



فصلنامه علوم محیطی، دوره پانزدهم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۶

۹۳-۱۰۸

ارزیابی تنوع عمل‌کردی گیاهی براساس تعیین گروه‌های عمل‌کردی در محدوده مناطق امن پارک ملی قمیشلو، استان اصفهان

حمید رضا عکافی^۱، حمید اجتهادی^{۱*} و عادل سپهری^۲

^۱ گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

^۲ گروه مرتع‌داری، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۶/۸/۲۲

تاریخ دریافت: ۹۶/۶/۸

عکافی، ح. ر.، ح. اجتهادی و ع. سپهری. ۱۳۹۶. ارزیابی تنوع عمل‌کردی گیاهی براساس تعیین گروه‌های عمل‌کردی در محدوده مناطق امن پارک ملی قمیشلو، استان اصفهان. فصلنامه علوم محیطی. ۱۵(۳): ۹۳-۱۰۸.

سابقه و هدف: بررسی تنوع گونه‌ای و تنوع عمل‌کردی، نقشی مهم در شناخت عملکرد و خدمات اکوسیستم دارد و نوع پاسخ به تغییرات محیطی را نشان می‌دهد. تنوع عمل‌کردی به محدوده و ارزش صفاتی از موجودات اشاره می‌کند که روی خصوصیات اکوسیستم تاثیر دارد و به شکل‌های مختلف از جمله تعداد و فراوانی نسبی گروه‌های عمل‌کردی معرفی می‌شود. این مطالعه با هدف شناخت عملکرد اکوسیستم و ارزیابی تنوع عمل‌کردی بین مناطق و بر اساس تعیین گروه‌های عمل‌کردی موجود در مناطق امن پارک ملی قمیشلو (باغک، آغل‌جنی، کورلیاس، کهوک، تنگ نجف‌آبادی، و تنگ ورپشت) انجام شد.

مواد و روش‌ها: برای این منظور، ۸ صفت کمی و ۴ صفت کیفی انتخاب گردید. به منظور تعیین گروه‌های عمل‌کردی، ابتدا ماتریس صفت در گونه تهیه شد و تجزیه و تحلیل خوشه‌ای به روش Ward و فاصله تشابه گاور^۱ در نرم‌افزار InfoStat انجام گرفت. پس از تعیین غنای گروه‌های عمل‌کردی، تنوع گروه‌های عمل‌کردی با کمک نرم‌افزارهای SDR4 و FDiversity آنالیز گردید.

نتایج و بحث: گروه‌های عمل‌کردی عمده مناطق عبارت بودند از: گیاهان کامه‌فیت که بیشتر عناصر غذایی برگ را به ساختار دفاعی اختصاص داده اند، همی‌کریپتوفیت‌ها که سطح برگ بالایی داشته و در کسب نور موفق‌ترند و تروفیت‌ها که برگ‌هایی با طول عمر کوتاه دارند. نتایج نشان داد که غنای گروه‌های عمل‌کردی در شش منطقه یکسان است (سه گروه عمل‌کردی) ولی به دلیل تفاوت در ترکیب گونه‌ای و صفات غالب گروه‌ها، تنوع عمل‌کردی منطقه کهوک بالاتر بود. طبق نتایج بدست‌آمده، چون بیشتر شاخص‌های تنوع عمل‌کردی از بیش از یک صفت استفاده می‌کنند تا کارکردهای مختلف گیاهان را توصیف کنند، شاخص‌هایی که عموماً برای اندازه‌گیری تنوع گونه‌ای استفاده می‌شوند (سیمپسون، شانن واینر و ...) کاربرد ندارند.

نتیجه‌گیری: در تعیین تنوع عمل‌کردی، بهتر است علاوه بر تعیین غنای گروه‌های عمل‌کردی، از شاخص‌های عددی تنوع عمل‌کردی (شاخص میانگین وزنی جامعه و ...) استفاده شود تا نسبت به عملکرد اکوسیستم مورد مطالعه، اطلاعات مفیدی به‌دست آید.

واژه‌های کلیدی: تنوع عمل‌کردی- شاخص میانگین وزنی جامعه- گروه‌های عمل‌کردی- عمل‌کرد اکوسیستم- پارک ملی قمیشلو

* Corresponding Author. E-mail Address: hejtehadi@um.ac.ir

مقدمه

شش گروه عمل‌کردی (گراس‌های یکساله، گراس‌های چندساله، گراس‌های چندساله با برگ کوچک، گراس‌های چندساله با برگ پهن، همی کریپتوفیت و فورب‌های چندساله) را تعیین کردند. پنج گروه عمل‌کردی توسط (Elmaz 2015) and Kutbay در نواحی مدیترانه‌ای ترکیه تعیین شد. (2016) Mahdavi and Bergmeier با استفاده از آنالیز خوشه‌ای هفت گروه عمل‌کردی گیاهی را در سواحل شنی شناسایی کردند. (2016) Schaller *et al.* نیز با هدف تعیین تاثیر غنای گونه‌ای و غنای گروه‌های عمل‌کردی بر غلظت عناصر Si و Ca اقدام به شناسایی گروه‌های عمل‌کردی کردند. بنابراین، از آنجا که شناسایی گروه‌های عمل‌کردی از یک طرف در توصیف و طبقه‌بندی پوشش‌های گیاهی کاربرد داشته، باعث افزایش درک فرایندهای اکولوژیکی مثل توالی و رقابت شده، پیشگوی مناسبی برای درک پاسخ به تغییراتی مثل تغییر اقلیم یا تغییر کاربری زمین بوده و به‌عنوان یکی از شاخص‌های زیستی به شمار می‌آیند و از طرف دیگر، مناطق حفاظت شده به‌عنوان یکی از موثرترین ابزارها برای حفاظت از تنوع زیستی ظهور یافته‌اند (Duckworth *et al.*, 2000). این مطالعه با هدف تعیین گروه‌های عمل‌کردی گیاهان در شش منطقه امن پناهگاه حیات وحش قمیشلو استان اصفهان و بررسی وضعیت کارکرد اکوسیستم انجام گرفت. در این راستا، فرضیه‌های تحقیق، تفاوت در ترکیب گونه‌ای و تنوع گروه‌های عمل‌کردی مناطق امن، احتمال استفاده از شاخص‌های تنوع تاکسونومیکی در تعیین تنوع گروه‌های عمل‌کردی و مناسب‌تر بودن گروه‌های عمل‌کردی نسبت به شاخص‌های کلاسیک در توصیف تنوع منطقه در نظر گرفته شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

پناهگاه حیات وحش قمیشلو در ۴۵ کیلومتری شمال غربی اصفهان واقع شده است. این منطقه در حد فاصل ۳۲'، ۵۲'، ۵۰° تا ۲۸'، ۰۹'، ۵۱° طول شرقی

تنوع زیستی از چندین جزء شامل تعداد گونه‌ها (غنای گونه‌ای)، تعداد گروه‌های عمل‌کردی (غنای گروه‌های عمل‌کردی)، ترکیب گونه‌ای، فراوانی نسبی گونه‌ها و فراوانی نسبی گروه‌های عمل‌کردی تشکیل شده است (Rich 2004). *et al.* تخمین صحیح از تنوع عمل‌کردی عمدتاً وابسته به انتخاب صفاتی است که از نظر اکولوژیکی مهم باشند (Laureto *et al.*, 2015). مطالعه حالات صفات عمل‌کردی در گیاهان از نکات مهم در درک پاسخ پوشش‌های گیاهی به شرایط محیطی است (Navarro *et al.*, 2006) و گونه‌های مختلف در یک گروه عمل‌کردی، صفاتی را به اشتراک می‌گذارند که پاسخ مشابهی به یک فاکتور خاص می‌دهند (Linstadter *et al.*, 2014). (Diaz *et al.*, 2007) عنوان کردند که شکل زیستی، شکل رویشی، ارتفاع گیاه و معماری ساقه از صفات خوب در تعیین گروه‌های عمل‌کردی گیاهان به شمار می‌آیند. (Linstadter *et al.*, 2014) نیز از شکل زیستی و شکل رویشی به‌عنوان دو صفت مهم در توصیف پاسخ گروه‌های عمل‌کردی به عامل چرا نام بردند. در واقع، گروه‌های عمل‌کردی گروهی از گونه‌ها هستند که پاسخ‌های مشابهی به تخریب‌های محیطی می‌دهند (گروه‌های عمل‌کردی پاسخ) و یا گونه‌هایی هستند که اثرات مشابهی روی فرایندهای اکوسیستم اعمال می‌کنند (گروه‌های عمل‌کردی اثر) (Gitay and Noble, 1997). به‌طور کلی، گروه‌های عمل‌کردی گیاهی در ارزیابی پویایی اکوسیستم‌ها (Diaz *et al.*, 2002)، افزایش مقاومت در برابر گیاهان مهاجم (Pokorny *et al.*, 2005)، مدیریت و حفاظت از جمعیت گونه‌های گیاهی (Franks *et al.*, 2009) و درک بهتر ساختار شبکه‌های غذایی اکوسیستم‌ها (Montoya *et al.*, 2015) استفاده می‌شوند. تعیین گروه‌های عمل‌کردی به‌منظور درک ساختار اکوسیستم‌ها توسط پژوهشگران مختلف انجام شده است. (Navarro *et al.*, 2006) در مطالعه تاثیر چرا روی گروه‌های عمل‌کردی، چهار گروه عمل‌کردی را برای گیاهان علفی چند ساله تشخیص دادند. (Linstadter *et al.*, 2014) برای علفزارهای آفریقای جنوبی

پوشش گونه‌ها از طریق پلات‌های $1m^2$ (تعیین شده با کمک روش سطح حداقل) و در طول ترانسکت‌هایی که در مناطق امن انتخاب شده بود، در طول سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۶ جمع‌آوری گردید. شناسایی و نام‌گذاری گیاهان در هر بار یوم دانشگاه فردوسی مشهد براساس فلورا ایرانیکا و فلور فارسی ایران انجام گرفت.

۸ صفت کمی براساس دستورالعمل (Perez- 2013) Harguindeguy *et al.* انتخاب و اندازه‌گیری شد. ۴ صفت کیفی نیز انتخاب و براساس منابع موجود نظیر: فلور ایران (Rechinger, 1967-1998) و کتاب شالوده‌های ژئوبوتانیکی خاورمیانه (Majnoonian & Majnoonian, 2004) و یا مشاهده، برای هر گونه تعریف گردید (جدول ۱).

و $33^{\circ} 04' 08''$ تا $32^{\circ} 43' 05''$ عرض شمالی می‌باشد. مساحت آن حدود ۱۱۳۰۰۰ کیلومتر مربع است که حدود ۳۰۰۰۰ هکتار این مساحت، پارک ملی است و در آن مناطق امن مختلفی (باغک، آغل‌جنی، کورلیاس، تنگ نجف‌آبادی، کهوک و تنگ ورپشت) تعریف شده است. اقلیم آن از نوع سرد و خشک بوده و در منطقه‌ای نیمه صحرایی و در منطقه استپی از ناحیه بزرگ رویشی ایران و توران واقع گردیده است (1991 Moenian).

جمع‌آوری داده‌ها

داده‌های فلورستیک و اطلاعات مربوط به فراوانی و درصد

جدول ۱- صفات مورد استفاده، نوع صفات و عملکرد اکولوژیکی صفات

Table 1. Used traits, traits type and ecological function of traits

عملکرد اکولوژیکی Ecological function	نوع داده Data type	صفت Trait
قدرت رقابت Power of competition	کمی پیوسته Quantitative and ontinuous	سطح برگ (LA)
مرتبط با غلظت نیتروژن، مقاومت به استرس، طول عمر برگ، نرخ رشد نسبی Related to nitrogen concentration, Resistance to stress, Leaf Longevity, Relative growth rate	کمی پیوسته Quantitative and continuous	سطح ویژه برگ (SLA)
حفظ مواد غذایی Retaining nutrients	کمی پیوسته Quantitative and continuous	محتوای ماده خشک برگ (LDMC)
مقاومت به استرس Resistance to stress	کمی پیوسته Quantitative and continuous	وزن مخصوص برگ (SLW)
کارایی فتوسنتزی Photosynthetic efficiency	کمی پیوسته Quantitative and continuous	ضخامت برگ (LT)
قدرت رشد Growth power	کمی پیوسته Quantitative and continuous	وزن خشک مخصوص برگ (LMA)
مقاومت به استرس خشکی Resistance to drought stress	کمی پیوسته Quantitative and continuous	محتوای آبی برگ (LWC)
قدرت رقابت Power of competition	کمی پیوسته Quantitative and continuous	ارتفاع (Height)
قدرت رقابت Power of competition	کیفی رتبه‌ای چندحالتی Multistate ordinal qualitative	شکل زیستی (Life form)
طول عمر گیاه، مقاوت به تخریب Plant Life span, Resistance to destruction	کیفی رتبه‌ای چندحالتی Multistate ordinal qualitative	شکل رویشی (Growth form)
مقاومت در برابر علفخواری Resistance to herbivory	کیفی رتبه‌ای چندحالتی Multistate ordinal qualitative	خارداری (Spinescence)
سازگاری با چرا، رقابت در کسب نور Adaptation to grazing, Competition for light acquisition	کیفی رتبه‌ای چندحالتی Multistate ordinal qualitative	توزیع برگ روی ساقه (Leaf position)

جدول ۲- مقایسه تشابه ترکیب گونه‌های شش منطقه امن پناهگاه حیات وحش قمیشلو بر مبنای شاخص سورنسون
 Table 2. Comparison of Species composition similarity of six safe regions in Ghamishloo wildlife shelter based on Sorenson index

Ss	c	b	a	مناطق Regions	ردیف Row	Ss	c	b	a	مناطق Regions	ردیف Row
0.306	28	64	63	B-Tv	9	0.615	60	31	44	A-B	1
0.484	38	53	28	Ko-Ka	10	0.482	41	25	63	A-Ko	2
0.473	35	47	31	Ko-Tn	11	0.534	54	37	50	A-Ka	3
0.494	39	53	27	Ko-Tv	12	0.538	50	32	54	A-Tn	4
0.647	56	26	35	Ka-Tn	13	0.398	39	53	65	A-TV	5
0.492	45	47	46	Ka-Tv	14	0.395	31	35	60	B-Ko	6
0.483	42	50	40	Tn-Tv	15	0.473	43	48	48	B-Ka	7
						0.520	45	37	46	B-Tn	8

a: تعداد گونه انحصاری منطقه اول، b: تعداد گونه انحصاری منطقه دوم، c: تعداد گونه مشترک دو منطقه، Ss: شاخص تشابه سورنسون، A: آغل جنی، B: باغک، Ko: کورلیاس، Ka: کهوک، Tn: تنگ نجف‌آبادی، Tv: تنگ ورپشت

a: Number of exclusive species in first region, b: Number of exclusive species in second region, c: Number of common species in two regions, Ss: Sorenson similarity index, A: Aghel geni, B: Baghak, Ko: Korelias, Ka: Kahvak, Tn: Tange Najaf abadi, Tv: Tange Varposht

آنالیز داده‌ها

می‌دهد. بیشترین تشابه در ترکیب گونه‌ای، بین دو منطقه امن کهوک و تنگ نجف‌آبادی (۰/۶۴۷) و آغل جنی و باغک (۰/۶۱۵) دیده می‌شود که با توجه به نزدیکی هر کدام از این دو منطقه به یکدیگر، نتیجه قابل قبولی است. کمترین تشابه در ترکیب گونه‌ای نیز بین دو منطقه باغک و تنگ‌ورپشت است. این دو منطقه امن نیز در دو جهت مخالف پارک ملی و با فاصله زیاد از هم قرار دارند.

ارزیابی تعداد گروه‌های عمل کردی

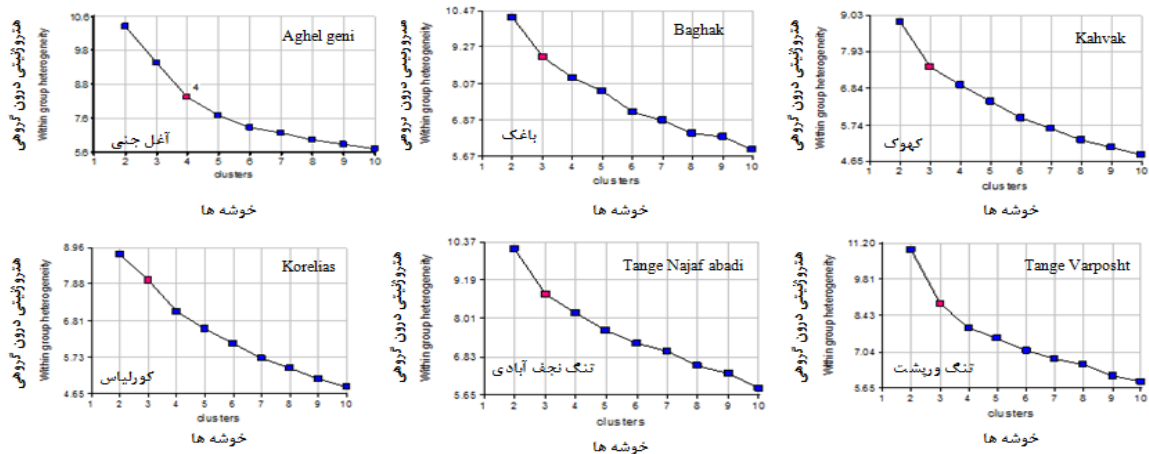
از آن‌جا که تعیین گروه‌های عمل کردی بر مبنای خوشه‌بندی گونه‌ها و با استفاده از صفات عمل کردی انجام می‌شود، ابتدا باید تعداد خوشه‌های بهینه تعیین شود. از روش‌های پیشنهادی به منظور تعیین تعداد بهینه خوشه‌ها (گروه‌های عمل کردی)، روش K میانگین با استفاده از نرم‌افزار InfoStat انتخاب شد. در این روش، عمل خوشه‌بندی بر روی ماتریس فاصله انجام می‌گیرد و تعداد گروه‌ها از ابتدا باید مشخص شود (در این مطالعه ۱۰ خوشه انتخاب شد). نقطه‌ای از نمودار که در آن هتروژنیته درون گروهی یکباره کاهش می‌یابد، به عنوان تعداد بهینه خوشه‌ها در نظر گرفته می‌شود (Plat et al., 2012) (شکل ۱).

به منظور تعیین گروه‌های عمل کردی در شش منطقه امن پارک ملی، ماتریس صفت در گونه با استفاده از پلات‌هایی که فقط در منطقه پارک ملی قرار داشتند، تهیه شد. خوشه‌بندی براساس روش وارد و فاصله تشابه گاور در نرم‌افزار InfoStat انجام گرفت (Plat et al., 2000). تعداد بهینه خوشه‌ها با استفاده از روش‌های K میانگین در نرم‌افزار Silhouette و InfoStat در نرم افزار R تعیین شد. پس از تعیین غنای گروه‌های عمل کردی، تجزیه و تحلیل تنوع گروه‌های عمل کردی با کمک نرم‌افزارهای SDR 4 (Species Diversity and Richness 4) و FDiversity انجام شد.

نتایج و بحث

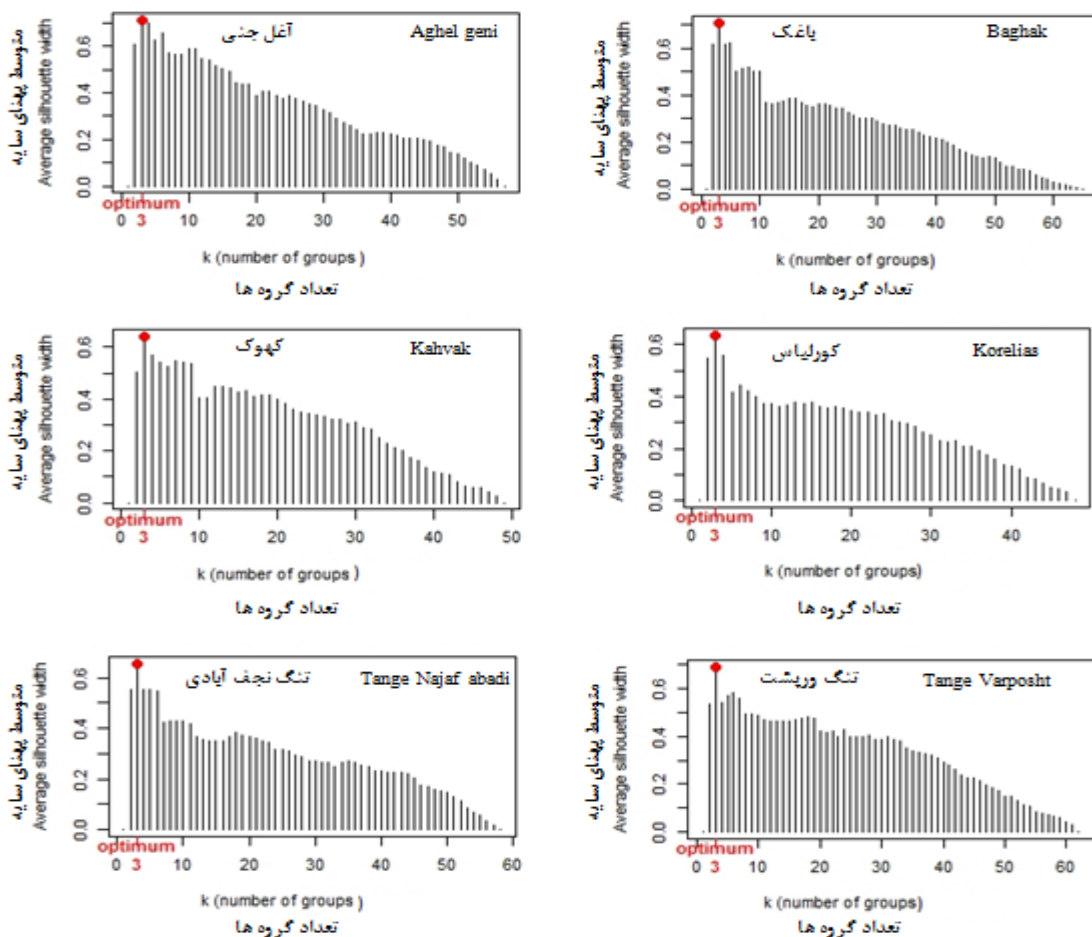
مقایسه لیست فلوریستکی مناطق

از مناطق امن باغک، آغل جنی، کورلیاس، تنگ نجف‌آبادی، کهوک و تنگ ورپشت به ترتیب ۹۱، ۱۰۴، ۶۴، ۸۲، ۹۱ و ۹۲ گونه جمع‌آوری شد. جدول ۲، مقایسه این شش منطقه را از نظر تعداد گونه‌های مشترک و گونه‌های انحصاری هر منطقه به صورت دوجه دو نمایش



شکل ۱- تعداد بهینه خوشه بر مبنای روش K میانگین در مناطق امن پارک ملی قمیشلو (به ترتیب از بالا و از چپ به راست: آغل جنی، باغک، کهوک، کورلیاس، تنگ نجف آبادی و تنگ ورپشت)

Fig. 1- Number of optimum cluster based on K-mean method in safe regions of Ghamishloo National Park (Respectively from above and from left to right: Aghel gani, Bghak, Kahvak, Korelias, Tange Najaf abadi, Tange varposht)



شکل ۲- تعداد بهینه خوشه بر مبنای روش Silhouette در مناطق امن پارک ملی قمیشلو (به ترتیب از بالا و از چپ به راست: آغل جنی، باغک، کهوک، کورلیاس، تنگ نجف آبادی و تنگ ورپشت)

Fig. 2- Number of optimum cluster based on Silhouette method in safe regions of Ghamishloo National Park (Respectively from above and from left to right: Aghel gani, Bghak, Kahvak, Korelias, Tange Najaf abadi, Tange varposht)

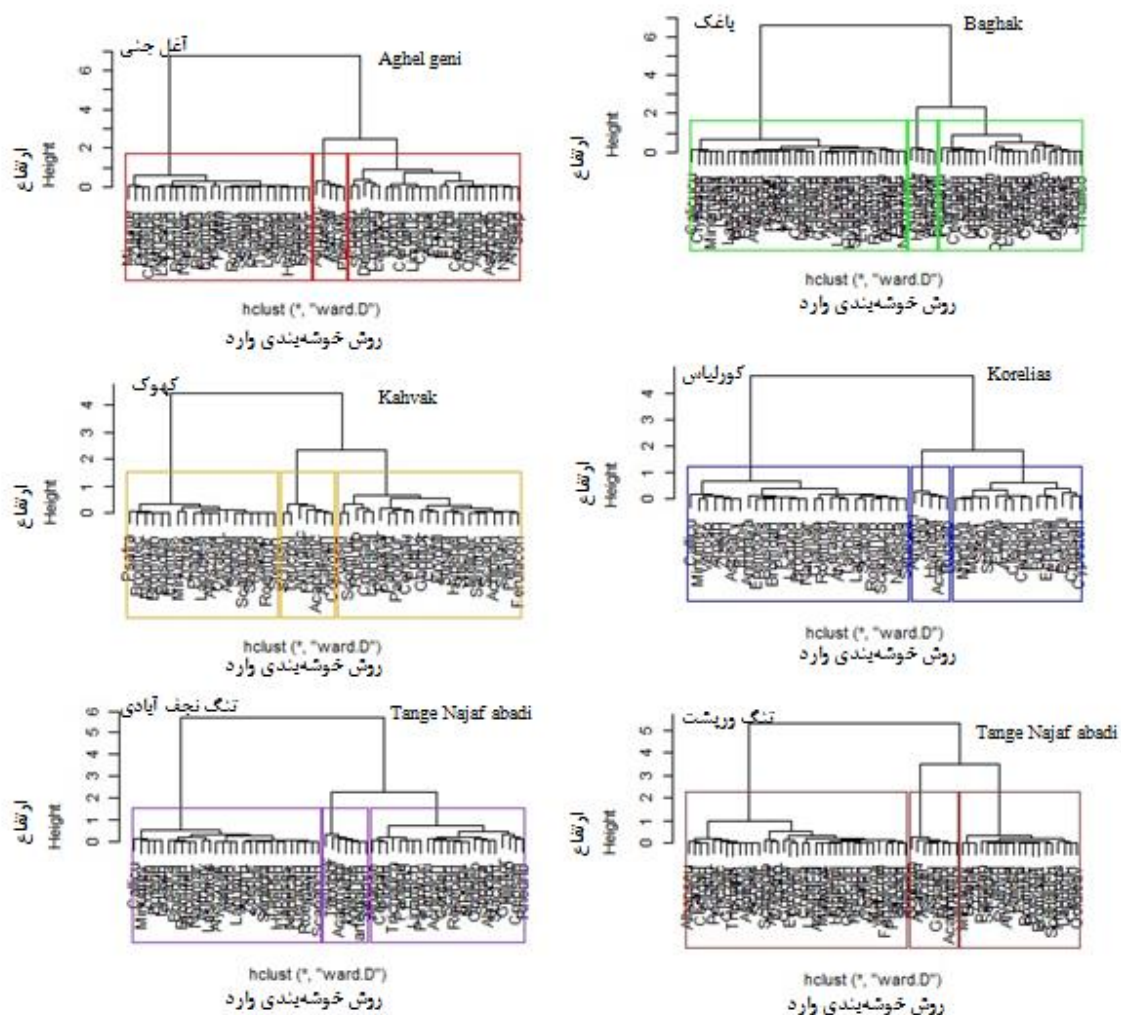
روش Silhouette مبنای ادامه کار قرار گرفت.

تعیین گروه‌های عمل کردی

پس از محاسبه تعداد خوشه بهینه، با استفاده از شاخص فاصله گاور و روش خوشه‌بندی وارد و با استفاده از نرم‌افزارهای InfoStat و R، اقدام به تعیین گروه‌های عمل کردی در مناطق شش‌گانه شد (شکل ۳). شاخص فاصله گاور به این دلیل استفاده گردید که صفات اندازه‌گیری شده هم از نوع کمی و هم از نوع کیفی بودند (Borcard *et al.*, 2011).

با توجه به این شکل، تعداد ۴ خوشه بهینه برای منطقه امن آغل جنی و تعداد سه خوشه برای پنج منطقه دیگر، در نظر گرفته شد.

به منظور تایید تعداد خوشه‌های بدست آمده، از روش Silhouette با استفاده از توابع Vegan و NbClust در بسته نرم‌افزاری R برای هر شش منطقه امن به طور جداگانه استفاده شد که در آن روش، بلندترین میله، تعیین کننده تعداد خوشه مناسب است (Borcard *et al.*, 2012). بر مبنای این روش، سه خوشه برای هر شش منطقه، تایید گردید (شکل ۲). با توجه به تشابه بالای ترکیب گونه‌ای بین منطقه امن باغک و آغل جنی، نتایج



شکل ۳- تعیین گروه‌های عمل کردی با استفاده از شاخص فاصله گاور و روش خوشه‌بندی وارد در مناطق امن پارک ملی قمیشلو (به ترتیب از بالا و از چپ به راست: آغل جنی، باغک، کهوک، کورلیاس، تنگ نجف آبادی و تنگ ورپشت)

Fig. 3- Identification of functional groups by Gower distance index and Ward clustering method in safe regions of Ghamishloo National Park (Respectively from above and from left to right: Aghel geni, Baghak, Kahvak, Korelias, Tange Najaf abadi, Tange varposht)

خوشه‌ای (با کمک روش وارد و استفاده از توابع hclust در بسته R) استفاده کردند. (Shen *et al.* (2017) نیز در یکی از چمن‌زارهای چین گیاهان را براساس صفات تغذیه‌ای به سه گروه عملکردی طبقه‌بندی کردند.

معرفی گروه‌های عمل‌کردی

به منظور معرفی گروه‌های عمل‌کردی، ابتدا میانگین صفات در هر گروه محاسبه شد (جدول ۳). سپس، براساس صفات غالب و نقش هر صفت در گیاهان آن گروه، گروه‌های عمل‌کردی نامگذاری گردید (جدول ۴). مثلاً اگر گیاهان یک خوشه از سطح برگ بالایی برخوردار باشند (گروه عمل‌کردی اول در منطقه آغل جنی، جدول ۳)، آن گروه به‌عنوان گیاهان رقابت‌کننده معرفی می‌شود زیرا هرچه سطح برگ در گیاهان بیشتر باشد در کسب نور موفق‌ترند.

در این مطالعه، براساس هشت صفت کمی و چهار صفت کیفی، سه گروه عمل‌کردی برای هر منطقه امن تعیین شد. (Roscher *et al.* (2004) در تعیین گروه‌های عمل‌کردی جوامع علف‌زاری از روش وارد و فاصله اقلیدوسی استفاده کردند و چهار گروه عمل‌کردی تشخیص دادند. (Zhang & Zhang (2007) در تعیین گروه‌های عمل‌کردی جنگل‌های کوهستانی شمال چین از طبقه‌بندی عمومی پوشش‌های گیاهی استفاده کرده و پوشش جنگل را به چهار گروه عمل‌کردی از پیش تعیین‌شده درختی، نهال‌های درختی، درختچه‌ها و علفی تقسیم کردند. (Byun *et al.* (2013) در مطالعه خود گیاهان را براساس هشت صفت (طول عمر، وزن خشک بذر، سطح ویژه برگ، محتوای ماده خشک برگ، نیتروژن برگ، نرخ رشد نسبی، شکل رویشی و ارتفاع در مرحله بلوغ) به چهار گروه عمل‌کردی تقسیم کردند. آنها برای این منظور از آنالیز

جدول ۳- میانگین مقادیر صفات کمی برای گروه‌های عمل‌کردی تشخیص داده شده در مناطق امن پارک ملی قمیشلو

Table 3. Mean values of quantitative traits for identified functional groups in safe regions of Ghamishloo National Park

ارتفاع Height	وزن خشک مخصوص برگ LMA	محتوای آبی برگ LWC	ضخامت برگ LT	وزن مخصوص برگ SLW	محتوای ماده خشک برگ LDMC	سطح ویژه برگ SLA	سطح برگ LA	گروه‌های عمل‌کردی Functional groups	منطقه Region
21.08	0.01	0.76	0.08	1.56	0.24	122.53	5.35	PFG1	آغل جنی Aghel geni
50.80	0.03	0.57	0.02	0.05	0.43	42.33	1.15	PFG2	
12.04	0.01	0.70	0.11	0.05	0.30	141.19	1.47	PFG3	
45.6	0.04	0.44	0.06	0.03	0.56	38.04	0.86	PFG1	باغک Baghak
10.67	0.01	0.72	0.04	0.02	0.28	151.57	1.07	PFG2	
18.02	0.01	0.73	2.14	1.22	0.27	98.21	4.55	PFG3	
36	0.02	0.58	0.05	0.28	0.42	56.81	1.63	PFG1	کورلیاس Korelias
23.25	0.01	0.78	0.07	0.39	0.22	131.18	3.52	PFG2	
12.59	0.01	0.65	0.03	0.03	0.35	178.81	1.34	PFG3	
40.57	0.02	0.63	0.04	0.05	0.37	77.87	0.5	PFG1	کهوک Kahvak
24.22	0.01	0.77	2.67	54.07	0.23	121.10	24.22	PFG2	
11.89	0.01	0.68	0.04	0.09	0.32	130.86	1.47	PFG3	
37.14	0.01	0.69	0.04	0.06	0.31	101.90	1.19	PFG1	تنگ نجف‌آبادی Tange Nagaf abadi
28.30	0.01	0.74	0.07	38.12	0.26	98.21	18.86	PFG2	
12.46	0.01	0.69	0.03	0.02	0.31	145.97	1	PFG3	
31.50	0.03	0.37	0.05	0.13	0.63	57.57	1.37	PFG1	تنگ ورپشت Tange Varposht
29.97	0.02	0.74	1.67	19.58	0.26	97.55	11.45	PFG2	
13.79	0.01	0.72	0.05	0.02	0.28	151.70	1.03	PFG3	

جدول ۴- گروه‌های عمل کردی در مناطق امن پارک ملی قمیشلو
Table 4. Functional groups in safe regions of Ghamishloo National Park

توصیف گروه‌های عمل کردی Description of functional groups	نام گروه‌های عمل کردی Functional groups name	تعداد گونه‌ها در هر گروه عمل کردی Number of species in functional groups	تعداد گروه‌های عمل کردی Number of functional groups	منطقه Region
گیاهانی علفی چندساله، بدون خار با سطح برگ بالا مثل: <i>Demavendia Eryngium billardieri</i> ، <i>Onobrychis plantago</i> ، <i>pastinacifolia</i>	CompetHemi	25		
گیاهانی بوته‌ای و درختچه‌ای، خاردار، با بیشترین ارتفاع و کمترین سطح ویژه برگ مثل: <i>Amygdalus lycioides</i> ، <i>Ebenus stellata</i> ، <i>Astragalus verus</i>	DefenceChamae	5	3	آغل جنی Aghel geni
گیاهانی علفی یک‌ساله، بدون خار با کمترین ارتفاع و بیشترین سطح ویژه برگ مثل: <i>Ziziphora tenuior</i> ، <i>Lappula spinocarpos</i> ، <i>Minuartia meyeri</i>	NonDefenceTero	27		
گیاهانی بوته‌ای و درختچه‌ای، خاردار، با بیشترین ارتفاع و کمترین سطح ویژه برگ مثل: <i>Amygdalus Astragalus verus</i> ، <i>Acantholimon sp. lycioides</i>	DefenceChamae	5		
گیاهانی علفی یک‌ساله، بدون خار با کمترین ارتفاع و بیشترین سطح ویژه برگ مثل: <i>Ziziphora tenuior</i> ، <i>Filago hurdwarica</i> ، <i>Acinos graveolens</i>	NonDefenceTero	36	3	باغک Baghak
گیاهانی علفی چندساله، بدون خار با سطح برگ بالا و برگ‌هایی ضخیم مثل: <i>Prangos uloptera</i> ، <i>Peganum harmala</i> ، <i>Demavendia pastinacifolia</i>	DroughtToleranHemi	24		
گیاهانی بوته‌ای و درختچه‌ای، تا حدودی خاردار، با بیشترین ارتفاع و کمترین سطح ویژه برگ مثل: <i>Astragalus Acanthophyllum spinosum</i> ، <i>glumaceus</i>	DefenceChamae	5		
گیاهانی علفی چندساله، غالباً بدون خار با سطح برگ بالا مثل: <i>Echinophora Eryngium billardieri</i> ، <i>Biebersteinia multifida</i> ، <i>platyloba</i>	CompetHemi	16	3	کورلیاس Korelias
گیاهانی علفی یک‌ساله، بدون خار با کمترین ارتفاع و بیشترین سطح ویژه برگ مثل: <i>Cerastium inflatum</i> ، <i>Alyssum szowitsianum</i> ، <i>Asperula arvensis</i>	NonDefenceTero	27		
گیاهانی بوته‌ای تا درختچه‌ای، تا حدودی خاردار با بیشترین ارتفاع و کمترین سطح ویژه برگ مثل: <i>Convolvulus Acantholimon senganense</i> ، <i>fruticosus</i>	DefenceChamae	7		
گیاهانی چندساله، غالباً بدون خار با سطح برگ بالا مثل: <i>Gundelia Rheum ribes</i> ، <i>tournefortii</i>	CompetHemi	23	3	کهوک Kahvak
گیاهانی علفی یک‌ساله، بدون خار با کمترین ارتفاع و بیشترین سطح ویژه برگ مثل: <i>Cerastium inflatum</i> ، <i>Alyssum szowitsianum</i> ، <i>Phagnalon nitidum</i>	NonDefenceTero	19		
گیاهانی بوته‌ای تا درختچه‌ای، برگ‌ها عمدتاً ساقه‌ای، با بیشترین ارتفاع و کمترین سطح ویژه برگ مثل: <i>Acanthophyllum spinosum</i> ، <i>Amygdalus lycioides</i> ، <i>Hymenocrater bituminosus</i>	DefenceChamae	7		
گیاهانی چندساله، غالباً بدون خار با سطح برگ بالا مثل: <i>Gundelia Rheum ribes</i> ، <i>tournefortii</i>	CompetHemi	23	3	تنگ نجف‌آبادی Tange Najaf abadi
گیاهانی علفی یک‌ساله، بدون خار با کمترین ارتفاع و بیشترین سطح ویژه برگ مثل: <i>Nonnea caspica</i> ، <i>Scandix aucheri</i> ، <i>Astragalus tribuloides</i>	NonDefenceTero	28		
گیاهانی بوته‌ای، خاردار با بیشترین ارتفاع و کمترین سطح ویژه برگ مثل: <i>Gypsophila Acantholimon senganense</i> ، <i>Astragalus verus acantholimoides</i>	DefenceChamae	8		
گیاهانی علفی چندساله، عمدتاً بدون خار با سطح برگ بالا و برگ‌هایی ضخیم مثل: <i>Peganum harmala</i> ، <i>Prangos uloptera</i>	DroughtToleranHemi	35	3	تنگ ورپشت Tange Varposht
گیاهانی علفی یک‌ساله، بدون خار با کمترین ارتفاع و بیشترین سطح ویژه برگ مثل: <i>Lappula microcarpa</i> ، <i>Cerastium inflatum</i>	NonDefenceTero	19		

اندازه‌گیری شده و مقیاس جداسازی گروه‌ها می‌باشد. همچنین، فرض بر این است که تمام گونه‌های داخل گروه‌ها، از نظر عملکرد یکسان هستند و تمام جفت گونه‌های گروه‌های مختلف کاملاً متفاوتند (Ricotta, 2005). بنابراین، به منظور مقایسه بهتر تنوع این شش منطقه امن، از شاخص‌های دیگر تنوع استفاده شد. در یک دیدگاه جدید، به جای استفاده از تعداد گونه و توزیع افراد بین گونه‌ها (که در محاسبه شاخص‌های تنوع تاکسونومیکی استفاده می‌شود)، تعداد گروه‌های عمل‌کردی و توزیع گونه‌ها در آن گروه‌ها در نظر گرفته شد. برخی از شاخص‌های تنوع از جمله شاخص‌های غنا، شانن-واینر، سیمپسون و یکنواختی پیلو انتخاب (Ejtehadi *et al.*, 2013) و با کمک نرم افزار SDR4 محاسبه شدند. در پایان، نتایج به دست آمده از نظر آماری مورد مقایسه قرار گرفتند (جدول ۵ و ۶).

مقایسه تنوع مناطق امن براساس گروه‌های عمل‌کردی

یک راه برای کمی کردن تنوع عمل‌کردی، تخمین تعداد گروه‌های عمل‌کردی در جامعه است. این روش، اندازه‌گیری غنای گروه‌های عمل‌کردی محسوب می‌شود (Pla *et al.*, 2012; Schleuter *et al.*, 2010). در این روش گونه‌ها براساس صفات رفتاری یا مورفولوژیکی به گروه‌های عمل‌کردی مختلف تقسیم شده و می‌توانند با کمک شاخص‌های معمول تنوع تاکسونومیکی بیشتر پردازش شوند (Schleuter *et al.*, 2010). همانطور که از جدول ۴ مشخص است، مناطق شش‌گانه از نظر غنای گروه‌های عمل‌کردی با یکدیگر شباهت دارند. ولی مقایسه از طریق غنای گروه‌های عمل‌کردی با اشکالاتی همراه است. زیرا، نتیجه تعیین تعداد گروه‌های عمل‌کردی وابسته به تعداد و نوع صفات عمل‌کردی

جدول ۵- مقادیر برخی از شاخص‌های تنوع براساس تعداد گروه‌های عمل‌کردی و ترکیب گونه‌ای گروه‌ها در مناطق امن پارک ملی قمیشلو
Table 5. Values of some diversity indices based on number of functional groups and groups species composition in safe regions of Ghamishloo national park

شاخص یکنواختی پیلو Pielou index of evenness	شاخص سیمپسون 1/D Simpson reciprocal index	شاخص شانن-واینر Shannon-Wiener index	غنا Richness	تعداد گونه Species number	نام گروه‌های عمل‌کردی Functional groups name	منطقه Region
0.85	2.42	0.93	3	25	CompetHemi	آغل جنی Aghel geni
				5	DefenceChamae	
				27	NoncompetTero	
0.81	2.27	0.89	3	5	DefenceChamae	باغک baghak
				36	NonDefenceTero	
				24	DroughtToleranHemi	
0.84	2.35	0.93	3	5	DefenceChamae	کورلیاس Korelias
				16	CompetHemi	
				27	NoncompetTero	
0.91	2.64	1	3	7	DefenceChamae	کهپوک Kahvak
				23	CompetHemi	
				19	NoncompetTero	
0.89	2.54	0.97	3	7	DefenceChamae	تنگ نجف‌آبادی Tange Najaf abadi
				23	CompetHemi	
				28	NonDefenceTero	
0.86	2.38	0.95	3	8	DefenceChamae	تنگ ورپشت Tange Varposht
				35	DroughtToleranHemi	
				19	NonDefenceTero	

جدول ۶- مقایسه تنوع مناطق امن پارک ملی قمیشلو براساس شاخص شانن-واینر برای هر دو منطقه

Table 6. Diversity comparison in safe regions of Ghamishloo National Park based on Shannon-Wiener index for each two regions

P-value	مقایسه تنوع دو منطقه Diversity comparison for two regions	مناطق Regions	ردیف Row	P-value	مقایسه تنوع دو منطقه Diversity comparison for two regions	مناطق Regions	ردیف Row
0.275	مشابه	B-Tv	9	0.854	مشابه	A-B	1
0.201	مشابه	Ko-Ka	10	0.524	مشابه	A-Ko	2
0.335	مشابه	Ko-Tn	11	0.035*	کپوک متنوع‌تر از آغل جنی	A-Ka	3
0.445	مشابه	Ko-Tv	12	0.222	مشابه	A-Tn	4
0.704	مشابه	Ka-Tn	13	0.220	مشابه	A-TV	5
0.736	مشابه	Ka-Tv	14	0.407	مشابه	B-Ko	6
0.631	مشابه	Tn-Tv	15	0.118	مشابه	B-Ka	7
				0.858	مشابه	B-Tn	8

A: آغل جنی، B: باغک، Ko: کورلیاس، Ka: کپوک، Tn: تنگ نجف‌آبادی، Tv: تنگ ورپشت

* تفاوت معنی‌داری آماری در سطح احتمال ۵ درصد

A: Aghel geni, B: Baghak, Ko: Korelias, Ka: Kahvak, Tn: Tange Najaf abadi, Tv: Tange Varposht

* Significantly different at 5% probability level

به‌جای تعداد گونه روش مناسبی باشد. زیرا این شاخص‌ها فقط نحوه توزیع تعداد گونه‌ها در گروه‌های عمل‌کردی را ملاک قرار داده‌اند و کارایی گیاهان در هر گروه نادیده گرفته شده است. نتایج مطالعات (Rich *et al.* (2004) نشان داده است که غنای گونه‌ای و غنای گروه‌های عمل‌کردی به طور مستقل روی تولید اکوسیستم تاثیر دارند. (Schleuter *et al.* (2010) نیز در مقاله خود می‌نویسد از آنجا که بیشتر شاخص‌های تنوع عمل‌کردی از بیش از یک صفت استفاده می‌کنند تا کارکردهای مختلف گیاهان را توصیف کنند، شاخص‌هایی که عموماً برای اندازه‌گیری تنوع گونه‌ای استفاده می‌شوند (سیمپسون، شانن واینر و...) کاربرد ندارند. در مطالعه حاضر اگر با استفاده از صفات کیفی (شکل رویشی و زیستی) گیاهان هر گروه تفکیک شوند (جدول ۷) شش منطقه امن قابل مقایسه می‌شوند. (Lavorel *et al.* (1998) عنوان کردند که شکل رویشی بیشترین اثر را در تعیین گروه‌های عمل‌کردی دارد زیرا این صفت با دیگر صفات عمل‌کردی مهم در ارتباط است. طبق نظر (Montoya *et al.* (2015) تنوع گروه‌های عمل‌کردی نسبت به تنوع گونه‌ای مهم‌تر است. (Pokorny *et al.* (2005) نیز در مقاله خود می‌نویسند که تنوع گروه‌های عمل‌کردی مهم‌تر از تنوع

با توجه به نزدیکی اعداد مربوط به شاخص‌ها در هر شش منطقه، به‌نظر می‌رسد از نظر آماری تفاوت معناداری بین این اعداد نباشد. به‌همین دلیل، اعداد مربوط به شاخص شانن-واینر به‌عنوان نمونه برای هر دو منطقه به‌طور جداگانه با کمک نرم‌افزار SDR 4 مقایسه گردید تا نتیجه‌گیری بهتری انجام شود (جدول ۶).

طبق نتایج جدول ۶، فقط منطقه کپوک نسبت به منطقه آغل جنی تنوع بیشتری دارد (براساس شاخص هتروژنیته شانن-واینر). (Zhang & Zhang (2007) به‌منظور ارزیابی الگوی تنوع در گروه‌های عمل‌کردی، از سه شاخص غنا، شانن و یکنواختی پیلو استفاده کردند. از آنجایی که هدف آن‌ها ارزیابی تنوع در چهار طبقه ارتفاعی پوشش‌های جنگلی بوده است، از تعداد گونه‌ها و توزیع افراد در این گروه‌های از پیش تعیین‌شده استفاده کردند. در مقابل تنوع زیستی تاکسونومیکی که فقط براساس فراوانی نسبی گونه‌های یک جامعه عمل می‌کنند، تنوع عمل‌کردی جنبه‌های مختلفی از ترکیب زیستی و پس از آن نقش جمعیت‌ها در جامعه را در نظر می‌گیرد (Pla *et al.*, 2012). بنابراین، از آنجا که هدف مقایسه تنوع عمل‌کردی مناطق براساس گروه‌های عمل‌کردی است، به‌نظر نمی‌رسد جایگزینی تعداد گروه‌های عمل‌کردی

علفی چندساله که کارکرد بالاتری در اکوسیستم دارند، بیشتر از مناطق دیگر است. در مقابل به نظر می‌رسد منطقه امن باغک با کمترین درصد گیاهان بوته‌ای و بیشترین درصد گیاهان علفی یک‌ساله عملکرد پایین‌تری دارد.

گونه‌ای بوده و سلامت اکوسیستم را بهتر نشان می‌دهد. هرچه اکوسیستم از نظر گروه‌های عمل‌کردی متنوع‌تر باشد، مقاومتش در برابر تهاجم بیشتر است. طبق جدول ۷، مناطق امن کهوک و تنگ ورپشت تنوع عمل‌کردی بالاتری دارند زیرا در این مناطق، تعداد گیاهان بوته‌ای و

جدول ۷- مقایسه نوع پوشش‌های گیاهی مناطق امن پارک ملی قمیشلو بر حسب درصد

تنگ ورپشت	تنگ نجف‌آبادی	کهوک	کورلیاس	باغک	آغل‌جنی	نوع پوشش گیاهی	ردیف
Tange Varposht	Tange Najaf abadi	Kahvak	Korelias	Baghak	Aghel geni	Vegetation type	Row
12.9	12	14.3	10.4	7.7	8.7	بوته‌ای Bush	1
56.5	39.7	47	33.3	36.9	43.9	علفی چندساله Perennial herb	2
30.6	48.3	38.7	56.3	55.4	47.4	علفی یک‌ساله Annual herb	3

شاخص‌های عمل‌کردی نیز اندازه‌گیری شود. این شاخص‌ها براساس ارزش صفات اندازه‌گیری شده در سطح گونه عمل می‌کنند و گاهی این وزن‌دهی را با برخی دیگر از معیارهای اهمیت گونه (مثل فراوانی، پوشش و بیومس) در جامعه ترکیب می‌کنند. میانگین وزنی جامعه یا CWM یکی از ساده‌ترین این شاخص‌ها به حساب می‌آید (Platner et al., 2012). طبق نظر Roscher et al. (2012) این شاخص مقادیر صفات غالب را در جامعه کمی می‌کند. بنابراین، جهت تایید نهایی نتایج فوق، از این شاخص استفاده شد (جدول ۹).

مقایسه تنوع در دو منطقه کهوک و آغل‌جنی براساس ترکیب گونه‌ای

به‌منظور تفکیک مفهوم تنوع عمل‌کردی و تنوع گونه‌ای و درک ناکارآمدی شاخص‌های تنوع گونه‌ای در اندازه‌گیری تنوع عمل‌کردی، برای دو منطقه آغل‌جنی و کهوک که در بین بقیه مناطق از نظر تنوع متفاوت بودند (جدول ۶)، شاخص‌های استفاده شده قبلی با استفاده از تعداد گونه‌ها و توزیع افراد در هر گونه محاسبه شد (جدول ۸).

تنوع عمل‌کردی ممکن است با استفاده از

جدول ۸- مقادیر برخی از شاخص‌های تنوع براساس تعداد گونه و فراوانی افراد در مناطق آغل‌جنی و کهوک

P-value	وضعیت تنوع Diversity status	کهوک Kahvak	آغل‌جنی Aghel geni	شاخص Index
	آغل‌جنی متنوع‌تر از کهوک	49	57	غنا Richness
0.049	آغل‌جنی متنوع‌تر از کهوک	2.47	2.59	شانن-واینر Shannon-Wiener
0.853	مشابه	6.56	5.84	سیمپسون Simpson
0.049	آغل‌جنی متنوع‌تر از کهوک	0.55	0.58	یکنواختی پیلو Pielou evenness

(2005) Pokorny et al. و (2015) Montoya et al. بود، بهتر است به منظور ارزیابی تنوع زیستی مناطق حفاظت‌شده، از گروه‌های عمل‌کردی به‌عنوان یکی از شاخص‌های زیستی استفاده کرد. یعنی، در توصیف جوامع گیاهی، گروه‌های عمل‌کردی گیاهی جایگزین مناسبی برای روش‌های مبتنی بر تعداد گونه بوده و باعث افزایش درک اکولوژیکی محقق خواهد شد. هم‌چنین، از آن‌جا که تغییر در تنوع عمل‌کردی معمولاً پیرو کاهش در تنوع تاکسونومیکی نیست (تنوع تاکسونومیکی و تنوع عمل‌کردی از نظر ریاضی و زیستی به هم وابسته نیستند)، پس بهتر است به‌هنگام مطالعه تنوع اکوسیستم‌های خشکی براساس گروه‌های عمل‌کردی، در کنار اندازه‌گیری غنای گروه‌های عمل‌کردی و تعیین ترکیب گونه‌ای گروه‌ها، به‌جای شاخص‌های تنوع گونه‌ای از شاخص‌های عددی تنوع عمل‌کردی هم استفاده شود.

سپاسگزاری

این پژوهش با کد ۳/۳۳۴۵۰ و با حمایت مالی حوزه معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد انجام شده است و نویسندگان سپاس خود را در این رابطه اعلام می‌دارند. هم‌چنین نگارندگان بر خود لازم می‌دانند از اداره کل محیط زیست استان اصفهان به‌خاطر همکاری‌های لازم در ورود به منطقه و جمع‌آوری داده‌ها، قدردانی نمایند.

پی نوشت

¹ Gower

مطابق با نتایج جدول ۹، مشخص می‌شود که گیاهان منطقه کهوک بالاترین سطح برگ را دارند. بنابراین رقابت‌کننده‌های قوی هستند. از آنجایی که کمترین سطح ویژه برگ را دارند، کارایی فتوسنتزی بالایی خواهند داشت و نسبت بیشتری از مواد غذایی برگ را به ساختار دفاعی اختصاص می‌دهند. هم‌چنین به دلیل داشتن محتوای ماده خشک بالا، بافتی سفت و محکم دارند و به تخریب‌های فیزیکی و چرا مقاوم‌ترند و در یک نتیجه کلی تنوع عمل‌کردی بالاتری در این منطقه دیده می‌شود. از دیدگاه عمل‌کردی، در جوامع غنی از گونه، وقتی که گونه‌ها صفات عمل‌کردی متفاوتی داشته باشند، تنوع بالاتری دارند (Byun et al., 2013).

نتیجه‌گیری

هدف از ایجاد گروه‌های عمل‌کردی، یافتن مجموعه گونه‌هایی است که نقش مشابهی در اکوسیستم دارند. این گروه از گونه‌ها، با استفاده از مجموعه صفاتی که با خدمات اکوسیستم ارتباط مستقیم دارند، تشکیل می‌شوند. این مطالعه نشان داد که در تعیین گروه‌های عمل‌کردی هم صفات کیفی (شکل رویشی، شکل زیستی و ...) و هم صفات کمی لازم است. هم‌چنین، علی‌رغم وجود پیشنهادهایی از طرف محققین برای تخمین تعداد گروه‌ها (خوشه‌ها) در یک مجموعه از داده‌ها، روش‌های آماری یا قوانین کلی پذیرفته‌شده‌ای وجود ندارد تا بتوان تعداد خوشه‌ها را تعیین کرد، بنابراین، مطابق با نتایج این مطالعه پیشنهاد می‌شود، هم‌زمان از چندین روش استفاده شود. با توجه به نتایج این تحقیق که هم‌راستا با تحقیقات

منابع

Assadi, M., 1988-2012. Flora of Iran. Research Institute of Forests and Rangelands. Tehran, Iran.

Borcard, D., Gillet, F. and Legendre, P., 2011. Numerical Ecology with R. Springer, New York.

Byun, C., de Blois, S. and Brisson, J., 2013. Plant functional group identity and diversity determine biotic resistance to invasion by an exotic grass. Journal of Ecology. 101, 128-139.

- Diaz, S., Briske, D.D. and McIntyre, S., 2002. Range management and plant functional types. In: Grice, A.C. and Hodgkinson, K.C., Global Rangelands: Progress and Prospects. CABI Publishing. UK, pp. 81-100.
- Diaz, S., Lavorel, S., Chapin, F.S., Tecco, P.A., Gurvich, D.E. and Grigulis, K., 2007. In: Canadell, J., Pitelka, L.F. and Pataki, D. (Eds.), Terrestrial Ecosystems in a Changing World. Springer Verlag. pp. 81-91.
- Duckworth, J.C., Kent, M. and Ramsay, P.M., 2000. Plant functional types: an alternative to taxonomic plant community description in biogeography? *Progress in Physical Geography*. 24, 515-542.
- Ejtehadi, H., Sepehry, A. and Akkafi, H.R., 2013. *Methods of measuring biodiversity*. Second ed. Ferdowsi University of Mashhad Press. Mashhad, Iran.
- Elmaz, E. and Kutbay, H.G., 2015. Plant functional types in Mediterranean enclaves in Western Black Sea region of Turkey. *Turkish Journal of Botany*. 39, 30-39.
- Franks, A.J., Yates, C.J. and Hobbs, R.J., 2009. Defining plant functional groups to guide rare plant management. *Plant Ecology*. 204, 207-216.
- Gitay, H. and Noble, IR., 1997. What are functional types and how should we seek them? In: Smith TM, Shugart HH, Woodward FI (Eds.), *Plant Functional Types. Their Relevance to Ecosystem Properties and Global Change*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Laureto, L.M.O., Cianciaruso, M.V. and Samia D.S.M., 2015. Functional diversity: an overview of its history and applicability. *Brazilian Journal of Nature Conservation*. 13, 112-116.
- Lavorel, S., Touzard, B., Lebreton, J.D. and Clement, B., 1998. Identifying functional groups for response to disturbance in an abandoned pasture. *Acta Oecologica*. 19, 227-240.
- Linstadter, A., Schellberg, J., Bruser, K., Moreno Garcia, C.A., Oomen, R.J., Du Preez, C.C., Ruppert, J.C. and Ewert, F., 2014. Are there consistent grazing indicators in drylands? Testing plant functional types of various complexity in South Africa's grassland and savanna biomes *Plos One*. 9, e104672.
- Mahdavi, P. and Bergmeier, E., 2016. Plant functional traits and diversity in sand dune ecosystems across different biogeographic regions. *Acta Oecologica*. 74, 37-45.
- Majnoonian, H. and Majnoonian, B., 2004. *Geobotanical foundations of the Middle East*. Environmental Protection Agency, Tehran.
- Moeenian, M.T., 1991. Ghamishloo wildlife shelter. Office of Environmental Protection in Isfahan. 40 pp.
- Montoya, D., Yallop, M.L. and Memmott, J., 2015. Functional group diversity increases with modularity in complex food webs. *Nature Communications*. 6, 7379-8379.
- Navarro, T., Alados, C.L. and Cabezudo, B., 2006. Changes in plant functional types in response to goat and sheep grazing in two semi – arid shrublands of SE Spain. *Journal of Arid Environments*. 64, 298-322.
- Perez-Harguindeguy, N., Diaz, S., Garnier, E., Lavorel, S., Poorter, H., Jaureguiberry, P., Bret-Harte, M.S., Cornwell, W.K., Craine, J.M., Gurvich, D.E., Urcelay, C., Veneklaas, E.J., Reich, P.B., Poorter, L., Wright, I.J., Ray, P., Enrico, L., Pausas, J.G., de Vos, A.C., Buchmann, N., Funes, G., Quetier, F., Hodgson, J.G., Thompson, K.,

- Morgan, H.D., ter Steege, H., van der Heijden, M.G.A., Sack, L., Blonder, B., Poschold, P., Vaieretti, M.V., Conti, G., Staver, A.C., Aquino, S. and Cornelissen, J.H.C., 2013. New handbook for standardized measurement of plant functional traits worldwide. Australian Journal of Botany. CSIRO publishing. 61, 167-234.
- Pla, L., Casanoves, F. and Di Rienzo, J., 2012. Quantifying Functional Biodiversity. Springer, New York.
- Pokorny, M.L., Sheley, R.L., Zabinski, C.A., Engel, R.E., Svejcar, T.J. and Borkowski, J.J., 2005. Plant functional group diversity as a mechanism for invasion resistance. Restoration Ecology. 13, 448-459.
- Rechinger, K.H. (1967-1998) Flora Iranica. vols. 1-176. Akademische Druck und verlagsanstalt, Graz., Austria.
- Reich, P.B., Tilman, D., Naeem, S., Ellsworth, D.S., Knops, J., Craine, J., Wedlin, D. and Trost, J., 2004. PNAS. 101, 10101-10106.
- Ricotta, C., 2005. A note on functional diversity measures. Basic and Applied Ecology. 6, 479-486.
- Roscher, C., Schumacher, J., Baade, J., Wilcke, W., Gleixner, G., Weisser, W.W., Schmid, B. and Schulze, E.D., 2004. The role of biodiversity for element cycling and trophic interactions: an experimental approach in a grassland community. Basic and Applied Ecology. 5, 107-121.
- Roscher, C., Schumacher, J., Gubsch, M., Lipowsky, A., Weigelt, A., Buchmann, N., Schmid, B. and Schulze, E.D., 2012. Using plant functional traits to explain diversity productivity relationships. Plos One. 7, e36760.
- Schaller, J., Roscher, C., Hillebrand, H., Weigelt, A., Oelmann, Y., Wilcke, W., Ebeling, A. and Weisser, W.W., 2016. Plant diversity and functional groups affect Si and Ca pools in aboveground biomass of grassland systems. Oecologia. 182, 277-86.
- Schleuter, D., Daufresne, M., Massol, F. and Agrillier, C., 2010. A users guide to functional diversity indices. Ecological Monographs. 80, 469-484.
- Shen, ST., Zhang, SJ. and Fan M., 2017. Classification of plant functional types based on the nutrition traits: a case study on alpine meadow community in the Zoigê Plateau. Journal of Mountain Science. 14, 2003-2012.
- Zhang, JT. And Zhang F., 2007. Diversity and composition of plant functional groups in mountain forests of the Lishan Nature Reserve, North China. Botanical Studies. 48, 339-348.





Environmental Sciences Vol.15 / No.3 / Autumn 2017

93-108

Investigation of plant functional diversity based on functional groups Identification within the safe areas of the Ghamishloo National Park, Isfahan province

Hamid Reza Akkafi¹, Hamid Ejtehadi^{1*} and Adel Sepehry²

¹ Department of Biology, Faculty of science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

² Department of Rangeland Management, College of Range and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Received: 2017.08.30

Accepted: 2017.11.13

Akkafi, H.R., Ejtehadi, H. and Sepehri, A., 2017. Investigation of plant functional diversity based on functional groups Identification within the safe areas of the Ghamishloo National Park, Isfahan province. *Environmental Sciences*. 15(3): 93-108.

Introduction: The study of functional and species diversity plays an important role in recognizing ecosystem function and services and demonstrates the type of responses available to environmental changes. Functional diversity refers to a range and values of organism traits that affect ecosystem properties and is introduced in various ways, such as the number and proportional abundance of functional groups.

Materials and methods: This study was carried out through identifying functional groups in safe regions of Ghamishloo National Park (Baghak, Aghel geni, Korelias, Kahvak, Tange Najaf Abadi and Tange Varposht) to identify ecosystem function and evaluation of functional diversity between regions. For this purpose, eight quantitative traits and four qualitative traits were selected. In order to identify the functional groups, at first a species–trait matrix was prepared and, then, clustering analysis was carried out using Ward method and Gower similarity distance by InfoStat software. After determining the richness of the functional groups, the diversity of the functional groups was analyzed by SDR4 and FDiversity software.

Results and discussion: The main functional groups of the regions were: Chamaephytes plants that have devoted most leaf nutrients to their defensive structure; Hemicrypyphytes plants whose leaf area is high and are more successful in light acquisition; and Terophytes plants that have leaves with a short life span. The results showed that the functional groups' richness is the same in the six regions (three functional groups) but, because of the difference in species composition and dominant traits of the groups, the functional diversity of Kahvak region was higher. According to the results, as most functional diversity indices use more than one

* Corresponding Author. *E-mail Address:* hejtehadi@um.ac.ir

trait to describe the various plant performances, indices that measure species diversity (Shannon Wiener, Simpson and others) are inefficient.

Conclusion: In determining functional diversity, it is better to use numerical functional diversity indices (such as the Community-Weighted Mean Index) in addition to determining the functional groups' richness to acquire more useful information about ecosystem function.

Keywords: Functional diversity, Community Weighted Mean Index, Functional groups, Ecosystem function, Ghamishloo National Park.