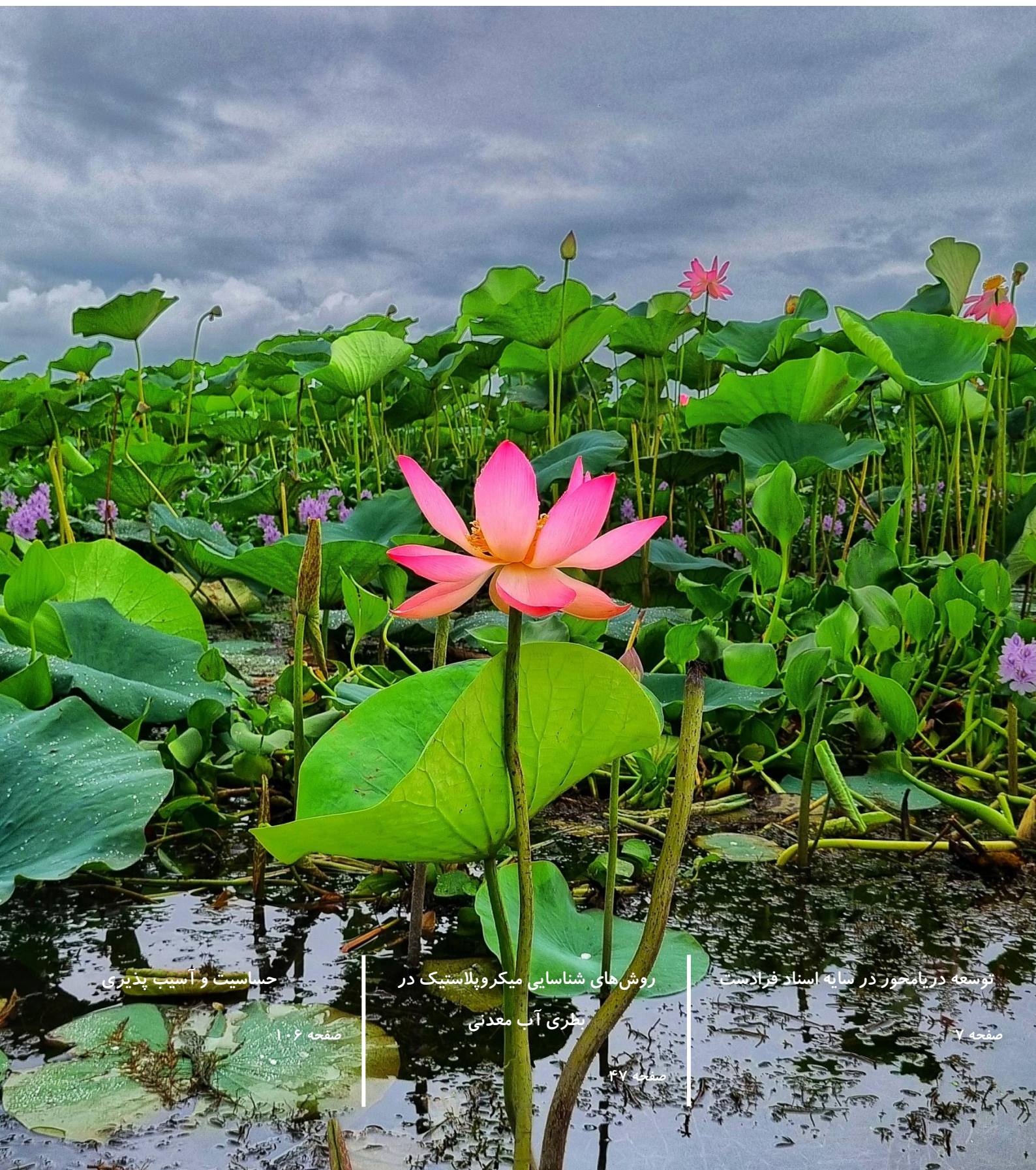


زیست سپهر



فصلنامه علمی-تخصصی انجمن علمی دانشجویی محیط زیست طبیعی . جلد هجدهم . شماره اول . بهار ۱۴۰۴ . دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران



حساسیت و آسیب پذیری

صفحه ۱۰۶

روش های شناسایی میکروپلاستیک در

بطری آب معدنی

صفحه ۴۷

توسعه دریاخورد در سایه اسناد فرااست

صفحه ۷



خانه سادات سادات موسوی



ستاره موصده



احسان محمدحسینی



فرنوش عطار صحراگرد



دکتر حسین مرادی



دکتر افشین دانه‌کار



رقیه گرمائی پور



المریرا میرزایی



پام فرجی بیرگانی



محمد حامد ژف



فرشته باقری ریزی



مجید رحیمی



دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی
معاونت دانشجویی و فرهنگی



زیست سپهر/جلد هجدهم/شماره اول/بهار ۱۴۰۴

شماره شاپا الکترونیک: ۳۸۹۵-۲۷۸۳

شماره و تاریخ مجوز: ۱۳۹۹/۱۱/۱۹|۱۳۲/۲۶۰۶۲۳

صاحب امتیاز: انجمن علمی - دانشجویی محیط زیست طبیعی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

سرمدیر: خانه سادات سادات موسوی

مدیر مسئول: ستاره موصده

اعضای هیأت تحریریه: رقيه گرمائی پور، احسان محمدحسینی، فرنوش عطار صحراگرد، حسین مرادی،

محمدحامد ژف، المریرا میرزایی

مدیر داخلی: پیام فرجی بیرگانی

استاد مشاور نشریه و انجمن علمی: افشین دانه‌کار

دبیر انجمن: ستاره موصده

ویراستاران: فرشته باقری ریزی، فرنوش عطار صحراگرد، خانه سادات سادات موسوی

طراح و صفحه‌آرا: مجید رحیمی

مدیر سامانه: فرنوش عطار صحراگرد

داوران این شماره: افشین دانه‌کار، فرنوش عطار صحراگرد، محمد کابلی، مظاهر معین‌الدینی، داود مافی

غلامی، امیر معمارزاده کیانی، مهدیه دالوند، زینب محمودی، خانه سادات سادات موسوی

نگاره گران این شماره: لیلا کاظمی، Diana Krotova، هادی احمدی، Hassan Pasha، Marek Piwnicki، اکبر نعمتی، نجمه بنی

طالبی، علی عطا کرباسچی، Noman Khan، Sören Funk، Arsh Sharma، Magda Ehlers، سينا بهار، Brian Yurasits، Kenny

اسدی، آیدین ابراهیمی، عرفان سامان فر، Erik Mclean، حسین خوشبیز

عکس رو و پشت جلد: فرهاد کولیوند

انجمن علمی - دانشجویی محیط زیست طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

آدرس: استان البرز، کرج، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشکده منابع طبیعی، دفتر انجمن علمی -

دانشجویی محیط زیست طبیعی، فصلنامه علمی - تخصصی زیست سپهر

نسخه الکترونیک این شماره با حمایت شرکت بازرسی کیفیت و استاندارد ایران منتشر شده است.

صندوق پستی: ۳۱۵۸۵-۴۳۱۲



@zistsepehr_mag
@environment_ut



https://t.me/Zistsepehr_mag
https://t.me/ESSUTI

پست الکترونیک: biosepehr.ut@gmail.com

آدرس وبگاه نشریه: https://biosepehrs.ut.ac.ir



فهرست مطالب

۴	سخن سردبیر حنانه سادات سادات موسوی
۷	توسعه دریامحور در سایه اسناد فرادست افشین دانهکار
۱۷	مدل‌سازی زیستگاه‌های بالقوه افعی جعفری (<i>Echis cainatus</i>) در ایران تحت تأثیر تغییرات آب و هوایی صبا شکرالهی
۳۱	نقش زنان در توسعه پایدار شیرین حاتمی‌فر، افشین دانهکار
۴۰	معرفی نرم افزار Bottleneck المیرا میرزایی
۴۷	روش‌های شناسایی میکروپلاستیک در بطری آب معدنی حسنا عباسی گراوند
۶۱	آشنایی با هیدروژن سبز محمدحامد ژف
۶۹	گردش با بالن هوای گرم پروانه سبحانی، افشین دانهکار
۸۱	تغییرات رژیم در نظام‌های اجتماعی-اکولوژیک: از تاب‌آوری تا بحران مجید رحیمی
۹۵	بررسی و امکان‌سنجی انتقال آهوی ایرانی (<i>Gazella subguttrosa</i>) از پارک ملی سرخه حصار به پارک ملی خجیر / بخش دوم امید کیانی، افشین علیزاده شعبانی
۱۰۶	حساسیت و آسیب پذیری فاطمه ملکی، افشین دانهکار

اجلاس COP: صحنه‌ای جهانی برای نبردی حیاتی

مجلس تصویب نشده و راهبرد ملی کاهش انتشار در مرحله‌ی اسناد نیمه‌رسمی باقی مانده‌است. اقلیم، مسئله‌ای صرفاً علمی یا سیاسی نیست؛ مسأله‌ای وجودی است و ما دانشجویان، پژوهشگران و شهروندان آگاه باید سهم خود را در بازاندیشی مسیر توسعه، به‌رسم مسئولیت و آگاهی، ایفا کنیم. اگر دولت‌ها کند حرکت می‌کنند، جامعه‌ی علمی و مدنی باید صدایشان را رساتر کنند. در این میان، اجلاس سالانه COP به‌عنوان مهم‌ترین بستر بین‌المللی برای بحث و تصمیم‌گیری در زمینه تغییر اقلیم، جایگاه ویژه‌ای دارد. کشورها در این نشست‌ها گرد هم می‌آیند تا درباره‌ی کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، استفاده از انرژی‌های پاک به‌جای انرژی‌های فسیلی، تأمین مالی اقلیم و جبران خسارات اقلیمی کشورهای آسیب‌پذیر گفت‌وگو و تصمیم‌گیری کنند. اما علی‌رغم دهه‌ها مذاکره و صدها تعهد، هنوز فاصله‌ی معناداری میان وعده‌ها و واقعیت‌ها وجود دارد.

در جهان پرشتاب امروز، واژه‌هایی چون «تغییر اقلیم» و «گرمایش جهانی» دیگر مفاهیمی تخصصی یا دور از ذهن نیستند. آن‌ها به واژگان روزمره‌ی بشر تبدیل شده‌اند، از دانشمند و سیاست‌گذار گرفته تا دانشجو و کشاورز. درست در میانه‌ی این دغدغه‌ی جهانی، اجلاس سالانه‌ی COP^۱ به‌عنوان یکی از مهم‌ترین گردهمایی‌های محیط‌زیستی جهان، فرصتی است برای بازنگری، تعهد و شاید تغییر. COP نه‌فقط یک همایش دیپلماتیک، بلکه تلاشی است برای هم‌صدایی جهانی در مواجهه با بحران‌هایی که مرز نمی‌شناسند. از تعهد به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای تا جبران خسارات اقلیمی کشورهای آسیب‌پذیر، این اجلاس نمادی است از اینکه آینده‌ی زمین، نیازمند تصمیم‌های شجاعانه امروز است. اما پرسش اینجاست: آیا آنچه در سالن‌های شیشه‌ای سیاست‌گذاری می‌گذرد، در خاک ترک‌خورده‌ی کشاورز جنوب یا در ریه‌های پر از دود کودکان در کلان‌شهرها، بازتاب دارد؟ فاصله‌ی میان تعهد و تحقق، هنوز زیاد است. شاید یکی از رسالت‌های ما به‌عنوان کشگران محیط‌زیستی، دانشجویان دغدغه‌مند و اعضای جامعه‌ی علمی فشار آوردن برای کاهش همین فاصله باشد. تغییر اقلیم دیگر صرفاً یک هشدار علمی نیست؛ واقعیتی است زیسته که اکنون در شکل خشکسالی‌های شدید، سیلاب‌های بی‌سابقه، موج‌های گرما و کاهش تنوع‌زیستی، خود را به ما تحمیل کرده‌است. بحران اقلیمی، آرام و خزنده پیش می‌آید، اما پیامدهای آن شدید، نابرابر و گاه برگشت‌ناپذیر است. برای کشوری مانند ایران، ماجرا ابعادی مضاعف دارد. ایران نه‌تنها یکی از کشورهای آسیب‌پذیر در برابر تغییر اقلیم است، بلکه در سیاست اقلیمی جهانی نیز هنوز نقشی کم‌رنگ دارد. در حالی که فرونشست زمین در بیش از ۳۰۰ دشت کشور رخنه کرده، تالاب‌ها می‌خشکند و موج مهاجرت‌های اقلیمی در حاشیه‌ی کویر و مرزها شکل می‌گیرد، هنوز توافق‌نامه‌ی پاریس در



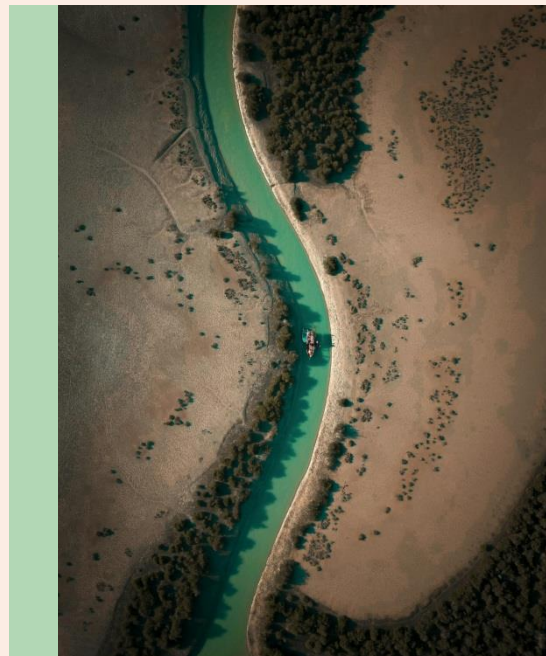
زئو، سوئیس، پاییز ۲۰۲۳، عکاس: Diana Krotova

¹ Conference of the Parties

افزایش دمای زمین به آستانه‌ی خطرناک ۱/۵ درجه‌ی سانتی‌گراد نزدیک می‌شود و گزارش‌های IPCC^۱ پی‌درپی هشدار می‌دهند که زمان برای اقدام مؤثر در حال اتمام است. اجلاس‌های COP از سال ۱۹۹۵ پس از تصویب کنوانسیون تغییر اقلیم سازمان ملل (UNFCCC^۲) در سال ۱۹۹۲ در «اجلاس زمین» در ریودوژانیرو آغاز شده‌اند، کشورهای عضو (که امروز به بیش از ۱۹۸ کشور می‌رسند) سالانه گرد هم می‌آیند تا درباره‌ی راهبردهای مقابله با تغییر اقلیم مذاکره کنند. همه‌ی اعضای کنوانسیون UNFCCC (۱۹۸ کشور + اتحادیه اروپا) در این اجلاس‌ها شرکت می‌کنند. نهادهای بین‌المللی (مانند UNDP، GEF، IPCC)، سازمان‌های مردم‌نهاد (NGOs)، نمایندگان بخش خصوصی، جوانان، بومیان و رسانه‌ها نیز حضور دارند. همچنین کشورها به دو گروه تقسیم می‌شوند: کشورهای توسعه‌یافته با تعهدات مشخص کاهش انتشار و کشورهای در حال توسعه، با تعهدات داوطلبانه یا مشروط. ساختار نشست‌ها به سه شکل است: مذاکرات رسمی (بین دولت‌ها، درباره‌ی اسناد فنی و سیاسی)، نشست‌های جانبی^۳ (ارائه‌ی پژوهش‌ها، کارگاه‌ها، گفت‌وگوهای عمومی و اجلاس وزرا و سران کشورها (در مرحله‌ی پایانی برای تصمیم‌گیری سیاسی)). هدف این اجلاس، دستیابی به توافقی‌هایی برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، تسهیل روند گسترش

فناوری‌های پاک و کمک به کشورهای در حال توسعه در سازگاری با آثار تغییر اقلیمی است. در نشست‌های اخیر، علاوه بر اهداف کلی کاهش انتشار، موضوعاتی مانند عدالت اقلیمی، تأمین مالی اقلیم، خسارت و زیان (Loss and Damage)، سیستم‌های هشدار اولیه و نقش جوانان و بومیان نیز در دستور کار قرار گرفته‌اند. به‌عنوان نمونه، در COP26 گلاسگو ۲۰۲۱، کشورها متعهد شدند تا پایان قرن، گرمایش زمین را به زیر ۱/۵ درجه‌ی سانتی‌گراد محدود کنند. در COP27 شرم‌الشیخ ۲۰۲۲، صندوق «خسارت و زیان» برای جبران آسیب‌های اقلیمی کشورهای آسیب‌پذیر تصویب شد و در COP28 دبی ۲۰۲۳، نخستین «ارزیابی سهام جهانی»^۴ انجام گرفت که نشان داد بسیاری از کشورها از مسیر تحقق اهداف توافق پاریس فاصله دارند.

اگرچه تصمیم‌گیری‌های COP باید مبتنی بر یافته‌های علمی نهادهایی چون IPCC (هیئت بین‌الدولی تغییر اقلیم) باشد، اما در عمل، روند مذاکرات به شدت تحت تأثیر منافع اقتصادی، وزن ژئوپلیتیک کشورها و روابط شمال-جنوب قرار دارد. برای مثال، هنوز کشورهای توسعه‌یافته مسئولیت تاریخی خود در انتشار گازهای گلخانه‌ای را به‌طور کامل نپذیرفته‌اند و کشورهای در حال توسعه نیز با چالش‌هایی مانند فقر انرژی، دسترسی نابرابر به منابع مالی اقلیم و تحریم‌های بین‌المللی مواجه‌اند. مباحثی همچون «عدالت اقلیمی»، «استفاده‌ی عادلانه از انرژی» و «سازگاری اقلیم‌پایه» به‌خوبی نشان می‌دهند که مسئله‌ی اقلیم، تنها علمی یا فنی نیست، بلکه یک بحران چندوجهی با ابعاد اجتماعی، اقتصادی، حقوقی و فلسفی است. کشور ایران نیز یکی از امضاکنندگان کنوانسیون UNFCCC و توافق‌نامه پاریس است، اما تاکنون آن را در مجلس تصویب نکرده و در نتیجه، از حضور مؤثر در مذاکرات و بهره‌مندی از منابع مالی اقلیم بازمانده است. این در حالی است که ایران یکی از کشورهای با اقلیم شکننده است؛ گرمایش فراتر از میانگین جهانی، خشکسالی‌های پی‌درپی، بحران آب، فرونشست زمین، آتش‌سوزی در جنگل‌ها و مهاجرت‌های ناشی از تغییرات اقلیمی تنها بخشی از پیامدهای ملموس تغییر اقلیم در کشور است. براساس «مشارکت ملی تعیین‌شده» (INDC^۵) ایران، کشور متعهد شده‌است تا سال ۲۰۳۰ به‌طور داوطلبانه انتشار گازهای گلخانه‌ای خود را تا ۴ درصد کاهش دهد (تا ۱۲ درصد در صورت رفع تحریم‌ها و دریافت کمک مالی).



روستای ملکی، جزیره قشم، استان هرمزگان، تابستان ۱۴۰۲، عکاس: هادی احمدی

^۴ Global StockTake

^۵ Intended Nationally Determined Contribution

^۱ Intergovernmental Panel on Climate Change

^۲ United Nations Framework Convention on Climate Change

^۳ Side Events

سازگاری تا تسهیل‌گذار به اقتصاد کم‌کربن. امروز دیگر نمی‌توان بحران اقلیم را صرفاً در قالب کنفرانس‌ها و اسناد بین‌المللی تحلیل کرد. تغییر اقلیم، یک واقعیت زیسته است؛ در مزرعه‌ی خشک‌شده‌ی کشاورزی در سیستان، در خانه‌ی ترک‌خورده‌ی دشت‌های فرونشسته‌ی اصفهان، در تالاب بی‌جان گاوخونی و در جنگل‌های سوخته‌ی زاگرس. وظیفه‌ی ما، به‌عنوان بخشی از بدنه‌ی علمی و دانشجویی کشور، نه‌فقط دنبال کردن اخبار اجلاس COP، بلکه پیوند زدن آن‌ها به واقعیت‌های بومی و تبدیل مفاهیم انتزاعی به مسئله‌ی عمومی است. آینده‌ی اقلیم، نه‌فقط بر میز مذاکره، بلکه در کلاس‌های درس، پروژه‌های تحقیقاتی، رسانه‌های دانشگاهی و صدای اعتراض علمی دانشجویان شکل می‌گیرد. اگر COP تصمیم‌گاه جهانی است، ما باید وجدان محلی آن باشیم. با هم، برای اقلیمی عادلانه‌تر و پایدارتر

این درحالی است که روند مصرف انرژی و شدت انتشار گازهای گلخانه‌ای در ایران هنوز در حال افزایش است و صنایع انرژی‌بر و سیستم‌یارانه‌های سوخت، مانع از اصلاح ساختارها شده‌اند. اگرچه بسیاری از نشست‌های COP با انتقادات مبنی‌بر کمندی تصمیم‌گیری و نفوذ لابی‌های صنعتی مواجه‌اند، اما همچنان این اجلاس، تنها ساختار چندجانبه‌ی جهانی برای مواجهه با بحران اقلیم است. نقش دانشگاه‌ها، دانشجویان و جامعه‌ی علمی در این میان در زمینه‌هایی چون تولید دانش اقلیم‌محور و بومی‌سازی مدل‌های اقلیمی، تربیت نیروی متخصص در حوزه‌ی سیاست‌گذاری اقلیمی، مشارکت فعال در فرآیندهای مشورتی ملی برای حضور در COP و ایفای نقش در آگاهی‌بخشی عمومی و تقویت گفت‌وگو عدالت اقلیمی پررنگ است. در شرایطی که تصمیم‌سازی اقلیمی در ایران دچار واگرایی نهادی است، صدای نهادهای علمی و مدنی می‌تواند نقش کلیدی در جهت‌دهی سیاست‌ها ایفا کند، از تنظیم سیاست‌های



گدانسک، لهستان، تابستان ۲۰۲۲، عکاس: Marek Piwnicki

توسعه دریامحور در سایه اسناد فرادست*

افشین دانه کار

استاد، گروه محیط‌زیست طبیعی، دانشکده منابع طبیعی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
 رایانامه نویسنده: danehkar@ut.ac.ir

چکیده

سنجش‌های تاریخی طی ۲۷۰۰ سال اخیر نشان داده‌است تنها در حکمرانی‌های قوی و مقتدر، توسعه روابط اقتصادی و سیاسی و حمایت از تمامیت ارضی از طریق دریاهای کشور صورت گرفته‌است و تجاوزهای تخریب‌گرایانه در طول تاریخ سبب شد ضمن از بین رفتن برخی زیرساخت‌های دریاپایه در سواحل، تحت تأثیر سندروم ترس از حاشیه، دریاها و سواحل از توجه لازم و کافی برنامه‌ریزان باز بمانند. با این وجود پس از انقلاب اسلامی و به‌ویژه از برنامه سوم توسعه، توجه به ظرفیت‌های اقتصادی، نظامی و محیط‌زیستی سواحل و دریاها آغاز شد. طرح‌های مدیریت یکپارچه مناطق ساحلی کشور هم پیشروانی قوی و موثر در تأمین اطلاعات مکانی مناطق ساحلی و دریایی بوده‌است و بیش از ۲۰ سند فرادست و احکام متعدد حاکمیتی، به‌ویژه سیاست‌های توسعه دریا محور (ابلاغیه مقام معظم رهبری) و ظرفیتی که در برنامه هفتم توسعه ایجاد شده‌است، ابزار لازم برای اجرای برنامه یکپارچه و هماهنگ توسعه دریامحور را فراهم نموده‌است و دوره‌ای که در آن به‌سر می‌بریم، بهترین زمان برای توسعه دریامحور در کشور است. امروز توسعه دریامحور، نشانه‌ای از اقتدار ملی و قدرت منطقه‌ای است که نباید از آن غفلت کرد. دریا بخشی از سرزمین است و در برنامه‌ریزی یکپارچه سرزمین (خشکی و دریا) پیش از هر گونه اقدام اجرایی، لازم است برنامه‌ریزی در ۶ حوزه، حساسیت‌سنجی، ظرفیت‌سنجی، سازگارسازی، پیامدسنجی، بازسازی و احیا و مشارکت‌سازی صورت گیرد.

کلیدواژه‌ها: اقتصاد آبی، سندروم ترس از حاشیه، مدیریت یکپارچه منطقه ساحلی، اسناد فرادست، دریاهای ایران

* - این مقاله در همایش اقتصاد دریامحور، گروه مشاوران کیش، جزیره کیش، ۱۶ آبان ۱۴۰۳، ارائه شده‌است.

مقدمه

موقعیت فلات ایران بین سه پهنه آبی دریای کاسپین، خلیج فارس و خلیج عمان (دریای مکران) باعث شده که ساکنان این سرزمین از هزاران سال پیش همواره به صورت مستقیم یا غیرمستقیم متأثر از این دریاها و منابع غنی آن‌ها باشند. شواهد باستان‌شناسی نشان می‌دهد که ساکنین سرزمین ایران حداقل از دوره پارینه‌سنگی جدید از منابع دریایی استفاده کرده‌اند. با شکل‌گیری حکومت‌های منطقه‌ای و فرمانطقه‌ای مانند سلسله عیلامیان و هخامنشیان، این دریاها علاوه بر جنبه‌های تجاری-فرهنگی، از جنبه نظامی نیز اهمیت یافتند. شناخت گذشتگان ما از ویژگی‌های طبیعی کرانه‌ها و دریاها، آن‌ها را قادر می‌ساخت تا دامنه فعالیت‌های بازرگانی خود را از سواحل غربی اقیانوس هند تا سواحل غربی اقیانوس آرام در چین و حتی ژاپن توسعه دهند. سفرهای ایرانیان با شناخت بادهای موسمی اقیانوس هند تا سواحل زنگبار در آفریقا و هندوستان امتداد داشت. همچنین آثار مهندسی ایرانیان در سواحل شرقی مدیترانه و سواحل جنوبی دریای سیاه هم به چشم می‌خورد (بیگلری و همکاران، ۱۳۹۸).

توسعه دریامحور در تاریخ پیش از انقلاب اسلامی

تحولات تاریخی، اجتماعی، سیاسی و حتی فناوری کشور سبب شد در حکمرانی‌های مختلف ارتباط و وابستگی ایران به دریاها با افت و خیز همراه باشد. به‌طور روشن در دوره‌های سلجوقیان و مغول، گرچه ایران دارای ناوگان دریایی بود اما تمرکز حکمرانان بیشتر روی فتوحات زمینی و تجارت خشکی بود. همچنین حاکمان صفوی، نیز بیشتر بر تجارت زمینی با کشورهای آسیای میانه تمرکز داشتند. از دوره قاجار به سبب بی‌ثباتی سیاسی، نبود تجهیزات و فناوری‌های مدرن دریایی، عدم سرمایه‌گذاری کافی برای

توسعه زیرساخت‌های دریایی، تسلط قدرت‌های خارجی (روسیه و انگلیس) که بر دریاها اطراف ایران نفوذ داشتند و عدم وجود نیروی دریایی قدرتمند، سبب شد حکمرانی ایران ضمن دچار شدن به سندرم ترس از حاشیه، از سواحل و دریاها به عنوان یک فرصت توسعه و عمران فاصله بگیرد (دانه کار، ۱۳۹۸/الف). در دوران پهلوی اول نیز به سبب اولویت‌بندی‌های توسعه‌ای خشکی محور (توسعه زیرساخت‌های داخلی، صنعتی‌سازی، راه‌های ترانزیتی خشکی)، محدودیت‌های اقتصادی و کمبود منابع مالی، عوامل سیاسی و بین‌المللی (وابستگی به قدرت‌های بزرگ، نگرانی از تهدیدات خارجی)، کمبود زیرساخت‌ها و فناوری (نبود بنادر مجهز، تجهیزات قدیمی و کمبود نیروی انسانی متخصص) و عدم توجه به اقتصاد دریامحور (نگاه سنتی به دریا صرفاً در برداشت منابع آبی) توسعه دریاپایه در کشور به حاشیه رانده شد. چنین نگرشی در دوران پهلوی دوم با تمرکز بر توسعه و عمران در خشکی‌ها، پشت به دریا ادامه یافت و تمرکز بر صنایع سنگین خشکی پایه (به‌ویژه پروژه‌های بزرگ و زودبازده) و صنعت نفت، باعث شد تا سایر بخش‌های اقتصادی از جمله اقتصاد دریامحور، از اولویت کمتری برخوردار شوند و به محیط‌های دریایی تنها به عنوان جغرافیای مرزی نگاه شود. همچنین برخی سیاست‌های راهبردی خشکی‌مبنا در این دوره (انقلاب سفید) و فضای بیرونی جنگ سرد، بر فقدان اولویت‌های دولت و سرمایه‌گذاری‌ها در بخش دریایی تأثیرگذار بود (دانه کار، ۱۳۹۸/ب).

جایگاه توسعه دریامحور در اوایل انقلاب اسلامی

حکمرانی جمهوری اسلامی، با جنگ تحمیلی و پس از آن تدوین برنامه‌های توسعه، دوران سازندگی، توسعه سیاسی و توسعه اقتصادی وابسته به آن همراه بود. برنامه‌ریزی کشور از الگوی یکپارچه و مبتنی بر مدیریت پایدار سرزمین برخوردار نبود و نقش سیاسی ایران در منطقه، کشور را با

راه‌وترباری در این برنامه بود. مطابق آن وزارتخانه‌های راه‌وترباری و کشور موظف شدند "طرح ساماندهی مدیریت جامع و یکپارچه مناطق ساحلی" را تهیه کنند. به دنبال آن سازمان بنادر و دریانوردی برنامه‌ریزی برای تدوین طرح مدیریت یکپارچه مناطق ساحلی کشور (ICZM^۲) را آغاز نمود و با انتخاب مشاوران ذی‌صلاح مرحله نخست این مطالعات را از سال ۱۳۸۲ شروع کرد که تا سال ۱۳۸۴ به طول انجامید (دانه‌کار، ۱۳۹۳).

از دیگر موضوعات مهم دریاپایه در برنامه سوم توسعه، موضوع کریدور شمال-جنوب (با طول ۵۶۰۰ کیلومتر) بود که با هدف تقویت ارتباطات اقتصادی بین هند، آسیای مرکزی و اروپای شرقی مفهوم‌سازی شد و موافقت‌نامه آن در سال ۱۳۷۹ در سن پترزبورگ به امضای وزیران حمل‌ونقل سه کشور ایران، هند و روسیه رسید. سپس این گذرگاه با پذیرفتن ۱۱ کشور دیگر شامل جمهوری آذربایجان، ارمنستان، قزاقستان، قرقیزستان، تاجیکستان، ترکیه، اوکراین، بلاروس، عمان، سوریه و بلغارستان، خود را به عنوان مسیری جایگزین و قابل اعتماد به اثبات رساند. کریدور شمال-جنوب در واقع پل ارتباطی کشورهای اروپایی با اقیانوس هند و خلیج فارس به شمار می‌رود. در این کریدور ارتباط کشورهای شمال اروپا، اسکاندیناوی و روسیه از طریق ایران با کشورهای حوزه خلیج فارس، حوزه اقیانوس هند و جنوب شرقی آسیا برقرار می‌شود. مسیر اولیه این گذرگاه مراکز اقتصادی مهمی همچون آستراخان، مسکو، باکو، بندرعباس، تهران، بندر انزلی و بمبئی را به یکدیگر متصل می‌ساخت. مسیر دیگری از این کریدور در شرق ایران پیش‌بینی شد که با طول ۳۹۰۰ کیلومتر با شبکه ریلی ارتباط روسیه، قزاقستان و ترکمنستان را از یکی از دو مرز ریلی ایران در سرخس و اینچه‌برون برقرار می‌کرد و پیش‌بینی شده بود به خط آهن بندرعباس برسد.

تحریم‌های اقتصادی و فضای ایران هراسی برای جلب سرمایه‌گذاری خارجی روبه‌رو کرد، به همین سبب، در دو دهه نخست این دوره از حکمرانی، اهمیت‌های محیط‌های دریایی ابعاد نظامی-امنیتی داشت و تنها نگاه دریایی، محدود به دروازه‌های بازرگانی دریایی از چند بندر اصلی و توسعه میادین نفت و گاز فلات قاره بود.

حدود ۱۵ سال پس از انقلاب اسلامی ایران، نخستین توجه به دریا از منظر برنامه‌ریزی، فراتر از آنچه که وجود داشت در سازمان حفاظت محیط‌زیست و در سال ۱۳۷۳ با آغاز مطالعات "شناسایی مناطق حساس ساحلی" رخ داد. یک سال بعد مرکز ملی اقیانوس‌شناسی وقت، با برگزاری "کارگاه منطقه‌ای مدیریت جامع سواحل" موضوع مدیریت سواحل و جنبه‌های یکپارچگی در این مدیریت را به بحث و تبادل نظر گذاشت. به دنبال آن سازمان حفاظت محیط‌زیست مدیریت منطقه ساحلی را به‌طور مشخص در برنامه محیط‌زیست خزر (CEP^۱) محور توجه قرار داد. موضوع مدیریت مناطق ساحلی در سازمان بنادر و دریانوردی به دنبال راه‌اندازی اداره کل مهندسی سواحل و بنادر در حوزه معاونت فنی مهندسی مطرح و نقش این سازمان به عنوان یکی از نهادهای تصمیم‌ساز در سواحل را از سال ۱۳۷۸، با فراخوان از دستگاه‌های مرتبط با سواحل برای تشکیل شورای عالی سواحل کشور پررنگ کرد (دانه‌کار، ۱۳۹۵).

ورود توسعه دریامحور به برنامه‌های توسعه

ورود موضوع سواحل به برنامه‌های توسعه، نخستین بار در برنامه سوم توسعه (۱۳۷۹ تا ۱۳۸۳) و در ماده ۱۰۴ و معطوف به جلوگیری از آلودگی و ساماندهی ساحل دریای خزر، راه باز کرد. اما مهم‌تر از آن راهکار شماره ۴۰ بخش راهکارهای اجرایی و سیاست‌های خاص در فصل

^۲ -Integrated Coastal Zone Management

^۱ -CEP: Caspian Environmental Program

بندر چابهار نیز به عنوان تنها بندر اقیانوسی ایران نقش مهمی در این خصوص یافت (دانه کار، ۱۴۰۲).

از برنامه چهارم توسعه (۱۳۸۴ تا ۱۳۸۸)، این موضوع به شکل گسترده تری مورد توجه قرار گرفت و در ۶ ماده این برنامه به اقداماتی در خصوص سواحل و دریاها اشاره شد (ماده ۲۳، ۲۸، ۳۴، ۶۳، ۶۸ و ۱۲۱). ماده ۶۳ این برنامه سبب شد برنامه ریزی منطقه ساحلی با مشارکت دستگاه های بیشتری مورد توجه قرار گیرد و پس از تدوین و تصویب آیین نامه اجرایی آن، موضوع ساماندهی سواحل به یکی از تکالیف مهم دولتی تبدیل شد و دستگاه های دولتی مختلفی همچون سازمان مدیریت و برنامه ریزی وقت، سازمان حفاظت محیط زیست، وزارتخانه های مسکن و شهرسازی وقت، کشور، جهاد کشاورزی و نیرو، وظایفی را عهده دار شدند. مرحله دوم و سوم مطالعات طرح مدیریت یکپارچه مناطق ساحلی حداثی سال های ۱۳۸۴ و ۱۳۸۸ به انجام رسید و آخرین دستاوردهای طرح در اختیار شورای عالی معماری و شهرسازی قرار گرفت.

آمایش سرزمین توسط مقام معظم رهبری (۱۳۹۰/۰۹/۲۱) ابلاغ شد که در برگیرنده ۲ حکم مشخص (بند ه ماده ۳ و بند ز ماده ۵) در خصوص توسعه هماهنگ جزایر و سواحل جنوب و شمال کشور بود. سند ملی توسعه منابع آب (۱۳۹۰) نیز به بهره برداری از منابع آب نامتعارف به ویژه دریا به عنوان یکی از راهبردهای توسعه منابع آب اشاره نمود. سیاست های کلی جمعیت که در سال ۱۳۹۳ توسط مقام معظم رهبری ابلاغ شد (۱۳۹۳/۰۲/۲۰)، نیز مناطق ساحلی و دریایی کشور را مورد غفلت قرار نداد و بر حفظ و جذب جمعیت و ایجاد مراکز جدید جمعیتی در جزایر و سواحل خلیج فارس و دریای عمان تأکید نمود. در سال پایانی این برنامه سیاست های کلی محیط زیست توسط مقام معظم رهبری (۱۳۹۴/۰۸/۲۶) ابلاغ شد که در برگیرنده ۱ حکم (ماده ۶) در خصوص حفاظت و حمایت از محیط زیست ساحل و دریا بود.

طرح مدیریت یکپارچه مناطق ساحلی کشور

در طول برنامه پنجم توسعه، نتایج طرح مدیریت یکپارچه مناطق ساحلی کشور در سال ۱۳۹۱ توسط شورای عالی معماری و شهرسازی تصویب و به استان های ساحلی ابلاغ شد (ابلاغیه شماره ۳۴۶۱۲/۳۰۰/۹۱، مورخ ۱۳۹۱/۶/۴) و مطابق آن کمیته های ساماندهی و مدیریت سواحل در استان های ساحلی کشور شکل گرفت، برنامه توانمندسازی و آموزش کارشناسان در دستور کار قرار گرفت و سازمان بنادر و دریانوردی نیز موظف به تهیه طرح تدقیق مدیریت یکپارچه مناطق ساحلی، به تفکیک استان های ساحلی شد. سازمان بنادر و دریانوردی فرایند انتخاب مشاور و واگذاری این مطالعات به متخصصان داخلی را آغاز نمود و طی سال های ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۸، تدقیق طرح ICZM برای استان هرمزگان به انجام رسید. یکی از دستاوردهای طرح مدیریت سواحل در استان هرمزگان توجه به برنامه ریزی فضایی دریا (آمایش دریا) بود که با رویه های علمی روزآمد،

ورود توسعه دریامحور به اسناد فرادست ملی

سال ۱۳۸۳ نیز هیأت وزیران ضوابط ملی آمایش سرزمین را به تصویب رساند (۱۳۸۳/۰۸/۰۶) و ذیل احکام ماده ۱، در ۳ بند (۱۰، ۲۶ و ۲۸) توجه به مناطق کمتر توسعه یافته سواحل جنوب را برای توسعه مراکز جمعیتی و صنعتی مورد توجه قرار داد. توجه به ظرفیت های اقتصادی، اجتماعی، محیط زیستی و امنیتی مناطق ساحلی در برنامه پنجم توسعه (۱۳۹۰ تا ۱۳۹۴) با رشد بیشتری همراه بود و در ۸ ماده این برنامه (مواد ۱۲۶، ۱۳۰، ۱۳۱، ۱۶۵، ۱۸۷، ۱۹۳، ۱۹۵ و ۲۰۱) رویکردهای دریامحور به چشم می خورد که مهم ترین اقدام پیش بینی شده، موظف کردن دولت به تشکیل سازمان توسعه و عمران دریا و سواحل (بند ب ماده ۱۸۷) بود. در سال آغازین این برنامه سیاست های کلی

کلیه ساخت و سازهای دریایی به‌عنوان یکی از اسناد بالادستی مورد توجه قرار داد (دانه‌کار، ۱۳۹۸/الف).

توسعه احکام ساحلی-دریایی در برنامه ششم توسعه

به‌دنبال توسعه دانش و بینش دریایی توجه به احکام ساحلی و دریا نیز رو به افزایش گذاشت و در برنامه ششم توسعه (۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰) ۱۰ ماده (مواد ۲، ۳۵، ۳۶، ۳۸، ۴۶، ۴۸، ۱۰۰، ۱۰۶، ۱۱۱ و ۱۱۲) در برگیرنده احکام مختلفی مربوط به مناطق ساحلی و دریایی کشور بود. از این برنامه توجه به توسعه سواحل مکران، به‌صورت کلیدی محور توجه برنامه‌ریزان سرزمین قرار گرفت. همچنین با انتشار سند جهت‌گیری‌های ملی آمایش سرزمین در سال ۱۳۹۶ توسط شورای عالی آمایش سرزمین، ۱۱ بند از احکام ذیل ماده ۱ این سند (بندهای ۵، ۱۳، ۱۹، ۲۰، ۲۱، ۳۲، ۵۰، ۵۶، ۵۸، ۶۴ و ۷۸) به توسعه دریامحور معطوف بود. قانون احکام دائمی برنامه‌های توسعه کشور (۱۳۹۶/۱۰/۱۶) نیز موادی مرتبط با توسعه دریامحور دارد. تبصره ۴ ماده ۳۲ آن به توسعه سواحل مکران و ماده ۳۰ به موضوع حمل‌ونقل دریایی اشاره دارد و در ماده ۶۸ احکامی در خصوص توسعه اقتصاد دریایی جنوب کشور به چشم می‌خورد. بیانیه گام دوم انقلاب (ابلاغیه مقام معظم رهبری، ۱۳۹۷) از سواحل دریایی طولانی به‌عنوان یکی از فرصت‌های مادی کشور نام برده‌است. از سال ۱۳۹۸ موضوع بندر ترانزیتی چابهار در کریدور شمال-جنوب پررنگ شد و پای هند برای سرمایه‌گذاری به این عرصه باز شد. در خردادماه ۱۴۰۱ نخستین محموله ترانزیت چندوجهی از مبدأ روسیه به مقصد هند از طریق ایران ارسال و کریدور شمال-جنوب بعد از سال‌ها مذاکره و رایزنی فعال شد.

در برنامه ششم توسعه سند راهبردی توسعه گردشگری که در سال ۱۳۹۹ به تصویب هیأت وزیران رسید

قادر شد پیکره آبی استان هرمزگان را برای فعالیت دریایی پهنه‌بندی کند. طی سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰ این طرح برای استان بوشهر، طی سال‌های ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۱ برای خطه خزر و حدفاصل ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۲ برای استان سیستان و بلوچستان به انجام رسید. تدقیق ICZM استان خوزستان نیز در سال ۱۴۰۳ آغاز شده‌است و پیش‌بینی می‌شود در سال ۱۴۰۵ به انتها برسد. نکته قابل‌توجه در طرح‌های مدیریت یکپارچه مناطق ساحلی کشور، پیوند آن‌ها با طرح‌های آمایش استان و اسناد بالادست مرتبط است (دانه‌کار، ۱۴۰۲).

طرح‌های مدیریت یکپارچه مناطق ساحلی کشور را می‌توان یکی از دستاوردهای دانش بنیان کشور در پشتیبانی نظام تصمیم‌گیری توسعه دریا محور برشمرد. این طرح‌ها که با پشتوانه دانش فنی متخصصان داخلی تهیه می‌شود از جدیدترین روش‌های علمی و ابتکارات فنی برخوردار است که سبب بومی‌سازی آن برای کشور بوده‌است. جریان مطالعات طرح‌های ICZM در کشور سبب شده است پایگاه اطلاعات مکانی مستحکمی در منطقه ساحلی و دریا‌های کشور تهیه شود و با رویکرد فرابخشی و مشارکتی (دولتی، خصوصی و اجتماعی) کشور را در بهترین فرصت توسعه دریامحور قرار داده‌است. از زمان شکل‌گیری موضوع مدیریت منطقه ساحلی و مشارکت دستگاه‌های کشوری و لشکری با این طرح، ضمن افزایش ادراک منافع ساحلی-دریایی کشور، توجه به ظرفیت‌های این فضای جغرافیایی افزایش یافته و دستاوردهای این طرح به‌عنوان یکی از اسناد بالادستی در توسعه دریامحور و کارهای دریایی نقش بازی می‌کند. امروزه تمام طرح‌های آمایش سرزمین در منطقه ساحلی می‌بایست چنین رویکردی را در راهبردها و اقدامات توسعه‌ای ملحوظ نمایند و پیش‌بینی شده‌است که چنانچه به کفایت به آن نپرداخته‌اند، با توجه به دستاوردهای طرح‌های ICZM استانی پیوست مدیریت سواحل داشته باشند. همچنین از سال ۱۳۹۴، کارویژه مرز شورای امنیت کشور نیز نتایج طرح ICZM را برای انجام

(۱۳۹۹/۰۶/۱۶) توسعه گردشگری ساحلی (ماده ۸ از بخش اقدامات اساسی) را نیز مورد توجه قرار داد. سند تحول دولت مردمی نیز توسط دولت سیزدهم و در طول برنامه ششم منتشر شد (۱۴۰۰/۱۲/۰۸) و در بخش شناسایی فرصت‌های جهش‌آفرین به گستردگی سواحل و ظرفیت‌های دریایی اشاره دارد. همچنین در تعیین اولویت‌های اساسی، از دریا به عنوان یکی از پیشران‌های توسعه نام برده است. در این سند در اقدامات بخش تحول به تأمین آب شرب از طریق شیرین‌سازی آب دریا و تأمین آب صنعتی استاندارد با استفاده از منابع آب دریا با رعایت ملاحظات محیط‌زیستی اشاره شده است. از دیگر اقدامات بخش تحول این سند، توسعه زیرساخت‌ها و تأسیسات گردشگری، با اولویت سواحل مکران و جزایر خلیج فارس، توسعه و فعال‌سازی ظرفیت جزایر و سواحل در قالب الگوهای جذاب سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری بلندمدت به چشم می‌خورد. افزایش سهم اقتصاد دریا، اعم از اقیانوسی و ساحلی، از تولید ناخالص داخلی، افزایش اشتغال در بخش دریایی و افزایش سهم ناوگان ملی از میزان تجارت دریا، از جمله نشانگرهای وضعیت مطلوب کشور معرفی شده است. همچنین از جمله چرخش‌های تحول‌آفرین، تغییر رویکرد صرفاً زمین‌پایه به رویکرد توسعه همه‌جانبه با تأکید بر دریا در طرح‌ریزی الگوی کلان توسعه کشور نام برده شده است. این سند همچنین از جمله چالش‌های پیش‌روی کشور را ضعف در شکل‌گیری زنجیره ارزش خدمات در حوزه دریایی و سهم کم ناوگان ملی از تجارت دریا، ضعف در مدیریت کلان حوزه دریایی کشور معرفی می‌کند.

توسعه دریامحور در سند ملی آمایش سرزمین

تهیه سند ملی آمایش سرزمین (مصوب شورای عالی آمایش سرزمین، ۱۳۹۹) را می‌توان یکی از دستاوردهای مهم برنامه ششم توسعه قلمداد نمود که براساس آن نقشه راه توسعه و راهبردها و خط مشی‌های اساسی برنامه‌ریزی بلند

مدت کشور آشکار شده است. سند تلفیق آمایش سرزمین کشور در بخش‌های مختلفی به توسعه دریامحور توجه داشته است. بخش راهبردها و سیاست‌های سرزمینی سند آمایش ملی کشور مشتمل بر ۲۶ راهبرد کلیدی است که ذیل ۱۷ راهبرد (۶۵٪ راهبردها)، سیاست‌های مختلفی برای توسعه دریامحور معرفی شده است. یکی از سیاست‌های راهبرد ۱ آن نقش استان‌های ساحلی و بنادر کشور، همچنین کریدورهای بازرگانی در ایجاد و ارتقاء پیوندها و مناسبات سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی با کشورهای منطقه و جهان است. جذب مشارکت سرمایه‌گذاری و فناوری پیشرفته بین‌المللی در فضاهای ساحلی جنوب کشور به‌ویژه جزایر و سواحل مکران از دیگر سیاست‌های این راهبرد است. از سیاست‌های راهبرد ۲ این سند که مرتبط به تقویت نقش مَفصلی کشور در شبکه گذرراه‌های ترانزیتی منطقه‌ای و بین‌المللی است به فعال شدن گذرراه شمال- جنوب اشاره و بر توسعه، تقویت، تجهیز و بهره‌برداری بهینه از شبکه حمل‌ونقل دریایی تأکید شده است. افزایش جذابیت و تثبیت حضور پایدار در شبکه ارتباطات دریایی و ارائه خدمات بانکرینگ و دریانوردی از دیگر سیاست‌های این راهبرد است. گسترش همکاری‌های بین‌المللی و تقویت حضور در سازمان‌های منطقه‌ای و بین‌المللی حمل‌ونقل و ترانزیتی نیز ذیل همین راهبرد آمده است. چهارمین راهبرد آمایش ملی به موضوع "ارتقاء جایگاه بین‌المللی کشور در بازارهای جهانی انرژی و توسعه مبادلات منطقه‌ای و بین‌المللی انرژی"، برخوردار از ۲ سیاست دریامحور است. راهبرد ۵ آمایش ملی (تنوع‌بخشی به اقتصاد متناسب با مزیت‌ها و تخصص‌های سرزمین) به‌طور مشخص به سیاست پیشتازی اقتصاد دریامحور اشاره کرده است. راهبرد ۶ دربرگیرنده سیاست توسعه فناوری‌های نوآورانه کشت و تولید انواع محصولات با استفاده از آب دریا است. در راهبرد ۹ که معطوف به "سازگاری توسعه با محیط‌زیست و منابع طبیعی" است، سیاست مدیریت منابع آبی در مناطق ساحلی جنوب کشور

تنوع‌بخشی در منابع تولید انرژی، برخی استان‌های ساحلی شمال و جنوب را دارای ظرفیت تولید انرژی بادی و خورشیدی معرفی کرده‌است. در راهبرد ۲۱ نیز سیاست تکمیل و تقویت محور پسرانه سواحل مکران به چشم می‌خورد. راهبرد ۲۲ آمایش ملی کاملاً مرتبط با توسعه دریامحور است (افزایش جمعیت و توسعه فعالیت در مناطق مستعد کم‌تراکم به‌ویژه مناطق مرزی، جزایر راهبردی و سواحل جنوبی) و برخوردار از ۱۶ سیاست توسعه‌ای در این خصوص است. توسعه هم‌گرایی و هم‌افزایی در منطقه ژئوپلیتیکی خلیج فارس از سیاست‌های راهبرد ۲۵ آمایش ملی است و در راهبرد ۲۶ (رعایت ملاحظات و الزامات دفاعی و پدافند غیرعامل در استقرار جمعیت و فعالیت در پهنه سرزمین) به مناطق ساحلی به‌ویژه سواحل مکران، عسلویه و ماهشهر تأکید شده‌است (کاشف مبارکه و همکاران، ۱۳۹۹).

دریا، محور توسعه کشور در قرن ۱۵ خورشیدی

کشور، قرن پانزدهم را با تدوین برنامه هفتم آغاز کرد. رویکرد دریامحور در سیاست‌های ابلاغی مقام معظم رهبری در برنامه هفتم (۱۴۰۲/۰۸/۲۷) هم مورد تأکید قرار گرفت و در ماده ۱۱ تحقق سیاست‌های کلی آمایش سرزمین با توجه به مزیت‌های بالفعل و بالقوه و اجرایی ساختن موارد برجسته آن با توجه ویژه به دریا، سواحل، بنادر و آب‌های مرزی اشاره شده‌است. یکی از مهم‌ترین احکام سیاستی در سال ۱۴۰۲ ابلاغ سیاست‌های توسعه دریامحور توسط مقام معظم رهبری (۱۴۰۲/۰۸/۱۶) مشتمل بر ۹ ماده بود که به تمام ابعاد اقتصادی، اجتماعی، فضایی، دانشی و محیط‌زیستی توجه شده‌است. ابلاغ این سیاست‌ها توسط مقام رهبری که به پستوانه حدود ۲۰ سال پژوهش، برنامه‌ریزی و آشنایی سیاست‌گذاران با ضرورت نگاه رو به دریا صورت گرفت را می‌توان تحولی در پارادایم توسعه کشور به سمت خطه ساحلی و پیکره‌های دریایی

و پایش کیفیت و کمیت آب دریا تحت تأثیر تغییر اقلیم دیده می‌شود. از دیگر سیاست‌های دریاپایه این راهبرد توجه ویژه به مناطق دریایی تحت تأثیر تغییر اقلیم و جلوگیری از، از بین رفتن جزایر مرجانی در جنوب کشور و همچنین حفاظت و احیاء اکوسیستم‌های دریایی و ساحلی است. راهبرد ۱۰ آمایش ملی به تأمین آب پایدار مورد نیاز بر مبنای الگوی مطلوب استقرار فعالیت و جمعیت اختصاص دارد که از جمله سیاست‌های مصوب این راهبرد افزایش سهم بهره‌برداری از آب‌های نامتعارف مانند نمک‌زدایی آب دریا، ارائه مشوق‌های لازم برای سرمایه‌گذاری و به‌کارگیری فناوری‌های نوین در طرح‌های نمک‌زدایی مقرون‌به‌صرفه از آب دریا برای تأمین آب صنعت (براساس الگوی مطلوب استقرار فعالیت‌ها) مناطق واقع در پسرانه و سواحل جنوبی کشور، مرتبط با توسعه دریامحور است. راهبرد ۱۱ آمایش ملی (ساماندهی استقرار صنایع کشور و شکل‌دهی به زنجیره فعالیت‌های صنعتی) برخوردار از سیاست دریاپایه تقویت زنجیره‌های فعالیتی مبتنی بر صنایع دریامحور در محور ساحلی شمال و جنوب (لجستیک-بازرگانی) است. ساماندهی و توسعه زنجیره ارزش و تأمین شیلات با اولویت استان‌های سیستان و بلوچستان، هرمزگان، بوشهر، گیلان، مازندران و گلستان از سیاست‌های راهبرد ۱۳ (بازآرایی فضایی قلمروهای تولید محصولات کشاورزی) آمایش ملی است. راهبرد ۱۴ تمرکززدایی و تغییر الگوی شبکه شهری سرزمین از تک مرکزی به شبکه چندمرکزی و چندسطحی را مورد توجه قرار داده و ذیل خود بسیاری از شهرهای ساحلی دارای اولویت را نام برده‌است. در راهبرد ۱۵ (پایاده‌سازی الگوی مطلوب توسعه نظام سکونتگاهی در مناطق مختلف سرزمین)، بسیاری از سکونتگاه‌های ساحلی مورد تأکید قرار داشته‌است. تجهیز زیرساخت‌ها و توسعه شبکه‌های یکپارچه گردشگری از سیاست‌های راهبرد ۱۸ آمایش ملی است که محورهای گردشگری ساحلی-دریایی در خطه شمال و جنوب را نامبرده‌است. راهبرد ۲۰، در موضوع

نتیجه‌گیری

پارادایم توسعه دریاپایه، تنها محدود به کارهای دریایی و عمران ساحل و جزایر نیست. این ابلاغیه از سوی مقام معظم رهبری را می‌توان به انتقال هاب توسعه به سمت مناطق دریایی قلمداد نمود. امنیت آب و امنیت غذایی می‌بایست دریاپایه شود، توسعه رو به دریا یعنی پشت‌سر گذاشتن سندروم ترس از حاشیه که حدود ۲۵۰ سال بر کشور سایه انداخته بود. این نشانه‌ای از اقتدار ملی و قدرت منطقه‌ای است. مرزهای آبی و جزایری که همواره به‌طور مستقیم و غیرمستقیم در معرض تهدید بدخواهان تمامیت ارضی کشور بودند، با چنین سیاست‌هایی به فرصتی برای رشد و نوآوری تبدیل خواهند شد. مدل‌های مالی خلاق برای سرمایه‌گذاری شرکت‌های بین‌المللی، شرکای غربی ایران را دارای منفعت در جزایر کشور (به‌ویژه جزایر سه‌گانه) خواهد ساخت و در چنین وضعیتی هیچ تمایلی برای تشکیک اقتدار ملی ایران بر این جزایر نخواهند داشت. تنها ۴۰ درصد جزایر جنوب کشور برخوردار از جمعیت و فعالیت است و این به آن معنا است که فرصت‌های سکونت، عمران و سرمایه‌گذاری در جزایر جنوب کشور، به‌شدت خالی است (دانه‌کار، ۱۴۰۲). جبهه خشکی توسعه دریامحور را نمی‌بایست به یک باند ۱۰ کیلومتری لبه دریا محدود کرد، بلکه الگوی این توسعه می‌تواند تا شعاع ۵۰ کیلومتری گسترش یابد. به‌رغم گفتگوهای کارشناسی برای جابه‌جایی پایتخت به سبب جمیع مسائل اجتماعی و محیط‌زیستی، می‌توان به حفظ تهران به‌عنوان پایتخت سیاسی پایند ماند، اما ظرفیت بالایی از انتقال پایتخت اقتصادی کشور به شعاع ۱۰۰ کیلومتری خطه ساحلی جنوب وجود دارد. ارزیابی توان اکولوژیک آمایش ملی نیز مکان‌های مناسب برای توسعه متعادل سکونتگاه‌ها و صنعت در این محدوده را نشان داده‌است. حتی ایده‌هایی برای ایجاد یک کانال کشتیرانی از خطه شرقی برای دسترسی افغانستان به دریای مکران و از خاک ایران و زیر نظر ایران مطرح است که ضمن

کشور توصیف نمود. ابلاغ این سیاست‌ها تقریباً مصادف با تصویب رشته مدیریت منطقه ساحلی در مقطع کارشناسی ارشد در سه گرایش (ناحیه ساحلی، ناحیه کرانه‌ای و آب‌های ساحلی)، در وزارت علوم، تحقیقات و فناوری (۱۴۰۲/۰۲/۳۱) بود. این برنامه آموزشی را می‌توان منطبق با دستاوردهای طرح‌های مدیریت یکپارچه مناطق ساحلی کشور و تربیت نیروی انسانی متخصص برای برنامه‌ریزی و کارهای دریایی مورد نیاز در آینده برشمرد و دانشگاه تهران پذیرش نخستین دانشجویان را از سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۴ آغاز نمود.

برنامه هفتم توسعه (۱۴۰۳ تا ۱۴۰۷) با توجه مشخصی به توسعه دریامحور به تصویب رسید. این برنامه برخوردار از ۱۹ حکم دریامحور و ساحلی است (مواد ۱۴، ۳۳، ۴۰، ۴۶، ۴۸، ۵۶، ۵۷، ۵۸، ۵۹، ۶۰، ۶۱، ۶۲، ۶۳، ۶۹، ۸۳، ۸۵، ۱۰۱، ۱۰۲ و ۱۱۲) و تقریباً کامل‌ترین برنامه از حیث توجه به ابعاد چندگانه اقتصادی، اجتماعی، محیط‌زیستی و امنیتی توسعه دریاپایه است. فصل ۱۲ این برنامه با عنوان "ترانزیت و اقتصاد دریامحور"، ضمن تأکید به سند آمایش ملی و طرح مدیریت یکپارچه مناطق ساحلی کشور (ICZM) به‌عنوان دو سند فرادست در این ارتباط، برخوردار از ۸ حکم مشخص است (مواد ۵۶ تا ۶۳).

دولت سیزدهم در اردیبهشت سال ۱۴۰۳ (مصوبه ۱۴۰۳/۰۲/۱۲) برنامه جامع تحقق سیاست‌های کلی توسعه دریامحور را تصویب و در تاریخ ۱۴۰۳/۰۴/۱۹ توسط معاون اول رئیس‌جمهور برای اجرا ابلاغ شد. دولت چهاردهم هم با توجه به ضرورت اجرای این برنامه از مهرماه ۱۴۰۳ آقای دکتر علی عبدالعلی‌زاده را به سمت نماینده رئیس‌جمهور در هماهنگی اجرای سیاست‌های کلی توسعه دریامحور منصوب نمود. دکتر پزشکیان همچنین بر ضرورت تکمیل کریدور شمال - جنوب تأکید داشته‌است.

بازسازی و احیا و ۶) مشارکت‌سازی (نهادی و مردمی)، صورت گیرد. شاید توسعه دریامحور، فرصت مناسبی برای شکل‌گیری همکاری بخش دولتی، بخش خصوصی و نهادهای اجتماعی برای دستیابی به حکمرانی مطلوب باشد.

منابع

علاوه بر مراجعی که در متن به آن اشاره شد، برای تدوین این نوشتار از منابع زیر بهره گرفته شد:

بیگلری، ف.، نوکنده، ج.، نادری بنی، ع. و هژبری، ع. (۱۳۹۸). انسان و دریا: مروری بر هزاران سال رابطه انسان و دریا در ایران. موزه ملی ایران و سازمان و بنادر و دریانوردی، تهران، ۲۱۰ص.

دانه‌کار، ا. (۱۳۹۳). راهکارهای توسعه پایدار مناطق ساحلی در برنامه ششم توسعه. دومین همایش ملی برنامه ریزی، حفاظت، حمایت از محیط زیست و توسعه پایدار، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ۲۶ بهمن ماه.

دانه‌کار، ا. (۱۳۹۵). برنامه ریزی برای توسعه متعادل منطقه ساحلی. "سلسله سخنرانی‌های علمی، پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی، تهران، ۲۳ آبان ماه.

دانه‌کار، ا. (۱۳۹۸/الف). طرح جامع مدیریت سواحل کشور. همایش هم‌اندیشی توسعه دریا محور، مجمع تشخیص مصلحت نظام، سازمان مدیریت صنعتی، تهران، ۱۴ بهمن ماه.

دانه‌کار، ا. (۱۳۹۸/ب). هماهنگی برای مدیریت پایدار ساحل و دریا. همایش ارگان‌های دریایی کشور، سازمان بنادر و دریانوردی، تهران، ۲۶ بهمن ماه.

دانه‌کار، ا. (۱۴۰۲). الزامات محیط زیستی اقتصاد دریا محور، نشست تخصصی اقتصاد دریامحور، موسسه موج و مرجان، ۲۱ خرداد ۱۴۰۲.

کاشف مبارکه، م.، ابراهیمی خوسفی، م.، ابوطالبی، م.، رازپور، م.، کشتکار، م. و مهرعلی تبار فیروزجایی، م. (۱۳۹۹). تلفیق مطالعات سند ملی آمایش سرزمین. مرکز پژوهش‌های توسعه و آینده نگری، ۳۲۷ص.

پاسخ‌گویی به آرزوی تاریخی این کشور برای دسترسی به آب‌های آزاد، اقتدار ایران برای مدیریت این آبراهه و تضمین دریافت حق آبه هیرمند را تثبیت خواهد نمود. تکمیل و بهره‌برداری از کریدور شمال-جنوب نیز فرصت‌های اقتصادی کم‌نظیری نصیب کشور خواهد ساخت و خدمات ترانزیتی و ترانشیپی، منابع ارزی سرشار و کاهش وابستگی به فروش نفت را در پی خواهد داشت. استحصال انرژی پاک خورشیدی و بادی در خطه‌های ساحلی و دریایی نیز، پاسخ‌گوی نیاز انرژی کشور خواهد بود. انتقال تدریجی صنایع آبر و انرژی‌بر به مناطق ساحلی و ارتقا صنایع دریایی و گسترش شورورزی از دیگر دستاوردهای توسعه رو به دریا است. تربیت نیروی انسانی متخصص برای کارهای دریایی، بازگشایی سرفصل‌های دریایی در بودجه کشور، برنامه‌ریزی متوازن در حوزه گردشگری ساحلی-دریایی، توسعه ورزش‌های دریایی، تعمیق پژوهش‌های دریایی، توسعه ایستگاه‌های هواشناسی دریایی، ایستگاه‌های اقیانوس‌شناسی، تولید نقشه‌های دریایی و پایگاه اطلاعات مکانی دریایی، پیش‌بینی و مقابله با مخاطرات دریایی و مراقبت و حفاظت از مناطق حساس ساحلی و دریایی لازم است به‌طور یکپارچه و هماهنگ انجام شود. ضروری است از ایجاد کانون‌های جمعیتی پیش از شکل‌گیری کانون‌های اقتصادی پرهیز شود و در توسعه کانون‌های اقتصادی صرفاً بر بنگاه‌های بزرگ مقیاس تمرکز نشود. برنامه‌ریزی توسعه دریامحور نیازمند نگاه راهبردی-فضایی است و برنامه‌ریزی فضایی دریا می‌بایست با برنامه‌ریزی فضایی خشکی (آمایش سرزمین) پیوند داشته باشد و زنجیره ارزش دریا به خشکی شکل گیرد. دریا بخشی از سرزمین است و تفکر سرزمین با مقیاس خشکی را باید کنار گذاشت، در فرایند برنامه‌ریزی یکپارچه سرزمین (خشکی و دریا) پیش از هر گونه اقدام اجرایی، لازم است برنامه‌ریزی در ۶ حوزه، ۱) حساسیت‌سنجی، ۲) ظرفیت‌سنجی، ۳) برنامه سازگاری با کلان‌روندها (به‌ویژه تغییر اقلیم)، ۴) پیامدسنجی، ۵) برنامه

Sea-Based Development in Light of National Policy Statement

Afshin Danehkar

Professor, Department of Natural Environment, Faculty of Natural Resources, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Author's E-mail: danehkar@ut.ac.ir

Abstract

Historical assessments over the past 2,700 years shown that economic and political relations have developed primarily under strong and authoritative governance, as well as the safeguarding of territorial integrity through the country's seas. Throughout history, destructive invasions have led to the erosion of maritime infrastructure along the coasts, while the "fear of marginalization syndrome" further diverted planners' attention from adequately prioritizing seas and coastlines. However, following the Islamic Revolution—and particularly since the Third Development Plan—attention to the economic, military, and environmental potential of coasts and seas has gradually emerged. The Integrated Coastal Zone Managements (ICZM) initiatives have played a pivotal role in providing spatial data for coastal and marine areas. Moreover, over 20 National Policy Statement and numerous governmental decrees—most notably the Marine-Oriented Development Policies (issued by the Supreme Leader) and the capacities established under the Seventh Development Plan—have laid the necessary groundwork for the implementation of a coordinated, marine-based development strategy. The current era represents the most opportune time for advancing marine-oriented development in the country. Today, marine-based development stands as a symbol of national sovereignty and regional power—one that must not be overlooked. The sea is an integral part of the national land, and in any integrated spatial planning (encompassing both land and sea), six key domains must be addressed prior to executive action: sensitivity assessment, capacity evaluation, compatibility analysis, impact assessment, restoration and rehabilitation, and stakeholder engagement.

Keywords: Blue economy, Fear of marginalization syndrome Integrated coastal zone management, National policy statement, Iran's seas



Sharjah, United Arab Emirates, March 2024, Photographer: Hassan Pasha

مدل سازی زیستگاه‌های بالقوه افعی جعفری (*Echis carinatus*) در ایران تحت تأثیر تغییرات آب و هوایی

صبا شکرالهی

دانشجوی کارشناسی علوم و مهندسی محیط زیست، گروه محیط زیست طبیعی، دانشکده منابع طبیعی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه

تهران، کرج، ایران

رایانامه نویسنده: saba.shokrollahi@ut.ac.ir

چکیده

افعی جعفری (*Echis carinatus*) یکی از گونه‌های مهم خانواده افعی‌ها (Viperidae) در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران به‌شمار می‌رود و به‌دلیل نقش زیست‌محیطی، رفتارهای شکارچیان و پراکنش گسترده‌اش مورد توجه است. هدف این مطالعه، ارزیابی زیستگاه بالقوه این گونه با استفاده از مدل مکسنت (MaxEnt) بود. برای این منظور، داده‌های حضور گونه و ۱۹ متغیر محیطی مرتبط گردآوری و از طریق تحلیل مؤلفه‌های اصلی، هشت متغیر کلیدی انتخاب شد. نتایج مدل سازی نشان داد که دما، بارش و ارتفاع از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر توزیع افعی جعفری هستند. مقدار شاخص AUC برابر با ۰/۸۸۲ نشان‌دهنده دقت بالای مدل است. بر اساس نقشه‌های حاصل، بخش‌هایی از جنوب، جنوب غرب و فلات مرکزی ایران، به‌ویژه استان‌های کرمان، فارس و بوشهر، دارای زیستگاه‌های مطلوب‌تری برای این گونه هستند. این یافته‌ها می‌توانند در مدیریت مؤثرتر، برنامه‌ریزی حفاظتی و مقابله با تهدیداتی همچون تغییرات اقلیمی و تخریب زیستگاه نقش داشته باشند. بهره‌گیری از مدل مکسنت به‌عنوان ابزاری قدرتمند، امکان پیش‌بینی دقیق‌تری از پراکنش گونه‌ها را فراهم می‌سازد و به حفاظت از تنوع زیستی در مناطق آسیب‌پذیر ایران کمک می‌کند.

کلیدواژه‌ها: افعی جعفری، مدل مکسنت، مطلوبیت زیستگاه، تغییرات اقلیمی، اکوسیستم‌های خاورمیانه

مقدمه

داده‌های حضوری، عملکرد برتری را نشان داده‌است (Ahmadi et al., 2023).

افعی جعفری (*Echis carinatus*) یکی از گونه‌های مهم و شایع در خانواده افعی‌ها (Viperidae) است که در مناطق خشک و نیمه‌خشک خاورمیانه، از جمله ایران، زندگی می‌کند. این گونه به دلیل ویژگی‌های زیستی خاص و رفتارهای شکارچیان‌اش، نقش کلیدی در اکوسیستم‌های محلی ایفا می‌کند. افعی جعفری به‌طور عمده در مناطق بیابانی و نیمه‌بیابانی زندگی می‌کند و به‌عنوان یک شکارچی مؤثر در کنترل جمعیت جوندگان و دیگر موجودات کوچک عمل می‌کند. این گونه به دلیل قدرت زهر و رفتارهای مخفی کارانه‌اش، می‌تواند تهدیدی برای انسان‌ها و سایر جانوران باشد (McDiarmid et al., 1999).

زیستگاه افعی جعفری به‌طور عمده شامل مناطق خشک، تپه‌های شنی و سنگی و نواحی با پوشش گیاهی کم است. این گونه به‌خوبی با شرایط سخت زیستگاهی سازگار شده و می‌تواند در دماهای بالا و کم‌آبی زنده بماند. در این راستا، شناخت عوامل محیطی مؤثر بر توزیع و مطلوبیت زیستگاه این گونه اهمیت ویژه‌ای دارد؛ زیرا تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی می‌توانند به تخریب زیستگاه‌ها و کاهش جمعیت این گونه منجر شوند (Phillips et al., 2006).

مدل مکسنت (MaxEnt) یکی از ابزارهای پیشرفته برای ارزیابی مطلوبیت زیستگاه و پیش‌بینی توزیع گونه‌ها براساس داده‌های حضور و عوامل محیطی است (Guisan & Thuiller, 2005). این مدل با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین، می‌تواند به شناسایی مناطق مناسب برای گونه‌های خاص کمک کند. مدل مکسنت به‌ویژه در مواردی که داده‌های حضور محدود است، بسیار مؤثر عمل می‌کند و به پژوهشگران این امکان را می‌دهد که با استفاده از داده‌های محیطی، توزیع جغرافیایی گونه‌ها را

تغییرات اقلیمی و گرمایش کره زمین به‌عنوان یکی از مهم‌ترین تهدیدات بر تنوع زیستی، تولیدات کشاورزی و امنیت غذایی در مقیاس جهانی معرفی شده‌است (Fan et al., 2022). مطالعات اخیر توسط متخصصان نشان داده‌است که اثرات تغییرات اقلیمی بر گونه‌های گیاهی و جانوری پیچیده و احتمالاً بیش از مقادیر پیش‌بینی شده‌است. در دهه‌های اخیر، تغییرات اقلیمی به‌سرعت زیستگاه بسیاری از گونه‌های حساس را تغییر داده و منجر به نابودی جمعیت‌های بسیاری از گونه‌های حساس شده‌است (Del Río et al., 2021).

مطالعات متعدد در خصوص جانوران و گیاهان نشان داده‌است که با تغییر شرایط آب و هوایی، توزیع بالقوه گونه‌ها نیز تغییر می‌کند. لذا در واکنش به تغییر شرایط آب و هوایی برخی گونه‌های جانوری اقدام به مهاجرت و یا تغییر زیستگاه می‌کنند (برای مثال Yousefi et al., 2015). از این‌رو، پیش‌بینی تأثیر تغییرات اقلیمی بر تغییرات پراکنش تاریخی و تکاملی گونه‌های جانوری، به‌ویژه گونه‌هایی که حضورشان در کنار انسان می‌تواند منجر به تقابل و یا خطر مرگ برای انسان شود (از جمله مارهای زهرآگین)، بسیار مهم است.

در طی دهه اخیر روش‌های مدل‌سازی متعددی برای بررسی الگوهای توزیع گونه‌ها براساس سناریوهای گرمایش جهانی توسعه داده شده‌است. در این میان مدل‌های توزیع گونه‌ها (SDMs)¹، که قادر به تخمین توزیع گونه‌ها در گذشته، حال و آینده هستند، به‌طور گسترده برای بررسی تأثیرات تغییر آب و هوایی بر توزیع گونه‌ها و ارزیابی مناسب بودن زیستگاه توسعه یافته‌اند. از این میان، مدل ماکزیمم آنتروپی (MaxEnt)، در مقایسه با سایر مدل‌ها در هنگام برخورد با حجم نمونه محدود و

¹ Specie Distribution Models

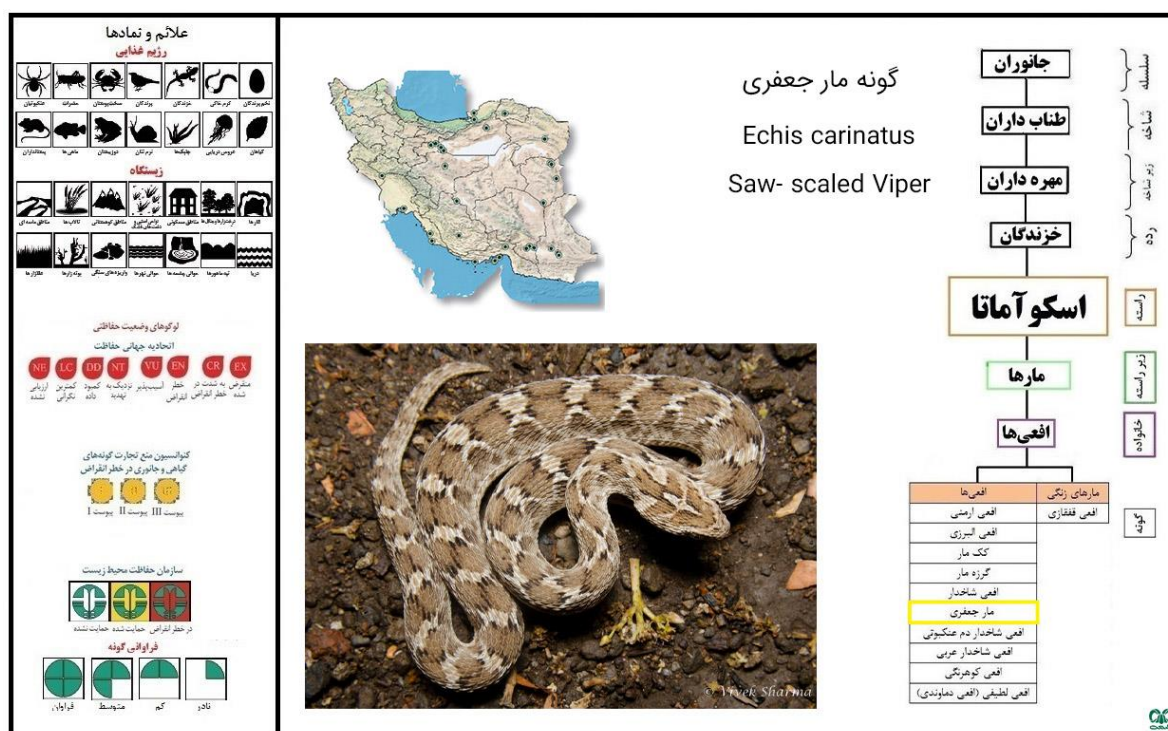
هرگز بزرگتر از حدود ۹۰ سانتی متر در طول نخواهد بود. آن‌ها دارای سری کوتاه، پهن و گلابی شکل هستند که به وضوح از گردن جدا شده است. پوزه آن‌ها کوتاه و گرد بوده و چشم‌های به نسبت بزرگ و برآمده‌ای دارند. فرق سر این مارها با پولک‌های کوچک، نامنظم و نیمه پوشیده شده که می‌تواند صاف یا پوشانده شده باشد. بدن افعی جعفری نسبتاً بلند و باریک و استوانه‌ای شکل است. فلس‌های پشتی عمده‌تاً پولک‌دار و زورقی شکل هستند. با این حال، پولک‌ها در جناح پایینی در یک زاویه ۴۵ درجه متمایز و مرکزی بیرون آمده‌اند و دندان‌دار هستند. دم این گونه نیز کوتاه است (موسسه آموزش و تحقیقات جهانگردی طبیعت).

پیش‌بینی کنند. با توجه به اهمیت اف‌سی جعفری در اکوسیستم‌های ایران و تهدیدات موجود، استفاده از مدل مکسنت برای ارزیابی مطلوبیت زیستگاه این گونه می‌تواند به بهبود مدیریت و حفاظت از آن کمک کند (Elith et al., 2011).

مواد و روش‌ها

گونه مورد مطالعه

افعی جعفری (*Echis carinatus*) (شکل ۱) یکی از گونه‌های شناخته‌شده و مهم در خانواده افعی‌ها (Viperidae) است که به‌طور عمده در مناطق خشک و نیمه‌خشک خاورمیانه و جنوب آسیا زندگی می‌کند. این مارها از نظر اندازه نسبتاً کوچک هستند و بزرگسالان آن‌ها



شکل ۱- ده‌بندی و مشخصات افعی جعفری (*Echis carinatus*) (موسسه آموزش و تحقیقات جهانگردی طبعیت)

جعفری، مشابه آن‌هایی که در آفریقا یافت می‌شوند، تخم‌گذار هستند، با این وجود افعی جعفری که در این یافت می‌شود زنده‌زا است (Daniels, 2002).

عادات غذایی افعی جعفری متنوع است و می‌تواند شامل
ملخ‌ها، سوسک‌ها، کرم‌ها، حلزون‌ها، عنکبوت‌ها، عقرب‌ها،
هزارپا، قورباغه‌ها، وزغ‌ها، خزندگان (از جمله مارهای دیگر)،
پستانداران و پرندگان کوچک باشد. بیشتر گونه‌های افعی

براساس ارزیابی‌های IUCN^۱، افعی جغرفی در رده "LC"^۲ قرار دارد (IUCN Red List, 2016). این وضعیت نشان‌دهنده پایداری جمعیت این گونه در مناطق طبیعی خود است.

منطقه مورد مطالعه

این پژوهش در محدوده جغرافیایی ایران انجام و برای تحلیل و مدل‌سازی زیستگاه، از ۴۸ نقطه حضور گونه‌های مورد مطالعه استفاده شده‌است. این نقاط به‌منظور جمع‌آوری داده‌های اکولوژیکی و جغرافیایی از سایت GBIF^۳ استخراج شده‌اند.

نرم‌افزارهای مورد استفاده

در این مطالعه، برای تحلیل داده‌ها و مدل‌سازی زیستگاه، از نرم‌افزارهای R Studio و ArcGIS 10.8 استفاده شد. این نرم‌افزارها ابزارهای پیشرفته‌ای برای تجزیه و تحلیل داده‌های اکولوژیکی و جغرافیایی ارائه می‌دهند و به محققان کمک می‌کنند تا نتایج دقیقی از داده‌های جمع‌آوری شده به‌دست آورند.

۱. **R Studio**: این نرم‌افزار به‌عنوان محیط توسعه یکپارچه (IDE)^۴ برای زبان برنامه‌نویسی R استفاده می‌شود. R Studio امکان نوشتن، ویرایش و اجرای کدهای R را به‌طور مؤثر فراهم می‌کند و ابزارهای متنوعی برای تجزیه و تحلیل داده‌ها ارائه می‌دهد.

۲. **ArcGIS 10.8**: این نرم‌افزار برای تجزیه و تحلیل مکانی و مدیریت داده‌های جغرافیایی به کار می‌رود. ArcGIS به محققان این امکان را

می‌دهد که نقشه‌های زیستگاه و توزیع جغرافیایی گونه‌ها را ایجاد و تحلیل کنند.

در R Studio، بسته‌های زیر نصب و استفاده شدند:

- **raster**: برای کار با داده‌های رستری و تحلیل‌های مکانی؛
- **dismo**: برای مدل‌سازی توزیع گونه‌ها و پیش‌بینی زیستگاه‌ها؛
- **sp**: برای کار با داده‌های فضایی و تحلیل‌های جغرافیایی؛
- **ENMeval**: برای ارزیابی و انتخاب بهترین مدل‌های اکولوژیکی؛
- **rJava**: برای استفاده از قابلیت‌های جاوا در R؛
- **magrittr**: برای تسهیل در نوشتن کدهای R با استفاده از عملگرهای خطی؛
- **sf**: برای کار با داده‌های فضایی و تجزیه و تحلیل‌های جغرافیایی؛
- **devtools**: برای نصب و توسعه بسته‌های جدید از منابع مختلف.

متغیرهای مورد استفاده برای ساخت مدل مطلوبیت زیستگاه

برای ساخت مدل مطلوبیت زیستگاه، ابتدا از ۱۹ متغیر Bioclimatic (<https://www.worldclim.org/data/bioclim.html>) استفاده شد که اطلاعات مهمی درباره شرایط اقلیمی و محیط‌زیستی فراهم می‌کنند. به‌منظور حذف همبستگی بین داده‌ها، تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA)^۵ روی این ۱۹ متغیر انجام شد. در این تحلیل، ماتریس همبستگی بین

^۱ International Union for Conservation of Nature

^۲ Least concern

^۳ Global Biodiversity Information Facility

^۴ Integrated Development Environment

^۵ Principal Component Analysis

مرتبط، هشت متغیر آب و هوایی به‌عنوان متغیرهای اصلی انتخاب شدند (جدول ۱).

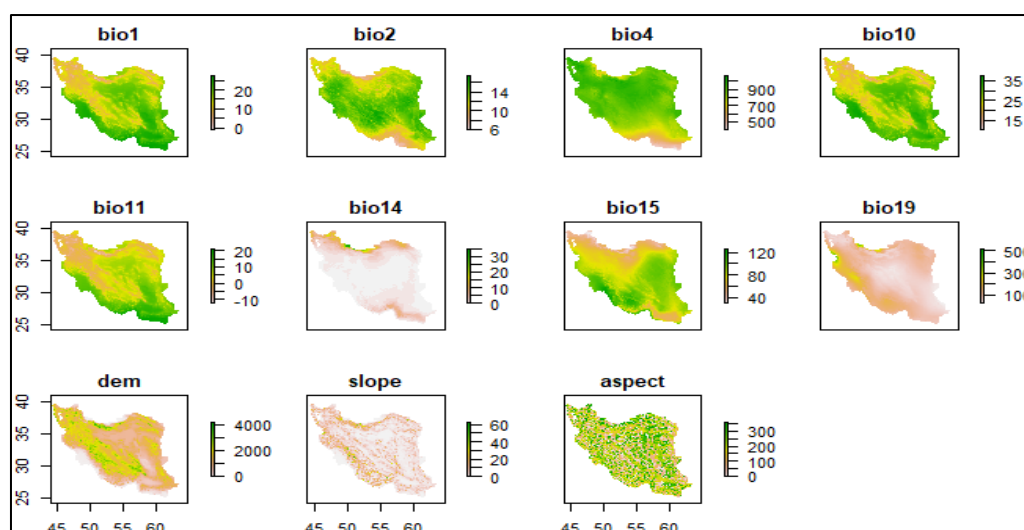
متغیرهای آب و هوایی بررسی و لایه‌هایی که همپوشانی آن‌ها زیر ۷۰ درصد بود، شناسایی شدند. در نهایت براساس نتایج حاصل از ماتریس همبستگی و پیشینه پژوهش‌های

جدول ۱- متغیرهای اصلی آب و هوایی

کد متغیر	نام متغیر	توضیح مختصر
BIO1	دمای سالانه	میانگین دمای سالانه بر حسب درجه سلسیوس
BIO2	دامنه دما	تفاوت میانگین دمای گرم‌ترین و سردترین ماه
BIO4	دمای گرم‌ترین ماه سال	میانگین دمای گرم‌ترین ماه سال
BIO10	بارش در خشک‌ترین فصل	مجموع بارش در خشک‌ترین فصل سال (میلی‌متر)
BIO11	بارش در مرطوب‌ترین فصل	مجموع بارش در مرطوب‌ترین فصل سال
BIO14	بارش سالانه	مجموع بارش سالانه
BIO15	بارش در مرطوب‌ترین ماه	مجموع بارش در مرطوب‌ترین ماه سال
BIO19	بارش در گرم‌ترین فصل	مجموع بارش در گرم‌ترین فصل سال

استفاده از این متغیرها به محققان این امکان را می‌دهد که عوامل مؤثر بر زیستگاه گونه‌ها را به‌طور دقیق‌تری بررسی کرده و مدل‌های مطلوبیت زیستگاه را با دقت بیشتری توسعه دهند. این مدل‌ها می‌توانند به شناسایی مناطق با پتانسیل بالای زیستگاه و همچنین ارزیابی تهدیدات محیطی کمک کنند (یوسفی و همکاران، ۱۴۰۲).

برای ساخت مدل مطلوبیت زیستگاه در این پژوهش، از مجموعه‌ای از متغیرهای محیطی و جغرافیایی استفاده شده‌است. این متغیرها به‌طور خاص برای تحلیل تأثیرات مختلف بر توزیع گونه‌ها انتخاب شده‌اند و شامل دما، دامنه دما، بارش، ارتفاع و شیب است (علی طاوولی و همکاران، ۱۴۰۳). جزییات متغیرها در ادامه در شکل ۲ توضیح داده شده‌است



شکل ۲- نقشه متغیرهای محیطی و توپوگرافی

مراحل کار با نرم‌افزار و کدنویسی‌ها

در این بخش، مراحل کار با نرم‌افزار ArcGIS و R به منظور مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه و تحلیل داده‌ها به صورت گام به گام توضیح داده شده است.

۱- تبدیل لایه‌های محیطی به فرمت ASCII

ابتدا لایه‌های رستری محیطی (مانند دما، بارش و سایر متغیرها) در نرم‌افزار ArcGIS از حالت رستر به فرمت ASCII تبدیل شدند. این کار به منظور آماده‌سازی داده‌ها برای وارد کردن به R انجام می‌شود.

۲- نصب و بارگذاری بسته‌های مورد نیاز در R

در ابتدا بسته‌های لازم برای تحلیل داده‌ها نصب و بارگذاری می‌شوند. برای این کار از کد زیر استفاده شد:

```
install.packages(c("raster", "dismo", "sp",
"ENMeval", "rJava", "magrittr", "sf",
"devtools"))
```

سپس با استفاده از library بسته‌های مورد نیاز بارگذاری شد:

```
library(sf); library(magrittr); library(sp);
library(raster); library(dismo); library(rJava);
library(base); library(ENMeval)
```

۳- بارگذاری و پردازش داده‌ها

لایه‌های محیطی و داده‌های دیگر بارگذاری شدند. این لایه‌ها شامل داده‌های اقلیمی و جغرافیایی بودند که برای مدل‌سازی استفاده می‌شوند:

```
bio_layers <- list(bio1, bio2, bio4, bio10,
bio11, bio14, bio15, bio19)
```

```
data <- list(dem, humanfootprint, aspect)
```

```
alldata <- list(bio1, bio2, bio4, bio10, bio11,
bio14, bio15, bio19, dem, slope, aspect)
```

```
alldata_stack <- stack(alldata)
```

۴- بارگذاری داده‌های حضور و تعیین مختصات

داده‌های حضور گونه (*Echiscarinatus*) از فایل CSV خوانده شد و مختصات آن تعیین گردید:

```
Echiscarinatus <- read.csv("echisdata.csv")
```

```
coordinates(Echiscarinatus) <- ~x + y
```

۵- تعیین سیستم مختصات

سیستم مختصات برای داده‌های حضور تنظیم شد:

```
myCRS1 <- CRS("+init=epsg:4326")
```

```
crs(Echiscarinatus) <- myCRS1
```

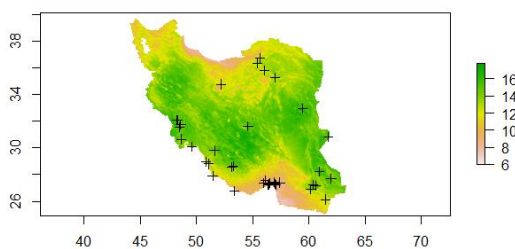
۶- ترسیم داده‌های حضور و لایه‌های محیطی

داده‌های حضور و لایه‌های محیطی ترسیم شدند (شکل ۳):

```
plot(Echiscarinatus)
```

```
plot(bio2)
```

```
plot(Echiscarinatus, add=TRUE)
```



شکل ۳- داده‌های حضور بر روی لایه‌ی محیطی

۷- بارگذاری و پردازش شکل‌نما

شکل‌نما (shapefile) کشور ایران بارگذاری و سیستم مختصات آن بررسی شد:

```
countryshape <- shapefile("iran.shp")
```

```
study.area <- countryshape
```

```
plot(study.area)
```

۸- تبدیل سیستم مختصات و برش منطقه مطالعه

سیستم مختصات منطقه مطالعه به مختصات داده‌های حضور تبدیل شده و سپس داده‌ها برش داده شدند:

```
study.area <- spTransform(study.area,
crs(Echiscarinatus))
```

```
study.area <- spTransform(study.area,
(alldata_stack))
```

```
set.seed(1)
```

```
studyArea <- crop(alldata_stack,
extent(study.area))
```

```
StudyArea <- mask(studyArea, study.area)
```

۹- نمونه‌برداری از پس‌زمینه

نمونه‌برداری از نقاط پس‌زمینه برای تحلیل انجام شد. این مرحله به منظور ایجاد نقاط پس‌زمینه برای مدل‌سازی انجام شد (شکل ۴):

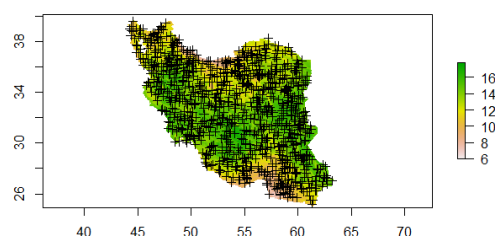
```
study.area_sf <- st_as_sf(study.area)
```

```
bg <- st_sample(study.area_sf, size = 1000)
```

```
plot(bg, add=T)
```

```
BG <- sampleRandom(x=StudyArea, size =
1000, na.rm=T, sp=1)
```

```
plot(BG, add=T)
```



شکل ۴- نقشه نمونه‌برداری از نقاط پس‌زمینه

۱۰- تقسیم داده‌ها به مجموعه‌های آموزشی و آزمایشی

در این مرحله، داده‌های حضور به دو مجموعه آموزشی و آزمایشی تقسیم شدند. این کار به منظور ارزیابی عملکرد مدل انجام شد. ابتدا یک نمونه تصادفی از داده‌های حضور انتخاب شده و ۷۰ درصد آن به عنوان داده‌های آموزشی و ۳۰ درصد به عنوان داده‌های آزمایشی در نظر گرفته شدند (شکل ۵):

```
select <- sample(1:nrow(Echiscarinatus),
nrow(Echiscarinatus)*0.7)
```

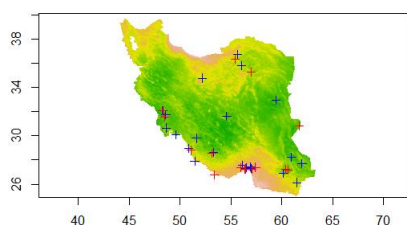
```
EchiscarinatusTrain <- Echiscarinatus[select,]
```

```
EchiscarinatusTest <- Echiscarinatus[-select,]
```

سپس این دو مجموعه با رنگ‌های مختلف روی نقشه ترسیم شده تا تفکیک آن‌ها مشخص باشد:

```
plot(EchiscarinatusTrain, add=1, col="blue")
```

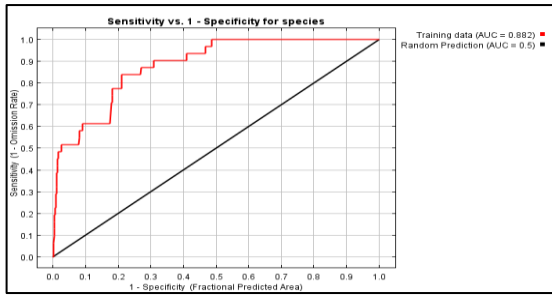
```
plot(EchiscarinatusTest, add=1, col="red")
```



شکل ۵- نقشه داده‌های آموزشی و آزمایشی

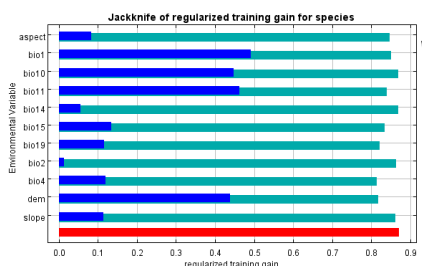
۱۱- استخراج داده‌ها از لایه‌های محیطی

در این مرحله، داده‌ها از لایه‌های محیطی برای مجموعه‌های آموزشی و آزمایشی استخراج شدند. این کار به منظور ایجاد یک دیتافریم که شامل ویژگی‌های محیطی نقاط حضور و نقاط پس‌زمینه باشد، انجام شد. ابتدا ویژگی‌های محیطی برای مجموعه آموزشی استخراج شدند:



شکل ۶- نمودار ROC

نمودار آزمون جک‌نایف (Jackknife) (شکل ۷) که از مدل‌های پیش‌بینی زیستگاه به دست می‌آید، ابزاری کارآمد برای ارزیابی اهمیت متغیرهای مختلف در مدل‌سازی است. در این نمودار، با حذف تدریجی هر یک از متغیرها و مشاهده تغییرات در عملکرد مدل، می‌توان تعیین کرد که کدام متغیرها بیشترین تأثیر را بر پیش‌بینی دارند (علی‌طاولی و همکاران، ۱۴۰۳). تحلیل جک‌نایف نشان داد که متغیرهای **bio1** (دمای میانگین سالانه)، **bio11** (بارش در سردترین فصل) و **dem** (ارتفاع) بیشترین تأثیر را بر مدل مطلوبیت زیستگاه دارند. این به این معناست که تغییرات در این متغیرها می‌تواند تأثیر قابل‌توجهی بر توزیع و فراوانی گونه‌ها داشته باشد.



شکل ۷- نمودار جک‌نایف

منحنی‌های زیر (شکل ۸) نشان می‌دهند که هر متغیر محیطی چگونه بر پیش‌بینی Maxent تأثیر می‌گذارد. منحنی‌ها نشان می‌دهند که چگونه احتمال پیش‌بینی حضور تغییر می‌کند وقتی که هر متغیر محیطی تغییر می‌کند و سایر متغیرهای محیطی در مقدار میانگین نمونه خود نگه داشته می‌شوند. روی یک منحنی پاسخ کلیک کنید تا نسخه بزرگ‌تری از آن را ببینید. توجه داشته باشید

```
p <- extract(alldata_stack,
EchiscarinatusTrain)
```

```
pctest <- extract(alldata_stack,
EchiscarinatusTest)
```

```
a <- extract(alldata_stack, BG)
```

سپس یک وکتور برای شناسایی کلاس‌ها (حضور و عدم حضور) ایجاد شد. در اینجا، نقاط حضور با مقدار ۱ و نقاط پس‌زمینه با مقدار ۰ مشخص شدند:

```
pa <- c(rep(1, nrow(p)), rep(0, nrow(a)))
```

در نهایت، داده‌های استخراج‌شده به یک دیتافریم ترکیب شده که برای مدل‌سازی استفاده خواهد شد:

```
pder <- as.data.frame(rbind(p, a))
```

۱۲- مدل‌سازی با استفاده از الگوریتم MaxEnt

مدل‌سازی با استفاده از الگوریتم MaxEnt انجام شد. این الگوریتم به منظور پیش‌بینی توزیع مناسب زیستگاه براساس داده‌های موجود استفاده شد:

```
mod <- dismo::maxent(x=pder, p=pa,
path="E:/modelingdata/Echiscarinatus",
args=c("responsecurves", "jackknife=TRUE"))
```

۱۳- پیش‌بینی و ترسیم نقشه‌های مطلوبیت

در نهایت، پیش‌بینی مطلوبیت زیستگاه و ترسیم نقشه‌های حاصل انجام شد:

```
currentmap <- predict(mod, alldata_stack)
```

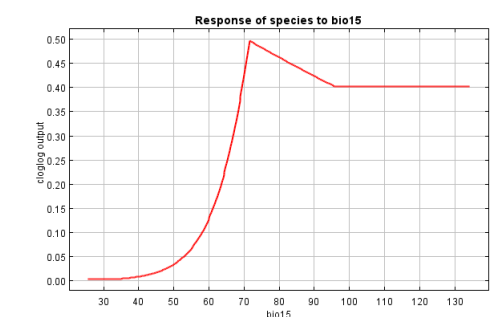
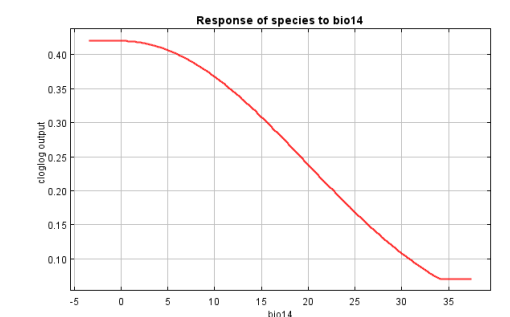
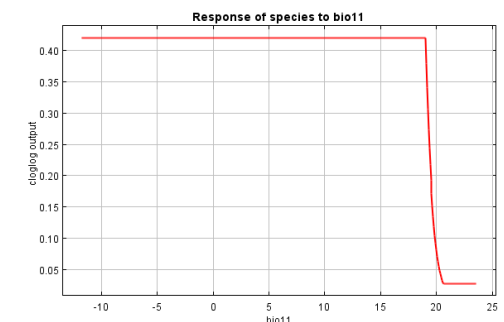
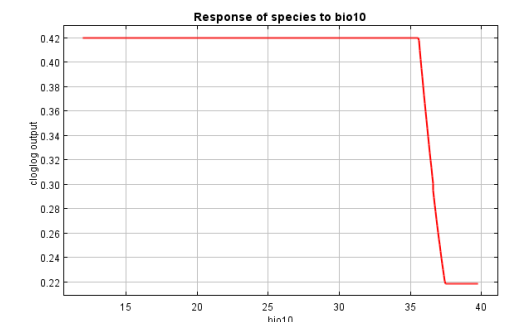
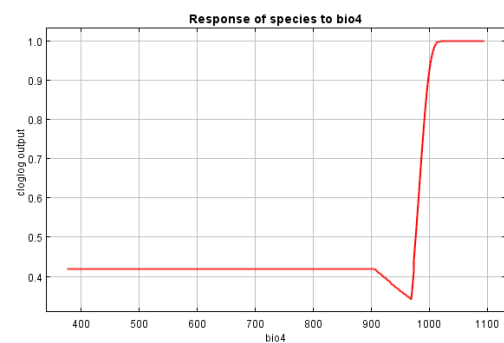
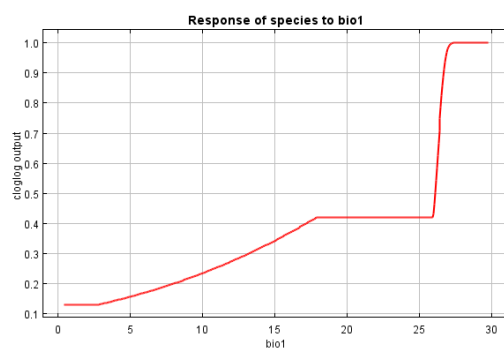
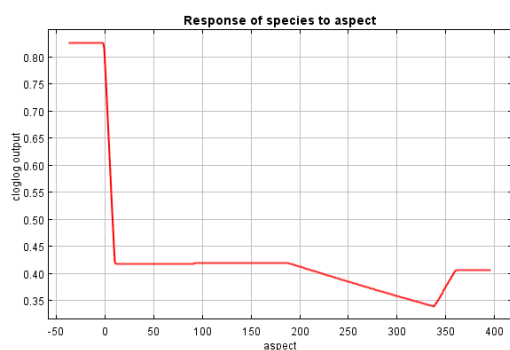
```
plot(currentmap)
```

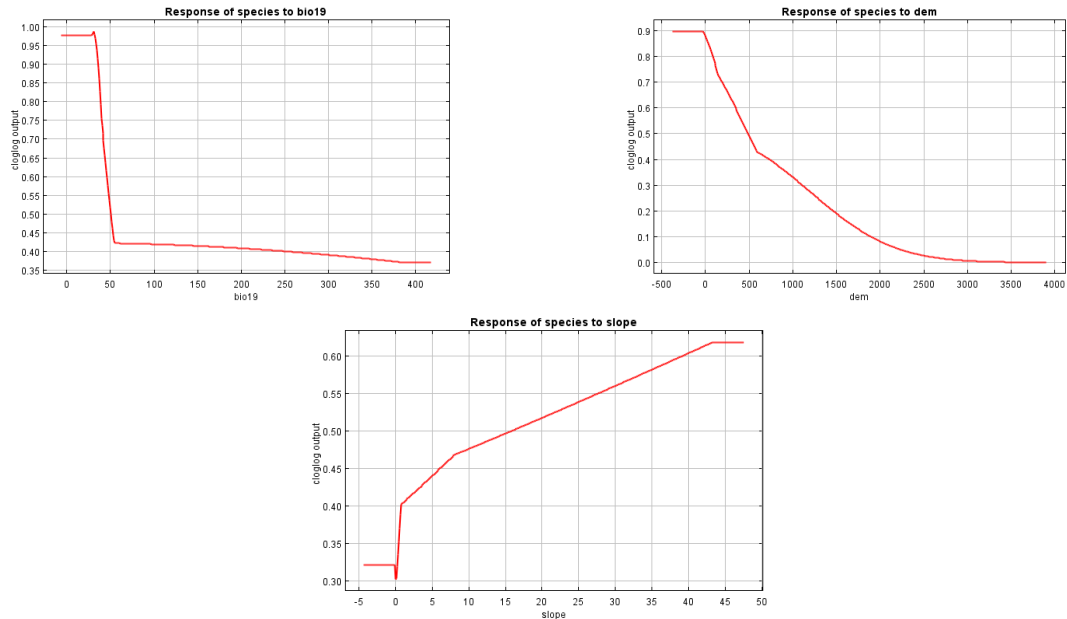
نتایج

با توجه به نمودار ROC (شکل ۶) در این پژوهش مقدار شاخص $AUC = 0.882$ است. این عدد نشان دهنده‌ی توانایی بالا و مناسب مدل در پیش‌بینی پراکنش گونه‌ی افعی جعفری است.

حاشیه‌ای تغییر دقیقاً یک متغیر را نشان می‌دهند، در حالی که مدل ممکن است از مجموعه‌ای از متغیرها که به‌طور همزمان تغییر می‌کنند، بهره‌برداری کند (حیدرپور و همکاران، ۱۴۰۰).

که این منحنی‌ها ممکن است دشوار به تفسیر باشند اگر متغیرهای همبسته قوی داشته باشید؛ زیرا مدل ممکن است به همبستگی‌ها به گونه‌ای وابسته باشد که در منحنی‌ها واضح نباشد. به عبارت دیگر، این منحنی‌ها اثر

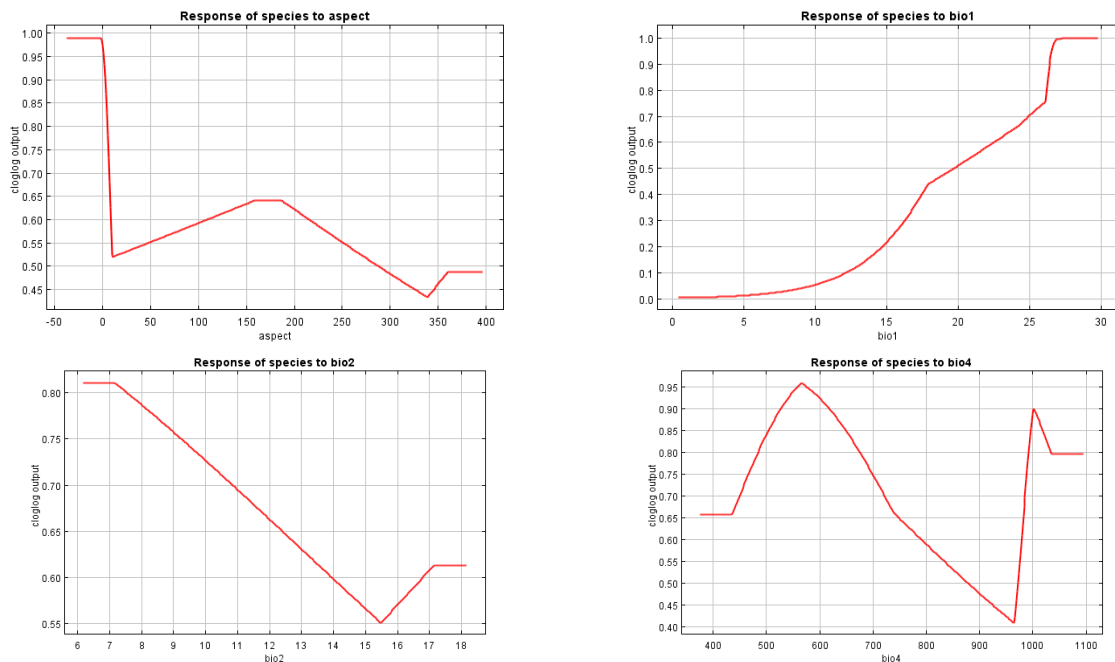


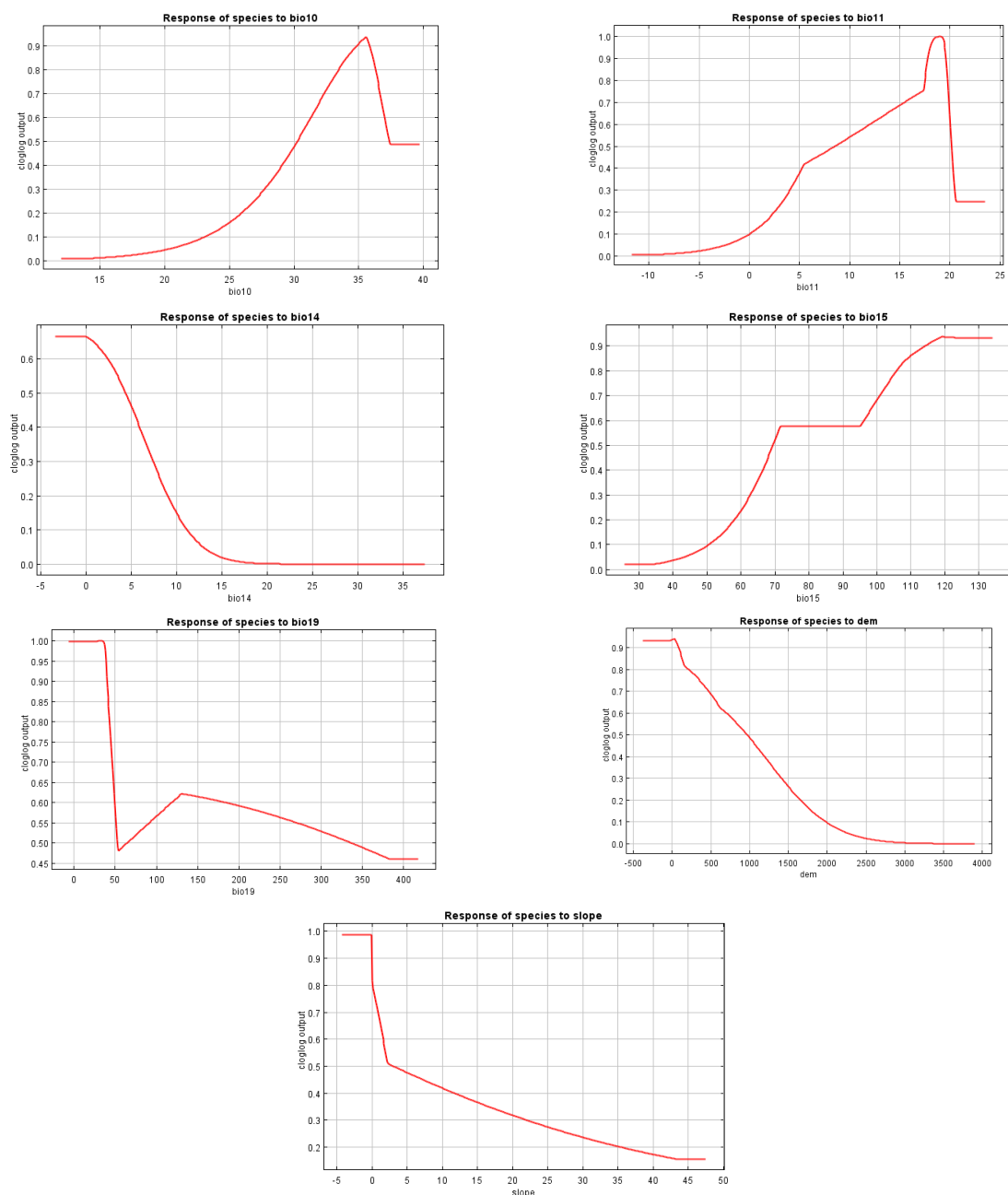


شکل ۸- نمایش رفتار ۱۳ متغیر محیطی در صورت ثابت بودن سایر متغیرها

هم به وابستگی‌هایی که به واسطه همبستگی بین متغیر انتخاب شده و سایر متغیرها ایجاد شده‌اند، نشان می‌دهند. اگر بین متغیرها همبستگی‌های قوی وجود داشته باشد، تفسیر این نمودارها ممکن است آسان‌تر باشد (وارسته مرادی، ۱۳۹۲).

بر خلاف منحنی‌های پاسخ حاشیه‌ای فوق، هر یک از منحنی‌های زیر (شکل ۹) نمایانگر یک مدل متفاوت هستند، به عبارتی، یک مدل Maxent که تنها با استفاده از متغیر مربوطه ایجاد شده‌است. این نمودارها وابستگی مناسب بودن پیش‌بینی شده را هم به متغیر انتخاب شده و



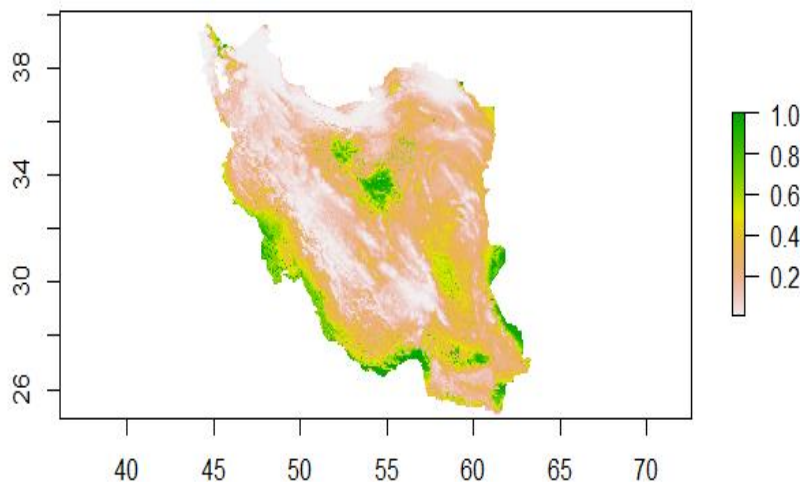


شکل ۹- منحنی مدل‌های مکسنت تحت تاثیر یک متغیر محیطی

برخوردار هستند. مشاهده می‌شود مناطق جنوبی و جنوب‌غربی کشور و همچنین بخشی از فلات مرکزی از مطلوبیت بیشتر برای این گونه برخوردار است (شکل ۱۰).

خروجی مدل

در نهایت با گرفتن خروجی، مشخص شد مناطق سبز رنگ از مطلوبیت زیستگاهی بیشتری برای گونه‌ی افعی جعفری



شکل ۱۰- نقشه مدل‌سازی زیستگاه افعی جعفری در ایران

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به تهدیدات موجود مانند تغییرات اقلیمی، تخریب زیستگاه و فعالیت‌های انسانی، شناخت و حفاظت از زیستگاه‌های مناسب برای افعی جعفری اهمیت ویژه‌ای دارد. این پژوهش می‌تواند به‌عنوان مبنایی برای برنامه‌ریزی‌های حفاظتی و مدیریتی در راستای حفظ این گونه و اکوسیستم‌های مرتبط با آن مورد استفاده قرار گیرد. در نهایت، پیشنهاد می‌شود که مطالعات بیشتری در زمینه تأثیرات تغییرات اقلیمی بر توزیع گونه‌های مختلف و همچنین ارزیابی زیستگاه‌های جدید بالقوه برای افعی جعفری و سایر گونه‌های مشابه انجام شود. این اطلاعات می‌توانند به تصمیم‌گیری‌های آگاهانه‌تر در زمینه حفاظت از تنوع زیستی و مدیریت پایدار منابع طبیعی کمک کنند.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله مراتب قدردانی و سپاس خود را از جناب دکتر محمد کابلی، استاد فرهیخته و گران‌قدر دانشگاه تهران، به‌دلیل راهنمایی‌های ارزنده و حمایت‌های بی‌دریغ علمی ایشان در تمامی مراحل انجام این پژوهش ابراز می‌دارم. بی‌تردید راهنمایی‌های دلسوزانه و نظرات دقیق و سازنده ایشان نقش به‌سزایی در ارتقای کیفیت این مقاله داشته است.

نتایج این پژوهش به وضوح نشان داد که افعی جعفری (*Echis carinatus*) به‌عنوان یک گونه کلیدی در اکوسیستم‌های خشک و نیمه‌خشک ایران، تحت تأثیر عوامل محیطی مختلف قرار دارد. با استفاده از مدل مکسنت، مناطق با مطلوبیت زیستگاهی بالا برای این گونه را شناسایی شدند که این امر می‌تواند به مدیریت و حفاظت از این گونه کمک کند.

مدل‌سازی نشان داد که متغیرهای دما، بارش و ارتفاع به‌ویژه دارای تأثیرات معناداری بر توزیع افعی جعفری هستند. به‌طور خاص، متغیر دما (bio1) و بارش در سردترین فصل (bio11) به‌عنوان عوامل کلیدی شناسایی شدند که تأثیر قابل‌توجهی بر مطلوبیت زیستگاه این گونه دارند.

نقشه‌های حاصل از مدل‌سازی نشان می‌دهند که مناطق جنوبی و جنوب‌غربی ایران و همچنین بخشی از فلات مرکزی از مطلوبیت بیشتری برای افعی جعفری برخوردار هستند. این مناطق نه تنها به‌دلیل شرایط اقلیمی مناسب، بلکه به‌خاطر وجود منابع غذایی و زیستگاهی متنوع، می‌توانند به‌عنوان زیستگاه‌های اصلی این گونه در نظر گرفته شوند.

منابع

- Daniels JC (2002). The Book of Indian Reptiles and Amphibians. Mumbai: Bombay Natural History Society & Oxford University Press. 252 pp.
- Del Río, S., Canas, R., Cano, E., Cano-Ortiz, A., Musarella, C., Pinto-Gomes, C., Penas, A., 2021. Modeling the impacts of climate change on habitat suitability and vulnerability in deciduous forests in Spain. Ecological Indicators 131, 108202.
- Elith, J., Phillips, S. J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y. E., & Yates, C. J. (2011). A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. Diversity and distributions, 17(1), 43-57.
- Fan, Z. F., Zhou, B. J., Ma, C. L., Gao, C., Han, D. N., & Chai, Y. (2022). Impacts of climate change on species distribution patterns of *Polyspora sweet* in China. Ecology and Evolution, 12(12), e9516.
- Guisan, A., & Thuiller, W. (2005). Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. Ecology letters, 8(9), 993-1009.
- IUCN Red List. (2016). "*Echis carinatus*." Retrieved from IUCN Red List.
- McDiarmid, R.W., Campbell, J.A., & Touré, T.A. (1999). Snake Species of the World: A Taxonomic and Geographic Reference, Volume 1. Washington, District of Columbia: Herpetologists' League. 511 pp.
- Phillips, S. J., Anderson, R. P., & Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecological modelling, 190(3-4), 231-259.
- Yousefi, M., Ahmadi, M., Nourani, E., Behrooz, R., Rajabizadeh, M., Geniez, P., & Kaboli, M. (2015). Upward altitudinal shifts in habitat suitability of mountain vipers since the last glacial maximum. PloS one, 10(9), e0138087.
- حیدرپور، ا. ر.، اشرف‌زاده، م. ر. و زمانی احمد محمودی، ر. (۱۴۰۰). مدل‌سازی زیستگاه‌های مطلوب و توصیه‌های حفاظتی برای مار آبی چلیپر (*Natrix tessellata*, Colubridae) در استان چهارمحال و بختیاری. محیط زیست جانوری، ۱۳(۲)، تابستان، ۱-۱۴.
- علی طاولی، ع. و کابلی، م. (۱۴۰۳). مدل‌سازی زیستگاه کبرای سیاه (*Walterinnesia morgani*) در ایران؛ تعیین پراکنش بالقوه کنونی و آتی گونه تحت شرایط زیستگاهی و تغییرات اقلیمی. نشریه محیط زیست طبیعی، ۷۷(۲)، ۱-۱۴.
- موسسه آموزش و تحقیقات جهانگردی طبیعت. (بی‌تا). گونه مار جعفری Saw-scaled Viper. قابل مشاهده در: <https://www.tabiat.ir/>
- مؤسسه آموزش و تحقیقات جهانگردی طبیعت. گونه مار جعفری (*Echis carinatus**) بازیابی‌شده در ۷ فروردین ۱۴۰۴، از <https://www.tabiat.ir/page/11768/> گونه-مار-جعفری
- وارسته مرادی، ح. (۱۳۹۲). مدل‌سازی زیستگاه کفچه مار (*Naja naja oxiana*) در پارک ملی گلستان. نشریه پژوهش‌های محیط زیست، ۸، پاییز و زمستان، ۱-۱۴.
- یوسفی، م.، حسینیان یوسفخانی، س. س.، کفاش، ا.، رجبی‌زاده، م.، مرادپور، م. و رستگار پویانی، ا. (۱۴۰۲). مدل‌سازی خطر گزش افعی جعفری (*Echis carinatus*) تحت اقلیم حاضر و آینده در ایران. فصلنامه زیست‌شناسی جانوری تجربی، ۱۲(۱)، ۶۷-۷۵.
- Ahmadi, M., Hemami, M. R., Kaboli, M., & Shabani, F. (2023). MaxEnt brings comparable results when the input data are being completed; Model parameterization of four species distribution models. Ecology and Evolution, 13(2), e9827.



Modeling the Potential Habitat of the Horned Viper (*Echis carinatus*) in Iran under Climate Change Impacts

Saba Shokrollahi

Bachelor student of Environmental Science and Engineering, Department of Natural Environment, Faculty of Natural Resources, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Author's E-mail: saba.shokrollahi@ut.ac.ir

Abstract

Echis carinatus, commonly known as the saw-scaled viper, is one of the most significant members of the Viperidae family in the arid and semi-arid regions of Iran. Due to its ecological role, predatory behavior, and wide distribution, it has drawn considerable attention. This study aimed to evaluate the potential habitat of this species using the MaxEnt (Maximum Entropy) model. Occurrence records along with 19 environmental variables were collected, and through principal component analysis, eight key variables were selected. The modeling results indicated that temperature, precipitation, and elevation are the most influential factors affecting the distribution of *E. carinatus*. The model's performance, with an AUC value of 0.882, suggests high predictive accuracy. The generated habitat suitability maps identified southern, southwestern, and parts of central Iran—particularly the provinces of Kerman, Fars, and Bushehr—as having more favorable habitats. These findings can contribute to more effective management and conservation planning, especially in the face of climate change and habitat degradation. Utilizing MaxEnt as a powerful modeling tool enables more accurate predictions of species distribution and supports biodiversity conservation efforts in vulnerable regions of Iran.

Keywords: Horned viper, MaxEnt model, habitat suitability, climate change, Middle Eastern ecosystems



استان چهارمحال و بختیاری، ایران، پاییز ۱۳۹۹، عکاس: نجمه بنی طالبی

نقش زنان در توسعه پایدار

شیرین حاتمی فر^۱، افشین دانه کار^{۲*}

۱- دانشجوی دکتری، گروه جمعیت‌شناسی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۲- استاد، گروه محیط‌زیست طبیعی، دانشکده منابع طبیعی، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

* رایانامه نویسنده مسئول: danehkar@ut.ac.ir

چکیده

مشکلات محیط‌زیستی به یکی از نگرانی‌های جدی تمامی انسان‌های روی کره زمین تبدیل شده‌است. امروزه توسعه پایدار، در بسیاری از برنامه‌ریزی‌های اقتصادی، اجتماعی و سیاسی به عنوان یکی از مفاهیم کلیدی مطرح است. اصطلاح "توسعه" معطوف به ارتقای سطح و کیفیت زندگی افراد و بهبود رفاه جامعه است و "پایداری" آن اشاره به استمرار این فرآیند در طول نسل‌های بشر دارد. توسعه فرهنگ حفاظت از محیط‌زیست وظیفه دولت است و نیازمند مشارکت همه اقشار جامعه، از جمله مردان، جوانان، کودکان و مهم‌تر از همه زنان است. روش مطالعه حاضر، کتابخانه‌ای است و نشان می‌دهد زنان در صورت توانمندسازی می‌توانند نقش مهمی در حفاظت از محیط‌زیست ایفا نمایند. مشکلات محیط‌زیستی در فرهنگ ریشه دارد و حل این مشکلات نیازمند تغییر فرهنگ افراد است. همچنین لازم است شبکه پیچیده روابط و ساختارهای قدرت ایجادکننده آن شناخته شود و با مشارکت آحاد مردم، حاکمیت و سایر سازمان‌های مردم‌نهاد در جهت بهبود حال زمین اقدام شود.

کلیدواژه‌ها: مشکلات محیط‌زیستی، توسعه پایدار، اکوفمنیسم

مقدمه

مشکلات محیط‌زیستی به یکی از نگرانی‌های جدی تمامی انسان‌های روی کره زمین تبدیل شده‌است. در سطح جهانی، تقریباً نیمی از جمعیت انسانی به‌طور مستقیم برای معیشت خود به منابع طبیعی وابسته‌اند و بسیاری از افراد آسیب‌پذیر برای تأمین نیازهای روزمره خود به تنوع‌زیستی متکی هستند (Sharrock, 2018). شرایط محیط‌زیست و اکوسیستم‌ها در معرض خطرات جدی قرار گرفته‌است؛ آلودگی آب، هوا، فرسایش خاک، بیابان‌زایی و افزایش پسماندهای غیرقابل‌باز یافت از جمله نگرانی‌هایی هستند که به گوش همه آشناست. سازمان بهداشت جهانی (WHO, 2016) تخمین زده‌است که بین سال‌های ۲۰۳۰ و ۲۰۵۰ میلادی، تغییرات اقلیمی ممکن است باعث حدود ۲۵۰ هزار مرگ اضافی در سال شود که ناشی از سوءتغذیه، اسهال و تنش‌های حرارتی خواهد بود (Abun & Racoma, 2017). همچنین هم‌اکنون آلودگی هوا مسئول مرگ شش‌ونیم میلیون نفر در جهان است (مجبایی، ۱۳۹۶).

امروزه توسعه پایدار، در بسیاری از برنامه‌ریزی‌های اقتصادی، اجتماعی و سیاسی به‌عنوان یکی از موضوعات کلیدی مورد توجه قرار می‌گیرد. توسعه پایدار، توسعه‌ای است که نیازهای نسل‌های کنونی را بدون خدشه‌دار کردن توانایی نسل‌های آینده در تأمین احتیاجاتشان برآورده کند (مجبایی، ۱۳۹۶). فرهنگ، عامل اصلی و به‌عنوان موتور توسعه پایدار و حفاظت از محیط‌زیست تعریف می‌شود. بهبودهای محیط‌زیستی زمانی محقق می‌شود که محیط-زیست طبیعی و فرهنگ انسانی به‌هم متصل شوند (ازدری، ۱۳۸۲ به نقل از koohi et al., 2016). توسعه فرهنگ حفاظت از محیط‌زیست و اکولوژی وظیفه دولت و نیازمند مشارکت همه اقشار جامعه است و مهم‌تر از همه نیاز به توجه زنان دارد. انتشار فرهنگ محیط‌زیستی در هر جامعه‌ای می‌تواند توسط زنان در جامعه انجام شود؛ زیرا

شخصیت فردی جمعیت از مادران آغاز می‌شود (koohi et al., 2016).

Kaiser و همکاران معتقدند افرادی که دانش و آگاهی بیشتری در مورد مسائل محیط‌زیستی دارند به محیط‌زیست و مسائل آن نیز حساس‌تر می‌شوند و رفتار مسئولانه‌ای در قبال محیط‌زیست در پیش می‌گیرند (Kaiser et al., 1999). بنابراین در ابتدا لازم است آگاهی همگانی در خصوص مشکلات محیط‌زیستی و بحران‌های پیش‌رو را ارتقاء داد.

بسیاری از فعالیت‌ها و برنامه‌ها توسط دولت‌ها و سازمان‌های غیردولتی برای مقابله با تغییرات اقلیمی و گرمایش جهانی آغاز یا معرفی شده‌اند تا از وخامت بیشتر وضعیت جلوگیری کنند اما در کشورهای درحال توسعه، اهمیت کاهش مشکلات اقلیمی چندان محسوس نیست (Kaiser et al., 1999).

نظر به اینکه کشور ایران نیز با مشکلات محیط‌زیستی متعددی روبروست، در ابتدا بایستی زنان از مشکلات و معضلات موجود آگاه و توانمند شوند آن‌گاه توانایی انتقال اطلاعات موجود به سایر اعضای جامعه را خواهند داشت که خود، گامی مؤثر خواهد بود. البته نبایستی فقط از زنان انتظار رود که در بحران‌های محیط‌زیستی نقش ایفا کنند و سپس به حاشیه رانده شوند؛ لازم است مشارکت آنان در کنار سایر اعضای جامعه به‌طور پیوسته مد نظر قرار گیرد.

مبانی نظری

زنان به‌عنوان عامل اصلی مدیریت و اصلاح فرهنگ، انتقال‌دهنده دانش و رشد آموزش محیط‌زیست و عامل انتقال میراث اخلاقی و ادراک محیط‌زیستی شناخته می‌شوند. اکوفمینیسم در غرب محصول جنبش‌های صلح، فمینیستی و محیط‌زیستی اواخر دهه ۱۹۷۰ و اوایل دهه

اکولوژی یک مسئله فمینیستی است، در مورد ماهیت و مطلوبیت «اکوفمینیسم» اختلاف نظر دارند. از این رو، همان طور که انواع مختلفی از فمینیسم وجود دارد، انواع مختلفی از اکوفمینیسم نیز وجود دارد. اکوفمینیسم براساس ادعاهای اساسی خاصی پایه‌ریزی شده‌است که به وجود ارتباطات مهم بین ستم به زنان و ستم به طبیعت اشاره می‌کند. درک ماهیت این ارتباطات برای درک ستم به زنان و طبیعت ضروری است و در نهایت، هر نظریه فمینیستی باید شامل دیدگاه اکولوژیک باشد و بالعکس (Warren, 1987; Rao, 2012). به گفته اکوفمینیست‌ها، انسان نباید سعی در کنترل طبیعت داشته باشد، بلکه باید با آن همکاری و تلاش کند تا از روابط مبتنی بر قدرت فراتر رود. اکوفمینیست‌ها بر این نکته نیز تأکید دارند که باید به فرآیند اهمیت داد، نه فقط به هدف. برای تغییر ماهیت پدرسالارانه‌ی سیستم، باید قدرت و انرژی از پدرسالاری گرفته شود (Gaard, 1993). نظریه اکوفمینیستی، پیوندهای میان توسعه و جنسیت را به وضوح نشان داده است. این نظریه بر این واقعیت تأکید کرده‌است که خشونت علیه طبیعت و علیه زنان در مدل غالب توسعه، نهاده‌ی شده‌است (Rao, 2012). در دهه ۱۹۶۰، جنبش فمینیستی خواستار برابری زنان در محل کار و تحصیل به عنوان روشی برای دستیابی به یک زندگی رضایت‌بخش بود. تقریباً در همان زمان، کتاب راشل کارسون^۳، بهار خاموش (۱۹۶۲)، توجه را بر تأثیرات آلودگی بر جهان انسانی و غیرانسانی متمرکز کرد و مسئله زندگی روی زمین را به یک موضوع عمومی تبدیل کرد (Rao, 2012).

زنان در محیط‌زیست و توسعه پایدار

توجه به نقش زنان در فرایند توسعه از اوایل دهه هفتاد میلادی، ناشی از دو واقعیت مهم عدم تحقق کلی نظریات

۱۹۸۰ بود. اصطلاح «اکوفمینیسم» توسط نویسنده فرانسوی فرانسواز دوبون^۱ در سال ۱۹۷۴ ابداع شد. این مفهوم توسط اینسترا کینگ^۲ در حدود سال ۱۹۷۶ گسترش یافت و در سال ۱۹۸۰، با برگزاری اولین کنفرانس اکوفمینیستی «زنان و حیات در زمین: اکوفمینیسم در دهه ۸۰» در آمهرست، ماساچوست، آمریکا به یک جنبش تبدیل شد (Rao, 2012).

اکوفمینیسم با ارائه دیدگاهی متفاوت نسبت به حقوق زنان و آسیب‌های محیط‌زیستی، استدلال می‌کند که زنان به طور ویژه برای مقابله با تخریب محیط‌زیست مناسب هستند (Li et al., 2024).

نظریه اکوفمینیسم (بوم فمینیسم) میان سرکوب زنان و تخریب منابع طبیعی شباهت‌هایی قائل است. براساس این نظریه، باورها و سنت‌های پدرسالارانه‌ای که تمدن‌ها را پایه‌گذاری کرده‌اند، دیدگاه ما نسبت به طبیعت را نیز تحت تأثیر قرار داده‌اند (Murphy, 2022 به نقل از Li et al., 2024).

آثار اخیر فمینیست‌هایی چون Griffin (۱۹۷۸) و Daly (۱۹۷۸)، Merchant (۱۹۸۰)، King (۱۹۸۱)، Salleh (۱۹۸۴)، Warren (۱۹۸۷ و ۱۹۹۰)، Plumwood (۱۹۹۳) و دیگران، این نکته را برجسته می‌کنند که اکولوژی یک مسئله فمینیستی است. ارتباط بین ستم به زنان و ستم به طبیعت، برای درک «چرا محیط‌زیست یک مسئله فمینیستی است» و همچنین «چرا مسائل فمینیستی را می‌توان از منظر نگرانی‌های محیط‌زیستی مورد بررسی قرار داد» (Gaard, 1993) برجسته می‌کند. با این حال، در مورد ماهیت این ارتباطات و اینکه آیا آن‌ها «بالقوه رهایی‌بخش هستند یا صرفاً توجیهی برای تداوم تبعیض علیه زنان» (King, 1981 به نقل از Rao, 2012) اختلاف نظر وجود دارد. بنابراین، درحالی که بسیاری از فمینیست‌ها موافقت که

1. Francoise d'Eaubonne
2. Ynestra King

3. Rachel Carson

توسعه در بهبود وضعیت کشورهای در حال توسعه و موقعیت نامطلوب اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی زنان در این کشورها بود (روح افزا و اکرامی، ۱۳۸۸). زنان در نیروی کار جهانی با نابرابری‌هایی روبه‌رو هستند که ناشی از محدودیت‌های گوناگون اجتماعی-اقتصادی و فرهنگی از جمله دسترسی محدود به منابع مالی و کمبود امکان جابجایی منابع است. به گزارش بانک جهانی در سال ۲۰۲۱، افغانستان، بنگلادش، اردن و موریتانی تنها نمونه‌هایی از کشورهایی هستند که کمتر از ۵۰ درصد خودمختاری زنان در آن‌ها وجود دارد (Li et al., 2024). زنان می‌توانند نقش مهمی در حفاظت از محیط‌زیست ایفا نمایند. برای هر نقش موثر و تحقق سیاست‌های اجرایی لازم است به توانمندسازی افراد دخیل توجه شود که زنان عاملان مورد تأکید این مطالعه هستند؛ توانمندسازی زنان یکی از اهداف کلان (هدف سوم) سند توسعه هزاره در سال ۲۰۰۰ است (نیای، ۱۳۹۸). بانک جهانی توانمندسازی را به‌عنوان اولین هدف در امر توسعه شناسایی کرده‌است و محوری بخشیدن به جنسیت را به‌عنوان یک اولویت در کمک به توسعه و در فرآیند اجرای یک استراتژی برای رسیدن به چنین تأثیری می‌داند (نجفی کشکولی، ۱۴۰۰).

تعداد زنان در بین نمایندگان مجلس، میزان شرکت زنان در مشاغل قانون‌گذاری، مدیریتی، حرفه‌ای و تکنیکی و توان مالی زنان سه معرفی هستند که شاخص توانمندسازی جنسیتی یک کشور را نشان می‌دهد (روح افزا و اکرامی، ۱۳۸۸). قدرت تصمیم‌گیری بعد مهمی در بحث توانمندسازی است؛ در واقع توانمندسازی فرآیند قدرتمند شدن زنان است و افزایش توان تصمیم‌گیری ذات توانمندسازی به‌شمار می‌آید. برای تحقق این امر مهم زنان بایستی نقش مؤثر در تصمیم‌گیری داشته و با آزادی عمل بتوانند بر منابع اقتصادی کنترل داشته باشند (نجفی کشکولی، ۱۴۰۰).

مفهوم توسعه پایدار که ابعاد محیط‌زیستی، اجتماعی و اقتصادی را در بر می‌گیرد، در گزارش برانتلند^۱ در سال ۱۹۸۷ معرفی شد و سپس با رویدادهای مهمی مانند کنفرانس ریو^۲ در سال ۱۹۹۲ و پروتکل کیوتو^۳ در سال ۱۹۹۷ ادامه یافت (Kostakis et al., 2024).

کمیسون جهانی محیط‌زیست، توسعه پایدار را این‌گونه تعریف کرد: توسعه پایدار فرآیند تغییری است در استفاده از منابع، هدایت سرمایه‌گذاری‌ها، سمت‌گیری توسعه تکنولوژی و تغییر نهادی که با نیازهای حال و آینده سازگار باشد. به کار بردن واژه توسعه پایدار بعد از کنفرانس ریودوژانیرو در سال ۱۹۹۲ که به کنفرانس زمین نیز شهرت دارد، در محافل علمی فراگیر شد و زنان به‌عنوان گروه اصلی در توسعه پایدار شناخته شدند. سال ۱۹۹۴ در برنامه عمل کنفرانس بین‌المللی جمعیت و توسعه در قاهره، استقلال، برابری و تساوی زنان از اصول اساسی برای توسعه پایدار به حساب آمد (نجفی کشکولی، ۱۴۰۰). بنابراین افزایش عدالت اجتماعی و برابری جنسیتی از پیش‌نیازهای توسعه پایدار به‌شمار می‌آیند.

در بحث زنان و محیط‌زیست توجه به ابعاد زیر ضرورت دارد:

در تغییرات اقلیم و بحران‌های محیط‌زیستی زنان نقش کمتری داشته ولی آسیب‌پذیرترند. زنان خود از بهره‌گیران محیط‌زیست هستند. بهره‌گیری نادرست زنان به‌دلیل فقر، تنگدستی و عدم‌آگاهی ممکن است رخ دهد ولی از مشارکت‌کنندگان در امر مدیریت منابع طبیعی و از آموزش‌دهندگان دانش حفظ محیط‌زیست هستند. نقش زنان روستایی در مسائل مربوط به آب و خاک بیشتر است. باین‌حال، زنان به منابع مختلفی مانند حقوق زمین، وام، آموزش و فناوری دسترسی کمتری دارند. اگر زنان همان

1. Brundtland
2. Rio
3. Kyoto

دسترسی به منابع تولیدی را که مردان دارند پیدا کنند، بازدهی مزارع می‌تواند ۲۰ تا ۳۰ درصد افزایش یابد و فشار برای قطع درختان به منظور گسترش زمین‌های کشاورزی – که یکی از بزرگ‌ترین عوامل تغییرات اقلیمی است – را کاهش دهد (United Nations, 2022).

زمانی که مخاطرات اقلیمی مانند سیل، آتش‌سوزی، خشک‌سالی و طوفان رخ می‌دهد، بار مسئولیت زنان افزایش می‌یابد. از آنجا که معمولاً مسئولیت اصلی نگهداری از خانه و اعضای خانواده برعهده زنان است، کودکان، سالمندان، افراد دارای معلولیت و دیگر اعضای جامعه را نجات می‌دهند و مقامات محلی و تیم‌های اضطراری را مطلع می‌سازند. پس از یک رخداد مخاطره‌آمیز طبیعی، زنان معمولاً مسئول مراقبت از بیماران و مجروحان، حمایت از خانواده‌ها و کمک به جوامع در بازسازی و بهبود شرایط هستند. با این وجود، علی‌رغم تأثیر نامتناسب سوانح طبیعی بر زنان و نقش رهبری آن‌ها در بهبود وضعیت پس از سانحه، زنان غالباً از فرآیند شکل‌دهی به سیاست‌ها، استراتژی‌ها و برنامه‌های مربوط به کاهش خطر و افزایش تاب‌آوری کنار گذاشته می‌شوند (United Nations, 2022).

اثرات چالش‌های محیط‌زیستی بر زنان

زنان در آلودگی‌های محیط‌زیستی کمترین نقش و بیشترین آسیب را دارند و وضعیت اضطراری و رو به وخامت اقلیمی نابرابری‌های جنسیتی را دوچندان می‌کند. بحران کمبود آب یکی از معضلات محیط‌زیستی است که کشورهای زیادی با آن روبرو هستند. ولی در کشورهای کمتر توسعه‌یافته، این زنان و کودکان هستند که بار مشقت روزافزون تأمین آب برای خانواده را به دوش می‌کشند. به‌عنوان مثال "آن کارپف" در کتاب خود تحت‌عنوان

"زنان چگونه می‌توانند سیاره ما، زمین را نجات می‌دهند؟" آورده‌است مسئولیت تأمین آب روزانه معادل ۲۰۰ میلیون ساعت در روز برای زنان و کودکان در سراسر جهان زمان بر و تغییرات اقلیمی این کار را سخت‌تر کرده است. در ادامه کارپف اشاره می‌کند که این وضعیت علاوه‌بر مشکلات جسمی ناشی از حمل بار سنگین برای زنان خطرات مربوط به تجاوزات جنسی را نیز به همراه دارد، چون زنان ناچارند در تاریکی و صبح خیلی زود برای تأمین آب راهی شوند. آلودگی هوای داخل خانه باعث مرگ زودرس ۳/۸ میلیون نفر در سال می‌شود؛ زنان بیشتر از مردان در معرض آلودگی هوای داخل منازل هستند. آن‌ها هنگام تهیه غذا در اتاق‌های کوچک و با تهویه ضعیف دود ناشی از سوزاندن هیزم، زغال‌سنگ، زغال چوب، سرگین حیوانات و نفت چراغ را تنفس می‌کنند (کارپف، ۱۴۰۳).

گرمایش جهانی آسیب‌های بیشتری به زنان در نقش تأمین‌کنندگان سوخت وارد می‌کند. در جنوب آسیا زنان ممکن است در هفته ۲۰ ساعت را صرف تأمین سوخت کنند. از طرفی سوخت‌های زیستی باعث جنگل‌زدایی بیشتر شده که خود بحران اقلیم را تشدید می‌کند. همچنین در سوانح طبیعی چون سیل و خشک‌سالی زنان بیشتر از مردان جان خود را از دست می‌دهند. نزدیک دوسوم افرادی که در موج گرمای شدید اروپا در سال ۲۰۰۳ جان خود را از دست دادند زن بودند و عواقب بعد از آن (مانند قاچاق جنسی) نیز بر زنان بیشتر اثرگذار است (کارپف، ۱۴۰۳).

در چند سال اخیر آتش‌سوزی‌های جنگلی به‌طرز چشمگیری بیشتر و شدیدتر شده‌اند. تغییرات اقلیمی حداقل ۳۰ درصد این احتمال را افزایش می‌دهد. قرار گرفتن طولانی‌مدت در معرض دود آتش، خطرات عوارض بارداری از جمله فشارخون بالا، دیابت بارداری، وزن کم نوزاد هنگام تولد و زایمان زودرس را افزایش می‌دهد. به‌علاوه می‌تواند با رشد و عملکرد جفت تداخل پیدا کند و خطر فلج مغزی یا اختلالات بینایی یا شنوایی جنین را افزایش دهد

(کارپف، ۱۴۰۳). زنان وظیفه نظافت اصطبل، انتقال فضولات، تیمار دام، تغذیه دام، شیردوشی، تهیه فرآورده‌های دامی و تهیه مواد سوختی از فضولات دام را به عهده دارند و سم‌پاشی اصطبل‌ها برای زنان خالی از خطر نیست (لاهیجانیان و وسکویی، ۱۳۹۵).

تغییرات اقلیمی خود یکی از علل مهاجرت است و به علت شرایط نامساعد زندگی، توسعه فقر و فقدان مواد غذایی کافی، حدود ۳۰۰ میلیون نفر از مردم جهان را مجبور به مهاجرت خواهد نمود (فتحی و موسوی، ۱۳۹۶). در مهاجرت، زنان بیشتر از مردان در معرض انواع آسیب‌ها و خشونت‌ها هستند (کارپف، ۱۴۰۳).

مهمترین نقش زنان در حفظ محیط زیست

زنان کارگر از آغاز زندگی بشر، رابطه نزدیکی با طبیعت داشته‌اند و با جمع‌آوری دانه، ریشه و محصولات کشاورزی برای تغذیه خانواده و جامعه، تجربه زیادی در زمینه مدیریت منابع طبیعی کسب کردند. اعتقاد بر این است که زنان بیشتر با طبیعت و اسرار آن در ارتباط هستند و توانسته‌اند این تجربیات را به نسل‌های آینده به شکلی کامل‌تر منتقل کنند (رحمان سرشت، ۱۳۸۳ به نقل از Koohi et al., 2016). زنان عامل اصلی اصلاح فرهنگ مصرف، برنامه‌ریزان اصلاح محیط زیست در خانه، عامل اصلی انتقال فرهنگ و سواد محیط‌زیستی به نسل‌های آینده بوده‌اند. زنان عامل انتقال میراث معنوی و دانش سنتی محیطی هستند که باید از نو کشف و مورد بهره‌برداری مناسب قرار گیرند. نسلی که در دامن مادران تحصیل کرده و متعهد نسبت به سلامت جامعه و محیط زیست همشهریان بزرگ می‌شود، نسلی مسئول در قبال محیط زیست خواهد بود (شلمزاری و سعادت، ۱۳۸۸).

در اثر تغییر اقلیم و گرم شدن زمین، باران‌ها اکثراً به صورت رگبار و توأم با سیل هستند. تناوب دوره خشک‌سالی در

بیشتر مناطق از جمله آفریقا، خاورمیانه و ایران گسترش می‌یابد و در نتیجه سبب بحران آب خواهد شد (فتحی و موسوی، ۱۳۹۶). پس اولین قدم، پیشگیری از آلودگی آب‌ها است. آموزش استفاده صحیح به کودکان، استفاده منطقی و کاهش مصرف شوینده‌ها از آلودگی آب‌های زیرزمینی می‌کاهد (شلمزاری و سعادت، ۱۳۸۸). از آنجاکه یکی از معضلات محیط‌زیست تولید زباله است و براساس گزارش چشم‌انداز جهانی مدیریت پسماند ۲۰۲۴ که توسط برنامه محیط‌زیست سازمان ملل متحد (UNEP¹) تهیه شده‌است، تولید زباله‌های جامد شهری تا سال ۲۰۵۰ به ۳/۸ میلیارد تن در سال خواهد رسید و اگر مشکلات مدیریت پسماند به سرعت حل نشوند، هزینه‌های مرتبط با آن می‌تواند تا سال ۲۰۵۰ تقریباً سه برابر شود (United Nations Environment Programme, 2024). زنان می‌توانند با آموزش استفاده از وسایل قابل‌بازافت یا چند بار مصرف در خانواده، همسایگان، دوستان و یا سایر افراد فامیل در کاهش تولید زباله مؤثر باشند.

زنان در تخریب محیط‌زیست نیز سهم دارند که علت عمده آن در کشورهای در حال توسعه، فقر و تلاش برای بقا از هر طریق و بهره‌کشی زیاد از منابع طبیعی در دسترس است. زنان بیش از ۶۰ درصد افرادی را که زیر خط فقر هستند، شامل می‌شوند (اکبری، ۱۳۹۱). مشکلاتی که بر اثر مصرف نادرست سوخت‌های حیوانی، سم، کود شیمیایی و آبیاری ناصحیح پیش می‌آید با آموزش صحیح زنان روستایی می‌تواند به حداقل کاهش یابد.

نتیجه‌گیری

از آنجاکه مشکل محیط‌زیستی در فرهنگ ریشه دارد، حل این مشکل نیازمند تغییر فرهنگ یا طرز فکر افراد است. تغییر فرهنگ به معنای تغییر باورها، دیدگاه‌ها، ارزش‌ها و

توسعه پایدار، باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان، ۱-۱۰.

فتحی، ج. و موسوی، ا. (۱۳۹۶). ارزیابی نشر و تولید گازهای گلخانه‌ای در ایران و جهان و تاثیر آن بر گرمایش جهانی و محیط زیست. کنفرانس بین‌المللی کارشناسان HSE صنایع نفت، گاز پتروشیمی، فولاد و سیمان و پروژه های عمرانی، شیراز.

کارف، آ. (۱۴۰۳). چگونه زنان سیاره ما، زمین را نجات می‌دهند، (ترجمه پردیس گودرزیان). انتشارات علمی پژوهشی ایران آکادمیا، تهران، ۲۳۶ ص.

لاهیجانیان، ا.ا. و وسکویی، ن. (۱۳۹۵). بررسی توانمندی زنان روستایی در حفظ محیط‌زیست. علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۸(۴)، ۱۷۵-۱۶۳.

مجبایی، س. م. (۱۳۹۶). گزارش وضعیت محیط زیست ایران و جهان و تشریح عملکردها. مرکز تحقیقات استراتژیک. ۶۷ ص.

نجفی کشکولی، س. (۱۴۰۰). نقش زنان در دستیابی و حفاظت محیط زیست. فصلنامه بین‌المللی قانون یار، ۵ (۱۷)، ۱۰۴۴ - ۱۰۲۹.

نیایی، ا. (۱۳۹۸). نقش زنان و توانمندسازی آنان در توسعه پایدار زیست‌محیطی. مطالعات علوم محیط‌زیست، ۴(۲)، ۱۳۳۹ - ۱۳۲۸.

Abun, D., & Racoma, A. (2017). Environmental Attitude and Environmental Behavior of Catholic Colleges' Employees in Ilocos Sur, Philippines. *Texila International Journal of Academic Research* 4 (1): 23-52. ff10.21522/tijar.2014.04.01. art003ff. ffhal-02330424f [Filipenco, D. \(2024\). World waste: statistics by country and brief facts. https://www.developmentaid.org/news-stream/post/158158/world-waste-statistics-by-country](https://www.developmentaid.org/news-stream/post/158158/world-waste-statistics-by-country)

ادراک مردم است و تنها پس از آن می‌توان نگرش آن‌ها را نسبت به محیط‌زیست یا طبیعت تغییر داد. بنابراین، ضروری است که دیدگاه‌های جدیدی درباره محیط‌زیست معرفی شود که مردم آن‌ها را بپذیرند تا جایگزین دیدگاه‌های قدیمی درباره محیط‌زیست شود. زنان با توجه به نقشی که در عرصه‌های گوناگون دارند، قادر به تاثیرگذاری بسیار بر محیط‌زیست هستند. در بسیاری از نقاط دنیا به‌ویژه نقاط روستایی، زنان از مهم‌ترین نیروهای درگیر در امر کشاورزی و در نتیجه ارتباط مستقیم با محیط‌زیست هستند. بنابراین براساس نقش زنان شهری و روستایی می‌توان برای توانمندسازی آنان گام‌های موثری برداشت که فقط در صورت آموزش و توانمندسازی آنان می‌توان از مدیریت بهینه زنان در کاهش بحران‌های محیط‌زیستی بهره برد. از سویی دیگر خود زنان قربانیان تغییرات محیط‌زیستی هستند و این درست نیست وقتی خود کمترین نقش در ایجاد این بحران‌ها را داشته‌اند، بار رفع این مشکل را به تنهایی بر دوش آنان انداخت.

منابع

اژدری، ا. (۱۳۸۲). توسعه فرهنگی و محیط زیست، علوم و مهندسی محیط زیست، ۳۹(۳): ۲۷.

اکبری، ح. (۱۳۹۱). نقش زنان در توسعه پایدار محیط زیست. زن در توسعه و سیاست، ۱۰(۴)، ۵۶-۳۷.

رحمان سرشت، ح. (۱۳۸۳). مدیریت استراتژیک، تهران: انتشارات فن و هنر، ۴۸۳.

روح افزا، ف. و اکرامی، ع. (۱۳۸۸). ضرورت توجه به اهمیت نقش زنان در راستای اهداف توسعه پایدار، فرهنگ، تابستان، (۷۰)، ۱۹۴ - ۱۶۹.

شلمزاری، ن. و سعادت، ن. (۱۳۸۸). نقش محوری زنان، ابزاری برای حفاظت از محیط زیست در جهت نیل به اهداف توسعه پایدار. همایش ملی انسان، محیط زیست و

- Rao, M. (2012). Ecofeminism at the Crossroads in India: A Review, DEP n. 20/, Available Electronically At: www.unive.it/media/allegato/dep/n202012/Ricerche/Casi/11_Rao_Ecofeminism.pdf
- Salleh A. K. (1984). Deeper than Deep Ecology: The Ecofeminist Connection, in "Environmental Ethics", 3, pp. 339-345.
- Sharrock, S. (2018). Botanic Gardens and the 2030 Sustainable Development Agenda. BG journal, 15(1), 14-17.
- United Nations Environment Programme. (2024). Global Waste Management Outlook 2024: Beyond an Age of Waste – Turning Rubbish into a resource. Nairobi.
- United Nations. (2022). Climate Action. Why women are key to climate action. <https://www.un.org/en/climatechange/science/climate-issues/women>
- Warren K. (1987). Feminism and Ecology: Making Connections, in "Environmental Ethics", 9, pp. 3-20.
- Warren K. (1990). The Power and Promise of Ecological Feminism, in "Environmental Ethics", 12, pp. 125-146.
- WHO. (2016). Climate Change and Health, Fact Sheets. Retrieved from <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs266/en/>.
- Daly M. (1978). Gyn/Ecology: The Meta Ethics of Radical Feminism, Beacon Press, Boston.
- Gaard G. (1993) (ed.), Ecofeminism: Women, Animals and Nature, Temple University Press, Philadelphia.
- Griffin S. (1978). Women and Nature: The Roaring Inside Her, Harper and Row, New York.
- Kaiser, F. G., Wolfing, S, & Fuhrer, U. (1999). "Environmental attitude and ecological behavior". Journal of Environmental psychology. 19, pp 1-19.
- King Y. (1981). Feminism and the Revolt of Nature, in "Heresis", 13, Feminism and Ecology, 4.
- Koohi, E., Shobeiri, S. M., Koohi, E., & Meiboudi, H. (2016). Women's participation in Environmental Management and Development Promotion Culture. International Journal of Resistive Economics, 4(1), 23-35.
- Kostakis, I., Angeletopoulou, P, & Polyzou, E. (2024). Women in parliaments: Can they enhance environmental sustainability in the EU? Cleaner Production Letters, 7, 100065.
- Li, J., Li, J., Nassani, A.A., Naseem, I., & Zaman, K. (2024). The impact of women's empowerment and access to finance on greenhouse gas emissions: A framework for securing environmental tranquility. Borsa Istanbul Review, 24(2): 341-351, ISSN 2214-8450
- Merchant C. (1980). The Death of Nature: Women, Ecology and the Scientific Revolution, Harper and Row, San Francisco.
- Murphy, P. D. (2022). Ecofeminism and literature. In The Routledge handbook of ecofeminism and literature (pp. 1-14). Routledge
- Plumwood V. (1993). Feminism and the Mastery of Nature, Routledge, London.



The Role of Women in Sustainable Development

Shirin Hatamifar¹, Afshin Danekar^{2*}

1- PhD student of demography, University of Tehran, Tehran, Iran

2- Professor, Department of Natural Environment, Faculty of Natural Resources, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

*Corresponding Author's E-mail: danekar@ut.ac.ir

Abstract

Environmental problems have become a serious concern for all people on Earth. Today, sustainable development is considered a key concept in many economic, social, and political planning. The term "development" refers to improving the level and quality of life for individuals and enhancing the welfare of society, while "sustainability" refers to the continuation of this process across generations. Developing a culture of environmental conservation is the responsibility of the government and requires the participation of all segments of society, including men, youth, children, and most importantly, women. The research method is library-based. Women, if empowered, can play a significant role in environmental conservation. Environmental problems are rooted in culture; solving these problems requires changing people's culture. It is also necessary to understand the complex network of relationships and power structures that create these problems, and to take action to improve the state of the Earth with the participation of all people, the government, and other non-governmental organizations.

Keywords: Environmental Issues, Sustainable Development, Ecofeminism



معرفی نرم افزار Bottleneck

المیرا میرزایی

دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و مهندسی محیط زیست، گرایش مدیریت و حفاظت از تنوع زیستی، گروه محیط زیست طبیعی، دانشکده منابع طبیعی، دانشکده گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
رایانامه نویسنده: elmira.mirzaee@ut.ac.ir

چکیده

نرم افزار Bottleneck یک ابزار پیشرفته و پرکاربرد در ژنتیک جمعیت است که به پژوهشگران امکان شناسایی و تحلیل گلوگاه های ژنتیکی در تاریخ تکاملی جمعیت ها را می دهد. این نرم افزار داده های ژنتیکی، مانند میکروستلایت ها را پردازش کرده و از روش های آماری مختلفی از جمله تحلیل تعادل هتروزیگوسیتی برای شناسایی کاهش های شدید در اندازه جمعیت و تأثیرات آن بر ساختار ژنتیکی استفاده می کند. Bottleneck نقش مهمی در ارزیابی تنوع ژنتیکی، شناسایی تغییرات جمعیتی، بررسی تأثیر انتخاب طبیعی و مطالعه گونه های در معرض خطر، مهاجر یا تحت استرس محیطی ایفا می کند. علاوه بر این، این نرم افزار با تحلیل الگوهای ژنتیکی در طول زمان، به شناسایی بحران های جمعیتی و پیش بینی خطرات احتمالی انقراض کمک می کند. با ارائه نتایج دقیق و جامع، این نرم افزار از پژوهشگران و متخصصان حفاظت از محیط زیست در طراحی راهبردهای مدیریتی مؤثر و تصمیم گیری های آگاهانه برای حفظ گونه ها پشتیبانی می کند. رابط کاربری ساده، دقت بالا در پردازش داده های پیچیده ژنتیکی و قابلیت تکرارپذیری تحلیل ها، Bottleneck را به ابزاری مهم در زیست شناسی حفاظت و مدیریت تنوع زیستی تبدیل کرده است و نقشی اساسی در حفاظت از اکوسیستم ها، گونه های در معرض خطر و پایداری ژنتیکی در بلندمدت دارد.

کلیدواژه ها: ژنتیک جمعیت، میکروستلایت ها، تعادل هتروزیگوسی، مدیریت تنوع زیستی

مقدمه

استفاده از داده‌های ژنتیکی و تنها از طریق نمونه‌برداری در یک نقطه زمانی، قادر به بازتاب تاریخچه جمعیتی چندین نسل هستند (Puillandre et al., 2008).

کاهش تنوع ژنتیکی در جمعیت‌های کوچک به‌ویژه در جمعیت‌های در معرض خطر، می‌تواند منجر به کاهش توانایی جمعیت برای بقای بلندمدت شود (Hedrick & Miller, 1992). درنهایت، مدیریت و حفاظت از تنوع ژنتیکی، به‌ویژه در جمعیت‌های کوچک و در معرض خطر، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با استفاده از روش‌های ژنتیکی و مدل‌های آماری، می‌توان خطرات ناشی از کاهش تنوع ژنتیکی را پیش‌بینی کرده و تدابیر لازم را برای حفاظت از جمعیت‌ها اتخاذ نمود (Lande, 1994).

معرفی نرم افزار Bottleneck

نرم افزار Bottleneck یک ابزار قدرتمند برای شبیه‌سازی و تحلیل داده‌های ژنتیکی جمعیت‌ها است که به‌ویژه برای شناسایی گلوگاه‌های جمعیتی (Bottlenecks) کاربرد دارد. این نرم افزار به محققان این امکان را می‌دهد که با استفاده از داده‌های فرکانس آلل و با شبیه‌سازی سناریوهای مختلف کاهش اندازه جمعیت، تأثیرات گلوگاه‌های جمعیتی را بر تنوع ژنتیکی و ساختار جمعیت‌ها بررسی کنند. Bottleneck به‌عنوان یک ابزار تحلیل در مطالعات ژنتیک جمعیت، به‌ویژه در زمینه زیست‌شناسی حفاظت و مدیریت منابع ژنتیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Cornuet & Luikart, 1996).

آزمون‌های نرم افزار Bottleneck

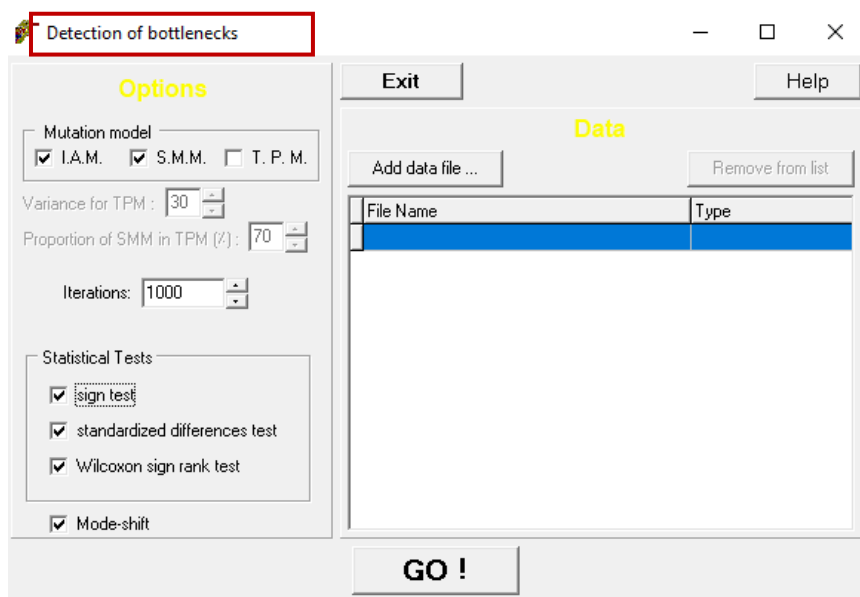
- Sign test: این آزمون برای شناسایی افزایش هموزیگوسیتی (Heterozygosity excess) در جمعیت‌های دچار گلوگاه طراحی شده است. این آزمون با مقایسه Heterozygosity مشاهده شده و Heterozygosity قابل انتظار، قادر است کاهش‌های جمعیتی را شبیه‌سازی کرده و بررسی

تنوع ژنتیکی یکی از ارکان اصلی بقا و سازگاری جمعیت‌ها با تغییرات محیطی است. در دنیای امروز، با توجه به تهدیدات مختلفی همچون تغییرات اقلیمی، آلودگی‌ها و تخریب زیستگاه‌ها، اهمیت حفظ تنوع ژنتیکی بیشتر از هر زمان دیگری احساس می‌شود. این تنوع نه تنها موجب پایداری جمعیت‌ها در برابر تغییرات محیطی می‌شود، بلکه توانایی آن‌ها را برای سازگاری با بیماری‌های جدید و دیگر چالش‌های محیط‌زیستی افزایش می‌دهد (Frankham, 1995).

یکی از مهم‌ترین عواملی که بر تنوع ژنتیکی تأثیر می‌گذارد، اندازه جمعیت است. کاهش اندازه جمعیت می‌تواند خطر انقراض را از طریق فرآیندهایی مانند رانش ژنتیکی¹ و انباشت جهش‌های مضر افزایش دهد. این جهش‌ها می‌توانند تأثیرات منفی بر تناسب جمعیت داشته و در نهایت منجر به انقراض آن‌ها شوند. طبق مدل‌های ریاضی بررسی‌شده، کاهش اندازه جمعیت و تثبیت جهش‌های مضر می‌تواند به سرعت جمعیت را به سوی انقراض سوق دهد، به‌ویژه زمانی که جمعیت‌ها از حد معینی کوچک‌تر شوند (Lande, 1994).

عوامل مختلفی مانند انتخاب طبیعی، رانش ژنتیکی، مهاجرت، سیستم‌های جفت‌گیری، تخریب زیستگاه‌ها و قرار گرفتن جمعیت‌ها در گلوگاه‌های جمعیتی (Bottleneck) در تعیین تنوع ژنتیکی جمعیت‌ها مؤثر هستند. شناسایی و تحلیل این گلوگاه‌های جمعیتی در مدیریت تنوع‌زیستی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، زیرا جمعیت‌هایی که کاهش قابل‌توجهی در اندازه خود تجربه کرده‌اند، تحت تأثیر فرآیندهای ژنتیکی و جمعیتی قرار می‌گیرند که می‌تواند به سرعت به انقراض آن‌ها منجر شود. آزمون‌های ژنتیکی برای شناسایی تنگناهای جمعیتی، با

¹ Genetic Drift



شکل ۳- محیط نرم افزار Bottleneck

در ادامه به مراحل استفاده از این نرم افزار اشاره می شود:

۱. وارد کردن داده ها

در این مرحله، داده های مربوط به فرکانس آلل ها باید وارد نرم افزار شوند. وارد کردن صحیح داده ها نقش کلیدی در دقت نتایج خواهد داشت (Peery et al., 2012).

۲. انتخاب آزمون

در این مرحله، نرم افزار به شما امکان می دهد تا یکی از آزمون های گلوگاه جمعیتی را انتخاب کنید. این آزمون ها شامل مدل های جهش های مختلفی از جمله TPM، SMM و IAM هستند. این انتخاب بستگی به نوع داده ها و اهداف مطالعه دارد (Frankham, 2018).

۳. اجرای آزمون ها و تجزیه و تحلیل نتایج آن ها

نتایج آزمون ها و شبیه سازی ها در قالب نمودارهای هتروزیگوسیتی و جداول آماری ارائه می شود. این نتایج به محققان کمک می کند تا ارزیابی کنند که آیا جمعیت تحت

تأثیر گلوگاه قرار گرفته است یا خیر (Peery et al., 2012).

کاربردهای نرم افزار Bottleneck

نرم افزار Bottleneck به ویژه در زمینه های زیر کاربرد دارد:

- **زیست شناسی حفاظت:** این نرم افزار برای شناسایی جمعیت های در معرض خطر انقراض که دچار گلوگاه های جمعیتی شده اند، بسیار مفید است. از این طریق، می توان اثرات کاهش جمعیت بر تنوع ژنتیکی و تطابق ژنتیکی آن ها با محیط های طبیعی را ارزیابی کرد (Frankham, 1995).
- **مدیریت منابع ژنتیکی:** این ابزار برای شبیه سازی گلوگاه ها در برنامه های حفاظت ژنتیکی و ارزیابی تغییرات ژنتیکی در جمعیت های نگهداری شده در اسارت یا در شرایط طبیعی بسیار مفید است (Lande, 1994).
- **تحلیل گلوگاه های جمعیتی در جمعیت های وحشی:** از نرم افزار Bottleneck برای تحلیل

صحیح در دقت نتایج تأثیرگذار است (Cornuet & Luikart, 1996).

- **عدم تطابق با برخی داده‌ها:** در برخی موارد ممکن است داده‌های جمعیت‌های مورد بررسی به اندازه کافی دقیق نباشند و نتایج نادرستی ارائه دهد (Frankham, 1995).

نتایج نرم‌افزار Bottleneck

نتایج نرم‌افزار Bottleneck معمولاً شامل موارد زیر است:

- توزیع فراوانی آلل‌ها و نمودارهای هتروزیگوسیتی که نشان می‌دهند آیا جمعیت تحت تأثیر گلوگاه قرار گرفته‌است یا خیر.
- آزمون‌های آماری که به کمک آن‌ها می‌توان نتیجه‌گیری‌هایی درباره وضعیت ژنتیکی جمعیت و اثرات گلوگاه‌ها انجام داد.
- نمودارها و جداول آماری که کمک می‌کنند تا پژوهشگران بتوانند تغییرات ساختار ژنتیکی جمعیت‌ها و اثرات آن‌ها را تحلیل کنند (Cornuet & Luikart, 1996).

نتیجه‌گیری

نرم‌افزار Bottleneck به‌عنوان یک ابزار پیشرفته در حوزه ژنتیک جمعیت، نقش بسیار مهمی در تحلیل و شبیه‌سازی تغییرات جمعیتی ایفا می‌کند. این نرم‌افزار با بهره‌گیری از داده‌های ژنتیکی و استفاده از روش‌های آماری مختلف، قادر است تأثیرات کاهش اندازه جمعیت (گلوگاه‌های جمعیتی) را بر تنوع ژنتیکی بررسی کرده و به‌ویژه در شناسایی بحران‌های جمعیتی و مراحل انقراض نزدیک کمک کند. از ویژگی‌های بارز Bottleneck می‌توان به دقت بالا، تحلیل‌های متنوع با استفاده از مدل‌های مختلف جهش ژنتیکی (IAM، SMM و TPM) و روش‌های

داده‌های ژنتیکی جمعیت‌های وحشی و شبیه‌سازی گلوگاه‌ها و تأثیرات آن‌ها بر ساختار جمعیت‌ها استفاده می‌شود (Cornuet & Luikart, 1996).

مزایای استفاده از نرم‌افزار Bottleneck

- **دقت بالا در شبیه‌سازی‌ها:** این نرم‌افزار قادر است تغییرات ژنتیکی را در طول زمان شبیه‌سازی کند و تأثیرات گلوگاه‌ها را به‌طور دقیق ارزیابی نماید (Cornuet & Luikart, 1996).

- **کاربرد گسترده در زیست‌شناسی حفاظت:** Bottleneck به‌ویژه در مطالعات ژنتیک حفاظت و مدیریت منابع ژنتیکی مفید است و به‌طور گسترده در مطالعات جمعیت‌های در معرض خطر انقراض و بررسی تنوع ژنتیکی استفاده می‌شود (Frankham, 1995).

- **پشتیبانی از مدل‌های مختلف جهش:** این نرم‌افزار از مدل‌های مختلف جهش مانند IAM و SMM پشتیبانی می‌کند که باعث دقت بالای آن در تحلیل داده‌ها می‌شود (Cornuet & Luikart, 1996).

معایب استفاده از نرم‌افزار Bottleneck

- **نیاز به داده‌های گسترده:** برای دریافت نتایج دقیق، نرم‌افزار Bottleneck نیاز به داده‌های زیادی از فرکانس آلل‌ها و همچنین نمونه‌های بزرگ از جمعیت‌ها دارد. این ممکن است در برخی موارد محدودکننده باشد (Cornuet & Luikart, 1996).

- **حساسیت به فرضیات:** نتایج آزمون‌ها در این نرم‌افزار به مدل‌های جهش و فرضیات ابتدایی بستگی دارند. انتخاب مدل جهش مناسب و پیش‌فرض‌های

منابع

- Cornuet, J. M., & Luikart, G. (1996). Description and power analysis of two tests for detecting recent population bottlenecks from allele frequency data. *Genetics*, 144(4), 2001-2014.
- Frankham, R. (1995). Effective population size/adult population size ratios in wildlife: a review. *Genetics Research*, 66(2), 95-107.
- Frankham, R. (2018). *Conservation genetics*.
- Hedrick, P. W., & Miller, P. S. (1992). *Conservation genetics: techniques and fundamentals*. *Ecological Applications*, 2(1), 30-46.
- Lande, R. (1994). Risk of population extinction from fixation of new deleterious mutations. *Evolution*, 48(5), 1460-1469.
- Peery, M. Z., Kirby, R., Reid, B. N., Stoelting, R., Doucet- B  r, E. L. E. N. A., Robinson, S., ... & Palsb  ll, P. J. (2012). Reliability of genetic bottleneck tests for detecting recent population declines. *Molecular ecology*, 21(14), 3403-3418.
- Puillandre, N., Dupas, S., Dangles, O., Zeddami, J. L., Capdevielle-Dulac, C., Barbin, K., ... & Silvain, J. F. (2008). Genetic bottleneck in invasive species: the potato tuber moth adds to the list. *Biological Invasions*, 10, 319-333

آماري همچون آزمون Wilcoxon اشاره كرد. اين ويژگي ها باعث مي شود كه Bottleneck ابزاري قدرتمند در مطالعات ژنتيك جمعيت و حفاظت از گونه ها باشد.

از آنجا كه اين نرم افزار با استفاده از داده هاي ژنتيكي مانند ميكروستلايت ها و آناليز تعادل هتروزيگوسي، قادر به شبیه سازی کاهش جمعیت و بررسی تغییرات آن در طول زمان است، می تواند در بررسی اثرات بحران های ژنتیکی ناشی از گلوگاه ها در جمعیت های کوچک و آسیب دیده به ویژه در گونه های در معرض خطر انقراض یا در حال مهاجرت مفید واقع شود. این تحلیل ها در زمینه های مختلفی همچون مدیریت منابع طبیعی، حفظ تنوع زیستی و ارزیابی اثرات محیط زیستی و تخریبی مفید هستند.

یکی از مزایای عمده این نرم افزار، نیاز به نمونه برداری کمتر برای انجام تحلیل ها است كه باعث می شود استفاده از آن برای پژوهشگران با محدودیت های زمانی و منابع مالی كم تر، ممكن و عملی باشد. همچنین، رابط کاربری ساده و قابلیت تکرارپذیری تحلیل ها، Bottleneck را به ابزاری ایده آل برای پژوهشگران در سطوح مختلف تخصصی تبدیل کرده است.

در نهایت، با توجه به محدودیت هایی همچون دقت پایین در شناسایی گلوگاه های جمعیتی در جمعیت های کوچک و وابستگی به مدل های جهش ژنتیکی، این نرم افزار بهتر است همراه با دیگر ابزارها و روش های مکمل در تحلیل های پیچیده تر به کار گرفته شود. با این وجود، استفاده از Bottleneck به ویژه در مطالعات حفاظتی و مدیریت محیط زیستی می تواند گام مهمی در جهت جلوگیری از انقراض گونه ها و حفظ تنوع ژنتیکی جمعیت ها باشد.



Introducing the Bottleneck Software



Elmira Mirzaee

Master's student in environmental engineering sciences, management and protection of biodiversity, Department of Natural Environment, Faculty of Natural Resources, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Author's E-mail: elmira.mirzaee@ut.ac.ir

Abstract

Bottleneck software is an advanced and widely used tool in population genetics that allows researchers to identify and analyze genetic bottlenecks in the evolutionary history of populations. The software processes genetic data, such as microsatellites, and employs various statistical methods, including heterozygosity equilibrium analysis, to detect severe reductions in population size and their effects on genetic structure. It plays a crucial role in assessing genetic diversity, identifying population changes, examining the influence of natural selection, and studying species that are endangered, migrating, or undergoing environmental stress. Additionally, Bottleneck helps in detecting population crises and predicting potential extinction risks by analyzing genetic patterns over time. By providing highly accurate and comprehensive results, the software supports conservationists and researchers in designing effective environmental management strategies and making informed decisions for species preservation. Its simple and user-friendly interface, high accuracy in processing complex genetic data, and reproducibility of analyses have established Bottleneck as an important tool in conservation biology and biodiversity management. It significantly contributes to safeguarding ecosystems, protecting vulnerable species, and ensuring long-term genetic sustainability.

Keywords: Population Genetics, Microsatellites, Heterozygosity equilibrium, Biodiversity Management

روش‌های شناسایی میکروپلاستیک در بطری‌های آب معدنی

حسنا عباسی گراوند

۱- دانشجوی کارشناسی علوم و مهندسی محیط‌زیست، گروه محیط‌زیست طبیعی، دانشکده منابع طبیعی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

* رایانامه نویسنده مسئول: hosnaabbasi@ut.ac.ir

چکیده

میکروپلاستیک‌ها، ذرات پلاستیکی کوچک با اندازه‌ای کمتر از ۵ میلی‌متر، به‌طور فزاینده‌ای به‌عنوان آلاینده‌های محیطی و بهداشتی مورد توجه قرار گرفته‌اند. با توجه به رشد تصاعدی تولید پلاستیک‌ها از اواسط قرن بیستم، نگرانی‌ها درخصوص تأثیرات محیط‌زیستی و بهداشتی این مواد افزایش یافته‌است. آب معدنی بطری‌شده، به‌عنوان یکی از محصولات مصرفی رایج، به‌دلیل استفاده گسترده و تماس مداوم با پلاستیک، می‌تواند منبع قابل توجهی از میکروپلاستیک‌ها باشند. مطالعات نشان می‌دهند که میکروپلاستیک‌ها در آب بطری‌شده ممکن است از طریق فرآیند تولید، بسته‌بندی و ذخیره‌سازی وارد آب شوند. این ذرات در اندازه‌های مختلف به‌راحتی وارد دستگاه گوارش انسان شده و ممکن است به سلامت افراد آسیب برسانند. بررسی‌های اخیر روی نمونه‌های آب معدنی از برندهای مختلف جهانی نشان داده‌است که درصد قابل توجهی از آن‌ها آلوده به میکروپلاستیک‌ها هستند. در این تحقیق، روش‌های تحلیلی متنوعی برای شناسایی و کمی‌سازی میکروپلاستیک‌ها مورد بررسی قرار گرفته‌است؛ از جمله طیف‌سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه (FTIR) و میکروسکوپ الکترونی. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهند که میزان آلودگی میکروپلاستیک‌ها در بطری‌های آب معدنی به‌طور قابل توجهی متفاوت است و این مسئله نیازمند توجه و اقدام فوری برای کاهش تأثیرات منفی آن بر سلامت عمومی است.

کلیدواژه‌ها: میکروپلاستیک، بطری آب معدنی، پلیمر، تصفیه آب

مقدمه

پلاستیک‌ها به‌عنوان پلیمرهای مصنوعی یا نیمه‌مصنوعی تعریف می‌شوند که خواص ترموپلاستیک یا ترموست دارند و ممکن است از مواد خام هیدروکربن یا زیست‌توده فراوری شوند. تولید پلاستیک از زمان ورود به صحنه مصرف‌کننده به‌طور تصاعدی افزایش یافته‌است و از یک میلیون تن در سال ۱۹۴۵ به بیش از ۳۰۰ میلیون تن در سال ۲۰۱۴ رسیده‌است. این مواد به‌دلیل وزن سبک، مقاومت در برابر شکستگی و تجزیه‌ناپذیری، در محیط-زیست ماندگار هستند و به میکروپلاستیک‌ها و نانوپلاستیک‌ها تبدیل می‌شوند که می‌توانند وارد زنجیره غذایی شوند. میکروپلاستیک‌ها به‌دلیل وزن کم می‌توانند از طریق باد و آب به محیط‌های مختلف منتقل شوند و در اکوسیستم‌های آبی و زمینی یافت شده‌اند (Praveena & Laohaprapanon, 2021).

مسیر اصلی قرار گرفتن در معرض میکروپلاستیک‌ها برای انسان، از طریق غذاهای آلوده و آب آشامیدنی است. این ذرات عمدتاً دفع می‌شوند اما پیامدهای باقی‌مانده در بدن هنوز نامشخص است. شواهد اصلی در مورد سمیت میکروپلاستیک‌ها از مطالعات روی مدل‌های حیوانی و آزمایش‌های آزمایشگاهی روی سلول‌های انسانی به‌دست آمده‌است. اثرات میکروپلاستیک‌ها به دو دسته فیزیکی و شیمیایی تقسیم می‌شوند؛ اثرات فیزیکی به حضور ذرات در بدن و تجمع آن‌ها بستگی دارد، درحالی که اثرات شیمیایی مربوط به ترکیبات پلیمری و افزودنی‌های شیمیایی است که ممکن است به سطح میکروپلاستیک‌ها جذب شوند (Toussaint et al., 2019).

محبوبیت روزافزون آب‌های بطری‌شده و نگرانی عمومی درباره میکروپلاستیک‌ها در این محصولات، نیاز به بررسی دقیق جنبه‌های روش‌شناختی مطالعات مربوط به میکروپلاستیک‌ها را افزایش داده‌است. پلاستیک‌ها تحت تأثیر عوامل محیطی به قطعات کوچکتری به نام میکروپلاستیک‌ها تجزیه می‌شوند که می‌توانند وارد زنجیره

پلاستیک‌ها به‌دلیل ترکیب منحصربه‌فردی از ویژگی‌ها مانند وزن سبک، استحکام بالا، مقاومت در برابر خوردگی و ویژگی‌های عایق حرارتی و الکتریکی به یکی از مواد پر استفاده در صنعت و زندگی روزمره تبدیل شده‌اند. تولید جهانی پلاستیک به‌طور پیوسته در حال افزایش است و این امر منجر به چالش‌های بزرگ مدیریت زباله‌های پلاستیکی و آلودگی‌های محیط‌زیستی شده‌است. با توجه به مصرف گسترده پلاستیک و تولید زباله‌های پلاستیکی، میکروپلاستیک‌ها، که به ذرات پلاستیکی با اندازه ۱ میکرومتر تا ۵ میلی‌متر اطلاق می‌شود، به یکی از آلاینده‌های پایدار و فراگیر در محیط‌زیست تبدیل شده‌اند. این ذرات در اکوسیستم‌های مختلف از جمله اقیانوس‌ها، آب‌های شیرین و خاک کشاورزی یافت می‌شوند و حضور آن‌ها در زنجیره غذایی نگرانی‌های جدی درباره سلامت انسان ایجاد کرده‌است (Geyer et al., 2017).

از دهه ۱۹۷۰، زمانی که اولین شواهد از وجود قطعات پلاستیکی کوچک در آب دریا توسط کارپنتر^۱ و اسمیت^۲ مشاهده شد، علاقه به میکروپلاستیک‌ها همواره در حال افزایش بوده‌است. تکنیک‌های شناسایی این ذرات بهبود یافته‌اند و میکروپلاستیک‌ها در محیط‌های مختلف از جمله آب شیرین، رسوبات، جو و حتی خون و مدفوع انسان شناسایی شده‌اند. میکروپلاستیک‌ها می‌توانند از طریق بلع مستقیم، استنشاق هوا و تماس پوستی وارد بدن انسان شوند. چندین مطالعه میکروپلاستیک‌ها را در آب معدنی و سایر نوشیدنی‌ها شناسایی و ظروف بسته‌بندی را به‌عنوان منبع اصلی معرفی کرده‌اند. این یافته‌ها سوالاتی را در مورد ایمنی استفاده از ظروف پلاستیکی برای ذخیره مواد آشامیدنی مطرح کرده‌است (Mason et al., 2018).

¹ Carpenter
² Smith

قرار گرفتن در معرض روزانه انسان‌ها از طریق مصرف این آب‌ها می‌پردازد.

هدف این تحقیق شناسایی خواص فیزیکی و انواع مواد میکروپلاستیک‌ها در آب‌های بطری‌شده است. آلودگی میکروپلاستیک در آب آشامیدنی و مواد غذایی به‌عنوان یک تهدید بالقوه برای سلامت انسان شناخته شده‌است. مطالعات متعددی وجود میکروپلاستیک‌ها را در آب‌های بطری‌شده گزارش کرده‌اند. در این مقاله مطالعاتی که در زمینه ارزیابی آزادسازی ذرات میکروپلاستیک از بطری‌های یک‌بار مصرف آب‌معدنی^۲ PET پس از قرار گرفتن در معرض تنش مکانیکی بوده را مورد بررسی قرار داده است.



Sialkot, Pakistan, May 2024, Photographer: Noman Khan

غذایی شده و اثرات محیط‌زیستی و بهداشتی قابل‌توجهی داشته باشند. میکروپلاستیک‌ها آلاینده‌های انسانی هستند که در محیط‌های آبی مانند اقیانوس‌ها، دریاچه‌ها و رودخانه‌ها یافت می‌شوند. اخیراً، تحقیقات محدودی در زمینه آب آشامیدنی صورت گرفته‌است که عمدتاً از طیف-سنجی فروسرخ تبدیل فوری^۱ (FTIR) استفاده کرده‌اند که توانایی تشخیص ذرات کوچکتر از ۲۰ میلی‌متر را ندارد. اما طیف‌سنجی میکرورومان، قادر به شناسایی ذرات بسیار کوچکتر است (Wong et al., 2021).

توجه به اهمیت و گستردگی استفاده از پلاستیک‌ها در زندگی روزمره و صنعت، به بررسی تأثیرات محیط‌زیستی و بهداشتی میکروپلاستیک‌ها با افزایش روزافزون تولید و مصرف پلاستیک‌ها، توجه به مدیریت صحیح زباله‌های پلاستیکی و کاهش ورود میکروپلاستیک‌ها به محیط-زیست ضروری است. مطالعات بیشتر و بهبود روش‌های تحلیلی برای شناسایی و کمیت‌سنجی میکروپلاستیک‌ها می‌تواند به کاهش خطرات احتمالی آن‌ها برای سلامت انسان و محیط‌زیست کمک کند.

آلودگی میکروپلاستیک‌ها به دلیل اثرات منفی آن‌ها بر محیط‌زیست و سلامت انسان به‌طور گسترده‌ای مورد توجه قرار گرفته‌است. این ذرات پلاستیکی با اندازه کمتر از ۵ میلی‌متر، در محیط‌های مختلفی از جمله آب، خاک و هوا وجود دارند. با توجه به استفاده گسترده از آب بطری‌شده و نگرانی‌های موجود درباره آلودگی میکروپلاستیک‌ها، این مقاله مطالعاتی که در زمینه حضور این ذرات در آب بطری‌شده صورت گرفته است را مورد بررسی قرار داده است. میکروپلاستیک‌ها ذرات پلاستیکی کوچکی هستند که تهدیدی جدی برای محیط‌زیست و سلامت انسان‌ها محسوب می‌شوند. این مطالعه به‌طور خاص به بررسی مقدار میکروپلاستیک‌ها در آب معدنی بطری‌شده و ارزیابی

^۲ Polyethylene terephthalate

^۱ Fourier-transform infrared spectroscopy

۱. میکروپلاستیک‌ها

ذرات پلاستیکی که کوچک‌تر از ۵ میلی‌متر هستند، جزء میکروپلاستیک‌ها محسوب می‌شوند و به‌عنوان میکروپلاستیک‌های اولیه و ثانویه طبقه‌بندی می‌شوند. میکروپلاستیک‌های اولیه عمدتاً در اندازه‌های میکروسکوپی مانند دانه‌های میکروسکوپی در محصولات مراقبت شخصی، گلوله‌های مورد استفاده در مواد اولیه یا تولید پلاستیک، اسکرابر مورد استفاده در مواد تمیزکننده ساینده و پودر پلاستیک مورد استفاده برای قالب‌گیری تولید می‌شوند. میکروپلاستیک‌های ثانویه از تخریب قطعات پلاستیکی بزرگ‌تر مانند تخریب مکانیکی در طول استفاده از موادی مانند پارچه، رنگ و تایر تولید می‌شوند و ممکن است به فعالیت‌های انسانی مرتبط باشند. میکروپلاستیک‌ها به‌دلیل وزن سبک و نامحلول بودنشان در محیط‌های آبی بسیار متحرک و همه‌جا حاضر هستند (گل‌بابائی کوتنائی و مهردادی، ۱۴۰۰).

۱،۱ تقسیم‌بندی میکروپلاستیک‌ها

میکروپلاستیک‌ها به دو قسمت اولیه و ثانویه تقسیم می‌شوند. میکروپلاستیک‌های اولیه توسط میکروگرانول‌های پلاستیکی نمایش داده می‌شوند که به‌طور هدفمند تولید و به محصولات مختلف اضافه می‌شوند و در آن‌ها استفاده می‌شوند. میکروپلاستیک‌های اولیه، پلاستیک‌هایی هستند که مستقیماً به شکل ذرات ریز در محیط آزاد می‌شوند. آن‌ها می‌توانند داوطلبانه به محصولاتی مانند مواد پاک‌کننده در لوازم آرایشی و بهداشتی اضافه شوند. آن‌ها همچنین می‌توانند از ساییدگی اجسام پلاستیکی بزرگ در طول ساخت، استفاده یا نگهداری، فرسایش پلاستیک‌ها در هنگام رانندگی یا ساییدگی منسوجات مصنوعی در حین شستشو منشاء بگیرند. درحالی‌که میکروپلاستیک‌های ثانویه، میکروپلاستیک‌هایی هستند که از تخریب اقلام پلاستیکی بزرگ‌تر به قطعات پلاستیکی کوچک‌تر پس از قرار گرفتن در معرض محیط‌های دریایی منشأ می‌گیرند. این امر از

طریق تخریب نوری و سایر فرآیندهای هوازدگی در زباله‌های مدیریت نشده مانند کیسه‌های پلاستیکی دور ریخته شده یا از دست دادن ناخواسته تورهای ماهیگیری اتفاق می‌افتد (پیران ینگجه و همکاران، ۱۴۰۲).

۲،۱ انواع پلیمر میکروپلاستیک‌ها

میکروپلاستیک‌ها از نظر نوع، ترکیب، اندازه و شکل بسیار متنوع هستند. فراوان‌ترین میکروپلاستیک‌ها عبارتند از پلی‌اتیلن^۱، PE، پلی‌پروپیلن^۲، PP، پلی‌آمید^۳، PA، پلی‌وینیل-کلراید^۴، PVC، پلی‌استایرن^۵، PS، پلی‌اتیلن ترفتالات^۶، PET و پلی‌اورتان^۷، PUR. مواد پلیمری میکروپلاستیک‌های اولیه عمدتاً شامل پلی‌اتیلن، پلی‌پروپیلن و پلی‌استایرن هستند که بستگی به نوع محصولات تولید شده توسط کارخانه دارد. درحالی‌که میکروپلاستیک‌های ثانویه عمدتاً از پلی‌استر، اکریلیک و پلی‌آمید ساخته می‌شوند و الیاف را در محیط تشکیل می‌دهند (پیران ینگجه و همکاران، ۱۴۰۲).

۲. روش‌های شناسایی

روش‌های شناسایی میکروپلاستیک‌ها در بطری‌های آب‌معدنی شامل مجموعه‌ای از تکنیک‌های پیشرفته و پیچیده است که هدف آن‌ها شناسایی و تحلیل دقیق این ذرات در نمونه‌های آب است. برخی از مهم‌ترین این روش‌ها عبارتند از فیلتراسیون، میکروسکوپی نوری و الکترونی، طیف‌سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه (FTIR) و ... هر یک از این روش‌ها دارای مزایا و محدودیت‌های خاص خود هستند و انتخاب روش مناسب به هدف مطالعه و ویژگی‌های نمونه‌های مورد بررسی بستگی دارد.

¹ Polyethylene

² Polypropylene

³ Polyamide

⁴ Polyvinyl chloride

⁵ Polystyrene

⁶ Polyethylene terephthalate

⁷ Polyurethane

۲-۱ فیلتراسیون

در مطالعه‌ای نمونه‌ها از هفت شرکت آب در انگلستان، اسکاتلند و ولز گرفته شد. نمونه‌برداری شامل جمع‌آوری ۵ مترمکعب آب در مدت ۲۴ ساعت با استفاده از دستگاه نمونه‌برداری تخصصی بود. برای کاهش آلودگی میکروپلاستیک، تمام مراحل نمونه‌برداری و پردازش در محیط کنترل‌شده انجام شد. فیلترهای فولادی ضد زنگ ۵ میکرومتری برای جمع‌آوری ذرات استفاده شد و سپس در آزمایشگاه مورد تحلیل قرار گرفتند. مقادیر میانگین قسمت‌های خالی از شمارش خام نمونه‌ها کسر شد و حد تشخیص براساس انحراف استاندارد محاسبه شد.

نتایج نشان داد که ۲۱ نوع مختلف از ذرات پلیمری مصنوعی شناسایی شد که پلی‌آمید (PA)، پلی‌اتن ترفتالات (PET)، پلی‌پروپیلن (PP) و پلی‌استایرن (PS) رایج‌ترین بودند. غلظت میکروپلاستیک‌ها در خروجی کارهای تصفیه آب، مخازن خدمات و شیرهای مشتری متفاوت بود. بیشترین غلظت مربوط به پلی‌پروپیلن در شیرهای مشتری با مقدار 0.1513 MP/L بود. تغییرات در مقدار و نوع میکروپلاستیک‌ها نشان داد که این ذرات ممکن است به‌عنوان یک سری الگو تکانه‌ای در شبکه توزیع وجود داشته باشند.

این مطالعه نشان داد که حضور میکروپلاستیک‌ها در شبکه توزیع آب پراکنده و متغیر است. وجود و انواع مختلف پلیمرها احتمالاً از مواد مورد استفاده در شبکه آب و سیستم‌های لوله‌کشی خانگی نشأت می‌گیرد. اگرچه مقدار مطلق میکروپلاستیک‌ها در شبکه توزیع آب کم بود، اما تنوع بالایی در انواع پلیمرها مشاهده شد که نیازمند بررسی‌های بیشتر برای مدیریت و کاهش آلودگی میکروپلاستیک در منابع آب شرب است (Adediran et al., 2024).

۲-۲ میکروسکوپ فلورسانس

در یک مطالعه، یک روش جدید برای تجزیه و تحلیل میکروپلاستیک‌ها^۱ در آب بطری با استفاده از هوش مصنوعی ارائه شده است. این روش شامل رنگ‌آمیزی نیل قرمز و میکروسکوپ فلورسانس است و از یک طبقه‌بندی کننده جنگل تصادفی برای پردازش تصاویر فلورسانس استفاده می‌کند. پروتکل رنگ‌آمیزی روی پلیمرهای مختلف آزمایش شد و سه سورفکتانت برای پراکندگی همگن MPs در ماتریس آب مورد بررسی قرار گرفتند. جمع‌آوری داده‌های تصویری با استفاده از میکروسکوپ Olympus انجام شد و تصاویر به دست آمده توسط نرم‌افزار cellSens پردازش شدند.

تجزیه و تحلیل تصویر تعداد ذرات، اندازه و توزیع اندازه MPs را ارائه داد. این داده‌ها امکان تخمین تقریبی جرم MPs منفرد و در نتیجه غلظت جرم MP در نمونه را فراهم کردند. این روش در اندازه‌گیری MPs تا ۱۰ میکرومتر حساس بود، با محدودیت تعداد ذرات تشخیص و تعیین کمیت به ترتیب ۲۸ و ۸۵ مورد در ۵۰۰ میلی‌لیتر. خطی بودن غلظت جرمی تعیین شده بین ۱۰ ppb و ۱/۵ ppm ضریب رگرسیون 0.99 (R^2) را نشان داد. دقت روش با تکرارپذیری $9-16\%$ ($n = 7$) RSD^3 و در آزمایشگاه تکرارپذیری $15-27\%$ (RSD ($n = 21$)) نشان داده شد. بازیابی در سطح 0.1 و 1.0 ppm به ترتیب ± 15 درصد و 23 ± 98 درصد بود. این روش با موفقیت در تجزیه و تحلیل ۲۰ نمونه تجاری آب بطری اعمال شد و نتایجی از مقادیر کمتر از حد تشخیص تا 7237 (95%) فاصله اطمینان ($[6456, 8088]$ CI^4) آیتم در ۵۰۰ میلی‌لیتر به دست می‌آورد.

این مطالعه یک روش جدید برای تجزیه و تحلیل MPs در آب بطری با استفاده از هوش مصنوعی ارائه داد که

¹ Microplastics² R-Squared (R^2 or the coefficient of determination)³ Relative standard deviation⁴ Confidence Interval

می‌تواند به صورت خودکار تصاویر فلورسانس را پردازش کرده و داده‌های کمی دقیق ارائه دهد. این روش در اندازه‌گیری MPs تا ۱۰ میکرومتر بسیار حساس است و با موفقیت در نمونه‌های تجاری آب بطری آزمایش شده است. نتایج نشان‌دهنده قابلیت اطمینان و دقت این روش در تحلیل میکروپلاستیک‌ها در آب بطری است (Vitali et al., 2024).

۲-۳ تصویربرداری لیزری مستقیم مادون قرمز (LDIR)^۱

در مطالعه‌ای، نمونه‌برداری از شش خانوار و دو آزمایشگاه در هلند انجام شد. ظروف پتری شیشه‌ای به مدت ۱۰ ساعت در محیط داخلی قرار گرفتند و سپس با اتانول ۹۶ درصد شسته و به لام‌های شیشه‌ای منتقل شدند. نمونه‌برداری از سه برند مختلف بطری آب معدنی انجام شد. هر بطری ۱۵ بار باز و بسته شد تا اثر اصطکاک درپوش بررسی شود. آب بطری‌ها از طریق فیلترهای غشایی نقره‌ای فیلتر و سپس ذرات روی سطح فیلتر با اتانول ۹۶ درصد شسته شدند. برای به حداقل رساندن آلودگی، اقدامات دقیق QA/QC^۲ انجام شد و بازیابی ذرات با استفاده از میکروسفرهای پلی‌اتیلن فلورسنت سنجیده شد.

در نتیجه میانگین غلظت MPs در بطری‌های آب ۹۶ ذره در لیتر با محدوده ۷ تا ۳۶۴ ذره در لیتر بود. پلیمرهای غالب، پلی‌اتیلن ترفتالات و پلی‌اورتان بودند. نرخ رسوب هوا MPs از ۰ تا ۵۷۳ ذره در مترمربع در ساعت متغیر بود. برای محیط خانگی، این مقدار به ۷ MPs در یک وعده غذایی متوسط تخمین زده می‌شود. ارتباط معناداری بین سطح کل پارچه (فیلتر) در واحد حجم اتاق و رسوب MPs یافت شد. توزیع قانون توان برای عرض، ارتفاع، مساحت، حجم و جرم ذرات ساخته شد.

این مطالعه نشان داد که تصویربرداری لیزری مستقیم مادون قرمز (LDIR) می‌تواند به عنوان روشی سریع و مؤثر برای تحلیل میکروپلاستیک‌ها در نمونه‌های مرتبط با انسان استفاده شود. همچنین، نتایج نشان داد که آب بطری شده و هوای داخلی منابع مهمی برای مواجهه انسانی با میکروپلاستیک‌ها هستند (Nizamali et al., 2023).

۲-۴ طیف‌سنجی FTIR^۳

در یک مطالعه سه نوع ظروف SODIS^۴ (یکی از روش‌های ضد عفونی آب) بطری‌های ۲ لیتری PET و دو نوع گالن بنزین شفاف (TJC) ۱۰ لیتری PP مورد آزمایش قرار گرفتند. ظروف با آب فوق خالص پر شده و به مدت ۱۲ هفته در معرض نور طبیعی خورشید قرار گرفتند. کل محتویات ظروف در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری شد و از طریق فیلترهای میکرو فیلتر شیشه‌ای فیلتر شد. آلودگی احتمالی میکروپلاستیک‌ها از محیط آزمایشگاهی نیز کنترل شد. بررسی بصری ذرات مشکوک با استفاده از میکروسکوپ و طیف‌سنجی FTIR انجام شد.

در نتیجه هوازدگی طولانی مدت باعث رهاسازی میکروپلاستیک‌ها از سطوح پلاستیکی به داخل آب شد. بطری‌های PET و ظروف PP هر دو به درجات مختلف دچار تخریب شدند و میکروپلاستیک‌هایی را آزاد کردند. ظروف PP TJC^۵ میکروپلاستیک‌های بیشتری نسبت به بطری‌های PET آزاد کردند. افزودنی‌های شفاف‌کننده در فرمولاسیون PP تأثیری بر رهاسازی میکروپلاستیک‌ها نداشت. اندازه‌های میکروپلاستیک‌ها برای تعیین سرنوشت آن‌ها هنگام مصرف اندازه‌گیری شد.

این مطالعه نشان داد که ظروف PP TJC میکروپلاستیک‌های بیشتری نسبت به بطری‌های PET آزاد می‌کنند و افزودنی‌های شفاف‌کننده تأثیری بر

^۳ Fourier-transform infrared spectroscopy

^۴ Solar water disinfection

^۵ Polypropylene transparent jerry can containers

^۱ Laser Direct Infrared Imaging

^۲ Quality Assurance/Quality Control

محیط‌زیست و سلامت انسان ضروری است (Mason et al., 2018).

۲-۵ فلوروفور PBN^۲

در مطالعه‌ای برای غربالگری میکروپلاستیک‌ها، از غشاهای (PCTE^۳) و فلوروفور PBN استفاده شد. پلیمرهای مختلف شامل PE، PET، PVC، PA-6^۴، PP، PS، PC^۵، PVDC^۶ و PU^۷ برای آزمایش انتخاب شدند. روش پیشنهادی شامل جمع‌آوری نمونه، انکوباسیون کوتاه‌مدت با محلول PBN و مشاهده با میکروسکوپ فلورسانس است. ذرات میکروپلاستیک پس از فیلتر شدن، با PBN انکوبه شده و در زیر میکروسکوپ فلورسانس مشاهده می‌شوند. نمونه‌های پلیمر با محلول PBN به مدت ۵ دقیقه در تاریکی انکوبه شدند و برچسب‌گذاری فلورسنت آن‌ها با میکروسکوپ فلورسانس بررسی شد. ذرات میکروپلاستیک PA-6 در آب لوله‌کشی انکوبه و فیلتر شدند. نمونه‌های آب بطری شده تجاری و آب محیطی نیز با روش مذکور بررسی شدند. نمونه‌های آب محیطی از جریان Oncheon در کره جنوبی جمع‌آوری و مورد آزمایش قرار گرفتند.

روش غربالگری توانست ذرات میکروپلاستیک با ابعاد ۱۵ میکرومتر تا ۳ میلی‌متر را شناسایی کند. همه ۹ نوع پلیمر با فلوروفور PBN به‌خوبی برچسب‌گذاری شدند.

روش پیشنهادی با استفاده از فلوروفور PBN امکان شناسایی سریع و ساده میکروپلاستیک‌ها در آب‌های بطری شده و آب‌های محیطی را فراهم می‌کند. این روش کارآمد، کم‌هزینه و قابل‌اجرا در شرایط مختلف محیطی است (Lee et al, 2021).

رهاسازی میکروپلاستیک‌ها ندارند. همچنین، نیاز به مطالعات بیشتر برای درک ایمنی ظروف پلاستیکی برای SODIS برجسته شده‌است (Álvarez-Fernández et al., 2024).

در مطالعه‌ای دیگر نمونه‌ها که در مجموع ۲۵۹ بطری آب از ۱۱ برند مختلف در ۲۷ لات^۱ از ۱۹ مکان در ۹ کشور خریداری شده بود، فرآوری شد. بطری‌ها باز شده و محلول نیل قرمز تزریق شد. پس از انکوباسیون، آب بطری‌شده از طریق فیلتر یاف شیشه‌ای فیلتر شد. ذرات بزرگتر از ۱۰۰ میکرومتر با استفاده از میکروسکوپ نوری شمارش و عکس‌برداری شدند. ذرات کوچکتر با استفاده از نرم‌افزار Galaxy Count تجزیه و تحلیل شدند. ذرات توسط طیف سنجی FTIR برای تأیید ماهیت پلیمری آن‌ها واکاوی شدند.

میکروپلاستیک‌های بزرگتر از ۱۰۰ میکرومتر: به‌طور متوسط ۱۰/۴ ذره در هر لیتر آب بطری یافت شد.

میکروپلاستیک‌های کوچکتر از ۱۰۰ میکرومتر: به‌طور متوسط ۳۲۵ ذره در هر لیتر آب بطری شناسایی شد.

رایج‌ترین نوع پلیمر، پلی‌پروپیلن بود که معمولاً برای ساخت در بطری استفاده می‌شود. آلودگی میکروپلاستیک‌ها در تمامی نمونه‌ها مشاهده شد.

نتایج نشان می‌دهد که آلودگی میکروپلاستیک‌ها به احتمال زیاد از بسته‌بندی و فرآیند بسته‌بندی ناشی می‌شود. این امر نشان‌دهنده نیاز به بررسی‌های بیشتر در مورد اثرات میکرو و نانوپلاستیک‌ها بر سلامت انسان است. با توجه به شیوع مصرف آب بطری در سراسر جهان، تحقیقات بیشتری برای فهم بهتر این آلودگی و تأثیرات آن بر

² 1-pyrenebutyric acid N-hydroxysuccinimidyl ester

³ Polycarbonate track-etched

⁴ Polyamide 6

⁵ Polycarbonate

⁶ Polyvinylidene chloride

⁷ Polyurethane

^۱ 'Lot': یک شماره شناسایی اختصاص داده شده توسط

یک سازنده به یک واحد تولیدی خاص

۲-۶ طیف‌سنجی میکرورامان

در مطالعه‌ای با استفاده از کاوشگر تک ذرات (^{1}SPE)، طیف‌سنجی m-Raman با اهداف $\times 10$ ، $\times 20$ و $\times 50$ ، فیلتر پلی‌رینات با روکش طلا و نمونه‌های آب از بطری‌های پلاستیکی قابل‌برگشت و یکبار مصرف^۲، کارتن‌های نوشیدنی و بطری‌های شیشه‌ای از فروشگاه‌های مواد غذایی در آلمان تهیه شد و نمونه‌ها براساس محتوای اسیدکربنیک طبقه‌بندی شدند و با استفاده از میز کار با جریان آرام (cleanroom class ISO 3, Envair eco air H, Envair Deutschland GmbH, Emmendingen) با پوشیدن کت آزمایشگاهی ۱۰۰٪ پنبه، دستکش نیتریل و آستین بازو در آزمایشگاه و استفاده از آب فوق خالص (Milli-Q) با فیلتر ۰/۲۲ میلی‌متری و تمیز کردن قیف و ظروف شیشه‌ای با آب دیونیزه، مواد شوینده و آب Milli-Q و با استفاده از میکروسکوپ تصویربرداری برای بررسی تمیزی ظروف و فیلتر کردن کل حجم آب هر بطری یا کارتن نوشیدنی از طریق فیلتر از پیش شمارش شده و اسکن کامل فیلترها در حالت میدان تاریک با بزرگنمایی ۲۰ برابر نشان داد که میکروپلاستیک‌های کوچک (۵۰-۵۰۰ میکرومتر) و بسیار کوچک (۱-۵۰ میکرومتر) در همه نوع آب یافت شدند. تقریباً ۸۰ درصد از تمام ذرات میکروپلاستیک اندازه‌ای بین ۵ تا ۲۰ میکرومتر داشتند که با تکنیک‌های تحلیلی مورد استفاده در مطالعات قبلی قابل تشخیص نبودند. میانگین محتوای میکروپلاستیک در بطری‌های پلاستیکی قابل‌برگشت 88 ± 118 ذره در لیتر و در بطری‌های پلاستیکی یکبار مصرف 14 ± 14 ذره در لیتر بود. محتوای میکروپلاستیک در کارتن‌های نوشیدنی 8 ± 11 ذره در لیتر بود. برخلاف انتظار، مقادیر بالایی از ذرات پلاستیکی در برخی از آب‌های بطری شیشه‌ای یافت شد (میانگین 50 ± 52 ذره در لیتر).

نتایج نشان می‌دهد که بسته‌بندی‌های مختلف می‌توانند میکروپلاستیک‌هایی را به آب آشامیدنی آزاد کنند. ذرات میکروپلاستیک یافت شده عمدتاً از جنس پلی‌استر، پلی‌اتیلن ترفتالات و پلی‌پروپیلن بودند که با مواد سازنده بطری‌ها و درپوش‌ها مطابقت دارد. در آب کارتن‌های نوشیدنی و بطری‌های شیشه‌ای، ذرات میکروپلاستیک دیگری مانند پلی‌اتیلن و پلی‌اولفین‌ها یافت شد که می‌تواند به دلیل پوشش فویل‌های پلی‌اتیلن و روان‌کننده‌های درپوش‌ها باشد.

این مطالعه نشان داد که طیف‌سنجی میکرورامان تکنیک موثری برای شناسایی میکروپلاستیک‌های بسیار کوچک در آب آشامیدنی است. یافته‌ها حاکی از آن است که بسته‌بندی‌های مختلف می‌توانند منبع آلودگی میکروپلاستیک‌ها باشند و نیاز به بررسی دقیق‌تر در این زمینه وجود دارد (Schymanski et al., 2018).

۲-۷ طیف‌سنجی ATR-FTIR^۳

در مطالعه‌ای نمونه‌ها از سوپرمارکت‌های استان کرمانشاه خریداری شده‌اند. هر برند شامل سه بطری پلاستیکی PET حاوی ۵۰۰ میلی‌لیتر آب معدنی بود. در آنالیزها از هود و دستکش نیتریل برای کاهش آلودگی متقاطع استفاده شد. بطری‌ها با محلول رنگ بیولوژیکی رز بنگال حاوی غلظت ۲۰ میکروگرم در میلی‌لیتر، رنگ‌آمیزی و سپس فیلتر شدند. غشاهای فیلتر در ظروف پتری ذخیره شدند. تجزیه و تحلیل استریو میکروسکوپ برای تشخیص کمی و کیفی MPs انجام شد. تست سوزن داغ برای تمایز بین MPs و سایر ساختارهای کریستالی استفاده شد. حضور MPs با استفاده از آنالیزهای ATR-FTIR و میکروسکوپ رامان تأیید شد. میزان مصرف روزانه (EDI^4) و سالانه (EAI^5) برای

³ Attenuated total reflectance-Fourier transform infrared

⁴ Estimated Daily Intake

⁵ Estimated Annual Intake

¹ Single Particle Explorer

² returnable and single-use plastic bottles

۸-۲ طیف‌سنجی پراش انرژی (EDS^۱)

در مطالعه‌ای سه برند بطری آب معدنی مختلف براساس وزن و ضخامت پلاستیک انتخاب شدند. بطری‌ها و درپوش‌ها پس از باز و بسته شدن به ترتیب یک بار، ۱۰ بار و ۱۰۰ بار تحت تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نمونه‌ها تحت SEM^۲ و EDS برای تحلیل سطح و ترکیب عنصری قرار گرفتند. تنش مکانیکی با فشرده‌سازی بطری‌ها به مدت ۱ و ۱۰ دقیقه شبیه‌سازی شد. غلظت میکروپلاستیک‌ها در آب بطری‌شده پس از تنش مکانیکی با فیلتر کردن و شمارش ذرات بررسی شد.

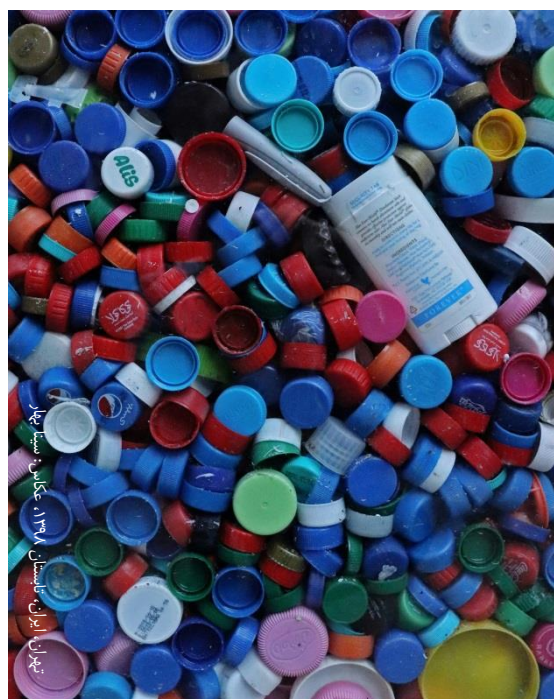
نتایج نشان داد که پس از بازوبسته شدن بطری‌ها، غلظت میکروپلاستیک‌ها در سطح مواد PET و HDPE^۳ افزایش یافت، به‌خصوص پس از ۱۰۰ بار باز و بسته شدن. تفاوت‌های قابل توجهی در سایش کلاhek بین برندها مشاهده شد که نشان دهنده اختلاف در رفتار پلاستیکی برندها است. غلظت ذرات میکروپلاستیک در آب بطری‌شده پس از تنش مکانیکی به‌طور قابل توجهی افزایش نیافت.

این مطالعه نشان داد که استفاده مکرر از بطری‌های پلاستیکی یک‌بار مصرف منجر به افزایش آزادسازی میکروپلاستیک‌ها از سیستم درپوش و گلوگاه می‌شود. تنش مکانیکی منجر به افزایش غلظت ذرات میکروپلاستیک در آب بطری‌شده نمی‌شود. بررسی مورفولوژیکی سطح دیواره داخلی بطری‌ها نشان داد که ترک‌های تنشی قابل مشاهده نیست، بنابراین بطری‌ها منبع ثابت میکروپلاستیک‌ها پس از این میزان تنش مکانیکی نیستند (Winkler et al., 2019).

بزرگسالان و کودکان محاسبه شد. نتایج نشان می‌دهند که مصرف MPs از آب معدنی بطری به‌طور کلی ناچیز است.

MPs در ۹ برند از ۱۱ برند شناسایی شدند. غلظت MPs بین ۰ تا ۳۶ ذره در لیتر با میانگین $10/2 \pm 8/5$ ذره در لیتر متغیر بود. شکل و رنگ MPs متنوع بود، اما بیشترین MPs شناسایی‌شده به‌شکل قطعه (۹۳٪) و فیبر (۷٪) بودند.

این مطالعه نشان داد که آلودگی توسط میکروپلاستیک‌ها در برندهای محبوب آب معدنی بطری ایرانی وجود دارد. با این حال، مقدار مصرف روزانه و سالانه این ذرات برای انسان‌ها نسبتاً کم است. این نتایج نشان می‌دهد که نیاز به مطالعات بیشتری برای بررسی تأثیرات بلندمدت میکروپلاستیک‌ها بر سلامتی انسان وجود دارد (Makhdoumi et al., 2021).



¹ Energy Dispersive Spectroscopy

² Scanning Electron Microscope

³ High Density Poly Ethylene

۲-۹ طیف‌سنجی Micro-FTIR^۱

در مطالعه‌ای ۲۳ برند مختلف آب بطری شده از بازار چین تهیه و در آزمایشگاه تجزیه و تحلیل شدند. این نمونه‌ها در بطری‌های پلاستیکی پلی‌اتیلن ترفتالات (PET) با حجم ۴۷۰-۶۰۰ میلی‌لیتر جمع‌آوری شدند. هر برند در سه بسته مختلف مورد بررسی قرار گرفت و سه معرف خالی به‌عنوان شاهد استفاده شد. با استفاده از روش‌های ساده فیلتراسیون، ذرات میکروپلاستیک از نمونه‌های آب استخراج شدند. برای جلوگیری از آلودگی در آزمایشگاه، از لباس‌های آزمایشگاهی نخی و دستکش‌های نیتریل استفاده شد. غشای پلی‌کربنات با روکش طلا با قطر ۲۵ میلی‌متر و اندازه منافذ ۰/۴ میکرومتر برای فیلتراسیون نمونه‌ها استفاده شد. برای شناسایی ترکیب شیمیایی ذرات، از طیف‌سنجی Micro-FTIR استفاده شد. محدوده طیفی $4000-700\text{ cm}^{-1}$ و وضوح طیفی 8 cm^{-1} تنظیم شد. چهار ناحیه مختلف هر فیلتر با وضوح فضایی ۲۵ میکرومتر $25 \times$ میکرومتر اسکن شد و طیف به‌دست آمده با پایگاه داده Thermo Scientific مقایسه شد.

نتایج نشان داد که در مجموع ۶۹ بطری از ۲۳ برند مختلف مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و ۲۱۵ ذره میکروپلاستیک شناسایی شد. تعداد ذرات در هر بطری بین ۲ تا ۲۳ ذره متغیر بود. ۱۱ نوع پلیمر مختلف شامل پلی‌پروپیلن (PP)، پلی‌استایرن (PS)، پلی‌اتیلن (PE)، پلی‌اتیلن ترفتالات (PET)، پلی‌اورتان (PU)، پلی‌وینیل کلرید (PVC)، پلی‌آمید (PA)، پلی‌اکریلیک اسید، پلی‌آکریل‌آمید، پلی‌اتیلن-وینیل استات (PEVA)^۲ و سلولز شناسایی شدند. میکروپلاستیک‌ها براساس اندازه به شش دسته و براساس شکل به دو دسته (الیاف و قطعات)^۳ تقسیم شدند. حدود ۹۰٪ از ذرات اندازه‌ای کمتر از ۱ میلی‌متر داشتند. الیاف

۳۳/۳٪ تا ۱۰۰٪ از کل میکروپلاستیک‌ها را تشکیل می‌دادند. تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) نشان دادند که پلیمرهای مختلف میکروپلاستیک‌ها ویژگی‌های ناهمگنی دارند. اشکال مختلف شامل فیلم‌ها، گل‌ها، فوم‌ها، میله‌ها و اشکال نامنظم مشاهده شدند. آلودگی میکروپلاستیک‌ها ممکن است از منبع آب خام و بسته‌بندی پلاستیکی ناشی شده باشد. مواد بسته‌بندی PET و PE نیز می‌توانند منابع این آلودگی باشند. مصرف روزانه تخمینی میکروپلاستیک‌ها برای بزرگسالان و کودکان به ترتیب $0.274\text{ MP/(kg}\cdot\text{d)}$ و $0.600\text{ MP/(kg}\cdot\text{d)}$ محاسبه شد.

این مطالعه نشان داد که آب بطری‌شده در چین حاوی میکروپلاستیک‌ها با انواع و اندازه‌های مختلف است. نتایج به‌دست آمده می‌تواند به ارزیابی کامل و مناسب از میکروپلاستیک‌ها در آب آشامیدنی در چین کمک کند و نیاز به نظارت و کنترل بیشتر بر آلودگی میکروپلاستیک‌ها را برجسته کند (Zhou et al., 2021).

در مطالعه‌ای دیگر پنج برند محلی آب آشامیدنی بطری‌شده با حجم ۱۲۰ میلی‌لیتر از بازار سنتی تانگرانگ جنوبی جمع‌آوری شد. نمونه‌ها برای حضور میکروپلاستیک‌ها، اندازه و شکل آن‌ها با استفاده از میکروسکوپ دیجیتالی مورد بررسی قرار گرفتند. علاوه بر این، شناسایی مواد با استفاده از میکروسکوپ - تبدیل فوریه مادون قرمز (μ -FTIR) برای تجزیه و تحلیل انواع مواد موجود در نمونه‌ها انجام شد.

پنج بطری آب از هر برند تهیه شد. هر نمونه با استفاده از میکروفیلتر فیبر شیشه‌ای و پمپ خلاء فیلتر شد. فیلترها برای چند ساعت در دمای اتاق خشک شدند و سپس در یک خشک‌کن نگهداری شدند. فیلترها با استفاده از میکروسکوپ دیجیتالی برای تعیین شکل و اندازه میکروپلاستیک‌ها مشاهده شدند. میکروپلاستیک‌های مشکوک با استفاده از میکروسکوپ FTIR شناسایی شدند.

^۱ Micro-Fourier Transform Infrared Spectroscopy (μ -FTIR)

^۲ Polyethylene vinyl acetate

^۳ Fibers and Fragments

پارامترهای pH و چگالی پلاستیک بطری‌ها تأثیر مستقیمی بر میزان میکروپلاستیک‌ها داشتند. روش‌های به‌کار گرفته‌شده در مطالعه برای شمارش و شناسایی میکروپلاستیک‌ها معتبر و دقیق بودند.

این مطالعه نشان داد که مصرف آب معدنی بطری‌شده منجر به ورود مقادیر قابل‌توجهی از میکروپلاستیک‌ها به بدن انسان می‌شود. این نتایج نیازمند توجه بیشتر به کیفیت آب معدنی بطری‌شده و توسعه روش‌های استاندارد برای کنترل و کاهش آلودگی میکروپلاستیک‌ها در این محصولات است (Zuccarello et al., 2019).

روش SEM-EDX برای تحلیل میکروپلاستیک‌ها معتبر نیست و نتایج غلظت میکروپلاستیک‌ها بیش از حد بالا هستند (Oßmann et al., 2019).

نتیجه‌گیری

پلاستیک‌ها به‌دلیل خواص فیزیکی و شیمیایی منحصر به فردشان، به‌طور گسترده‌ای در تولید و بسته‌بندی محصولات استفاده می‌شوند. با این حال، این ویژگی‌ها همچنین به بقای آن‌ها در محیط و تبدیل آن‌ها به میکروپلاستیک‌ها منجر می‌شود که به‌طور فزاینده‌ای به مشکلات محیط‌زیستی و بهداشتی تبدیل شده‌اند. تحقیقات نشان داده‌اند آب معدنی بطری‌شده، که به‌طور گسترده‌ای به‌عنوان جایگزینی برای آب لوله‌کشی در نظر گرفته می‌شود، نیز از این آلودگی مستثنی نیست.

یافته‌ها نشان می‌دهند که میکروپلاستیک‌ها به‌ویژه از طریق فرآیند تولید و بسته‌بندی بطری‌های پلاستیکی وارد آب‌های معدنی می‌شوند. مطالعات نشان داده‌اند که ۹۳ درصد از نمونه‌های آب معدنی بطری‌شده، آلوده به میکروپلاستیک هستند، با غالب بودن ذرات پلاستیکی به شکل قطعات و الیاف. این آلودگی ناشی از

نتایج نشان داد که تمامی نمونه‌های بررسی‌شده به ریزباله‌هایی آلوده بودند که به‌عنوان میکروپلاستیک مشکوک شناسایی شدند. آلاینده‌های اصلی الیاف با طول‌های بین ۰/۴۲ تا ۳/۶۶۸ میلی‌متر بودند. بیشتر این الیاف از پلیمرهای مبتنی بر سلولز بودند که برای منسوجات طبیعی و مصنوعی استفاده می‌شوند. در هیچ یک از نمونه‌ها، پلی‌پروپیلن و پلی‌اتیلن که معمولاً برای بسته‌بندی و در بطری‌ها استفاده می‌شوند، شناسایی نشد.

این مطالعه نشان می‌دهد که آب آشامیدنی بطری‌شده مورد بررسی به‌وسیله میکروپلاستیک‌ها آلوده نشده بلکه توسط ریزباله‌های پلیمرهای طبیعی مبتنی بر سلولز آلوده شده است. برای بهبود کیفیت آب آشامیدنی بطری‌شده، بررسی‌های بیشتری با استفاده از تکنیک‌های دقیق‌تر و نمونه‌های بیشتر توصیه می‌شود (Syuhada et al., 2023).

۱۰-۲ SEM-EDX^۱

در مطالعه‌ای ۱۰ برند مختلف آب معدنی بطری‌شده از بازار انتخاب و هر برند در سه لات مختلف بررسی شد. استفاده از تکنیک‌های مختلف از جمله SEM-EDX برای شناسایی و شمارش میکروپلاستیک‌ها مورد استفاده قرار گرفت. تمامی مراحل با دقت برای جلوگیری از آلودگی‌های متقاطع انجام و بلانک‌های معرف پردازش شدند و از تحلیل مؤلفه اصلی (PCA^۲) برای بررسی ارتباط بین پارامترهای مختلف استفاده شد.

نتایج نشان داد که میانگین غلظت میکروپلاستیک‌ها در آب‌های معدنی بطری‌شده بین ۱/۲۸ تا ۴/۲ میلی‌متر متغیر بود. EDI تخمین زده شد که مصرف روزانه میکروپلاستیک‌ها برای افراد بالغ و کودکان از طریق مصرف آب معدنی بطری‌شده به‌طور قابل‌توجهی بالاست.

^۱ Scanning electron microscopy with energy dispersive X-ray spectroscopy

^۲ Principal Component Analysis

and behaviour of Microplastics ($> 25 \mu\text{m}$) within the water distribution network, from water treatment works to service reservoirs and customer taps. *Water Research*, 255, 121508.

Álvarez-Fernández, C., Matikainen, E., McGuigan, K. G., Andrade, J. M., & Marugán, J. (2024). Evaluation of microplastics release from solar water disinfection poly(ethylene terephthalate) and polypropylene containers. *Journal of Hazardous Materials*, 465, 133179

Geyer, R., Jambeck, J. R., & Lavender Law, K. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7), e1700782.

Lee, E., Lee, S., Chang, Y., & Lee, S. (2021). Simple screening of microplastics in bottled waters and environmental freshwaters using a novel fluorophore. *Chemosphere*, 285, 131406.

Makhdoumi, P., Amin, A. A., Karimi, H., Pirsaeheb, M., Kim, H., & Hossini, H. (2021). Occurrence of microplastic particles in the most popular Iranian bottled mineral water brands and an assessment of human exposure. *Journal of Water Process Engineering*, 39, 101708.

Mason, S. A., Welch, V. G., & Neratko, J. (2018). Synthetic polymer contamination in bottled water. *Frontiers in Chemistry*, 6.

Nizamali, J., Mintenig, S. M., & Koelmans, A. A. (2023). Assessing microplastic characteristics in bottled drinking water and air deposition samples using laser direct infrared imaging. *Journal of Hazardous Materials*, 441, 129942.

Oßmann, B., Schymanski, D., Ivleva, N. P., Fischer, D., Fischer, F., Dallmann, G., & Welle, F. (2019). Comment on “exposure to microplastics ($<10 \mu\text{m}$) associated to plastic bottles mineral water consumption: The first quantitative study by Zuccarello et al. [Water

میکروپلاستیک‌ها، به‌ویژه پلی‌پروپیلن، می‌تواند به‌دلیل استفاده طولانی مدت از پلاستیک‌ها و نیز به‌دلیل شستشو و تخریب در فرآیندهای تصفیه آب باشد.

روش‌های تحلیلی مانند رنگ‌آمیزی فلورسانت و طیف‌سنجی، شناسایی و سنجش میکروپلاستیک‌ها در آب بطری‌شده را ممکن ساخته‌اند. این تکنیک‌ها در تشخیص ذرات ریزتر و انواع پلیمرها مؤثرند، اما همچنان با محدودیت‌هایی روبه‌رو هستند. به‌کارگیری فناوری‌های نوینی مانند فلوروفور PBN و طیف‌سنجی میکرورامان، دقت این فرآیندها را بهبود بخشیده‌است.

به‌طور کلی، نتایج این مطالعه تأکید می‌کند که مصرف آب بطری‌شده می‌تواند منجر به ورود مقادیر قابل‌توجهی از میکروپلاستیک‌ها به بدن انسان شود. این مسئله نشان‌دهنده نیاز به اقدامات بیشتر برای بهبود فرآیندهای تولید و بسته‌بندی بطری‌های پلاستیکی و همچنین بهبود روش‌های تصفیه آب برای کاهش آلودگی میکروپلاستیک‌ها است. همچنین، نیاز به تحقیقات بیشتر برای بررسی اثرات بهداشتی میکروپلاستیک‌ها بر سلامت انسان و محیط‌زیست وجود دارد.

منابع

پیران ینگجه، پ.، رضاقلی، س. و گنجی دوست، ح. (۱۴۰۲). میکروپلاستیک و روش‌های حذف آن از آب. ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر، ۹-۱.

گلبائنی کوتنائی، ف. و مهردادی، ن. (۹ آذر ۱۴۰۰). نقش فرآیندهای تصفیه در میزان میکروپلاستیک‌ها در خروجی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب. اولین همایش ملی مدیریت کیفیت آب و سومین همایش ملی مدیریت مصرف آب، تهران.

Adediran, G. A., Cox, R., Jürgens, M. D., Morel, E., Cross, R., Carter, H., Pereira, M. G., Read, D. S., & Johnson, A. C. (2024). Fate

Zuccarello, P., Ferrante, M., Cristaldi, A., Copat, C., Grasso, A., Sangregorio, D., Fiore, M., & Conti, G. O. (2019). Reply for comment on “Exposure to microplastics (<10 μm) associated to plastic bottles mineral water consumption: The first quantitative study by Zuccarello et al. [Water Research 157 (2019) 365–371].” Water Research, 166, 115077.

Research 157 (2019) 365–371].” Water Research, 162, 516–517.

Praveena, S. M., & Laohaprapanon, S. (2021). Quality assessment for methodological aspects of microplastics analysis in bottled water – A critical review. Food Control, 130, 108285.

Schymanski, D., Goldbeck, C., Humpf, H., & Fürst, P. (2018). Analysis of microplastics in water by micro-Raman spectroscopy: Release of plastic particles from different packaging into mineral water. Water Research, 129, 154–162.

Syuhada, N., Radini, F. A., Rusmana, D., Liza, C., Nur, M. Z., I., & Rifathin, A. (2023). Preliminary study of microplastic in bottled drinking water. IOP Conference Series. Earth and Environmental Science, 1201(1), 012102.

Toussaint, B., Raffael, B., Angers-Loustau, A., Gilliland, D., Kestens, V., Petrillo, M., ... & Van den Eede, G. (2019). Review of micro- and nanoplastic contamination in the food chain. Food Additives & Contaminants: Part A, 36(5), 639–673.

Vitali, C., Peters, R. J., Janssen, H., Undas, A. K., Munniks, S., Ruggeri, F. S., & Nielen, M. W. (2024). Quantitative image analysis of microplastics in bottled water using artificial intelligence. Talanta, 266, 124965.

Winkler, A., Santo, N., Ortenzi, M. A., Bolzoni, E., Bacchetta, R., & Tremolada, P. (2019). Does mechanical stress cause microplastic release from plastic water bottles? Water Research, 166, 115082.

Wong, N., Chai, C., Bamgbade, J., Ma, G., & Hii, G. (2021). Detection of microplastics in bottled water. Materials Science Forum, 1030, 169–176.

Zhou, X., Wang, J., Li, H., Zhang, H., Hua-Jiang, N., & Zhang, D. L. (2021). Microplastic pollution of bottled water in China. Journal of Water Process Engineering, 40, 101884.



Long Island, New York, USA, November 2019, Photographer: Brian Yurasits



China, January 2025, Photographer: Kenny Zhang

Methods for Identifying Microplastics in Mineral Water Bottles

Hosna Abbasi Geravand

1- Bachelor student of Environmental Science and Engineering, Department of Natural Environment, Faculty of Natural Resources, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

*Corresponding Author's E-mail: hosnaabbasi@ut.ac.ir

Abstract

Microplastics, tiny plastic particles less than 5 millimeters in size, have increasingly attracted attention as environmental and health-related pollutants. Given the exponential rise in production of plastics since the mid-20th century, concerns regarding their environmental and health impacts have grown significantly. Bottled Mineral Water, as one of the commonly consumed products, due to their widespread use and constant contact with plastic, can be a significant source of microplastics. Studies indicate that microplastics in bottled water may be introduced the water during production, packaging, and storage processes. These particles, varying in size, can easily enter the human digestive system and potentially pose risks to human health. Recent investigations on bottled water samples from various global brands have shown that a significant percentage of them are contaminated with microplastics. In this study, various analytical techniques were used to identify and quantify microplastics, including Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) and electron microscopy. The results indicate that the level of microplastic pollution in mineral water bottles varies considerably, highlighting the urgent need for attention and action to reduce its negative effects on public health.

Keywords: Microplastic, Mineral Water Bottles, Polymer, Water Purification



Green Leaves. Februarv 2015. Photographer: Quentin Rev

آشنایی با هیدروژن سبز

محمدحامد ژف

دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه محیط‌زیست طبیعی، دانشکده منابع طبیعی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
رایانامه نویسنده: m.hamed.zhaf@ut.ac.ir

چکیده

هیدروژن سبز به هیدروژنی اطلاق می‌شود که از طریق فرآیندهایی مانند الکترولیز آب و با استفاده از برق تجدیدپذیر تولید شده‌است. شناسایی روزافزون نقش هیدروژن سبز در ذخیره‌سازی انرژی، کاربردهای صنعتی و حمل‌ونقل، سرمایه‌گذاری و تحقیقات، این بخش را به حرکت درآورده و بر اهمیت آن در دستیابی به اهداف انتشار صفر خالص تا نیمه قرن جاری، تأکید دارد. روش‌های دیگر تولید هیدروژن سبز شامل فرآیندهای ترموشیمیایی، تولید بیولوژیکی و تولید گاز از زیست توده است. هر یک از این تکنیک‌ها مزایا و چالش‌های خاص خود را دارند که بر کارایی، مقیاس‌پذیری و هزینه‌های کلی تأثیر می‌گذارند. با وجود مزایا، هیدروژن سبز با موانع قابل توجهی از جمله هزینه‌های بالای تولید، چالش‌های توسعه زیرساخت‌ها و نوسانات بازار مواجه است. علاوه بر این، ملاحظات محیط‌زیستی و اجتماعی باید مورد توجه قرار گیرند تا دسترسی عادلانه به مزایای فناوری‌های هیدروژن سبز در حین گسترش آن‌ها تضمین شود. در سطح جهانی، تقاضا برای هیدروژن سبز در حال افزایش است و کشورهای مختلف با اجرای چارچوب‌های سیاستی، حمایتی و سرمایه‌گذاری در قابلیت‌های تولید، در تلاش برای ایجاد یک بازار قوی هیدروژن سبز هستند. آژانس بین‌المللی انرژی پیش‌بینی می‌کند که تولید هیدروژن سبز به میزان چشمگیری افزایش خواهد یافت، که نیازمند سرمایه‌گذاری‌های هنگفت در فناوری‌ها و زیرساخت‌ها برای حمایت از رشد این فناوری است. آینده هیدروژن سبز به شکل فزاینده‌ای به عنوان یک عنصر حیاتی در انتقال انرژی دیده می‌شود و فرصت‌های اقتصادی شایانی را وعده می‌دهد؛ در عین حال چالش‌های بحرانی محیط‌زیستی را نیز کاهش خواهد داد.

کلیدواژه‌ها: هیدروژن سبز، انرژی‌های تجدیدپذیر، پایداری انرژی

مقدمه

فرایندهای ترموشیمیایی شامل استفاده از حرارت برای هدایت واکنش‌های شیمیایی هستند که هیدروژن را از مواد اولیه‌ای مانند گاز طبیعی یا زیست‌توده استخراج می‌کنند. این روش‌ها می‌توانند هیدروژن را به‌طور کارآمد تولید کنند؛ با این حال، فرایندهای ترموشیمیایی سنتی اغلب دی‌اکسید کربن آزاد می‌کنند که چالش‌هایی برای اهداف انتشار صفر خالص^۴ ایجاد می‌کنند (de Kleijne et al., 2022; Eric Koons, 2024). در نتیجه، تمرکز فزاینده‌ای بر بهبود این فرایندها برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای درحالی که کارایی حفظ می‌شود، وجود دارد.

روش‌های بیولوژیکی برای تولید هیدروژن شامل استفاده از موجودات بیولوژیکی برای تولید گاز هیدروژن از طریق فرایندهای متابولیکی است. این روش می‌تواند از زیست‌توده، از جمله ضایعات کشاورزی و ارگانیک، برای تولید هیدروژن استفاده کند (Magazzino et al., 2024). درحالی که این روش‌ها هنوز در مراحل تحقیقاتی هستند اما برای تولید هیدروژن پایدار نویدبخش هستند.

فرایندهای گازی‌سازی، مواد آلی را از طریق واکنش‌های دمای بالا با اکسیژن کنترل‌شده یا بخار به گاز ترکیبی، که متشکل از هیدروژن و مونوکسید کربن است، تبدیل می‌کنند. فرآیند گازی‌سازی نه‌تنها هیدروژن تولید می‌کند بلکه امکان جذب و ذخیره‌سازی کربن (CCS^۵) را نیز فراهم می‌آورد و بدین ترتیب انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش می‌دهد (de Kleijne et al., 2022; Magazzino et al., 2024). این روش به‌عنوان یک مسیر قابل‌قبول برای بهره‌برداری از پتانسیل منابع

هیدروژن سبز به‌عنوان سوخت پاک شناخته شده‌است؛ زیرا درحین استفاده از خود آلاینده‌های مضر منتشر نمی‌کند. تولید هیدروژن سبز از منابع انرژی تجدیدپذیر، مانند خورشیدی و بادی، پایداری آن را به‌عنوان یک حامل انرژی جایگزین تأیید می‌کند. مزایای محیط‌زیستی هیدروژن سبز، به کاهش کربن در صنایع مختلف، از جمله پالایشی و پتروشیمیایی گسترش می‌یابد، جایی که می‌تواند به‌عنوان یک جایگزین پاک‌تر برای سوخت‌های فسیلی عمل کند و بدین ترتیب انتشار کربن را به‌طور قابل‌توجهی کاهش دهد (Marouani et al., 2023).

تولید هیدروژن سبز شامل استخراج هیدروژن از منابع پایدار مختلف است و عمدتاً از طریق روش‌هایی که تأثیرات محیط‌زیستی را به‌حداقل می‌رسانند، انجام می‌شود. مسیرهای اصلی تولید را می‌توان به فرایندهای الکترولیتی، فرایندهای ترموشیمیایی، فرایندهای بیولوژیکی و تولید گاز از زیست‌توده تقسیم‌بندی کرد. فرایندهای الکترولیتی از برق برای تجزیه مولکول‌های آب به هیدروژن و اکسیژن از طریق الکترولیز استفاده می‌کنند. این روش براساس شرایط عملیاتی و الکترولیزر مورد استفاده به سه نوع اصلی تقسیم می‌شود: الکترولیز قلیایی (AEL^۱)، الکترولیز غشای تبادل پروتون (PEMWE^۲) و الکترولیز اکسید جامد (SOEC^۳) (de Kleijne et al., 2022; Vidas & Castro, 2021). فرایند AEL یک فناوری مناسب تثبیت‌شده است که اولین بار در سال ۱۷۸۹ معرفی شد، ساختار PEMWE مشابه با سلول‌های سوختی است اما عملکرد آن معکوس بوده و از غشاهای پلی‌سولفاته جامد به‌عنوان الکترولیت استفاده می‌کند. کارایی تولید این فرایندها می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی بر قابلیت کلی هیدروژن سبز به‌عنوان یک منبع انرژی تأثیر بگذارد. (Vidas & Castro, 2021).

¹ Alkaline ELectrolyser

² Proton Exchange Water Membrane Electrolysis

³ Solid Oxide Electrolyzer Cell

^۴ "انتشار خالص صفر Net Zero Emission" به وضعیتی اطلاق می‌شود که در آن مجموع گازهای گلخانه‌ای منتشرشده در مقیاس‌های مختلف، در یک دوره زمانی مشخص، از طریق حذف مستقیم از جو یا جبران‌سازی مانند کاشت درخت یا استفاده از فناوری‌های جذب کربن، به صفر می‌رسد.

^۵ Carbon Capture and Storage

زیست‌توده تجدیدپذیر برای تولید هیدروژن مورد بررسی قرار گرفته است.

تولید و استفاده از هیدروژن سبز در سطح جهانی به واسطه ابتکارات دولتی و سرمایه‌گذاری‌های بخش خصوصی به شدت در حال گسترش است. از سال ۲۰۲۴، اداره ملی انرژی چین توسعه زیر ساخت‌های انرژی‌های تجدیدپذیر را تحلیل کرده و بر اهمیت هیدروژن سبز در دستیابی به اهداف انتقال انرژی تأکید کرده است (Franco & Giovannini, 2023). کشورهای اروپایی بر هیدروژن سبز به عنوان بخشی از استراتژی‌های تنوع بخشی انرژی خود تمرکز کرده‌اند و از منابع تجدیدپذیر فراوان خود مانند انرژی باد و خورشید برای تولید هیدروژن با انتشار صفر استفاده می‌کنند. سازمان بین‌المللی انرژی (IEA)^۱ اشاره کرده است که اکوسیستم جهانی هیدروژن^۲ به سرعت در حال تکامل است و ظرفیت‌های پیش‌بینی شده نشان‌دهنده تغییر قابل توجهی به سمت منابع انرژی پاک‌تر هستند (Tuluhong et al., 2024; Vidas & Castro, 2021). در ایالات متحده، وزارت خزانه‌داری اقداماتی برای حمایت از بخش هیدروژن پاک از طریق اعتبار مالیاتی تولید هیدروژن پاک پیشنهادی، بخشی از قانون کاهش تورم، انجام داده است. این ابتکار به دنبال تحریک رشد صنعتی و ترویج حفاظت‌های محیط‌زیستی است و در دسترس بودن هیدروژن پاک با هزینه رقابتی را افزایش می‌دهد (Tuluhong et al., 2024). چارچوب‌های سیاستی مشابهی در کشورهای مختلف در حال توسعه هستند تا محیطی مساعد برای رشد بازار هیدروژن سبز ایجاد کنند.

بازار هیدروژن سبز نیز شاهد افزایش ادغام‌ها و اکتساب‌ها است که نشان‌دهنده علاقه فزاینده شرکت‌ها به این بخش

است (By Wilhelm Schmundt, 2023). سرمایه‌گذاری‌های استراتژیک و پیشرفت‌های فناوری در اولویت قرار دارند تا کارایی تولید و مقیاس‌پذیری^۳ را افزایش دهند. کشورهایی مانند اسپانیا، نروژ و یونان در حال تبدیل شدن به بازیگران کلیدی در بازار هیدروژن هستند و ظرفیت‌های تولید قابل توجهی را ایجاد می‌کنند (Eric Koons, 2024). با این حال، تفاوت قابل توجهی بین پروژه‌های برنامه‌ریزی شده و پروژه‌هایی که وارد مرحله ساخت شده‌اند وجود دارد، که نشان‌دهنده چالش‌هایی است که باید برای پاسخگویی به تقاضاهای آینده برطرف شوند (Chiara Gulli, 2024).

روش کار

نوشته حاضر با مرور مقالات علمی، منابع کتابخانه‌ای و آنلاین نگارش شده است.

نتایج و بحث

هیدروژن سبز مزایای زیادی دارد که به شناخته شدن روزافزون آن به عنوان یک بازیگر کلیدی در سیستم‌های انرژی پایدار کمک می‌کند. ذخیره‌سازی انرژی و انعطاف‌پذیری هیدروژن سبز به عنوان یک راه‌حل مؤثر برای ذخیره‌سازی انرژی عمل می‌کند که قادر به تثبیت منابع انرژی تجدیدپذیر است. مازاد انرژی تجدیدپذیر می‌تواند از طریق الکترولیز به هیدروژن تبدیل شود، که امکان ذخیره‌سازی انرژی و تبدیل مجدد آن به برق در زمان نیاز را فراهم می‌کند (Marouani et al., 2023).

^۱ International Energy Agency

^۲ "اکوسیستم جهانی هیدروژن" به مجموعه‌ای از زنجیره‌های تأمین، فناوری‌ها، بازیگران، سیاست‌ها و بازارها اطلاق می‌شود که در تولید، ذخیره‌سازی، توزیع و مصرف هیدروژن-به‌ویژه هیدروژن کم‌کربن یا سبز- در سطح جهانی نقش دارند.

^۳ "مقیاس‌پذیری (Scalability)" به قابلیت فنی، اقتصادی و زیربنایی یک فناوری برای افزایش ظرفیت تولید بدون افت عملکرد، پایداری یا افزایش نامتناسب در هزینه‌ها اطلاق می‌شود.

این ویژگی امنیت انرژی را افزایش می‌دهد و انعطاف‌پذیری در سیستم‌های انرژی را فراهم می‌کند.

یکی از مزیت‌های قابل توجه هیدروژن سبز پتانسیل آن برای ایجاد ارزش محلی و پیوندهای صنعتی است. با استفاده از هیدروژن سبز برای کاربردهای محلی، مانند تولید فولاد سبز یا کودهای شیمیایی، کشورها می‌توانند سهم تولیدی خود را در تولید ناخالص داخلی افزایش دهند و فرصت‌های شغلی بلندمدت را ترویج کنند. یک رویکرد دوگانه که استفاده محلی را با صادرات محدود ترکیب می‌کند، به کشورها این امکان را می‌دهد که پتانسیل‌های داخلی را توسعه دهند و در عین حال از بازارهای انرژی بین‌المللی بهره‌مند شوند، که ممکن است سرمایه‌گذاری‌های خارجی را جذب کند و تلاش‌های کربن‌زدایی محلی را تقویت کند. علاوه بر این، صادرات هیدروژن سبز می‌تواند تراز تجاری را بهبود بخشد و اهمیت سیاسی آن را در چشم‌انداز جهانی انرژی افزایش دهد (Jumah, 2024).

توسعه کاربرد هیدروژن سبز پیشرفت‌های فناوری و انتقال دانش را تسهیل می‌کند، که می‌تواند توسعه اجتماعی-اقتصادی را در کشورهای تولیدکننده تسریع بخشد. با افزایش سرمایه‌گذاری‌ها در فناوری‌های هیدروژن سبز، این سرمایه‌گذاری‌ها می‌توانند به بهبود در زمینه‌های تحقیق، توسعه و نوآوری منجر شوند و ساختار صنعتی قابل‌تطبیق‌تری را پرورش دهند (Jumah, 2024). علاوه بر این، کاهش پیش‌بینی‌شده هزینه تولید هیدروژن سبز ممکن است رقابت‌پذیری آن را به عنوان یک منبع انرژی ترجیحی در دهه‌های آینده بیشتر تقویت کند (Magazzino et al., 2024).

پایداری بلندمدت هیدروژن سبز با توجه به پتانسیل آن برای تحول در تولید و بهبود کارایی صنایع سنگین مورد توجه قرار گرفته است. با کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی، هیدروژن سبز به چارچوب انرژی پایدارتر کمک

می‌کند. همچنین مزایای اقتصادی قابل توجه و پتانسیل ایجاد شغل‌های زیاد در بخش انرژی سبز را ارائه می‌دهد. این تغییر به سمت منابع انرژی تجدیدپذیر برای مقابله با تغییرات اقلیمی و دستیابی به آینده‌ای پایدار بسیار حیاتی است (Magazzino et al., 2024).

توسعه و به کارگیری فناوری‌های هیدروژن سبز با چالش‌های قابل توجهی مواجه است که بر مقیاس‌پذیری و قابلیت اقتصادی آن‌ها تأثیر می‌گذارد. این چالش‌ها از موانع فناوری گرفته تا ملاحظات اقتصادی ونوسانات بازار متغیر هستند.

پایه‌سازی زیرساخت‌ها چالش حیاتی در توسعه کاربرد هیدروژن سبز است. ساخت تأسیسات ضروری، مانند ایستگاه‌های الکترولیزر^۱ و راه‌حل‌های ذخیره‌سازی هیدروژن، نیاز به سرمایه‌گذاری اولیه قابل توجه و زمان‌های طولانی دارد (US department of energy, 2024). بدون زیرساخت‌های مناسب، انتقال به اقتصاد هیدروژنی ممکن است به تأخیر بیفتد و تلاش‌ها برای برآورده کردن نیازهای انرژی آینده و اهداف اقلیمی را تضعیف کند. علاوه بر این، بیشتر پروژه‌های زیرساختی باید با چارچوب‌های قانونی پیچیده مطابقت داشته باشند و نیاز به همکاری چندین ذی‌نفع، از جمله نهادهای دولتی و شرکت‌های خصوصی دارند (Magazzino et al., 2024).

یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در تولید هیدروژن سبز، رقابت هزینه‌ای با منابع سنتی هیدروژن، مانند هیدروژن خاکستری و آبی است. در حال حاضر، هزینه تولید هیدروژن سبز حدود ۴/۸۵ دلار به ازای هر کیلوگرم تخمین زده می‌شود، که عمدتاً به دلیل هزینه‌های بالای برق و کارایی الکترولیزرها است (IEA, 2023; UNIDO, 2024).

اگرچه پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهند که قیمت‌ها ممکن است تا سال ۲۰۳۰ به کمتر از ۲/۰۰ دلار به ازای هر کیلوگرم

¹ Electrolyser

و محروم به مزایای فناوری‌های هیدروژن سبز دسترسی دارند (Magazzino et al., 2024; UNIDO, 2024). پرداختن به این نگرانی‌ها برای جلب حمایت عمومی و اطمینان از موفقیت بلندمدت ابتکارات هیدروژن سبز حیاتی خواهد بود.

نتیجه‌گیری

درحالی که کشورها تلاش می‌کنند به اهداف انتشار صفر خالص دست یابند، هیدروژن سبز به‌طور فزاینده‌ای در انتقال انرژی جهانی تأثیرگذار است. سازمان بین‌المللی انرژی (IEA)^۱ پیش‌بینی می‌کند که تولید هیدروژن به‌طور قابل توجهی افزایش خواهد یافت و برآورد می‌کند که برای حمایت از تلاش‌های کاهش کربن، نیاز به افزایش به ۲۰۰ میلیون تن هیدروژن آبی و ۳۰۰ میلیون تن هیدروژن سبز تا سال ۲۰۷۰ وجود دارد (White House, 2023).

این رشد پیش‌بینی شده ضرورت سرمایه‌گذاری ۳۰۰ میلیارد تا ۷۰۰ میلیارد دلار در سال‌های ۲۰۲۵ تا ۲۰۳۰ در فناوری‌های هیدروژنی را برجسته می‌کند، که برای شکوفایی صنعت هیدروژن حیاتی خواهد بود (David Stent, 2021).

چشم‌انداز جهانی انرژی ۲۰۲۳ یک چارچوب مدل‌سازی جامع ارائه می‌دهد که شامل سناریوهای مختلف انتقال انرژی متناسب با توافق پاریس است. این سناریوها طیف وسیعی از نتایج برای گرمایش جهانی از ۱/۶ درجه سانتی‌گراد تا ۲/۹ درجه سانتی‌گراد تا سال ۲۱۰۰ را بسته به پیشرفت‌های فناوری و اجرای سیاست‌ها پیشنهاد می‌کنند (Daniel Haag, 2024). این تنوع بر ضرورت سیاست‌های قابل تطبیق و آینده‌نگر تأکید می‌کند که

کاهش یابند، دستیابی به این هدف نیازمند پیشرفت‌های قابل توجهی در تولید انرژی تجدیدپذیر، کارایی الکترولیزرها و کاهش هزینه‌های سرمایه‌ای خواهد بود (IEA, 2023; Magazzino et al., 2024).

کارایی الکترولیزرها نقش حیاتی در تعیین هزینه کلی و قابلیت اجرایی تولید هیدروژن سبز ایفا می‌کند. سیستم‌های الکترولیز کنونی دارای نرخ کارایی تقریباً ۶۵-۶۰٪ هستند، به این معنی که بخش قابل توجهی از انرژی ورودی در فرآیند تبدیل از دست می‌رود (IEA, 2023; Magazzino et al., 2024). تلاش‌ها برای توسعه الکترولیز با دمای بالا، که می‌تواند کارایی بهتری داشته باشد، در حال انجام است، اما این فرآیند به بخار و ورودی‌های حرارتی نیاز دارد که ادغام آن با منابع انرژی تجدیدپذیر موجود شرایط را پیچیده می‌کند (IEA, 2023).

بازار هیدروژن سبز با تقاضای ناکافی و کانال‌های توزیع محدود هنوز در مراحل ابتدایی خود قرار دارد. حمایت‌های سیاستی، از جمله یارانه‌ها و مشوق‌ها، برای تحریک سرمایه‌گذاری در تولید هیدروژن و زیرساخت‌ها ضروری است (Magazzino et al., 2024). موفقیت ابتکارات هیدروژن سبز به ادغام هیدروژن در سیستم‌های انرژی موجود و شبکه‌های حمل و نقل بستگی دارد، که چالش‌های ترازبری اضافی را به همراه دارد (IEA, 2023). تلاش‌های هماهنگ در سراسر زنجیره ارزش برای غلبه بر این موانع و اطمینان از استقرار مؤثر فناوری‌های هیدروژن سبز ضروری است.

با افزایش تولید هیدروژن سبز، باید به پیامدهای محیط‌زیستی و اجتماعی آن توجه شود. تأمین مواد برای الکترولیزرها و تأثیرات محیط‌زیستی بالقوه پروژه‌های بزرگ مقیاس انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند نگرانی‌های مربوط به پایداری را به همراه داشته باشد. علاوه بر این، برای انتقال به یک اقتصاد هیدروژنی باید مسائل برابری در نظر گرفته شود و اطمینان حاصل شود که جوامع کم‌درآمد

¹ International Energy Agency

می‌توانند مسیرهای مختلفی را برای تثبیت فناوری‌های هیدروژن در برگیرند.

فرصت‌های سرمایه‌گذاری در بخش هیدروژن در نقاط مختلف زنجیره ارزش، از توسعه مواد اولیه تا تولید، حمل و نقل و ذخیره‌سازی هیدروژن، به وجود خواهند آمد. چشم‌انداز اقتصادی کنونی، تحت تأثیر افزایش نرخ بهره و تورم، هم چالش‌ها و هم فرصت‌هایی را برای سرمایه‌گذاران به همراه دارد. با وجود کاهش توجیه اقتصادی هیدروژن سبز از دیدگاه فعالان بازار انرژی، سرمایه‌گذاری‌های زیرساختی در هیدروژن نشان‌دهنده تاب‌آوری بوده و پیش‌بینی می‌شود در دوران نوسانات اقتصادی از سایر کلاس‌های دارایی^۱ بهتر عمل کند (David Stent, 2021).

روش‌های فعلی تولید هیدروژن، به‌ویژه هیدروژن خاکستری که از گاز طبیعی مشتق می‌شود، بازار را تسخیر کرده‌اند؛ با این حال، انتقال به گزینه‌های سبزتر، مانند هیدروژن آبی و سبز، برای دستیابی به اهداف پایداری ضروری خواهد بود (White House, 2023). نوآوری‌ها در فناوری‌های ذخیره‌سازی هیدروژن، مانند گاز فشرده و حامل‌های هیدروژن مایع آلی، نیز نقش حیاتی در رشد این بخش ایفا خواهند کرد (Vidas & Castro, 2021).

فشار برای بهبود کارایی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در روش‌های تولید هیدروژن، در سال‌های آینده به رشد یک اقتصاد هیدروژنی متنوع کمک خواهد کرد. چارچوب‌های قانونی مکانیسم‌های حکمرانی و گزارش‌دهی در حال تکامل هستند تا بهتر از اقتصاد هیدروژن حمایت کنند. شفافیت بیشتری از شرکت‌ها و تأمین‌کنندگان مالی

^۱ کلاس‌های دارایی مشابه هیدروژن سبز، به سایر حوزه‌های سرمایه‌گذاری در بخش انرژی پاک و گذار کم‌کربن اطلاق می‌شود که شامل انرژی‌های تجدیدپذیر (خورشیدی و بادی)، زیرساخت‌های ذخیره‌سازی انرژی، حمل‌ونقل پاک، کربن‌زدایی صنعتی، و فناوری‌های بازیافت و اقتصاد چرخشی هستند.

در مورد سرمایه‌گذاری‌ها و فعالیت‌های مرتبط با هیدروژن مورد نیاز است. در عین حال رعایت معیارهای فنی سخت‌گیرانه و تأیید مستقل برای ایجاد اعتماد سرمایه‌گذاران و اطمینان از هم‌راستایی با اهداف کاهش کربن ضروری خواهد بود (ESG & Sustainability, n.d.).

هیدروژن سبز به عنوان یکی از عناصر کلیدی در گذار جهانی به انرژی پاک شناخته می‌شود و قابلیت آن در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، ذخیره‌سازی انرژی، و کاربردهای صنعتی و حمل‌ونقل اهمیت بسیاری دارد. روش‌های مختلفی برای تولید هیدروژن سبز از جمله الکترولیز قلیایی، غشای تبادل پروتون و سلول الکترولیز اکسید جامد وجود دارد که هر کدام مزایا و چالش‌های خاص خود را دارند. اگرچه هزینه‌های بالای تولید و نیاز به زیرساخت‌های گسترده چالش‌های اصلی این حوزه محسوب می‌شوند، اما با افزایش سرمایه‌گذاری‌ها و سیاست‌گذاری‌های حمایتی، بسیاری از کشورها در حال توسعه بازارهای هیدروژن هستند. پیش‌بینی آژانس بین‌المللی انرژی حاکی از رشد چشمگیر تولید هیدروژن سبز تا سال ۲۰۵۰ است. در نتیجه، با ادامه حمایت‌های سیاسی و اقتصادی و نوآوری‌های فناورانه، هیدروژن سبز می‌تواند نقش مهمی در دستیابی به اهداف پایداری ایفا کند و آینده‌ای کم‌کربن و پایدارتر را رقم بزند.

منابع

Chiara Gulli, B. H. J. N. M. W., & M. W. (2024, January 10). Global Energy Perspective 2023: Hydrogen outlook. McKinsey & Company.

<https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/global-energy-perspective-2023-hydrogen-outlook>.

Daniel Haag. (2024, April 22). Fulfilling the potential of green hydrogen. World Energy Congress 2024.



Environmental Economics, 1(1), 3–30.
<https://doi.org/10.3390/rsee1010002>.

Marouani, I., Guesmi, T., Alshammari, B. M., Alqunun, K., Alzamil, A., Alturki, M., & Hadj Abdallah, H. (2023). Integration of Renewable-Energy-Based Green Hydrogen into the Energy Future. *Processes*, 11(9), 2685. <https://doi.org/10.3390/pr11092685>.

Tuluhong, A., Chang, Q., Xie, L., Xu, Z., & Song, T. (2024). Current Status of Green Hydrogen Production Technology: A Review. *Sustainability*, 16(20), 9070. <https://doi.org/10.3390/su16209070>.

UNIDO. (2024). Policies of global program hydrogen in industry. *United Nations Industrial Development Organization*.

US Department of Energy. (2024). Hydrogen Laws and Incentives in Federal. *US Department of Energy*.
<https://www.energy.gov>.

Vidas, L., & Castro, R. (2021). Recent developments on hydrogen production technologies: State-of-the-art review with a focus on green-electrolysis. *Applied Sciences*, 11(23), 11363. <https://doi.org/10.3390/app112311363>.

White House. (2023, December 22). Treasury Sets Out Proposed Rules for Transformative Clean Hydrogen Incentives. <https://www.whitehouse.gov/cleanenergy/clean-energy-updates/2023/12/22/treasury-sets-out-proposed-rules-for-transformative-clean-hydrogen-incentives/>.

Wilhelm Schmundt, B. G. E. H. M. H. S. G. F. K. A. G. F. B.-B. L. L. A. W. S. M., & D. S. (2023, March 21). Building the Green Hydrogen Economy. *Boston Consulting Group*.
<https://www.bcg.com/publications/2023/strategies-to-build-green-hydrogen-economy>.

David Stent. (2021, October 18). The Challenges In Pursuit Of A Green Hydrogen Economy. *Climate Council*.
<https://climatecouncil.com/articles/the-challenges-in-pursuit-of-a-green-hydrogen-economy/>.

de Kleijne, K., de Coninck, H., van Zelm, R., Huijbregts, M. A. J., & Hanssen, S. V. (2022). The many greenhouse gas footprints of green hydrogen. *Sustainable Energy & Fuels*, 6(19), 4383–4387. <https://doi.org/10.1039/D2SE00444E>.

Eric Koons. (2024, June 11). Types of Hydrogen: Grey, Blue and Green. *Energytracker.asia*.
<https://energytracker.asia/types-of-hydrogen-grey-blue-and-green/>.

ESG & Sustainability. (n.d.). Green Hydrogen: The Impact on Transport and Energy. *RBS International*.
<https://www.rbsinternational.com/insights/2023/01/green-hydrogen-the-impact-on-transport-and-energy.html>.

Franco, A., & Giovannini, C. (2023). Recent and Future Advances in Water Electrolysis for Green Hydrogen Generation: Critical Analysis and Perspectives. *Sustainability*, 15(24), 16917. <https://doi.org/10.3390/su152416917>.

IEA. (2023, April). Towards hydrogen definitions based on their emissions intensity. *International Energy Agency*.
<https://www.iea.org/reports/towards-hydrogen-definitions-based-on-their-emissions-intensity>.

Jumah, A. bin. (2024). A comprehensive review of production, applications, and the path to a sustainable energy future with hydrogen. *RSC Advances*, 14(36), 26400–26423. <https://doi.org/10.1039/D4RA04559A>.

Magazzino, C., Mele, M., & Leogrande, A. (2024). Regional Disparities and Strategic Implications of Hydrogen Production in 27 European Countries. *Regional Science and*



Introduction to Green Hydrogen

Mohammad Hamed Zhaf

Master's student, Department of Natural Environment, Faculty of Natural Resources, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Author's E-mail: m.hamed.zhaf@ut.ac.ir

Abstract

Green hydrogen refers to hydrogen produced through processes such as water electrolysis using renewable electricity. The growing recognition of green hydrogen's role in energy storage, industrial applications, and transportation has spurred investment and research in this field, emphasizing its importance in achieving net-zero emissions by mid-century. Other production methods for green hydrogen include thermochemical processes, biological production, and gasification of biomass. Each of these techniques has its own advantages and challenges that affect efficiency, scalability, and overall cost. Despite its advantages, green hydrogen faces significant barriers, including high production costs, infrastructure development challenges, and market volatility. Furthermore, environmental and social considerations must be addressed to ensure equitable access to the benefits of green hydrogen technologies as they expand. Globally, demand for green hydrogen is increasing, and various countries are implementing policy frameworks, providing financial support, and investing in production capacities to build a strong green hydrogen market. The International Energy Agency forecasts a significant increase in green hydrogen production, which will require substantial investments in technologies and infrastructure to support the anticipated growth. Green hydrogen is increasingly viewed as a vital element in the global energy transition, offering promising economic opportunities while also addressing critical environmental challenges.

Keywords: Green hydrogen, Renewable energies, Energy sustainability



Hot air balloons ready to fly, December, 2021, Photographer: Ramzi Belaidi

گردش با بالن هوای گرم

پروانه سبحانی^۱ و افشین دانه کار^۲

۱- استادیار گروه محیط زیست، دانشگاه لرستان، دانشکده منابع طبیعی، خرم آباد، ایران

۲- استاده، گروه محیط‌زیست طبیعی، دانشکده منابع طبیعی، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

* رایانامه نویسنده مسئول: sobhani.pa@lu.ac.ir

چکیده

بالن‌سواری یکی از فعالیت‌های تفرجی با سابقه طولانی پر جاذبه و سازگار با طبیعت است که امروزه به‌عنوان یک تفریح هیجان‌انگیز مورد توجه بسیاری از گردشگران و طبیعت‌گران قرار گرفته‌است. این فعالیت تفرجی گسترده از نظر ارتفاع از سطح دریا با محدودیتی مواجه نیست، اما مناسب شیب‌های کمتر از ۱۵ درصد و سرعت باد کمتر از ۱۱ کیلومتر در ساعت است. مناسب‌ترین شرایط اقلیمی زمانی است که احتمال رعدوبرق، باد و بارش‌های شدید وجود ندارد. پوشش گیاهی منطقه برای اجرای این فعالیت، دشت بدون درخت برای بلند شدن و فرود بالن است. این فعالیت برای افراد بیش از ۴ سال مجاز است، با این وجود ضروری است با محدودیت‌های پزشکی برای بالن‌سواری همراه نباشند. بالن‌سواری به همراه خلبان انجام می‌شود و فرد گردشگر از این همراهی لذت‌جویی می‌کند. این فعالیت دوستدار محیط‌زیست، مناظر هوایی نفس‌گیر را با تعاملی آرام و کم تاثیر با محیط طبیعی ترکیب می‌کند و آن را به شکلی منحصر به فرد و به یاد ماندنی از گردشگری پایدار تبدیل می‌کند.

کلیدواژه‌ها: فعالیت تفرجی، گردشگری، هواگردی، بالن‌سواری، شاخص‌های مکانی و زمانی

مقدمه

تاریخچه بالن سواری

بالن های اولیه

فانوس کونگمینگ^۱ (شکل ۱) یکی از اولین شکل های بالن های هوای گرم بود که بین قرن دوم تا سوم میلادی در چین برای ارتباطات نظامی توسعه یافت. بعدها این فانوس ها در میان کودکان و در کارناوال ها محبوبیت زیادی پیدا کردند. (Seattleballooning, 2025)

اولین آزمایش های اروپایی

در سال ۱۷۱۰ در لیسبون، بشارتولومئو د گوسماو (Bartolomeu de Gusmão) موفق شد یک بالن پر از هوای گرم را در داخل یک اتاق به پرواز درآورد. او همچنین بالن "پاسارولا"^۲ (پرنده بزرگ) را ساخت و تلاش کرد از قلعه سنت جورج لیسبون پرواز کند، اما فقط توانست حدود یک کیلومتر آن طرف تر به سلامت فرود آید.

پس از کار Henry Cavendish در سال ۱۷۶۶ روی هیدروژن، Joseph Black پیشنهاد کرد که بالن پر از هیدروژن می تواند در هوا بالا برود (FAA, 2021).

اولین پروازهای ثبت شده

بالن سواری به عنوان یکی از قدیمی ترین روش های پرواز توسط انسان شناخته می شود. اولین پرواز موفقیت آمیز بالن سرنشین دار (شکل ۲) در ۲۱ نوامبر ۱۷۸۳ توسط برادران مونگولفیه (Joseph-Michel و Jacques-Étienne Montgolfier) در فرانسه انجام شد. این بالن با استفاده از هوای گرم به پرواز درآمد و دو سرنشین به نام های پیلتر دو روزیه (Pilâtre de Rozier) و مارکیز د آرلانده (Marquis d'Arlandes) را حمل کرد. این بالن تا ارتفاع حدود ۱۵۰ متری بالا رفت و حدود ۹ کیلومتر را در ۲۵ دقیقه طی کرد (Smith, 2010). ۱ دسامبر ۱۷۸۳:

بالن، گونه ای هواگرد است که به دلیل شناوری، در جو باقی می ماند. بالن با نیروی باد در آسمان به حرکت درمی آید. بالن سواری به عنوان یکی از فعالیت های تفرجی و ورزش های هوایی از اوایل قرن شانزدهم میلادی ابداع شده است. این فعالیت تفرجی دارای سابقه طولانی است و امروزه به عنوان یک تفریح هیجان انگیز مورد توجه بسیاری از گردشگران و طبیعت گران قرار دارد. بالن شامل یک محفظه کروی شکل (کیسه هوا) حاوی هوای داغ، یک یا چند مشعل برای تولید حرارت و سبکی برای قرار دادن کپسول های گاز و سرنشینان است. بالن قبل از پرواز با روشن کردن مشعل ها و ورود هوای داغ به حالت استوانه ای درآمده و برافراشته می شود. سرنشینان در سبد قرار گرفته و با رها کردن طناب توقف، بالن به پرواز درمی آید. حداقل ارتفاع پرواز با بالن ۹۰۰ تا ۱۵۰۰ متر می باشد و تا ۶۰۰۰ متر هم قابلیت افزایش دارد. درون سبد بالن، باد نما، ارتفاع سنج و فشارسنج نیز وجود دارد. در گذشته این سیستم به صورت آنالوگ و مکانیکی عمل می کرد. امروز از تجهیزات الکترونیکی و دقیق تر از گذشته پارامترهای مربوطه را نمایش می دهد. بالن از کیسه های تعادلی حاوی شن و یا وزنه استفاده می کند. به منظور کم کردن ارتفاع و نشستن دریچه ای کوچک در رأس بالایی بالن قرار دارد. این دریچه با یک طناب به پایین مرتبط شده است. با کشیدن طناب دریچه باز و هوای گرم خارج می شود این عمل تحت تأثیر نیروی جاذبه زمین بالن را روبه پایین هدایت می کند. برای ارتفاع بالاتر از کپسول و ماسک اکسیژن استفاده می شود (Adventure Nation, 2013). گروه فنی مهندسی بازرگانی پینیون، ۱۳۹۳.

¹. Kongming lantern

². Passarola

- مه ۱۷۸۵: اولین فاجعه هوایی در تالامور، ایرلند که باعث آتش‌سوزی و تخریب ۱۰۰ خانه شد.
- ژانویه ۱۷۹۳: اولین پرواز بالن در آمریکا توسط بلانشار با حضور جرج واشنگتن

تحوالات فناوری (FAA, 2021)

- ۱۸۵۲: هانری گیفارد اولین بالن قابل هدایت (دیریزیل) با موتور بخار را ساخت.
- ۱۸۷۲: پاول هانلین اولین استفاده از موتور احتراق داخلی در هوانوردی را انجام داد.
- ۱۸۷۸: گیفارد اولین بالن مهارشده برای مسافران را در پاریس راهاندازی کرد.
- ۱۹۵۰-۱۹۶۰: اد یوست با استفاده از نایلون و مشعل پروپان، بالن هوای گرم مدرن را اختراع کرد.

بالن‌های امروزی

بالن‌های گازی از دهه ۱۷۹۰ تا ۱۹۶۰ رایج بودند، اما امروزه بالن‌های هوای گرم مدرن با طراحی یوست محبوبیت بیشتری دارند. شرکت AEROPHILE S.A در سال ۱۹۹۴ اولین بالن مهارشده مدرن را در فرانسه راهاندازی کرد.

این تاریخچه نشان می‌دهد که چگونه بالن‌ها از ابزارهای اولیه نظامی به وسایل تفریحی و علمی پیشرفته امروزی تبدیل شده‌اند. امروزه بالن‌سواری بیشتر به‌عنوان یک فعالیت تفریحی و ورزشی انجام می‌شود. مسابقات معتبری مانند مسابقات جهانی بالن‌سواری (World Hot Air Balloon Championship) به‌صورت دوره‌ای برگزار می‌شوند. همچنین، جشنواره‌های بالن مانند جشنواره بین‌المللی بالن البورکورک (Albuquerque International Balloon Fiesta) در نیومکزیکو، هر

پروفسور ژاک شارل و نیکولا لویی رابرت^۱ اولین پرواز با بالن گازی (پران هیدروژن) را انجام دادند که تا ارتفاع ۶۰۰ متری بالا رفت و ۴۳ کیلومتر را در ۲ ساعت طی کرد.

در سال ۱۷۸۵، ژان-پیر بلانشار (Jean-Pierre Blanchard) و جان جفریز (John Jeffries) اولین عبور از کانال مانش را با بالن گاز هیدروژن انجام دادند که نقطه عطفی در تاریخ هوانوردی محسوب می‌شود (Crouch, 2003).



شکل ۱- فانوس کونگمینگ



شکل ۲- بالن مونگولفیه

رکوردهای مهم (Martin, 2007)

- ژانویه ۱۷۸۵: اولین عبور از کانال مانش توسط ژان-پیر بلانشار و جان جفریز

1. Jacques Charles and Nicholas Louis Robert

نوع خاص از بالن گازی به نام بالن فوق فشار^۳ وجود دارد که می‌تواند با فشار گاز بالاتر از فشار هوای محیط کار کند تا از اتلاف گاز در اثر گرمای روز جلوگیری کند.

گازهای مورد استفاده در بالن‌های گازی:

- هیدروژن: پس از فاجعه هیندنبگ به دلیل اشتعال‌پذیری بالا کمتر استفاده می‌شود (به جز برخی بالن‌های ورزشی و تقریباً تمام بالن‌های علمی و هواشناسی بدون سرنشین).
- هلیوم: گازی که امروزه برای تمام کشتی‌های هوایی و بیشتر بالن‌های سرنشین‌دار استفاده می‌شود.
- آمونیاک: به دلیل خورندگی و نیروی بالابرنندگی محدود، به ندرت استفاده می‌شود.
- گاز زغال سنگ: در روزهای اولیه بالن‌سواری استفاده می‌شد و بسیار قابل اشتعال است.

۳. بالن‌های روزی‌پر^۴

این بالن‌ها از ترکیب گازهای گرم شده و گرم نشده برای ایجاد نیروی شناوری استفاده می‌کنند. رایج‌ترین کاربرد امروزی این نوع بالن برای پروازهای مسافت طولانی و ثبت رکوردها مانند پروازهای اخیر دور دنیا است.

ساله هزاران تماشاگر را جذب می‌کنند (National Balloon Museum, 2022). بالن‌های مدرن از پارچه‌های نایلونی مقاوم و سیستم‌های پیشرفته کنترل حرارت استفاده می‌کنند که ایمنی و کارایی را افزایش داده‌اند (FAA., 2021).

تاریخچه در ایران:

اولین بالن توسط اروپاییان در سال ۱۲۷۰ خورشیدی وارد ایران شد و اولین پرواز در میدان مشق تهران با همراهی مدرسه دارالفنون و چند تن از افراد فرانسوی انجام شد. پرواز اول بعد از چند دقیقه سقوط کرد. دومین پرواز ۱۴ سال بعد از این اتفاق انجام شد که توانست تا ۳۰ دقیقه در آسمان بماند. پس از انقلاب در ایران، پرواز بالن‌ها به دلیل مسائل امنیتی ممنوع شد. اما در سال ۱۳۸۹، برای اولین بار ۱۲ بالن هوای گرم به‌طور هم‌زمان به پرواز درآمدند (گروه فنی مهندسی بازرگانی پنینون، ۱۳۹۳).

انواع بالن‌های هوایی

به‌طور کلی سه نوع اصلی بالن هوایی وجود دارد (Seattleballooning, 2025):

۱. بالن‌های هوای گرم^۱

این بالن‌ها با گرم کردن هوای داخل بالن، نیروی شناوری ایجاد می‌کنند. بالن‌های هوای گرم رایج‌ترین نوع بالن‌های هوایی هستند که امروزه مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۲. بالن‌های گازی^۲

این بالن‌ها با گازی که وزن مولکولی کمتری نسبت به هوای اطراف دارد پر می‌شوند. بیشتر بالن‌های گازی با فشار داخلی برابر با فشار هوای محیط کار می‌کنند. یک

^۳. Super pressure Balloon

^۴. Rozière Balloons

^۱. Hot Air Balloons

^۲. Gas Balloons

اجزای تشکیل دهنده بالن

کیسه هوا:

کیسه هوا^۱ یا لفاف یا بدنه بالن (یا همان بخش رنگارنگ)، لایه‌ای است که گاز را در خود نگه می‌دارد. این بخش معمولاً از مواد سبک و مقاوم مانند نایلون یا پارچه‌های خاص ساخته می‌شود و باید بتواند فشار گاز گرم یا سرد را تحمل کند. قطر کیسه هوای بالن‌ها گاهی به بیش از ۲۰ متر هم می‌رسد (Martin, 2007). لفاف از نایلون تقویت شده و مقاوم در مقابل حرارت^۲ ساخته شده که روی این لایه نایلونی با یک لایه پلی‌اورتان^۳ یا سیلیکون^۴ پوشانیده شده است. وظیفه نهایی لفاف نگهداشتن هوای گرم داخل بالن و جلوگیری از فرار است (گروه فنی مهندسی بازرگانی پپینون، ۱۳۹۳).

سبد:

سبد^۵، محلی است که خلبان، مسافران، سیلندرهای گاز و سایر تجهیزات مورد نیاز در آن قرار می‌گیرند. این بخش معمولاً از مواد سبک و مقاوم ساخته شده و به گونه‌ای طراحی می‌شود که استحکام و ایمنی کاربران را در هنگام پرواز تضمین کند. سبد معمولاً به شکل جعبه‌ای مکعب مستطیل با ارتفاع تقریبی ۱ تا ۱/۵ متر است تا مسافران بتوانند به راحتی مناظر زیبا را رویت نموده و در صورت نیاز عکس‌برداری نمایند. سبدها در شکل‌ها و اندازه‌های متفاوت هستند، بالن‌های کوچک ۱ نفره تا ۳ نفره برای پرواز صمیمی و دوستانه و اندازه‌های بزرگتر تا ۳۰ نفره برای پروازهای عمومی استفاده می‌شوند. سبدهای بالن باید مقاوم، بادوام و انعطاف‌پذیر باشند که معمولاً بدنه اصلی کاملاً چوبی (چوب بامبو یا چوب درخت بید) و چارچوب ترکیبی از آلومینیوم و ستون‌ها از جنس فولادی مقاوم

ساخته می‌شود. لوازم و تجهیزاتی نظیر کپسول‌های گاز، تجهیزات پرواز، جعبه کمک‌های اولیه و کپسول آتش نشانی در سبد جا داده می‌شوند. وزن آن بسته به تعداد افرادی که در آن جای می‌گیرند بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم است (Fettes & Pomeroy, 2017).

مشعل:

مشعل^۶ وظیفه تأمین حرارت را بر عهده دارد. مشعل معمولاً از جنس فولاد ضدزنگ ساخته شده و سوخت مورد استفاده آن از پروپان است که آن را با هوا ترکیب کرده و گرمای لازم برای گرم کردن هوای ورودی به بالن را تأمین می‌کند. این مشعل توسط نگهدارنده‌های فولادی و از طریق یک سه پایه آلومینیومی سبک که به سبد متصل شده در بالای سر سرنشینان و خلبان بالن قرار می‌گیرد و به وسیله یک اهرم، امکان کنترل آن برای روشن و خاموش شدن را به خلبان می‌دهد. مشعل‌ها براساس حجم بالن یک یا دو شعله هستند (Fettes & Pomeroy, 2017).

دامن بالن:

در پایین‌ترین قسمت لفاف بالن، بخشی به نام دامن^۷ قرار گرفته که علاوه بر اینکه از موادی ساخته شده که در مقابل حرارت شعله مقاومت زیادی دارد، وظیفه هدایت شعله و گرمای حاصل از آن را به درون بالن هنگامی که باد وجود دارد و جهت شعله را به اطراف منحرف می‌نماید، را بر عهده دارد و کمک فراوانی به اینکه بالن شکل خود را حفظ نماید، می‌کند (گروه فنی مهندسی بازرگانی پپینون، ۱۳۹۳).

طناب‌های تعلیق:

این طناب‌ها^۸، کیسه هوا را به سبد متصل و وزن بالن را تحمل می‌کنند. طراحی و مواد استفاده شده در این طناب‌ها

¹. Envelope

². Heat Resistance

³. Polyurethane

⁴. Silicon

⁵. Basket

⁶. Burner

⁷. Skirt

⁸. Suspension Lines

می‌شود و به خلبان اجازه می‌دهد تا به سرعت ارتفاع کاهش یابد و بتواند بالن را به آرامی پایین بیاورد (Martin, 2007).

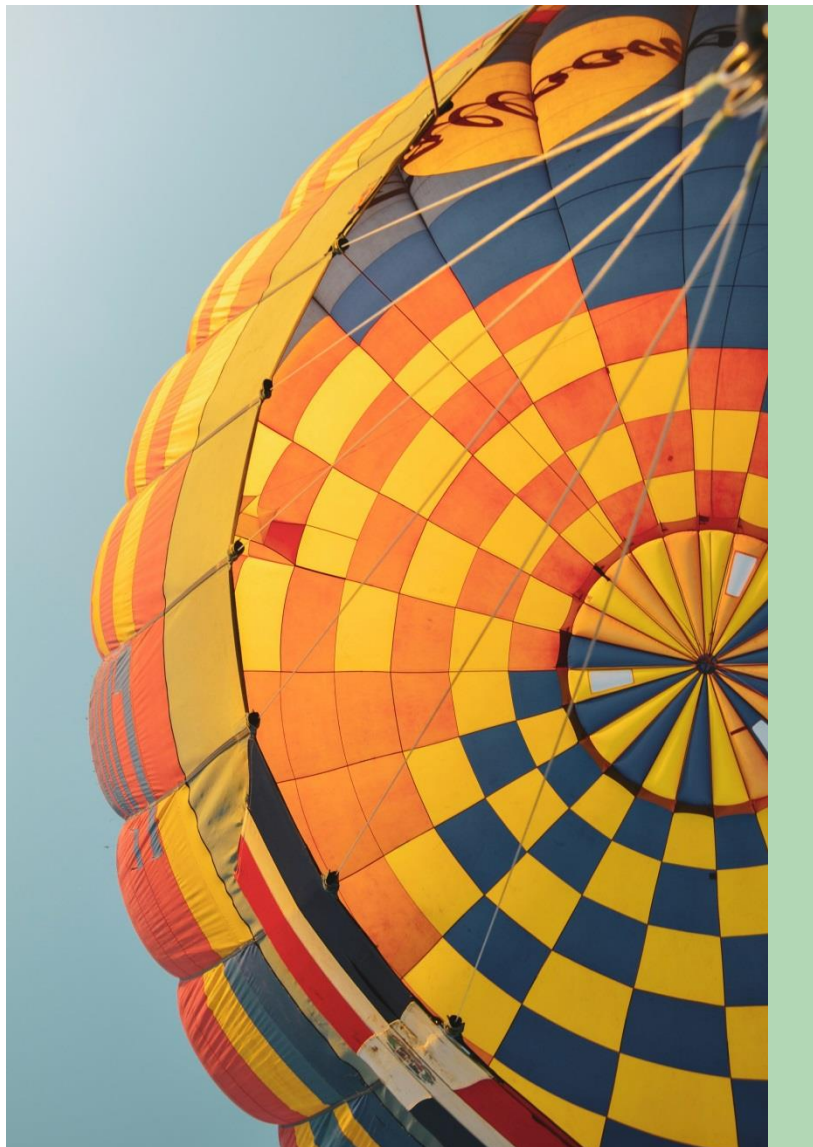
باید به گونه‌ای باشد که توانایی کنترل وزن و بار بالن را فراهم کند (Martin, 2007).

سوپاپ:

برخی از اجزای بالن در شکل ۳ نمایش شده است.

سوپاپ^۱، برای کنترل خروج گاز داغ از کیسه هوا استفاده

Bavaro, Dominican Republic, September, 2018, Photographer: Juan Fernández



1. Vent: Exhaust



شکل ۳- برخی اجزای ساختاری یک بالن

آماده‌سازی بالن برای پرواز و تجهیزات آن

کیسه هوا ابتدا توسط یک پنکه (پنکه تورم^۱) دارای هوا می‌شود. به‌همین منظور پس از بازکردن دهانه بالن توسط دو نفر خدمه هم‌زمان با به‌کار انداختن پنکه و مشعل نسبت به باد کردن بالن اقدام می‌گردد. لازم به توضیح است که رأس بالن که به یک طناب متصل شده، می‌بایست توسط یک نفر خدمه در جهت باد و شعله مشعل کشیده شود تا بالن در جهت صحیح باد شود در این زمان لازم است سوپاپ خروج هوا نیز باز باشد. این روند تا باد شدن کامل بالن حفظ می‌شود.

بالن‌های هوای داغ براساس یک اصل علمی بسیار پایه‌ای ساخته شده‌اند: هوای گرم در هوای سرد بالا می‌رود. به‌طور اساسی، هوای گرم سبک‌تر از هوای سرد است؛ زیرا چگالی کمتری به ازای هر واحد حجم دارد. یک مترمکعب هوای معمولی حدود ۱ کیلوگرم وزن دارد. اگر آن هوا به اندازه ۳۸ درجه سانتیگراد گرم شود، حدود ۷ گرم کمتر وزن خواهد داشت. بنابراین، هر متر مکعب هوا در یک بالن هوای داغ می‌تواند حدود ۲۵۰ گرم را بلند کند. این مقدار زیاد نیست و به همین دلیل بالن‌های هوای داغ این قدر بزرگ هستند، زیرا برای بلند کردن ۴۵۰ کیلوگرم، به حدود ۱۸۵۰ مترمکعب هوای داغ نیاز است (studocu, 2025).

پس از باد شدن کامل بالن و سوار شدن خلبان و سرنشینان، طناب لنگر را آزاد کرده با افزایش تدریجی شعله؛ مشعل بالن به هوا برخاسته و در جهت باد به حرکت در می‌آید. اصولاً حرکت افقی بالن در هوا تابع جهت و سرعت باد است و خلبان نقشی در آن ندارد، اما با افزایش کاهش ارتفاع به دلیل اینکه سرعت و جهت باد در همه حال یکسان نیست، می‌توان پرواز مناسب و هدایت‌شده‌ای را تجربه کرد. مهارت خلبان بالن هوای گرم در فرود آرام بی‌آنکه به سبد و سرنشینان ضربه وارد شود، بسیار مؤثر است. خلبان می‌بایست با باز کردن آرام سوپاپ تخلیه هوا به‌طور تدریجی و با در نظر گرفتن جهت باد از ارتفاع بالن کاسته و آن را در محل مناسب فرود آورد. پس از فرود، خدمه می‌بایست به‌سرعت با کشیدن طناب رأس بالن آن را در جهت باد نشاند و باد آن را خالی کنند و پس از جمع کردن، آن را به همراه سبد و سایر تجهیزات بسته‌بندی نمایند. تجهیزات مورد استفاده در بالن که جهت هدایت مورد استفاده قرار می‌گیرند، به‌طور معمول شامل یک دستگاه برای ارتباط با ایستگاه‌های رادیویی FM، GPS یا دستگاه مکان‌یاب دیجیتال و یک دستگاه ناوبری دستی برای تعیین موقعیت و هدایت بالن و دستگاه ارتفاع‌سنج دیجیتال است (FAA, 2021). شکل ۴ برخی از مراحل آماده‌سازی بالن برای پرواز را نمایش می‌دهد.

¹. Inflation fan



پرواز درآمدن بالن و سبد



گرم کرده هوای کیسه



هوادهی با پنکه

شکل ۴- آماده سازی بالن برای پرواز

ماهیت زمانی انجام بالن سواری

بالن سواری در تمامی فصول سال مشروط بر شرایط آب و هوایی مناسب قابل اجرا است و بهترین زمان در طول روز، بعد از طلوع و قبل از غروب آفتاب با اختلاف ۲-۳ ساعت است. خلبان بالن برای پرواز، باید حداقل دید مورد نیاز را داشته باشد، به این علت امکان پرواز در شب در حالت عادی وجود ندارد (گروه فنی مهندسی بازرگانی پنینون، ۱۳۹۳).

محدودیت اقلیمی

بهترین زمان برای پرواز زمانی است که، پایداری در هوا، باد کم و قابل پیش بینی و دمای مناسب باشد. محدودیت های اقلیمی این فعالیت عبارتند از احتمال وجود رعد و برق، بارش های سنگین و وزش های طولانی مدت و شدید باد. در شرایط مساعد اقلیمی (وزش باد کمتر از ۱۱ کیلومتر در ساعت و نبود بارش های شدید)، بالن مدت ها می تواند در حالت پرواز باقی بماند (سبحانی و دانه کار، ۱۴۰۲).

محدودیت ارتفاعی

اجرای این فعالیت از نظر ارتفاع از سطح دریا هیچ محدودیتی ندارد اما با محدودیت هایی از حیث ارتفاع پرواز برخوردار است. پرواز بالن تا ارتفاع ۱۵۲۴۰ متری، ثبت

درجه سختی بالن سواری

این فعالیت از درجه سختی پایینی برخوردار بوده و برای اجرای آن نیاز به فراهم کردن شرایطی ویژه و زیرساخت و تجهیزات خاصی نیست.

اکوسیستم غالب برای انجام بالن سواری

اکوسیستم غالب برای انجام بالن سواری، زمین های پست و دشت ها، محیط های جنگلی با زمین های هموار مجاور (جهت ایجاد یک سایت برای به پرواز درآمدن بالن)، علفزارها، نواحی بیابانی و کوهپایه ای و کرانه های ساحلی است. همچنین اجرای این فعالیت در اطراف شهرها و مجاورت روستاها نیز امکان پذیر است (سبحانی و دانه کار، ۱۴۰۲).

ماهیت تفرجی بالن سواری

بالن سواری از نظر نوع فعالیت تفرجی گسترده است که در طبیعت قابل اجرا است، همچنین نیاز به الزامات زیرساختی در منطقه ندارد و فقط در منطقه پرواز نیاز به حداقل ۱ هکتار زمین هموار برای برخاستن بالن و فرود آمدن آن است (Martin, 2017).

الزامات پوشاکی و وسایل کمکی

بالن سواری نیاز به استفاده از لباس مخصوصی ندارد با این وجود، هدایت‌کننده بالن چون در نزدیکی شعله هست باید عینک ایمنی استفاده کند. مسافران باید لباس آستین بلند و شلوار بلند بر تن داشته باشند. برای محافظت از سرما و جلوگیری از آفتاب سوختگی استفاده از کلاه لبه‌دار توصیه شده است. همچنین لازم است از پوشیدن کفش‌های پاشنه بلند و کفش‌هایی هم‌چون صندل خودداری شود. برای رعایت نکات ایمنی نیز دارای تجهیزات است که از جمله می‌توان به چتر نجات اشاره نمود. این چتر که در بالاترین نقطه بالن نصب می‌شود، در مواقع بحرانی توسط خلبان بالن باز می‌شود و مجموعه بالن و سرنشینان آن را به سلامت به زمین می‌رساند (FAA, 2021).

الزامات سنی و سلامتی استفاده‌کنندگان

کودکان باید بیش از ۴ سال سن داشته باشند. افراد زیر ۱۶ سال به یک همراه (فرد مسئول بزرگ‌تر) نیازمند هستند. انجام این فعالیت تفرجی محدودیت جنسیتی ندارد و همچنین بدون نیاز به آموزش قابل اجرا است. از نظر الزامات سلامتی، بالن سواری برای زنان باردار، بیماران قلبی، افرادی که از ویلچیر استفاده می‌کنند یا فشار خون بالا دارند، بیماران ریوی و افرادی که از ارتفاع می‌ترسند، افرادی که تازه مورد عمل جراحی قرار گرفته‌اند، افرادی که تحت‌تاثیر مواد مخدر و الکل هستند، افراد مبتلا به صرع و ضعف شدید عصبی توصیه نمی‌شود. همچنین مسافران بالن از لحاظ جسمی باید قادر باشد حداقل ۱ ساعت بدون حرکت بایستد (Adventure Nation, 2013).

طبیعت‌گردی بی‌ردپا با بالن سواری

بالن سواری یک راه فوق‌العاده برای مشاهده محیط محلی و مشاهده جانوران و گیاهان محلی است. توجه و پیروی از

شده‌است اما در بالن سواری تفریحی، بیشتر اوقات زمانی لذت بخش است که تا ارتفاع حدود ۳۰۰ تا ۹۰۰ متری پرواز کند. هنگامی که بالن بر فراز مناطق پرجمعیت به آسمان می‌رود، خلبان ارتفاع بالن را در ارتفاع حداقل ۳۰۰ متری حفظ می‌کند (گروه فنی مهندسی بازرگانی پینیون، ۱۳۹۳).

محدودیت شیب

برای پرواز بالن نیاز است که محیط مناسبی همچون زمین‌های صاف و هموار در نظر گرفته شود تا بتواند حجم زیاد بالن را کنترل کند و در هنگام صعود و مخصوصاً فرود دچار مشکل نشود. از نظر شیب نیز مناطقی مناسب است که دارای شیب کمتر از ۱۵ درصد باشد (سبحانی و دانه‌کار، ۱۴۰۲).

محدودیت پوشش گیاهی

پوشش گیاهی منطقه در زمان بلند شدن و فرود آمدن بالن نباید مانع باشد؛ در واقع برای بلند شدن و فرود بالن زمینی مسطح و دشت‌واره بدون درخت لازم است (FAA, 2021).

نقش گردشگر در بالن سواری

اجرای این فعالیت توسط خلبان انجام می‌شود و در این راستا گردشگر به تجربه لذت‌بخشی از بالن سواری به همراهی و هدایت مجری حرفه‌ای و آموزش دیده دست می‌یابد.

به سمت زمین، به منظور عدم برخورد با هر مانعی نظیر درختان، حیوانات و پرندگان دقت شود (Balloon Aloft, 2013).

در جدول ۱، فهرستی از شاخص‌های مکانی و زمانی توسعه بالن سواری نمایش داده شده است.

آیین‌نامه Tread Lightly برای به حداقل رساندن اثرات محیط‌زیستی ضرورت دارد. هدف آن است که، سائیتی که در آن بالن‌ها به آسمان فرستاده شده یا فرود می‌آیند در همان شرایطی باشند که به آن مراجعه شده است. به مسافران نیز توصیه می‌شود که از این کد پیروی کنند، بنابراین ما چیزی جز رد پای خود باقی نمی‌گذاریم. پرواز بالن کمترین تأثیر را بر محیط دارد. اگرچه سوخت‌های فسیلی سوزانده می‌شوند، اما پروپان سوخت بسیار تمیزتری نسبت به بوتان یا بنزین است. باید در هنگام هدایت بالن

جدول ۱- فهرستی از شاخص‌های مکانی و زمانی توسعه بالن سواری

شاخص	دامنه شایستگی
ارتفاع	محدودیت ارتفاعی ندارد
شیب	کمتر از ۱۵ درصد
حداکثر سرعت باد	کمتر از ۱۱ کیلومتر در ساعت
بارش	نبود باد و بارش‌های شدید و احتمال رعد و برق
پوشش گیاهی منطقه	زمینی مسطح و پوشیده از دشت بدون درخت (برای بلندشدن و فرود بالن)
ماهیت زمانی	بعد از طلوع و قبل از غروب آفتاب با اختلاف ۲-۳ ساعت
محدودیت سن گردشگران	بدون محدودیت جنسیتی برای افراد بیش از ۴ سال
الزامات پوشاک	لباس ویژه ندارد، اما به لباس مناسب حضور در طبیعت و متناسب با اقلیم نیاز دارد
الزامات فیزیکی بدن	نامناسب برای زنان باردار، بیماران قلبی، بیماران ریوی و افرادی که از ارتفاع می‌ترسند
الزامات زیرساختی در منطقه	حداقل ۱ هکتار دشت برای برخاستن و فرود آمدن بالن
پیش نیاز آموزش	نیاز ندارد
نیازمندی به راهبر فعالیت	اجرای این فعالیت توسط خلبان انجام می‌شود

Ballooning. Available at:
[<https://www.adventurenation.com>].

Balloon Aloft. (2013). respect for our environment. Available at:
[<https://www.balloonaloft.com>]. Accessed:2021.

Crouch, T. D. (2003). The Eagle Aloft: Two Centuries of the Balloon in America. Smithsonian Institution.

FAA: Federal Aviation Administration. (2021). Balloon flying handbook. FAA-H-

منابع

سبحانی، پ.، دانه کار، ا. (۱۴۰۲). شناسایی فعالیت‌های تفرجی و بررسی شاخص‌های مکانی برای توسعه طبیعت‌گردی در منطقه حفاظت شده حرا. مطالعات مدیریت گردشگری، ۱۸ (۶۱)، ۱۱۰-۶۵.

گروه فنی مهندسی بازرگانی پینیون. (۱۳۹۳). شرایط پرواز بالن. قابل مشاهده در: [[https:// pinion.ir](https://pinion.ir)].

Adventure Nation. (2013). What is Air Ballooning. Available at: What is Air

Seattleballooning. 2025.
<https://seattleballooning.com/when-was-the-hot-air-balloon-invented/>

Smith, A. (2010). The Montgolfier brothers and the invention of aviation. Princeton University Press.

Studocu, (2025). How Hot Air Balloons Work. Available at: [<https://www.studocu.com/en-us/document/olentangy-liberty-high-school/environmental-science/01readinghowhotairballoonswork/96569802>].

8083-11A. Available at:
[<https://www.faa.gov>].

Fettes, M., & Pomeroy, D. (2017). The Hot Air Balloon Pilot's Handbook. London: Crowood Press.

Martin, S. F. (2007). Hot Air Ballooning: A Complete Guide. New York: Skyhorse Publishing.

National Balloon Museum. (2022). History of ballooning. Available at:
[<https://www.nationalballoonmuseum.com>].

Indianola Hot Air Balloon Festival, USA, February, 2024, Photographer: Anival Torres





Hot air ballooning

Parvaneh Sobhani^{1*}, Afshin Danehkar²

1- Assistant Professor, Department of Environmental Science, Natural Resources Faculty, Lorestan University, Khorramabad, Iran

2- Professor, Department of Natural Environment, Faculty of Natural Resources, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

*Corresponding Author's E-mail: sobhani.pa@lu.ac.ir

Abstract

Hot air ballooning is a long-standing and captivating recreational activity that harmonizes with nature, currently gaining popularity as an exciting adventure among tourists and nature enthusiasts. This widespread recreational activity has no altitude restrictions relative to sea level but is best suited for slopes with less than a 15% gradient and wind speeds below 11 km/h. The most favorable weather conditions occur when there is no risk of thunderstorms, strong winds, or heavy precipitation. Ideal vegetation for this activity consists of open, treeless plains for takeoff and landing. While ballooning is permitted for individuals aged 4 and above, participants must ensure they meet medical requirements and have no health restrictions that could affect their safety. Flights are conducted with a licensed pilot, allowing tourists to enjoy the experience under professional guidance. This eco-friendly activity combines breathtaking aerial views with a serene, low-impact interaction with the natural environment, making it a unique and memorable form of sustainable tourism.

Keywords: Recreational activity, Tourism, Air tourism, Ballon ride, Spatial and temporal indicators



تغییرات رژیم در نظام‌های اجتماعی-اکولوژیک: از بحران تا تاب‌آوری

مجید رحیمی

پژوهشگر، مؤسسه کسب و کار اجتماعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

رایانامه نویسنده: rahimi74@ut.ac.ir

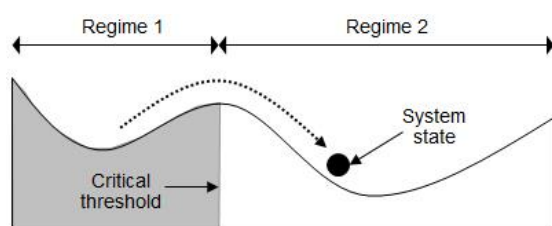
چکیده

تغییرات رژیم در نظام‌های اجتماعی-اکولوژیک (SES) به‌عنوان تغییرات عمده و ناگهانی در ساختار و عملکرد این سیستم‌های به‌هم‌پیوسته تعریف می‌شوند که می‌توانند پیامدهای عمیقی برای خدمات اکوسیستمی و بهزیستی انسانی داشته باشند. این تغییرات ناشی از تعاملات پیچیده بین عوامل مختلف، از جمله فشارهای محیطی و هنجارهای اجتماعی است. حلقه‌های بازخورد در این فرآیند نقش حیاتی دارند و می‌توانند به تثبیت یا بی‌ثباتی سیستم کمک کنند. نقاط بحرانی، آستانه‌هایی هستند که عبور از آن‌ها منجر به تغییر به یک رژیم جدید می‌شود و شناسایی سیگنال‌های هشدار اولیه برای مدیریت پیشگیرانه ضروری است. تغییرات رژیم می‌توانند در مقیاس‌های فضایی و زمانی مختلف، از اکوسیستم‌های محلی تا بیوم‌های جهانی و از اختلالات کوتاه‌مدت تا روندهای بلندمدت اتفاق بیفتند. این تغییرات معمولاً ناشی از ترکیبی از فشارهای تدریجی مانند تغییرات اقلیمی، آلودگی یا تخریب زیستگاه و شوک‌های ناگهانی، از جمله مخاطرات طبیعی یا رویدادهای قابل توجه انسانی هستند. درک فرآیندهای در پس این تغییرات برای توسعه راهبردهای مدیریت مؤثر و افزایش تاب‌آوری ضروری است. با شناسایی عوامل، فرآیندها و پیامدهای این تغییرات، محققان و سیاست‌گذاران می‌توانند برای پیشگیری از تغییرات ناخواسته و ترویج استفاده پایدار از منابع طبیعی کار کنند. این مطالعه بر اهمیت رویکردهای یکپارچه تأکید دارد که ابعاد اجتماعی و اکولوژیک را در نظر می‌گیرد تا تاب‌آوری نظام‌های اجتماعی-اکولوژیک را افزایش دهد.

کلیدواژه‌ها: پویایی‌های اکولوژیک، حالت‌های پایدار جایگزین، سیگنال‌های هشدار اولیه، نقاط بحرانی، حلقه‌های بازخورد

مقدمه

(Crépin et al., 2012; Rahimi et al., 2023a). این تغییرات معمولاً منجر به ظهور حالت‌های پایدار^۵ جدیدی می‌شوند که ممکن است نسبت به رژیم قبلی عملکردی متفاوت داشته باشند و بازگشت به حالت قبلی را دشوار کنند (Andersen et al., 2009; Rahimi et al., 2024a). در شکل ۱ مدل گوی و فنجان و نحوه وقوع تغییر رژیم ارائه گردیده است.



شکل ۱- تغییر رژیم در مدل گوی و فنجان (Rocha et al., 2015)

از این‌رو مطالعه تغییرات رژیم در نظام‌های اجتماعی-اکولوژیک برای توسعه راهبردهای مدیریت مؤثر و افزایش تاب‌آوری^۶ ضروری است (Wang et al., 2024). با درک عوامل، فرایندها و پیامدهای این تغییرات، محققان و سیاست‌گذاران می‌توانند برای جلوگیری از تغییرات ناخواسته، کاهش تأثیرات آن‌ها و ترویج استفاده پایدار از منابع طبیعی کار کنند (Cooper et al., 2020). این پژوهش به بررسی مفاهیم کلیدی و مطالعات موردی مرتبط با تغییرات رژیم در نظام‌های اجتماعی-اکولوژیک می‌پردازد و پایه‌ای برای درک پویایی‌های پیچیده‌ای که این سیستم‌های به هم پیوسته را شکل می‌دهند، فراهم می‌کند.

تعریف تغییرات رژیم

تغییرات رژیم به عنوان تغییرات بزرگ و پایدار که ماهیت بنیادی یک اکوسیستم را تغییر می‌دهند، تعریف می‌شوند

تغییرات رژیم^۱ در نظام‌های اجتماعی-اکولوژیک (SES)^۲ نمایانگر تغییرات قابل توجه و غالباً ناگهانی در ساختار و عملکرد این سیستم‌های به هم پیوسته هستند (Biggs et al., 2015; Rahimi et al., 2024a). این تغییرات می‌توانند پیامدهای عمیقی برای خدمات اکوسیستمی^۳ و بهزیستی انسانی^۴ داشته باشند و روابط پیچیده بین پویایی‌های اکولوژیک و فعالیت‌های انسانی را برجسته کنند (Rocha et al., 2015; Zhao et al., 2023). درک تغییرات رژیم شامل بررسی تعاملات بین عوامل مختلف، از جمله فشارهای محیطی، هنجارهای اجتماعی و فرایندهای بازخورد است که می‌توانند به تثبیت یا بی‌ثباتی یک سیستم کمک کنند (Pereira et al., 2020).

نظام‌های اجتماعی-اکولوژیک، سیستم‌های پیچیده و سازگاری هستند که با چندین حالت پایدار، پویایی‌های غیرخطی و بازخوردها بین اجزای اجتماعی و اکولوژیک مشخص می‌شوند (Biggs et al., 2021). این سیستم‌ها تحت تأثیر تعاملات بین جوامع انسانی و محیط‌های اطراف خود شکل می‌گیرند، به طوری که هر جزء بر دیگری تأثیر می‌گذارد و تحت تأثیر آن قرار می‌گیرد (Nagel & Partelow, 2022). این رابطه متقابل برای درک فرایندهای پشت تغییرات رژیم و پیامدهای آن‌ها برای پایداری، حیاتی است. تغییرات رژیم می‌توانند در مقیاس‌های فضایی و زمانی مختلف، از اکوسیستم‌های محلی تا بیوم‌های جهانی و از اختلالات کوتاه مدت تا روندهای بلندمدت اتفاق بیفتند. این تغییرات غالباً ناشی از ترکیبی از فشارهای تدریجی (مانند تغییرات اقلیمی، آلودگی یا تخریب زیستگاه) و شوک‌های ناگهانی، از جمله مخاطرات طبیعی یا رویدادهای قابل توجه انسانی هستند

¹. Regime shifts

². Social-Ecological systems

³. Ecosystem services

⁴. Human wellbieng

⁵. Stable states

⁶. Resilience

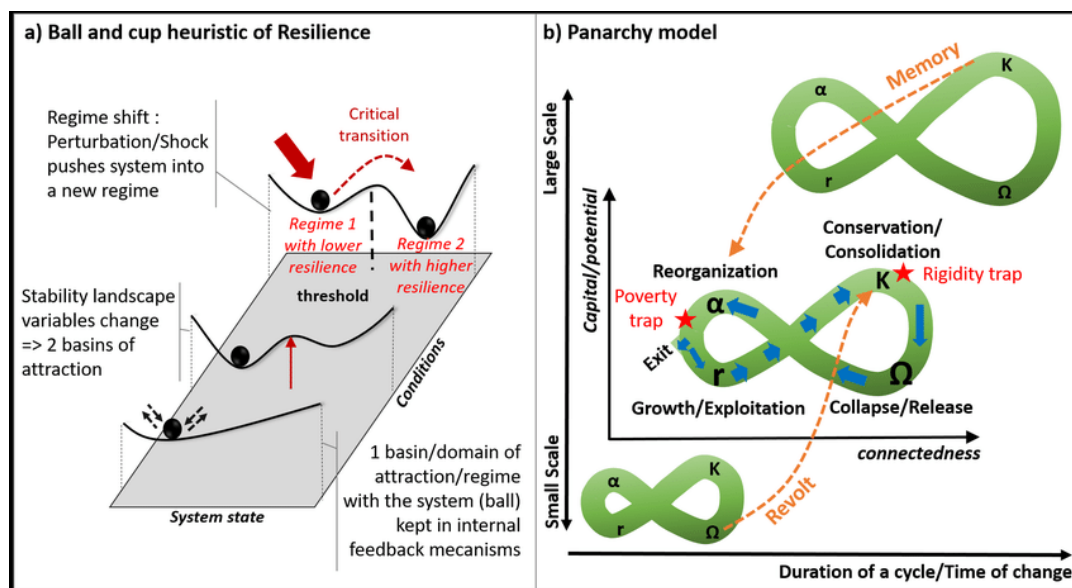
چندین تعادل وجود داشته باشند (Chaparro-Pedraza, 2021). این حالت‌های جایگزین توسط بازخوردهای تقویت‌کننده حفظ می‌شوند و ممکن است به‌طور قابل توجهی در ویژگی‌های اکولوژیک، خدمات اکوسیستمی و استفاده‌های انسانی متفاوت باشند (Rahimi et al., 2023a). به‌عنوان مثال، اکوسیستم یک دریاچه می‌تواند در یک حالت (رژیم) آب شفاف که گیاهان آبی زیر آب در آن غالبیت دارد یا در یک حالت (رژیم) کدر که فیتوپلانکتون و رسوبات معلق در آن غالبیت دارند، وجود داشته باشد. در شکل ۲ فرآیند وقوع تغییرات رژیم و ارتباط آن با تئوری پانارشی آورده شده است.

(Gilarranz et al., 2022). این تغییرات می‌توانند به‌عنوان تغییرات قابل توجه و بلندمدتی در ساختار و عملکرد یک نظام اجتماعی-اکولوژیک تعریف شوند که در یک دوره زمانی نسبتاً کوتاه نسبت به پویایی‌های معمول سیستم رخ می‌دهند. این تغییرات معمولاً شامل بازسازی اجزای سیستم و ظهور بازخوردهای جدید هستند که منجر به یک حالت پایدار جدید می‌شوند که ممکن است از رژیم قبلی عملکردی متفاوت داشته باشد (Damalas et al., 2021). مفهوم تغییرات رژیم به‌طور نزدیکی با ایده حالت‌های پایدار جایگزین^۱ مرتبط است که پیشنهاد می‌کند اکوسیستم‌ها می‌توانند تحت شرایط محیطی یکسان در



خوزستان، ایران، بهار ۱۳۹۹، عکاس: محمد اسدی

¹. Alternative stable states



شکل ۲- فرآیند وقوع تغییر رژیم، نمایش تاب‌آوری و مدل پانارشی (Ollivier et al., 2018)

فرآیندهای تغییرات رژیم

حلقه‌های بازخورد^۱

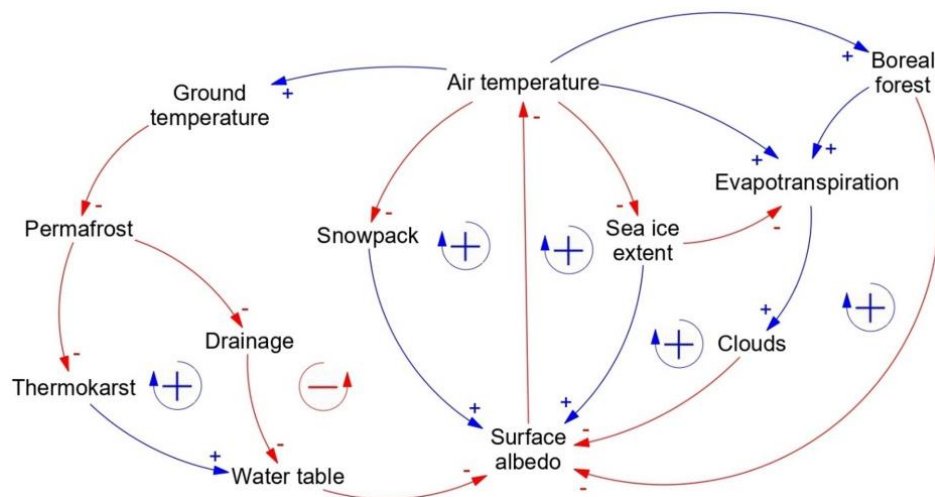
مرکزی‌ترین مفهوم در تغییرات رژیم، حلقه‌های بازخورد هستند که می‌توانند به دو نوع حلقه‌های بازخورد متعادل‌کننده^۲ و حلقه‌های بازخورد تقویت‌کننده^۳ تقسیم شوند (Sardanyés et al., 2024). بازخوردهای متعادل‌کننده به حفظ وضعیت کنونی یک سیستم کمک می‌کنند و تغییرات را خنثی می‌سازند و تاب‌آوری را ترویج می‌دهند (شکل ۳). به عنوان مثال، در یک منبع شیلانی، کاهش موجودی ماهی ممکن است منجر به کاهش تلاش‌های صید شود و به جمعیت ماهی‌ها اجازه دهد تا بهبود یابند. برعکس، بازخوردهای تقویت‌کننده می‌توانند تغییرات را تسریع کنند و سیستم را به سمت یک رژیم جدید سوق دهند. به عنوان مثال، زمانی که موجودی ماهی کاهش می‌یابد، ماهیگیران ممکن است تلاش‌های خود را افزایش دهند و این کاهش را تشدید کنند.

^۱ Feedback loops

^۲ Balancing feedback loops

^۳ Reinforcing feedback loops

تغییرات رژیم می‌توانند ناشی از ترکیبی از فشارهای تدریجی و اختلالات ناگهانی باشند (Turner & Seidl, 2023). فشارهای تدریجی، مانند تغییرات اقلیمی، تکه تکه شدن زیستگاه یا بارگذاری مواد مغذی، می‌توانند به تدریج تاب‌آوری یک سیستم را کاهش دهند و آن را در برابر تغییرات به یک حالت جایگزین، آسیب‌پذیرتر کنند (Palletier et al., 2020). اختلالات ناگهانی، مانند رویدادهای جوی شدید، شیوع بیماری یا تغییرات ناگهانی در شیوه‌های مدیریت، می‌توانند سیستم را به سمت یک نقطه بحرانی سوق دهند و منجر به انتقال سریع به یک رژیم جدید شوند. درک تعریف و ویژگی‌های تغییرات رژیم برای توسعه راهبردهای مدیریت مؤثر و افزایش تاب‌آوری نظام‌های اجتماعی-اکولوژیک ضروری است. با شناسایی پتانسیل حالت‌های پایدار جایگزین و عواملی که می‌توانند تغییرات رژیم را تحریک کنند، گروداران می‌توانند برای جلوگیری از تغییرات ناخواسته، کاهش تأثیرات آن‌ها و ترویج استفاده پایدار از منابع طبیعی کار کنند (Rahimi et al., 2024b).



شکل ۳. تعاملات مثبت (آبی) و منفی (قرمز) بین پارامترهای محیطی مربوط به سیستم‌های تالاب قطب شمال و مربوط به آلودگی سطحی که مکانیسم‌های بازخورد مثبت و منفی (به ترتیب با علائم مثبت و منفی مشخص شده‌اند) ایجاد می‌کنند که می‌تواند گرمایش زمین را تقویت یا متعادل کند (Kreplin et al., 2021).

نقاط بحرانی (اوج)^۱

نقاط بحرانی آستانه‌های^۲ حیاتی درون یک سیستم هستند که با عبور از آن‌ها، منجر به تغییر به یک رژیم متفاوت می‌شوند (Ritchie et al., 2021). پیش‌بینی این نقاط غالباً دشوار است و می‌توانند تحت تأثیر تغییرات تدریجی و اختلالات ناگهانی قرار گیرند. به عنوان مثال، یک دریاچه آب شیرین ممکن است با وجود افزایش آلودگی، همچنان شفاف بماند تا زمانی که به یک نقطه بحرانی برسد، پس از آن ممکن است به یک حالت غالبیت یافته توسط جلبک‌ها تغییر کند که تأثیرات شدیدی بر زندگی آبریان و خدمات اکوسیستمی دارد. نقاط بحرانی می‌توانند ناشی از انباشت فشارهای تدریجی باشند که به تدریج تاب‌آوری یک سیستم را کاهش می‌دهند یا به دلیل تأثیر ناگهانی یک اختلال که سیستم را به یک آستانه بحرانی می‌کشاند، ایجاد شوند (Liu et al., 2022). در برخی موارد، یک سیستم ممکن است چندین نقطه بحرانی داشته باشد که هر نقطه بحرانی، به یک حالت پایدار جایگزین متفاوت منجر شود (Cooper et al., 2020). درک مکان و ماهیت

حلقه‌های بازخورد می‌توانند در مقیاس‌های مختلف درون یک نظام اجتماعی-اکولوژیک، از رفتارهای فردی تا سیاست‌های نهادی عمل کنند. در سطح فردی، تصمیم یک کشاورز برای پذیرش شیوه‌های پایدار ممکن است با بهبود تولیدات زراعی و کاهش هزینه‌های ورودی تقویت شود و یک حلقه بازخورد مثبت ایجاد کند که تاب‌آوری سیستم کشاورزی را ترویج می‌دهد. در سطح نهادی، سیاست‌هایی که حفظ منابع طبیعی را تشویق می‌کنند، می‌توانند بازخوردهای متعادل‌کننده‌ای ایجاد کنند که سلامت اکوسیستم‌ها و بهزیستی جوامع وابسته به آن‌ها را حفظ کند. درک نقش حلقه‌های بازخورد در شکل‌دهی به پویایی‌های نظام‌های اجتماعی-اکولوژیک برای پیش‌بینی و مدیریت تغییرات رژیم ضروری است. با شناسایی فرآیندهای کلیدی بازخورد و عواملی که بر آن‌ها تأثیر می‌گذارند، محققان و سیاست‌گذاران می‌توانند مداخلات هدفمندی برای افزایش تاب‌آوری سیستم و جلوگیری از تغییرات ناخواسته توسعه دهند (Kanger et al., 2020). این ممکن است شامل تقویت بازخوردهای متعادل‌کننده، تضعیف بازخوردهای تقویت‌کننده یا ایجاد بازخوردهای جدیدی باشد که حالت مطلوب سیستم را ترویج دهند

(Rahimi et al., 2023b).

^۱. Tipping points

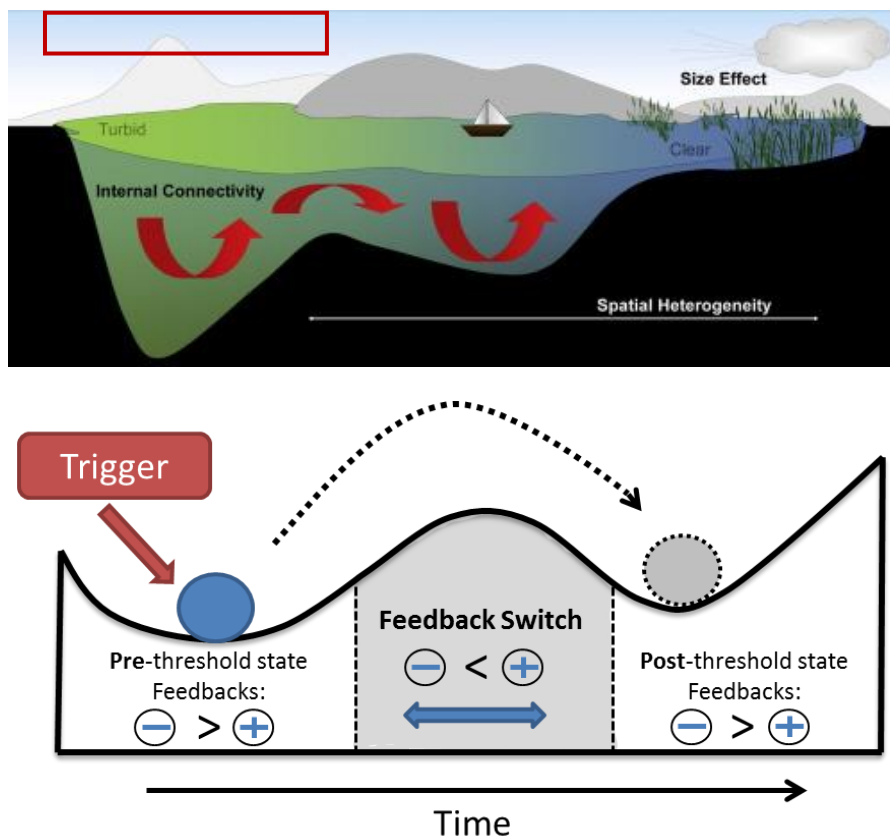
^۲. Thresholds

حالت‌های پایدار جایگزین

نظام‌های اجتماعی-اکولوژیک می‌توانند در چندین حالت پایدار وجود داشته باشند که به آن‌ها حالت‌های جایگزین گفته می‌شود (Pereira et al., 2020). این حالت‌ها می‌توانند به طور قابل توجهی در ویژگی‌های اکولوژیک و خدماتی که ارائه می‌دهند متفاوت باشند (شکل ۴). به عنوان مثال، یک اکوسیستم جنگلی می‌تواند به یک حالت مرتع به دلیل چرای بیش از حد یا جنگل زدایی تغییر کند و به طور بنیادی ظرفیت آن برای حمایت از تنوع زیستی و تنظیم اقلیم را تغییر دهد. درک این حالت‌های جایگزین برای مدیریت پایدار اکوسیستم‌ها و پیشگیری از تغییرات ناخواسته ضروری است.

این نقاط بحرانی برای مدیریت نظام‌های اجتماعی-اکولوژیک و جلوگیری از تغییرات رژیم ناخواسته حیاتی است.

شکستن یک نقطه بحرانی می‌تواند پیامدهای گسترده‌ای برای ساختار، عملکرد و خدمات ارائه‌شده توسط یک نظام اجتماعی-اکولوژیک داشته باشد (Rahimi et al., 2023a). پس از غالبیت یک رژیم جدید، ممکن است دشوار یا حتی غیرممکن باشد که تغییر به حالت قبلی را معکوس کرد؛ زیرا سیستم ممکن است توسط بازخوردهای تقویت‌کننده‌ای که حالت جدید را تثبیت می‌کنند، حفظ شود. این موضوع اهمیت راهبردهای مدیریت پیشگیرانه را که به دنبال پیشگیری از رسیدن سیستم‌ها به آستانه‌های بحرانی هستند، برجسته می‌کند.



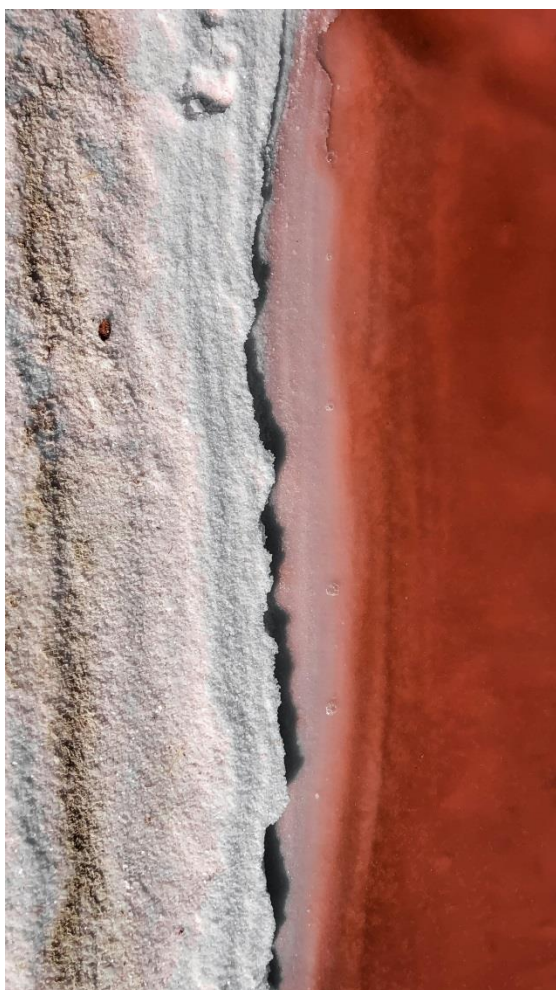
شکل ۴- حالت‌های پایدار جایگزین در دریاچه‌های کم‌عمق بزرگ (Janssen et al., 2014)

پی‌کرندی خاص تثبیت می‌کنند (Kuhmonen and , 2023). این بازخوردها می‌توانند شامل

حالت‌های پایدار جایگزین توسط بازخوردهای تقویت‌کننده‌ای حفظ می‌شوند که سیستم را در یک

سیگنال‌های هشدار اولیه^۱

شناسایی سیگنال‌های هشدار اولیه تغییرات رژیم برای مدیریت پیشگیرانه ضروری است (Stelzer et al., 2021). این سیگنال‌ها می‌توانند شامل تغییرات در تنوع زیستی، تغییرات در ترکیب گونه‌ها یا تغییرات در عملکردهای اکوسیستم باشند (Sardanyés et al., 2024). به عنوان مثال، کاهش گونه‌های کلیدی یا افزایش تغییرپذیری در فرآیندهای اکوسیستمی ممکن است نشان دهد که یک سیستم به سمت یک نقطه بحرانی نزدیک می‌شود. نظارت بر این شاخص‌ها می‌تواند بینش‌های ارزشمندی درباره تاب آوری یک سیستم و ظرفیت آن برای تحمل فشارها ارائه دهد (شکل ۵).

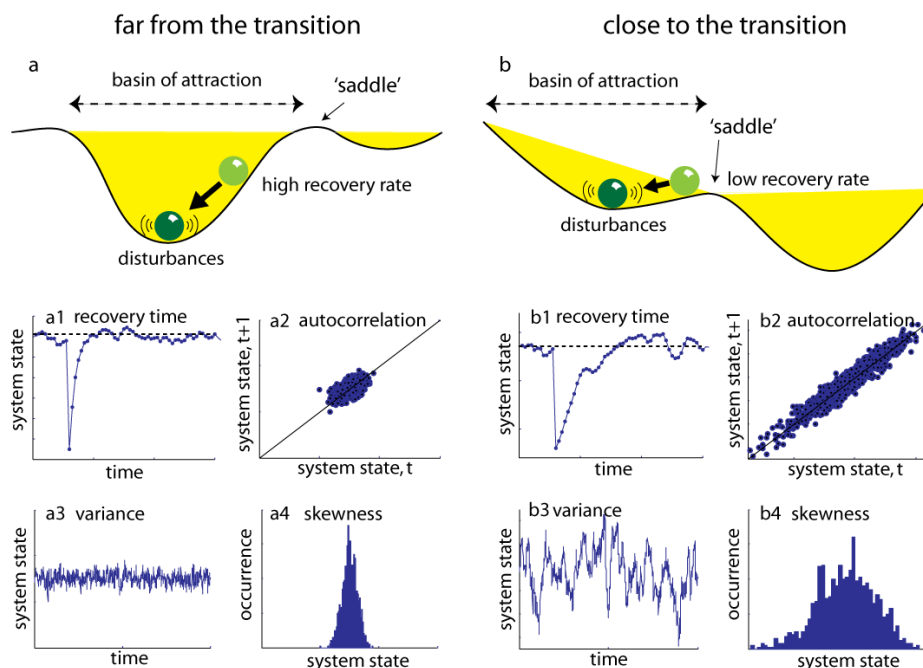


شکل ۵: تصویر از یک شکاف عمیق در یک لایه سنگی.

تعاملات بین اجزای بیولوژیکی و غیربیولوژیکی اکوسیستم و همچنین بین عوامل اکولوژیک و اجتماعی باشند. به عنوان مثال، در یک سیستم صخره مرجانی، غالبیت رژیم مرجان‌ها ممکن است توسط یک حلقه بازخورد که شامل تولید اسکلت‌های کربنات کلسیم، تأمین زیستگاه برای سایر ارگانیسم‌ها و جذب گردشگران که مشوق‌های اقتصادی برای حفاظت فراهم می‌کنند، حفظ شود. مفهوم حالت‌های پایدار جایگزین پیامدهای مهمی برای مدیریت نظام‌های اجتماعی-اکولوژیک دارد. این مفهوم پیشنهاد می‌کند که تنها کاهش شدت یک اختلال یا فشار ممکن است برای بازگرداندن یک سیستم به حالت قبلی خود کافی نباشد. در برخی موارد، مداخله فعال ممکن است برای شکستن بازخوردهای تقویت‌کننده‌ای که یک رژیم ناخواسته را حفظ می‌کنند و تسهیل انتقال به یک حالت مطلوب‌تر، ضروری باشد. این ممکن است شامل حذف یا کاهش عواملی باشد که سیستم را به سمت یک حالت جایگزین سوق می‌دهند، مانند کاهش ورودی‌های مواد مغذی یا کنترل گونه‌های مهاجم.

درک حالت‌های پایدار جایگزین همچنین اهمیت در نظر گرفتن مقیاس‌ها و سطوح مختلف سازمان را در هنگام مدیریت نظام‌های اجتماعی-اکولوژیک برجسته می‌کند (Li et al., 2020). تغییرات در یک جزء از سیستم ممکن است تأثیرات زنجیره‌ای بر سایر اجزا داشته باشد و منجر به ظهور حالت‌های جایگزین جدید در مقیاس‌های مختلف شود. به عنوان مثال، از دست دادن یک گونه کلیدی در یک اکوسیستم دریایی ممکن است تغییراتی در ترکیب جامعه و عملکرد اکوسیستم را تحریک کند که پیامدهایی برای معیشت و بهزیستی جوامع ساحلی دارد.

¹. Early warning signals



شکل ۵- سیگنال‌های هشدار اولیه و نحوه شناسایی آن‌ها (Schwartz et al., 2016)

۴. چولگی: تغییرات در چولگی توزیع احتمال متغیرهای سیستم، مانند تغییر به سمت مقادیر افراطی‌تر، می‌تواند نشان دهد که سیستم به یک نقطه بحرانی نزدیک می‌شود.

۵. نوسان: تغییرات سریع و موقت بین حالت‌های جایگزین که به آن‌ها نوسان گفته می‌شود، می‌تواند یک سیگنال هشدار اولیه از یک تغییر رژیم قریب‌الوقوع باشد.

شناسایی این سیگنال‌های هشدار اولیه نیاز به نظارت و جمع‌آوری داده‌های بلندمدت، همچنین توسعه ابزارهای آماری و مدل‌سازی مناسب دارد. با سرمایه‌گذاری در برنامه‌های نظارتی و توسعه سیستم‌های هشدار اولیه، گرداران می‌توانند بینش‌های ارزشمندی درباره تاب‌آوری نظام‌های اجتماعی-اکولوژیک به دست آورند و اقداماتی پیشگیرانه برای پیشگیری از تغییرات رژیم ناخواسته انجام دهند.

سیگنال‌های هشدار اولیه می‌توانند اشکال مختلفی داشته باشند، بسته به ماهیت سیستم و نوع تغییر رژیمی که در نظر گرفته می‌شود (Su et al., 2021). برخی از شاخص‌های رایج شامل:

۱. افزایش تغییرپذیری: به عنوان یک سیستم که به یک نقطه بحرانی نزدیک می‌شود، پویایی‌های آن ممکن است متغیرتر و غیرقابل پیش‌بینی‌تر شود، با نوسانات بزرگ‌تر در متغیرهای کلیدی.

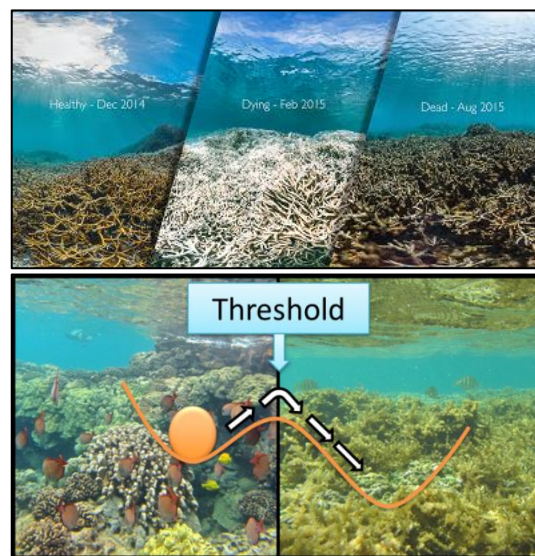
۲. بهبودی کندتر: سیستم‌های نزدیک به یک نقطه بحرانی ممکن است برای بهبودی از اختلالات کوچک زمان بیشتری نیاز داشته باشند؛ زیرا تاب‌آوری سیستم کاهش می‌یابد.

۳. الگوهای فضایی: تغییرات در توزیع فضایی و ارتباطات اجزای سیستم، مانند تشکیل خوشه‌های فضایی یا از دست دادن تنوع فضایی، می‌تواند سیگنال‌های هشدار اولیه تغییر رژیمی باشد.

مطالعات موردی تغییرات رژیم

صخره‌های مرجانی

مرجان‌ها نمونه‌ای از نظام‌های اجتماعی-اکولوژیک هستند که در برابر تغییرات رژیم آسیب‌پذیرند (White & Wulfin, 2024). صید بیش از حد، آلودگی و تغییرات اقلیمی منجر به کاهش قابل توجهی در سلامت مرجان‌ها شده و این اکوسیستم‌ها را به سمت غالبیت جلبک‌ها سوق داده‌است (شکل ۶). هنگامی که یک نقطه بحرانی به وجود می‌آید، بهبودی به‌طور فزاینده‌ای دشوار می‌شود و اکوسیستم ممکن است به‌طور دائمی به یک حالت کم‌بازده‌تر تغییر کند. انتقال از یک حالت با غالبیت مرجان‌ها به یک حالت تسلط‌یافته توسط جلبک‌ها تحت تأثیر یک تعامل پیچیده از عوامل قرار دارد، از جمله از دست دادن ماهی‌های علفخوار که جلبک‌ها را چرا می‌کنند، انباشت مواد مغذی و رسوبات و افزایش فراوانی و شدت رویدادهای سفید شدن مرجان‌ها^۱ به دلیل تغییرات اقلیمی. این فشارها می‌توانند تاب‌آوری مرجان‌ها را کاهش دهند و آن‌ها را در برابر تغییر به یک حالت جایگزین آسیب‌پذیرتر کنند.



شکل ۶- سفید شدن مرجان‌ها و سپس مرگ آن‌ها (Liu et al., 2022)

بازگرداندن مرجان‌ها پس از تغییر به یک حالت تسلط‌یافته توسط جلبک‌ها چالش برانگیز است و معمولاً نیاز به مداخله فعال دارد، مانند حذف جلبک‌ها، پیوند قطعات مرجان و افزایش جمعیت‌های علفخوار. با این حال، پیشگیری از تغییر اولیه به یک رژیم ناخواسته از نظر اقتصادی و اکولوژیک مؤثرتر و مفیدتر است. این نیازمند یک رویکرد چندجانبه است که به کاهش فشارهای محلی، مانند صید بیش از حد و آلودگی کمک کرده، همچنین منجر به کاهش فشارهای جهانی، مانند تغییرات اقلیمی می‌شود. مطالعه موردی مرجان‌ها اهمیت درک تغییرات رژیم در نظام‌های اجتماعی-اکولوژیک و نیاز به راهبردهای مدیریت پیشگیرانه که تاب‌آوری این سیستم‌ها را افزایش دهد را نشان می‌دهد. با نظارت بر سیگنال‌های هشدار اولیه، شناسایی نقاط بحرانی بالقوه و اجرای اقداماتی برای حفظ ثبات حالت‌های تسلط‌یافته توسط مرجان‌ها، گروداران می‌توانند برای پیشگیری از تغییرات رژیم ناخواسته کار کنند و اطمینان حاصل کنند که این اکوسیستم‌های ارزشمند به‌طور پایدار حفظ شوند.

اکوسیستم کشاورزی مارادی^۲

منطقه مارادی در نیجر نمونه‌ای از این است که چگونه فعالیت‌های انسانی می‌توانند تغییرات رژیم را تسریع کنند (Adamou et al., 2021). این منطقه که به‌طور تاریخی با تعادل کشاورزی و پوشش گیاهی طبیعی مشخص می‌شد، با افزایش پاک‌سازی زمین و تشدید کشاورزی به بیابان‌زایی منجر شده‌است. این تغییر نه تنها بر تنوع زیستی محلی تأثیر می‌گذارد، بلکه معیشت جوامع وابسته به خدمات اکوسیستمی را نیز تضعیف می‌کند. تغییر رژیم در اکوسیستم کشاورزی مارادی ناشی از ترکیبی از عوامل است، از جمله رشد جمعیت، گسترش زمین‌های زراعی، چرا کردن بیش از حد و حذف پوشش‌های گیاهی چوبی برای سوخت و ساخت‌وساز. این فشارها منجر به کاهش باروری

^۲. Maradi

^۱. Coral bleaching

نتیجه‌گیری

تغییرات رژیم در نظام‌های اجتماعی-اکولوژیک چالش‌های قابل توجهی برای پایداری و تاب‌آوری ایجاد می‌کنند. درک فرآیندهای پشت این تغییرات، از جمله حلقه‌های بازخورد، نقاط بحرانی و حالت‌های جایگزین، برای مدیریت مؤثر و سیاست‌گذاری ضروری است. با شناسایی سیگنال‌های هشدار اولیه و ترویج راهبردهای مدیریت سازگار، گرداران می‌توانند تاب‌آوری نظام‌های اجتماعی-اکولوژیک را افزایش دهند و خطرات ناشی از تغییرات ناگهانی را کاهش دهند و اطمینان حاصل کنند که خدمات اکوسیستمی به‌طور مداوم تأمین می‌شوند.

پرداختن به تغییرات رژیم نیاز به رویکردی جامع دارد که تعاملات پیچیده بین عوامل اکولوژیک، اجتماعی و اقتصادی را در نظر بگیرد. این شامل توسعه چارچوب‌های بین‌رشته‌ای است که دانش را از زمینه‌های مختلف، از جمله اکولوژی، علوم اجتماعی، اقتصاد و سیاست، یکپارچه می‌کند. همچنین، نیاز به درگیر کردن گرداران در سطوح مختلف، از جوامع محلی تا دولت‌های ملی و سازمان‌های بین‌المللی، وجود دارد تا اطمینان حاصل شود که راهبردهای مدیریت به نیازها و اولویت‌های گروه‌های مختلف پاسخ می‌دهند. در نهایت، مطالعه تغییرات رژیم در نظام‌های اجتماعی-اکولوژیک یک حوزه تحقیقاتی حیاتی است که به‌طور مداوم در حال تکامل است و درک ما از پایداری و تاب‌آوری در مواجهه با تغییرات جهانی را شکل می‌دهد. با پذیرش همکاری بین‌رشته‌ای، نوآوری‌های فناوری و درگیر کردن جوامع محلی، می‌توان راهبردهای مؤثرتری برای مدیریت این سیستم‌های پیچیده و ترویج آینده‌ای پایدارتر و عادلانه‌تر برای همه توسعه داد.

جهت‌گیری‌های آینده

تحقیقات در زمینه تغییرات رژیم باید به تکامل خود ادامه دهد و ابعاد اجتماعی را با پویایی‌های اکولوژیک یکپارچه

خاک، افزایش فرسایش و از دست رفتن تنوع زیستی شده و در نهایت سیستم را به سمت یک حالت پایدار جدید سوق داده‌است که با زمین‌های تخریب‌شده و کاهش بهره‌وری مشخص می‌شود.

پیامدهای این تغییر رژیم بسیار گسترده است و بر امنیت غذایی، معیشت و بهزیستی جوامع محلی تأثیر می‌گذارد. با کاهش تولید، کشاورزان مجبور به کشت در مناطق حاشیه‌ای یا مهاجرت به مراکز شهری می‌شوند که منجر به اختلالات اجتماعی و اقتصادی می‌گردد. همچنین، از دست رفتن تنوع زیستی و خدمات اکوسیستمی پیامدهای وسیع‌تری برای پایداری منطقه‌ای و جهانی دارد. بازگرداندن اکوسیستم کشاورزی مارادی به حالت قبلی خود چالش برانگیز است و نیاز به یک رویکرد بلندمدت و چندسطحی دارد که به عوامل پیشران بیابان‌زایی بپردازد. این ممکن است شامل اجرای شیوه‌های مدیریت پایدار زمین، مانند جنگل‌کاری، تکنیک‌های حفاظت از خاک و آب و ترویج معیشت‌های جایگزین باشد. همچنین، نیاز به پرداختن به عوامل اجتماعی و اقتصادی که به تخریب زمین کمک می‌کنند، از جمله فقر، عدم دسترسی به منابع و ضعف حکمرانی وجود دارد.

مطالعه موردی اکوسیستم کشاورزی مارادی اهمیت در نظر گرفتن ابعاد اجتماعی تغییرات رژیم در نظام‌های اجتماعی-اکولوژیک را نشان می‌دهد. این موضوع نیاز به رویکردهای یکپارچه را که به عوامل اکولوژیک و اجتماعی می‌پردازند و اهمیت درگیر کردن جوامع محلی در توسعه و اجرای راهبردهای مدیریت را برجسته می‌کند. با همکاری برای افزایش تاب‌آوری اکوسیستم‌های کشاورزی، گرداران می‌توانند از تغییرات ناخواسته پیشگیری کرده و توسعه پایدار را در مواجهه با چالش‌های محیطی و اجتماعی ترویج دهند.



انسانی، معیشت و عدالت پردازد. این شامل بررسی توزیع هزینه‌ها و منافع مرتبط با تغییرات رژیم و توسعه راهبردهایی برای اطمینان از اینکه بارهای تغییر به طور نامتناسبی بر دوش جمعیت‌های آسیب‌پذیر قرار نگیرد، می‌شود. همچنین، نیاز به بررسی نقش سیستم‌های حکمرانی، نهادها و سیاست‌ها در شکل‌دهی به تاب‌آوری نظام‌های اجتماعی-اکولوژیک و شناسایی فرصت‌هایی برای اصلاح و نوآوری وجود دارد.

در نتیجه، پژوهش‌های مرتبط با وقوع تغییرات رژیم در نظام‌های اجتماعی-اکولوژیک که به‌طور مداوم در حال تکامل و شکل‌دهی به درک ما از پایداری و تاب‌آوری در مواجهه با تغییرات جهانی هستند، می‌توانند با ارائه همکاری‌های بین‌رشته‌ای، نوآوری‌های فناوری و درگیر کردن جوامع محلی، راهبردهای مؤثرتری برای مدیریت این سیستم‌های پیچیده و ترویج آینده‌ای پایدارتر و عادلانه‌تر برای همه جوامع ارائه دهند.

منابع

Adamou, R., Ibrahim, B., Bonkaney, A. L., Seyni, A. A., & Idrissa, M. (2021). Niger-Land, climate, energy, agriculture and development: A study in the Sudano-Sahel Initiative for Regional Development, Jobs, and Food Security.

Andersen, T., Carstensen, J., Hernández-García, E., & Duarte, C. M. (2009). Ecological thresholds and regime shifts: approaches to identification. *Trends in Ecology & Evolution*, 24(1), 49-57.

Biggs, R., Clements, H., de Vos, A., Folke, C., Manyani, A., Maciejewski, K., ... & Schlüter, M. (2021). What are social-ecological systems and social-ecological systems research?. In *The Routledge handbook of research methods for social-ecological systems* (pp. 3-26). Routledge.

کند. این شامل بررسی روابط انسان-طبیعت و عوامل فرهنگی، اقتصادی و سیاسی است که بر تاب‌آوری سیستم تأثیر می‌گذارند. با شدت گرفتن چالش‌های جهانی مانند تغییرات اقلیمی، نیاز به چارچوب‌های جامع که به جنبه‌های اکولوژیک و اجتماعی تغییرات رژیم می‌پردازند، به‌طور فزاینده‌ای ضروری می‌شود. با ترویج همکاری‌های بین‌رشته‌ای و درگیر کردن جوامع محلی، می‌توان راهبردهای مؤثرتری برای مدیریت نظام‌های اجتماعی-اکولوژیک در مواجهه با عدم قطعیت و تغییر توسعه داد. یکی از حوزه‌های امیدوارکننده تحقیق در آینده، کاربرد علم پیچیدگی و نظریه شبکه در مطالعه تغییرات رژیم در نظام‌های اجتماعی-اکولوژیک است. این رویکردها می‌توانند به شناسایی پیوندها و بازخوردهای حیاتی درون و بین سیستم‌ها کمک کنند و مدل‌هایی را توسعه دهند که پویایی‌های غیرخطی و ویژگی‌های نوظهور این سیستم‌های پیچیده را در بر بگیرد. علاوه بر این، پیشرفت‌ها در سنجش‌ازدور، تحلیل داده‌های کلان و هوش مصنوعی می‌توانند ابزارهای جدیدی برای نظارت و پیش‌بینی تغییرات رژیم فراهم کنند و مداخلات مدیریتی هدفمند و پیشگیرانه‌تری را ممکن سازند.

جهت‌گیری مهم دیگر برای تحقیقات آینده، یکپارچه‌سازی دانش بومی (TEK)^۱ با درک علمی از تغییرات رژیم است (Gordon et al., 2023). جوامع بومی تاریخچه‌های طولانی از تعامل با محیط‌های محلی و مدیریت آن‌ها دارند و دانش آن‌ها می‌تواند بینش‌های ارزشمندی درباره پویایی‌های نظام‌های اجتماعی-اکولوژیک ارائه دهد. با همکاری با جوامع محلی و گنجاندن TEK در تحقیقات و راهبردهای مدیریت، می‌توان رویکردهای جامع‌تر و فرهنگی‌تری برای پرداختن به تغییرات رژیم توسعه داد. در نهایت، تحقیقات آینده باید به بررسی ابعاد اجتماعی و اقتصادی تغییرات رژیم، ازجمله تأثیرات بر بهزیستی

¹. Traditional Ecological Knowledge

- Kanger, L., Sovacool, B. K., & Noorkõiv, M. (2020). Six policy intervention points for sustainability transitions: A conceptual framework and a systematic literature review. *Research Policy*, 49(7), 104072.
- Kreplin, H. N., Santos Ferreira, C. S., Destouni, G., Keesstra, S. D., Salvati, L., & Kalantari, Z. (2021). Arctic wetland system dynamics under climate warming. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 8(4), e1526.
- Kuhmonen, I., & Kuhmonen, T. (2023). Transitions through the dynamics of adaptive cycles: Evolution of the Finnish agrifood system. *Agricultural Systems*, 206, 103604.
- Li, T., Dong, Y., & Liu, Z. (2020). A review of social-ecological system resilience: Mechanism, assessment and management. *Science of the Total Environment*, 723, 138113.
- Liu, X., Li, D., Ma, M., Szymanski, B. K., Stanley, H. E., & Gao, J. (2022). Network resilience. *Physics Reports*, 971, 1-108.
- Nagel, B., & Partelow, S. (2022). A methodological guide for applying the social-ecological system (SES) framework: a review of quantitative approaches. *Ecology and Society*, 27(4), 39.
- Ollivier, G., Magda, D., Mazé, A., Plumecocq, G., & Lamine, C. (2018). Agroecological transitions: what can sustainability transition frameworks teach us? An ontological and empirical analysis. *Ecology & Society*, 23(2).
- Pelletier, M. C., Ebersole, J., Mulvaney, K., Rashleigh, B., Gutierrez, M. N., Chintala, M., ... & Lane, C. (2020). Resilience of aquatic systems: review and management implications. *Aquatic sciences*, 82, 1-25.
- Pereira, L. M., Drimie, S., Maciejewski, K., Tonissen, P. B., & Biggs, R. (2020). Food system transformation: integrating a political-economy and social-ecological approach to regime shifts. *International journal of*
- Biggs, R., Peterson, G., & Rocha, J. C. (2015). The Regime Shifts Database: a framework for analyzing regime shifts in social-ecological systems. *bioRxiv*, 018473.
- Chaparro-Pedraza, P. C. (2021). Fast environmental change and eco-evolutionary feedbacks can drive regime shifts in ecosystems before tipping points are crossed. *Proceedings of the Royal Society B*, 288(1955), 20211192.
- Cooper, G. S., Willcock, S., & Dearing, J. A. (2020). Regime shifts occur disproportionately faster in larger ecosystems. *Nature Communications*, 11(1), 1175.
- Crépin, A. S., Biggs, R., Polasky, S., Troell, M., & De Zeeuw, A. (2012). Regime shifts and management. *Ecological Economics*, 84, 15-22.
- Damalas, D., Sgardeli, V., Vasilakopoulos, P., Tserpes, G., & Maravelias, C. (2021). Evidence of climate driven regime shifts in the Aegean Sea's demersal resources: A study spanning six decades. *Ecology and Evolution*, 11(23), 16951-16971.
- Gilarranz, L. J., Narwani, A., Odermatt, D., Siber, R., & Dakos, V. (2022). Regime shifts, trends, and variability of lake productivity at a global scale. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 119(35), e2116413119.
- Gordon, H. S. J., Ross, J. A., Bauer-Armstrong, C., Moreno, M., Byington, R., & Bowman, N. (2023). Integrating Indigenous Traditional Ecological Knowledge of land into land management through Indigenous-academic partnerships. *Land use policy*, 125, 106469.
- Janssen, A. B., Teurlincx, S., An, S., Janse, J. H., Paerl, H. W., & Mooij, W. M. (2014). Alternative stable states in large shallow lakes?. *Journal of Great Lakes Research*, 40(4), 813-826.

Stelzer, J. A. A., Mesman, J. P., Adrian, R., & Ibelings, B. W. (2021). Early warning signals of regime shifts for aquatic systems: Can experiments help to bridge the gap between theory and real-world application?. *Ecological Complexity*, 47, 100944.

Su, H., Wang, R., Feng, Y., Li, Y., Li, Y., Chen, J., ... & Xie, P. (2021). Long-term empirical evidence, early warning signals and multiple drivers of regime shifts in a lake ecosystem. *Journal of Ecology*, 109(9), 3182-3194.

Turner, M. G., & Seidl, R. (2023). Novel disturbance regimes and ecological responses. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 54(1), 63-83.

Wang, S., Xue, J., Zhang, Z., Sun, H., Li, X., Chang, J., ... & Yao, L. (2024). An adaptive cycle resilience perspective to understand the regime shifts of social-ecological system interactions over the past two millennia in the Tarim River Basin. *Heliyon*, 10(14).

White, E. R., & Wulfin, S. (2024). Extreme events and coupled socio-ecological systems. *Ecological Modelling*, 495, 110786.

Zhao, J., Li, J., Zuo, L., Liu, G., & Su, X. (2023). Interaction dynamics of multiple ecosystem services and abrupt changes of landscape patterns linked with watershed ecosystem regime shifts. *Ecological Indicators*, 150, 110263.

environmental research and public health, 17(4), 1313.

Rahimi, M., Ahmadaali, K., & Goli, A. M. (2023a). Revealing regime shifts and their impact on social-ecological systems: a case study on Iran. *Water Conservation Science and Engineering*, 8(1), 56.

Rahimi, M., Ghorbani, M., & Ahmadaali, K. (2024a). Exploring the influence of regime shifts on ecosystem services in Iran's Zayandeh-Rud river basin. *International Journal of River Basin Management*, 1-12.

Rahimi, M., Ghorbani, M., & Ahmadaali, K. (2024b). How to manage regime shifts: insights from a dryland social-ecological system. *International Journal of Water Resources Development*, 1-15.

Rahimi, M., Ghorbani, M., Ahmadaali, K., Salajeghe, A., & Azadi, H. (2023b). Dryland river regime shifts in Iran: Drivers and feedbacks. *River Research and Applications*, 39(6), 1173-1186.

Ritchie, P. D., Clarke, J. J., Cox, P. M., & Huntingford, C. (2021). Overshooting tipping point thresholds in a changing climate. *Nature*, 592(7855), 517-523.

Rocha, J., Yletyinen, J., Biggs, R., Blenckner, T., & Peterson, G. (2015). Marine regime shifts: drivers and impacts on ecosystems services. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 370(1659), 20130273.

Sardanyés, J., Ivančić, F., & Vidiella, B. (2024). Identifying regime shifts, transients and late warning signals for proactive ecosystem management. *Biological Conservation*, 290, 110433.

Schwartz, C. E., Rapkin, B. D., & Healy, B. C. (2016). Reserve and reserve-building activities research: key challenges and future directions. *BMC neuroscience*, 17, 1-9.



Regime Shifts in Social-Ecological Systems: From Crisis to Resilience

Majid Rahimi

Researcher, Social Business Institute, University of Tehran, Tehran, Iran

Author's E-mail: rahimi74@ut.ac.ir

Abstract

Regime shifts in Social-Ecological Systems (SES) are defined as significant and abrupt changes in the structure and functioning of these interconnected systems, which can have profound implications for ecosystem services and human well-being. These shifts arise from complex interactions among various factors, including environmental pressures and social norms. Feedback loops play a crucial role in this process, either stabilizing or destabilizing the system. Tipping points are thresholds that, when crossed, lead to a transition to a new regime, and making the identification of early warning signals is essential for proactive management. Regime shifts can occur across different spatial and temporal scales, from local ecosystems to global biomes, and from short-term disturbances to long-term trends. They typically result from a combination of gradual pressures—such as climate changes, pollution, or habitat degradation, and sudden shocks, including natural disasters or significant human events. Understanding the processes behind these changes is vital for developing effective management strategies and enhancing resilience. By identifying the factors, processes, and consequences of these shifts, researchers and policymakers can work to prevent unwanted changes and promote sustainable natural resources use. This study emphasizes on the importance of integrated approaches that consider both social and ecological dimensions to enhance the resilience of social-ecological systems.

Keywords: Ecological dynamics, alternative stable states, early warning signals, tipping points, feedback loops





آهوی ایرانی در پارک ملی سرخه حصار (منبع: آرشیو اداره محیط زیست پارک‌های ملی خجیر و سرخه حصار)، بهار ۱۴۰۰

بررسی و امکان‌سنجی انتقال آهوی ایرانی (*Gazella subguttrosa*) از پارک ملی سرخه حصار به پارک ملی خجیر

امید کیانی^{۱*}، افشین علیزاده شعبانی^۲

۱- دانشجوی کارشناسی، گروه محیط‌زیست طبیعی، دانشکده منابع طبیعی، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

۲- دانشیار، گروه محیط‌زیست طبیعی، دانشکده منابع طبیعی، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

* رایانامه نویسنده مسئول: omid.kiani@ut.ac.ir

چکیده

در مطالعه پیش‌رو به بررسی ویژگی‌های بوم‌شناختی و رفتارشناسی آهوی ایرانی در مجموعه تحت حفاظت جاجرو^۱ و بررسی ویژگی‌ها و شرایط زیستگاه‌های فعلی (مبدأ) و پیشنهادی با هدف امکان‌سنجی و توجیه اجرای طرح انتقال بخشی از جمعیت آهوان به کافرومند واقع در پارک ملی خجیر به منظور احیای زیستگاه آهو در پارک ملی خجیر پرداخته شده است. به طور کلی در ارزیابی مطلوبیت زیستگاه برای گونه هدف توجه به پارامترهای زیستی و بوم‌شناختی مورد نیاز گونه حائز اهمیت است. فاصله از متغیرهای جاده، چشمه و آبشخور و مناطق نظامی در فصل پاییز و متغیرهای ارتفاع، فاصله از مناطق حضور عشایر و تیپ پوشش گیاهی در فصل زمستان بیش‌ترین تأثیر را بر پراکنش گونه داشته و متغیرهای ارتفاع، دما و تیپ پوشش گیاهی مهم‌ترین عوامل مؤثر بر پراکنش آهو در مقیاس کلان به شمار می‌روند. نتایج حاصل از مطالعات اولیه بیان‌کننده این نکته است که شرایط و خصوصیات محدوده‌های زیستگاهی هدف و مبدأ مشابهت دارند. روند کاهشی هرچند با شیب ملایم جمعیت آهوان کفی قصر فیروزه در چند سال اخیر و گسترش سطح مراکز و فعالیت‌های نظامی، هشداردهنده است. مطابق بررسی اولیه و با برآیند مشورت و نظرات محیط‌بانان و کارشناسان پارک‌های ملی خجیر و سرخه حصار، انتقال بخشی از جمعیت آهوان از کفی قصر فیروزه به کافرومند مشروط بر توجه به ملاحظات بیان‌شده در این مطالعه می‌تواند در حفظ، ثبات و افزایش جمعیت این گونه با ارزش حفاظتی و افزایش سطح زیستگاه‌های مورد توجه و مراقبت در مجموعه تحت حفاظت جاجرو مؤثر باشد. از ملاحظات مهم مدنظر سازمان حفاظت محیط‌زیست در تصمیم‌گیری‌ها بایستی توجه به رویکرد کاهش تعارضات با سایر ذی‌نفعان مناطق تحت حفاظت در راستای کاهش چالش‌های پیش‌روی سازمان باشد که اجرای طرح پیشنهادی مورد مطالعه در راستای این هدف نیز است.

کلیدواژه‌ها: آهوی ایرانی، پارک ملی خجیر، پارک ملی سرخه حصار، حفاظت، زیستگاه

^۱ به مجموع پارک‌های ملی سرخه حصار و خجیر و همچنین منطقه حفاظت‌شده جاجرو، مجموعه تحت حفاظت جاجرو اطلاق می‌شود؛ بنابراین، اصطلاحات منطقه حفاظت‌شده و مجموعه تحت حفاظت، بیانگر مفاهیم متفاوتی هستند.

بخش اول این مقاله در شماره زمستان ۱۴۰۳
نشریه زیست‌سپهر به چاپ رسیده است.

بررسی وضعیت زیستگاه هدف

محدوده پیشنهادی انتقال آهو، واقع در پارک ملی خجیر (منطقه کافرومند با وضعیت تپه‌ماهوری و دشتی محدود) با مساحت و محیط تقریبی ۲۲۸۸ هکتار و ۱۸/۳ کیلومتر است و این قسمت از شمال به قطارکمر و پاسگاه محیط‌بانی ماملو، از بخش شرق و جنوب به دره قاطرچی، انشعابات از رودخانه تار و دره مهدی‌خانی تا نواحی ابتدای سد ماملو و از غرب تا دره جارویی و دره شکریگلو تا ابتدای روستای خجیر می‌رسد. احتمال گدار آهوان از این محدوده به شمال پاکدشت (منطقه حفاظت‌شده پاچالک) دور از انتظار نیست.

پوشش گیاهی

درمنه، کنگر، گون، گل‌های وحشی، نی و گرامینه از جمله گونه‌های خوش‌خوراک آهو در زیستگاه پیشنهادی به شمار می‌روند که در مجموع شرایط زیستگاه با بازدهی‌های میدانی صورت گرفته، مساعد است. در پارک ملی خجیر ۳۵ جامعه گیاهی متشکل از جوامع طبیعی، نیمه طبیعی و فرهنگی-زراعی وجود دارند. علاوه بر گونه‌های نادری که در پارک ملی خجیر دیده می‌شود، گونه‌های گیاهی نادر دیگری نظیر زیره سیاه، *Michauxia laevigata* و *Cuphalorryhyn chus brassisifolius* را می‌توان نام برد که در این پارک رویش یافته‌اند. از گونه‌های دارویی، صنعتی و خوراکی مشخص پارک ملی خجیر می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

بابونه، سریش زرین، باریجه، ریواس، پیاز صورتی، جاشیر کوتوله، بادیان کوهی، زیره سیاه، شنگ، تلخ بیان، شیر خشت، پیچک قندرونی و *Haplophkllum pesforatum*

بخش دشتی منطقه با ارتفاع تقریبی ۱۴۲۰ متر شامل گیاهانی نظیر درمنه، انواع گون، چوبک و اسفند و اشکوب فوقانی کوه‌ها درختانی مانند بنه، بادام خارآلود، ارس، نسترن و اصولاً تیپ پوشش گیاهی ارتفاعات بالای کوه منطقه، *Artemisia+stipa* است.

منابع آبی

در پارک ملی خجیر رودخانه نسبتاً پرآب به نام رودخانه جاجرود و قسمت‌های انتهایی رودخانه دماوند و دربندک وجود دارد:

۱- رودخانه جاجرود: رودخانه جاجرود پس از عبور از سد لتیان و طی ۲۳ کیلومتر که قسمت اعظم آن از منطقه حفاظت‌شده جاجرود و پارک ملی خجیر می‌گذرد، در منتهی الیه پارک ملی خجیر با رودخانه دماوند تلاقی می‌نماید. این رودخانه زیستگاه انواع جانوران آبی و کنارآبی و پستاندارانی از قبیل شنگ است.

۲- رودخانه دماوند: این رودخانه پس از عبور از شهرستان دماوند در امتداد جنوب‌غربی به سوی منطقه حفاظت‌شده جاجرود سرازیر می‌شود. در منطقه زره‌در که در حاشیه منطقه حفاظت‌شده قرار دارد، رودخانه سفیدرود به آن می‌پیوندد و پس از عبور از مناطق پلنگ‌آواز پایین و ماملو در نزدیکی روستای یوردشاه به رودخانه جاجرود در پارک ملی خجیر ملحق می‌گردد و دوآب دماوند را تشکیل می‌دهد.

۳- آب دربندک: از ارتفاعات باغکمیش به طرف جنوب امتداد داشته و دره دربندک را طی کرده و در نزدیکی خجیر به رودخانه جاجرود می‌پیوندد که این رودخانه به علت سرازیر شدن پساب کارخانه الکل‌سازی فاقد مطلوبیت کافی است.

پیشنهاد احداث تعداد سه آبشخور در زیستگاه هدف: احیای (۱) چاه چال دیمه و احداث آبشخور در نزدیکی آن نقطه، احداث آبشخور در (۲) نزدیکی سد ماملو و نیز با توجه به



جزئیات وسعت مستثنیات شکرپیگلو:

۱۶۶۰۰ مترمربع شکرپیگلو، ۱۶۰۰ مترمربع اراضی آغل گوسفندان و ۷۵۰ متر مربع ساختمان‌های جنب قبرستان سابق که مجموعاً به ۱۷ هکتار می‌رسند. از ورود گله‌های دام به منطقه و یا گذر گله‌های دام از منطقه بایستی به سبب حفظ امنیت زیستگاه و کاهش احتمال تعارض اکیداً جلوگیری نمود. روستاها و اراضی مسکونی و کشاورزی اطراف زیستگاه شامل خجیر، کاپیلان، زره در، ولی آباد، باغمیش و به‌طور کلی هرگونه راه دسترسی به زیستگاه بایستی مورد مراقبت و نظارت قرار گیرند، هر چند در صورت آگاه‌سازی و استفاده از ظرفیت جوامع محلی برای حفاظت زیستگاه، خود به عنوان یک فرصت نیز به شمار می‌رود.

وضعیت حفاظتی منطقه

زیستگاه هدف مطابق بررسی لایه‌های زون‌بندی در زون‌های طبیعت محدودشده و حفاظت‌شده قرار داشته و به‌طور کلی محدوده امن محسوب می‌شود، هر چند مستثنیات منطقه شامل اراضی مسکونی و کشاورزی شکرپیگلو و چال دیمه بایستی مورد توجه قرار گیرند که در بازدیدهای میدانی صورت گرفته از منطقه، وسعت این مستثنیات به ترتیب به ۱۷ و ۱۴ هکتار می‌رسد. احداث سه برجک نظامی، سه موتورتریل برای گشت به دلیل اینکه پاسگاه ماملو نزدیک منطقه هدف است و نیز اختصاص یک کانکس در محل قطارکمر برای اقامت شبانه کافی است و در ضمن، تعدادی دوربین دید در شب بایستی فراهم شود.

برآورد جمعیت مناسب برای انتقال

ترکیب جنسیتی جمعیت انتقالی و حداقل تعداد در راستای ثبات و افزایش جمعیت گونه باید مورد توجه باشد. به‌همین منظور، توصیه می‌شود که در دو مرحله، انتقال حداقل جمعیتی به تعداد ۴۰ (مرحله اول، ۴۰ رأس و مرحله دوم

وجود چاه در پاسگاه محیط‌بانی ماملو یک محل پیشنهادی دیگر برای آبشخور، ۳) نزدیکی پاسگاه محیط‌بانی ماملو می‌باشد.

اقلیم

از نقطه نظر آب‌وهوایی، اقلیم پارک ملی خجیر متأثر از ارتفاعات آن بوده و براساس روش آمبرژه این پارک از نظر آب‌وهوایی، دارای اقلیم خشک و سرد است. براساس اطلاعات ایستگاه ماملو، میانگین بارش سالانه ۲۵۶/۸ میلی‌متر است. حداقل مطلق سالانه دما در طی روز، ۱۳/۸- درجه سانتی‌گراد و حداکثر مطلق سالانه دما ۴۰ درجه سانتی‌گراد و میانگین سالانه برابر با ۱۵/۳ درجه سانتی‌گراد است. مطابق بررسی بازدیدهای میدانی و آمارهای مربوطه برگرفته از منابع کتابخانه‌ای، شرایط اقلیم زیستگاه هدف در کافرومند با کفی قصرفیروزه از مشابهت بسیار بالایی برخوردار بوده و تفاوت قابل توجهی ندارند.

وضعیت توپوگرافی

محدوده کافرومند در پارک ملی خجیر منطقه‌ای تپه ماهوری و دشتی و مسطح با دامنه ارتفاعی ۱۳۰۰ تا کمتر از ۱۸۰۰ متر است.

تعارضات و تهدیدات منطقه

از مزایای محدوده پیشنهادی انتقال آهوان می‌توان به عدم حضور جمعیت سگ‌های ولگرد در محدوده و فاصله نسبتاً مناسب از مراکز و پادگان‌های نظامی و فعالیت‌های اسلحه‌سازی در مقایسه با زیستگاه فعلی گونه اشاره داشت که خود از معضلات جدی در زیستگاه فعلی گونه محسوب می‌شود. مستثنیات منطقه شامل اراضی مسکونی و کشاورزی شکرپیگلو و چال دیمه باید مورد توجه قرار گیرند که در بازدیدهای میدانی صورت گرفته از منطقه، وسعت این مناطق به ترتیب به حدود ۱۷ و ۱۴ هکتار می‌رسد.

نیز ۴۰ رأس) از آهوان پارک ملی سرخه حصار با ترکیب ۷۵٪ ماده و ۲۵٪ نر صورت گیرد.

ارتباط فراجمعیت و فروجمعیت‌ها مسئله حائز اهمیتی در بحث مدیریت حیات‌وحش است. یک **فراجمعیت**، گروهی از جمعیت‌هایی از یک گونه مشابه که از نظر فضایی مجزا و جدا از یکدیگر هستند و تا حدی، دارای سطحی از تعامل و برهم‌کنش می‌باشند، تشکیل می‌شود. فراجمعیت، اصطلاح و مفهومی در بوم‌شناسی جمعیتی است که توسط ریچارد لوینز در سال ۱۹۶۹ ابداع گردید (ملکیان و همای، ۱۳۹۱).

برآوردها از ملاحظات، چالش‌ها و امتیازات پروژه

فرایند جابه‌جایی جمعیت آهو

۱- زنده‌گیری و انتقال

از نمونه روش‌های استفاده شده در پروژه‌های انتقال جمعیت آهو می‌توان به جرگه کردن و زنده‌گیری حیوان با استفاده از تورهای زنده‌گیری اشاره نمود. در طرح‌های مختلفی نظیر زنده‌گیری و انتقال آهو از پناهگاه حیات‌وحش شیراحمد به منطقه حفاظت‌شده شاسکوه در سال ۱۳۸۷ از این روش استفاده شده است. انتقال آهوان بایستی با استفاده از جعبه‌های چوبی مناسب حمل و جابه‌جایی گونه صورت بگیرد و شرایط مناسب نظیر ابعاد از موارد حائز اهمیت است؛ همچنین توصیه می‌شود قبل از رهاسازی در محدوده پیشنهادی پارک ملی خجیر، نمونه خون‌گیری و بیومتری از جمعیت زنده‌گیری‌شده صورت گیرد.

از ملاحظات مهم در روند زنده‌گیری، انتقال و رهاسازی آهو، توجه به حساسیت آن به بیماری میوپاتی فعالیت^۱ که یک بیماری عضلانی بوده و می‌تواند در اثر تعقیب زیاد، جابه‌جایی و استرس ایجاد شود، است. از جمله علائم این

بیماری در آهو می‌توان به ایجاد مشکل در توانایی وزن‌گیری بر روی اندام‌های حرکتی و ازپا افتادگی اشاره نمود (معماریان، ۱۳۹۶)؛ برای جلوگیری از آسیب‌دیدگی جانور از جمله بروز این بیماری بایستی محل‌های با درصد احتمال بالای حضور روزانه آهوان (به‌عنوان نمونه آب‌شخورهای مورد استفاده) را به‌عنوان گزینه‌های مناسب برای فرایند زنده‌گیری و بیهوشی مد نظر قرار داد و طی یک بازه زمانی فشرده که دامپزشک مجرب، مأموران محیط‌بانی و تجهیزات لازم نظیر اسلحه بیهوشی، جعبه‌های نگهداری و وسیله حمل‌ونقل جانور در دسترسی مناسب باشند، این اقدام صورت گیرد و از طرفی باتوجه به زیرکی و حساسیت بالای گونه، فرایند مذکور باید در حداقل بازه زمانی صورت گیرد تا کم‌تر سبب ایجاد استرس و احساس عدم امنیت زیستگاه برای جمعیت مستقر شود.

۲- ترکیب جنسیتی جمعیت انتقالی و حداقل تعداد در راستای ثبات و افزایش جمعیت گونه باید مورد توجه باشد.

به‌همین منظور، توصیه می‌شود که در فاز اول، انتقال حداقل جمعیتی به تعداد ۴۰ رأس از آهوان پارک ملی سرخه حصار با ترکیب ۷۵٪ ماده و ۲۵٪ نر صورت گیرد که توصیه می‌شود این انتقال جمعیت در حداقل دو مرحله (۲۰ رأس در مرحله اول و ۲۰ رأس در مرحله دوم) صورت گیرد که ضریب خطای احتمالی کاهش یابد. به نظر می‌رسد آمار جمعیت گونه مربوط به سرشماری صورت گرفته در سال ۱۴۰۲ از دقت بالایی برخوردار نباشد؛ به‌همین منظور برآورد نسبی از جمعیت آهوان کفی قصرفیروزه قبل از تنظیم برنامه اجرایی فاز انتقال پروژه ضروری است تا اندازه جمعیت انتقالی تعیین شود.

۳- زمان پیشنهادی برای اجرای مرحله زنده‌گیری و انتقال



¹ Exertional myopathy

- مدت زمان مورد نیاز استقرار در محوطه فنس کشی شده برای سازگاری با زیستگاه جدید، حداقل یک الی دو ماه (دقیق‌تر: ۴۰ الی ۴۵ روز) است.

- مکان‌یابی مناسب فنس کشی نیاز به بررسی و مطالعه بیشتر داشته که در برنامه راهبردی اجرای طرح بایستی مختصات و محوطه مورد نظر پیشنهاد شود، اما حداقل فاصله پاسگاه محیط‌بانی ماملو و قطار کمر می‌توانند به‌عنوان گزینه پیشنهادی مورد بررسی قرار گیرند.

- در صورت برآورد از میزان بالای هزینه فنس کشی در مساحت مورد نیاز به روش مرسوم، استفاده از فنس الکتریکی با به‌کارگیری مبدل الکتریکی و سیم به طول مورد نیاز جهت تولید جریان الکتریسیته با ولتاژ و آمپر مناسب که به‌صورت پالسی برق در سیم جریان داشته باشد را نیز می‌توان به‌عنوان پیشنهاد جایگزین بررسی کرد.



آهوی ایرانی در پارک ملی سرخه حصار (منبع: آرشیو اداره محیط زیست پارک‌های ملی خجیر و سرخه حصار)، بهار ۱۴۰۰

باتوجه به ویژگی‌های بوم‌شناختی، زیست‌شناختی و فیزیولوژیک گونه، فاصله زمانی مناسب نسبت به فصل زادآوری و زایمان، تحت فشار نبودن زیستگاه هدف از لحاظ پارامترهای اقلیمی، اواخر تابستان (شهریور ماه) زمان مناسبی برای انتقال می‌باشد.

۴- بدیهی است انتقال جمعیت فعلی گونه از زیستگاه مبدأ به زیستگاه مقصد سبب شارش ژنی و تغییر در خزانه ژنی جمعیت فعلی خواهد شد که احتمال کاهش تنوع ژنتیکی و کاهش تنوع ال‌های جمعیت مخزن و جمعیت انتقال یافته می‌رود؛ بنابراین فصل و بازه زمانی مناسب برای انتقال با فاصله زمانی از فصل زادآوری و تعیین تعداد جمعیت حداقلی مستقر در دو محدوده فعلی و هدف جهت جلوگیری از بروز مشکلات ژنتیکی و ترکیب جنسیتی جمعیت انتقال یافته به کافرومند و جمعیت باقیمانده در کفی قصر فیروزه برای کاهش احتمال خطر در این مورد ضروری است.

۵- یکی از ملاحظات حائز اهمیت پس از انتقال جمعیت به کافرومند و رهاسازی، امکان پراکنده شدن گونه به مناطق اطراف و از دسترس خارج شدن جانور یا با چالش مواجه شدن جمعیت گونه در سازگاری با زیستگاه هدف در کافرومند است که به همین سبب پیشنهاد می‌شود به صورت آزمایشی در مرحله اول تعداد کمی در حد ۲۰ رأس از جمعیت با نسبت ترکیب جنسیتی مناسب منتقل شوند و در صورت امکان در فضایی فنس کشی شده که امکان مراقبت، مدیریت و کنترل جمعیت را بیش‌تر می‌کند، رهاسازی شوند.

- حداقل وسعت مورد نیاز فضای فنس کشی شده به‌ازای هر رأس آهو ۱۰۰ الی ۲۰۰ مترمربع می‌باشد که با فنس کشی محدوده‌ای ۴ هکتاری این نیاز فراهم می‌شود.

آماده‌سازی زیستگاه هدف

۶- تعیین تکلیف / خریداری و آزادسازی اراضی به ویژه مربوط به مستثنیات چال دیمه از پیش نیازهای اجرای طرح است.

۷- محدوده پیشنهادی در مقایسه با محدوده مبدأ آهو نسبت به مراکز نظامی فاصله دارد که از مزایای زیستگاه هدف به‌شمار می‌رود.

۸- اجرای طرح با توجه به اهمیت آهو هدف سبب افزایش سطح حفاظت در پارک ملی خجیر خواهد شد. دقت داشته باشید که این گونه در زمره شش پستاندار شاخص مجموعه تحت حفاظت جاجرود قرار دارد.

۹- محدوده‌های مسکونی و کشاورزی خجیر و کاپیلان باید مورد توجه باشند تا از وقوع تعارضات احتمالی یا ورود شکارچی به محدوده کافرهمند جلوگیری شود.

۱۰- روستاها و اراضی مسکونی کشاورزی در محدوده‌های منتسب به زره در، ولی‌آباد، باغکمیش، کاپیلان و خجیر و شکر بیگلو در اطراف زیستگاه هدف بوده؛ بنابراین امکان دسترسی به محدوده از طریق این قسمت‌ها وجود دارد و نیاز به مراقبت از ورود شکارچی و معارض از این طریق به زیستگاه خواهد بود.

۱۱- با اینکه در طرح جامع مدیریت پارک اشاره‌ای به حضور و مشاهده آهو در پارک ملی خجیر نشده، اما طبق اطلاعات محیط‌بانان و کارشناسان اداره در دهه‌های قبل، این گونه در منطقه کافرهمند زیست داشته است ولی در حال حاضر این گونه در پارک ملی خجیر حضور ندارد که آگاهی از تاریخ بوم‌شناسی حضور و دلایل کاهش جمعیت گونه در

پارک ملی خجیر مستلزم بررسی بیش‌تر است ولی حتماً از عوامل مؤثر بر انقراض جمعیت می‌توان به شکار، تغییر کاربری در بخش‌هایی از زیستگاه و عدم حفاظت و مراقبت مناسب از جمعیت گونه اشاره نمود.

۱۲- باتوجه به زیست قوچ و میش در منطقه پیشنهادی، بررسی امکان تعارض یا رقابت بین این جانوران با آهو باید از پارامترهای مورد سؤال باشد که باتوجه به مشابهت شرایط در محدوده فعلی زیست گونه و ویژگی‌های رفتارشناسی و بوم‌شناختی دوگونه، این مورد (وقوع تعارض و رقابت بین آهو با قوچ و میش) بسیار ضعیف است.

۱۳- دسترسی به منابع آبی از مهم‌ترین ملاحظات طرح در مرحله اجرا است، به‌همین منظور باتوجه به قابل توجه نبودن تعداد چشمه‌ها و چاه‌های آب در کافرهمند و عدم پراکنش مناسب منابع آبی در زیستگاه هدف، استفاده از تلمبه بادی و احداث ۲ الی ۳ آبشخور در منطقه با رسیدگی مناسب در راستای تأمین نیازهای آبی گونه بسیار ضروری است؛ البته آبیاری با منبع آب نیز می‌تواند در صورت عدم امکان استفاده از تلمبه بادی به عنوان پیشنهاد جایگزین مد نظر باشد.

۱۴- کپه‌کاری، بذرپاشی و تأمین علوفه و یونجه به میزان حداقل به‌منظور پشتیبانی از تغذیه جمعیت انتقال‌یافته آهو به کافرهمند از ضروریات مورد توجه برای موفقیت‌آمیز بودن پروژه است که هزینه‌چندانی نیز نیاز ندارد.

پیشنهادهای راهبردی

۱۵- با توجه به محدودیت‌های سازمان حفاظت محیط‌زیست در تأمین اعتبارات پروژه‌های این چنینی و حساسیت حفاظتی آهو و تجربه شکست در

برآورد اعتبارات مورد نیاز

تخصیص بودجه متناسب با مورد برحسب نیاز برای موارد نیز لازم خواهد بود که البته تعیین و ارزیابی دقیق منابع مالی مورد نیاز مستلزم بررسی بیش‌تر و بازاریابی هست ولی مواد مورد نیاز که باید مورد توجه قرار بگیرند، به شرح زیر هستند:

- فرایند زنده‌گیری و جابه‌جایی آهوان از کفی قصر فیروزه به کافرومند به مسافت تقریبی ۲۰ کیلومتر،
- کانکس جهت استقرار محیط‌بان برای اقامت شبانه در نزدیکی محدوده قطارکمر،
- دو الی سه دستگاه موتورتریل برای گشت در منطقه،
- دو الی سه دستگاه دوربین دید در شب،
- افزایش نیروی انسانی محیط‌بان برای پارک ملی خجیر،
- احداث تعدادی آبشخور جهت استفاده حیات‌وحش (حداقل ۲ الی ۳ آبشخور با توزیع مناسب در منطقه)،
- به‌کارگیری تلمبه بادی برای تأمین آب آبشخورهای حیات‌وحش،
- سه برجک دیده‌بانی،
- خریداری مستثنیات واقع در زیستگاه هدف در محدود، معروف به چال دیمه و شکر بیگلر،
- یک دستگاه خودروی کمک‌دار برای اطفای حریق با تجهیزات مناسب باتوجه به احتمال و سابقه آتش‌سوزی در منطقه،

برخی پروژه‌های انتقال جمعیت، توجه به ملاحظات و چالش‌های پیش‌روی پروژه در صورت تأیید و اجرا حتماً بایستی مورد اهتمام قرار گیرند، در غیراین صورت شاید ارتقای سطح حفاظتی در زیستگاه فعلی و تلاش برای کاهش مخاطرات، تعارضات و تهدیدات گونه در محدوده کفی قصر فیروزه، گزینه مناسب‌تری برای دستیابی به هدف حفاظت بهتر از آهوان مجموعه تحت حفاظت جاجروود و کمک به افزایش جمعیت آن باشد.

۱۶- امروزه در کشورهای توسعه‌یافته، حفاظت محیط‌زیست توسط یک سازمان یا مرکز انجام نمی‌شود و به یکی از رفتارهای مردم در کشور تبدیل شده است و پیوند مردم با برنامه‌ریزان این حوزه قطع نمی‌شود. مراقبت از محیط‌زیست به یک مسئولیت اجتماعی تبدیل گشته‌است و بنابراین، ارتقای سطح آگاهی و احساس مسئولیت در هر فرد و خانواده نسبت به محیط اطراف و طبیعت مهم است. حفاظت مشارکتی بایستی از رویکردهای مورد توجه سازمان حفاظت محیط‌زیست قرار گیرد؛ استفاده از ظرفیت و فرصت‌های جوامع محلی، روستائیان، سمن‌ها و گروه‌های داوطلب حفاظت از حیات‌وحش، انجمن‌های علمی دانشجویی، دانشجویان، کنشگران، پژوهشگران و استادان دانشگاهی علاقه‌مند به حیات‌وحش در امر مهم حفاظت حیات‌وحش و اجرایی‌شدن موفقیت‌آمیز پروژه‌های احیای زیستگاه‌ها و گونه‌ها بسیار می‌تواند مؤثر و مفید واقع شود و ضمناً حفاظت مشارکتی منجر به کاهش هزینه‌های صرف شده و اعتبارات تخصیص‌یافته از سوی دولت نیز خواهد شد که در تنظیم برنامه راهبردی اجرای طرح مذکور نیز نباید از این مهم غفلت نمود.

- کپه‌کاری و بذرپاشی به منظور پشتیبانی از تغذیه جمعیت گونه و تأمین ۱۰ تن علوفه در سال،
- فنس‌کشی بخشی از زیستگاه هدف به وسعت چهار هکتار جهت استقرار موقت جمعیت آهو.



آهوی ایرانی در پارک ملی سرخه حصار (منبع: آرشیو اداره محیط زیست پارک‌های ملی خجیر و سرخه حصار)، بهار ۱۴۰۰

نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

در مجموع، باتوجه به مشابهت‌های شرایط و خصوصیات محدوده‌های زیستگاهی هدف و مبدأ و توجه به روند کاهش جمعیت آهوان کفی قصر فیروزه در سال‌های اخیر و گسترش سطح مراکز و فعالیت‌های نظامی مطابق بررسی اولیه و با برآیند مشورت محی‌بانان و کارشناسان پارک‌های ملی خجیر و سرخه حصار، انتقال بخشی از جمعیت آهوان از کفی قصر فیروزه به کافرومند مشروط بر توجه به ملاحظات بیان شده می‌تواند در حفظ، ثبات و افزایش جمعیت این گونه با ارزش حفاظتی و افزایش سطح زیستگاه‌های مورد توجه و مراقبت مؤثر باشد. باید در نظر داشت هدف از اجرای پروژه پیشنهادی احداث سایت تکثیر و پرورش آهو نیست و هدف اصلی حفاظت از گونه می‌باشد هر چند در یک بازه زمانی میان مدت شاهد افزایش جمعیت آهو در زیستگاه هدف نیز خواهیم بود که از مزایای اجرای پروژه می‌باشد. با بررسی وضعیت و ملاحظات پیش روی طرح مورد نظر در مقایسه با دیگر طرح‌های مشابه در

کشور، اجرای پروژه شرح داده شده با چالش‌های چندانی پیش رو نخواهد بود و در صورت تأمین اعتبارات مورد نیاز علاوه بر اینکه به حفاظت مناسب از آهو در کافرومند منجر خواهد شد، سبب ارتقای وضعیت حفاظتی در مجموعه حفاظت شده جاجرود به ویژه در پارک ملی خجیر نیز خواهد شد.

با توجه به محدودیت‌های سازمان حفاظت محیط‌زیست در تأمین اعتبارات پروژه‌های این چنینی و حساسیت حفاظتی گونه و تجربه شکست در پروژه‌های انتقال جمعیت، در نظر داشتن ملاحظات و چالش‌های پیش روی پروژه در صورت تأیید و اجرا حتماً بایستی مورد اهتمام قرار گیرند در غیر اینصورت شاید ارتقای سطح حفاظتی در زیستگاه فعلی و اهتمام برای کاهش مخاطرات، تعارضات و تهدیدات گونه در محدوده کفی قصر فیروزه گزینه مناسب‌تری برای دستیابی به هدف حفاظت بهتر از آهوان مجموعه حفاظت شده جاجرود و کمک به افزایش جمعیت آن باشد. در هر صورت چه با رویکرد حفاظت در زیستگاه فعلی و چه با انتقال جمعیت در زیستگاه ثانویه، برنامه‌ریزی برای مدیریت جمعیت آهوان مجموعه حفاظت جاجرود در راستای ثبات و رشد جمعیت آن با توجه به ارزش حفاظتی بالای جانور بسیار ضروری است در غیر اینصورت در آینده نزدیک با انقراض جمعیت این تیزپای زیبا مواجه خواهیم شد. از ملاحظات مهم مدنظر سازمان حفاظت محیط زیست در تصمیم‌گیری‌ها بایستی توجه به رویکرد کاهش تعارضات با ذی‌نفعان دیگر مناطق تحت حفاظت در راستای کاهش چالش‌های پیش روی سازمان باشد که اجرای طرح پیشنهادی مورد مطالعه به این هدف نیز نزدیک است.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از مشورت‌ها و راهنمایی‌های محیط‌بانان زحمتکش، کارشناسان و مسئولین محترم اداره پارک‌های ملی خجیر و سرخه حصار به‌خصوص آقایان سیدحسن فراهانی و علی روشنی که در راستای تکمیل و تنظیم طرح



مطالعاتی امکان‌سنجی اجرای پروژه انتقال آهو همکاری‌های لازم را برای تهیه اطلاعات و مستندات مورد نیاز داشته‌اند و همچنین راهنمایی‌های خانم دکتر سادات موسوی در اصلاحات مقاله کمال تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

منابع

اکبری، س. (۱۳۹۷). کنترل خسارت گونه تشی *Hystrix indica* (Rodentia: Hystricidae) در عرصه‌های منابع طبیعی.

اوجی، م. ق. و حمزه پور، م. (۱۳۸۲). گزارش مطالعات جنگل بنه، فصلنامه تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۰ (۱)، ۲۸۳-۳۰۸.

اشرف زاده، م. ر. و مرادی، ا. (۱۳۹۶). برآوردی از وضعیت شکار در منطقه حفاظت شده چهل پا، استان خوزستان. فصلنامه محیط‌زیست جانوری، ۹ (۴)، ۱-۱۰.

شیخ جباری، ا. و شیخ جباری، ح. (۱۳۸۴). وضعیت زیستی و تنوع گونه‌ای مهره‌داران استان اردبیل. فصلنامه علوم محیطی، ۳ (۱۰)، ۳۵-۵۰.

ضیایی، ه. (۱۳۸۷). راهنمای صحرایی پستانداران ایران. انتشارات کانون آشنایی با حیات وحش، ۴۴۰ صفحه.

عبداللهی، ص و سلمان ماهینی، ع. (۱۳۹۴). بررسی تأثیر مقیاس برمدلسازی زیستگاه پلنگ در پارک ملی گلستان، فصلنامه پژوهش‌های محیط‌زیست، ۶ (۱۱)، ۱۷۳-۱۸۰.

طرح جامع مدیریت مجموعه حفاظت شده جاجرو، دی ماه ۱۳۹۱.

فیروز، ا. (۱۳۷۸). حیات وحش ایران. مرکز نشر دانشگاهی تهران، ۴۹۱ صفحه.

قاسم پور نیاری، ع. و قاسم پورنیاری، ح و صفوی، ن و قربانی، ا. (۱۴۰۲). بررسی میزان موفقیت طرح تکثیر، پرورش و احیای آهو در منطقه حفاظت شده مغان، چهارمین کنفرانس بین‌المللی و هفتمین کنفرانس ملی صیانت از منابع طبیعی و محیط‌زیست به همراه پنجمین همایش ملی جنگل ایران، اردبیل.

قربانی، م؛ عوض پور، ل و یوسفی، م. (۱۳۹۴). تحلیل و ارزیابی سرمایه اجتماعی در راستای تقویت تاب‌آوری جوامع محلی و مدیریت پایدار سرزمین. مجله منابع طبیعی ایران، ۶۸ (۲)، ۶۴۵-۶۲۵.

کرمی، پ؛ کمانگر، م. و حسینی، س. (۱۳۹۵). مدلسازی مطلوبیت زیستگاه آهوی ایرانی (*Gazella subgutturosa subgutturosa*) در منطقه شکار ممنوع قراویز و استان کرمانشاه با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، مجله پژوهش‌های جانوری (مجله زیست‌شناسی ایران)، ۲۹ (۳)، ۳۴۰-۳۵۲.

مهدوی خواه، م. (۱۴۰۱). گزارش بازدید از مجموعه حفاظت شده جاجرو، اداره پارک‌های ملی خجیر و سرخه حصار.

مجنونیان، ه. و مولوی، م. (۱۳۶۴). مقدمه ای بر گوزن زرد ایرانی و زیستگاه‌های آن، مجله محیط‌شناسی، ۱۲ (۱۳)، ۱۳۲-۱۰۱.

مروتی، م؛ و کمالیان، ن. و محمدی، س. (۱۴۰۲). ارزیابی زیستگاه آهو (*Gazella subgutturosa*) با روش آنتروپی بیشینه در منطقه حفاظت شده کالمند بهادران یزد، ایران، فصلنامه محیط‌زیست و توسعه فرابخشی، ۸ (۸۰)، ۷۹-۸۹.

معماریان، ا. (۱۳۹۶). راهنمای میدانی بیماری‌های عفونی، متابولیک و انگلی رایج در حیات وحش ایران، انتشارات نیم دایره، چاپ اول، ۱۳۶ صفحه.

Farhadinia, M., & Hemami, M. R. (2010). Prey selection by the critically endangered Asiatic cheetah in central Iran. *Journal of Natural History*, 44(19-20), 1239-1249.

Nowzari, H., Hemami, M., & Behrouzi Rad, B. (2007). Habitat use by Persian gazelle (*Gazella subgutturosa subgutturosa*) in Bamoo National park during autumn and winter. *Acta zoológica mexicana*, 23(1), 109-121.

Zachos, F. E., Karami, M., Ibenouazi, Z., Hartl, G. B., Eckert, I., & Kirschning, J. (2010). First genetic analysis of a free-living population of the threatened goitered gazelle (*Gazella subgutturosa*). *Mammalian biology*, 75, 277-282.



ملکیان، م و همامی، م. (۱۳۹۱). مبانی زیست‌شناسی حفاظت، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۳۰۵ صفحه.

وارسته مرادی، ح. و مددی، م. (۱۳۹۶). بررسی تراکم، ترکیب سنی و جنسی آهو (*Gazella subgutturosa*) در پارک ملی گلستان. فصلنامه علوم محیطی، ۱۵(۴)، ۱۵۴-۱۴۱.

همامی، م. ر. (۱۳۸۳). بررسی وضعیت آرایه‌شناسی و انتشار آهوان ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.

پورتال اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان تهران، <https://tehran.doe.ir/>، آخرین دسترسی: ۳۱ تیرماه ۱۴۰۳.

Amaja, L. G., Feyssa, D. H., & Gutema, T. M. (2016). Assessment of types of damage and causes of human-wildlife conflict in Gera district, south western Ethiopia. *Journal of Ecology and the Natural Environment*, 8(5), 49-54.

Ashouri Rad, A.; Rahimi, R. & Shams Esfandabad, B. 2018. Modeling habitat suitability for Goitered Gazelle (*Gazella subgutturosa*) in Sorkheh Hesar national park. *Journal of Environmental Science and Technology*, 19 (4):193-207 (In Persian).

IUCN SSC Antelope Specialist Group. (2017). *Gazella subgutturosa*. The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T8976A50187422.

IUCN. (2003). World Parks Congress Recommendation 20: Preventing and Mitigating Human-Wildlife Conflicts. Gland, Switzerland.

Mallon, D.P. (2008). *Gazella subgutturosa*. In: IUCN 2009. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2009.2 <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 11 November 2009.



Persian gazelle in Sorkheh-e-Hesar National Park (Source: Archives of the Environmental Department of Khojir and Sorkheh-e-Hesar National Parks), Spring 2021

Investigation and Feasibility of Transferring Persian Gazelle (Goitered gazelle) from Sorkheh Hesar National Park to Khojir National Park

Omid kiani^{1*}, Afshin Alizadeh Shabani²

1- Bachelor's student, Department of Natural Environment, Faculty of Natural Resources, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

2- Associate Professor, Department of Natural Environment, Faculty of Natural Resources, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

*Corresponding Author's E-mail: omid.kiani@ut.ac.ir

Abstract

In this study, the ecological and behaviorology characteristics of Persian gazelle in Jajrood Protected area and the feature and conditions of Its habitats have been investigated. Also with the aim of feasibility and justification of implementation plan to transfer a part of their population to Kafir-Houmand located in Khojir National Park in order to Habitat restoration of them in Khojir National Park, the feature and conditions of this proposed habitats (Khojir National Park) have been investigated. In general, paying attention to required biological and ecological parameters of the target species is important to assessing of its habitat suitability. Distance from the variables of roads, springs, water fountains and military areas in the autumn season along with variables of height, distance from nomadic areas and vegetation type in winter season has the greatest effect on the distribution of the species. Also altitude, temperature and vegetation type are the most important factors affecting the distribution of Persian gazelle at the macro scale. The results of the preliminary studies indicate that the conditions and characteristics of the target and source habitats are similar. The decreasing trend, albeit with a slight slope in the population of Qasr-e Firouzeh gazelles in the last few years and the expansion of the level of military centers and activities, is alarming. According to the initial survey and the result of the consultation and opinions of the rangers and experts of Khojir and Sorkhe Hesar national parks The transfer of a part of the gazelles population from Qasr-e Firouzeh to Kafir-Houmand, subject to the considerations expressed in this study, can be effective in maintaining, stabilizing, and increasing the population of this species with conservation value and increasing area of attentioned and cared habitats of Jajrood protected area. One of the important considerations in decision-making intended by the Organization of Environmental Protection should be to pay attention to the approach of reducing conflicts with other stakeholders of protected areas in order to reduce the challenges facing the organization which the implementation of the proposed plan under study is also in line with this goal.

Keywords: Conservation, Habitat, Khojir National Park, Persian gazelle, Sorkhe Hesar national park

حساسیت و آسیب پذیری

فاطمه ملکی^۱، افشین دانه کار^{۲*}

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد محیط زیست، گروه محیط زیست طبیعی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۲- استاد، گروه محیط زیست طبیعی، دانشکده منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
رایانامه نویسنده مسئول: danehkar@ut.ac.ir

مقدمه

داشتن درک عمیق در مورد مفاهیم "حساسیت" و "آسیب پذیری" به عنوان مؤلفه های کلیدی در تحلیل سیستم های طبیعی و انسانی، نقش مهمی در مطالعات محیط زیستی و ارزیابی تاب آوری اکولوژیک ایفا می کند. این دو مفهوم گاهی به صورت هم معنا به کار برده می شوند، اما از منظر مفهومی، کاربردی و تحلیلی تفاوت هایی بنیادین با یکدیگر دارند. در این نوشتار، با استفاده از تعاریف و دیدگاه های مختلف به مقایسه ی این دو مفهوم پرداخته شده است تا مرزهای مفهومی آن ها روشن تر شده و امکان استفاده دقیق تر از آن ها فراهم گردد.

حساسیت (Sensitivity)

مورد سنجش قرار گیرد. در سنجش حساسیت های اکولوژیک اغلب یک اکوسیستم یا سیستم حیات بخش طبیعی مورد ارزیابی واقع می شود.

بسیاری از سامانه های بوم شناختی و سیستم های حیات بخش، در فرایند تکامل طبیعی به قدرت خودتنظیمی و خودپایداری رسیده اند و به همین سبب، سیستم های اکولوژیک و اکوسیستم ها در حالت طبیعی خود مناطق حساس اکولوژیک (ESAs^۱) تلقی می شوند (World Bank, 1993). این به آن معنا است که در سیستم های

حساسیت دامنه تاب آوری نسبت به تغییر و تنش است، به همین سبب Adger (۲۰۰۶)، حساسیت را درجه ای از تغییر یک سیستم تحت تأثیر اغتشاشات بیرونی تعریف می کند. لذا اغلب حساسیت نسبت به یک عامل بیرونی سنجیده یا آشکار می شود اما دلیل درونی (شکستگی ساختار و فرایندها) دارد. از این رو حساسیت به یک عامل یا رخداد آشفته کننده بیشتر مورد توجه است. حساسیت می تواند از منظر محیط زیستی (سیستم اجتماعی-اکولوژیک)، یا انسانی (سیستم انسانی) یا بوم شناختی (سیستم اکولوژیک)

¹ Ecologically Sensitive Areas

طبیعی هیچ شرایط غیرحساسی وجود ندارد، بلکه درجه حساسیت‌ها با یکدیگر متفاوت است. زیست‌بوم‌های طبیعی می‌توانند برخوردار از ویژگی‌های منحصربه‌فرد باشند، فرآیندهای طبیعی کلیدی را حفظ کنند، از گیاهان یا جانوران کمیاب و زیستگاه آن‌ها حمایت کنند، یا مناطق مهمی برای پرورش حیات وحش فراهم آورند (World Bank, 1993). مناطق حساس اکولوژیک مکان‌هایی هستند که دارای ویژگی‌های محیطی ویژه‌ای هستند که ارزش نگهداری یا مراقبت ویژه دارند. این مناطق برای نگهداری از جمعیت‌های مولد و متنوع گیاهی و حیات وحش حیاتی هستند (Polster & Cullington, 2004).

مناطق حساس از نظر اکولوژیک عموماً به عوامل و موجوداتی اطلاق می‌شود که نقش تعیین‌کننده‌ای در شرایط و پایداری محیطی یک منطقه ایفا می‌کنند (Hong et al., 2017). حساسیت اکولوژیک نشان می‌دهد که چگونه یک اکوسیستم می‌تواند با تغییرات درونی محیط طبیعی خود و اختلالات برون‌زا ناشی از فعالیت‌های انسانی سازگار شود. این حساسیت نشان‌دهنده میزان و احتمال ناپایداری سیستم اکولوژیک و همچنین بروز مسائل بوم‌شناختی است (Kong et al., 2024). Feng و همکاران (۲۰۲۳) حساسیت اکولوژیک را یکی از شاخص‌های مهم شکندگی بوم‌شناختی عنوان کرده‌اند که می‌تواند نشان‌دهنده ناپایداری اکوسیستم‌ها نسبت به شرایط محیط طبیعی و اختلالات ناشی از فعالیت انسانی باشد. Chen و همکاران (۲۰۲۳) تقریباً همین گونه اظهار داشته‌اند، این پژوهشگران، حساسیت اکولوژیک را به میزان پاسخگویی یک اکوسیستم نسبت به تغییرات اجتماعی یا محیطی توصیف کرده‌اند.

همان گونه که بیان شد، در برخی تعاریف، حساسیت در واکنش به تنش بیرونی توصیف شده‌است، هرچند که مداخله حساسیت با تنش به ایجاد مفهوم آسیب‌پذیری منجر شده‌است، اما برخی پژوهشگران بر چرایی حساسیت

تأکید داشته‌اند؛ زیرا یک سیستم طبیعی می‌تواند نسبت به یک تنش محیطی حساس و نسبت به تنش محیطی دیگر مقاوم باشد، لذا نمی‌توان به سادگی در خصوص حساسیت یک سیستم بدون دلیل آن ارزیابی انجام داد. Yilmaz و همکاران (۲۰۲۰) به این سبب حساسیت اکولوژیک را واکنش اکوسیستم به تغییرات محیطی ناشی از عوامل داخلی و خارجی تعریف کرده‌اند. همچنین تأکید داشته‌اند که درجه حساسیت اکولوژیک در بعد فضایی بستگی به ویژگی‌های طبیعی و فرهنگی دارد. بنابراین حساسیت اکولوژیک به این معناست که وقتی محیط بوم‌شناختی توسط انسان یا فرآیندهای طبیعی مختل می‌شود، مشکلات اکولوژیک به راحتی در این محیط آشکار می‌شوند (Chen & Wu, 2020).

از همین دیدگاه Hiscock و Tyler-Walters (۲۰۰۶)، زیستگاه یا گونه بسیار حساس را زیستگاه یا گونه‌ای توصیف کرده‌اند که به راحتی تحت تأثیر عوامل خارجی ناشی از فعالیت‌های انسانی با تخریب و کاهش یا توقف عملکرد مواجه شود و پس از این شرایط، ممکن است در یک دوره بسیار طولانی بهبود یابد یا اصلاً بهبود نیابد. اما زیستگاه یا گونه حساس زیستگاه یا گونه‌ای است که تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی قرار می‌گیرد و انتظار می‌رود که در یک دوره طولانی بهبود یابد.

مناطق حساس می‌توانند صرفاً از منظر اکولوژیک که بر منابع زنده و غیر زنده طبیعی تمرکز دارد، مورد توجه قرار گیرند و یا به عنوان مناطق حساس محیط‌زیستی که محیط اکولوژیک را در پیوند با حضور انسان و فعالیت‌های انسانی، سامان داده است (سیستم‌های اکولوژیک- اجتماعی) مورد تعریف و سنجش قرار گیرند.

Ndubisi و همکاران (۱۹۹۵) مناطق حساس محیط‌زیستی (ESA^۱) را زمین سیمایا یا مکان‌هایی تعریف کرده‌اند که

¹ Environmental Sensitive Area

برای نگهداری طولانی‌مدت تنوع زیستی، خاک، آب یا سایر منابع طبیعی هم در یک مکان و هم در یک بافت منطقه‌ای اهمیت دارند و دربرگیرنده زیستگاه‌های حیات وحش، شیب‌های تند، تالاب‌ها و زمین‌های کشاورزی مرغوب هستند.

مناطق حساس ساحلی - دریایی که می‌توانند درسواحل آب‌های داخلی، آب‌های سرزمینی، منطقه‌ای انحصاری و اقتصادی و آب‌های آزاد، شناسایی و انتخاب گردند، نواحی هستند که واجد منابع حساس ساحلی - دریایی و وابسته به دریا بوده و این حساسیت به واسطه تنوع زیستی، غنای جانداران، وجود گونه‌های در معرض خطر، آسیب پذیر و کمیاب و واقع شدن اجتماعات حیاتی در آستانه‌ی تحمل بوم‌شناختی است (دانه کار، ۱۳۷۷). حساسیت درجه‌ای است که ویژگی‌های طبیعی به تنش‌ها پاسخ می‌دهند. به طور خاص، حساسیت با استفاده از یک یا چند شاخص (از گونه‌ها، جوامع و زیستگاه‌ها) اندازه‌گیری می‌شود که به یک یا چند عامل تنش‌زای طبیعی یا انسانی پاسخ می‌دهند (Zacharias & Gregr, 2005).

از دیدگاه سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران، یک منطقه حساس دریایی، گستره‌ای از پهنه دریا یا خط ساحلی است که به دلیل اهمیت اکولوژیک، اقتصادی-اجتماعی و آموزشی و یا دلایل علمی در مقابل شرایط طبیعی یا اقدامات انسانی به خصوص فعالیت‌های دریانوردی آسیب‌پذیر است و نیاز به حمایت ویژه دارد (یعقوب‌زاده و همکاران، ۱۴۰۰). سازمان بین‌المللی دریانوردی (IMO^۱) منطقه به‌ویژه حساس دریایی (PSSA^۲) را محدوده‌ای تعریف کرده است که به دلایل بوم‌شناختی، اجتماعی-اقتصادی یا علمی اهمیت دارد و ممکن است در معرض آسیب‌های ناشی از فعالیت‌های دریانوردی بین‌المللی قرار گیرد (IMO, 2006). مناطق حساس به بیابان‌زایی به

مناطق اطلاق می‌شود که به دلیل اثرات ترکیبی شکل‌های زمین، خاک، آب و هوا، پوشش گیاهی و فعالیت‌های انسانی محتمل است به بیابان‌زایی دچار شود (Shao et al., 2023). مناطق حساس محیط‌زیست شهری، عناصر یا واحدهای بوم‌شناختی در داخل و اطراف شهر هستند که برای سلامت و زیست‌پذیری محیط شهری اهمیت دارند و اگر به نحوی با گسترش شهر و فعالیت‌های شهرنشینی آسیب ببینند، قابلیت بازیابی ضعیفی دارند (Niu et al., 2018). امروزه حساسیت محیط‌زیستی، یکی از رویکردهای طبقه‌بندی‌های مدیریت محیط‌زیستی محسوب می‌شود و حساسیت محیط‌های طبیعی (مانند زیستگاه‌ها، پیکره‌های آبی) را در برابر تغییرات آب‌وهوایی و انسانی توصیف می‌کند. سازگاری محیط‌زیستی در مقابل فشار روندهای تحمیل شده بر محیط با فرض یا سناریوهای عدم کاهش یا کاهش کیفیت محیط‌زیست مورد بررسی قرار می‌گیرند (Wei et al., 2020).

آسیب‌پذیری (Vulnerability)

آسیب‌پذیری به درجه‌ای گفته می‌شود که یک سیستم، زیرسیستم یا جزئی از سیستم به دلیل قرار گرفتن در معرض یک یا مجموعه‌ای از عوامل اغتشاش‌کننده یا استرس‌زا یا مخاطره‌آمیز، ممکن است خسارت ببیند (Turner et al., 2003)؛ حیدری مستعلی و همکاران، ۱۳۹۳). آسیب‌پذیری یک پدیده بسیار پیچیده است که هم دارای عوامل بیوفیزیکی و هم عوامل اجتماعی-اقتصادی است که مرتبط با شرایط در معرض قرار گرفتن (مدت، بزرگی، نرخ تغییر) و حساسیت محیط پذیرنده است (Abson et al., 2012).

آسیب‌پذیری معمولاً به عنوان ترکیبی از سه مؤلفه اصلی تعریف می‌شود که در آن در معرض قرار گرفتن به میزان استرس متحمل شده توسط یک سیستم مربوط می‌شود؛ حساسیت به میزان تأثیر استرس بر سیستم اشاره دارد و ظرفیت سازشی توانایی سیستم برای پاسخگویی به استرس

¹ International Maritime Organization

² Particularly Sea Sensitive Area

است (Bourgoin et al., 2020). به این ترتیب آسیب‌پذیری معمولاً به عنوان نتیجه ترکیبی از در معرض قرار گرفتن و حساسیت یک سیستم مفهوم‌سازی می‌شود (Yoshikawa et al., 2023). بنابراین آسیب‌پذیری تابعی از قرار گرفتن در معرض یک عامل استرس‌زا، اثر (که حساسیت یا تأثیر بالقوه نیز نامیده می‌شود) و پتانسیل بازیابی (انعطاف‌پذیری یا ظرفیت سازگاری نامیده می‌شود) در نظر گرفته می‌شود (De Lange et al., 2010). بنابراین آسیب‌پذیری بیان‌کننده احتمال قرار گرفتن یک محیط در معرض عوامل استرس‌زایی است که به آن حساس است (Zacharias & Gregor, 2005). در تحقیقات پایداری، آسیب‌پذیری به عنوان درجه آسیبی که یک سیستم با قرار گرفتن در معرض تغییرات محیطی تجربه می‌کند، تعریف می‌شود (Yoshikawa et al., 2023).

ایده اصلی تعریف IPCC که اغلب مورد استناد قرار می‌گیرد این است که آسیب‌پذیری درجه‌ای است که یک سیستم نسبت به آن حساس است و قادر به مقابله با اثرات نامطلوب آن نیست (Adger, 2006). از این رو آسیب‌پذیری به عنوان پتانسیل از دست دادن نیز تعریف می‌شود (Weißhuhn et al., 2018). آسیب‌پذیری اکولوژیک در سنجش تاب‌آوری و پاسخ اکوسیستم‌ها مورد توجه قرار می‌گیرد و به توانایی یک اکوسیستم برای انطباق پاسخ‌های خود به عوامل استرس‌زا در حوزه‌های زمانی و مکانی خاص اشاره دارد (Darabi et al., 2018).

Ippolito و همکاران (۲۰۱۰) آسیب‌پذیری اکوسیستم‌ها را مجموعه‌ای از ویژگی‌های یک اکوسیستم بیان کرده‌اند که پتانسیل آن را برای آسیب دیدن توسط یک عامل استرس‌زا مشخص می‌کند. Chen و همکاران (۲۰۲۳) آسیب‌پذیری اکوسیستم را پاسخ اکولوژیک محیط به تنش‌ها و آشفتگی‌های بیرونی تعریف کرده‌اند. Hou و همکاران (۲۰۲۲) نیز آسیب‌پذیری اکولوژیک را میزان

اختلال اکوسیستم، آسیب سیستم و توانایی بازسازی سیستم توصیف کرده‌اند. آسیب‌پذیری اکولوژیک (EV^1) مرتبط به ویژگی ذاتی اکوسیستم است (که به شکل درجه حساسیت بیان می‌شود) و اطلاعات مهمی را در زمینه پیشینه تاریخی و بوم‌شناختی آن فراهم می‌کند. همه پدیده‌های طبیعی و فعالیت‌های انسانی در اکوسیستم بر آسیب‌پذیری اکولوژیک تأثیر می‌گذارند، که با فرآیند پیچیده تغییر رابطه بین انسان و طبیعت مقابله می‌کند و با آن سازگار می‌شود (Guo et al., 2023). بنابراین آسیب‌پذیری اکولوژیک نتیجه تعامل بین محیط طبیعی و انسان است و مناطق مختلف ویژگی‌های آسیب‌پذیری متفاوتی دارند (Ma et al., 2023).

آسیب‌پذیری درجه‌ای است که یک اکوسیستم در برابر اثرات نامطلوب تأثیرات ناشی از انسان حساس است یا قادر به مقابله با آن نیست (Bourgoin et al., 2020). Hou و همکاران (۲۰۲۲) معتقدند آسیب‌پذیری اکولوژیک تخمینی از ناتوانی یک اکوسیستم در تحمل استرس است و به عنوان یک ویژگی خاص یک اکوسیستم، پتانسیل یک اکوسیستم را برای تنظیم پاسخ خود به عوامل استرس‌زا نشان می‌دهد. آسیب‌پذیری اکولوژیک به حساسیت محیط طبیعی به اختلالات خارجی (از جمله اختلالات طبیعی و انسانی) و ظرفیت آن برای بازیابی خود به خود در یک زمان و مکان خاص اشاره دارد. این اختلالات ناشی از تأثیر مشترک رفتار اجتماعی-اقتصادی انسان و شرایط طبیعی است (Wang et al., 2022).

امروزه آسیب‌پذیری بوم‌شناختی معیار اندازه‌گیری محاسبه تحمل اکوسیستم در برابر عوامل طبیعی و بوم‌شناختی است. این شاخص تابعی از ویژگی‌های طبیعی اکوسیستم و شرایط محیطی است و کاربرد مؤثری در ارزیابی و پایش کیفیت محیط و شناسایی مناطق حساس و آسیب‌پذیر دارد (حسن‌زاده و رحیم‌پور، ۱۳۹۹). درجهٔ آسیب‌پذیری

¹ Ecologic Vulnerability

آن کالا حساسیت بالایی دارد (M.M.A.S.E.I.G., 2024).

۲. قابلیت جایگزینی: اگر یک سیستم یا فرد به راحتی نتواند منابع، سیستم‌ها یا روش‌های جایگزین برای آنچه به آن وابسته است پیدا کند، حساسیت آن بیشتر خواهد بود. برای مثال، یک بیمار که به یک داروی خاص برای زنده ماندن نیاز دارد و جایگزینی برای آن وجود ندارد، حساسیت بالایی به قطع دسترسی به آن دارو دارد.

۳. سرعت و شدت واکنش: حساسیت می‌تواند با سرعت و شدت واکنشی که یک سیستم یا فرد در برابر یک عامل نشان می‌دهد، اندازه‌گیری شود. واکنش سریع و شدید نشان‌دهنده حساسیت بالا است. برای مثال، واکنش سریع بازار سهام به اخبار اقتصادی نشان‌دهنده حساسیت آن است.

۴. آستانه تحمل: سیستم‌ها یا افرادی که آستانه تحمل پایین‌تری نسبت به تغییرات دارند، حساس‌تر محسوب می‌شوند. تغییرات کوچک‌تر در محیط می‌توانند تأثیرات بزرگ‌تری بر آن‌ها بگذارند.

آسیب‌پذیری (Vulnerability)

آسیب‌پذیری به "میزان ضعف" یک سیستم یا فرد در برابر تأثیرات منفی یک عامل خطرناک (Hazard) اشاره دارد. این مفهوم نه تنها شامل میزان قرار گرفتن در معرض خطر (Exposure) و حساسیت به آن (Sensitivity) می‌شود، بلکه توانایی مقابله و سازگاری با آن (Adaptive Capacity) را نیز در بر می‌گیرد. به‌طور کلی:

شاخص‌های آسیب‌پذیری:

۱. در معرض قرار گرفتن (Exposure): میزان و ماهیت تماس یک سیستم یا فرد با یک عامل خطرناک. برای مثال، سکونت در مناطق سیل‌خیز، قرار گرفتن در

اکولوژیک مقیاس سنجشی است که یک اکوسیستم یا اجزای آن بر اثر قرار گرفتن در برابر عامل‌های محرک (آشفتگی یا فشار) در عمل خسارت می‌بینند (اقتصاد و همکاران، ۱۳۹۱).

جمع‌بندی

مقایسه‌ی "حساسیت" و "آسیب‌پذیری" نشان می‌دهد هرچند این دو واژه در برخی موارد هم‌پوشانی دارند، اما از نظر مفهوم و کاربرد متمایز هستند. حساسیت، بیشتر بر ویژگی‌های ذاتی سیستم در برابر یک عامل تنش‌زا تمرکز دارد، در حالی که آسیب‌پذیری، مفهومی ترکیبی و چندبعدی است که علاوه بر حساسیت، میزان در معرض قرار گرفتن و ظرفیت سازگاری سیستم را نیز در بر می‌گیرد. درک این تفاوت، نه تنها موجب بهبود کیفیت تحلیل‌ها در برنامه‌ریزی محیط‌زیستی می‌شود، بلکه مسیر تصمیم‌گیری‌های دقیق‌تر در حوزه تاب‌آوری و کاهش ریسک‌های اکولوژیک را هموار می‌سازد. در ادامه چند ویژگی اصلی حساسیت و آسیب‌پذیری ارائه شده و جدول ۱ مقایسه حساسیت و آسیب‌پذیر را در چند شاخص اصلی نشان می‌دهد.

حساسیت (Sensitivity)

حساسیت به درجه‌ای اشاره دارد که یک سیستم یا فرد تحت تأثیر یک عامل خاص (مثلاً یک شوک، تغییر، یا استرس) قرار می‌گیرد. به عبارت دیگر، نشان می‌دهد که یک سیستم چقدر به یک محرک واکنش نشان می‌دهد.

شاخص‌های حساسیت:

۱. میزان وابستگی: هرچه یک سیستم یا فرد به یک منبع، سیستم دیگر یا شرایط خاص وابسته‌تر باشد، حساسیت آن به تغییرات در آن منبع، سیستم یا شرایط بیشتر است. برای مثال، یک اقتصاد که به شدت به صادرات یک نوع کالا وابسته است، به نوسانات قیمت

پس از تجربه یک شوک یا استرس است. تاب‌آوری پایین، آسیب‌پذیری را افزایش می‌دهد.

معرض خطر سیل را افزایش می‌دهد (Falcony, 2024).

۵. عدم دسترسی به منابع: محدودیت در دسترسی به منابع اساسی مانند غذا، آب، مسکن، بهداشت و آموزش می‌تواند آسیب‌پذیری افراد و جوامع را افزایش دهد.

۲. حساسیت (Sensitivity): همان‌طور که در بالا توضیح داده شد، درجه‌ای که یک سیستم یا فرد تحت تأثیر یک عامل خطرناک قرار می‌گیرد.

۶. نابرابری‌های اجتماعی و اقتصادی: عواملی مانند فقر، تبعیض، و عدم دسترسی به فرصت‌ها می‌توانند آسیب‌پذیری گروه‌های خاصی از جامعه را در برابر خطرات مختلف تشدید کنند (ATSDR, 2025).

۳. ظرفیت سازگاری (Adaptive Capacity): توانایی یک سیستم یا فرد برای تنظیم، تغییر و مقابله با اثرات منفی یک عامل خطرناک. این شامل منابع مالی، فناوری، دانش، ساختارهای اجتماعی و نهادی است (Falcony, 2024). ظرفیت سازگاری بالاتر، آسیب‌پذیری را کاهش می‌دهد.

۴. تاب‌آوری (Resilience): توانایی یک سیستم یا فرد برای بازگشت به وضعیت اولیه یا یک وضعیت مطلوب

جدول ۱- مقایسه حساسیت و آسیب‌پذیری در چند شاخص اصلی (Falcony, 2024; ATSDR, 2025)

شاخص	حساسیت (Sensitivity)	آسیب‌پذیری (Vulnerability)
تمرکز اصلی	میزان واکنش به یک عامل یا تغییر	میزان ضعف در برابر تأثیرات منفی یک عامل خطرناک
عوامل مؤثر	وابستگی، قابلیت جایگزینی، سرعت و شدت واکنش، آستانه تحمل	قرار گرفتن در معرض خطر، حساسیت، ظرفیت سازگاری، تاب‌آوری، دسترسی به منابع، نابرابری‌ها
ماهیت	یک جزء از آسیب‌پذیری	یک مفهوم جامع‌تر که حساسیت را نیز در بر می‌گیرد
سوال کلیدی	سیستم چقدر به این تغییر واکنش نشان می‌دهد؟	سیستم چقدر در معرض آسیب ناشی از این خطر قرار دارد و چقدر می‌تواند با آن مقابله کند؟
مثال	یک گیاه حساس به کمبود آب به سرعت پژمرده می‌شود.	یک جامعه فقیرنشین در یک منطقه ساحلی، به دلیل قرار گرفتن در معرض سیل و نداشتن منابع برای مقابله، آسیب‌پذیر است.

منابع

توسعه‌یافته و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: استان کرمان). پژوهش‌های محیط زیست، سال ۱۱، شماره ۲۱، ص ۲۷-۴۲.

اقتصاد، م.، فقهی، ج.، مخدوم، م. و جباریان امیری، ب. (۱۳۹۴). تعیین مناطق حساس و آسیب‌پذیر به چرای دام در جنگل (مطالعه موردی: بخش پاتم جنگل خیرود). پژوهش‌های محیط زیست، سال ۶، شماره ۱۱، ص ۱۵-۲۶.

حیدری مستعلی، س.، جباریان امیری، ب. و علیزاده شعبانی، ا. (۱۳۹۴). تعیین آسیب‌پذیری اکولوژیکی شهرستان طرقله شاندیز با استفاده از روش عینی آسیب‌پذیری. نشریه محیط زیست طبیعی، دوره ۶۸، شماره ۲، ص ۲۱۳-۲۲۳.

حسن‌زاده، ر. و رحیم‌پور، ن. (۱۳۹۹). ارزیابی آسیب‌پذیری بوم‌شناختی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی



De Lange, H. J., Sala, S., Vighi, M., & Faber, J. H. (2010). Ecological vulnerability in risk assessment—A review and perspectives. *Science of the total environment*, 408(18), 3871-3879.

Falcony. (2024). Differences and Similarities of Risks, Vulnerability and Reliability - Blog | Falcony. Retrieved from <https://blog.falcony.io/en/differences-and-similarities-of-risks-vulnerability-and-reliability>.

Feng, H., Zhang, X., Nan, Y., Zhang, D., & Sun, Y. (2023). Ecological sensitivity assessment and spatial pattern analysis of land resources in Tumen River Basin, China. *Applied Sciences*, 13(7), 4197.

Guo, B., Xu, M., Zhang, R., & Luo, W. (2024). A new monitoring index for ecological vulnerability and its application in the Yellow River Basin, China from 2000 to 2022. *Journal of Arid Land*, 16(9), 1163-1182.

Hiscock, K., & Tyler-Walters, H. (2006). Assessing the sensitivity of seabed species and biotopes—the Marine Life Information Network (MarLIN). *Hydrobiologia*, 555, 309-320.

Hong, W., Guo, R., Su, M., Tang, H., Chen, L., & Hu, W. (2017). Sensitivity evaluation and land-use control of urban ecological corridors: A case study of Shenzhen, China. *Land Use Policy*, 62, 316-325.

Hou, K., Tao, W., He, D., & Li, X. (2022). A new perspective on ecological vulnerability and its transformation mechanisms. *Ecosystem Health and Sustainability*, 8(1), 2115403.

IMO. (2006). Revised guidelines for the identification and designation of Particularly Sensitive Sea Areas.

Ippolito, A., Sala, S., Faber, J. H., & Vighi, M. (2010). Ecological vulnerability analysis: A river basin case study. *Science of the total Environment*, 408(18), 3880-3890.

Kong, X., Han, M., Li, Y., Kong, F., Sun, J., Zhu, W., & Wei, F. (2024). Spatial differentiation and formation mechanism of ecological sensitivity in large river basins: A case study of the Yellow River Basin, China. *Ecological Indicators*, 158, 111571.

دانه‌کار، ا. (۱۳۷۷). مناطق حساس دریایی ایران. فصلنامه محیط زیست، شماره ۲۴، پائیز: ۲۸-۳۸.

یعقوب‌زاده، م.، دانه‌کار، ا.، حقیقت، م.، مشهدی رفیعی، م. و لطفی‌خواه، س. (۱۴۰۰). پهنه‌بندی سواحل سیستان و بلوچستان براساس حساسیت‌سنجی محیط‌زیستی. نشریه محیط زیست طبیعی، دوره ۷۵، شماره ۱، ص ۴۹-۶۳.

Abson, D. J., Dougill, A. J., & Stringer, L. C. (2012). Using Principal Component Analysis for information-rich socio-ecological vulnerability mapping in Southern Africa. *Applied Geography*, 35(1-2), 515-524. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2012.08.004>.

Adger, W. N. (2006). Vulnerability. *Global Environmental Change*, 16(3), 268-281. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006>.

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2025). Social Vulnerability Index | Place and Health - Geospatial Research, Analysis, and Services Program (GRASP). Retrieved from <https://www.atsdr.cdc.gov/place-health/php/svi/index.html>.

Bourgoin, C., Oszwald, J., Bourgoin, J., Gond, V., Blanc, L., Dessard, H., ... & Reymondin, L. (2020). Assessing the ecological vulnerability of forest landscape to agricultural frontier expansion in the Central Highlands of Vietnam. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 84, 101958.

Chen, J., & Wu, C. (2020, December). Evaluation of ecological sensitivity in Erhai Lake Basin, southwest China. In *IOP conference series: earth and environmental science* (Vol. 612, No. 1, p. 012072). IOP Publishing.

Chen, Y., Zhang, T., Zhou, X., Li, J., Yi, G., Bie, X., ... & Wen, B. (2024). Ecological sensitivity and its driving factors in the area along the Sichuan-Tibet Railway. *Environment, Development and Sustainability*, 26(8), 20189-20208.

Darabi, H., Hamed, R., Ehsani, A., & Kafi, M. (2018). Rapid Vulnerability Assessment of Lavizan Urban Forest Park. *Pollution*, 4(3), 417-428.

River Basin (Henan Section). Sustainability, 14(21), 14262. <https://doi.org/10.3390/su142114262>.

Wei, W., Li, Z., Xie, B., Zhou, J., & Guo, Z. (2020). Spatial distance-based integrated evaluation of environmentally sensitivity for ecological management in northwest China. Ecological Indicators, 118, 106753.

Weißhuhn, P., Müller, F., & Wiggering, H. (2018). Ecosystem vulnerability review: proposal of an interdisciplinary ecosystem assessment approach. Environmental management, 61, 904-915.

World Bank (1993). Ecologically Sensitive Sites in Africa. Volume VI: Southern Africa. Compiled by the World Conservation Monitoring Centre for The World Bank, Washington, DC, USA.

Yilmaz, F. C., Zengin, M., & Tekin Cure, C. (2020). Determination of ecologically sensitive areas in Denizli province using geographic information systems (GIS) and analytical hierarchy process (AHP). Environmental Monitoring and Assessment, 192(9), 589.

Yoshikawa, T., Koide, D., Yokomizo, H., Kim, J. Y., & Kadoya, T. (2023). Assessing ecosystem vulnerability under severe uncertainty of global climate change. Scientific Reports, 13(1), 5932.

Zacharias, M. A., & Gregr, E. J. (2005). Sensitivity and vulnerability in marine environments: an approach to identifying vulnerable marine areas. Conservation Biology, 19(1), 86-97.

Ma, Y., Wang, Z., Xiong, Y., Yuan, W., Wang, Y., Tang, H., ... & Liu, Z. (2023). A critical application of different methods for the vulnerability assessment of shallow aquifers in Zhengzhou City. Environmental Science and Pollution Research, 30(43), 97078-97091.

Meig Master of Advanced Studies European and International Governance (M.M.A.S.E.I.G). (2024). Highlight 8/2024 - Navigating Interdependence: Exploring the Vulnerability and Sensitivity of Sino-EU Economic Relations. Retrieved from <https://www.meig.ch/highlight-8-2024-navigating-interdependence-exploring-the-vulnerability-and-sensitivity-of-sino-eu-economic-relations/>.

Ndubisi, F., DeMeo, T., & Ditto, N. D. (1995). Environmentally sensitive areas: a template for developing greenway corridors. Landscape and Urban Planning, 33(1-3), 159-177.

Niu, Q., Yu, L., Jie, Q., & Li, X. (2020). An urban eco-environmental sensitive areas assessment method based on variable weights combination. Environment, Development and Sustainability, 22, 2069-2085.

Polster, D., & Cullington, J. (2004). Environmental best management practices for urban and rural land development in British Columbia. Biodiversity Branch, Ecosystem Standards and Planning, British Columbia Ministry of Water, Land and Air Protection, Victoria, BC Canada.

Shao, W., Wang, Q., Guan, Q., Zhang, J., Yang, X., & Liu, Z. (2023). Environmental sensitivity assessment of land desertification in the Hexi Corridor, China. Catena, 220, 106728.

Turner, B. L., Kasperson, R. E., Matson, P. A., McCarthy, J. J., Corell, R. W., Christensen, L., ... & Schiller, A. (2003). A framework for vulnerability analysis in sustainability science. Proceedings of the national academy of sciences, 100(14), 8074-8079.

Wang, S., Bai, Z., Si, J., & Zhao, C. (2022). Evaluation of Ecological Vulnerability and Analysis of Its Spatiotemporal Evolution Based on the Fuzzy Comprehensive Evaluation/Catastrophe Progression Method: A Case Study of the Danjiang

Sensitivity and vulnerability

Fatemeh Maleki¹, Afshin Danekar^{2*}

1-Master's student in Environmental Science, Department of Natural Environment, Faculty of Natural Resources, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

2- Professor, Department of Natural Environment, Faculty of Natural Resources, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

*Corresponding Author's E-mail: danekar@ut.ac.ir

Introduction

Having a deep understanding of the concepts of "sensitivity" and "vulnerability" as key components in the analysis of natural and human systems plays an important role in environmental studies and the assessment of ecological resilience. These two concepts are sometimes used interchangeably, but from a conceptual, practical, and analytical perspective, they have fundamental differences. In this article, using various definitions and viewpoints, these two concepts are compared in order to clarify their conceptual boundaries and enable more precise application of them.



Blossom, August 2019, Photographer: Erik Mclean

Zist Sepehr/Volume 18/Issue 1/Spring 2025

Electronic Shapa Number: 2783-3895

Licensing Number and Date: 260623/132 | 07/02/2021

Owner of the License: Scientific and Student Association of Natural Environment, Faculty of Natural Resources, University of Tehran

Editor-in-Chief: Hannaneh Sadat Sadat Mousavi

Responsible Director: Setareh Mosedehe

Editorial Board Members: Roghayeh Garmaeepour, Ehsan Mohammad Hassani, Farnoush Attar Sahragard, Hossein Moradi, Mohammad Hamed Zhaf, Elmira Mirzaee

Internal Director: Payam Faraji Birgani

Advisor of the Journal and Scientific Association: Afshin Danehkar

Secretary of the Association: Setareh Mosedehe

Editors: Fereshteh Bagheri-Rizi, Farnoush Attar Sahragard, Hannaneh Sadat Sadat Mousavi

Designer and Layout: Majid Rahimi

System Manager: Farnoush Attar Sahragard

Reviewers of this Issue: Afshin Danehkar, Farnoush Attar Sahragard, Mohammad Kaboli, Mazaher Moeinaddini, Davoud Mafi-Gholami, Amir Memarzadeh Kiani, Mahdieh Dalvand, Zeinab Mahmoudi, Hannaneh Sadat Sadat Mousavi

Photographers of this issue: Leila Kazemi, Diana Krotova, Hadi Ahmadi, Marek Piwnicki, Hassan Pasha, Akbar Nemati, Najmeh Banitalebi, Aliata Karbaschi, Magda Ehlers, Arsh Sharma, Sören Funk, Noman Khan, Sina Bahar, Brian Yurasits, Kenny Zhang, Quentin Rey, Maria Kovalets, Ramzi Belaidi, Juan Fernández, Anival Torres, Aryan R., Majid Rahimi, Mohammad Asadi, Aidin Ebrahimi, Erfan Samanfar, Erik Mclean, Hossein Khoshiz

Front and back cover photos: Farhad Koulivand

Environmental Student Scientific Association, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran

Address: Alborz Province, Karaj, College of Agriculture & Natural Resources of University of Tehran, Faculty of Natural Resources, Office of the Environmental Student Scientific Association, Zist Sepehr Scientific-Specialized Quarterly Journal

The electronic version of this issue has been published with the support of the Iranian Quality and Standard Inspection Company.

P.O. Box: 31585-4312



Hannaneh Sadat Sadat Mousavi



Setareh Mosedehe



Ehsan Mohammad Hassani



Farnoush Attar Sahragard



Dr. Hossein Moradi



Dr. Afshin Danehkar



Roghayeh Garmaeepour



Elmira Mirzaee



Payam Faraji Birgani



Mohammad Hamed Zhaf



Fereshteh Bagheri Rizi



Majid Rahimi



@zistsepehr_mag
@environment_ut



https://t.me/Zistsepehr_mag
<https://t.me/ESSUTI>

E-Mail: biosepehr.ut@gmail.com
Website: <https://biosepehrsju.ac.ir>



دانشگاه تهران
معاونت دانشجویی و فرهنگی





ZIST SEPEHR

Vol.18. No1 . Spring 2025 . Specialized scientific quarterly journal of the Student Scientific Association of Natural Environment



University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran

**Sea-Based Development in Light
of National Policy Statement**

Page 7

**Methods for Identifying
Microplastics in Mineral Water
Bottles**

Page 47

Sensitivity and vulnerability

Page 106