

## استفاده از معیار خاک جهت ارزیابی شدت بیابانزایی (مطالعه موردی: دشت سگزی اصفهان)

علی خانامانی\*، حمیدرضا کریمزاده و رضا جعفری<sup>۱</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۲/۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۱/۸)

### چکیده

یکی از مهم‌ترین عواملی که بر پدیده بیابانزایی تأثیر می‌گذارد، شرایط خاک می‌باشد. هدف از این مطالعه، بررسی خصوصیات خاک به‌عنوان معیاری جهت ارزیابی بیابانزایی است. بدین منظور، مهم‌ترین شاخص‌های خاک منطقه که بر بیابانزایی مؤثر می‌باشند، انتخاب شدند. نمونه‌برداری‌ها در منطقه سگزی واقع در شرق اصفهان و به وسعت ۱۱۲۱۶۷ هکتار صورت گرفت و شاخص‌های: بافت خاک، میزان گچ، بیکربنات، هدایت الکتریکی (EC)، pH، مواد آلی، سدیم، کلر و نسبت جذب سدیم تعیین گردید و در مجموع ۳۴ نقطه نمونه‌برداری سطحی صورت گرفت. به منظور تهیه نقشه وضعیت خاک، داده‌ها پس از آنالیزهای آماری و تعیین نرمال بودن با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف در محیط SPSS 15، وارد محیط Arc GIS 9.3 گردید. برای تهیه نقشه هر یک از شاخص‌های خاک، از روش‌های معکوس فاصله وزنی و کریجینگ معمولی و گسسته استفاده شد. بدین منظور، از روشی که بالاترین دقت را داشت، استفاده گردید. در ادامه نقشه‌ها براساس روش مدالوس امتیازدهی شده و از میانگین هندسی شاخص‌های خاک، نقشه نهایی وضعیت خاک تهیه گردید. نتایج نشان داد که بیشترین مساحت منطقه مربوط به کلاس متوسط بیابانزایی و برابر با ۶۶۰۰۰ هکتار می‌باشد. مساحت کلاس‌های شدید و خیلی شدید بیابانزایی نیز به ترتیب برابر است با ۴۵۶۵۰ و ۵۱۷ هکتار. نتایج هم‌چنین نشان داد که شاخص‌های درصد مواد آلی، درصد گچ، هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم، مهم‌ترین شاخص‌های مؤثر در پدیده بیابانزایی در منطقه سگزی اصفهان هستند.

واژه‌های کلیدی: بیابان‌زایی، مناطق خشک، خصوصیات خاک، شاخص، معیار، GIS

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

\*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: khamamani@gmail.com

## مقدمه

طبق برآورد کنفرانس بیابان‌زایی و بیابان‌زدایی سازمان ملل (United Nation Conference of Combating Desertification)، پدیده بیابان‌زایی در آینده بیش از ۷۸۵ میلیون نفر انسان مناطق خشک را که معادل ۱۷/۷ درصد جمعیت کل جهان هستند، تهدید می‌کند. از این تعداد، ۶۰ تا ۱۰۰ میلیون نفر به‌طور مستقیم به‌علت کاهش حاصل‌خیزی اراضی و دیگر فرآیندهای بیابان‌زایی، تحت تأثیر قرار می‌گیرند (۱۴). فیض‌نیا پیامدهای چشمگیر پدیده بیابان‌زایی را موارد زیر می‌داند: هجوم ماسه‌های روان، افت کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی، کاهش حاصل‌خیزی خاک و افزایش حساسیت اراضی به فرسایش، نشست زمین، شور شدن اراضی، افزایش سیل‌خیزی و سرانجام برهنگی زمین، قحطی، محو آبدی و عقب‌نشینی آثار حیات (۸).

تاکنون مطالعات زیادی برای بررسی تأثیر شرایط خاک بر پدیده بیابان‌زایی صورت گرفته است که به چند مورد آن اشاره می‌گردد. جعفری از شاخص‌های معیار خاک جهت بررسی وضعیت بیابان‌زایی مناطق سلیمان، حسین‌آباد میش‌مست و گازران در استان قم استفاده نمود. در این مطالعه شاخص‌های سنگریزه تحت‌الارضی، شوری، عمق خاک و بافت خاک مورد ارزیابی قرار گرفتند. وی در این تحقیق به این نتیجه رسید که جهت برآورد بهتر بیابان‌زایی، باید از شاخص‌های بیشتری جهت ارزیابی معیار خاک استفاده نمود (۴). سپهر جهت بررسی تأثیر معیار خاک در بیابان‌زایی منطقه لارستان فارس از شاخص‌های؛ پوشش سنگریزه، بافت خاک، عمق خاک، درصد ماده آلی خاک، زه‌کشی و هدایت الکتریکی استفاده کرد. نتایج وی نشان داد که حدود ۶۶/۲ درصد از منطقه دارای کیفیت خاک متوسط و ۳۳/۴ درصد از لحاظ کیفی در کلاس پایین قرار دارد (۷). پروانه جهت بررسی تأثیر معیار خاک در پدیده بیابان‌زایی از شاخص‌های: بافت خاک، درصد سنگریزه سطحی و عمقی، جمع شدن آب، خطر سیل‌گیری، درصد گچ، میزان مواد آلی خاک، اسیدیته خاک، قلیائیت خاک، عمق خاک،

شوری و درصد آهک استفاده نمود. نتایج این بررسی نشان داد که به‌ترتیب شاخص‌های درصد ماده آلی و درصد سنگریزه سطحی و عمقی به‌عنوان شاخص‌های خاک، بیشترین تأثیر را بر بیابان‌زایی منطقه دارند (۲).

البادجو و همکاران، یانگ ژونگ و همکاران، آموزکتا، کاستلانو و والن و لیان‌زو و همکاران تأثیر خصوصیات خاک و دیگر عوامل مؤثر بر پدیده بیابان‌زایی مانند شرایط پوشش گیاهی، فشار چرا و میزان آب را بر گسترش و شدت پدیده بیابان‌زایی مورد بررسی و ارزیابی قرار دادند (۱۲، ۱۳، ۱۶، ۲۰ و ۲۴) و به این نتیجه رسیدند که خصوصیات خاک، بیشترین تأثیر را بر پدیده بیابان‌زایی دارند. هدف از این مطالعه، تعیین مؤثرترین شاخص‌های خاک (خصوصیات خاک سطحی) جهت برآورد معیار خاک برای ارزیابی شدت بیابان‌زایی در منطقه شرق اصفهان است.

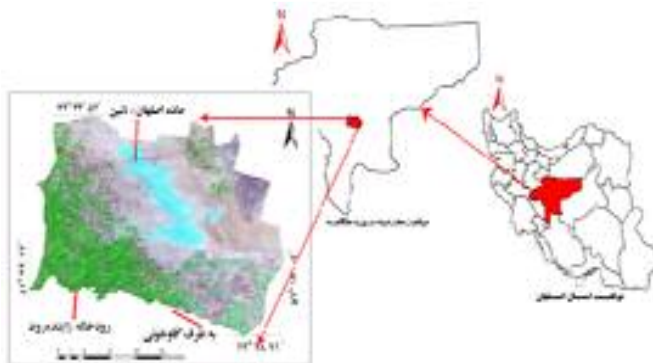
## مواد و روش‌ها

## منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه دارای مختصات جغرافیایی به عرض  $24^{\circ} 27' 32''$  تا  $24^{\circ} 41' 21''$  عرض شمالی و طول جغرافیایی  $43^{\circ} 53' 51''$  تا  $43^{\circ} 15' 52''$  طول غربی (شکل ۱) و در جنوب جاده اصفهان- نائین و در شمال رودخانه زاینده‌رود قرار دارد و دارای وسعت ۱۱۲۱۶۷ هکتار می‌باشد. خاک‌های منطقه براساس طبقه‌بندی FAO (1988) عمدتاً در رده‌های: Fluvisols, Regosols, Cambisols, Gypsisols و Solonchaks (۱۷) و به روش کلید طبقه‌بندی خاک (۲۰۱۰)، عمدتاً در دو رده Entisols و Aridisols طبقه‌بندی می‌شوند (۲۳). میانگین بارندگی منطقه ۱۲۵/۵ میلی‌متر و میانگین درجه حرارت منطقه ۱۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. کاربری‌های منطقه مورد مطالعه عبارت‌اند از: اراضی کشاورزی آبی، اراضی شوره‌زار که عمدتاً دستخوش رسوبات فرسایش یافته بادی است، اراضی مسکونی، صنعتی و تعداد زیادی کوره‌های آجرپزی و گچ‌پزی و همچنین معادن شن و ماسه.



شکل ۲. نقشه واحدهای فیزیوگرافی منطقه مورد مطالعه (۹)



شکل ۱. محدوده مورد مطالعه (منطقه سگزی اصفهان)

$$W_S = (W_{EC} * W_{SAR} * W_{Texture} * W_{CL} * W_{Na} * W_{Gypsum} * W_{OM} * W_{pH} * W_{HCO_3^-})^{1/9} \quad [1]$$

که عبارت است از معیار خاک و شاخص‌های  $W_{Texture}$ ،  $W_{CL}$  و  $W_{Na}$ ،  $W_{OM}$ ،  $W_{pH}$ ،  $W_{EC}$ ،  $W_{SAR}$ ،  $W_{HCO_3^-}$ ،  $W_{Gypsum}$  به ترتیب عبارت‌اند از: شاخص‌های بافت خاک، میزان گچ، میزان بیکربنات، نسبت جذب سدیم، هدایت الکتریکی، میزان اسیدیته، میزان مواد آلی و میزان یون‌های محلول سدیم و کلر. شاخص‌های ارزیابی معیار خاک به همراه کلاس و امتیازات مربوطه در جدول ۲ و طبقه‌بندی معیار وضعیت خاک در جدول ۳ ارائه شده است.

### روش تهیه نقشه هر شاخص

#### تخمین گرهای معکوس فاصله وزنی

یکی از راه‌کارهای تصحیح شیوه وزندهی یکسان به نمونه‌ها، عبارت است از وزندهی بیشتر به نزدیک‌ترین نمونه و اختصاص وزن کوچک‌تر به نمونه‌هایی است که دارای فاصله بیشتری از محل تخمین هستند. بیان آماری چنین رویکرد، وزندهی براساس معکوس فاصله تا نقطه تخمین است. معادله این روش به صورت زیر می‌باشد (۱۰).

$$z^*(x_i) = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^a} z(x_i)}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^a}} \quad [2]$$

$d_i$ : عبارت از فاصله بین نقطه تخمین تا هر کدام از نمونه‌های واقع در همسایگی آن است؛  $z(x_i)$ : عبارت است از مقادیر

### جمع‌آوری داده‌ها و اندازه‌گیری شاخص‌ها

ابتدا اطلاعات مورد نیاز شامل نقشه‌های توپوگرافی و ژئومورفولوژی تهیه گردید و نمونه‌برداری خاک در واحدهای فیزیوگرافی صورت گرفت (شکل ۲)، در مجموع ۳۴ نمونه خاک از ۵ واحد فیزیوگرافی و ۷ واحد اراضی (Land unit) جمع‌آوری شد. جزئیات واحدهای فیزیوگرافی منطقه در جدول ۱ بیان شده است (۹). نمونه‌های خاک پس از خشک شدن در مجاورت هوا، از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد و برای هر نمونه خاک، شاخص‌های زیر تعیین گردید: بافت خاک (درصد شن، سیلت و رس) به روش هیدرومتری (۱۹)، میزان گچ به روش خشک کردن (وزنی)، میزان بیکربنات به روش تیتراسیون، هدایت الکتریکی گل اشباع با دستگاه EC Meter مدل ۳۳۱۰، میزان pH با استفاده از دستگاه pH Meter مدل ۷۴۴ Metrohm، میزان مواد آلی با استفاده از روش اکسیداسیون تر به روش والکی پلاک، میزان سدیم با دستگاه فلاپم فتومتر و میزان یون کلر به روش تیتراسیون با استفاده از نترات نقره در عصاره اشباع خاک و سپس محاسبه نسبت جذب سدیم انجام گردید (۲۲).

### تهیه لایه‌های اطلاعاتی وضعیت معیار خاک

برای تعیین نقشه وضعیت خاک منطقه، پس از تهیه نقشه‌ای بالاترین میزان دقت برای هر شاخص، امتیاز دهی بر طبق روش مدالوس (MEDALUS) صورت گرفت. فرمول ارائه شده برای تهیه وضعیت خاک به صورت زیر است (۱۵):

جدول ۱. خصوصیات واحدهای فیزیوگرافی منطقه مورد مطالعه (۹)

شماره واحد	واحد	خصوصیات
۳	فلات‌ها و تراس‌های بالایی	واحدهای فیزیوگرافی قدیمی‌اند (مربوط به دوران چهارم) که فرآیند فرسایش آبی آنها را فرسوده و بقایایی از آنها به‌صورت عوارضی در سطح نمایان می‌شود.
۴	دشت‌های آبرفتی دامنه‌ای	در اثر تجمع رسوبات دانه‌ریز که از دامنه کوهستان‌ها حمل شده‌اند، دشت‌های دامنه‌ای مسطحی ایجاد شده‌اند.
۵/۱ و ۵/۱	دشت‌های آبرفتی رودخانه‌ای	رودخانه‌ها در هنگام طغیان این واحد را وجود می‌آورند.
۶/۱ و ۶/۲	اراضی پست	با شیب کم یا مقعر در مرکز دشت‌های میان‌کوهی قرار گرفته‌اند.
۸/۱	واریزه‌های بادبزنی شکل سنگریزه دار	اراضی شیب‌دار پایکوهی هستند که رسوبات درشت و ریز توسط آبراهه‌ها از حوضه آبخیز منطقه به این اراضی منتقل می‌شود.

جدول ۲. شاخص‌های ارزیابی معیار خاک به همراه کلاس و امتیاز مربوطه (۲)

شاخص	کلاس	شرح شاخص	امتیاز	شاخص	کلاس	شرح شاخص	امتیاز
میزان بیکربنات (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)	۱	< ۱۵	۱۰۰ - ۱۲۵	۱	< ۱۰۰۰	۱۰۰ - ۱۲۵	
	۲	۱۵ - ۲۰	۱۲۵ - ۱۵۰	۲	۱۰۰۰ - ۵۰۰۰	۱۲۵ - ۱۵۰	
	۳	۲۰ - ۲۵	۱۵۰ - ۱۷۵	۳	۵۰۰۰ - ۸۰۰۰	۱۵۰ - ۱۷۵	
	۴	> ۲۵	۱۷۵ - ۲۰۰	۴	> ۸۰۰۰	۱۷۵ - ۲۰۰	
کلر (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)	۱	< ۱۰۰	۱۰۰ - ۱۲۰	۱	< ۱۰	۱۰۰ - ۱۲۰	
	۲	۱۰۰ - ۱۰۰۰	۱۲۰ - ۱۴۰	۲	۱۰ - ۵۰	۱۲۰ - ۱۴۰	
	۳	۱۰۰۰ - ۲۰۰۰	۱۴۰ - ۱۶۰	۳	۵۰ - ۱۰۰	۱۴۰ - ۱۶۰	
	۴	۲۰۰۰ - ۲۵۰۰	۱۶۰ - ۱۸۰	۴	۱۰۰ - ۱۵۰	۱۶۰ - ۱۸۰	
	۵	> ۲۵۰۰	۱۸۰ - ۲۰۰	۵	> ۱۵۰	۱۸۰ - ۲۰۰	
میزان گچ (٪)	۱	۰ - ۵	۱۰۰ - ۱۲۵	۱	لوم، سیلت	۱۰۰ - ۱۲۵	
	۲	۵ - ۱۰	۱۲۵ - ۱۵۰	۲	رس، شن ریز	۱۲۵ - ۱۵۰	
	۳	۱۰ - ۱۴	۱۵۰ - ۱۷۵	۳	شن درشت و ریز	۱۵۰ - ۱۷۵	
	۴	> ۱۴	۱۷۵ - ۲۰۰	۴	شن خیلی درشت	۱۷۵ - ۲۰۰	
مواد آلی (٪)	۱	< ۰/۲	۱۰۰ - ۱۲۰	۱	< ۵۰	۱۰۰ - ۱۲۰	
	۲	۰/۲ - ۰/۵	۱۲۰ - ۱۴۰	۲	۵۰ - ۵۰۰	۱۲۰ - ۱۴۰	
	۳	۰/۵ - ۱	۱۴۰ - ۱۶۰	۳	۵۰۰ - ۱۰۰۰	۱۴۰ - ۱۶۰	
	۴	۱ - ۱/۵	۱۶۰ - ۱۸۰	۴	۱۰۰۰ - ۱۵۰۰	۱۶۰ - ۱۸۰	
	۵	۱/۵ - ۲	۱۸۰ - ۲۰۰	۵	> ۱۵۰۰	۱۸۰ - ۲۰۰	
pH	۱	< ۷/۵	۱۰۰ - ۱۳۳				
	۲	۷/۵ - ۸/۳	۱۳۳ - ۱۶۶				
	۳	> ۸/۳	۱۶۶ - ۲۰۰				

جدول ۳. طبقه‌بندی معیارهای وضعیت خاک در منطقه مورد مطالعه (۲)

دامنه اعداد	کلاس	دامنه اعداد	کلاس
۱۴۰ - ۱۴۵	شدید (Severe) (ب)	۱۰۰ - ۱۲۴	کم و ناچیز (Low)
۱۴۵ - ۱۵۰	خیلی شدید (Very Severe) (الف)	۱۲۴ - ۱۳۰	متوسط (Medium) (الف)
> ۱۵۰	خیلی شدید (Very Severe) (ب)	۱۳۰ - ۱۳۵	متوسط (Medium) (ب)
		۱۳۵ - ۱۴۰	شدید (Severe) (الف)

شد و در نهایت هم‌بستگی بین متغیرها (پیرسون یا اسپیرمن) مشخص گردید ( $P \text{ value} > 0.05$ ) (۳). آمار توصیفی شاخص‌های معیار خاک منطقه در جدول ۴ دیده می‌شود. تمامی شاخص‌های مورد مطالعه به‌جز بافت خاک در سطح احتمال  $\alpha=0.01$  دارای توزیع نرمال هستند. بنابراین برای تهیه نقشه بافت خاک از روش معکوس فاصله وزنی، ولی برای سایر شاخص‌ها از روش کریجینگ معمولی و معکوس فاصله وزنی استفاده گردید.

برای تهیه نقشه‌هایی با بالاترین میزان دقت، اعتبار روش‌های کریجینگ و معکوس فاصله وزنی با استفاده از توابع ME، RMSE و MAE بررسی شد. براساس تابع ME، روشی دارای بالاترین میزان دقت است که مقدار ME آن به مقدار ایدال صفر نزدیک باشد. هم‌چنین نقشه تهیه شده با روشی که کمترین میزان RMSE و MAE را دارد، دارای دقت بالاتری خواهد بود (۳).

#### تهیه نقشه

نقشه‌های شاخص‌های مورد مطالعه در نرم‌افزار ArcGIS 9.3 با استفاده از روش‌های نوین زمین آماری تهیه گردید (۱۰). نتایج بررسی‌ها نشان داد که وضعیت خاک در منطقه سگری اصفهان از لحاظ شدت بیابانزایی در سه کلاس متوسط، شدید و خیلی شدید قرار می‌گیرد، به‌طوری‌که بیشترین مساحت منطقه با مساحت ۶۶۰۰۰ هکتار در کلاس متوسط قرار می‌گیرد، ۴۵۶۵۰ هکتار در کلاس شدید و هم‌چنین ۵۱۷ هکتار از منطقه در کلاس خیلی شدید بیابانزایی طبقه‌بندی می‌شود. با توجه به

نمونه‌های واقع در همسایگی محل تخمین می‌باشند و  $a$ ، توان معکوس فاصله است.

#### کریجینگ

در این روش با استفاده از واریوگرام، هم‌بستگی مکانی بین نقاط مطالعاتی در نظر گرفته می‌شود. شرط اول استفاده از کریجینگ‌های خطی آن است که متغیر مورد نظر توزیع نرمال داشته باشد، در صورت نرمال نبودن داده‌ها، باید از روش‌های کریجینگ غیرخطی استفاده کرد و یا این‌که داده‌ها را نرمال کرد (۵). این روش براساس میانگین متحرک وزن‌دار بوده و می‌توان آن را بهترین تخمینگر خطی نارایب دانست (۶ و ۱۱).

دقت روش‌های مذکور نیز با استفاده از مقادیر میانگین خطا (Mean Error)، ریشه خطای مجذور میانگین (Root Mean Square Error) و فن‌آوری‌های اعتبار متقاطع مثل خطای قدرمطلق میانگین (Mean Absolute Error) مقایسه گردید و در نهایت برای تولید نقشه هر شاخص، از روشی استفاده گردید که کمترین میزان خطا را داشت (۲۱).

#### نتایج و بحث

##### آنالیزهای آماری

با توجه به این‌که شرط اول استفاده از کریجینگ معمولی، نرمال بودن توزیع شاخص‌ها برای تهیه نقشه می‌باشد (۵)، آنالیزهای آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS 15.0 انجام گردید و سپس وضعیت نرمال بودن توزیع داده‌ها با انجام آزمون کولموگروف-اسمیرنوف (One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test) تعیین

جدول ۴. آمار توصیفی شاخص‌های خاک منطقه مورد مطالعه

شاخص	تعداد	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	چولگی	کشیدگی
pH	۳۴	۷/۴	۸/۹	۸/۲	۰/۳	-۰/۰	-۰/۱
OM (%)	۳۴	۰/۰	۱/۶	۰/۴	۰/۴	۱/۱	۰/۸
EC (ds/m)	۳۴	۲/۵	۱۷۴/۷	۷۹/۲	۵۶/۹	-۰/۰	-۱/۴
CL(mg/l)	۳۴	۱۷/۵	۲۷۶۶/۰	۱۲۳۲/۷	۹۲۴/۷	-۰/۰	-۱/۴
Gypsum (%)	۳۴	۱/۲	۱۶/۵	۱۰/۸	۴/۸	-۰/۶	-۰/۹
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (Meq/L)	۳۴	۵/۰	۳۰/۰	۱۶/۹	۶/۳	۰/۱	۰/۵
Na (ppm)	۳۴	۴/۸	۱۰۹۴۸/۵	۳۹۲۴/۰	۳۳۸۸/۳	۰/۳	۱/۲
SAR	۳۴	۰/۳	۲۶۸۸/۲	۸۶۰/۵	۸۶۸/۷	۰/۵	-۱/۱
Texture	۳۴	۱۰۸/۰	۱۶۷/۰	۱۲۴/۹	۱۹/۱	۱/۴	۰/۴

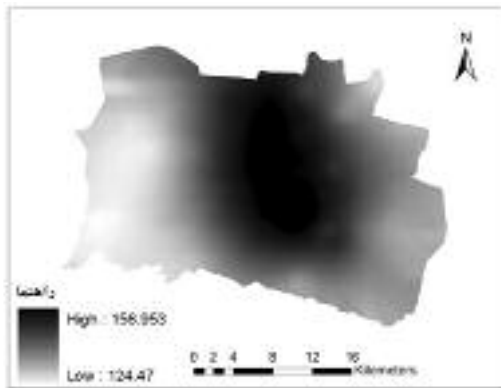
\*: میزان معنی‌داری آزمون کولموگروف اسمیرنوف

شده است. به دلیل این که هر واحد دارای کلاس‌های بافت متنوعی می‌باشد، اطلاعات بافت غالب خاک در این جدول ذکر شده است.

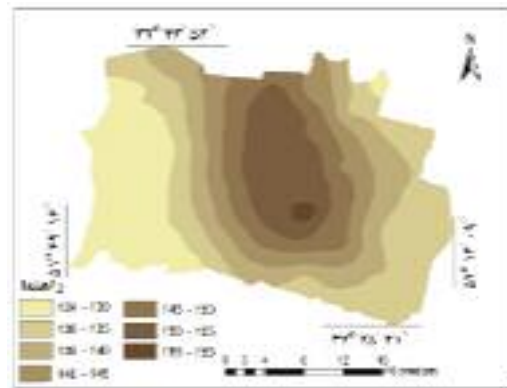
با توجه به جدول ۵، بدترین وضعیت تخریب خاک در واحد فیزیوگرافی ۶ وجود دارد. دلیل این امر، شوری و قلیائیت بسیار بالای خاک‌های این واحد می‌باشد. هم‌چنین میزان گچ خاک‌های این محدوده زیاد و حتی بعضاً به ۷۰ درصد نیز بالغ می‌شود و بنابراین، این خاک‌ها بسیار مستعد فرسایش می‌باشند. به دلیل تأثیر مهم معیار خاک در پدیده بیابان‌زایی و به علت نامناسب بودن خاک این لن‌دفرم، شرایط رشد پوشش گیاهی نیز نامناسب می‌باشد که باعث می‌گردد معیار خاک با تأثیری که بر وضعیت پوشش گیاهی دارد، به‌طور غیرمستقیم بر شدت بیابان‌زایی منطقه تأثیر داشته باشد. شرایط مختلف خاک بر میزان فرسایش آبی و بادی نیز تأثیر می‌گذارد. بدین صورت که اگر ساختمان خاک منسجم نباشد، بافت خاک حساس به فرسایش، میزان سدیم و شوری (EC) خاک بالا، درصد گچ خاک زیاد و درصد مواد آلی کم باشد و .....، باعث می‌شود که ساختمان خاک متلاشی شده و خاک در برابر فرسایش بادی حساس گردد و در نتیجه میزان فرسایش به شدت بالا می‌رود (۱۵). میزان ماده آلی در خاک منطقه از ۰/۴۲ تا ۲/۵۲ درصد متغیر

نقشه وضعیت خاک در منطقه مورد مطالعه (شکل ۳)، در واحد فیزیوگرافی ۶/۱ (لندفرم پلایا) به دلیل تجمع املاح در سطح خاک، فعال بودن فرآیندهای فرسایش بادی و افت شدید آب زیرزمینی، وضعیت تخریب شدید می‌باشد و در کلاس خیلی شدید بیابان‌زایی قرار می‌گیرد. در شکل ۴ نیز نقشه میان‌یابی منطقه سگری اصفهان دیده می‌شود.

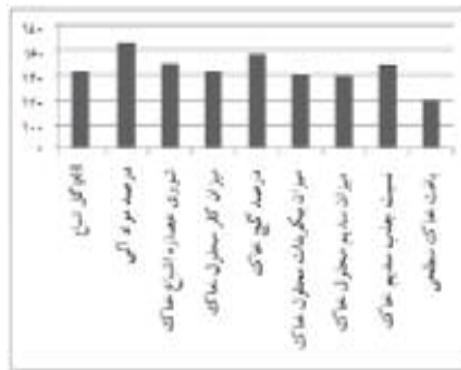
سطح زبر به واسطه وجود پوشش گیاهی در سطح خاک تشکیل می‌شود، اما به دلیل این که در واحد ۶/۱، میزان پوشش گیاهی کمتر از ۲ درصد می‌باشد، این سطح زبر در سطح خاک به وجود نمی‌آید و در نتیجه باد به صورت مستقیم با سطح خاک برخورد کرده و خاک را سریع‌تر خشک می‌کند و چون میانگین سرعت باد در منطقه (۸ m/s)، خیلی بیشتر از سرعت آستانه فرسایش بادی (۵/۴ m/s) می‌باشد (۹)، فرسایش بادی با شدت زیاد در منطقه صورت می‌گیرد. شکل ۵، میزان تأثیر هر یک از شاخص‌های معیار خاک در بیابان‌زایی منطقه را نشان می‌دهد. از بین شاخص‌های مورد استفاده جهت تعیین معیار خاک، شاخص‌های درصد مواد آلی خاک، درصد گچ خاک، شوری خاک (EC) و نسبت جذب سدیم خاک (SAR) بیشترین تأثیر را در بیابان‌زایی منطقه سگری اصفهان ایفا می‌کنند. اطلاعات خصوصیات لایه سطحی خاک منطقه در جدول ۵ نشان داده



شکل ۴. نقشه میان‌یابی وضعیت خاک منطقه مورد مطالعه



شکل ۳. نقشه طبقه‌بندی وضعیت خاک منطقه مورد مطالعه



شکل ۵. تأثیر شاخص‌های معیارخاک در شدت بیابانزایی منطقه

جدول ۵. متوسط داده‌های شاخص‌های خاک در هر یک از واحدهای اراضی در منطقه مورد مطالعه

pH	Na (ppm)	OM (%)	EC ds/cm	HCO <sub>3</sub> (meq/l)	CL (meq/l)	Gypsum (%)	SAR	بافت	واحد اراضی
۷/۸	۲۴۶۶	۰/۶	۶۵/۹	۲۷/۵	۱۰۰۰	۲/۵	۳۲۶	sandy clay loam	۳/۲
۷/۴	۴۲۹۴	۰/۸	۸۳/۱	۲۱/۲	۱۲۸۶	۸/۰	۱۲۲۸	silt loam	۴/۱
۷/۷	۱۹۰۱	۰/۸	۴۰/۴	۱۷/۷	۶۰۷	۶/۱	۴۴۴	clay loam	۵/۱
۷/۸	۸۰۴۹	۰/۶	۱۴۰/۱	۱۱/۸	۲۲۰۸	۱۳/۳	۱۹۷۴	clay loam	۵/۲
۸/۱	۴۲۶۲	۰/۲	۸۷/۶	۱۶/۶	۱۳۶۵	۱۴/۲	۱۰۳۲	sandy clay loam	۶/۱
۷/۶	۴۳۷۱	۰/۲	۹۶/۵	۱۶	۱۵۲۶	۱۳/۶	۹۱۵	clay loam	۶/۲
۷/۳	۵۵	۰/۱	۴/۳	۱۷/۵	۲۷	۱/۲	۲	sandy clay loam	۸/۱

می‌باشد. بیشترین میزان ماده آلی ۲/۵۲ درصد و مربوط به اراضی کشاورزی می‌باشد که حاصل از برگردان بقایای گیاهی به خاک و بعضاً استفاده از کودهای حیوانی می‌باشد. لیانژو و

می‌باشد. کمترین میزان ماده آلی در منطقه ۰/۰۴۲ درصد و مربوط به واحد ۶/۱ می‌باشد که دلیل این امر، عاری بودن این واحد از پوشش گیاهی و در نتیجه کم بودن کربن آلی خاک

همکاران تأثیر متقابل بیابان‌زایی و میزان مواد آلی و نیتروژن خاک را در قسمت‌های شمالی مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که کمبود میزان مواد آلی در خاک، باعث کاهش رشد گیاهان شده و بدین صورت بر پدیده بیابان‌زایی تأثیر می‌گذارد. نتایج آنها هم‌چنین نشان داد که اراضی کشاورزی و مراتع با پوشش مناسب، دارای بیشترین میزان مواد آلی در منطقه هستند (۲۰).

میزان شوری خاک و درصد گچ خاک از مهم‌ترین شاخص‌های خاک هستند که بر پدیده بیابان‌زایی تأثیر می‌گذارند (۱۵). شوری زیاد خاک ( $EC=79 \text{ dS/cm}$ ) به همراه گچ اضافه شده به سطح خاک‌های منطقه، باعث می‌شود که خاک سطحی بسیار سبک گردد و در نتیجه فرسایش‌پذیری خاک بالا رود، به طوری که در طی دوره زمانی اواخر زمستان تا اوایل تابستان که در نتیجه خشک بودن خاک سطحی حداکثر میزان فرسایش‌پذیری خاک می‌باشد، با حداکثر میزان فرسایش‌پذیری باد منطبق می‌گردد و در این ماه‌ها شاهد فرسایش بادی با شدت زیاد در منطقه هستیم. فرج‌زاده و نیک‌اقبال در ارزیابی بیابان‌زایی زرین‌دشت فارس با استفاده از مدل مدالوس، به این نتیجه رسیدند که از بین شاخص‌های معیار خاک، شاخص شوری ( $EC$ ) خاک بیشترین تأثیر را بر بیابان‌زایی منطقه دارد (۱۸). هم‌چنین این شوری زیاد خاک باعث می‌گردد پتانسیل اسمزی خاک کاهش و به عبارتی با توجه به عدم رطوبت کافی در خاک، باعث کاهش آب قابل استفاده جهت جذب ریشه گیاهان می‌شود و درحالی‌که بیش از نیمی از منطقه عاری از پوشش گیاهی می‌باشد، در نتیجه باد به راحتی با سطح خاک تماس پیدا می‌کند و باعث فرسایش خاک می‌گردد. بالا بودن درصد گچ در منطقه (میانگین  $16/57$  درصد) نیز باعث از بین رفتن ساختمان خاک و سبک شدن دانسیته سطحی خاک می‌گردد (۱) که در نتیجه فرسایش خاک را افزایش می‌دهد. البادجو و همکاران تأثیر معیارهای مؤثر بر پدیده بیابان‌زایی را بر این پدیده مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که معیار خاک، مهم‌ترین معیار تأثیرگذار بر بیابان‌زایی است (۱۲).

بیشترین میزان شوری در واحد  $5/2$  مشاهده می‌شود که شامل اراضی کشاورزی رها شده می‌باشد. در این واحد پس از شور شدن اراضی زراعی در نتیجه آبیاری با آبی که دارای کیفیت نامناسب می‌باشد، این اراضی رها شده و کشت به سمت اراضی اطراف که عموماً اراضی مرتعی و بیابانی هستند، گسترش می‌یابد. کاستلانو و والن تأثیر فشار چرا، تغییر خصوصیات خاک و میزان نفوذ آب را بر پدیده بیابان‌زایی در آریزونای آمریکا مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که تغییر خصوصیات خاک، مهم‌ترین عاملی است که بر بیابان‌زایی آن منطقه تأثیر می‌گذارد، به طوری 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 زیاد صورت می‌گیرد (۱۶). در نتیجه، شاخص‌های خاک در مناطق خشک و نیمه‌خشک، بیشترین تأثیر را بر بیابان‌زایی ایفا می‌کنند.

### نتیجه‌گیری

۱. در اقلیم محلی، معیار خاک به‌عنوان مهم‌ترین عامل مؤثر بر وضعیت پوشش گیاهی می‌باشد. وضعیت پوشش گیاهی نیز به‌طور مستقیم بر وضعیت و شدت فرسایش (آبی و بادی) تأثیر می‌گذارد، به این صورت که در صورت وجود پوشش گیاهی، علاوه بر ایجاد اثر بادشکنی، باعث ایجاد لایه زبری در سطح خاک شده و مانع برخورد مستقیم باد به سطح خاک می‌گردد. هم‌چنین در نتیجه بالا بودن میزان شوری و درصد گچ در خاک، ساختمان خاک متلاشی شده و مواد سطحی سبک می‌گردند، که این عوامل نیز باعث می‌گردند که فرسایش‌پذیری خاک افزایش یابد و فرسایش با شدت زیاد صورت گیرد. در نتیجه، معیار خاک به‌عنوان مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر وضعیت فرسایش و بیابان‌زایی عمل می‌کند که می‌توان وضعیت بیابان‌زایی هر منطقه با شرایط مشابه منطقه مطالعاتی را با بررسی معیار خاک آن، ارزیابی نمود. شرایط خاک را نیز می‌توان با عملیات‌هایی مانند انجام زه‌کشی مناسب، احداث بادشکن و کاشت گیاهان مقاوم



پایداری شرایط خاک، هم‌بستگی مکانی داده‌های خاک بسیار بالا می‌باشد، استفاده از روش‌های میان‌یابی کریجینگ (کروی و نمایی) در مقایسه با روش معکوس فاصله وزنی مناسب‌تر می‌باشد.

به شوری، بهبود بخشید. هم‌چنین در صورتی‌که در طی فصول سال، زمان حداکثر میزان فرسایش باد، منطبق با زمان حداکثر پتانسیل فرسایش‌پذیری خاک گردد، شدت فرسایش بادی و بیابان‌زایی در منطقه حداکثر است.

با استفاده از روش‌های میان‌یابی می‌توان تغییرات مکانی خاک را مورد بررسی قرار داد و با توجه به این‌که به دلیل

## منابع مورد استفاده

۱. احمدی، ح. ۱۳۷۷. ژئومورفولوژی کاربردی- فرسایش بادی. جلد دوم، انتشارات دانشگاه تهران.
۲. پروانه، ح. ۱۳۸۸. ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی در خراسان جنوبی با استفاده از روش مدالوس. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
۳. جباری، ا. ۱۳۸۵. روش‌های آماری در علوم محیطی و جغرافیایی. انتشارات دانشگاه رازی، کرمانشاه.
۴. جعفری، م. ۱۳۸۵. ارزیابی شاخص‌های معیار خاک جهت بررسی وضعیت بیابان‌زایی مناطق سلیمان، حسین آباد میش‌مست و گازران در استان قم. فصلنامه پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران ۱۳(۳): ۲۷۸-۲۸۳.
۵. چیت‌سازان، م.، ک. رنگزن، م.، ص. درانی نژاد و آ. تقی‌زاده. ۱۳۸۷. پهنه‌بندی هیدروژئوشیمیایی عناصر کمیاب آرسنیک، آهن و منگنز در آبخوان آبرفتی میداوود خوزستان با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS). همایش ژئوماتیک ۸۷ سازمان نقشه‌برداری کشور.
۶. حسنی پاک، ع. ۱۳۷۷. زمین‌آمار (ژئواستاتستیک). چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران.
۷. سپهر، ع. ۱۳۸۷. بررسی کاربرد روش مدالوس به منظور ارائه یک مدل منطقه‌ای برای ارزیابی و تهیه نقشه بیابان‌زایی. نشریه دانشکده منابع طبیعی ۶۱(۳): ۵۳۷-۵۵۴.
۸. فیض‌نیا، س.، ع. گویا، ح. احمدی و ح. آذرنیوند. ۱۳۸۰. بررسی عوامل بیابان‌زایی دشت حسین‌آباد قم، بیابان (۲): ۱۴-۲.
۹. کریم‌زاده، ح. ۱۳۸۱. چگونگی تدوین و تکامل خاک‌ها در لندفرم‌های مختلف و منشاء‌یابی رسوبات فرسایش یافته بادی در منطقه شرق اصفهان. رساله دکتری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
۱۰. محمدی، ح. ۱۳۸۵. آمار مکانی. انتشارات پلک، تهران.
۱۱. مدنی، ح. ۱۳۷۳. مبانی زمین‌آمار. انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، واحد تفرش.
12. Albaladejo, J., G. Murcia, P. Chisci, D. Gabriels, J.L. Gent, V. Rubio and M.A. Stocking. 1988. Soil degradation and its impact on desertification: A research design for Mediterranean environments. Soil Technol. 1: 169-174.
13. Amezketa, E. 2006. An integrated methodology for assessing soil salinization, a pre-condition for land desertification. J. Arid Environ. 67: 594-606.
14. Babaev, G. A. 1999. Desert Problems and Desertification in Central ASIA. The researches of the Desert institute Springer - Verlag Pub., Berlin, Heidelberg Newyork.
15. Basso, F., A. Belloti, A., S. Faretta, A. Ferrara, G. Marino, M. Pisante, G. Quaranta and M. Taberner. 1999. The Agri Basin In: Basso et al, 1999\_ Mediterranean Desertification and Land Use. Manual on Key indicators of desertification and mapping Environmentally Sensitive areas to desertification, In: ftp://ftp.Fao. org/agl.
16. Castellano, M.J. and T.J. Valone. 2007. Livestock, soil compaction and water infiltration rate: Evaluating a potential desertification recovery mechanism. J. Arid Environ. 71: 97-108.
17. FAO - UNESCO, 1988. Soil Map of the World.

18. Farajzadeh, M. and M. Nik Egbal. 2007. Evaluation of MEDALUS model for desertification hazard zonation using GIS; study area: Iyzad Khast plain, Iran. *Pak. J. Biol. Sci.* 10: 2622-2630.
19. Jacob, H. D. and G. T. Clarke. 2002. *Methods of soil analysis, Physical methods (part 4)*, Soil Sci. . Am. Inc., Madison, Wisconsin, USA.
20. Lian Zhou, R.,Y. Qiang Li, H. Lin 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.
21. Shi, W., J. Liu, Z. Du, Y. Song, C. Chen and T. Yue. 2009. Surface modeling of soil pH. *Geoderma* 150: 113-119.
22. Sparks, D. L. and A.L. Page, P.A. Helmke, R.A. Leoppert, P.N. Soltanpour, M.A. Tabatabai, C.T. Johnson and M. E. Sumner. 1996. *Methods of soil analysis, Chemical methods (part 3)*, Soil Sci. Am. Inc., Madison, Wisconsin, USA.
23. USDA, 2010. *Keys to Soil Taxonomy*, By Soil Survey Staff, 11<sup>th</sup> ed., Soil Survey Division, Natural Resources Conservation Service.
24. Yong Zhong, S., H. Lin Zhao, W. Zhi Zhao and T. Hui Zhang. 2004. Fractal features of soil particle size distribution and the implication for indicating desertification. *Geoderma* 122: 43–49.

## Evaluation of Desertification Intensity Using Soil Indices

A. Khanamani\*, H. Karimzadeh and R. Jafari<sup>1</sup>

(Received : Apr. 24-2011 ; Accepted : Jan. 28-2012)

### Abstract

Soil characteristics are the most powerful factors in desertification phenomenon. The purpose of this study was investigating soil characteristics as indices for evaluating desertification intensity. The most important indicators of the soil that affect desertification were selected in the present study. Soil samples were taken from Segzi desert vicinity located in the east of Isfahan city with surface area of 112,167 ha. Soil indices such as Soil texture, soil gypsum percentage, the content of  $\text{HCO}_3^{-1}$ , electrical conductivity (EC), pH, the percentage of the organic matter, the content of the soil sodium, chloral and sodium absorption ratio (SAR) were selected. All of these indices were calculated on the thirty four soil samples. After ensuring of the normality of the samples by Klomogrov-Smirnov test, the mentioned indices were imported into GIS for delineating soil characteristics maps. To delineate distribution maps of each soil indice, inverse distance weighting and ordinary and discrete Kriging methods were applied, and appropriate method was selected. Each layer was scored based on MEDALUS model, and the final characteristic maps were then generated using soil geometric mean indices. Results showed that the affected areas of the average, severe and very severe classes of desertification were calculated about 66000, 45650 and 517 ha, respectively. The results also revealed that the indices of the organic matter, soil gypsum percentage, electrical conductivity and SAR were the most influential indicators, which affected desertification in the study area.

**Keywords:** Desertification, Dry land, Soil characteristics, Index, Criteria, GIS.

---

1. Dept. of Range and Watershed. Manage., College of Natur. Resour., Isf. Univ. Technol., Isfahan, Iran.

\*: Corresponding Author, Email: [khanamani@gmail.com](mailto:khanamani@gmail.com)