# ارزیابی جوامع گیاهی با استفاده از شاخص‌های جدید تنوع تاکسونومیکی (مطالعه موردی: مراتع اطراف استان تهران)

پروانه عشوری[۱]، عادل جلیلی[۲]، افشین دانه‌کار[*۳]، محمد علی زارع چاهوکی[۴] و بهنام حمزه[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۶/۰۵ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۱۲/۱۰


## چکیده

در اغلب مطالعات بوم‌شناسی جوامع، بررسی تنوع زیستی در سطح گونه‌ها و به‌صورت انفرادی درنظر گرفته شده است و به وابستگی گونه‌ها به سطوح بالاتر درخت تکاملی کم‌تر توجه شده است. شاخص‌های جدید تنوع و تمایز تاکسونومیکی با ملاحظه پراکندگی روابط بین گونه‌ها در سطوح مختلف خویشاوندی نسبت به سایر شاخص‌های مرسوم تنوع زیستی اطلاعات بیش‌تری را در سطوح بالاتر از گونه در اختیار بوم‌شناسان قرار می‌دهد. در این مطالعه با استفاده از این شاخص‌ها به بررسی تنوع و تمایز ساختار تاکسونومیکی گونه‌های گیاهی شش سایت مرتعی واقع در اطراف استان تهران در شش سطح تاکسونومیکی پرداخته شد. نتایج نشان داد که سایت ساوه ($\Delta$=۶۷/۸ و $\Delta^*$=۷۱/۳) و سایت سلفچگان ($\Delta$=۶۱/۴ و $\Delta^*$=۶۴/۴) به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین میزان شاخص‌های تمایز و تنوع تاکسونومیکی را به خود اختصاص دادند که نشان‌دهنده وجود طول مسیر زیاد بین گونه‌ها در طول درخت فیلوژنی سایت ساوه است. شاخص میانگین تمایز تاکسونومیکی در سلفچگان نشان می‌دهد خانواده‌ها و راسته‌های کم‌تری به ازای کل گونه‌ها وجود دارد ($\Delta^+$ = ۶۵/۲). با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان بیان کرد که سایت‌های سلفچگان، البرز و دماوند نسبت به سایت‌های ساوه، فیروزکوه و سمنان از گونه‌زایی نسبی بیش‌تری برخوردارند و دارای ساختار تکاملی ناهمگنی هستند. به عبارت دیگر در این سایت‌ها بخش بزرگی از گونه‌ها به‌طور نامتعادل در تعداد کمی از خانواده‌ها تجمع پیدا کرده‌اند. به‌طور کلی شاخص‌های تنوع تاکسونومیکی در کنار سایر شاخص‌های تنوع گونه‌ای می‌تواند جهت ارزیابی کامل‌تر و جامع‌تری از تنوع زیستی و فرایندهای موجود در اکوسیستم‌ها به‌ویژه آنالیز تنوع گونه‌ای جوامع مرتعی به‌کار رود.


**واژه‌های کلیدی:** تنوع تاکسونومیکی، تمایز تاکسونومیکی، شاخص تنوع زیستی، آنالیزجوامع مرتعی.


[۱]-دانشجوی دکترا محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

[۲]- استاد مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور.

[۳]- دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

*: نویسنده مسئول: danehkar@ut.ac.ir

[۴]-استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

[۵]- استادیار مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور.


[ Downloaded from rangelandsrm.ir on 2024-10-12 ]

[ DOR: 20.1001.1.20080891.1395.10.1.8.8 ]

**مقدمه**

موضوع تنوع زیستی برای ارزیابی چگونگی کارکرد اکوسیستم‌ها و نقش آن‌ها در اکوسیستم از اهمیت خاصی برخوردار است. در مطالعه جوامع اکولوژی، شاخص‌های تنوع زیستی، شاخص‌های ساختگی هستند که اطلاعات چندبعدی در ارتباط با ترکیب گونه‌ای از یک جامعه را ارائه می‌دهند. شاخص‌های تنوع زیستی بایستی برای هر نوع اجتماع گونه‌ای با توجه به تعداد گونه‌ها و شکل توزیع فراوانی آن‌ها قابل استفاده باشند. کاربردی‌ترین روش برای درک فرایندهایی که ترکیب گیاهی یک جامعه را می‌سازند، اندازه‌گیری شاخص‌های عددی تنوع است (۷). با این حال روشن شده است که برآورد ساده‌ای از تنوع گونه‌ای برآورد بسیار خامی از ساختار جامعه است (۱۳). در طول سال‌ها، چندین فرمول در ادبیات اکولوژی برای اندازه‌گیری تنوع گونه‌ای براساس تعداد گونه‌ها و فراوانی نسبی آنها مطرح شده است. مروری بر انواع شاخص‌های تنوع زیستی توسط پیلو (۱۲)، مارگالف (۹)، پیت (۱۰) و مرور جدیدی توسط لورا (۸) ارائه شده است. یکی از اشکالات شاخص‌های غنای گونه‌ای (نظیر شانون-وینر، سیمپسون، مارگالف و بریلوین) وابستگی شدید این شاخص‌ها به اندازه نمونه برداری است بدون آنکه به تنوع تاکسونومیکی موجود در جامعه توجه نمایند. برای مثال، کاملاً مشخص است که جامعه ای با ۱۰ گونه از یک جنس دارای تنوع زیستی پایین‌تری از جامعه‌ای است که شامل ۱۰ گونه از جنس‌های مختلف می‌باشد اما به دلیل این که این شاخص‌ها عموماً توصیف‌کننده آخرین سطح طبقه‌بندی (گونه) می‌باشند نمی‌توانند اختلاف بین این دو جامعه را تشخیص دهند. همچنین با توجه به وابستگی این شاخص‌ها به نوع زیستگاه و پیچیدگی آن، پاسخ شاخص غنای گونه‌ای به تغییرات محیطی در زیستگاه‌های متفاوت، یکنواخت نیست (۱۷). برای مثال، اگر پس از یک آشفتگی محیطی، اکثر گونه‌های یک جامعه که همگی متعلق به یک جنس هستند توسط گونه‌هایی از جنس‌های مختلف اما با همان فراوانی جایگزین شوند، آنالیزهای تنوع مرسوم، قادر به آشکارسازی اثرات آشفتگی‌های محیطی بر روی تنوع گونه‌ای نخواهند بود (۱۳) و امکان دارد اختلاف معنی‌داری میان غنای گونه‌ای در دو محیط (قبل از آشفتگی و تحت تأثیر آشفتگی) مشاهده نشود، یا حتی غنای گونه‌ای در محیط تحت تأثیر آشفتگی بیش از شاهد بدست آید و ما به اشتباه نتیجه بگیریم که هیچ آشفتگی در محیط نبوده است (۱۶). زمانی که کل سلسله مراتب طبقه‌بندی گونه‌ها در نظر گرفته شود و در تجزیه و تحلیل ساختار جامعه اندازه‌گیری فاصله تاکسونومیکی گونه‌های موجود در جامعه را درنظر بگیریم (۱۹) می‌توان درک بهتری از پاسخ جوامع به محدودیت‌های محیط اطراف خود داشته باشیم. در سال ۱۹۹۵ وارویک و کلارک (۱۶)، شاخص‌های جدیدی از تنوع زیستی ارائه دادند که برخی از اشکالات غنای گونه‌ای و شاخص‌های تنوع پیشین را برطرف می‌نمود. این شاخص‌ها علاوه بر فراوانی گونه‌ای (آنچه در غنای گونه‌ای و شاخص‌های تنوع محاسبه می‌گردد) به محاسبه فاصله تاکسونومیکی میان هر دو گونه در درخت تکاملی می‌پرداختند. آنها معتقد بودند که در برابر آشفتگی‌های انسانی و طبیعی گروهی از طبقات تاکسونومیکی یک اکوسیستم ممکن است در نگه‌داری اکوسیستم پایداری داشته باشند (۱۶). بنابراین آن‌ها به‌منظور کمی کردن چنین تغییراتی در روابط تاکسونومیکی، با استفاده از محاسبه طول فاصله بین گونه‌ها شاخص‌هایی را که تنوع تاکسونومیکی و تمایز تاکسونومیکی یک جامعه را محاسبه می‌کرد، ارائه دادند. تمایز تاکسونومیکی اندازه‌گیری روابط خویشاوندی گونه‌ها و تنوع تاکسونومیکی مخلوطی از روابط خویشاوندی با ویژگی‌های یکنواختی توزیع فراوانی گونه‌هاست (۲). در واقع تنوع تاکسونومیکی فرمول تغییریافته شاخص غالبیت گونه‌ای سیمپسون است که اطلاعاتی در زمینه روابط تاکسونومیکی درون یک نمونه را به آن اضافه نموده است. ارزش‌های بالای شاخص میانگین تمایز تاکسونومیکی نشان‌دهنده فلورهایی با تعداد زیادی خانواده و روابط خویشاوندی در ارتباط با غنای گونه‌ای و ارزش‌هایی نزدیک صفر نشان‌دهنده فلورهایی با خانواده و روابط خویشاوندی کم‌تر در ارتباط با کل غنای گونه‌ای و فلورهایی با فواصل انشعابات کم‌تر است. این شاخص‌ها برای اولین بار با استفاده از اطلاعات تاکسونومیکی برای ارزیابی تنوع زیستگاه‌های آبی بکار گرفته شدند. در جدول (۱) تعریفی از شاخص‌های تاکسونومیکی مورداستفاده در این

[ Downloaded from rangelandsrm.ir on 2024-10-12 ]

[ DOR: 20.1001.1.20080891.1395.10.1.8.8 ]

تحقیق ارائه داده شده است. با مروری بر سوابق تحقیق مشخص شد که مطالعات زیادی در زمینه علوم دریایی با استفاده از این شاخص‌ها انجام گرفته است و همچنین مطالعاتی در زمینه جوامع گیاهی توسط برخی اکولوژیست‌ها ارائه شده است، از جمله گوالی و همکاران (۶) شاخص‌های تنوع و تمایز تاکسونومیکی درختان و درختچه‌های منطقه جنگلی در اوگاندا را بررسی کردند. همچنین داسیلوا و باتال‌ها (۴)، شاخص‌های تاکسونومیکی را در جوامع ساوانا برزیل و دامینگوئز و همکاران (۵) از شاخص‌های تاکسونومیکی برای بررسی مقایسه تنوع گیاهی دو جزیره قناری و هاوایی استفاده کرده‌اند. در این تحقیق ما به‌دنبال پاسخ به این سوالات هستیم: آیا روابط خویشاوندی برخی سایت‌ها بیش‌تر است؟ آیا سایت‌های موردمطالعه از لحاظ ساختار تاکسونومیکی متعادل و همگن هستند؟ به‌منظور پاسخ به این سوالات با استفاده از شاخص‌های تاکسونومیکی به مقایسه تنوع زیستی گیاهی بین شش سایت مرتعی پرداخته شد و سهم نسبی هریک از شاخص‌ها در ترکیب جامعه گیاهی مورد بررسی تعیین شد.

**مواد و روش‌ها**

این تحقیق در محدوده اراضی اطراف استان تهران در شش سایت تحقیقاتی تحت مدیریت مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، انجام پذیرفت. سه سایت که معرف هریک از مناطق خشک (بارندگی کم‌تر از ۲۰۰میلیمتر) و نیمه‌خشک (بارندگی بیش‌تر از ۲۰۰ میلیمتر) اطراف استان تهران بودند، جهت نمونه‌برداری انتخاب شدند. داخل هر سایت ۱ هکتاری تعداد ۳۰ پلات یک مترمربعی در طول ۴ ترانسکت جهت برآورد پوشش گیاهی جای‌گذاری شدند. جمعاً در ۱۸۰ پلات در ۶ منطقه مورد مطالعه نوع گونه و درصد پوشش گیاهی اندازه‌گیری شد. جداول (۲) و (۳) مشخصات سایت‌های موردمطالعه را همراه با گونه‌های غالب هر سایت نشان می‌دهند. ابتدا پس از شناسایی گونه‌های نمونه‌برداری شده، لیست فلوریستیک گیاهان در هر سایت تهیه شد، سپس سلسله مراتب طبقه‌بندی علمی گونه‌ها در شش سطح گونه، جنس، خانواده، راسته، رده، گروه براساس آخرین گروه‌بندی سلسله مراتبی نهاندانگان (۱)، استخراج شد. در این تحقیق از فاکتور درصد پوشش گونه‌ها به‌عنوان متغیر در فرمول شاخص‌های تاکسونومیکی تنوع زیستی استفاده گردید. جهت درنظر گرفتن گونه‌های نادر در ترکیب جامعه گیاهی، از جذر ریشه چهارم درصد پوشش گونه‌های داخل پلات‌های اندازه‌گیری شده در هر سایت استفاده شد. از شش سطح تاکسونومیکی گونه، جنس، خانواده، راسته، رده و گروه اصلی نهاندانگان برای تعیین شاخص‌های تنوع تاکسونومیکی و تمایز تاکسونومیکی با بهره‌گیری از نرم‌افزار تخصصی پرایمر نسخه ۶/۱ استفاده شد.

[ Downloaded from rangelandsrm.ir on 2024-10-12 ]

[ DOR: 20.1001.1.20080891.1395.10.1.8.8 ]

**جدول ۱- تعریفی از شاخص‌های تنوع تاکسونومیکی (اقتباس از کلارک و وارویک (۲ و ۳))**

| نام شاخص | توضیح | فرمول |
|---|---|---|
| تنوع تاکسونومیک | عبارت است از فاصله تاکسونومیکی بین هر دو فرد که به صورت تصادفی از نمونه انتخاب شده اند. گونه‌هایی که نزدیک به پایه یک درخت تبارشناختی و یا تاکسونومیکی هستند، واگرا می‌شوند (انشعاب پیدا می‌کنند) و خویشاوندان نزدیک کم‌تری دارند و تاریخچه تکاملی بیش‌تری حفظ می‌کنند نسبت به آن‌ها که قبلا واگرایی یافته و همنوعان بیش‌تری دارند. این شاخص تحت تاثیر فراوانی گونه‌ها است. | $\Delta = \frac{\sum\sum_{i<j}\omega_{ij}x_ix_j}{n(n-1)/2}$ <br> n : تعداد گونه‌های موجود <br> $\dot{\omega}_{ij}$ : وزن اختلاف تاکسونومیکی بین گونه i و گونه j <br> X فراوانی گونه‌ها |
| تمایز تاکسونومیک | میانگین فاصله بین تمام جفت گونه‌ها را در جامعه نمونه‌برداری شده، محاسبه می‌کند با این شرط که دو فرد از یک گونه نباشند. این فاصله به بخشی از طول مسیری گفته می‌شود که در کل درخت فیلوژنی لینه گونه‌ها را به‌هم ارتباط می‌دهد. این شاخص تحت تاثیر فراوانی گونه‌ها است. ارزش‌های نزدیک به ۱۰۰نشان دهنده فلوری با خانواده زیاد در روابط خویشاوندی است. | $\Delta^* = \frac{\sum\sum_{i<j}\omega_{ij}x_ix_j}{\sum\sum_{i<j}x_ix_j}.$ <br> $\dot{\omega}_{ij}$ : وزن اختلاف تاکسونومیکی بین گونه i و گونه j <br> X فراوانی گونه‌ها |
| میانگین تمایز تاکسونومیک | میانگین فاصله تاکسونومیکی بین هر دو گونه در نمونه یا به بیانی دیگر طول فاصله هر دو فرد که به صورت تصادفی از نمونه انتخاب شده‌اند. به‌منظور برداشتن اثر غالبیت فراوانی برخی گونه‌ها و مشخص شدن گونه‌های نادر با تقسیم تنوع تاکسونومیکی بر شاخص سیمپسون به‌دست می‌آید. از ماتریس حضور و عدم حضور گونه‌ها استفاده می‌کند و فراوانی گونه‌ها رادر نظر نمی‌گیرد. | $\Delta^+ = \frac{\sum\sum_{i\neq j}\omega_{ij}}{s(s-1)}$ <br> S : تعداد گونه‌های موجود <br> $\dot{\omega}_{ij}$ : وزن اختلاف تاکسونومیکی بین گونه i و گونه j <br> X فراوانی گونه‌ها |
| واریانس تمایز تاکسونومیک | پراکندگی فاصله تاکسونومیکی دو گونه حول محور میانگین تمایز تاکسونومیکی را واریانس تمایز تاکسونومیکی گویند. زمانی که شاخص تمایز تاکسونومیکی برای دو مورد متفاوت (زیستگاه‌هایی که شاخص تنوع یکسانی دارند) یکسان باشد، زیستگاهی که دارای واریانس بالاتری است از تنوع تاکسونومیکی بیش‌تری بر خوردار می‌باشد. اعداد بالاتر نشان‌دهنده عدم تعادل در ساختار تاکسونومیکی و توزیع تامتعادل گونه‌ها و جنس و خانواده‌ها است. | $\Lambda^+ = \frac{\sum\sum_{i<j}\omega_{ij}^2}{n(n-1)/2} - (\Delta^+)^2.$ <br> n : تعداد گونه‌های موجود <br> $\dot{\omega}_{ij}$ : وزن اختلاف تاکسونومیکی بین گونه i و گونه j <br> X فراوانی گونه‌ها <br> $\Delta^+$: شاخص میانگین تمایز تاکسونومیکی |
| کل تمایز تاکسونومیک | شاخص کل تمایز تاکسونومیکی با درنظر گرفتن میزان فواصل موجود در انشعابات و روابط درونی گونه‌ها میزان واقعی تنوع تاکسونومیکی اکوسیستم‌ها را بیان می‌کند. | $TTD = S.\Delta^+ = \sum_i[(\sum_{j\neq i}\omega_{ij})/(S-1)]$ <br> S : تعداد گونه‌های موجود <br> $\dot{\omega}_{ij}$ : وزن اختلاف تاکسونومیکی بین گونه i و گونه j <br> X فراوانی گونه‌ها |

[ Downloaded from rangelandsrm.ir on 2024-10-12 ]

[ DOR: 20.1001.1.20080891.1395.10.1.8.8 ]

**جدول ۲ - مشخصات سایت‌های مورد مطالعه**

| نام سایت | اقلیم | عرض جغرافیایی (N) | طول جغرافیایی (E) | ارتفاع (m) | میانگین بارندگی سالانه ۳۰ ساله (mm) | میانگین دمای سالانه ۳۰ ساله (°C) | میانگین حداقل دمای سالانه ۳۰ ساله (°C) | میانگین حداکثر دمای سالانه ۳۰ ساله (°C) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ساوه | خشک | ۳۵ ۲۶ | ۵۰ ۵۳ | ۱۴۰۰ | ۱۸۹ | ۱۹ | ۱۰ | ۲۳ |
| سلفچگان | خشک | ۳۴ ۳۱ | ۵۰ ۲۳ | ۱۵۰۰ | ۱۸۰ | ۱۸ | ۱۰ | ۲۲ |
| سمنان | خشک | ۳۵ ۴۵ | ۵۳ ۵۷ | ۲۵۰۰ | ۲۰۴ | ۱۳ | ۸ | ۱۸ |
| البرز | نیمه خشک | ۳۵ ۵۱ | ۵۰ ۵۵ | ۱۷۰۰ | ۲۵۵ | ۱۵ | ۹ | ۲۱ |
| دماوند | نیمه خشک | ۳۵ ۳۹ | ۵۲ ۲۶ | ۲۳۰۰ | ۳۷۵ | ۱۳ | ۷ | ۱۹ |
| فیروزکوه | نیمه خشک | ۳۵ ۵۲ | ۵۲ ۳۶ | ۲۹۰۰ | ۴۰۸ | ۶ | ۴ | ۱۵ |

**جدول۳- مهم ترین گونه‌های موجود در سایت‌های موردمطالعه به‌ترتیب با توجه به اندازه درصد پوشش داده‌ها**

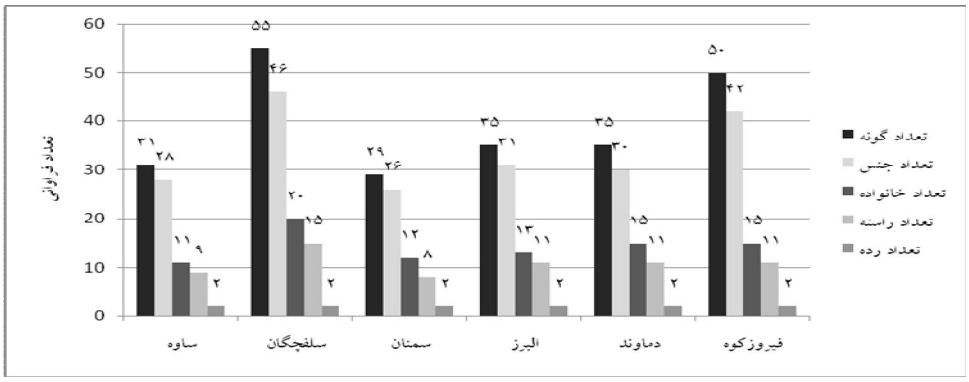
| نام سایت | گونه‌های گیاهی غالب منطقه |
|---|---|
| فیروزکوه | *Bromus tomentellus, Asperula setosa, Cousinia multiloba, Psathyrostachys fragilis, Taraxacum* sp., *Alyssum marginatum, Astragalus ochrochlorus, Thymus pubescens, Tragopogon caricifolius, Onobrychis cornuta* |
| دماوند | *Agropyron cristatum, Bromus tomentellus, Poa bulbosa, Alyssum desertorum, Stipa hohenackeriana, Galium verum, Cousinia* sp., *Henrardia persica, Kochia prostrata* |
| البرز | *Poa sinaica, Psathyrostachys fragilis, Erysimum crassipes, Bromus danthoniae, Bromus tomentellus, Centaurea virgata, Pimpinella aurea, Tanacetum pinnatum* |
| سمنان | *Stipa hohenackeriana, Festuca ovina, Scariola orientalis, Marrubium cuneatum, Astragalus mesoleios, Achillea wilhelmsii, Cousinia nekarmanica, Stachys inflata, Acantholimon erinaceum, Euphorbia cheiradenia* |
| سلفچگان | *Stipa hohenackeriana, Boissiera squarrosa, Psathyrostachys fragilis, Bromus tectorum, Ziziphora tenuior, Xeranthemum annuum* |
| ساوه | *Stipa hohenackeriana, Salsola laricina, Ziziphora tenuior, Aegilops columnaris, Alyssum stapfii, Artemisia sieberi, Xeranthemum annuum* |

## نتایج

در بررسی پوشش گیاهی سایت‌های موردمطالعه، در مجموع در۱۸۰ پلات، تعداد ۱۵۱ گونه متعلق به ۹۵ جنس،۳۰ خانواده، ۱۸راسته و ۲ رده شناسایی شدند. سایت سلفچگان با ۵۵ گونه و فیروزکوه با ۵۰ گونه به‌ترتیب دارای بیش‌ترین غنای گونه‌ای بودند. تعداد گونه، خانواده، جنس، راسته و رده در هریک از سایت‌های موردمطالعه در شکل (۱) و مقادیر انواع شاخص‌های تنوع تاکسونومیکی در جدول (۴) خلاصه شده است. شاخص تمایز تاکسونومیکی و تنوع تاکسونومیکی با اختلافات جزیی به‌ترتیب در سایت‌های ساوه، فیروزکوه، سمنان، البرز، دماوند و سلفچگان از بیش‌ترین به کم‌ترین میزان محاسبه شدند. شکل (۲) و (۳) نمودار شاخص‌های تنوع تاکسونومیکی را در سایت‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد. به‌جز سایت سلفچگان با ۱۵ راسته که رفتاری متمایز از سایر سایت‌های خشک (ساوه و سمنان) از خود نشان می‌دهد، سایت‌های سمنان با ۸ راسته و ساوه با ۹ راسته از تعداد راسته کم‌تری نسبت به سایت‌های مناطق نیمه‌خشک با ۱۱ راسته مشتق شده‌اند.

[ Downloaded from rangelandsrm.ir on 2024-10-12 ]

[ DOR: 20.1001.1.20080891.1395.10.1.8.8 ]




**شکل ۱- تعداد گونه، خانواده، جنس، راسته و رده در سایت‌های موردمطالعه**

**جدول ۴- میانگین شاخص‌های تنوع تاکسونومیکی در سایت‌های موردمطالعه**

| | نام سایت | Δ | Δ * | Δ + | s Δ + | Λ+ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| خشک | ساوه | ۶۷/۸ | ۷۱/۳ | ۷۱ | ۵۴۲/۵ | ۲۵۸/۷ |
| | سلفچگان | ۶۱/۴ | ۶۴/۴ | ۶۵/۲ | ۵۱۸/۸ | ۴۷۳/۶ |
| | سمنان | ۶۵/۵ | ۷۰/۳ | ۶۹/۸ | ۴۳۳/۷ | ۲۱۸/۱ |
| نیمه خشک | البرز | ۶۴ | ۶۹/۲ | ۶۹/۱ | ۴۲۵/۴ | ۳۶۰/۳ |
| | دماوند | ۶۱/۵ | ۶۸/۲ | ۶۹/۱ | ۳۶۵/۲ | ۳۲۸ |
| | فیروزکوه | ۶۵/۹ | ۷۰/۶ | ۷۰/۵ | ۵۱۶/۷ | ۲۳۲/۳ |

Δ: شاخص تنوع تاکسونومیکی براساس داده‌های فراوانی (Tax div)، * Δ: شاخص تمایز تاکسونومیکی براساس داده‌های فراوانی (Tax dis)، + Δ: شاخص میانگین تمایز تاکسونومیکی (براساس داده‌های حضور و عدم حضور) (AvTD)، + s Δ: شاخص کل تمایز تاکسونومیکی که از ضرب + Δ در غنای گونه‌ای بدست می‌آید (TTD)، +Λ: شاخص واریانس تمایز تاکسونومیکی (براساس داده‌های حضور و عدم حضور) (var TD)

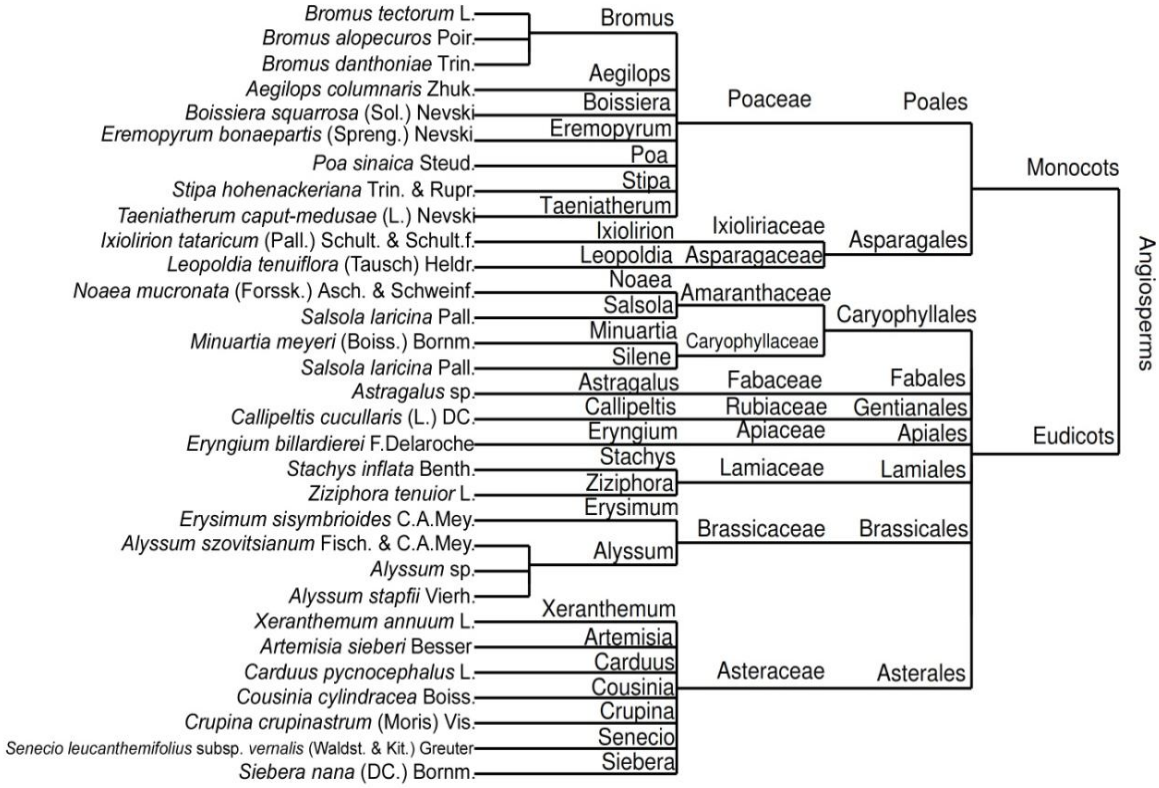
**شکل ۲- نمودار مقادیر شاخص‌های تاکسونومیک در سایت‌های مورد بررسی**

[ Downloaded from rangelandsrm.ir on 2024-10-12 ]

[ DOR: 20.1001.1.20080891.1395.10.1.8.8 ]

**شکل ۳- نمودار مقادیر واریانس و شاخص کل تمایز تاکسونومیک در سایت‌های مورد بررسی**

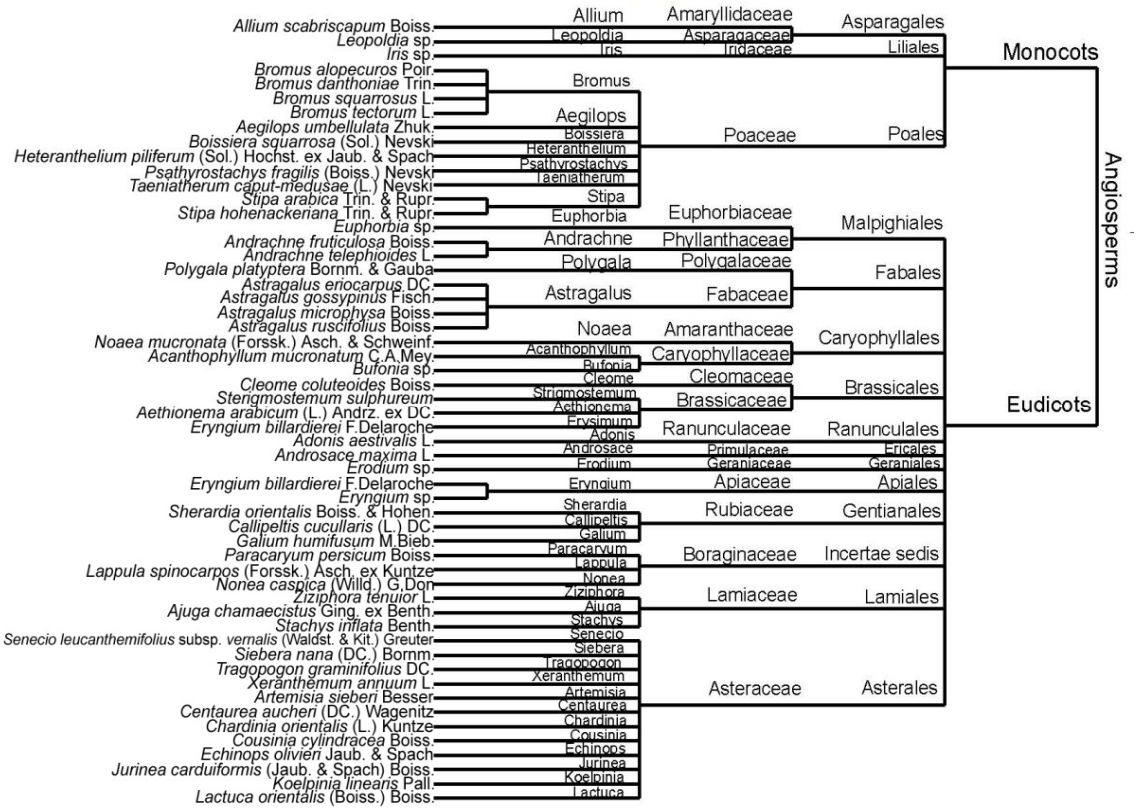
روابط تاکسونومیکی لیست فلوریستیک گونه‌ها در سایت‌های مختلف در شکل های ۴ تا ۹ نمایش داده شده‌اند.



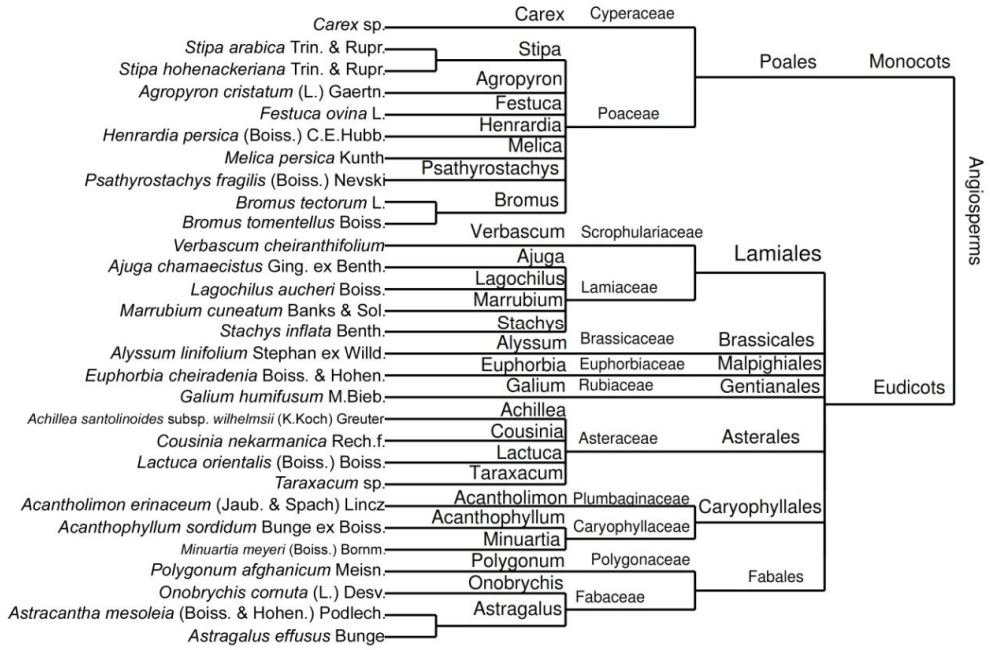

**شکل ۴- رده‌بندی لیست فلوریستیک سایت ساوه**

[ Downloaded from rangelandsrm.ir on 2024-10-12 ]

[ DOR: 20.1001.1.20080891.1395.10.1.8.8 ]



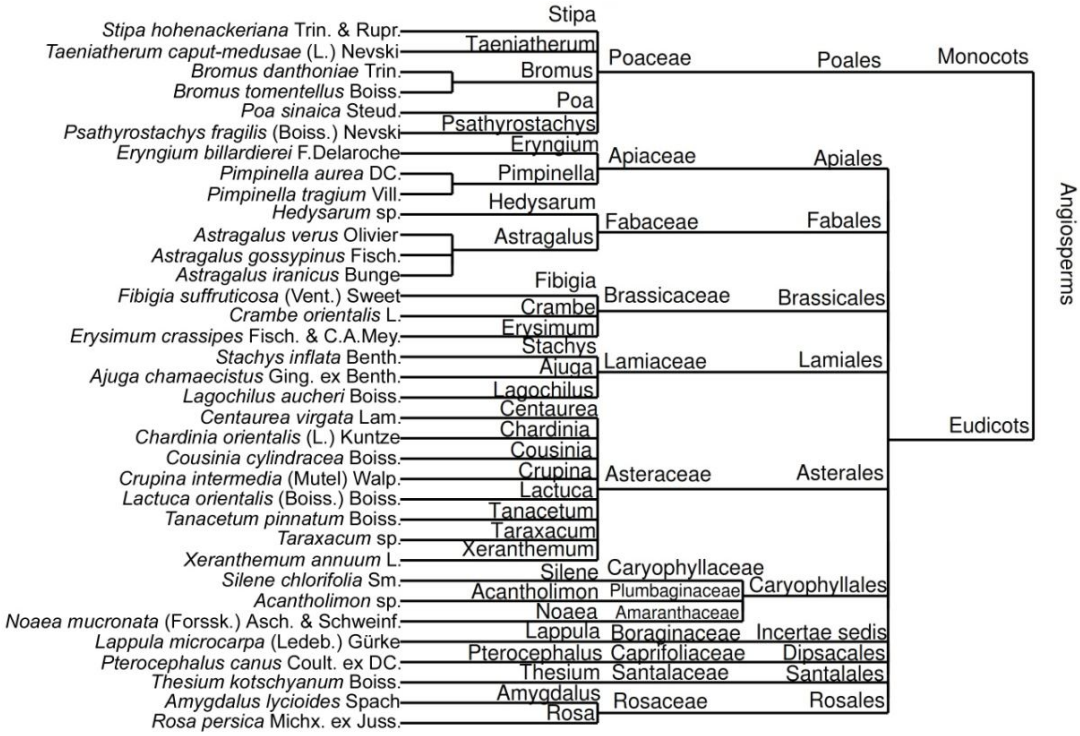

**شکل ۵- رده‌بندی لیست فلوریستیک سایت سلفچگان**



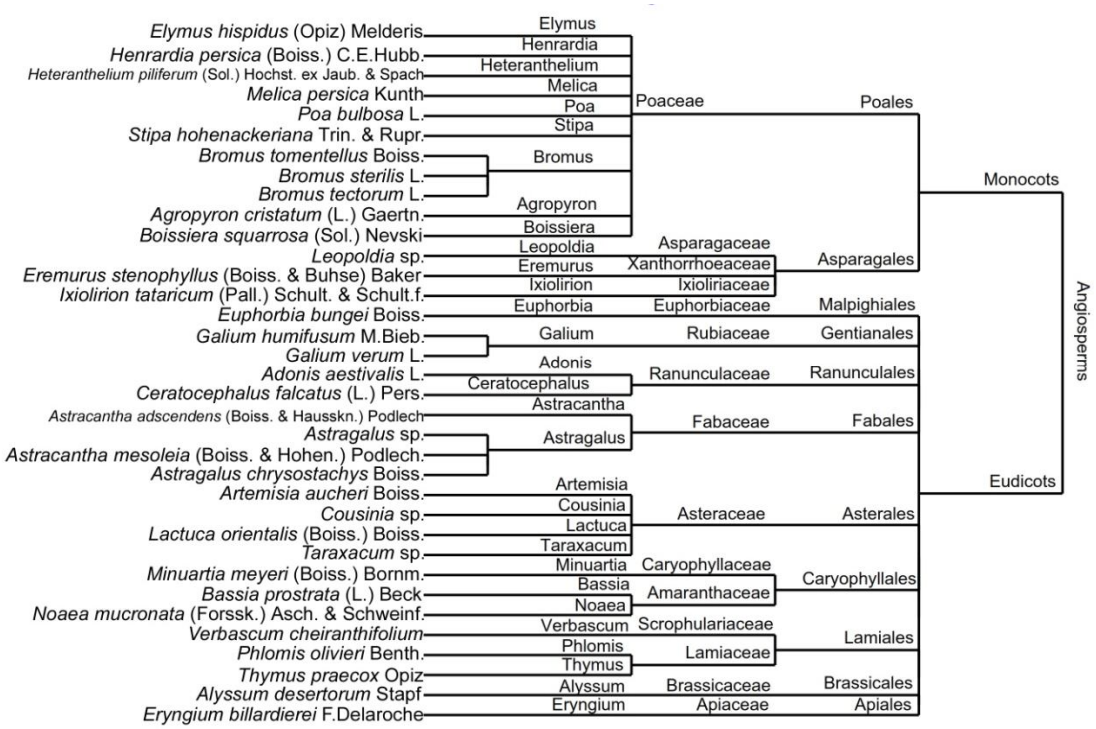

**شکل ۶- رده‌بندی لیست فلوریستیک سایت سمنان**

[ Downloaded from rangelandsrm.ir on 2024-10-12 ]

[ DOR: 20.1001.1.20080891.1395.10.1.8.8 ]



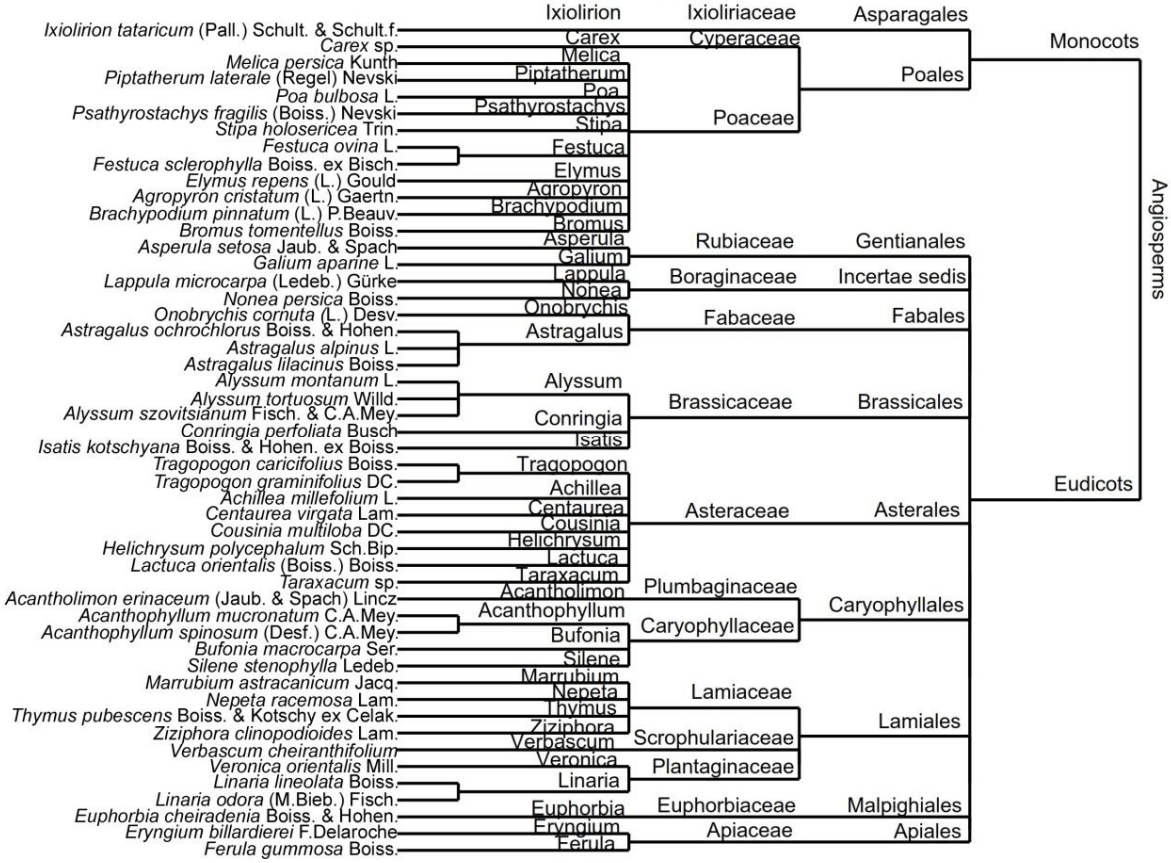

**شکل ۷- رده‌بندی لیست فلوریستیک سایت البرز**




**شکل ۸- رده‌بندی لیست فلوریستیک سایت دماوند**

[ Downloaded from rangelandsrm.ir on 2024-10-12 ]

[ DOR: 20.1001.1.20080891.1395.10.1.8.8 ]




**شکل ۹- رده‌بندی لیست فلوریستیک سایت فیروزکوه**

## بحث و نتیجه‌گیری

شاخص‌های جدید تاکسونومیکی به ساختار و روابط تاکسونومیکی علاوه بر توزیع فراوانی گونه‌ها در زیستگاه توجه دارند. نتایج حاصل از این شاخص‌ها به‌راحتی می‌توانند در مناطق مختلف مقایسه شوند. شاخص تمایز تاکسونومیکی نسبت به سایر شاخص‌های تنوع زیستی نظیر غنای گونه، شنون وینر و مارگالف اطلاعات بیش‌تری را در اختیار بوم‌شناسان قرار می‌دهد. این شاخص‌ها قادر به اندازه‌گیری تنوع زیستی یک اکوسیستم با ملاحظه پراکندگی روابط بین گونه‌ها در سطوح مختلف خویشاوندی هستند (۶). در اغلب مطالعات بررسی تنوع زیستی گونه‌ها به‌صورت انفرادی درنظر گرفته شده‌اند و به وابستگی گونه‌ها به واحدهای تاکسونومیکی کم‌تر توجه شده است. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که ارقام سه شاخص تنوع، تمایز و میانگین تمایز تاکسونومیکی از روند مشابهی در سایت‌ها برخوردار است و سایت ساوه دارای بالاترین میزان و سایت سلفچگان دارای کم‌ترین مقادیر شاخص‌های مذکور است. با توجه به نزدیکی ارقام تنوع، تمایز و میانگین تمایز تاکسونومیکی در سایت‌های البرز- دماوند و سمنان- فیروزکوه شاید بتوان گفت که در ایجاد ساختار فیلوژنی این سایت‌ها عامل ارتفاع نقش داشته است چراکه سایت سمنان با فیروزکوه و همچنین سایت البرز با دماوند از لحاظ ارتفاع نیز تفاوت جزیی با هم دارند و در واقع فرایندهای محلی در این سایت‌ها شبیه هم هستند. فرایندهای موجود در اکوسیستم‌های محلی بر توانایی گونه‌ها برای بقا و کلنی‌سازی تأثیر می‌گذارند و ترکیب ساختار فیلوژنی را تنظیم می‌کنند (۱۸). در واقع انتظار می‌رود جوامع با تنوع تاکسونومیکی بالا دارای تنوع گروه‌های عملکردی بالایی باشند (۱۱) چراکه گونه‌هایی که ارتباط فیلوژنی بیش‌تری نسبت به‌هم دارند دارای ویژگی‌های عملکردی مشترک

[ Downloaded from rangelandsrm.ir on 2024-10-12 ]
[ DOR: 20.1001.1.20080891.1395.10.1.8.8 ]

بیش‌تری نسبت به گونه‌های جدا از هم هستند (۱۴). تنوع گروه‌های عملکردی فاکتور بسیار مهمی در تاب‌آوری ساختار و عملکرد جوامع گیاهی به‌حساب می‌آید (۱۵). تنوع تاکسونومیکی پایین نشانه‌ای از همگن بودن جامعه گیاهی از لحاظ ساختار فیلوژنی است.

شاخص میانگین تمایز تاکسونومیکی به اختلافات زیستگاه‌ها حساس است و مکانیسم‌های اکولوژیکی و تکاملی را که سبب ایجاد چنین ترکیب تاکسونومیکی در زیستگاه شده‌اند را انعکاس می‌دهد. میانگین تمایز تاکسونومیکی هرچه کم‌تر باشد نشان‌دهنده طول نسبتاً کوتاه بین انشعابات درخت تبارشناسی است. به عبارت دیگر خانواده‌ها و راسته‌های کم‌تری به ازای کل گونه‌ها وجود دارد که در سلفچگان نسبت به سایر سایت‌ها این وضعیت وجود دارد ($\Delta^+$ = ۶۵/۲). همچنین این شاخص در البرز- دماوند ($\Delta^+$ = ۶۹/۱) و سمنان- فیروزکوه (حدود ۷۰) مشابه هم است. سایت ساوه با اندکی اختلاف بالاترین شاخص تمایز تاکسونومیکی را داراست ($\Delta^+$ = ۷۱) که نشان‌دهنده وجود طول مسیر زیاد بین گونه‌ها در طول درخت فیلوژنی است.

شاخص واریانس تمایز تاکسونومیکی هرچه بزرگ‌تر باشد نشان‌دهنده توزیع نامتعادل ساختار فیلوژنی است. در واقع سایت سلفچگان از توزیع نامتعادلی در انشعابات فیلوژنی برخوردار است ($\Lambda^+$= ۴۷۳) و سایت‌های سمنان ($\Lambda^+$=۲۱۸)، فیروزکوه ($\Lambda^+$= ۲۳۲) و ساوه ($\Lambda^+$=۲۵۸) دارای ساختار فیلوژنی متعادل‌تری نسبت به سایر سایت‌ها هستند. در سایت سلفچگان حدود ۱۲ گونه متعلق به ۱۲ جنس در خانواده آستراسه و ۷ جنس با ۱۱ گونه در خانواده پوآسه قرار دارند و بقیه خانواده‌ها در نهایت دارای ۳ جنس هستند که نشان‌دهنده عدم تعادل در ساختار فیلوژنی می‌باشند. سایت سلفچگان فلوری با تمایز تاکسونومیکی پایین (انشعابات فیلوژنی کم) و توزیع گونه‌ای بسیار نامتعادل را نمایش می‌دهد که در واقع نشان می‌دهد که فرصت‌های موجود در این منطقه برای حضور تعداد محدودی از خانواده‌های گیاهی است.

شاخص کل تمایز تاکسونومیکی معیار خوبی برای اندازه‌گیری کل پهنای تاکسونومیکی یک زیستگاه است. در واقع با تعدیل شاخص غنای گونه‌ای و درنظر گرفتن روابط درونی گونه‌ها میزان واقعی تنوع تاکسونومیکی اکوسیستم‌ها را بیان می‌کند. در این تحقیق سایت‌های ساوه، سلفچگان، فیروزکوه، سمنان، البرز و دماوند به‌ترتیب دارای بالاترین میزان تنوع تاکسونومیکی هستند. یعنی اگرچه غنای گونه‌ای در سایت ساوه نسبت به سایت‌های دیگر نظیر دماوند کم‌تر است اما تنوع تاکسونومیکی این گونه‌ها در سطوح بالاتر تاکسونومیکی (راسته، خانواده و جنس) در سایت ساوه بیش‌تر است. در نتیجه می‌توان ادعا کرد که سایت ساوه همانند سایت‌های فیروزکوه و سلفچگان دارای ارزش تنوع زیستی بالایی از لحاظ روابط تاکسونومیکی است.

دامینگوئز و همکاران (۵) مدل مفهومی برای بیان ساختار تاکسونومی زیستگاه‌های مختلف ارائه داده‌اند که در شکل ۱۰ نمایش داده شده است. در این مدل زیستگاه‌ها با توجه به مقادیر شاخص‌های میانگین تمایز تاکسونومیکی و واریانس تاکسونومیکی و همچنین ویژگی‌های زیستگاه (میزان پایداری (سن) و گونه‌زایی زیستگاه) به چهار نوع تقسیم می‌شوند. همان‌طور که سن (پایداری) زیستگاه افزایش می‌یابد، تمایز فلوریستیک افزایش می‌یابد به‌گونه‌ای که زیستگاه‌های با سن بالا و پایدار دارای فلوری غنی و بسیار متمایز هستند. هم‌چنین همان‌طور که گونه‌زایی افزایش می‌یابد عدم یکنواختی فلورها (واریانس تمایز تاکسونومیکی) به‌خوبی افزایش می‌یابد و گونه‌ها در تعداد کمی از خانواده‌ها تجمع می‌یابند. قدرت پذیرش و پایداری زیستگاه رابطه بین عدم یکنواختی و تمایز فلورهای ویژه را تنظیم می‌کند و بنابراین چهار نوع جامعه تاکسونومیک پدید می‌آید. جامعه نوع اول از نظر تاکسونومیکی دارای ساختار نامتعادل، ناهمگن و نسبتاً نامتمایز است. جامعه نوع دوم دارای ساختار متمایز ولی نامتعادل در توزیع گونه‌ها است یعنی بخش عظیمی از گونه‌ها به‌طور نامتعادل در تعداد کمی از خانواده‌ها تجمع پیدا کرده‌اند. جامعه نوع سوم دارای ساختار تاکسونومیکی همگن و متمایز است. در این نوع زیستگاه‌ها، فلورهایی با منشا تاریخی و گونه‌زایی کم دیده می‌شود. فلورهای نوع سوم شاخص خوبی برای بیان ارتباطات گونه‌هایی با منشا بسیار کهن می‌باشند اگرچه در این زیستگاه‌ها تاکسون‌های جدیدی هم تولید می‌شود اما نرخ پذیرش گونه‌های جدید کم است و محیط تقریباً پایدار

[ Downloaded from rangelandsrm.ir on 2024-10-12 ]
[ DOR: 20.1001.1.20080891.1395.10.1.8.8 ]

است. فلورهای جامعه نوع چهارم توسط یک ساختار همگن اما با سطوح کمی از تمایز شناخته می‌شوند. این فلورها از لحاظ غنای گونه‌ای بسیار فقیرند و دارای خانواده‌ها و جنس‌های کمی هستند که گونه‌زایی ضعیفی دارند. جوامع گیاهی در محیط‌های نامطلوب تنوع تاکسونومیکی محدودی را نمایش می‌دهند. در این محیط‌ها نقش فیلترینگ عوامل محیطی در تعیین ساختار جامعه بسیار مهم‌تر از فرایند طرد رقابتی گونه‌های مشابه محلی است. بنابراین در این محیط‌ها توزیع گونه‌ها از یک تاکسون به‌صورت تجمعی است (۱۹). شکل ۱۰ هریک از جوامع مدل مفهومی ساختار تاکسونومیکی (۵) را نشان می‌دهد که با توجه به این مدل مفهومی و براساس الویت‌بندی مقادیر شاخص واریانس تمایز تاکسونومیکی و مقادیر شاخص تمایز تاکسونومیکی در سایت‌ها، می‌توان مناطق مورد مطالعه را از لحاظ سن (توالی-پایداری) این گونه الویت‌بندی کرد: ساوه > فیروزکوه > سمنان > دماوند و البرز > سلفچگان. هم‌چنین طبقه‌بندی سایت‌ها از لحاظ فاکتور گونه‌زایی زیستگاه به این‌صورت خواهند بود: سلفچگان > البرز > دماوند > ساوه > فیروزکوه > سمنان.

از نتایج حاصل از بررسی شاخص‌های تنوع تاکسونومیکی به‌عنوان مکملی در کنار سایر شاخص‌های تنوع گونه‌ای می‌توان به درک عمیق‌تری از فرایندهای اکولوژیکی موجود در اکوسیستم‌ها که سبب ایجاد تطابق گونه‌ها با محیط ویژه‌ای می شود، نائل آمد و در جهت حفظ و نگهداری گونه‌های موجود و مدیریت مناطق حفاظت شده اقدام نمود. از آنجا که اکثر شاخص‌های مطرح شده در این تحقیق در علوم اکولوژی دریا مورد استفاده قرار گرفته است بنابراین نیاز به بررسی بیش‌تر و آزمون این شاخص‌ها در سایر جوامع و اکوسیستم‌ها (نظیر جوامع گیاهی مرتعی) احساس می‌شود. چرا که با استفاده از این شاخص‌ها می‌توان به توصیف و مقایسه وضعیت کنونی و پیش‌بینی وضعیت آینده اکوسیستم‌های مرتعی به‌منظور تصمیم‌گیری برای مدیریت مراتع و برنامه‌ریزی جهت حفظ و احیا تنوع زیستی این اکوسیستم‌ها پرداخت.

**سپاسگزاری**

نویسندگان این مقاله از اعضای بخش تحقیقات مرتع، بخش تحقیقات گیاه‌شناسی مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور و پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران جهت همکاری در عملیات میدانی و آزمایشگاهی تشکر و قدردانی می‌نمایند.

[ Downloaded from rangelandsrm.ir on 2024-10-12 ]

[ DOR: 20.1001.1.20080891.1395.10.1.8.8 ]

**شکل۱۰-مدل مفهومی ساختار تاکسونومیکی و تشکیل چهار نوع زیستگاه متفاوت (اقتباس از دامینگوئز و همکاران (۵))**


**References**

1. Angiosperm Phylogeny Group III, 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III, Botanical Journal of the Linnean Society, 161: 105–121.
2. Clarke, K.R., & R.M. Warwick, 1998. A taxonomic distinctness index and its statistical properties. Journal of Applied Ecology, 35: 523-531.
3. Clarke, K.R., & R.M. Warwick, 2001. A further biodiversity index applicable to species lists: variation in taxonomic distinctness. Marine Ecology Progress Series, 216: 265–278.
4. Da Silva, I.A., & M.A. Batalha, 2006. Taxonomic distinctness and diversity of a hyperseasonal savanna in central Brazil. Diversity and distributions, 12: 725-730.
5. Domínguez, L.F., J. Price, R. Otto, & J.M. Fernández-Palacios, 2010. Using taxonomic and phylogenetic evenness to compare diversification in two Island Floras. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics, 12(2): 93-106.
6. Gwali, S., P. Okullo, D. Hafashimana, & D.M. Byabashaija, 2010. Taxonomic diversity, distinctness, and abundance of tree and shrub species in Kasagala forest reserve in Uganda: implications for management and conservation policy decisions. Tropical Conservation Science, 3: 319-333.
7. Legendre, P., & L. Legendre, 2012. Numerical ecology, 3rd English edition. Developments in Environmental Modelling, Vol. 24. Elsevier Science BV, Amsterdam. Xiv + 990 pp. ISBN-13: 978-0444538680.
8. Loreau, M., 2010. The challenges of biodiversity science. Excellence in Ecology, 17 [O. Kinne,Ed.]. International Ecology Institute, Oldendorf/Luhe. Xxviii, 120 pp.
9. Margalef, R., 1974. Ecologia. Ediciones Omega, Barcelona. Xv, 951 pp.
10. Peet, R.K., 1974. The measurement of species diversity. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 5: 285-307.
11. Petchey, O.L., & K.J. Gaston, 2002. Extinction and the loss of functional diversity. Proceedings of the Royal Society of London Series B, Biological Sciences, 269: 1721–1727.
12. Pielou, E.C., 1969. An introduction to mathematical ecology. John Wiley & Sons, New York. Viii, 286 pp.
13. Ricotta, C., 2005. Through the jungle of biological diversity. Acta Biotheoretica, 53: 29–38.


[ Downloaded from rangelandsrm.ir on 2024-10-12 ]

[ DOR: 20.1001.1.20080891.1395.10.1.8.8 ]

14. Silvertown, J., M. Franco, & J.L. Harper, 1997. Plant life histories: ecology, phylogeny and evolution. Cambridge University Press, New York.
15. Walker, B., A. Kinzig, & J. Langridge, 1999. Plant attribute diversity, resilience and ecosystem function: the nature and significance of dominant and minor species. Ecosystems, 2: 95–113.
16. Warwick, R.M., & K.R. Clarke, 1995. New 'biodiversity' measures reveal a decrease in taxonomic distinctness with increasing stress. Marine Ecology Progress Series, 129: 301–305.
17. Warwick, R.M., 2008. Average Taxonomic Diversity and Distinctness. Encyclopedia of Ecology. Elsevier, Oxford, UK, 300-305.
18. Webb, C.O., 2000. Exploring the phylogenetic structure of ecological communities: an example for rain forest trees. The American Naturalist, 156: 145–155.
19. Webb, C.O., D.D. Ackerly, M.A. McPeek, & M.J. Donoghue, 2002. Phylogenies and community ecology. Annual Review of Ecology and Systematics, 33: 475–505.

[ Downloaded from rangelandsrm.ir on 2024-10-12 ]

[ DOR: 20.1001.1.20080891.1395.10.1.8.8 ]