ارزیابی پتانسیل رویشگاه با استفاده از شاخص کیفیت خاک در یک مرتع نیمه‌خشک

کاظم ساعدی
استادیار پژوهش مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کردستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سنندج، ایران.

Email: k.saedi@areeo.ac.ir

چکیده

در این مطالعه، از کمینه سری داده ازقبل‌تعیین‌شده برای ارزیابی کیفیت خاک برای پیش‌بینی توان تولید به عنوان اجزای اصلی پتانسیل رویشگاه مرتعی استفاده شد. برای محاسبه فاکتورهای وزن‌دهی مربوط به هر شاخص از آنالیز آماری PCA استفاده شد. سپس با استفاده از فاکتورهای وزن‌دهی مقادیر مشاهده شده شاخص‌های سری داده عملکردهای امتیازدهی به یک شاخص کیفیت خاک تجمیعی با مقادیر صفر تا یک تبدیل و ترکیب شد. صحت شاخص‌های کیفیت خاک برای تولید گیاهی با ایجاد ارتباط بین مدل پیش‌بینی‌کننده و تولید اندازه‌گیری شده مورد ارزیابی قرار گرفت. مشخص شد که تولید قابل استفاده دام با دقت مناسبی از طریق مدل ارائه شده مربوط به کیفیت خاک، قابل پیش‌بینی است (R^2=۰/۶۹) اما دو ویژگی تولید کل و تولید گیاهان علفی از دقت پایین‌تری برخوردار بود. به نظر می‌رسد قرق بودن مرتع برای حدود ۴۰ سال، توانسته است که پتانسیل تا بیش از ۰/۸۵ و با میانگین ۰/۵۷را رقم زند.

واژه‌های کلیدی: مرتع نیمه‌خشک، پتانسیل رویشگاه، شاخص کیفیت خاک

مقدمه

خاک به عنوان جایگاه ریشه و منبع اصلی مواد غذایی گیاه، به عنوان وسیله تصفیه آبی که از نیمرخ خاک عبور می‌کند و به عنوان زیستگاه تجزیه‌کنندگان و محل بازیافت تولیدات حیوانی و گیاهی نقش حیاتی دارد (Wienhold *et al*., 2005). داشتن محیط پایدار نیازمند داشتن خاک سالم است. از آنجا که در بسیاری موارد تخریب خاک صورت گرفته است، ابزاری برای تعیین میزان و روند تغییر عملکردهای خاک نیاز است. کیفیت یا سلامت خاک ابزاری است برای برقراری ارتباط میان عملکرد خاک و اهداف مدیریتی. به طور کلی، اطلاع از کیفیت خاک به مدیران اراضی کمک می‌کند تا درک بهتری از اثرات متقابل (روابط) بین فعالیت‌های آنها و عملکردهای خاک داشته باشند (Ditzler and Tugel 2002; Karlen *et al*. 2003; Wienhold *et al*. 2004). مفهوم کیفیت خاک برای اولین بار توسط Warkentin و Fletcher در سال ۱۹۷۷ معرفی شد. کیفیت خاک یعنی توانایی یک خاک معین برای ارائه عملکرد، درون یک محدوده اکوسیتم طبیعی یا مدیریت شده، به منظور پایداری توان تولیدات گیاهی و جانوری، حفظ یا بهبود کیفیت هوا و آب و نگهداری سلامت و محیط زیست انسان (Karlen *et al*., 1997). شاخصه‌هایی که نسبت به تغییر مدیریت حساسیت نشان نمی‌دهند، برای ارزیابی خاک مناسب نیستند (Doran and Parklin, 1996). در این روش، هدف این است که با استفاده از عوامل مؤثر خاکی معرفی شده توسط Saedi و همکاران (۲۰۱۷) و با تبعیت از Rezaei و همکاران (۲۰۰۶) در قالب یک مدل ریاضی کلیه فاکتورها به طور کمّی امتیازدهی شود و به ارائه فرمول تعیین شاخص کیفیت خاک (Soil Quality Index) منجر شود که خود معیاری برای تعیین پتانسیل تولید رویشگاه با قابلیت کاربری در مراتع نیمه استپی مشابه است.

مواد و روش‌ها

ایستگاه تحقیقات سارال بین مدارهای ۳۵ درجه و ۳۹ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۴۱ دقیقهٔ عرض شمالی و نصف النهارات ۴۷ درجه و ۷ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۹ دقیقهٔ طول شرقی واقع گردیده و دارای ارتفاعی معادل ۲۱۴۵ متر در مرتفع‌ترین نقطه و ۲۰۰۰ متر از سطح دریا در محل خروجی دره‌های فرعی می‌باشد. نزولات جوی در منطقه مورد مطالعه به صورت باران و در ماههای سرد سال بیشتر برف می‌باشد. میانگین سالانه بارش حدود ۳۳۰ میلی‌متر است. مطالعات تفصیلی خاک‌شناسی و طبقه‌بندی اراضی ایستگاه تحقیقاتی سارال به منظور تشخیص انواع خاکها و تعیین استعداد اراضی جهت کشت و آبیاری و همچنین استفاده صحیح از منابع آب و خاک انجام گرفته است و رژیم رطوبتی و حرارتی خاکهای آن Xeric Mesic می‌باشد (عماری، ۱۳۷۰). تعیین پتانسیل واحدهای کاری در سه مرحله انجام شد:

مرحله I، تولید داده و انتخاب سری داده (موثرترین ویژگی‌های خاک): این مرحله قبلاً توسط Saedi و همکاران (۲۰۱۷) انجام شده است.

مرحله II، امتیازدهی به عملکرد و وزن‌دهی به فاکتور برای شاخص‌های سری داده: روش امتیازدهی اجزای سری داده و ایجاد شاخص کیفیت خاک (SQI) برای مراتع طبیعی با هدف دسترسی به معیار ارائه شده توسط Doran و Parklin (۱۹۹۴) انجام شد. به طور خلاصه این روش شرایطی را که تولید و کارکردهای محیطی به حداکثر برسد تعیین می نماید. پس از انجام آنالیز PCA و حذف داده‌های پَرت (در این مطالعه، داده‌های دو واحد کاری ۶ و ۷ که جزو اراضی رهاشده بودند حذف شد) مقادیر شاخص‌های مشاهده شده به اعداد بی‌واحد صفر تا یک تبدیل (امتیازدهی) شدند، به طوری که برای هر شاخص معین عدد یک به پتانسیل حداکثر (Mausbach & Seybold 1998) و کارکرد بهینه عملکرد(های) مربوطه خاک (Andrews *et al*. 2002) داده شد. دامنه مورد انتظار برای عملکرد امتیازدهی شاخص‌ها به مقادیر مشاهده شده در منطقه مورد مطالعه بستگی دارد. فرض بر این است که یک رابطه عمومی بین یک شاخص معین و یک عملکرد معین خاک و به نوبه خود بین عملکرد خاک و ویژگی‌های رویش گیاهی که به صورت وزن خشک اندازه‌گیری شده‌اند (تولید کل،تولید گیاهان علفی و تولید قابل چرای دام) وجود داشته باشد. همچنین فرض بر این است که بالاترین مقدار هر شاخص انتخابی از سری داده در منطقه مورد مطالعه بیانگر کارکرد بهینه خاک است و پتانسیل ظرفیت حداکثر خاک برای عملکرد مطلوب در مراتع مناطق نیمه خشک را تعیین می‌کند. تفسیرها نسبت به تولید ماده خشک شامل تولید کل و تولید گیاهان علفی و تولید در دسترس به عنوان متغیرهای وابسته صورت گرفت. ویژگی‌های تجزیه PCA، فاکتورهای بارگذاری مربوط به شاخصه و درصد تغییرات توضیح داده شده به وسیله هر بردار ویژه (λ_i) با هم ترکیب شدند و به عنوان فاکتورهای وزن‌دهی برای شاخصه‌های امتیازدهی‌شده استفاده شدند. قبل از تبدیل داده‌های خام و انجام PCA، نرمال‌بودن توزیع داده‌ها برای سیستم امتیازدهی برای هر جزء سری داده به وسیله روش تک متغیره کنترل شد.

مرحله III، محاسبه شاخص کیفیت خاک: در این مرحله امتیازها و فاکتورهای وزن‌دهی برای هر شاخصه متعلق به سری داده ترکیب شده و سپس اعداد حاصله را جمع بسته تا یک شاخص جامع کیفیت خاک (SQI) برای مرتع به دست آید (معادله۱): (Andrews *et al*. 2002)

$$SQI = \sum_{i=1} \sigma\rho_i * S_i \qquad (۱)$$

که در آن، ρ_i فاکتور وزن‌دهی برای هرشاخصه است که از PCA برای شاخصه مربوطه به دست آمده است، و S_i امتیاز هر شاخصه بر اساس رابطه دو متغیره بین ویژگی‌های خاک و ویژگی‌های رویش گیاهی می‌باشد (Andrews *et al*. 2002).

نتایج و بحث

یکی از دو جزء رابطه ۱، نمره عملکرد هر شاخص در سری داده است که باید نسبت (جدول ۱). روش امتیازدهی خطی بر پایه رگرسیون دومتغیره خطی شاخصه‌ای است که در مقابل داده‌های رویش گیاهی به عنوان متغیرهای وابسته هستند. نتایج روش‌های خطی و تا حدودی روش‌های غیرخطی، به شدت به دامنه مشاهدات هر شاخصه بستگی دارد.

جدول ۱- نمره‌دهی به عملکرد هر جزء انتخاب شده در سری حداقل داده

شاخص (χ_i)	حداکثر مقدار مشاهده شده	متغیر وابسته (yi)	مدل دومتغیره	R^2	R	حداکثر مقدار برآورد شده (kg/ha)	نمره عملکرد
N (%)	0.17	TY	Y = 3520.2x + 436.41	0.28	0.53	1035	S= 3.4012x + .4217
		AF	y = 1945.1x + 73.044	0.31	0.56	404	S= 4.8146x + 1808
		HY	y = 2340.6x - 11.649	0.21*	0.46*	386	S= 6.0637x - 0.0302
NUTR (%)	54.8	TY	y = 15.555x + 119.76	0.12*	0.35*	972	S= 0.0160x + 0.1232
		AF	y = 13.507x - 303.81	0.33	0.57	436	S= 0.0310x - 0.6968
		HY	y = 18.793x - 569.52	0.30	0.55	460	S= 0.0409x - 1.2381
LO	0.53	TY	y = 1025.2x + 557.68	0.25	0.50	1101	S= 0.9312x + 0.5065
		AF	y = 775.25x + 99.044	0.52	0.72	510	S= 1.5201x + 0.1942
		HY	y = 1079.8x - 9.2352	0.48	0.69	563	S= 1.9179x - 0.0164

از آنجا که بردار هر متغیر (χi) می‌تواند به عنوان یک ترکیب خطی از مؤلفه‌های اصلی بیان شود، مقدار مطلق عناصر یا همان فاکتورهای بارگذاری ($\lambda 3i, \lambda 2i, \lambda 1i$ ...) برای هر متغیر در هر مؤلفه اصلی به طور مستقیم اهمیت مؤلفه‌ها در توجیه تغییرات در سری داده اصلی را بیان می‌کند. برای تعین اینکه چه تعداد مؤلفه باید برای برآورد χi در نظر گرفته شود، براساس معیار-های ایجاد شده توسط محققان مختلف چندین مؤلفه در نظر گرفته شد. Andrews وCarroll (۲۰۰۱) فقط مؤلفه‌هایی را در نظر گرفتند که حداقل ۵٪ تغییرات و تا مرز تغییرات تجمعی ۸۵٪ توجیه نماید. Andrews وهمکاران (۲۰۰۴) از 1< مقادیر ویژه برای تفسیر و برآورد χi استفاده کردند. مؤلفه اول و دوم کمترین تعداد مؤلفه‌ایی است که باید برای وزن‌دهی فاکتورها مورد استفاده قرار بگیرد. دلیل این امر این است که مؤلفه اول نسبت به مؤلفه‌های دوم و سایر مؤلفه‌ها به صورت قائم قرار می گیرد. در این مطالعه از دو مؤلفه استفاده شد و به این نتیجه رسیدیم که تعدادی که برای برآورد بردار متغیر باید به کار گرفته شوند بستگی به اندازه عناصر داخل هر مؤلفه دارد. بنابراین، برای برآورد χi (بردار متغیرهای که ترکیب‌های خطی در هر مؤلفه را تشکیل می‌دهند) برای سری داده دو مؤلفه اول به عنوان آنهایی که دارای بردارهای نامرئی بیشتر از ۱۰٪ بودند، انتخاب شدند که به صورت تجمعی حداقل ۶۵٪ تغیرات را توجیه می‌کردند (جدول ۲).

جدول ۲- مؤلفه‌های اصلی، latent roots و درصد تغییرات توجیه شده برای متغیرهای سری داده

متغیرها	مؤلفه‌های اصلی	
	λ1	λ2
شاخص پایداری	.392	.315
شاخص چرخه عناصر	.131	.874
شاخص سازمان‌یافتگی	.159	.803
درصد نیتروژن	.958	.034
درصد کربن آلی خاک	.927	.213
عمق مؤثر خاک	.115	.612
Latent root	1.99	1.93
درصد تغییرات توجیه شده انفرادی هر مؤلفه	33.105	32.136
درصد تغییرات توجیه شده تجمعی مؤلفه‌ها	33.105	65.241

دو مؤلفه اول (بردارهای نامرئی)، برای تعیین میزان سهم هر متغیر (χi)، ابتدا هر کدام از درصدهای تغییرات توجیه شده توسط هر مؤلفه به واریانس تجمعی دو مؤلفه انتخاب شده در جدول ۳ تقسیم شد تا فاکتورهای وزن‌دهی برای هر مؤلفه (fi) برای اجزای سری‌های داده به دست آید. سپس اندازه عناصر (λ2i, λ3i, …) در فاکتور وزن‌دهی مربوطه (fi) ضرب شد. در آخر، حاصل مربوط به هر متغیر با هم جمع شد تا برآورد تجمیعی سهم هر متغیر (بردار متغیرها) به دست آید (جدول ۴).

جدول ۳- فاکتورهای وزن‌دهی (fi) برای مؤلفه‌های باقی‌مانده برای سری داده

	f_1	f_2
Weighing factors	0.52	0.48
Standardized cumulative	0.52	1.00

جدول ۴- بردارهای تقریب‌شده متغیرها و فاکتورهای وزن‌دهی برای هر متغیر در سری حداقل داده. fi فاکتور وزن‌دهی برای هر مؤلفه است؛ λi مقدار بردار پنهان است، χi امتیاز تجمیعی بردار متغیرهاست؛ و ρi امتیاز بردار استانداردشده (نرمال‌شده) یا فاکتور وزن-دهی برای متغیر مربوطه است.

	حاصل λi×fi			
متغیرها (χi)*	$\lambda_1 \times f_1$	$\lambda_2 \times f_2$	χ_i	$\rho_i = \chi_i / 1.46$
N (%)	0.483	0.019	0.50	0.34
NUTR (%)	0.060	0.431	0.50	0.34
LO	0.069	0.398	0.48	0.32
مجموع	0.61	0.85	1.48	1.00

i = 1-3*

از آنجا که مقادیر وابسته به سایت به صورت ۱-۰ مقیاس‌بندی شدند، بردار متغیرها نیز به صورت ۱-۰ مقیاس‌بندی شد تا فاکتورهای وزن‌دهی برای هر شاخصه در سری داده به دست آید. شاخص کیفیت خاک هر واحد کاری به کمک رابطه ۱ محاسبه شد (جدول ۵). مقادیری از شاخص کیفیت خاک که بیش از ۰/۸ بودند بهینه‌ترین شرایط را برای تولید بالا ایجاد نمودند. با توجه به اعداد شاخص‌ها به خوبی نمایان است که کیفیت خاک دامنه‌های شمالی و سپس دامنه‌های غربی از دامنه-های جنوبی و سپس شرقی بهتر است.

جدول ۵- کمینه، بیشینه و میانگین شاخص‌های کیفیت خاک به دست آمده برای انواع تولید در منطقه مورد مطالعه

واحدهای کاری	نوع واحد کاری	شاخص کیفیت خاک	شاخص کیفیت خاک	شاخص کیفیت خاک
۳	N3	0.65	0.84	0.62
۱۳	E4	0.36	0.37	0.31
۲۷	W3	0.70	0.84	0.66
میانگین کل مرتع	-	0.50	0.57	0.45

از نتایج این تحقیق چنین برمی‌آید که برای اهداف پایش و ارزیابی کیفیت خاک، استفاده توأم از هر دو ویژگی ذاتی (مانند شاخص چرخه عناصر خاک) و دینامیکی خاک (مانند درصد نیتروژن) شناخت بهتری از سیستم وضعیت خاک به ما می‌دهد. شاخص سازمان‌یافتگی حالتی بینابین دارد یعنی نه ذاتی است که در مدت زمان بسیار طولانی تغییر نکند و نه دینامیکی است که در مدت زمان کوتاهی تحت تؤثیر تغییرات کوتاه‌مدت اقلیمی قرار گیرد. شاخص کیفیت خاک نسبت به تولید در دسترس حساسیت بیشتری دارد تا نسبت به تولید کل و تولید علفی. دلیل این امر این است که که قرق طولانی‌مدت توانسته است جوامع گیاهی را به کلیماکس نزدیک کند، اما نه به طور کامل چرا که تولید قابل توجهی هنوز در قالب تولید کلی آمده است که گونه‌های کلاس III در آن دخیلند و این گونه‌ها انطباق کمتری با خاک منطقه و پتانسیل‌های آن پیدا کرده‌اند؛ بدین معنی که احتمالاً مدت ۳۰ ساله قرق حداقل در برخی واحدهای کاری (واحدهای ژئومورفولوژیک) نتوانسته است به کلیماکس کامل برسد.

منابع

عماری، پ.، کشمیری، ف. ۱۳۷۰. مطالعات تفصیلی دقیق خاکشناسی و طبقه‌بندی اراضی برای آبیاری و دیمکاری ایستگاه تحقیقاتی خرکه. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، تهران.

Andrews SS & Carroll CR 2001. Designing a decision tool for sustainable agroecosystem management: soil quality assessment of a poultry litter management case study. Ecological Applications 11(6), 1573–1585.

Andrews SS Mitchell JP Mancinelli R. Karlen DL Hartz TK Horwath WR Pettygrove GS Scow KM & Munk DS 2002. On-farm assessment of soil quality in California's Central Valley. Agron. Journal 94, 12– 23.

Andrews, S.S., Karlen, DL and Cambardella, CA 2004. The soil management assessment framework: A quantitative soil quality evaluation method. Soil Science Societe o America Journal 68,1945-1962.

Ditzler CA & Tugel, A.J. (2002) Soil quality field tools: Experiences of USDA-NRCS soil quality institute. Agronomy Journal 94, 33-38.

Doran JW & TB Parkin 1996. Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set. In: Doran, J. W., Jones, A.J. (Eds.), Methods for Assessing Soil Quality. Soil Science Society of America, Special Publication, 49: 25–37.

Doran JW & Parkin TB 1994. Defining and assessing soil quality. In: Defining soil quality for a sustainable environment, Proceedings of a symposium, Minneapolis, MN, 4–5 November 1992 ed JW Doran. SSSA Special Publication 35. SSSA and ASA Madison WI USA pp 1 –21.

Karlen DL Andrews SS Wienhold BJ & Doran JW2003. Soil quality: Humankind's foundation for survival. Journal of Soil and Water Conservation 58,171-179.

Mausbach MJ & Seybold CA 1998. Assessment of soil quality. In: Soil quality and agricultural sustainability, ed R Lal, Ann Arbor Press USA pp 33 –43.

Rezaei SA Gilkes RG Andrews SS & Arzani H 2006. Soil quality assessment in semiarid rangeland in Iran, Soil Use and Management, 00: 1-8.

Saedi, K Fatehi p Khaksarian F & Rezaei SA 2017. A minimum set of soil indicators for the semi-arid rangeland productivity assessment. Polish Journal of Ecology, 65(1):14-23.

Warkentin BP & Fletcher HF 1977. Soil quality for intensive agriculture. Proceedings of International Seminar on Soil, Environment, and Fertilizer Management in Intensive Agriculture. pp. 594-598. National Institute of Agricultural Science, Tokyo, Japan.

Weinhold BJ Andrews SS & Karlen DL 2005. Soil Quality: Indices and Appraisal, Indian Society of Soil Science, In: Proceedings of International Conference on Soil, Water and Environmental Quality, Jan. 28 – 1 Feb. 2005, pp: 67-72.

Wienhold BJ Andrews SS & Karlen DL 2004. Soil Quality: A Review of the Science and Experiences in the USA. Journal of Environmental Geochemistry and Health 26, 89-95.

Wienhold BJ Andrews SS & Karlen DL 2004. Soil Quality: A Review of the Science and Experiences in the USA. Journal of Environmental Geochemistry and Health 26, 89-95.

Assessment of habitat capacity using soil quality index in a semi-arid rangeland

K. Saedi

Department of Natural Resources, Kurdistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sanandaj, Iran.

Email: k.saedi@areeo.ac.ir

Abstract

In this study, a previously-determined minimum data set was used to soil quality assessment to predict production capacity in a semi-arid rangeland. We used the model's equations of SQI assessment to predict productivity as the main component of a rangeland site capability. Weighting factors were obtained from PCA and function scores obtained from bivariate model's equations. Additive SQIs were gained by combining each indicator function value in 0-1 scale. Measured yields were plotted against predicted values for validation of productivity of plant yield responses by resulted SQIs. Eventually, among other plant yield responses, utilizable forage was most predicted by SQIs (R^2= 0.69), but those of the total yield and yield of herbaceous plants were not accurate enough. It seems that being excluded from grazing for about 40 years helped this site record the SQI = 0.85 with a SQI = 0.0.57 as a mean.

Keywords: Semi-Arid Rangelands, Habitat Capacity, Soil Quality Index