

کاربرد شبکه‌های باور بیزین در تعیین پتانسیل مناطق و عوامل مؤثر بر بیابانزایی براساس برخی شاخص‌های کیفیت خاک (مطالعه موردی: دشت سگزی اصفهان)

عبدالحسین بوعلی^{۱*}، حسین بشری^۲، رضا جعفری^۳ و محسن سلیمانی^۳

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۸/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۶/۷)

□

چکیده

برای ارزیابی صحیح پتانسیل بیابانزایی در اکوسیستم‌های مختلف باید از شاخص‌ها و روش‌های مناسب استفاده نمود. در این تحقیق بیابانزایی منطقه سگزی واقع در شرق اصفهان با استفاده از فاکتورهای مؤثر در معیار خاک مدل مدالوس ارزیابی و با استفاده از شبکه‌های باور بیزین (BBN) یک مدل علت و معلولی برای بررسی بیابانزایی این منطقه استفاده شد. برخی ویژگی‌های خاک از جمله بافت، میزان سدیم و کلر محلول در خاک، مواد آلی، نسبت جذبی سدیم (SAR)، هدایت الکتریکی (EC) و میزان گچ مربوط به ۱۷ پروفیل خاک در منطقه استفاده شد. با انجام تجزیه و تحلیل‌های سناریوهای مختلف و حساسیت سنجی در مدل شبکه باور بیزین، تأثیر عوامل مؤثر بر کیفیت خاک منطقه بر روند بیابانی شدن منطقه بررسی شد. نتایج نشان داد که روش تلفیقی حاضر می‌تواند عدم اطمینان ناشی از تأثیر ویژگی‌های مختلف خاک بر روند بیابانی شدن را نشان دهد. براساس نتایج مدل مدالوس ۲۸/۲۸ درصد از منطقه دارای کیفیت نامناسب و ۷۱/۷۲ درصد از منطقه دارای وضعیت متوسط از لحاظ کیفیت خاک بودند. آنالیز حساسیت در هر دو مدل نشان داد که مواد آلی، SAR و EC مؤثرترین عوامل ادافیکی مؤثر در بیابانی شدن منطقه می‌باشند. ارزیابی اثرات روش‌های مختلف مدیریتی بر این متغیرها می‌تواند مدیران را کمک کند که استراتژی‌های مناسب مدیریتی برای کنترل فرآیند بیابانی شدن اتخاذ نمایند.

واژه‌های کلیدی: مدل سازی بیزین، مدالوس، تحلیل حساسیت سنجی، سلامت خاک، تحلیل سناریو

۱. گروه بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲. گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

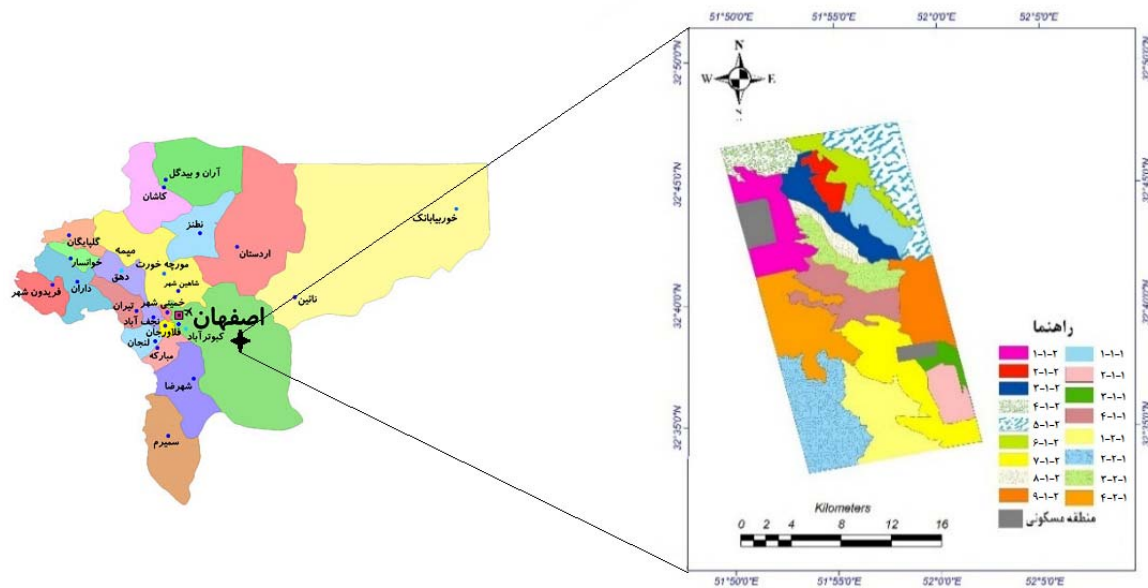
۳. گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: Hossien.boali@yahoo.com

مقدمه

در حال حاضر پدیده بیابانزایی به عنوان یک معضل گریبانگیر در بسیاری از کشورهای جهان از جمله کشورهای در حال توسعه می باشد که نتیجه آن از بین رفتن منابع تجدید شونده این کشورها است (۱). طبق بررسی های صورت گرفته توسط IFAD، بیابانزایی ۴۰ درصد از کل اراضی زمین را تهدید نموده و سالانه ۱۲ میلیون هکتار از اراضی را تحت تأثیر مستقیم خود قرار می دهد (۱۷). در ایران نیز دفتر بیابان زدایی ۱۷ استان را به عنوان مناطق بیابانی ذکر کرده است که حدود ۷۰ درصد از جمعیت ایران در این نواحی زندگی می کنند (۱). به طور کلی بیابانزایی مشتمل بر فرآیندهایی است که در نتیجه عوامل طبیعی و عملکرد نادرست انسان ایجاد شده و طبق تعریف عبارت است از کاهش دائمی استعداد اراضی در اثر یک یا ترکیبی از فرآیندهای فرسایش، تخریب پوشش گیاهی، تخریب منابع آب، ماندابی شدن، شور شدن و قلیائی شدن خاک که توسط عوامل محیطی یا انسانی شدت می یابد (۱۵). جهت پی بردن به پتانسیل و نقش عوامل مؤثر بر بیابانزایی تحقیقات زیادی انجام شده که حاصل آن ارائه مدل های مختلف بیابانزایی است. از جمله این روش ها می توان مدل های ارزیابی بیابانزایی مدالوس (Mediterranean Desertification and Land Use) و ICD (Iranian Classification of Desertification) را نام برد که در نقاط مختلف کشور بررسی شده است (۴ و ۶). در مدل مدالوس از چهار شاخص خاک، اقلیم، پوشش گیاهی و مدیریت و سیاست برای ارزیابی و تهیه نقشه بیابانزایی استفاده می شود و هر یک از شاخص ها با توجه به وضعیت منطقه دارای حالت های مختلف است (۶). در مدل ICD نیز به طور کلی در عرصه های مختلف چهار واحد همگن بزرگ کاری شامل واحد اراضی کشاورزی (زراعی، باغی، دیم، آیش و اراضی رها شده)، واحد اراضی مرتعی و جنگلی (مرتع، جنگل، بیشه زار و ...)، اراضی فاقد کاربری (اراضی کویری، تپه های ماسه ای، سطوح سنگفرشی، تپه ها، کوه های لخت و ...) و واحد

اراضی شهری و صنعتی (مناطق مسکونی و شهری، مناطق صنعتی، جاده ها و فرودگاه ها و ترمینال ها و پارک ها ...) در نظر گرفته می شود و در هر واحد اراضی از شاخص های مختلف برای ارزیابی بیابانزایی استفاده می شود (۴). پروانه جهت بررسی شدت بیابانزایی از معیار خاک مدل مدالوس استفاده کرد و شاخص های بافت خاک، درصد سنگریزه سطحی و عمقی، جمع شدن آب، خطر سیل گیری، درصد گچ، میزان مواد آلی، اسیدیته، عمق، شوری و درصد آهک خاک را مورد بررسی قرار داد. نتایج بررسی نشان داد که شاخص های درصد ماده آلی و درصد سنگریزه سطحی و عمقی به ترتیب بیشترین تأثیر را از بین عوامل مربوط به خاک بر بیابانزایی منطقه طبس میناب در شهرستان درمیان، استان خراسان جنوبی دارند (۲). آریا و همکاران با استفاده از روش مدالوس فرآیند بیابانزایی را در کشور هندوستان ارزیابی کردند. آنها هفت شاخص پوشش گیاهی، فرسایش بادی، فرسایش آبی، شوره زایی، برجستگی های یخبندان و لغزش توده های را برای ارزیابی بیابانزایی در نظر گرفتند. بر این اساس ۳۵ درصد از منطقه مورد مطالعه در معرض تخریب و بیابانزایی بود که فرسایش آبی، تخریب پوشش گیاهی و فرسایش بادی از عمده ترین عوامل بیابانزایی در منطقه مورد مطالعه گزارش شد (۱۰). البادجو و همکاران، یانگ ژونگ و همکاران، لیان ژو و همکاران نیز تأثیر خصوصیات خاک و دیگر عوامل مؤثر بر پدیده بیابانزایی مانند شرایط پوشش گیاهی، فشار چرای دام و میزان آب را بر گسترش و شدت پدیده بیابانزایی مورد بررسی و ارزیابی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که خصوصیات خاک، بیشترین تأثیر را بر پدیده بیابانزایی دارند (۱۰، ۱۸، ۲۳). مدل هایی نظیر مدالوس و ICD با استفاده از امتیازدهی به شاخص های مختلف به طور مشخص وضعیت بیابانزایی را در یک کلاس مشخص (مناسب یا نامناسب) قرار می دهند، حال آنکه به دلیل پیچیدگی های مکانی و زمانی و تعدد عوامل مختلف مؤثر بر شرایط اکولوژیکی منطقه نمی توان با اعتماد کامل به نتایج به دست آمده نگاه کرد و جهت مدیریت استفاده نمود (۳).



(الف)

(ب)

شکل ۱. الف) موقعیت منطقه مورد مطالعه در دشت سگزی در استان اصفهان و ب) نقشه واحدهای کاری منطقه مطالعاتی

مورد استفاده قرار نگرفته است. هدف از مطالعه حاضر، تعیین مؤثرترین شاخص‌های خاک برای ارزیابی پتانسیل بیابانزایی با استفاده از معیار خاک مدل مدالوس و استفاده از شبکه‌های باور بیزین برای نشان دادن عدم قطعیت در مطالعات پهنه بندی پتانسیل بیابانزایی در منطقه شرق اصفهان بوده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

دشت سگزی، واقع در ۴۰ کیلومتری شرق شهر اصفهان، یکی از ۱۶ کانون بحرانی بیابانزایی در استان اصفهان است (۵). محدوده مورد مطالعه، که بخشی از این دشت است، با مساحت ۳۰۱۸۵ هکتار بین طول جغرافیایی $32^{\circ} 07' 52''$ تا $32^{\circ} 29' 56''$ و عرض جغرافیایی $50^{\circ} 23' 32''$ تا $50^{\circ} 34' 55''$ واقع شده است. برای تعیین نقشه واحدهای کاری، به علت آنکه شیب منطقه کم و تغییر جهت شیب منطقه ناچیز بود، واحدهای دشت سر و پلایا و تیپ‌های مختلف آنها با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی (۱:۲۵۰۰۰)، زمین شناسی (۱:۱۰۰۰۰۰)، تفسیر عکس‌های

استفاده از شبکه‌های باور بیزین (BBN) می‌تواند به عنوان یک ابزار نسبتاً جدید در این زمینه کارآمدی مناسبی داشته باشد. این مدل مبتنی بر رویکردهای احتمالاتی است که عدم قطعیت خروجی یک سیستم را که متأثر از متغیرهای متفاوت است را نشان می‌دهد (۲۰). در این مدل متغیرها گره و روابط بین آنها به صورت لینک نشان داده می‌شود. نحوه تعامل این متغیرها در سیستم به وسیله لینک‌ها و جداول احتمال شرطی تعیین می‌شود (۸). شبکه‌های باور بیزین در اصل به عنوان یک ابزار، برای تجزیه و تحلیل استراتژی‌های تصمیم‌گیری تحت شرایط عدم اطمینان توسعه داده شده است (۲۲). از جمله مطالعاتی که در زمینه خاک شناسی با استفاده از شبکه‌های باور بیزین صورت گرفته می‌توان به آلدرز (۲۰۱۱) اشاره کرد که پتانسیل کارایی شبکه‌های باور بیزین را در ارزیابی آسیب پذیری و خطر فرسایش را در خاک‌های توربدار در مقیاس‌های بزرگ آزمایش کرد (۹). با وجود این که شبکه‌های باور بیزین در مدل کردن زمینه‌های مختلف علوم زیست محیطی مورد استفاده قرار گرفته‌اند، اما تاکنون برای تعیین ارزیابی پتانسیل بیابانزایی مناطق

جدول ۱. شاخص‌های ارزیابی معیار خاک به همراه کلاس و امتیاز مربوطه در روش مدالوس (۵)

شاخص	کلاس	شرح شاخص	امتیاز	شاخص	کلاس	شرح شاخص	امتیاز
بافت خاک	۱	CL.LS, SL,SCL.L	۱۰۰ - ۱۲۵	۱	۱	۱۰۰۰ <	۱۰۰ - ۱۲۵
	۲	SiCL, SiL, SC	۱۲۵ - ۱۵۰	۲	۲	۵۰۰۰ - ۱۰۰۰	۱۲۵ - ۱۵۰
	۳	SiC, C, Si	۱۵۰ - ۱۷۵	۳	۳	۸۰۰۰ - ۵۰۰۰	۱۵۰ - ۱۷۵
	۴	S	۱۷۵ - ۲۰۰	۴	۴	۸۰۰۰ >	۱۷۵ - ۲۰۰
کلر (میلی) اکسیدان (در لیتر)	۱	۱۰۰ <	۱۰۰ - ۱۲۰	۱	۱	۵۰ <	۱۰۰ - ۱۲۰
	۲	۱۰۰۰ - ۱۰۰	۱۲۰ - ۱۴۰	۲	۲	۵۰ - ۵۰	۱۲۰ - ۱۴۰
	۳	۲۰۰۰ - ۱۰۰۰	۱۴۰ - ۱۶۰	۳	۳	۱۰۰۰ - ۵۰۰	۱۴۰ - ۱۶۰
	۴	۲۵۰۰ - ۲۰۰۰	۱۶۰ - ۱۸۰	۴	۴	۱۵۰۰ - ۱۰۰۰	۱۶۰ - ۱۸۰
	۵	۲۵۰۰ >	۱۸۰ - ۲۰۰	۵	۵	۱۵۰۰ >	۱۸۰ - ۲۰۰
میزان گچ (%)	۱	۱۰ - ۰	۱۰۰ - ۱۲۵	۱	۱	۷/۵ <	۱۰۰ - ۱۳۳
	۲	۳۰ - ۱۰	۱۲۵ - ۱۵۰	۲	۲	۸/۳ - ۷/۵	۱۳۳ - ۱۶۶
	۳	۴۵ - ۳۰	۱۵۰ - ۱۷۵	۳	۳	۸/۳ >	۱۶۶ - ۲۰۰
	۴	۴۵ >	۱۷۵ - ۲۰۰				
مواد آلی (%)	۱	۰/۲ <	۱۰۰ - ۱۲۰	۱	۱	۸ - ۰	۱۰۰ - ۱۲۰
	۲	۰/۵ - ۰/۲	۱۲۰ - ۱۴۰	۲	۲	۱۶ - ۸	۱۲۰ - ۱۴۰
	۳	۱ - ۰/۵	۱۴۰ - ۱۶۰	۳	۳	۳۲ - ۱۶	۱۴۰ - ۱۶۰
	۴	۱/۵ - ۱	۱۶۰ - ۱۸۰	۴	۴	۱۰۰ - ۳۲	۱۶۰ - ۱۸۰
	۵	۲ - ۱/۵	۱۸۰ - ۲۰۰	۵	۵	۱۰۰ >	۱۸۰ - ۲۰۰

شد. در مجموع ۳۴ نمونه خاک از افق صفر تا ۴۵ سانتی‌متری خاک که محدوده عمده فعالیت ریشه گیاهان می‌باشد در ۱۷ واحد کاری جمع‌آوری و شاخص‌های بافت خاک، مواد آلی، سدیم، نسبت جذب سدیم، هدایت الکتریکی، میزان گچ، کلر و pH تعیین شد (۷ و ۱۴). برای تهیه نقشه هر یک از شاخص‌های خاک، با توجه به وضع موجود در منطقه و شاخص‌های تعیین‌کننده کیفیت، امتیازی بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ تعلق گرفت (جدول ۱) (۵ و ۱۶). و نقشه‌های مورد نظر در نرم‌افزار ArcGIS 9.3 به صورت رستری تهیه شد (۱۲).

در نهایت از میانگین هندسی شاخص‌های خاک، نقشه نهایی وضعیت کیفیت خاک تهیه گردید. فرمول ارائه شده برای تهیه وضعیت کیفیت خاک به صورت زیر است (۱۹).

هوایی و باند پانکروماتیک و چند طیفی تصاویر ماهواره‌ای لندست سنجنده TM (سازمان فضایی ایران) و بازدیدهای صحرائی تفکیک شد و رخساره‌های ژئومورفولوژی هر یک از تیپ‌ها به عنوان واحد کاری در نظر گرفته شد (۱۱).

تهیه لایه‌های اطلاعاتی وضعیت معیار خاک مدل مدالوس

منطقه مورد مطالعه، از نظر ژئومورفولوژیکی، مشتمل بر دو واحد دشت سر (دشت سر اپانداژ و پوشیده) و پلایا است که ۱۷ رخساره ژئومورفولوژی در این منطقه شناسایی و تفکیک شد. منطقه مورد مطالعه، از نظر ژئومورفولوژیکی، مشتمل بر دو واحد دشت سر (دشت سر اپانداژ و پوشیده) و پلایا است که ۱۷ رخساره ژئومورفولوژی در این منطقه شناسایی و تفکیک

جدول ۲. طبقه بندی شدت بیابانزایی معیار وضعیت خاک در

دامنه اعداد	کلاس
۱۰۰ - ۱۲۰	ناچیز
۱۲۰ - ۱۴۰	کم
۱۴۰ - ۱۶۰	متوسط
۱۶۰ - ۱۸۰	شدید
۱۸۰ - ۲۰۰	خیلی شدید

$$W_s = (W_{EC} \times W_{SAR} \times W_{Texture} \times W_{CL} \times W_{Na} \times W_{Gypsum} \times W_{OM} \times W_{PH})^{1/8} \quad (1)$$

W_s عبارت است از معیار خاک و شاخص‌ها آن به ترتیب عبارتند از: هدایت الکتریکی (W_{EC})، نسبت جذب سدیم (W_{SAR})، بافت خاک ($W_{Texture}$)، میزان یون‌های محلول کلر (W_{CL})، سدیم (W_{Na})، میزان گچ (W_{Gyps})، میزان مواد آلی (W_{OM}) و میزان اسیدیته (W_{PH}) که به صورت میانگین هندسی فرمول آن نوشته شده است. شاخص‌های ارزیابی معیار خاک به همراه کلاس و امتیازات مربوطه در (جدول ۱) و طبقه بندی معیار وضعیت خاک در جدول (۲) ارائه شده است (۵).

شبکه‌های باور بیزین

برای شروع فرآیند مدل‌سازی به کمک شبکه‌های باور بیزین ابتدا باید متغیرهای مؤثر در مدل شناسایی شوند. با مرور منابع و کمک گرفتن از نظر متخصصان، از بین شاخص‌های در نظر گرفته برای معیار خاک مدل مدالوس، متغیرهای مناسب برای مدل‌سازی شبکه‌های باور بیزین انتخاب شدند. پس از شناسایی مهم‌ترین متغیرهای تأثیر گذار بر کیفیت خاک از نظر بیابانزایی، در مرحله بعد باید با استفاده از نمودار اثر، روابط بین این متغیرها برقرار شود. طراحی نمودار اثر، طی چندین مرحله طراحی و اصلاح، با استفاده از نظرات متخصصان صورت گرفت. سپس تعریف هر متغیر و حالات مختلف مربوط به هر متغیر با استفاده از منابع موجود و نظرات کارشناسی متخصصان خاک تبیین و تعریف شد. در نهایت برای ایجاد مدل و تشکیل جداول احتمالات شرطی برای

متغیرهای مدل، نمودار تأثیر با استفاده از نرم‌افزار Netica به یک مدل شبکه باور بیزین تبدیل شد (۲۰). Netica نرم‌افزاری تحت ویندوز از شرکت Norsys است که به صورت گسترده‌ای در ایجاد شبکه‌های بیزین استفاده شده است. ابزار رسم گره‌ها و لینک‌های ارتباطی و جداول احتمال شرطی در Netica موجود است و دستورالعمل استفاده از این نرم‌افزار نیز به صورت رایگان در وب سایت www.Norsys.com قابل دانلود است. با انجام جلسات متعدد با کارشناسان و استفاده از نرم‌افزار محاسبه گر احتمالات شرطی (CPT Calculator) (۱۷) جداول احتمالات شرطی مدل تکمیل گردید. ارزیابی و اعتبارسنجی مدل شبکه باور بیزین به منظور ارزیابی دقت و قابلیت اطمینان مدل بوده و چنانچه صورت نگیرد، مدل چیزی به جز ساختارهای باور تأیید نشده که صرفاً براساس قضاوت کارشناسان تهیه شده‌اند، نیست (۲۰). در این مطالعه با انجام تجزیه و تحلیل حساسیت و بررسی نتایج توسط متخصصان و همچنین مقایسه نتایج این آنالیز با مدل مدالوس، مدل شبکه باور بیزین اعتبار سنجی گردید. اطلاعات حاصل از تجزیه و تحلیل حساسیت، به منظور تعیین متغیرهای ورودی که بیشترین اثر را بر خروجی مدل و عدم قطعیت آن دارند استفاده می‌شود. در این مطالعه حساسیت سنجی مدل شبکه باور بیزین به شکل جزء به جزء (گره‌های میانی مدل) با استفاده از روش کاهش آنترپی (Entropy reduction) انجام گرفت (۲۰).

$$I = H(Q) - H(Q|F) = \sum_f \sum_q \frac{p(q,f) \log_2 [P(q,f)]}{P(q)p(f)} \quad (2)$$

در معادله (۲)، کاهش قابل انتظار اطلاعات متغیر Q در اثر تأثیر پذیری از متغیر F می‌باشد. بر این اساس $H(Q)$ بی‌نظمی متغیر Q ، مستقل از سایر متغیرها و $H(Q|F)$ بی‌نظمی متغیر Q ، در شرایطی است که تحت تأثیر متغیر F قرار دارد، می‌باشد. همچنین در این رابطه q حالت متغیر Q بوده و f حالت متغیر F می‌باشد. P نشان دهنده احتمال می‌باشد. در نهایت کیفیت خاک در هر واحد کاری با استفاده از هر دو روش مدل مدالوس و مدل BBN تعیین و میزان همبستگی نتایج بررسی شد.

جدول ۳. امتیاز معیار خاک و هشت شاخص ارزیابی شدت بیابانزایی در مدل مدالوس

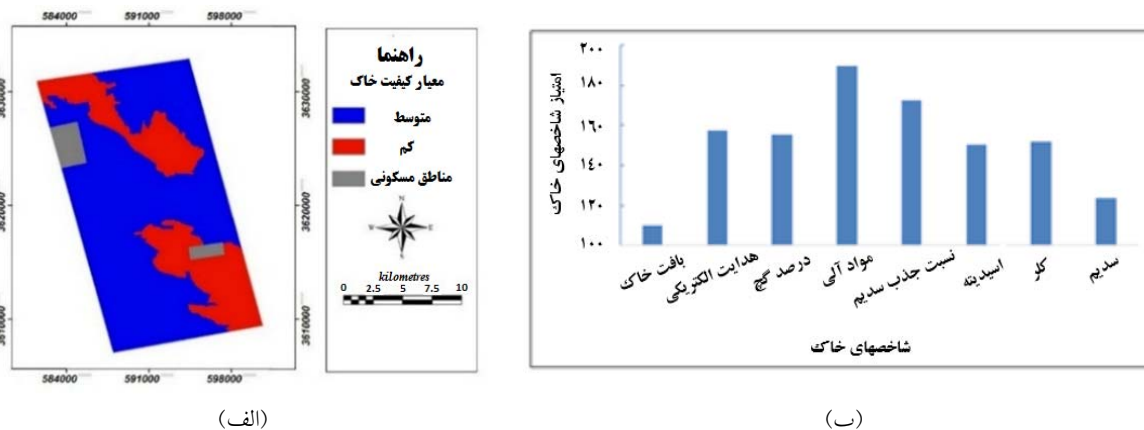
کیفیت خاک (امتیازات شاخص ها)											
کد	نام واحد	مساحت (درصد)	بافت	هدایت الکتریکی	درصد گچ	درصد مواد آلی	نسبت جذب سدیم	اسیدیته	کلر (میلی گرم در لیتر)	سدیم (میلی گرم در لیتر)	امتیازات (میانگین هندسی)
۱-۱-۱	اراضی باغی و زراعی	۳/۹۹	۱۰۰	۱۶۵	۱۵۰	۱۸۰	۱۸۵	۱۵۰	۱۴۰	۱۴۰	۱۵۲
۲-۱-۱	دشت ریگی با تراکم زیاد	۸/۷۷	۱۱۰	۱۵۰	۱۴۵	۱۹۰	۱۸۶	۱۲۲	۱۸۰	۱۲۵	۱۵۱
۳-۱-۱	اراضی دست کاشت	۲/۲۴	۱۱۰	۱۷۵	۱۲۰	۱۵۰	۱۷۵	۱۴۰	۱۴۵	۱۲۵	۱۴۲
۴-۱-۱	اراضی دست کاشت همراه با فرسایش بادی	۶/۶۹	۱۰۰	۱۳۵	۱۸۵	۱۹۵	۱۷۸	۱۵۵	۱۴۶	۱۳۰	۱۴۹
۱-۲-۱	اراضی باغی و زراعی	۱۳/۵۵	۱۰۰	۱۸۰	۱۵۰	۱۷۵	۱۷۵	۱۶۰	۱۵۰	۱۲۰	۱۵۲
۲-۲-۱	اراضی دست کاشت همراه با رخساره های فرسایش بادی	۷/۹۹	۱۳۰	۱۶۳	۱۴۰	۲۰۰	۱۱۰	۱۳۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۳۶
۳-۲-۱	تاسیسات ، کارگاه ها و مناطق مسکونی	۶/۴۲	۱۰۰	۱۴۱	۱۳۰	۲۰۰	۱۷۵	۱۴۱	۱۴۱	۱۲۰	۱۴۳
۴-۲-۱	اراضی دست کاشت	۳/۵۹	۱۳۰	۱۶۵	۱۲۵	۱۹۰	۱۸۲	۱۱۰	۲	۱۴۰	۱۵۵
۱-۱-۲	اراضی پف کرده همراه با گیاهان شورپسند	۵/۳۷	۱۳۰	۱۶۵	۱۷۱	۲۰۰	۱۸۵	۱۵۰	۲	۱۴۵	۱۶۸
۲-۱-۲	رخساره زرده	۳/۴۱	۱۳۰	۱۶۵	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۱۵۰	۲	۱۵۰	۱۷۴
۳-۱-۲	اراضی رها شده	۸/۰۸	۱۰۰	۱۶۵	۲۰۰	۲۰۰	۱۷۷	۱۵۸	۱۲۰	۱۰۰	۱۵۲
۴-۱-۲	منطقه حمل- پهنه های ماسه ای	۴/۶۶	۱۱۰	۱۶۵	۱۴۱	۱۸۰	۱۸۳	۱۵۵	۱۳۰	۱۲۸	۱۴۹
۵-۱-۲	منطقه حمل- پوشش دست کاشت	۱۰/۵۸	۱۱۰	۱۴۵	۱۷۰	۱۹۵	۱۷۸	۱۶۵	۱۶۰	۱۳۰	۱۵۶
۶-۱-۲	اراضی گچی	۱/۵۱	۱۰۰	۱۵۰	۲۰۰	۱۸۰	۱۷۸	۱۳۵	۱۶۰	۱۳۰	۱۵۴
۷-۱-۲	اراضی پف کرده	۳/۸۲	۱۳۰	۲۰۰	۱۴۰	۱۹۰	۱۹۰	۱۴۰	۲۰۰	۱۵۰	۱۶۷
۸-۱-۲	اراضی دست کاشت همراه با رخساره های فرسایش بادی	۱۳/۳۶	۱۰۰	۱۲۰	۱۵۵	۱۹۰	۱۶۰	۱۷۰	۱۳۰	۱۱۰	۱۴۱
۹-۱-۲	اراضی دست کاشت	۱/۸۹	۱۰۰	۱۶۲	۱۳۰	۱۸۵	۱۷۹	۱۷۸	۱۴۵	۱۲۸	۱۵۰

بحث و نتایج

ارزیابی معیار خاک در مدل مدالوس

پس از ارزیابی و امتیاز دهی شاخص های مربوط به معیار خاک و محاسبه میانگین هندسی امتیازات واحدهای کاری، امتیازات شاخص های مورد ارزیابی محاسبه و شاخص هایی که حائز بالاترین امتیاز بود تعیین شد (جدول ۳). به هر یک از شاخص ها امتیازی بین ۱۰۰ (بهترین شرایط) تا ۲۰۰ (بدترین شرایط) تخصیص داده شد. بر این اساس و با توجه به امتیازات داده شده، شاخص های بافت خاک، میزان سدیم محلول خاک و میزان اسیدیته خاک کمترین امتیاز را داشته و بنابراین کمترین محدودیت را در کیفیت خاک منطقه مطالعاتی داشته و

شاخص های مواد آلی، نسبت جذب سدیم (SAR) و قابلیت هدایت الکتریکی (EC) به ترتیب حائز بالاترین امتیاز بودند و لذا بیشترین محدودیت را برای کیفیت خاک از نظر بیابانزایی ایجاد می کنند. پس از تعیین امتیازات مربوط به هر شاخص در هر واحد کاری و وارد کردن این امتیازات در نرم افزار ArcGIS 9.3 نقشه رستری شاخص ها و همچنین نقشه معیار خاک تهیه شد. نتایج بررسی ها نشان داد که ۲۸/۲۸ درصد از منطقه مطالعاتی در کلاس کیفیت کم و ۷۱/۷۲ درصد از منطقه نیز در کلاس کیفیت متوسط خاک از لحاظ پتانسیل بیابانزایی قرار گرفت. بنا به امتیازات داده شده مندرج در جدول (۳) و نقشه معیار کیفیت خاک شکل (۲)، رخساره های اراضی گچی،



شکل ۲. الف) نقشه معیار کیفیت خاک در منطقه سگری و ب) میانگین وزنی هر کدام از شاخص‌های معیار کیفیت خاک

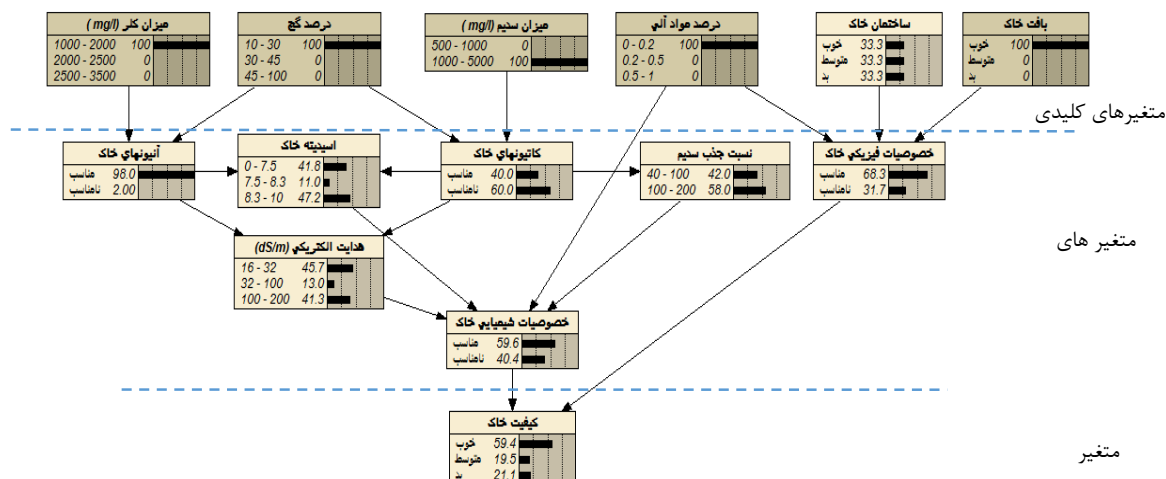
به‌عنوان متغیرهای اصلی خاک شناسایی شدند. بافت، ساختمان و مواد آلی مهم‌ترین عواملی بوده که بر خصوصیات فیزیکی خاک منطقه تأثیرگذار بوده‌اند که به‌وسیله پیکان‌هایی این رابطه نشان داده شد (شکل ۳). از آنجایی که براساس متغیرهای اندازه‌گیری شده نقش خصوصیات شیمیایی در کیفیت خاک منطقه پررنگ‌تر از خصوصیات فیزیکی خاک بوده و نیز خصوصیات شیمیایی می‌تواند برخی خصوصیات فیزیکی را نیز تحت تأثیر قرار دهد، از این جهت متغیرهای شیمیایی بیشتری در نظر گرفته شد. سدیم و کلر مهم‌ترین کاتیون و آنیونی بودند که بر میزان هدایت الکتریکی خاک منطقه تأثیر دارند. کم و زیاد شدن گچ در خاک نیز بر میزان کاتیون و آنیون‌ها تأثیر گذار است.

pH خاک، متأثر از تغییرات کاتیون‌ها و آنیون‌های خاک بوده و با افزایش یا کاهش آن تغییر می‌کند. طبق مدل ارائه شده، میزان کاتیون‌ها بر هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم خاک تأثیر دارند. اسیدیته خاک تحت تأثیر میزان کاتیون و آنیون‌های خاک می‌باشد. در مدل ارائه شده متغیرهای بافت خاک، ساختمان خاک، مواد آلی، گچ موجود در خاک و درنهایت میزان سدیم و کلر خاک به‌عنوان ورودی‌های مدل (متغیرهای کلیدی) کیفیت خاک در نظر گرفته شدند. مشخصات محیطی واحد کاری شماره یک به‌عنوان نمونه در مدل وارد و اجرا شده است (شکل ۳). طبق این مدل، در صورتی که میزان

زرده و اراضی پف کرده کیفیت خاک نامناسبی داشته و مستعد بیابانزایی می‌باشند. در اراضی گچی سطح خاک به‌منظور استخراج گچ به‌هم خورده و بدون پوشش باقی مانده است. همین امر موجب شده خاک در برابر بادهای با سرعت زیاد لخت و بدون حفاظ مانده و افزایش فرسایش بادی را به‌همراه داشته باشد. در اراضی پف کرده، غشایی از نمک سطح را پوشانده است. پوشش گیاهی در این رخسارها بسیار جزئی و به‌صورت نی‌زارهای پراکنده دیده می‌شود. رخساره زرده فاقد پوشش گیاهی است که علت آن وجود سخت لایه حاصل از تجمع نمک در سطح یا نزدیکی سطح زمین می‌باشد. سطح زمین حالت شخم خورده داشته و پستی و بلندی‌هایی به ارتفاع حداکثر ۲۰ سانتی‌متر در آن دیده می‌شود. شاخص مواد آلی با امتیاز ۱۹۰ بیشترین تأثیر در بین شاخص‌های معیار خاک را داشت و کم‌ترین میزان تأثیر را شاخص بافت خاک با امتیاز ۱۱۰ به خود اختصاص داد (شکل ۲ ب).

ارزیابی کیفیت خاک با استفاده از شبکه‌های باور بیزین

با استفاده از مدل نهایی شبکه باور بیزین، متغیرهای مؤثر بر کیفیت خاک شناسایی و روابط علی و معلولی آنها نشان داده شده است (شکل ۳). متغیر هدف در این مدل متغیر کیفیت خاک می‌باشد. براساس نتایج، متغیرهای نسبت جذب سدیم، کاتیون‌ها، اسیدیته، قابلیت هدایت الکتریکی و آنیون‌های خاک



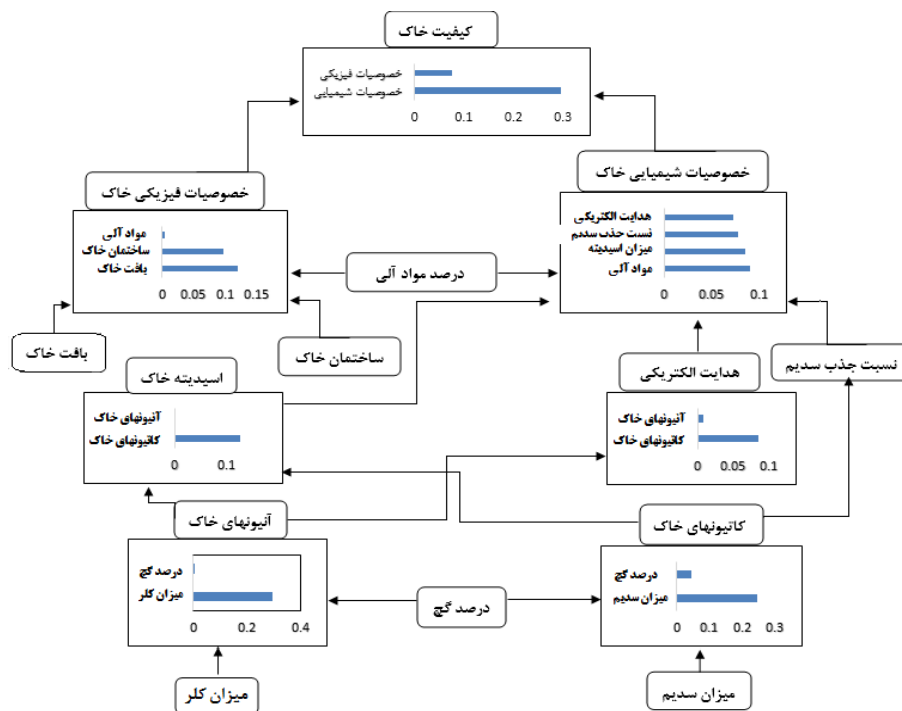
شکل ۳. مدل شبکه های باور بیزین ارائه شده جهت ارزیابی کیفیت خاک در واحد کاری شماره یک

جدول ۴. احتمالات شرطی مربوط به گره کاتیون های خاک در مدل کیفیت خاک، سطر پر رنگ شده مربوط به سناریو وضعیت واحد کاری شماره ۱ می باشد.

میزان سدیم	میزان گچ	مناسب	نامناسب
۵۰۰ - ۱۰۰۰	۱۰ - ۳۰	۹۵	۵
۵۰۰ - ۱۰۰۰	۳۰ - ۴۵	۸۰	۲۰
۵۰۰ - ۱۰۰۰	۴۵ - ۱۰۰	۷۰	۳۰
۱۰۰۰ - ۵۰۰۰	۱۰ - ۳۰	۴۰	۶۰
۱۰۰۰ - ۵۰۰۰	۳۰ - ۴۵	۳۰	۷۰
۱۰۰۰ - ۵۰۰۰	۴۵ - ۱۰۰	۵	۹۵

کاری، به طبع خصوصیات شیمیایی خاک نیز در وضعیت مناسبی قرار می گیرد (۵۰/۹ درصد حالت مناسب). با توجه به بافت و ساختمان مناسب خاک در این واحد کاری، خصوصیات فیزیکی خاک نیز به احتمال ۶۸ درصد مناسب پیش بینی شده است. در نهایت با توجه به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک که به طور مستقیم کیفیت خاک این واحد را تعیین می کنند، خروجی مدل نشان داد که کیفیت خاک این واحد به احتمال ۵۹/۴ درصد مناسب، ۱۹/۵ درصد در حالت متوسط و ۲۱/۱ درصد در شرایط نامناسب قرار دارد. نتایج نشان داد که کیفیت خاک این واحد در شرایط مناسبی قرار دارد و خطر جدی بیابانزایی در این واحد کاری از لحاظ شرایط ادا فیکسی وجود ندارد.

گچ در این واحد کاری بین ۱۰ تا ۳۰ درصد و میزان سدیم محلول بین ۱۰۰۰ تا ۵۰۰۰ میلی گرم در لیتر باشد، کاتیون های خاک با احتمال ۶۰ درصد در کلاس نامناسب قرار می گیرد (جدول ۴). همچنین با توجه به میزان کلر و گچ در این واحد کاری، آنیون های خاک در کلاس مناسب قرار گرفته و به همراه کاتیون ها باعث می شوند EC و اسیدیته (pH) این واحد حالت متعادلی پیدا کند. در این واحد مواد آلی در کلاس صفر تا ۰/۲ درصد قرار گرفته و نسبت جذب سدیم نیز حالت متعادلی دارا است. از آنجا که خصوصیات شیمیایی خاک تحت تأثیر مواد آلی، نسبت جذب سدیم، هدایت الکتریکی و میزان اسیدیته خاک قرار می گیرد و با توجه به شرایط نسبتاً مناسب حاکم بر این متغیرها در این واحد



شکل ۴. نتایج حساسیت سنجی مدل کیفیت خاک به صورت جزء به جزء در منطقه مورد مطالعه

خاک دارد. نتایج مدل شبکه باور بیزین با معیار خاک مدل مدالوس مقایسه گردید تا میزان همگنی پیش‌بینی‌های دو مدل با یکدیگر ارزیابی گردد (جدول ۵). در این مطالعه خروجی مدل BBN تهیه شده برای کیفیت خاک و امتیاز معیار خاک مدل مدالوس در هر واحد کاری با هم مقایسه و به نوعی صحت پیش‌بینی مدل تعیین شد. همچنین ضریب تبیین مناسب و معنی داری در سطح $\alpha = 0/05$ بین احتمالات طبقه "خوب" و امتیاز معیار خاک مدل مدالوس وجود داشت (شکل ۵).

در این تحقیق، با کاربرد شبکه باور بیزین پتانسیل بیابانزایی دشت سگری براساس برخی شاخص‌های کیفیت خاک ارائه شده در مدل مدالوس مورد بررسی قرار گرفت در مدل مدالوس برای ارزیابی شدت بیابانزایی علاوه بر معیار کیفیت خاک از معیارهای پوشش گیاهی، مدیریت و سیاست و اقلیم نیز استفاده می‌شود که در این مقاله بنا به اهمیت معیار خاک در عوامل بیابانزایی در منطقه مطالعاتی (۵) به معیار کیفیت خاک پرداخته شد. نتایج ارزیابی بیابانزایی با استفاده از هر دو روش نشان داد

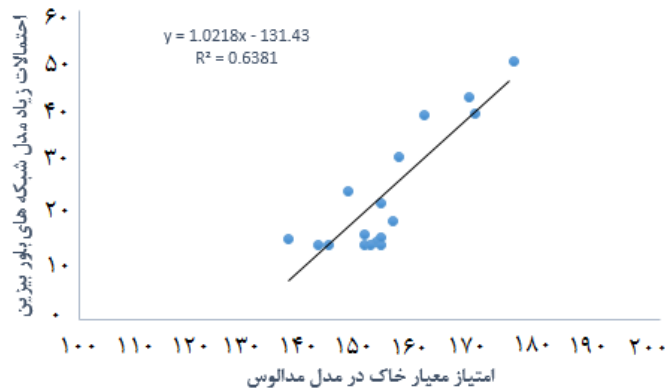
نتایج حساسیت سنجی مدل کیفیت خاک به صورت جزء به جزء در منطقه مورد مطالعه انجام شد (شکل ۴). براساس نتایج کیفیت خاک منطقه بیشتر تحت تأثیر خصوصیات شیمیایی و متعاقب آن خصوصیات فیزیکی می‌باشد. مقدار اسیدینه خاک و میزان مواد آلی از جمله متغیرهایی بودند که بیشترین تأثیر را در شرایط خصوصیات شیمیایی خاک داشتند. نسبت جذب سدیم و هدایت الکتریکی نیز از جمله پارامترهای دیگری بودند که تأثیر کمتری نسبت به دو عامل اسیدینه و میزان مواد آلی خاک در بین خصوصیات شیمیایی خاک داشتند. مواد آلی، بافت و ساختمان خاک پارامترهایی هستند که بر خصوصیات فیزیکی خاک تأثیر می‌گذارند.

براساس نتایج، میزان اسیدینه خاک و هدایت الکتریکی خاک منطقه بیشتر متأثر از میزان کاتیون‌ها بوده و سدیم به‌عنوان مهم‌ترین کاتیون و کلر به‌عنوان مهم‌ترین آنیون در خاک منطقه می‌باشد. نتایج نشان داد که بافت و ساختمان خاک تأثیر بیشتری بر چگونگی خصوصیات فیزیکی خاک منطقه نسبت به مواد آلی

جدول ۵. کیفیت خاک پیش‌بینی شده و برآورد شده در هر واحد کاری با استفاده از شبکه‌های باور بیزین و مدل مدالوس

واحد کاری	کیفیت خاک پیش‌بینی شده از نظر بیابانزایی با استفاده از شبکه‌های باور بیزین (%)			امتیاز معیار خاک در مدل مدالوس*
	Poor	Moderate	Good	
۱-۱-۱	۲۲/۴	۲۲/۴	۵۵/۲	۱۵۲
۲-۱-۱	۱۵/۱	۱۵/۵	۶۹/۴	۱۵۱
۳-۱-۱	۳۰/۱	۲۷/۸	۴۲/۱	۱۴۲
۴-۱-۱	۱۶/۶	۱۶/۵	۶۶/۹	۱۴۹
۱-۲-۱	۱۴/۳	۱۵	۷۰/۷	۱۵۲
۲-۲-۱	۱۵/۷	۱۵/۲	۶۹/۱	۱۳۶
۳-۲-۱	۱۴/۳	۱۵	۷۰/۷	۱۴۳
۴-۲-۱	۳۰/۶	۲۱/۵	۴۷/۹	۱۵۵
۱-۱-۲	۴۰	۲۴/۴	۳۵/۶	۱۶۸
۲-۱-۲	۵۳/۴	۱۶/۸	۲۹/۸	۱۷۴
۳-۱-۲	۱۵/۸	۹/۵	۶۸/۳	۱۵۲
۴-۱-۲	۱۴/۳	۱۵	۷۰/۷	۱۴۹
۵-۱-۲	۳۸/۹	۲۲/۳	۳۶/۸	۱۵۶
۶-۱-۲	۱۹	۱۶	۶۵	۱۵۴
۷-۱-۲	۴۳/۲	۱۶/۹	۳۹/۹	۱۶۷
۸-۱-۲	۱۴/۳	۱۵	۷۰/۷	۱۴۱
۹-۱-۲	۱۴/۳	۱۵	۷۰/۷	۱۵۰

*: در واحدهایی که امتیاز معیار خاک در مدل مدالوس به عدد ۲۰۰ نزدیک‌تر باشد نشان دهنده کیفیت خاک نامناسب است که شبکه‌های باور بیزین نیز به درستی کیفیت خاک را در هر واحد کاری پیش‌بینی کرده‌اند



شکل ۵. نشان دهنده همبستگی بین امتیاز معیار خاک در مدل مدالوس و احتمالات زیاد پیش‌بینی شده برای مدل شبکه‌های باور بیزین خاک

که مهمترین عوامل تعیین کننده کیفیت خاک از نظر بیابانزایی در منطقه مطالعاتی، درصد مواد آلی، نسبت جذب سدیم و هدایت الکتریکی خاک می‌باشند که این پارامترها در واحدهای کاری ۱-۱-۲، ۲-۱-۲، ۳-۱-۲، ۴-۱-۲ و ۷-۱-۲ واقع در قسمت‌های جنوب شرقی و شمالی منطقه، باعث کیفیت نامناسب خاک شده‌اند. خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک، از نظر میزان مواد آلی

به‌علت نامناسب بودن خاک این واحدها شرایط رشد پوشش گیاهی در آنها نیز نامناسب می‌باشد که باعث می‌شود معیار خاک با تأثیری که بر وضعیت پوشش گیاهی دارد، به‌طور غیر مستقیم بر شدت بیابانزایی منطقه تأثیر داشته باشد (۶). کاستلانو و والن تأثیر فشار چرا، تغییر خصوصیات خاک و میزان نفوذ آب را بر پدیده بیابانزایی بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که با تغییر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مانند افزایش شوری و املاح خاک، متلاشی شدن ساختمان خاک و کاهش مواد آلی، بیابانزایی با شدت بیشتری صورت می‌گیرد (۱۳).

نتیجه‌گیری

یکی از نقاط ضعف اکثر مدل‌های ارزیابی بیابانزایی از جمله مدل مدالوس در نظر نگرفتن عدم قطعیت‌ها می‌باشد. به‌دلیل اینکه عوامل مختلف اکولوژیکی و مدیریتی بر شدت بیابانزایی تأثیر دارند و به‌دلیل تغییر پذیری عوامل محیطی و ناهمگونی ساختاری بسیار بالای مناطق خشک و نیمه خشک (۶) با اطمینان نمی‌توان در مورد شدت بیابانزایی یک منطقه قضاوت نمود. در مدل شبکه‌های باور بیزین همان‌طور که نشان داده شد، این عدم قطعیت‌ها در نظر گرفته شده و با احتمالات شدت‌های مختلف بیابانزایی برای یک منطقه در نظر گرفته می‌شود. شبکه‌های باور بیزین رویکردی مناسب برای استخراج دانش متخصصین و تهیه مدل‌هایی جهت مدیریت و ارزیابی اراضی می‌باشد. نتایج مقایسه دو مدل و تجزیه و تحلیل حساسیت و به‌کارگیری داده‌های حاصل از مطالعه میدانی نشان داد که با استفاده از مدل شبکه باور بیزین به‌خوبی می‌توان پتانسیل بیابانزایی را در اراضی بیابانی بررسی نمود. در این مطالعه نشان داده شد که تلفیق مدل‌های قطعی نظیر مدالوس به‌خوبی می‌تواند با BBN تلفیق شده و امکان ایجاد مدل‌های علی و معلولی با قابلیت نشان دادن عدم اطمینان در برآورد کیفیت خاک و بیابانزایی را فراهم می‌سازد. مزیت‌های دیگر شبکه‌های باور بیزین مانند انعطاف پذیری، بروز رسانی ساده و نمایش گرافیکی مدل که تبادل اطلاعات را بین کاربران مختلف تسهیل

بسیار فقیرند و دشت سگزی نیز از این مورد مستثنی نبوده و مواد آلی خاک آن بسیار ناچیز می‌باشد. علت کمبود مواد آلی در دشت سگزی را می‌توان تخریب پوشش گیاهی و نبود شرایط مناسب خاک برای رشد گیاهان، صدور بیش از حد مجوز استخراج معادن و بهره‌برداری غیر اصولی از آنها، افت شدید آب‌های زیرزمینی بیان کرد (۵). میزان مواد آلی در ۷۴ درصد از مساحت منطقه مطالعاتی کمتر از ۰/۲ درصد، ۲۳/۵ درصد از مساحت منطقه بین ۰/۲ تا ۰/۵ درصد و تنها در ۲/۵ درصد از مساحت منطقه که مربوط به رخساره اراضی دست کاشت در دشت سر اپانداژ می‌باشد، دارای ۰/۷۵ درصد مواد آلی است و در این رخساره استقرار تاغ‌ها موفقیت آمیز بوده و ارتفاع آنان به بیش از چهار متر می‌رسید. در این رخساره به‌علت لاشبرگ‌های حاصل از این تاغ‌ها، مقدار مواد آلی خاک افزایش یافته است. لیان ژو و همکاران نیز در مورد تأثیر متقابل بیابانزایی و میزان مواد آلی و نیتروژن خاک، به این نتیجه رسیدند که کمبود میزان مواد آلی در خاک، باعث کاهش رشد گیاهان شده و بر بیابانزایی تأثیر می‌گذارد (۱۸). براساس نتایج مدل مدالوس، بعد از مواد آلی، پارامترهای نسبت جذب سدیم و هدایت الکتریکی خاک بیشترین تأثیر را بر کیفیت خاک و بیابانی شدن منطقه داشته‌اند. در نتیجه بالا بودن میزان EC و SAR در خاک، ساختمان خاک متلاشی شده و این باعث فرسایش پذیری خاک و تشدید روند بیابانزایی می‌شود (۱۸). شوری زیاد خاک باعث می‌گردد پتانسیل اسمزی خاک کاهش و به تبع آن آب قابل استفاده برای جذب ریشه گیاهان کم شود. از آنجا که قسمت اعظم منطقه عاری از پوشش گیاهی می‌باشد، باد به راحتی با سطح خاک تماس پیدا کرده و باعث فرسایش و تخریب سطح خاک می‌شود. بیشترین میزان شوری خاک در اراضی پف کرده در واحد پلایا و اراضی باغی و زراعی اطراف روستای علی‌آبادچی در جنوب شرقی منطقه می‌باشد. علت شوری بالای این خاک‌ها، تبخیر آب شور و برجای ماندن نمک‌های آن و همچنین آبیاری زمین‌های زراعی به‌وسیله آب شور می‌باشد. به‌دلیل تأثیر مهم معیار خاک در پدیده بیابانزایی و

می‌کند، کارایی آن را در زمینه مطالعات بیابان‌زدایی و منابع طبیعی بالا می‌برد. قابلیت پیش‌بینی و تشخیصی مدل BBN می‌تواند به مدیران کمک کند تا با بررسی سناریوهای مختلف مدیریتی بهترین تصمیم را جهت مدیریت مناطق مختلف اعمال کنند (۹). با توجه به مشکلات عمده‌ای که در زمینه منابع آب و خاک و بیابان‌زایی وجود دارد، مدل ارائه شده در پژوهش حاضر با تخمین ریسک بیابان‌زایی در مناطق مختلف می‌تواند اطلاعات مناسبی در راستای اولویت‌بندی مناطق برای ارائه راه‌کارهای مبارزه با بیابان‌زایی در اختیار سازمان‌های مرتبط قرار دهد.

منابع مورد استفاده

۱. احمدی، ح. ۱۳۸۳. بررسی عوامل مؤثر در بیابان‌زایی، مجله جنگل مرتع ۶۲: ۶۶-۷۰.
۲. پروانه، ح. ۱۳۸۸. ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی در خراسان جنوبی با روش مدالوس. پایان‌نامه کارشناسی ارشد بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
۳. جعفری، م. ۱۳۸۵. ارزیابی شاخص‌های معیار خاک جهت بررسی وضعیت بیابان‌زایی مناطق سلیمان، حسن آباد میش مست و گازران در استان قم، فصلنامه پژوهش تحقیقات مرتع و بیابان ایران ۱۳(۳): ۲۷۸-۲۸۳.
۴. جعفری، ر. ۱۳۸۰. ارزیابی و تهیه نقشه بیابان‌زایی با تحلیل و بررسی روش های فائو- یونیپ و ICD در منطقه کاشان با تکیه بر فرسایش بادی و تخریب منابع آب. پایان‌نامه کارشناسی ارشد بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
۵. خنامانی، ع. ح. کریم زاده و ر. جعفری. ۱۳۹۰. استفاده از معیار خاک برای ارزیابی شدت بیابان‌زایی (مطالعه موردی: دشت سگری اصفهان)، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک ۱۷(۶۳): ۴۹-۵۹.
۶. فزونی، ل. ۱۳۸۶. ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی دشت سیستان با استفاده از مدل مدالوس اصلاح شده با تأکید بر معیار فرسایش آبی و بادی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل.
۷. کریمی کارویه، ع. ۱۳۷۶. مقایسه خصوصیات خاک‌های دارای پوشش گیاهی با سطوح مجاور عاری از پوشش گیاهی منطقه سجزی اصفهان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاک شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
۸. مهاجرانی، ح.، خلقی، م. مساعدی، ا. ا. سعدالدین و م. مفتاح هلقی. ۱۳۸۹. مدیریت کمی آبخوان با شبکه تصمیم‌بیزی، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک ۲۶(۶): ۱۵۲۲-۱۵۳۴.
9. Aalders, I., R. L. Hough and Tower. W. 2011. Risk of erosion in peat soils-an investigation using bayesian belief networks. *Soil Use and Manage.* 27: 538-549.
10. Albaladejo, J., G. Chisci, D. Gabriels, J. L. Rubio and M. A. Stocking. 1988. Soil degradation and its impact on desertification: A research design for Mediterranean environments. *Soil Technol.* 1:169-174.
11. Ajai, A., S. Arya, S. P. Dhinwa, S. K. Pathan and K. Ganesh Raj. 2009. Desertification land degradation status mapping of India, *Current Sci.* 97: 1478-1483.
12. Basso, F., E. Bove, S. Dumontet, A. Ferrara, M. Pisante, G. Quaranta and M. Taberner. 2000. Evaluating environmental sensitivity at the basin scale through the use of geographic information systems and remotely sensed data: an example covering the Agri basin (Southern Italy). *Catena.* 1: 19-35.
13. Castellano, M. J. and T. J. Valone. 2007. Livestock soil compaction and water infiltration rate: Evaluating a potential desertification recovery mechanism. *J. of Arid Environ.* 71: 97-108.
14. Carter, M. R. and E. G. Gregorich. 2007. *Soil sampling methods and analysis*, CRC Press.
15. Giordano, L., F. Giordano, S. Grauso, M. Lanetta, M. Sciortino, G. Bonnati and F. Borfecchia. 2002. Desertification vulnerability in sicily proc. On New Trend in Water and Environmental Engineering for Safety and Life: Eco-compatible Solutions for Aquatic Environmental. Capri-Italy.
16. Jafarir, R. and L. Bakhshandehmehr. 2013. Quantitative mapping and assessment of environmentally sensitive area to desertification in central IRAN. *Land Degradation & Development*. Published online in Wiley Online Library

- (wileyonlinelibrary.com) DOI: 10.1002/ldr.2227.
17. Hamby, D. M. 1994. A review of techniques for parameter sensitivity analysis of environmental models. *Environmental Monitoring and Assessment* 32(2): 135-154.
 18. Zhou, R. L., Y. Q. Li, H. L. Zhao and S. Drake. 2008. Desertification effects on C and N content of sandy soils under grassland in Horqin, northern China. *Geoderma* 145:370 - 375.
 19. Ladisa, G., M. Todorovic and G. liuzzi. 2002. Characterization of area sensitive to desertification in southern Italy, proc. Of the 2 Int. conf. On New Trend in Water and Environmental Engineering for Safety and Life :Eco – compatible Solutions for Aquatic Environmental. Capri - Italy.
 20. Marcot, B. G., J. D. Steventon, G. D. Sutherland and R. K. McCann. 2006. Guidelines for developing and updating Bayesian belief networks applied to ecological modeling and conservation. *Canadian Journal of forest Research*, 36(12): 3063-3054.
 21. Reynolds, J. F. 2008. Cutting through the confusion: Desertification, an old problem viewed through the lens of a new framework, the Dry lands Development paradigm (DDP). *Dry lands, Deserts and Desertification Conference* 14 -17.
 22. Varis, O. 1997. Bayesian decision analysis for environmental and resource management. *Environmental Modelling and Software* 12:177–185.
 23. Yong, Z. S., H. Lin, W. Zhao, Z. Zhao and T. Z. Hui. 2004. Fractal features of soil particle size distribution and the implicating desertification. *Geoderma* 122:43-49.

Application of Bayesian Belief Network in Determining the Desertification Potential and its Influencing Factors Focusing on Soil Quality Indices (Case Study: Segzi Plain- Isfahan)

A. Boali^{1*}, H. Bashari², R. Jafari² and M. Soleimani³

(Received: Nov. 16-2014 ; Accepted: Aug. 28-2016)

Abstract

Appropriate criteria and methods are required to assess desertification potential in various ecosystems. This paper aimed to assess desertification levels in Segzi plain located in east part of Isfahan, with a focus on soil quality criteria used in MEDALUS model. Bayesian Belief Networks (BBNs) were also used to convert MEDALUS model into a predictive, cause and effects model. Soil samples were collected from 17 soil profiles in all land units and some of their characteristics such as texture, soluble sodium and chlorine, organic material, Sodium Absorption Ratio (SAR), Electrical Conductivity (EC) and CaSo₄ of all soil samples were determined in soil laboratory. The effects of measured soil quality indicators on desertification intensity levels were assessed using sensitivity and scenario analysis in BBNs. Results showed that the used integrated method can appropriately accommodate uncertainty in the desertification assessments approaches created as a result of the influence of different soil characteristics on desertification. According to the results of MEDALUS model, 28.28 % and 71.72 % of the study area were classified as poor and moderate areas in terms of soil quality respectively. Sensitivity analysis by both models showed that soil organic matter, SAR and EC were identified as the most important edaphic variables responsible for desertification in the study area. Evaluating the effects of various management practices on these variables can assist managers to achieve sound management strategies for controlling desertification.

Keywords: Bayesian modeling, Medalus, Sensitivity analysis, Soil quality, Scenario analysis.

1. Dept. of Combat Desertification, Faculty of Natural Resour., Isf. Univ. of Technol. Isfahan, Iran.

2. Dept. of Range and Watershed. Manage., Faculty of Natural Resour., Isf. Univ. of Technol. Isfahan, Iran.

3. Dept. of Environment, College of Natural Resour., Isf. Univ. of Technol. Isfahan, Iran.

*: Corresponding Author, Email: hossien.boali@yahoo.com