



دانشگاه گیلان، دانشکده منابع طبیعی گیلان

نشریه حفاظت و بهره‌برداری از منابع طبیعی  
جلد چهارم، شماره اول، ۱۳۹۴  
<http://ejang.gau.ac.ir>

## ارزیابی عوامل مؤثر بر شدت فرسایش خاک در روش شش عامله فائو با استفاده از تکنیک TOPSIS

\* سید علی جوزی<sup>۱</sup> و نسرین مرادی مجد<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>دانشیار گروه مهندسی منابع طبیعی، محیط‌زیست، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال،  
<sup>۲</sup>دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان  
تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۴/۲۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۰۳

### چکیده

در این مطالعه ارزیابی شدت فرسایش در منطقه بوالحسن در زاگرس جنوبی با کمک روش شش عامله FAO انجام پذیرفت. با این روش برآورد شدت فرسایش خاک براساس بررسی و ارزیابی شش عامل مؤثر زمین‌شناسی، خاک، توپوگرافی و شیب، پوشش خاک، استفاده از اراضی، وضعیت فعلی فرسایش و تولید رسوب در حوزه آبخیز به انجام رسید. پس از نمره‌دهی کلیه عوامل در واحدهای هیدرولوژیک منطقه مطالعاتی، از مجموع این نمرات شدت فرسایش خاک تعیین گردید و در قالب ۶ کلاس طبقه‌بندی شد. نتایج به‌دست آمده حاکی از آن است که حدود ۴۲ درصد از خاک‌های منطقه در کلاس III و ۵۸ درصد در کلاس IV قرار دارد که در هر دو کلاس تجدیدنظر در مدیریت منطقه ضروری می‌باشد. جهت تجزیه و تحلیل مهم‌ترین عوامل فرسایش منطقه از روش TOPSIS استفاده شد. نتایج این بررسی مؤید آن است که عامل وضعیت فعلی فرسایش با وزن ۰/۵۸۵۵ به‌عنوان مهم‌ترین عامل در فرسایش خاک منطقه شناخته می‌شود. پس از آن به‌ترتیب پوشش خاک با امتیاز ۰/۴۱۴۳، زمین‌شناسی با امتیاز ۰/۴۱۴۱، استفاده از اراضی با امتیاز ۰/۴۱۴۰، شیب ۰/۴۱۳۸ و خاک با

\*مسئول مکاتبه: [sajozi@yahoo.com](mailto:sajozi@yahoo.com)

امتیاز ۰/۴۱۳۵ اولویت‌های بعدی را به خود اختصاص دادند. در این تحقیق ترکیب مشاهدات صحرایی و استفاده از GIS باعث بالا بردن دقت در فرآیند ارزیابی گردید.

**واژه‌های کلیدی:** ارزیابی سرزمین، فرسایش خاک، روش شش عامله FAO، روش Topsis، زاگرس جنوبی

### مقدمه

جنگل‌ها و دیگر مناطق مشجر دارای کارکردهای اقتصادی و بوم‌شناختی مهمی هستند که از نظر تأمین‌گذران زندگی جنگل‌نشینان تا حفاظت خاک، کنترل رواناب و ترسیب کربن را شامل می‌شود (فتحی، ۲۰۰۵). امروزه برنامه‌ریزی جنگل با نگاه جدی به مفهوم مدیریت پایدار جنگل انجام می‌گیرد. یعنی منابع و اراضی جنگلی باید به ترتیبی مدیریت شوند که از جنبه اکولوژیک همواره پایدار باشند و بتوانند نیازهای اجتماعی-اقتصادی، اکولوژیک و فرهنگی نسل‌های فعلی و آینده را پاسخ دهند (امانی، ۲۰۰۲). حفظ آب و خاک عمدتاً به‌منظور حفظ حاصلخیزی رویشگاه و توان تولیدی آن است. بالا رفتن حاصلخیزی رویشگاه که در درجه اول با کاهش فرسایش خاک آغاز می‌گردد که منجر به کاهش طغیان آفات و امراض نیز خواهد شد (مرادی مجد، ۲۰۱۱). عمل فرسایش خاک به‌طور طبیعی اتفاق می‌افتد اما دخالت انسان آن را تشدید نموده است. این در حالی است که تشکیل مجدد خاک به قرن‌ها زمان نیاز دارد. با توجه به آن‌که فرسایش طی دهه‌های اخیر در سطح کشور روند صعودی داشته است و همچنین با ملاحظه اهمیت منابع طبیعی ضروریست فرآیندهای تخریب و فرسایش مورد مطالعه و ارزیابی قرار گیرند (جداریوازی و جوکارسرهنگی، ۲۰۰۳). فرسایش خاک و رسوب در حوزه‌های آبخیز به‌منظور اجرای برنامه‌های حفاظت خاک و تعیین روش‌های مبارزه با فرسایش و کاهش تولید رسوب ضروری است (رفاهی، ۲۰۰۸). امروزه سامانه اطلاعات جغرافیایی GIS<sup>۱</sup> با قابلیت‌های فراوان این توانایی را در اختیار قرار داده است تا بتوان اطلاعات پایه‌ای موجود را به‌صورت لایه‌ها یا جداول اطلاعاتی ذخیره، بازیابی و به روز نمود (شیرزادی، ۲۰۱۰). ارزیابی فرسایش‌پذیری خاک امری ضروری است تا برای جلوگیری از تخریب آن در آینده به‌دلیل استفاده بیش از حد از ظرفیت خاک و مدیریت نامناسب تدابیری اندیشیده شود (صفی یاری و همکاران، ۲۰۱۴).

در مطالعه‌ای مشابه تاجگردان و همکاران (۲۰۰۹) برای برآورد میزان فرسایش و رسوب حوضه آبخیز زیارت از مدل MPSIAC<sup>۱</sup> داده‌های ماهواره‌ای و GIS استفاده کردند. در تحقیقی قاضوی و همکاران (۲۰۱۳) به بررسی فرآیند فرسایش با استفاده از تکنیک‌های نوین در حوضه آبخیز قلعه قافه پرداختند. اطلاعات موردنیاز مدل‌های رایج برآورد فرسایش به کمک سنجش از دور و GIS تلفیق گردیده و نتایج حاصل مورد تحلیل قرار گرفته است. سلیمانی و بیات (۲۰۰۷) نیز به‌کارگیری داده‌های ماهواره‌ای در ارزیابی فرسایش و رسوب با استفاده از مدل MPSIAC در زیر حوضه سفید آب هراز به انجام دادند. جیوردانو (۱۹۸۴) در مقاله‌ای با عنوان روش‌های ارزیابی ریسک فرسایش خاک به‌بررسی مدیریت فرسایش خاک و کشت در دامنه‌های شیبدار در جنوب ایتالیا (با توجه به اقلیم، زمین‌های شیبدار و تغییر کاربری زمین) پرداخته است. در پژوهش مذکور ارزیابی ریسک فرسایش خاک به مثابه یک ضرورت برای آمایش سرزمین و حفظ طبیعت برشمرده شده است. کوتلر و لاروکا (۲۰۰۶) در مقاله‌ای تحت عنوان اثرات آمایش برروی فرسایش خاک در اکوسیستم‌های جنگل‌های خشک گرمسیری در مکزیک به بررسی فرسایش خاک و تبدیل جنگل‌های خشک استوایی به مراتع فقیر پرداخته‌اند. در این تحقیق پژوهشگران به‌بررسی علل فرسایش در قسمت‌های غربی و مرکزی مکزیک از جمله استفاده از زمین، دانه‌بندی خاک، رطوبت خاک و تراکم زهکش توجه داشته‌اند. شرسنا و همکاران (۱۹۹۶) در منطقه یوتا در تایلند میزان نرخ فرسایش خاک را با استفاده از GIS و سنجش از دور RS<sup>۲</sup> مورد بررسی قرار دادند.

در این تحقیق ارزیابی میزان فرسایش خاک رویشگاه بادام کوهی بوالحسن در زاگرس جنوبی با استفاده از روش تطبیقی شش عامله FAO<sup>۳</sup> و TOPSIS<sup>۴</sup> و با کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی انجام پذیرفت.

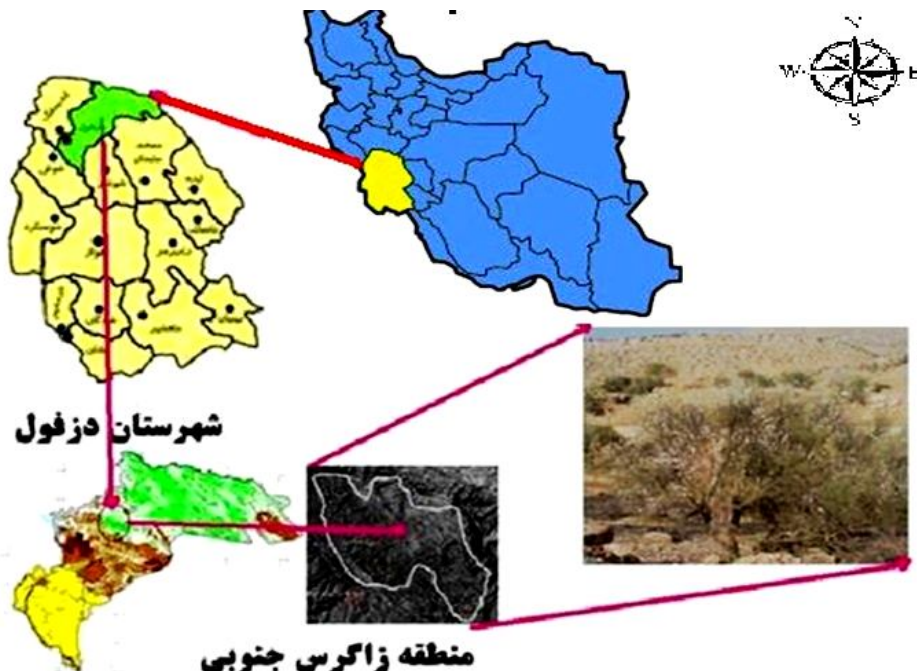
## مواد و روش‌ها

**معرفی منطقه:** منطقه جنگلی بوالحسن با مساحت ۵۷۲۵ هکتار، از جاذبه‌های گردشگری شمال‌شرقی شهرستان دزفول و در فاصله ۷۰ کیلومتری این شهرستان در استان خوزستان در طول‌های جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۳ دقیقه الی ۳۲ درجه و ۴۲ دقیقه و بین عرض‌های جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۵ دقیقه الی

- 1- Odified Pasific Southwest Inter Agency Committee
- 2- Remote Sensing
- 3- Food and Agriculture Organization
- 4- Technique for Order Preference by. Similarity to Ideal Solution

۴۸ درجه و ۵۲ دقیقه واقع گردیده است. در عرصه تحت بررسی یک آبادی به نام بوالحسن و تعداد ۴ واحد عشایری به نام‌های چشمه مورت، آب جازک، چشمه کره، گماد پانساربنه وجود دارد. با توجه به آمار سال ۱۳۸۵ جمعیت این عرصه ۸۱۴ نفر می‌باشد. محدوده طرح در زیرحوزه آبخیز رودخانه سردشت بوده و سرچشمه و قسمتی از این رودخانه در این زیرحوزه قرار دارد. نوع اقلیم منطقه استپ با بارندگی زمستانی مناطق معتدله ۳۰ تا ۴۰ درجه عرض جغرافیایی (BSHs) براساس طبقه‌بندی کوپن است. حداقل درجه حرارت ۱۸/۱۱ درجه سانتی‌گراد و متوسط درجه حرارت سالیانه آن ۲۳ درجه می‌باشد. متوسط بارندگی منطقه ۴۷۱ میلی‌متر در سال و بافت غالب خاک منطقه لومی است. تیپ‌های جنگلی منطقه مورد مطالعه عمدتاً شامل تیپ بادام به مساحت ۱۶۸۲ و تیپ بلوط- بادام به مساحت ۳۹۴۷ هکتار می‌باشد. گونه‌های درختی موجود در عرصه شامل *Quercus Branthi* (نوعی بلوط- برودار)، *Pistacia Mutica* (بنه)، *Pistacia Khinjuk* (کلخنگ)، *Zizphus Spinachristi* (کنار) و گونه‌های درختچه‌ای موجود شامل، *Amygdalus Scoparia* (بادامک)، *Ficus sp.* (انجیر)، *Crataegus sp.* (زالزالک) و *Ziziphus Nummaloria* (رملیک) می‌باشد. توزیع تیپ در کل منطقه مورد مطالعه شامل تیپ بادام ۲۹/۴ درصد و تیپ بلوط- بادام ۶۸/۹ درصد است (آخوندعلی و همکاران، ۲۰۰۵). در شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است.

تهیه نقشه‌های منابع اکولوژیک با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی: برای تهیه نقشه‌های محدوده مطالعاتی ابتدا کار شناسایی انجام و معیارها و متغیرهای موردنظر برای ارزیابی منطقه مشخص شد. با توجه به ماهیت و فرآیند وقت‌گیر تولید نقشه‌ها و توان‌سنجی، به‌منظور دسترسی و تأمین برخی داده‌ها به شکل جداول و نقشه‌های پشتیبان از اطلاعات موجود نهادهایی چون سازمان حفاظت محیط‌زیست، اداره کل منابع طبیعی استان خوزستان و مرکز اطلاعات جغرافیایی وزارت جهاد کشاورزی بهره‌گیری شد و نقشه‌های رقومی منطقه تولید گردید. در ادامه نقشه‌های تولید شده در سامانه رایانه‌ای و برنامه نرم‌افزاری اتوکد رقومی شده و با قالب‌برداری به محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی و نرم‌افزار ARC GIS 9.3 منتقل شد. در این نرم‌افزار روابط توپولوژیک برای هر لایه نقشه تهیه و یک پایگاه اطلاعات جغرافیایی طرح‌ریزی گردید و تمامی نقشه‌های منابع پایه منطقه به شکل هم‌مقیاس تهیه شد. مقیاس مورد استفاده در این تحقیق ۱:۲۵۰۰۰ انتخاب گردید.



شکل ۱- موقعیت منطقه جنگلی زاگرس جنوبی.

نمونه‌برداری از خاک: برای بررسی بافت و ساختمان خاک در منطقه تعداد پروفایل‌های خاک با استفاده از فرمول تعیین حجم نمونه کوکران محاسبه شد (رابطه ۱) (آسافواجایی، ۲۰۰۲).

$$n = \frac{Nt^2 pq}{Nd^2 + t^2 pq} \quad (\text{رابطه ۱})$$

نظر به این‌که هیچ مطالعه تجربی درباره موضوع این پژوهش در منطقه بوالحسن صورت نگرفته و واریانس نامعلوم بود،  $p=0/5$ ، مقدار نسبت صفت موجود در جامعه  $q=0/5$ ، درصد افرادی که فاقد آن صفت در جامعه هستند  $(q=1-p)$ .  $d=0/05$ . دقت احتمالی مطلوب و فاصله اطمینان تعمیم ۹۵ درصدی نتایج حاصله از نمونه معادل با  $t=1/96$  قرار داده شد. با قرار دادن این پارامترها در فرمول کوکران، حجم نمونه در حدود ۳۸ پروفایل تعیین شد. از سطح ۰-۳۰ سانتی‌متر (سطح الارض) و عمق ۳۰-۶۰ سانتی‌متر (تحت الارض) کار نمونه‌برداری خاک با روش تصادفی انجام شد و نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و آنالیز گردید. نمونه‌ها بعد از انتقال به آزمایشگاه در هوای آزاد خشک و از الک ۲ میلی‌متری

(۲۰ مش) عبور داده شد و به این ترتیب برای اندازه‌گیری‌های موردنظر آماده گردید. بافت خاک به روش دانسیتمتری بایکاس تعیین شد (جیل و همکاران، ۲۰۰۷).

روش شش عامله FAO: در این روش برآورد میزان فرسایش خاک براساس بررسی و ارزیابی ۶ عامل مؤثر در فرسایش خاک و تولید رسوب در حوزه آبخیز براساس روش پیشنهادی سازمان خواروبار و کشاورزی ملل متحد به انجام رسید. در این مدل رابطه بین شدت فرسایش خاک و عوامل مؤثر به صورت زیر می‌باشد (رابطه ۲).

$$S = f(A, B, C, D, E, F) \quad (\text{رابطه ۲})$$

در این رابطه، S، شدت فرسایش خاک، A، نحوه استفاده از زمین، B، خاک، C، شیب، D، پوشش خاک، E، زمین‌شناس، F، وضعیت فعلی فرسایش در حوضه تحت بررسی می‌باشد.

نهایتاً هر یک از عوامل فوق برحسب شدت و تأثیری که در فرسایش خاک ایفا می‌نمایند توسط نگارندگان مطابق جدول ۱ نمره‌دهی گردیدند. پس از نمره‌دهی کلیه عوامل در واحدهای هیدرولوژیک یا واحدهای اراضی، از مجموع این نمرات شدت فرسایش خاک تعیین شد و در قالب ۶ کلاس مطابق با جدول ۲ طبقه‌بندی گردید.

جدول ۱- سامانه نمره‌دهی در روش شش عامله FAO (فتح‌الله‌زاد و ثروتی، ۲۰۱۳).

عامل	نمره مشخص‌کننده شدت فرسایش
زمین‌شناسی	۱-۱۸
خاک	۱-۱۶
شیب	۱-۱۶
پوشش خاک	۱-۲۰
نحوه استفاده از زمین	۰-۱۵
وضعیت فعلی فرسایش	۰-۱۵
جمع کل	۴-۱۰۰

جدول ۲- کلاس‌های فرسایش و عملیات پیشنهادی حفاظت خاک در روش شش عامله FAO (فتح‌الله‌زاد و ثروتی، ۲۰۱۳).

عملیات اصلاحی	نمره برآورد	کلاس
	شده	فرسایش
اقداماتی که در زمان حال می‌شود قابل قبول است	۰-۸	I
تجدیدنظر در نحوه اداره زمین به‌همراه مقداری عملیات اصلاحی	۹-۲۰	II
تجدیدنظر در نحوه اداره زمین و به عملیات اصلاحی افزوده گردد	۲۱-۴۰	III
تغییرات وسیع و همه‌جانبه در اداره اراضی، کاربرد عمومی عملیات اصلاحی و عملیات ساختمانی	۴۱-۶۵	IV
اقدامات همه‌جانبه در زمینه محدودیت اراضی، برآورد مالکیت‌ها، اقدامات گسترده ساختمانی	۶۶-۸۵	V
محدودیت در مالکیت اراضی و حداکثر عملیات اصلاحی	۸۵-۱۰۰	VI

روش **TOPSIS**: جهت تجزیه و تحلیل مهم‌ترین عوامل فرسایش منطقه از روش **TOPSIS** استفاده شد. در این روش  $m$  گزینه به‌وسیله  $n$  شاخص مورد ارزیابی قرار گرفت و هر مسأله به‌عنوان یک سیستم هندسی شامل  $m$  نقطه در یک فضای  $n$  بعدی در نظر گرفته شد (ماتریس  $D$ ). سپس این ماتریس به یک ماتریس بی‌مقیاس تبدیل و ماتریس به‌دست آمده،  $N_D$  نامیده شد. که در آن ماتریس بی‌مقیاس موزون و  $W$  یک ماتریس قطری از وزن‌های به‌دست آمده برای شاخص‌ها می‌باشد.

$$r_{ij} = \frac{r_{ij}}{\left(\sum_{i=1}^m r_{ij}^2\right)^{\frac{1}{2}}}, \quad (j = 1, \dots, n) \quad (\text{رابطه ۳})$$

$$V = N_D * W_{n*n} \quad (\text{رابطه ۴})$$

در ادامه راه‌حل ایده‌آل مثبت ( $A_i^+$ ) و راه‌حل ایده‌آل منفی ( $A_i^-$ ) مشخص شد:

$$A_i^+ = (V_1^+, V_2^+, \dots, V_n^+)$$

$$A_i^+ = \left\{ \left( \max_j V_{ij} \mid j \in J_1 \right), \left( \min_j V_{ij} \mid j \in J_2 \right) \mid i = 1, 2, \dots, n \right\}$$

$$A_i^- = (V_1^-, V_2^-, \dots, V_n^-)$$

$$A_i^- = \left\{ \left( \min_j V_{ij} \mid j \in J_1 \right), \left( \max_j V_{ij} \mid j \in J_2 \right) \mid i = 1, 2, \dots, n \right\}$$

به طوری که  $J_1 = \{1, 2, \dots, n\}$  به ازاء عناصر مثبت شاخص‌ها

$J_2 = \{1, 2, \dots, n\}$  به ازاء عناصر منفی شاخص‌ها

سپس به ازاء راه حل ایده آل مثبت و گزینه منفی به صورت زیر به دست آمد.

$$d_i^+ = \left\{ \sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^+)^2 \right\}^{\frac{1}{2}}, \quad (i = 1, 2, \dots, m)$$

$$d_i^- = \left\{ \sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^-)^2 \right\}^{\frac{1}{2}}, \quad (i = 1, 2, \dots, m)$$

نزدیکی نسبی  $A_i$  به راه حل ایده آل به صورت زیر محاسبه گردید.

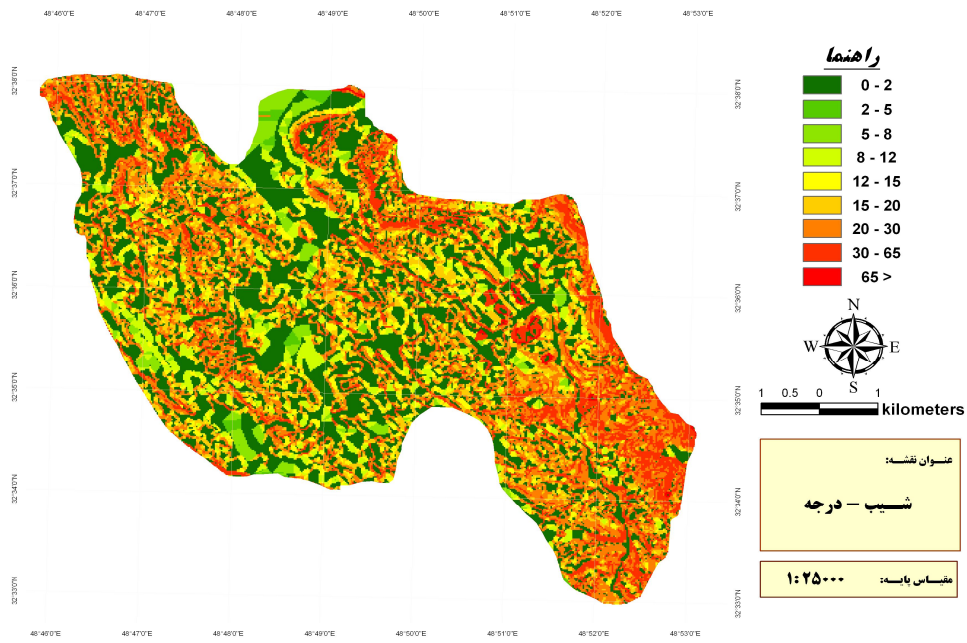
$$C_i = \frac{d_i^-}{(d_i^- + d_i^+)} \quad , \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (\text{رابطه ۵})$$

رتبه بندی گزینه ها در این مرحله انجام گرفت و براساس ترتیب نزولی  $C_i$  گزینه های موجود براساس بیشترین اهمیت، رتبه بندی شد (مؤمنی، ۲۰۰۹).

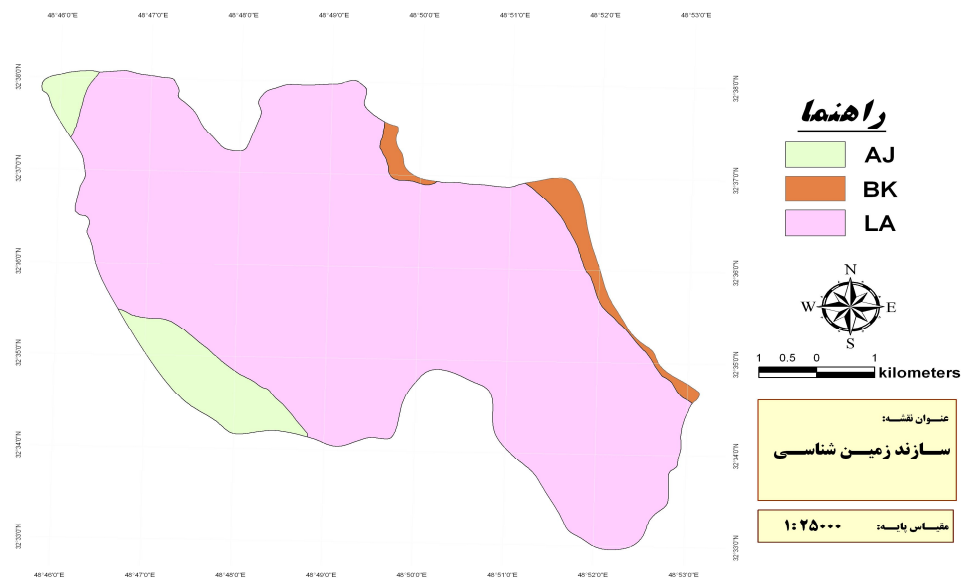
### نتایج

به منظور تعیین شدت فرسایش منطقه نقشه های رقومی تحت برنامه 9.3 ARC GIS تولید شد. برای تهیه نقشه های فوق ابتدا با استفاده از نقشه های توپوگرافی منطقه، نقشه مدل رقومی استخراج گردید. سپس با بهره گیری از قابلیت های نرم افزار 9.3 ARC GIS نقشه شیب در نه طبقه مطابق با طبقات نه گانه معرفی شده برای سرزمین ایران (مخدوم، ۱۹۹۶) تهیه شد (شکل ۲). از نظر زمین شناسی نیز در عرصه طرح، سه سازند دیده شد که به ترتیب وسعت شامل بخش لهبری از زیرسازند آغاچاری، سازند آغاچاری و سازند بختیاری می باشد. در شکل ۳ سازندهای زمین شناسی در منطقه نشان داده شده است.



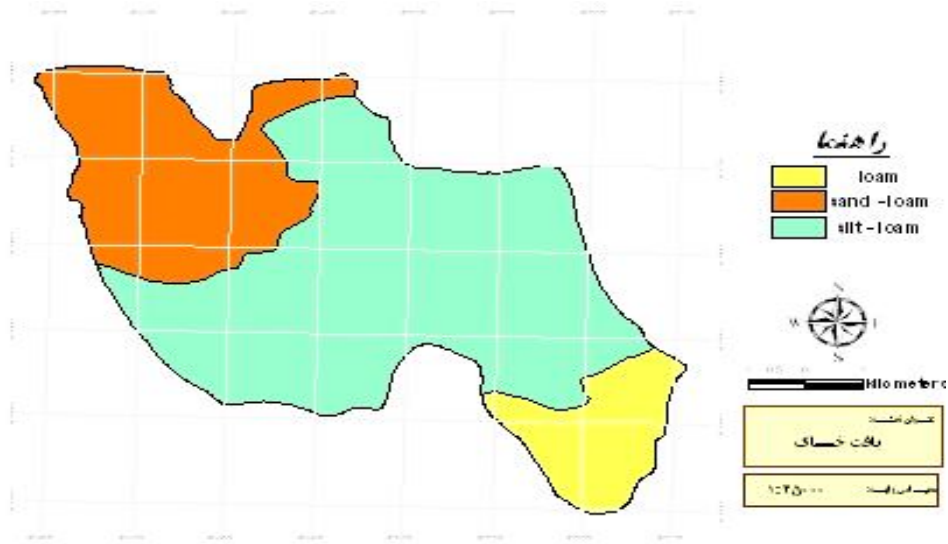


شکل ۲- طبقات شیب رویشگاه جنوب زاگرس.

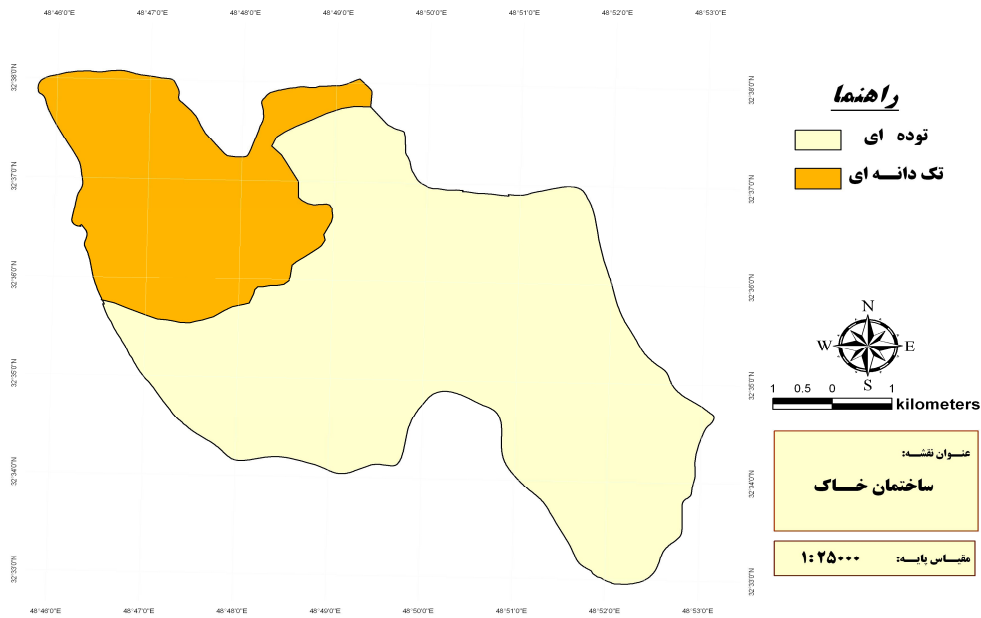


شکل ۳- سازند زمین شناسی رویشگاه جنوب زاگرس.

نقشه‌های خاک نیز با استفاده از اطلاعات پروفیل‌های استخراج شده به صورت رقومی تهیه گردید. شکل ۴ نقشه بافت خاک و شکل ۵ نقشه ساختمان خاک در منطقه را نشان می‌دهد.



شکل ۴- بافت خاک رویشگاه جنوب زاگرس.



شکل ۵- ساختمان خاک رویشگاه جنوب زاگرس.

نتایج روش شش عامله FAO: نمره‌دهی عوامل مؤثر در روش شش عامله فائو با توجه به مستندات و اندازه‌گیری‌های انجام شده در منطقه به شرح زیر توسط تیم مطالعاتی به انجام رسید:

زمین‌شناسی، قسمت عمده طرح شامل سازند لهبری است که از نظر لیتولوژی شامل ۱۵۷۵ متر سیلتستون‌های رنگین همراه با ژپس، مارن سیلتی و ماسه سنگ با لایه‌های ژپس می‌باشد. سازند بختیاری مرکب از ۵۴۹ متر از لایه‌های مدور و با اندازه‌های مختلف از قلوه، شن، ماسه از جنس آهک هستند و ماسه سنگ‌های آهکی و سیلیسی و چرت همراه با سیمان آهکی می‌باشد که در قسمت زیرین آن بخش لهبری وجود دارد و این سازند در یک محیط دریایی کم‌عمق که در حال عقب‌نشینی بوده به‌طور دیگر شیب برروی سازندهای چین خورده قدیمی تر رسوب نموده است. سازند آغاجاری شامل ۲۹۶۵ متر ماسه سنگ‌های آهکی قهوه‌ای تا خاکستری و مارن‌های قرمز ژپس‌دار و همچنین سیلتستون‌ها می‌باشد و این سازند به‌طور هم‌شیب روی تشکیلات میشان قرار گرفته است. مساحت این سازند محدود بوده و در غربی‌ترین قسمت طرح و در شمال عرصه نیز دیده می‌شود. بنابراین از نظر زمین‌شناسی با توجه به حساسیت محیط، متوسط سازند زمین‌شناسی نمره ۱۰ را کسب کرد.

خاک، جهت مطالعه خاک ابتدا از منطقه موردنظر بازدید صحرائی به‌عمل آمد سپس اقدام به حفر پروفیل گردید و از کلیه طبقات نیمرخ‌ها، نمونه خاک لازم تهیه و به آزمایشگاه جهت تجزیه شیمیایی ارسال شد. براساس اطلاعات به‌دست آمده از نمونه‌ها، خاک منطقه دارای دو نوع ساختمان توده‌ای و تک دانه‌ای می‌باشد. منطقه دارای سه نوع بافت خاک لومی، سیلتی لومی و شنی لومی می‌باشد. بنابراین خاک نمره ۱ با توجه به دانه‌بندی کامل آن در این منطقه رؤیت گردید.

توپوگرافی و شیب، در این سامان شیب ۰-۲ درصد مساحت ۱۸۹۵ هکتار (۳۳/۳ درصد)، شیب ۳۰-۲۰ درصد مساحت ۱۳۷۰ هکتار (۲۴/۱ درصد)، دارای بالاترین شیب و شیب ۵-۲ درصد مساحت ۳۱۵ هکتار (۰/۵۵ درصد) و شیب بیشتر از ۶۵ درصد مساحت ۲۵ هکتار (۰/۳۸ درصد) دارای کمترین مساحت دامنه شیب در محدوده مطالعاتی می‌باشند. بیشترین مساحت شیب در این عرصه شیب ۰-۲ درصد و ۳۰-۲۰ درصد می‌باشد. مناطقی که شیب ۵-۰ درصد دارند نمره صفر، شیب ۲۰-۵ درصد نمره ۲، شیب ۴۵-۲۰ درصد نمره ۱۰ و شیب بیشتر از ۴۵ درصد نمره ۱۶ را گرفت.

پوشش خاک، عرصه طرح دارای سنگلاخ بوده و پوشش گیاهی با تراکم ۱۵-۵ درصد در منطقه وجود دارد. در کل حوزه آبخیز دو تیپ جنگلی بادام و بلوط- بادام دیده می‌شود. گیاهان درختی و

درختچه‌ای موجود در منطقه شامل: بادامک، بلوط ایرانی، بنه، کلخنگ، رملیک، خرزهره، انجیر، زالزالک و کنار می‌باشد. منطقه از تنوع رویشگاهی علفی و مرتعی نیز غنی است، به‌طوری که در سال‌های پربارش از چراگاه‌های مهم و وسیعی برخوردار می‌باشد. گونه غالب علفی منطقه از خانواده‌گون (*Astragalus sp.*) است. پوشش خاک در تمام منطقه مشابه و یکسان می‌باشد، بنابراین از نظر پوشش خاک منطقه نمره ۴ را کسب کرد.

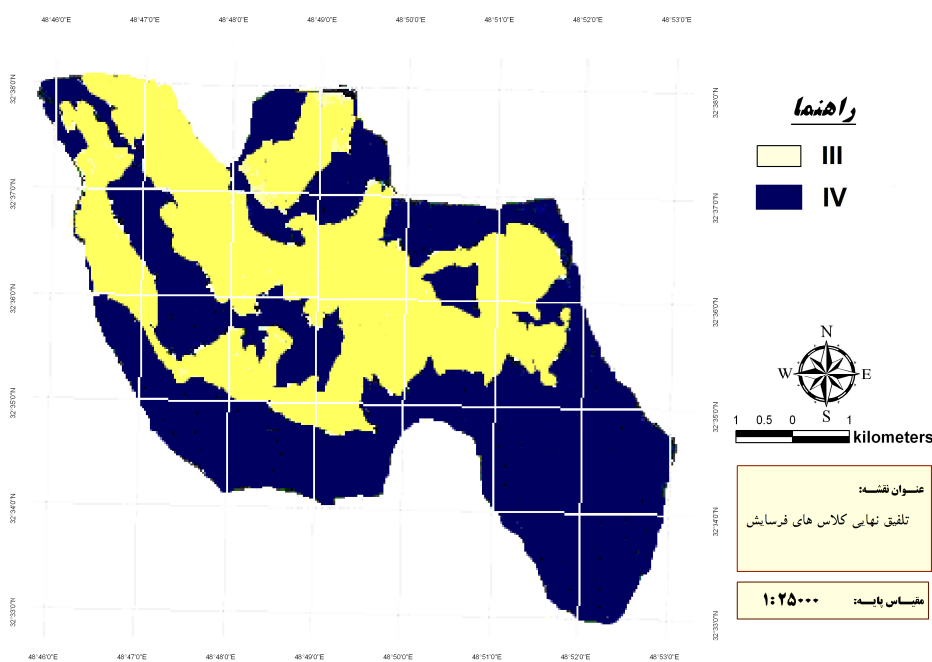
**استفاده از اراضی**، در حال حاضر کل عرصه مورد مطالعه به‌عنوان جنگل و قسمت بسیار محدودی از آن به مساحت ۹۵ هکتار به کاربری زراعت اختصاص یافته است. امکان کشت دیم یا آبی - کشت مستقیم یا نهال باتوجه به وضعیت ظاهری خاک در هر یک از سامان‌های عرفی با توجه به کوهستانی بودن منطقه و وجود درختان جنگلی بلوط و بادام و محدودیت‌هایی از قبیل شیب، سنگلاخی بودن و غیره امکان کشت آبی تنها در قسمت بسیار کمی از حاشیه رودخانه به‌صورت پراکنده وجود دارد و کشت دیم نیز در مساحت‌های بسیار کم امکان‌پذیر است. لیکن قابلیت اراضی جهت کشت مستقیم یا نهال درختان جنگلی مناسب می‌باشد نظر به این‌که در شرایط فعلی جنگل طبیعی در منطقه وجود دارد لذا استعداد عرصه برای جنگلکاری مناسب می‌باشد. با توجه به این‌که زیراشکوب درختان جنگلی از گیاهان مرتعی پوشیده شده و با در نظر گرفتن میزان بارندگی، با برنامه‌ریزی صحیح و تهیه طرح و رعایت اصول مرتعداری استعداد مناسبی برای مرتع دارد. بنابراین عامل استفاده از اراضی در این مطالعه نمره ۸ تعلق گرفت.

**وضعیت فعلی فرسایش**، در حال حاضر فرسایش از نوع خندقی در مسیر آبراهه‌های متعدد در عرصه طرح به‌خصوص در سازند لهری وجود دارد. این فرسایش به‌دلیل از هم گسستگی تخته سنگ‌ها و خاک به‌وسیله حرکت آب در مسیر آبراهه بوده و باعث ایجاد خندق می‌گردد. در این فرسایش سنگ مادر ظاهر می‌شود و آنقدر عمیق و عریض است که در منطقه گاو آهن قادر به عبور از آن‌ها نیست. عمق خندق‌ها به یک متر یا بیشتر می‌رسد و بتدریج شکل آن‌ها تغییر می‌کند. بنابراین وضعیت فعلی فرسایش نمره ۱۵ را به‌دلیل داشتن فرسایش شدید کسب می‌نماید (مهم‌ترین عامل در ایجاد فرسایش).

در ادامه نقشه‌های عوامل مؤثر در فرسایش تلفیق شد و در نهایت نقشه نهایی کلاس‌های فرسایش منطقه به‌دست آمد. شکل ۶ گستره نهایی کلاس‌های فرسایش طبق روش شش عامله FAO را در

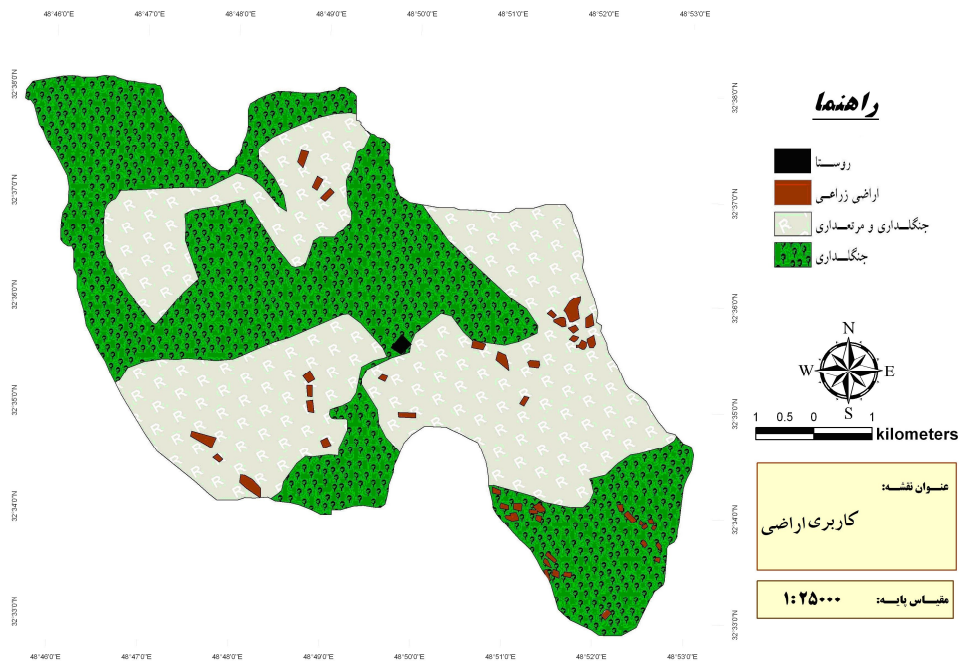
## نشریه حفاظت و بهره‌برداری از منابع طبیعی جلد (۴)، شماره (۱) ۱۳۹۴

منطقه بوالحسن زاگرس جنوبی نشان می‌دهد. نتایج به‌دست آمده حاکی از آن است که از مجموع ۵۷۲۵ هکتار تحت بررسی در حدود ۱۲۶۶ هکتار معادل ۴۲ درصد از منطقه در کلاس III و ۳۷۷۹ هکتار معادل ۵۸ درصد در کلاس IV قرار دارند. مناطقی که در کلاس III قرار دارند می‌باید در مدیریت حفاظت خاک آن تجدیدنظر انجام گیرد و مناطقی که در کلاس IV واقع شده‌اند تغییرات اساسی در مدیریت منابع طبیعی و حفاظت خاک می‌باید انجام پذیرد.



شکل ۶- تلفیق نهایی کلاس‌های فرسایش طبق روش شش عامله FAO

با مقایسه نقشه کاربری اراضی و نقشه فرسایش خاک مشخص گردید که زمین‌های کشاورزی در هر دو کلاس فرسایش پراکنده هستند. در نتیجه کشاورزی در منطقه تأثیری بر شدت فرسایش نداشته است.



شکل ۷- نقشه کاربری اراضی.

همان‌طور که اشاره شد در این تحقیق به منظور اولویت‌بندی (تحلیل) عوامل فرسایش خاک از الگوریتم TOPSIS استفاده شد. جدول ۳ رتبه‌بندی عوامل مؤثر در فرسایش خاک با استفاده از روش TOPSIS را نشان می‌دهد. نتیجه این تحلیل برای عوامل مختلف نشان داد که مهم‌ترین علل فرسایش خاک به دلایل ذیل تأیید می‌گردد:

اولویت ۱ وضعیت فعلی فرسایش به دلیل فرسایش از نوع خندقی در منطقه، رتبه ۲ پوشش خاک به دلیل سطح تاج پوشش کمتر از ۱۵ درصد در منطقه، رتبه ۳ عامل زمین‌شناسی به دلیل حساسیت بالقوه متوسط تا ضعیف که برای فرسایش خاک در منطقه وجود دارد، رتبه ۴ استفاده از اراضی، رتبه ۵ توپوگرافی و شیب زیرا بیشترین شیب در این عرصه کمتر از ۳۰ درصد می‌باشد و در نهایت رتبه ۶، عامل خاک که با توجه به آزمایشات انجام شده خاک دانه‌بندی تقریباً کاملی دارد، اختصاص می‌یابد.

جدول ۳- اولویت‌بندی عوامل فرسایش.

رتبه‌بندی	D -	D+	CI+	متغیرها
۳	۰/۲۳۴	۰/۳۳۱	۰/۴۱۴۱	زمین‌شناسی
۶	۰/۱۲۲	۰/۱۷۳	۰/۴۱۳۵	خاک
۵	۰/۳۲۲	۰/۴۵۶	۰/۴۱۳۸	توپوگرافی و شیب
۲	۰/۱۶۷	۰/۲۳۶	۰/۴۱۴۳	پوشش خاک
۴	۰/۳۲۵	۰/۴۶۰	۰/۴۱۴۰	استفاده از اراضی
۱	۰/۴۰۴	۰/۲۸۶	۰/۵۸۵۵	وضعیت فعلی فرسایش

### بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق با استفاده از روش تطبیقی شش عامله FAO و TOPSIS با کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی ارزیابی میزان فرسایش‌پذیری رویشگاه بادم کوهی بوالحسن زاگرس جنوبی انجام پذیرفت. به‌کارگیری روش‌های مختلف برای تعیین تابع مطلوبیت تصمیم‌گیرندگان، یا تلفیق مدل ریاضی با یک سیستم خبره در انتخاب مطلوب‌ترین جواب خواهد بود (راشر، ۱۹۹۳). روش تصمیم‌گیری چندمعیاره پتانسیل زیادی را به‌منظور کاهش دادن هزینه و زمان بالابردن دقت در تصمیم‌گیری‌های فضایی، دارا می‌باشد و می‌تواند چارچوب مناسبی را برای حل مسائل فضایی در تعیین مدیریت خاک بیاورد. در روش TOPSIS لزومی ندارد که معیارهای ارزیابی از هم مستقل باشند. لذا این روش غالباً در حل مسائل تصمیم‌گیری فضایی که اغلب شامل وابستگی‌های متقابل پیچیده در بین معیارها هستند استفاده می‌گردد. روش TOPSIS برای اولویت‌بندی میان گزینه‌های مختلف یک روش کاملاً مناسب است. روش دیگر استفاده شده در این تحقیق، مدل شش عامله FAO می‌باشد. از مزایای این مدل ساده بودن و نیاز نداشتن به آمار و اطلاعات زیاد است. از معایب مدل شش عامله فائو می‌توان به زیاد بودن محدوده نمره‌گذاری عوامل اشاره کرد که این امر باعث به‌دست آمدن نتایج چندان دقیق نخواهد شد. همچنین ترکیب این روش با GIS می‌تواند باعث مشخص شدن محدوده‌های فرسایشی به‌صورت نقشه گردد. با کمک ابزار تحلیلگر قدرتمندی چون GIS می‌توان مناسب‌ترین تصمیم‌ها را اتخاذ کرد. یافته‌های این تحقیق توانایی سیستم اطلاعات جغرافیایی در الگوسازی کمک به مدیریت منابع طبیعی و حفاظت خاک را نشان داده است. در مجموع نتایج حاصل در این تحقیق قابلیت تلفیق مدل‌های تجربی و سیستم اطلاعات جغرافیایی را در تهیه اطلاعات دقیق و بهنگام از حوضه‌های آبریز و قابلیت سامانه اطلاعات مکانی را در تحلیل این اطلاعات مشخص می‌کند. تحقیقات جیوردانو (۱۹۸۴) و

کوتلر و لاروکا (۲۰۰۶) نیز نشان می‌دهند که با استفاده از GIS در کنار برداشت‌های صحرائی به‌خصوص در اراضی صعب‌العبور باعث تخمین‌های مناسبی از میزان فرسایش در منطقه مورد مطالعه می‌گردد تا این مقدار رسوب و فرسایش به‌دست آمده با دقت قابل قبولی در راستای برنامه‌ریزی و عملیات آبخیزداری مورد استفاده واقع گردد. تاجگردان و همکاران (۲۰۰۹) نیز در تحقیق خود بیان کردند که می‌توان با استفاده از برخی مشاهدات صحرائی و GIS می‌توان مقدار فرسایش را در حوضه مورد مطالعه با دقت بالایی برآورد نمود. در تحقیق حاضر نیز مشاهدات صحرائی و استفاده از GIS باعث دقت بالا در فرآیند ارزیابی گردید. شرسا و همکاران (۱۹۹۶) به‌این نتیجه رسیدند که تکنیک اطلاعات جغرافیایی دشواری پردازش، بالا بودن حجم اطلاعات و تلفیق نقشه‌ها به راحتی انجام می‌دهد. همچنین بیان می‌کنند GIS با در اختیار داشتن نقشه‌های رقومی، داده‌های آماری و مشاهدات میدانی می‌تواند به‌عنوان ابزاری برای تصمیم‌گیری توسعه محیط‌زیستی و اقتصادی بیش از پیش مورد استفاده قرار گیرد. پیشرفت در GIS و تکنولوژی‌های مرتبط با در دسترس قرار دادن و قابل استفاده کردن اطلاعات، موجب ارتقای تصمیم‌گیری در برنامه‌ریزی مدیریتی می‌شود.

در ادامه راهکارهای مدیریتی پیشنهادی با توجه به مشاهدات میدانی و نتایج حاصل از این تحقیق آورده شده است:

**برنامه جنگلداری**، باتوجه به شرایط و رسیدن به جنگلداری پایدار در واحد سطح باید مدیریت جنگل‌های این منطقه براساس اصول مدیریت کل‌گرا صورت گیرد. برطبق اصول مدیریت کل‌گرا نه تنها جنگل‌های مخروطی و حیات وحش حفظ می‌شوند بلکه به زندگی مردم وابسته مستقیم به جنگل توجه می‌شود. علاوه‌بر آن از دامداری سنتی کنترل شده به‌عنوان یک ابزار برای جلوگیری از گسترش آتش‌سوزی استفاده خواهد شد.

**برنامه جنگل‌شناسی**، هدف عمده جنگلداری در این سامان حیات و بازسازی توده‌های جنگلی، بازسازی منظره طبیعی و چشم‌انداز و ترسیب کربن است. به همین جهت اهداف جنگل‌شناسی در این منطقه شامل:

۱- احیاء و گسترش تاج پوشش درختی و درختچه‌ای به‌منظور حفظ آب و خاک از طریق احیاء جنگل و غنی‌سازی توده‌های جنگلی.

۲- بالا بردن تعداد در هکتار به‌منظور احیاء منظر طبیعی و حفظ تنوع زیستی است.



برنامه سامان‌دهی خروج دام و تجمیع جنگل‌نشینان و تعدیل دام در رویشگاه‌های جنگلی، با توجه به خصوصیات اقلیمی و اکولوژیکی جنگل‌های حوزه دزفول از جمله بوالحسن رشد گیاهان کف جنگل به‌خصوص گراس‌های یکساله در فصل رویش زیاد بوده و با در نظر گرفتن فصل خشک طولانی در منطقه، در صورتی که پوشش علفی پس از خشک شدن در عرصه باقی بماند ممکن است موجب آتش‌سوزی‌های وسیع گردد. لذا یکی بهترین راه‌های پیشگیری از وقوع حریق چرای کنترل شده و در فصل مناسب می‌باشد. با توجه به این نگرش وجود دام در این جنگل‌ها در صورتی که در زمان و مدت مشخصی از عرصه جنگل تعلیف نمایند نه تنها ضرری ندارد بلکه ضروری است. بنابراین هیچ‌گونه برنامه‌ای برای خروج دام پیشنهاد نمی‌گردد (به‌غیر از مناطق احیاء و حفاظتی) و بخش حفاظت موظف است طبق وظیفه قانونی نوع، تعداد و زمان تعلیف از جنگل را بر اساس پروانه‌های چرای صادره و کنترل نماید.

**غنی‌سازی و احیاء جنگل، احیاء جنگل** یکی از راه‌های بازسازی جنگل‌های مخروبه می‌باشد. از آن‌جایی که تاج پوشش درختی در این منطقه کم و در حد پایین است به همین جهت احیاء جنگل با بذر می‌تواند صورت گیرد.

**غنی‌سازی زیر اشکوب، غنی‌سازی زیر اشکوب** باعث بالا بردن سطح پوشش کف جنگل، حفاظت آب و افزایش آب‌های زیرزمینی، جلوگیری از روند تخریب موجود، افزایش کمی و کیفی علوفه و کمک به زادآوری گونه‌های درختچه‌ای و درختی جنگلی و حرکت تکاملی جهت حفظ توسعه جنگل‌ها خواهد بود.

**سوخت‌رسانی (سوخت فسیلی)**، اگر از جنگل استفاده‌های صنعتی، خوراکی، دارویی، تفرجگاهی، ذخیره آب، برداشت علوفه، حفاظت خاک، صنایع دستی و روستایی، اشتغال‌زایی و غیره مدنظر قرار گیرد، خود به خود معایب استفاده از سوخت نباتی مشخص خواهد شد زیرا ارزش موارد فوق به مراتب بیشتر از این است که از جنگل فقط به‌عنوان تهیه سوخت نباتی استفاده گردد. لذا برای جلوگیری از تخریب جنگل و امکان تجدیدحیات مجدد آن بایستی سوخت فسیلی را جایگزین سوخت نباتی کرد. در حال حاضر از آن‌جایی که دسترسی روستائیان به چوب جنگل راحت‌تر و ارزان‌تر از تهیه سوخت فسیلی می‌باشد لذا روستائیان ترجیح می‌دهند از هیزم استفاده کنند که خود

یکی از عوامل تخریب منابع طبیعی است. اگر به منطقه سوخت فسیلی داده شود می‌توان با مجرمین قطع درخت برخورد قاطعانه‌تری اعمال کرد.

**عملیات حفاظتی و حمایتی**، در قسمت اعظم سطح منطقه آثار قطع غیرمجاز شاخه‌زنی و چرای بیرویه مشاهده شده است. اگرچه اجرای طرح جنگلداری به مقدار قابل ملاحظه‌ای از تخریب و تجاوز به این جنگل‌ها خواهد کاست ولی لازم است در طرح جامع حفاظت از جنگل‌ها و مراتع جایگاه ویژه‌ای برای جنگل‌های منطقه در نظر گرفته شود. حفاظت از جنگل به دو گروه مهم تقسیم می‌شود:

الف) حفاظت فیزیکی

۱) احداث کمربند حفاظتی

۲) حصارکشی

۳) قرق

۴) جلوگیری از چرای مفرط و برداشت دستی علوفه زیرآشکوب

۵) جلوگیری از تجاوز به عرصه، قطع درخت و برداشت سنگ

۶) جلوگیری از برداشت محصولات غیرچوبی

۷) پیشگیری و اطفاء حریق

ب) حفاظت بیولوژیکی

۱) حفاظت آب و خاک

۲) حفظ تنوع زیستی

۳) مبارزه با آفات و امراض

### رهیافت ترویجی

فرسایش در حوزه‌های آبریز سبب از بین رفتن قشر سطحی خاک می‌گردد. در نتیجه متخصصان باید تمام تلاش خود را برای جلوگیری از پیدایش فرسایش انجام دهند. تعیین شدت فرسایش از ملزومات مدیریت منابع طبیعی محسوب می‌شود. بررسی کلاس‌های فرسایش طبق روش شش عامله FAO در مناطقی که اطلاعات و زمان کافی در دسترس نیست می‌تواند به آسانی باعث مشخص نمودن شدت و

کلاس فرسایش خاک گردد. همچنین مشخص نمودن درجه فرسایش‌پذیری در حوضه و نمایش آن به صورت نقشه در محیط GIS در مدیریت بهینه از منابع آب و خاک مؤثر می‌باشد.

#### منابع

1. Akhondali, A.R., Akhondi, M.R., and Akhondali, A.A. 2005. Synthesis and integrated forest resource management Bolhasan. Forest, Rangeland and Watershed Management of General office Khuzestan province, 134p. (In Persian)
2. Amani, M. 2002. National forestry program. Forest and Rangeland Management, 33: 20-23. (In Persian)
3. Asafou, A. 2002. Environmental economy for non-economists. Translated by S. Dehghanian and Z. Farajzadeh, Ferdousi University Press Mashhad, 175p. (In Persian)
4. Cotler, H., and Larrocea, M. 2006. Effects of land use on soil erosion in a tropical dry forest ecosystem, Chamela watershed, Mexico. *Catena*, 65: 107-117.
5. Fathi, H. 2005. Towards sustainable forest management. *Journal of Agricultural*, No. 308, 68p. (In Persian)
6. Fathollahzade, T., and Servati M.R. 2013. Assessment erosion geomorphological by using FAO. *Journal of Geographical Territory*, 9(34): 65-74. (In Persian)
7. Ghazavi, R., Abasali, V., Maghami, Y., Abdi, J., and Sharafi, S. 2013. Comparing models of MPSIAC, EPM and PSIAC erosion and deposition models using GIS. *GIS Development*, 27: 117-126. (In Persian)
8. Gil, M.V., Carballo, M.T., and Calvo, L.F. 2007. Fertilization of maize with compost from cattle manure supplemented with additional mineral nutrients, *Journal of Waste management*, 28(8): 1432-1440.
9. Giordano, A. 1984. Some methods for evaluating soil erosion risk challenges in African hydrology and water resources. *Proceedings of the Harare Symposium*, IAHS Publ, No. 144.
10. Jedarievazi, J., and Jokarsarhangi, E. 2003. Performance evaluation of geomorphological units erosion and sedimentation (Case studies: Basin Bojan). *Geographical Research*, 40: 73-91.
11. Makhdom, M. 1996. Fundamental land use planning. University of Tehran press, 112p. (In Persian)
12. Momeni, M. 2007. Modern topics in operations research, University of Tehran press, 97p. (In Persian)
13. Moradi Majd, N. 2011. Evaluation of habitat conditions peanut *Amygdalus scoparia* Bolhasan in Dezful. M.Sc. Thesis of Islamic Azad University. Science and Research Branch of Khuzestan, 273p. (In Persian)

14. Rausher, H.M. 1993. Ecosystem management decision support for federal forestestesis in the United States: A review, *Forest Ecology and Management*, 114: 173-197.
15. Refahi, H.Gh. 2008. Water erosion and its control. Tehran University Press, Fifth Edition, 671p. (In Persian)
16. Safiari, R., Sarmadian, F., Heidari, A., and Yonesi, Sh. 2014. Land susceptibility to water and wind erosion models using Raizal (Case study: Abiek). *Journal of Range and Watershed Management*, 66(3): 431-417. (In Persian)
17. Sherestha R., Eiumonoh, P.A., and Baimon, G. 1996. Assessment erosion soil and policy implications (Case study in Uthai Thani Thailand). *Meterogical*, 231-245.
18. Soleimani, K., and Biat, F. 2007. Using satellite data erosion and sedimentation in the evaluation of the MPSIAC model. *Geographical Research*, 20(1): 107-122.
19. Shirzadi, H. 2010. Land sliding in new road at Sanandaj- Marivan model using AHP. MSc Thesis, Tehran University, 125p. (In Persian)
20. Tajgardan, T., Aiobi, Sh., and Shataee Joibary, Sh. 2009. Estimation of erosion and deposition using GIS data and MPSIAC model (Case study: Ziarat watershed). *Journal Research of Natural Resources*, 79: 37-45. (In Persian)



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

J. of Conservation and Utilization of Natural Resources, Vol. 4 (1), 2015

<http://ejang.gau.ac.ir>

## **Evaluation of main factors affecting soil erosion in FAO method using TOPSIS technique**

**\*S.A. Jozi<sup>1</sup> and N. Moradi majd<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Associate Prof., Dept., of Natural Resources Engineering, Environment, Faculty of Technical and Engineering, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Iran,

<sup>2</sup>M.Sc. student, Dept., of Environment Sciences, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Khuzestan, Iran

Received: 2014/07/13; Accepted: 2015/01/23

### **Abstract**

In this study evaluation of erosion rate in Bolhasan area locating in south Zagros was performed using six-factor FAO method. In this method estimation of soil erosion rate was done based on evaluating 6 factors including geology, soil, topography and slope, soil cover, land use, the current state of erosion and sediment production in the watershed. After grading all the factors in hydrologic units in study area, using the sum of these grades, the intensity of soil erosion was determined and was classified into six classes. The results showed that approximately 42% of soils of the study area are in class III and 58% in class IV that revisions in the management strategy in both classes is necessary. In order to analyze the most important factors of erosion in the study area TOPSIS method was used. Results confirmed that the current situation of erosion with the weight of 0.5855 is the most important factor of erosion in the study site. Then the next important factors of erosion were soil cover with score 0.4143, geology with score 0.4141, land use with score 0.4140, slope with score 0.4138 and soil with score 0.4135. In this study, combining the field observations with application of GIS caused a higher accuracy in evaluation process.

---

\*Corresponding author: sajozi@yahoo.com

**Keywords:** Land evaluation, Soil erosion, FAO Six-factor method, TOPSIS method, Southern Zagros