



## ارزیابی تأثیر واگذاری معادن بر وضعیت آسیب پذیری بوم‌نظام‌های شهرستان طبس

سید محمدمهدی موسویان<sup>۱</sup>، عباسعلی ولی<sup>۲\*</sup>، سید حجت موسوی<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی دکتری بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران.
۲. دانشیار، گروه بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران.
۳. استادیار، گروه جغرافیا و اکوتوریسم، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران.

\* نویسنده مسئول [vali@kashanu.ac.ir](mailto:vali@kashanu.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۵/۱۹

### چکیده

معدن‌کاری از جمله فعالیت‌های توسعه‌ای انسان است که بر بوم‌نظام‌ها تأثیرگذار است. در مدیریت پایدار سرزمین، شناخت تغییرهای بوم‌شناختی عملیات معدن‌کاری، بسیار مهم و یکی از راهکارهای مناسب برای ارزیابی وضعیت آسیب‌پذیری بوم‌شناختی (اکولوژیک) است. پژوهش حاضر در شهرستان طبس بر پایه سنجش پایداری بوم‌شناختی با استفاده از روش عینی، آسیب‌پذیری طبقه‌بندی و ارزیابی شد. در این راستا، مجموعه‌ای از عوامل بوم‌شناختی شامل توپوگرافی، پوشش گیاهی، اقلیم، آب زیرزمینی، خاک و زمین‌شناسی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های ایستگاهی تهیه شد. بر اساس نتایج، عوامل بوم‌شناختی جهت جغرافیایی، بارش و پوشش گیاهی به ترتیب بیشترین حساسیت را به خود اختصاص دادند. بر اساس بررسی انجام شده، معادن ۱۵/۳ درصد از منطقه مورد مطالعه را به خود اختصاص دادند. بیشترین سطح از معادن اکتشافی در طبقه نیمه‌حساس طبقه‌بندی شد. همچنین، عوامل خاک و زمین‌شناسی با بیشترین محدودیت بوم‌شناختی، از تنوع زیادتری نسبت به دیگر عوامل‌ها در سطح منطقه برخوردار بودند. به دلیل حساسیت زیاد خاک و امکان فرسایش، به‌ویژه در نواحی با پوشش گیاهی کم و اراضی بدون پوشش در نواحی شرقی و جنوب‌غربی، آسیب‌پذیری بیشتر است. بنابراین برای واگذاری، اکتشاف و بهره‌برداری بر پایه وضعیت آسیب‌پذیری این اراضی از اولویت کمتری برخوردار هستند.

**واژگان کلیدی:** حساسیت پوشش گیاهی؛ بهره‌برداری؛ عوامل توپوگرافی؛ مناطق خشک؛ محدودیت‌های بوم‌شناختی

## ■ مقدمه

انسان مؤثرترین و مهم‌ترین عامل ایجاد تغییر در محیط - زیست است که به منظور دوام زندگی خود با بهره‌برداری از منابع ضمن ایجاد تغییرهای مفید، موجب تخریب را نیز فراهم می‌آورد (۱۳). به علت تأثیرها و پیامدهای ناگواری حاصل از توسعه، بررسی پیامدهای محیطی و بوم‌شناختی آن‌ها در سال‌های اخیر مورد توجه زیادی قرار گرفته است (۱۲ و ۱۰). عملیات معدن‌کاری تأثیرهای زیادی بر روی محیط زیست می‌گذارد و این تأثیره خود موجب پیامدهای منفی هستند. مناطق محدودی را می‌توان ذکر کرد که به روش رو باز استخراج شده‌اند و این عملیات موجب بهبود محیط زیست آن‌ها شده باشد (۱۸). اثرات محیط‌زیستی اکتشاف و استخراج در معدن‌کاری می‌باید مورد توجه قرار گیرد. به عنوان یک قاعده کلی تأثیرهای زیست محیطی در مراحل اکتشاف کمتر است. در خصوص عملیات شناسایی و نمونه برداری و استفاده از مواد منفجره در اکتشاف لرزه‌نگاری نتایج مخربی رویت می‌شود. همچنین احداث راه برای عبور، مرور وسایل نقلیه نیز موجب از بین رفتن گیاهان و در نتیجه امکان فرسایش خاک می‌شود. بنابراین باید تأثیرهای محیط زیستی حاصل از روش معدن‌کاری، توام مورد بررسی قرار گیرد (۱۵). در سال‌های اخیر تلاش‌های زیادی صورت پذیرفته است تا معیارهای پایداری بوم‌شناختی در تدوین و اجرای پروژه‌های عمرانی گنجانده شود، زیرا هر چه بوم‌نظام‌های مورد بهره‌برداری از آستانه‌های برگشت پذیری بیشتری عبور می‌کنند، کاهش کیفیت بوم‌نظام برگشت ناپذیرتر می‌شود (۶) و در پایان به کاهش مقدار بهره‌برداری و به‌عبارت دیگر توسعه ناپایدار فعالیت‌های انسانی منجر می‌شود. بنابراین، برنامه‌ریزان و مدیران باید از محدودیت‌های توان محیط زیست آگاه باشند (۱۷). در این راستا یکی از کارهایی که می‌توان انجام داد تعیین میزان آسیب‌پذیری بوم‌نظام‌هایی است که در حوضه آبخیز یا هر نوع واحد مدیریتی و برنامه‌ریزی وجود دارند، تا از طریق تعیین و شناسایی آن‌ها، توسعه فعالیت‌های انسانی را به بوم‌نظام‌هایی سوق دهیم که در مقایسه با سایر بوم‌نظام‌های منطقه مورد نظر آسیب‌پذیری کمتری دارند (۲۰). همچنین از طریق شناسایی شاخص‌های محیط زیستی و تحلیل و طبقه‌بندی حساسیت‌های آن‌ها و تعیین میزان آسیب‌پذیری

بوم‌نظام‌ها، تدوین سیاست‌های کاهش و کنترل آسیب‌پذیری محیطی امکان‌پذیر می‌شود و شرایط ایجاد تعادل میان توسعه و محیط زیست فراهم می‌شود (۱۶).

درجه آسیب‌پذیری بوم‌شناختی مقیاس سنجشی است که یک بوم‌نظام یا اجزای آن بر اثر قرار گرفتن در برابر عامل‌های محرک همچون آشفتنگی یا فشار در عمل خسارت می‌بینند (۹). همچنین آسیب‌پذیری با مقدار حساسیت به تغییرات محیط زیستی و اقتصادی موثر بر ظرفیت بوم‌نظام‌های بوم‌شناختی و انسانی تعریف شده است (۱۶).

تاکنون مطالعات مختلفی در ارتباط با ارزیابی آسیب‌پذیری انجام شده است، همچون، بررسی اثر فعالیت‌های معدن‌کاری در منطقه ییلاقی مکزیک، که مشخص شد فعالیت‌های معدنی باعث تمرکز آرسنیک و سرب در خاک شده که موجب کاهش و تغییر جامعه گیاهی شده است (۷). به علاوه در پژوهش مشابهی، برای بررسی میزان آسیب‌پذیری منطقه‌ی شادگان روش ارزیابی و سامانه اطلاعات جغرافیایی استفاده می‌شود (۱۴). در پژوهشی با عنوان معیشت پایدار و شاخص‌هایی برای توسعه منطقه در مناطق معدن‌کاوی در استرالیا به این نتیجه رسیدند که صنعت معدن‌کاری، سلامت زیست محیطی را تهدید می‌کند (۱۰). در پژوهشی با عنوان ارزیابی آسیب‌پذیری بوم‌نظام‌ها در منطقه معدن زغال‌سنگ چین بیان شده است که گسترش معادن، بوم‌نظام‌ها را آسیب‌پذیرتر می‌کند و آسیب‌پذیری بوم‌نظام‌ها مرهون برداشت بیش از حد منابع معدنی است (۲۱). نتایج مطالعه میزان آسیب‌پذیری خصوصیات خاک و پستی و بلندی در مراتع تفتان سیستان و بلوچستان بیانگر این است که خصوصیات توپوگرافی شامل شیب و ارتفاع منطقه تأثیرپذیرتر از خصوصیات خاک است (۲).

در ایران، با وجود فعالیت‌های معدن‌کاری وسیع، کمتر به تأثیر عملیات واگذاری معادن بر میزان آسیب‌پذیری هر بوم‌نظام پرداخته شده است. از این‌رو هدف از مطالعه حاضر، ارزیابی وضعیت آسیب‌پذیری بوم‌نظام خشک و نیمه‌خشک شهرستان طبس، در اثر فرآیند اکتشاف معادن و ارائه راهکار مناسب برای جلوگیری از فرآیند بیابانی شدن است.

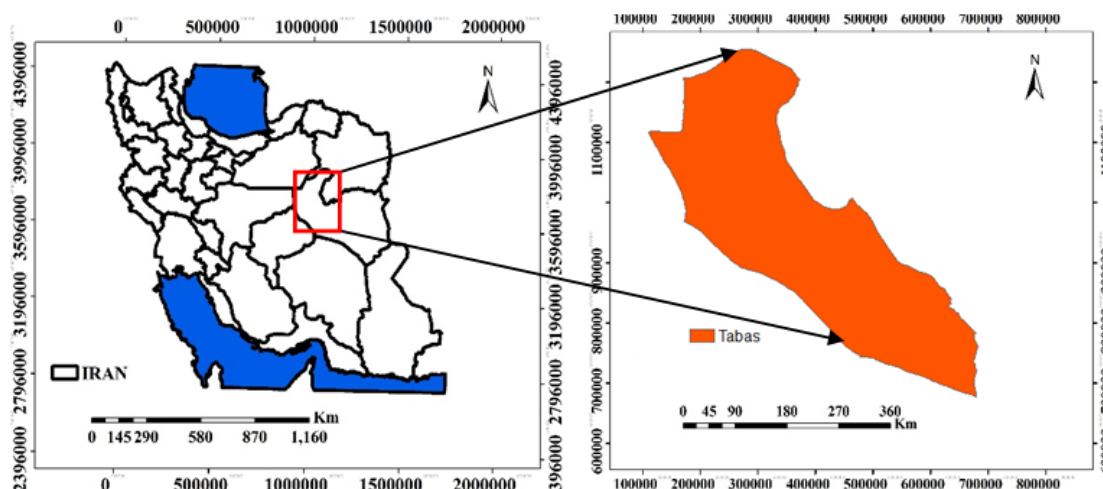
## ■ مواد و روش‌ها

## منطقه مورد مطالعه

طبس یکی از شهرستان‌های استان خراسان جنوبی و پهناورترین شهرستان کشور در مرکز ایران است. شهر طبس مرکز این شهرستان است. این شهرستان در غرب استان خراسان جنوبی و در موقعیت طول ۴۹۲۹۱۱/۹۴ و عرض ۳۷۱۶۷۰۰/۱۱ UTM قرار گرفته است. مساحت شهرستان مذکور  $55000 \text{ km}^2$  بوده و ارتفاع متوسط آن  $690 \text{ m}$  است. بلندترین قله شهرستان در رشته کوه شتری بنام قله شتری با ارتفاع  $3000 \text{ m}$  و گودترین منطقه کویر (پلایا) طبس در پنج کیلومتر غرب شهر طبس با ارتفاع کمتر از  $500 \text{ m}$  از سطح دریا واقع شده است. شهرستان طبس از مناطق گرم و خشک با تابستان‌های بسیار گرم و زمستان‌های نسبتاً سرد می‌باشد. بیشینه و کمینه دمای سالانه آن به ترتیب  $49/4^\circ \text{C}$  و  $-9^\circ \text{C}$  و میانگین بارش سالانه  $84 \text{ mm}$  است (شکل ۱).

## روش کار

این بررسی، با هدف ارائه الگوی منطقه‌ای ارزیابی آسیب‌پذیری بوم‌شناختی عملیات واگذاری منابع طبیعی برای اکتشاف معادن و همچنین تعیین اولویت‌های مکانی بر اساس آسیب‌پذیری به عنوان راه‌کار مدیریتی برای کاهش پیامدهای تخریبی بر محیط‌زیست انجام شده. بنابراین در آغاز مناطقی براساس ایستگاه‌های هواشناسی انتخاب شدند (جدول ۱). تمام اطلاعات هواشناسی اقلیمی مورد نیاز، شامل: بارش و دما از سازمان هواشناسی کشور؛ عمق و کیفیت آب زیرزمینی از ایستگاه برداشتی شرکت آب منطقه‌ای استان خراسان جنوبی تهیه شد (۲۴، ۲۵). ایستگاه‌های هدف با کمک مدل IDW میان‌یابی شدند. این نقاط در بررسی تغییرات بارندگی، دما، عمق آب زیرزمینی و کیفیت آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه بررسی شدند (جدول ۱).



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

جدول ۱. مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی معرف در شهرستان طبس

ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع	ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع
طبس	۴۹۵۳۶۱	۳۷۱۷۸۰۷	۷۱۱	بهباد	۴۰۶۶۷۶	۳۵۲۶۵۱۵	۱۴۰۱
بشرویه	۵۳۸۸۵۴	۳۷۴۵۶۰۳	۸۸۵	خوسف	۶۷۷۲۲۹	۳۶۲۸۵۵۶	۱۳۰۰
دیپوک	۵۴۷۴۹۱	۳۶۸۲۴۴۴	۱۳۳۸	بردسکن	۵۸۷۴۹۳	۳۹۰۳۷۵۸	۹۸۵
خرو	۵۱۳۹۱۱	۳۷۲۱۱۴۲	۱۳۴۸	خوربیبانک	۳۲۲۳۱۷	۳۷۳۸۲۵۲	۸۴۲
رقه	۵۲۴۹۸۶	۳۷۴۲۲۳۰	۱۱۷۲	راور	۴۸۱۷۶۹	۳۴۸۷۹۱	۱۱۷۵
حلوان	۴۳۷۷۵۹	۳۷۵۷۶۴۳	۱۰۰۰	چهرستو	۵۲۰۵۵۷	۳۷۱۶۴۴۱	۱۷۰۰
ریاپشت بادام	۳۶۳۳۸	۳۶۵۳۴۸۳	۱۲۵۰				

برای ارزیابی تأثیر معادن در حال اکتشاف در شهرستان طبس، از روش عینیت‌گرایی<sup>۱</sup> استفاده و بر اساس رهیافت سامانه‌ای، عوامل بوم‌شناختی در منطقه مطالعاتی تعیین شدند (۱۲). این متغیرها شامل ویژگی‌های توپوگرافی، اقلیمی، خاک، آب زیرزمینی، زمین‌شناسی و پوشش گیاهی بودند. بر پایه نقشه‌های زمین‌شناسی مقدار مقاومت هر کدام از سنگ‌ها مشخص و اطلاعات سختی مواد مادری از آن‌ها تهیه شد (۱۲، ۲۱). عامل عمق خاک نیز از نقشه خاک‌شناسی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ موجود در اداره منابع طبیعی و تپ‌های متداول در ایران، واحدهای آن در شهرستان طبس شناسایی و اطلاعات آن ثبت، سپس طبقه‌بندی و کدگذاری شد (۱۲). به‌منظور آسان‌سازی کد آسب‌پذیری خاک بر اساس نقشه‌های خاک‌شناسی محدوده هر منطقه بر اساس شاخص عمق مشخص شد (۱۲). نقشه‌های کیفیت و عمق آب زیرزمینی در پنج طبقه، نقشه‌های بارش و دما در ۸ طبقه و نقشه‌ی آسب‌پذیری عامل پوشش گیاهی بر مبنای NDVI در سه طبقه به دست آمد (۲۰، ۲۴ و ۲۵) (جدول ۳ و ۴).

با توجه به مطالعات محققان گذشته، برای بررسی حساسیت پوشش گیاهی، از شاخص تفاضلی نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI) استفاده شد (۲). در مجموع ۷ تصویر ماهواره Terra و سنجنده مودیس، در فصل رشد برای تحقیق حاضر از درگاه داده‌های EOS دانلود شد (جدول ۲). قدرت تفکیک مکانی این محصول ۲۵۰m و تفکیک زمانی ۱۶ روزه است. مراحل پیش پردازش تصحیح و ارائه مجموعه داده همگن باکیفیت بالا اتمسفری توسط ناسا انجام شده بود. به طور کلی شاخص‌های پوشش گیاهی را با اعداد رقومی به نقشه تبدیل می‌کنند که در مورد NDVI در دامنه -۱ تا +۱ است. شاخص تفاضلی نرمال شده پوشش گیاهی به صورت رابطه (۱) تعریف می‌شود:

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

به طوری که NIR مقدار بازتابش در طول موج مادون قرمز نزدیک و RED طول موج قرمز می‌باشد. از سوی دیگر در پژوهش حاضر همچنین لایه‌های شیب، جهت و ارتفاع از مدل رقومی ارتفاع سنجنده ASTER استخراج شد.

جدول ۲. مشخصات تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده

ردیف	نوع تصویر	سنجنده	تاریخ
۱	MOD13Q1	مودیس	۲۰۱۸/۰۳/۶
۲	MOD13Q1	مودیس	۲۰۱۸/۰۳/۲۲
۳	MOD13Q1	مودیس	۲۰۱۸/۰۴/۷
۴	MOD13Q1	مودیس	۲۰۱۸/۰۴/۲۳
۵	MOD13Q1	مودیس	۲۰۱۸/۰۵/۹
۶	MOD13Q1	مودیس	۲۰۱۸/۰۵/۲۵
۷	MOD13Q1	مودیس	۲۰۱۸/۰۶/۱۰

جدول ۳. طبقه‌بندی و کدگذاری عوامل سنگ بستر، عمق خاک، آب زیرزمینی و پوشش گیاهی (۱۲)

مقاومت سنگ بستر	عمق خاک	دامنه تغییرات عمق خاک (cm)	عمق آب زیرزمینی (متر)	EC (میکروزیمنس بر متر)	تراکم پوشش گیاهی	مقدار NDVI	کد آسب‌پذیری
خیلی مقاوم	خیلی عمیق	... < ۱۲۰	۲-۲۶	۲۷۷۱-۳۸۷	فاقد پوشش	۰/۰۵ تا ۰/۱۹-	۱
مقاوم	عمیق	۸۰-۱۲۰	۲۶-۳۳	۲۷۷۱-۴۳۰۹	تنک	۰/۱ تا ۰/۰۵	۲
نامقاوم	به نسبت عمیق	۵۰-۸۰	۳۳-۴۲	۴۳۰۹-۶۵۴۰	معمولی	۰/۴۶۴ تا ۰/۱	۳
حساس	کم عمق	۲۵-۵۰	۴۲-۵۸	۶۵۴۰-۱۱۰۷۷			۴
خیلی حساس	خیلی کم عمق	< ۲۵ ...	۵۸-۱۰۹	۱۱۰۷۷-۲۰۰۰۰			۵

<sup>1</sup> Objectivity method

جدول ۴. طبقه‌بندی و کدگذاری عامل اقلیم (۱۲)

بارش (mm)	دما (°C)	کد آسیب پذیری
۱۸۵ > ...	۳ > ...	۸
۲۹۵ - ۱۸۵	۵ - ۳	۷
۴۰۵ - ۲۹۵	۷ - ۵	۶
۵۱۵ - ۴۰۵	۹ - ۷	۵
۶۲۵ - ۵۱۵	۱۱ - ۹	۴
۷۳۴ - ۶۲۵	۱۳ - ۱۱	۳
۸۴۳ - ۷۳۴	۱۵ - ۱۳	۲
... > ۸۴۳	... > ۱۵	۱

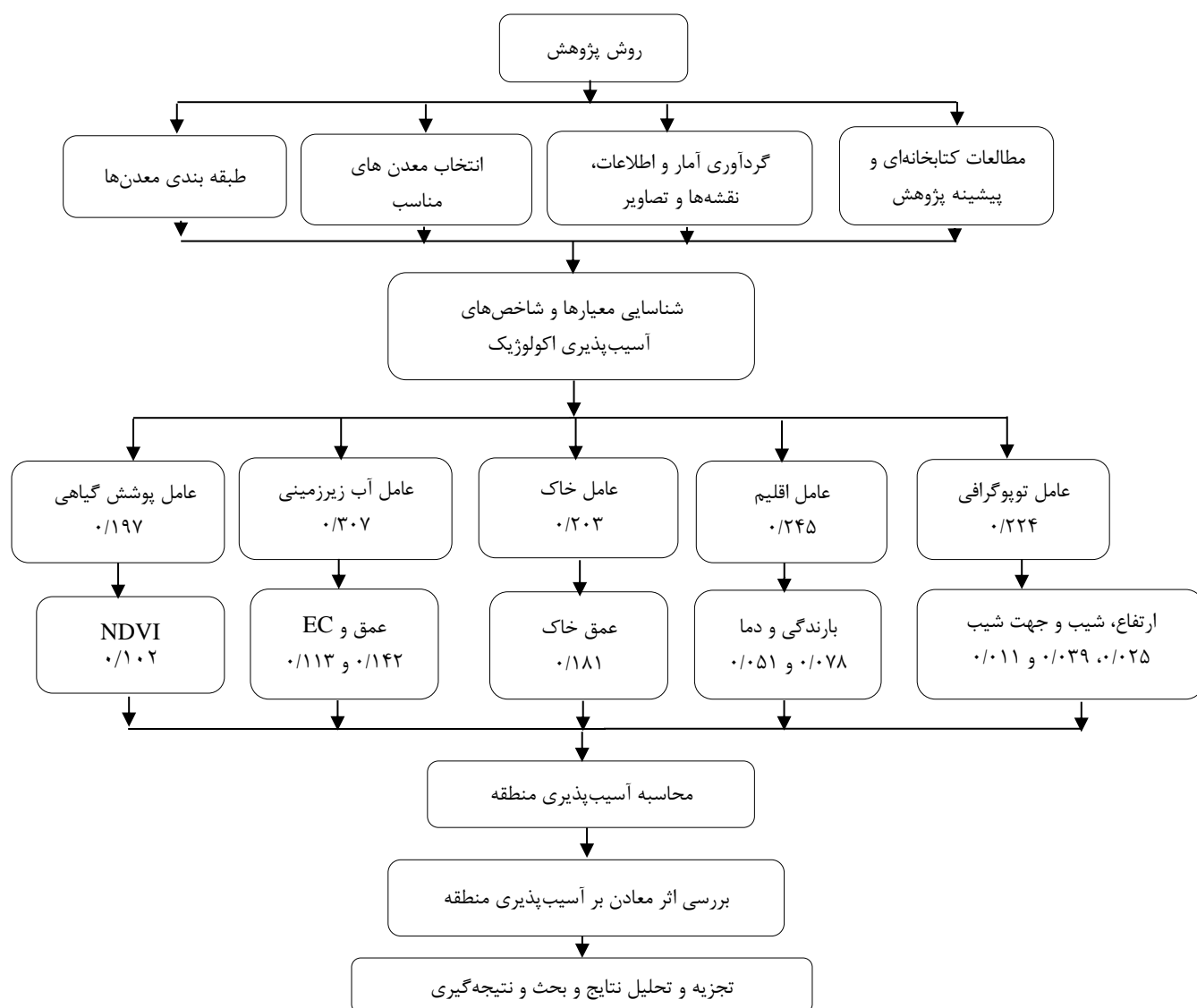
ارتفاع از سطح دریا، شیب و جهت از عوامل موثر بر محدودیت‌های بوم‌شناختی توپوگرافی می‌باشند. برای مطالعه متغیرهای بوم‌شناختی توپوگرافی، لایه ارتفاع، شیب و جهت به ترتیب به شش، هشت و پنج طبقه‌بندی و کدگذاری شدند (جدول ۵).

لایه‌های مربوط به عامل‌های توپوگرافی، اقلیم، خاک، زمین‌شناسی و پوشش گیاهی، بر پایه نظر کارشناسی (۴۳) کارشناس خبره از ادارهای منابع طبیعی و جهاد کشاورزی استان) و بررسی‌های کتابخانه‌ای امتیاز دهی شدند. به طوری که کد عددی مقدار حساسیت به آسیب‌پذیری برای هر کدام تعیین شد. عدد بیشتر نشانه آسیب‌پذیری بیشتر و عدد کمتر نشان دهنده مقاومت به آسیب‌پذیری بود (جداول ۳ تا ۵). برای وزن‌دهی به معیارها از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده گردیده شد. از این روش، نقش هر یک از عوامل تأثیرگذار در فرآیند آسیب‌پذیری محیطی در منطقه مورد مطالعه با توجه به روند وزن‌دهی معیارها و مقایسه دو به دو انجام شد. روش تحلیل

سلسله مراتبی یکی از روش‌هایی است که در فرآیند ارزیابی‌های آسیب‌پذیری بیشترین کاربرد را داشته است (۸). شکل (۲) عوامل ارزیابی و به تبع آن معیارهای هر بخش را در قالب ساختار تحلیل سلسله مراتبی همراه با اهمیت نسبی به دست آمده از روش AHP را نشان می‌دهد. در بررسی حاضر برای ارزیابی تخریب محیط‌زیست، از سامانه ادراکی محیط‌زیست بهره‌گیری شد. برای واکاوی سامانه ادراکی محیط‌زیست نیز از روش تجزیه و تحلیل ماتریسی بهره گرفته می‌شود (۱۲). در این روش، نخست ماتریسی از عوامل بوم‌شناختی موجود در سیستم ادراکی محیط زیست تهیه می‌شود. به طوری که بر اساس نمودار سامانه ادراکی محیط زیست و منطبق بودن یا نبودن در محل‌هایی که عامل‌های بوم‌شناختی با هم رابطه دارند اعداد یک و صفر درج شده و درجه اهمیت عوامل بوم‌شناختی از تفریق حاصل جمع ستون‌ها از حاصل جمع ردیف‌های متناظر به دست می‌آید (جداول ۶ و ۷) (۱۲).

جدول ۵. طبقه‌بندی و کدگذاری ارتفاع، شیب و جهت (۱۲)

ارتفاع (متر)	شیب (درصد)	جهت	کد آسیب‌پذیری
... < ۱۰۰۰	۲-۰	هموار	۱
۱۴۰۰-۱۰۰۰	۵-۲	جنوبی و غربی	۲
۱۸۰۰-۱۴۰۰	۸-۵	شمالی و شرقی	۳
۲۲۰۰-۱۸۰۰	۱۲-۸	---	۴
۲۶۰۰-۲۲۰۰	۱۵-۱۲	---	۵
۳۰۰۰-۲۶۰۰	۳۰-۱۵	---	۶
۳۴۰۰-۳۰۰۰	۶۵-۳۰	---	۷
... > ۳۴۰۰	... > ۶۵	---	۸



شکل ۲. نمای کلی از روش مطالعه و اهمیت نسبی عامل‌ها و شاخص‌ها

درجه اهمیت عوامل اکولوژیک تعیین و برای این منظور از روش تحلیل ماتریسی استفاده و لایه‌های رقومی عوامل اکولوژیک مورد مطالعه شامل عوامل توپوگرافی، زمین شناسی، اقلیمی، آب، خاک و پوشش گیاهی، تهیه شد. سپس درجه اهمیت هر یک از آن‌ها براساس روش تحلیل ماتریسی محاسبه و نقشه حساسیت آسیب‌پذیری اکولوژیک تهیه شد (رابطه ۳)، (۱۲).

$$ESI = \sum_{i=1}^{n-1} KiXi \quad (3)$$

ESI: شاخص آسیب‌پذیری اکولوژیک،  $K_i$ : درجه اهمیت عامل اکولوژیک  $i$ ام،  $X_i$ : کد آسیب‌پذیری عامل اکولوژیک  $i$ ام

در بررسی حاضر، مدل تخریب در قالب شدت آن و درجه آسیب‌پذیری بوم‌نظام تهیه شد. این مدل، یکی از شیوه‌های مدل‌سازی تحلیل سامانه‌ای است که برای شرایط ایران معرفی شده است. در مطالعه حاضر به‌منظور ساده‌سازی فرآیند تعیین آسیب‌پذیری بوم‌نظامی از روش عینیت‌گرایی (رابطه ۲) استفاده شد که در آن  $S_{ij}$  بیان‌گر درجه اهمیت عامل اکولوژیک و بدون بُعد است (۱۲).

$$S_{ij} = \sum_i^j (X_i - X_j) \quad (2)$$

$X_i$ : تعداد علائم یک در ردیف  $i$  و تعداد علائم یک در ستون  $j$  است. برای تحلیل سیستم ادراکی محیط‌زیست،

جدول ۶. درجه اهمیت عوامل گوناگون بوم‌شناختی

عامل بوم‌شناختی	درجه اهمیت	عامل بوم‌شناختی	درجه اهمیت
کیفیت آب زیر زمینی	۷	عمق خاک	۳
ارتفاع از سطح دریا	۵	عمق آب زیر زمینی	۳
شیب	۴	دما	۲
جهت	۴	پوشش گیاهی	۱
سنگ	۴	بارش	۰

جدول ۷. تحلیل نمودار ادراکی سیستم محیط زیست به روش تحلیل ماتریسی (۱۲)

عوامل	شیب	جهت	ارتفاع سنگ	عمق خاک	پوشش گیاهی	بارش	دما	عمق آب زیر زمینی	کیفیت آب زیر زمینی	جمع ردیف‌ها	درجه اهمیت عامل
شیب	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۴	۴-
جهت	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۴	۴-
ارتفاع	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۵	۵-
سنگ	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۴	۴-
عمق خاک	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۳
پوشش گیاهی	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۴	۱
بارش	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۳	۰
دما	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۲
عمق آب زیر زمینی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۳
کیفیت آب زیر زمینی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۷
جمع ستون‌ها	۰	۰	۰	۴	۵	۳	۴	۴	۷		

## ■ نتایج

### شناسایی معادن و تعیین موقعیت مکانی

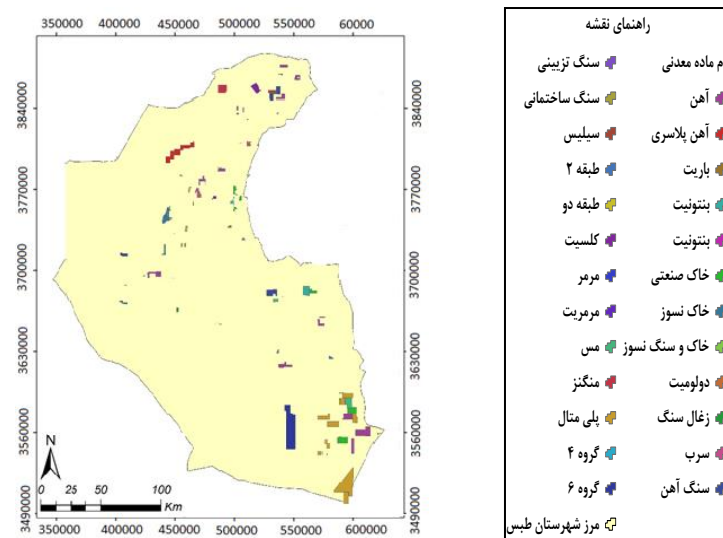
بررسی وضعیت معادن در شهرستان طبس نشان داد، که ۱۵/۳۲٪ از سطح این منطقه دارای ۲۱۴ نوع معدن و ۸۶ معدن اکتشافی (۲/۹۶٪ از کل منطقه) است. بزرگترین و کوچکترین معدن اکتشافی به ترتیب پلی‌متال و خاک صنعتی است. بیشترین پراکنش این معادن در بخش‌های شمال‌شرقی، غرب و جنوب‌شرقی است (شکل ۳).

### تأثیر عوامل توپوگرافی بر محدودیت بوم‌شناختی

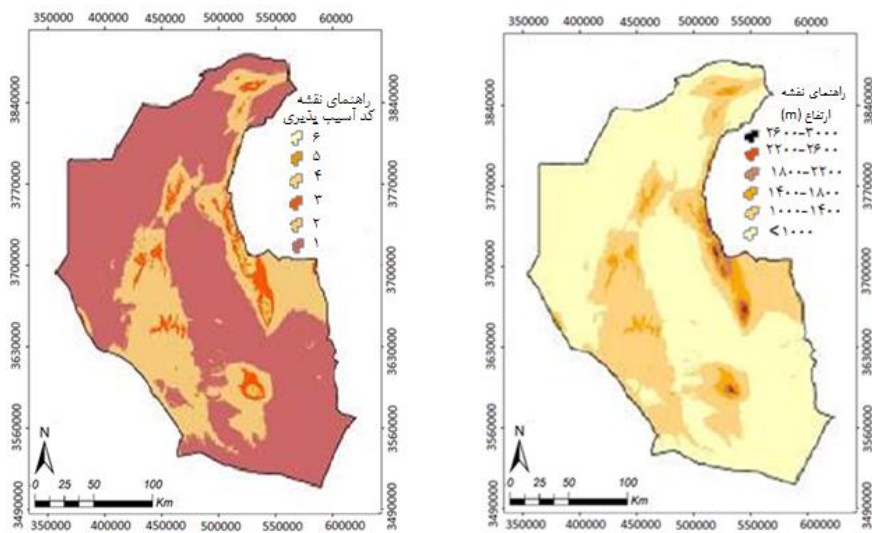
#### الف- ارتفاع

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل و جمع‌بندی داده‌ها برای نقشه ارتفاع منطقه مطالعاتی نشان دهنده طبقات ارتفاعی

کمتر از ۱۰۰۰ m تا ۳۰۰۰ m است. برپایه بررسی‌های انجام شده، ارتفاع کمتر از ۱۰۰۰ m بیشترین سطح منطقه مورد مطالعه را به خود اختصاص داد. بیشترین سطح از منطقه در طبقه یک و ارتفاع کمتر از ۱۰۰۰ m با ۶۶/۱٪ و دومین سطح مربوط به طبقه دو با ۲۸/۸٪ سطح منطقه مورد مطالعه مشاهده شد (شکل ۴). در شهرستان طبس ۶ کد آسیب-پذیری مشاهده شد، به طوری که ۹۴ درصد منطقه مربوط به کدهای آسیب‌پذیری ۱ و ۲ بود، اما کمترین سطح در شهرستان طبس مربوط به کد آسیب‌پذیری ۶ با سطحی برابر با ۰/۰۳٪ بود. بنابراین نتایج فوق نشان داد که عامل بوم‌شناختی ارتفاع در این منطقه از حساسیت زیادی برخوردار نیست.



شکل ۳. تقسیم بندی معادن اکتشاف



شکل ۴. نقشه‌های توزیع طبقات ارتفاع (m) و آسیب پذیری آن‌ها در شهرستان طبس

## ب- شیب

عامل توپوگرافی شیب یکی از عوامل موثر بر محدودیت‌های بوم‌شناختی می‌باشد. نقشه شیب منطقه در قالب ۸ طبقه، طبقه‌بندی شد (شکل ۵). نتایج نشان داد بیشترین سطح در منطقه مورد مطالعه را دو شیب ۲-۵ و ۸-۵٪ به خود اختصاص داده‌اند. کمترین سطح مربوط به شیب بیشتر از ۶۵٪ بود. کد آسیب‌پذیری عامل شیب در شهرستان طبس در محدوده ۱ تا ۸ مشاهده شد. دو کد آسیب‌پذیری ۲ و ۳، بیشترین سطح از منطقه مورد مطالعه دربرگرفته است که بالغ بر ۴۵٪ از کل منطقه بود. کد آسیب‌پذیری ۸، با مساحت ۱۴٪، کمترین سطح از منطقه مورد مطالعه را به خود اختصاص داده است. کدهای آسیب‌پذیری ۱ تا ۷، در

تمام سطح منطقه توزیع شده است اما کد آسیب‌پذیری ۸، به صورت قسمت‌های کوچکی در شمال شرق، شرق و مرکز حوزه مشاهده شد.

## ج- جهت

بررسی جهت در منطقه مورد مطالعه نشان داد که شهرستان طبس دارای ۵ طبقه دشت، شمال، جنوب، شرق و غرب بود (شکل ۶). تقریباً تمام جهت‌ها دارای مساحت یکسانی در منطقه مورد مطالعه هستند. به جز حالت دشت که کمترین درصد را دارد. از نظر آسیب‌پذیری، جهت شیب در منطقه طبس در طبقه ۱ تا ۳ واقع شد، به طوری که بیشتر از ۴۷٪ منطقه با حساسیت بوم‌شناختی زیاد و کد

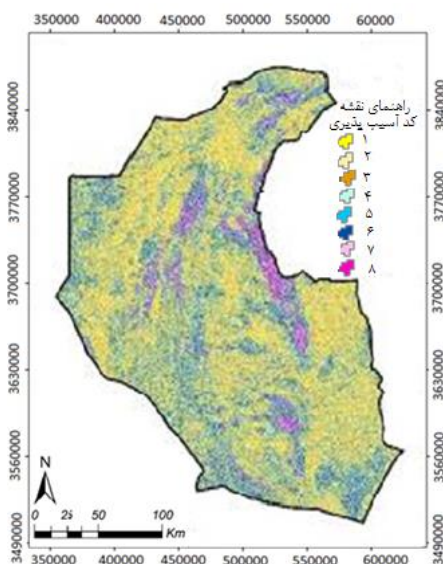


منطقه مورد مطالعه سه طبقه عمق خاک ۰-۱۰، ۱۰-۲۵ و ۲۵-۲۹/۲ سانتی‌متر مشخص شد (شکل ۷). نتایج نشان داد بخش زیادی از منطقه دارای خاک کم‌عمق (۰-۱۰ cm) با مساحت ۸۶/۵ درصد بود. کمترین سطح از شهرستان طبس را خاک‌های با عمق ۲۵ تا ۲۹/۲ سانتی‌متر به خود اختصاص داده‌اند. شهرستان طبس دارای ۳ کد آسیب‌پذیری شامل ۴ تا ۶ بود. به‌طوریکه بیشترین و کمترین سطح منطقه مورد مطالعه به ترتیب مربوط به کد آسیب-پذیری ۶ و ۴ بود. کد آسیب‌پذیری ۶ در اکثر بخش‌های منطقه توزیع شده در حالی که کد آسیب‌پذیری ۴ به صورت بخش کوچکی در قسمت شرقی منطقه مشاهده شد.

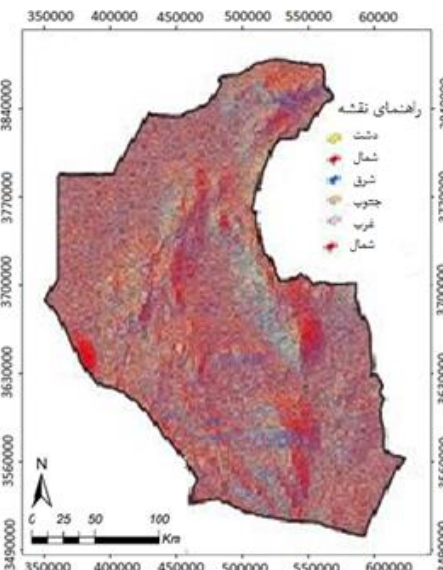
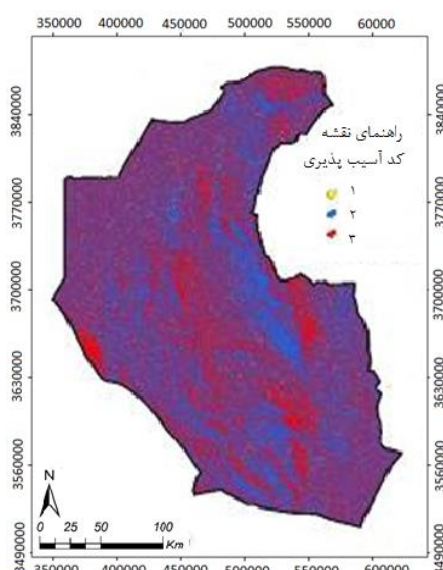
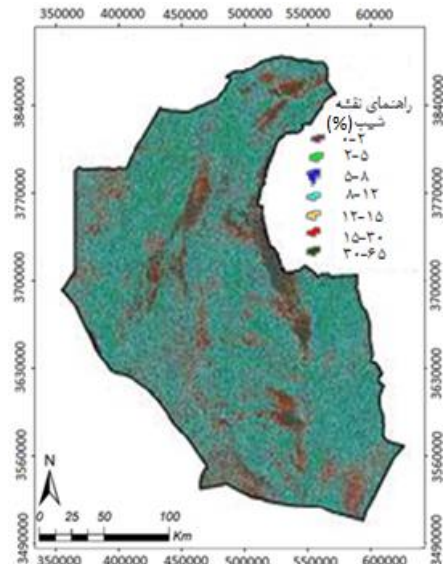
آسیب‌پذیری ۳ بود. از سوی دیگر کمترین کد آسیب‌پذیری یعنی کد ۱ مربوط به دشت بود که تقریباً در بخش‌های غربی و شرقی منطقه مشاهده شد. عامل بوم‌شناختی جهت در شهرستان طبس دارای حساسیت بوم‌شناختی نسبتاً زیادی است.

### تأثیر عامل خاک بر محدودیت بوم‌شناختی

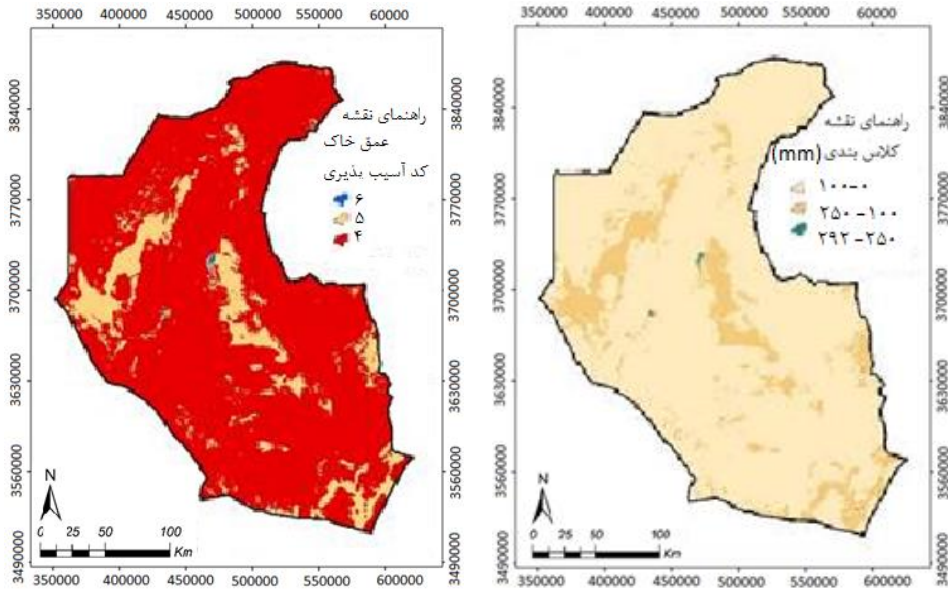
خاک از جمله عوامل مهم دیگری است که بر محدودیت-های بوم‌شناختی موثر می‌باشد. از نظر خاک‌شناسی از مجموع ۹ تیپ متداول در ایران، در شهرستان طبس، ۳ واحد شناسایی و اطلاعات آن ثبت شد. بر این اساس در



شکل ۵. نقشه‌های توزیع طبقات شیب (%) و آسیب‌پذیری آن‌ها در شهرستان طبس



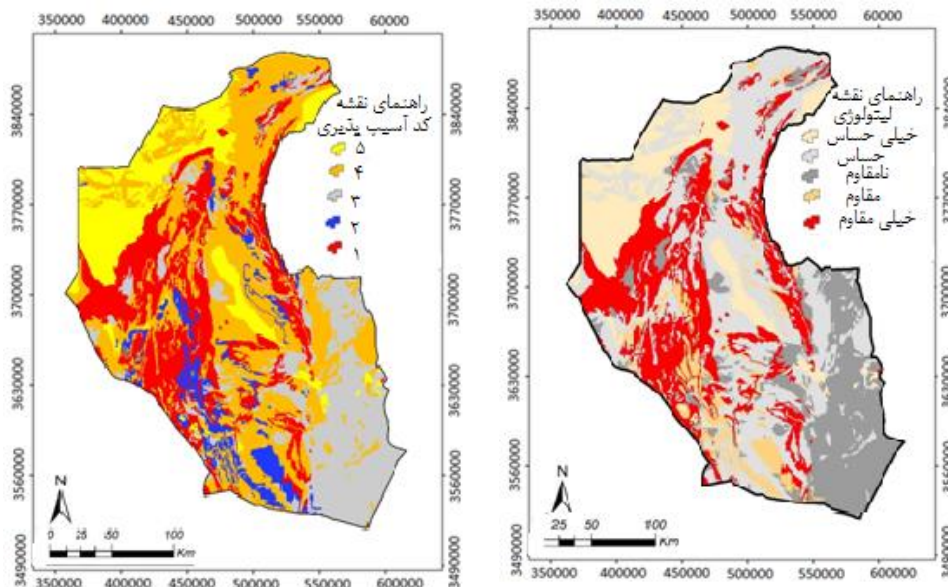
شکل ۶. نقشه‌های جهت و آسیب‌پذیری آن‌ها در شهرستان طبس



شکل ۷. نقشه‌های عمق خاک و آسیب پذیری آن‌ها در شهرستان طبس

طبس برای عامل زمین‌شناسی کد آسیب پذیری ۱ تا ۵ شناسایی شد (شکل ۸). در منطقه مورد مطالعه بیشترین سطح مربوط به کد آسیب پذیری ۴ و کمترین مربوط به کد آسیب پذیری ۲ بود، بنابراین منطقه از نظر عامل بوم‌شناختی زمین‌شناسی، دارای حساسیت بوم‌شناختی بالا بود. نتایج نشان‌گر حساسیت و تأثیر بیش‌تر این عامل در شهرستان طبس است.

تأثیر عامل زمین‌شناسی بر محدودیت بوم‌شناختی بر اساس نقشه‌های رقومی سنگ‌شناسی برگرفته شده از اداره منابع طبیعی (۲۰)، کل محدوده طبس از ۸۱ واحد سنگی مختلف در ۶۱۲ پلی‌گون تشکیل شد. این عامل به ۵ طبقه طبقه‌بندی شد (شکل ۸). نتایج نشان داد طبقه حساس و سخت به ترتیب با مساحت برابر با ۳۷/۷ و ۶/۳۴٪ به ترتیب بیشترین و کمترین سطح از منطقه مورد مطالعه را به خود اختصاص داد. بر همین اساس در شهرستان



شکل ۸. نقشه‌های طبقه‌بندی حساسیت لیتولوژی و آسیب پذیری آن‌ها در شهرستان طبس

اختصاص داده‌اند. کد آسیب‌پذیری ۳ با مقدار NDVI حداکثر در بخش شرقی و جنوب غربی قرار گرفته‌اند. در حالی که کد آسیب‌پذیری ۵ با NDVI حداقل در بخش‌های غربی و شمال غربی منطقه مورد مطالعه مشاهده شد.

### تأثیر عامل آب زیرزمینی بر محدودیت بوم‌شناختی

#### الف- عمق آب زیرزمینی

برای بررسی مقدار تأثیر آب زیرزمینی بر محدودیت‌های بوم‌شناختی، اختلاف عمق آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه بررسی شد. نتایج بررسی عمق آب زیرزمینی در شهرستان طبس نشان داد، حداقل عمق آب زیرزمینی در منطقه، ۲ m بود، در حالی که حداکثر عمق ۱۰۹ m در کل منطقه بود. عمق آب زیرزمینی برای شهرستان طبس در ۵ طبقه مختلف طبقه‌بندی شد (شکل ۱۰)، به طوری که عمق ۲۶ تا ۳۳ متر با بیشترین مساحت ۲۴۳۸۶۸۸/۶ha برابر با ۴۱/۷۵٪ از منطقه مورد مطالعه را به خود اختصاص داد. عمق ۱۰۹-۵۸ m با مساحت ۳۷۶۴۰/۹۴ha کمترین سطح از منطقه مورد مطالعه را شامل شد. در منطقه مورد مطالعه، نقشه کد آسیب‌پذیری برای عمق آب زیرزمینی نیز ترسیم شد، براساس این نقشه، کد آسیب‌پذیری از ۱ تا ۵ برای منطقه مورد مطالعه شناسایی شد. نتایج بررسی این نقشه نشان داد بیشترین و کمترین کد آسیب‌پذیری شامل ۲ و ۵ بود. طبقه آسیب‌پذیری ۲ در اکثر نقاط از کل منطقه و طبقه آسیب‌پذیری ۴ و ۵ به صورت تکه‌های کوچکی در نواحی شرقی، غرب و جنوبی مشاهده شد.

#### ب- هدایت الکتریکی آب زیرزمینی (EC)

به منظور بررسی کیفیت آب زیرزمینی در مطالعه حاضر، از شاخص هدایت الکتریکی استفاده شد. بیشترین و کمترین مقدار این شاخص در منطقه مورد مطالعه به ترتیب ۳۸۷ و ۲۰۰۰ میکروزیمنس بر متر بود که در ۵ طبقه شامل ۱ تا ۵، طبقه‌بندی شد (شکل ۱۲). نتایج نشان داد طبقه ۱ شامل ۲۷۷۱-۳۸۷ میکروزیمنس بر متر با مساحت حدود ۳ ha میلیون و طبقه ۵ شامل ۲۰۰۰-۱۱۰۷۷ با مساحت ۱۱۵۰۰ ha به ترتیب بیشترین و کمترین سطح از منطقه مورد مطالعه را به خود اختصاص داده‌اند.

تأثیر عوامل اقلیمی بر محدودیت بوم‌شناختی (دما و بارش) متغیرهای اقلیمی، از عامل‌های مهم و بسیار تأثیرگذار، بر محدودیت‌های بوم‌شناختی می‌باشند. بررسی نتایج نشان داد که، میانگین دما و بارندگی سالانه به ترتیب  $21/6^{\circ}\text{C}$  و  $84\text{ mm}$  برآورد شده است. نتایج بیانگر این است که میانگین دمای سالانه بیشتر از  $15$  درجه سانتی‌گراد است و تنها کد آسیب‌پذیری برای عامل دما در این شهرستان، کد ۱ بود. در جدول ۷ مساحت این طبقه دمایی و کد آسیب‌پذیری نشان داده شده است. نتایج بارندگی نشان دهنده بارندگی  $80\text{ mm}$  تا  $230\text{ mm}$  در منطقه مورد مطالعه بود (جدول ۸). عامل بارش در منطقه مورد مطالعه فقط در دو طبقه طبقه‌بندی قرار گرفت، به طوری که طبقه  $185-80/6$  با بیشترین مساحت و طبقه بارندگی  $185$  تا  $230$  به صورت بخش کوچکی در نواحی شرقی منطقه مشاهده شد. به علاوه، در این منطقه کد آسیب‌پذیری ۷ و ۸ شناسایی شد، به طوری که بیشترین و کمترین سطح به ترتیب مربوط به کد ۸ و ۷ با مساحت  $99/47$  و  $0/57$  درصد بود. کد آسیب‌پذیری ۸ در تمام سطح منطقه توزیع شده در صورتی که کد آسیب‌پذیری ۷ فقط در حاشیه شرقی منطقه قرار گرفته است. بنابراین عامل اقلیمی بارندگی در منطقه دارای حساسیت بوم‌شناختی زیادی می‌باشد.

### تأثیر عامل پوشش گیاهی بر محدودیت بوم‌شناختی

در پژوهش حاضر به منظور بررسی تأثیر پوشش گیاهی در محدودیت‌های بوم‌شناختی در شهرستان طبس، از NDVI استفاده شد. در منطقه مورد بررسی، کمینه و بیشینه مقدار NDVI به ترتیب  $-0/19$  و  $0/464$  بود (شکل ۹). نقشه NDVI و تراکم پوشش گیاهی طبس، نشان می‌دهد که بیش‌ترین وسعت منطقه مورد مطالعه شامل  $4704368/5$  طبقه  $0/1-0/05$  NDVI با پوشش گیاهی تنک، قرار گرفته است. بیشترین مقدار پوشش گیاهی بر اساس NDVI در طبقه  $0/464-0/1$ ، با وسعت  $937697/5$  در حاشیه شرقی و نواحی جنوب‌غربی مشاهده شد. در این منطقه برای عامل پوشش گیاهی ۳ کد آسیب‌پذیری شامل ۳، ۴ و ۵ مشاهده شد (شکل ۹). کد آسیب‌پذیری ۴ و ۵ به ترتیب با مساحت  $80/52$ ٪ و  $3/41$ ٪ بیشترین و کمترین سطح از منطقه مورد مطالعه را به خود

جدول ۸. عامل بوم شناختی دما و بارش و کد آسیب پذیری آن‌ها

کد آسیب پذیری	مساحت (%)	مساحت (ha)	طبقه‌بندی عامل	عامل بوم شناختی
۱	۱۰۰	۵۸۴۱۷۳۳	>۱۵	دما (°C)
۸	۹۹/۴۷	۵۸۱۰۸۲۱/۸	۸۰/۶ - ۱۸۵	بارش (mm)
۷	۰/۵۳	۳۰۸۴۴/۶	۱۸۵ - ۲۳۰	

بیشترین مقدار آسیب‌پذیری بوم شناختی برابر ۱۳۵ و کم‌ترین مقدار آن ۴۷ بود (جدول ۹).

به علاوه، بر اساس اطلاعات به دست آمده از شکل‌ها و جداول و نیز روش تحلیل ماتریسی، در منطقه طبس کیفیت آب زیرزمینی با درجه اهمیت ۷ بیشترین و بارش با درجه اهمیت صفر کمترین امتیاز را به خود اختصاص داد (جدول ۶).

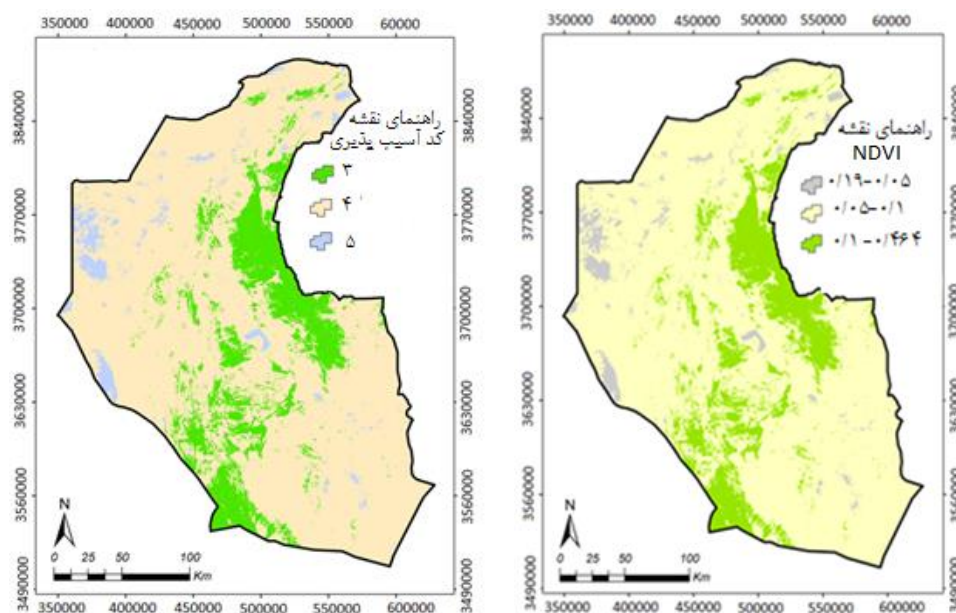
بر مبنای روش تعیین آسیب‌پذیری بر مبنای اصل مقادیر حدی این روش هر چه مقدار عامل بوم شناختی به مقادیر حدی یا بحرانی خود نزدیک شود، آسیب‌پذیری آن بوم‌نظام بیشتر می‌شود (۱۲).

در این مطالعه همچنین نقشه کد آسیب‌پذیری مربوط به شاخص EC نیز تهیه شد. براساس این نقشه، کد آسیب‌پذیری از ۱ تا ۵ شناسایی شد.

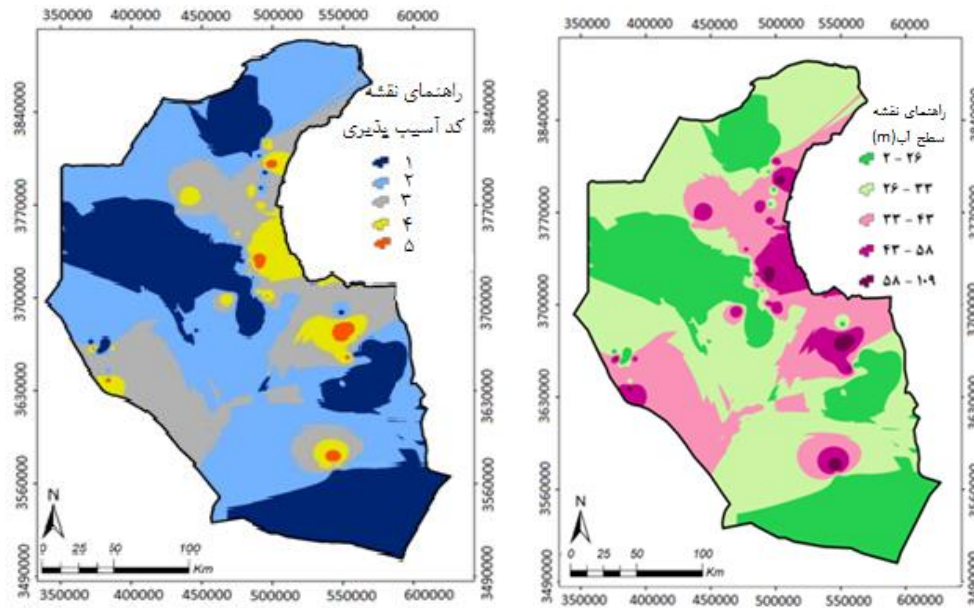
بیشترین و کمترین سطح از منطقه مورد مطالعه به ترتیب مربوط به کد آسیب‌پذیری ۱ و ۵ بود. با توجه به نقشه آسیب‌پذیری، کد آسیب‌پذیری ۱ در نواحی شمال و جنوبی قرار گرفته‌اند، در حالی که کد آسیب‌پذیری ۵ به صورت بخش کوچکی در نواحی شرقی مشاهده شد.

#### حساسیت بوم‌شناختی در معادن اکتشافی

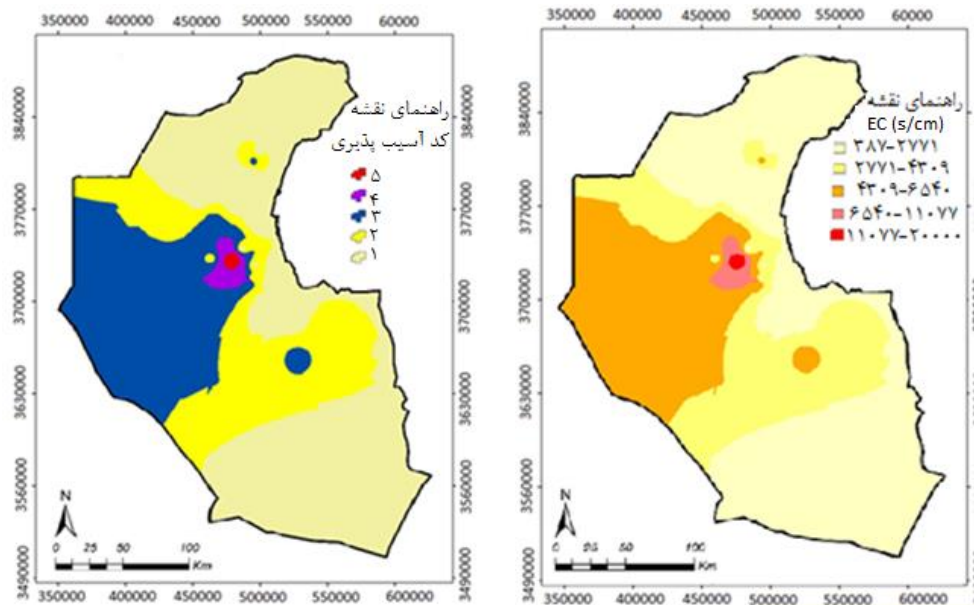
نتایج بررسی شاخص‌های آسیب‌پذیری بوم شناختی برای شهرستان طبس نشان داد که پژوهش حاضر



شکل ۹. نقشه‌ی NDVI و آسیب‌پذیری پوشش گیاهی در منطقه‌ی طبس



شکل ۱۱. نقشه های سطح آب زیرزمینی (m) و آسیب پذیری آن در منطقه ی طبس



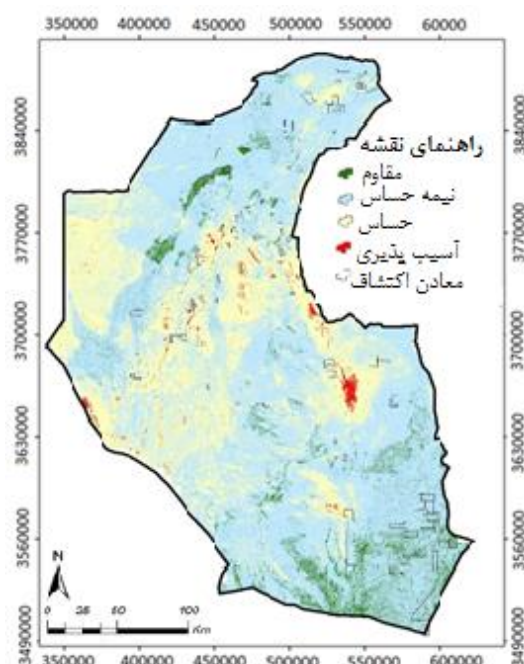
شکل ۱۲. نقشه های کیفیت آب زیرزمینی (میکروزیمنس بر متر) و آسیب پذیری آن در منطقه ی طبس

با توجه به زیاد بودن سطح مناطق نیمه حساس (رنگ آبی) در منطقه مورد مطالعه بیشترین معادن در این طبقه واقع شده اند، در حالی که در مناطق مقاوم (رنگ سبز) و حساس (رنگ زرد) معادن گسترش مشابهی داشتند (شکل ۱۳). نواحی جنوبی و شمالی شهرستان بیشترین مقاومت و ناحیه ای کوچک در مرکز و شرق (نقاط قرمز رنگ در نقشه) دارای آسیب پذیری زیادی هستند. با توجه به شکل، بخش های آسیب پذیر، میزان کمتری از سطح منطقه را شامل بود.

نتایج نشان داد مناطق نیمه حساس با ۶۴/۲۱ و مناطق آسیب پذیر با ۰/۷۸ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین سطح را در منطقه مورد مطالعه به خود اختصاص داده اند. بنابراین می توان اظهار داشت که تمامی نواحی منطقه، تحت پوشش طبقات نیمه حساس تا آسیب پذیر قرار گرفته است و تنها بخش های جزئی از آن برابر ۴/۶۳ درصد، در مناطق شمالی طبس، دارای طبقه بوم شناختی مقاوم هستند.

## جدول ۹. طبقه‌بندی شاخص آسیب پذیری بوم شناختی

میزان آسیب پذیری بوم شناختی	دامنه تغییرات مقادیر آسیب پذیری بوم شناختی
مقاوم	۴۷-۶۹
نیمه حساس	۶۹-۹۱
حساس	۹۱-۱۱۳
آسیب پذیر	۱۱۳-۱۳۵



شکل ۱۳. نقشه حساسیت بوم‌شناختی معادن در حال اکتشاف در شهرستان طبس

## ■ بحث و نتیجه‌گیری

بررسی هدایت الکتریکی آب زیرزمینی بر اساس میزان معدن کاری در کل منطقه متغیر بود و نسبت به تغییرات عمق آب، از آسیب‌پذیری بیشتری برخوردار بود. در پژوهش اکثر محققان هدایت الکتریکی و عمق آب زیرزمینی به عنوان عوامل محیطی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج بیشتر پژوهشگران در این زمینه نشان می‌دهد که این عوامل بوم‌شناختی، آسیب‌پذیری متفاوتی در رابطه با مناطق مختلف وجود دارد. در پژوهشی با عنوان ارزیابی آسیب‌پذیری بوم‌نظام‌ها در منطقه معدن زغال سنگ بیان شد که گسترش معادن، بوم‌نظام این مناطق را آسیب‌پذیر کرده است (۱۲). آسیب‌پذیری بوم‌نظام‌ها، مرهون برداشت بیش از حد منابع معدنی و در نتیجه آن تأثیر در مقدار

هدایت الکتریکی و افزایش عمق آب زیرزمینی است (۲۲). در ارزیابی شدت تخریب منابع آب زیرزمینی در دشت شیراز استان فارس نشان داده شد که شاخص هدایت الکتریکی بیش‌ترین تأثیر را در آسیب‌پذیری منابع آب زیرزمینی دشت شیراز دارد (۱).

با توجه به این که بیشترین مساحت از شهرستان طبس مربوط به شیب ۲-۵ و ۸-۵، که بالغ بر ۴۵ درصد منطقه رو به خود اختصاص داده‌اند. بر اساس این نتایج، عامل بوم‌شناختی شیب، حساسیت بیشتری نسبت به ارتفاع در منطقه است. در پژوهشی نشان داده شد، عوامل شیب و ارتفاع از سطح دریا، تأثیرپذیرترین و آسیب‌پذیرترین عوامل هستند (۲۲). در تحقیقی، در ارزیابی مبانی آسیب‌پذیری با تأکید بر مولفه‌های آسیب‌پذیری زیست محیطی نشان

معیارهای زیادی برخوردار بوده و آسیب‌پذیری محیطی را باید با عوامل متعدد اقلیمی و هواشناسی، زمین‌شناسی، پوشش گیاهی و غیره بررسی کرده است (۵). در پژوهشی اظهار شد به دنبال توسعه معادن ضمانتی برای حفظ تعادل محیط‌زیستی نیست و سلامت طبیعت‌مورد تهدید قرار می‌گیرند و در واقع، محیط زیست پایدار با صنعت و توسعه آن در تضاد است (۳). بدیهی است اتخاذ تصمیم‌های فوری حفاظت از سطوح دارای حساسیت برای جلوگیری از تخریب در اراضی در زمان استخراج و بهره‌برداری امری ضروری است. در نتیجه، تغییر در هر یک از این عوامل موجب تغییرهای شدیدتری بر دیگر سازه‌های بوم‌شناختی، در شهرستان طبس خواهد شد. بنابراین در نظر گرفتن الگوی مناسب و تعیین اولویت‌های مکانی براساس میزان آسیب‌پذیری برای عملیات بهره‌برداری معادن از اهمیت به‌سزایی در منطقه مورد مطالعه برخوردار است. از این اطلاعات می‌توان در شناخت دقیق مناطق تخریب شده و یا رو به تخریب استفاده نمود و در مدیریت اصولی و احیای منطقه بهره‌جست. همچنین این نتایج در بهبود وضعیت نقاط تغییر یافته طی عملیات معدن‌کاری در منطقه بررسی شده و دیگر مناطق مشابه از نظر اکولوژیک، مناسب است.

داده شد که عوامل اقلیمی شامل دما و بارش و عوامل توپوگرافی شامل شیب، ارتفاع و جهت از بیش‌ترین حساسیت برخوردار هستند (۸) در تحقیق حاضر به طور کلی عوامل محیطی و معدن‌کاری، نقش عمده‌ای در شاخص گیاهی مورد مطالعه، در منطقه داشتند. با کاهش تراکم پوشش گیاهی آسیب‌پذیری در این مناطق بیشتر می‌شود. در نواحی شرقی و جنوب‌غربی درصد پوشش گیاهی بیشتر و با طبقه آسیب‌پذیری حساس است. مناطق جنوبی شهرستان نسبت به شمال آن، مقاوم‌تر بوده ولی سطح آن‌ها کم و پراکنده هستند. این کاهش سطح، کاهش تراکم پوشش گیاهی در سطح عرصه‌های معدن‌کاری و به ویژه کم شدن مقدار علوفه را به همراه دارد. که موجب تأثیر منفی بر چرای دام و دامداری نیز خواهد شد. این نتیجه در راستای پژوهش‌هایی است که بیان کردند معدن‌کاری باعث کاهش معنی‌دار تراکم و درصد پوشش گیاهی در مراتع حریم معدن شده است و یکی از عوامل تخریب چراگاه‌ها است (۱۹ و ۱۲). که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارند. پیش‌بینی می‌شود در نواحی غرب و مرکز شهرستان طبس، به دلیل تراکم ناچیز پوشش گیاهی، محدودیت‌های بوم‌شناختی بیشتر شود. در نتیجه تخریب و فرسایش نیز بیشتر به وجود آید. ارزیابی حساسیت‌های بوم‌شناختی در مناطق خشک در عرصه‌های معادن در کشور لهستان، نشان داده است که ارزیابی آثار زیست‌محیطی در این کشور، از

## ■ References

1. Barzegar, S. & Masoudi, M. (2019). Degradation severity assessment of groundwater resources using the modified version of IMDPA and GIS in Shiraz plain, Fars *Environmental Science and Technology*, 21(3), 47-57. (in Farsi)
2. Behbahani, N., Fallah Shamsi, R., Erfanfard, Y., & Ramezani, M. (2010) Using vegetation indices of ASTER-L 1B imagery to estimate single tree crown cover in arid rangelands. Case study; tag Ahmad Shahi - South Khorasan, *Range*, 4 (1), 93-103. (in Farsi)
3. Ebrahimi M., Masoodipour A.R. & Rigi, M. (2015). Role of Soil and Topographic Features in Distribution of Plant Species (Case study: Sanib Taftan Watershed). *Ecopersia*, 3(1), 917-932.
4. Chang, I.S., Wang, W., M., Jing, W., Sun, Y. & Rong, H. (2018). Environmental impact assessment follow-up for projects in China: Institution and practice, *Environmental Impact Assessment Review*, 73(1), 7-19.
5. Custodio, E., del Carmen Cabrera, M., Poncela., L. Puga, O., Skupien, E. & del Villar, A (2016). Groundwater intensive exploitation and mining in Gran Canaria and Tenerife, Canary Islands, Spain: Hydrogeological, environmental, *Economic and social aspects. Science of the Total Environment*, 557-558, 425-437.

6. Galas, S. & Galas, A. (2016). The qualification process of mining projects in environmental impact assessment: Criteria and thresholds, *Resources Policy*, 44(1), 204-212.
7. Grau, J., Anton, J. M. & Tarquis, A. M. (2007). MCDM Methods for Waste Management Planning in a rural Area, Proceedings of CITSA 2007, Session Soft Computing and Signal Processing, Orlando Florida, USA, p.15-17.
8. Guillermo, N.E., Reyes, D., González M., Esar, A., Ilizaliturri, H., Jesús, M.S., Gabriela, C. & Rogelio, C. (2014). Effect of Mining Activities in Biotic Communities of Villa de la Paz, San Luis Potosi, Mexico. *Biomed Research International*, 13, 10-16.
9. Hagh Naderi, F., Afzali, A. & Mirzaei, R. (2017). A Review of the Basics of Vulnerability with Emphasis on the Components of Environmental Vulnerability, 4th International Conference on Environmental Planning and Management, Tehran, Faculty of Environment, University of Tehran. (in Farsi)
10. Hong, J., Riley, E. & Harris. (2017). Sensitivity evaluation and land-use control of urban ecological corridors: A case study of Shenzhen, China. *Land Use Policy*, 62, 316-325.
11. Horsley, J., Prout, S., Tonts, M. & Ali, S.H. (2015). Sustainable livelihoods and indicators for regional development in mining economies. *The Extractive Industries and Society*, 2(2), 368-380.
12. Jabarian, B. (1996). Evaluation of environmental effects of Amirkabir Dam by environmental destruction model method and with emphasis on computer programming. Master Thesis in Environmental Planning, Faculty of Environment, University of Tehran. (in Farsi)
13. Jozaqian, A., Bashari, H., Pahlavanravi, A. & Ajorlo, M. (2016). The Impacts of Clay and Gypsum Mining on Vegetation and Soil Conditions in Arid Ecosystems (Case Study: Segzi-Isfahan). *Applied Ecology*, 5(15), 65-75. (in Farsi)
14. Kattaa, B, et al., 2015. Groundwater vulnerability assessment for the Banyas Catchment of the Syrian coastal area using GIS and the risk method. *Environmental Management*, 91, 1103-1110.
15. Malekmohammadi, B., & Rahimi Blouchi, L. (2014). Ecological risk assessment of wetland ecosystems using Multi Criteria Decision Making and Geographic Information System. *Ecological indicators*, 41, 133-144.
16. Mancini, L. & Sala, S. (2018). Social impact assessment in the mining sector: Review and comparison of indicators frameworks. *Resources Policy*, 57(1), 98-111.
17. Nasiri, H., Alavipanah, S., Matinfar, H., Azizi, A. & Hamzeh, M. (2012). Implementation of Agricultural Ecological Capability Model Using Integrated Approach of PROMETHEE II and Fuzzy-AHP in GIS Environment (Case Study: Marvdasht county), *Environmental Studies*, 38(3), 109-122. (in Farsi)
18. Sepehr, A., Ekhtesasi, M. R. & Almodaresi, S.A. (2012). Development of Desertification Indicator System Base on DPSIR (Take advantages of Fuzzy-TOPSIS), *Geography and Environmental Planning*, 45(1), 33-50. (in Farsi)
19. Shekoofe, N. (2000). Evaluation of the effects of mineral and metal activities on the environment. Third Conference on Safety, Health and Environment in Mines and Mining Industries, Tehran, National Iranian Steel Company, East Alborz Coal Company. (in Farsi)
20. Siab Ghodsi, A. A. & Monajati Maleki, J. (1397). Environmental effects of mines and the dangers faced by miners, Regional Conference on Pathology of Mining-Environmental Challenges, Miandoab, Organizer of Higher Education Center Shahid Bakeri Miandoab, Department of Geology, Urmia University. (in Farsi)
21. Tabas County Department of Natural Resources and Watershed management. .2018.
22. Tibbet, M. (2015). Mining in ecologically sensitive landscapes: concepts and challenges. CSIRO Publishing.



23. Wang, D., Zheng., Ma, X., Song, G & Liu, Y. (2016). Assessing industrial ecosystem vulnerability in the coal mining area under economic fluctuations. *Cleaner Production*. 52, 444-567.
24. Zamani, H., Heshmatpour, A. & Borhani, M. (2013). The study of some ecological factors in the distribution of rangeland plant species, the first national conference on sustainable agriculture and natural resources, Tehran, Mehr Arvand Higher Education Institute, Environmental Lovers Promotion Group and the Nature Protection Association of Iran. (in Farsi)
25. <http://www.irimo.ir/far/index.php>
26. <http://www.skhrw.ir/>

## **Assessing the Impact of Conceding Mines on the Vulnerability of Tabas Ecosystems**

S. M. M. Mousavian<sup>1</sup>, A. A. Vali\*<sup>2</sup>, S. H. Mousavi<sup>3</sup>

1. Ph. D of Combat Desertification, Department of Desert Control, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Kashan, Kashan, Iran.
  2. Associate Professor, Department of Desert Control, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Kashan, Kashan, Iran.
  3. Assistant Professor, Department of Ecotourism, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Kashan, Kashan, Iran.
- \* Corresponding Author: vali@kashanu.ac.ir

Received date: 06/05/2020

Accepted date: 09/08/2020

### **Abstract**

Mining is considered one of the dimensions of development that human activities affect ecosystems. In land sustainable management (LSM), ecosystem changes that occur in areas during mining -as one of the appropriate measures to determine the ecological vulnerability- is very important. In the present study, based on ecological sustainability, environmental degradation model of Tabas city were evaluated and classified. In this regard, a set of environmental factors including topography, vegetation, climate, groundwater, soil, and geology data layers were prepared using satellite images and stationary data. According to the results, environmental factors of topographic, precipitation, and vegetation have the highest sensitivity, respectively. According to studies, mines accounted for 15.3 percent of the study area. Most exploratory mines were classified in a semi-sensitive class. Soil and geological (edaphic) factors with the highest ecological limitation were more diverse than other factors in this region. Accordingly, due to the high sensitivity of the soil and the possibility of erosion, especially in areas with low vegetation or barren lands in eastern and southwestern areas that have more vulnerable, should be less priority in mining activities.

**Keywords:** Development; Exploitation; Vegetation sensitivity; Topographic factors; Arid lands; Ecological constraints