دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "حفاظت زیست بوم گیاهان"
دوره دهم، شماره بیستم
http://pec.gonbad.ac.ir

علمی-پژوهشی

مدل‌سازی غنای گونه‌ای با روش‌های ماکرواکولوژیک (MEM) و مدل پراکندگی گونه‌ای- تجمیع‌یافته (S-SDM) در مراتع

ماندانا محمدی[1]، زینب جعفریان[2*]، رضا تمرتاش[3]، منصوره کارگر[4]

[1]دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری
[2]استاد گروه مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری
[3]دانشیار گروه مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری
[4] دکتری علوم مرتع، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان البرز، کرج

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۰۳

چکیده

غنای گونه‌ای یک شاخص ساده و قابل تفسیر برای تنوع زیستی است و یکی از مهم‌ترین و گسترده‌ترین اندازه‌گیری‌های پایه‌ای و کاربردی در اکوسیستم‌های مرتعی است. مدل‌های تجربی غنا، برای تعیین نقاط دارای غنای گونه‌ای مناسب و نامناسب، و عوامل موثر بر آن به‌کار می‌روند. هدف تحقیق حاضر مقایسه دو روش مدل‌سازی غنای گونه‌ای شامل روش‌های ماکرواکولوژیکی (MEM) و مدل پراکندگی تجمیع‌یافته (S-SDM) در مراتع سرخ گریوه استان مازندران است. برای نمونه‌برداری از پوشش گیاهی و خاک از روش طبقه‌بندی تصادفی- سیستماتیک استفاده شد. در هر واحد نمونه‌برداری تعداد ۱۰ پلات یک متر مربعی و در مجموع ۲۶۰ پلات یک متر مربعی مستقر گردید. در هر پلات فهرست گونه‌ها، حضور و عدم حضور گونه‌ها یادداشت گردید. همچنین سه نمونه خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری در هر واحد نمونه‌برداری برداشت شد. داده‌های مربوط به تعدادی از فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی خاک در آزمایشگاه اندازه‌گیری، متغیرهای توپوگرافی با کمک نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیای تعیین و داده‌های اقلیمی ۱۵ ساله از ایستگاه‌های هواشناسی مناطق مجاور جمع‌آوری شد. پیش‌بینی غنای گونه‌ای گیاهان با مدل درخت رگرسیون تقویت شده (BRT) با روش‌های ماکرواکولوژیکی (MEM) و مدل پراکنش تجمیع‌یافته (S-SDM) انجام پذیرفت. آنالیز داده‌ها با استفاده از

*نویسنده مسئول: Z.Jafarian@sanru.ac.ir

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

نرم‌افزار R نسخه ۳.۱.۱ انجام گرفت. نتایج نشان داد که غنای گونه‌ای مشاهده‌شده با غنای پیش‌بینی‌شده با هر دو روش و غنای پیش‌بینی‌شده با روش MEM با غنای پیش‌بینی‌شده با تلفیق دو روش MEM و S-SDM همبستگی معنی‌داری داشتند. نتایج به‌دست‌آمده از همبستگی اسپیرمن بین روش‌های مختلف پیش‌بینی غنای گونه‌های گیاهی بیانگر این مطلب بود که روش S-SDM با همبستگی ۰/۱۸۴- و سپس روش MEM با همبستگی ۰/۱۷۷، با غنا گونه‌ای مشاهده شده مطابقت بیشتری داشتند. با استفاده از مدل‌سازی غنای گونه‌ای می‌توان اطلاعاتی راجع به ترکیب جامعه گیاهی، شناسایی گونه‌ها و پیش‌بینی آنها در مکان و زمان برای بررسی تغییرات تنوع زیستی حاصل نمود.

واژه های کلیدی: **مدل‌سازی اکولوژیک، عوامل محیطی، مدل درخت رگرسیون تقویت شده، مراتع سرخ گریوه**

مقدمه

مطالعه غنا و تنوع گیاهی کشور به‌عنوان بستر لازم برای مطالعات مختلف بوم‌شناختی دارای اهمیت است. ترکیب گیاهی و ساختار آن دو عنصر اساسی در توصیف توسعه جوامع گیاهی هستند، هم‌چنین درک پراکندگی و ترکیب گونه‌های گیاهی و نیز قابلیت پیش‌بینی آن‌ها در مکان و زمان، امر بسیار مهمی برای بررسی سرنوشت تنوع زیستی تحت‌تأثیر تغییرات جهانی است (Haines-Young, 2009). غنای گونه‌ای معیار اندازه‌گیری تنوع زیستی است که همان تعداد گونه‌ها در واحد جغرافیایی است، اطلاعات کاملی در مورد غنای گونه‌ای در مقیاس وسیع وجود ندارد. غنای گونه‌ای یک شاخص ساده و قابل تفسیر برای تنوع زیستی است و یکی از مهم‌ترین و گسترده‌ترین اندازه‌گیری‌های تنوع زیستی است که در محیط زیست پایه‌ای و کاربردی است (Deak et al., 2021; Dubuis et al., 2011; Peet , 1974). از این‌رو، مدل‌های تجربی غنا، برای غلبه بر این محدودیت با تعیین نقاط دارای غنای گونه‌ای مناسب به‌کار می‌روند. این اطلاعات به تثبیت راهبردهای حفاظتی یا پیش‌بینی الگوهای آینده تنوع زیستی تحت تغییر اقلیم، می‌توانند کمک کنند. این مدل‌ها همچنین به بهبود فهم ما از تنوع زیستی و فرآیندهای تشکیل جوامع کمک می‌کنند. مدل‌های پیش‌بینی پراکندگی و غنای گونه‌های گیاهی نقش برجسته‌ای در نظارت، ارزیابی، احیاء، حفاظت و توسعه اکوسیستم‌های مرتعی ایفا می‌کنند (Austin , 2007). دو رویکرد متفاوت برای مدل‌سازی غنای گونه‌ای قابل استفاده است: رویکرد اول مدل‌سازی مستقیم تعداد گونه‌های شمارش شده تحت عنوان مدل ماکرواکولوژیکی (Model Macro ecological) است که در این رویکرد پیش‌بینی تعداد گونه‌ها در منطقه متاثر از عوامل مختلفی مانند منابع در دسترس، اندازه واحد، سطوح آشفتگی و ناهمگنی محیط انجام می‌شود در واقع در این روش غنای گونه‌ای (تعداد گونه‌ها) در واحد جغرافیایی تعیین می‌شود و در ارتباط با مقادیر متغیرهای محیطی آن واحد جغرافیایی است. این روش موجب افزایش درک و پیش‌بینی غنای گونه‌ای برای گروه‌های تاکسونومیک در مقیاس‌های متفاوتی می‌شود (Ferrier and Guisan, 2006).

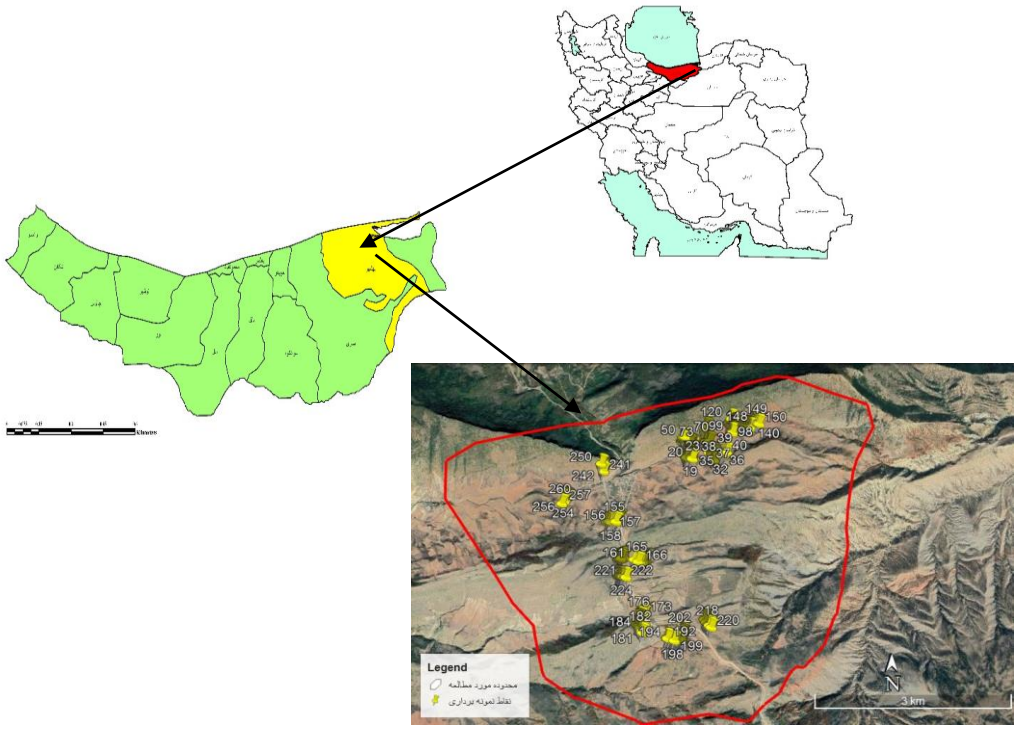
[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

رویکرد دوم، مجموعه‌ای از پیش‌بینی‌های غنای تک‌گونه‌ای در قالب مدل‌های پراکندگی گونه‌ای تجمیع‌یافته (Stacked-Species Distribution Models) است. غنای گونه‌ای می‌تواند با روش مدل‌های پراکندگی گونه‌ای (SDM) مدل‌سازی شود (کارگر، ۱۳۹۴) و نتایج پیش‌بینی شده حاصل از مجموعه این مدل‌ها، برآورد دقیقی از تعداد گونه‌ها به‌دست می‌دهد (Calabrese et al., 2014). در واقع این مدل به‌صورت مستقل برای هر گونه تولید می‌شود، سپس مجموعه آن‌ها برای پیش‌بینی پراکندگی جامعه به‌کار می‌روند. بنابراین، ترکیب جامعه و غنای گونه‌ای را در یک مدل واحد برای پیش‌بینی در زمان حال و آینده خواهیم داشت (Dubuis et al., 2011; Dubuis et al., 2013). از این‌رو مدل‌های پراکندگی گونه‌ای تجمیع‌یافته (Stacked Species Distribution Models) و مدل ماکرواکولوژی (Macro ecological Model) دارای نقاط قوت خاص خود بوده و مکمل هم هستند و ترکیب هر دو می‌تواند برای به دست آوردن اطلاعات بیشتری از غنا گونه‌ای استفاده شود (D'Amen et al., 2015). در داخل کشور مطالعاتی کمی در زمینه این دو روش مدل‌سازی صورت گرفته است که می‌توان به مطالعات (Jafarian et al., 2019 a; Jafarian et al., 2019 b) در ارتباط با مدل‌سازی غنای کارکردی و پراکندگی گونه‌های گیاهی در مراتع شمال کشور اشاره نمود. برخی محققان به پیش‌بینی توزیع مکانی غنای گونه‌ای با مدل‌های پراکندگی گونه‌ای تجمیع یافته و مدل ماکرواکولوژی در مراتع والدره استان مازندران پرداختند. این محققان دریافتند که روش مستقیم مدل ماکرواکولوژی، پیش‌بینی‌های تقریباً بدون اریبی در اطراف مقادیر میانگین واقعی داشته است، اما همبستگی پایینی که بین پیش‌بینی‌ها و مشاهدات، توسط روش پراکندگی گونه‌ای تجمیع‌یافته به‌دست آمده است، بیانگر آن بود که این روش نمی‌تواند اطلاعاتی درباره هویت گونه و به تبع آن ترکیب جامعه ارائه دهد (کارگر و همکاران، ۱۳۹۷). در خارج از کشور نیز به برخی مطالعات در ارتباط با مدل‌سازی غنای گونه‌های گیاهی از جمله (Deak et al., 2021; Liang et al., 2020; Dubuis et al., 2013) می‌توان اشاره نمود. در تحقیقی مدل‌های پراکندگی گونه‌ای تجمیع یافته و ارتباط آن با مدل‌های ماکرواکولوژیکی بررسی شد (Calabrese et al., 2014)؛ یافته‌ها حاکی از آن بود که روش پراکندگی گونه‌ای تجمیع‌یافته مشابه روش ماکرواکولوژیکی است که هر دو روش تمایل به بیش‌پراکندگی و کم‌پراکندگی غنای گونه‌ای در سایت‌های فقیر و غنی از گونه‌ها داشتند. با توجه به مطالب مذکور این موضوع نیازمند انجام تحقیقات جامع‌تر و بیشتری است. لذا یکی از اهداف این مطالعه بررسی توانایی روش‌های مدل‌سازی مذکور در پیش‌بینی ویژگی‌های اجتماعات گونه‌ها مانند غنای گونه‌ای است. با توجه به مطالب فوق در این تحقیق سعی شد تا به این سوال پاسخ داده شود که در بین روش‌های پراکندگی گونه‌ای- تجمیع یافته (S-SDM) و مدل ماکرواکولوژیکی (MEM)، کدامیک بهترین عملکرد را در پیش‌بینی غنای گونه‌ای دارند؟

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

مواد و روش‌ها

رویشگاه‌های مورد مطالعه: منطقه مطالعه شده قسمتی از حوزه آبخیز زارم‌رود در منطقه هزار جریب بهشهر است. محدوده ارتفاعی آن بین ۱۸۰۰ تا ۲۸۰۰ متر از سطح از دریا است. این منطقه مرتفع‌ترین بخش منطقه هزار جریب بهشهر به شمار می‌رود و در ۸۰ کیلومتری شهرستان بهشهر و بین طول‌های جغرافیایی، ´۰۰ °۵۴ تا ´۰۹ °۵۴ شرقی و ´۲۶ °۳۶ تا ´۳۱ °۳۶ عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱). تیپ‌های گیاهی در منطقه مطالعه شده شامل تیپ‌های *Teucrium polium-Thymus daensis*، *Stachys byzantine- Verbascum thapsus* و تیپ *Phlomis persica* هستند. بارندگی سالیانه بر طبق آمار ۱۵ ساله ۱۲۷ تا ۲۱۶ میلی‌متر و دمای سالیانه بین ۱۶/۹ تا ۱۷/۸درجه سانتی‌گراد متغیر است.



شکل ۱- موقعیت منطقه مطالعه شده در مراتع سرخ گریوه بهشهر در استان مازندران و کشور

روش تحقیق: برای نمونه‌برداری از پوشش گیاهی روش نمونه‌برداری طبقه‌بندی تصادفی-سیستماتیک استفاده شد. در هر دامنه موجود در منطقه، ترانسکتی به طول ۱۰۰ متر در راستای گرادیان ارتفاع

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

مستقر گردید. در کل ۲۶ ترانسکت، که در روی هر ترانسکت ۱۰ پلات یک مترمربعی با فواصل ۱۰ متر از هم مستقر گردید. در مجموع در کل منطقه ۲۶۰ پلات یک متر مربعی مستقر گردید. در هر پلات لیست گونه‌ها و تعداد آنها ثبت گردید. موقعیت جغرافیایی نقاط نمونه‌برداری نیز به‌وسیله سیستم موقعیت‌یاب جهانی (GPS) ثبت شد. در طول هر ترانسکت سه نمونه خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری برداشت شد. نمونه‌برداری در فصل رویش منطقه (خرداد و تیر) انجام شد (Kargar, 2018).

اندازه‌گیری و تهیه داده‌ها: نمونه‌های خاک در هوای آزاد خشک گردید و پس از کوبیده‌شدن در هاون، به‌منظور جداسازی قطعات گیاهان و سنگریزه از الک ۲ میلیمتری عبور داده شد تا برای آزمایشهای مختلف آماده گردد. در نهایت تعداد ۷۸ نمونه خاک برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه منتقل شد. با استفاده از نقشه مدل رقومی ارتفاع (DEM) نقشه عوامل توپوگرافی تهیه گردید و هر کدام در چند کلاس طبقه‌بندی شدند. داده‌های اقلیمی در طی یک دوره آماری ۱۵ ساله از ایستگاه‌های تیرتاش، سفیدچاه، برما، بهشهر، عباس آباد و بندرگز جمع‌آوری گردید. فاکتورهای محیطی بررسی شده در تحقیق حاضر شامل ارتفاع، شیب و جهت، درصد رطوبت، شن، رس و سیلت، pH، EC، کربن آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم و میانگین درجه حرارت سالانه، میانگین رطوبت نسبی سالانه و میانگین بارندگی سالانه بودند. برای تهیه نقشه متغیرهای اقلیمی ابتدا با استفاده از روش کریجینگ داده‌های اقلیمی درون‌یابی شد و در نهایت نقشه این متغیرها در نرم‌افزار Arc GIS نسخه ۱۰/۳ تولید گردید. با استفاده از داده‌های پوشش، شاخص غنای گونه‌ای در نرم‌افزار R محاسبه شد.

مدل‌سازی غنای گونه‌های گیاهی با روش‌های MEM و S-SDM : در روش MEM مدل‌سازی از ابتدا برای کل گونه‌ها انجام می‌گیرد، ولی در روش S-SDM ابتدا برای تک تک گونه‌ها انجام و سپس تجمیع می‌شود. به‌منظور مقایسه بین روش‌های MEM و S-SDM از تکنیک مدل‌سازی BRT برای هر روش استفاده گردید. در روش MEM متغیر پاسخ غنای گونه‌ای در مدل‌های آماری از توزیع پوآسون تبعیت می‌کند. غنای گونه‌ای از شمارش گونه‌ها بر اساس حضور گونه‌ها تعیین شد. بدین منظور گونه‌هایی که در بیش از ۲۰ پلات حضور داشتند وارد آنالیز شدند. برای S-SDM مدل‌های جداگانه با استفاده از بسته Biomode در نرم‌افزار R با پیش فرض توزیع دوجمله‌ای و متغیرهای ورودی یکسان اما برای گونه‌های جداگانه تولید گردید و سپس با هم ادغام شدند (Dubuis et al., 2011). همه تجزیه و تحلیل‌ها در نرم افزار R نسخه ۱. ۱. ۳ با کمک بسته‌های bimode2، presence absence، caret، Rcmdr، gmb و نرم‌افزار Arc GIS نسخه ۳. ۱۰ اجرا گردید.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

نتایج

مدل‌سازی غنا گونه‌های گیاهی با استفاده از MEM، S-SDM و تلفیق این دو روش

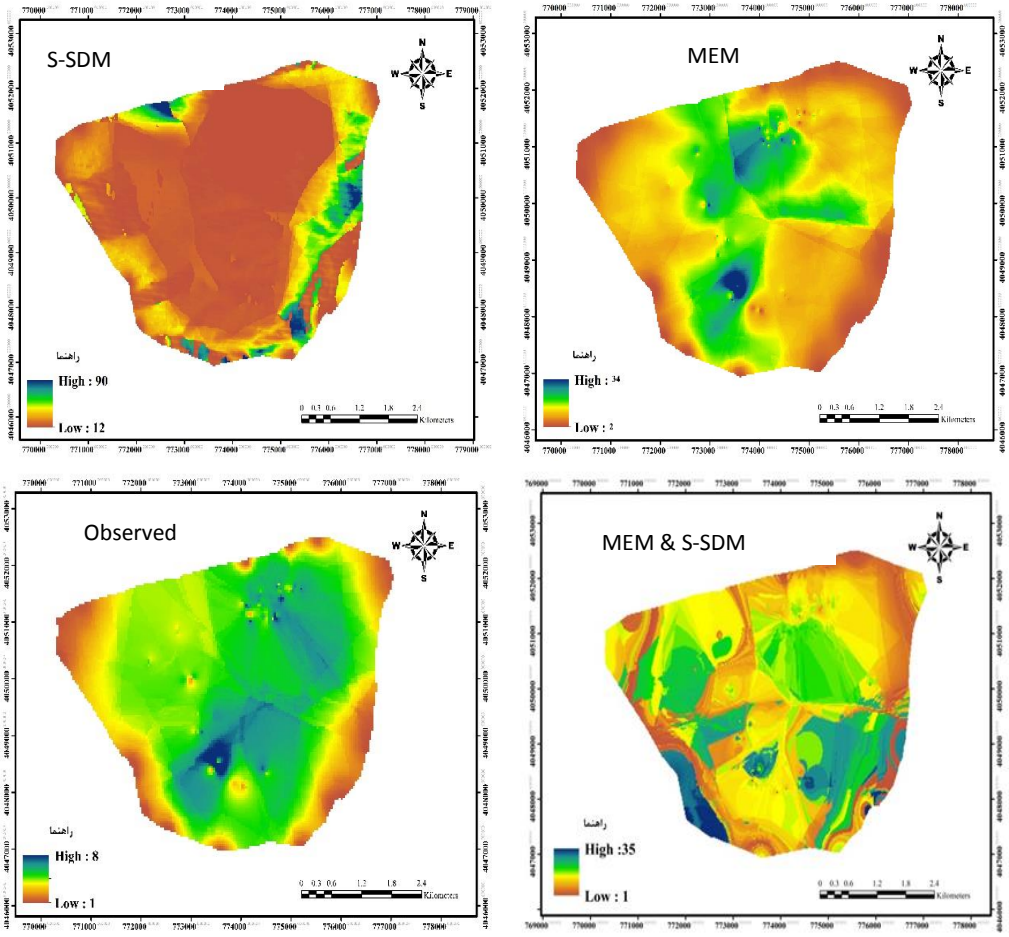
نتایج نشان داد که برای روش MEM متغیرهای دما، پتاسیم، رطوبت سالانه، فسفر و برای روش S-SDM متغیرهای هدایت التریکی، ارتفاع و بارندگی توسط مدل BRT به عنوان متغیرهای تاثیرگذار بر غنا شناخته شدند (جدول ۱).

جدول ۱- نتایج مدل‌سازی غنای گونه‌های گیاهی با استفاده از روش‌های (MEM) و (S-SDM) و تلفیق این دو روش

روش‌ها	متغیرهای تاثیرگذار	F آماره	P مقدار	AUC	R2	RMSE
MEM	کربن آلی	۰/۱۷۲ns	۰/۱۹			
	دما	* ۰/۹۰۲	۰/۰۵۲			
	پتاسیم	* ۰/۳۲۱	۰/۰۵	-	۰/۶۲	۲/۱۱
	رطوبت سالانه	* ۰/۴۶۲	۰/۰۳۳			
	فسفر	* ۰/۸۹۳	۰/۰۲۲			
S_SDM	هدایت الکتریکی	* ۱/۳۱۱	۰/۰۴۲			
	نیتروژن	۱/۴۷ ns	۰/۲۷۸	۰/۷۲	-	-
	ارتفاع	* ۱/۰۹	۰/۰۲۰			
	بارندگی	* ۰/۷۳۵	۰/۰۱۷۲			
تلفیق MEM و S_SDM	فسفر	* ۰/۸۶۰	۰/۰۰۵			
	کربن آلی	* ۱/۰۷۱	۰/۰۲۵			
	بارندگی	* ۰/۰۵۹	۰/۰۵۹	۰/۷۴	-	-
	رطوبت سالانه	* ۱/۷۰۹	۰/۰۲۸			
	پتاسیم	* ۱/۶۵۲	/۰۱۵			

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

نقشه‌های پیش‌بینی روش‌های ماکرواکولوژیکی (MEM) و مدل پراکندگی گونه‌ای تجمیع‌یافته (S-SDM) و تلفیق این دو روش در شکل ۲ آمده است. نتایج بیانگر این مطلب است که در نقشه پیش-بینی S-SDM مقادیر بیش از مقادیر واقعی تخمین زده شده‌اند. در این شکل‌ها مشخص شد روش مناسب ترکیبی از روش‌های S-SDM و MEM است.



شکل ۲- نقشه پیش‌بینی غنای گونه‌ای با روش‌های MEM و S-SDM و ادغام دو روش بر پایه تکنیک مدلسازی BRT و نقشه غنای مشاهده شده در منطقه

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

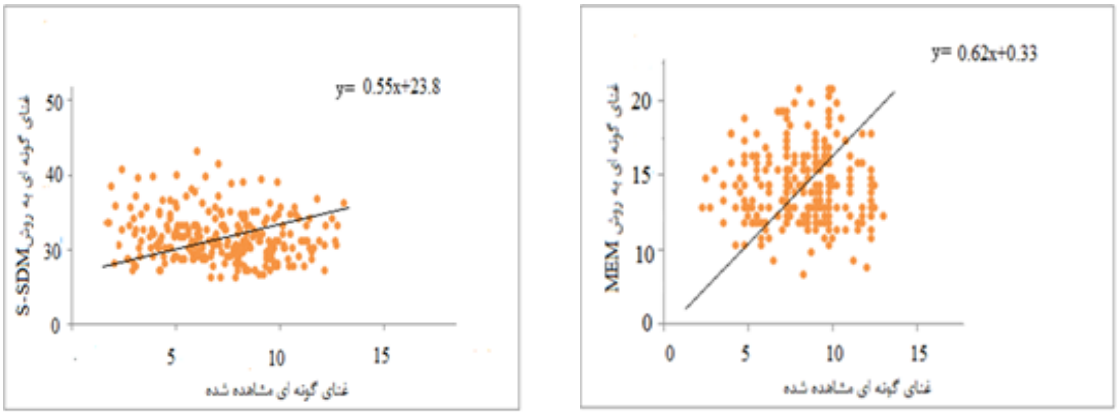
همبستگی اسپیرمن بین روش‌های مختلف پیش‌بینی غنای گونه‌های گیاهی و غنای مشاهده شده

نتایج به‌دست آمده از همبستگی اسپیرمن بین روش‌های مختلف پیش‌بینی غنای گونه‌های گیاهی و غنای مشاهده شده در منطقه نشان داد که غنای گونه‌ای مشاهده شده با غنای پیش‌بینی شده توسط هر دو روش و غنای پیش‌بینی شده توسط روش MEM با غنای پیش‌بینی شده توسط تلفیق دو روش MEM و S-SDM همبستگی معنی‌داری داشتند جدول (۲). در شکل ۳ ارتباط بین غنای گونه‌های گیاهی مشاهده شده با غنای گونه‌ای پیش‌بینی شده توسط هر دو روش آورده شده است.

جدول ۲- همبستگی اسپیرمن بین انواع غنا گونه‌های گیاهی پیش‌بینی شده در منطقه

	غناگونه‌ای مشاهده شده	غنا گونه‌ای به روش MEM	غنا گونه‌ای به روش S-SDM	غنا گونه‌ای با تلفیق روش MEM و S-SDM
غنا گونه‌ای مشاهده شده	۱			
غنا گونه‌ای به روش MEM	۰/۱۷۷**	۱		
غنا گونه‌ای به روش S-SDM	۰/-۱۸۴**	-۰/۰۱۴	۱	
غنا گونه‌ای با تلفیق روش MEM و S-SDM	۰/۰۰۱	۰/۱۶۹*	-۰/۰۴۱	۱

** معنی‌داری در سطح یک درصد، * معنی‌داری در سطح پنج درصد



شکل ۳- ارتباط بین غنای گونه‌های گیاهی مشاهده شده با غنای گونه‌ای پیش‌بینی شده

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق پیش‌بینی پراکنش غنای گونه‌های مرتعی به کمک متغیرهای محیطی با استفاده از مدل‌های پراکندگی گونه‌ای انجام گرفت. نتایج نشان داد که غنای گونه‌ای با عوامل ارتفاع، متوسط بارندگی سالانه و فصلی، متوسط رطوبت سالانه و فصلی، درصد نیتروژن و رس خاک و شاخص‌های غنا با فاکتورهای شیب، درصد شن، آهک و پتاسیم خاک همبستگی بیشتری داشتند که با برخی تحقیقات همخوانی دارد (کریم زاده و همکاران، ۱۳۹۱). برخی محققان نشان دادند که تنوع الگوی واضحی در برابر تغییرات ارتفاع داشته است (Xu et al., 2010) مطابقت دارد. نتایج بیانگر این مطلب بود که شاخص‌های غنا، یکنواختی و تنوع با اسیدیته و شوری خاک مرتع همبستگی دارند که نتایج (Medinski et al., 2010; Mills et al., 2009) مطابقت دارد. دراین تحقیق بین بارندگی سالیانه و غنای گونه‌ای ارتباط مثبتی وجود داشت. می‌توان این چنین بیان نمود که تغییر اقلیم منجر به رشد جوامع گیاهی و بومی شدن گونه‌ها و در نهایت باعث افزایش تنوع زیستی می‌شود که با یافته‌های برخی محققان همخوانی دارد (McKee et al., 2004 ؛ جعفریان و همکاران، ۱۳۹۱). برخی مطالعات به وجود رابطه مثبت بین غنای گونه‌ای با برخی ویژگی‌های خاک اشاره شده است که برای بررسی این ارتباط، مقیاس مورد مطالعه دارای اهمیت است و بررسی اثر یک ویژگی از خاک بستگی به سایر خصوصیات خاک دارد و برای نتیجه‌گیری بهتر بررسی اثر همزمان مشخصه‌های خاک دارای اهمیت است (Haines-Young, 2009). در این مطالعه اسیدیته، نیتروژن و مواد آلی خاک تاثیر بسزایی در غنای گونه‌ای داشتند که برخی مطالعات نیز به تاثیرگذاری این عوامل اشاره کردند (فتاحی و همکاران، ۱۳۸۸). این می‌تواند بدین علت باشد که مواد آلی از ازت غنی هستند و به دلیل داشتن صفت جذب سطحی در نگهداری عناصر تبادلی و در اختیار گذاشتن عناصر نقش مهمی ایفا می‌کنند. نیتروژن در خاک به خصوص در لایه سطحی بیشتر به صورت ترکیبات آلی وجود دارد. بنابراین فرآیند تجمع نیتروژن در خاک با تجمع مواد آلی رابطه نزدیک دارد. پوشش گیاهی از لحاظ نوع و تراکم پوشش نیز در مقدار نیتروژن خاک نقش مهمی دارد. خاک‌هایی که در زیر پوشش گیاهان دارای ریشه فراوان هستند، معمولاً دارای مقدار بیشتری مواد آلی و نیتروژن هستند. محققان دیگر نیز به تأثیرگذاری نیتروژن و اسیدیته بر پراکنش گونه‌های گیاهی منطقه اشاره کردند (جعفریان و همکاران، ۱۳۹۱). یکی از اهداف این مطالعه بررسی توانایی مدل های تجربی در پیش‌بینی غنای گونه‌ای می‌باشد. بر این اساس غنای گونه‌ای می‌تواند توسط روش‌های مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای مدل شود و نتایج پیش‌بینی تخمین واقع گرایانه‌ای از تعداد گونه‌ها نسبت به وقتی که تک گونه‌ها مدل می‌شوند بدست می‌دهد. نتایج این مطالعه نشان داده است همبستگی معنی‌داری بین نتیجه روش MEM با غنای گونه‌ای مشاهده شده وجود دارد که با نتایج تعدادی از مطالعات مطابقت دارد (کارگر و همکاران، ۱۳۹۷). نتایج تحقیق حاضر

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

نشان داده که روش S-SDM غنا را بیشتر از حد واقعی تخمین زده بود. این بدان علت است که این روش گونه‌ها به‌صورت جداگانه مدل‌سازی می‌شوند سپس مجموعه آن‌ها برای پیش‌بینی پراکنش جامعه به‌کارمی‌روند. روش MEM هیچ اطلاعاتی راجع به ترکیب جامعه و شناسایی گونه‌ها نمی‌دهد اما برای کسب اطلاعات کلی غنای گونه‌ای مناسب است. در این روش ممکن است تعداد گونه تحت تاثیر عوامل مختلفی مانند منابع در دسترس، اندازه واحد، ناهمگنی محیط و سطوح آشفتگی باشد. به این ترتیب تلفیق دو روش ماکرواکولوژی و مدل پراکندگی گونه‌ای تجمیع‌یافته منجر کشف اطلاعات بیشتری از غنای گونه‌های گیاهی می‌شود. نتایج به‌دست آمده از انواع ارزیابی‌ها بین غنای گونه‌های گیاهی پیش‌بینی شده با روش‌های مختلف نشان داد که غنای گونه‌ای پیش‌بینی شده به روش ماکرواکولوژی با غنا گونه‌ای مشاهده شده مطابقت بیشتری دارد که با یافته‌های (Vockenhuber et al., 2011) هم‌خوانی دارد. با توجه به مطالب بالا می‌توان بیان نمود که تلفیق دو روش ماکرواکولوژی و مدل پراکندگی گونه‌ای تجمیع‌یافته منجر به کسب اطلاعات بیشتری از غنای گونه‌های گیاهی اهمیت به‌سزایی در مدیریت و بهره‌برداری اصولی می‌شود. نتایج مطالعه نشان داد که MEM غنای گونه‌ای را به‌طور متوسط در یک گرادیان ارتفاعی نشان می‌دهد که این روش برای آزمایش فرضیات جغرافیای زیستی و مطالعات عمومی غنای گونه‌ای مناسب است. در نهایت روش SDM در زمانی که پیش‌بینی تک گونه را انجام می‌دهیم روش‌های بسیار مناسبی هستند و به نظر تلفیق کردن این دو رویکرد باعث ایجاد روش مناسب با قابلیت بالایی خواهد شد. به دلیل مشکلات در دو عامل زمان و هزینه در بسیاری از موارد مطالعه پراکندگی هر گونه گیاهی بصورت مستقل دشوار است. لذا روش‌های مدل‌سازی رویشگاه که در زمان‌های اخیر به مقدار زیاد در مدیریت پوشش گیاهی مراتع مورد استفاده قرار گرفته‌اند ابزار مناسبی برای غلبه بر این مشکل می‌باشند.

منابع

جعفریان، ز.، کارگر، م.۱۳۹۱. نعیین عوامل محیطی موثر بر گروه گونه‌های اکولوژیک با استفاده از رگرسیون لجستیک در مراتع پلور استان مازندران. فصلنامه علوم محیطی، ۱۰ (۲): ۱۰۷-۱۱۸.

فتاحی، ب.، آقابیگی امین، س.، ایلدرمی، ع.ر.، ملکی، م.، حسنی، ج.، ثابت پور، ت، ۱۳۸۸. بررسی برخی عوامل محیطی موثر بر رویشگاه گون سفید در مراتع کوهستانی زاگرس در مراتع گله بر استان همدان. مجله مرتع، ۲ (۳): ۲۰۳-۲۱۶.

کارگر، م. ۱۳۹۴. *پیش‌بینی مکانی* برخی ویژگی‌های کارکردی گونه‌های گیاهی در مراتع لاسم، رساله دکتری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ۱۴۲ صفحه.

کریم زاده، الف.، جعفریان، ز.، قربانی، ج.، اکبرزاده، م.۱۳۹۱. ارتباط بین شاخص‌های تنوع گونه‌ای و

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

عوامل محیطی با استفاده از آنالیز چندمتغیره در مراتع سرخ ده سمنان. مجله مرتع و آبخیزداری، ۱(۶۵): ۱۳۱-۱۴۳.

محمدی، م.، جعفریان، ز.، تمرتاش، ر.، کارگر، م.۱۴۰۱. پیش‌بینی شاخص‌های تنوع گونه‌ای گیاهان با مدل خطی تعمیم یافته (GLM) و مدل درخت رگرسیون تقویت شده (BRT) در مراتع شرق استان مازندرانL، مجله مرتع، پذیرش

Austin, M. 2007. Species distribution models and ecological theory: a critical assessment and some possible new approaches. Ecological modelling, 200(1-2): 1-19.

Calabrese, J.M., Certain, G., Kraan, C. Dormann, C. F. 2014. Stacking species distribution models and adjusting bias by linking them to Macroecological Models. Global Ecology and Biogeography. 23(1):99-112.

D'Amen, M., Dubuis, A., Fernandes, R.F., Pottier, J., Pellissier, L. Guisan, A. 2015. Using species richness and functional traits predictions to constrain assemblage predictions from stacked species distribution models. Journal of Biogeography. 42(7): 1255-1266.

Deak, B., Kovacs, B., Radai, Z., Apostovala, I., Kelemen, A., Kiss, R., Lukaes, K., Palpurina, P., Sopotlivea, D., Bathori, F., Valko, O. 2021. Linking environmental heterogeneity and plantdiversity: The ecological role of small natural feature in homogeneous landscape. Science of the total environment.763: 144199.

Dubuis, A., Pottier, J., Rion, V., Pellissier, L., Theurillat, J.P., Guisan, A. 2011. Predicting spatial patterns of plant species richness: a comparison of direct macroecological and species stacking modelling approaches. Diversity and Distributions. 17(6): 1122-1131.

Dubuis, A., Giovanettina, S., Pellissier, L., Pottier, J., Vittoz, P., Guisan, A. 2013. Improving the prediction of plant species distribution and community composition by adding edaphic to topo-climatic variables. Journal of Vegetation Science. 24(4):593-606.

Ferrier, S., Guisan, A. 2006. Spatial modelling of biodiversity at the community level. Journal of Applied Ecology. 43(3): 393-404.

Haines-Young, R, 2009. Land use and biodiversity relationships. Land use policy. 26: 178-S186.

Jafarian, Z., Kargar, M., Tamartash R., Alavi, S.J. 2019 a. Spatial distribution modelling of plant functional diversity in the mountain rangeland, north of Iran, Ecological Indicator. 97: 231-238.

Jafarian, Z., Kargar M., Bahreini, Z. 2019 b. Which spatial distribution model best predicts the occurrence of dominant species in semi-arid rangeland of northern Iran? Ecological informatic. 50:33-42.

Kargar, M., Jafarian, Z., Tamartash, R., Alavi, S.J. 2018. Prediction of spatial

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

distribution of plant species richness in the Valdarreh Rangelands, Mazandaran by Macroecological Modelling and Stacked Species Distribution Models. Ecopersia. 6(2): 139-145.

Liang, J., Ding, ZH., Lie, G., Zhou, Z.H., BikramSingh, P., Zhang, Z.H., Hu, H. 2020. Species richness patterns of vascular plants and their drivers along an elevational gradient in the central Himalayas, Global Ecology and Conservation. 24: e01279.

McKee, J.K., Sciulli, P.W., Fooce, C.D., Waite, T.A. 2004. Forecasting global biodiversity threats associated with human population growth. Biological Conservation, 115(1): 161-164.

Medinski, T.V., Mills, A.J., Esler, K.J., Schmiedel, U., Jürgens, N. 2010. Do soil properties constrain species richness? Insights from boundary line analysis across several biomes in south western Africa. Journal of Arid Environments.74(9):1052-1060.

Mills, A., Fey, M., Donaldson, J., Todd, S., Theron, L. 2009. Soil infiltrability as a driver of plant cover and species richness in the semi-arid Karoo, South Africa. Plant and Soil. 320(1-2): 321-332.

Peet, R.K. 1974. The measurement of species diversity. Annual Review of Ecology and Systematics, 5(1): 285-307.

Vockenhuber, E.A., Scherber, C., Langenbruch, C., Meißner, M., Seidel, D., Tscharntke, T. 2011. Tree diversity and environmental context predict herb species richness and cover in Germany's largest connected deciduous forest. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics. 13(2): 111-119.

Xu, Y., Chen, Y., Li, W., Fu, A., Ma, X., Gui, D., Chen, Y. 2010. Distribution pattern and environmental interpretation of plant species diversity in the mountainous region of Ili River Valley, Xinjiang, China. Journal of Plant Ecology (Chinese Version). 34(10): 1142-1154.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]