



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



## سنجش اهمیت متغیرهای خاک در افزایش کارایی مدل‌های آشیان بوم‌شناختی برای تقویت حکمرانی خاک و تنوع زیستی

مسعود یوسفی<sup>۱\*</sup> یاسین طاهری<sup>۲</sup>

۱- دانشکده حکمرانی، دانشگاه تهران؛ \* پست الکترونیکی نویسنده مسئول مقاله ([yousefi52@ut.ac.ir](mailto:yousefi52@ut.ac.ir))

۲- دانشکده حکمرانی، دانشگاه تهران

### چکیده

خاک یکی از اجزای بنیادی اکوسیستم‌های خشکی است که نقش کلیدی در حفظ تنوع زیستی، سلامت محیط زیست و خدمات اکوسیستمی برای رفاه انسان دارد. با این حال، تخریب خاک ناشی از بهره‌برداری ناپایدار و فشارهای اقلیمی، این عملکردهای حیاتی را تهدید می‌کند. بنابراین حفاظت از خاک، اولویتی اساسی برای پایداری جهانی و سلامت انسان به‌شمار می‌رود. این در حالی است که هنوز نقش و اهمیت خاک در مطالعات آشیان بوم‌شناختی و نقشه‌سازی توزیع تنوع زیستی به‌طور دقیق شناخته نشده است. امروزه مدل‌های آشیان بوم‌شناختی کاربردهای مختلفی در مطالعات نقشه‌سازی تنوع زیستی پیدا کرده‌اند. یکی از مهمترین عوامل بوم‌شناختی موثر بر حضور گونه‌ها متغیرهای خاک هستند که اغلب در مطالعات مدل‌سازی آشیان بوم‌شناختی نادیده گرفته شده‌اند. در مطالعه حاضر نقش متغیرهای خاک در کارایی مدل‌های آشیان بوم‌شناختی چهار گونه از جوندگان مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور با استفاده از رویکرد انسمبل چهار روش مدل‌سازی آشیان بوم‌شناختی دو دسته مدل شامل مدل‌های بدون متغیرهای خاک و مدل‌های با متغیرهای خاک تهیه و مقایسه کارایی مدل‌ها نشان داد مدل‌های با متغیر خاک کارایی بالاتری در پیش‌بینی زیستگاه‌های مطلوب گونه‌ها دارند. دلایل اهمیت متغیرهای خاک در مدل‌های بوم‌شناختی آن است که متغیرهای خاک امکان تفکیک خرد زیستگاه‌ها را فراهم می‌کنند که تفکیک آنها از طریق داده‌های اقلیمی و توپوگرافی به تنهایی مقدور نیست. حکمرانی همزمان خاک و تنوع زیستی در کشور میتواند سبب تقویت حکمرانی هر بخش شود.

واژگان کلیدی: مدل‌سازی، کارایی، آشیان بوم‌شناختی، سیلت، رس، شن

### مقدمه

خاک یکی از اجزای بنیادی اکوسیستم‌های خشکی است که نقش کلیدی در حفظ تنوع زیستی، سلامت محیط زیست و خدمات اکوسیستمی برای رفاه انسان دارد. خاک به‌عنوان زیستگاه میلیون‌ها میکروارگانیسم، حشرات و قارچ‌ها عمل می‌کند که در چرخه مواد غذایی، تجزیه مواد آلی نقش دارند. خاک‌های سالم همچنین مانند فیلترهای طبیعی عمل کرده و کیفیت آب را بهبود می‌بخشند و کربن جوی را ذخیره می‌کنند که به کاهش تغییرات اقلیمی کمک می‌کند. برای انسان‌ها، خاک مستقیماً با امنیت غذایی و تغذیه مرتبط است. بیش از ۹۵٪ غذای ما وابسته به خاک است (COM, 2020). با وجود اهمیت غیر قابل انکار خاک برای انسان و محیط زیست خاک به‌طور کلی با تهدیدهایی جدی مواجه است که عملکردهای حیاتی آن را مختل می‌کنند. این تهدیدات شامل فرسایش، آلودگی شیمیایی، شوری، اسیدی شدن، فشردگی،



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



کاهش مواد آلی، تخریب زیستی، شهرسازی و تغییرات اقلیمی هستند. هر یک از این عوامل باعث کاهش حاصلخیزی، نابودی زیستگاهها، کاهش تنوع زیستی و تهدید امنیت غذایی می شوند. حفاظت از خاک برای پایداری اکوسیستمها و سلامت انسان ضروری است. بنابراین حفاظت از خاک، اولویتی اساسی برای پایداری جهانی و سلامت انسان به شمار می رود (Montanarella et al., 2016; COM, 2020).

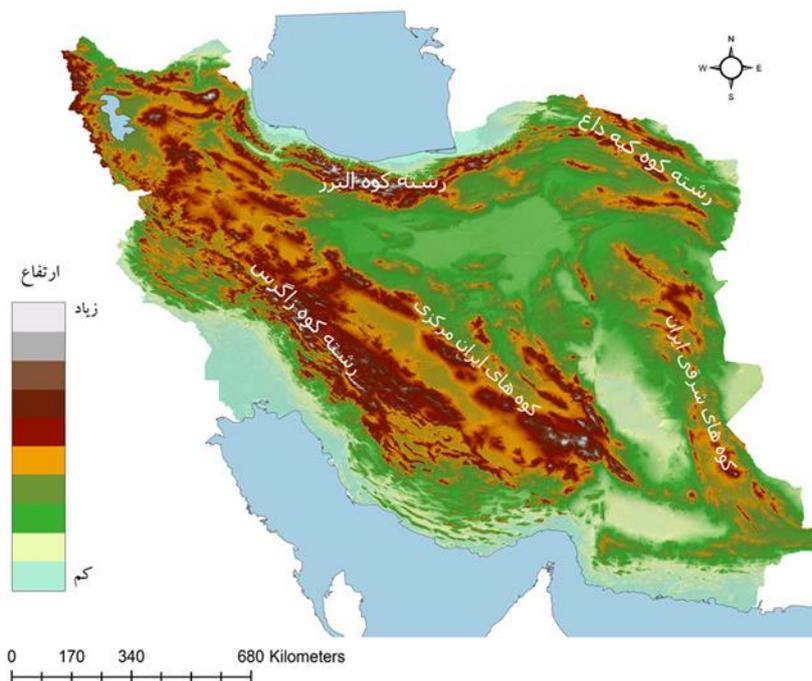
مدل های آشیان بوم شناختی رابطه ای آماری میان متغیرهای محیطی و حضور گونه ها برقرار می کنند تا آشیان بالقوه گونه ها پیش بینی کنند. در دو دهه اخیر، محبوبیت این مدل ها به طور چشمگیری افزایش یافته و توسعه بیشتر مدل ها امکان پیش بینی توزیع گونه ها را با دقت بالا هم از بعد مکان و هم از بعد زمان فراهم کرده اند (Guisan et al., 2017). با این حال، این مدل ها عمدتاً با استفاده از متغیرهای اقلیمی و توپوگرافی تهیه می شوند که برای گونه های حفره زی مانند جوندگان و خزندگان که خاک یکی از مهمترین ابعاد آشیان بوم شناختی آنها است، نمیتواند واقعیت های زیستگاه های آنها را منعکس کنند (Ziaie, 2008; Karami et al., 2016; Yousefi et al., 2022).

بنابراین برای درک بهتر اهمیت خاک در مدل های آشیان بوم شناختی لازم است نقش متغیرهای خاک در افزایش کارایی مدل های آشیان بوم شناختی مورد بررسی قرار گیرد. هدف پژوهش حاضر سنجش اهمیت متغیرهای خاک در ساخت مدل های آشیان بوم شناختی است. بنابراین کارایی مدل های آشیان بوم شناختی در دو حالت با متغیرهای خاک و بدون متغیرهای خاک با هم مقایسه شد (Scherrer and Guisan, 2019; Buri et al., 2020). پیش بینی اصلی این مطالعه این بود که اضافه شدن متغیرهای خاک کارایی مدل ها را افزایش خواهد داد.

## مواد و روش ها

### الف - منطقه تحت مطالعه

در پژوهش حاضر منطقه مورد مطالعه کل کشور ایران است (شکل ۱) که دارای وسعتی برابر با ۱۶۵ میلیون هکتار است. گستره ارتفاعی در ایران زیاد و از ۲۷ متر زیر سطح دریاها تا ۵۶۷۱ متر تغییر می باشد. بارش از نزدیک به صفر در بیابان های مرکزی تا ۲۰۰۰ میلی متر در مناطق شمالی متغیر است. تنوع اقلیمی و توپوگرافی بالا در ایران بستر تنوع بالایی از گونه های مختلف گیاهی و جانوری شده است به شکلی که بیش از ۸۰۰۰ گونه گیاهی و بیش از ۱۲۰۰ گونه مهره دار تا کنون از کشور شناسایی و معرفی شده اند (Yousefi et al., 2023).



شکل ۱. منطقه تحت مطالعه، کشور ایران.

### ب- داده‌های نقاط حضور و متغیرهای محیطی

نقاط حضور گونه‌های تحت مطالعه از منابع مختلف از جمله بانک‌های اطلاعات تنوع زیستی، مقالات منتشر شده و بازدیدهای میدانی جمع‌آوری شد. سپس نقاط حضور تکرار برای هر گونه جذب شد. در پژوهش حاضر سه دسته متغیر اصلی شامل متغیرهای اقلیمی، توپوگرافی و خاک وارد فرایند مدل‌سازی شدند. متغیرهای اقلیمی از بانک اطلاعات اقلیمی WorldClim با دقت مکانی یک کیلومتر تهیه شد (Fick and Hijmans, 2017). سپس لایه‌های اقلیمی در فضای نرم افزار QGIS با استفاده از مرز کشور ایران برش داده شد. از آنجایی که استفاده از متغیرهای محیطی دارای هم‌خطی، سبب ایجاد خطا در نتایج مدل‌سازی می‌شود، برای حصول اطمینان از عدم وجود هم‌خطی بین متغیرهای محیطی از شاخص تورم واریانس (VIF) (Quinn and Keough, 2002) استفاده خواهد شد و متغیرهای با شاخص تورم واریانس کمتر از ۱۰ وارد فرآیند مدل‌سازی خواهند شد. شاخص تورم واریانس در بسته آماری 'usdm' (Naimi, 2015) محاسبه خواهد شد.

جدول ۱. متغیرهای محیطی اقلیمی، توپوگرافی و خاک در مطالعه حاضر.

منبع	نام متغیر	ردیف
WorldClim	ایزوترمالیتی	۱
WorldClim	گستره دمای سالانه	۲
WorldClim	میانگین دما در مرطوب ترین فصل سال	۳
SRTM	ارتفاع	
SRTM	شیب	
SoilGrids		



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



SoilGrids		
SoilGrids		

پ- مدل‌سازی آشیان بومشناختی

برای مدل‌سازی آشیان بومشناختی گونه‌ها از چهار روش مدل‌های خطی تعمیم یافته (GLM, McCullagh & Nelder 1989)، مدل‌های سازشی تعمیم یافته<sup>۱</sup> (GAM, Hastie & Tibshirani 1990)، حداکثر بی‌نظمی (Maxent, Phillips et al. 2006) و جنگل تصادفی<sup>۲</sup> (RF, Breiman 2001) و سپس از رویکرد مدل‌سازی ترکیبی<sup>۳</sup> (Araújo & New, 2007) استفاده شد. این مدل‌ها به نقاط شبه عدم حضور نیاز دارند، بنابراین ۵۰۰۰ نقطه تصادفی در گستره مورد مطالعه با استفاده از بسته آماری PresenceAbsence تولید شد (Freeman and Moisen, 2008). ساخت مدل‌های آشیان بومشناختی در فضای نرم افزار R (R Core Team, 2025) و با به‌کارگیری بسته آماری sdm (Naimi and Araújo, 2016) انجام شد. در تحقیق حاضر ۸۰ درصد نقاط به عنوان داده‌های تعلیمی و ۲۰ درصد به عنوان آزمون در نظر گرفته شد.

به منظور ارزیابی عملکرد مدل‌های توزیع گونه‌ای از دو معیار سطح زیر نمودار (AUC) به دست آمده از منحنی ROC (Fielding and Bell, 1997) استفاده شد. بر اساس معیار AUC، مدلی که فاقد قدرت تشخیص و پیش‌بینی است، مقدار AUC برابر با ۰/۵ داشته، مدلی که دارای AUC بیشتر از ۰/۷۵ هستند، مدل قابل قبول و مدل‌های که AUC بیشتر از ۰/۹ دارند مدل‌های عالی محسوب می‌شوند (Swets, 1988).

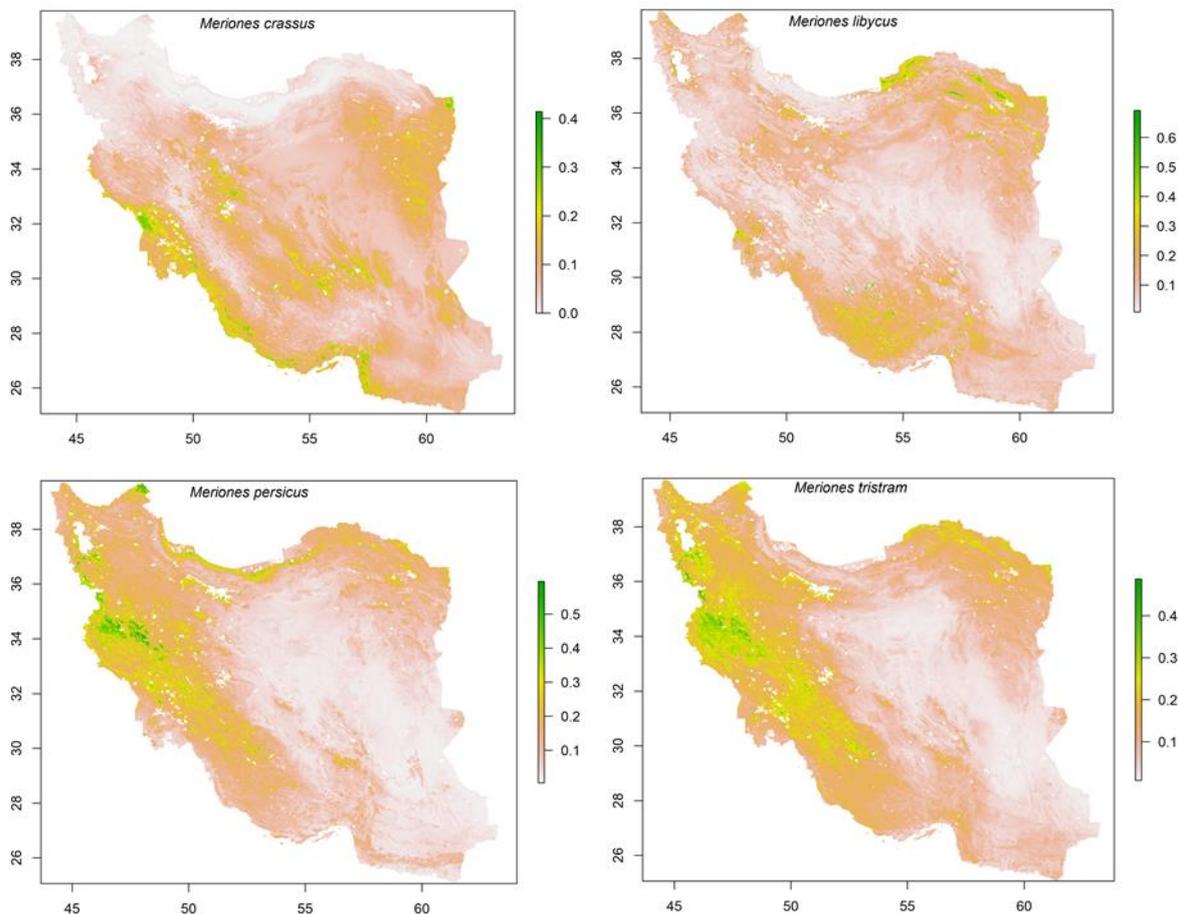
نتایج و بحث

نتایج حاصل از مدل‌سازی آشیان بومشناختی گونه‌ها تحت مطالعه (شکل ۲) نشان داد تمامی مدل‌ها کارایی قابل قبولی دارند اما نکته مهم این است که برای تمامی گونه‌ها اضافه شدن متغیرهای خاک سبب افزایش کارایی مدل‌ها شد (جدول ۲). افزایش کارایی مدل‌ها بعد از اضافه شدن متغیرهای خاک نشان از اهمیت و ضرورت استفاده از متغیرهای خاک در مدل‌های آشیان بومشناختی دارد و می‌تواند منجر به تولید مدل‌های قابل قبول‌تری شود.

<sup>1</sup> Generalized Additive models

<sup>2</sup> Random Forest

<sup>3</sup> Ensemble approach



شکل ۲- مدل‌های آشیان بومشناختی.

جدول ۲. نتایج کارایی مدل‌های با متغیرهای خاک و بودن متغیرهای خاک.

نام گونه	AUC مدل بدون متغیرهای خاک	AUC مدل با متغیرهای خاک
<i>Meriones crassus</i>	۰/۸۱۲	۰/۸۶۹
<i>Meriones libycus</i>	۰/۹۳۲	۰/۹۹۱
<i>Meriones persicus</i>	۰/۹۱۱	۰/۹۸۷
<i>Meriones tristrami</i>	۰/۸۶۵	۰/۹۳۱

دلیل اهمیت متغیرهای خاک برای گونه‌های تحت مطالعه این است که چونندگان برای حفره لانه در زمین به شدت به جنس خاک وابسته هستند (Ziaie, 2008; Karami et al., 2016; Yousefi et al., 2022). نتایج این تحقیق با مطالعات انجام شده در سایر مناطق جهان مانند سوئیس همخوانی دارد چرا که مطالعه انجام گرفته در مناطق کوهستانی آلپ در کشور سوئیس نشان داده که اضافه شدن متغیرهای خاک کارایی مدل‌های آشیان بومشناختی برای پیش‌بینی زیستگاه‌های مطلوب گیاهان بیشتر می‌شود (Scherrer and Guisan, 2019; Buri et al., 2020).



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



## نتیجه گیری

مقایسه دو دسته مدل شامل مدل های بدون متغیرهای خاک و مدل های با متغیرهای خاک نشان داد مدل های با متغیر خاک کارایی بالاتری در پیش بینی زیستگاه های مطلوب گونه ها دارند. دلایل اهمیت متغیرهای خاک در مدل های بوم شناختی آن است که متغیرهای خاک امکان تفکیک خرد زیستگاه ها را فراهم می کنند که تفکیک آنها از طریق داده های اقلیمی و توپوگرافی به تنهایی مقدور نیست (Scherrer and Guisan, 2019; Buri et al., 2020). همچنین متغیرهای خاک سبب افزایش دقت مدل ها می شوند و مدل های واقع بینانه تری ارائه می کنند مخصوصا در مناطق کوهستانی که از نظر توپوگرافی تنوع بالایی دارند. افزایش کارایی مدل ها بعد از اضافه شدن متغیرهای خاک نشان از اهمیت و ضرورت استفاده از متغیرهای خاک در مدل های آشیان بوم شناختی دارد (Scherrer and Guisan, 2019; Buri et al., 2020). حکمرانی خاک به مجموعه ای از خط و مشی ها، راهبردها، نهادها و فرآیندهای تصمیم گیری اطلاق می شود که نحوه استفاده، حفاظت و مدیریت پایدار منابع خاک را در سطح محلی، ملی و بین المللی تعیین می کنند. این حکمرانی نیازمند همکاری میان دولت ها، نهادهای محلی، جوامع مدنی، دانشمندان و ذی نفعان مختلف است تا از تخریب خاک جلوگیری شده و بهره برداری منصفانه و پایدار از آن تضمین شود (Ginzky, 2022; Efthimiou, 2025). در مطالعه حاضر نقش و اهمیت خاک در افزایش دقت و کارایی مدل های آشیان بوم شناختی و شناسایی الگوهای توزیع تنوع زیستی و برنامه ریزی های حفاظت را آشکار کرد. بنابراین نیاز است سازمان محیط زیست به عنوان مهمترین نهاد دولتی در زمینه حفاظت محیط زیست و تنوع زیستی به برنامه های حکمرانی خاک ورود کند. تقویت حکمرانی خاک در ایران نیازمند همکاری میان ذی نفعان متعدد و اجرای سیاست های منسجم است و لازم است به طور همزمان با برنامه های حکمرانی تنوع زیستی در کشور مورد توجه قرار گیرد (Yousefi, 2025).

## تشکر و قدردانی

مطالعه حاضر با حمایت مالی بنیاد علم ایران (شماره ۴۰۴۰۶۲۷) انجام شده است.

## فهرست منابع

- Breiman L. (2001). Random forests. *Machin Learning*, 45, 5-32.
- Buri, A., S. Grand, E. Yashiro, T. Adatte, J.E. Spangenberg, E. Pinto-Figueroa, E. Verrecchia, Guisan A. (2020). What are the most crucial soil variables for predicting the distribution of mountain plant species? A comprehensive study in the Swiss Alps. *Journal of Biogeography* 47: 1143-1153.
- COM, (2020). Caring for soil is caring for life: ensure 75% of soils are healthy by 2030 for food, people, nature and climate: report of the Mission board for Soil health and food. Publications Office of the EU.
- Efthimiou, N. (2025). Governance and degradation of soil in the EU. An overview of policies with a focus on soil erosion. *Soil and Tillage Research*, 245, 106308.
- Fick, SE., Hijmans, R.J. (2017). WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37, 4302-4315.
- Fielding, AH., Bell, JF. (1997). A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental Conservation*, 24, 38-49.
- Freeman, EA., Moisen, G. (2008). PresenceAbsence: an R package for presence-absence model analysis. *Journal of Statistical Software*, 23, 1-31.
- Ginzky, H. (2022). Soil governance: The case of implementation and enforcement. *Soil Security*, 6, 100040.



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب  
Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران  
College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



Guisan, A., Thuiller, W., Zimmermann, N.E. (2017). *Habitat suitability and distribution models: with applications in R*. Cambridge University Press, England.

Hastie, T.J., Tibshirani, R. (1990). *Generalized Additive Models*. Chapman and Hall, London.

Karami, M., Ghadirian, T., Faizolah, K. (2016). *The atlas of the mammals of Iran*. Department of the Environment, Iran.

McCullagh, P., Nelder, J.A. (1989). *Generalized Linear Models*. Chapman and Hall, London.

Montanarella, L., Pennock, D. J., McKenzie, N., Badraoui, M., Chude, V., Baptista, I., Mamo, T., Yemefack, M., Singh Aulakh, M., Yagi, K., Young Hong, S., Vijarnsorn, P., Zhang, G.-L., Arrouays, D., Black, H., Krasilnikov, P., Sobocká, J., Alegre, J., Henriquez, C. R., de Lourdes Mendonça-Santos, M., Taboada, M., Espinosa-Victoria, D., AlShankiti, A., AlaviPanah, S. K., Elsheikh, E. A. E. M., Hempel, J., Camps Arbustain, M., Nachtergaele, F., Vargas, R. (2016). World's soils are under threat. *SOIL*, 2, 79–82.

Naimi, B. (2015). Uncertainty analysis for species distribution models. R package version 1.1-15.

Naimi, B., Araújo, M.B. (2016). sdm: a reproducible and extensible R platform for species distribution modelling. *Ecography*, 39, 368-375.

Phillips SJ, Anderson R, Schapire RE. (2006) Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190, 231-259.

Quinn, GP., Keough, MJ. (2002). *Experimental designs and data analysis for biologists*. Cambridge University Press, Cambridge.

Scherrer, D., Guisan, A. (2019). Ecological indicator values reveal missing predictors of species distributions. *Scientific Reports* 9: 3061.

Sefati, Z., Khalilimoghadam, B., Nadian, H. (2019). Assessing urban soil quality by improving the method for soil environmental quality evaluation in a saline groundwater area of Iran. *Catena*, 173, 471-480.

Swets, J.A. (1988). Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science*, 240, 1285-1293.

Yousefi, M. (2025). Challenges and opportunities for biodiversity governance in Iran. *Nature Reviews Biodiversity*. <https://doi.org/10.1038/s44358-025-00089-y>.

Yousefi, M., Mahmoudi, A., Kafash, A., Khani, A., Kryštufek, B. (2022). Biogeography of rodents in Iran: species richness, elevational distribution and their environmental correlates. *Mammalia*, 86, 309–320.

Yousefi, M., Mahmoudi, A., Vaissi, S., Kafash, A. (2023). Diversity, diversification and distribution of Iranian vertebrates: the legacy of mountains uplifting, past climatic oscillations, sea level fluctuations and geographical barriers. *Biodiversity and Conservation*, 32, 7-36.

Ziaie, H. (2008). *A field guide to the mammals of Iran*. Department of the Environment, Iran.



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



Assessing the importance of soil variables in enhancing the performance of ecological niche models to strengthen soil and biodiversity governance

Masoud Yousefi<sup>1</sup>, Yasin Taheri<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Governance, University of Tehran ([yousefi52@ut.ac.ir](mailto:yousefi52@ut.ac.ir))

<sup>2</sup>Faculty of Governance, University of Tehran.

**Abstract**

Soil is one of the fundamental components of terrestrial ecosystems, playing a key role in maintaining biodiversity, environmental health, and ecosystem services essential for human well-being. However, soil degradation due to unsustainable land use and climate pressures threatens these essential functions, making soil conservation a critical priority for global sustainability and health. Despite this, the role and importance of soil in ecological niche studies and biodiversity distribution mapping remain unknown. Nowadays, ecological niche models have found various applications in biodiversity mapping studies. These models use environmental variables such as climate and topography to predict suitable ranges for species presence. One of the most important ecological factors influencing species presence is soil variables, which are often overlooked in ecological niche modeling studies. In the present study, the role of soil variables in the performance of ecological niche models for four rodent species was examined. Using an ensemble approach of four niche modeling methods were applied to create two sets of models: one without soil variables and one with them. Comparing model performance showed that models including soil variables had higher accuracy in predicting suitable habitats for the species. The reason for the importance of soil variables in ecological models is that they enable fine-scale habitat differentiation, which cannot be achieved using climate and topographic data alone. Simultaneous governance of soil and biodiversity in the country can lead to the strengthening of governance in both sectors.

**Keywords:** Ecological modeling, Performance, Ecological niche, Silt, Clay, Sand