Environmental Sciences ***(Environ. Sci.)*** **2023, 21(4):177-188** **ISSN: 2588-6177**

Original Article

Quantitative Study of the Impact of Natural Areas of the Markazi Province on Pollination Based on a Distribution Modeling Approach

Received: 2023.08.15
Accepted: 2023.09.05

Maryam Hasanbeigi,[1] Maryam Morovati,[1,2]* Peyman Karami,[2,3] Mehdi Elahi[1,2]

[1] Department of Environmental Sciences and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran

[2] Water, Energy and Environment Research Institute, Ardakan University, Ardakan, Iran

[3] Department of Environmental Science, Malayer University, Hamedan, Iran

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: Extracting honey from beehives is one of the economic activities for local communities, which is effective in the direct and indirect employment of villagers and as a result, the sustainable development of these areas. Among the pollinating insects, bees play a much more prominent role, and usually the location of the hives can determine the extent of benefit from this ecosystem service. Among bees of Iran, Carnica hybrid (*Apis mellifera meda*) has a special place in honey production. Despite various studies conducted on this hybrid, so far none has investigated the suitable conditions for the placement of beehives of this species, so this study seeks to identify suitable areas for the establishment of beehives. Awareness of the areas that are prone to beehive placement can be one of the priorities of the planners in the field of agriculture and animal husbandry in Markazi Province.

Material and Methods: In this study, in order to model the areas that are susceptible to pollination, variables such as spring density, height, topographic humidity, light shade, average spot size, land use/cover, landscape diversity edge density, distance from agricultural land, average wind speed up to a height of 10 meters, roughness of vegetation and vegetation density were used. Since it is difficult to access all the areas that are not suitable for the establishment of hives in the modeling process, alternative methods such as pseudo-absence methods were used. However, identifying suitable areas for recording pseudo-absence points can also result in errors. Therefore, first, using the output of presence-only models, pollination desirability was calculated. Then, by subtracting the desirable areas from the entire surface of the land, pseudo-absence points were randomly created in the remaining areas. After preparation of this group of points, the presence/pseudo-absence models were ready to be implemented. In order to evaluate distribution models, TPR variables and the Kappa index were used. TPR, which is also referred to as sensitivity, is a numerical value that identifies the percentage of presence points that are detected again after applying the presence point threshold. Also, a random forest model was used to calculate the impact of this data set on environmental changes.

Results and Discussion: The presence-only models in this study were implemented with adequate power. The value of AUC was calculated as 0.89, 0.90 and 0.76, respectively, for Bioclim, Domian and single-class support vector machine models. The results of the evaluation of the used models showed that all models have well predicted the presence of beehives in the areas of pseudo-absence of beehives. The Kappa index for this category of models was at least equal to 0.83. On the other hand, based on the TPR criterion, many of the hive points have been detected again after applying the hive threshold, which can indicate a good level of prediction of the used models. Also, the findings showed that the diversity of the landscape had a greater impact on the quality of pollination than the proximity to agricultural lands. The height of up to 1813 meters above sea level, as well as the wind speed of 3.47 meters per second, were the best conditions for the presence of beehives. Among the different cities, Arak, Farahan, Khandab, Shazand and Khomein had the highest value for pollination.

Conclusion: Planning for the protection of natural areas as well as areas prone to the establishment of beehives can be done with emphasize on the location of Arak, Farahan, Khandab, Shazand and Khomein cities. The findings of this study show that the use of species distribution models can be effective in identifying suitable areas for beehive establishment and pollination activity. On the other hand, combining the findings of this group of studies with other spatial data that determine the patterns of the landscape can provide a clear view of the influence of the landscape.

Keywords: Honey bee, Species distribution, Ecosystem services, Agricultural lands

How to cite this article: *: Hasanbeigi, M., Morovati, M., Karami, P. and Elahi, M., 2023. Quantitative study of the impact of natural areas of the Markazi Province on pollination based on a distribution modeling approach. Environ. Sci. 21(4): 177-188.*

* **Corresponding Author Email Address:** mymorovati@ardakan.ac.ir
DOI: 10.48308/envs.2023.1334

Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

علوم محیطی، ۱۸۸-۱۷۷ : (۴) ۲۱، ۱۴۰۲ شاپا: ۶۱۷۷-۲۵۸۸

مقاله پژوهشی

مطالعه کمی تأثیرپذیری عرصه‌های طبیعی استان مرکزی از گرده‌افشانی با رویکرد مبتنی بر مدلسازی توزیع

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۱۴

مریم حسن بیگی[۱]، مریم مروتی[۲،۱]* ، پیمان کرمی[۳،۲]، مهدی الهی[۲،۱]

[۱] گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران

[۲] پژوهشکده آب، انرژی و محیط زیست، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران

[۳] گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، همدان، ایران

چکیده مبسوط

سابقه و هدف: استحصال عسل از کندوهای زنبوران عسل از فعالیت‌های اقتصادی برای جوامع محلی محسوب می‌شود که در اشتغال مستقیم و غیرمستقیم روستاییان و در نتیجه توسعه پایدار این مناطق مؤثر است. از میان حشرات گرده‌افشان زنبوران نقش بسیار بارزتری دارند و معمولاً محل استقرار کندوها می‌تواند تعیین کننده گستره بهره‌ور از این خدمت اکوسیستمی باشد. در میان زنبوران ایران هیبرید کارنیکا دارای جایگاه ویژه‌ای در استحصال عسل است. علیرغم مطالعات مختلف انجام گرفته بر روی این هیبرید تا کنون مطالعه‌ی به بررسی شرایط مناسب برای جانمایی کندوهای این گونه نپرداخته، لذا این مطالعه به دنبال آن است که مناطق مناسب برای استقرار کندوها و همچنین کاربری/پوشش‌های که از این خدمت استفاده می‌کنند را شناسایی کند. آگاهی به مناطقی که مستعد جانمایی کندو می‌تواند یکی از اولویت‌های برنامه‌ریزان حوزه کشاورزی و دام‌پروری استان مرکزی باشد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه به منظور مدل‌سازی مناطقی که مستعد گرده‌افشانی هستند، متغیرهای محیطی که به نحوی بر روی کیفیت و کمیت گرده‌افشانی مؤثر هستند شناسایی شدند، در این راستا از متغیرهایی مانند تراکم چشمه، ارتفاع، رطوبت توپوگرافی، سایه‌روشن، میانگین اندازه لکه، کاربری/پوشش، تنوع سیمای سرزمین، تراکم حاشیه، فاصله از زمین‌های کشاورزی، میانگین سرعت باد تا ارتفاع ۱۰ متر، زبری پوشش‌گیاهی و تراکم پوشش‌گیاهی استفاده شد. پس از جمع‌آوری نقاط کندوها و پیش‌پردازش، آن‌ها برای ورود به مدل‌سازی آماده شدند. از آنجایی‌که در فرآیند مدل‌سازی دسترسی به تمام مناطقی که برای استقرار کندوها امکان پذیر نیست لذا از روش‌های جایگزین مانند روش‌های شبه عدم حضور استفاده شد اما شناسایی مناطق مناسب برای ثبت نقاط شبه عدم حضور نیز می‌تواند تحلیل را با خطا موجه کند لذا ابتدا با استفاده از خروجی مدل‌های فقط حضور، مطلوبیت گرده‌افشانی محاسبه گردید. سپس با کسر مناطق مطلوب از کل سیمای سرزمین در مناطق باقی‌مانده، نقاط شبه عدم حضور به صورت تصادفی ایجاد شد. پس از آماده شدن این دسته از نقاط مدل‌های حضور/ شبه عدم‌حضور آماده اجرا شدند. به منظور ارزیابی مدل‌های توزیع از متغیرهای TPR و شاخص کاپا استفاده شد. TPR که از آن به عنوان حساسیت نیز نامبرده می‌شود مقدار عددی است که درصد نقاط حضوری که مجدداً بعد از اعمال آستانه نقطه حضور شناسایی شده‌اند را شناسایی می‌کنند. همچنین برای محاسبه تأثیرپذیری این مجموعه داده از تغییرات محیطی از مدل جنگل تصادفی استفاده شد.

نتایج و بحث: مدل‌های فقط حضور در این مطالعه با قدرت مناسبی اجرا شدند. مقدار AUC به ترتیب برای مدل‌های Bioclim، Domian و ماشین بردار پشتیبان تک کلاسه به ترتیب برابر ۰/۸۹، ۰/۹۰ و ۰/۷۶ محاسبه گردید. نتایج حاصل از ارزیابی مدل‌های مورد استفاده نشان داد تمام مدل‌ها به خوبی نقاط حضور کندو را از مناطق شبه عدم‌حضور کندوها پیش‌بینی کرده‌اند و شاخص کاپا برای این دسته از مدل‌ها حداقل برابر ۰/۸۳ محاسبه شده است. از طرفی بر اساس معیار TPR بخش زیادی از نقاط کندو مجدداً بعد از اعمال آستانه، کندو شناسایی شده‌اند که این مقدار می‌تواند نشان دهنده سطح خوب پیش‌بینی مدل‌های مورد استفاده باشد. همچنین یافته‌ها نشان داد که تنوع در سیمای سرزمین به نسبت نزدیکی به زمین‌های کشاورزی در کیفیت گرده‌افشانی تأثیر بیشتری دارد و ارتفاع تا ۱۸۱۳ متر از سطح دریا و همچنین سرعت باد ۳/۴۷ متر بر ثانیه بهترین شرایط برای حضور کندوها است. از میان شهرستان-های مختلف اراک، فراهان، خنداب، شازند و خمین بالاترین مقدار مطلوبیت را برای گرده‌افشانی دارند.

نتیجه‌گیری: برنامه‌ریزی برای حفاظت از عرصه‌های طبیعی و همچنین مناطق مستعد برای استقرار کندوها می‌تواند با تأکید بر موقعیت مناطق مطلوب در شهرستان‌های اراک، فراهان، خنداب، شازند و خمین باشد. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که استفاده از مدل‌های توزیع گونه می‌تواند برای شناسایی مناطق مناسب جهت استقرار کندو و فعالیت گرده‌افشانی مؤثر باشد. از طرفی تلفیق یافته‌های این دسته مطالعات با سایر داده‌های فضایی که الگوهای سیمای سرزمین را مشخص می‌کنند می‌تواند دید روشنی برای در خصوص تأثیرپذیری سیمای سرزمین در اختیار قرار دهد.

واژه‌های کلیدی: زنبور عسل، توزیع گونه، خدمات اکوسیستم، اراضی کشاورزی

استناد به این مقاله: *حسن بیگی، م.، م. مروتی، پ. کرمی و م. الهی. ۱۴۰۲. مطالعه کمی تأثیرپذیری عرصه‌های طبیعی استان مرکزی از گرده‌افشانی رویکرد با مبتنی بر مدل‌سازی توزیع. فصلنامه علوم محیطی. ۲۱(۴): ۱۷۷-۱۸۸.*

* **Corresponding Author Email Address:** mymorovati@ardakan.ac.ir
DOI: 10.48308/envs.2023.1334

Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

مقدمه

یک فرایند کلیدی و مهم که در اکوسیستم‌های گیاهی طبیعی و کشاورزی وجود دارد گرده‌افشانی است. این فرایند نقش بسیار مهمی در تولید غذا و معیشت انسان که وابسته به اکوسیستم‌های طبیعی و سیستم‌های تولید کشاورزی است ایفا می‌نماید (Ghanavati, 2016). مهم‌ترین گرده‌افشان‌های طبیعت حشرات هستند و حدود ۷۰ درصد نهان‌دانگان توسط این موجودات گرده‌افشانی می‌شوند (Mokhber and Ghaffari, 2018). زنبورها، پروانه‌ها، سوسک‌ها، مگس‌ها و دیگر حشرات اکثر گرده‌افشان‌های جهان را تشکیل می‌دهند (Darvishi *et al*., 2021). گرده‌افشانی این حشرات یک سازوکار حیاتی برای حمایت از حیات است و زیربنای خدمات اکوسیستم و تنوع زیستی را تشکیل می‌دهد (Vanbergen *et al*., 2013). در واقع گرده‌افشانی یک خدمت بوم‌شناختی و دارای ارزش اقتصادی غیر قابل انکار است و از طریق تولید محصولات کشاورزی و امنیت غذایی به رفاه انسان مرتبط است (IPBES, 2016).

مهم‌ترین گرده‌افشان‌های محصولات کشاورزی و باغی زنبورهای عسل هستند و سازگارهای زیادی دارند که آن‌ها را به کارآمدترین گرده‌افشان‌ها تبدیل کرده است که شامل واحد اجتماعی، موهای بدن چنگالی، قطعات دهانی، کیسه عسل و شانه عسل، سبد گرده، ساختار تمیز کننده شاخک‌ها، ارتباط زنبور به زنبور و قابلیت انتقال کلنی‌های زنبورها به محصولات نیازمند به گرده‌افشانی می‌باشد (Madahi, 2017). زنبورها خدمات ضروری گرده‌افشانی را ارائه می‌دهند که حداکثر بهره‌وری را از ۷۶ درصد محصولات غذایی پیشرو جهانی پشتیبانی می‌کند و مجموعه بذر حدود ۸۷ درصد از گیاهان وحشی را در سطح جهان ترویج می‌کند. در واقع، یک‌سوم از تولیدات غذایی در سراسر جهان به طور مستقیم یا غیرمستقیم از این خدمات اکوسیستمی بهره می‌برند که بیش از ۱۵۰ میلیارد یورو در سال در سراسر جهان ارزش دارد (Torresani *et al*., 2023).

زنبور عسل حدود هشتاد میلیون سال قبل وجود داشته است و ضمن ملاقات با انواع گل‌ها عمل گرده‌افشانی را انجام می‌دهد که باعث جلو انداختن زمان تلقیح و باروری گیاهان به‌خصوص گیاهان مرتعی می‌شود و سهم بسزایی در افزایش منابع غذایی مورد نیاز دام‌های استفاده‌کننده علوفه ایفا می‌نماید (Gorzin *et al*., 2015). وجود گیاهان با جذابیت خوب برای زنبورهای عسل بیانگر قابلیت اکوسیستم‌ها در ارائه کارکرد گرده‌افشانی است (Jahantab *et al*., 2021). گرده‌افشانی محصولات با واسطه حشرات یک خدمت مهم برای کشاورزی است، زیرا افزایش بازدید حشرات می‌تواند تولید میوه را با افزایش رسوب گرده، افزایش دهد. متأسفانه، گرده‌افشانی اغلب به عنوان یک "جعبه سیاه" تلقی می‌شود و مدیریت گرده‌افشانی از شکاف‌های دانش کلیدی رنج می‌برد که مانع از کاربرد بیشتر آن می‌شود، به ویژه مکانیسم‌های خاصی که زیربنای فرآیندهای بازدید، گرده‌افشانی و تولید میوه هستند (Robinson *et al*., 2023).

کشاورزی فشرده و ساده‌سازی اکوسیستم‌های کشاورزی، تنوع زیستی زمین‌های کشاورزی و ارائه خدمات مرتبط با اکوسیستم، مانند گرده‌افشانی محصولات و خدمات کنترل آفات طبیعی را به خطر می‌اندازد (Albrecht *et al*., 2021). طبق نظر کارشناسان و محققین کاهش گرده‌افشان‌ها یکی از تهدیدات اصلی برای حفظ تنوع و گوناگونی بیولوژیکی است. پژوهشگران اعتقاد دارند در صورت نابودی کامل حشرات گرده‌افشان، تولید فرآورده‌های کشاورزی به شدت تغییر خواهد کرد. آگاهی از میزان وابستگی گیاهان به حشرات گرده‌افشان در مدیریت آن‌ها می‌تواند اهمیت داشته باشد و همچنین مدیریت این گونه حشرات می‌تواند ابزار بسیار مؤثر و از نظر اقتصادی کارا برای حفظ گونه‌های نادر و افزایش زادآوری آن‌ها باشد (Shahbazi *et al*., 2015).

یکی از رویکردهایی که می‌توان برای کمی‌سازی گستره توزیع و همچنین شناسایی عرصه‌های مستعد از استفاده از گرده‌افشانی در نظر گرفت استفاده از مدل‌های توزیع گونه (SDMs)[1] است. این دسته از مدل‌ها به بررسی کمی ارتباط میان مناطق حضور گونه و مجموعه شرایط محیطی می‌پردازند و از این طریق تلاش دارند تا محیط حضور گونه را از نظر

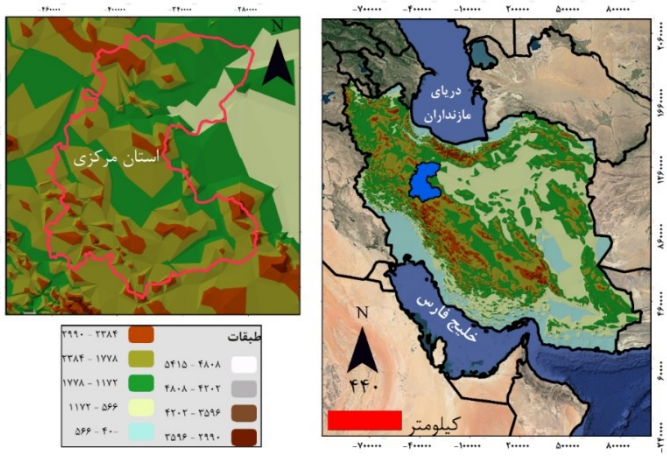
مجموعه شرایط محیطی نقشه‌سازی کنند. از این دسته از مدل‌ها می‌توان برای شناسایی مناطق مستعد تعارض (Karami and Tavakoli, 2022)، شناسایی لکه‌های زیستگاهی و حفاظت از آن‌ها (Roholaminingad *et al.*, 2022)، پایش و پیش‌بینی تغییرات محیطی (Karami *et al.*, 2023) در زیستگاه استفاده کرد.

Polce *et al.* (2013) توزیع گونه‌های گرده‌افشان محصولات کشاورزی را در بریتانیای کبیر با استفاده از مدل‌های توزیع بررسی کردند. در این مطالعه از مدل آنتروپی بیشینه (MaxEnt) و متغیرهای توپوگرافی، اقلیمی، کاربری اراضی استفاده شد. بر اساس یافته‌ها، شناسایی مدل‌سازی و توزیع گرده‌افشان‌ها می‌تواند در راستای شناسایی مناطق مستعد و بهینه برای حفاظت مفید عمل کند. در مطالعه‌ی دیگر Marshall *et al.* (2015) با استفاده از مدل آنتروپی بیشینه (MaxEnt) گستره توزیع ۱۹۳ زنبوران شهر در هلند استفاده کردند. مدل‌سازی توزیع این ۱۳ گونه با استفاده از متغیرهای کاربری اراضی و زیست اقلیم (Bioclim) انجام گرفت. یافته‌های این مطالعه نشان داد استفاده از مدل‌های SDMs زیستگاه گونه‌ها با دامنه تخصص پایین‌تر را به نسبت سایر رده‌ها بهتر شناسایی می‌کند. Mukundamago *et al.* (2023) تأثیر تغییرات اقلیم را بر روی گونه *Ceratina moerenhouti* در کنیا را با استفاده از مدل اجماع[۲] بررسی کردند. متغیرهای که بر روی گونه مؤثر بودند از میان متغیرهای زیست اقلیم، ادافیکی، توپوگرافی، دمای سطح زمین و کاربری پوشش اراضی انتخاب شدند و پیش‌بینی برای سناریوهای SSP245[۳] و SSP585 انجام گرفت. یافته‌ها نشان داد از این مطالعات می‌توان برای پایش زیستگاه‌های آتی و پیش‌بینی وضعیت گونه در آینده استفاده کرد. ازآنجاکه تاکنون مطالعه‌ای بر روی مناطق مستعد زنبورداری و عوامل محیطی مؤثر بر روی کیفیت آن‌ها انجام نگرفته است لذا این مطالعه با هدف شناسایی عوامل مؤثر بر روی استقرار کندوهای زنبورعسل و همچنین شناسایی مناطق مستعد قرارگیری آن‌ها به‌منظور بهره‌وری حداکثری در سطح استان مرکزی انجام‌گرفته است.

مواد و روش‌ها

محدوده موردمطالعه

استان مرکزی با مساحت تقریبی ۲۹۱۲۷ کیلومتر مربع در موقعیت جغرافیایی ۳۳ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۳۵ دقیقه عرض شمالی و بین ۴۷ درجه و ۵۷ دقیقه تا ۵۱ درجه طول شرقی نصف النهار مبدأ قرار دارد. این استان به دلیل مجاورت به کویر مرکزی و همچنین قرارگیری بر روی چین‌خوردگی البرز و زاگرس دارای آب و هوایی بسیار متنوعی است. میانگین دمای سالانه و بارش برابر ۱۳/۸۰ درجه سانتی‌گراد و ۳۲۰ میلی‌متر اندازه‌گیری شده است (Karami and Shayesteh, 2020). این استان با لرستان، همدان، قم، قزوین و تهران همسایه است. شکل ۱ موقعیت قرارگیری استان را نمایش می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

Fig. 1- Geographical location of the study area

جمع‌آوری مناطق استقرار کندوها

ازآنجاکه برای روش‌های مدل‌سازی نقاط حضور کندوها به منزله داده اولیه هستند لذا با مراجعه به جهاد کشاورزی استان مرکزی و همچنین انجام بازدیدهای میدانی نقاط استقرار کندوها شناسایی شدند. لازم به ذکر است که گونه‌های غالب این کندوها زنبور کارنیولان (*Apis mellifera carnica*) است که به دلیل تولید عسل زیاد به عنوان نژاد تجاری معرفی‌شده که در زنبورستان-های ایران دیده می‌شود (Dadgostar *et al*., 2020). سپس موقعیت این نقاط با استفاده از سامانه موقعیت‌یاب جهانی ثبت گردید. به منظور کاهش خودهمبستگی مکانی میان نقاط حضور فاصله ۱۰۰۰ متری از هر نقطه در نظر گرفته شد و نقاطی که دارای فاصله نزدیک بودند از تحلیل حذف شدند.

متغیرهای مؤثر بر روی گرده‌افشانی

برای مدل‌سازی مناطقی که مستعد گرده‌افشانی هستند باید متغیرهای محیطی که به نحوی بر روی کیفیت و کمیت گرده‌افشانی مؤثر هستند شناسایی شوند. در این راستا ابتدا با مطالعه و بررسی پژوهش‌های انجام‌گرفته بر روی گرده‌افشانی توسط محققین مختلف متغیرها در ۳ دسته انسانی، توپوگرافی، آب و پوشش گیاهی مد نظر قرار گرفتند ازاین‌رو از متغیرهای مانند تراکم چشمه، ارتفاع، رطوبت توپوگرافی، سایه روشن، میانگین اندازه لکه، کاربری/پوشش، تنوع سیمای سرزمین، تراکم حاشیه، فاصله از زمین‌های کشاورزی، میانگین سرعت باد تا ارتفاع ۱۰ متر، زبری پوشش‌گیاهی و تراکم پوشش‌گیاهی استفاده شد (Hennessy *et al*., 2021; Moradi and Kandemir,2005; Parichehreh *et al*., 2022). مدل رقومی ارتفاع با دقت ۳۰ متر از ماهواره STRM به تارنمای (https://dwtkns.com) تهیه گردید. از این متغیر نقشه برخی متغیرها استخراج شد که این عمل با استفاده از توابع تحلیلی داخل ArcGIS انجام گرفت. این متغیر نشان می‌دهد که مقدار تابش خورشید به سطح زمین به چه شکلی است بسیاری از فعالیت‌های حشرات گرده‌افشان به درجه حرارت وابسته است لذا استفاده از این متغیر می‌تواند برای درجه حرارت معرف خوبی باشد. رطوبت توپوگرافی که به رطوبتی که در داخل آبراهه‌ها وجود دارد اشاره دارد این متغیر با استفاده از مدل رقومی ارتفاع قابل تهیه است. کاربری اراضی از نقشه کاربری/ پوشش اراضی که توسط سازمان جنگل‌ها و مراتع برآورد شده تهیه گردید. سپس با استفاده از این نقشه معیارهای مانند میانگین اندازه لکه، تراکم حاشیه و تنوع سیمای سرزمین برآورد گردید. تمام معیارهای ذکرشده با فیلتر مجاورت ۳×۳ در محیط نرم افزار TerrSET تهیه و آماده شدند. متغیر تراکم پوشش‌گیاهی با استفاده از شاخص NDVI و میانگین یک‌ساله ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۱ در محیط سامانه گوگل ارث انجین (Gorelick *et al*., 2017) آماده شد. متغیر زبری پوشش‌گیاهی با قرار دادن فیلترهایی بر روی شاخص NDVI محاسبه گردید. پس از آماده‌سازی لایه‌ها برای کاهش خودهمبستگی مکانی میان لایه‌های از تحلیل همبستگی در نرم‌افزار ArcGIS استفاده شد تا متغیرهای که بیش از ۸۵ درصد همبستگی دارند از تحلیل کنار بروند.

مدل‌های توزیع

استفاده از SDMs برای مدل‌سازی زیستگاه حشرات گرده‌افشان در مطالعات دیگری نیز گزارش شده است (Marshall *et al*., 2015). در این مطالعه، شناسایی مناطقی که می‌توانند از گرده‌افشانی تأثیرپذیری داشته باشند با استفاده از نقاط کندوهای فعلی انجام گرفت. بسیاری از محققین اذعان داشته‌اند که استفاده از روش-های مدل‌سازی که دو حالت حضور و عدم حضور را در نظر می‌گیرد به نسبت روش‌های فقط حضور دارای دقت بالاتری است (Karami and Tavakoli., 2022)؛ اما ازآنجایی‌که در فرآیند مدل‌سازی دسترسی به تمام مناطقی که برای استقرار کندوها مناسب نیستند مشکل

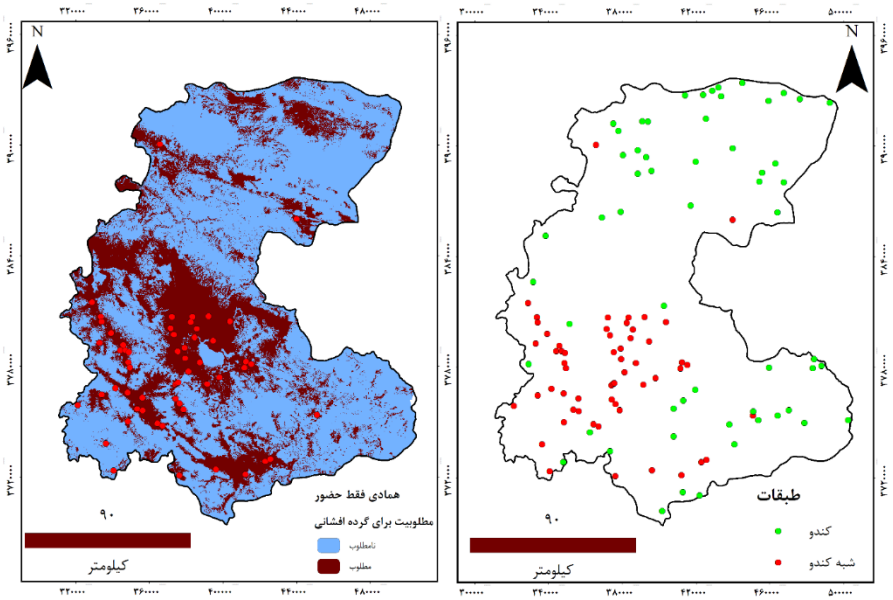
است لذا از روش‌های جایگزین مانند روش‌های شبه عدم حضور استفاده می‌شود اما شناسایی مناطق مناسب برای ثبت نقاط شبه عدم حضور نیز می‌تواند تحلیل را با خطا موجه کند لذا ابتدا با استفاده از خروجی مدل-های فقط حضور، مطلوبیت گرده‌افشانی محاسبه گردید سپس با کسر مناطق مطلوب از کل سیمای سرزمین در مناطق باقی‌مانده نقاط شبه عدم حضور به‌صورت تصادفی ایجاد شد. پس از آماده شدن این دسته از نقاط، مدل‌های حضور/ شبه عدم حضور نیز آماده اجرا شدند. در این مطالعه به‌منظور مدل‌سازی از مدل‌های شبکه عصبی با پس‌خور (BP-ANN)، درخت طبقه‌بندی و رگرسیون (CART)، حداکثر احتمال (MaxLike)، Rough set و ماشین بردار پشتیبان دو کلاسه (Two class SVM) در نرم‌افزار ModEco استفاده شد.

ارزیابی و اهمیت متغیرهای محیطی

به منظور ارزیابی مدل‌های توزیع، از متغیرهای TPR[۴] و شاخص کاپا[۵] استفاده شد. TPR که از آن به عنوان حساسیت نیز نامبرده می‌شود (Ruholamininejad *et al*., 2022). TPR مقدار عددی است که درصد نقاط حضوری که مجدداً بعد از اعمال آستانه نقطه حضور شناسایی شده‌اند را شناسایی می‌کنند؛ بنابراین هر چه مقدار این شاخص بالاتر باشد نشان از قدرت مدل دارد. ازآنجاکه در این مدل از نقاط شبه عدم حضور نیز استفاده‌شده است، بنابراین ارزیابی می‌تواند با شاخصی انجام گیرد که قدرت مدل در تفکیک نقاط حضور و شبه عدم‌حضور را شناسایی کند. این معیار شاخص کاپا است که مقادیر بالای آن نشان از تمایز کامل و قدرت بالایی مدل دارند. این شاخص‌ها در نرم‌افزار ModEco قابل محاسبه هستند. یکی از بخش‌های مهم تحلیل‌های توزیع، معین کردن نقش عوامل محیطی بر روی توزیع گونه‌های مختلف مورد مطالعه است، به عبارتی آگاهی از اینکه هر یک از معیارهای محیطی که در فرآیند مدل‌سازی به‌کاربرده شده‌اند چه نقشی در رویداد و رخ دادن پدیده موردبررسی دارند، به‌عنوان یکی از ویژگی‌های مهم و کلیدی مدنظر قرار می‌گیرد (Ruholamininejad *et al*., 2022). در این مطالعه مجموعه نقاط حضور و شبه عدم‌حضور کندوها مدنظر قرار گرفتند، سپس مقادیر متغیرهای محیطی به ازای این نقاط نمونه استخراج گردید و برای محاسبه تأثیرپذیری این مجموعه داده از تغییرات محیطی از مدل جنگل تصادفی استفاده شد. از این مدل برای ارزیابی تأثیر متغیرهای محیطی بر روی مجموعه داده-های واردشده در فرآیند مدل‌سازی در مطالعات Piri Sahragard *et al*. (2021) و همچنین Morovati *et al*. (2020) استفاده‌شده است. پیاده‌سازی مدل مذکور با استفاده از نرم‌افزار R انجام گرفت.

نتایج و بحث

اعتبارسنجی مدل‌ها: در این مطالعه تلاش شد تا با استفاده از مدل‌های توزیع، شرایط محیطی مناسب برای این دسته از فرآیندهای بوم‌شناسی شناسایی شود. مدل‌های فقط حضور در این مطالعه با قدرت مناسبی اجرا شدند مقدار AUC به ترتیب برای مدل‌های Bioclim، Domian و ماشین بردار پشتیبان تک کلاسه به ترتیب برابر ۰/۸۹، ۰/۹۰ و ۰/۷۶ محاسبه گردید. بر اساس نتایج حاصل از اعتبارسنجی به ازای مدل‌های فقط حضور کندو نشان داد مقدار AUC[۶] برای مدل‌های فقط حضور مناسب بوده، اما در مدل ماشین‌بردار پشتیبان تک‌کلاسه به نسبت دو مدل دیگر مقادیر این متریک پایین‌تر بوده است؛ بنابراین به‌طورکلی نتایج اجرای مدل‌ها قابل‌قبول است چراکه تمام مدل‌های مذکور مقدار AUC بالاتر از حد مدل‌های تصادفی است. در نهایت این ۳ مدل باینری ادغام شدند و نقشه پیش-بینی نهایی برای تهیه نقاط شبه عدم‌حضور آماده شد. شکل ۲ این نقشه را نمایش می‌دهد.



شکل ۲- نقاط کندو و نقاط احتمالی بدون کندو (شبه کندو)

Fig. 2- Hive points and possible points without hive (pseudo-hive)

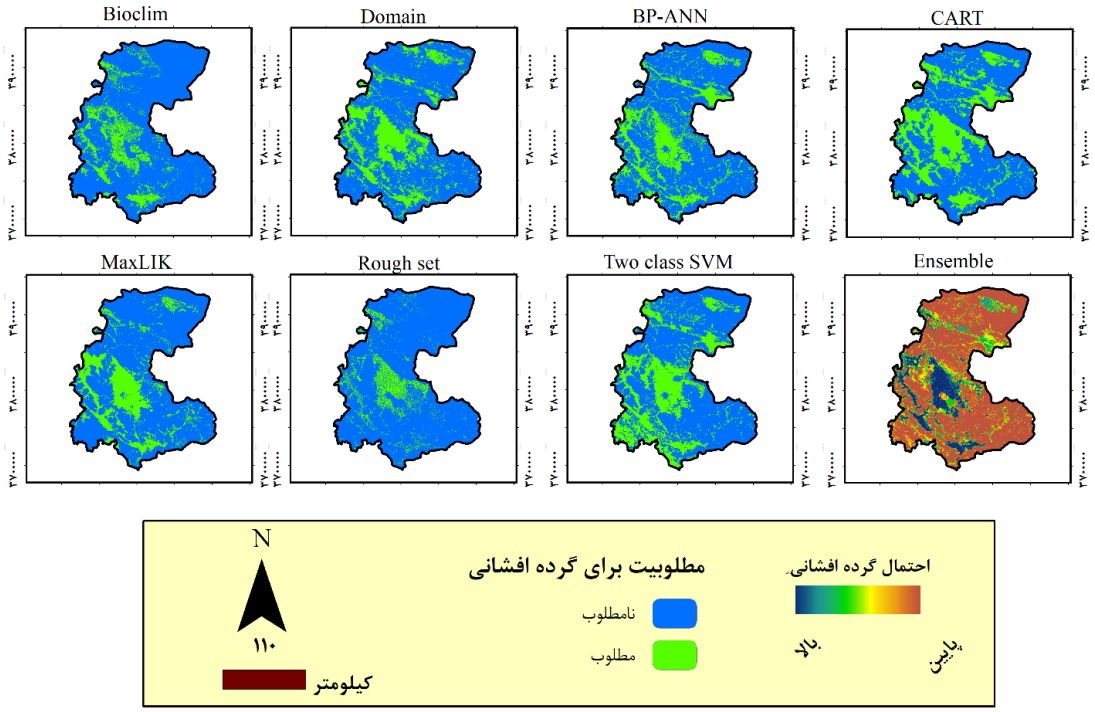
جدول ۱ نتایج حاصل از ارزیابی مدل‌های مورد استفاده را نمایش می‌دهد. بر اساس یافته‌ها، تمام مدل‌ها به خوبی نقاط حضور کندو را از مناطق شبه عدم‌حضور کندوها پیش‌بینی کرده‌اند و شاخص کاپا برای این دسته از مدل‌ها حداقل برابر ۰/۸۳ محاسبه‌شده است. مقدار شاخص کاپا معین کننده قدرت پیش‌بینی مدل‌هاست در این حالت مشاهده می‌کنیم که مقدار شاخص کاپا برای مدل Rough set در بالاترین مقدار آن محاسبه شد که نشان از قدرت بالای این مدل دارد. از طرفی بر اساس معیار TPR بخش زیادی از نقاط کندوها مجدداً بعد از اعمال آستانه کندو شناسایی‌شده‌اند که این مقدار می‌تواند نشان‌دهنده سطح خوب پیش‌بینی مدل‌های مورد استفاده باشد. یافته‌های مدل‌ها نشان داد که در سطح مدل منفرد تمام مدل‌ها مناسب عمل کرده‌اند، به شرطی که مقادیر حساسیت (TPR) و شاخص کاپا برای این پیش‌بینی‌ها مناسب عمل کرده است، بنابراین پیشنهاد می‌شود که در مطالعات آتی از این دسته از مدل‌ها برای شناسایی مناطقی که مستعد قرار دادن کندوها هستند استفاده شود.

جدول ۱- ارزیابی مدل‌های مورداستفاده در فرآیند مدل‌سازی

Table 1. Evaluation of the models used in the modeling process

آماره	شبکه عصبی BP-ANN	درخت طبقه‌بندی رگرسیون Cart	حداکثر احتمال MaxLike	تئوری راف Rough set	ماشین بردار پشتیبان Two class SVM
Kappa	0.90	0.90	0.90	1	0.83
شاخص TPR	0.93	0.94	0.95	1	0.88

شکل ۳ مدل‌های مطلوبیت گرده‌افشانی را نمایش می‌دهد. در این اشکال بخش‌های سبزرنگ نشان‌دهنده مناطقی هستند که برای حضور کندوها پیش‌بینی‌شده‌اند و بخش‌های آبی‌رنگ نیز نشان‌دهنده مناطقی هستند که برای استقرار کندو پیش‌بینی نشده‌اند. در واقع این پیش‌بینی‌ها بر اساس آستانه شباهت نقاط شبه عدم‌حضور کندو و نقاط حضور کندو هستند. با ادغام تمام مدل‌های منفرد در نهایت مدل همادی گرده‌افشانی شکل می‌گیرد که در شکل زیر نمایش داده شده است.



شکل ۳- مطلوبیت گرده‌افشانی و استقرار کندو در استان مرکزی

Fig. 3- The desirability of pollination and beehive establishment in Central Province

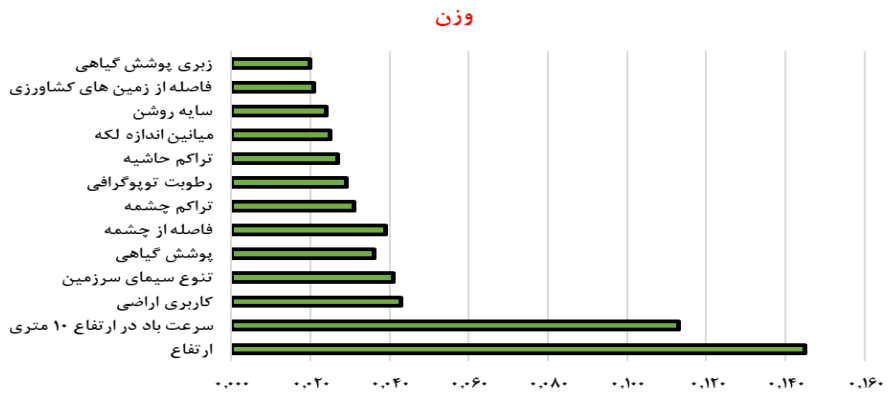
اهمیت متغیرهای محیطی در فرآیند گرده‌افشانی

شکل ۴ اهمیت متغیرهای محیطی را بر روی فرآیند گرده-افشانی نمایش می‌دهد. همان‌طور که یافته‌ها نشان می‌دهند از میان متغیرهای محیطی مورد استفاده در این بررسی ارتفاع و سرعت باد به نسبت سایر معیارهای محیطی تأثیر بیشتری بر روی گرده‌افشانی دارند. زبری پوشش‌گیاهی و فاصله از زمین-های کشاورزی کمترین تأثیر را بر روی استقرار کندوها داشته است. متغیر ارتفاع نقش بسیار بارزی بر روی گرده‌افشانی دارد، این امر نشان می‌دهد که مناطقی از سطح استان که دارای ارتفاعات پایین هستند برای گرده‌افشانی و استقرار کندوها مناسب نیستند و با افزایش ارتفاع تا ۱۸۱۳ متر بر روی مطلوبیت گرده‌افشانی اضافه می‌شود؛ بنابراین ارتفاع می‌تواند نقش تعیین‌کننده‌ای در مطلوبیت مناطق مختلف داشته باشد. وجود پوشش‌گیاهی و دمای سطح زمین متفاوت خود تابعی از ارتفاع است که بر روی شکل و نوع پرواز گونه در مناطق مختلف نیز مؤثر بوده است (Ruttner *et al*.,1995). متغیر بعدی که سرعت باد است، باد می‌تواند بر روی فرآیند گرده‌افشانی مؤثر باشد چراکه زنبوران با افزایش باد گل‌های کمتری را ملاقات می‌کنند (Hennessy *et al*., 2020؛ Brittain *et al*., 2013). از طرفی چون زنبوران پس از ملاقات کردن گل‌ها به کندوهای واحد باز می‌گردند لذا هر گونه افزایش سرعت باد می‌تواند به عنوان مانعی برای بازگشت و همچنین توان پیمایش آن‌ها در نظر گرفت شود؛ بنابراین باید سرعت باد کم باشد (Ricketts *et al*., 2006). متوسط سرعت باید ۳/۴۷۵ متر بر ثانیه بالاترین مطلوبیت را برای استقرار کندوها دارد با افزایش سرعت باد از مقدار مطلوبیت سیما برای حضور کندوها کاسته می‌شود چرا که سرعت باد بالا می‌تواند مانعی از فرآیند ویزیت کردن گیاهان شود.

نقش تنوع کاربری/ پوشش به نسبت از فاصله از زمین‌های کشاورزی بیشتر است. این امر نشان‌دهنده این است که کندوها می‌توانند در مناطقی در حاشیه زمین‌های کشاورزی و مراتع قرار گیرند تا حداکثر سودرسانی به عرصه‌ها پدیدار گردد. این امر می‌تواند به این دلیل باشد که زنبوران به دلیل توانایی جابه-جایی می‌توانند تعداد زیادی گونه گیاهی را ملاقات کنند (Hanley *et al*., 2011). لذا می‌توان مشاهده کرد که نزدیکی به زمین‌های کشاورزی به دلیل تنوع پایین سیمای سرزمینی

می‌تواند به عنوان محدودیت نیز در نظر گرفته شود. البته این امر به تخصص گونه‌ها نیز باز می‌گردد (Bommarco *et al*., 2010؛ Williams *et al*., 2010).

از میان شهرستان‌های مختلف استان، اراک، فراهان، خنداب، شازند و خمین بالاترین مقدار مطلوبیت را برای گرده‌افشانی دارند؛ اما شهرستان اراک به دلیل آلودگی هوا می‌تواند به عنوان مانعی برای فعالیت گرده‌افشان‌ها و حشرات عمل کند، چرا یافته‌ها حاکی از تأثیر منفی آلودگی هوا بر روی مطلوبیت گرده‌افشانی است (Ryalls *et al*., 2022). از این‌رو برنامه‌ریزی برای استفاده از عرصه‌های طبیعی، می‌تواند با تأکید بر روی این شهرستان‌ها باشد. قرار گرفتن کندوها می‌تواند منطبق با وجود اراضی مرتعی و همچنین باغات و زمین‌های کشاورزی باشد. مطالعات نشان داده که مجاورت گرده‌افشان‌ها به زمین‌های کشاورزی همچنین می‌تواند بر روی کیفیت و بازدهی محصولات کشاورزی نیز مؤثر باشد (Carvalheiro *et al*., 2010).



شکل ۴- اهمیت متغیرهای محیطی بر روی گرده‌افشانی

Fig. 4- The importance of environmental variables in pollination

نتیجه‌گیری

گرده‌افشانی یکی از خدمات بسیار مهم اکوسیستم‌ها است که بسیاری از فرآیندهای طبیعی در حال رخ دادن در بوم‌سازگان‌ها را تحت عنوان همزیستی تحت تأثیر قرار می‌دهد (Ollerton, 2017) و شاید بتوان آن را به عنوان عملی کلیدی برای حفظ پایداری پوشش‌های گیاهی و در نتیجه سلامت اکوسیستم در نظر گرفت. محدودیت در گرده‌افشانی می‌تواند بر عملکرد اکوسیستم تأثیر گذاشته و توزیع و فراوانی گونه‌های گیاهی را تضعیف کند. علیرغم اهمیت این فرآیند بوم‌شناسی، تأثیر آن بر حیات بوم‌سازگان و اقتصاد کشاورزی کاملاً مشخص است. به‌عنوان‌مثال میوه‌های سیب، کلزا، بادام، کدو تنبل، قهوه تحت تأثیر گرده‌افشانی هستند (Mallinger and Gratton, 2015؛ Hoehn *et al*., 2008؛ Wietzke *et al*., 2018؛ Geeraert *et al*., 2020).

تغییرات رخ داده در سیمای سرزمین می‌تواند بر روی گرده‌افشانی مؤثر باشد (Hadley and Betts, 2012؛ Boreux *et al*., 2013؛ Kennedy *et al*., 2013؛ Garibaldi *et al*., 2016). بررسی گستره‌های توزیع و تأثیرپذیر سیماهای سرزمین از فرآیند گرده‌افشانی در مقیاس‌های کلان[۷] به مدل‌سازی نیاز دارد. مدل‌های توزیع می‌توانند در این زمینه نقش مؤثری داشته باشند. وابستگی آن‌ها به نقاط حضور، می‌تواند به شکل مناسبی ارتباط مناطق حضور کندوها را با پارامترهای محیطی برقرار کنند.

یافته‌های این تحقیق می‌تواند برای بررسی توزیع نواحی مطلوب برای گرده‌افشانی در استان مرکزی مورداستفاده قرار گیرد، اما ازآنجاکه تغییرات اقلیمی می‌تواند بر روی نوسان مطلوبیت نواحی مناسب برای گرده‌افشانی و همچنین جمعیت گرده‌افشان مناسب باشد لذا توصیه می‌شود در مطالعات آتی وضعیت مطلوبیت گرده‌افشانی سیمای سرزمین در سناریوهای اقلیمی موردبررسی قرار گیرد.

سپاسگزاری

از اداره کل جهاد کشاورزی استان مرکزی به واسطه مشارکت در بازدیدهای میدانی و کمک به جمع‌آوری نقاط حضور صمیمانه تشکر و قدردانی می‌گردد.

پی‌نوشت‌ها

[1] Species distribution model
[2] Ensemble
[3] Shared socioeconomic pathways
[4] True positive rate
[5] *kappa coefficient*
[6] Area under the curve
[7] Broad scale data

منابع

Science. 351, 388- 391. http://doi: 10.1126/ science. aac7287

Geeraert, L., Aerts, R., Berecha, G., Daba, G., De Fruyt, N., D'hollander, J., Helsen, K., Stynen, H. and Honnay, O., 2020. Effects of landscape composition on bee communities and coffee pollination in Coffea arabica production forests in southwestern Ethiopia. Agriculture, Ecosystems & Environment, 288, p.106706. https://doi.org/10.1016/j.agee.2019. 106706.

Ghanavati, F., 2016. The Role and Importance of Pollination and Pollinators in Agriculture (The First Part). Research Achievements for Field and Horticulture Crops. 5 (1), 11- 21. (In Persian with English abstract).

Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D. and Moore, R., 2017. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. Remote sensing of Environment, 202, pp.18-27. https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031

Gorzin, Z., Nehzati Paqeleh, Gh. and Moravej, H., 2015. Immune system of Honey bee (Apis mellifera). Iranian Honey Bee Science and Technology. 6 (10), 22- 26. (In Persian with English abstract).

Hadley, A. S. and Betts, M. G., 2012. The effects of landscape fragmentation on pollination dynamics: absence of evidence not evidence of absence. Biological Reviews. 87, 526- 544. https://doi: 10.1111/j.1469-185X.2011. 00205.x

Hanley, M. E., Franco, M., Dean, C. E., Franklin, E. L., Harris, H. R. and Haynes, A. G., 2011. Increased bumblebee abundance along the margins of a mass flowering crop: evidence for pollinator spill-over. Oikos. 120, 1618– 1624. https://doi.org/ 10.1111/j .1600-0706.2011. 19233.x

Hennessy, G., Harris, C., Eaton, C., Wright, P., Jackson, E., Goulson, D. and Ratnieks, F.F., 2020. Gone with the Wind: effects of wind on honey bee visit rate and foraging behaviour. Animal Behaviour. 161, 23- 31. https://doi.org/10.1016/j.anbehav .2019 .12.018

Hennessy, G., Harris, C., Pirot, L., Lefter, A., Goulson, D. and Ratnieks, F.L., 2021. Wind slows play: Increasing wind speed reduces flower visiting rate in honey bees. Animal Behaviour, 178, pp.87-93. https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2021.05.022

References

Albrechta, M., Knechta, A., Riesen, M., Rutza, Th. and Gansera, D., 2021. Time since establishment drives bee and hoverfly diversity, abundance of crop-pollinating bees and aphidophagous hoverflies in perennial wildflower strips. Basic and Applied Ecology. 57 (2021), 102- 114. https://doi.org/10.1016 /j.baae.2021.10.003

Bommarco, R., Lundin, O., Smith, H.G. and Rundl€of, M., 2011. Drastic historic shifts in bumble-bee community composition in Sweden. Proceedings of the Royal Society. B: Biological Sciences, 279, 309– 315. https://doi.org/10.1098/rspb.2011.0647

Boreux, V., Krishnan, S., Cheppudira, K.G. and Ghazoul, J., 2013. Impact of forest fragments on bee visits and fruit set in rain-fed and irrigated coffee agro-forests. Agriculture, Ecosystems and Environment. 172, 42-48. https://doi.org/10.1016/j.agee.2012. 05. 003

Brittain, C., Kremen, C. and Klein, A.M., 2013. Biodiversity buffers pollination from changes in environmental conditions. Global Change Biology. 19 (2), 540- 547. DOI: 10.1111/gcb.12043

Carvalheiro, L.G., Seymour, C.L., Veldtman, R. and Nicolson, S.W., 2010. Pollination services decline with distance from natural habitat even in biodiversity-rich areas. Journal of Applied Ecology. 47, 810- 820. https://doi: 10.1111/j.1365-2664. 2010 .01829.x

Dadgostar, Sh., Delkash Roudsari, S., Nozari, J., Tahmasbi, Gh. and Hosseini Naveh, V., 2020. Comparison between native's honey bee (*Apis mellifera meda*) and Carniolan hybrid races (*Apis mellifera carnica*) in Hamedan province. Iranian Journal of Plant Protection Science. 50 (2), 187- 195. (In Persian with English abstract). https://doi.org/ 10.22059 /ijpps.2019.249277.1006822

Darvishi, A., Yousefi, M. and Mobarghaee Dinan, N., 2021. Evaluating the Correlation Between Pollination Ecosystem Service and Landscape Pattern metrics (Case Study: Qazvin Province). Iranian Journal of Applied Ecology. 10 (35), 51- 63. (In Persian with English abstract). http:// dorl.net/ dor/20.1001 .1.2476 3128. 1400.10.1.6.1

Garibaldi, L. A., Carvalheiro, L. G., Vaissière, B. E., Gemmill- Herren, B., Hipólito, J., Freitas, B. M. and An, J.,2016. Mutually beneficial pollinator diversity and crop yield outcomes in small and large farms.

Hoehn, P., Tscharntke, T., Tylianakis, J.M. and Steffan-Dewenter, I., 2008. Functional group diversity of bee pollinators increases crop yield. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 275(1648), pp.2283-2291. https:// doi.org/ 10. 1098/rspb.2008.0405.

IPBES., 2016. The assessment report of the intergovernmental sciencepolicy Platform on biodiversity and ecosystem services on pollinators, pollination and food production. Potts, S. G., Imperatriz Fonseca V. L. and H. T. Ngo (eds.). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany. https://doi.org/10.5281/zenodo. 3402856.

Jahantab, E., Sharafatmand, M. and Khosravi Mashizi, A., 2021. Investigating the effect of grazing on the potential of pollination services in Malah Shoreh and Gorgo rangelands of Boyer-Ahmad city. Iranian Journal of Range and Desert Research. 28 (3), 482- 492. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/ijrdr.2021.125013

Karami, P. and Shayesteh, K., 2020. Habitat Suitability Modeling of Wild Sheep (*Ovis orientalis*) in Markazi Province by using Tree-Based Models. Quarterly Journal of Experimental Animal Biology. 8 (4), 109- 121. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.30473/eab.2019.44348.1683

Karami, P. and Tavakoli, S., 2022. Identification and analysis of areas prone to conflict with wild boar (*Sus scrofa*) in the vineyards of Malayer County, western Iran. Ecological Modelling. 471, p.110039. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2022.110039

Karami, P., Tavakoli, S. and Esmaeili, M., 2023. Evolution of seasonal land surface temperature trend in pond-breeding newt (*Neurergus derjugini*) in western Iran and eastern Iraq. Ecological Processes. 12 (1), p.14. https://doi.org/10.1186/s13717-023-00426-z

Kennedy, C. M., Lonsdorf, E., Neel, M. C., Williams, N. M., Ricketts, T. H., Winfree, R. and Carvalheiro, L. G., 2013. A global quantitative synthesis of local and landscape effects on wild bee pollinators in agroecosystems. Ecology Letters. 16, 584- 599. https://doi: 10.1111/ele.12082

Madahi, Kh., 2017. honey bee and pollination of the product. Iranian Honey Bee Science and Technology. 8 (14), 36- 45. (In Persian with English abstract).

Mallinger, R.E. and Gratton, C., 2015. Species richness of wild bees, but not the use of managed honeybees, increases fruit set of a pollinator-dependent crop. Journal of Applied Ecology. 52, 323e330. https://doi.org/10.1111/1365-2664.12377.

Marshall, L., Carvalheiro, L.G., Aguirre-Gutiérrez, J., Bos, M., de Groot, G.A., Kleijn, D., Potts, S.G., Reemer, M., Roberts, S., Scheper, J. and Biesmeijer, J.C., 2015. Testing projected wild bee distributions in agricultural habitats: predictive power depends on species traits and habitat type. Ecology and Evolution. 5 (19), 4426- 4436. https://doi.org/10.1002/ece3.1579

Mokhber, M. and Ghaffari, M., 2018. Economic value of pollination services of honeybee and solutions to conserve apiculture industry. Iranian Honey Bee Science and Technology. 9 (17), 12- 16. (In Persian with English abstract). https://doi.org/ 10.22092/ hbsj.2019.118600

Moradi, M. and Kandemir, I., 2005. Observations on *Apis florea*" the Dwarf Honey Bee" in Iran. American Bee Journal, 145(6), pp.498-502.

Morovati, M., Karami, P. and Bahadori Amjas, F., 2020. Accessing habitat suitability and connectivity for the westernmost population of Asian black bear (*Ursus thibetanus gedrosianus*, Blanford, 1877) based on climate changes scenarios in Iran. PloS one, 15 (11), p.e0242432. https://doi.org/10.1371/ journal. pone. 0242432

Mukundamago, M., Dube, T., Mudereri, B.T., Babin, R., Lattorff, H.M.G. and Tonnang, H.E., 2023. Understanding climate change effects on the potential distribution of an important pollinator species, *Ceratina moerenhouti* (Apidae: Ceratinini), in the Eastern Afromontane biodiversity hotspot, Kenya. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C. 130, p.103387. https://doi.org/10.1016/j.pce.2023.103387

Ollerton, J., 2017. Pollinator diversity: distribution, ecological function, and conservation. Annual review of ecology, evolution, and systematics, 48, pp.353-376. https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110316-022919

Parichehreh, S., Tahmasbi, G., Sarafrazi, A., Tajabadi, N. and Solhjouy-Fard, S., 2022. Distribution modeling of *Apis florea Fabricius* (Hymenoptera, Apidae) in different climates of Iran. Journal of Apicultural Research, 61(4), pp.469-480. https://doi.org/10.1080/00218839.2020.1775962

Piri Sahragard, H., Ajorlo, M. and Karami, P., 2021. Landscape structure and suitable habitat analysis for effective restoration planning in semi-arid mountain forests. Ecological Processes. 10, 1- 13. https://doi. org/ 10.1186/s13717-021-00289-2

Polce, C., Termansen, M., Aguirre-Gutiérrez, J., Boatman, N.D., Budge, G.E., Crowe, A., Garratt, M.P., Pietravalle, S., Potts, S.G., Ramirez, J.A. and Somerwill, K.E., 2013. Species distribution models for crop pollination: a modelling framework applied to Great Britain. PloS one. 8 (10), p.e76308. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0076308

Ricketts, T. H., Williams, N. M. and Mayfield, M. M., 2006. Connectivity and ecosystem services: Crop pollination in agricultural landscapes. In Kevin R. Crooks and M. A. Sanjayan (Ed.). Connectivity conservation. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, pp. 255- 289. https://doi:10.1017 /CBO9780511754821.012

Bartholomeus, H., Chieffallo, L., b , Gatti, R. C., Moudrý, V., Re, D., Tomelleri, E. and Rocchini, D., 2023. A novel approach for surveying flowers as a proxy for bee pollinators using drone images. Ecological Indicators. 149 (2023), 1- 10. https:// doi. org/ 10.1016/ j.ecolind.2023.110123

Vanbergen, A. J. and Initiative, T. I. P., 2013. Threats to an ecosystem service: pressures on pollinators. Frontiers in Ecology and the Environment. 11 (5), 251- 259. https://doi.org/10.1890/120126

Wietzke, A., Westphal, C., Gras, P., Kraft, M., Pfohl, K., Karlovsky, P., Pawelzik, E., Tscharntke, T. and Smit, I., 2018. Insect pollination as a key factor for strawberry physiology and marketable fruit quality. Agriculture, Ecosystems and Environment, 258, pp.197-204. https://doi.org/10.1016/j.agee.2018 .01. 036.

Williams, N.M., Crone, E.E., T'ai, H.R., Minckley, R.L., Packer, L. and Potts, S.G., 2010. Ecological and life-history traits predict bee species responses to environmental disturbances. Biological Conservation, 143(10), pp.2280-2291. https://doi.org/10.1016/j .biocon.2010.03.024.

Robinson, S., Cartar, R., Pernal, S., Waytes, R. and Hoover, Sh., 2023. Bee visitation, pollination service, and crop yield in commodity and hybrid seed canola. Agriculture, Ecosystems and Environment. 347 (2023), 1- 11. https://doi.org/10.1016/j.agee. 2023. 108396

Ruholamininejad, H., Morovati, M. and Karami, P., 2022. Investigating the Habitat Patches of the Baluchistan Black Bear (*Ursus thibetanus gedrosianus*), Using Landscape Metrics (Case Study: Bahr Asman and Zaryab Areas, Kerman Province). Iranian Journal of Applied Ecology. 11 (40), 1- 17. (In Farsi). http://dorl.net/dor/20.1001.1.24763128.1401. 11.2.1.5

Ryalls, J.M., Langford, B., Mullinger, N.J., Bromfield, L.M., Nemitz, E., Pfrang, C. and Girling, R.D., 2022. Anthropogenic air pollutants reduce insect-mediated pollination services. Environmental Pollution. 297, p.118847. https://doi.org/10.1016/j. envpol.2022.118847

Shahbazi, A., Matinkhah, S. H. and Khajehali, J., 2015. The role of pollinators and seed predators in the regeneration of Hedysarum criniferum Boiss in Esfahan province. Iranian Journal of Forest and Range Protection Research. 13 (1), 74- 83. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/ijfrpr. 2015.102395

Torresani, M., Kleijn, D., Reinier de Vries, J. P.,