پهنه‌بندی ریسک بیابان‌زایی ناشی از تخریب منابع آب با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (مطالعه موردی: کاشان)

سارا پیش‌یار، حسن خسروی*، علی طویلی و آرش ملکیان[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۶/۲۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۲۶)

چکیده

در مطالعه حاضر به‌منظور بررسی وضعیت تخریب منابع آب دشت کاشان ابتدا هشت شاخص افت آب‌زیرزمینی، نسبت توسعه چاه به قنات، شوری آب، راندمان آبیاری، میزان ساعت پمپاژ، کمبود منابع آب مورد استفاده دام و انسان و میزان بیلان منفی آب با توجه به تحقیقات صورت گرفته در این زمینه در ایران و جهان و مدل‌های ارزیابی موجود تعیین شدند و با استفاده از مدل مدالوس، نقشه وضعیت بیابان‌زایی منطقه با استفاده از هشت شاخص اولیه تهیه شد. در مرحله بعد با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره شاخص‌ها وزندهی شدند و شاخص‌هایی که در مدل تاپسیس وزن بیشتر از ۰/۵ داشتند به‌عنوان مؤثرترین شاخص‌های تعیین شدند و نقشه وضعیت بیابان‌زایی منطقه با استفاده از مؤثرترین شاخص‌ها نیز تهیه شد و نقشه‌های نهایی به‌دست آمده از دو روش با هم مقایسه شد. نتایج پژوهش نشان داد که از میان شاخص‌های رتبه‌بندی شده شاخص‌های افت آب زیرزمینی، شوری آب، میزان ساعت پمپاژ و میزان بیلان منفی بیشترین تأثیر را در تخریب منابع آب منطقه مورد مطالعه دارند. همچنین مقایسه نقشه‌های بیابان‌زایی معیار آب با دو روش متفاوت نشان داد که در نقشه تهیه شده از هشت شاخص اولیه، ۸۷/۷۸ درصد از کل منطقه در وضعیت بحرانی (ج) و ۸/۳۰ درصد در وضعیت بحرانی (ب) قرار دارد و بقیه منطقه در سایر وضعیت‌ها قرار دارد. همچنین براساس نقشه تهیه شده با استفاده از مؤثرترین شاخص‌ها، ۹۹/۱۵ درصد از کل منطقه در وضعیت بحرانی (ج) و ۰/۸۴۹ در وضعیت بحرانی (ب) قرار دارد. نتایج نشان می‌دهد که جهت بررسی بیابان‌زایی بهتر است ابتدا شاخص‌ها توسط روش‌های تصمیم‌گیری وزندهی و اولویت‌بندی شوند این کار باعث می‌شود شاخص‌هایی که در منطقه تأثیر زیادی در پدیده بیابان‌زایی نداشته مشخص شوند و مانع از تأثیر آنها در کلاس‌های بیابان‌زایی و کاهش امتیازات شود.

واژه‌های کلیدی: مدل مدالوس، تاپسیس، بیابان‌زایی، شاخص

۱. گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، تهران
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: hakhosravi@ut.ac.ir

مقدمه

بیش از ۸۰ درصد از سرزمین ایران در قلمرو شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک تا خشک نیمه مرطوب قرار دارد. در نتیجه به سبب مجموعه شرایط اقلیمی، ویژگی‌های طبیعی حاکم بر آن، بخش عمده‌ای از زیست بوم‌های این سرزمین در برابر شیوه‌های نامناسب بهربرداری بسیار حساس و شکننده بوده و بالقوه و یا بالفعل در معرض پدیده بیابان‌زایی قرار دارند و یا به‌صورت کاملاً بارزی شرایط بیابانی در آنها رخ نموده است.

پدیده بیابان‌زایی به‌عنوان یکی از بارزترین وجوه تخریب منابع طبیعی در جهان مطرح شده است و طی چند دهه گذشته کوشش‌های جهانی فراوانی برای مقابله و تعدیل این پدیده صورت گرفته است (۱۷). ازجمله پیامدهای ناشی از بیابانی شدن مانند افت سطح آب‌های زیرزمینی،کاهش آب‌های سطحی، شور شدن اراضی و کاهش کیفیت منابع آبی است که خسارات جبران‌ناپذیری به همراه دارد. بنابراین ارائه راهکارهای مدیریتی، تدوین برنامه‌های بلند مدت کنترل بیابان‌زایی، اجرای طرح‌های آمایش سرزمین و توسعه پایدار بیش از پیش ضروری به نظر می‌رسد. به‌منظور تدوین روش‌های ارزیابی بیابان‌زایی، تهیه نقشه‌های بیابانی شدن، انتخاب مناسب‌ترین روش‌ها و یا مدل‌های ارزیابی بیابان‌زایی، به شناخت فرایندهای بیابان‌زا، عوامل مؤثر در شکل‌گیری این فرایندها و معیارها و شاخص‌های مؤثر در سرعت و روند بیابان‌زایی نیاز است (۱، ۸).

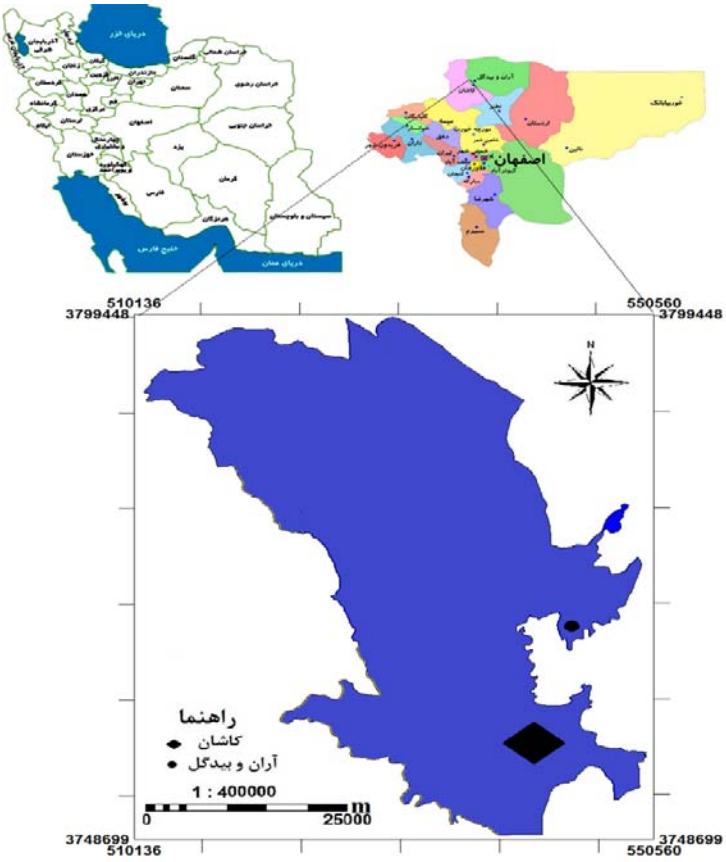
در اکثر مدل‌ها برای ارزیابی پدیده بیابان‌زایی و ارائه راهکارهای مطلوب جهت مهار این پدیده، معیار آب از عوامل مؤثر در شدت بیابانی شدن منطقه محسوب می‌شود. به‌عنوان مثال شکوهی و همکاران به ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی منطقه خضرآباد با استفاده از مدل IMDPA و با تأکید بر معیارهای آب و خاک پرداختند (۹). محمد قاسمی و همکاران به ارزیابی شدت بیابان‌زایی منطقه زابل از منظر معیار آب با استفاده از مدل مدالوس پرداخت (۱۵). خسروی به ارزیابی شدت بیابان‌زایی منطقه کاشان با استفاده ار مدل مدالوس پرداخت (۵). ذوالفقاری و همکاران، در مطالعه خود به ارزیابی شدت بیابان‌زایی دشت سیستان با استفاده از مدل IMDPA پرداخت (۷). طباطبایی‌زاده و همکاران، در مطالعه خود با هدف تعیین وضعیت فعلی بیابان‌زایی در دشت فخرآباد مهریز با تأکید بر معیار فرسایش بادی، از مدل اصلاح شده MICD استفاده کردند (۱۴). در تمامی مدل‌های اشاره شده تعیین شاخص‌های بیابان‌زایی به‌صورت بخشی و غیر همه جانبه نگر است و تنها ارزش مطلق هر شاخص درنظر گرفته می‌شد و اولویت آنها نسبت به هم در ایجاد شرایط بحرانی درنظر گرفته نمی‌شد که این امر منجر به دخالت دادن شاخص‌های دارای ارزش کم در نقشه نهایی بیابان‌زایی منطقه می‌شد (۱۲). بدین منظور در این پژوهش به‌منظور اولویت‌بندی شاخص‌ها از روش تصمیم‌گیری تاپسیس استفاده شد. مدل تاپسیس توسط هوانگ و یون در سال ۱۹۸۱ پیشنهاد شد. در این روش m گزینه بوسیله n شاخص ارزیابی می‌شود. منطق اصولی این مدل راه‌حل ایده‌ال (مثبت) و راه‌حل ایده‌ال منفی را تعریف می‌کند. راه حل ایده‌ال (مثبت) راه حلی است که معیار سود را افزایش و معیار هزینه را کاهش می‌دهد. گزینه بهینه، گزینه‌ای است که کمترین فاصله از راه حل ایده‌ال و در عین حال دورترین فاصله از راه حل ایده‌ال منفی دارد (۳، ۱۶).

در بیشتر مطالعات انجام شده برای بررسی بیابان‌زایی در ایران با استفاده از مدل مدالوس، شاخص‌های مورد استفاده بدون اولویت‌بندی و وزندهی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در این مقاله سعی شده است نقشه نهایی بیابان‌زایی را با استفاده از شاخص‌های اولیه و همچنین با استفاده از مؤثرترین شاخص‌های تعیین شده توسط مدل تاپسیس تهیه و نتایج با یکدیگر مقایسه شود.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مطالعاتی

منطقه مورد مطالعه با وسعت حدود ۹۳۳۰۷ هکتار در فاصله



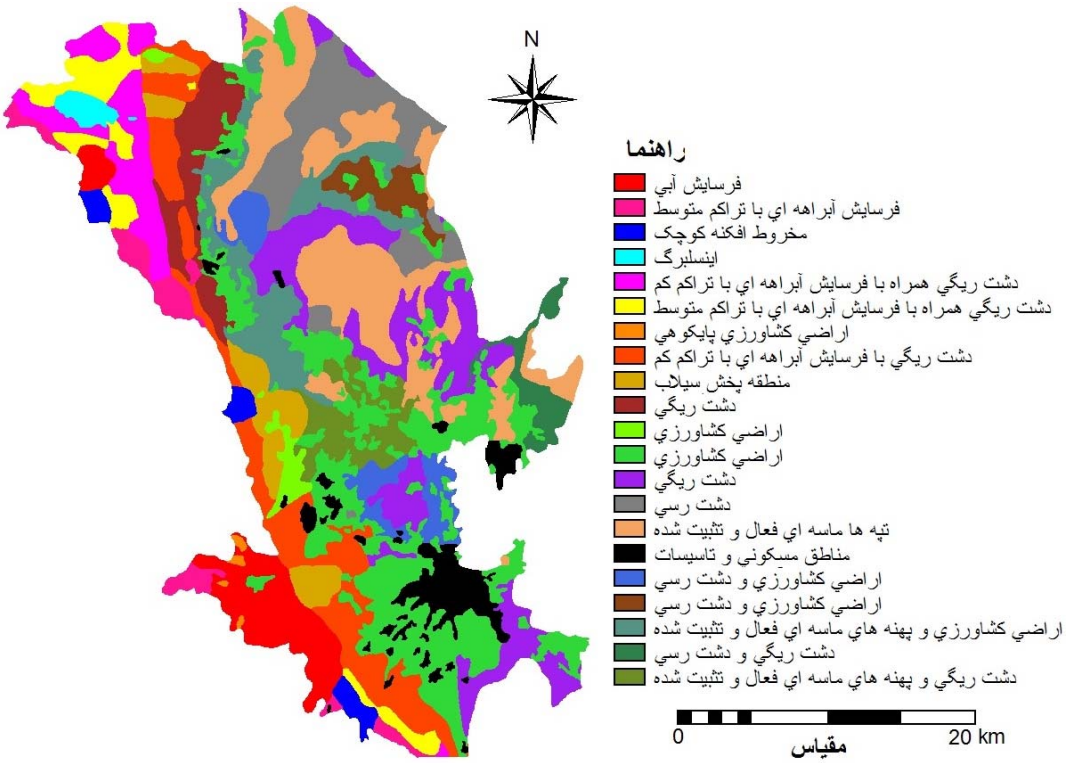
شکل ۱. منطقه مورد مطالعه در ایران و استان اصفهان

۲۴۰ کیلومتری جنوب تهران و در حاشیه کویر قرار دارد. این منطقه دارای مختصات جغرافیایی ″۳۵ ′۶ °۵۱ تا ″۵ ′۳۳ °۵۱ طول شرقی و ″۳۴ ′۵۲ °۳۳ تا ″۳ ′۲۰ °۳۴ عرض شمالی می‌باشد (شکل۱). و از نظر اقلیمی، دشت کاشان با ضریب خشکی ۴/۸ جزء مناطق خشک یا بیابانی شدید محسوب می‌گردد. از سوی دیگر نواحی کوهستانی جنوب دشت کاشان از اقلیم خاصی برخوردار است که از نقطه نظر طبقه‌بندی دومارتن جزء مناطق نیمه‌خشک محسوب می‌گردد. منطقه کاشان یکی از مناطق کم باران ایران می‌باشد به‌طوری‌که میزان بارندگی سالانه در نواحی اطراف خود شهر کاشان کمتراز ۱۵۰ میلی‌متر است که حدوداً معادل ۵۵ درصد متوسط بارندگی کشور می‌باشد (۲). در منطقه مورد مطالعه یک واحد دشت‌سر وجود دارد که خود شامل سه تیپ دشت سر فرسایشی، آپانداژ یا پخش سیلاب و پوشیده می‌باشد. هر یک از تیپ‌های ذکر شده در فوق خود دارای رخساره‌های تخریبی و فرسایشی می‌باشند. شرایط منطقه مورد مطالعه بیان کننده لزوم پرداختن به راه حل‌های بیابان‌زدایی در این حوزه است (۶).

روش تحقیق

جمع‌آوری اطلاعات و نقشه های اولیه

براساس ماهیت تحقیق ابتدا آمار و اطلاعات مورد نیاز از سازمان‌ها و بازدید میدانی از منطقه جمع‌آوری شد. سپس با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ رقومی شده و مطابقت آن‌ها با عکس‌های هوایی منطقه و درنهایت تلفیق نقشه‌های زمین‌شناسی، سنگ‌شناسی، توپوگرافی، رخساره‌های ژئومرفولوژی (حاصل از تفسیر عکس‌های هوایی) و بازدید از



شکل ۲. نقشه واحدهای کاری منطقه مورد مطالعه

منطقه اقدام به تهیه نقشه واحد کاری منطقه مورد مطالعه شد (شکل ۲).

در این تحقیق جهت رسیدن به هدف که بررسی معیار آب در وضعیت بیابان‌زایی با استفاده از مدل مدالوس و به دنبال آن ارائه نقشه بیابان‌زایی در منطقه کاشان می‌باشد. در ابتدا لیستی از شاخص‌های معیار آب براساس نظرات کارشناسان و بررسی شاخص‌های مورد مطالعه در پروژه‌های بیابان‌زایی در جهان و ایران تهیه شد (جدول ۱).

ارزش‌دهی به شاخص‌های مورد نظر با کمک نرم‌افزار ILWIS و با استفاده از متدولوژی مدالوس انجام شد. به هر شاخص براساس تأثیر آن در بیابان‌زایی با توجه به بررسی منابع و استناد به کار سایر محققین و با توجه به شرایط منطقه، وزنی بین ۱تا ۲ داده شد به‌طوری‌که ارزش ۱ بهترین و ارزش ۲ بدترین وزن بوده است (جدول۲). درنهایت برای هر شاخص با توجه به وزندهی انجام شده یک نقشه تهیه گردید. وزندهی شاخص‌ها در قالب واحدهای کاری انجام گرفت. شکل (۲) نقشه واحدهای کاری منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

از تلفیق شاخص‌های ذکر شده نقشه شدت بیابان‌زایی معیار آب به‌دست آمد و وضعیت بیابان‌زایی نقشه‌های نهایی نیز براساس مدل مدالوس به ۸ زیر تیپ طبقه‌بندی شد.

سپس به‌منظور اولویت‌بندی شاخص‌ها پرسشنامه‌ای متشکل از شاخص‌های انتخابی طراحی شد و بین کارشناسان متخصص (۳۰ کارشناس) در این زمینه توزیع شد و از متخصصان آشنا به منطقه خواسته شد که اهمیت و اولویت هر شاخص با توجه به ۵ معیار شامل: قابل درک و فهم، سهولت و دقت در پایش و اندازه‌گیری، هزینه و زمان، متناسب با هدف و حساس نسبت به تغییرات جزئی را براساس طیف لیکرت در مقیاس ۱ الی ۵ برآورد کنند که ۱ به معنای حداقل تأثیر و ۵ حداکثر آن می‌باشد. سپس از نتایج حاصل از تمامی این پرسش‌نامه میانگین گرفته شد (۲۱).

جدول ۱. شاخص‌های ارزیابی معیار تخریب منابع آب

شاخص ارزیابی	کلاس بیابان‌زایی	کم و ناچیز	متوسط	شدید	خیلی شدید
	امتیاز	۱-۱/۲۴	۱/۲۵-۱/۴۹	۱/۵-۱/۷۴	۱/۷۵-۲
افت آب زیرزمینی (cm)		<۲۰	۲۰-۳۰	۳۰-۵۰	>۵۰
شوری آب (EC)		<۷۵۰	۷۵۰-۲۲۵۰	۲۲۵۰-۵۰۰۰	>۵۰۰۰
راندمان آبیاری (٪)		>۶۵	۴۰-۶۵	۴۰-۲۰	<۲۰
نوع سیستم آبیاری		تحت فشار	سنتی مدرنیزه شده	سنتی با طراحی بهینه	سنتی بدون طراحی بهینه
کمبودمنابع آب مورد استفاده دام و انسان		منابع متناسب با نیاز دام و حیات وحش	منابع آب به طور متناسب نیاز دام و حیات وحش را تامین می‌کند	منابع آب کمتر از نیاز دام و حیات وحش	منابع آب بسیار کمتر از نیاز دام و حیات وحش
نسبت توسعه چاه به قنات		<۶	۹-۶	۱۲-۹	>۱۲
میزان بیلان منفی آب		<۳۰	۶۰-۳۰	۱۰۰-۶۰	>۱۰۰
میزان ساعت پمپاژ		<۹	۱۳/۵-۹	۱۸-۱۳/۵	>۱۸

جدول ۲. کلاس‌های شدت بیابان‌زایی

شاخص کیفیت	دامنه اعداد	کلاس
۱	۱-۱/۲۴	کم و ناچیز
۲	۱/۲۵-۱/۴۹	متوسط
۳	۱/۵-۱/۷۴	شدید
۴	۱/۷۵-۲	خیلی شدید

با توجه به این که در مسائل تصمیم‌گیری ممکن است چندین معیار وجود داشته باشد که اهمیت نسبی آن‌ها متفاوت است، از این رو به هر یک از معیارها یک وزنی داده شد، به‌طوری‌که مجموع اوزان معیارها برابر یک باشد. این وزن‌ها در واقع اهمیت نسبی و درجه ارجحیت هر معیار را نسبت به بقیه برای تصمیم‌گیری مورد نظر نشان می‌دهد. برای ارزیابی اوزان روش‌های مختلفی وجود دارد (۱۹). در این پژوهش از روش آنتروپی شانون جهت وزندهی معیارها استفاده گردید و وزن هر معیار تعیین شد. سپس جدول نهایی حاصل از میانگین‌گیری وزنی نمرات داده شده توسط کارشناسان وارد نرم‌افزار TOPSIS شد. انجام این روش مستلزم طی مراحل زیر است (۱۶، ۲۰):

تشکیل ماتریس تصمیم گیری موزون (HDM) از رابطه (۱)

$$HDM = DM \times W_{n \times n} \quad (1)$$

در این رابطه: DM = ماتریس تصمیم‌گیری

$W_{n \times n}$ = ماتریس قطری از وزن معیارها که در این ماتریس هر مؤلفه (H_{ij}) از رابطه (۲) حاصل می‌شود:

$$H_{ij} = a_{ij} \times w_j \quad (2)$$

در این رابطه: H_{ij} = مقدار وزنی موزون هر راهبرد با توجه به معیار مربوطه

a_{ij} = مقدار وزنی هر راهبرد با توجه به معیار مربوطه

w_j = مقدار وزنی (عددی) معیار مربوطه

تعیین مقادیر عددی راهبردهای ایده‌ال مثبت (A_i^+) و ایده‌ال منفی (A_i^-)

در ماتریس تصمیم‌گیری وزن هر راهبردی که بیشترین مقادیر عددی را در ارتباط با هر معیار به خود اختصاص دهد، مناسب‌ترین راهبرد در کنترل فرایند بیابان‌زایی درنظر گرفته می‌شود و تحت عنوان راهبرد ایده‌ال مثبت (A_i^+) بیان می‌شود. لذا حداکثر مقادیر عددی راهبردها در ارتباط با هر معیار مطابق رابطه (۳) در مجموعه‌ای تحت عنوان مقادیر عددی راهبردهای ایده‌ال مثبت بیان می‌شود.

$$A^+ = \left\{ \begin{matrix} \left(\max_i H_{ij} \middle| j \in j = ۱ \right), \\ \left(\max_i H_{ij} \middle| j \in j = ۲ \right) \middle| i = ۱,۲,...n \end{matrix} \right\} \quad (۳)$$

و همچنین حداقل مقادیر عددی راهبردها در ارتباط با هر معیار مطابق رابطه (۴) در مجموعه‌ای تحت عنوان مقادیر عددی راهبردهای ایده‌ال منفی (A_i^-) بیان می‌شود:

$$A^- = \left\{ \begin{matrix} \left(\min_i H_{ij} \middle| j \in j = ۱ \right), \\ \left(\min_i H_{ij} \middle| j \in j = ۲ \right) \middle| i = ۱,۲,...m \end{matrix} \right\} \quad (۴)$$

محاسبه اندازه فاصله (d) هر گزینه ماتریس تصمیم‌گیری موزون براساس نرم اقلیدوسی به ازاء راهبردهای ایده‌ال مثبت و منفی از معادله‌های (۵) و (۶) محاسبه می‌شود:

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=۱}^{n} \left(H_{ij} - A_j^+ \right)^۲}, (i = ۱,۲,....,m) \quad (۴)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=۱}^{n} \left(H_{ij} - A_j^- \right)^۲}, (i = ۱,۲,....,m) \quad (۶)$$

هر قدر فاصله راهبردها از مقادیر راهبردهای ایده‌ال مثبت کمتر باشد، آن گزینه می‌تواند نقش مؤثرتری در فرایند بیابان‌زدایی داشته باشد و بلعکس.

محاسبه نزدیکی نسبی راهبردها به راهبرد ایده‌ال از رابطه (۷) و رتبه‌بندی راهبردها براساس انحرافات به‌دست می‌آید:

$$C_i = \frac{d_i^-}{\left(d_i^- + d_i^+ \right)}, (۱,۲,...,n) \quad (۷)$$

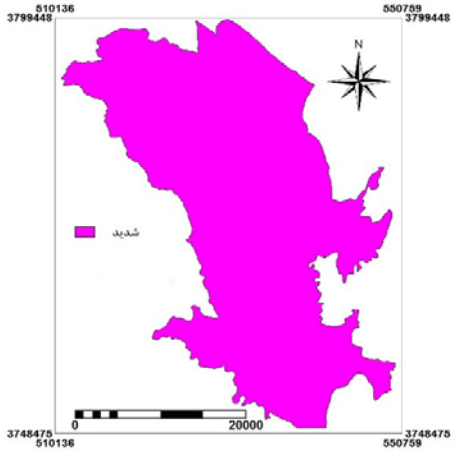
چنانچه $A_i = A_i^+$ باشد، آنگاه $d_i^+ = ۰$ و $C_i = ۱$ می‌شود و در صورتی که $A_i = A_i^-$ باشد، آنگاه $d_i^- = ۰$ و $C_i = ۰$، بنابراین هر راهبردی که به راهبرد ایده‌ال نزدیک‌تر باشد، مقدار نزدیکی (C_i) آن به یک نزدیک‌ترخواهد بود.

سپس نقشه نهایی که نشان‌دهنده وضعیت بیابان‌زایی معیار آب در منطقه می‌باشد از میانگین هندسی معیارهایی که در مدل تاپسیس وزن بالاتری از ۰/۵ و دارای بالاترین اولویت در بیابان‌زایی منطقه داشتند به‌دست آمد و وضعیت بیابان‌زایی در نقشه نهایی نیز به ۸ زیر تیپ طبق جدول (۴) طبقه‌بندی شد. در ادامه دو نقشه نهایی بیابان‌زایی تهیه شده با یکدیگر مقایسه شد.

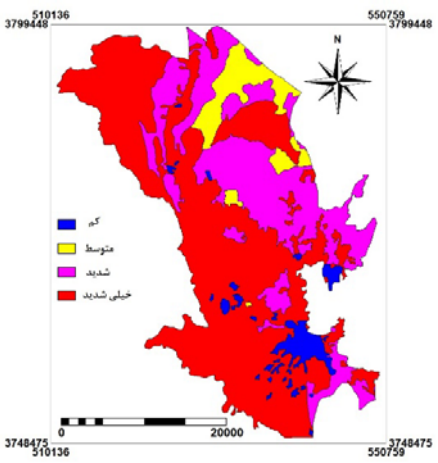
نتایج

نقشه‌های بیابان‌زایی شاخص‌های معیار آب

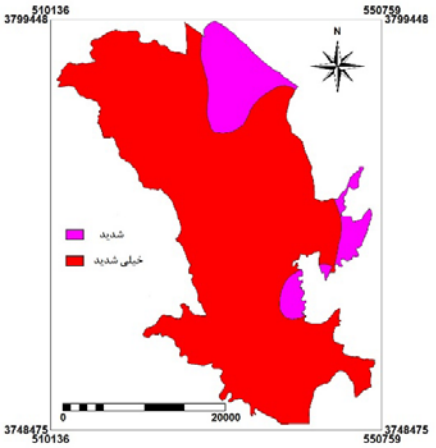
تجزیه و تحلیل و انطباق شاخص‌های معیار آب در منطقه مورد مطالعه (کاشان) نشان می‌دهد که از میان شاخص‌های مد نظر که با توجه به شرایط منطقه و آمار موجود انتخاب شده‌اند شاخص‌های افت آب زیرزمینی، شوری آب و میزان بیلان منفی آب به‌ترتیب با ۱/۸۶، ۱/۶۴، ۱/۶۷ بالاترین متوسط ارزش عددی را به خود اختصاص دادند. لازم به ذکر است که کمبود منابع آب مورد استفاده دام و انسان و نوع سیستم آبیاری به‌ترتیب با ارزش عددی۱/۳۰ و ۱/۴۰ کمترین تأثیر را در بیابان‌زایی منطقه دارد. در جدول (۳) متوسط وزنی ارزش کمی شاخص ارائه شده است. در شکل‌های (۳) تا (۱۰) نقشه شدت بیابان‌زایی هر یک از شاخص‌ها قابل مشاهده‌اند.



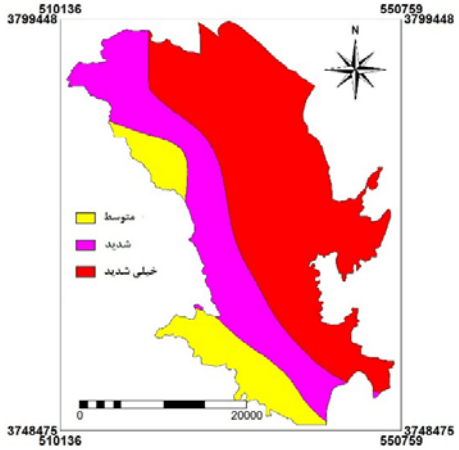
شکل ۳. نقشه کلاس بیابان‌زایی شاخص میزان ساعت پمپاژ



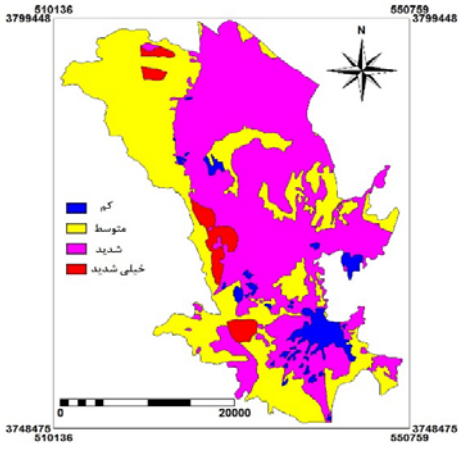
شکل ۴. نقشه کلاس بیابان‌زایی شاخص بیلان منفی آب



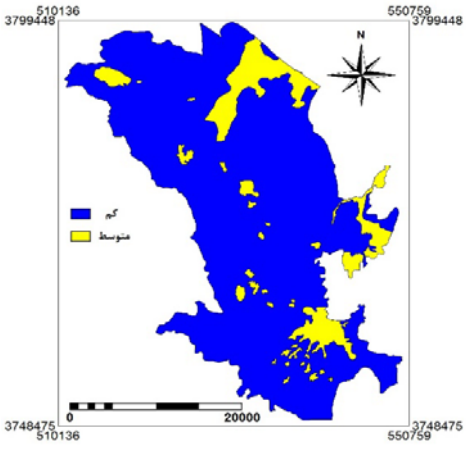
شکل ۵. نقشه کلاس بیابان‌زایی شاخص افت آب زیرزمینی



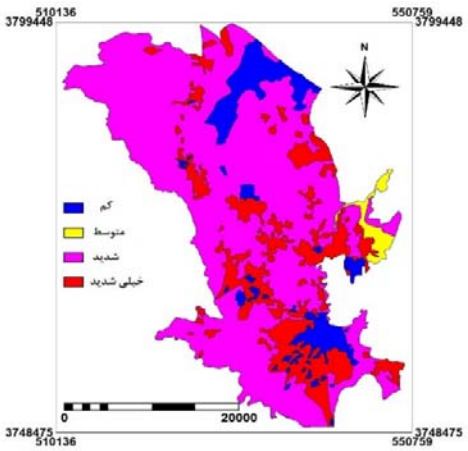
شکل ۶. نقشه کلاس بیابان‌زایی شاخص شوری آب (EC)



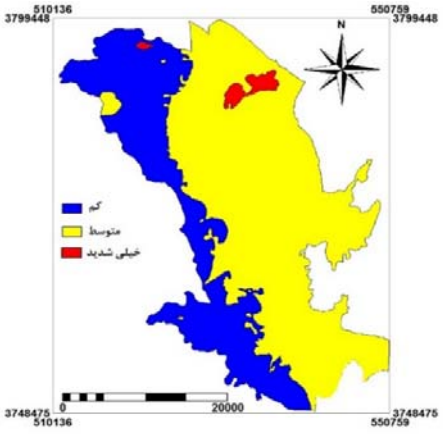
شکل ۷. نقشه کلاس بیابان‌زایی شاخص راندمان آبیاری



شکل ۸. نقشه کلاس بیابان‌زایی شاخص کمبود منابع آب



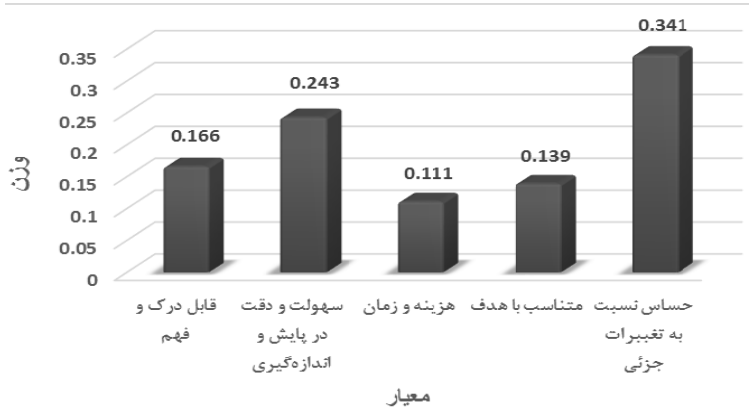
شکل ۹. نقشه کلاس بیابان‌زایی شاخص شیوه آبیاری



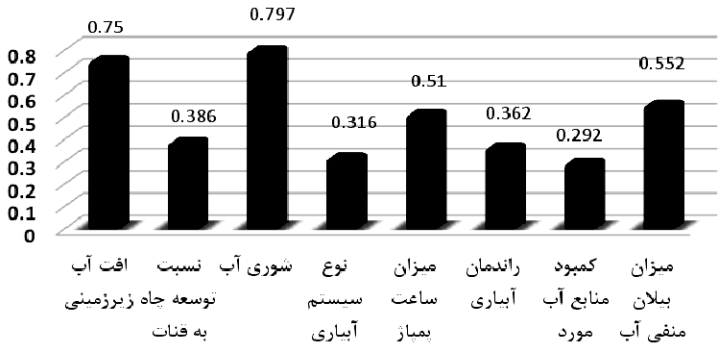
شکل ۱۰. نقشه کلاس بیابان‌زایی شاخص نسبت توسعه چاه به قنات

جدول ۳. متوسط وزنی ارزش‌های کمی شاخص‌های مؤثر بر تخریب منابع آب

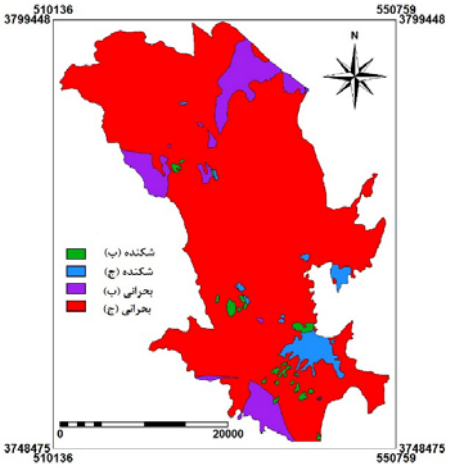
ردیف	شاخص ارزیابی	متوسط ارزش عددی	کلاس بیابان‌زایی
۱	افت آب زیرزمینی	۱/۸۶	بسیارشدید
۲	شوری آب (EC)	۱/۶۴	شدید
۳	راندمان آبیاری (٪)	۱/۴۴	متوسط
۴	نوع سیستم آبیاری	۱/۴۰	متوسط
۵	کمبود منابع آب مورد استفاده دام و انسان	۱/۳۰	متوسط
۶	نسبت توسعه چاه به قنات	۱/۵۲	شدید
۷	میزان بیلان منفی آب	۱/۶۷	شدید
۸	میزان ساعت پمپاژ (میلیون متر مکعب در سال)	۱/۵۸	شدید



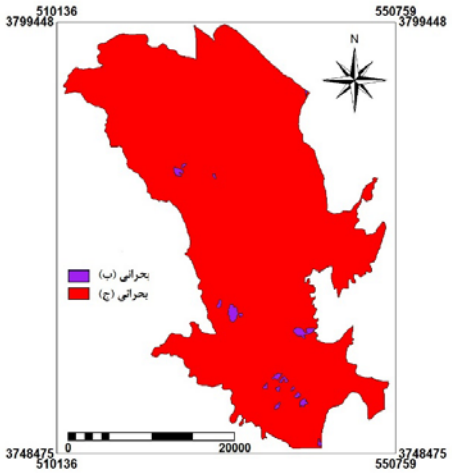
شکل ۱۱. نمودار وزن معیارهای مورد بررسی



شکل ۱۲. نمودار شاخص‌های بیابان‌زایی معیار آب حاصل از مدل تاپسیس



شکل ۱۳. نقشه شدت بیابان‌زایی معیار آب



شکل ۱۴. نقشه شدت بیابان‌زایی معیار آب با استفاده از مؤثرترین شاخص

محاسبه وزن نسبی معیارها با استفاده از روش آنتروپی شانون

شکل (۱۱) نتایج حاصل از وزندهی به ۵ معیاری را نشان می‌دهد که به‌منظور تعیین با اهمیت‌ترین شاخص‌ها ارزیابی شدت بیابان‌زایی در منطقه کاشان از منظر معیار تخریب منابع آب و با کمک روش آنتروپی شانون برآورد شده است همان طور که مشاهده می‌گردد در میان این ۵ معیار، معیار حساس به تغییرات جزئی دارای بالاترین وزن و همچنین بیشترین اهمیت در تعیین شاخص‌های تخریب منابع آب دارد. در مقابل معیار هزینه و زمان دارای کمترین وزن در بین پنج معیار انتخابی است.

اولویت‌بندی شاخص‌های معیار آب

شکل (۱۲) نتایج حاصل از مدل تاپسیس به‌ترتیب رتبه‌بندی شاخص‌ها را نشان می‌دهد. شاخص افت آب زیرزمینی، شوری آب، میزان ساعت پمپاژ و میزان بیلان منفی آب به‌عنوان مؤثرترین شاخص‌های بیابان‌زایی از منظر معیار آب تعیین شدند.

شکل (۱۳) نقشه بیابان‌زایی معیار آب با استفاده از هشت شاخص اولیه و شکل (۱۴) نقشه بیابان‌زایی معیار آب با استفاده از مؤثرترین شاخص‌های تعیین شده توسط مدل تاپسیس است. جدول (۴) توزیع فراوانی کلاس‌های شدت وضعیت فعلی بیابان‌زایی معیار آب را نشان می‌دهد.

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش سعی شده است با نگرشی متفاوت به مقوله

جدول ۴.توزیع فراوانی کلاس‌های شدت وضعیت فعلی بیابان‌زایی معیار آب

طبقه‌بندی کیفی شدت بیابان‌زایی	علامت	دامنه ارزش عددی	مساحت (km^2)		درصد مساحت نسبت به کل منطقه	
			مؤثرترین شاخص‌ها	هشت شاخص اولیه	مؤثرترین شاخص‌ها	هشت شاخص اولیه
عدم وجود بیابان‌زایی	N	۱-۱/۱۶	۰	۰	۰	۰
پتانسیل	P	۱/۱۷-۱/۲۲	۰	۰	۰	۰
شکننده (الف)	F۱	۱/۲۳-۱/۲۶	۰	۰	۰	۰
شکننده (ب)	F۲	۱/۲۷-۱/۳۲	۰	۱۰/۴۱	۰	۱/۱۱
شکننده (ج)	F۳	۱/۳۳-۱/۳۷	۰	۲۶/۲۲	۰	۲/۸۱
بحرانی(الف)	C۱	۱/۳۸-۱/۴۱	۰	۰	۰	۰
بحرانی (ب)	C۲	۱/۴۲-۱/۵۳	۷/۹۲	۷۷/۴۶	۰/۸۵	۸/۳۰
بحرانی (ج)	C۴	۱/۵۳-۲	۹۲۵/۱۷	۸۱۸/۹۶	۹۹/۱۵	۸۷/۷۸
جمع			۹۳۳/۰۷	۹۳۳/۰۷	۱۰۰	۱۰۰

N: Non, P: Potential, F: Fragile, C: Critical

معیار آب که در اکثر مدل‌های بیابان‌زایی برای ارزیابی شدت بیابان‌زایی و ارائه راهکارهای مطلوب مهار بیابان‌زایی از عوامل مؤثر به حساب می‌آید، پرداخته شود. ابتدا سعی شد با استفاده از تحقیقات انجام شده در این زمینه در ایران و جهان، مانند شکوهی (۱۰)، خسروی (۵، ۶) و مدل‌های بیابان‌زایی مانند ICD، MICD، GLASUD، MEDALUS و IMDPA شاخص‌های مؤثر بر تخریب منابع آب زیرزمینی تعیین شود. در پژوهش‌ها و ارزیابی‌های انجام شده تعیین شاخص‌ها به‌صورت غیرسیستماتیک و براساس نظر کارشناس و با توجه به شرایط منطقه مطالعاتی انجام می‌شد در این پژوهش شاخص‌ها با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری انتخاب شدند و نقشه بیابان‌زایی با استفاده از مؤثرترین شاخص‌ها بیابان‌زایی منطقه تهیه شد.

با بررسی و تجزیه و تحلیل مطالعات انجام شده (زهتابیان و همکاران، (۴، ۲۴)) و نیز مقایسه نتایج به‌دست آمده با وضعیت موجود منطقه توسط بازدیدهای صحرایی، مدل مدالوس برای ارزیابی وضعیت بیابازایی مناسب تشخیص داده شد و وضعیت بیابان‌زایی به دو روش استفاده از مؤثرترین شاخص‌ها و استفاده از هشت شاخص اولیه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نقشه هشت شاخص بیابان‌زایی نشان می‌دهد که شاخص افت آب زیرزمینی، میزان بیلان منفی آب، شوری آب، میزان ساعت پمپاژ و نسبت توسعه چاه به قنات در کلاس شدید و بسیار شدید بیابان‌زایی قرار دارد که از جمله علل آن می‌توان به افزایش جمعیت، توسعه صنعتی، تبدیل اراضی کم بازده به اراضی کشاورزی و سپس رها شدن آنها، بهره‌برداری شدید از منابع آب به‌صورت حفر چاه و پمپاژ طولانی مدت آن اشاره کرد. نتایج این بخش با مطالعه خسروی و همکاران (۱۸) و ضیائی و همکاران (۲۴) هم‌خوانی دارد.

نتایج تحلیل معیارها نشان می‌دهد که معیار حساس نسبت به تغییرات جزئی با وزن ۰/۳۴۱ دارای بیشترین اهمیت می‌باشد. این معیار نشان‌دهنده ماهیت شاخص‌ها و نقش آن در بیابان‌زایی است. این معیاربا اختصاص بالاترین وزن به خود به‌عنوان مهم‌ترین عامل در انتخاب شاخص‌های بیابان‌زایی از منظر معیار آب با هدف مقابله و کنترل این پدید درنظر گرفته شد. معیار هزینه و زمان با وزن ۰/۱۱۱ کمترین وزن را به خود اختصاص دادند. با توجه به این نتایج به‌دست آمده در بررسی و انتخاب شاخص‌های مناسب بیابان‌زایی، معیارهای اشاره شده در این تحقیق برای ارائه یک سیستم جامع و مناسب شاخص‌ها

برای ارزیابی بیابان‌زایی یک منطقه حائز اهمیت هستند که البته ممکن است با توجه به عوامل مختلف و مناطق مختلف معیارهای متنوع‌تری مورد استفاده قرار گیرند و اهمیت آنها متفاوت باشد. سپهر و همکاران (۹) در مطالعه خود برای تعیین سامانه‌ای برای شاخص‌های بیابان‌زایی از سه معیار اعتبار محلی، مقیاس و قابلیت پایش و ارزیابی استفاده نمود. صبوری‌راد، در مطالعه خود نقش بازدارندگی را با اهمیت‌ترین معیار و معیار مقیاس را کم اهمیت‌ترین نشان داد (۱۳).

نتایج رتبه‌بندی براساس مدل تاپسیس نشان داد که شاخص‌های افت آب زیرزمینی، شوری آب، میزان ساعت پمپاژ و میزان بیلان منفی آب به‌عنوان چهار شاخص مؤثر معیار آب در بیابان‌زایی منطقه مطرح می‌باشند. این شاخص‌ها به‌دلیل این که بیشترین نزدیکی نسبی را در رتبه‌بندی به‌دست آوردند دارای بیشترین اهمیت در ایجاد نقشه بیابان‌زایی معیار آب دارند و در برنامه‌های مدیریت و مقابله با بیابان‌زایی باید مورد توجه قرار گیرند. صادقی روش و همکاران و سپهر و زوکا در پژوهش خود از روش تاپسیس استفاده کردند (۱۱ و ۲۳). استفاده از این روش در پژوهش‌های انجام گرفته نشان می‌دهد مدل مذکور انعطاف پذیر و مقرون به صرفه و ابزار مناسبی برای معرفی، انتخاب و وزندهی شاخص‌ها می‌باشد (۲۲).

مقایسه نقشه‌های بیابان‌زایی معیار آب با دو روش متفاوت نشان می‌دهد که در نقشه تهیه شده از هشت شاخص اولیه ۸۷/۷۸ درصد از کل منطقه در وضعیت بحرانی (ج) و ۸/۳۰ درصد در وضعیت بحرانی (ب) قرار دارد و بقیه منطقه در سایر وضعیت‌ها قرار دارد. همچنین نقشه تهیه شده با استفاده از مؤثرترین شاخص‌ها نشان داد که ۹۹/۱۵ درصد از کل منطقه در وضعیت بحرانی (ج) و ۰/۸۴۹ در وضعیت بحرانی (ب) قرار دارد. این نتایج نشان می‌دهد که جهت بررسی وضعیت بیابان‌زایی از منظر معیارهای مختلف بیابان‌زایی بهتر است ابتدا شاخص‌های مؤثر توسط روش‌های تصمیم‌گیری تعیین و سپس وزندهی و اولویت‌بندی شوند. با این کار شاخص‌هایی که بیشترین تأثیر را در پدیده بیابان‌زایی دارند درنظر گرفته می‌شوند، این کار باعث می‌شود شاخص‌هایی که در منطقه تأثیر زیادی در پدیده بیابان‌زایی نداشته حذف شوند و مانع از تأثیر آنها در کلاس‌های بیابان‌زایی و کاهش امتیازات شود. در این پژوهش انتخاب شاخص‌ها با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری انجام شد. با توجه به نتایج به‌دست آمده پایش و اندازه‌گیری و ارزیابی شاخص‌های مؤثر در پدیده بیابان‌زایی در هر منطقه می‌تواند جهت‌گیری و روندهای موجود در زمینه بیابان‌زایی یا به‌عبارت دیگر میزان انحراف یا نزدیکی به طرف حالت ایده‌ال یا بیابان‌زایی را مشخص کند. استفاده از وزن و اهمیت شاخص‌ها در تهیه نقشه بیابان‌زایی می‌تواند نتایجی نزدیک‌تر به واقعیت را ارائه دهد. لذا بهتر است در تحقیقات آینده جهت بررسی وضعیت بیابان‌زایی و اولویت‌بندی و رتبه‌بندی شاخص‌ها و معیارها از این روش و یا روش‌های مشابه استفاده شود.

منابع مورد استفاده

۱. اختصاصی، م. ر. و ع. سپهر.۱۳۹۰. روش‌ها و مدل‌های ارزیابی و تهیه نقشه بیابان‌زایی. چاپ اول، انتشارات دانشگاه یزد.

۲. اربابی سبزواری، آ. ۱۳۸۹. تحلیل اثر خشکسالی با روش درونیابی شاخصZ نرمال بارندگی در سامانه سیستم اطلاعات جغرافیایی در منطقه کاشان. فصل‌نامه جغرافیایی طبیعی ۷(۳): ۱۲۴-۱۰۵.

۳. پورطاهری، م. ۱۳۸۹. کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه در جغرافیا. چاپ چهارم، فصل دوم، انتشارات سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت).

۴. خسروی، ح. ۱۳۸۳. کاربرد مدل مدالوس در بررسی بیابان زایی منطقه کاشان. پایان نامه کارشناسی ارشد بیابان زدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

۵. خسروی، ح. ۱۳۹۱. ارائه مدل پایش و سیستم هشدار اولیه بیابان‌زایی (مطالعه موردی: منطقه کاشان). رساله دکتری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.

۶. ذوالفقاری، ف.، ع. شهریاری، ا. فخیره، ع. راشکی، س. نوری، و ح. خسروی.۱۳۹۰. ارزیابی شدت بیابان‌زایی دشت سیستان با استفاده از مدل IMDPA. مجله پژوهش‌های آبخیزداری، ۲۴(۲): ۱۰۷-۹۷

۷. زهتابیان. غ، ح. احمدی، م. اختصاصی و ح. خسروی. ۱۳۸۶. واسنجی مدل مدالوس جهت ارائه یک مدل منطقه‌ای برآورد شدت بیابان‌زایی در منطقهٔ کاشان. منابع طبیعی ایران ۶۰(۳): ۷۴۴-۷۲۷.

۸. زهتابیان، غ.، ح. احمدی و ف. آزادنیا. ۱۳۸۷. بررسی معیارهای آب و خاک در بیابان‌زایی منطقه عین خوش دهلران. مجله پژوهش و سازندگی (۸۱): ۱۶۹-۱۶۲.

۹. سپهر، ع.، م.اختصاصی و ع. المدرسی. ۱۳۹۱. ایجاد سامانه شاخص‌های بیابانزایی بر اساس DPSIR (بهره‌گیری از روش فازی-تاپسیس). مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی ۴۵(۱): ۵۰-۳۳.

۱۰. شکوهی، الف.، غ. زهتابیان و ع. طویلی. ۱۳۹۱. پهنه‌بندی وضعیت بیابان‌زایی منطقه خضرآباد -اله آباد دشت یزد با استفاده از مدل IMDPA و با تاکید بر معیار آب و خاک. مجله مرتع و آبخیزداری ۶۵(۴): ۵۲۸-۵۱۷.

۱۱. صادقی روش، م.، و غ. زهتابیان. ۱۳۹. ارزیابی راهبردهای بیابان‌زدایی با کاربرد مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و تکنیک اولویت‌بندی ترجیحی بر اساس تشابه به پاسخ‌های ایده‌آل (TOPSIS) مطالعه موردی: منطقه خضرآباد یزد. فصلنامه علوم و فنون منابع طبیعی ۳(۶): ۳۰-۱۷.

۱۲. صادقی‌روش، م.، ح. احمدی، غ. ر. زهتابیان و م. طهمورث. ۱۳۸۹. کاربرد فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در ارزیابی راهبردهای بیابان زدایی مطالعه موردی منطقه خضرآباد یزد. تحقیقات مرتع و بیابان ایران ۱۷(۱): ۵۰-۳۵.

۱۳. صبوری راد، س. ۱۳۹۳. تعیین سامانه شاخص‌های ارزیابی بیابان‌زایی بر مبنای رویکرد FUZZ_DPSIR (مطالعه موردی منطقه فیض‌آباد)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.

۱۴. طباطبایی‌زاده، م.، م. ر. اختصاصی، ح. احمدی و ع. ا. نظری سامانی. ۱۳۹۱. ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی با استفاده از مدل اصلاح شده MICD مطالعه موردی دشت فخرآباد مهریز. مجله کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی ۳ (۳): ۲۰-۱.

۱۵. محمدقاسمی، س.، غ. زهتابیان و ح. احمدی. ۱۳۸۷. ارزیابی شدت بیابان‌زایی منطقه زابل از منظر معیار اب با استفاده از مدل مدالوس. نشریه پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی ۲۱(۲): ۶۷-۵۹.

16. Dagdeviren, M., S. Yavuz and N. kilinc. 2009. Weapon selection using the AHP and TOPSIS methods under fuzzy environment. Expert Syst Appl. 36: 8143-8151.
17. Grau, J. M. 2010. An application of mathematical models to select the optimal alternative for an integral plan to desertification and erosion control (Chaco Area salta Province-Argentina). Biogeosciences 7: 3421-3433.
18. Khosravi, H., G. R. Zehtabian., H. Ahmadi and H. Azarnivand. 2014. Hazard assessment of desertification as a result of soil and water recourse degradation in kashan region. J. Iran Desert 19: 45-50.
19. Mashayekhan, A. and F. Honardoust. 2011. Multi-criteria evaluation model for desertification hazard zonation mapping using GIS. J. Applied Biological Sci. 5: 49-54.
20. Onut, S. and S. Selin. 2008. Transshipment site selection using the AHP and TOPSIS approaches under fuzzy environment. J.Waste manage. 28: 1552-1559.
21. Sadeghiravesh. M., G. R. Zehtabian and H. khosravi. 2014. Application of AHP and ELECTERE models for assessment of the desertification alternatives. J. Desert 19: 141-153.
22. Sepehr A. and C. Zucca. 2012. Ranking desertification indicators using tOPSIS algorithm, J. Natural Hazards. 62: 1137-1153.
23. Zehtabian. G. R., H. Ahmadi, H. Khosravi and A. Rafiei Emam. 2005. The approach of desertification mapping

using MEDALUS methodology in Iran. J. Biaban 10: 51-60.
24. Ziaee.S., R. Masoudi, M. Ghodsi and H. Khosravi. 2012. Study of the effect of management criterion on desertification control (case study: Kashan). J. Desert 17: 105-109.

J. Water and Soil Sci (Sci. & Technol. Agric. & Natur. Resour.)
Vol. 21, No. 4, Winter 2018, Isf. Univ. Technol., Isf., Iran.

Desertification Risk Mapping based on Water Resources Degradation using Multi Criteria Decision Making (Case Study: Kashan Plain)

S. Pishyar, H. Khosravi*, A. Tavili and A. Malekian[1]

(Received: Sep. 19-2015 ; Accepted: Jan. 15-2017)

Abstract

In this study, to study the status of water resources degradation in Kashan region, Isfahan Province, eight indices including: drop in groundwater, water salinity, irrigation efficiency, Well-to-Qanat development ratio, the pumping time, shortage of water supplies for animals and humans and the water negative balance were selected according to previous studies conducted on desertification in Iran and the world. Existing evaluation models were determined. Desertification map of the study area was provided according to MEDALUS model and selected indices. The selected indices were weighted using a multi-criteria decision method and each index having weight more than 0.5 were selected as the most effective indices of desertification. Again, the desertification status map of the study area was prepared by the most effective indices. Finally, the two desertification maps were compared. The results showed that the drop in groundwater, water salinity, the pumping time and water negative balance have the most effect on water resources degradation among selected indices. The results of comparing two groundwater degradation maps showed that based on map provided with eight indices, 87.78 and 8.30 percent of the total area are classified in critical conditions c and b, respectively. While the map provided by the most effective indicators shows that 99.15% of the total area is classified in the critical condition "c" and just 0.849% is classified in the critical condition "b". It can be concluded that to assess desertification status, it is better to first determine the indicators by weighting and prioritizing methods. This will identify the indicators that have not had a significant effect on the desertification phenomenon in the area and prevent their impact on desertification classes and reduction of scores.

Keywords: Desertification, Indices, MEDALUS, TOPSIS.

1. Dept. of Arid and Mountainous Regions Reclamation, Faculty of Natural Resour., Tehran Univ., Tehran. Iran
*: Corresponding Author, Email: hakhosravi@ut.ac.ir