



## بررسی مدل‌های توزیع وفور و پارامتریک تنوع در خزه‌های پوست‌نشین در رابطه با تغییرات ارتفاعی جنگل‌های کاسپینی، جنوب نوشهر

حبیب زارع<sup>۱\*</sup>، مسلم اکبری‌نیا<sup>۲</sup>، لارس هدناس<sup>۳</sup> و طیبه امینی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، باغ گیاه‌شناسی نوشهر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران

<sup>۲</sup> دانشیار دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی نور، تهران

<sup>۳</sup> استاد موزه تاریخ طبیعی استکهلم، بخش کریپتوگامیک، استکهلم، سوئد

<sup>۴</sup> مربی پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، باغ گیاه‌شناسی نوشهر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۳/۳۱، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۱۵)

### چکیده

به‌منظور پی بردن به نحوه توزیع افراد و تغییرات وفور خزه‌های پوست‌نشین (کورتیکولوس)، در رابطه با تغییرات اکوسیستم‌ها که خود تحت تأثیر تغییرات ارتفاعی است، جنگل‌های جنوب نوشهر در امتداد یک ترانسکت طولی از ارتفاع ۰ تا ۲۵۰۰ متر انتخاب شد. این جنگل‌ها به سه لایه ارتفاعی یا اکوسیستم که دارای تیپ‌های جنگلی مشخص و غالبی بودند، تقسیم و در هر تیپ ۱۰۰ درخت به‌عنوان سطوح میزبان برای خزه‌های پوست‌نشین انتخاب شد. با استفاده از شاخص‌های پارامتریک تنوع و انواعی از مدل‌های توزیع وفور، تغییرات وفور گونه‌ای و تنوع موجود در امتداد شیب تغییرات ارتفاعی بررسی شد. نتایج نشان داد که تیپ راش-ممرز با قرارگیری در لایه‌های میانی جنگل که از بارش‌های بیشتری نیز برخوردار است، در همه مدل‌های استفاده‌شده از دو تیپ انجیلی-ممرز در ارتفاع پایین و اوری-لور در ارتفاع بالاتر متنوع‌تر است و دو تیپ مستقر در لایه‌های پایینی، تغییرات وفور و جمعیت خزه‌های وابسته به آن با مدل توزیع عصای شکسته تطابق دارند که این موضوع، برخلاف تیپ غالب ارتفاعات است که از مدل لگاریتمی پیروی می‌کند.

**واژه‌های کلیدی:** پراکنش وفور، رتبه‌بندی تنوع، شاخص‌های یکنواختی، جنگل‌های هیرکانی

### مقدمه

پایداری اکولوژیکی و حاصلخیزی بیشتری خواهد داشت. تغییرات تنوع گونه‌ای در گروه‌های زیستی گیاهی و در شرایط متفاوت اقلیمی از الگوهای متفاوتی پیروی می‌کند و شکل‌های متفاوتی از توزیع افراد را نمایش می‌دهد (Van Reenen et al., 1983; Lomolino, 2001; Pharo, 2002; MC Cain, 2004). این تغییرات در گیاهان عالی نیز به‌طور محسوسی بین اشکال زیستی مختلف حتی در یک اقلیم زیستی

Whittaker (1972) از نخستین کسانی بود که تشخیص داد تنوع زیستی باید از راه‌های متعددی و در سطوح متفاوت اندازه‌گیری شود و حفاظت از تنوع زیستی در سطح اکوسیستم بر حفاظت گونه‌ها به‌صورت فردی برتری دارد. تنوع زیستی اصطلاحی کلی برای نشان دادن تنوع در طبیعت است. هر رویشگاهی که تنوع زیستی بیشتری داشته باشد،

منطقه و بیشتر در سایه‌سارهای جنگل‌های منطقه و در شکل گروه‌های اکولوژیکی وابسته به درخت و دیگر سطوح حضور دارند و گروه‌های متفاوت آنها تحت تأثیر تغییرات گرادیان‌های متفاوت اکولوژیکی منطقه قرار دارند و نشانگرهای خوبی از این تغییرات‌اند که کمتر به صورت گروه‌های محسوس نقش‌آفرینی آنها مشاهده شده است (Zare et al., 2017). خزها ساختاری ابتدایی و ساده دارند و ریشه واقعی ندارند و بسیاری از اندام‌ها از ردیف‌های سلولی تمایز یافته برای وظایف اختصاصی به منظور فعالیت‌های حیاتی رشد و نمو شکل گرفته و سازماندهی شده‌اند. رطوبت در این وظایف اختصاصی نقش اصلی را دارد و این گیاهان تحت تأثیر مستقیم تغییرات رطوبتی محیط اطراف خود قرار دارند و به این صورت جزو گروه‌های وابسته به رطوبت هوا محسوب می‌شوند و همه فعالیت‌های حیاتی آنها تحت تأثیر رطوبت محیط است (Shaw et al., 2000). بنابراین تغییرات شیب رطوبتی از عوامل محدودکننده حضور و فراوانی گروه‌های مختلف خزها است (Zare et al., 2017). خزها در شکل زیستی ویژه و اکولوژی خاص خود در بخشی از دایره گوناگونی حیات قرار دارند که شناخت بخشی از ویژگی‌های ناشناخته آن، ما را به درک واقعیت‌های حیات و تغییر نگرش به زیست‌مندی رهنمون می‌سازد که کمتر در شکل حیات مستقل بدان‌ها توجه شده است (Zare et al., 2017). برخورداری جنگل‌های کاسپینی از رطوبت تحت تأثیر دوری و نزدیکی به دریا، شکل ناهمواری‌ها و جهات جغرافیایی آنها و تغییرات ارتفاعی آن است. به صورت معمول، بدون مراجعه به آمارهای ضدونقیض اقلیمی با توجه به نقایص بی‌شمار ناشی از نبود ایستگاه‌های هواشناسی در لایه‌های ارتفاعی در محدوده جنگل‌های کاسپینی و عدم اطمینان از آمارهای دستکاری‌شده، تغییرات و مقدار بارش‌ها و برخورداری از نزولات مربوطه در منطقه به صورتی است که از نواحی کم‌ارتفاع و جلگه‌ای به سمت لایه‌های میانی (۹۰۰ تا

ثابت و مشخص متفاوت است و واکنش‌های متفاوتی درباره این تغییرات نیز متصور بوده و قابل مشاهده است. برای مثال، تغییرات فراوانی در گروه‌های مختلف و نحوه توزیع افراد بین گونه‌ها حتی در گیاهان یک تیره مشخص، ولی با فرم و ساختار رویشی مختلف ممکن است متفاوت باشد (Ranna et al., 2019; Leps, 2005). در این راستا، گونه‌های درختچه‌ای با شکل زیستی متفاوت نسبت به گیاهان درختی همان تیره ولی در شکل رویشی درختی که ساختار توده را تعیین می‌کنند، واکنش حضور و توزیع متفاوتی در رابطه با شیب تغییرات محیطی نشان خواهند داد، چراکه حضور درختان و سایه‌انداز تاج‌پوشش، بر دیگر گروه‌های همراه مؤثرند و جمعیت و نوع توزیع را تعیین خواهند کرد. در همین زمینه، تغییرات گروه‌های زیستی متفاوت همچون انواعی از علفی‌های برگ‌باریک و برگ‌پهن و سرخس‌ها متفاوت خواهد بود. بنابراین نمی‌توان تغییرات تنوع و عوامل پارامتریک وابسته به آن را همواره برای یک اکوسیستم ثابت و تغییرات آن را توجیه‌پذیر و قابل تعمیم دانست. تحقیقات زیادی در همین زمینه به‌ویژه در خصوص تغییرات تنوع در رابطه با تغییرات شیب، ارتفاع و جهت دامنه در سطح جهان و اکوسیستم‌های متفاوت انجام گرفته که هر کدام نیز نتایج متفاوتی را نشان داده‌اند (Lomolino, 2001). جنگل‌های محصور در بین دریای کاسپین و رشته‌کوه‌های بلند البرز و تالش که به جنگل‌های "هیرکانی" معروف‌اند، به دلیل برخی ویژگی‌های اقلیمی و فلورزیستیکی خود منتسب و وابسته به اقلیم اروپا سیبری است که از بسیاری جهات با جنگل‌های مشابه در منطقه همچون جنگل‌های قفقازی و جنگل‌های اگزینی متفاوت بوده و خاستگاه تعدادی از گونه‌های انحصاری است که کمتر سراغی از آنها را می‌توان در دیگر مناطق مشابه گرفت (Zare et al., 2017). خزها از دیگر بخش‌های مهم این اکوسیستم‌اند که متأثر از اقلیم مرطوب

بنابراین، این پژوهش با استفاده از اطلاعات به‌دست‌آمده از نحوه توزیع افراد خزهای در بین جمعیت‌های متفاوت درختی و ارزیابی‌های مربوط، تغییرات تنوع و جمعیتی این گروه ارزشمند حیاتی، پرده از بسیاری رازهای انتشار و چگونگی توزیع گونه‌ها بر خواهد داشت و این تغییرات از دریچه‌های متفاوت با استفاده از این گروه از زیست‌مندان بررسی خواهند شد.

### مواد و روش‌ها

#### منطقه پژوهش

این پژوهش، در سه طبقه ارتفاعی از یک شیب تغییرات ارتفاعی در جنگل‌های جنوب نوشهر با ویژگی‌های اقلیمی معتدل مرطوب در پایین‌ترین حد یعنی ارتفاع کمتر از ۱۰۰ متر (جنگل معدن) با ویژگی‌های اقلیمی معتدل مرطوب تا ۲۵۰۰ متر (ارتفاعات سی‌سر در کجور) با اقلیم معتدل مرطوب سرد انجام گرفت. مختصات جغرافیایی دربرگیرنده طول و عرض امتداد مورد نظر به‌شرح جدول ۱ انتخاب و انجام شد.

۱۴۰۰ متر) بارش‌ها روند افزایشی و از این ارتفاع به بعد روند کاهشی دارد و در ارتفاعات بالاتر از ۱۸۰۰ متر تا ۲۷۰۰ متر یا بیشتر به حداقل خود می‌رسد و شیب نمودار دریافتی نزولات به‌شدت کاهشی می‌شود. مصداق عینی این واقعیت، انبوهی پوشش و حضور بسیاری از تیپ‌های رویشی جنگلی رطوبت‌دوست و وابستگی و استقرار آنها در این لایه‌های میانی است. برای مثال از نظر تنوع و پوشش، مهم‌ترین گروه‌های وابسته به رطوبت در جنگل مانند سرخس‌ها و جگرواش‌ها و پهن‌برگان علفی وابسته به جنگل در این لایه‌ها بیشترین انبوهی و حضور را نشان می‌دهند. بنابراین، پوشش گیاهی بهترین شاخص و نشانگر زیستی برای شرایط اقلیمی هر منطقه به حساب می‌آید.

در همین زمینه می‌توان با استفاده از یکی از شاخص‌های زیستی ارزنده و معتبر جنگلی مانند خزها، به تغییرات اقلیمی در طول یک گرادیان مهم در منطقه رویشی هیرکانی یعنی تغییرات ارتفاعی پی‌برد و با استفاده از نحوه توزیع افراد و تغییرات وفور، درباره این پدیده مشهود در اکوسیستم‌های منطقه، اطلاعات ارزشمندی را به‌دست آورد (Zare et al., 2017).

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی امتداد نمونه‌برداری در جنگل‌های جنوب نوشهر

طول جغرافیایی (شروع)	طول جغرافیایی (انتهای)	عرض جغرافیایی (شروع)	عرض جغرافیایی (انتهای)
۵۱° ۲۹' ۳۹"	۵۱° ۲۷' ۳۵"	۳۶° ۳۶' ۵۷"	۳۶° ۱۹' ۰۳"

#### شیوه اجرای پژوهش

در این پژوهش، کل جنگل تحت بررسی براساس ویژگی‌های رویشی و تیپ‌های جنگلی اصلی و غالب به سه طبقه ارتفاعی یا اکوسیستم شامل پایین‌بند (۷۰۰-۰ متر)، میان‌بند (۱۷۰۰-۷۰۰ متر) و بالابند (۲۵۰۰-۱۷۰۰ متر) تقسیم شد. با توجه به اینکه در این پژوهش تنها خزهای درختزی (پوست‌نشین<sup>۱</sup>) بررسی خواهند شد، فرایند نمونه‌برداری و برداشت خزها همانند برداشت گیاهان عالی در سطح قاب‌های

نمونه‌برداری<sup>۲</sup> انجام گرفت. برای این کار، ابعاد ۴۰×۶۰ سانتی‌متر برای برداشت خزهای پوست‌نشین جنگل‌های معتدله مناسب تشخیص داده شد (Odor et al., 2007). با توجه به تغییرات غنای گونه‌ای خز از ارتفاع ۲/۵ متری از طول تنه به سمت قاعده تنه و کاهش تنوع در این گرادیان کوچک، همه قاب‌ها در ارتفاع ۴۰ تا ۸۰ سانتی‌متری از سطح زمین

1. Corticolous Mosses  
2. Quadrate

درصد پوشش گونه‌های خزه در هر قاب ثبت شد. نمونه‌های خزه پس از جمع‌آوری و کدگذاری با استفاده از منابع معتبر خزه‌شناسی از جمله Nyholm, 1975; Ignatov & Ignatova, 2003; Smith, 2004 و با استفاده از مطالعات میکروسکوپی، کلید شناسایی و مطالعه نمونه‌های هرباریومی تیپ، شناسایی شد. پس از شناسایی دقیق نمونه‌ها، اسامی علمی آنها جایگزین کدهای داده‌شده در طبیعت شد. چنانکه آمد، روش برداشت نمونه‌ها براساس تغییر درختان و نیز تغییر اکوسیستم‌ها که در غالب تیپ‌های جنگلی جلوه می‌کنند بیان شده است، از آنجا که هر درخت مبنای سطح نمونه‌برداری یا اجرای قاب‌های نمونه، برای برداشت گونه‌های خزه است، پنج گونه درختی غالب هر تیپ در ۲۰ تکرار و در فاصله طبقات ارتفاعی ۱۰۰ تا ۱۵۰ متر نمونه‌برداری شدند (جدول ۲). تنوع گونه‌ای بین گونه‌های درختی در هر تیپ جنگلی و همچنین بین تیپ‌هایی که در طول شیب ارتفاعی استقرار یافته‌اند، بررسی و مقایسه شد. بنابراین داده‌های مربوط به پوشش خزه‌ها، براساس روش‌های اندازه‌گیری تنوع با شاخص‌های پارامتری یا غیرعددی<sup>۴</sup> تجزیه و تحلیل شدند. در همین زمینه، با توجه به انجام تحلیل‌های متعدد برای هر کدام از پنج درخت غالب در هر اکوسیستم، در نهایت سه اکوسیستم مربوطه نیز به طور مجزا مورد تحلیل قرار گرفتند. در این خصوص برای جلوگیری از تکرار و نمایش خارج از حوصله تحلیل‌ها به‌طور مجزا برای هر کدام از اکوسیستم‌ها، تنها نتایج مقایسه سه اکوسیستم براساس تفاوت تنوع گونه‌های خزهای موجود روی پوست درختان آنها نشان داده خواهد شد و تحلیل‌های مربوط نیز پیرامون آن خواهد بود. زیرا هدف اصلی از تحلیل‌های درون اکوسیستمی، نمایش تغییرات تنوع بین اکوسیستم‌ها و لایه‌های ارتفاعی مورد نظر و نمایش این تغییرات در رابطه با تغییرات ارتفاع در جنگل‌های منطقه است که نمونه‌ای از شرایط اکولوژیکی جنگل‌های مرطوب کاسپینی میانه را در البرز مرکزی نشان می‌دهد.

برداشت شد. طول بزرگ قاب نمونه‌برداری عمود بر محور تنه و طول کوچک در امتداد طول تنه برداشت شد تا بیشترین تغییرات گونه‌ای خزها روی تنه درختان مدنظر قرار گیرد. در هر تیپ ۱۰۰ قاب در نظر گرفته شد. براساس مشاهدات و جنگل‌گردشی‌های صورت گرفته و نیز با استفاده از اطلاعات موجود تیپ‌های: ۱. انجیلی-ممرز<sup>۱</sup>، ۲. راش-ممرز<sup>۲</sup> و ۳. اوری-لور<sup>۳</sup>، به‌صورت اجتماعات غالب و اصلی به‌ترتیب در هر یک از سه طبقه ارتفاعی مزبور شناسایی شدند و نمونه‌برداری در آنها انجام گرفت. ملاک انتخاب رویشگاه این است که کاملاً طبیعی بوده و نماینده خوبی برای تیپ مورد نظر باشد، به‌طوری که نسبت آمیختگی گونه‌ها حداقل ۳۰ و ۷۰ و حالت مطلوب‌تر ۵۰ و ۵۰ باشد (Odor et al., 2006)، در هر تیپ ۲۰ پایه از پنج گونه درختی غالب به‌صورت کاملاً تصادفی انتخاب شد (سعی شد درختان به‌صورت یکنواخت در سطح تیپ انتخاب و بررسی شوند). به‌منظور برخورداری از سطح مناسب و کافی برای برداشت قاب‌های مستطیلی، قطر برابر سینه حداقل ۴۰ سانتی‌متر به‌عنوان معیار انتخاب درختان در نظر گرفته شد. برای کاهش اثرهای نامطلوب فرم تنه و گورچه‌ها در نزدیکی سطح زمین و تغییرات غنای گونه‌ای از بالای تنه به سمت قاعده، محل برداشت قاب‌ها در ارتفاع ۴۰ تا ۸۰ سانتی‌متری از سطح زمین انتخاب شد (Smith, 1982). در مجموع در هر تیپ ۱۰۰ پایه از درختان مختلف (نمونه قاب) برداشت شد. بنابراین ۳۰۰ پایه از سه تیپ انتخاب شد که هر پایه نیز نماینده یک قاب نمونه‌برداری است. با برداشت قاب‌ها، نمونه‌های خزها با توجه به مشکل شناسایی در طبیعت، پس از جمع‌آوری و کدگذاری در فرم‌های ثبت اطلاعات،

1. *Parrotia persica* (DC.) C. A. Mey. – *Carpinus betulus* L.

2. *Fagus orientalis* Lipsky – *Carpinus betulus* L.

3. *Quercus macranthera* Fisch. et Mey. – *Carpinus orientalis* Miller

4. Parametric Indices

جدول ۲- نمونه ماتریس تشکیل شده برای گونه درختی *Parrotia persica* (DC.) C. A. Mey.

ردیف	Mosses Species	Q1 Parroti1	Q2 Parrotia 2	Q3 Parroti.....	Q20 Parrotia 20
۱	گونه خزه A	۲۵	۳۴	۰	۱۲
۲	گونه خزه B	۱۳	۰	۹	۰
۳	گونه خزه C	۰	۲۹	۰	۵۶

## روش تحلیل

نتایج تحلیل شاخص‌های مختلف تنوع گونه‌ای برای تجزیه واریانس و مقایسه معنی‌داری آن و همچنین مقایسه چندگانه میانگین‌های مربوط با استفاده از آزمون دانکن بررسی شد. در ابتدا داده‌ها تحت آزمون همگنی واریانس لون و آزمون انحراف از توزیع نرمال کولموگروف-اسمیرنوف قرار گرفتند و سپس آزمون‌ها در نرم‌افزار SPSS 19 به اجرا درآمدند. در این بررسی، تحلیل‌های مربوط به تنوع و تغییرات وفور و جمعیتی گروه‌ها با استفاده از شاخص‌های پارامتری یا غیرعددی تنوع تحلیل شدند، زیرا با استفاده از این شاخص‌ها، به‌آسانی می‌توان دو یا چند جامعه را از نظر میزان تنوع مقایسه و تفسیر کرد. این شاخص‌ها بعد جدیدی را به روش‌های اکولوژیکی بررسی تنوع افزوده‌اند (Tothmeresz, 1993, Ejtehadi et al., 2009). در همین زمینه، داده‌ها با استفاده از تحلیل نیمرخ‌های درجه‌بندی تنوع، مدل‌های وفور-گونه، تحلیل منحنی‌های رتبه- فراوانی<sup>۱</sup>، تحلیل منحنی‌های غلبه K<sup>۲</sup> و همچنین مدل‌های توزیع فراوانی گونه‌ای که با استفاده از تحلیل مربع کای مقایسه شده و تطبیق داده می‌شوند، بررسی شدند. همه تحلیل‌های تنوع با استفاده از نرم‌افزارهای (Ganis, 1992), Diver, (Tothmeresz, 1993), NUCOSA ver.1 (Tothmeresz, 1993), DIVORD ver. 1.50 (Tothmeresz, 1995) انجام گرفت.<sup>۳</sup>

## نتایج

روش برداشت نمونه‌ها براساس تغییر درختان و نیز تغییر اکوسیستم‌ها که در غالب تپ‌های جنگلی جلوه می‌کنند بیان شده است. از آنجا که هر درخت مبنای سطح نمونه‌برداری یا اجرای قاب‌های نمونه، برای برداشت گونه‌های خزه است، پنج گونه درختی غالب هر تپ در ۲۰ تکرار و در فاصله طبقات ارتفاعی ۱۰۰ تا ۱۵۰ متر نمونه‌برداری شدند. تنوع گونه‌ای بین گونه‌های درختی در هر تپ جنگلی و همچنین بین تپ‌هایی که در طول گرادیان ارتفاعی استقرار یافته‌اند، بررسی و مقایسه شد. بنابراین داده‌های مربوط به پوشش خزه‌ها، براساس روش‌های اندازه‌گیری تنوع با شاخص‌های پارامتری یا غیرعددی<sup>۳</sup> تجزیه و تحلیل شد. برای رعایت اختصار، تنها نتایج مقایسه سه اکوسیستم براساس تفاوت تنوع گونه‌های خزه‌ای موجود روی پوست درختان آنها نشان داده شده است و تحلیل‌های مربوط نیز براساس آن خواهد بود. چراکه هدف اصلی از این تحلیل‌های درون اکوسیستمی، نمایش تغییرات تنوع بین اکوسیستم‌ها و لایه‌های ارتفاعی مورد نظر و نمایش این تغییرات در رابطه با تغییرات ارتفاع در جنگل‌های منطقه است که نمونه‌ای از شرایط اکولوژیکی جنگل‌های مرطوب کاسپینی میانه را در البرز مرکزی نشان می‌دهد.

## تحلیل منحنی غلبه K در تپ‌های جنگلی

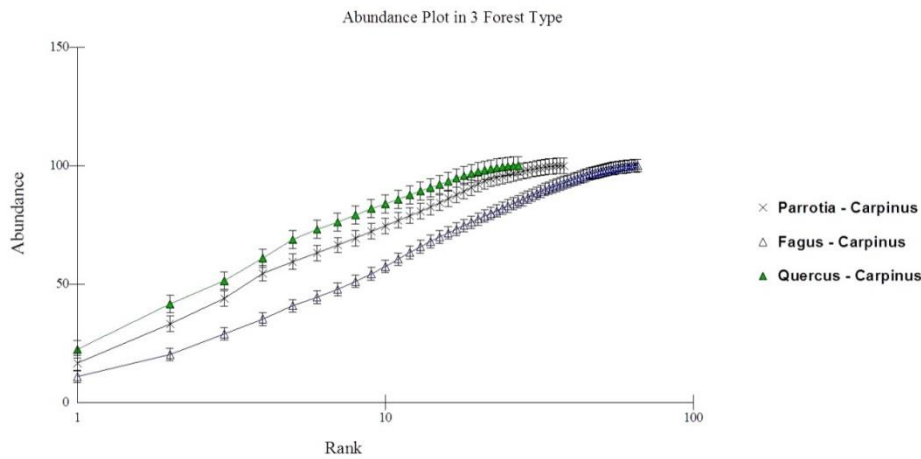
## بررسی شده

شکل ۱، منحنی غلبه K، عناصر خزه‌ای وابسته به درختان غالب تپ‌های جنگلی انجیلی- ممرز، راش- ممرز و اوری- لور را نشان می‌دهد، چنانکه مشخص

1. Rank-Abundance Plot
2. K-Dominance
3. Parametric Indices

دارد و پس از آن تیپ انجیلی- ممرز از نظر ارزش‌های مربوط به تنوع زیستی در جایگاه بعدی بالاتر از تیپ اوری- لور قرار گرفته است.

شده است، نمودار تیپ راش- ممرز به‌علت قرارگیری در پایین‌ترین قسمت منحنی‌ها نسبت به دو تیپ طبقه‌ارتفاعی بالاتر و پایین‌تر از خود بیشترین تنوع را

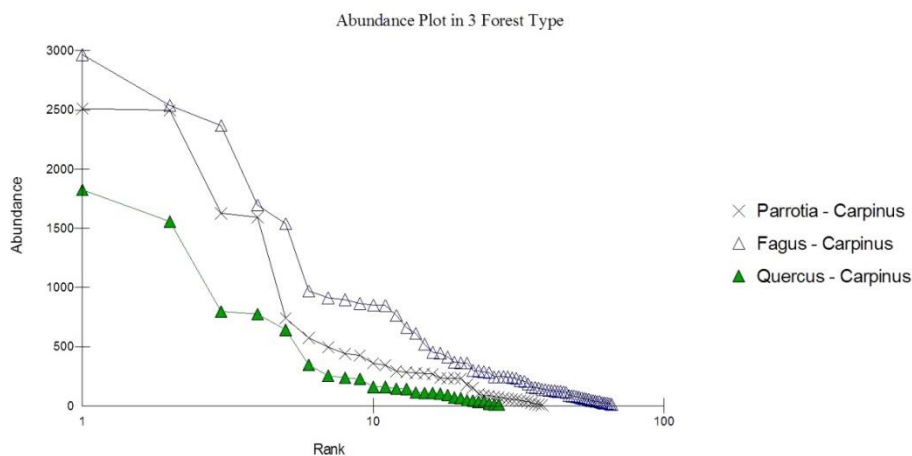


شکل ۱- منحنی وفور گونه‌های K-Dominance سه تیپ جنگلی تحت بررسی (محور X درصد فراوانی تجمعی و محور Y طبقه‌لگاریتمی)

نسبت به دو تیپ دیگر برخوردار است؛ تیپ اوری- لور در محدوده بینابینی قرار دارد، یعنی دارای شیب کمتری نسبت به تیپ انجیلی- ممرز است؛ اما تیپ انجیلی- ممرز از شیب به‌نسبت تندتری نسبت به دیگر تیپ‌ها برخوردار بوده و شدت تندی آن در مقادیر فراوانی زیاد محسوس‌تر است.

**بررسی منحنی رتبه- وفور Rank-abundance در تیپ‌های جنگلی بررسی‌شده**

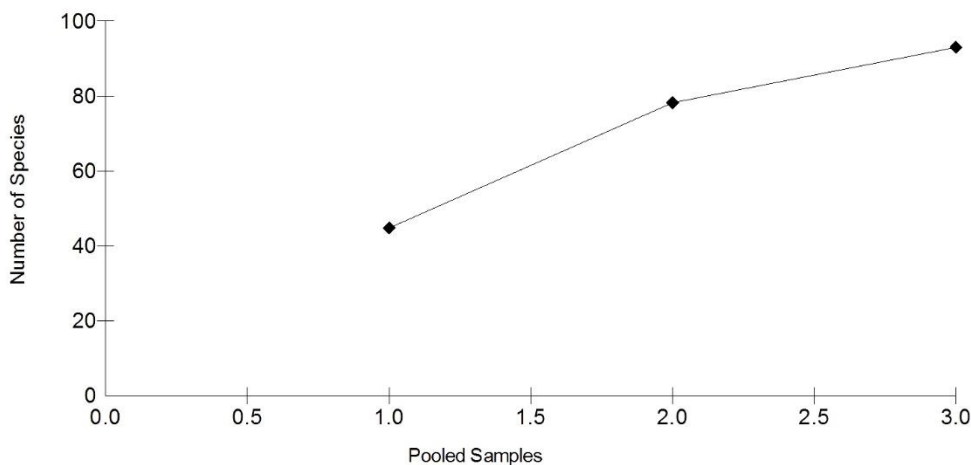
شکل ۲، منحنی فراوانی- رتبه‌ای درختان براساس میزان تغییرات داده‌های حاصل از تحلیل فراوانی خزه‌ها را در تیپ‌های جنگلی انجیلی- ممرز، راش- ممرز و اوری- لور نشان می‌دهد. تیپ راش- ممرز به‌علت برخورداری از شیب کم و طول بیشتر خط منحنی در امتداد محور X، از توزیع یکنواخت‌تری



شکل ۲- منحنی رتبه- فراوانی Rank-abundant سه تیپ جنگلی بررسی‌شده (محور X رتبه گونه و محور Y فراوانی گونه)

منحنی همچنان ادامه دارد. چنانچه در محور افقی مجموع داده‌های مربوط به ۱۰۰ نمونه برداشت شده در تیپ اول تحت عنوان نمونه ادغام شده اول و ۱۰۰ نمونه دوم به نام مجموع نمونه ادغام شده تحت عنوان نمونه دوم و به ترتیب تا نمونه سوم نمایش داده شده است و محور عمودی تعداد گونه‌ها یا غنای گونه‌ای را نشان می‌دهد.

شکل ۳، مقادیر غنای گونه‌ای موجود را در سه تیپ بررسی شده نشان می‌دهد. روند افزایش غنای گونه‌ای عناصر خزهای منحنی از نمونه ادغام شده تیپ انجیلی- ممرز تا تیپ راش- ممرز از روند افزایشی با شیب به نسبت تندی برخوردار است که به تدریج از تیپ دوم به سمت تیپ سوم شیب آن کم می‌شود و روند افزایش گونه کاهش می‌یابد، ولی روند افزایشی



شکل ۳- منحنی غنای گونه‌ای در سه تیپ بررسی شده

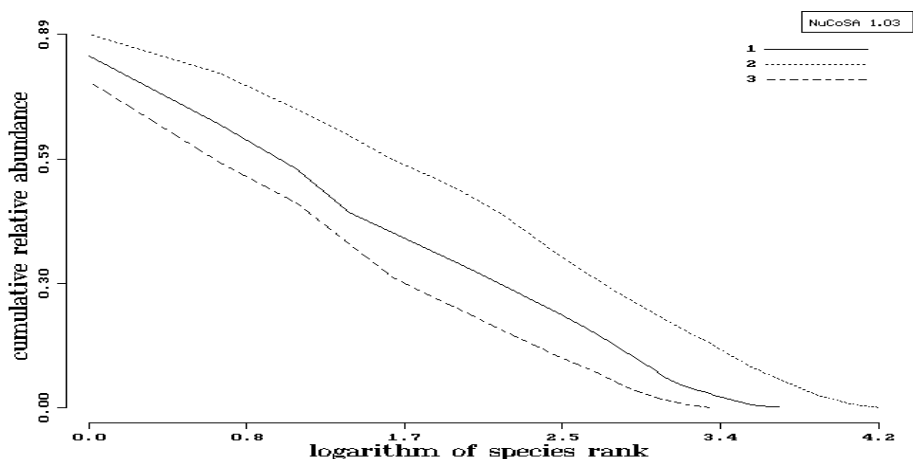
شاخص در این قسمت، در واقع برای نشان دادن و درک بهتر این روابط با استفاده از تغییرات حساسیت‌های هر کدام از شاخص‌ها به تغییرات پارامتر داده‌ها و ماهیت وفور گونه‌ها در جوامع مورد نظر است.

#### - مدل‌های توزیع فراوانی گونه‌ای در تیپ‌های بررسی شده

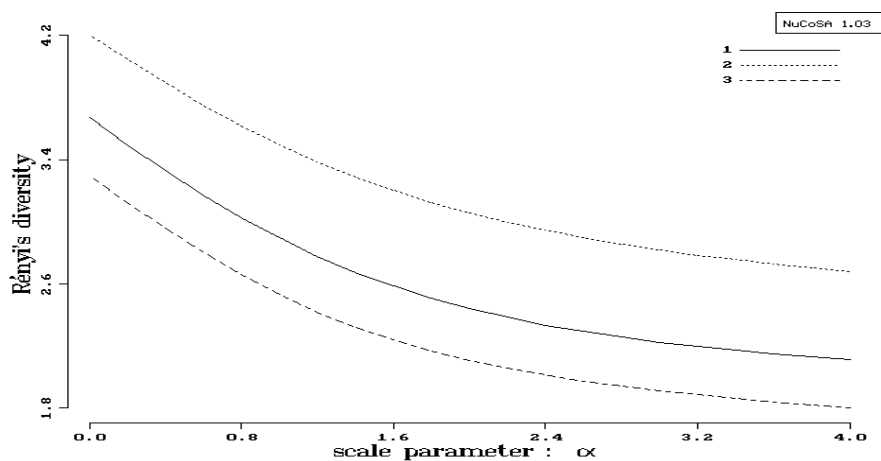
در رابطه با مدل‌های توزیع ریاضی داده‌های مربوط به هر کدام از تیپ‌ها با استفاده از روش‌های استفاده شده، مدل‌ها و توزیع وفور مربوط، مقایسه و تحلیل شدند (جدول ۳).

#### - منحنی‌های درجه‌بندی تنوع (Diversity Ordering) تیپ‌های بررسی شده

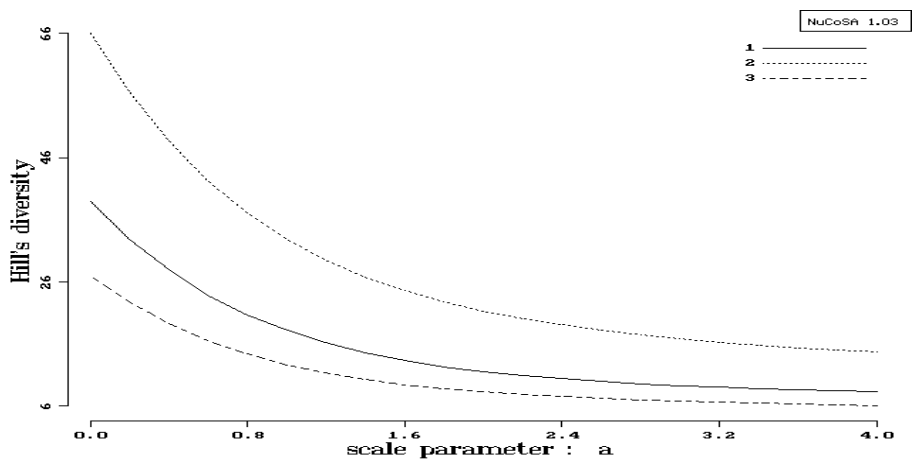
شکل‌های ۴ تا ۶، منحنی‌های درجه‌بندی تنوع را براساس شاخص‌های پارامتریک فراوانی تجمعی نسبی، رنی و هیل نمایش می‌دهد. به این صورت که در همه نمودارها، منحنی درجه‌بندی تنوع براساس شاخص‌های اشاره شده، تیپ راش- ممرز به علت قرارگیری در مرتبه بالاتر از دو منحنی دیگر، از تنوع گونه‌ای بیشتری برخوردار است و پس از آن تیپ انجیلی- ممرز بالاتر از تیپ اوری- لور قرار گرفته است بر همین اساس تیپ اوری- لور در پایین‌ترین سطح تنوع قرار گرفته است. نمایش همزمان هر سه



شکل ۴- منحنی رتبه‌بندی تنوع سه تیپ براساس شاخص پارامتریک فراوانی تجمعی نسبی (خط ممتد، شماره ۱: تیپ راش-ممرز، خط نقطه‌چین، شماره ۲: تیپ انجیلی- ممرز و خط چین، شماره ۳: تیپ اوری- لور)



شکل ۵- منحنی رتبه‌بندی تنوع براساس شاخص پارامتریک رنی (خط ممتد، شماره ۱: تیپ راش- ممرز، خط نقطه‌چین، شماره ۲: تیپ انجیلی- ممرز و خط چین، شماره ۳: تیپ اوری- لور)



شکل ۶- منحنی رتبه‌بندی تنوع براساس شاخص پارامتریک هیل (خط ممتد، شماره ۱: تیپ راش- ممرز، خط نقطه‌چین، شماره ۲: تیپ انجیلی- ممرز و خط چین، شماره ۳: تیپ اوری- لور)



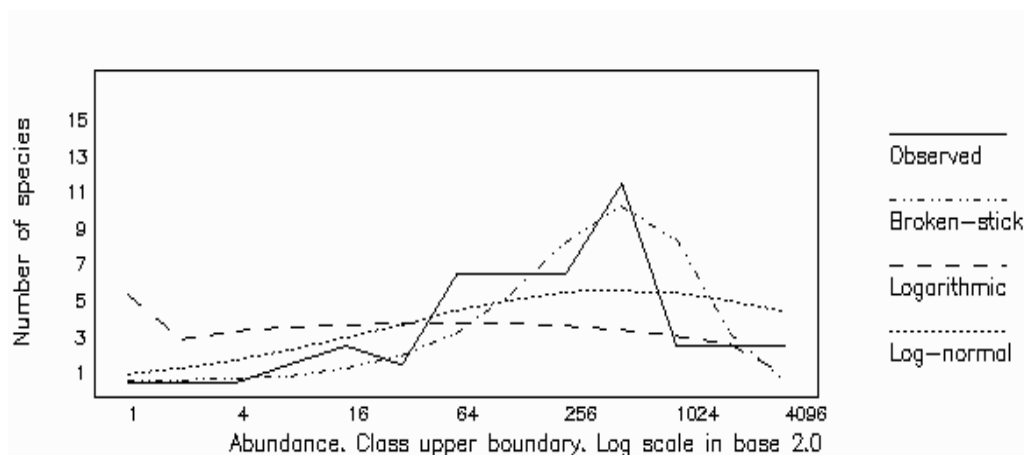
جدول ۳- تطابق گونه‌های درختی با مدل‌ها در تیپ اوری- لور

تیپ جنگلی	نرمال لگاریتمی (Log-Normal)	لگاریتمی (Logarithm)	عصای شکسته (Broken Stick)
انجیلی - ممرز	۴	۴	۲
راش - ممرز	۴	۴	۱
اوری - لور	۴	۴	۳

معنی‌دار بودن تطابق مدل‌ها در سطح  $P < 0.05$  در پارامترهای تحت بررسی (رتبه تطابق: ۱= تطابق بسیار زیاد ۲= تطابق زیاد ۳= تطابق کم ۴= بدون تطابق)

منحنی حاصل، این منحنی در رابطه با تطابق مدل‌ها بیشترین تطابق را با مدل توزیع عصای شکسته دارد و با مدل‌های دیگر هیچ‌گونه همپوشانی یا تطابق مدلی ندارد.

شکل ۷، مدل توزیع فراوانی تیپ انجیلی- ممرز را براساس میزان برخورداری و چگونگی توزیع گونه‌های خزه‌ای نمایش می‌دهد. چنانکه در نمودار مشخص است با وجود ناهمگنی و شکستگی‌هایی در طول



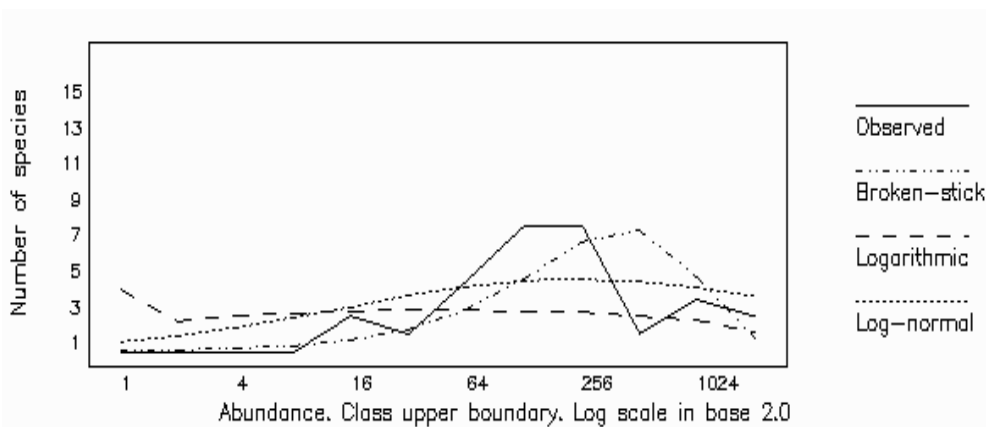
شکل ۷- مدل توزیع فراوانی تیپ انجیلی- ممرز

شکل ۹، مدل توزیع فراوانی تیپ اوری- لور را براساس میزان برخورداری و چگونگی توزیع گونه‌های خزه‌ای نمایش می‌دهد. چنانکه در نمودار مشخص است، با وجود ناهمگنی و شکستگی‌هایی در طول منحنی، مشاهده می‌شود که در برخی قسمت‌ها به‌ویژه در مراحل ابتدایی تمایل به منحنی لگاریتمی را نشان می‌دهد، اما در مجموع این منحنی به‌نسبت بیشترین تطابق را با مدل توزیع عصای شکسته دارد.

شکل ۸، مدل توزیع فراوانی تیپ راش - ممرز را براساس میزان برخورداری و چگونگی توزیع گونه‌های خزه‌ای نمایش می‌دهد. همان‌طور که در نمودار مشخص است، تنها در یک مورد شکستگی در منحنی مشاهده می‌شود. این منحنی در رابطه با تطابق مدل‌ها بیشترین تطابق را با مدل توزیع عصای شکسته دارد و با مدل‌های دیگر، هیچ‌گونه همپوشانی یا تطابق مدلی ندارد.



شکل ۸- مدل توزیع فراوانی تیپ راش - ممرز



شکل ۹- مدل توزیع فراوانی تیپ اوری - لور

با مراجعه به توزیع این تیپ‌ها و میزان تنوع گونه‌ای آنها، مشخص می‌شود که طبقه میانی یا تیپ راش - ممرز از بیشترین تنوع برخوردار است که دلیل آن، برخورداری از شرایط مساعدتر محیطی از جمله رطوبت است. همچنین تحقیقات سانچز-گونزالس و لوپز-ماتا در منطقه کوه‌های سرا تلاکو در سیرانودای شمالی در مکزیک و در امتداد ۱۳۰۰ متر تغییرات ارتفاعی در رابطه با تغییرات تنوع و غنای گونه‌ای سه فرم حیاتی نشان داد که تنوع زیستی به‌ویژه تنوع بتا به‌طور معنی‌داری با افزایش ارتفاع افزایش داشت. این روند افزایشی تا ارتفاعات میانی و مناطق هم‌تراز آن نیز مشخص بود و محدودیت‌های اکولوژیکی ناشی از تغییرات ارتفاعی نیز در کاهش تنوع مناطق نیز مؤثر

## بحث

در بررسی نتایج مدل منحنی غلبه  $K$ ، همان‌طور که در قسمت نتایج شاخص‌های غلبه و غالبیت در بین تیپ‌ها نشان داده شد، تیپ اوری - لور به‌علت برخورداری از بیشترین حد غلبه گونه‌ای در اثر حضور غالب تعدادی اندکی خزه با غلبه زیاد از گروه به‌نسبت خشکی‌پسندتر، منحنی آن بالاتر از منحنی‌های غلبه  $K$  تیپ‌های انجیلی - ممرز و راش - ممرز قرار گرفت، اما منحنی راش - ممرز به‌علت فرارگری در پایین‌ترین قسمت منحنی‌ها، از تنوع بیشتری نسبت به تیپ‌های دیگر برخوردار است. تیپ انجیلی - ممرز همواره در بین دو منحنی قرار داشته و از نظر حد تنوع و غلبه گونه‌ای حد واسط دو گروه است. بنابراین

(Ejtehadi et al., 2009). بررسی و تفسیر نتایج روند مقادیر غنای گونه‌ای در بین قطعات نمونه تیپ‌ها، بیانگر افزایش تعداد گونه در رابطه با افزایش تعداد قطعات نمونه است. ادامه روند شیب افزایشی منحنی در ۱۰۰ نمونه پایانی نمایانگر پتانسیل منطقه در برخورداری از تعداد گونه بیشتر است که افزایش تعداد نمونه‌برداری می‌تواند این ویژگی را در منطقه تحت مطالعه نمایش دهد. در بررسی نتایج حاصل از نیمرخ‌های تنوع در بین تیپ‌ها، نبود برخورد و نبود همپوشانی بین منحنی‌های حاصل، به‌وضوح قابل مقایسه بودن تیپ‌ها را نشان می‌دهد؛ به این صورت که تیپ راش-ممرز در همه شاخص‌های مورد استفاده شامل فراوانی تجمعی، رنی و هیل، منحنی تنوع گونه‌ای آن بالاتر از تیپ‌های انجیلی-ممرز و اوری-لور قرار داشته و تیپ اوری-لور نیز در پایین‌ترین سطح نسبت به دو تیپ دیگر قرار دارد. این نیمرخ‌ها به‌صورت گرافیکی و در طول پارامتر مقیاس به‌خوبی ارزش‌های کسب‌شده جوامع را در رابطه با میزان برخورداری از تنوع گونه‌ای نشان می‌دهند. این منحنی‌ها برای اثبات و ایجاد اطمینان بیشتر در مقایسه تنوع جوامع طراحی شده‌اند. ضمن اثبات تفاوت واقعیت‌های تحلیل‌های عددی تنوع جوامع، مشکلاتی همواره در زمینه مقایسه نتایج عددی گروه‌ها یا واحدهای مورد مقایسه وجود دارد که اغلب ناشی از حساسیت‌های شاخص‌های مختلف به گونه‌های نادر و فراوان و اهمیت نداشتن گونه‌های تعیین‌کننده جامعه است که اهمیت فراوانی دارند (Tothmeresez, 1995). این روش برای نمایاندن واقعیت‌های تنوع توسط (Ejtehadi et al., 2009; Salami et al., 2007) بررسی شد. این بررسی همانند تحقیق (Zare et al., 2004; Zare et al., 2007) در جنگل‌های سیاه‌بیشه چالوس در رابطه با تیپ‌های جنگلی موجود در ارتفاعات بالاتر از ۲۰۰۰ متر از سطح دریا نشان داد که این تیپ‌ها براساس

بود (Sanchez-Gonzalez & Iopez- Matta, 2005). همچنین Rana et al. (2019) در تحقیقات خود در هیمالیای شرقی، با استفاده از الگوهای جدید و مدل‌های ریاضی، تغییرات غنای گونه‌ای را در رابطه با هشت گونه خزهای به‌صورت پیشفرض انتخاب کردند. این بررسی نیز در رابطه با شیب ارتفاعی منطقه بود و مشخص شد که اوج غنای گونه‌ای بریوفیت‌ها در ارتفاعات میانی است که علت آن، تراکم بیشتر رطوبت و افزایش بارش بود.

مشابه این نتیجه‌گیری، تحقیقات (1999, 2007) Hedenas در بسیاری از مناطق نیمکره شمالی نشان داد که کمربندهای ارتفاعی میانی بیشترین تنوع و غنای گونه‌ای خزهای را دارند. همسو با نتایج این بررسی، طبقات میانی جنگل از تنوع بیشتری برخوردارند. (Pourbabaei & Dadvar, 2005) در بررسی خود، تنوع گونه‌ای گیاهان چوبی در جنگل‌های سری یک طرح جنگلداری کلاردشت مازندران را اثبات کردند. عرصه جنگل تحت بررسی به پنج طبقه ارتفاعی از سطح دریا تقسیم شد. بیشترین تنوع گونه‌های درختی در طبقه ارتفاعی ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متر از سطح دریا و کمترین آن در ارتفاع ۱۵۰۰ تا ۲۵۰۰ متر از سطح دریا دیده شد.

در بررسی نتایج مدل رتبه-وفور گونه‌ها در تیپ‌ها، شکل منحنی‌های حاصل به‌خوبی بیان‌کننده ماهیت تغییرات وفور گونه‌های خزهای اپیفیت در تیپ‌هاست؛ به این صورت که منحنی تیپ راش-ممرز نسبت به منحنی‌های تیپ‌های دیگر از شیب کمتر و طول منحنی بیشتری برخوردار است که نشان می‌دهد این تیپ از تیپ‌های دیگر متنوع‌تر است و علت آن، توزیع یکنواخت‌تر یا به‌عبارتی یکنواختی بیشتر در کنار غنای گونه‌ای بیشتر است که تنوع بیشتر در شکل مفهومی را توجیه می‌کند. مطابق نظر (Leps, 2005) برخورداری از شیب کم نمایانگر غالبیت کم و بلندی طول منحنی بیانگر زیاد بودن تعداد گونه‌ها و در نهایت تنوع گونه‌ای است

مناطق غربی کاسکاد که دارای جنگل‌هایی با ویژگی‌های اکولوژیک مزوفیت بود به سمت مناطق نیمه مرطوب واقع در شرق کاسکاد و سیرانوادا مشاهده کردند. گرادیان مشخص شده در رابطه با کاهش فراوانی ناشی از کاهش رطوبت بود. در زمینه کاهش تنوع گونه‌ای و شاخص‌های یکنواختی در این تپ که ناشی از تأثیرات اقلیمی است، براساس نظر بارنز، نایکنواختی یا هتروژنیته در محیط در هر مقیاسی سبب ایجاد تنوع می‌شود و شرایط حاد محیطی تنوع را محدود می‌کند (Barnes et al., 1998).

#### - برداشت تحلیلی توصیفی نهایی

این پژوهش با نگرشی تازه در برخورد با این گروه‌های کوچک زیستی اما بسیار تأثیرگذار، راه‌های فراوانی را برای کشف حقایق ساختاری در عرصه تنوع زیستی جنگل‌های هیرکانی هموار ساخت. یافته‌های این پژوهش، حاکی از تنوع زیستی بسیار زیاد در منطقه است. در این جنگل‌های مزوفیل در پی نمونه‌برداری، ۹۱ گونه خزه شناسایی شد که تقریباً یک‌پنجم کل خزه‌های ایران و نمایانگر تنوع زیاد و ناشناخته بودن ویژگی‌های فلوریستیک-اکولوژیک جنگل‌های شمال است. تنوع بسیار غنی منطقه، توجه بسیاری از خزه‌شناسان برجسته جهان مانند لارس هدناس<sup>۱</sup> از موزه تاریخ طبیعی استکهلم سوئد، ویسنته مازیمپاکا<sup>۲</sup> از اسپانیا، هانس بلوم<sup>۳</sup> از نروژ، هالینبک<sup>۴</sup> از اوپسالا در سوئد، میسائیل و النایگناتوف<sup>۵</sup> از دانشگاه مسکو و هارالد کورشنر<sup>۶</sup> از دانشگاه برلین را جلب کرده است؛ تنوعی که تنها در بخش بسیار کوچکی از این پهنه زیستی کم‌نظیر به دست آمده است. جنگل‌های بررسی شده در این پژوهش از در دسترس‌ترین گذرگاه‌های شناخته شده در نیمرخ

شاخص‌های پارامتری تنوع به‌ویژه نیمرخ‌های تنوع، به‌خوبی در رابطه با ویژگی‌های تنوع زیستی و تغییرات جمعیتی، از هم تفکیک شدند. در بررسی توزیع مدل‌های ریاضی رتبه-فراوانی گونه‌ها در بین سه تپ که براساس آزمون مربع کای و توسط نرم‌افزار Diver تحلیل شدند، به‌ترتیب اهمیت و میزان تطابق، تپ‌های راش-ممرز، انجیلی-ممرز و اوری-لور بیشترین تطابق را با مدل توزیع رتبه-فراوانی عصای شکسته نشان دادند؛ منحنی تپ اوری-لور تمایل به دیگر مدل‌ها را به‌صورت کم نشان داد که دلیل آن ممکن است تغییر وضعیت توزیع گونه‌های این تپ در رابطه با شرایط اکولوژیک حاکم در این رویشگاه (کاهش چشمگیر بارندگی، برخورداری از میزان روشنایی و تشعشعات بیشتر و بادهای شدید در منطقه) باشد. در واقع تغییرات مقدار رطوبت و دمای هوا از مناطق پایین‌بند تا ارتفاعات فوقانی جنگل‌های هیرکانی که ابتدا روندی افزایشی و سپس کاهش ناگهانی دارد، سبب کاهش مقادیر شاخص‌های مربوط به تنوع زیستی در جنگل‌های بالابند می‌شود. در واقع تغییر شرایط اشاره شده در طول گرادیان رطوبتی و حرارتی است که از مناطق پایین‌بند جنگل تا ارتفاعات فوقانی وجود دارد و روندی افزایشی و سپس کاهش ناگهانی را شامل می‌شود. در کل تنوع گیاهی با افزایش ارتفاع کاهش می‌یابد. این ارتباط به‌ویژه در عرض‌های جغرافیایی بالا قوی‌تر و مشهودتر است (Barnes, 1998; Hedenas, 1999, 2007). چنانکه Whittaker (1972) بیان می‌دارد الگوهای تنوع گیاهان توسط شرایط غیرزیستی، مانند اقلیم و ویژگی‌های خاک و به‌علاوه رژیم‌های تخریبی و رقابت برای آب، نور و مواد غذایی تعیین می‌شود. این روند در شکل‌دهی الگوهای توزیع در طول گرادیان مشخص بسیار مؤثر است. این وضعیت در مطالعات Clement & Shaw (1999) در مناطقی از ایالات متحده آمریکا بررسی شد. آنها تغییر مشخصی را در زمینه کاهش حضور و فراوانی گونه‌های خزه، از

1. Lars Hedenas

2. Vicente Mazimpaka

3. Hans Blom

4. Halynback

5. Elena Ignatova and Michaela Ignatov

6. Harald Kurschner

تجدید حیات در اثر حفظ رطوبت و عناصر غذایی خاک، حفاظت از گنجینه‌های ناشناخته بانک بذر در جنگل‌های هیرکانی، حفظ پوست درختان از بلاها و ناملایمت‌های طبیعت، ایجاد اکوسیستمی از جنگل‌های مینیاتوری که همه سطوح و چرخه غذایی را در خود جای داده است، همه و همه از رازهایی است که در پیرامون ما در حال وقوع و گذر تدریجی و تکاملی است که این تحقیق با مطالعه در بخش‌های کوچکی از این بی‌کران عرصه زیستی و کمتر شناخته شده، در کشف حقایق مربوط به آن تلاش داشته است؛ روابط و قوانینی که در کتابچه طبیعت جنگل‌های نوشهر و در قفسه‌های چیده شده از درختان در کتابخانه سبز جنگل وجود داشت. بنابراین این نتایج، چنان با ارزش است که می‌توان آن را کلید ورود به اکوسیستم‌ها یاد کرد و تغییرات و ارزیابی رویشگاه‌های جنگلی را بر پایه تفاوت بین تنوع گونه‌ای آنها، تفسیر و قضاوت کرد و درجه حساسیت و آسیب‌پذیری یا به عبارتی پایداری اکولوژیک اکوسیستم یا تیپ‌های جنگلی را بر پایه مدل‌های حاصل از تغییرات و توزیع وفور گونه‌ای توصیف، مدل‌سازی و مدیریت کرد.

### سپاسگزاری

این مطالعه که در راستای اجرای طرح پژوهشی و ملی "ارزیابی تنوع زیستی خزانه‌های ساپروگزلیک" انجام شده است، نویسنده مسئول، مراتب قدردانی خود را از موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور و سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی بابت فراهم آوردن امکان این پژوهش و حمایت‌های مربوطه، اعلام می‌دارد.

طولی البرز مرکزی است و بارها مورد بررسی‌های فلورزیستیک و اکولوژیک قرار گرفته است. ضمن اینکه جنگل‌های منطقه بکر نیستند و مورد بهره‌برداری‌های پراکنده‌ای نیز قرار دارند. بنابراین، با وجود این دگرگونی‌ها و دست‌درازی‌ها در عرصه‌های رویشی زیست‌مندان این اکوسیستم زیبا، با اطمینان می‌توان گفت هنوز هم بسیاری از ویژگی‌های فلورزیستیک-اکولوژیک جنگل‌های هیرکانی ناشناخته مانده است، تحلیل‌های اکولوژیک در اکوسیستم‌های پایین‌بند تا بالابند نیمرخ رویشی جنگل‌های جنوب نوشهر که از زوایای ارزیابی‌های تنوع گونه‌ای و از بعد تحلیل‌های پارامتری (غیر عددی) انجام گرفت، بسیاری از واقعیت‌های اکولوژیکی عناصر خزانه‌ای تأثیرگذار در طراحی اولیه اکوسیستم‌های جنگلی را نمایان ساخت. تغییرات فراوانی و نیز چگونگی توزیع وفور گونه‌ای خزانه‌ها در طول گرادیان ارتفاعی منطقه و تغییرات غنا و ساختار سینوزیای ترکیب خزانه‌ای که پیش از این کمتر به آنها توجه شده، همه و همه گوشه بسیار کوچکی از گوناگونی حیات پیرامون ماست. تغییرات و نمایش غنا و یکنواختی گروه‌های خزانه‌ای وابسته به درختان جنگلی، نشان‌دهنده رفتارهای بسیار پیچیده ارتباط‌های تکاملی است که در طول زمان به جای مانده است. تغییرات در سطح گونه‌های درختی همراه با تنوع شکل و ساختار پوست درختان مختلف، همراه با تغییرات نوسانی ارتفاع از سطح دریا و در نتیجه تغییرات ناشی از تفاوت در برخورداری از ریزش‌های جوی، در شکل تغییرات تدریجی عناصر خزانه‌ای اپیفیت نمایان می‌شود که در یکی از پایین‌ترین سطوح تکاملی جهان گیاهی قرار دارند. ارتباط‌های بسیار پیچیده و نامحسوس آن در جهت افزایش تولید خالص در جنگل از طریق افزایش

### References

Barnes, B.V., Zak, D.R., Denton, S.R., & Spurr, S.H. (1998). *Forest Ecology*. John Wiley & Sons, New York.

- Clement, J.P., & Shaw, D.C. (1999). Crown structure and the distribution of epiphyte functional group biomass in oldgrowth *Pseudotsuga menziesii* trees. *Ecoscience*, 6, 243–254.
- Ejtehadi, H., Sepehri, A., Akkafi, H.R. (2009). *Methods of Measuring Biodiversity*. Ferdowsi University of Mashhad.
- Ganis, P. (1992). DIVER: a program for diversity measures in ecology, University of Trieste, distributed by *Scientia Publishing*, Budapest, Hungary.
- Hedenäs, L. (1999) Altitudinal distributions in relation to latitude; with examples among wetland mosses in the Amblystegiaceae, *Bryobrothera*, 5, 99-115.
- Hedenäs, L. (2007). Global diversity patterns among pleurocarpous mosses. *THE BRYOLOGIST*, 110(2), 319–331.
- Ignatov, M.S., & Ignatova, E.A. (2003). Moss flora of the Middle European Russia. Sphagnaceae-Hedwigiaceae. Moscow: KMK Scientific Press Ltd, 1, 2.
- Leps, J. (2005). Diversity and ecosystem function, In: *Vegetation ecology*. Blackwell Publishing, 308-347.
- Lomolino, M.V. (2001). Elevation gradients of species richness, historical and prospective views. *Global Ecology and Biogeography*, 10, 3–13.
- McCain, C.M. (2004). The mid-domain effect applied to elevational gradients: species richness of small mammals in Costa Rica. *Journal of Biogeography*, 31, 19–31.
- Odor, P., Heilmann-Clausenb, J., Christensen, M., Audeb van Dortd, E.K.W., Piltavere, A., Sillerf, I., Veerkampd, M.T., Walleyng, R., Standova' ra, T., van Heesd, A.F.M., Kosece, J., Matoc'eci, N., Kraigherh, H., & Grebenc, T. (2006). Diversity of dead wood inhabiting fungi and bryophytes in semi-natural beech forests in Europe. *Biological Conservation*, 131, 58-71.
- Pharo, E.J., & Beattie, A.J. (2002). The association between substrate variability and bryophyte and lichen diversity in eastern Australian forests. *Bryologist*, 105, 11–26.
- Pourbabaei, H., & Dadvar, KH. (2005). Species diversity of woody plants in the district No.1 forests, Kelardasht, Mazandaran province. *Iranian Journal of Biology*, 4, 307-322.
- Rana, S.K., Gross, K.D., & Price, T. (2019). Drivers of elevational richness peaks, evaluated for trees in the east Himalaya. *Ecology, Ecological Society of America*, 100(1) 1-12.
- Romero, C., Putz, F.E., & Kitajima, K. (2006). Ecophysiology in relation to exposure of pendant epiphytic bryophytes in the canopy of a tropical montane oak forest. *Biotropica*, 38, 35–41.
- Salami, A., Zare, H., Amini, T., Ejtehadi, H., & Jafari, B. (2007). Comparison of plant species diversity in the two grazed and ungrazed rangeland sites in Kohneh Lashak, Nowshahr. *Pajouhesh & Sazandegi*, 75, 37-46.
- Sánchez-González, A., & López-Mata, L. (2005). Plant species richness and diversity along an altitudinal gradient in the Sierra Nevada, Mexico. *Diversity and Distribution*, 11, 567–575.
- Shaw, J., & Goffinet, B. (2000). *Bryophyte Biology*, Cambridge University Press.
- Smith, A.J.E. (2004). *The Moss Flora of Britain and Ireland*. Cambridge University press.
- Smith, A.J.E. (1982) *Bryophyte Ecology*. Cambridge University press.
- Tothmeresz, B. (1995). Comparison of different methods for diversity ordering. *Journal of Vegetation Science*, 6, 283-290.
- Tothmeresz, B. (1993). DIVORD 1.50: Aa program for diversity ordering. *Tiscia*, 27, 33-44.

Van Reenen, G.B.A. & Gradstein, S.R. (1983). Studies on Colombian Cryptogams. A transect analysis of the bryophytes vegetation along an altitudinal gradient on the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Acta Botanica Neerlandica, species diversity*. *Taxon* 21(2/3), 213-251.

Whittaker, R.H. (1972). Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21(2/3), 213-251.

Zare, H., Akbarinia, M., & Amini, T. (2007). Study and comparison of species diversity on forest types and its changing on geographical directions in masouleh, the first conference of plant systematic of Iran. *Institute of Forests and Rangelands and Iranian council of Biology*, 61.

Zare, H., Ejtehad, H., & Amini, T. (2004). Study on plant species diversity in the Siahbisheh forests, Chalous, Mazandaran. *Environment, Jihad-e Daneshgahi*, 1, 35-42.

Zare, H., Hednas, L., Akbarinia, M., & Amini, T. (2017). The important of mosses biodiversity conservation in Iran. *Journal of Iran Natures*, Research Institute of Forests and Rangelands, 2(4), 56-69.



Research Article

**Investigation parametric diversity models in epiphytic corticolous mosses in relation to elevation changes in Caspian forests, south of Nowshahr (north of Iran)**

H. Zare<sup>1\*</sup>, M. Akbarinia<sup>2</sup>, L. Hednäs<sup>3</sup> and T. Amini<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Assistant Prof., Nowshahr Botanical Garden, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

<sup>2</sup> Associate Prof. of Forestry, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran

<sup>3</sup> Dept. of Botany, Swedish Museum of Natural History, Stockholm, Sweden

<sup>4</sup> Senior Research Expert, Nowshahr Botanical Garden, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

(Received: 20 Jun 2020, Accepted: 4 Jan 2021)

**Abstract**

In order to understand the distribution models of corticolous mosses (epiphytes growing on trees barks) and variations in their abundance related to altitudinal gradients, southern forests of Nowshahr were selected along a longitudinal transect from 0-2500 m.a.s.l. These forests consisted of three dominant forest types and within each type, 100 trees were selected as mosses substrata. By using parameter diversity indices and a variety of abundance distribution models, the extent of species abundance variation and diversity of the species have been studied along the altitudinal gradient. Results showed that, in the middle layers of Hyrcanian forests, which has more precipitation, *Fagus orientalis-Carpinus betulus* forest types were significantly more diverse than other types including *Parrotia persica-Carpinus betulus* in the lower parts and *Quercus macranthera-Carpinus orientalis* in upper parts. The distribution model of two lower types were fitted in broken-stick model but *Quercus macranthera-Carpinus orientalis* which was in the upper parts was fitted in the logarithmic model.

**Keywords:** Abundance distribution, Diversity ordering, Evenness indices, Hyrcanian forests.