University of Tehran Press

Journal of Natural Environment

Online ISSN: 2423-7817

Homepage: https://jne.ut.ac.ir/

Evaluating the effectiveness of protected areas in Chaharmahal and Bakhtiari province in protecting vegetation types and proposing the optimal network

Hamid Reza Asadzadeh[1] | Ali Jafari[2]✉ | Hamzeh-Ali Shirmardi[3] | Shekoufeh Nematollahi[4]

1. Department of Environment, Faculty of Natural Resources, Shahrekord University, Shahrekord, Iran. E-mail: hr.asadzade@gmail.com
2. Corresponding Author, Department of Environment, Faculty of Natural Resources, Shahrekord University, Shahrekord, Iran. E-mail: jafari.ali@sku.ac.ir
3. Agricultural and Natural Resources Research Center of Chaharmahal and Bakhtiari Province. E-mail: shirmardi1355@gmail.com
4. Department of Environment, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. E-mail: shirmardi1355@gmail.com

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received 17 August 2023

Received in revised form 17 September 2023

Accepted 18 September 2023

Published online 27 January 2024

Keywords:

Chaharmahal and Bakhtiari Province,

Marxan,

Protected areas network,

Representativeness.

ABSTRACT

The most important goal of the protected areas of a country or region is to protect examples of the most valuable elements of biodiversity in this network. Therefore, the network of protected areas usually needs to be evaluated and revised in terms of the criterion of "representativeness" for the total biodiversity and optimization planning in terms of this criterion if need. in the present study, the representativeness of the Chaharmahal and Bakhtiari protected areas network has been evaluated in terms of vegetation types and an optimal distribution has been proposed for these areas. For this purpose, first, based on the rarity and species diversity, a minimum percentage of each type that should be introduced in the protected areas was determined as conservation goals. Then, the current protection status of vegetation types and their protection deficits or excesses were determined by overlaying the maps of protected areas and vegetation types. Using the Marxan, a decision support software, a network of proposed areas that meet the vegetation types conservation goals, as much as possible in the minimum area, were identified. The results showed that determined conservation goals meet only for 37 out of 106 vegetation types by existing protected areas. In order to meet the determined goals for all vegetation types, taking into account the existing protected areas, 14.47% and 30.07% of the total area of the province are needed in the optimal and summed solutions, respectively. Without considering the existing protected areas, 19.086% and 37% of the total area of the province are needed in the optimal and summed solution, respectively. Also, the results showed that the existing and proposed protected areas overlap by 8.5% in the optimal solution and 12.85% in the summed solution. Also, most of the priority areas for protection are located in the eastern half of the province from north to south.

Cite this article: Asadzadeh, H.R., Jafari, A., Shirmardi, H.A., & Nematollahi, S. (2024). Evaluating the effectiveness of protected areas in Chaharmahal and Bakhtiari province in protecting vegetation types and proposing the optimal network. *Journal of Natural Environment*, 76 (Special Issue), 111-127. DOI: http//doi.org/10.22059/jne.2023.363926.2589

© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press.

DOI: http//doi.org/10.22059/jne.2023.363926.2589

محیط زیست طبیعی
شاپای الکترونیکی: ۷۸۱۷-۲۴۲۳
Homepage: https://jne.ut.ac.ir/
انتشارات دانشگاه تهران

ارزیابی کارایی شبکهٔ مناطق تحت حفاظت استان چهارمحال و بختیاری در حفاظت تیپ‌های گیاهی و پیشنهاد شبکهٔ بهینه

حمیدرضا اسدزاده[۱] | علی جعفری[۲]✉ | حمزه‌علی شیرمردی[۳] | شکوفه نعمت‌اللهی[۴]

۱. گروه محیط‌زیست، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران. رایانامه: hr.asadzade@gmail.com
۲. نویسنده مسئول، گروه محیط‌زیست، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران. رایانامه: jafari.ali@sku.ac.ir
۳. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، شهرکرد، ایران. رایانامه: shirmardi1355@gmail.com
۴. گروه محیط‌زیست، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران. رایانامه: shekoofenematallahy@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۲۶
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۶/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۲۷
تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۱۱/۰۷

کلیدواژه‌ها:
تیپ‌های گیاهی،
چهارمحال و بختیاری،
مارکسان،
معرف بودن.

چکیده

یکی از معیارهای مهم طراحی شبکهٔ مناطق تحت حفاظت، "معرف‌بودن، جامعیت و توازن" برای کل تنوع زیستی می‌باشد. بنابراین برای آگاهی از کیفیت این معیار، شبکهٔ مناطق تحت حفاظت هر کشور یا منطقه، نیازمند ارزیابی کارایی و بازنگری از لحاظ این معیار و در صوت نیاز برنامه‌ریزی شبکهٔ بهینه از این نظر است. در تحقیق حاضر معرف‌بودن مناطق چهارگانهٔ استان چهارمحال و بختیاری از نظر تیپ‌های گیاهی ارزیابی و یک توزیع بهینه برای این مناطق پیشنهاد شده است. بدین‌منظور ابتدا براساس ارزش نادربودن و تنوع گونه‌ای برای هر یک از تیپ‌های گیاهی حداقل درصدی از آن‌ها که باید در مناطق چهارگانه وجود داشته باشند به‌عنوان اهداف حفاظتی تعیین شد. با روی هم‌اندازی نقشهٔ مناطق چهارگانه و نقشه تیپ‌های گیاهی، وضعیت حفاظت فعلی و تراز حفاظتی (حفاظت کمتر یا بیشتر از حد لازم) آن‌ها تعیین شد. سپس با استفاده از نرم‌افزار پشتیبان تصمیم‌گیری مارکسان شبکه‌ای از مناطق پیشنهادی که در حداقل مساحت، تا حد ممکن اهداف تعیین‌شده برای تیپ‌های گیاهی را برآورده نمایند، مشخص شدند. نتایج نشان داد که از ۱۰۶ تیپ گیاهی موجود در استان، مناطق چهارگانه موجود، اهداف تعیین شده برای ۳۷ تیپ را تا حدودی برآورده می‌نمایند. برای برآورده شدن اهداف تعیین‌شده برای همهٔ تیپ‌های گیاهی با در نظر گرفتن مناطق چهارگانهٔ موجود در حالت بهینه به ۱۴/۴۷ درصد و در حالت جمعی به ۳۰/۰۷ درصد از مساحت استان نیاز است. بدون در نظر گرفتن مناطق چهارگانهٔ موجود در حالت بهینه، به ۱۹/۰۸۶ درصد و در حالت جمعی ۳۷ درصد از مساحت استان مورد نیاز است. همچنین نتایج نشان داد که مناطق تحت حفاظت موجود در حالت بهینه ۸/۵ درصد و در حالت جمعی ۱۲/۸۵ درصد با مناطق پیشنهادی همپوشانی دارند. بیشتر مناطق دارای اولویت برای حفاظت در نیمهٔ شرقی استان از شمال تا جنوب واقع شده‌اند که به‌علت وجود تیپ‌های گیاهی کوچک و پراکنده مرتعی در این بخش است که توسط مناطق تحت حفاظت موجود پوشش داده نشده‌اند.

استناد: اسدزاده، حمیدرضا؛ جعفری، علی؛ شیرمردی، حمزه‌علی، و نعمت‌الهی، شکوفه (۱۴۰۲). ارزیابی کارایی شبکهٔ مناطق تحت حفاظت استان چهارمحال و بختیاری در حفاظت تیپ‌های گیاهی و پیشنهاد شبکهٔ بهینه. *محیط زیست طبیعی*، ۷۶ (ویژه نامه)، ۱۲۷-۱۱۱.

DOI: http//doi.org/10.22059/jne.2023.363926.2589

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.
© نویسندگان.

مقدمه

یکی از معیارهای طراحی و اجرای شبکهٔ مناطق تحت حفاظت، "معرف‌بودن، جامعیت و توازن" برای کل تنوع زیستی می‌باشد (Majnoonian, 2014). منظور از این معیار آن است که با کیفیت‌ترین نمونه‌های معرف از تمام گونه‌ها، زیستگاه‌ها یا اکوسیستم-های یک کشور باید انتخاب و در شبکهٔ مناطق تحت حفاظت معرفی شوند. به‌علاوه در گسترهٔ تحت پوشش مناطق تحت حفاظت بین نمونه‌های معرف انتخاب‌شده، توازن وجود داشته باشد. اما با توجه به اینکه معمولاً در زمان انتخاب این مناطق شناخت و اطلاعات ما از تنوع زیستی (شامل تنوع گونه‌های گیاهی و جانوری، تنوع رویشگاه‌ها و زیستگاه‌ها و تنوع اکوسیستم‌ها) کامل نبوده و انتخاب این مجموعه‌ها طی یک فرآیند اصولی و نظام‌مند نبوده است، معمولاً مجموعه مناطق موجود نماینده و معرف تنوع زیستی کشور یا منطقه مورد نظر نیستند. بنابراین مجموعه (شبکه) مناطق تحت حفاظت هر کشور و منطقه‌ای نیازمند ارزیابی کارایی و بازنگری از لحاظ معیار معرف بودن است. این معیار اگرچه معمولاً برای ارزیابی، برنامه‌ریزی و حفاظت تنوع زیستی در مقیاس ملی بکار می‌رود؛ اما می‌تواند در مقیاس‌های پایین‌تر مانند منطقه، حوضهٔ آبخیز و استان نیز مورد استفاده قرار گیرد و در نهایت با جمع‌بندی خلاءهای حفاظتی در مقیاس ملی تلفیق و برای حفاظت تنوع زیستی کل مورد استفاده قرار گیرد. آن‌چه مسلم است این ارزیابی در هر مقیاسی نیازمند ارائهٔ یک تعریف و طبقه‌بندی از تنوع زیستی است اما در عمل به‌دلیل اینکه دامنهٔ تعریف تنوع زیستی بسیار گسترده است و غیرمحتمل است تعریف واحدی که در برگیرندهٔ همهٔ آنچه این مفهوم به آن اطلاق می‌شود وجود داشته باشد، این ارزیابی بسیار مشکل است.

برای حل مسئله، تعریف و ارزیابی تنوع زیستی در ارزیابی کارایی مناطق تحت حفاظت، استفاده از ویژگی‌های غیرزیستی مانند اقلیم (Holdrige, 1967; Ohsawa *et al*., 1987; Powell *et al*., 2000)، خاک (Christian and Stewart, 1986; Scott *et al*., 2001)، پوشش گیاهی (Fearnsid and Ferraz, 1995; Ramesh *et al*., 1997; Pressey and Taffs, 2001; Jafari *et al*., 2011a,b; Yusefi *et al*., 2016; Urbian-Casanova *et al*., 2016; Souza and Prevedello, 2020) و گونه‌های جانوری (Morato *et al*., 2014; Zhang *et al*., 2020; Alban *et al*., 2021; Shen *et al*., 2023) یا ترکیبی از آن‌ها به‌عنوان جانشین‌های تنوع زیستی کل متداول است. ارزیابی معرف‌بودن شبکهٔ مناطق تحت حفاظت و تلاش برای تعیین خلاءهای حفاظتی و برنامه‌ریزی یک سیستم مناطق تحت حفاظت جامع و کامل در مقیاس ملی براساس یک یا ترکیبی از این ویژگی‌ها در کشورهای مختلف انجام شده است. به‌عنوان مثال، می‌توان به آفریقای جنوبی اشاره کرد که Cowling و همکاران (۲۰۰۳) به برنامه‌ریزی یک سیستم حفاظتی در منطقهٔ رویشی کیپ[1]، یکی از نقاط داغ تنوع زیستی جهان در آفریقای جنوبی پرداخته و نتیجه گرفتند که برای این‌که پایداری الگوها و فرآیندهای مورد نظر در منطقه تضمین شود، نیاز است که علاوه بر مناطق تحت حفاظت موجود ۴۲ درصد دیگر از وسعت منطقهٔ تحت حفاظت قرار گیرد. در انگلستان نیز Oldfield و همکاران (۲۰۰۴) در برنامه‌ریزی حفاظت تنوع زیستی استفاده از رویکرد سیمای سرزمین را مناسب دانسته و معتقدند استفاده از واحدهای سیمای سرزمین به‌عنوان جانشین[2] می‌تواند در معرفی و بیان سایر جنبه‌های تنوع زیستی مانند توزیع گونه‌ها نیز مؤثر باشند. آن‌ها در مورد درصد مورد نیاز از سرزمین برای حفاظت تنوع زیستی در انگلستان که نواحی طبیعی تا حد زیادی تغییر یافته‌اند، سطح حفاظت موجود یعنی ۶/۳ درصد را نیز کافی دانستند. Shresthaو همکاران (۲۰۱۰) نیز به بررسی میزان معرف‌بودن سیستم مناطق تحت حفاظت کشور نپال با استفاده از عوارض زمین‌شناسی و زیستی پرداخته و با بیان اینکه سیستم مناطق تحت حفاظت این کشور نیز همانند سایر کشورها طی یک فرآیند فی‌البداهه ایجاد شده، یک یا چند عارضهٔ زمین‌شناسی یا زیستی در آن‌ها بیشتر به چشم می‌خورد. آن‌ها نتیجه گرفتند که بیش از دوسوم (۶۷/۸۴ درصد) از مناطق تحت حفاظت در اراضی کوهستانی مرتفع واقع شده‌اند در حالی‌که این اراضی تنها ۲۳/۹۲ درصد کشور نپال را شامل می‌شوند. همچنین تپه ماهورها بیشترین مساحت کشور نپال (۲۹/۱۷ درصد) را شامل می‌شوند اما کمترین درصد از مناطق تحت حفاظت (۱/۳۳ درصد) را به‌خود اختصاص داده‌اند. Su و همکاران (۲۰۱۹) به ارزیابی خلاءهای حفاظتی نقاط داغ تنوع زیستی واقع در علفزارهای آلپی فلات Qinghai-Tibetan و مناطق تحت حفاظت کشور چین پرداختند. آن‌ها نتیجه گرفتند که فقط ۲۵/۹۳ درصد نقاط داغ تنوع زیستی و ۲۹/۱۷ درصد ناحیهٔ بافر آن‌ها در مناطق تحت

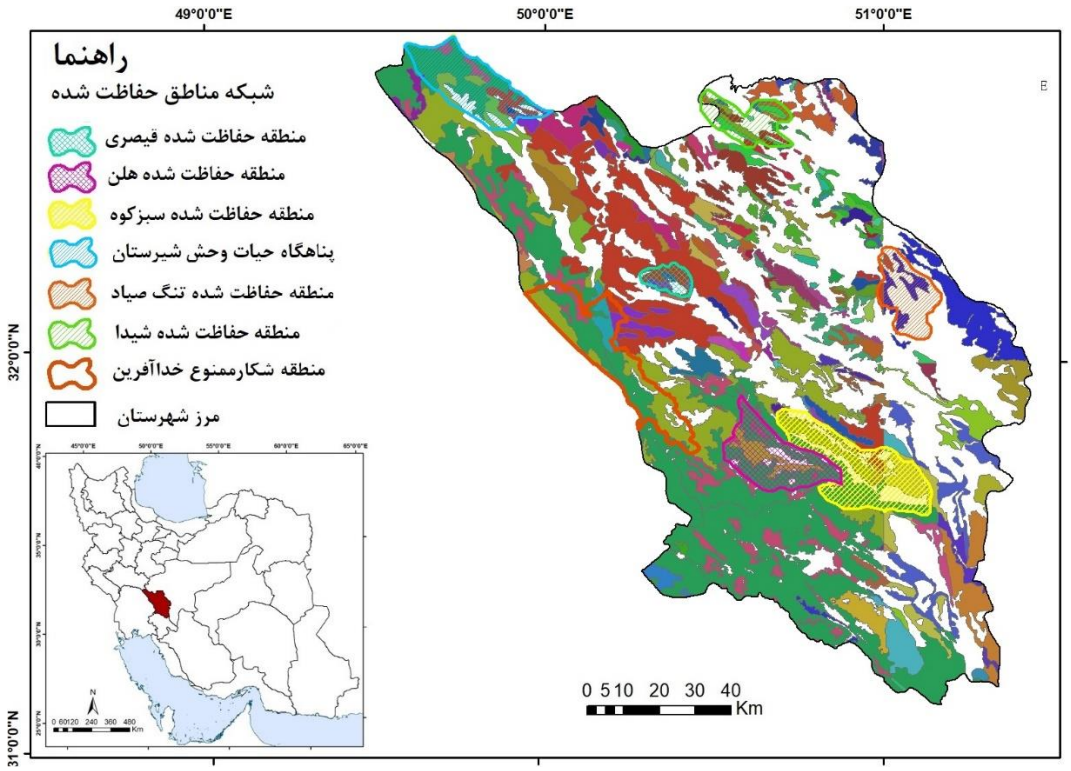
[1] Cape
[2] Surrogate

حفاظت موجود معرفی شده‌اند، بنابراین خلاءهای اساسی بین حفاظت و نقاط داغ تنوع زیستی علفزارهای واقع در این فلات وجود دارد. تایلند Singh و همکاران (۲۰۲۱) به ارزیابی کارایی مناطق تحت حفاظت در تایلند که در حال حاضر ۱۹ درصد این کشور را شامل می‌شوند، پرداختند. آن‌ها نتیجه گرفتند که اکوسیستم جنگل‌های خشک هند و چین، جنگل‌های پهن برگ مرطوب دشت شمالی و جنگل‌های مرطوب شبه جزیرهٔ مالزی کمتر از حد مطلوب در مناطق تحت حفاظت این کشور معرفی شده‌اند. همچنین مناطق دارای ارتفاع بیش از ۷۵۰ متر از سطح دریا به‌خوبی در مناطق تحت حفاظت معرفی شده‌اند و برعکس مناطق کم ارتفاع‌تر که فشار انسان و کشاورزی بیشتر است، کمتر در مناطق تحت حفاظت حضور دارند. در ایران در مقیاس ملی Shams Esfand-Abadو Kaboli (۲۰۱۸) با استفاده از ۱۲۶ جانشین تنوع زیستی متشکل از ۲۰ گونه پستاندار، ۲۰ گونه پرنده، ۵۳ گونه خزنده، ۱۰ گونه دوزیست، ۱۹ اکورژیون و ۴ منطقه با غنای بالای گونه‌های تک لپه‌ای بومی به ارزیابی کارایی شبکهٔ مناطق تحت حفاظت پرداختند و نتیجه گرفتند که مناطق تحت حفاظت موجود کمتر از ۱۰ درصد از مناطقی که از نظر این مجموعه تنوع زیستی مهم هستند را شامل می‌شوند. Yusefiو همکاران (۲۰۱۶) نیز به بررسی میزان پوشش بیوم‌های خشکی ایران به‌وسیلهٔ مناطق تحت حفاظت پرداختند. آن‌ها با بررسی وسعت هر یک از انواع مناطق چهارگانه در هر یک از شش بیوم اصلی ایران نشان دادند که تفاوت‌های زیادی در میزان پوشش زیست‌بوم‌ها توسط مناطق چهارگانه وجود دارد. به‌طوری که زیست‌بوم بوته‌زارها و علفزارهای مناطق کوهستانی کمترین میزان پوشش مناطق تحت حفاظت را دارند بنابراین این بیوم را به‌عنوان بیوم با اولویت بالا برای توسعهٔ آتی مناطق تحت حفاظت پیشنهاد می‌نمایند. در سطح استانی نیز Jafari و همکاران (۲۰۱۰a,b) به ارزیابی کارایی مناطق تحت حفاظت به‌ترتیب در استان‌های چهارمحال و بختیاری و کهگیلویه و بویراحمد براساس تیپ‌های گیاهی پرداختند و سطح مورد نیاز برای پوشش کافی همهٔ تیپ‌های گیاهی علاوه بر مناطق تحت حفاظت موجود را به‌ترتیب ۱۶/۱۷ و ۱۴/۲۷ درصد این استان‌ها برآورد نمودند. همچنین Mehri و همکاران (۲۰۱۴) و Esfandeh و همکاران (۲۰۱۵) به‌ترتیب به انتخاب مناطق تحت حفاظت بهینه در استان‌های مازندران و البرز با استفاده از الگوریتم‌های هوشمند در بستر نرم‌افزار مارکسان پرداخته و کارایی این الگوریتم‌ها در انتخاب شبکهٔ بهینه مناطق را نشان داده‌اند.

براساس مرور منابع انجام شده، مشکل تعریف تنوع زیستی و تعیین محدودهٔ مناطق تحت حفاظت برای پوشش حداکثری تنوع زیستی از یک طرف و محدودیت زمین برای اختصاص به حفاظت (خصوصی‌بودن مالکیت اراضی و در بر داشتن هزینهٔ تملک یا رقابت با سایر کاربری‌ها و در نتیجه ملاحظات سیاسی–اجتماعی) از طرف دیگر، لزوم استفاده از رویکردهای برنامه‌ریزی و الگوریتم‌های (نرم‌افزارهای) تصمیم‌سازی در زمینهٔ برنامه‌ریزی کاربری حفاظت را موجب می‌شود. یکی از جامع‌ترین رویکردهای برنامه‌ریزی حفاظت، رویکرد برنامه‌ریزی سیستماتیک حفاظت (Margules and Pressey, 2000) و یکی از نرم‌افزارهای انتخاب و تعیین اولویت مناطق برای حفاظت مارکسان (Possingham *et al*., 2000) هستند. Margules و Pressey (۲۰۰۰) با اذعان به عدم قطعیت‌های موجود در رویکرد برنامه‌ریزی سیستماتیک حفاظت از جمله استفاده از جانشین‌های تنوع زیستی، مکان‌یابی محل‌های حفاظتی جدید، اجرا و مدیریت نواحی انتخاب شده جدید، کارایی این رویکرد را ناشی از کارایی آن در استفاده از منابع محدود برای دستیابی به اهداف حفاظتی، قابل دفاع بودن و انعطاف‌پذیری در مقابل کاربری‌های رقیب حفاظت و کمی‌بودن آن، که امکان نقد و بازنگری تصمیمات گرفته شده براساس آن را امکان‌پذیر می‌سازد، می‌دانند. نرم‌افزار Marxan نیز از متداول‌ترین نرم‌افزارهای برنامه‌ریزی حفاظتی می‌باشد که در نقاط مختلف دنیا به‌منظور اولویت‌بندی مکانی مناطق تحت حفاظت در زیستگاه‌های دریایی و خشکی بکار گرفته شده است (Watts *et al*., 2009). این نرم‌افزار از الگوریتم شبیه‌سازی تبرید تدریجی[3] استفاده می‌کند که قادر است برای مسائل بزرگ، جواب‌های نزدیک به بهینه را در کمترین زمان پیدا کند (Possingham *et al*. 2000).

تحقیق حاضر در چارچوب رویکرد برنامه‌ریزی سیستماتیک حفاظت و با استفاده از تیپ‌های گیاهی به‌عنوان جانشین تنوع زیستی کل و استفاده از نرم‌افزار Marxan به ارزیابی شبکهٔ مناطق تحت حفاظت استان چهارمحال و بختیاری از نظر معرف‌بودن[4] و تعیین خلاءهای موجود در حفاظت از تنوع زیستی گیاهی و سپس برنامه‌ریزی شبکه‌ای از مناطق تحت حفاظت که معرف

[3]Simulated Annealing
[4]Representativeness



شکل ۱- موقعیت استان چهارمحال و بختیاری در ایران، تیپ‌های گیاهی و مناطق چهارگانهٔ استان

نمونه‌هایی از همهٔ انواع تیپ‌های گیاهی محدودهٔ مورد مطالعه باشد، پرداخته است. نوآوری این تحقیق در استفاده از تیپ‌های گیاهی، رویکرد برنامه‌ریزی سیستماتیک حفاظت و نرم‌افزار مارکسان به‌طور همزمان است که در مطالعات قبلی این همزمانی استفاده از تیپ‌های گیاهی، رویکرد و نرم‌افزار گفته شده وجود نداشته است. نتایج این تحقیق می‌تواند برای برنامه‌ریزی و مدیریت شبکهٔ مناطق چهارگانه و سیستم‌های حمایت‌کنندهٔ آن‌ها مانند ذخیره‌گاه‌های جنگلی و مرتعی در دیگر استان‌ها و مناطق رویشی کشور مورد استفاده قرار گیرد.

روش‌شناسی پژوهش

استان چهارمحال و بختیاری از جمله مناطق کوهستانی زاگرس مرکزی محسوب می‌شود که در موقعیت جغرافیایی ۳۱ درجه و ۹ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۳۸ دقیقهٔ عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۲۶ دقیقهٔ طول شرقی واقع شده است. وسعت آن ۱۶۳۳۲ کیلومتر مربع می‌باشد و از نظر مساحت بیست و دومین استان کشور می‌باشد. وسعت تیپ‌های گیاهی در استان چهارمحال و بختیاری برابر با ۱۰۹۹۲۸۳ هکتار است و ۶۷/۳۲ درصد از کل مساحت استان را شامل می‌شوند. همچنین اراضی زراعی شامل زراعت‌های آبی، اراضی آیش، درختان مثمر و غیرمثمر با وسعت ۳۹۵۹۳۱ هکتار، ۲۴/۲۵ درصد، اراضی سنگلاخی (رخنمون سنگی) با وسعت ۱۱۳۹۹۱ هکتار، ۶/۹۸ درصد، اراضی ساخته‌شده با وسعت ۱۸۵۴۸ هکتار، ۱/۱۴ درصد، دریاچه، تالاب و رودخانه با مساحت ۳۸۹/۲۷۱۷ و ۱۷۷۹ به‌ترتیب ۰/۱۷، ۰/۰۲ و ۰/۱۲ از کل منطقه را در بر می‌گیرند. تعداد ۱۰۶ تیپ گیاهی در استان چهارمحال و بختیاری شناسایی و در ۱۲ گروه گیاهی شامل *Acanthophyllum* (۳ تیپ)، *Agropyron* (۲ تیپ)، *Amygdalus* (۹ تیپ)، *Astragalus* (۵۲ تیپ)، *Centaurea* (۲ تیپ)، *Cousinia* (۳ تیپ)، *Daphne* (۶ تیپ)، *Ferula* (۲ تیپ)، *Prangos* (۳ تیپ)، *Quercus* (۳ تیپ)، *Scariola* (۵ تیپ) و منفردها (۱۶ تیپ) تفکیک شده‌اند (Fayyaz *et al.*, 2011). همچنین مطابق آخرین آمار سازمان حفاظت محیط زیست از شبکهٔ مناطق تحت حفاظت کشور، استان چهارمحال و بختیاری دارای یک پارک ملی، یک اثر طبیعی ملی، یک پناه‌گاه حیات وحش و پنج منطقهٔ حفاظت‌شده است (شکل ۱).

این تحقیق در سه مرحله و به روش‌های گفته‌شده در هر مرحله مطابق زیر انجام شده است:

مرحلهٔ اول: ارزیابی وضعیت حفاظت فعلی تیپ‌های گیاهی: بدین‌منظور نقشهٔ تیپ‌های گیاهی و مناطق چهارگانهٔ استان در محیط سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (ArcGIS 10.8) روی‌هم‌اندازی و ابتدا از دستور Clip در منوی Analysis Tools (Extract) برای برش لایه وکتوری تیپ‌های گیاهی با مرز شبکهٔ فعلی مناطق تحت حفاظت و سپس از دستور Calculate Geometery برای محاسبهٔ مساحت تیپ‌های گیاهی موجود در این مناطق استفاده شد.

مرحلهٔ دوم: تعیین اهداف حفاظتی برای تیپ‌های گیاهی: برای تعیین درصدی از هر تیپ گیاهی به‌عنوان هدف حفاظتی (Pressey and Taffs 2001) رابطهٔ ۱ را در نیوساوث ولز[5] استرالیا بکار گرفته‌اند.

$$TARGETVEG= 10\times(1+NR+TH)$$ رابطهٔ ۱

در این رابطه TH: تهدیدهای موجود برای تیپ گیاهی مورد نظر است که به‌صورت درصدی از مساحت کل تیپ که از گذشته تا حال تغییر کاربری یافته بین صفر تا ۱۰۰ درصد (یا صفر تا ۱) و NR: نادر بودن تیپ گیاهی است که خود از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید و ارزشی بین صفر تا ۱ دارد:

$$NR= (Am–Ai)/Am$$ رابطهٔ ۲

که در آن Am: مساحت وسیع‌ترین تیپ گیاهی(جنگلی/مرتعی) منطقه و Ai: مساحت تیپ گیاهی مورد نظرکه قرار است برای آن هدف تعیین شود. در تحقیق حاضر با توجه به این‌که نقشه‌ها و آمار مناسب با تسلسل زمانی لازم از پوشش گیاهی وجود ندارد که بتوان از روی آن‌ها درصدی از مساحت تیپ‌های گیاهی که تغییر کاربری یافته‌اند را مشخص نمود و از طرف دیگر همهٔ تیپ‌های گیاهی به‌طور یکسان تحت تهدیدهای مشابهی از قبیل شخم و شیار و تبدیل به زراعت دیم، چرای دام، بوته‌کنی، کان‌کنی، احداث راه و غیره هستند، TH از این رابطه حذف و به‌جای آن ارزش تنوع گونه‌ای تیپ‌های گیاهی (BV) به‌صورت زیر اضافه شد (رابطهٔ ۳):

$$TARGETVEG= 10\times(1+NR+BV)$$ رابطهٔ ۳

برای محاسبهٔ ارزش تنوع گونه‌ای (BV) هر تیپ گیاهی، تنوع فرم‌های رویشی گونه‌ها در هر تیپ و فراوانی گونه‌ها در هر فرم رویشی مورد توجه قرار گرفت. بر این اساس شاخص تنوع سیمپسون (رابطهٔ ۴) در محیط نرم‌افزار Ecological Methodology 6.0 (Kenny and Krebs, 2001) به‌صورت ارزشی بین صفر تا ۱ برای هر تیپ محاسبه شد.

$$1-\sum_{i=1}^{k}\frac{n_i(n_i-1)}{n(n-1)}$$ رابطهٔ ۴

در این رابطه n_i: تعداد گونه با فرم رویشی اول (درختی) (i) در تیپ گیاهی مورد نظر تا فرم رویشی آخر (گندمی) (k) و n: تعداد کل گونه‌های موجود در آن تیپ گیاهی است. در این تحقیق گونه‌های موجود در هر تیپ گیاهی به پنج فرم رویشی درختی، درختچه‌ای، بوته‌ای، علفی و گندمی تقسیم شده و گونه‌های با این فرم رویشی در هر تیپ شمارش شده و در نرم‌افزار وارد شدند.

مرحلهٔ سوم: شناسایی مناطق دارای اولویت حفاظت در راستای بهبود کارایی شبکهٔ مناطق تحت حفاظت موجود: بدین‌منظور دو سناریوی وجود و عدم وجود مناطق تحت حفاظت موجود در نظر گرفته شد. سپس با استفاده از نرم‌افزار پشتیبان تصمیم‌گیری Marxan، مجموعه مناطق بالقوه‌ای که دارای حداقل مساحت (و حداقل هزینه) می‌باشند در هر سناریو مشخص شدند. سناریوها با توجه به ارزش‌های اکولوژیک مناطق تحت حفاظت موجود و محدودیت‌های موجود برای اختصاص اراضی جدید به حفاظت و مسائل اقتصادی–اجتماعی و سیاسی مربوطه تعیین شدند. همچنین اجرای نرم‌افزار Marxan حداقل به چهار فایل ورودی نیاز دارد. این فایل‌ها در برگیرندهٔ تمام اطلاعات مربوط به پارامترهای ویژهٔ نرم‌افزار و جزئیات حفاظتی هستند که توسط نرم‌افزار حل خواهند شد.

[5]New South Wales

فایل واحدهای برنامه‌ریزی: در پژوهش حاضر از یک شبکهٔ شش‌ضلعی با سلول‌هایی با اضلاع ۵ کیلومتری که در مطالعات قبلی برنامه‌ریزی حفاظت تنوع زیستی که در منطقهٔ مورد مطالعه انجام شده (Nematollahi *et al*., 2020) و به‌عنوان بهترین اندازهٔ واحد برنامه‌ریزی پیشنهاد شده است، استفاده شد. در نتیجه تقسیم منطقهٔ مطالعاتی در قالب واحدهای برنامه‌ریزی به شکل شبکه‌ای شش‌ضلعی با ابعاد ۵ کیلومتر، ۲۷۳۵ واحد برنامه‌ریزی با مساحت ۶۲۵ هکتار حاصل شد.

فایل پدیده‌های حفاظتی: در پژوهش حاضر، تیپ‌های گیاهی به‌عنوان پدیدهٔ حفاظتی در نظر گرفته شده است بدین‌منظور از لایهٔ حضور تیپ‌های گیاهی (Fayyaz *et al*., 2011) استفاده شد. با توجه به اندازهٔ واحدهای برنامه‌ریزی، تیپ‌های گیاهی با مساحت کمتر از ۶۲۵ هکتار از تحلیل‌های بعدی حذف شدند. از مجموع ۱۰۶ تیپ گیاهی، ۹۵ تیپ گیاهی دارای مساحت بیش از ۶۲۵ هکتار بودند. در این بخش، سناریوها و اهداف حفاظتی نیز تعیین می‌شوند. منظور از هدف حفاظتی، حداقل مقداری از هر پدیدهٔ حفاظتی است که باید مورد حفاظت قرار بگیرد که در مرحلهٔ قبل نحوهٔ محاسبهٔ آن توضیح داده شد. در مورد سناریوها هم در ابتدای همین مرحله توضیح داده شد.

فایل واحدهای برنامه‌ریزی در مقابل پدیده‌های حفاظتی: این فایل شامل اطلاعات در مورد توزیع هر یک از پدیده‌های حفاظتی در واحدهای برنامه‌ریزی است. در این فایل، نام هر پدیدهٔ حفاظتی، شناسهٔ واحدهای برنامه‌ریزی که در آن توزیع دارد و مقدار آن پدیده حفاظتی در هر واحد تعیین می‌شود.

فایل طول مرز: این فایل تنظیم‌کنندهٔ میزان قطعه‌قطعه‌شدگی لکه‌های انتخاب‌شده برای حفاظت است (Game and Grantham, 2008; Mehri *et al*., 2014). در طرح‌ریزی مناطق تحت حفاظت به‌طور کلی یک لکهٔ حفاظتی با اندازهٔ بزرگ‌تر بهتر از چند لکهٔ کوچک با همان اندازه است و هرچه نسبت محیط به مساحت لکه بیشتر باشد، تأثیر اثرات خارجی و حاشیهٔ آن بیشتر است. این موضوع در Marxan توسط فایل طول مرز کنترل می‌شود. این فایل شامل اطلاعاتی در مورد طول مرز مؤثر بین واحدهای برنامه‌ریزی است. در این فایل شمارهٔ واحدهای برنامه‌ریزی دارای مرز مشترک به همراه اثر مرز بین آن‌ها تعیین می‌شود. این اثر به‌عنوان هزینهٔ مرز در نظر گرفته می‌شود و سبب تعیین مجموعه مناطق تحت حفاظت با فشردگی بیشتر و قطعه‌قطعه‌شدگی کمتر می‌شود. با افزایش طول مرز بین واحدها، هزینهٔ بیشتری به تابع هدف اضافه می‌شود و سبب می‌شود محیط کلی واحدهای انتخاب‌شده حداقل شود.

اجرای نرم‌افزار Marxan: پس از آماده‌سازی فایل‌های ورودی، نرم‌افزار Marxan مطابق راهنما برای هر سناریو ۱۰۰ بار اجرا شد که در هر اجرا ۱۰ میلیون تکرار صورت گرفت. با اجرای نرم‌افزار، الگوریتم شبیه‌سازی تبرید تدریجی شروع به پیدا کردن راه‌حل بهینه در میان راه‌حل‌های ممکن می‌کند. در هر تکرار، یک واحد برنامه‌ریزی به‌طور تصادفی انتخاب می‌شود. این واحد برنامه‌ریزی ممکن است از قبل در مناطق تحت حفاظت فعلی وجود داشته باشد یا به مجموعه اضافه شود. سپس، تغییر تابع هدف در مقابل اضافه کردن یا حذف این واحد برنامه‌ریزی به مجموعه ارزیابی می‌شود. تابع هدف به‌صورتی تعریف شده‌است که پایین‌ترین مقادیر و کم‌ترین هزینه، دارای اولویت هستند. تابع هدف در نرم‌افزار Marxan به‌صورت رابطهٔ ۴ محاسبه می‌شود (Game and Grantham, 2008):

رابطهٔ ۴

$$Objective\ Function = \sum_{PUs} Cost + \sum_{Target} SPF \times Penalty$$

Objective Function: مجموعه هزینه‌های محاسبه‌شده برای تمامی واحدهای برنامه‌ریزی انتخاب‌شده برای حفاظت، Cost: مقادیر هزینه‌های برآورد شده، Pus: واحدهای برنامه‌ریزی، SPF: ضریب جریمه که براساس آن در صورتی‌که هدف تعیین شده برای هر یک از پدیده‌های حفاظتی حاصل نشد، هزینه‌ای به تابع هزینه کل اضافه شده و هزینهٔ نهایی انتخاب مناطق افزایش یابد، Penalty: جریمهٔ عدم دستیابی به اهداف حفاظتی و Target: هدف حفاظتی است.

یافته‌های پژوهش

وضعیت حفاظتی تیپ‌های گیاهی در شبکهٔ مناطق تحت حفاظت موجود: در استان چهارمحال و بختیاری تعداد ۱۰۶ تیپ گیاهی وجود دارد که بعد از روی‌هم‌اندازی با مناطق تحت حفاظت مشخص شد که از این تعداد فقط ۳۷ تیپ به مقادیر مختلف

در مناطق تحت حفاظت وجود دارند (جدول ۱) و ۶۹ تیپ گیاهی در هیچ یک از مناطق وجود ندارند. به‌عبارت دیگر برخی از تیپ‌های گیاهی تا ۱۰۰ درصد مورد حفاظت قرار گرفته‌اند در حالی‌که بسیاری از تیپ‌های گیاهی در هیچ یک از مناطق تحت حفاظت موجود حضور ندارند. بیشتر مساحت مناطق تحت حفاظت موجود را تیپ‌های گیاهی گروه *Astragalus* تشکیل داده‌اند و سایر گروه‌ها و تیپ‌های گیاهی منفرد مساحت اندکی از مناطق حفاظت شده موجود را تشکیل می‌دهند. مناطق حفاظت شده سبزکوه و شیدا هر کدام با ۱۱ تیپ گیاهی بیشترین و هلن با ۳ تیپ گیاهی کمترین درجهٔ معرف‌بودن از نظر تیپ‌های گیاهی موجود در استان را دارند.

تعیین اهداف حفاظتی برای تیپ‌های گیاهی: به‌منظور برنامه‌ریزی برای حفاظت همهٔ تیپ‌های گیاهی براساس ارزش‌های نادربودن و تنوع گونه‌ای تیپ‌های گیاهی با استفاده از رابطهٔ ۳ که در بخش مواد و روش‌ها توضیح داده شد، برای هر یک از تیپ‌های گیاهی یک هدف حفاظتی مطابق جدول ۲ محاسبه شد. همچنین کمبودهای حفاظتی و حفاظت بیش از اندازهٔ هر یک از تیپ‌های گیاهی در مقایسه با درصد حفاظت فعلی محاسبه شد.

شناسایی مناطق دارای اولویت حفاظت در راستای تکمیل شبکه مناطق تحت حفاظت فعلی: نتیجهٔ اجرای نرم‌افزار Marxan تحت دو سناریوی مختلف، در قالب دو فایل راه‌حل بهینه (Best solution) و راه‌حل جمعی (Summed Solution) ارائه شد. فایل راه‌حل بهینه، بهترین واحدهای برنامه‌ریزی برای برآورده شدن اهداف حفاظتی تیپ‌های گیاهی را نشان می‌دهد که در ۱۰۰ تکرار انتخاب شده‌اند و فایل راه‌حل جمعی، فراوانی انتخاب واحدهای برنامه‌ریزی در ۱۰۰ تکرار را نشان می‌دهد.

سناریو ۱: عدم در نظر گرفتن مناطق تحت حفاظت موجود: مطابق نتایج حاصل از اجرای نرم‌افزار Marxan تحت این سناریو، در حالت راه‌حل بهینه ۱۹/۸۶ درصد و در حالت راه‌حل جمعی ۳۷ درصد از مساحت استان چهارمحال و بختیاری در بخش شرقی استان از شمال تا جنوب، دارای اولویت برای برآورده شدن اهداف حفاظتی همهٔ تیپ‌های گیاهی هستند. بعد از اجرای نرم‌افزار و تعیین اولویت واحدهای مختلف برنامه‌ریزی نقشهٔ مناطق تحت حفاظت فعلی روی آن انداخته شد تا اولویت واحدهای برنامه‌ریزی درون این مناطق و به‌عبارتی کارایی این شبکه در حفاظت تیپ‌های گیاهی مشخص شود (شکل ۲ الف و ب). میزان همپوشانی شبکهٔ پیشنهادی با استفاده از نرم‌افزار با شبکهٔ مناطق تحت حفاظت فعلی به‌ترتیب در راه‌حل بهینه و راه‌حل جمعی ۸/۵ و ۱۲/۸۵ درصد به‌دست آمد.

سناریو ۲: در نظر گرفتن مناطق تحت حفاظت موجود: مطابق نتایج حاصل از اجرای نرم‌افزار Marxan تحت این سناریو، در حالت راه‌حل بهینه ۱۴/۴۷ درصد و در حالت راه‌حل جمعی ۳۰/۷ درصد از مساحت استان چهارمحال و بختیاری دارای اولویت بالا برای حفاظت است. به‌عبارت دیگر، در این سناریو برای اینکه اهداف حفاظتی تعیین شده برای همهٔ تیپ‌های گیاهی برآورده شود، علاوه بر درصدی از مساحت استان که هم‌اکنون مورد حفاظت است (۱۱/۶۳) به درصدهای مطرح شده نیاز است. با توجه به اینکه در این سناریو وضعیت واحدهای برنامه‌ریزی درون شبکهٔ مناطق تحت حفاظت فعلی در فایل ویژگی‌های واحدهای برنامه‌ریزی "انتخاب‌شده" تعیین‌شده، نرم‌افزار به تعیین اولویت برای آن‌ها نمی‌پردازد و اولویت واحدهای برنامه‌ریزی خارج از مناطق را تعیین می‌نماید (شکل ۲ ج و د).

همچنین می‌توان اولویت مناطق برای حفاظت را بر اساس فراوانی انتخاب در ۱۰۰ بار تکرار در چهار طبقه اولویت پایین (۲۵–۱ بار تکرار)، اولویت متوسط (۵۰–۲۶ بار تکرار)، اولویت بالا (۷۵–۵۱ بار تکرار) و اولویت بسیار بالا (۱۰۰–۷۶ بار تکرار) مطابق شکل ۳ دسته‌بندی کرده و برای ورود آن‌ها به شبکهٔ مناطق تحت حفاظت استان برنامه‌ریزی نمود. تیپ‌های گیاهی موجود در این طبقات نیز در جدول ۳ ارائه شده است. لکه‌های مختلف از یک تیپ گیاهی با توجه به موقعیت از ارزش‌های حفاظتی متفاوتی برخوردارند به‌عنوان مثال یک لکه به‌دلیل مجاورت با یک منطقهٔ تحت حفاظت موجود ممکن است دارای اولویت بسیار بالا برای حفاظت باشد، در حالی‌که لکهٔ دیگری از همان تیپ گیاهی ممکن است به‌دلیل دور افتاده بودن از مناطق تحت حفاظت موجود یا واقع‌شدن در مجاورت اراضی با کاربری نامناسب برای حفاظت مانند کشاورزی و مسکونی، دارای اولویت پایین باشد.

جدول ۱- وضعیت حفاظتی تیپ‌های گیاهی موجود در استان چهارمحال و بختیاری بر حسب مناطق تحت حفاظت

تیپ‌های گیاهی	وسعت تیپ گیاهی در مناطق تحت حفاظت (هکتار)						مساحت کل تیپ (هکتار)	مساحت مورد حفاظت (هکتار)	درصد مورد حفاظت
	تنگ صیاد	هلن	سبزکوه	شیدا	قیصری	شیرستان			
Acanthophyllum microcephalum-Astragalus verus-Phlomis persica				۳۷۵/۳۳			۳۳۵۲/۷۹	۳۷۵/۳۳	۱۱/۱۹
Acer monspessulunum-Amygdalus scoparia			۱۴۴/۹۶				۸۴۲/۲۷۴	۱۴۴/۹۶	۱۷/۲۱
Amygdalus orientalis-Astragalus adscendens-Daphne mucronata						۵۹/۵۰	۳۹۵۷/۳۲	۵۹/۵	۱/۵۰
Asrtagalus-Cousinia	۶۴۴۴/۲۸						۳۵۲۴۰/۲	۶۴۴۴/۲۸	۱۸/۲۸
Asrtagalus-Scariola	۷۷۵/۶۲						۷۷۵/۶۶۲	۷۷۵/۶۲	۱۰۰
Astragalus adscendens-Cirsium bracteosum-Cousinia bachtiarica		۴۲۷/۰۸۳				۴۴۸/۹۱	۱۰۴۱۲/۶	۸۷۵/۹	۸/۴۱
Astragalus adscendens-Cirsium bracteosum-Daphne mucronata						۵۵۴/۶۷	۱۳۷۲۷/۸	۵۴۴/۶۷	۴/۰۴
Astragalus adscendens-Daphne mucronata		۸۳۵/۹۶	۱۰۹۰۶/۸			۴۱۱/۸۸	۱۲۰۳۵۱	۲۳۳۷۸/۶۴	۱۹/۴۲
Astragalus adscendens-Daphne mucronata-Cirsium bracteosum		۵۱۱۳/۴۴	۲۲۰۱/۶۷			۴۴۷۲/۷۵	۱۲۴۰۹۱/۵۹۶	۹۵۸۶/۲۲	۷/۷۲
Astragalus adscendens-Daphne mucronata-Smyrnium cordifolium		۴۲۵/۳۸					۷۵۹/۲۱۱	۴۲۵/۳۴	۵۶/۰۳
Astragalus adscendens-Prennial grasses						۴۰۳/۱۲	۳۱۴۲/۱	۴۰۳/۱۲	۱۲/۹۰
Astragalus fasciculifolius- Stipa capensis			۲۵/۷۱				۴۶۴/۲۹۸	۲۵/۷۱	۵/۵۴
Astragalus murinus-Onobrychis cornuta-Acantholimon sp						۳۵۰۰/۰۴	۱۱۱۴۵/۸	۳۵۰۰/۰۴	۳۱/۴۰
Astragalus spp.-Daphne mucronata			۹۲۳۰/۴۳				۲۲۶۱۸/۲	۹۲۳۰/۴۳	۴۰/۸۱
Astragalus spp.-Daphne mucronata-Cirsium sp.			۲۵۹/۳۰۷				۱۳۸۸۰/۲	۲۵۹/۳۱	۱/۸۷
Astragalus susianus-Agropyrum intermedium-Eryngium billardieri				۲۸۱۵/۸۵			۹۶۰۱/۹۴	۲۸۱۵/۸۵	۲۹/۳۲
Astragalus susianus-Agropyrum intermedium-Serratula latifolia				۳۱۹۲/۶۰			۶۲۵۵/۶۵	۳۱۹۲/۶	۵۱/۰۳
Astragalus susianus-Cousinia cylindracea-Phlomis olivieri	۱۴/۲۴						۱۶۸۴/۶۸	۱۴/۲۴	۰/۸۴
Astragalus susianus-Sophora alopecuroides				۱۹۵/۶۰			۱۵۲۶/۷	۱۹۵/۶	۱۲/۸۱
Astragalus verus-Acanthophyllum microcephalum-Phlomis persica	۱۴/۰۴						۳۰۸۴/۲۷	۱۴/۰۴	۰/۴۵
Astragalus verus-Acanthophyllum microcephalum-Scariola orientalis				۲۲۲/۱۱			۱۸۵۰/۴۷	۲۲۲/۱۱	۱۲
Astragalus verus-Agropyrum intermedium-Eryngium billardieri				۱۸۳۵/۳۱			۱۶۷۸۴/۸	۱۸۳۵/۳۱	۱۰/۹۳

ادامه جدول ۱

تیپ‌های گیاهی	وسعت تیپ گیاهی در مناطق تحت حفاظت (هکتار)						مساحت کل تیپ (هکتار)	مساحت مورد حفاظت (هکتار)	درصد مورد حفاظت
	تنگ صیاد	هلن	سبزکوه	شیدا	قیصری	شیرستان			
Astragalus verus-Cousinia cylindracea	۱۰۳۲/۴۲						۱۵۵۶	۱۰۳۲/۴۲	۶۶/۳۵
Astragalus verus-Eryngium billardieri				۱۲۸۵/۲۱			۵۰۹۳/۱۲	۱۲۸۵/۲۱	۲۵/۲۳
Astragalus verus-Scariola orientalis	۱۰۲/۹۹						۵۰۶/۶۴	۱۰۲/۹۹	۲۰/۳۳
Astragalus verus-Scariola orientalis-Cousinia cylindracea				۲۱۳۹/۴۳			۱۵۱۸۶/۲	۲۱۳۹/۴۳	۱۴/۰۹
Centaurea gaubae-Scariola orientalis				۳۷۰/۰۶			۳۷۰/۰۵۷	۳۰۷/۰۶	۱۰۰
Cerasus mahaleb-Daphne mucronata-Cirsium bracteosum		۵۹۴/۳۷					۵۹۴/۳۷	۵۹۴/۳۷	۱۰۰
Cirsium bracteusum-Astragalus adscendens			۱۰۶۶/۳۱				۱۰۶۶/۳۱	۱۰۶۶/۳۱	۱۰۰
Cultivated Land	۵۰۵۸/۴۸	۱۱۳۴/۹۱	۴۰۶۱/۰۹	۷۴۴۷/۲۳	۳۱۱/۳۶	۱۷۰/۷۴	۳۹۵۹۳۱	۱۸۱۸۳/۸۵	۴/۵۹
Daphne mucronata-Crataegus sp-Astragalus adscendens			۶۷/۸۳				۶۹۲/۳۳۶	۶۷/۸۳	۹/۸۰
Fraxinus routondifolia-Crataegus aronia			۳۸۱/۱۴				۷۱۶/۶۱۶	۳۸۱/۱۴	۵۳/۱۸
Gundelia tournefortii-Annual grasses-Annual forbs		۷۹/۲۸					۷۸۶/۰۲	۷۹/۲۸	۱۰/۰۸
Prangos uloptera-Cousinia bachtiarica -Astragalus miryacanthus		۸۸۳/۸۳					۹۵۹/۹۱۴	۸۸۳/۸۳	۹۲/۰۷
Quercus persica		۲۵۰۹۲	۱۵۹۱۳/۳			۲۲۱۳۷/۲	۳۴۳۷۳۳	۶۳۱۴۲/۵	۱۸/۳۷
Quercus persica-Cultivated Land		۱۷۵۷/۵۹				۲۸۲۱/۸۲	۴۸۲۸۳/۲	۷۴۵۹/۴۱	۱۵/۴۵
Scariola orientalis-Cousinia cylindracea				۱۱۰۹/۲۴			۲۹۳۸/۱۳	۱۱۰۹/۲۴	۳۷/۷۵

جدول ۲- اهداف حفاظتی تعیین شده و کمبودهای حفاظتی یا حفاظت بیش از حد (تراز) تیپ‌های گیاهی استان چهارمحال و بختیاری*

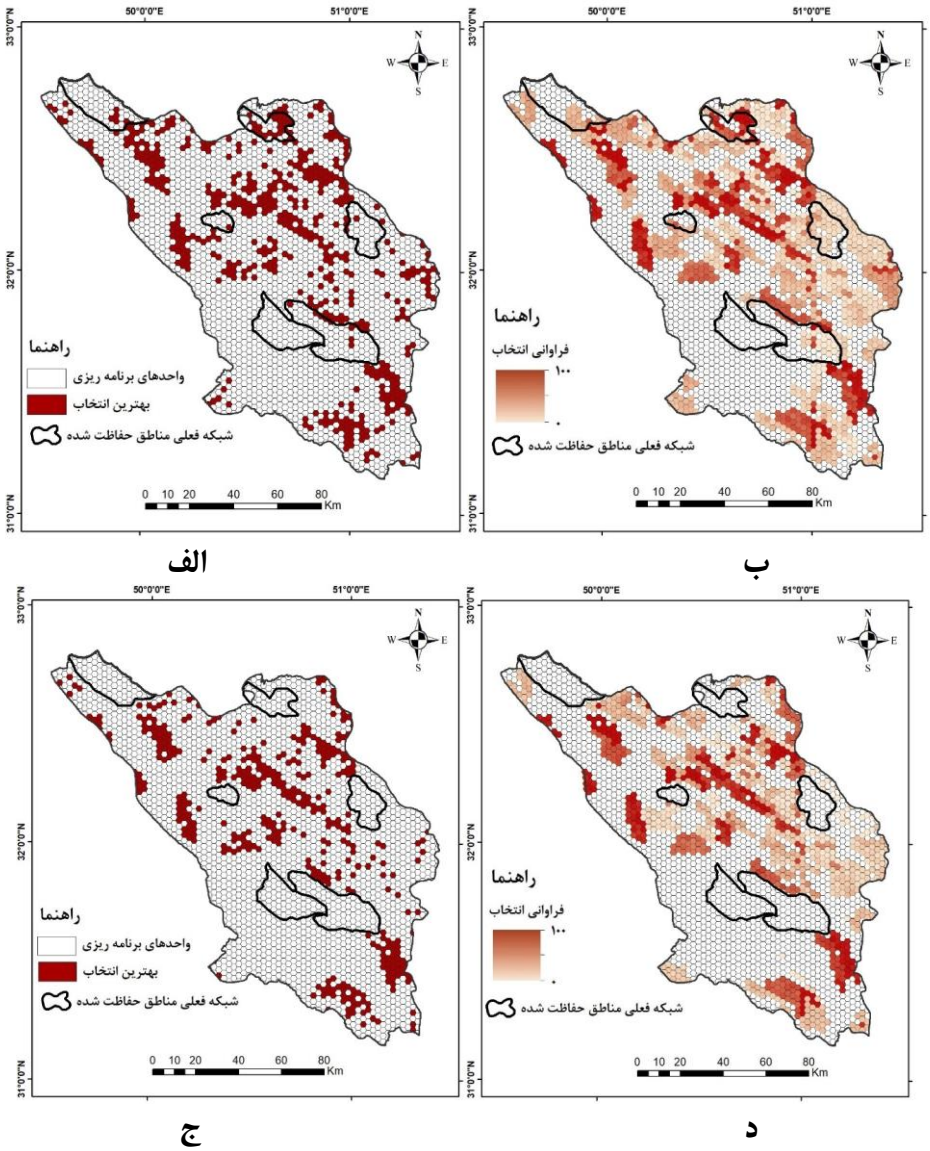
کد تیپ	نام تیپ گیاهی	مساحت کل تیپ (هکتار)	درصد از کل استان	درصد از پوشش گیاهی	مساحت تحت حفاظت	درصد حفاظت	ارزش نادر بودن	ارزش تنوع	هدف حفاظتی	تراز حفاظتی (٪)**
۱	*Acanthophyllum microcephalum-Astragalus verus*	۲۱۰۰/۰۳	۰/۱۳	۰/۱۹	۰/۰۰	۰/۰۰	۱/۰۰	۰/۴۳	۱۹/۲۶	-۱۹/۲۶
۲	*Acanthophyllum microcephalum-Astragalus verus-Phlomis persica*	۳۳۵۲/۷۹	۰/۲۱	۰/۳۰	۳۷۵/۳۳	۱۱/۱۹	۰/۹۹	۰/۶۲	۲۱/۱۲	-۹/۹۲
۳	*Acanthophyllum microcephalum-Stipa hohenackeriana-Psathyrostachys fragilis*	۳۸۵۵/۹۴	۰/۲۴	۰/۳۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۹۹	۰/۶۲	۲۱/۱۱	-۲۱/۱۱
۴	*Acer monspessulunum-Amygdalus scoparia*	۸۴۲/۲۷	۰/۰۵	۰/۰۸	۱۴۴/۹۶	۱۷/۲۱	۱/۰۰	۰/۷۳	۲۲/۳۲	-۵/۱۱
۵	*Agropyron intermedium-Astragalus sp.*	۴۹۳۱/۸۵	۰/۳۰	۰/۴۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۹۹	۰/۳۶	۱۸/۵۲	-۱۸/۵۲

ادامهٔ جدول ۲

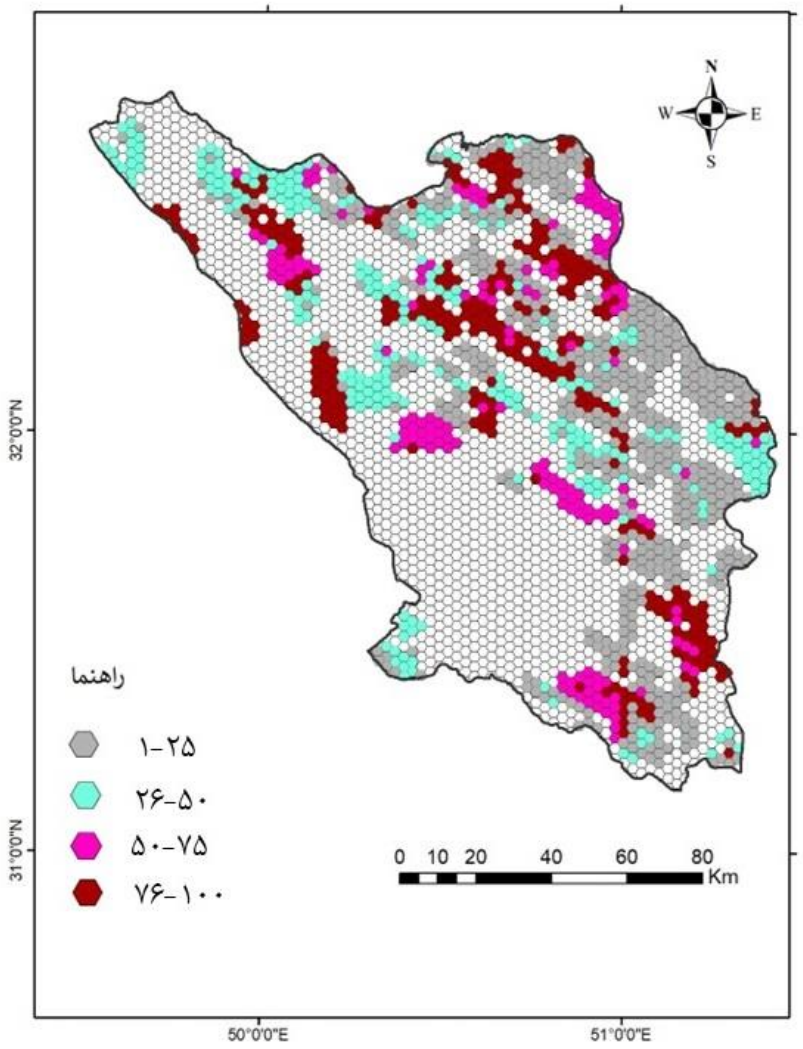
کد تیپ	نام تیپ گیاهی	مساحت کل تیپ (هکتار)	درصد از کل استان	درصد از پوشش گیاهی	مساحت تحت حفاظت	درصد حفاظت	ارزش نادر بودن	ارزش تنوع	هدف حفاظتی	تراز حفاظتی (٪)**
....	...	....	....	....	....	....	....	....	....	....
۳۰	*Astragalus adscendens-Daphne mucronata*	۱۲۰۳۵۱/۰۰	۷/۳۷	۱۰/۹۴	۲۳۳۷۸/۶۰	۱۹/۴۳	۰/۷۷	۰/۶۴	۱۹/۱۳	+۰/۲۹
....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
۳۸	*Astragalus adscendens-Daphne mucronata-Smyrnium cordifolium*	۷۵۹/۲۱	۰/۰۵	۰/۰۷	۴۲۵/۳۸	۵۶/۰۳	۱/۰۰	۰/۶۱	۲۱/۰۹	+۳۴/۹۴
....										

* بخشی از جدول به‌عنوان نمونه (جدول کامل بنا به درخواست خوانندگان قابل ارایه است.)

** اعداد منفی به‌معنای کمبود حفاظت و اعداد مثبت به‌معنای حفاظت بیش از حد هدف تعیین شده هستند.



شکل ۲- مناطق دارای اولویت برای حفاظت تیپ‌های گیاهی براساس اجرای نرم‌افزار Marxan تحت سناریوی عدم وجود مناطق تحت حفاظت موجود (الف و ب) و سناریوی وجود مناطق تحت حفاظت موجود (ج و د) (در شکل الف و ب مناطق تحت حفاظت موجود بعد از اجرای نرم‌افزار روی شبکهٔ پیشنهادی انداخته شده‌اند)



شکل ۳- تعیین اولویت واحدهای برنامه‌ریزی برای ورود به شبکهٔ مناطق تحت حفاظت در استان چهارمحال و بختیاری براساس فراوانی تکرار در ۱۰۰ بار اجرای نرم‌افزار

جدول ۳- اولویت‌بندی حفاظتی تیپ‌های گیاهی برای ورود به شبکهٔ مناطق تحت حفاظت*

ترتیب اولویت	تعداد واحدهای برنامه‌ریزی	مساحت کل(هکتار)	درصد از کل استان	تیپ‌های گیاهی
پایین (۲۵-۱)	۴۲۵	۲۶۵۶۲۵	۱۶/۲۶	*Astragalus adscendens-Daphne mucronata-Smyrnium cordifolium* *Astragalus susianus-Agropyrum intermedium-Eryngium billardieri* *Astragalus verus-Eryngium billardieri* *Quercus persica* *Prangos uloptera-Cousinia bachtiarica -Astragalus miryacanthus* ….
متوسط (۵۰-۲۶)	۱۲۴	۷۷۵۰۰	۴/۷۴	*Astragalus adscendens-Cirsium bracteosum-Cousinia bachtiarica* *Astragalus verus-Agropyrum intermedium-Eryngium billardieri* *Acanthophyllum microcephalum-Astragalus verus-Phlomis persica* *Astragalus verus-Acanthophyllum microcephalum-Scariola orientalis* …..

ادامهٔ جدول ۳

ترتیب اولویت	تعداد واحدهای برنامه‌ریزی	مساحت کل(هکتار)	درصد از کل استان	تیپ‌های گیاهی
بالا (۷۵-۵۱)	۱۳۱	۸۱۸۷۵	۵/۰۱	*Agropyron intermedium-Astragalus sp.* *Acanthophyllum microcephalum-Astragalus verus* *Heracleum lasiopetalum-Astragalus shistocalyx* *Noaea mucronata-Cousinia sp.* *Phlomis persica-Scariola orientalis* *Scariola orientalis-Astragalus verus* *Scariola orientalis-Bromus tomentellus-Stipa hohenackeriana* *Hertia angustifolia-Scariola orientalis* ....
بسیار بالا (۱۰۰-۷۶)	۲۲۹	۱۴۳۱۲۵	۸/۷۶	*Amygdalus orientalis-Astragalus susianus-Glycyrrhiza glabra* *Astragalus adscendens-Daphne mucronata-Agropyrum intermedium* *Astragalus susianus-Psathyrostachys fragilis-Stipa hohenackeriana* *Astragalus verus-Cousinia cylindracea-Scariola orientalis* *Feula ovina-Daphne mucronate* *Acanthophyllum microcephalum-Stipa hohenackeriana-Psathyrostachys fragilis* *Amygdalus sp.-Pistacia sp.* *Acanthophyllum microcephalum-Stipa hohenackeriana-Psathyrostachys fragilis* ....

* بخشی از جدول به‌عنوان نمونه (جدول کامل بنا به درخواست خوانندگان قابل ارائه است).

بحث و نتیجه‌گیری

علی‌رغم نقش و مأموریت مهمی که در راهبردهای جهانی برای مناطق تحت حفاظت در حفاظت تنوع زیستی در نظر گرفته شده است، معیارهای انتخاب آن‌ها مانند موقعیت نسبت به پراکنش عناصر تنوع زیستی (معرف‌بودن برای گونه‌های گیاهی و جانوری) و نیز فرآیندهای اکولوژیک تضمین‌کنندهٔ بقای گونه‌ها یا نابودکنندهٔ آن‌ها، وسعت و ارتباطات آن‌ها متناسب با این نقش و مأموریت نبوده است. بنابراین ارزیابی کارایی مناطق تحت حفاظت و تجدید نظر در مورد توانایی آن‌ها در برآورده‌کردن این نقش و مأموریت در تمام دنیا در دهه‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. این ارزیابی کارایی به‌ویژه از نظر معرف‌بودن، می‌تواند بر حسب تنوع زیستی در سطح گونه‌ها یا گروه‌های خاصی از گونه‌ها و جوامع گیاهی و جانوری و از نظر فضایی در سطح یک منطقهٔ تحت حفاظت، در سطح کل مناطق تحت حفاظت یک حوزهٔ جغرافیایی یا در سطح یک کشور انجام شود. برای ارزیابی معرف‌بودن سیستم مناطق تحت حفاظت در سطح ملی و حتی قاره‌ای و جهانی، رویکرد جامعی به نام برنامه‌ریزی سیستماتیک حفاظت تنوع زیستی توسط Margules و Pressey (۲۰۰۰) ارائه شده است.

در تحقیق حاضر کارایی مناطق تحت حفاظت استان چهارمحال و بختیاری با تأکید بر معرف‌بودن برای تیپ‌های گیاهی مورد ارزیابی قرار گرفت. در این راستا از نرم‌افزار Marxan که از سامانه‌های پشتیبان تصمیم‌گیری در امور برنامه‌ریزی مناطق تحت حفاظت و تحلیل‌های زیستی–فضایی آن‌ها است، استفاده شد. مطالعات نشان داده است که نرم‌افزار Marxan در کشورهایی که داده‌های زیست‌شناختی کمی دارند، بسیار موفق عمل نموده است (Lessmann *et al*., 2014). در ایران نیز که دارای تنوع گونه‌ای بالا و اطلاعات زیستی اندک و منابع محدود برای حفاظت است، مطالعات انجام شده کارایی استفاده از این رویکرد در انتخاب بهینهٔ شبکهٔ مناطق تحت حفاظت را به اثبات رسانده‌اند (Mehri *et al*., 2014; Esfandeh *et al*., 2015). البته در مورد مناسب‌بودن تیپ‌های گیاهی به‌عنوان شاخص ارزیابی کارایی مناطق تحت حفاظت برای کل تنوع زیستی جای بحث وجود دارد. پوشش گیاهی به‌عنوان برآیند شرایط اکولوژیک یک منطقه و بستری برای ظهور تنوع جانوری از ارزش و اهمیت بالایی به‌عنوان جانشین تنوع زیستی کل برخوردار است (Jafari *et al*., 2010 a,b). در این راستا Urbina-Casanova و همکاران (۲۰۱۶) که به‌طور خاص موضوع جانشینی تیپ‌های گیاهی برای تنوع گونه‌های گیاهی و ارزیابی کارایی سیستم ملی مناطق تحت حفاظت را در شیلی مورد بررسی قرار دادند، میزان مؤثربودن این جانشینی را ۴۸ درصد برآورد نمودند. با این حال میزان مؤثربودن این جانشینی برای

گونه‌های گیاهی بومی ممکن است از این مقدار کمتر باشد. در شیلی که مبنای انتخاب سیستم ملی مناطق تحت حفاظت تیپ‌های گیاهی می‌باشند، به‌دلیل معیار تکمیل‌کنندگی، مناطق تحت حفاظت این کشور ۶۴ درصد از فلور این کشور را پوشش می‌دهند. اما در تحقیق حاضر چنان‌که دیده شد میزان پوشش فلور منطقهٔ مورد مطالعه توسط مناطق تحت حفاظت در بهترین حالت ۸/۵ درصد و در حالت جمعی ۱۲/۸۵ درصد است.

با توجه به هدف اصلی مطالعهٔ حاضر که ارزیابی معرف‌بودن شبکهٔ مناطق تحت حفاظت در استان چهارمحال و بختیاری براساس تیپ‌های گیاهی بود، نتایج حاصل از سناریو اول دارای اهمیت بود و مورد بررسی و تحلیل بیشتر قرار گرفت. براساس نتایج حاصل از سناریوی اول، به‌ترتیب براساس نقشهٔ بهترین مناطق انتخاب شده و نقشهٔ فراوانی انتخاب یک واحد در ۱۰۰ بار تکرار، ۱۹/۸۶ درصد و ۳۷ درصد از مساحت استان چهارمحال و بختیاری در نوار شرقی از شمال تا مرکز و جنوب، دارای اولویت بالا برای حفاظت بودند. دلیل این‌که بیشتر مناطق دارای اولویت در نیمهٔ شرقی استان واقع شده‌اند این است که نیمهٔ غربی استان را عمدتاً تیپ گیاهی بلوط ایرانی (*Quercus persica*) پوشانده و این تیپ تا حدود زیادی در مناطق حفاظت‌شدهٔ هلن و سبزکوه و پناه‌گاه حیات وحش شیرستان مورد حفاظت قرار گرفته است اما در نیمهٔ شرقی تیپ‌های گیاهی مرتعی با وسعت کم و به‌صورت پراکنده‌ای وجود دارند که به اندازهٔ کافی در هیچ یک از مناطق تحت حفاظت معرفی نشده‌اند. نتایج حاصل از روی‌هم‌گذاری نقشهٔ بهترین مناطق انتخاب‌شده و فراوانی انتخاب یک واحد در ۱۰۰ بار تکرار با شبکهٔ فعلی مناطق تحت حفاظت نیز نشان داد که به‌ترتیب ۸/۵ درصد و ۱۲/۸۵ درصد از مساحت مناطق دارای اولویت در حال حاضر، حفاظت می‌شوند. در مورد این نتایج ذکر این نکته حائز اهمیت است که درصد همپوشانی پایین مناطق حفاظت شده موجود با مناطق دارای اولویت حفاظت از نظر تیپ‌های گیاهی به این دلیل است که مناطق حفاظت شده در سیر تکاملی خود عموماً براساس غنای گونه‌های جانوری مهره‌دار و بزرگ که از نظر جامعه از جذابیت بیشتری برخوردار بوده‌اند یا از نظر تأمین منبع غذایی برای انسان (گوشت شکار) دارای اهمیت بوده‌اند، انتخاب شده‌اند، بنابراین عجیب نیست که با بهترین مناطق از نظر تیپ‌های گیاهی همپوشانی پایینی داشته باشند. این موضوع در صورتی که مناطق حفاظت‌شده با مناطق دارای اهمیت از نظر سایر عناصر تنوع زیستی جانوری مانند پرندگان، خزندگان و ... به‌تنهایی مقایسه می‌شوند هم صادق است (Kukkala *et al*., 2016; Signorello *et al*., 2018; Zhang *et al*., 2020; Shen *et al*., 2023). همچنین زمانی که کارایی شبکهٔ مناطق تحت حفاظت موجود از نظر مجموعه‌ای از عناصر تنوع زیستی یا در سطح جغرافیایی گسترده‌تر ارزیابی شود، ممکن است درصد این همپوشانی کمتر هم بشود. به‌عنوان مثال Shams Esfand-Abad و Kaboli (۲۰۱۸) نشان دادند که برای ۴۳ گونه از مهره‌داران، ۱۱ منطقهٔ اکولوژیک و نیمی از مناطق با غنای گونه‌ای بالای گیاهان تک‌لپه‌ای بومی، کمتر از ۱۰ درصد از مناطق واجد حفاظت، در درون شبکهٔ مناطق حفاظتی موجود جای دارند. از این نظر نتایج مطالعهٔ حاضر که ۱۲/۸۵ درصد همپوشانی بین مناطق تحت حفاظت موجود و پیشنهادی را نشان می‌دهد مطلوب به‌نظر می‌رسد، اما تفاوت آن با درصد همپوشانی مناطق تحت حفاظت موجود و پیشنهادی در مطالعه Urbina–Casanova و همکاران (۲۰۱۶) در شیلی (۶۴ درصد) که مبنای انتخاب سیستم مناطق تحت حفاظت موجود از ابتدا گونه‌های گیاهی بوده‌اند بسیار کم است. همچنین استفاده Shams Esfand-Abad و Kaboli (۲۰۱۸) از نرم‌افزار برنامه‌ریزی سیستماتیک حفاظت (Marxan) به‌منظور معرفی مناطق تکمیلی جدید به شبکهٔ فعلی مناطق تحت حفاظت کشور نشان دادند که باید حدود ۲۰ الی ۳۰ درصد از سطح کشور تحت حفاظت قرار گیرد و از این نظر نتایج مطالعهٔ حاضر که برای تکمیل شبکهٔ مناطق تحت حفاظت در سناریو دو و راه‌حل جمعی ۳۷ درصد استان چهارمحال و بختیاری را پیشنهاد می‌دهد، قابل مقایسه است.

نتایج مطالعهٔ حاضر در خصوص درصد مورد نیاز استان برای برآورده‌شدن اهداف حفاظتی تیپ‌های گیاهی (۱۴/۴۷ درصد در راه‌حل بهینه تحت سناریوی دو) در مقایسه با نتایج مطالعهٔ قبلی با موضوع ارزیابی کارایی مناطق تحت حفاظت استان چهارمحال و بختیاری (Jafari *et al*., 2010a) که ۱۶/۱۷ درصد استان را برای این منظور لازم دانسته‌اند، تفاوت کمی را نشان می‌دهد که آن هم به‌خاطر اضافه‌شدن دو منطقهٔ شکار ممنوع شیدا (منطقهٔ حفاظت‌شده) و شیرستان (پناه‌گاه حیات وحش)، به شبکهٔ مناطق تحت حفاظت استان از مطالعهٔ قبلی تا مطالعهٔ حاضر باشد. همچنین نتایج مطالعهٔ حاضر در این خصوص با نتایج مطالعه مشابه در استان کهگیلویه و بویراحمد (Jafari *et al*., 2010b) که با نرم‌افزار پشتیبان تصمیم‌گیری حفاظت C-Plan انجام شده است

(۱۴/۲۷ درصد) بسیار نزدیک است. اما درصد پیشنهادی در مطالعهٔ حاضر نسبت به درصد پیشنهادی توسط Cowling و همکاران (۲۰۰۳) برای منطقهٔ رویشی کیپ در آفریقای جنوبی (۴۲ درصد) بسیار کم اما نسبت به درصد پیشنهادی توسط Oldfield و همکاران (۲۰۰۴) برای انگلستان بسیار زیاد است که شاید این تفاوت‌های بارز به‌خاطر ویژگی‌های متفاوت اکولوژیک و اقتصادی– اجتماعی و سیاسی این مناطق باشد که در قاره‌های مختلف و تحت حاکمیت‌های سیاسی و بینش‌های اکولوژیک متفاوتی واقع هستند.

به‌عنوان نتیجه‌گیری کلی، آن‌چه مسلم است مجموعه مناطق تحت حفاظت استان چهارمحال بختیاری از نظر تیپ‌های گیاهی که هر کدام دارای تنوع گونه‌ای منحصر به‌فرد هستند و نیز اساس تشکیل زیستگاه‌های جانوری و در نتیجه تنوع زیستی کل می‌باشند، دارای خلاءهای حفاظتی فراوانی است. بنابراین پیشنهاد می‌شود که در آینده مناطق تحت حفاظت موجود با مناطق دارای اولویت به‌ترتیبی که در این تحقیق مشخص شده تکمیل شوند تا در مجموع این شبکه بتواند معیار معرف‌بودن، جامعیت و توازن را از نظر پوشش گیاهی و در نتیجه تنوع زیستی کل تأمین نمایند. همچنین پیشنهاد می‌شود شبکهٔ مناطق تحت حفاظت استان با روش‌شناسی بکار رفته در این تحقیق از نظر معرف‌بودن برای سایر گروه‌های جانوری مانند پستانداران، پرندگان، خزندگان و حتی ویژگی‌های زیست‌اقلیمی نیز مورد ارزیابی قرار گیرند.

تقدیر و تشکر

نویسندگان مقاله مراتب تقدیر و تشکر ویژهٔ خود را از مؤسسه تحقیقات جنگل و مراتع کشور که نقشهٔ رقومی تیپ‌های گیاهی را از طریق مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان در اختیار قرار دادند، ابراز می‌دارند.

References

de Alban, J.D.T., Leong, B.P.I., Venegas-Li, R., Connette, G.M., Jamaludin, J., Latt, K.T., Webb, E.L., 2021. Conservation beyond the existing protected area network is required to improve species and habitat representation in a global biodiversity hotspot. Biological Conservation 257(2021), 109105.

Christian, C.S., Stewart, G.A., 1968. Methodology of integrated surveys. In: King R. Bruce. 1970. A parametric approach to land system classification. Geoderma 4(1), 37-46.

Cowling, R.M., Pressey, R.L., 2003. Introduction to systematic conservation planning in the Cape Floristic Region. Biological Conservation 112, 1-13.

Esfandeh, S.; Kaboli, M., Eslami, L., 2015. A chronological review on application of Marxan tool for systematic conservation planning in landscape. International Journal of Engineering and Applied Sciences 2(12), 2439-3661.

Fayyaz, M., Nemati, H., Ashoori, P., Shirmardi, H.A., 2011. Iran's ecological regions plan: Chaharmahal and Bakhtiari province vegetation types. Forest and Rangelands Research Institute, 186 p. (In Persian)

Fearnside P.M., Ferraz J., 1995. A conservation gap analysis of Brazil's Amazonian vegetation, Conservation Biology 9(5), 1134-1147.

Game, E.T., Grantham, H.S., 2008. Marxan user manual: for Marxan version 1.8.10. University of Queensland, St. Lucia. 135 p.

Holdridge, L.R., 1967. Life Zone Ecology, in: Powell G.V.N., Barborak J., Rodriguez M.S., 2000. Assessing representativeness of protected natural areas in Costa Rica for conserving biodiversity: a preliminary gap analysis, Biological Conservation 93(1), 35-41.

Jafari, A., Yavari, A. R., Yarali, N., Valipour G., 2010a. Representativeness Assessment of Protected Areas Network Emphasizing Plant Diversity in Charmahal & Bakhtiari, Iran. Journal of Environmental Studies 36(2), 77-88. (In Persian)

Jafari, A., Yavari, A. R., Bahrami, S., Yarali, N., 2010b. Selection of New Protected Areas Emphasizing Vegetation Types Using C-Plan (Case Study: Kohgiluye & Boir-Ahmad Province, Iran). Journal of Environmental Studies 36(4), 1-12. (In Persian)

Kenny Alice J. and Krebs, Charles J. 2001. Ecological Methodology, Version 6.0, Department of Zoology, British Columbia University, B.C. CANADA, V6T 1Z4.

Kukkala, A.S., Santangeli, A., Butchart, S.H.M., Maiorano, L., Ramirez, I., Burfield, I.J., Moilanen A., 2016. Coverage of vertebrate species distributions by Important Bird and Biodiversity Areas and Special Protection Areas in the European Union. Biological Conservation 202(2016), 1-9.

Lessmann, J.; Munoz, J., Bonaccorso, E., 2014. Maximizing species conservation in continental Ecuador; a case of systematic conservation planning for biodiverse regions. Ecology and Evolution 4(12), 2410-2422.

Majnoonian, H., 2014. Protected areas: Basics and protection measures of parks and areas in Iran and the world. Day-Negar Publication. 414 p. (In Persian)

Margules, C.R., Pressey, R.L. 2000. Systematic conservation planning. Nature 405(6783), 243-253.

Margules, C.R., Sarkar, S., 2007. Systematic Conservation Planning. Cambridge University Press, Cambridge.

Mehri, A., Salmanmahiny, A., Mirkarimi, S.H., Rezaei, H. R., 2014. Use of optimization algorithms to prioritize protected areas in Mazandaran Province of Iran. Journal for Nature Conservation 22(5), 462-470.

Morato, R. G., Ferraz, K.M.P.M.B., Paula, R.C., Campos, C.B., 2014. Identification of Priority Conservation Areas and Potential Corridors for Jaguars in the Caatinga Biome, Brazil. PLoS ONE 9(4), e92950.

Nematollahi, S., Fakheran, S., Kienast, F., Jafari, A., 2020. Application of InVEST habitat quality module in spatially vulnerability assessment of natural habitats (case study: Chaharmahal and Bakhtiari province, Iran). Environmental Monitoring and Assessment 192(2020), 487.

Ohsawa, M., 1987. Life zone ecology of Bhutan Himalaya. Laboratory of ecology, Chiba University. 212 p.

Oldfield T.E.E., Smith R.J., Harrop S.R., Leader-Williams N., 2004. A gap analysis of terrestrial protected areas in England and its implications for conservation policy, Biological Conservation 120(3), 303-309.

Possingham, H.P.; Ball, I.R., Andelman, S., 2000. Mathematical methods for identifying representative reserve networks. In: Ferson S, Burgman M (Eds.), Quantitative Methods for Conservation Biology. Springer-Verlag, New York, pp. 291-305.

Powell G.V.N., Barborak J., Rodriguez M.S., 2000. Assessing representativeness of protected natural areas in Costa Rica for conserving biodiversity: a preliminary gap analysis, Biological Conservation 93(1), 35-41.

Pressey R.L., Taffs K., 2001. Scheduling conservation action in production landscapes: priority areas in western New South Wales defined by irreplaceability and vulnerability to vegetation loss. Biological Conservation 100(3), 355-376.

Ramesh, B.R., Menon, S., Bawa, K.S., 1997. A vegetation-based approach to biodiversity gap analysis in the Agastyamalai region, Western Ghats, Indian Ambio 26(8), 529-536.

Scott, J. M., Davis, F.W, McGhie, R.G., Wright, R.G., Groves, C., Estes, J., 2001. Nature Reserves: Do They Capture the Full Range of America's Biological Diversity?. Ecological Applications 11(4), 999-1007.

Shams Esfand-Abad, B., Kaboli, M., 2018. Development of the conservation area network using systematic conservation planning approach in Iran. Journal of Animal Environment 10(4): 147-162. (In Persian)

Shen, G., Lan, T., Deng, Sh., Wang, Y., Xu, W., Xie, Z., 2023. Giant panda-focused conservation has limited value in maintaining biodiversity and carbon sequestration. Science of Total Environment 880(2023), 163186.

Shrestha, U. B., Shrestha, S., Chaudhary, P., Chaudhary, R.P., 2010. How representative is the protected areas system of Nepal?. Mountain Research and Development 30(3), 282-294.

Signorello, G., Prato, C., Marzo, A., Ientile, R., Villa F., 2018. Are protected areas covering important biodiversity sites? An assessment of the nature protection network in Sicily (Italy). Land Use Policy 78(2018), 593-602.

de Souza, A.C., Prevedello, J.A., 2020. The importance of protected areas for overexploited plants: Evidence from a biodiversity hotspot. Biological Conservation 243(2020), 108482.

Urbina-Casanova, R., Luebert, F., Pliscoff, P., Scherson, R.A., 2016. Assessing floristic representativeness in the protected areas national system of Chile: are vegetation types a good surrogate for plant species? Environmental Conservation 43(3), 199-207.

Watts, M.E., Ball, I.R., Stewart, R.S., Klein, C.J., Kerrie, W., Steinback, C., Lourival, R., Kircher L., Possingham Hugh P., 2009. Marxan with Zones: Software for optimal conservation based land- and sea-use zoning,Environmental Modelling and Software 24(12), 1513-15-21.

Yousefi, M., Ashrafi, S., Kafash, A., Davar, L., 2016. Protected area coverage for terrestrial biomes in Iran. Journal of Natural Environment 69(2), 581-595. (In Persian)

Zhang, C., Zhu, R., Sui, X., Chen, K., Li, B., Chen Y., 2020. Ecological use of vertebrate surrogate species in ecosystem conservation. Global Ecology and Conservation 24(2020), e01344.