

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و چهارم، شماره یک، فروردین ماه ۱۴۰۱ (۱۵۸-۱۴۷)

## بررسی زیست محیطی تخریب اراضی در مقیاس حوزه آبخیز رودخانه طالقان با رویکرد کمی

پریسا خرازی<sup>۱</sup>

جمال قدوسی\*

[jamal\\_go@yahoo.com](mailto:jamal_go@yahoo.com)

حسن کریم زادگان<sup>۲</sup>

مسعود خیرخواه زرکش<sup>۳</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۴/۱۳

تاریخ دریافت: ۹۹/۹/۲۴

### چکیده

**زمینه و هدف:** تخریب اراضی یا تخریب سرزمین به عنوان یک چالش و معضل مهم جهانی است که در نهایت منجر به بیابانی شدن و گسترش پهنه بیابانها به ویژه در مناطق با شرایط اقلیمی خشک، نیمه خشک و نیمه مرطوب، می شود. فقر و نبود امنیت غذایی، توأم با رخداد خشکسالی های شدید و سایر شرایط نامناسب آب و هوایی که موجب وارد شدن فشار بیش از حد به اکوسیستم های شکننده و منابع طبیعی پایه (آب، خاک و گیاهان)، در چنین مناطق و نواحی شده و باعث تهی شدن منابع حیاتی می شود. هدف از این مطالعه شناسائی مشخصه ها و معیارهای هر یک از پارامترها و عوامل اعم از طبیعی و انسان زاد موثر بر تخریب اراضی می باشد تا بتوان اقدام به برنامه ریزی جهت مدیریت آنها در راستای حفظ و احیای منابع زیست محیطی نمود.

**روش بررسی:** در این پژوهش با استفاده از داده های ادواری سنجش از دور، سامانه های اطلاعات جغرافیائی، مشاهدات و اندازه گیری های میدانی و روش های آماری بکارگرفته شده و از مدل کمی برای برآورد نتایج استفاده شده است.

**یافته ها:** با استناد به نتایج بدست آمده، می توان گفت تخریب اراضی در مقیاس حوزه آبخیز سد طالقان تابعی از شش عامل: شیب زمین، خصوصیات زمین شناسی سطحی (واحدهای سنگی)، خصوصیات خاک، رخساره های فرسایش خاک توسط آب، حفاظ روی زمین و کاربری اراضی است. از بین عوامل موثر بر تخریب اراضی شاخص میزان حفاظ روی زمین با وزن ۰,۲۰ بیشترین تاثیر را بر تخریب اراضی داشت.

۱- دکترای تخصصی مدیریت محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲- دانشیار و عضو هیئت علمی گروه آموزش و تحقیقات کشاورزی مرکز حفاظت آب و خاک. \* (مسوول مکاتبات)

۳- دانشیار گروه علوم و مهندسی محیط زیست دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان.

۴- دانشیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی.

**بحث و نتیجه گیری :** مدل ارایه شده میتواند به عنوان مدلی کارآمد در تعیین مکانی نرخ (شدت) و گستره تخریب اراضی در مقیاس حوزه آبخیز جهت شناسایی دقیق سایت های تخریب شده برای مبارزه و مدیریت پدیده موردنظر مورد استفاده در سطح ملی قرار گیرد .

**واژه های کلیدی:** بررسی زیست محیطی، تخریب اراضی، حوزه آبخیز سد طالقان، مدل کمی، ایران.

## **Environmental study of land degradation in Taleghan river basin scale with quantitative approach**

**Parisa Kharazi**<sup>1</sup>

**Jamal Ghodousi**<sup>2\*</sup>

[Jamal\\_go@yahoo.com](mailto:Jamal_go@yahoo.com)

**Hasan Karimzadegan**<sup>3</sup>

**Mir Masoud Kheirkhahzarkesh**<sup>4</sup>

Admission Date: July 4, 2021

Date Received: December 14, 2020

### **Abstract**

**Background and Objective:** Land degradation or land degradation is an important global challenge and dilemma that ultimately leads to desertification and the expansion of deserts, especially in areas with arid, semi-arid and semi-humid climates. Poverty and lack of food security, combined with the occurrence of severe droughts and other adverse climatic conditions that put excessive pressure on fragile ecosystems and basic natural resources (water, soil and plants), in such areas and causes Deprivation of vital resources becomes. The purpose of this study is to identify the characteristics and criteria of each of the parameters and factors, both natural and man-made, affecting land degradation so that we can plan to manage them in order to preserve and restore environmental resource resources.

**Material and Methodology:** In this research, using periodic remote sensing data, GIS, field observations and measurements and statistical methods are used and a quantitative model is used to estimate the results.

**Findings:** Based on the obtained results, land degradation in Taleghan Dam watershed scale is a function of six factors: land slope, surface geological characteristics (rock units), soil properties, soil erosion facies by water, land protection and land use Among the factors affecting land degradation, the index of protection on the ground with a weight of 0.20 had the greatest impact on land degradation.

**Discussion and Conclusion:** The proposed model can be used nationally as an efficient model in determining the rate (intensity) and extent of land degraded sites accurately to combat and manage the phenomenon.

**Key words:** Environmental study, Land degradation, Taleghan dam watershed, Quantitative model, Iran.

---

1- Ph.D. student of Environment Management, Islamic Azad University, Sciences and Researches Unit, Tehran, Iran.

2- Associated professor and faculty member, Department of Agricultural Education and Research, Soil and Water Conservation Center. *\*(Corresponding Author)*

3- Associated Professor, Department of Environmental Sciences and Engineering, Faculty of Natural Resources, Islamic Azad University, Lahijan.

4- Associated Professor of Soil Conservation and Watershed Management Research Institute.

## مقدمه

هیدرولوژیکی و افزایش فرسایش سطحی و رسوبگذاری در مجاری آب سطحی و مخازن سدها، تخریب جاده‌ها و سایر تأسیسات زیربنایی در اثر رخداد انواع فرسایش می‌شود که در نهایت بیابانی شدن مناطق را نیز در پی دارد (۷، ۸، ۱۱). هدف از این مطالعه شناسایی مشخصه‌ها و معیارهای هر یک از پارامترها و عوامل طبیعی و انسان زاد موثر بر تخریب اراضی می‌باشد تا بتوان اقدام به برنامه ریزی جهت مدیریت آنها در راستای حفظ و احیای منابع زیست محیطی نمود. همچنین در این پژوهش از تلفیق روش‌هایی برای مدلسازی جهت تجزیه و تحلیل اطلاعات استفاده شده است. هدف از مدل سازی جهت تهیه نقشه پهنه‌بندی تخریب اراضی در حوزه آبخیز از نظر کاربردی، مدیریت علل و پیامدهای محیط زیستی ناشی از تخریب اراضی در حوزه آبخیز است. زیرا مدل کاربردی باید ابزار و وسیله‌ای جهت طراحی و برنامه ریزی برای مدیریت اراضی به منظور پیشگیری و مهار عوامل مؤثر در تخریب اراضی باشد که در تحقیق حاضر نیز مدل سازی با تأکید بر این موضوع انجام شده است.

## محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه این پژوهش حوزه آبخیز طالقان است که در استان البرز و در ۱۲۰ کیلومتری شمال غربی شهر تهران واقع شده است.

- تهیه نقشه‌های ادواری پوشش گیاهی (نوع و تراکم گیاهی)

بررسی تیپ‌های گیاهی با بهره‌گیری از متأخرترین مطالعات انجام شده در منطقه تحقیق و کنترل میدانی آنها در نقاط تعلیمی در ۶۶ نقطه با استفاده از کوادرات ۱\*۱ متر استاندارد مطالعات پوشش گیاهی و مشخص نمودن حداقل دو گونه غالب گیاهی با استفاده از دستگاه GPS در هر یک از نقاط تعلیمی.

بررسی و تدقیق تراکم پوشش گیاهی با بکارگیری نتیجه حاصل از متأخرترین مطالعات انجام شده تراکم پوشش گیاهی در منطقه با استفاده از داده‌های سنجش از دور انجام شده است و

تخریب اراضی به معنای کاهش توان طبیعی و ظرفیت تولید اراضی با توجه به نوع کاربری متناسب با خصوصیات هوا و اقلیم، توپوگرافی، اداپیک اراضی است. تخریب اراضی ضمن تأثیر گذاری بر نواحی وسیعی از پهنه جغرافیایی کشور، زندگی بسیاری از افراد را نیز در مناطق مختلف به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک تحت تأثیر قرار داده (۱). که در صورت عدم مهار این پدیده موجب گسترش مناطق بیابانی از طریق رخداد پدیده بیابان زائی می‌شود. یکی از مسائل مهم زیست محیطی مهم جهان تخریب اراضی و سرزمین است (۲) و (۳). به رغم وجود انواع مختلف تخریب اراضی کاهش تولیدات بیولوژیکی وجه مشترک بین تمامی آنها می‌باشد (۴). دو عامل اصلی تخریب زمین تغییر اقلیم (اثر کاهش بارندگی بر پوشش گیاهی) و اقدامات غیر اصولی انسان در بهره برداری از منابع طبیعی است که در نهایت منجر به بیابانی شدن مناطق به خصوص در نواحی خشک، نیمه خشک و نیمه مرطوب تحت تأثیر اقدامات انسان، می‌گردد (۵ و ۱). برای بررسی و مبارزه با تخریب اراضی، لازم است اقدام به پایش مکانی جهت متمایز نمودن اثرات انسانی بر تولیدات گیاهی را از اثرات بارندگی بر پوشش گیاهی شود (۴). تخریب اراضی به دلایل مختلف می‌تواند رخ دهد که از جمله آنها می‌توان به مدیریت نامطلوب بهره برداری از منابع زیست محیطی و کاربری اراضی از یکسو و شرایط آب و هوایی و مشخصات زمین محیطی از سوی دیگر اشاره نمود (۶؛ ۷، ۸، ۹). به طوری که مفهوم و معنی تخریب اراضی نیز کاهش ظرفیت و توان طبیعی تولید اراضی در اثر تخریب خاک توسط فرسایش آبی و بادی، شور و قلیائی و یا زه دار شدن در اثر بالآمدن سطح سفره آب زیر زمینی، است (۱، ۱۰). تعاریف مختلف و متعددی برای تخریب سرزمین یا اراضی که تبیین کننده مفهوم آن باشد در منابع علمی وجود دارد. به بیان دیگر این پدیده تخریب اراضی از نوع پدیده‌های خاموش به حساب می‌آید که می‌تواند موجب بروز پیامدهای خسارات قابل ملاحظه اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی از طریق کاهش تولیدات کشاورزی، پوشش گیاهی در مراتع و چراگاهها و به تبع آن کاهش تولیدات دامی، تغییر در رفتار

متخصصین (خبرگان) با توجه به جامعه آماری شناسائی شده و استفاده از جدول مورگان، از طریق پرسشنامه با گویه‌های مشتمل بر مشخصه‌های شناسائی شده با استفاده از نتایج بررسی و تجزیه و تحلیل همبستگی بین مشخصه تخریب اراضی با مشخصه‌های عوامل مؤثر در تخریب اراضی. بر این اساس اعتبار روائی گویه‌های پرسشنامه به صورت محتوایی تایید گردیده و اعتبار پایائی آنها نیز با استفاده از رابطه محاسبه شاخص آلفای کرونباخ به شرح زیر صورت گرفت.

$$ra = \frac{k}{k-1} \left[ 1 - \frac{\sum sk^2}{s^2} \right] \quad (2)$$

که در آن:

ra: ضریب آلفای کرونباخ که باید مقدار آن برابر ۰/۷ یا بیشتر باشد، k: تعداد زیر مجموعه سوالهای پرسشنامه،  $s_k^2$ : واریانس زیر مجموعه k ام و  $S^2$ : واریانس کل است (۸).

د) تعیین امتیاز و دامنه تغییرات مربوط به هر یک از شاخص‌ها بر اساس مشخصه‌های آنها مبتنی بر حاصلضرب وزن مشخصه‌ها در امتیاز متوارن و مشخص نمودن دامنه تغییرات با استفاده از روش اسکالوگراف.

ه) تهیه نقشه مکانی شدت تخریب اراضی (تهیه نقشه پهنه‌بندی شدت تخریب اراضی) بر اساس امتیاز هر یک از مشخصه‌ها و یکارگیری روش سیمون (۳)، به شرح IDIRISI رابطه ۳، با استفاده از نرم افزار

$$ICy * RI. A1 * \sum_{i=1}^n Ri. B1 * RI. KBi + RI. Az * \sum_{y=1}^l R \quad (3)$$

\* تلفیق معیارها با در نظر گرفتن وزن آنها

لازم به ذکر است که پس از آماده‌سازی نقشه‌ها استاندارد سازی مقادیر در آنها به دلیل مختلف بودن ورودی‌ها که هر یک معنی واحد اندازه‌گیری مختلف دارد، لازم بوده برای مقایسه مشخصه‌ها با هم تمام مقادیر به واحد اندازه‌گیری مشابهی (از صفر تا یک) بی بعد شوند، (به عبارت دیگر استاندارد گردند (۸)). که در این تحقیق از روش بی‌مقیاس کردن استفاده شده است. بنا بر این جهت مشخص نمودن اهمیت نسبی مشخصه‌ها در مقایسه با

لازم به ذکر است که مقدار شاخص NDVI با استفاده از رابطه ۱، محاسبه می‌شود (۱۲)

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

که در آن:

NIR: بازتابندگی در باند مادون قرمز و RED: بازتابندگی باند قرمز است.

### مواد و روش‌ها:

#### • مدل‌سازی

با توجه و در نظر گرفتن این که خروجی حاصل از شناسائی عوامل مؤثر در تخریب اراضی مشخص کننده شاخص‌ها و مشخصه‌های مرتبط با مشخصه تخریب اراضی به ترتیب بر اساس سه آماره: ضریب همبستگی، سطح اطمینان و حدود اعتماد (P-value) عوامل و مشخصه‌های مربوط به هر یک از آنها به عنوان متغیرهای مستقل و هدر رفت خاک به عنوان متغیر وابسته می‌باشند، از این رو برای این پژوهش از تلفیق روش‌هایی به شرح زیر اقدام به مدل‌سازی شده است:

الف) روش آماری برای شناسائی شاخص‌ها و مشخصه‌های هر یک از آنها مبتنی بر بررسی و تجزیه و تحلیل همبستگی.

ب) تهیه نقشه‌های موضوعی در محیط GIS بر اساس خروجی بند «الف».

ج) استانداردسازی نقشه‌های موضوعی مربوط به هر یک از شاخص‌ها با استفاده از مدل FAHP جهت تعیین وزن هر یک از مشخصه‌ها از طریق مقایسه زوجی با نظر سنجی از ۱۲ نفر از

که در آن:

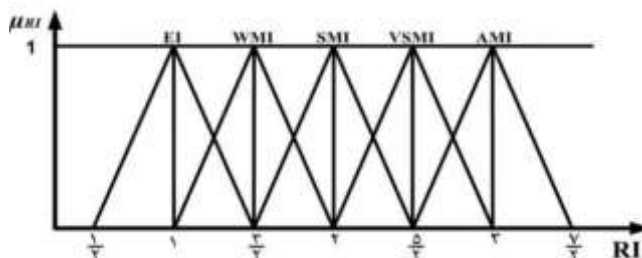
LDI: مشخصه تخریب اراضی، n: تعداد مشخصه‌ها

$$RIA1, RIA2, RIA3, \dots, RIA_n$$

اهمیت نسبی مشخصه‌ها، هستند. خروجی یا نتیجه در این روش نقشه‌های پیوسته می‌باشد که از آنها برای وارد کردن معیارهای کمی گسسته استفاده نیز می‌شود (۱۳): با در نظر گرفتن استفاده تلفیقی از مدل FAHP در محیط GIS که به آن Spatial-FAHP، گفته می‌شود (۱۳، ۱۴).

مرحله ۱: رسم نمودار سلسله مراتبی  
 مرحله ۲: تعریف اعداد فازی به منظور انجام مقایسه‌های زوجی (شکل ۱)

یکدیگر و وزن هر یک از آنها با بکارگیری تکنیک یا مدل تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) مبتنی بر روش تو سعه یافته چانگ در ۷ مرحله محاسبه و مشخص شده اند که عبارتند از (۱۵):



شکل ۱- مقیاس‌های لفظی برای بیان درجه اهمیت (۱۶)

Figure 1. Verbal scales for expressing the degree of importance

مرحله ۳: تشکیل ماتریس مقایسه زوجی با به کارگیری اعداد فازی.  
 در این رابطه  $i$  بیانگر شماره سطر و  $j$  بیانگر شماره ستون،  $M_{gi}^j$  که در آن، اعداد فازی مثلثی ماتریس‌های مقایسه زوجی هستند. برای محاسبه سایر مقادیر از روابط زیر استفاده می‌گردد:

$$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j \otimes \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} \quad (۵)$$

مرحله ۴: محاسبه  $S_i$  برای هر یک از سطرهاى ماتریس مقایسه زوجی که خود یک عدد فازی مثلثی است و از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & 1 & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \tilde{x}_{n1} & \tilde{x}_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (۴)$$

$$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j = \left( \sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right) \quad (۶)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j = \left( \sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i \right) \quad (۷)$$

$$\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} = \left( \frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right) \quad (۸)$$

در روابط بالا  $l_i, m_i, u_i$  به ترتیب مولفه‌های اول تا سوم اعداد فازی هستند.  
 مرحله ۵: محاسبه درجه بزرگی  $S_i$ ها نسبت به یکدیگر. به طور کلی اگر  $M_1 = (l_1, m_1, u_1)$  و  $M_2 = (l_2, m_2, u_2)$

دو عدد فازی مثلثی باشند، طبق درجه بزرگی  $M_1$  نسبت به  $M_2$  به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$V(M_2 \geq M_1) = hgr(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) = M_1, M_2 \quad (۹)$$

از طرف دیگر میزان بزرگی یک عدد فازی مثلثی از  $K$  عدد فازی مثلثی دیگر از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = V[(M \geq M_1) \text{ and } (M \geq M_2) \text{ and } \dots (M \geq M_k)] \quad (۱۰)$$

$$= \text{Min } V(M \geq M_i) \quad i = 1, 2, \dots, k \quad (11)$$

مرحله ۶: محاسبه وزن معیارها و گزینه‌ها در ماتریس‌های مقایسه زوجی برای این منظور از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$K = 1, 2, 3, \dots, n, \quad k \neq i \quad S_k) \quad d'(D_i) = \text{Min } V(S_i \geq S_k) \quad (12)$$

بنابراین بردار وزن نرمال نشده به صورت زیر است:

$$W' = (d'(D_1), d'(D_2), \dots, d'(D_n))^T \quad D_i \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (13)$$

مرحله ۷: محاسبه بردار وزن نهایی

برای محاسبه بردار وزن نهایی باید وزن محاسبه شده در مرحله قبل به شرح زیر نرمال می‌شود.

$$W = (d(D_1), d(D_2), \dots, d(D_n))^T \quad (14)$$

$$W' = (d'(D_1), d'(D_2), \dots, d'(D_n))^T \quad D_i \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (15)$$

چنانچه در این ماتریس باشد، در این ماتریس سازگار است که به آن قانون  $a_{ik} \times a_{kj} = a_{ij}$  گفته می‌شود. از اینرو زمانی یک ماتریس دارای شرایط سازگاری است که بین درایه‌های آن قانون مذکور برقرار باشد. با محاسبه  $\lambda \max$  می‌توان شاخص سازگاری (Consistency Index = C.I.) را با استفاده از رابطه زیر محاسبه نمود.

$$C.I. = (\lambda \max - n) / (n - 1) \quad (18)$$

شاخص C.I. نیز با یک شاخص تصادفی دیگر مبتنی بر بعد ماتریس به نام R.I. (جدول ۱) مقایسه می‌شود.

در این رابطه حد نرخ ناسازگاری توسط ساعتی (۱۹۸۸) حداکثر برابر با ۰/۱۰ تعیین شده است. به طوری که در صورت بیشتر بودن نرخ ناسازگاری از این مقدار باید در قضاوتها تجدید نظر شود. بر این اساس ماتریس سازگار به صورت زیر تعریف می‌شود و اگر  $n$  معیار را با  $C_1, C_2, \dots, C_n$  نمایش داده شود و ماتریس مقایسه زوجی آنها به صورت زیر باشد:

$$A = [a_{ij}] \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (16)$$

که در آن  $a_{ij}$  ترجیح عنصر  $C_i$  را بر  $C_j$  نشان می‌دهد.

$$a_{ik} \times a_{kj} = a_{ij} \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (17)$$

جدول ۱- مقادیر شاخص تصادفی (R.I.) به ازاء ابعاد مختلف ماتریس

Table 1. Random Index (R.I.) values for different matrix dimensions

بعد ماتریس	۳	۴	۵	۶
شاخص تصادفی R.I.	۰/۵۸	۰/۹	۱/۱۲	۱/۲۴

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} \quad (19) \quad \text{با مفروض بودن R.I. نسبت سازگاری C.R از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:}$$

در مرحله آخر نرخ‌های ناسازگاری (CR) با مقادیر شاخص‌های تصادفی (RI<sup>m</sup>) و (RI<sup>g</sup>) مستخرج از داده‌های پژوهش به شرح زیر بدست می‌آید:

$$CR^m = \frac{CI^m}{RI^m} \quad (26)$$

$$CR^g = \frac{CI^g}{RI^g} \quad (27)$$

لازم به ذکر است که اگر تنها مقدار CR<sup>g</sup> یا CR<sup>m</sup> بیشتر از ۰/۱ باشد لازم است تا در مقادیر میانی اعداد فازی اقدام به تجدید نظر و اصلاح گردد تا مقدار شاخص به حدکمتر از ۰/۱ برسد (۵).

به این ترتیب در تحقیق حاضر پس از این که وزن‌های نهائی مشخصه‌ها تعیین شدند، اقدام به رتبه بندی آنها شده است.

#### نتایج

با توجه به مجموع نتایج ارائه شده در راستای فرایند مدل‌سازی وضعیت تخریب اراضی و پهنه‌بندی آن، نتیجه مدل‌سازی به شرح زیر می‌باشد: الف- با استناد به نتایج بدست آمده، تخریب اراضی در مقیاس حوزه آبخیز تابعی از شش عامل شامل: شیب زمین، خصوصیات زمین شناسی سطحی (واحدهای سنگی)، خصوصیات خاک، رخساره‌های فرسایش خاک توسط آب، حفاظ روی زمین و کاربری اراضی است (رابطه ۲۸).

$$SLD^1 = F(LC, EF, SP, Li, LU) \quad (28)$$

دامنه تغییرات نمرات جهت طبقه‌بندی شدت (وضعیت) تخریب اراضی به شرح زیر با استفاده از مندرجات جدول ۲ (نتیجه تجمعی وزن و نمرات مشخصه‌های تخریب اراضی) صورت گرفته است:

از آنجاکه در مدل FAHP نمی‌توان از مقادیر R.I. ارائه شده توسط ساعتی استفاده نمود، از اینرو، محاسبه سازگاری ماتریس مقایسات زوجی با استفاده از روش گوگوس و توچر بر اساس دو رابطه انتقال پذیری عدد میانی و حدود پائین و بالای اعداد فازی از هر ماتریس می‌باشد (۸).

\*بررسی سازگاری به طوری که ابتداء ماتریس مثلث فازی در قالب دو ماتریس به ترتیب شامل ماتریس اعداد میانی مثلثی (A<sup>m</sup> = (aijm)) و ماتریس میانگین هندسی حدود بالا و پائین اعداد مثلثی (A<sup>g</sup> = (aiju, aijl))<sup>1/2</sup> تقسیم شده و سپس بردار وزن هر ماتریس با استفاده از روابط زیر محاسبه می‌گردد:

$$w_i^m = 1/n \sum_{j=1}^n \frac{aijm}{\sum_{j=1}^n aijm} \quad (20)$$

$$w_i^g = 1/n \sum_{j=1}^n \frac{\sqrt{aiju \cdot aijl}}{\sum_{j=1}^n \sqrt{aiju \cdot aijl}} \quad (21)$$

سپس بزرگترین مقدار ویژه برای هر ماتریس با استفاده از روابط زیر محاسبه می‌شود:

$$\lambda_{\max}^m = 1/n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n aijm \left( \frac{w_i^m}{w_j^m} \right) \quad (22)$$

$$\lambda_{\max}^g = 1/n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sqrt{aiju \cdot aijl} \left( \frac{w_i^g}{w_j^g} \right) \quad (23)$$

با محاسبه مقادیر ویژه برای هر ماتریس شاخص سازگاری با بکارگیری روابط زیر محاسبه می‌گردد:

$$CI^m = \frac{\lambda_{\max}^m - n}{n - 1} \quad (24)$$

$$CI^g = \frac{\lambda_{\max}^g - n}{n - 1} \quad (25)$$

5- Water Erosion Facet.

6- Land Cover.

7- Land Use.

1- Land Degradation.

2- Land Slope.

3- Lithology.

4- Soil properties.



جدول ۲- طبقه‌بندی شدت تخریب اراضی

Table 2. Classification of land degradation severity

VI	V	IV	III	II	I	کلاس شدت تخریب اراضی
خیلی زیاد	زیاد	نسبتاً زیاد	متوسط	کم	خیلی کم	شرح کلامی شدت تخریب اراضی
۱۵۸ >	۱۵۸-۱۰۵	۷۰-۱۰۴	۵۳-۶۹	۵۲-۴۲	۴۱-۱	دامنه تغییر نمره

• پهنه‌بندی شدت تخریب اراضی

پهنه‌بندی شدت تخریب اراضی با استفاده از جداول نمره صورت گرفت. مجموع کل نمرات با استفاده از رابطه ۲۹، بر اساس روش (۱۳) به شرح زیر مشخص گردید:

$$LDI = \sum_{y=1}^l R_y \cdot A_z + RI \cdot KB_i + RI \cdot B_1 \cdot \sum_{i=1}^n Ri \cdot A_1 \cdot \dots \cdot IC_y \quad (29)$$

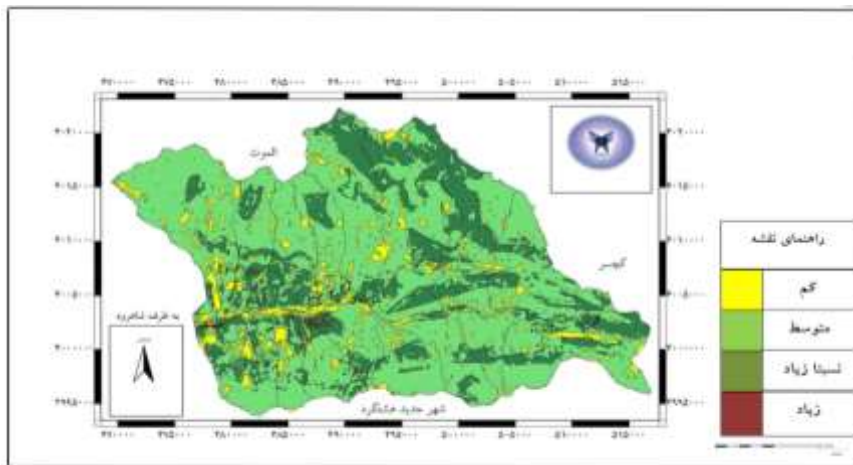
که در آن:

LDI: شدت تخریب اراضی، نمرات مشخصه‌ها.  
 n و RIA1, RIA2, RIA3, RIA n.....: تعداد مشخصه‌ها است.

بر این اساس، نقشه مکانی و وضعیت تخریب اراضی حوزه آبخیز طالقان تهیه شد. بر این اساس شدت تخریب اراضی در حوزه آبخیز طالقان بین کم تا زیاد تغییر می‌کند (شکل ۲).

بحث و نتیجه گیری

با بکارگیری مدل ارائه شده به عنوان خروجی تحقیق حاضر، نتیجه بررسی وضعیت تخریب اراضی به این شرح است که خروجی حاصل از رویهم گذاری لایه‌های اطلاعاتی در محیط GIS، منجر به تهیه نقشه شدت تخریب اراضی می‌شود نتیجه در شکل ۲ ارائه شده است.



شکل ۲- نقشه وضعیت شدت تخریب اراضی در حوزه آبخیز سد طالقان

Figure 2. Map of the intensity of land degradation in the watershed of Taleghan Dam

حدی است که اگر پاسخگوی رفع تمامی چالش‌های ناشی از آن نیست اما می‌تواند در لزوم و ضرورت کاهش مخاطرات مربوط به پدیده تخریب اراضی در حد کفایت و توجیه پذیر حتی از نظر اجتماعی و اقتصادی علاوه بر محیط زیستی باشد. مهمترین

نتایج بدست آمده از تحقیقات پیشین و تحقیق حاضر نشان دهنده و مبین این است که پیامدهای زیست محیطی ناشی از تخریب اراضی به عنوان یک پدیده پرمخاطره (بیشتر تحت تأثیر اقدامات انسان) به رغم عدم شناخت کاملاً روشن و شفاف در

می‌باشد (۱۰) به نقل از (۱۷)، و با در نظر گرفتن نتایج تحقیق حاضر پیشنهاد می‌شود ضمن واسنجی مدل ارائه شده در صورت نیاز اقدام به اصلاح و تجدید نظر در ساختار مدل شود.

\*از آنجا که پدیده تخریب اراضی در مناطق نیمه خشک و خشک دارای مفهوم ملموس است (Dobie). با استناد بر این که ۷۳ درصد از کل مراتع، ۴۷ درصد از دیمزارها و گستره قابل ملاحظه‌ای از اراضی زراعی آبی در این مناطق تخریب گردیده (۲۱) و به حدود ۲۰ درصد از چراگاه‌ها و مراتع در سطح جهان در اثر چرای بیش از حد خسارت وارد شده است (۱۰). بنابراین، ضرورت دارد در این مناطق اقدام به بررسی و ارائه زیر مدل‌های موضوعی جهت دستیابی به مدل جامع و فراگیر بررسی و ارزیابی تخریب اراضی شود.

## References

1. Matinfar, Hamidreza. Sarmadian, Fereydoun. Alavi Panah, Seyed Kazem. Hack, Richard (2007), Determining the type of land use and land cover by Landsat 7 data using object-oriented method (Kashan region). (In Persian)
2. Training Programme Keldnaholt, 112 Reykjavík, Iceland. Donato Cappetta, Francesca Rossi, Elena Piegari, Federico Quaini, Liberato Berrino, Konrad Urbanek, Antonella De Angelis, Doxorubicin targets multiple players: A new view of an old problem, Pharmacological Research, Volume 127, 2018, Pages 4-14.
3. Ravi, S., Breshears, D. D., Huxman, T. E., & D'Odorico, P. (2010). Interactions between geomorphic processes and vegetation at desert margins: Implications for desertification. *Geomorphology*, 116, 236-245.
4. Anyamba, A., & Tucker, C. J. (2005). Analysis of Sahelian vegetation

پیامدهای مربوط به تخریب اراضی عبارتند از (۱۰، ۱۵، ۱۷، ۱۸، ۱۹، ۲۰): تخریب پوشش گیاه، کاهش تنوع زیستی، کاهش تولیدات گیاهی در اثر کاهش زیست توده، تخریب خاک در اثر شکل‌گیری و تشدید فرسایش، افزایش مخاطرات ناشی از فرسایش خاک توسط آب (فرسایش آبی)، کاهش کیفیت خاک (از نظر فیزیکی و شیمیایی مانند شورواسیدی شدن)، کاهش خصوصیات بیولوژیکی خاک، هدر رفت مواد آلی و افت حاصلخیزی خاک، افزایش هرزابه‌ها (رواناب‌های سطحی و سیل خیزی)، تخریب جنگل‌ها، مراتع، منابع آب و اراضی زراعی، تشدید و گسترش بیابانزائی (بیابانی شدن مناطق) به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک، تخریب ساختار اکولوژیکی و عملکرد اکوسیستم‌ها (مانند حوزه‌های آبخیز). با استناد به موارد بیان شده لازم است جهت کاهش مخاطرات و حتی مهار تخریب اراضی در بلند مدت موارد زیر پیاده سازی گردد:

۱- اجرای برنامه‌ها و روش‌های اصولی بهره‌وری از اراضی زراعی به ویژه در زارعت دیم از جمله عدم کشت در اراضی با شیب بیش از ۲۰ درصد که از سوی سازمان خوار و بار و کشاورزی (FAO) جهت پیشگیری از شکل‌گیری و رخداد فرسایش خاک و گسترش تپ‌های مختلف آن (رخساره‌های فرسایش آبی) پیشنهاد و توصیه شده است: (۱۷). ۲- تبدیل اراضی کم‌بازده و رها شده زراعی به مراتع در دست کاشت. ۳- اجرای برنامه‌های اصولی بهره‌برداری از مراتع و جنگل‌ها بر اساس شرایط و ظرفیت تولید و برداشت از زیست توده‌های مختلف. ۴- برنامه ریزی و بهره‌برداری اصولی از اراضی مبتنی بر تناسب، قابلیت و توان طبیعی تولید آنها. ۵- اجرای برنامه‌های حفاظت از تنوع زیستی از طریق تهیه و اجرای طرح‌های حفاظتی.

## پیشنهادات

\* اگر چه تخریب اراضی در برگیرنده تمامی محیط زیست است اما شامل عوامل انتزاعی مرتبط با خاک، منابع آب (سطحی و زیر زمینی)، جنگل‌ها (درخت زارها)، مراتع (علفزارها) اراضی زراعی (دیم و آبی) و تنوع زیستی (جانوری، گیاهی و خاک) نیز

- desertification based on stakeholder participation and global best practices
12. Asadi, Sara, Banayan Aval, Mohammad, Jahan, Mohsen, Farid Hosseini, Alireza. (2018). Comparison of different spectral indices of vegetation for remote evaluation of winter wheat leaf area index (*Triticum aestivum* L.) in Mashhad. *Agricultural Ecology*, 10(3), 913-934. doi:10.22067/jag.v10I3.68724. (In Persian)
  13. Shabani Hyderabad, Mohammad (2003), Investigation of Land Use Change in Watershed Sedimentation (Case Study of Taleghan Watershed), M.Sc. Thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tehran. (In Persian)
  14. Training Programme Keldnaholt, 112 Reykjavík, Iceland. Donato Cappetta, Francesca Rossi, Elena Piegari, Federico Quaini, Liberato Berrino, Konrad Urbanek, Antonella De Angelis, Doxorubicin targets multiple players: A new view of an old problem, *Pharmacological Research*, Volume 127, 2018, Pages 4-14.
  15. Kapalanga, T.S. (2008). A Review of Land Degradation Assessment Methods. *Land Restoration*.
  16. Ertuğrul, İ.; Karakaşoğlu, N. (2009), "Performance evaluation of Turkish cement firms with fuzzy analytic hierarchy process and TOPSIS methods", *Expert Systems with Applications*, 36, pp. 702–715.
  17. Xin Wen, Xiangzheng Deng, Fan Zhang, (2019), Scale effects of vegetation restoration on soil and water conservation in a semi-arid region in China: Resources conservation and sustainable management, *Resources dynamics using NOAA-AVHRR NDVI data from 1981–2003. Journal of arid environments*, 63(3), 596-614.
  5. Kapalanga, T.S. (2008). A Review of Land Degradation Assessment Methods. *Land Restoration*
  6. Shakarian, Noushin. Zehtabian, Gholamreza Zare Chahouki, Mohammad Ali Vakhsravi, Hassan (2017) Determining the most important criteria and indicators affecting land degradation and desertification. *Journal of Natural Resources - Rangeland and Watershed Management*. Summer 2017, pp. 385-398. (In Persian)
  7. FAO (1993). Guidelines for land use planning. FAO Development Series 1, Food And Agriculture Organization, Rome, 96 pp.
  8. Eskandari Damaneh, Hadi; Jafari, Reza; Soltani Kopaei, Saeed, (2017), Assessment of land degradation using indicators obtained from satellite data, (10), 5, 56-43. (In Persian)
  9. Wijdenes, D. J. O., Poesen, J., Vandekerckhove, L., & Ghesquiere, M. (2000). Spatial distribution of gully head activity and sediment supply along an ephemeral channel in a Mediterranean environment. *Catena*, 39(3), 147-167.
  10. Khajoei Nasab, F., Esmailpour, M. Ethno-medicinal survey on weed plants in agro-ecosystems: a case study in Jahrom, Iran. *Environ Dev Sustain* 21, 2145–2164 (2019). <https://doi.org/10.1007/s10668-018-0128-9>.
  11. Schwilch, G., Bachmann, F., Gabathuler, E., & Liniger, H. (2008). A methodology for appraising and selecting strategies to mitigate

20. Mariam Akhtar-Schuster, Lindsay C. Stringer, Alexander Erlewein, Graciela Metternicht, Sara Minelli, Uriel Safriel, Stefan Sommer, Unpacking the concept of land degradation neutrality and addressing its operation through the Rio Conventions, *Journal of Environmental Management*, Volume 195, Part 1, (2017), Pages 4-15.
21. Anyamba, A., & Tucker, C. J. (2005). Analysis of Sahelian vegetation dynamics using NOAA-AVHRR NDVI data from 1981–2003. *Journal of arid environments*, 63(3), 596-614.
- Conservation and Recycling, Volume 151, 2019, 104474.
18. Rozanov, B. G. (1990, December). Global assessment of desertification: status and methodologies. In *Desertification revisited: Proceedings of an ad hoc consultative meeting on the assessment of desertification*. UNEP-DC/PAC, Nairobi (pp. 45-122).
19. Xie H, Zhang Y, Wu Z, Lv T. A Bibliometric Analysis on Land Degradation: Current Status, Development, and Future Directions. *Land*.(2020);9(1):28.