم‌ها به دست آمد. همان‌گونه که شکل (۵) نشان می‌دهد زیرحوضه‌هایی که روی سازند آسماری و کاربری مرتع قرار دارند بیشترین سهم و بالاترین امتیاز اولویت‌بندی را از لحاظ سهم نسبی رسوب‌زایی و فرسایش به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۵) و زیرحوضه‌هایی که به سمت جنوب‌شرقی حوضه‌ی گسترش فضایی دارند و بروی کاربری اراضی زراعی قرار دارند کمترین سهم و کمترین اولویت را از لحاظ سهم نسبی رسوب‌زایی و فرسایش به خود اختصاص داده‌اند. بر این اساس زیرحوضه‌های شماره ۶ و ۵ با امتیاز ۵۹/۱۱ و ۵۸/۷ بیشترین اولویت و زیرحوضه‌های شماره‌ی ۳۱ و ۲۲ با امتیاز ۷/۵۴ و ۱۴/۹۴ کمترین اولویت را به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۶). همچنین نتایج نشان داد مدل اسلاتری (Slattery) با توجه به نتایج جزء کم دقّت‌ترین مدل‌ها در زمینه‌ی منشأیابی می‌باشد و استفاده از آن دقّت قابل‌قبولی را ارائه نمی‌کند. مدل کالینز (Collins) با در نظر گرفتن مواردی همچون غنی‌شدگی رسوبات از نظر ذرات ریز و مواد آلی، مقایسه‌ی بین خصوصیات خاک منابع رسوب و نمونه‌های رسوب که از نظر اندازه‌ی ذرات اختلاف دارند و همچنین وزن ردیاب در

Archive of SID

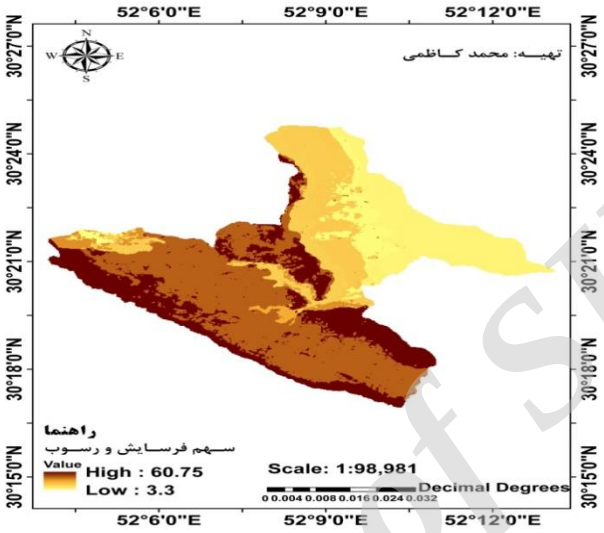
www.SID.ir

مدل مربوطه نتایج قابل قبول و قوی ارائه می‌دهد. مدل اصلاح شده‌ی کالینز (MCollins) با وجود اضافه شدن متغیر SVij یا وزن ردیاب در هر منبع جهت تفکیک نتوانسته است نتایج بهتر و قابل‌قبول‌تری ارائه کند. غلامی و همکاران (۴۶؛۱۳۹۴) در مطالعه‌ای در منطقه‌ی ارگ‌نگار بردسیر با استفاده از مدل کالینز و در کاربری‌های اراضی کشاورزی، مرتع و اراضی بایر با روش بهینه‌سازی لوکال (Local) به بررسی سهم منابع رسوب پرداختند. نامبردگان اعلام کردند ضریب کارآیی مدل ۹۶٪ و اراضی کشاورزی با سهم ۵۰/۵۲٪ بیشترین نقش را در تولید رسوب حوضه دارد. همچنین نصرتی و همکاران (۱۳۹۴؛ ۷۵۱) در مطالعه‌ای در حوضه‌ی آبخیز طالقانی خرم‌آباد با استفاده از مدل کالینز اصلاح‌شده به بررسی نقش کاربری اراضی بر میزان رسوب معلّق و بار کف پرداختند. نامبردگان بیان کردند که سهم اراضی کشاورزی، مرتع و جنگل به ترتیب ۵۳/۴٪، ۳۰/۴٪ و ۱۶/۲٪ می‌باشد. در تحقیق حاضرعلاوه بر افزایش واحدهای هر واحد کاری (۴ و ۶ واحد کاری برای کاربری‌ها و سازندها)، استفاده از چندین مدل ترکیبی را نیز شاهد بودیم و تنها به یک مدل خاص بسنده نشد.

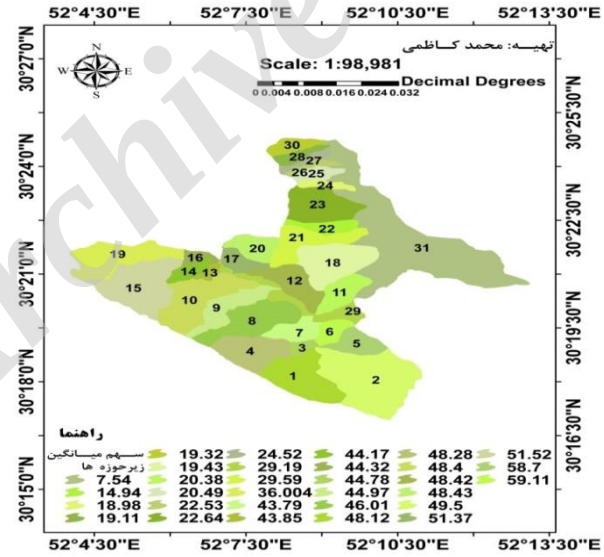
نتایج این تـحقیق نشان داد مدل کالینز اصلاح شـده و کالینز جزء قوی‌ترین مدل‌های ترکیبی برآورد سهم منابع رسوب هستند که با نتایج حدادچی و همکاران (۲۰۱۳) مطابقت دارد. کالینز و همکاران (۲۰۱۰ و ۲۰۱۲) الگوریتم ژنتیک را جزء قوی‌ترین روش‌های بهینه‌سازی در زمینه‌ی مدل‌های ترکیبی اعلام کرده‌اند که نتایج تحقیق حاضر نیز گویای این مهم می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل (۵) نقشه رستری سهم‌های میانگین واحدهای کاری سازندها و کاربری‌های اراضی



شکل(۶) امتیاز اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها بر اساس سهم‌های میانگین نسبی

Archive of SID

www.SID.ir

نتیجه‌گیری

در بین مدل‌های منشأیابی و ترکیبی تنها نمی‌توان به یک مدل خاص و محدود بسنده کرد. نیاز هست که نتایج مدل‌های مختلف را با معیارهای ارزیابی سنجید و در این سنجش نیز تنها به یک شاخص بسنده نکرد. استفاده همزمان از دو یا چند شاخص از جمله GOF و ME کمک شایانی به انتخاب بهترین مدل و نتایج واقعی می‌کند. در بسیاری از تحقیقات داخلی جهت ارزیابی نتایج مدل‌های ترکیبی از شاخص ضریب‌کارآیی و یا خطای‌نسبی مدل استفاده می‌شود و به صرف این که مدل دارای ضریب کارآیی بالایی باشد، نتایج را می‌پذیرند. در این تحقیق نتایج نشان داد صرفاً داشتن شاخص ضریب‌کارآیی بالا و به طبع آن خطای نسبی کم دلیل بر نتایج مناسب و برگزیدن مدل نیست. چنان‌که در واحد سازندها مدل اسلاتری (Slattery) با ضریب‌کارآیی ۹۹/۶۴۵٪ در نگاه اول مقبول می‌باشد و یا این مدل در واحد کاربری‌اراضی با میزان ۹۵/۹۴٪ وضعی به همین شکل دارد، امّا استفاده از شاخص نیکویی برازش (GOF) نشان داد که، این مدل در واحد کاربری اراضی مقداری منفی و در واحد سازندها کمترین مقدار را نسبت به بقیه مدل‌ها دارد و این مهم حکایت از نتایج ضعیف و غیرقابل قبول این مدل در سهم‌بندی منابع تولید رسوب می‌کند. بنابراین استفاده از دو یا چند شاخص ارزیابی و مخصوصاً شاخص نیکویی برازش بسیار مهم جلوه می‌کند. بیشتر محققان در زمینه استفاده از مدل‌های ترکیبی و سهم‌بندی منابع رسوب، شاخص نیکویی برازش را استفاده نموده‌اند. همچنین انتخاب روش مناسب بهینه‌سازی مدل‌های ترکیبی نقش مهمی در ارتقاء شاخص نیکویی برازش و ضریب کارآیی مدل‌ها دارد و تحقیقات در این زمینه نشان داده روش الگوریتم ژنتیک نتایج قوی‌تری نسبت به دیگر روش‌ها ارائه می‌کند. استفاده از توانمندی سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی جهت ترکیب و تلفیق لایه‌های اطلاعاتی می‌تواند بدون استفاده مجدد از مدل‌های ترکیبی

Archive of SID

www.SID.ir

برای واحدهای کاری دیگری (نظیر زیرحوضه‌ها)، امتیاز اولویت‌بندی و نقش آن‌ها را بر رسوب خروجی از حوضه با توجه به دیگر واحدها که، عملیات منشأیابی در مورد آن‌ها انجام شده را نشان دهد. در مدل‌های ترکیبی سهم بالاتر یک منبع رسوب می‌تواند به دلیل مساحت بیشتر، حساسیت بیشتر به فرسایش یا نسبت تحویل رسوب بیشتر مربوط به آن منبع باشد. بنابر این جهت مقایسه‌ی سهم منابع مولّد رسوب با یکدیگر، درصد سهم منابع بر درصد مساحت آن‌ها تقسیم و نوعی استانداردسازی صورت می‌گیرد. در تحقیق حاضر سهم منابع مختلف رسوب (در واحدهای کاری مختلف) با استفاده از توانمندی سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی در همدیگر تلفیق شدند و سپس بر اساس واحدهای زیرحوضه‌ها و سهم هر زیرحوضه از این تلفیق، مقایسه و اولویت‌بندی بین آن‌ها صورت گرفت.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

ـ حیدری، کهزاد، نجفی‌نژاد، ع.، خرمالی، فرهاد و منوچهر بابانزاد (۱۳۹۲)، **تعیین سهم واحدهای کاری در تولید رسوب معلق با استفاده از روش منشأیابی رسوب (مطالعه‌ی موردی :آبخیز تول‌بنه، استان گلستان)**، فصلنامه‌ی پژوهش‌های فرسایش محیطی، سال سوم، شماره‌ی ۱۱، صص ۲۷ تا ۳۸.

ـ عباسی، مرضیه؛ فیض‌نیا، سادات؛ احمدی، حسن و یونس کاظمی (۱۳۸۹)، **منشأیابی رسوبات بادی نیاتک با استفاده از ردیابی عناصر ژئوشیمیایی**، فصلنامه‌ی علمی - پژوهشی خشک بوم، سال اول، شماره‌ی ۱، صص ۳۴ تا۴۴.

ـ غلامی، حمید؛ طاهری‌مقدم، الهام؛ قیری، محسن و رسول مهدوی نجف‌آبادی (۱۳۹۴)، **تعیین سهم کاربری‌های اراضی در تولید رسوب تپه‌های ماسه‌ای با استفاده از روش انگشت‌نگاری (مطالعه‌ی موردی: ارگ نگار بردسیر کرمان)**، مجله‌ی پژوهش‌های فرسایش محیطی، ۵:۲ (۱۸)، صص ۵۴-۴۶.

ـ نصرتی، کاظم؛ احمدی، فروزان؛ نظری‌سامانی، علی‌اکبر و محمّدرضا ثروتی (۱۳۹۴)، **تعیین نقش کاربری اراضی در تولید رسوب معلق و کف بر پایه‌ی منشأیابی رسوب در حوضه‌ی طالقانی**، مجله‌ی منابع طبیعی ایران، شماره‌ی ۴، صص ۷۵۱ تا ۷۶۵.

ـ نصرتی، کاظم (۱۳۹۰)، **منشأیابی رسوب بر اساس برآورد عدم قطعیت**، مجله‌ی پژوهش آب ایران، سال پنجم /شماره‌ی ۹، صص ۵۱ تا ۶۰ .

-Collins, A., Walling, D.E., Webb, L. and King, P. (2010), **Apportioning catchment scale sediment sources using a modified composite fingerprinting technique incorporating property weightings and prior information**, Geoderma, 155, PP.249-261.

-Collins A.L. and Walling D.E. (2007), **Sources of fine sediment recovered from the channel bed of lowland groundwater-fed catchments in the UK**, Geomorphology 88(1-2): PP.120-138.

Archive of SID

www.SID.ir

-Chen, F., Fang, N., Shi, Z., (2016), **Using biomarkers as fingerprint properties to identify sediment sources in a small catchment**, Science of the Total Environment, 557–558, 123–133.

-Franz, C., Makeschin, F., Weiß, H., Lorz, C. (2014), **Sediments in urban river basins: dentification of sediment sources within the Lago Paranoá catchment, Brasilia DF**, Brazil–using the fingerprint approach, Science of the Total Environment, 466–467, PP. 513–523.

-Haddadghi, A., Ryder, D.S, Evrard, O., and Olley, J. (2013), **Sediment fingerprinting in fluvial systems: review of tracers, sediment sources and mixing models**, International Journal of Sediment Research, 28, PP.560-578.

-Koiter, A.j., Owens, P.N., Petticrew, E.L., Lobb, D.A. (2013), **The behavioural characteristics of sediment properties and their implications for sediment fingerprinting as an approach for identifying sediment sources in river basins**, Earth-Science Reviews 125, PP.24–42.

-Nosrati, K., Govers, G., Semmens, B.X., Ward, J.V. (2014). **A mixing model to incorporate uncertainty in sediment fingerprintin**g, Geoderma 217–218 (2014) PP.173–180.

-Patrick Laceby, J., McMahon, J., Evrard, O., Olley, J. (2015). A **Comparison of geological and statistical approaches to element selection for sediment fingerprinting**, Soils Sediments (2015) 15:2117–2131 DOI 10.1007/s11368-015-1111-9.

-Palazón, L., Gaspar, L., Latorre, B., Blake, W., Navas, A., (2015), **Identifying sediment sources by applying a fingerprinting mixing model in a Pyrenean drainage catchment**, J Soils Sediments (2015) 15:2067–2085, DOI 10.1007/s11368-015-1175-6.

-Walling, D.E. (2005), **Tracing suspended sediment sources in catchments and river systems**, Science of the Total Environment, 344: PP.159-184.

Archive of SID

www.SID.ir