



Assessment of species distribution patterns and abundance of plants and Noctuid moths (Lepidoptera: Noctuidae) in the Ark and Gorong protected area, south Khorasan province, Iran

Moslem Rostampour^{1✉} | Mohammad Mahdi Rabieh²

1. Corresponding Author, Department of Rangeland and Watershed Management and Research Group of Drought and Climate Change, Faculty of Natural Resources and Environment, University of Birjand, Birjand, Iran. E-mail: rostampour@birjand.ac.ir

2. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran. E-mail: mmrabieh@birjand.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received 07 June 2025

Received in revised form 13 August 2025

Accepted 30 August 2025

Published online 21 September 2025

Keywords:

Insects,

Protected area,

Rangeland plants,

Species composition,

Spatial distribution.

ABSTRACT

Nowadays, the study of plant–insect interactions is considered a critical indicator of biodiversity in ecological research and biodiversity conservation planning. The present study aimed to investigate the distribution patterns, species abundance, and co-occurrence of plant species and Noctuidae moths in the Ark and Gorong Protected Area in South Khorasan Province, Iran. Sampling of moths and plants was carried out at ten sites. Three representative sub-sites were selected in each site, and 30 quadrats is taken per site. Species density was estimated in each quadrat. Moth specimens were caught using light traps. The attracted moths were collected, counted, and identified in the laboratory. To assess spatial distribution, the mean/variance ratio, Morisita's index, and standardized Morisita's index were calculated for each species. The species abundance distributions (SADs) of both plants and moths were fitted to theoretical models. Model fit significance was established with maximum likelihood estimation, and the best model was decided on by Akaike Information Criterion (AIC). The findings indicated that most of the plant (73.33 %) and moth species (86.67 %) were clumped in their pattern of distribution. Additionally, abundance of species in both groups occurred best according to the log-normal model, typically typical of mature and complex communities. Analysis detected no significant correlation between the plant community matrix and the moth community matrix ($r=0.05$, $P\geq 0.05$). In general, the findings of this study in Ark and Gorong Protected Area showed that environmental complexity and habitat heterogeneity play an important role in determining the distribution pattern of plant species and Noctuid moths.

Cite this article: Rostampour, M., & Rabieh, M.M. (2025). Assessment of species distribution patterns and abundance of plants and Noctuid moths (Lepidoptera: Noctuidae) in the Ark and Gorong protected area, south Khorasan province, Iran. *Journal of Natural Environment*, 78 (2), 237-252. DOI: <http://doi.org/10.22059/jne.2025.395737.2808>



بررسی الگوی پراکندگی و توزیع وفور گونه‌ای گیاهان و شب‌پره‌های خانواده Noctuidae در منطقه حفاظت‌شده آرک و گرنگ، خراسان جنوبی

مسلم رستم‌پور^۱ | محمد مهدی ربیع^۲

۱. نویسنده مسئول، گروه مرتع و آبخیزداری و گروه پژوهشی خشکسالی و تغییر اقلیم، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران. رایانامه: rostampour@birjand.ac.ir

۲. گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران. رایانامه: mmrabie@birjand.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	امروزه مطالعه روابط گیاه-حشره به عنوان شاخص‌های مؤثر تنوع زیستی در تحقیقات بوم‌شناسی و برنامه‌ریزی حفاظت از تنوع زیستی مهم است. هدف از پژوهش حاضر، مطالعه الگوی پراکندگی، توزیع وفور گونه‌ای و همزیستی گونه‌های گیاهی و شب‌پره‌های خانواده Noctuidae در منطقه حفاظت‌شده آرک و گرنگ خراسان جنوبی است. نمونه‌برداری از گیاهان و شب‌پره‌ها در ۱۰ منطقه انجام گرفت، در هر منطقه، سه زیر منطقه معرف انتخاب و در هر منطقه، ۳۰ کوادرات مستقر شد. در هر کوادرات تراکم گونه‌ای برآورد شد. همچنین، جمع‌آوری شب‌پره‌ها با استفاده از تله نوری انجام شد. شب‌پره‌های جذب‌شده به نور، جمع‌آوری و در آزمایشگاه، شمارش و شناسایی شدند. شاخص کوادراتی شامل نسبت میانگین/واریانس، شاخص مورسیتا و مورسیتای استاندارد برای هر گونه محاسبه شد. وفور گونه‌ای گیاهان و شب‌پره‌های منطقه مورد مطالعه با مدل‌های توزیع وفور گونه‌ای (Species Abundance Distribution; SAD) مطابقت داده شدند. به منظور بررسی معنی‌داری برازش از روش بیشینه درستنمایی و برای انتخاب بهترین مدل از آماره AIC استفاده شد. نتایج نشان داد که بیشتر گونه‌های گیاهی (۷۳/۳۳ درصد گونه‌ها) و شب‌پره‌های (۸۶/۶۷ درصد گونه‌ها) مورد مطالعه دارای الگوی پراکندگی کپه‌ای هستند. همچنین، پوشش گیاهی و شب‌پره‌های مورد مطالعه با مدل لوگ نرمال (معرف بوم‌سازگان بالغ و پیچیده) برازش بهتری دارند. نتایج نشان داد که بین ماتریس ترکیب گیاهی و شب‌پره‌ها، همبستگی معنی‌داری وجود ندارد ($P > 0.05$; $r^2 = 0.05$). به طور کلی یافته‌های حاصل از این پژوهش در منطقه آرک و گرنگ نشان داد که پیچیدگی محیطی و ناهمگنی زیستگاهی نقش مهمی در تعیین الگوی پراکندگی گونه‌های گیاهی و شب‌پره‌های خانواده Noctuidae ایفا می‌کند.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۱۷	
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۵/۲۲	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۰۸	
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۶/۳۰	
کلیدواژه‌ها:	
ترکیب گونه‌ای،	
توزیع مکانی،	
حشرات، گیاهان مرتعی،	
منطقه حفاظت‌شده.	

استناد: رستم‌پور، مسلم؛ و ربیع، محمد مهدی (۱۴۰۴). بررسی الگوی پراکندگی و توزیع وفور گونه‌ای گیاهان و شب‌پره‌های خانواده Noctuidae در منطقه حفاظت‌شده آرک و گرنگ، خراسان جنوبی. محیط زیست طبیعی، ۷۸ (۲)، ۲۳۷-۲۵۲.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jne.2025.395737.2808>



مقدمه

در بوم‌سازگان طبیعی، گیاهان و حشرات با ایجاد شبکه‌های پیچیدهٔ برهمکنش برای بقا به یکدیگر وابسته‌اند و حذف یک گونه می‌تواند پیامدهای مستقیم و غیرمستقیمی بر سایر گونه‌ها داشته باشد (Rahimi and Jung, 2024). به‌ویژه در بوم‌سازگان مرتعی، ارتباط میان گیاهان گلدار و گرده‌افشان‌ها از عوامل کلیدی حفظ پایداری و تنوع زیستی است (Szigeti et al., 2016; Zhang et al., 2016). گرده‌افشان‌ها با جابه‌جایی گرده در میان حدود ۸۸ درصد گونه‌های گیاهی، به حفظ تنوع ژنتیکی گیاهان کمک کرده و تنوع گونه‌ای بالاتر آنها معمولاً با افزایش تنوع گیاهان همراه است (Tronstad et al., 2025). این سازگاری متقابل طی تکامل شکل گرفته و سبب شده است که بوم‌سازگان متنوع، در برابر تغییرات محیطی مقاوم‌تر باشند (Christ and Dreesmann, 2022).

مطالعهٔ همزمان ترکیب گونه‌ای و الگوهای پراکنش گیاهان و حشرات، علاوه بر درک بهتر کارکرد بوم‌سازه، نقش مهمی در برنامه‌ریزی حفاظت و مدیریت گروه‌هایی همچون پروانه‌ها و گونه‌های وابسته به آنها دارد (Ribas-Marquès et al., 2022). در این میان، الگوی توزیع فضایی گیاهان بازتابی از تعاملات درون‌گونه‌ای و بین‌گونه‌ای و نیز شرایط محیطی است و می‌تواند راهبردهای تخصیص منابع در زیستگاه‌های ناهمگون را آشکار سازد (Asaadi, 2025). بررسی این الگوها برای ارزیابی پوشش، تراکم و رقابت گیاهی، و نیز اتخاذ تصمیمات مدیریتی در مراتع ضروری است (Nazarpour Fard and Pourbabaei, 2020). الگوهای پراکندگی حشرات نیز تحت تأثیر عوامل زیستی، اقلیمی و در دسترس بودن منابع شکل می‌گیرد و مطالعهٔ آنها می‌تواند در پیش‌بینی تغییرات جمعیتی، مدیریت آفات و حفاظت از تنوع زیستی مؤثر باشد (Liebhold and Tobin, 2008). در زیستگاه‌های طبیعی، پراکنش حشرات معمولاً کپه‌ای است که ناشی از توزیع ناهمگون منابع و شرایط خرداقلیمی است، در حالی که در زیستگاه‌های کشاورزی، به‌دلیل یکنواختی نسبی، این الگو می‌تواند منظم‌تر یا همچنان کپه‌ای باشد (Pedigo and Rice, 2014).

توزیع وفور گونه‌ای (Species Abundance Distribution; SAD) که نشان‌دهندهٔ نحوهٔ تقسیم تعداد افراد بین گونه‌هاست، ابزاری مهم برای توصیف ساختار جوامع و تحلیل رابطهٔ بین گونه‌های غالب و نادر محسوب می‌شود (Matthews and Whittaker, 2015; Alroy, 2024). مدل‌های SAD می‌توانند الگوهای تنوع زیستی را توضیح داده و در مدیریت و حفاظت زیستگاه‌ها به‌کار روند (Pereira and Phillips, 2025). پژوهش‌ها نشان داده‌اند که وفور گونه‌های گیاهی در مراتع اغلب از الگوهای لوگ‌نرمال پواسون یا دوجمله‌ای منفی پیروی می‌کند (Callaghan et al., 2023)، اما داده‌های مربوط به حشرات در این زمینه محدودتر است.

راستهٔ بال‌پولک‌داران (Lepidoptera) با حدود ۱۶۰ هزار گونهٔ توصیف‌شده، سومین راستهٔ بزرگ حشرات و یکی از متنوع‌ترین گروه‌های همزیست با گیاهان گلدار به‌شمار می‌آید (Zhang, 2011). این گروه نقش‌های مهمی همچون گرده‌افشانی، گیاهخواری و ایفای نقش به‌عنوان طعمه برای شکارگرانی مانند پرندگان و خفاش‌ها دارد و در عین حال، لارو بسیاری از گونه‌های آن آفات مهم کشاورزی و جنگلی هستند (Emeribe and Adedokun, 2023). خانوادهٔ نوکتوئیده (Lepidoptera: Noctuidae) با بیش از ۱۲ هزار گونهٔ توصیف‌شده در اغلب مناطق زیست‌جغرافیایی جهان، از مهم‌ترین گروه‌های این راسته بوده و تنوع و پراکندگی بالایی در زیستگاه‌های مختلف، از جمله مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران، دارد. بررسی الگوی پراکنش و توزیع وفور گونه‌ای این گروه، در کنار گیاهان مرتعی، می‌تواند اطلاعات ارزشمندی برای درک روابط گیاه-حشره و مدیریت حفاظتی در مناطق حفاظت‌شده ارائه دهد.

پراکنش مکانی-زمانی شب‌پره‌های نوکتوئیده تحت تأثیر عوامل متعددی از جمله شرایط اقلیمی، نوع کاربری سرزمین و منابع غذایی است. در یک مطالعه در بوم‌سازگان‌های کشاورزی، مشخص شد که عواملی مانند دما، رطوبت نسبی و بارندگی اثرات معنی‌داری بر تراکم گونه‌های آفت خانوادهٔ Noctuidae دارند، و تغییرات در این عوامل باعث تغییر در الگوهای پراکنش مکانی و زمانی گونه‌های شب‌پره می‌شود (Hussain et al., 2024).

منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ آرک و گرنگ واقع در شرق ایران به‌دلیل تنوع زیاد در عوامل زیستگاهی از جمله پستی و بلندی که شامل مناطق کوهستانی و دشتی است، فرصت مناسبی برای بررسی جوامع گیاهی و حشرات فراهم می‌آورد (Rabieh and

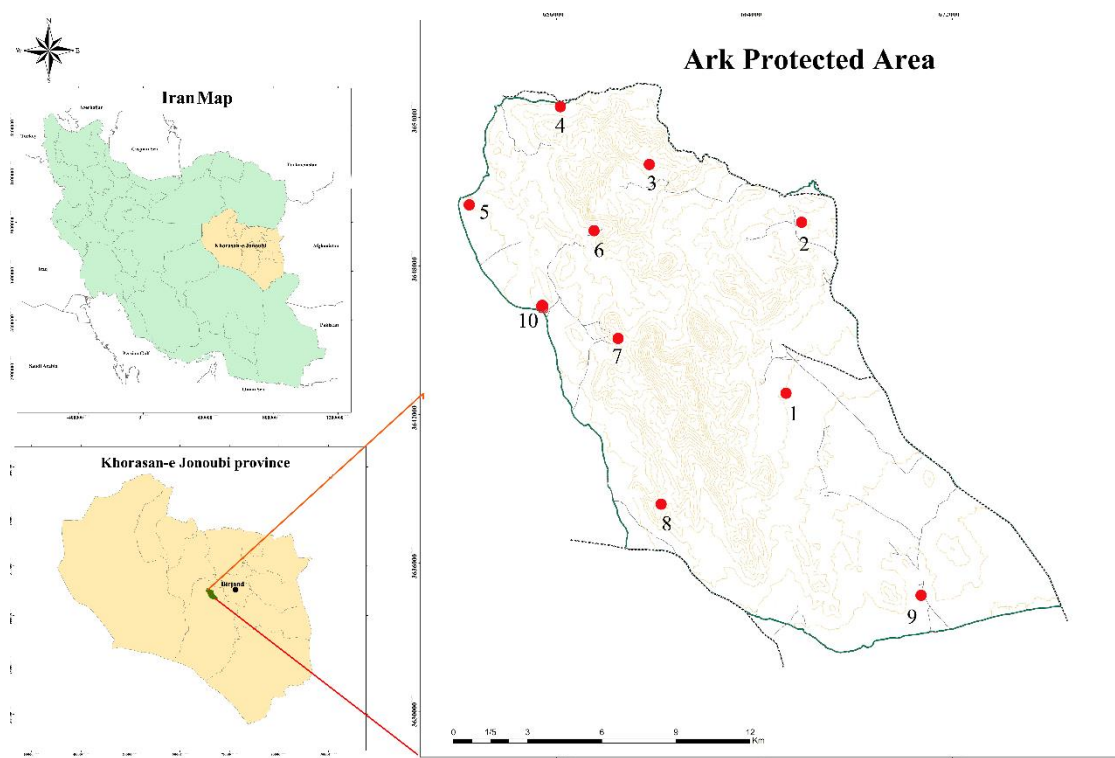
(Rostampour, 2025). هدف از پژوهش حاضر، مطالعه الگوی پراکندگی، توزیع وفور گونه‌ای و همزیستی گونه‌های گیاهی و حشرات گرده‌افشان خانواده Noctuidae در منطقه حفاظت‌شده آرک و گرنگ خراسان جنوبی است.

روش‌شناسی پژوهش

مشخصات منطقه مورد مطالعه: منطقه حفاظت‌شده آرک و گرنگ در استان خراسان جنوبی در شرق ایران واقع شده است و مساحتی بالغ بر ۲۳۵۷۱ هکتار را در بر می‌گیرد (شکل ۱). بیشینه ارتفاع این منطقه ۲۴۸۱ متر و کمینه آن ۱۳۰۳ متر از سطح دریا است. این محدوده براساس مصوبه شماره ۲۷۰ مورخ ۱۳۸۴/۱۰/۳۰ شورای عالی حفاظت محیط‌زیست به‌عنوان منطقه حفاظت‌شده اعلام گردید. از نظر پستی و بلندی، بیش از ۸۰ درصد این ناحیه، کوهستانی و سنگی بوده و در بخش‌های جنوبی آن دشتهایی نیز مشاهده می‌شود. از لحاظ اقلیمی، منطقه در زمره مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار می‌گیرد و دارای ویژگی‌های طبیعی متنوعی نظیر کوه‌ها، تپه‌ها، چشمه‌ها، رودخانه‌ها و قنات‌ها است. غالب پوشش گیاهی این منطقه را درختان بادامشک، بنه، گز و تاغ، و گیاهان دارویی همچون درمنه، گل زوفا، کلپوره، شاه‌تره، خاکشیر تشکیل می‌دهند. همچنین این منطقه، میزبان گونه‌های متعددی از جانوران از جمله کل و بز، کفتار، گرگ، روباه، شاه‌روباه، سمور سنگی و همچنین پرندگان شکاری مانند عقاب طلایی و دال است که برخی از آن‌ها از گونه‌های کمیاب کشور محسوب می‌شوند (Aliabadi, 2024).

نمونه‌برداری از پوشش گیاهی: محدوده منطقه حفاظت‌شده آرک و گرنگ براساس تنوع موجود به ۱۰ زیرمنطقه تقسیم شده و نمونه‌برداری‌ها در بهار و تابستان سال ۱۴۰۳ در این ۱۰ زیرمنطقه انجام گرفت. در هر زیرمنطقه، نمونه‌برداری از گیاهان و شب‌پره‌ها در سه نقطه متفاوت تکرار شد تا گوناگونی خردزیست‌بوم‌های موجود در هر منطقه پوشش داده شود. به‌منظور کنترل اثرات احتمالی جهت‌گیری مکانی بر نتایج تحقیق، تمام مکان‌های نمونه‌برداری به‌صورت یکنواخت به‌سمت شمال تنظیم شدند. گونه‌های غالب منطقه مورد مطالعه بادامشک (*Prunus scoparia* (Spach) C.K.Schneid.) و درمنه دشتی (*Artemisia sieberi* Besser) بودند. در هر زیرمنطقه، بسته به فرم رویشی گونه مورد مطالعه، ۳۰ کوادرات ۲×۲ متر و ۴×۴ متر مستقر شد. در هر کوادرات، تعداد پایه‌های گیاهی شمارش شده و تراکم گونه‌ای برآورد شد.

نمونه‌برداری از شب‌پره‌ها: جمع‌آوری شب‌پره‌های خانواده Noctuidae با استفاده از یک تله نوری شامل لامپ بخار جیوه (Mercury-vapor lamp) با توان ۱۵۰ وات انجام شد، که با ژنراتور تغذیه و درون چادری سفیدرنگ به ارتفاع تقریبی ۱/۸ متر نصب شده بود. تمامی شب‌پره‌های جذب‌شده به نور، جمع‌آوری شدند و برای شمارش و شناسایی گونه‌ها به آزمایشگاه حشره‌شناسی دانشگاه بیرجند منتقل شدند. شناسایی گونه‌ها با استفاده از منابع معتبر علمی انجام شد (مانند Fibiger et al., 2008; Fibiger and Hacker, 2007; Fibiger, 1990, 1997). رده‌بندی خانواده نوکتوئیده و نام‌گذاری گونه‌ها براساس Lödl و همکاران (۲۰۱۲) می‌باشد.



شکل ۱- نقشه منطقه مورد مطالعه و موقعیت آن نسبت به کشور و استان خراسان جنوبی

تعیین الگوی پراکندگی: به منظور تعیین الگوی پراکندگی گونه‌های گیاهی و شب‌پره، سه شاخص کوادراتی رایج شامل نسبت واریانس به میانگین، شاخص مورسیتا و مورسیتای استاندارد بر ای هر گونه محاسبه شد و براساس آزمون خی دو، معنی‌داری شاخص بررسی شد. در صورتی که دو شاخص نسبت واریانس به میانگین و مورسیتا بزرگتر از یک باشد، الگوی پراکندگی از نوع کپه‌ای است، کوچکتر از یک، از نوع یکنواخت و مساوی یک، از نوع تصادفی است (Rostampour and Yari, 2024). به منظور معنی‌داری شاخص نسبت واریانس به میانگین و شاخص مورسیتا و مورسیتای استاندارد، از آزمون خی دو استفاده شد. فرض صفر این آزمون، نسبت واریانس به میانگین و شاخص مورسیتا و مورسیتای استاندارد مساوی ۱ است. در صورتی که P آزمون کمتر از ۰/۰۵ باشد، فرض صفر رد می‌شود و نتیجه آزمون معنی‌دار است و این بیانگر الگوی کپه‌ای است. در صورتی که P آزمون بیشتر از ۰/۰۵ باشد، دلیلی بر رد فرض صفر وجود ندارد، از این رو نتیجه آزمون معنی‌دار نخواهد بود و مقدار شاخص برابر با ۱ است و الگوی داده‌ها از توزیع تصادفی تبعیت می‌کند. تمامی شاخص‌های کوادراتی با استفاده از بسته نرم‌افزاری vegan نسخه ۲.۲-۰ (Oksanen et al., 2014) در محیط R-4.3.3 و نرم‌افزارهای PAST4.3 (Hammer et al., 2001) و Ecological methodology 7.4 (Krebs and Kenney, 2002) محاسبه شد.

تعیین توزیع وفور گونه‌ای: ابتدا نرمال بودن داده‌های وفور گونه‌ای با استفاده از شاخص‌های آماری و نمودارهای QQ-Plot و PP-Plot ارزیابی شد. منحنی‌های هیستوگرام و رتبه-وفور گونه‌ای به منظور ارزیابی نحوه توزیع وفور گونه‌ای ترسیم گردیدند. مدل‌های توزیع فراوانی به منظور بررسی ترسیمی تنوع گیاهی استفاده شدند. داده‌های حاصل از وفور گونه‌ای معمولاً به صورت دسته‌ای از توزیع‌های ریاضی تشریح می‌شوند که شامل سری لگاریتمی (جامعه تحت فشار و تخریب)، توزیع لوگ نرمال (معرف جامعه‌ای با تعداد گونه زیاد با فراوانی متوسط)، هندسی (معرف جامع نابالغ) و مدل عصای شکسته هستند (معرف جامعه‌ای با فراوانی یکسان و توزیع یکنواخت) (Karimi et al., 2017). توزیع وفور گونه‌ای گیاهان و شب‌پره‌های منطقه مورد مطالعه با چهار مدل فوق مطابقت داده شدند. به منظور ارزیابی معنی‌داری برازش از روش بیشینه درستنمایی و برای انتخاب بهترین مدل از آماره اطلاعات آکائیک (AIC) استفاده شد. بهترین مدل، مدلی است که علاوه بر بالا بودن مقدار وزن بیشینه درستنمایی مقدار AIC (AIC weight)، مقدار AIC آن نیز کمتر باشد. مدل‌های توزیع وفور گونه‌ای توسط توابع fitsad و

AICtab در بسته نرم‌افزاری sads نسخه 0.6.3 (Pardo *et al.*, 2024) محاسبه و نمودارهای مربوطه توسط تابع (octav) plot ترسیم شد.

تشابه ترکیب گونه‌ای گیاهان و شب‌پره‌ها: معنی‌داری ماتریس تشابه ترکیب گونه‌ای گیاهان و شب‌پره‌ها در منطقه مورد مطالعه با استفاده از آزمون منتل و براساس ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن با تعداد جایگشت ۹۹۹۹ توسط تابع mantel در بسته vegan (Oksanen *et al.*, 2025) بررسی شد. فرض صفر این آزمون، مقدار rho ضریب همبستگی اسپیرمن مساوی صفر است، در صورتی که P آزمون کمتر از ۰/۰۵ باشد، فرض صفر رد می‌شود و نتیجه آزمون معنی‌دار است و این بیانگر ارتباط معنی‌دار بین دو ماتریس است. در صورتی که P آزمون بیشتر از ۰/۰۵ باشد، دلیلی بر رد فرض صفر وجود ندارد، از این‌رو نتیجه آزمون معنی‌دار نخواهد بود و بین دو ماتریس همبستگی معنی‌داری وجود نخواهد داشت. به‌منظور بررسی میزان همزیستی گونه‌های گیاهی و شب‌پره‌ها نمودار همزیستی توسط تابع occurrence در بسته نرم‌افزاری tabula نسخه 3.3.1 (Frerebeau, 2025) ترسیم شد. تمامی تجزیه و تحلیل‌های آماری در محیط نرم‌افزاری R نسخه 4.5.1 (R Core Team, 2025) انجام شد.

یافته‌های پژوهش

الگوی پراکندگی و توزیع وفور گونه‌ای گیاهان: نتایج نشان می‌دهد که در منطقه مورد مطالعه حدود ۴۴ گونه گیاهی شناسایی شد، به‌دلیل فراوانی زیاد گونه‌ها، فقط نتایج ۱۵ گونه غالب منطقه نمایش داده می‌شود. گونه‌های درمنه کوهی (Ar.au) و بادامشک (Am.sc) به‌ترتیب در ۶۳ و ۵۰ درصد کوادرات‌های نمونه‌برداری مشاهده شدند و فراوان‌ترین گونه‌های گیاهی موجود در منطقه هستند. همچنین، بیشترین تراکم گونه‌ای نیز متعلق به دو گونه فوق است (به‌ترتیب ۶۱۲۵ و ۲۰۰۰ پایه در هکتار) (جدول ۱). براساس نسبت واریانس به میانگین، بیشترین مقدار شاخص مربوط به گونه‌های درمنه کوهی (Ar.au)، استپیا (St.ba) و جوموشی (Br.te) است و این گونه‌ها بیشترین پراکندگی کپه‌ای را نشان می‌دهند. به‌علت عدم معنی‌داری آماره خی دو، گونه‌های چوبک (Ac.sc)، زول (Er.bu)، مستار (Sc.le)، بادامک خاردار (Am.ly)، میخک (Di.or) و خارشر (Al.pe) دارای توزیع تصادفی هستند. براساس شاخص مورسیتا و مورسیتای استاندارد نیز نتیجه آزمون خی دو برای گونه‌های چوبک (Ac.sc)، مستار (Sc.le)، میخک (Di.or) و علف باغ (Da.gl) معنی‌دار نشد ($P > 0.05$) و این بیانگر این است که گونه‌های فوق از پراکندگی تصادفی تبعیت می‌کنند. سایر گونه‌های گیاهی مورد مطالعه دارای الگوی کپه‌ای هستند (جدول ۲). بیشترین مقدار شاخص مورسیتا و مورسیتای استاندارد برای گونه جوموشی (Br.te) به‌ترتیب ۳۰ و ۱ محاسبه شد و نشان‌دهنده حداکثر کپه‌ای بودن این گونه است.

نتایج نشان می‌دهد که مقادیر وفور گونه‌ای از توزیع نرمال برخوردار نیستند، نمودارهای QQ-Plot و PP-Plot نشان می‌دهد که داده‌ها کاملاً در اطراف خط ۴۵ درجه قرار ندارند و این نشان‌دهنده وجود داده‌های پرت یا وجود چولگی به‌سمت راست می‌باشد (شکل ۲). نمودار هیستوگرام نیز نشان می‌دهد که داده‌های وفور نرمال نیستند و به‌سمت راست چولگی دارند. نمودار رتبه-وفور نشان می‌دهد که تنها یک گونه گیاهی که به‌عنوان گونه غالب شناخته می‌شود از وفور گونه‌ای بالایی برخوردار است. بخش زیادی از گونه‌ها از وفور متوسط برخوردار هستند. در حدود ۱۶ گونه گیاهی نیز تنها یک پایه مشاهده شده است. شیب خط منحنی ملایم است و این حاکی از یکنواختی بالا است.

جدول ۱- مقادیر تراکم، فراوانی و نسبت واریانس به میانگین به همراه معنی‌داری آزمون خی دو مربوط به ۱۵ گونه گیاهی غالب منطقه

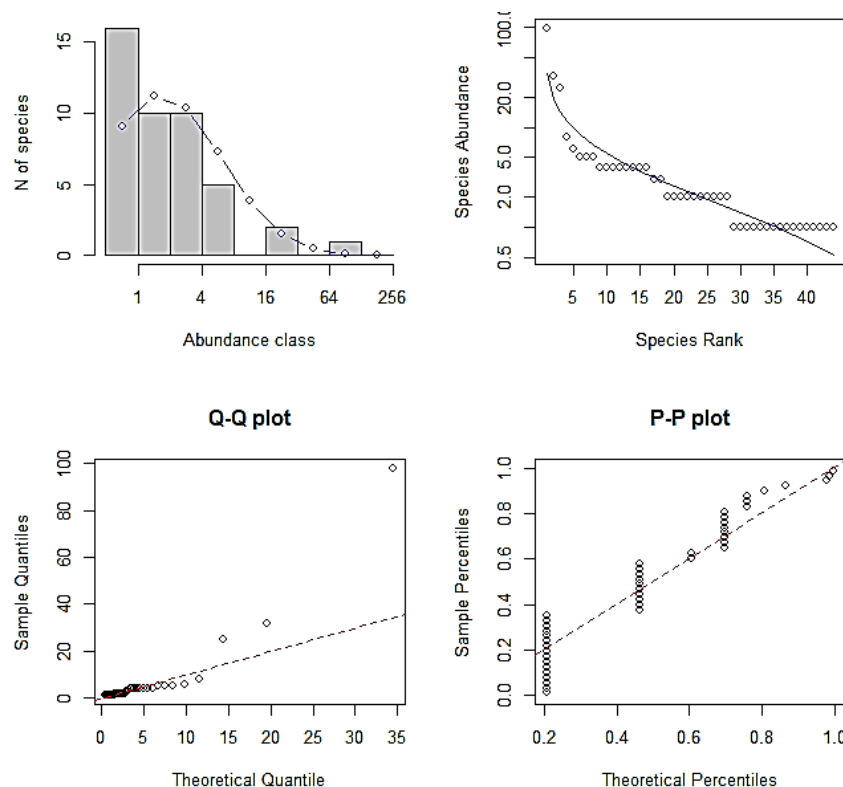
مورد مطالعه							
گونه‌های گیاهی	تراکم	نسبت	P	گونه‌های شب پره	تراکم	نسبت	P
<i>Artemisia aucheri</i> Boiss.	۶۱۲۵	۶/۳۵	۰/۰۰	<i>Dysmilichia bicyclica</i>	۲۰۲	۳/۴۰	۰/۰۰
<i>Amygdalus scoporia</i> Spach	۲۰۰۰	۱/۸۱	۰/۰۰	<i>Bryophila maeonis</i>	۱۱۰	۲/۸۵	۰/۰۰
<i>Stipa barbata</i> Desf.	۱۵۶۲	۵/۳۹	۰/۰۰	<i>Spodoptera exigua</i>	۷۷	۱۵/۰۱	۰/۰۰
<i>Ephedra procera</i> C.A.Mey.	۵۰۰	۳/۰۹	۰/۰۰	<i>Dichagyris grisescens</i>	۷۴	۱/۴۲	۰/۱۷
<i>Acanthophyllum squarrosum</i> Boiss.	۳۷۵	۰/۸۳	۰/۷۳	<i>Bryophila idonea</i>	۶۸	۰/۶۱	۰/۷۸
<i>Noaea mucronata</i> (Forssk.) Asch. and Schweinf.	۳۱۲	۲/۱۰	۰/۰۰	<i>Bryophila tephrocharis</i>	۶۶	۲/۵۷	۰/۰۰
<i>Eryngium bungei</i> Boiss.	۳۱۲	۱/۲۸	۰/۱۵	<i>Euxoa transcaspica</i>	۶۳	۳/۸۵	۰/۰۰
<i>Bromus tectorum</i> L.	۳۱۲	۵/۰۰	۰/۰۰	<i>Dichagyris melanuroides</i>	۳۴	۶/۵۵	۰/۰۰
<i>Sclerorhachis leptoclada</i> Rech.f.	۳۱۲	۰/۸۶	۰/۵۳	<i>Dichagyris sp.1</i>	۲۵	۶/۶۹	۰/۰۰
<i>Amygdalus lycioides</i> Spach.	۲۵۰	۱/۴۱	۰/۰۷	<i>Trichoplusia ni</i>	۲۱	۴/۰۷	۰/۰۰
<i>Cousinia eryngioides</i> Boiss.	۲۵۰	۱/۹۳	۰/۰۰	<i>Dichagyris leucomelas</i>	۱۸	۸/۴۹	۰/۰۰
<i>Dianthus orientalis</i> Adams	۲۵۰	۰/۹۰	۰/۶۳	<i>Anarta trifolii</i>	۱۸	۴/۰۵	۰/۰۰
<i>Launaea acanthodes</i> (Boiss.) Kuntze	۲۵۰	۰/۴۱	۰/۰۷	<i>Rhiza laciniosa</i>	۱۵	۱/۲۲	۰/۳۷
<i>Dactylis glomerata</i> L.	۲۵۰	۰/۹۰	۰/۶۳	<i>Dichagyris erubescens</i>	۱۵	۹/۶۷	۰/۰۰
<i>Alhagi persarum</i> Boiss. and Buhse	۲۵۰	۰/۴۱	۰/۰۷	<i>Dichagyris vallesiaca</i>	۱۱	۷/۳۶	۰/۰۰

نسبت: نسبت واریانس به میانگین، P: میزان معنی‌داری آزمون خی دو

جدول ۲- مقادیر شاخص‌های موربیتای و موربیتای استاندارد به همراه آماره خی دو مربوط به ۱۵ گونه گیاهی غالب منطقه مورد مطالعه

گونه‌های گیاهی	IM	Ip	P	گونه‌های شب پره	IM	Ip	P
<i>Artemisia aucheri</i> Boiss.	۲/۶۰	۰/۵۲	۰/۰۰	<i>Dysmilichia bicyclica</i>	۱/۱۰	۰/۵۱	۰/۰۰
<i>Amygdalus scoporia</i> Spach	۱/۷۵	۰/۵۰	۰/۰۱	<i>Bryophila maeonis</i>	۲/۰۰	۰/۴۵	۰/۰۴
<i>Stipa barbata</i> Desf.	۶/۳۰	۰/۵۸	۰/۰۰	<i>Spodoptera exigua</i>	۲/۶۵	۰/۵۸	۰/۰۰
<i>Ephedra procera</i> C.A.Mey.	۶/۶۴	۰/۶۲	۰/۰۰	<i>Dichagyris grisescens</i>	۱/۰۵	۰/۱۹	۰/۳۶
<i>Acanthophyllum squarrosum</i> Boiss.	۰/۰۰	۰/۱۹	۰/۰۶	<i>Bryophila idonea</i>	۰/۹۵	۰/۲۷	۰/۴۲
<i>Noaea mucronata</i> (Forssk.) Asch. and Schweinf.	۹/۰۰	۰/۵۸	۰/۰۰	<i>Bryophila tephrocharis</i>	۴/۹۷	۰/۷۰	۰/۰۰
<i>Eryngium bungei</i> Boiss.	۳/۰۰	۰/۲۴	۰/۰۲	<i>Euxoa transcaspica</i>	۶/۷۳	۰/۸۰	۰/۰۰
<i>Bromus tectorum</i> L.	۳۰/۰	۱/۰۰	۰/۰۰	<i>Dichagyris melanuroides</i>	۱۰/۰	۱/۰۰	۰/۰۰
<i>Sclerorhachis leptoclada</i> Rech.f.	۰/۰۰	۰/۱۵	۰/۳۰	<i>Dichagyris sp.1</i>	۳/۱۳	۰/۶۰	۰/۰۰
<i>Amygdalus lycioides</i> Spach.	۵/۰۰	۰/۳۶	۰/۰۱	<i>Trichoplusia ni</i>	۶/۵۷	۰/۷۹	۰/۰۰
<i>Cousinia eryngioides</i> Boiss.	۱۰/۰	۰/۵۷	۰/۰۰	<i>Dichagyris leucomelas</i>	۲/۶۷	۰/۵۴	۰/۰۰
<i>Dianthus orientalis</i> Adams	۰/۰۰	۰/۱۲	۰/۱۸	<i>Anarta trifolii</i>	۱/۱۱	۰/۵۰	۰/۰۰
<i>Launaea acanthodes</i> (Boiss.) Kuntze	۵/۰۰	۰/۳۶	۰/۰۱	<i>Rhiza laciniosa</i>	۱۰/۰	۰/۴۵	۰/۰۰
<i>Dactylis glomerata</i> L.	۰/۰۰	۰/۱۲	۰/۱۹	<i>Dichagyris erubescens</i>	۱/۱۵	۰/۵۰	۰/۰۰
<i>Alhagi persarum</i> Boiss. and Buhse	۵/۰۰	۰/۳۶	۰/۰۱	<i>Dichagyris vallesiaca</i>	۱۰/۰	۱/۰۰	۰/۰۰

IM: شاخص موربیتا، Ip: شاخص موربیتای استاندارد، P: میزان معنی‌داری آزمون خی دو



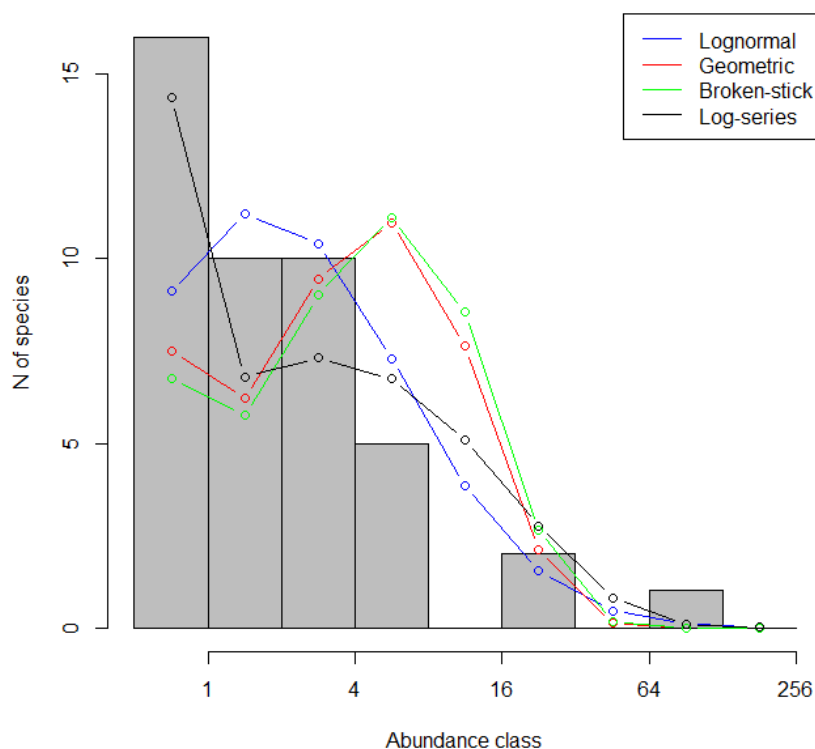
شکل ۲- منحنی‌های هیستوگرام وفور گونه‌ای (بالا-چپ)، رتبه-وفور (بالا-راست)، Q-Q plot (پایین-چپ) و P-P plot (پایین راست) مربوط به ۴۴ گونه گیاهی منطقه مورد مطالعه

نتایج برازش مدل‌های توزیع وفور گونه‌ای با استفاده از روش بیشینه درستنمایی با مدل‌های توزیع چهارگانه در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که پوشش گیاهی مراتع مورد مطالعه با مدل‌های لوگ نرمال و سری لگاریتمی تطابق دارد و با مدل‌های سری هندسی و عصای شکسته تطابق ندارند (شکل ۳). از آنجا که مراتع مورد مطالعه از دو مدل لوگ نرمال و سری لگاریتمی تبعیت می‌کند به منظور انتخاب بهترین مدل از معیار AIC استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد که مرتع مورد مطالعه به ترتیب با مدل لوگ-نرمال ($AIC: 201/8$)، و سری لگاریتمی ($AIC: 251/3$)، بیشترین برازش را دارند. از بین دو مدل فوق، مدل لوگ-نرمال به دلیل وزن AIC اصلاح شده بالاتر ($w_i: 0/85$)، بهترین مدل محسوب می‌شود.

جدول ۳- نتایج برازش مدل‌های چهارگانه با استفاده از روش بیشینه درستنمایی مربوط به گونه‌های گیاهی منطقه مورد مطالعه

	AIC	dAIC	wi
لوگ نرمال	۲۰۱/۸	۰/۰۲	۰/۸۵
هندسی	۲۳۷/۷	۳۵/۹	<۰/۰۰۱
عصای شکسته	۲۵۱/۳	۴۹/۵	<۰/۰۰۱
سری لگاریتمی	۲۵۰/۳	۳/۵	۰/۱۵

AIC: معیار اطلاعات آکائیک، dAIC: تفاوت بین مدل‌های رتبه‌بندی شده، w_i : وزن معیار اطلاعات آکائیک که نشان‌دهنده درستنمایی نسبی یک مدل است.

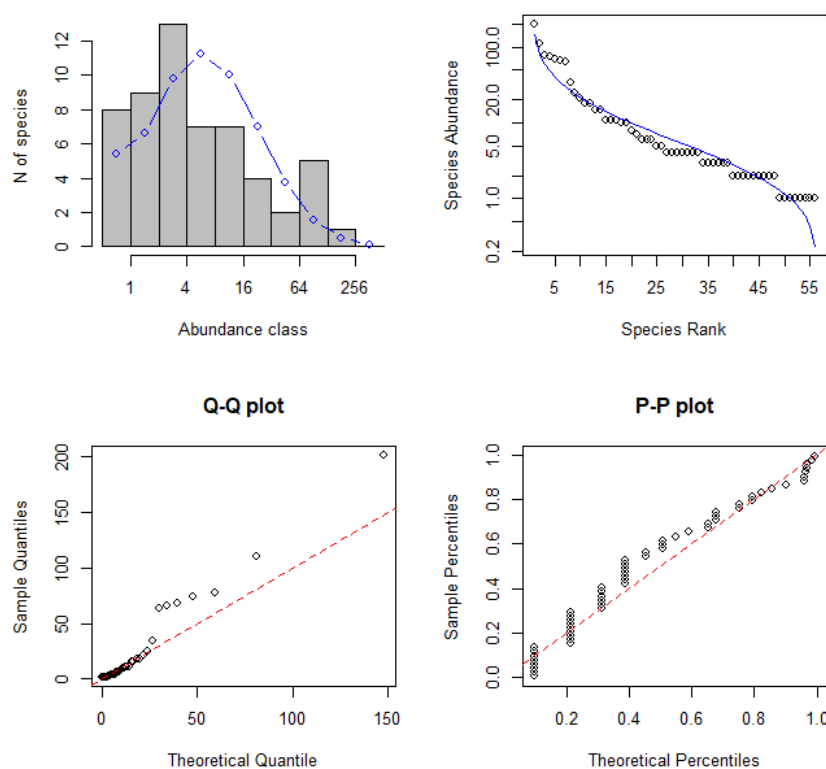


شکل ۳- منحنی توزیع وفور گونه‌ای مراتع مورد مطالعه و برازش آن با چهار مدل لوگ نرمال (آبی)، سری هندسی (قرمز)، عصای شکسته (سبز) و سری لگاریتمی (مشکی) با استفاده از روش بیشینه درستمایی. ستون‌ها، مقادیر وفور مشاهده شده و خطوط رنگی، مقادیر وفور قابل انتظار است.

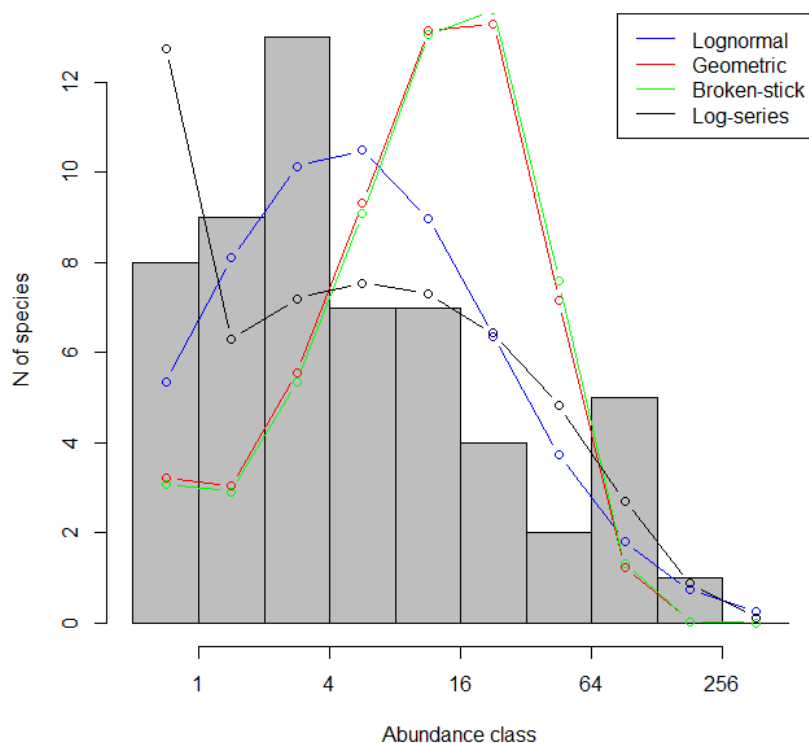
الگوی پراکندگی و توزیع وفور گونه‌ای شب‌پره‌های خانواده Noctuidae: براساس نتایج به‌دست آمده، در منطقه مورد مطالعه ۵۶ گونه شب‌پره از این خانواده شناسایی شد، بدین‌منظور فقط نتایج ۱۵ گونه غالب منطقه نمایش داده می‌شود. گونه‌های *Dichagyris grisescens* (Boursin, 1954)، *Bryophila maeonis* (Lederer, 1865)، *Dysmilichia bicyclia* (Staudinger, 1888) و *Bryophila idonea* Christoph, 1893 در ۱۰۰ درصد نقاط نمونه‌برداری و گونه *Bryophila tephrocharis* در ۸۰ درصد نقاط نمونه‌برداری مشاهده شد و این گونه‌ها فراوان‌ترین گونه‌های شب‌پره Noctuidae موجود در منطقه هستند. همچنین بیشترین تراکم گونه‌ای نیز متعلق به دو گونه *D. bicyclia* و *B. maeonis* فوق است (به‌ترتیب ۲۰۲ و ۱۱۰ فرد) (جدول ۱). براساس نسبت واریانس به میانگین، بیشترین مقدار شاخص مربوط به گونه *Spodoptera exigua* (Hübner, 1808) است و این گونه بیشترین پراکندگی کپه‌ای را در منطقه نشان می‌دهد. به‌علت عدم معنی‌داری آماره خی دو، گونه‌های *D. grisescens*، *B. idonea* و *Rhiza laciniosa* (Christoph, 1887) دارای الگوی پراکندگی تصادفی هستند.

براساس شاخص موربیتا و موربیتای استاندارد نیز نتیجه آزمون خی دو برای گونه‌های *B. idonea* و *D. grisescens* معنی‌دار نشد (به‌ترتیب ۰/۷۸ و ۰/۱۷) و بیانگر این است که گونه‌های فوق از الگوی تصادفی تبعیت می‌کنند. سایر گونه‌های شب‌پره مورد مطالعه دارای الگوی کپه‌ای هستند (جدول ۲). بیشترین مقدار شاخص موربیتا و موربیتای استاندارد برای گونه‌های *Dichagyris melanuroides* Kozhanchikov, 1930 و *Dichagyris vallesiaca* (Boisduval, 1837) به ترتیب ۱۰ و ۱ محاسبه شد و نشان‌دهنده حداکثر کپه‌ای بودن این گونه‌ها است. نتایج نشان می‌دهد که مقادیر وفور گونه‌ای شب‌پره‌های Noctuidae از توزیع نرمال برخوردار نیستند، نمودارهای QQ-Plot و PP-Plot نشان می‌دهد که داده‌ها کاملاً در اطراف خط ۴۵ درجه قرار ندارند و این نشان‌دهنده وجود داده‌های پرت یا وجود چولگی به‌سمت راست می‌باشد (شکل ۴). نمودار هیستوگرام نیز نشان می‌دهد که داده‌های وفور نرمال نیستند و به‌سمت راست چولگی دارند. نمودار رتبه-وفور نشان می‌دهد که هفت گونه شب‌پره که به‌عنوان گونه غالب شناخته می‌شود از وفور گونه‌ای بالایی برخوردار است. بخش زیادی از گونه‌ها از وفور

متوسط برخوردار هستند. برای هشت گونه شب‌پره نیز تنها یک فرد مشاهده شده است. شیب خط منحنی ملایم است و این حاکی از یکنواختی بالا است. نتایج برازش مدل‌های توزیع وفور گونه‌ای با استفاده از روش بیشینه درستنمایی با مدل‌های توزیع چهارگانه برای شب‌پره‌های Noctuidae در جدول ۴ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که شب‌پره‌های Noctuidae در منطقه مورد مطالعه با مدل‌های لوگ نرمال و سری لگاریتمی تطابق دارد و با مدل‌های سری هندسی و عصای شکسته تطابق ندارند (شکل ۵). از آنجا که شب‌پره‌های مورد مطالعه از دو مدل لوگ نرمال و سری لگاریتمی تبعیت می‌کنند به منظور انتخاب بهترین مدل از معیار AIC استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد که شب‌پره‌های مورد مطالعه به ترتیب با مدل لوگ-نرمال (AIC: ۳۹۰/۱)، و سری لگاریتمی (AIC: ۳۹۰/۳)، بیشترین برازش را دارند. از بین دو مدل فوق، مدل لوگ-نرمال به دلیل وزن AIC اصلاح شده بالاتر (wi: ۰/۵۳)، بهترین مدل محسوب می‌شود.



شکل ۴- منحنی‌های هیستوگرام وفور گونه‌ای (بالا-چپ)، رتبه-وفور (بالا-راست)، Q-Q plot (پایین-چپ) و P-P plot (پایین راست) مربوط به ۵۶ گونه شب‌پره Noctuidae در منطقه مورد مطالعه



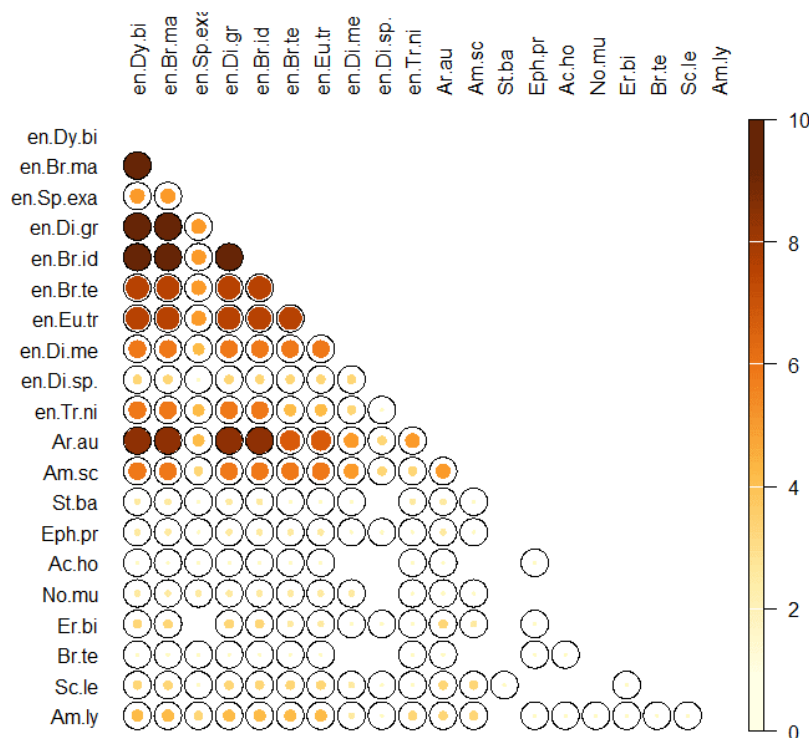
شکل ۵- منحنی توزیع وفور گونه‌ای شب‌پره‌های مورد مطالعه و برازش آن با چهار مدل لوگ نرمال (آبی)، سری هندسی (قرمز)، عصای شکسته (سبز) و سری لگاریتمی (مشکی) با استفاده از روش بیشینه درستنمایی. ستون‌ها، مقادیر وفور مشاهده شده و خطوط رنگی، مقادیر وفور قابل انتظار است.

جدول ۴- نتایج برازش مدل‌های چهارگانه با استفاده از روش بیشینه درستنمایی مربوط به گونه‌های شب‌پره Noctuidae در منطقه مورد مطالعه

	AIC	dAIC	wi
لوگ نرمال	۳۹۰/۱	۰/۰۰	۰/۵۳
هندسی	۴۳۰/۶	۴۰/۵	<۰/۰۰۱
عصای شکسته	۴۳۵/۱	۴۵/۰	<۰/۰۰۱
سری لگاریتمی	۳۹۰/۳	۰/۲۰	۰/۴۷

AIC: معیار اطلاعات آکائیک، dAIC: تفاوت بین مدل‌های رتبه‌بندی شده، wi: وزن معیار اطلاعات آکائیک که نشان‌دهنده درستنمایی نسبی یک مدل است.

تشابه ترکیب گونه‌ای گیاهان و شب‌پره‌ها: به منظور بررسی تشابه ترکیب گونه‌ای گیاهان و شب‌پره‌ها در مراتع منطقه مورد مطالعه، از آزمون متیل و براساس ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن با تعداد جایگشت ۹۹۹۹ استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد که مقدار ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن ($r: ۰/۰۵$) معنی‌دار نیست ($P > ۰/۰۵$)، از این رو بین دو ماتریس گیاهان و شب‌پره‌ها، همبستگی معنی‌داری وجود ندارد. به منظور بررسی میزان همزیستی گونه‌های گیاهی و شب‌پره‌ها نمودار همزیستی ترسیم شد. در این نمودار میزان نزدیکی گونه‌ها به یکدیگر بیانگر همزیستی گونه‌ها در کوادرات‌ها و تله‌های نوری است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، شب‌پره‌های *D. bicyclica*، *B. maeonis*، *S. exigua* و *D. grisescens* با گونه گیاهی درمنه کوهی (Ar.au)، بیشترین حضور را با یکدیگر دارند (شکل ۶).



شکل ۶- نمودار همزیستی گونه‌های گیاهی و شب‌پره‌های غالب منطقه مورد مطالعه

بحث و نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر الگوی پراکندگی ۱۵ گونه غالب گیاهی و شب‌پره‌های خانواده Noctuidae در منطقه حفاظت شده آرک و گرنگ با استفاده از روش‌های کوادراتی بررسی شد. نتایج نشان داد که گونه‌های *Artemisia aucheri*، *Amygdalus scoporia*، *Stipa barbata* و *Ephedra procera* با بیشترین تراکم و فراوانی در مراتع منطقه مورد مطالعه دارای الگوی پراکندگی کپه‌ای هستند. نتایج شاخص‌های مورسیتا و مورسیتای استاندارد نشان می‌دهد که از ۱۵ گونه غالب، ۱۱ گونه دارای الگوی پراکندگی کپه‌ای و تنها ۴ گونه (*Acanthophyllum squarrosum*، *Sclerorhachis leptoclada*، *Dianthus orientalis* و *Dactylis glomerata*) دارای الگوی پراکندگی تصادفی هستند. در طبیعت، اگر حضور فردی از یک گونه گیاهی به حضور فرد دیگری از همان گونه وابسته باشد، الگوی پراکندگی تجمع‌ی و یا کپه‌ای ایجاد می‌شود. پژوهش‌های متعددی اشاره کرده‌اند که اکثر گونه‌های گیاهی در مناطق خشک دارای الگوی کپه‌ای هستند (Rostampour, 2024). فرآیندهای جمعیت‌شناختی و بوم‌شناختی محلی (مانند رشد رویشی و پراکندگی محدود بذری) منجر به یک الگوی مکانی کپه‌ای در یک منطقه همگن از نظر محیطی می‌شود (Damgaard and Weiner, 2008). در مناطق خشک، کپه‌ای بودن گونه‌های گیاهی به‌شدت تحت تأثیر فرآیندهای آشیان بوم‌شناختی قرار می‌گیرد. ویژگی‌های پستی و بلندی مانند ارتفاع از سطح دریا، شیب و جهت شیب (Najafifar and Jafarian, 2024) و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مانند رطوبت و بافت خاک (Sanaei et al., 2019) جزء عوامل محیطی کلیدی مؤثر بر توزیع گونه‌های گیاهی محسوب می‌شوند (Jafari and Rostampour, 2019). الگوی پراکندگی کپه‌ای زمانی اتفاق می‌افتد که اغلب یا تمام افراد جمعیت تمایل دارند در بخش‌های ویژه‌ای از محیط حضور داشته باشند که مربوط به عوامل گونه‌ای و محیطی می‌باشد (Thuiller and Guisan, 2005; Krebs, 2014; Zare, 2018). با توجه به کوهستانی بودن منطقه مورد مطالعه، به‌نظر می‌رسد که ریزپستی و بلندی‌های ایجاد شده و ناهمگنی عمودی (Heidrich et al., 2020) در شیب‌های رو به شمال که از شرایط رطوبتی بهتری برخوردار هستند منجر به تجمع گونه‌های گیاهی شده باشند. همچنین، در پژوهش حاضر از چهار مدل اصلی برای توزیع وفور گونه‌ای گیاهان و شب‌پره‌های خانواده Noctuidae در منطقه حفاظت‌شده آرک و گرنگ استفاده شد. نتایج پژوهش حاضر نشان

داد که توزیع وفور گونه‌ای گیاهان مراتع مورد مطالعه با مدل لوگ نرمال برازش بهتری دارند. مدل لوگ نرمال نشان‌دهنده وفور گونه‌هایی با فراوانی متوسط است که با یکدیگر همزیستی مسالمت‌آمیز دارند. این موضوع را می‌توان چنین تفسیر کرد که منطقه مورد مطالعه از وضعیت مناسبی از نظر تنوع گونه‌های گیاهی برخوردار است و در کنش حیاتی رقابت، آسیب جدی به همدیگر نمی‌رسانند (Karimi et al., 2017). Ghahsareh Ardestani و همکاران (۲۰۱۰) در درمنه‌زارهای استپی و نیمه‌استپی که از تنوع گونه‌ای بالایی برخوردار بوده، مدل لوگ نرمال را به‌عنوان بهترین مدل برای مراتع انتخاب کردند که نشان‌دهنده جوامع با ثبات می‌باشد.

بیشتر گونه‌های شب‌پره مطالعه شده در این پژوهش، الگوی پراکندگی کپه‌ای از خود نشان دادند. الگوی کپه‌ای معمولاً به ناهمگنی محیطی، پراکندگی لکه‌ای منابع و ویژگی‌های رفتاری خاص گونه‌ها نسبت داده می‌شود. در منطقه آرک و گرنگ، تغییرات خردزیستی مانند اختلاف در ترکیب پوشش گیاهی، رطوبت خاک و شرایط ریزاقليمی، به احتمال زیاد موجب تمرکز افراد در مناطق معین شده است. به‌طور خاص، وابستگی بسیاری از گونه‌های Noctuidae به گیاهان میزبان ویژه در مراحل لاروی منجر به تجمع آنها در اطراف گیاهان میزبان می‌شود (Summerville and Crist, 2003).

تجمع گونه‌ها می‌تواند مزایای بوم‌شناختی متعددی به‌همراه داشته باشد؛ از جمله افزایش کارایی تغذیه، ارتقاء موفقیت جفت‌گیری و کاهش خطر شکار توسط دشمنان طبیعی از طریق اثر رقیق‌سازی (Wolda, 1988). این الگو در مطالعات انجام شده در جنگل‌های گرمسیری نیز تأیید شده است. در این مناطق، جوامع شب‌پره‌ها تجمع گسترده‌ای را در ارتباط با دسترسی به منابع و پایداری شرایط ریزاقليمی نشان داده‌اند (Basset et al., 2015). در این پژوهش، برخی از گونه‌های شب‌پره، الگوی پراکندگی تصادفی نیز نشان دادند. پراکندگی تصادفی معمولاً در جوامع ساختارمند نادر است، اما زمانی رخ می‌دهد که گونه‌ها دامنه وسیعی از تحمل‌های اکولوژیک داشته باشند، از منابع متنوعی بهره‌برداری کنند یا رفتارهای پراکنشی با وابستگی اندک به ویژگی‌های خاص زیستگاه از خود نشان دهند. چنین گونه‌هایی ممکن است از منابع متعددی تغذیه کنند و بنابراین توانایی بهره‌برداری از زیستگاه‌های متنوع در محدوده منطقه مطالعه را داشته باشند، یا گونه‌هایی مهاجر باشند که پیوند اکولوژیکی قوی با زیستگاه‌های معین ندارند (Krebs, 2014).

این مطالعه در خصوص الگوهای پراکنش شب‌پره‌های خانواده Noctuidae با یافته‌های Li و همکاران (۲۰۲۱) و همچنین Ilhamdi و همکاران (۲۰۲۳) مطابقت دارد. بررسی‌های انجام‌شده توسط Li و همکاران (۲۰۲۱) در مورد گونه *Plutella xylostella* نشان داد که پراکنش این آفت نیز در مقیاس‌های مکانی ریز دچار تغییرات زمانی-مکانی قابل توجهی می‌شود و الگوهای کپه‌ای آشکاری در پاسخ به شرایط محیطی دیده می‌شود (Li et al., 2021). همچنین بررسی تنوع گونه‌ای و الگوهای پراکنش شب‌پره‌ها در پارک جنگلی نوراکسا در اندونزی نشان داد که بیشتر گونه‌ها دارای پراکنش تجمعی بوده و این الگو تحت تأثیر عوامل محیطی همچون تنوع پوشش گیاهی و ویژگی‌های ریزاقليمی قرار دارد (Ilhamdi et al., 2023).

نتایج این مطالعه نشان داد که الگوی پراکندگی شب‌پره‌های خانواده Noctuidae در منطقه آرک و گرنگ از مدل توزیع لوگ-نرمال پیروی می‌کند؛ الگویی که در بسیاری از بوم‌سازگان طبیعی نیز مشاهده شده است. توزیع لوگ-نرمال بیانگر آن است که اکثر گونه‌ها دارای فراوانی متوسط هستند و تنها تعداد کمی از گونه‌ها بسیار رایج یا بسیار نادر می‌باشند (Magurran, 2021). این نوع توزیع معمولاً نشان‌دهنده بوم‌سازگان بالغ و پیچیده‌ای است که در آن، فراوانی گونه‌ها تحت تأثیر تعاملات چندگانه عوامل زیستی و غیرزیستی قرار دارد. در ارتباط با نتایج به‌دست آمده در مورد تشابه ترکیب گونه‌ای گیاهان و شب‌پره‌ها، نتایج آزمون متل نشان داد که الگوهای پراکندگی شب‌پره‌ها به‌طور مستقیم با ترکیب پوشش گیاهی در سطح کوادرات‌ها همخوانی ندارد. با این حال، نمودار همزیستی گونه‌ها حاکی از آن است که برخی شب‌پره‌ها از جمله *S. B. maeonis*، *D. bicyclica* و *D. grisea* بیشترین همزیستی را با گونه گیاهی درمنه کوهی دارند. این همزیستی‌های محدود می‌تواند نشان‌دهنده وابستگی تغذیه‌ای یا خردزیستگاهی برخی گونه‌های شب‌پره به برخی گیاهان خاص باشد، هر چند برای تأیید این روابط، نیاز به بررسی‌های دقیق‌تر است.

علت ارتباط ضعیف بین ترکیب پوشش گیاهی و شب‌پره‌های Noctuidae در منطقه مورد مطالعه را می‌توان به تغییرات پستی و بلندی و کوچک بودن مقیاس مورد مطالعه نسبت داد. Piccini و همکاران (۲۰۲۴) هم به این مسئله اشاره کردند که در

مناطق کوهستانی، تأثیر پستی و بلندی و ساختار زیستگاه، بیشتر از ساختار پوشش گیاهی، در توضیح تغییرات وفور گونه‌ای حشرات نقش دارند. بر عکس نتایج پژوهش حاضر، نتایج Zhang و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند که غنای گونه‌ای گیاهان می‌تواند به‌طور دقیقی غنای گونه‌ای حشرات را پیش‌بینی کند، آنها همبستگی قوی و معنی‌داری بین جوامع مشاهده کردند. Kemp و همکاران (۲۰۱۷) نیز به این نتیجه دست یافتند که تنوع بتای حشرات ارتباط نزدیکی با تغییرات گونه‌ای و فیلوژنتیکی جوامع گیاهی دارد. این یافته نشان‌دهنده این است که تخصص میزبانی با مشارکت عوامل زیست‌جغرافیایی در مقیاس‌های وسیع‌تر عامل اصلی در شکل‌دهی الگوهای پراکندگی حشرات است. در مقیاس خیلی بزرگ‌تر نیز Song و همکاران (۲۰۲۳) رابطه معنی‌داری بین تنوع گونه‌ای گیاهان با وفور گونه‌ای حشرات در مراتع استپی تحت چرای منطقه اوراسیا (از چین تا روسیه) مشاهده کردند.

به‌طور کلی یافته‌های حاصل از این پژوهش در منطقه آرک و گرنگ نشان می‌دهد که پیچیدگی محیطی و ناهمگنی زیستگاهی نقش مهمی در تعیین الگوی پراکندگی شب‌پره‌های Noctuidae ایفا می‌کند. این نتایج با الگوهای جهانی تطابق داشته و بر اهمیت تعامل بین ویژگی‌های اکولوژیک گونه‌ها و عوامل محیطی در ساختاردهی جوامع حشرات تأکید می‌کند (Hajizadeh *et al.*, 2022; Vieira *et al.*, 2022). پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آتی با استفاده از شناسایی دقیق‌تر ویژگی‌های زیستگاهی، بررسی پیوندهای گونه‌های حشرات با گیاهان میزبان در مراحل لاروی و انجام نمونه‌برداری‌های چندساله، درک عمیق‌تری از فرآیندهای بوم‌شناختی مؤثر بر الگوهای پراکندگی فراهم آورند.

References

- Aliabadi, M. 2024. Identification, biodiversity and ethnobotanical assessment of medicinal plants in the Ark and Gorong Protected Area, Khorasan-e Jonoubi province. M.Sc thesis. Rangeland and Watershed management group. University of Birjand. Birjand, Iran, 130 p. (In Persian)
- Alroy, J., 2024. Three models of ecological community assembly. ESS Open Archive 362, 36208934.
- Asaadi, A.M., 2025. Analysis of distance indices to evaluate the spatial distribution pattern of *Artemisia absinthium* and *Lychnis coronaria* medicinal species in northwest rangelands of Bojnord. Journal of Environmental Science Studies 9(4), 9687-9676. (In Persian)
- Basset, Y., Cizek, L., Cuénoud, P., Didham, R.K., Novotny, V., Ødegaard, F., Leponce, M., 2015. Arthropod distribution in a tropical rainforest: Tackling a four-dimensional puzzle. PLoS ONE 10(12), e0144110.
- Callaghan, C.T., Borda-de-Água, L., van Klink, R., Rozzi, R., Pereira, H.M., 2023. Unveiling global species abundance distributions. Nature Ecology and Evolution 7(10), 1600-1609.
- Christ, L., Dreesmann, D.C., 2022. SAD but true: Species awareness disparity in bees is a result of bee-less biology lessons in Germany. Sustainability 14(5), 2604.
- Damgaard, C., Weiner, J. 2008. Modeling the growth of individuals in crowded *plant* populations. Journal of Plant Ecology-Uk, 1, 111-116.
- Frerebeau, N., 2025. tabula: Analysis and Visualization of Archaeological Count Data. Université Bordeaux Montaigne, Pessac, France. R package version 3.3.1,
- Ghahsareh Ardestani, A. E., Basiri, M., Tarkesh, M., Borhani, M. 2010. Proper Indices for Species Diversity Studies in Four Range Sites in Isfahan Province. Journal of Rangeland 4(1), 33-46. (In Persian)
- Hajizadeh, G., Jalilvand, H., Kavosi, M.R., Varandi, H.B., 2022. Relationship between vegetation characteristics and Lepidoptera diversity in the Hyrcanian Forest, Iran (Insecta: Lepidoptera). Shilap Revista de Lepidopterología 50(199), 561-574.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D., 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Palaeontologia Electronica 4, 9 p. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- Heidrich, L., Bae, S., Levick, S., Seibold, S., Weisser, W., Krzystek, P., Müller, J., 2020. Heterogeneity–diversity relationships differ between and within trophic levels in temperate forests. Nature Ecology and Evolution 4(9), 1204-1212.

- Ilhamdi, M.L., Al Idrus, A.G.I.L., Santoso, D., Hadiprayitno, G., Syazali, M., Hariadi, I., 2024. Species richness and dispersion patterns of Lepidoptera (Rhopalocera) in the Nuraksa Forest Park, Lombok, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity* 25, 62-70.
- Karimi, S., Pourbabaie, H., Khodakarami, Y., 2017. The effect of fire on the relative importance (SIV) index and frequency distribution models of plant species in the Zagros forests. *Natural Ecosystems of Iran* 8(3), 111-126. (In Persian)
- Kemp, J.E., Linder, H.P., Ellis, A.G., 2017. Beta diversity of herbivorous insects is coupled to high species and phylogenetic turnover of plant communities across short spatial scales in the Cape Floristic Region. *Journal of Biogeography* 44(8), 1813-1823.
- Krebs, C.J., 2014. *Ecological Methodology*, 3rd ed. Benjamin/Cummings, 745p.
- Krebs, C.J., Kenney, A.J., 2002. *Fortran programs for Ecological Methodology*. Exeter Software, East Setauket, New York 11733.
- Li, J.Y., Chen, Y.T., Shi, M.Z., Li, J.W., Xu, R.B., Pozsgai, G., You, M.S., 2021. Spatio-temporal distribution patterns of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) in a fine-scale agricultural landscape based on geostatistical analysis. *Scientific Reports* 11(1), 13622.
- Magurran, A.E., 2021. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing.
- Matthews, T.J., Whittaker, R.J., 2015. On the species abundance distribution in applied ecology and biodiversity management. *Journal of Applied Ecology* 52(2), 443-454.
- Musthafa, M.M., Abdullah, F., Martinez-Falcon, A.P., de Bruyn, M., 2021. How mountains and elevations shape the spatial distribution of beetles in Peninsular Malaysia. *Scientific Reports* 11(1), 5791.
- Najafifar, A., Jafarian, N., 2024. Investigating the ecological range distribution and environmental factors affecting the distribution of woody species in the Zagros forests of Ilam Province. *Iranian Journal of Applied Ecology* 12(4), 57-73. (In Persian)
- Nazzarpour Fard, K., Pourbabaie, H., 2020. Spatial distribution pattern using distance and quadratic methods in Zagros recreational area. *Journal of Environmental Research and Technology* 6(4), 31-37. (In Persian)
- Oksanen, J., Blanchet, F.G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P.R., O'Hara, R.B., Simpson, G.L., Solymos, P., Stevens, M.H.H., Wagner, H., 2014 *Vegan: Community Ecology Package*. R Package Version 2.2-0. <http://CRAN.Rproject.org/package=vegan>
- Prado, P., Dantas Miranda, M., Chalom, A., 2024. sads: Maximum Likelihood Models for Species Abundance Distributions. <https://CRAN.R-project.org/package=sads>.
- Pereira, D.S., Phillips, A.J.L., 2025. Exploring the diversity and ecological dynamics of palm leaf spotting fungi – A case study on ornamental palms in Portugal. *Journal of Fungi* 11(1), 43.
- R Core Team, 2025. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- Rabieh, M.M., Rostampour, M., 2025. Biodiversity of noctuid moths (Lepidoptera: Noctuidae) in the Ark protected area, East Iran. *Journal of Entomological Society of Iran* 45(2), 267-284.
- Ribas-Marquès, E., Díaz-Calafat, J., Boi, M., 2022. The role of adult noctuid moths (Lepidoptera: Noctuidae) and their food plants in a nocturnal pollen-transport network on a Mediterranean island. *Journal of Insect Conservation* 26, 243-255.
- Rostampour, M., 2024. Spatial distribution pattern of plant species in mountain almond (*Amygdalus scoparia* Spach.) habitat in Shaskouh protected area, South Khorasan. *Forest Research and Development* 10(3), 295-322. (In Persian)
- Rostampour, M., Yari, R., 2024. Investigating the distribution pattern of ten halophytes species using quadrature indices and discrete probability distribution: A case study of Eastern Iran's desert ecosystems. *Desert Ecosystem Engineering* 12(41), 89-105. (In Persian)
- Sanaei, A., Li, M., Ali, A., 2019. Topography, grazing, and soil textures control over rangelands' vegetation quantity and quality. *Science of the Total Environment* 697, 134153.

- Song, X., Ji, L., Liu, G., Zhang, X., Hou, X., Gao, S., Wang, N., 2023. Patterns and drivers of aboveground insect diversity along ecological transect in temperate grazed steppes of Eastern Eurasian. *Insects* 14(2), 191.
- Summerville, K.S., Crist, T.O., 2003. Determinants of lepidopteran community composition and species diversity in eastern deciduous forests: Roles of season, eco-region, and patch size. *Oikos* 100(1), 134-148.
- Szigeti, V., Körösi, Á., Harnos, A., Nagy, J., Kis, J., 2016. Measuring floral resource availability for insect pollinators in temperate grasslands a review. *Ecological Entomology* 41(3), 231-240.
- Tronstad, L.M., Bell, C., Cook, K., Dillon, M.E., 2025. Using species distribution models to assess the status of the declining western bumble bee (*Bombus occidentalis*) in Wyoming, USA. *Environments* 12(1), 2.
- Wolda, H., 1988. Insect seasonality: Why? *Annual Review of Ecology and Systematics* 19, 1-18.
- Vieira, L.R., Henriques, N.R., De Souza, M.M., 2022. Communities of Lepidoptera along an elevational gradient in the Brazilian Atlantic Forest (Lepidoptera: Papilionoidea). *Shilaps Revista de Lepidopterologia* 50(197), 175-189.
- Zare Chahooki, M.A., Naseri Hesar, N., 2018. Habitat distribution modeling of some plant species using logistic regression in the semi-arid rangelands. (Case study: Eshtehard rangelands). *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)* 31(1), 93-100. (In Persian)
- Zhang, K., Lin, S., Ji, Y., Yang, C., Wang, X., Yang, C., Yu, D.W., 2016. Plant diversity accurately predicts insect diversity in two tropical landscapes. *Molecular Ecology* 25(17), 4407-4419.