

زیست سپهر



فصلنامه علمی-تخصصی انجمن علمی دانشجویی محیط زیست طبیعی، جلد هجدهم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۴، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

هوشمندسازی گردشگری: مروری بر
تجربیات موفق جهانی

صفحه ۱۰۷

مروری بر خدمات اکوسیستمی مناطق
ساحلی

صفحه ۳۳

جایگاه محیط زیست در جهت گیری های
ملی آمایش سرزمین

صفحه ۶



خانه سادات موسوی



ستاره موصده



احسان محمدحسینی



فرونش عطار صحراگرد



دکتر حسین مرادی



دکتر افشین دانه‌کار



رقیه گرمائی پور



الмира میرزایی



پیام فرجی بیرگانی



محمد حامد ژف



فرشته باقری ریزی



مجید رحیمی



زیست سپهر/جلد هجدهم/شماره دوم/تابستان ۱۴۰۴

شماره شاپا الکترونیک: ۳۸۹۵-۳۷۸۳

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

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

سرمدیر: خانه سادات سادات موسوی

مدیر مسئول: ستاره موصده

اعضای هیأت تحریریه: فرنوش عطار صحراگرد، احسان محمدحسینی، حسین مرادی، محمدحامد ژف، المیرا

میرزایی، رقيه گرمائی پور

مدیر داخلی: پیام فرجی بیرگانی

استاد مشاور نشریه و انجمن علمی: افشین دانه‌کار

دبیر انجمن: ستاره موصده

ویراستاران: فرشته باقری ریزی، فرنوش عطار صحراگرد

طراح و صفحه‌آرا: مجید رحیمی

مدیر سامانه: فرنوش عطار صحراگرد

داوران این شماره: افشین دانه‌کار، فرنوش عطار صحراگرد، احسان محمدحسینی، مجید رحیمی، میثم فیضی،

خانه سادات سادات موسوی، امیر معمارزاده کیانی

نگاره‌گران این شماره: ریحانه ناصری، زهرا باقی، حسین نصر، Andrus Lukas, Rajukhan Pathan, Mahmoud Yahyaoui, Engin Akyurt, Stefan Schwinghammer, Mohamed Nazeeh, Harry Holder, Sam Moudam, Sجاد نورى،

امیرمحمد محمدی، Naja Bertolt Jensen, Francesco La Corte, Lucas Santos, محسن خرم پور، عبدالحسن فاضلی، علیرضا کاظمی،

Melissa Brown, علی محمدیان، وحید کتفانی، حسن الماسی، جواد اسماعیلی، مقصود مرادی، متین تواضعی، مهدی حاجی زاده،

امیر باقری

عکس روی جلد: فرنوش عطار صحراگرد؛ عکس پشت جلد: مجید رحیمی

انجمن علمی - دانشجویی محیط‌زیست طبیعی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

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

دانشجویی محیط‌زیست طبیعی، فصلنامه علمی - تخصصی زیست سپهر

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



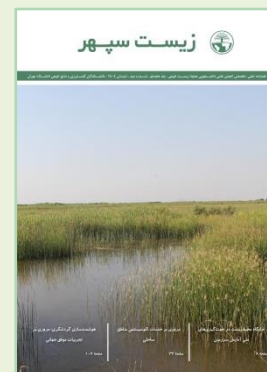
@zistsepehr_mag
@environment_ut



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
	(تغییرات اقلیمی و پایداری سواحل ایران)
	حنانه سادات سادات موسوی
۶	جایگاه محیط‌زیست در جهت‌گیری‌های ملی آمایش سرزمین
	فرنوش عطار صحراگرد، افشین دانه‌کار
۱۷	نقطه حضور جدید برای سسک تیره (<i>Phylloscopus fuscatus</i>) در ایران
	امیرمهدی کیخا، محمدامین غفاری، پرهام آذرخش، سروش سراج
۲۴	سونای قورباغه: کلید نجات از یک عفونت قارچی مرگبار
	شروین مقصودلو
۳۳	مروری بر خدمات اکوسیستمی مناطق ساحلی
	نازنین نامری، افشین دانه‌کار
۴۳	نرم‌افزار Vensim: تحلیل جامع پلتفرم مدل‌سازی پویایی سیستم‌ها
	حنانه سادات سادات موسوی
۶۰	زباله‌دان دریایی: یک دستگاه مکانیکی شناور برای جمع‌آوری زباله‌های دریایی
	آریان بیاتی، علی مردانی
۶۸	تحلیل سیاست‌های مدیریت کیفیت هوای ایران براساس سری زمانی غلظت آلاینده‌های معیار
	زهرا مددی، علی یوسفی، فروغ شادمان
۸۱	چالش‌های مدیریتی مناطق تحت حفاظت کشور: از انتخاب تا پهنه‌بندی
	افشین دانه‌کار
۹۹	دریاچه هویر
	ستاره موصده
۱۰۷	هوشمندسازی گردشگری: مروری بر تجربیات موفق جهانی
	زهرا مرادی‌پور
۱۱۷	سانحه و حادثه
	غزاله هنرجو، افشین دانه‌کار

تغییرات اقلیمی و پایداری سواحل ایران

صنعتی و گسیختگی در مدیریت یکپارچه منابع طبیعی است. در چنین شرایطی، مواجهه با تغییرات اقلیمی در نواحی ساحلی صرفاً با اتکا به رویکردهای کلاسیک حفاظت محیط‌زیست یا مداخلات موردی، پاسخ‌گو نخواهد بود. آنچه امروز مورد نیاز است، نگرشی چندسطحی، سیستم‌محور و آینده‌نگر است که هم‌زمان ابعاد محیط‌زیستی، اقتصادی، اجتماعی و نهادی را در نظر گیرد. در این چارچوب، رویکردهای مؤثری برای افزایش تاب‌آوری سواحل در برابر تغییرات اقلیمی وجود دارد. نخست، بهره‌گیری از زیرساخت‌های طبیعی و راه‌حل‌های مبتنی بر طبیعت^۱ همچون احیای جنگل‌های حرا، بازسازی تالاب‌های ساحلی و تثبیت پوشش گیاهی، می‌تواند نقش مهمی در کاهش فرسایش، مقابله با طوفان‌ها، جذب دی‌اکسیدکربن و حفظ تنوع زیستی ایفا کند. تجربه موفق احیای جنگل‌های مانگرو در سواحل قشم و بوشهر نشان می‌دهد که طبیعت همچنان یک شریک استراتژیک در برابر اقلیم است. دوم، اصلاح حکمرانی فضایی و برنامه‌ریزی توسعه‌ای در مناطق ساحلی، با در نظر گرفتن ریسک‌های اقلیمی، اهمیت فراوانی دارد. تعیین حریم‌های ساحلی متناسب با پیش‌بینی‌های بلندمدت، پرهیز از ساخت‌وساز در مناطق پرخطر، بازنگری در طرح‌های توسعه شهری و منطقه‌ای و بهره‌گیری از مدل‌های آینده‌نگر در تصمیم‌سازی فضایی، از جمله اقداماتی است که می‌تواند از بروز بحران‌های محیط‌زیستی و اجتماعی در آینده جلوگیری کند. سوم، استفاده از فناوری‌های نوین در مدیریت زیرساخت‌ها، از جمله طراحی سازه‌های ساحلی مقاوم در برابر سیل و طوفان، ارتقاء سیستم‌های هشدار سریع، به‌کارگیری مصالح سازگار با شرایط اقلیمی و استفاده از داده‌های سنجش از دور برای پایش تغییرات خط ساحلی، به ایجاد تاب‌آوری فنی و عملیاتی در برابر تغییرات کمک خواهد کرد. در نهایت، هیچ‌یک از این راهکارها بدون مشارکت فعال و آگاهانه جوامع محلی پایدار نخواهند بود.

تغییرات اقلیمی دیگر پدیده‌ای دور از ذهن و مختص آینده‌ای مبهم نیست، بلکه واقعیتی است ملموس که در همین امروز، زندگی میلیون‌ها انسان، زیست‌بوم‌ها و ساختارهای اجتماعی و اقتصادی را درگیر کرده است. در این میان، مناطق ساحلی به‌دلیل موقعیت ژئومورفولوژیک، تمرکز بالای جمعیت، وابستگی‌های اقتصادی و تنوع زیستی ویژه، از حساس‌ترین و آسیب‌پذیرترین مناطق در برابر پیامدهای اقلیمی محسوب می‌شوند. ایران با دارا بودن سواحل طولانی در جنوب (خلیج فارس و دریای عمان) و شمال (دریای خزر)، به‌ویژه در دهه‌های اخیر، شاهد تغییرات چشم‌گیر در ویژگی‌های اقلیمی، محیطی و اجتماعی در این نواحی بوده است. این تحولات نه تنها معیشت جوامع محلی و زیرساخت‌های انسانی را تهدید می‌کنند، بلکه بقای اکوسیستم‌های کم‌نظیر ساحلی را نیز به چالش می‌کشند. بررسی داده‌های بلندمدت از مراکز هواشناسی و اقیانوس‌نگاری نشان می‌دهد که طی دو دهه اخیر، روند افزایش میانگین دمای هوا و دمای سطح آب در نواحی جنوبی کشور، به‌ویژه در سواحل خلیج فارس و دریای عمان، به‌صورت مستمر و معنادار ادامه داشته است. این روند، پیامدهای مستقیمی بر پایداری اقلیم محلی، منابع آبی و زیست‌بوم‌های ساحلی برجای گذاشته است. هم‌زمان، خشکسالی‌های مکرر، کاهش بارندگی و نفوذ آب شور به منابع آب زیرزمینی، امنیت آبی و کشاورزی را در بسیاری از مناطق ساحلی با اختلال مواجه کرده‌اند. در شمال کشور، کاهش تراز آب دریای خزر موجب پس‌روی خط ساحلی، تغییر در عملکرد تالاب‌ها و تهدید زیستگاه‌های ارزشمندی چون تالاب انزلی و گمیشان شده است. در جنوب، افزایش دمای آب دریا و کاهش اکسیژن محلول باعث مرگ مرجان‌ها، شکوفایی جلبکی سمی و کاهش تنوع زیستی دریایی شده است که به نوبه خود معیشت صیادان و امنیت غذایی محلی را در معرض تهدید قرار می‌دهد. آنچه بر پیچیدگی مسئله می‌افزاید، هم‌زمانی این تحولات با روندهای سریع توسعه ساحلی، افزایش ساخت‌وسازهای بی‌رویه، گسترش زیرساخت‌های بندری و

¹ Nature-based Solutions

موضوعی نیست که بتوان آن را به آینده‌ای دور موکول کرد یا با تدابیر موقت و پراکنده مهار نمود. واقعیت‌های میدانی و داده‌های علمی گویای آن هستند که زمان برای اقدام، محدود است. آن‌چه امروز در سطح سیاست‌گذاری، مدیریت محیط‌زیست و تعاملات اجتماعی رخ می‌دهد، تعیین‌کننده کیفیت زندگی نسل‌های آینده در این مرز شکننده میان خشکی و دریا خواهد بود. در چنین شرایطی، ضروری است نگاهی بلندمدت، یکپارچه و میان‌رشته‌ای بر برنامه‌های سازگاری و کاهش اثرات اقلیمی در سواحل ایران حاکم شود؛ نگاهی که هم‌زمان بر داده‌های علمی، ظرفیت‌های محلی و تعهدات جهانی تکیه دارد. مسیر پیش‌رو، دشوار ولی قابل پیمودن است، اگر دانش و اراده، در کنار هم قرار گیرند.

آموزش، ظرفیت‌سازی، انتقال دانش بومی و افزایش سرمایه اجتماعی از جمله الزامات حیاتی برای موفقیت طرح‌های سازگاران در نواحی ساحلی است. جوامعی که درکی روشن از تغییرات اقلیمی و آثار آن داشته باشند، نه تنها می‌توانند در حفاظت از منابع طبیعی مشارکت کنند، بلکه قادر خواهند بود الگوهای معیشتی خود را نیز در جهت پایداری بازتعریف کنند. آن‌چه امروز در سواحل ایران در حال رخ دادن است، بخشی از یک بحران جهانی است که با شدت و سرعتی غیرقابل انکار، مرزهای اکولوژیک و اجتماعی را درمی‌نوردد. اگرچه منابع و زیرساخت‌ها محدود است، اما فرصت برای اقدام هنوز باقی است. گذار از مواجهه واکنشی به رویکردی پیش‌نگرانه و از اقدامات مقطعی به برنامه‌ریزی یکپارچه، کلید عبور از این مرحله بحرانی خواهد بود. تغییرات اقلیمی در نواحی ساحلی کشور،

بندر بوشهر، تابستان ۱۴۰۴، عکاس: زهرا باقی



جایگاه محیط‌زیست در جهت‌گیری‌های ملی آمایش سرزمین

فرونش عطار صحراگرد^۱، افشین دانه‌کار^۲

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

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

*رایانامه نویسنده مسئول: attar.farnoush@ut.ac.ir

چکیده

امروزه اهمیت موضوع محیط‌زیست و تلاش برای حفظ، احیا و بازسازی آن برای همه آشکار است و همچنین در این زمینه پشتوانه‌هایی همچون اسناد فرادست می‌تواند یاری دهنده پژوهشگران، فعالان و کنشگران این حوزه جهت دستیابی به اهداف حفاظتی و توسعه و مدیریت پایدار و یکپارچه محیط‌زیست و سرزمین باشد. شورای عالی آمایش سرزمین، به استناد بند الف ماده ۳۲ قانون احکام دائمی برنامه‌های توسعه کشور، در جلسه مورخ ۱۳۹۶/۰۵/۰۲ سند جهت‌گیری‌های ملی آمایش سرزمین را تصویب نمود. این سند در ۴ ماده و ۸۴ بند تنظیم شده است که در ۵۶ گزاره آن به موضوعات در زمینه محیط‌زیست و منابع طبیعی پرداخته شده است، اهم موضوعات مورد بررسی در این سند عبارتند از مدیریت پایدار سرزمین و آمایش سرزمین، توسعه و بهره‌برداری متعادل، متوازن، سازگار و پایدار، مدیریت منابع آب و امنیت آب، حکمرانی منابع طبیعی و محیط‌زیست، توسعه دریا پایه، حفاظت از منابع طبیعی و محیط‌زیست، ارزیابی توان اکولوژیک و استعداد طبیعی، توسعه متعادل و متوازن سکونتگاه‌ها و جمعیت، آب‌خیزداری و مدیریت منابع آب سطحی و مدیریت سواحل.

کلیدواژه‌ها: اسناد فرادست، شورای عالی آمایش سرزمین، سند محیط‌زیستی

مقدمه

شورای عالی آمایش سرزمین، به استناد بند الف ماده ۳۲ قانون احکام دائمی برنامه‌های توسعه کشور، در جلسه مورخ ۱۳۹۶/۰۵/۰۲ سند جهت‌گیری‌های ملی آمایش سرزمین را تصویب نمود (روزنامه رسمی، ۱۴۰۰). این سند مشتمل بر ۴ ماده است که ماده ۱ آن شامل ۸۴ بند است.

در ابتدای این سند بیان شده‌است:

«جهت‌گیری‌های ملی آمایش سرزمین مجموعه‌ای از رویکردها، رهنمودها و سیاست‌هایی است که رعایت آن‌ها منجر به تحقق تصویر درازمدت سازمان فضایی مطلوب توسعه می‌گردد. از آنجا که این تصویر، بازتاب سرزمینی چشم‌انداز توسعه ملی، در چارچوب اصول آمایش سرزمین است، لذا این سند نقشی بسیار مهم و تأثیرگذار در تحقق اهداف چشم‌انداز ایفا می‌کند.

با در نظر گرفتن سیاست‌های کلی آمایش سرزمین ابلاغیه مقام معظم رهبری مبنی بر تعامل و همکاری با کشورهای منطقه و جهان به‌ویژه حوزه تمدن ایرانی-اسلامی با تقویت نقش آفرینی سیاسی، اقتصادی، فرهنگی و امنیتی کشور در جهت منافع ملی یا مشترک و همچنین روند روبه افزایش تغییرات اقلیمی و به‌طور کلی تحولات گسترده‌ای که طی ده سال گذشته در سطوح ملی و بین‌المللی اتفاق افتاده است، لزوم بازنگری در اولین سند ضوابط ملی آمایش (مصوب سال ۱۳۸۳) مطرح گردید. این بازنگری نه‌تنها شامل مضامین ضوابط می‌باشد؛ بلکه ساختار، روش‌ها و رویه‌های تدوین آن‌ها را نیز در بر می‌گیرد. خاطرنشان می‌سازد رعایت مولفه‌های چهارگانه آمایش سرزمین یعنی جامع‌نگری، کل‌گرایی، دوراندیشی و توجه به جغرافیای سرزمینی به‌عنوان عوامل تعیین‌کننده در بیان فرازهای این

سند در سطح راهبردی و کلان مطرح بوده و از ورود به مضامین جزئی‌تر و نتیجه‌گیری‌های مکانی خارج از حیطه آمایش، اجتناب شده‌است.

فرازهای این سند مجموعه‌ای از بایدها و نبایدها است که الگوی اسکان جمعیت، ساختار فضایی فعالیت‌ها و چگونگی شکل‌بندی، بسط و گسترش شبکه‌های زیربنایی را متناسب با اهداف و الزامات اسناد پایه مذکور، تبیین می‌نماید. از این‌رو مراعات آن‌ها در تمامی مداخلات فضایی بخش دولتی و خصوصی الزامی است» (روزنامه رسمی، ۱۴۰۰).

امروزه اهمیت موضوع محیط‌زیست و تلاش برای حفظ، احیا و بازسازی آن برای همه آشکار است و همچنین در این زمینه پشتوانه‌هایی همچون اسناد فرادست می‌تواند یاری‌دهنده پژوهشگران، فعالان و کنشگران این حوزه جهت دستیابی به اهداف حفاظتی و توسعه و مدیریت پایدار و یکپارچه محیط‌زیست و سرزمین باشد. از این‌رو با توجه به اهمیت سند مذکور به‌عنوان یکی از اسناد بالادستی و همچنین موضوعات محیط‌زیستی در مطالعه حاضر به بررسی موضوعات محیط‌زیستی اشاره شده و مورد بحث در سند جهت‌گیری‌های ملی آمایش سرزمین پرداخته شد.

روش کار

در پژوهش حاضر به‌منظور بررسی موضوعات محیط‌زیستی اشاره شده در سند جهت‌گیری‌های ملی آمایش سرزمین ابتدا مواد و بندهای آن که در زمینه محیط‌زیست و منابع طبیعی بود، استخراج شد و سپس در ۹۰ موضوع در نظر گرفته شده در حوزه محیط‌زیست، که شامل ابعاد مختلف این حوزه هستند، مورد بررسی قرار گرفت. ۹۰ موضوع مورد بررسی عبارتند از:

- حکمرانی منابع طبیعی و محیط‌زیست
- ملاحظات محیط‌زیست
- انسجام سازمانی/هماهنگی بین بخشی
- دیپلماسی محیط‌زیست/منابع طبیعی/آب
- ضوابط محیط‌زیستی
- جرم‌انگاری محیط‌زیست و منابع طبیعی
- حفاظت از منابع طبیعی و محیط‌زیست
- حقوق محیط‌زیست و منابع طبیعی
- برنامه‌ریزی راهبردی سرزمین، محیط‌زیست و



منابع طبیعی		
کسب و کارهای طبیعت‌محور	اقتصاد محیط‌زیست	آینده‌نگری و سناریوسازی
مدیریت پایدار سرزمین/ آمایش سرزمین	اقتصاد سبز	حفاظت سیمای فرهنگی سرزمین
ارزیابی توان اکولوژیک	خدمات اکوسیستمی	توسعه/ بهره‌برداری متعادل، متوازن، سازگار و پایدار
شاخص‌های محیط‌زیستی	توسعه متعادل و متوازن سکونتگاه‌ها و جمعیت	ظرفیت تحمل محیط‌زیست و تاب‌آوری
بازسازی و احیا و بهسازی طبیعت/ سرزمین	پایش محیط‌زیست و منابع طبیعی	داده‌نگاری و پایگاه‌های اطلاعاتی
گردشگری و طبیعت‌گردی	ارزیابی ریسک	مخاطرات طبیعی
مدیریت و حفاظت تنوع‌زیستی	مدیریت مناطق حساس اکولوژیک	مناطق تحت‌حفاظت
زیست‌فناوری/ ریزفناوری محیط‌زیست	پایش تنوع زیستی	حفظ و ارتقا ذخایر ژنتیکی
اقلیم حیاتی و تغییر اقلیم/ سازگاری با اقلیم حیاتی	مدیریت اکوسیستم‌ها	حفظ منابع چوبی و سلولزی
مدیریت رودخانه‌ها	مدیریت و توسعه پوشش گیاهی	مدیریت کوهستان
جنگلکاری/ زراعت چوب	مدیریت جنگل	مدیریت تالاب‌ها
مدیریت مراتع	مدیریت شوره‌زارها/ نواحی کویری/ شورورزی	مدیریت بیابان
آبخیزداری و مدیریت منابع آب سطحی	حفاظت آب و خاک	گیاهان دارویی
مدیریت منابع آب‌های نامتعارف و مجازی	مدیریت منابع آب/ امنیت آب	آبخوان‌داری
توسعه دریا پایه	مدیریت پایدار بنادر، سازه‌ها و کارهای دریایی	مدیریت سواحل (سواحل مکران)
صید و صیادی	آبزی پروری	مدیریت و برنامه‌ریزی جزایر
چرخه حیات	مدیریت سبز/ توسعه سبز/ توسعه پایدار	شیلات و آبزیان
کنترل و مدیریت آلاینده‌ها و سلامت محیط‌زیست	پایش آلاینده‌های محیط‌زیست و طبیعت	استانداردهای محیط‌زیستی
آلودگی دریا	مدیریت پسماندها	آلودگی هوا، نور، صوت، اشعه‌های مخرب
آلاینده‌های صنعتی و معدنی	آلودگی آب و فاضلاب/ مدیریت پساب‌ها	آلودگی خاک
آلاینده‌های نوظهور	آلاینده‌های کشاورزی	آلاینده‌های شهری
انرژی‌های پاک و منابع تجدیدشونده	سوخت‌های فسیلی (نفت و گاز)	مدیریت پایدار منابع زیربستر و ذخایر معدنی
حمل‌ونقل سبز	اصلاح الگوی تولید و بهینه‌سازی الگوی مصرف	مدیریت مصرف/ انرژی
ایمنی زیستی	فناوری‌های نوین محیط‌زیستی/ هوشمندسازی	مدیریت دانش و انتقال فناوری/ مطالعات و تحقیقات
حفاظت مشارکتی	مدیریت مشارکتی/ مشارکت جوامع محلی در اجرا و مدیریت	آموزش و ترویج محیط‌زیست و منابع طبیعی
ارزیابی اثرات استراتژیک (SEA) ^۱	اخلاق محیط‌زیست	کشاورزی و دامپروری حفاظتی و پایدار/ امنیت غذایی
کشاورزی و دامداری	HSE ^۳ : ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست	ارزیابی اثرات محیط‌زیست (EIA) ^۲

^۱ Strategic Environmental Assessment

^۲ Environmental Impact Assessment

^۳ Environment, Health and Safety

نتایج

از بین ۴ ماده و ۸۴ بند این سند، در مجموع در ۵۶ گزاره به موضوعات محیط‌زیستی پرداخته شده بود که این مواد و بندها در جدول ۱ ذکر شده است.

جدول ۱- ماده‌ها و بندهای دارای مفاهیم محیط‌زیستی در سند جهت‌گیری‌های ملی آمایش سرزمین

ماده	بند	گزاره
۱	-	جهت‌گیری‌های ملی آمایش سرزمین در راستای توسعه و بالندگی اقتصادی و پیشرفت و اقتدار همه‌جانبه و پایدار کشور، تحقق اهداف سند چشم‌انداز ایران ۱۴۰۴ و نیل به سازمان فضایی مطلوب و مناسب کشور، در چارچوب اصول هشت‌گانه آمایش سرزمین شامل: ۱- حفاظت محیط‌زیست و احیای منابع طبیعی، ۲- وحدت و یکپارچگی سرزمین، ۳- گسترش عدالت اجتماعی و تعادل‌های منطقه‌ای، ۴- کارایی و بازدهی اقتصادی، ۵- حفظ هویت اسلامی ایرانی و حراست از میراث فرهنگی، ۶- تسهیل و تنظیم روابط درونی و بیرونی اقتصاد کشور، ۷- رفع محرومیت‌ها به‌خصوص در مناطق روستایی کشور، ۸- ملاحظات امنیتی، دفاعی و پدافند غیرعامل.
	۱	رعایت تناسب بین نیازهای استقرار فعالیت در یک قلمرو با امکانات و قابلیت‌های آن و رعایت مقیاس مناسب اقتصادی برای فعالیت در یک مکان با توجه به ظرفیت و کشش بازارهای داخلی و خارجی.
۱	۲	افزایش همگرایی و تقویت هویت ملی در طراحی و اجرای طرح‌های ملی و منطقه‌ای و تخصصی شدن عملکرد اقتصادی براساس قابلیت‌ها و مزیت‌های نسبی مناطق برای تقویت وابستگی‌های متقابل منطقه‌ای و یکپارچگی ملی و پرهیز از تنوع و گسترش همه نوع فعالیت‌ها در یک قلمرو جغرافیایی.
۱	۳	هماهنگ‌سازی، انتظام‌بخشی و کنترل اقدامات و فرایندهای توسعه‌ای بخش‌های مختلف اقتصادی
۱	۵	توزیع مناسب جمعیت و فعالیت‌های اقتصادی در قلمرو سرزمین در راستای ایجاد تعادل بیشتر بین نیمه‌غربی و شمال‌غربی کشور و نیمه شرق و جنوب‌شرقی کشور بر مبنای کارایی اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و محیط‌زیستی و استفاده از ظرفیت‌ها با تأکید بر: ▪ بندر چابهار؛ به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مراکز جمعیتی سواحل دریای عمان، بندر اقیانوسی بین‌المللی و برخوردار از عملکردهای مرتبط با صنایع دریایی، بازرگانی، انرژی، آموزش عالی و تحقیقات، گردشگری و شیلات؛ ▪ بندر جاسک؛ به‌عنوان یک مرکز جمعیتی فعال در حوزه صادرات نفت، گاز و پتروشیمی، بازرگانی و گردشگری؛ ▪ سایر قلمروهای اولویت‌دار سواحل مکران از جمله پسابندر، کنارک، زرآباد و سیریک و پسران‌های آن‌ها. ▪ اتخاذ تدابیر و تمهیدات لازم به‌منظور توسعه پایدار نواحی کویری و افزایش سطح جمعیت‌پذیری در این قلمرو با تکیه بر رونق‌بخشی به اقتصاد و استفاده بهینه از مزیت‌های نسبی (منابع معدنی، انرژی خورشیدی و گردشگری).
	۸	ساماندهی و هدایت هدفمند جریان‌های مهاجرت در راستای استراتژی توزیع جمعیت و فعالیت در سرزمین از طریق: ▪ زمینه‌سازی به‌منظور تحول در اقتصاد روستاها و بازگرداندن رونق به اقتصاد روستایی (کشاورزی، دامداری، صنایع دستی و ...) ▪ چارچوب مقتضیات و مزیت‌های محلی؛ ▪ تشویق سرمایه‌گذاری در طرح‌های اشتغال‌زا، توسعه ارائه خدمات عمومی و ارائه مشوق‌ها و تسهیلات متناسب با مقتضیات محلی در روستاها و شهرهای کوچک به‌منظور ماندگاری جمعیت در شهرهای کوچک و نواحی روستایی و کاهش روند مهاجرت به کلانشهرها و شهرهای پرتراکم.
۱	۹	سازماندهی شبکه سکونتگاهی کشور با هدف ارتقاء بهره‌وری از سرزمین با ملاحظات محیط‌زیستی و کاهش مشکلات و چالش‌های موجود
۱	۱۰	به جهت لحاظ رویکردهایی چون گسترش حوزه نفوذ اقتصاد کشور در منطقه و محیط آسیای جنوب‌غربی، تحقق سازمان فضایی مطلوب توسعه کشور، مؤلفه‌های نوین برنامه‌ریزی و تجارب جدید جهانی و تمرکززدایی از طریق انتخاب مراکز متعدد با اختیارات لازم، شبکه سکونتگاهی شهری کشور در سه لایه طبقه بندی می‌شود.

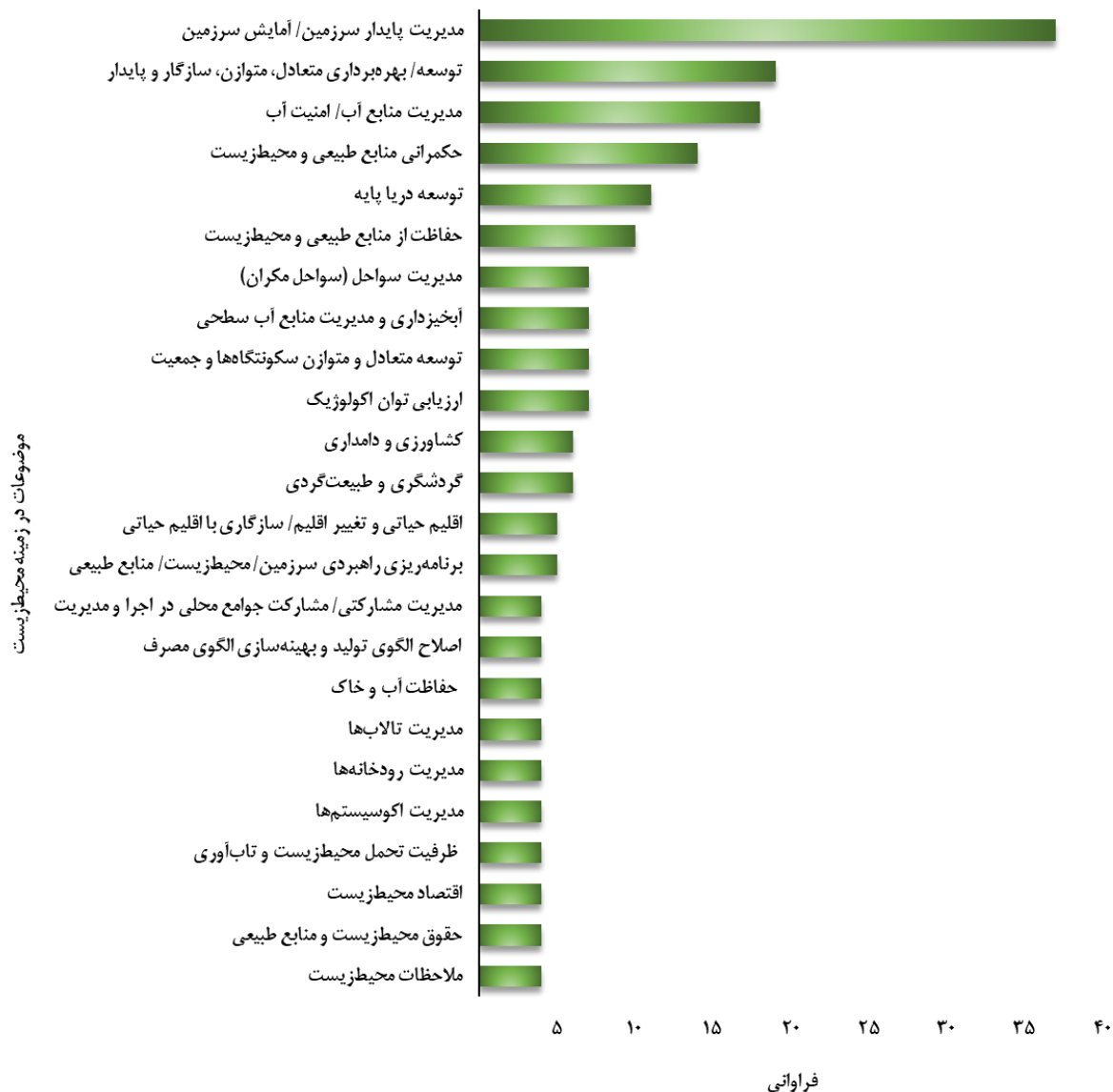
ماده	بند	گزاره
۱	۱۳	تقویت زمینه‌های اسکان جمعیت بیشتر و گسترش فعالیت‌های اقتصادی در جزایر خلیج فارس با تأکید بر تقسیم کار متناسب با ظرفیت‌ها و توان محیطی، بازآرایی تعاملات با قلمروهای خشکی مجاور و تمهید ترتیبات توسعه پایدار و متوازن در آن‌ها به‌ویژه در جزایر راهبردی
۱	۱۴	ممنوعیت تغییر کاربری زمین خارج از برنامه‌ها و طرح‌های مصوب و مغایر با ملاحظات محیط‌زیستی از طریق اتخاذ تدابیر، ضوابط و مقررات و سازوکارهای نظارتی مؤثر و کارآمد و بازنگری ضوابط و معیارهای تغییر کاربری اراضی متناسب با ویژگی‌های بوم‌شناختی هر قلمرو
۱	۱۹	توسعه و تجهیز محورهای اصلی ارتباطی کشور در کریدورهای حمل‌ونقل بین‌المللی (جاده‌ای) شمال - جنوب و شرقی - غربی کشور با تأکید بر تمرکززدایی از تهران، با اولویت مسیرهای منتهی به دروازه‌های اقتصادی آبی و زمینی کشور
۱	۲۰	توسعه، تجهیز، تقویت و سطح‌بندی بنادر کشور در سواحل دریای خزر، خلیج فارس و دریای عمان متناسب با ارتباطات بین‌المللی با کشورهای همسایه و هدف و استفاده بهینه از مزیت‌های ساحلی کشور
۱	۲۱	تقویت و ساماندهی بنادر و اسکله‌های صیادی در سواحل کشور با هدف ارتقای بهره‌وری و حفاظت فعال از ذخایر ارزشمند دریایی فراهم‌سازی بسترهای موردنیاز برای توسعه شبکه ارتباطات و انتقال داده از طریق:
۱	۲۳	■ تعمیم، گسترش و توزیع شبکه‌های ارتباطات و فناوری اطلاعات در سراسر کشور با توجه به ویژگی‌های کمی و کیفی جمعیت مناطق مختلف، فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی و استقرار متوازن و متعادل آن در پهنه سرزمین
۱	۲۴	توسعه زیرساخت‌های ارتباطی و خدماتی گردشگری با هدف تسهیل دسترسی و استفاده از اماکن، ابنیه و محوطه‌های با ارزش تاریخی ثبت جهانی و ثبت ملی شده و قطب‌ها و مناطق نمونه گردشگری (از جنبه میراث فرهنگی و طبیعی)
۱	۲۶	تنوع‌بخشی در منابع تولید انرژی و افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر (به‌ویژه بادی و خورشیدی) در تولید و تأمین بهینه انرژی هر منطقه از کشور متناسب با ظرفیت هر منطقه
۱	۲۷	ایجاد و توسعه مناطق ویژه اقتصادی و تخصصی انرژی (نفت، گاز، پتروشیمی و انرژی‌های نو) در مناطق دارای قابلیت با اولویت مناطق کمتر توسعه یافته
۱	۲۸	اعمال مدیریت یکپارچه بر منابع آب
۱	۲۹	ممنوعیت برداشت بی‌رویه و ناپایدار از منابع آب‌های زیرزمینی و سطحی کشور
۱	۳۰	مهار آب‌های مرزی و مدیریت کارآمد و بهینه آب‌های ورودی و خروجی کشور
۱	۳۱	رعایت نیازهای پایه محیط‌زیستی رودخانه‌ها، تالاب‌ها، دریاچه‌ها، براساس میزان تجدیدشوندگی آب و ظرفیت قابل‌تحمل حوضه‌های آبریز در مهار و کنترل آب‌های سطحی کشور
۱	۳۲	تأمین آب مورد نیاز توسعه فعالیت‌های جدید در قلمروهای راهبردی با استفاده از روش‌های جدید از جمله از طریق نمک‌زدایی از آب دریا با اولویت سواحل دریای عمان (سواحل مکران) و نقاط واقع در پسرکرانه سواحل جنوبی کشور با درنظرگیری ملاحظات اکولوژیک لازم و حفاظت از اکوسیستم دریا
۱	۳۳	توجه به محدودیت منابع آب در جانمایی و استقرار فعالیت‌های اقتصادی آب‌بر در قلمروهای مختلف کشور
۱	۳۴	رعایت ملاحظات ژئوپلیتیک و اکولوژیک در طرح‌های استحصال، تأمین، انتقال، توزیع و مصرف آب در سطوح فراملی، ملی، منطقه‌ای و محلی.
۱	۳۵	افزایش تراز مثبت آب مجازی در تجارت کالا
۱	۳۶	بازنگری و تجدیدنظر در تخصیص آب از سدها به نفع تقویت مخازن دریاچه‌ها و تالاب‌ها در پایین‌دست و حفظ حقایق‌های محیط‌زیستی رودخانه‌ها و تالاب‌ها
۱	۳۷	کاهش نسبت حجم آب مصرفی کل کشور به حجم منابع آب تجدیدشونده متناسب با ظرفیت هر منطقه

ماده	بند	گزاره
۱	۳۸	استفاده بهینه از دیپلماسی به‌منظور تأمین و تضمین پایداری دریافت آب از منابع برون مرزی با ملاحظه فرصت‌ها و تهدیدهای ژئوپلیتیکی
۱	۳۹	ایجاد تناسب و هماهنگی در اجرای طرح‌های سد، آبخیزداری، آبخوان‌داری و شبکه‌های آبیاری و زهکشی پایین‌دست
۱	۴۰	سازماندهی بخش کشاورزی در پهنه سرزمین به‌منظور ایجاد تحول متناسب با مقتضیات اقلیمی، ارتقاء بهره‌وری و تأمین امنیت غذایی
۱	۴۱	تدوین الگوهای بهینه کشت در دشت‌ها (واحد‌های هیدرولوژیک) با تأکید بر ارزش اقتصادی آب
۱	۴۲	ارتقای بهره‌وری آب و به‌کارگیری روش‌های مناسب با آبیاری متناسب با شرایط اقلیمی و منطقه‌ای در راستای صرفه‌جویی و استفاده بهینه از منابع آب با توجه به محدودیت‌های ناشی از تغییرات آب‌وهوایی
۱	۴۳	حفاظت، پیشگیری و کاهش آلودگی و فرسایش خاک و تغذیه آبخوان‌ها با اجرای عملیات آبخیزداری و آبخوان‌داری در حوضه‌های آبخیز کشور
۱	۴۴	محدودیت کشت محصولات با نیاز آبی بالا در فضاهای باز و جایگزینی در موارد ممکن از طریق کشت گلخانه‌ای
۱	۴۵	مدیریت جامع و یکپارچه حوضه‌های آبخیز برای بهره‌برداری بهینه از منابع پایه (آب، خاک و پوشش گیاهی)
۱	۴۶	ایجاد و توسعه مجتمع‌های کشت‌و‌صنعت متناسب با قابلیت‌های قلمروهای مختلف کشور
۱	۴۹	توسعه، حفاظت و احیاء جنگل‌ها و مراتع کشور
۱	۵۰	توسعه پرورش و صید آبزیان در آب‌های دور و سرزمینی
۱	۵۱	ارتقاء سطح تعاملات و همکاری‌های دو یا چندجانبه با کشورهای منطقه به‌منظور حفاظت از محیط‌زیست و منابع طبیعی و مقابله با آثار منتج از تغییرات اقلیمی و ریزگردها در چارچوب تفاهم‌نامه‌ها، معاهده‌ها، کنوانسیون‌ها، موافقت‌نامه‌ها و پیمان‌های منطقه‌ای.
۱	۵۲	الزام به رعایت ملاحظات محیط‌زیستی (توان اکولوژیک و ظرفیت تحمل محیط‌زیست) در استقرار فعالیت‌های توسعه‌ای در پهنه سرزمین
۱	۵۳	حفاظت از تنوع‌زیستی و حفظ ذخائر ژنتیکی و زمینه‌سازی برای بهره‌مندی جوامع محلی از آن در زمینه‌هایی مانند گردشگری طبیعی
۱	۵۴	بیابان‌زدایی، جلوگیری از بیابان‌زایی و تثبیت شن‌های روان و مهار کانون‌های شکل دهنده ریزگردها با اولویت مناطق بحرانی و بهره‌گیری از توسعه پوشش گیاهی متناسب با مقتضیات محلی
۱	۵۶	توسعه صنایع دریایی و تعمیر و خدمات وسایل حمل‌ونقل دریایی در جوار بنادر اصلی با رعایت ملاحظات محیط‌زیستی
۱	۵۷	ساماندهی مجتمع‌های صنعتی اعم از شهرک‌ها و نواحی صنعتی در پهنه سرزمین متناسب با مقتضیات و ظرفیت‌های هر یک از قلمروهای جغرافیایی
۱	۵۸	توسعه و ساماندهی مجدد فعالیت‌های صنعتی پایه و آب‌بر از جمله صنایع فلزات اساسی و پالایشگاهی و پتروشیمی (به‌ویژه صنایع بالادستی) دارای اولویت سرمایه‌گذاری مبتنی بر الزامات محدودیت منابع آب، تأمین خوراک مورد نیاز و تأمین ملاحظات دفاعی، امنیتی و پدافند غیرعامل با تأکید بر استقرار آن‌ها در سواحل خلیج فارس و به‌ویژه دریای عمان پس از انجام ارزیابی راهبردی محیط‌زیستی
۱	۶۳	ایجاد مناطق آزاد و ویژه اقتصادی جدید در پهنه سرزمین صرفاً براساس مطالعات آمایش سرزمین
۱	۶۴	توسعه و تجهیز باراندازهای بین‌المللی، ملی و منطقه‌ای و بنادر خشک در کشور با هدف پشتیبانی توسعه بازرگانی و امور تولیدی در نقاط دور از ساحل و ایجاد تحرک در اقتصاد نواحی پیرامونی براساس فهرست مورد تصویب شورای عالی آمایش سرزمین
۱	۷۵	توسعه و تجهیز مراکز گردشگری سلامت در کشور و تبدیل ایران به قطب پزشکی منطقه آسیای جنوب غربی و جهان اسلام از طریق ایجاد مراکز درمانی تجهیز شده و روزآمد و رونق‌بخشی به گردشگری سلامت و پزشکی در مناطق و شهرهای دارای قابلیت
۱	۷۶	توسعه رفاه و تأمین اجتماعی در نواحی مختلف کشور و زمینه‌سازی تحقق عدالت فراگیر در پهنه سرزمین، کاهش فقر، نابرابری و آسیب‌های اجتماعی با تأکید بر توانمندسازی و حداکثر استفاده از مشارکت مردم

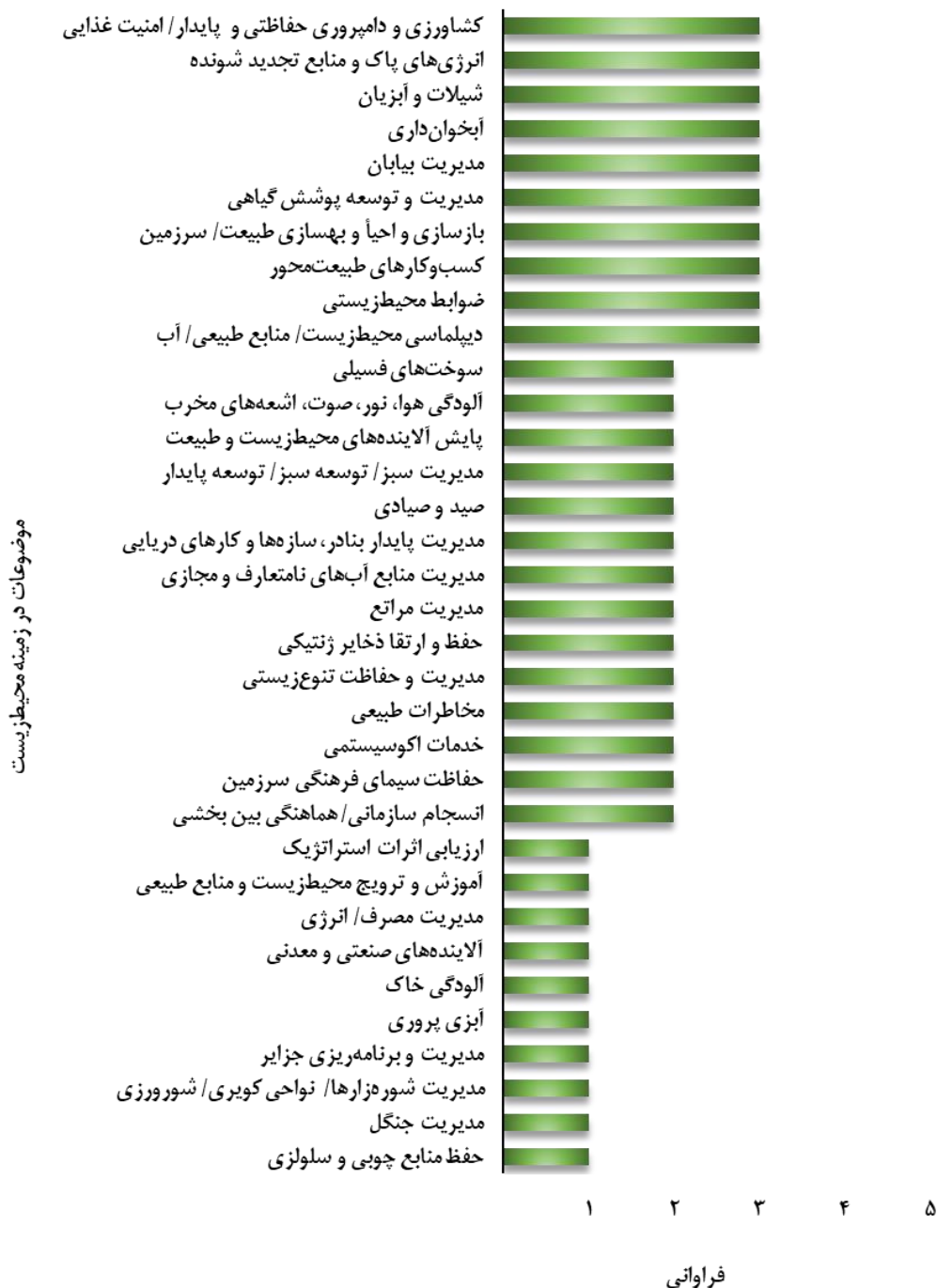
ماده	بند	گزاره
۱	۷۷	صیانت و استفاده بهینه از ظرفیت‌ها و جاذبه‌های طبیعی، تاریخی، مذهبی، فرهنگی، علمی، ورزشی و سلامت در هر منطقه برای رونق و ارتقای جایگاه صنعت گردشگری در اقتصاد ملی و دستیابی به سهم مناسب در اقتصاد بین‌المللی
۱	۷۸	توسعه و آبادانی نواحی مرزی و جهت‌دهی سرمایه‌گذاری‌های ملی اعم از دولتی و غیردولتی به نواحی مرزی و رونق‌بخشی به صنعت گردشگری و بازرگانی براساس مزیت‌های نسبی و رقابتی با تأکید بر تقویت هم‌گرایی‌های اجتماعی، فرهنگی و سیاسی
۱	۷۹	تأمین همه‌جانبه و حداکثری منافع ملی و حقوق سرزمینی کشور در قلمروهای پیرامونی از طریق فراهم‌سازی زیرساخت‌های موردنیاز و پیگیری ترتیبات دیپلماتیک و حقوقی لازم
۱	۸۲	عدم استقرار صنایع پرخطر (مطابق تعاریف شورای عالی امنیت ملی) در محدوده سکونتگاه‌ها و رعایت حریم‌های ایمنی و امنیتی مورد نیاز
۱	۸۳	تقویت انسجام ملی و ارتقاء هویت اسلامی- ایرانی اقوام مختلف و مشارکت آنان در اداره امور، توسعه و امنیت مناطق مختلف کشور
۱	۸۴	تقویت پیوندهای مناطق مرزی با داخل کشور با رویکرد وحدت و یکپارچگی اجتماعی و ارتقاء سرمایه‌های اجتماعی ملی در پهنه سرزمین
۳	-	تمامی دستگاه‌های اجرایی ملی و استانی کشور مکلفند به‌منظور بهره‌برداری در مطالعات، تصمیم‌گیری و رصد توسعه سرزمینی نسبت به نصب و راه‌اندازی سامانه ارزیابی توسعه و رصد آمایش (ساترا) اقدام نمایند. سازمان برنامه و بودجه کشور مکلف است با تجمیع سامانه‌های ملی و استانی روند تغییرات منابع طبیعی، جمعیت، فعالیت و تحولات در سازمان فضایی کشور را از طریق این سامانه رصد نموده و گزارش‌های لازم آن را در اختیار شورای عالی آمایش سرزمین و دیگر مراجع ذی‌صلاح قرار خواهد داد.

نتایج حاصل از بررسی ۹۰ موضوع مذکور در گزاره‌های استخراج شده نشان داد به ۵۸ مورد از موضوعات در این سند پرداخته شده است که فراوانی آن‌ها از حدود ۴۰ گزاره تا ۱ گزاره متغیر بود (شکل‌های ۱ و ۲). موضوع مدیریت پایدار سرزمین و آمایش سرزمین با حدود ۴۰ گزاره بیشترین فراوانی را به خود اختصاص داد. پس از آن توسعه و بهره‌برداری متعادل، متوازن، سازگار و پایدار، مدیریت منابع آب و امنیت آب، حکمرانی منابع طبیعی و

محیط‌زیست، توسعه دریا پایه و حفاظت از منابع طبیعی و محیط‌زیست نیز به‌ترتیب بیشترین گزاره‌ها را شامل می‌شدند. کمترین گزاره‌ها نیز مربوط به موضوعات ارزیابی استراتژیک، آموزش و ترویج محیط‌زیست و منابع طبیعی، مدیریت مصرف و انرژی، آلودگی خاک، آبی‌ری‌پروری، مدیریت و برنامه‌ریزی جزایر، مدیریت شوره‌زارها، نواحی کویری و شورورزی، مدیریت جنگل و حفظ منابع چوبی و سلولزی بود.



شکل ۱- نمودار فراوانی موضوعات در زمینه محیط‌زیست در گزاره‌ها (موضوعات با فراوانی در بیش از ۳ گزاره)



شکل ۲- نمودار فراوانی موضوعات در زمینه محیط‌زیست در گزاره‌ها (موضوعات با فراوانی در حداکثر ۳ گزاره)

توجه به بررسی‌های صورت گرفته که حاکی از نقش پررنگ موضوعات محیط‌زیستی در سند مذکور است؛ این سند می‌تواند پشتوانه‌ای ارزشمند برای پژوهشگران، سیاست‌گذاران و کنشگران محیط‌زیست در مسیر دستیابی به اهداف حفاظتی و تحقق توسعه پایدار و یکپارچه

نتیجه‌گیری

سند جهت‌گیری‌های ملی آمایش سرزمین از جمله اسناد فرادست مهم به‌شمار می‌آید که جایگاهی راهبردی در هدایت تصمیمات و برنامه‌ریزی‌های کلان دارد. همچنین با

سرزمین باشد. یافته‌های این بررسی نشان می‌دهد که این سند با پرداختن به محورهای همچون مدیریت پایدار سرزمین و آمایش سرزمین، توسعه و بهره‌برداری متعادل، متوازن، سازگار و پایدار، مدیریت منابع آب و امنیت آب، حکمرانی منابع طبیعی و محیط‌زیست، توسعه دریا پایه (مدیریت دریا، اقتصاد دریا پایه، صنایع دریایی و منابع دریایی)، حفاظت از منابع طبیعی و محیط‌زیست، ارزیابی توان اکولوژیک و استعداد طبیعی، توسعه متعادل و متوازن سکونتگاه‌ها و جمعیت، آب‌خیزداری و مدیریت منابع آب

سطحی و مدیریت سواحل، ظرفیت بالایی جهت ارتقای کیفیت سیاست‌گذاری‌های محیط‌زیستی و تقویت بنیان‌های توسعه پایدار کشور داراست. از این رو، توجه نظام‌مند به محیط‌زیست در چارچوب این سند نه تنها می‌تواند به کاهش چالش‌های محیط‌زیستی منجر شود، بلکه زمینه‌ساز شکل‌گیری الگوی کارآمدی از حکمرانی سرزمین و مدیریت پایدار منابع در سطح ملی خواهد بود.

منابع

روزنامه رسمی. (۱۴۰۰). جهت‌گیری‌های ملی آمایش سرزمین. شماره ۲۲۲۱۱، ۱۴۰۰/۱/۳۱.

تهران، اسفند ۱۴۰۱، عکاس: حسین نصر



The Environmental Dimension of National Spatial Planning Orientations

Farnoush Attar Sahragard^{1*}, Afshin Danehkar²

1- Ph.D. student, Department of Natural Environment, Faculty of Natural Resources, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

2- 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: attar.farnoush@ut.ac.ir

Abstract

Today, the importance of environmental issues and the need for efforts toward its conservation, restoration, and rehabilitation are widely recognized. In this regard, overarching documents can play a crucial role in supporting environmental researchers, experts, and activists in achieving the goals of environmental conservation, sustainable development, and integrated management of the environment and the land. The Supreme Council for Spatial Planning, based on Paragraph A of Article 32 of the Law on Permanent Provisions of the Country's (Iran's) Development Programs, approved the *National Spatial Planning Orientation Document* in its session dated 2017/07/24. This document is organized in 4 articles and 84 paragraphs, in which 56 statements address issues related to the environment and natural resources. The most important issues examined in this document include sustainable land management and spatial planning, balanced, consistent, compatible, and sustainable development and utilization, water resources management and water security, governance of natural resources and the environment, sea-based development, conservation of natural resources and the environment, assessment of ecological capacity and natural Potential, balanced and consistent development of settlements and population, watershed management and management of surface water resources, and coastal management.

Keywords: Overarching documents; Supreme Council for Spatial Planning; Environmental Document

Tunis, Tunis Governorate, Tunisia, Photographer: Mahmoud Yahyaoui

نقطه حضور جدید برای سسک تیره (*Phylloscopus fuscatus*) در ایران

امیرمهدی کیخا^{۱*}، محمدامین غفاری^۲، پرهام آذرخش^۳، سروش سراج^۴

۱- دبیرستان دوره دوم استعدادهای درخشان حضرت محمد (ص)، زاهدان، ایران

۲- کارشناس ارشد مدیریت جهانگردی، دانشگاه علم و فرهنگ، تهران، ایران

۳- عضو باشگاه پرندنگری ایرانیان، تهران، ایران

۴- دبیرستان شاهد طاهرسیما، لاهیجان، ایران

۵- دبیرستان نور نیکان، تهران، ایران

رایانامه نویسنده مسئول: amkeykha1387@gmail.com

چکیده

سسک‌های برگی یکی از چالشی‌ترین جنس‌های پرندگان ایران برای شناسایی در طبیعت هستند که تاکنون ۱۲ گونه از آن‌ها از ایران گزارش شده است. به دلیل چالش برانگیز بودن شناسایی گونه‌های این جنس، دانش از صفات ظاهری و نقاط حضور آنان دارای اهمیت حفاظتی و پرندنگری است. در این مقاله مشاهده گونه‌ای از سسک‌های برگی در زاهدان گزارش شده است که بررسی‌ها نشان داد این نمونه متعلق به گونه سسک تیره است که تاکنون یک بار در ایران و از غرب استان گیلان گزارش شده است. شناسایی این سسک از روی تصاویر تهیه شده انجام شد و به تایید متخصصان داخلی و خارجی رسید. با توجه به گزارش نشدن این گونه از جنوب شرقی ایران و کمبود اطلاعات کافی درمورد پراکنش این گونه در کشور، این گزارش، ثبت موقعیت جدیدی برای حضور این گونه در ایران به عنوان اولین ثبت گونه در استان سیستان و بلوچستان و دومین گزارش کشوری گونه محسوب می‌شود.

کلیدواژه‌ها: پرندنگری، پرندگان ایران، سسک‌های برگی، سیستان و بلوچستان

کیخا، ا. م، غفاری، م. ا، آذرخش، پ، سراج، س. (۱۴۰۴). نقطه حضور جدید برای سسک تیره (*Phylloscopus fuscatus*) در ایران.

نشریه دانشجویی زیست سپهر، ۱۸(۲)، ۱۷-۲۳.

مقدمه

سسک‌های برگی *Phylloscopus spp.* تنها جنس از خانواده Phylloscopidae بوده که گروهی از پرندگان آوازخوان کوچک‌چته هستند و شباهت بسیار زیادی در ویژگی‌های مورفولوژیکی نشان می‌دهند (Nayak, 2022). این شباهت بصری، تشخیص سسک‌های برگی را به یک عمل چالش‌برانگیز و مشکل برای پرندگان‌نگرها تبدیل می‌کند (مبصر، ۱۳۹۵، ۲۰۶). بر این اساس، فهرست‌بندی این پرندگان شاخه‌نشین مستلزم توجه و دقت بیشتری در مشاهدات میدانی و دانستن کلیدهای شناسایی و نقاط حضور گونه است. فهرست جهانی پرندگان کنگره بین‌المللی پرنده‌شناسی (IOC)^۱، ۸۱ گونه زنده سسک برگی را در سطح جهان ذکر کرده است (Gill et al., 2024) و تا اواخر سال ۱۳۹۵، ۱۱ گونه سسک برگی از ایران شناخته و گزارش شده بود (مبصر، ۱۳۹۵) که شامل گونه‌های ذکر شده در جدول ۱ است. یکی از گونه‌های این جنس در قاره آسیا، سسک تیره *Phylloscopus fuscatus* است که توسط ادوارد بلیث، جانورشناس انگلیسی، در سال ۱۸۴۲ میلادی توصیف شده است. این سسک از سیستم جفت‌یابی چندهمسری پیروی می‌کند و

مهاجرت‌های طولانی دارد (Ma et al., 2023). پرنده‌ای حشره‌خوار است که در بخش‌هایی از سیبری، مغولستان، مناطق شمالی چین و شبه جزیره کره جوجه‌آوری و در جنوب شرقی آسیا زمستان‌گذرانی می‌کند (Clement, 2017). در این مقاله، با توجه به اهمیت آگاهی از پراکنش دقیق این پرندگان، گزارشات احتمالی آن‌ها در آینده و همچنین عدم وجود شناخت کافی از پراکنش طبیعی این گونه در ایران و با هدف توسعه شناخت از پراکنش گونه‌ها، مشاهده خود در جنوب ایران را به عنوان محلی جدید برای سسک تیره گزارش می‌کنیم. مرور ادبیات و بررسی منابع نشان داد یک گزارش از این گونه در تالش واقع در غرب استان گیلان، اولین و تنها مشاهده ثبت شده از سسک تیره در ایران است (Naziri et al., 2017). همچنین چندین مقاله یافت شد که افراد سرگردان را در مکان‌های جدیدی که در بخش‌های غربی محدوده پراکنش شناخته شده آن قرار دارند، مانند الجزایر (Belakhdar & Shurulinkov et al., 2021)، و در فنلاند (Väisänen et al., 2017) گزارش می‌کنند.

¹. International Ornithological Congress

جدول ۱- سسک‌های برگی گزارش شده از ایران تا سال ۱۳۹۶

شماره	نام فارسی	نام انگلیسی	نام علمی	منبع
۱	سسک بیدی	Willow Warbler	<i>Phylloscopus trochilus</i>	کابلی و همکاران ۱۳۹۵
۲	سسک چیفچاف معمولی	Common Chiffchaff	<i>Phylloscopus collybita</i>	کابلی و همکاران ۱۳۹۵
۳	سسک چیفچاف کوهستان	Mountain Chiffchaff	<i>Phylloscopus sindianus</i>	کابلی و همکاران ۱۳۹۵
۴	سسک بیدی کوچک	Plain Leaf Warbler	<i>Phylloscopus neglectus</i>	کابلی و همکاران ۱۳۹۵
۵	سسک دمگاه زیتونی شرقی	Eastern Bonelli's Warbler	<i>Phylloscopus orientalis</i>	کابلی و همکاران ۱۳۹۵
۶	سسک جنگلی	Wood Warbler	<i>Phylloscopus sibilatrix</i>	کابلی و همکاران ۱۳۹۵
۷	سسک ابروزرد	Yellow-browed Warbler	<i>Phylloscopus inornatus</i>	کابلی و همکاران ۱۳۹۵
۸	سسک ابرو زرد هیوم	Hume's Leaf Warbler	<i>Phylloscopus humei</i>	کابلی و همکاران ۱۳۹۵
۹	سسک بیدی سبز	Green Warbler	<i>Phylloscopus nitidus</i>	کابلی و همکاران ۱۳۹۵
۱۰	سسک سبز	Greenish Warbler	<i>Phylloscopus trochiloides</i>	کابلی و همکاران ۱۳۹۵
۱۱	سسک گل (پالاس)	Pallas's Leaf Warbler	<i>Phylloscopus proregulus</i>	طالبی گل و همکاران ۲۰۱۴

مشاهدات نگارندگان فاصله قابل توجهی بین دو رکورد سسک تیره در ایران را نشان می‌دهد و این گونه در خاورمیانه کمیاب و نادر است ارائه این گزارش حائز اهمیت است، در نتیجه جزئیات این مشاهده ارائه می‌گردد.

مشاهده میدانی

مورخ ۲۸ مهر ۱۴۰۲، در ساعت ۶:۳۰ صبح، یک سسک برگی ناشناس توسط نویسنده اول مشاهده و عکسبرداری شد و تا ساعت ۷ صبح در باغی متعلق به وزارت جهاد کشاورزی در شهر زاهدان، جنوب شرق ایران ($29^{\circ}29'05.9''N$ $60^{\circ}50'38.5''E$) حضور داشت (شکل ۱). این سسک اغلب روی زمین و در میان علف‌ها به جست‌وجوی غذا می‌پرداخت و به ندرت روی شاخه‌های درختان می‌نشست. جست‌وجو برای یافتن سسک ادامه

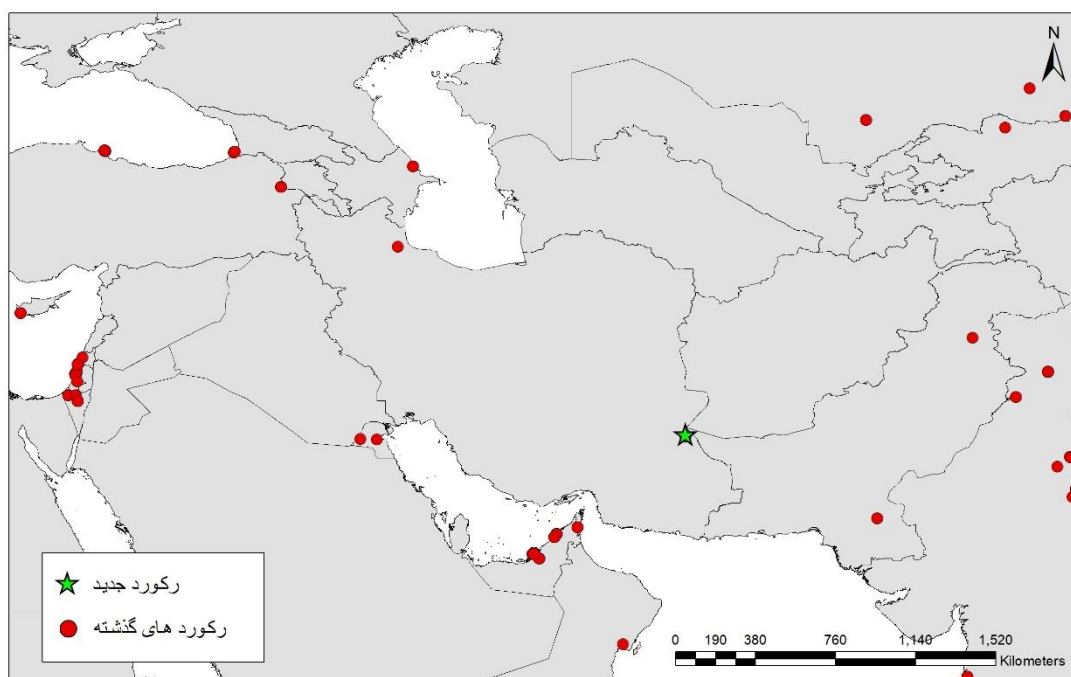
در سال ۱۳۹۶، برای اولین بار، سسک تیره از ایران در تالش استان گیلان گزارش شد (Naziri et al., 2017) و به فهرست پرندگان ایران افزوده شد. در نتیجه، تعداد سسک‌های برگی در ایران به ۱۲ گونه افزایش پیدا کرد (Khaleghizadeh et al., 2017). مطابق با بررسی متون علمی و داده‌های آنلاین در وبسایت‌هایی نظیر eBird، سسک تیره در ایران تا قبل از مشاهده نگارندگان در جنوب شرقی فقط به رکورد قبلی در استان گیلان ایران محدود بود که گمان می‌رود مشاهده قبلی نیز نمونه‌ای سرگردان بوده باشد، درحالی که با در نظر گرفتن پراکنش طبیعی این گونه در جنوب شرقی آسیا، ممکن است حضور این گونه در جنوب شرقی ایران بخشی طبیعی از پراکنش جهانی گونه باشد که به دلیل پایش‌های کم پرندشناسان در منطقه بلوچستان تاکنون مغفول مانده است. از آنجایی که

یافت تا اینکه در ساعت ۱۰ صبح بار دیگر به مدت ۱۵ دقیقه مشاهده شد و پس از آن یافت نشد. صبح روز بعد، این سسک در همان مکان بین ساعت ۶:۴۵ صبح تا ۷:۳۰ صبح مجدداً مشاهده شد و پایش برای تماشای آن تا ساعت ۱۱:۴۵ صبح ادامه داشت اما دیگر دیده نشد. این پرنده عمدتاً در اطراف زرشک ژاپنی *Berberis thunbergii*، زبان گنجشک اروپایی *Fraxinus excelsior* و زیتون خوراکی *Olea europaea* پرسه می‌زد. پایش مکان مذکور برای مشاهده مجدد و تشخیص مدت حضور نمونه در محل به مدت یک هفته ادامه یافت که نتیجه‌ای به همراه نداشت و نمونه مشاهده نشد. پس از بررسی تصاویر و مطابقت دادن کلیدهای شناسایی با استفاده از کتاب‌های راهنمای میدانی پرندگان ایران (۱۳۹۵) و اطلس پرندگان ایران (۱۳۹۵) و عدم یافتن این گونه در کتب، عکس‌های تهیه شده جهت بررسی دقیق‌تر به کمیته ثبت پرندگان ایران ارسال شد و پس از رایزنی و مکاتبات، توانستیم مشاهده خود را به عنوان سسک تیره شناسایی کنیم. لازم به ذکر است، این مشاهده در تاریخ ۵ آبان ۱۴۰۲ توسط کمیته ثبت پرندگان ایران با عنوان دومین گزارش سسک تیره در ایران و اولین رکورد این گونه برای استان سیستان و بلوچستان پذیرفته شد (Iran Bird Records Committee, 2024). پیش از این، سسک چیفچاف معمولی *Phylloscopus collybita*

سسک بیدی *P. trochilus*، سسک بیدی سبز *P. nitidus* و سسک ابروزرد هیوم *P. humei* سسک‌های برگی شناخته شده در محل باغ جهاد کشاورزی زاهدان بودند. از ویژگی‌های ظاهری سسک تیره که برای شناسایی این نمونه مورد استفاده قرار گرفتند، می‌توان به روتنه قهوه‌ای تیره، زیرتنه قهوه‌ای روشن، صورت نخودی‌رنگ، خط چشمی تیره و نوار ابرویی روشن و قوی اشاره کرد. سسک تیره همچنین دارای پاهای رنگ‌پریده، منقار نسبتاً باریک و زرد_سیاه و بال‌های گرد و کوتاه است (Naziri et al., 2017). شباهت ظاهری زیاد این گونه با سسک راده *P. schwarzi* کار شناسایی این پرنده را اندکی با چالش روبه‌رو کرده بود اما راه‌هایی برای تفکیک این دو گونه وجود دارد که به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌کنیم. سسک تیره نسبت به سسک راده جثه‌ای کوچک‌تر، دم‌ی کوتاه‌تر، منقاری نازک‌تر و تیره‌تر دارد و پاهایش رنگ‌پریده و چرک‌تر است. سسک راده خط ابرویی طویل‌تر و زردتری نسبت به سسک تیره نشان می‌دهد و روتنه‌اش تمایل بیشتری به رنگ زیتونی دارد و زیرتنه روشن‌تری نسبت به زیرتنه چرکی در سسک تیره دارد (Fairhead, 2025). این مشاهده فاصله قابل‌توجهی با مشاهده سابق در ایران و سایر مشاهدات خاورمیانه نشان می‌دهد (شکل ۲).



شکل ۱- تصاویر سسک برگ‌ی مشاهده شده (عکاس: امیرمهدی کیخا)



شکل ۲- نقاط حضور سسک تیره در غرب آسیا، تولید شده با ArcGIS (نقاط مستخرج از GBIF)

and subspecies (p. 350). Tehran: Iranshenasi Publishing.

Ma, L., Wang, J., Lyu, S., & Hou, J. (2023). Response of Male Dusky Warblers (*Phylloscopus fuscatus*) to Invaders with Different Song Length. *Pakistan Journal of Zoology*, 55(5), 2237.

Nayak, A. (2022). Wintering of Leaf Warblers (*Phylloscopus* Boie, 1826) in Gangajalghati: First photographic evidence of four species from Northern Bankura, West Bengal, India. *Journal of Tropical Life Science*, 12(1), 123-129.

Naziri, F., Ashoori, A., & Lampila, P. (2017). First record of Dusky Warbler, *Phylloscopus fuscatus* (Aves: Sylviidae), from Iran. *Zoology in the Middle East*, 63(4), 372-373.

Phylloscopus fuscatus (Blyth, 1842) in GBIF Secretariat. (2023). GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset <https://doi.org/10.15468/39omei> accessed via GBIF.org on 2025-04-10.

Shurulinkov, P., Bergkamp, P., NikolaAleksandrov, P. S., Ralev, A., Tsvetkov, P., Popov, K., ... & Chakarov13, N. (2021). Vagrant species of birds captured at Durankulak ringing camp, NE Bulgaria, 2019–2020. *Hist Nat Bulg*, 42, 89-94.

Väisänen, R, H Huhtinen, P Lampila, A Lehtikoinen, P Lehtikoinen, J Normaja & W Velmala. (2017). Rare birds in Finland (2016). *Linnut-yearbook* (2016). 77–9. [In Finnish with English summary].

سپاسگزاری

از شورش وهابی، آرش حبیبی آزاد، فردین نظیری، برایان اسمال، آلان دین، اندرو استودارت، درنا مجاب، مگنوس اولمن، کرامت حافظی، رافائل آی، محسن ملاح، احسان طالبی و اسکار کمبل که جهت شناسایی این سسک مشارکت کردند بسیار سپاسگزاریم.

منابع

مبصر، ف. (۱۳۹۵). راهنمای میدانی پرندگان ایران. چاپ اول. تهران.

Belakhdar, T & A Chedad (2023). First record of the Dusky Warbler *Phylloscopus fuscatus* (Blyth, 1842) in Algeria. *Biharean Biologist*, 17(1), 45.

Clement, P. (2017). Dusky warbler (*Phylloscopus fuscatus*). *Handbook of the Birds of the World Alive*.

Fairhead, R. (2025). Separating Radde's Warbler *Phylloscopus schwarzi* And Dusky Warbler *P. fuscatus*. <http://home.clara.net/ammodytes/randdw.html>

Gill, F, D Donsker, P Rasmussen (eds). (2024). Bushtits, leaf warblers, reed warblers. *IOC World Bird List Version 14.1*. <https://www.worldbirdnames.org/new/bow/bushtits/> [Accessed 29 May 2024].

Gol, S. A. T., Moody, A., & Tohidifar, M. (2014). The first record of Pallas's Leaf Warbler *Phylloscopus proregulus* in Iran.

Iran Bird Records Committee. (2024). Iran Bird Records. <https://www.iranbirdrecords.ir/> [Accessed 29 May 2024].

Kaboli, M., Aliabadian, M., Tohidifar, M., Hashemi, A., Musavi, S. B., & Roselaar, C. C. (2016). Atlas of birds of Iran. *Jahad Daneshgahi, Kharazmi Branch*.

Khaleghizadeh, A., Roselaar, K., Scott, D. A., Tohidifar, M., Blair, M., & Mlíkovský, J. (2017). *Birds of Iran: Annotated checklist of the species*



A New Locality for the Dusky Warbler *Phylloscopus fuscatus* in Iran

Amir Mahdi Keykha*¹, Mohammad Amin Ghaffari^{2,3}, Parham Azarakhsh⁴, Soroush Seraj⁵

1- Hazrat Mohammad High School for Brilliant Talents, Zahedan, Iran.

2- Master of Science in Tourism Management, University of Science and Culture, Tehran, Iran.

3- Member of the Iranian Birding Club, Tehran, Iran.

4- Shahed Tahersima High School, Lahijan, Iran.

5- Noor Nikan High School, Tehran, Iran.

*Corresponding Author's E-mail: amkeykha1387@gmail.com

Abstract

Leaf warblers are one of the most challenging genera of birds to identify in the field, with 12 species reported from Iran so far. Considering the identification challenges, knowledge of their morphological characteristics and occurrence points have important implications for conservation and birdwatching. In this article, we are reporting an observation of a species of leaf warblers in Zahedan. Our investigation showed that the individual observed was a Dusky Warbler, which has only been reported once from Iran in the west of Gilan province. This warbler was identified from the images provided and national and international experts confirmed its identification. Since this species has not been reported from southeastern Iran and there is a lack of sufficient information about the distribution of this species in the country, this report is considered a new locality for the presence of this species in Iran as the first record of the species in Sistan and Baluchestan province and the second national record of the species.

Keywords: Birdwatching, Birds of Iran, Leaf Warblers, Sistan and Baluchestan.

Keykha, A. M; Ghaffari, M. A; Azarakhsh, P; Seraj, S. (2025). A New Locality for the Dusky Warbler *Phylloscopus fuscatus* in Iran. *Zist Sepehr Student Magazine*, 18(2), 17-23.



سونای قورباغه: کلید نجات از یک عفونت قارچی مرگبار

شروین مقصودلو

دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه محیط زیست طبیعی، دانشکده منابع طبیعی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
رایانامه نویسنده: shervin.maghsood@ut.ac.ir

چکیده

طی سال‌های اخیر، دانشمندان و حامیان محیط زیست در جهت حفاظت و کاهش نرخ انقراض دوزیستان تلاش بسیار کرده‌اند. عامل بیماری‌زای *Chytrid* (کیتريد) یکی از مهم‌ترین تهدیدات برای گونه‌های دوزیست است و تاکنون سبب قرار گرفتن ۹۰ گونه از آن‌ها در گرداب انقراض شده‌است. *Chytrid* مخفف *chytridiomycosis* است، یک بیماری کشنده که می‌تواند باعث بی‌حالی دوزیستان و توقف غذاخوردن آن‌ها شود. نتایج آخرین تحقیقات و پژوهش‌ها حاکی از آن است که روشی جدید با عنوان «سونای قورباغه» در کنترل این بیماری و ایجاد ایمنی در افراد، مورد بررسی قرار گرفته و نتایج مثبتی را در پی داشته‌است. در روش درمانی سونای قورباغه، افراد مبتلا با کمک افزایش دمای محیط بر بیماری خود غلبه نموده و در آینده و با گذشت زمان نیز در مقابل عوامل ایجاد عفونت دارای ایمنی و مقاومت بالاتری خواهند شد. با قرار دادن قورباغه زنگوله‌ای سبز و طلایی (*Litoria aurea*) در محیطی مجهز به بلوک‌های آجر گرم شده با نور خورشید که در واقع گلخانه‌های کوچک هستند، این توانایی به آن‌ها داده می‌شود تا از کیتريد بهبود یافته و آن‌ها را در برابر بیماری در آینده مقاوم‌تر می‌کند. اکنون دانشمندان نشان داده‌اند که پناهگاه‌های کوچک با پوشش پلاستیکی می‌توانند به قورباغه‌ها کمک کنند تا آنقدر گرم شوند که قارچ را بکشند و به این ترتیب تهدید به انقراض در بسیاری از گونه‌های دوزیست کنترل و منتفی گردد.

کلیدواژه‌ها: قورباغه زنگوله‌ای، قارچ، کیتريد، گلخانه

مقصودلو، ش. (۱۴۰۴). سونای قورباغه: کلید نجات از یک عفونت قارچی مرگبار. نشریه دانشجویی زیست سپهر، ۱۸(۲)، ۲۴-۳۳.

مقدمه

بیماری قارچی *chytridiomycosis* که توسط قارچ *Batrachochytrium dendrobatidis* (Bd) ایجاد می‌شود، به عنوان یکی از جدی‌ترین تهدیدهای جهانی برای تنوع زیستی دوزیستان شناخته شده است. این قارچ با آلوده کردن پوست دوزیستان، که نقش حیاتی در تبادل گاز و تعادل الکترولیت‌ها دارد، باعث ایجاد اختلالات فیزیولوژیکی شدید شده و اغلب منجر به مرگ سریع میزبان می‌شود (Pereira et al., 2013; Gleason et al., 2014). تأثیر این بیماری به کاهش چشمگیر جمعیت دوزیستان و حتی انقراض گونه‌های متعددی انجامیده است و این موضوع موجب نگرانی گسترده جامعه علمی و سازمان‌های حفاظت محیط زیست شده است.

مطالعات اخیر نشان می‌دهند که رشد و بقای قارچ Bd به دما وابسته است و دمای بالا (بیش از ۳۰ درجه سانتی‌گراد) رشد این قارچ را به طور قابل توجهی محدود می‌کند (Sun et al., 2023). در برخی از گونه‌های دوزیستان، رفتاری مشاهده شده که در آن حیوانات به محیط‌های گرم و مرطوبی پناه می‌برند که شرایطی مشابه سونا دارد و باعث کاهش بار قارچی می‌شود. این رفتار طبیعی، اساس مفهوم «سونای قورباغه» را تشکیل می‌دهد (National Geographic, 2024).

بر پایه این یافته‌ها، استفاده از سوناها یا مصنوعي با کنترل دقیق دما و رطوبت در زیستگاه‌های محافظت شده به عنوان یک استراتژی نوین و غیرتهاجمی برای کاهش آلودگی قارچی و حفاظت از دوزیستان در نظر گرفته شده است. پژوهش‌های میدانی در استرالیا نشان داده‌اند که این روش باعث کاهش قابل توجه بار قارچی روی پوست دوزیستان و افزایش نرخ بقاء آن‌ها شده است (Australian Geographic, 2024; The Guardian, 2024; ABC News, 2024).

علاوه بر تأثیر دمای محیط، تعادل میکروبیوم پوست دوزیستان نیز نقش مهمی در مقاومت میزبان در برابر Bd ایفا می‌کند. افزایش دمای سوناها یا مصنوعي می‌تواند باعث تغییرات مطلوب در جامعه میکروبی پوست شود که این امر به کاهش رشد قارچ بیماری‌زا کمک می‌کند (Sun et al., 2023). به طور کلی، استفاده از «سونای قورباغه» به عنوان یک راهکار مبتنی بر رفتار طبیعی میزبان و دانش زیستی، امیدی نوین برای مقابله با *chytridiomycosis* و حفظ تنوع زیستی دوزیستان فراهم کرده است.

بیماری پوستی *chytridiomycosis* یکی از مهم‌ترین تهدیدات برای جمعیت‌های دوزیستان است که توسط دو گونه قارچ کیتريد، *Batrachochytrium dendrobatidis* (Bd) و *Batrachochytrium salamandrivorans* (Bsal) ایجاد می‌شود. این دو گونه قارچ کیتريد بومی جنوب آسیا هستند و به طور ناخواسته از طریق تجارت جهانی دوزیستان برای مصارف غذایی، حیوانات خانگی یا پژوهشی، به نقاط مختلف جهان منتقل شده‌اند (Fisher et al., 2009; Martel et al., 2014). به این ترتیب، *chytrid* از طریق فعالیت‌های انسانی و تجارت دوزیستان در سراسر جهان گسترش یافته و به بخشی از اکوسیستم‌های جدید تبدیل شده است (Scheele et al., 2019; O'Hanlon et al., 2018).

این قارچ با آلوده کردن پوست دوزیستان، که نقش حیاتی در تبادل گاز و تعادل الکترولیت‌ها دارد، به شدت عملکرد پوست را مختل می‌کند و منجر به کاهش الکترولیت‌های ضروری برای عملکرد قلب می‌شود. در نهایت، این اختلالات فیزیولوژیکی موجب ایست قلبی و مرگ سریع حیوانات آلوده می‌گردد (Voyles et al., 2009). Bd عمدتاً از طریق آب و تماس مستقیم با سایر دوزیستان منتقل می‌شود و با تغذیه از پروتئین‌های پوست میزبان به تکثیر می‌پردازد (Longcore et al., 1999).

دو مرحله اصلی است: زئوسپور^۱ و اسپورانژیوم^۲. مرحله زئوسپور، شکل متحرک و عفونت‌زا است. این سلول تک‌سلولی دارای یک تاژک در انتهای خود بوده و در محیط‌های آبی آزادانه شنا می‌کند تا به پوست کراتینه دوزیستان برسد (Longcore et al., 1999).

پس از چسبیدن زئوسپور به سطح پوست میزبان، تاژک خود را از دست داده و به درون لایه اپیدرمی پوست نفوذ می‌کند، جایی که به اسپورانژیوم (ساختار تولیدمثلی غیرجنسی) تبدیل می‌شود. اسپورانژیوم در پوست جای‌گیر شده و با رشد خود، تعداد زیادی زئوسپور جدید تولید می‌کند. این زئوسپورها از طریق لوله ترش‌چی به بیرون آزاد می‌شوند و وارد آب شده و می‌توانند میزبانان جدید را آلوده کنند. این چرخه در دمای مطلوب ۱۷ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد به‌طور کامل طی ۴ تا ۵ روز انجام می‌شود (Berger et al., 2005; Piotrowski et al., 2004).

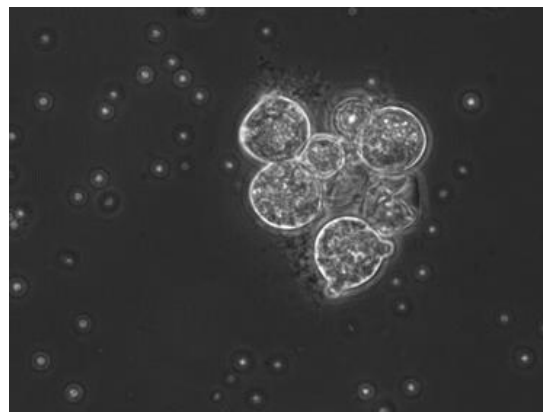
اثرات بیماری و پاتوژن

قارچ Bd برخلاف بسیاری از پاتوژن‌های دیگر، تنها به لایه‌های سطحی پوست دوزیستان حمله می‌کند. این حمله عمدتاً در نواحی شکم، اندام‌های عقبی، انگشتان پا و در لاروهای اطراف دهان (جایی که پوست کراتینه شده است) رخ می‌دهد. با آن‌که عفونت به لایه‌های سطحی محدود می‌ماند، اما عملکرد حیاتی پوست مانند جذب آب، تنظیم اسمزی و تنفس را مختل می‌کند. در نتیجه، حیوان دچار عدم تعادل الکترولیتی، دهیدراسیون شدید و ایست قلبی می‌شود (Voyles et al., 2009) (شکل ۲).

عفونت معمولاً به شکل کلونی‌های متعدد اسپورانژیوم در پوست دیده می‌شود و شدت بیماری می‌تواند بسته به گونه میزبان، دما، و میزان قرارگیری در معرض قارچ متفاوت باشد. حتی دوز بسیار پایینی از زئوسپورها (در حد ده‌ها عدد)

همچنین لازم به ذکر است که همه گونه‌های دوزیستان در برابر Bd حساس نیستند؛ برخی گونه‌ها مانند قورباغه گاو نر آمریکایی به‌عنوان ناقلان بدون آسیب شناخته می‌شوند که خود به انتقال عامل بیماری به سایر گونه‌ها کمک می‌کنند (Briggs et al., 2010; Fisher & Bosch, 2013). این موضوع باعث شده تا chytridiomycosis تأثیر منفی عمیقی بر تنوع زیستی دوزیستان داشته باشد و اکوسیستم‌ها را دچار اختلال کند.

گروه‌های پژوهشی نشان داده‌اند که Bd در دمای خنک (حدود ۱۷-۲۵ درجه سانتی‌گراد) رشد بهینه دارد (Piotrowski et al., 2004). این ویژگی دمایی عامل کلیدی در گسترش بیماری و همچنین از راهکارهای مقابله با آن است. این بیماری عامل کاهش بیش از ۵۰۰ گونه دوزیست و انقراض حداقل ۹۰ گونه شده‌است (Skerratt et al., 2007) (شکل ۱).



شکل ۱- میکروگرافی (تصویر میکروسکوپی) از قارچ کیتريد (*Batrachochytrium dendrobatidis*) نشان می‌دهد که این پاتوژن قارچی می‌تواند از طریق پوست، گونه‌های دوزیست را آلوده کرده و باعث مرگ آن‌ها شود (Yahoo News, 2024).

چرخه زندگی *Batrachochytrium dendrobatidis*

قارچ کیتريدی Bd عامل اصلی بیماری کشنده دوزیستان موسوم به کیتريدیومیکوز است که باعث نابودی گسترده جمعیت قورباغه‌ها و سایر دوزیستان در سراسر جهان شده است. این قارچ دارای چرخه زندگی ساده‌ای است که شامل

¹ Zoospore

² Sporangium

نیز می‌تواند موجب عفونت کشنده در گونه‌های حساس شود. با آزمایش‌هایی که بر پایه فرضیه‌های Koch انجام شده، بیماری‌زایی قارچ به‌طور قطعی تأیید شده است (Berger et al., 2005; Voyles et al., 2009).



شکل ۲- علائم مرحله نهایی بیماری کیتریدیومیکوز

(chytridiomycosis) شامل نیمه‌باز بودن چشم‌ها، وضعیت عمومی افسرده و بی‌حال در قورباغه، و نیز تجمع پوست‌های جدا شده (که به شکل هلالی خاکستری در قسمت عقبی قورباغه قابل مشاهده است) می‌باشد. این نشانه‌ها از جمله مشخصه‌های بالینی رایج در دوزیستان آلوده به قارچ کیتریدی هستند که در مراحل پایانی بیماری مشاهده می‌شوند (Department of Climate Change, Energy, the Environment and Water, 2024).

مواد و روش‌ها

این مطالعه با رویکرد کتابخانه‌ای و مرور تحلیلی منابع علمی انجام شده است. هدف از این بخش، گردآوری و بررسی نظام‌مند اطلاعات موجود پیرامون اثربخشی روش گرمایی موسوم به «سونای قورباغه» در کنترل بیماری chytridiomycosis ناشی از قارچ *Batrachochytrium* (Bd) در دوزیستان است. در این راستا، تلاش شد با استفاده از پایگاه‌های علمی معتبر، به جامع‌ترین اطلاعات دسترسی حاصل شود.

نتایج

یکی از روش‌های غیرشیمیایی برای کنترل این بیماری استفاده از افزایش دمای کنترل‌شده تحت عنوان «سونای قورباغه» است. قارچ Bd، برخلاف میزبان خود، حساسیت

بسیار بالایی به تغییرات دمایی دارد و قادر به رشد و تکثیر مؤثر در دماهای بالاتر از ۲۸-۳۰ درجه سانتی‌گراد نیست (Piotrowski et al., 2004). این حساسیت حرارتی ناشی از ساختار پروتئینی و آنزیمی خاص این قارچ است که در دماهای بالا دچار دناتوره شدن شده و فعالیت متابولیکی آن کاهش می‌یابد (Voyles et al., 2009).

در روش «سونای قورباغه»، قورباغه‌ها در محیط‌های آزمایشگاهی یا کنترل‌شده در دماهای بین ۳۰ تا ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت کوتاه (معمولاً چند ساعت در چند روز متوالی) قرار می‌گیرند. این دما باعث مهار رشد قارچ می‌شود و به مرور بار قارچی روی پوست کاهش می‌یابد. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که مدت زمان و شدت دمایی باید به‌گونه‌ای تنظیم شود که قورباغه دچار استرس حرارتی نشود؛ چرا که دماهای بالاتر و طولانی‌تر ممکن است منجر به آسیب بافتی، تغییر در متابولیسم و کاهش ایمنی میزبان شود (Rollins-Smith, 2009).

همچنین اثرات مثبت این روش به دلیل تأثیر بر سیستم ایمنی قورباغه‌ها است؛ قرار گرفتن در دمای بالا می‌تواند پاسخ‌های ایمنی ذاتی و اکتسابی میزبان را تحریک کرده و تولید پپتیدهای ضد میکروبی (AMPs)^۳ را افزایش دهد که این پپتیدها نقش مهمی در مقابله با Bd دارند (Conlon, 2011).

مطالعات آزمایشگاهی و میدانی نشان داده‌اند که ترکیب روش «سونای قورباغه» با مدیریت محیط‌زیستی، مانند کنترل کیفیت آب، کاهش استرس‌های زیستی (مثل کاهش آلودگی، بهبود شرایط زیستگاه) و کاربرد درمان‌های موضعی ضدقارچ (مثلاً محلول‌های مدیرفان یا ایزوپروپیل الکل رقیق شده) می‌تواند به‌طور مؤثرتری باعث کاهش شیوع و شدت بیماری شود (Voyles et al., 2011; Woodhams et al., 2009).

³ Antimicrobial Peptides



شکل ۳- گلخانه‌های سبز رنگ تحت عنوان سونای قورباغه
(Natural History Museum, 2024)

منبع گرما نقش کلیدی دارد. می‌توان از پد گرمایی با ترموستات دیجیتال دقیق استفاده کرد. اگر از لامپ حرارتی (مانند لامپ سرامیکی مادون قرمز) استفاده می‌شود، باید در فاصله مناسب از قورباغه نصب شود و دمای داخل محفظه با دماسنج دیجیتال با پراب خارجی دائماً پایش شود. دمای مطلوب ۳۰ تا ۳۲ درجه سانتی‌گراد است؛ دمای بالاتر از ۳۵ درجه برای بسیاری از گونه‌ها خطرناک است (Piotrowski et al., 2004; Woodhams et al., 2011).

برای حفظ رطوبت، یک ظرف آب گرم کوچک داخل محفظه گذاشته می‌شود یا می‌توان از دستگاه رطوبت‌ساز فراصوتی (ultrasonic humidifier) استفاده کرد. رطوبت باید بین ۷۰ تا ۹۰ درصد نگه داشته شود؛ چرا که رطوبت کم می‌تواند باعث دهیدراتاسیون پوست حساس قورباغه شود.

قورباغه‌ها به صورت انفرادی وارد محفظه شده و به مدت ۶ تا ۱۰ ساعت در روز برای ۵ تا ۱۰ روز متوالی در معرض دما قرار می‌گیرند (Woodhams et al., 2011). پس از هر جلسه، حیوان باید به محفظه بازیابی (Recovery Box) در دمای طبیعی منتقل شود. تمامی وسایل پس از

با این حال، استفاده از این روش در زیستگاه‌های طبیعی محدودیت‌هایی دارد؛ زیرا تغییر دمای محیط طبیعی اغلب امکان‌پذیر نیست یا ممکن است به اکوسیستم آسیب بزند. بنابراین، «سونای قورباغه» بیشتر در مراکز نگهداری، باغ‌وحش‌ها و پروژه‌های حفاظت تحت کنترل انسانی به عنوان روش مکمل درمانی و پیشگیری به کار می‌رود (Fisher et al., 2009).

در نهایت، بهینه‌سازی پارامترهای دمایی (دمای دقیق، مدت زمان قرارگیری و دوره تکرار درمان) برای هر گونه قورباغه و شرایط زیستی خاص آن، یکی از موضوعات مهم تحقیقات جاری است تا بتوان حداکثر اثر ضدقارچی را بدون آسیب رساندن به میزبان به دست آورد (Woodhams et al., 2011).

چگونه سونا قورباغه بسازیم؟

روش «سونای قورباغه» (Frog Sauna) مبتنی بر ایجاد محیطی با دمای بالا و رطوبت کنترل شده است که برای قارچ *Batrachochytrium dendrobatidis* (Bd) غیرقابل تحمل باشد، در حالی که برای دوزیست میزبان (مانند قورباغه) ایمن و قابل تحمل باقی بماند. این روش به‌ویژه در مراکز پرورشی، کلینیک‌های دامپزشکی، و پروژه‌های حفاظتی قابل اجراست.

برای ساخت یک سونای قورباغه ایمن، ابتدا به یک محفظه شفاف نیاز است (ترجیحاً از جنس پلاستیک پلی‌کربنات یا شیشه) که امکان مشاهده، تهویه، و کنترل دما و رطوبت را فراهم کند. در کف محفظه باید سطحی جاذب (مثل دستمال کاغذی استریل یا حوله نرم) قرار گیرد تا از لغزش حیوان جلوگیری کرده و فضولات را جذب کند (شکل ۳).

بحث و نتیجه گیری

دانشمندان با استفاده از آجرهای تراش خورده رنگ شده در داخل گلخانه‌ها، پناهگاهی برای حیوانات ایجاد کردند که آن‌ها را "سونای قورباغه" می‌نامند. آن‌ها دریافتند که قورباغه‌های زنگوله‌ای سبز و طلایی استرالیایی در حال انقراض می‌توانند عفونت‌های قارچ کشنده *Batrachochytrium dendrobatidis* را در شرایط گرمتر گلخانه‌ها از خود بزایند و این درحالی است که در غیر این صورت در اثر این عفونت قارچی می‌مردند. بسیاری از قورباغه‌هایی که در پناهگاه‌ها بهبود یافتند در مقابل عفونت مقاوم بودند. درحالی که این روش قبلاً برای سایر گونه‌های قورباغه ناموفق بود، محققان دریافتند که قورباغه زنگوله‌ای سبز و طلایی که زمانی حضورش در جنوب شرقی استرالیا رایج بود به‌خوبی به درمان پاسخ داد؛ کشفی که امیدی برای بقای آن‌ها در آینده ایجاد کرد. محققان اذعان داشتند که این دوزیستان کمیاب پس از آزمایش دقیق انتخاب شدند که مشخص شد آجرها را به‌عنوان زیستگاه ترجیح می‌دهند. با آنکه محققان هنوز به‌طور دقیق دلیل آن را نمی‌دانند اما مشخص شد قرار دادن قورباغه‌های آلوده در معرض گرمای ۹۰ درجه فارنهایت (۳۲ درجه سانتیگراد) به آن‌ها کمک کرده‌است تا عفونت را از بین ببرند و در برابر قرار گرفتن در معرض آن در آینده مقاومت کنند.

هر نوبت باید با محلول ضد عفونی کننده (مثل ویرکن یا سفیدکننده ۱۰٪) تمیز شوند.

نظارت رفتاری بر قورباغه (مانند حالت بدنی، رنگ پوست، فعالیت حرکتی) حین فرآیند الزامی است؛ نشانه‌هایی چون تنفس سریع، بی‌حرکتی، یا برگشتن روی پشت، نشان‌دهنده استرس حرارتی یا شوک هستند که باید فوراً درمان قطع شود (Rollins-Smith, 2009).

در طراحی‌های میدانی و ساده‌شده از «سونای قورباغه»، استفاده از آجرهای سفالی سوراخ‌دار (hollow bricks) به‌عنوان یکی از اجزای مؤثر مورد توجه محققان قرار گرفته است. این آجرها که معمولاً از خاک رس ساخته می‌شوند، توانایی بالایی در جذب و ذخیره گرمای خورشیدی دارند و به مرور زمان آن را به محیط پیرامون بازمی‌گردانند (Scheele et al., 2014) (شکل ۴).



شکل ۴- آجرهای سفالی سیاه رنگ سوراخ‌دار به‌عنوان پناهگاه برای قورباغه‌ها (Bowring, 2024)

منابع

Berger, L., Speare, R., Daszak, P., Green, D. E., Cunningham, A. A., Goggin, C. L., Slocombe, R., Ragan, M. A., Hyatt, A. D., McDonald, K. R., Hines, H. B., Lips, K. R., Marantelli, G., & Parkes, H. (2005). Life cycle stages of the amphibian chytrid fungus *Batrachochytrium dendrobatidis*. *Diseases of Aquatic Organisms*, 68(1), 51–63. <https://doi.org/10.3354/dao068051>

Berger, L., Speare, R., Daszak, P., Green, D. E., Cunningham, A. A., Goggin, C. L., Slocombe, R., Ragan, M. A., Hyatt, A. D., McDonald, K. R., Hines, H. B., Lips, K. R., Marantelli, G., & Parkes,

ABC News (2024). Frog saunas at Sydney Olympic Park fight chytrid fungus. <https://www.abc.net.au/news/2024-07-27/frog-saunas-at-sydney-olympic-park-fight-chytrid-fungus/104065452>

Australian Geographic (2024). Frog saunas fight deadly fungal disease. <https://www.australiangeographic.com.au/topics/wildlife/2024/07/frog>

<https://doi.org/10.1146/annurev.micro.091208.073435>

Gleason, F. H., Chambouvet, A., Sullivan, B. K., Lilje, O., & Rowley, J. J. (2014). Multiple zoosporic parasites pose a significant threat to amphibian populations. *Fungal Ecology*, 11, 181-192. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2014.04.001>

Longcore, J.E., Pessier, A.P., Nichols, D.K. (1999). *Batrachochytrium dendrobatidis* gen. et sp. nov., a chytrid pathogenic to amphibians. *Mycologia*, 91(2), 219-227. <https://doi.org/10.2307/3761366>

Martel, A., Blooi, M., Adriaensen, C., Van Rooij, P., Beukema, W., Fisher, M. C., Woeltjes, T., Bosman, W., Chiers, K., Bossuyt, F., & Pasmans, F. (2014). Recent introduction of a chytrid fungus endangers Western Palearctic salamanders. *Science*, 346(6209), 630-631. <https://doi.org/10.1126/science.1258268>

National Geographic (2024). Frogs' saunas could help endangered species beat deadly fungus. <https://www.nationalgeographic.com/animals/article/frogs-saunas-fungus-amphibians-deadly>

Natural History Museum. (2024, June). *Frog saunas could help species battle deadly disease*. Retrieved from <https://www.nhm.ac.uk/discover/news/2024/june/frog-saunas-could-help-species-battle-deadly-disease.html>

O'Hanlon, S. J., Rieux, A., Farrer, R. A., Rosa, G. M., Waldman, B., Bataille, A., Kosch, T. A., Murray, K. A., Brankovics, B., Fumagalli, M., Martin, M. D., Wales, N., Alvarado-Rybak, M., Bates, K. A., Berger, L., Böll, S., Brookes, L., Clare, F., Courtois, E. A., ... Fisher, M. C. (2018). Recent Asian origin of chytrid fungi causing global amphibian declines. *Science*, 360(6389), 621-627. <https://doi.org/10.1126/science.aar1965>

Pereira, P. L., Torres, A. M., Soares, D. F., Hijosa-Valsero, M., & Becares, E. (2013). Chytridiomycosis: a global threat to amphibians. *Rev Sci Tech*, 32(3), 857-67. <https://doi.org/10.20506/rst.32.3.2243>

Piotrowski, J.S., Annis, S.L., Longcore, J.E. (2004). Physiology of *Batrachochytrium dendrobatidis*, a chytrid pathogen of amphibians.

H. (1998). Chytridiomycosis causes amphibian mortality associated with population declines in the rain forests of Australia and Central America. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 95(15), 9031-9036. <https://doi.org/10.1073/pnas.95.15.9031>

Bowring, D. (2024, July 27). *Frog saunas in old Sydney brickpit lead fight against killer fungus*. ABC News. Retrieved from <https://www.abc.net.au/news/2024-07-27/frog-saunas-at-sydney-olympic-park-fight-chytrid-fungus/104065452>

Briggs, C. J., Knapp, R. A., & Vredenburg, V. T. (2010). Investigating the population-level effects of chytridiomycosis: An emerging infectious disease of amphibians. *Ecology Letters*, 13(7), 819-829. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2010.01462.x>

Conlon, J. M. (2011). Structural diversity and species distribution of host-defense peptides in frog skin secretions. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 68(13), 2303-2315. <https://doi.org/10.1007/s00018-011-0679-0>

Department of Climate Change, Energy, the Environment and Water. (2024). *Chytrid amphibian fungus (chytridiomycosis)*. Australian Government. <https://www.dcceew.gov.au/environment/invasive-species/diseases-fungi-and-parasites/chytrid-amphibian-fungus-chytridiomycosis>

Fisher, M. C., Garner, T. W. J., & Walker, S. F. (2009). Global emergence of *Batrachochytrium dendrobatidis* and amphibian chytridiomycosis in space, time, and host. *Annual Review of Microbiology*, 63, 291-310. <https://doi.org/10.1146/annurev.micro.091208.073435>

Fisher, M.C., Bosch, J. (2013). Ecology and conservation of amphibians affected by chytridiomycosis. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 367(1587), 1688-1701. <https://doi.org/10.1098/rstb.2011.0388>

Fisher, M.C., Garner, T.W.J., Walker, S.F. (2009). Global emergence of *Batrachochytrium dendrobatidis* and amphibian chytridiomycosis in space, time, and host. *Annual Review of Microbiology*, 63, 291-310.

Woodhams, D. C., Alford, R. A., & Marantelli, G. (2011). Emerging disease of amphibians cured by elevated body temperature. *Diseases of Aquatic Organisms*, 92(2), 95–102. <https://doi.org/10.3354/dao02262>

Yahoo News. (2024, July). *DIY brick sauna helping frogs fight deadly fungal disease*. Retrieved from: <https://ca.news.yahoo.com/diy-brick-sauna-helping-frogs-150000473.html>

Mycologia, 96(1), 9–15. <https://doi.org/10.2307/3761897>

Rollins-Smith, L. A. (2009). The role of antimicrobial peptides in amphibian defenses against pathogens. *Developmental & Comparative Immunology*, 33(9), 1138–1145. <https://doi.org/10.1016/j.dci.2009.05.002>

Scheele, B. C., Hunter, D. A., Banks, S. C., & Skerratt, L. F. (2014). Microhabitat selection and thermal refuge use by an endangered amphibian. *Biological Conservation*, 180, 64–71. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.09.020>

Scheele, B. C., Pasmans, F., Skerratt, L. F., Berger, L., Martel, A., Beukema, W., Acevedo, A. A., Burrowes, P. A., Carvalho, T., Catenazzi, A., De la Riva, I., Fisher, M. C., Flechas, S. V., Foster, C. N., Frías-Álvarez, P., Garner, T. W. J., Gratwicke, B., Guayasamin, J. M., Hirschfeld, M., ... Canessa, S. (2019). Amphibian fungal panzootic causes catastrophic and ongoing loss of biodiversity. *Science*, 363(6434), 1459–1463. <https://doi.org/10.1126/science.aav0379>

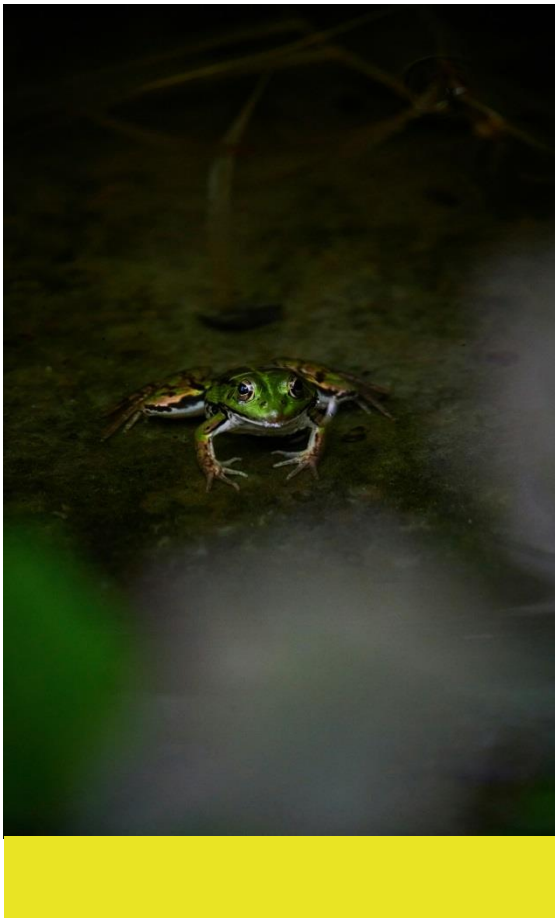
Skerratt, L. F., Berger, L., Speare, R., Cashins, S., McDonald, K. R., Phillott, A. D., Hines, H. B., & Kenyon, N. (2007). Spread of chytridiomycosis has caused the rapid global decline and extinction of frogs. *EcoHealth*, 4(2), 125–134. <https://doi.org/10.1007/s10393-007-0093-5>

Sun, D., Herath, J., Zhou, S., Ellepola, G., & Meegaskumbura, M. (2023). Associations of *Batrachochytrium dendrobatidis* with skin bacteria and fungi on Asian amphibian hosts. *ISME Communications*, 3(1), 123. <https://doi.org/10.1038/s43705-023-00262-1>

The Guardian (2024). Frog saunas in Australia research treatment deadly fungal disease. <https://www.theguardian.com/environment/article/2024/jul/11/frog-saunas-australia-research-treatment-deadly-fungal-disease-aoe>

Voyles, J., Young, S., Berger, L., Campbell, C., Voyles, W. F., Dinudom, A., Cook, D., Webb, R., Alford, R. A., Skerratt, L. F., & Speare, R. (2009). Pathogenesis of chytridiomycosis, a cause of catastrophic amphibian declines. *Science*, 326(5952), 582–585. <https://doi.org/10.1126/science.1176765>

September 2023, Photographer: Stefan Schwinghammer





Frog Sauna: The Key to Survival from a Deadly Fungal Infection

Shervin Maghsoudlou

Master's student, Department of Natural Environment, Faculty of Natural Resources, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
 Author E-mail: shervin.maghsoud@ut.ac.ir

Abstract

In recent years, scientists and environmentalists have made great efforts to protect amphibians and reduce their extinction rate. The pathogenic agent *Chytrid* is one of the most significant threats to amphibian species and has so far led to 90 of them falling into the vortex of extinction. *Chytrid* is an abbreviation for *chytridiomycosis*, a deadly disease that can cause lethargy in amphibians and stop them from eating. The results of recent studies and research indicate that a new method called “frog sauna” has been investigated in controlling this disease and creating immunity in individuals, and has shown positive results. In the frog sauna treatment method, infected individuals overcome the disease by increasing the environmental temperature, and over time they also develop stronger immunity and resistance to infection-causing agents. By placing the green and golden bell frog (*Litoria aurea*) in an environment equipped with sun-heated brick blocks, which are in fact small greenhouses, they gain the ability to recover from Chytrid, making them more resistant to the disease in the future. Scientists have now shown that small plastic-covered shelters can help frogs get warm enough to kill the fungus, thus controlling and eliminating the extinction threat in many amphibian species.

Keywords: Bell frog, fungus, Chytrid, greenhouse

Maghsoudlou, S. (2025). Frog Sauna: The Key to Survival from a Deadly Fungal Infection. *Zist Sepehr Student Magazine*, 18(2), 24-32.



مروری بر خدمات اکوسیستمی مناطق ساحلی

نازنین ناصری^۱، افشین دانه کار^{۲*}

۱- دانشجوی دکتری، گروه محیط زیست طبیعی، دانشکده منابع طبیعی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

۲- استاد، گروه محیط زیست طبیعی، دانشکده منابع طبیعی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

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

چکیده

مناطق ساحلی که دارای ویژگی‌های دوگانه اکوسیستم‌های قاره‌ای و اقیانوسی هستند از جمله مناطق حیاتی هستند که در آن زمین، اقیانوس/دریا، رودخانه، جو و زیست‌مندان همگرا می‌شوند. این مناطق نقش اساسی در تنظیم آب‌وهوا، حفاظت از تنوع زیستی، حفظ تعادل اکوسیستم و ترویج توسعه اجتماعی-اقتصادی پایدار در سطح منطقه‌ای ایفا می‌کنند. مناطق ساحلی خدمات متنوعی از تأمین غذا، تفریح و گردشگری تا تولیدات تنوع زیستی برای انسان به ارمغان می‌آورند. در این میان اکثر اکوسیستم‌های ساحلی از جمله آبسنگ‌های مرجانی و مانگروها موقعیت منحصربه‌فردی برای آموزش و پژوهش فراهم می‌کنند. در این مطالعه به مرور انواع خدمات اکوسیستمی در اکوسیستم‌های ساحلی با بهره‌گیری از پژوهش‌های گوناگون پرداخته شده‌است. از آنجایی که این اکوسیستم‌های ارزشمند خدمات گوناگونی را به ارمغان می‌آورند، مستلزم ارزش‌گذاری اقتصادی هر کدام از خدمات‌ها در اکوسیستم‌های مختلف ساحلی هستند تا با آگاهی از ارزش پولی آن‌ها، برای حفاظت و حراست این اکوسیستم‌ها اقدامات شایسته‌ای صورت بگیرد و در برنامه‌های مدیریتی اکوسیستم‌های ساحلی با بهره‌گیری از میزان ارزش پولی آن‌ها نسبت به حفظ و جبران خسارت در زمان آسیب به این اکوسیستم‌ها کمک کند.

کلیدواژه‌ها: مانگروها، آبسنگ‌های مرجانی، بسترهای علف دریایی، علفزارهای تالابی شور، تل‌ماسه‌های ساحلی

مقدمه

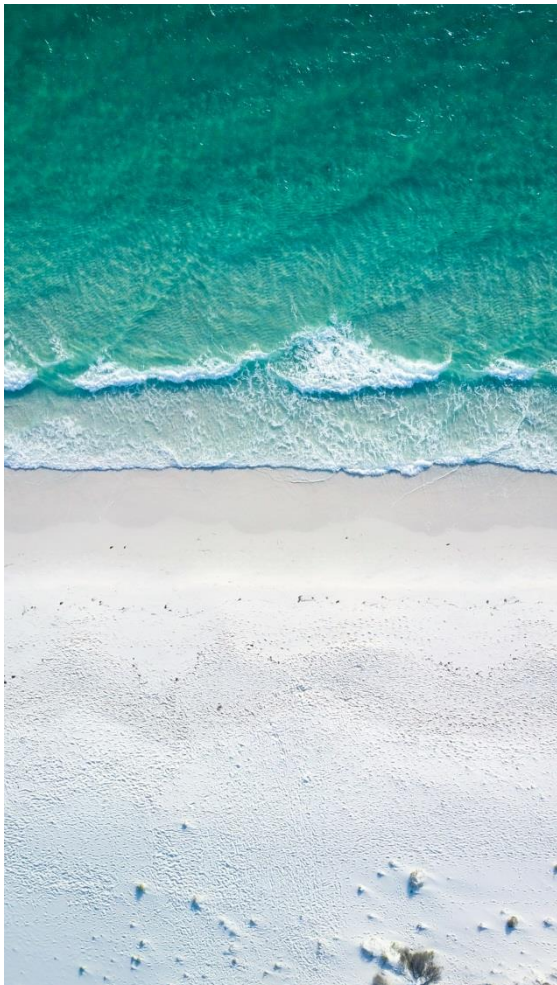
منطقه ساحلی نشان‌دهنده یک قلمرو فضایی است که در آن محیط‌های خشکی و دریایی با هم مرتبط شده و برهم-کنش بین آن‌ها باعث ایجاد اکوسیستم‌های متمایز از خشکی و دریا می‌شود (Veidemann et al., 2024). در این مناطق اکوسیستم‌های دریایی و خشکی، فعالیت‌های اجتماعی-اقتصادی و فرآیندهای ساحلی بیش‌ترین و فشرده‌ترین تعامل را دارند (Temmerman et al., 2013). مناطق ساحلی تنها ۱۰ درصد از مساحت زمین را تشکیل می‌دهند، درحالی‌که بیش از ۶۰ درصد از جمعیت جهان را در خود جای داده‌اند (Thia-Eng, 1993).

برای قرن‌ها مردم در مناطق ساحلی زندگی می‌کنند و از خدمات اکوسیستمی^۱ (ES) که این مناطق ارائه می‌دهند، بهره‌مند شده‌اند. این مناطق به‌دلیل دسترسی به منابع، به‌ویژه عرضه فراوان منابع معیشتی و فعالیت‌های تفریحی و فرهنگی همیشه محبوب بوده‌اند (Mehvar et al., 2018). غنای اکولوژیک زیاد این اکوسیستم‌ها با فراهم کردن طیف وسیعی از خدمات اکوسیستمی از جمله خدمات فراهمی (مانند غذا، انرژی و آب)، خدمات تنظیمی (مانند تنظیم آب‌وهوا و تصفیه آب)، خدمات فرهنگی (تفریحی، زیبایی شناختی و آموزشی) و خدمات حمایتی (مانند تشکیل خاک، چرخه مواد مغذی و تولید اولیه) از فعالیت‌های انسانی پشتیبانی کرده‌اند (Solé Figueras et al., 2024).

خدمات اکوسیستم به فواید و اثراتی اشاره دارد که اکوسیستم‌ها برای تضمین بقا و کیفیت زندگی انسان فراهم می‌آورند (Li et al., 2021). خدمات اکوسیستمی ضمن تأمین منابع و خدمات حیاتی برای انسان‌ها زمینه لازم برای بقا و توسعه سایر موجودات روی زمین را نیز فراهم می‌کنند (Costanza et al., 1998).

در شناسایی خدمات اکوسیستمی ارائه شده توسط محیط‌های طبیعی، بهره‌گیری از تعریف گسترده ارزیابی اکوسیستم هزاره به‌عنوان "مزایایی که مردم از اکوسیستم-ها به‌دست می‌آورند" یک رویه رایج است (Wallace, 2007). در جدول ۱ دسته‌بندی خدمات اکوسیستم و نمونه‌هایی از خدمات مرتبط با آن براساس ارزیابی اکوسیستم هزاره ارائه شده‌است (Everard, 2013). برخی از خدمات ذکر شده در این جدول اساساً به‌عنوان یک خدمت محسوب نمی‌شوند و فرآیندهایی مانند گرده افشانی، تنظیم آب و تشکیل خاک ابزاری برای دستیابی به خدمات هستند که معمولاً خدمات واسطه‌ای خوانده می‌شوند (Wallace, 2007).

December 2018, Photographer: Harry Holder



¹. Ecosystem Services

جدول ۱- دسته‌بندی خدمات اکوسیستمی مناطق ساحلی براساس ارزیابی اکوسیستم هزاره (Liquete et al., 2013; Sousa et al., 2016)

گروه خدمت	نوع خدمت
خدمات فراهمی	تأمین چوب، تأمین مواد سلولزی، تهیه میوه خوراکی، تهیه گیاهان خوراکی، برداشت عسل وحشی، تأمین سرشاخه برای تعلیف، تأمین علوفه از بوته‌ها و گیاهان علفی، تأمین مواد دارویی و درمانی، تهیه هیزم و مواد گیاهی قابل اشتعال، تولید ذغال، تأمین منابع ژنتیکی گیاهی و جانوری، صید ماهی و برداشت بی‌مهرگان خوراکی، صید پرندگان و شکار پستانداران، برداشت آب برای کشاورزی و شرب، برداشت گیاه برای تولیدات محلی، برداشت جانوران و پوسته‌های صدفی زینتی، برداشت خاک یا رسوب، برداشت رسوبات نمکی، تأمین انرژی تجدیدپذیر، پرورش آبزیان و تولید فراورده‌های شیلاتی، پرورش زنبور و تولید فراورده‌های آن، پرورش نرم‌تنان و فراورده‌های آن، برداشت مروارید، ترابری آبی و دریایی، تأمین جان‌پناه یا منابع و محل سکونت
خدمات تنظیمی	تنظیم جریان‌های آبی، تنظیم گازهای تنفسی، تثبیت کربن مازاد جو، تنظیم کیفیت هوا، تنظیم فرسایش غیرطبیعی، تنظیم رسوب‌گذاری غیرطبیعی، تنظیم آب‌گرفتگی تهدیدآمیز، تنظیم کیفیت آب، تثبیت کرانه، تنظیم اقلیم آسایش انسان، تنظیم گرده‌افشانی مورد نیاز انسان
خدمات حمایتی	حمایت از چرخه آب، تولید آب، حمایت از چرخه گازها، متعادل‌سازی گازهای اتمسفری، تولید گازهای اتمسفری، حمایت از شکل و ثبات ساحل، تولید اولیه و ثانویه، تولید زیتوده، حمایت از شبکه غذایی، حمایت گونه‌ها، حمایت زیستگاه، نوع ژنتیکی و غنای گونه‌ای
خدمات فرهنگی	پشتیبانی از تنوع و غنا فرهنگ‌ها، نگهداری از میراث تاریخی و فرهنگی، تأمین مکانی برای برپایی مراسم آئینی، تأمین مکانی برای عبادت و نیایش، تأمین مکانی برای تعاملات و ارتباطات اجتماعی، تأمین مکانی برای تعاملات و ارتباطات اقتصادی، تأمین مکانی برای فراغت و تفرج، تأمین مکانی برای ورزش‌های ساحلی-دریایی، تأمین مکانی برای آموزش با/در/درباره ساحل، تأمین مکانی برای پژوهش با/در/درباره ساحل، پشتیبانی از دانش سنتی، تولیدات و هنر بومی، تأمین مکانی برای کسب حس مکان، تأمین مکانی برای الهام‌بخشی و ایده‌پردازی، ادراک اطلاعات و ارتباطات ارکان ساحل، تأمین مکان تبادل انرژی و ارتقا آرامش در طبیعت

انواع اکوسیستم‌های ساحلی و خدمات مختلف آن‌ها

با توجه به ماهیت چندبعدی مناطق ساحلی، اکوسیستم‌های موجود در آن، ویژگی‌ها و کیفیت‌های متنوع و خاصی را نشان می‌دهند که منجر به ارائه خدمات مختلف می‌شود (Sathirathai & Barbier, 2001).

اکوسیستم‌های آب‌سنگ مرجانی

آب‌سنگ‌های مرجانی^۲ از نظر ساختاری زیستگاه‌های آهکی پیچیده‌ای هستند که در آب‌های کم‌عمق ساحلی مناطق گرمسیر تا نیمه‌گرمسیر شکل می‌گیرند. این ساختارهای صخره‌مانند می‌توانند در نزدیکی خشکی و آب‌های کرانه‌ای یا آب‌های اقیانوسی فراکرانه‌ای تشکیل شوند و صدها

کیلومتر در محیط‌های کم‌عمق دور از سواحل گسترش یابند. این اکوسیستم توسط پولیپ‌های کیسه‌تن کم‌تحرک در همزیستی با جاندارانی فتوسنتزکننده که زوگزانتله^۳ نامیده و سبب ترشح کربنات کلسیم می‌شود، ایجاد می‌شوند (Pandolfi, 2002). بنابراین، اکثر ساختار صخره‌های مرجانی از اسکلت مرجان مرده بوده که در طول هزاران سال تشکیل شده و توسط لایه‌ای نازک از بافت مرجانی زنده پوشیده شده‌است که به آرامی سنگ آهک جدید را ایجاد می‌کند. علاوه بر این، جلبک‌های همزیست مرجان‌ها نقش مهمی در تثبیت و ایجاد پیوستگی در ساختار آب‌سنگ های مرجانی ایفا می‌کنند. ترکیب جامعه صخره‌های مرجانی به عوامل جهانی، منطقه‌ای و محلی بستگی دارد، که با هم تعامل دارند تا طیف گسترده‌ای از آب‌سنگ‌های مرجانی موجود روی زمین را ایجاد کنند (Hughes et al.,

³. Zooxanthellae

². Coral reefs

گردشگری و تفریحی حمایت می‌کنند. علاوه بر گردشگری و تفریح، جزایر مرجانی همچنین خدمات قابل توجهی را از طریق فرصت‌های تحقیقاتی برای دانشمندان فراهم می‌کنند، کاری که برای علوم پایه و تصمیمات مرتبط به آن ضروری است (Greenstein & Pandolfi, 2008).

جدول ۲ - خدمات اکوسیستمی آبسنگ های مرجانی
(Barbier et al., 2011)

خدمات اکوسیستمی	عملکردها و فرآیندهای اکوسیستمی
مواد اولیه	ایجاد بهره‌وری و تنوع بیولوژیک
حفاظت از سواحل	تضعیف امواج و حفظ و تثبیت رسوبات یا رسوب‌گذاری
پشتیبانی از شیلات	ایجاد زیستگاه تولیدمثل، فراهم کردن شرایط پناه
چرخه مواد مغذی	فراهم کردن فعالیت‌های بیوژئوشیمیایی، رسوب‌گذاری، بهره‌وری بیولوژیک
گردشگری، آموزش و پژوهش	جنبه‌های زیباشناختی، فراهم کردن زیستگاه منحصر به فرد و مناسب برای جانوران و گیاهان متنوع

بسترهای علف دریایی

علف‌های دریایی^۵ گیاهانی گلدار هستند که در زیستگاه‌های کم‌عمق دریایی، مصب رودخانه و در بسترهای نرم (ماسه متوسط تا ریز) و در اعماقی که ۱۱ درصد نور سطح به پایین می‌رسد، می‌رویند (Duarte, 2002). علف‌های دریایی شرایط محافظت شده از امواج را ترجیح می‌دهند؛ زیرا رسوبات تخریب شده توسط جریان‌ها و یا امواج منجر به بسترهای تکه‌تکه یا عدم حضور آن‌ها می‌شود (Larkum et al., 2006). بسترهای علف دریایی طیف وسیعی از خدمات اکوسیستمی، از جمله مواد خام و غذا، حفاظت از سواحل، کنترل فرسایش، تصفیه آب، حمایت از صیادی، ترسیب کربن، گردشگری، تفریح، آموزش و پژوهش را ارائه می‌دهند (Barbier et al., 2011). این خدمات در جدول ۳ دسته‌بندی شده است. حفاظت از

آبسنگ‌های مرجانی مطابق جدول ۲، خدمات اکوسیستمی فراوانی از جمله تأمین مواد خام یا ماده اولیه، حفاظت از کرانه، پشتیبانی شبکه غذایی مورد نیاز شیلات، چرخه مواد مغذی، گردشگری، تفریح، آموزش و پژوهش را به انسان ارائه می‌دهند (Barbier et al., 2011).

یکی از مهم‌ترین خدمات اکوسیستمی که توسط آبسنگ‌های مرجانی ارائه می‌شود، محافظت از خطوط ساحلی در برابر پدیده‌های حدی آب‌وهوایی است. بنابراین از جمعیت انسانی ساکن و فعال در نوار ساحلی، دارایی‌ها و فعالیت‌های اقتصادی حمایت می‌کنند. این خدمات مستقیماً با فرآیندها و عملکردهای تقلیل، تضعیف و از بین بردن امواج و تثبیت و حفظ خطوط ساحلی مرتبط است. با تغییر محیط فیزیکی (به عنوان مثال کاهش امواج و جریان‌ها)، مرجان‌ها می‌توانند محیط فیزیکی کل اکوسیستم‌ها را مهندسی کنند و امکان توسعه سایر اکوسیستم‌های ساحلی مانند بسترهای علف دریایی و رویشگاه‌های مانگرو^۴ را فراهم کنند که آن‌ها نیز به نوبه خود مجموعه خدمات مستقلی را ارائه می‌دهند (Barbier et al., 2011).

آبسنگ‌های مرجانی همچنین از طریق افزایش گونه‌هایی با نقش مهم اکولوژیک و اقتصادی، فراهم کردن پناهگاه و بستر زیست موجودات کوچک‌تر و منابع غذایی برای موجودات بزرگ‌تر در اعماق دریا و ستون آب (فضای پلاژیک) به حفظ منابع و فرآیندهای شیلات کمک می‌کنند. اکوسیستم‌های آبسنگ مرجانی این خدمات را بر پایه عملکرد و فرآیندهای چرخه مواد مغذی آلی و معدنی انجام می‌دهند. علیرغم وجود مقدار زیادی کربن غیرآلی در اسکلت سنگ آهک که ساختار آبسنگ را تشکیل می‌دهد، این صخره‌ها در واقع یکی از منبع خالص دی‌اکسید کربن اتمسفر محسوب می‌شوند (Hallock, 1997). با این حال، آبسنگ‌های مرجانی به طور قابل توجه به ذخیره کربنات کلسیم کمک کرده و از نظر اقتصادی از فعالیت‌های

^۵. Sea grasses

^۴. Mangrove

تولید اولیه و ثانویه بسیار بالا مشخص می‌شوند (Mitsch et al., 2015). مطابق جدول ۴ این اکوسیستم‌ها خدمات ارزشمندی از جمله مواد خام و مواد غذایی، حفاظت از کرانه، کنترل فرسایش، تصفیه آب، حمایت از آبریان شیلاتی، ترسیب کربن و گردشگری، آموزش و پژوهش را برای انسان به ارمغان می‌آورند (Barbier et al., 2011). همچنین با تقویت تولید گونه‌های مهم اقتصادی و اکولوژیک مانند میگو، صدف و ماهی به حفظ شیلات و روند ماهیگیری مردم محلی کمک می‌کند (MacKenzie & Dionne, 2008).

جدول ۴- خدمات اکوسیستمی علفزارهای تالابی شور ساحلی (Barbier et al., 2011)

خدمات اکوسیستمی	عملکردها و فرآیندهای اکوسیستم
مواد اولیه و مواد غذایی	ایجاد بهره‌وری و تنوع بیولوژیک
ترسیب کربن	تولید بیولوژیکی، فعالیت‌های بیوژئوشیمیایی
حفاظت از کرانه	تضعیف امواج
کنترل فرسایش	رسوب‌گذاری و حفظ بستر در ساختار ریشه گیاهان
تصفیه آب	جذب مواد مغذی و آلودگی، رسوب ذرات
حفظ و نگهداری از منابع شیلاتی	ایجاد زیستگاه تولیدمثلی، فراهم کردن آشیان
گردشگری، آموزش و پژوهش	ایجاد چشم‌انداز و مناظر زیبا و منحصر به فرد، فراهم کردن زیستگاه منحصر به فرد و مناسب برای جانوران و گیاهان متنوع

مانگروها

این اکوسیستم‌ها، جنگل‌هایی هستند که در نواحی جزرومدی شور در امتداد خلیج‌های کوچک ساحلی، مصب‌ها و شاخه‌های جزرومدی، جزایر رسوبی گلی و کرانه‌های ساحلی در پناه از امواج مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری جلب نظر می‌کنند. حدود ۷۰ گونه چوبی به عنوان "مانگرو" نام‌گذاری شده‌اند که اصطلاح مانگرو

ساحل و کنترل فرسایش اغلب به‌عنوان مهم‌ترین خدمات اکوسیستم علف‌های دریایی شناخته می‌شود. چرا که علف‌های دریایی می‌توانند امواج را تضعیف کرده و در نتیجه امواج کوچک‌تر به خط کرانه برسند (Barbier et al., 2008).

جدول ۳- خدمات اکوسیستمی بسترهای علف دریایی (Barbier et al., 2011)

خدمات اکوسیستمی	عملکردها و فرآیندهای اکوسیستم
مواد اولیه و مواد غذایی	ایجاد بهره‌وری و تنوع بیولوژیک
حفاظت از سواحل	تضعیف امواج، کاهش آب‌گرفتگی دریایی
کنترل فرسایش	رسوب‌گذاری و حفظ خاک در ساختار ریشه گیاهان
تصفیه آب	جذب مواد مغذی و آلودگی و رسوب ذرات
پشتیبانی از شیلات	ایجاد زیستگاه تولیدمثلی و فراهم کردن فضای سرپناه
ترسیب کربن	تولید بیولوژیکی، فعالیت‌های بیوژئوشیمیایی، رسوب‌گذاری
گردشگری، آموزش و پژوهش	ایجاد مناظر منحصر به فرد و زیبا، فراهم کردن زیستگاه مناسب برای گیاهان و جانوران متنوع

علفزارهای تالابی شور^۶

این دسته از اکوسیستم‌های کرانه‌ای، علفزارهای جزرومدی سازگار به شوری آب دریا هستند که در خطوط ساحلی معتدله تا گرمسیر که کمتر در معرض امواج هستند، مشاهده می‌شوند. علفزارهای شور گسترده، در پشت کولاب جزایر سدی^۷ و در کرانه‌های حفاظت‌شده از امواج، به‌ویژه در خلیج‌های کوچک ساحلی^۸، پناهگاه‌های ساحلی^۹ و مصب‌ها^{۱۰} گسترش می‌یابند. این اکوسیستم‌ها با پهنه‌بندی دریا به خشکی گیاهان شورزی و تنوع کم، اما

^۶. Salt marshes

^۷. Barrier islands

^۸. Bays

^۹. Coves

^{۱۰}. Estuaries

جدول ۵- خدمات اکوسیستمی مانگروها (Mehvar et al., 2018)

خدمات اکوسیستمی	عملکردها و فرآیندهای اکوسیستم
مواد اولیه و مواد غذایی	ایجاد بهره‌وری و تنوع بیولوژیک
حفاظت از سواحل	تضعیف امواج
کنترل فرسایش	رسوب‌گذاری و حفظ بستر در ساختار ریشه گیاهان
تصفیه آب	جذب موادمغذی و آلودگی، رسوب ذرات
حفظ و نگهداری از شیلات	ایجاد زیستگاه تولیدمثلی و زمین‌های پرورشی، فراهم کردن فضای سرپناه
ترسیب کربن	تولید بیولوژیک، فعالیت‌های بیوژئوشیمیایی، رسوب‌گذاری
گردشگری، آموزش و پژوهش	فراهم کردن زیستگاه منحصربه‌فرد و مناسب برای جانوران و گیاهان متنوع، ایجاد مناظر زیبا و منحصربه‌فرد

تل‌ماسه‌های ساحلی

تل‌ماسه‌های ساحلی^{۱۲} در حاشیه‌های مناطق ساحلی کم ارتفاع و در جایی تشکیل می‌شوند که رسوبات ماسه‌ای حمل شده توسط امواج اقیانوسی و باد با پوشش گیاهی ترکیب شده و ساختارهای ژئومورفیک پویا ایجاد می‌کند. دریاکنارهای شنی-ماسه‌ای، یک نوار انتقالی خشکی-دریایی را ایجاد می‌کنند که بسته به ورود شن و ماسه، در میزان تسلط بر ساحل در مقابل تپه‌های ماسه‌ای جایگاه و عملکرد متفاوتی دارند (Short & Hesp, 1982). این اکوسیستم‌ها به دلیل موقعیت منحصربه‌فرد خود، بین دریا و خشکی، خدمات مهمی مانند ماده خام، حفاظت از سواحل، کنترل فرسایش، تصفیه آب، حفظ حیات‌وحش، ترسیب کربن، گردشگری، آموزش و پژوهش را در اختیار انسان قرار داده‌اند. خدمات این اکوسیستم همراه با عملکردها و فرآیندهای مهم آن در جدول ۶ آمده است. دریاکنارهای شنی-ماسه‌ای و تل‌ماسه‌های ساحلی مواد خام را به شکل شن و ماسه فراهم می‌کنند که برای مصارف متعدد از جمله

بیانگر یک جامعه زیستی و منابع فیزیکی رویشگاه است که درختان و درختچه‌های مانگرو اجتماع غالب (مانگال^{۱۱}) اکوسیستم و سیمای اصلی آن را تشکیل می‌دهد (Ellison, 2002). جنگل‌های مانگرو نقش حیاتی در حفظ تعادل اکولوژیک مناطق ساحلی دارند (Wang et al., 2024). این رویشگاه‌های گرمسیری، از با ارزش‌ترین و مولدترین اکوسیستم‌های روی زمین محسوب می‌شوند (Myint et al., 2008).

خدمات اکوسیستمی مانگروها در جدول ۵ به نمایش گذاشته شده است. خدمات مختلفی از جمله مواد خام و مواد غذایی، حفاظت از سواحل، کنترل فرسایش، تصفیه آب، حفظ منابع شیلاتی، ترسیب کربن، گردشگری، آموزش و پژوهش ارائه می‌دهند. برای بسیاری از جوامع ساحلی، استفاده سنتی آن‌ها از منابع مانگرو اغلب با سلامت و عملکرد آن ارتباط نزدیکی دارد و این استفاده اغلب با فرهنگ محلی، میراث و دانش سنتی مرتبط است (Walters et al., 2008).

خدمات اکوسیستمی ذکر شده برای این اکوسیستم، در سه مورد زیر از نظر اهمیت آن‌ها برای جمعیت‌های ساحلی در اولویت هستند: ۱) استفاده از آن‌ها توسط جوامع محلی ساحلی برای انواع محصولات، مانند چوب سوخت، الوار، مواد خام، عسل، رزین، خرچنگ و صدف؛ ۲) نقش آن‌ها به عنوان محل پرورش و زیستگاه‌های تکثیر برای منابع شیلات فراساحلی و ۳) نقش آن‌ها به عنوان مانع در مقابل تندبادهای ساحلی در رویدادهای دوره‌ای باد، موج یا طوفان‌های گرمسیری، سیل‌های ساحلی و سونامی‌ها (Barbier et al., 2008). مانگروها همچنین از طریق تثبیت رسوب و حفظ بستر در ساختار ریشه خود، فرسایش و زوال خط ساحلی را کاهش می‌دهند (Sathirathai & Barbier, 2001).

¹². Coastal sand dune

¹¹. Mangal

استخراج مواد معدنی مانند سیلیس و فلدسپات برای تولید شیشه و سرامیک، کشاورزی و سایر مواد پایه صنعت را تأمین می‌کنند. اگرچه شن و ماسه منبع ارزشمندی است، اما استخراج آن از طریق کان کنی می‌تواند اثرات منفی آشکاری به‌ویژه بر حفاظت از سواحل و سفره‌های زیرزمینی داشته باشد (Carter, 1991).

جدول ۶- خدمات اکوسیستمی سواحل و تپه‌های ماسه‌ای
(Mehvar et al., 2018)

خدمات اکوسیستمی	عملکردها و فرآیندهای اکوسیستم
مواد اولیه	فراهم کردن شن و ماسه با اندازه دانه خاص، تعیین نسبت مواد معدنی
حفاظت از سواحل	تضعیف امواج، کاهش سیل از جانب دریا
کنترل فرسایش	رسوب‌گذاری و حفظ بستر در ساختار ریشه گیاهان
تصفیه آب	ذخیره و فیلتر و تصفیه آب از طریق ماسه‌ها، بالا بردن سطح آب
حفظ و نگهداری از منابع آبی	ایجاد زیستگاه تولیدمثل و زمین‌های پرورشی، فراهم کردن آشیان
ترسیب کربن	تولید بیولوژیک، فعالیت‌های بیوژئوشیمیایی، رسوب‌گذاری
حفظ حیات وحش	بهره‌وری و تنوع بیولوژیک، زیستگاه و پرورشگاه حیات وحش جانوری
گردشگری، آموزش و پژوهش	ایجاد مناظر منحصربه‌فرد و زیبایی شناختی، زیستگاه مناسب برای جانوران و گیاهان متنوع

بیش از ۶۰ درصد از مردم جهان در آن ساکن هستند. به‌علت ماهیت چندبعدی مناطق ساحلی، اکوسیستم‌های آن ویژگی‌های خاص خود را دارند که ممکن است در برخی خدمات متفاوت باشند. به‌طوری که یکی از مهم‌ترین خدمات اکوسیستمی که توسط آبسنگ‌های مرجانی ارائه می‌شود، محافظت از خطوط ساحلی در برابر آب و هوای شدید و حمایت از جمعیت انسانی ساحلی، دارایی‌ها و فعالیت‌های اقتصادی آن‌ها است. درحالی‌که جنگل‌های مانگرو نقش حیاتی در حفظ تعادل اکولوژیک در مناطق ساحلی دارند. تل‌ماسه‌های ساحلی که از دیگر اکوسیستم‌های ساحلی محسوب می‌شود، مواد خام را به شکل شن و ماسه فراهم می‌کنند که برای مصارف متعدد از جمله استخراج مواد معدنی مانند سیلیس و فلدسپات برای تولید شیشه و سرامیک، کشاورزی و سایر مواد پایه صنعت را تأمین می‌کنند. این اکوسیستم‌های ارزشمند با توجه به انواع خدمات گوناگونی که به ارمغان می‌آورند، مستلزم ارزش‌گذاری اقتصادی هر کدام از خدمات‌ها در اکوسیستم‌های مختلف ساحلی هستند تا با آگاهی از ارزش پولی آن‌ها برای حفاظت و صیانت از آن‌ها اقدامات درخور و شایسته صورت بگیرد و در برنامه‌های مدیریتی اکوسیستم‌های ساحلی با بهره‌گیری از میزان ارزش پولی آن‌ها نسبت به حفظ و جبران خسارت در زمان آسیب به این اکوسیستم‌ها کمک کند.

پیشنهادهای حفاظتی و مراقبتی

- آگاهی‌بخشی جوامع ساحلی از خدمات گوناگون اکوسیستم‌های ساحلی و ترویج استفاده پایدار از آن‌ها.
- مشارکت مردم بومی در برنامه‌های حفاظت از اکوسیستم‌های ساحلی به‌منظور افزایش احساس مسئولیت نسبت به حفظ محیط‌زیست.

نتیجه‌گیری

اکوسیستم‌های ساحلی مزایای گوناگونی دارند و خدمات متنوعی را به جوامع محلی ارائه می‌دهند. این اکوسیستم‌ها به‌دلیل موقعیت منحصربه‌فرد خود، طیف وسیعی از خدمات متنوع دریایی و خشکی را در بر می‌گیرند که همگی دارای اهمیت اجتماعی و اقتصادی قابل توجهی هستند و از حیات روی زمین و جنبه‌های رفاه انسانی پشتیبانی می‌کنند. به‌طوری که با داشتن مساحت ۱۰ درصد کره مسکون،

Ellison, A. M. (2002). Macroecology of mangroves: Large-scale patterns and processes in tropical coastal forests. *Trees - Structure and Function*, 16(2-3), 181-194.

Everard, M. (2013). Valuing Ecosystems and their Services. In *Environmental Management in Organizations: The IEMA Handbook*, Second Edition.

Greenstein, B. J., & Pandolfi, J. M. (2008). Escaping the heat: Range shifts of reef coral taxa in coastal Western Australia. *Global Change Biology*, 14(3), 513-528.

Hallock, P. (1997). Reefs and Reef Limestones in Earth History. *Life and Death of Coral Reefs*, 1974, 13-42.

Hughes, T. P., Bellwood, D. R., Folke, C., Steneck, R. S., & Wilson, J. (2005). New paradigms for supporting the resilience of marine ecosystems. *Trends in Ecology and Evolution*, 20(7), 380-386.

Larkum, A. W. D., Orth, R. J., & Duarte, C. M. (2006). Seagrasses: Biology. In *Ecology and Conservation*. Springer, The Netherlands.

Li, J., Qiao, Q., Sang, H., & Zhai, L. (2021). The evolution and correlation of land use and ecosystem service value. *Sci. Surv. Mapp.* 46, 179-185.

Liquete, C., Piroddi, C., Drakou, E. G., Gurney, L., Katsanevakis, S., Charef, A., & Egoh, B. (2013). Current status and future prospects for the assessment of marine and coastal ecosystem services: a systematic review. *PloS one*, 8(7), e67737.

MacKenzie, R. A., & Dionne, M. (2008). Habitat heterogeneity: Importance of salt marsh pools and high marsh surfaces to fish production in two Gulf of Maine salt marshes. *Marine Ecology Progress Series*, 368(Murphy 1991), 217-230.

Mehvar, S., Filatova, T., Dastgheib, A., de Ruyter van Steveninck, E., & Ranasinghe, R. (2018). Quantifying economic value of coastal ecosystem services: A review. *Journal of Marine Science and Engineering*, 6(1).

Mitsch, W. J., Bernal, B., & Hernandez, M. E. (2015). Ecosystem services of wetlands.

- ترویج گردشگری پایدار برای کاهش اثرات منفی گردشگری در اکوسیستم‌های ارزشمند ساحلی.

- کاهش ورود آلودگی به اکوسیستم‌های ساحلی و دریایی از طریق کنترل فاضلاب‌های شهری و صنعتی، زباله‌ها و مواد زائد گوناگون.

- بازسازی زیستگاه‌های آسیب‌دیده مانند آبسنگ‌های مرجانی از طریق کنترل ورود آلودگی و موادمغذی و ایجاد مناطق حفاظت‌شده دریایی.

همکاری با کشورهای همسایه برای مدیریت مشترک منابع و خدمات اکوسیستم‌های ساحلی و دریایی و حفاظت از اکوسیستم‌های مشترک.

منابع

Barbier, E. B., Hacker, S. D., Kennedy, C., Koch, E. W., Stier, A. C., & Silliman, B. R. (2011). The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecological Monographs*, 81(2), 169-193.

Barbier, E. B., Koch, E. W., Silliman, B. R., Hacker, S. D., Wolanski, E., Primavera, J., Granek, E. F., Polasky, S., Aswani, S., Cramer, L. A., Stoms, D. M., Kennedy, C. J., Bael, D., Kappel, C. V., Perillo, G. M. E., & Reed, D. J. (2008). Coastal ecosystem-based management with nonlinear ecological functions and values. *Science*, 319(5861), 321-323.

Carter, R. W. G. (1991). Near-future sea level impacts on coastal dune landscapes. *Landscape Ecology*, 6(1-2), 29-39.

Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R. V., Paruelo, J., Raskin, R. G., Sutton, P., & van den Belt, M. (1998). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Ecol. Econ.* 25, 3-15.

Duarte, C. M. (2002). The future of seagrass meadows. *Environmental Conservation*, 29(2), 192-206.

Value Changes in Mangrove Forests in Guangxi, China, from 2016 to 2020. *Remote Sensing*, 16(3), 494.

Walters, B. B., Rönnbäck, P., Kovacs, J. M., Crona, B., Hussain, S. A., Badola, R., Primavera, J. H., Barbier, E., & Dahdouh-Guebas, F. (2008). Ethnobiology, socio-economics and management of mangrove forests: A review. *Aquatic Botany*, 89(2), 220–236.

International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services and Management, 11(1), 1–4.

Myint, S. W., Giri, C. P., Wang, L., Zhu, Z., & Gillette, S. C. (2008). Identifying mangrove species and their surrounding land use and land cover classes using an object-oriented approach with a lacunarity spatial measure. *GIScience & Remote Sensing*, 45(2), 188–208.

Pandolfi, J. M. (2002). Coral community dynamics at multiple scales. *Coral Reefs*, 21(1), 13–23. <https://doi.org/10.1007/s00338-001-0204-7>.

Sathirathai, S., & Barbier, E. B. (2001). Valuing mangrove conservation in Southern Thailand. *Contemporary Economic Policy*, 19(2), 109–122.

Short, A. D., & Hesp, P. A. (1982). Wave, beach and dune interactions in southeastern Australia. *Marine Geology*, 48(3–4), 259–284.

Sousa, L. P., Sousa, A. I., Alves, F. L., & Lillebø, A. I. (2016). Ecosystem services provided by a complex coastal region: challenges of classification and mapping. *Scientific Reports*, 6(1), 22782.

Solé Figueras, L., Zandt, E. I., Buschbaum, C., & Meunier, C. L. (2024). How are the impacts of multiple anthropogenic drivers considered in marine ecosystem service research? A systematic literature review. *Journal of Applied Ecology*, 61(6), 1212–1226.

Temmerman, S., Meire, P., Bouma, T.J., Herman, P.M.J., Ysebaert, T., & De Vriend, H.J. (2013). Ecosystem-based coastal defence in the face of global change. *Nature* 504 (7478), 79–83.

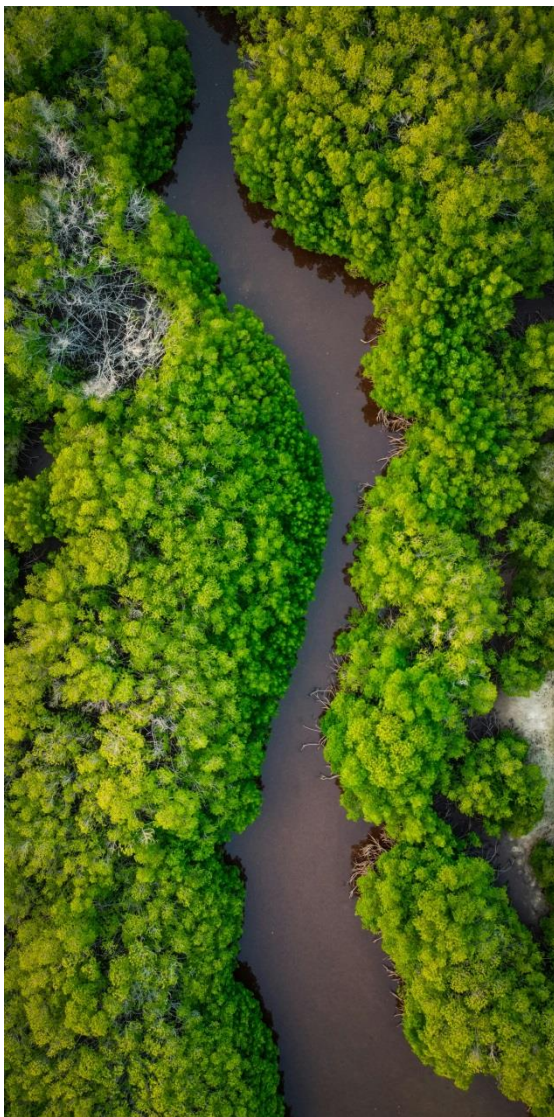
Thia-Eng, C. (1993). Essential elements of integrated coastal zone management. *Ocean Coast Manag.* 21, 81–108.

Veidemann, K., Reke, A., Ruskule, A., & Vinogradovs, I. (2024). Assessment of Coastal Cultural Ecosystem Services and Well-Being for Integrating Stakeholder Values into Coastal Planning. *Land*, 13(3).

Wallace, K. J. (2007). Classification of ecosystem services: Problems and solutions. *Biological Conservation*, 139(3–4), 235–246.

Wang, K., Jia, M., Zhang, X., Zhao, C., Zhang, R., & Wang, Z. (2024). Evaluating Ecosystem Service

Kandoofa, Maldives, April 2021, Photographer: Mohamed Nazeeh





An Overview of Coastal Ecosystem Services

Nazanin Naseri¹, Afshin Danehkar^{2*}

1- Ph.D. student, 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: danehkar@ut.ac.ir

Abstract

Coastal areas, which have dual characteristics of continental and oceanic ecosystems, are among the vital areas where land, ocean/sea, river, atmosphere and living organisms converge. These areas play a fundamental role in regulating weather, conservation biodiversity, maintaining ecosystem balance and promoting sustainable socio-economic development at the regional level. Coastal areas provide a variety of services for humans from food provision, recreation and tourism to biodiversity products. Among them, most coastal ecosystems, including coral reefs and mangroves, provide a unique opportunity for education and research. In this study, a review of the types of ecosystem services in coastal ecosystems has been conducted using various research. Since these valuable ecosystems provide various services, require the economic valuation of each service in different coastal ecosystems, so that appropriate measures can be taken to conservation and preservation these ecosystems, based on their monetary value, and in coastal ecosystem management plans, using their monetary value to help conserve and compensate for damage to these ecosystems when they are damaged.

Keywords: Mangroves, Coral reefs, Sea grasses, Salt marshes, Coastal sand dune

Naseri, N; Danehkar, A. (2025). An Overview of Coastal Ecosystem Services. *Zist Sepehr Student Magazine*, 18(2), 33-42.



نرم افزار Vensim: تحلیل جامع پلتفرم مدل سازی پویایی سیستم ها

حنانه سادات موسوی

دانشجوی دکتری، گروه محیط زیست طبیعی، دانشکده منابع طبیعی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

رایانامه نویسنده: h.sadatmousavi@ut.ac.ir

چکیده

Vensim یک نرم افزار برجسته در زمینه مدل سازی پویایی سیستم ها است که توسط شرکت Ventana Systems توسعه یافته و به کاربران امکان می دهد تا سیستم های پیچیده را به صورت ساختاریافته مدل سازی، شبیه سازی و تحلیل کنند. این نرم افزار با استفاده از نمودارهای حلقه علی و مدل های موجودی- جریان، امکان درک روابط علی و پویایی های درون سیستم های چندعاملی را فراهم می آورد. این مرور جامع، تاریخچه توسعه Vensim، قابلیت های فنی پیشرفته آن، کاربردهای گسترده در حوزه های مختلف و مزایای مقایسه ای آن نسبت به سایر ابزارهای مشابه را بررسی می کند. Vensim ابزارهای متنوع و ضروری برای تحلیل سناریو، آزمون حساسیت و اعتبارسنجی مدل ها از طریق قابلیت Reality Check ارائه می دهد که به کاربران کمک می کند تا صحت و پایداری مدل های خود را ارزیابی کنند و تصمیمات مبتنی بر شواهد بهتری اتخاذ نمایند. این نرم افزار در زمینه های مدیریت استراتژیک، اقتصاد، مطالعات محیط زیست، بهداشت و سلامت عمومی، آموزش و پژوهش کاربرد گسترده ای یافته و انعطاف پذیری بالای خود را به عنوان یک پلتفرم جامع مدل سازی پویایی سیستم ها نشان داده است. علاوه بر این، نسخه آموزشی Vensim PLE دسترسی به قابلیت های مدل سازی را برای دانشجویان و پژوهشگران فراهم می کند، اگرچه محدودیت هایی از نظر منحنی یادگیری و عملکرد محاسباتی برای مدل های بسیار بزرگ همچنان وجود دارد. این مقاله با تحلیل سیستماتیک ویژگی ها، کاربردها و جایگاه Vensim، نقش آن در چشم انداز وسیع ابزارهای نرم افزاری مدل سازی پویایی سیستم ها را روشن می سازد و بینشی جامع نسبت به مزایا، محدودیت ها و ظرفیت های بالقوه این نرم افزار ارائه می کند.

کلیدواژه ها: پویایی سیستم ها، مدل سازی، شبیه سازی، نمودارهای حلقه علی، مدل های موجودی-جریان

مقدمه‌ای بر مدل سازی پویایی سیستم ها و اهمیت آن

پویایی سیستم ها یک روش شناسی برای درک و مدیریت سیستم های پیچیده ای است که در طول زمان تغییر می کنند و در ابتدا توسط جی فاستر^۱ در مؤسسه MIT در دهه ۱۹۵۰ توسعه یافته است (Forrester, 1961). این رویکرد بر ساختار زیرین موقعیت های پیچیده تمرکز دارد و نقش حلقه های بازخورد، تأخیرهای زمانی و غیرخطی بودن را در ایجاد رفتار سیستم برجسته می کند (Senge, 1990). مدل سازی پویایی سیستم ها چارچوبی برای ایجاد شبیه سازی های رسمی کامپیوتری فراهم می کند که می توانند سیاست ها و مداخلات را پیش از اجرای واقعی در سیستم های واقعی آزمایش کنند (Ford, 2010).

اهمیت مدل سازی پویایی سیستم ها در توانایی آن برای آشکار کردن ساختار زیرین است که رفتار سیستم را هدایت می کند، به ویژه در شرایطی که راه حل های شهودی اغلب ناکام می مانند یا پیامدهای ناخواسته ایجاد می کنند (Forrester, 1961; Senge, 1990). با نمایش سیستم ها به صورت شبکه ای از موجودی ها^۲ (انباشته ها) و جریان ها^۳ (نرخ های تغییر) که با حلقه های بازخورد به هم متصل شده اند، مدل های پویایی سیستم به تصمیم گیرندگان کمک می کنند تا بفهمند چگونه ساختار، رفتار سیستم را در طول زمان شکل می دهد (Ford, 2010; Rahimi et al., 2023). مدل های پویایی سیستم اهداف متعددی را دنبال می کنند: آن ها از تحلیل سیاست و آزمون مداخلات پشتیبانی می کنند، پیامدهای ناخواسته تصمیمات را آشکار می سازند، امکان آزمایش سناریوها برای بررسی اثرات بلندمدت را فراهم می کنند و از طریق شبیه سازی، یادگیری سازمانی را تسهیل می کنند (Senge, 1990; Morecroft et al., 1994). این روش شناسی به ویژه در حل مشکلات

پیچیده در استراتژی کسب و کار، سیاست گذاری عمومی، مدیریت محیط زیست و سیستم های بهداشتی که رویکردهای تحلیلی سنتی ممکن است ناکافی باشند، ارزشمند شناخته شده است (Ford, 2010; Homer & Hirsch, 2006).

سازه های اصلی پویایی سیستم شامل موجودی ها (متغیرهای حالت که انباشته ها را نشان می دهند)، جریان ها (متغیرهای فعالیت که نرخ ها را نشان می دهند)، حلقه های بازخورد^۴ (زنجیره های بسته ای از روابط علت و معلول) و تأخیرهای زمانی^۵ (فاصله بین علت ها و اثرات) هستند (Forrester, 1961; Ford, 2010). این عناصر با هم ترکیب می شوند تا مدل هایی ایجاد کنند که بتوانند پیچیدگی پویایی سیستم های واقعی را ثبت کنند و پویایی سیستم ها را به عنوان ابزاری اساسی برای درک و مدیریت موقعیت های پیچیده در حوزه های مختلف ارائه دهند (Senge, 1990).

تاریخچه و توسعه نرم افزار Vensim

نرم افزار Vensim توسط شرکت Ventana Systems به عنوان یک پلتفرم جامع برای مدل سازی و شبیه سازی پویایی سیستم ها توسعه یافته است. این نرم افزار از نیاز به ارائه ابزارهای در دسترس و قدرتمند برای ساخت و تحلیل مدل های پویایی سیستم ها، به ویژه در زمینه های آموزشی و حرفه ای، پدید آمد (Simonetto & Löbler, 2014). اگرچه تاریخ دقیق تأسیس و جزئیات توسعه زمانی به طور کامل در منابع موجود مستند نشده است، اما از زمان معرفی Vensim خود را به عنوان یکی از پیشروترین پلتفرم های نرم افزاری پویایی سیستم ها تثبیت کرده است. توسعه Vensim ناشی از این شناخت بود که مدل سازی مؤثر پویایی سیستم ها نیازمند نرم افزاری است که بتواند هم مرحله توسعه مفهومی (از طریق نمودارهای حلقه علی) و

^۴ Feedback loops
^۵ Time delays

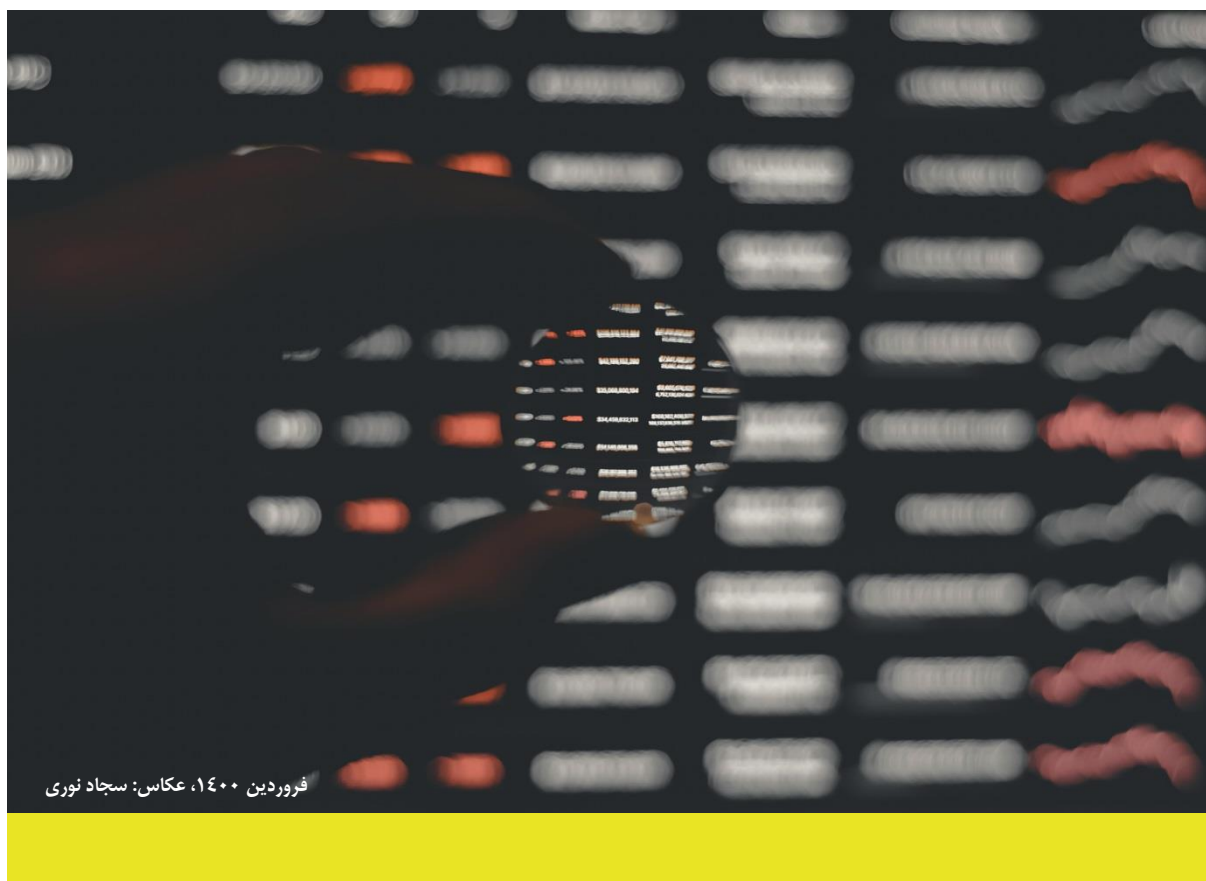
^۱ Jay Forrester

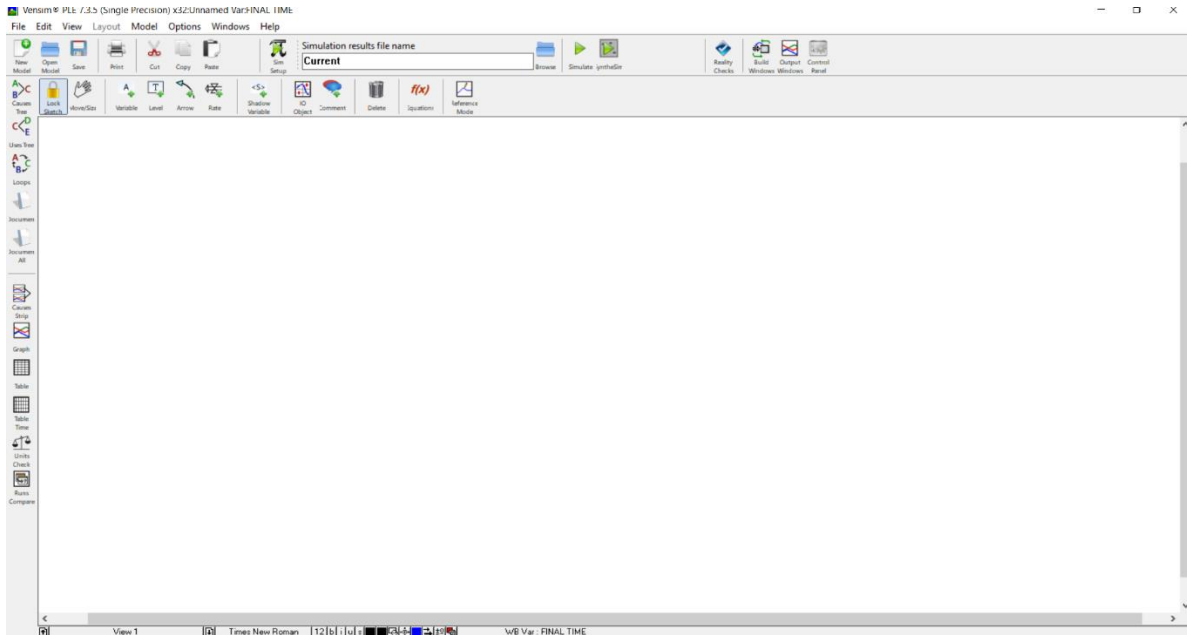
^۲ Stocks

^۳ Flows

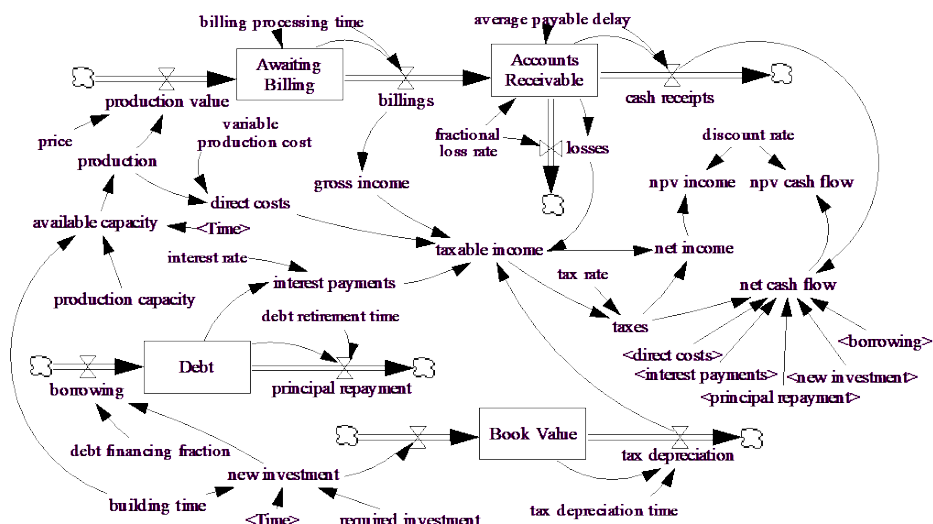
پویایی سیستم‌ها در مدارس و دانشگاه‌ها در سطح جهانی داشته است. در طول توسعه خود، Vensim قابلیت‌های پیشرفته‌ای مانند آزمون خودکار مدل از طریق Reality Check، توانمندی‌های تحلیل حساسیت پیچیده و گزینه‌های ادغام با منابع داده خارجی و دیگر پلتفرم‌های نرم‌افزاری را در خود گنجانده است (Peterson & Eberlein, 1994; Shahgholian & Hajihosseini, 2009). این نرم‌افزار با انطباق مداوم با نیازهای کاربران و پیشرفت‌های فناوری و همزمان حفظ تمرکز اصلی خود بر دسترس‌پذیری و ارزش آموزشی، جایگاه خود را به‌عنوان یک ابزار پیشرو در مدل‌سازی پویایی سیستم‌ها حفظ کرده است. شکل ۱ محیط نرم‌افزار Vensim PLE و شکل ۲ نمونه‌ای از مدل‌های سیستم پویا در نرم‌افزار Vensim را نشان می‌دهند.

هم مرحله مدل‌سازی رسمی (از طریق نمودارهای موجودی- جریان) را پشتیبانی کند و در عین حال قابلیت‌های شبیه‌سازی و تحلیل قدرتمند ارائه دهد (Einzinger et al., 2010). این نرم‌افزار به‌گونه‌ای طراحی شد تا فاصله بین تفکر کیفی سیستم‌ها و تحلیل کمی سیستم‌ها را پر کند. شرکت Ventana Systems، توسعه‌دهنده Vensim، همواره بر دسترسی‌پذیری پویایی سیستم‌ها برای کارشناسان و اساتید آموزشی تمرکز داشته است. این تعهد در توسعه نسخه Vensim PLE که یک گزینه کم‌هزینه یا رایگان ویژه استفاده آموزشی ارائه می‌دهد، مشهود است (Widmark, 2012; Kot et al., 2024). نسخه PLE نقش مهمی در گسترش آموزش





شکل ۱- محیط نرم افزار Vensim PLE (Ventana Systems, 2025a)



شکل ۲- نمونه ای از مدل های سیستم پویا در نرم افزار Vensim (Ventana Systems, 2025b)

نسخه Vensim PLE

نسخه Vensim PLE نمایانگر سطح آموزشی نرم افزار است و به طور ویژه برای تدریس و یادگیری پویایی سیستم ها طراحی شده است (Widmark, 2012; Kot et al., 2024). این نسخه برای مؤسسات آموزشی و دانشجویان به صورت رایگان یا با هزینه کم در دسترس است و امکان استفاده در کلاس درس و یادگیری فردی را فراهم می کند. نسخه PLE شامل قابلیت های مدل سازی

نسخه ها و پیکربندی های موجود

نرم افزار Vensim در نسخه های متعددی عرضه می شود که برای پاسخگویی به نیازهای مختلف کاربران، از کاربردهای آموزشی گرفته تا مشاوره حرفه ای و پژوهش، طراحی شده اند. این خانواده نرم افزاری شامل چندین نسخه متمایز است که هر یک قابلیت ها و مجوزهای خاص خود را دارند.

پیکربندی‌های تخصصی

Vensim قابلیت‌های ادغام با سایر پلتفرم‌های نرم‌افزاری و کاربردهای تخصصی را نیز نشان داده است. به عنوان مثال، پژوهش‌ها نشان داده‌اند که رابط‌های نرم‌افزاری بین Vensim و پلتفرم‌های شبیه‌سازی مبتنی بر عامل مانند RePast توسعه یافته است که امکان استفاده از روش‌های مدل‌سازی ترکیبی (ترکیب پویایی سیستم و مدل‌سازی مبتنی بر عامل) را فراهم می‌کند (Größler et al., 2003). چنین ادغام‌هایی دامنه کاربرد نرم‌افزار را به مسائلی که نیازمند چندین پارادایم مدل‌سازی هستند، گسترش می‌دهد.

ماژول‌ها و اجزای نرم‌افزار

Vensim مجموعه‌ای جامع از ابزارها و ماژول‌ها ارائه می‌دهد که فرآیند کامل مدل‌سازی پویایی سیستم‌ها را از مرحله مفهومی اولیه تا تحلیل نهایی و گزارش‌دهی پشتیبانی می‌کنند. معماری نرم‌افزار منعکس‌کننده جریان کاری معمول در مدل‌سازی پویایی سیستم‌ها است و ابزارهای یکپارچه‌ای برای هر مرحله از توسعه و تحلیل مدل فراهم می‌آورد.

نمودارهای حلقه علی (Causal Loop Diagrams)

نمودارهای حلقه علی پایه مفهومی مدل‌های پویایی سیستم‌ها را تشکیل می‌دهند و ساختار بازخورد سیستم‌ها را از طریق شبکه‌ای از روابط علی نمایش می‌دهند (Moore & Helms, 2018). در Vensim، قابلیت رسم نمودارهای حلقه علی به کاربران امکان می‌دهد ساختار علی زیرین مسائل پیچیده را پیش از ورود به مدل‌سازی ریاضی رسمی، ترسیم کنند. این نرم‌افزار ابزارهای بصری و کاربرپسندی برای ایجاد نمودارهای حلقه علی از جمله امکان تعیین قطبیت (مثبت یا منفی) برای روابط علی و شناسایی حلقه‌های بازخورد در ساختار سیستم ارائه می‌دهد. کاربران می‌توانند این نمودارها را با استفاده از رابط

اساسی از جمله رسم نمودارهای حلقه علی، مدل‌سازی موجودی-جریان و عملکرد شبیه‌سازی است که برای اکثر کاربردهای آموزشی کافی هستند. تمرکز آموزشی Vensim PLE باعث شده است که این نسخه در مدارس و دانشگاه‌ها که پویایی سیستم‌ها به عنوان بخشی از برنامه درسی کسب‌وکار، علوم محیط‌زیست یا تفکر سیستمی آموزش داده می‌شود، به گزینه‌ای محبوب تبدیل شود (Widmark, 2012; Kot et al., 2024). دسترس‌پذیری آموزشی این نرم‌افزار سهم قابل توجهی در گسترش پذیرش روش‌شناسی پویایی سیستم‌ها در محیط‌های دانشگاهی داشته است.

نسخه‌های حرفه‌ای

با اینکه منابع موجود اطلاعات دقیقی درباره تمامی نسخه‌های حرفه‌ای Vensim ارائه نمی‌دهند، اما واضح است که شرکت Ventana Systems نسخه‌های تجاری با قابلیت‌های پیشرفته برای مدل‌سازی حرفه‌ای و کاربردهای مشاوره‌ای ارائه می‌دهد (Simonetto & Löbner, 2014; Einzinger et al., 2010). این نسخه‌های حرفه‌ای معمولاً شامل ویژگی‌های پیشرفته‌ای مانند افزایش محدودیت اندازه مدل، ابزارهای تحلیل تقویت‌شده و گزینه‌های اضافی برای خروجی و ادغام با دیگر نرم‌افزارها هستند. نسخه‌های حرفه‌ای برای پشتیبانی از پروژه‌های مدل‌سازی پیچیده در زمینه‌های کسب‌وکار، دولت و پژوهش طراحی شده‌اند، جایی که نیاز به قابلیت‌های تحلیلی پیشرفته و مدل‌های بزرگ مقیاس وجود دارد. این نسخه‌ها اغلب شامل امکاناتی مانند تحلیل حساسیت پیشرفته، ابزارهای بهینه‌سازی و قابلیت‌های گزارش‌گیری توسعه یافته هستند که فراتر از عملکرد پایه‌ای نسخه آموزشی ارائه می‌شوند (Ventana Systems, 2025a).

گرافیکی ایجاد کنند که نمایش بصری روابط علی را پشتیبانی می کند و ارتباط ساختار سیستم با ذی نفعان و اعضای تیم را آسان تر می سازد (Einzinger et al., 2010; Moore & Helms, 2018). رویکرد Vensim در نمودارهای حلقه علی تأکید بر نقش آن ها به عنوان پل بین تفکر کیفی سیستم ها و مدل سازی کمی سیستم ها دارد. نرم افزار به کاربران این امکان را می دهد که با نمودارهای مفهومی حلقه علی شروع کنند و سپس آن ها را به صورت سیستماتیک به مدل های موجودی- جریان رسمی برای شبیه سازی و تحلیل تبدیل کنند (Einzinger et al., 2010; Shahgholian & Hajihosseini, 2009). این گذار از مدل سازی کیفی به کمی یکی از نقاط قوت اصلی پلتفرم Vensim است.

نمودارهای موجودی-جریان (Stock and Flow Diagrams)

نمودارهای موجودی-جریان ساختار ریاضی رسمی مدل های پویایی سیستم ها را نمایش می دهند و سیستم های معادلات دیفرانسیل یا تفاضلی را که رفتار مدل را هدایت می کنند، پیاده سازی می کنند (Forrester, 1961; Ford, 2010). در Vensim، مدل سازی موجودی-جریان پایه محاسباتی برای شبیه سازی و تحلیل فراهم می آورد. موجودی ها در Vensim نشان دهنده انباشته ها یا متغیرهای حالت در سیستم هستند، مانند سطح جمعیت، موجودی کالا یا پایگاه های دانش. این عناصر نتایج فعالیت های جریان ورودی و خروجی را در طول زمان انباشته می کنند و حافظه سیستم را تشکیل می دهند (Ford, 2010). جریان ها، نرخ های تغییر را نشان می دهند که بر موجودی ها اثر می گذارند، مانند نرخ تولد و مرگ، نرخ تولید و مصرف یا نرخ یادگیری و فراموشی. نرم افزار محیط گرافیکی مدل سازی را فراهم می کند که کاربران می توانند نمودارهای موجودی-جریان را با استفاده از نشانه گذاری استاندارد پویایی سیستم ها ایجاد کنند.

Vensim از تدوین ریاضی این مدل ها از طریق ویرایشگر معادلات پشتیبانی می کند، که به کاربران امکان می دهد روابط حاکم بر نرخ های جریان و محاسبات کمکی را مشخص کنند (Simonetto & Löbler, 2014; Shahgholian & Hajihosseini, 2009). نمونه هایی از قابلیت های موجودی-جریان Vensim در کاربردهای مختلف مستند شده در منابع دیده می شوند. به عنوان مثال، یک مطالعه مدیریت پسماند جامد شهری از Vensim برای نمایش نرخ تولید زباله، سهم بندی دفع و عوامل جمعیتی از طریق موجودی ها و جریان های مرتبط استفاده کرده است (Simonetto & Löbler, 2014). به طور مشابه، یک مطالعه آلودگی هوای تهران از مدل سازی موجودی-جریان برای نمایش پویایی تولید، پراکندگی و تأثیرات آلودگی بر سلامت طی یک دوره شبیه سازی ۱۰ ساله بهره برده است (Shahgholian & Hajihosseini, 2009).

تحلیل سناریو و حساسیت (Scenario and Sensitivity Analysis)

تحلیل سناریو یکی از قدرتمندترین قابلیت های Vensim برای آزمون سیاست ها و برنامه ریزی استراتژیک است. نرم افزار به کاربران امکان می دهد فرضیات مختلف درباره پارامترهای مدل، سیاست ها یا شرایط خارجی را به صورت سیستماتیک بررسی کنند تا بفهمند این تغییرات چگونه بر رفتار سیستم اثر می گذارند (Einzinger et al., 2014; Shahgholian & Hajihosseini, 2009; Rahimi et al., 2025). ابزارهای تحلیل سناریو در Vensim به کاربران امکان می دهند چند سناریو با مقادیر پارامتر یا فرضیات سیاست متفاوت تعریف و رفتارهای سیستم حاصل از آن ها را مقایسه کنند. این قابلیت برای تحلیل سیاست، حیاتی است، زیرا به تصمیم گیرندگان امکان می دهد اثرات بالقوه مداخلات مختلف را پیش از اجرای واقعی آزمایش کنند (Senge, 1990; Morecroft et al., 1994).

به صورت زبانی ساختاریافته نوشته شوند که Vensim آن‌ها را به طور خودکار اجرا می‌کند و بازخورد سیستماتیک درباره عملکرد مدل ارائه می‌دهد. این قابلیت فرآیند توسعه مدل تکراری را با برجسته کردن مناطقی که رفتار مدل ممکن است با انتظارات یا دانش واقعی ناسازگار باشد، پشتیبانی می‌کند. ماهیت خودکار ابزار Reality Check به‌ویژه برای مدل‌های پیچیده ارزشمند است، جایی که آزمون دستی، زمان‌بر و مستعد خطا است. سیستم می‌تواند مجموعه‌ای از آزمون‌ها را سریع اجرا کند و بازخورد دقیق درباره نتایج آزمون ارائه دهد، که امکان شناسایی و رفع مشکلات مدل را به صورت کارآمد فراهم می‌کند (Peterson & Eberlein, 1994).

اتصال به داده و کالیبراسیون (Data Connection and Calibration)

Vensim قابلیت اتصال مدل‌ها به منابع داده خارجی و کالیبره کردن پارامترهای مدل برای تطابق با الگوهای داده تاریخی را فراهم می‌کند. این ویژگی‌ها برای توسعه مدل‌هایی که بر پایه شواهد تجربی هستند و برای اطمینان از رفتار مدل مطابق با عملکرد واقعی سیستم ضروری هستند (Kot et al., 2024; Größler et al., 2003). نرم‌افزار از فرمت‌های مختلف وارد کردن داده پشتیبانی می‌کند و ابزارهایی برای تخمین پارامتر و کالیبراسیون مدل ارائه می‌دهد. کاربران می‌توانند مدل‌های خود را به پایگاه‌های داده خارجی، صفحات گسترده یا منابع داده دیگر متصل کنند، که امکان استفاده از داده‌های واقعی برای مقارنه اولیه، تخمین پارامتر یا اهداف اعتبارسنجی را فراهم می‌کند. ابزارهای کالیبراسیون در Vensim به کاربران کمک می‌کنند پارامترهای مدل را تنظیم کنند تا تطابق بهتری بین رفتار مدل و داده‌های تاریخی حاصل شود. این فرآیند برای توسعه مدل‌های معتبر که بتوانند دیدگاه‌های قابل اعتماد برای سیاست‌گذاری و تصمیم‌گیری ارائه دهند، حیاتی است (Kot et al., 2024). نرم‌افزار از

نرم‌افزار می‌تواند خروجی‌های مقایسه‌ای تولید کند که نشان دهد چگونه سناریوهای مختلف منجر به نتایج متفاوت سیستم در طول زمان می‌شوند. تحلیل حساسیت در Vensim فراتر از مقایسه ساده سناریوها است و آزمون سیستماتیک رفتار مدل در شرایط عدم قطعیت پارامترها را فراهم می‌کند. نرم‌افزار می‌تواند شبیه‌سازی‌های مونت کارلو^۷ و تحلیل‌های آماری دیگر انجام دهد تا بفهمد چگونه چگونه عدم قطعیت در ورودی‌های مدل به عدم قطعیت در خروجی‌های مدل منتقل می‌شود (Peterson & Eberlein, 1994). این قابلیت برای درک پایداری و قابلیت اعتماد مدل و انتقال اطمینان بخشی از نتایج مدل به ذی‌نفعان اهمیت دارد. کاربرد عملی این قابلیت‌ها در مطالعات مختلف نشان داده شده است. به عنوان مثال، مطالعه آلودگی هوای تهران از تحلیل سناریو Vensim برای آزمون تغییرات پارامترها و مداخلات سیاستی مختلف در طول دوره ۱۰ ساله استفاده کرده و دیدگاه‌هایی درباره اثرات بلندمدت استراتژی‌های مدیریت کیفیت هوا ارائه داده است (Shahgholian & Hajihosseini, 2009).

ابزار اعتبارسنجی مدل (Reality Check)

Reality Check رویکرد Vensim برای آزمون و اعتبارسنجی خودکار مدل را نمایندگی می‌کند و محیطی رسمی برای آزمون رفتار مدل در برابر الگوها یا روابط مورد انتظار فراهم می‌آورد. این قابلیت یکی از چالش‌های کلیدی مدل‌سازی پویایی سیستم‌ها را حل می‌کند: اطمینان از اینکه مدل‌ها به طور منطقی و مطابق با دانش واقعی رفتار می‌کنند. سیستم Reality Check به کاربران امکان می‌دهد آزمون‌هایی را مشخص کنند که مدل باید از آن‌ها عبور کند، مانند آزمون شرایط افراطی (حدی)^۸، آزمون بازتولید رفتار^۹ یا آزمون حساسیت^{۱۰}. این آزمون‌ها می‌توانند

^۷. Monte Carlo Simulation

^۸. Extreme condition tests

^۹. Behavior reproduction tests

^{۱۰}. Sensitivity tests

هر دو روش تنظیم دستی پارامتر و رویکردهای بهینه سازی خودکار برای کالیبراسیون پشتیبانی می کند.

ابزارهای گزارش دهی (Reporting Tools)

Vensim شامل ابزارهای جامع گزارش دهی و مصورسازی است که به کاربران امکان می دهد نتایج مدل را به طور مؤثر به مخاطبان مختلف منتقل کنند. نرم افزار می تواند نمودارها، جداول و سایر نمایش های بصری رفتار مدل را تولید کند، که ارتباط دیدگاه های حاصل از مدل های پیچیده پویایی سیستم را آسان تر می سازد (Simonetto & Einzinger et al., 2010; Löbner, 2014). قابلیت های گزارش دهی شامل نمودارهای سری زمانی، نمودارهای فازی، نمایش های مقایسه ای سناریوها و خلاصه های آماری رفتار مدل است. این ابزارها برای تبدیل نتایج مدل به دیدگاه های عملیاتی که می توانند فرآیندهای تصمیم گیری را اطلاع دهند، ضروری هستند (Einzinger et al., 2010). نرم افزار همچنین از خروجی گرفتن و انتقال نتایج به سایر برنامه ها برای تحلیل یا ارائه بیشتر پشتیبانی می کند.

کاربردها در حوزه های مختلف

Vensim توانمندی قابل توجهی در حوزه های مختلف نشان داده است و کاربردهای مستند آن شامل مدیریت، اقتصاد، مطالعات محیط زیست، سلامت عمومی و آموزش است. انعطاف پذیری نرم افزار و مجموعه ویژگی های جامع آن، Vensim را به ابزاری ارزشمند برای حل مسائل پیچیده در حوزه های گوناگون تبدیل کرده است.

کاربردها در مدیریت

در زمینه مدیریت، Vensim برای مدل سازی یادگیری سازمانی، برنامه ریزی استراتژیک و پویایی عملیاتی استفاده شده است. قابلیت نرم افزار در نمایش حلقه های بازخورد و تأخیرهای زمانی، آن را به ابزاری مناسب برای درک رفتار

سازمانی و اثرات مداخلات مدیریتی در طول زمان تبدیل می کند (Morecroft et al., 1994). مدل های پویایی سیستم ساخته شده در Vensim برای تحلیل توانمندسازی سازمان ها به ویژه در محیط های آموزشی کاربرد دارند. به عنوان مثال، پژوهش ها از Vensim برای مدل سازی ظرفیت مدارس برای ایجاد تغییرات پایدار استفاده کرده اند و بررسی کرده اند چگونه عوامل مختلف با یکدیگر تعامل می کنند تا تحول سازمانی در مؤسسات آموزشی را حمایت کنند یا مانع شوند (Moore & Helms, 2018). این کاربردها ارزش نرم افزار را در درک پویایی های پیچیده سازمانی و طراحی مداخلاتی که می توانند تغییر پایدار ایجاد کنند، نشان می دهند. این نرم افزار همچنین در مدیریت زنجیره تأمین کاربرد داشته است، جایی که تعاملات پیچیده بین تأمین کنندگان، تولیدکنندگان و مشتریان، رفتارهای پویایی ایجاد می کنند که فهم آن ها از طریق روش های تحلیلی سنتی دشوار است. توانایی Vensim در مدل سازی این تعاملات و آزمون استراتژی های مختلف زنجیره تأمین، برای بهبود عملکرد و تاب آوری زنجیره تأمین ارزشمند بوده است (Größler et al., 2003).

کاربردها در اقتصاد

کاربردهای اقتصادی Vensim بر درک پویایی کلان اقتصادی، اثرات سیاست ها و رفتارهای بازار تمرکز داشته است. قابلیت نرم افزار در مدل سازی حلقه های بازخورد و تأخیرهای زمانی، آن را به ویژه برای مدل سازی اقتصادی مناسب می سازد، زیرا این عوامل نقش مهمی در تعیین رفتار سیستم دارند. یک کاربرد قابل توجه شامل مدل سازی سیستم های تأمین مالی بیمه سلامت بود که در آن از Vensim برای تحلیل پویایی بازارهای بیمه و اثرات مداخلات سیاستی مختلف استفاده شد. این نوع کاربرد توانایی نرم افزار در مدیریت سیستم های اقتصادی پیچیده با چندین ذی نفع و مکانیسم بازخورد را نشان می دهد (Einzinger et al., 2010). این نرم افزار همچنین در

توسعه اقتصادی منطقه‌ای، تخصیص منابع و تحلیل سیاست مالی به کار رفته است. این کاربردها از قابلیت تحلیل سناریوهای Vensim برای آزمون گزینه‌های مختلف سیاستی و درک پیامدهای اقتصادی بلندمدت آن‌ها بهره می‌برند.

کاربردها در محیط‌زیست

کاربردهای محیط‌زیستی یکی از قوی‌ترین حوزه‌های Vensim است و موارد متعددی از استفاده نرم‌افزار برای مدل‌سازی سیستم‌های محیط‌زیستی و ارزیابی سیاست‌های محیط‌زیست مستند شده‌اند. طبیعت پیچیده و به هم پیوسته سیستم‌های محیط‌زیستی آن‌ها را برای رویکردهای مدل‌سازی پویایی سیستم‌ها بسیار مناسب می‌سازد (Currie et al., 2018). مدیریت پسماند جامد شهری نمونه‌ای عالی از کاربردهای محیط‌زیستی Vensim است. پژوهشگران از این نرم‌افزار برای مدل‌سازی تولید، جمع‌آوری و سیستم‌های دفع پسماند استفاده کرده‌اند و بررسی کرده‌اند که تغییرات جمعیتی، مداخلات سیاستی و بهبودهای فناوری چگونه بر عملکرد کلی سیستم اثر می‌گذارند (Simonetto & Löbler, 2014). این مدل‌ها به مدیران محیط‌زیست کمک می‌کنند تا پیامدهای بلندمدت استراتژی‌های مختلف مدیریت پسماند را درک کنند و سیاست‌های مؤثرتری طراحی کنند. مدل‌سازی آلودگی هوا نمونه دیگری از کاربرد محیط‌زیستی است. مطالعه آلودگی هوای تهران از Vensim برای مدل‌سازی روابط پیچیده بین فعالیت‌های اقتصادی، حمل‌ونقل، تولید آلودگی و تأثیرات بر سلامت استفاده کرده است (Shahgholian & Hajihosseini, 2009). این نوع کاربرد توانایی نرم‌افزار در ادغام عوامل محیط‌زیستی و اجتماعی - اقتصادی متعدد در مدل‌های جامع را نشان می‌دهد که می‌توانند تصمیم‌گیری‌های سیاست محیط‌زیست را اطلاع دهند. سیستم‌های مدیریت آب نیز با استفاده از Vensim مدل شده‌اند، با کاربردهایی از

مدیریت حوضه آبریز تا سیستم‌های تأمین آب شهری. در زمینه مدیریت منابع آب، Vensim به طور موفقیت‌آمیز در مطالعات مربوط به حوضه‌های آبریز به کار رفته است. برای نمونه، در حوضه رودخانه زنجان رود از این نرم‌افزار برای برنامه‌ریزی بهینه تخصیص منابع آب استفاده شد و امکان تحلیل سناریوهای گوناگون و ارزیابی تأثیرات آن‌ها بر پایداری منابع آب فراهم گردید (Abadi et al., 2015).

همچنین، در تحقیق دیگری ظرفیت حمل منابع آب^{۱۱} (WRCC) با استفاده از Vensim مدل‌سازی شد تا تعاملات پیچیده میان منابع آب، اکولوژی، جامعه و اقتصاد در راستای دستیابی به توسعه پایدار بررسی شود (Jian et al., 2023). از منظر کیفیت آب نیز Vensim ابزاری کارآمد برای شبیه‌سازی تغییرات کیفیت رودخانه‌ها و منابع آبی به شمار می‌رود. این نرم‌افزار امکان ارزیابی تأثیر عوامل مختلف و بررسی راهکارهای مدیریتی برای بهبود کیفیت آب را فراهم کرده است (Koushali et al., 2015). علاوه بر این، در حوزه آلودگی هوا مطالعاتی با استفاده از Vensim به بررسی اثر رشد تعداد خودروها بر آلودگی هوا پرداخته‌اند. این مدل‌سازی‌ها به تحلیل پیامدهای ناشی از افزایش تردد خودروها و طراحی سیاست‌های مؤثر برای کاهش آلودگی کمک کرده‌اند (Harjono et al., 2024). این نرم‌افزار در مدل‌سازی تغییرات اقلیمی نیز جایگاه مهمی دارد. Vensim برای شبیه‌سازی سناریوهای مختلف تغییرات اقلیمی و ارزیابی اثرات آن‌ها بر منابع آب و محیط‌زیست به کار رفته است. چنین کاربردهایی ابزارهای مفیدی برای برنامه‌ریزی در مواجهه با چالش‌های اقلیمی و اتخاذ تصمیم‌های پایدار در اختیار سیاست‌گذاران قرار می‌دهد (Phan et al., 2021). این مدل‌ها به مدیران آب کمک می‌کنند دینامیک پیچیده عرضه و تقاضای آب را درک کرده و استراتژی‌های مدیریتی مختلف را ارزیابی کنند (Sliwa, 2011). مطالعات متعددی نشان داده‌اند که مدل‌سازی پویایی سیستم‌ها می‌تواند در تحلیل تغییرات

^{۱۱}. Water Resources Carrying Capacity

در طول زمان شکل گیرد (Xue et al., 2018). این کاربردها ارزش نرم افزار را در درک چالش های پیچیده سلامت عمومی که شامل عوامل متعدد تعاملی هستند، نشان می دهد.

کاربردها در آموزش

آموزش هم حوزه ای برای کاربرد و هم بازار کلیدی برای Vensim، به ویژه از طریق نسخه Vensim PLE است. نرم افزار به طور گسترده در محیط های آموزشی به عنوان ابزار تدریس پویایی سیستم و همچنین به عنوان پلتفرم مدل سازی سیستم های آموزشی استفاده شده است (Widmark, 2012; Kot et al., 2024). در آموزش فیزیک، Vensim PLE برای آموزش دانش آموزان درباره سیستم های دینامیکی و مدل سازی فرآیندهای فیزیکی استفاده شده است. این کاربرد ارزش آموزشی نرم افزار را فراتر از کاربردهای سنتی کسب و کار و علوم اجتماعی نشان می دهد (Widmark, 2012). طبیعت بصری مدل سازی پویایی سیستم، آن را به ابزاری مؤثر برای کمک به دانش آموزان در درک روابط دینامیکی پیچیده تبدیل می کند. آموزش علوم محیط زیست نیز از کاربردهای Vensim بهره برده است، به طوری که نرم افزار مذکور برای آموزش دانش آموزان درباره سیستم های محیط زیستی و مدل سازی مسائل محیط زیست به عنوان بخشی از برنامه درسی استفاده شده است (Kot et al., 2024). این کاربردهای آموزشی به دانش آموزان کمک می کنند مهارت های تفکر سیستمی را هنگام یادگیری مسائل خاص محیط زیستی توسعه دهند. این نرم افزار همچنین برای مدل سازی خود سیستم های آموزشی به کار رفته است، به طوری که عواملی که بر یادگیری دانش آموزان، عملکرد مؤسسات و نتایج آموزشی اثر می گذارند، بررسی شده اند. این کاربردها به مدیران آموزشی کمک می کنند تا عوامل پیچیده مؤثر بر موفقیت آموزشی را درک کرده و مداخلات

رژیم در نظام های اجتماعی-اکولوژیک کاربرد داشته باشد. به عنوان نمونه، رحیمی و قربانی (۱۴۰۴) با بهره گیری از استعاره «گوی در حوضچه»، تغییرات رژیم سیستم اجتماعی-اکولوژیک زاینده رود را آشکارسازی کردند و نشان دادند که ابزارهای مدل سازی پویایی می توانند در درک رفتار سیستم های پیچیده محیطی مؤثر باشند. این نمونه ها اهمیت استفاده از نرم افزارهای تخصصی مانند Vensim در مطالعات بین رشته ای و کاربردی را برجسته می سازد.

کاربردها در سلامت عمومی

سلامت عمومی حوزه ای در حال رشد برای کاربردهای Vensim است و نرم افزار مذکور برای مدل سازی دینامیک بیماری ها، عملکرد سیستم های بهداشتی و مداخلات جمعیتی سلامت به کار رفته است. طبیعت پیچیده و چندعاملی مسائل سلامت عمومی آن ها را برای رویکردهای پویایی سیستم مناسب می سازد (Currie et al., 2018; Homer & Hirsch, 2006). Vensim برای مدل سازی جنبه های مختلف سیستم های سلامت از جمله ارائه خدمات بهداشتی، تخصیص منابع و مداخلات سیاستی استفاده شده است. این کاربردها به مدیران سیستم های سلامت کمک می کنند تعاملات پیچیده بین اجزای مختلف سیستم را درک کرده و مداخلات مؤثرتری طراحی کنند (Homer & Hirsch, 2006). این نرم افزار همچنین برای مدل سازی بیماری ها کاربرد داشته است، تا بررسی شود چگونه عوامل مختلف بر انتقال، پیشرفت و پیامدهای بیماری اثر می گذارند. این مدل ها می توانند سیاست های سلامت عمومی را با ارائه درک اثرات احتمالی استراتژی های مداخله ای راهنمایی کنند (Currie et al., 2018). تحقیقات مرتبط با چاقی نیز از Vensim برای مدل سازی عوامل پیچیده مؤثر بر چاقی در سطح جمعیت استفاده کرده اند و بررسی کرده اند چگونه عوامل محیطی، رفتاری و سیاستی با یکدیگر تعامل می کنند تا روند چاقی

Peterson & Eberlein, 1994; Shahgholian)
(& Hajihosseini, 2009.

* رابط گرافیکی: محیط مدل‌سازی بصری نرم‌افزار، درک ساختار مدل و ارتباط با ذی‌نفعانی که با روش‌های مدل‌سازی ریاضی آشنا نیستند را آسان‌تر می‌کند. این رویکرد بصری به‌ویژه در فرآیندهای مدل‌سازی مشارکتی اهمیت دارد (Einzinger et al., 2010; Moore & Helms, 2018).

* انعطاف‌پذیری و توسعه‌پذیری: توانایی Vensim در ادغام با دیگر پلتفرم‌های نرم‌افزاری و منابع داده، انعطاف‌پذیری لازم برای پروژه‌های مدل‌سازی پیچیده که نیازمند چندین ابزار یا داده‌های بزرگ هستند را فراهم می‌کند (Kot et al., 2024; Größler et al., 2003).

محدودیت‌ها

با وجود نقاط قوت، Vensim چند محدودیت نیز دارد که کاربران باید هنگام انتخاب نرم‌افزار برای کاربردهای خاص مدنظر قرار دهند. این موارد عبارتند از (Widmark, 2012; Größler et al., 2003):

* دشواری یادگیری: مدل‌سازی پویایی سیستم نیازمند درک مفهومی است و هرچند Vensim کاربرپسند است، کاربران جدید برای مسلط شدن به آن باید سرمایه‌گذاری زمانی قابل توجهی داشته باشند. قدرت نرم‌افزار با پیچیدگی همراه است که ممکن است برای مبتدیان چالش‌برانگیز باشد.

* عملکرد محاسباتی: برای مدل‌های بسیار بزرگ یا تحلیل‌های محاسباتی سنگین، Vensim ممکن است محدودیت عملکردی داشته باشد و نسبت به پلتفرم‌های شبیه‌سازی تخصصی که برای محاسبات با عملکرد بالا طراحی شده‌اند، کندتر عمل کند. این

آموزشی مؤثرتری طراحی کنند (Moore & Helms, 2018).

مزایا و محدودیت‌ها

مزایا

نرم‌افزار Vensim دارای چندین مزیت مهم است که به پذیرش گسترده آن در کاربردهای مدل‌سازی پویایی سیستم‌ها کمک کرده‌اند. این مزایا شامل توانمندی‌های فنی، سهولت استفاده و دسترس‌پذیری آموزشی می‌شوند.

* محیط مدل‌سازی جامع: Vensim محیط یکپارچه‌ای ارائه می‌دهد که فرآیند کامل مدل‌سازی پویایی سیستم‌ها را از مرحله مفهومی اولیه تا تحلیل و گزارش‌دهی نهایی پشتیبانی می‌کند. این یکپارچگی نیاز به استفاده از چندین نرم‌افزار مختلف را از بین می‌برد و یکپارچگی و انسجام مدل‌سازی را تضمین می‌کند (Einzinger et al., 2010; Peterson & Eberlein, 1994).

* دسترس‌پذیری آموزشی: در دسترس بودن نسخه Vensim PLE به صورت رایگان یا با هزینه کم برای استفاده آموزشی، مدل‌سازی پویایی سیستم‌ها را برای دانشجویان و اساتید در سراسر جهان قابل دسترس کرده است. این دسترس‌پذیری برای گسترش آموزش پویایی سیستم‌ها و تربیت نسل بعدی متخصصان این حوزه حیاتی است (Widmark, 2012; Kot et al., 2024).

* توانمندی‌های تحلیلی قوی: قابلیت‌های تحلیل سناریو، آزمون حساسیت و Reality Check در Vensim ابزارهای قدرتمندی برای اعتبارسنجی مدل و آزمون سیاست‌ها فراهم می‌آورند. این قابلیت‌ها به کاربران امکان می‌دهند به مدل‌های خود اعتماد کنند و نتایج را به‌طور مؤثر به ذی‌نفعان منتقل نمایند

محدودیت می تواند استفاده از نرم افزار را برای پروژه های مدل سازی بسیار بزرگ محدود کند.

♦ قابلیت های محدود مدل سازی مبتنی بر عامل: هرچند Vensim می تواند با پلتفرم های مدل سازی مبتنی بر عامل ادغام شود، اما عمدتاً برای مدل سازی تجمیعی پویایی سیستم طراحی شده و ممکن است برای کاربردهایی که نیاز به مدل سازی سطح فردی دقیق دارند، بهترین گزینه نباشد.

♦ مستندات و مشخصات فنی: منابع موجود نشان می دهند که مستندات فنی دقیق درباره الزامات سیستم، الگوریتم های حل کننده و ویژگی های پیشرفته ممکن است نسبت به برخی پلتفرم های دیگر محدود باشد. این محدودیت می تواند فهم کامل قابلیت ها و محدودیت های نرم افزار را برای کاربران دشوار کند.

♦ هزینه نسخه های حرفه ای: هرچند نسخه آموزشی قابل دسترس است، نسخه های حرفه ای Vensim ممکن است برای برخی سازمان ها به ویژه گروه های تحقیقاتی کوچک یا مؤسسات کشورهای درحال توسعه هزینه قابل توجهی داشته باشد.

مقایسه با نرم افزارهای مشابه

بازار نرم افزارهای پویایی سیستم شامل چندین پلتفرم رقیب است که هر کدام نقاط قوت و بازار هدف متفاوتی دارند. درک جایگاه Vensim نسبت به این گزینه ها برای انتخاب نرم افزار مناسب اهمیت دارد.

نرم افزارهای Stella / iThink

نرم افزارهای Stella و iThink توسعه یافته توسط isee systems، رقبای اصلی Vensim در بازار نرم افزارهای پویایی سیستم هستند. هر دو پلتفرم قابلیت های بنیادی مشابه برای مدل سازی پویایی سیستم ها دارند، اما در رابط

کاربری، بازار هدف و ویژگی های خاص متفاوت اند. Stella عمدتاً به عنوان ابزار آموزشی مانند Vensim PLE عمل می کند و بر سهولت استفاده و جذابیت بصری تأکید دارد. این نرم افزار در محیط های آموزشی به طور گسترده استفاده می شود و به دلیل رابط کاربری شهودی و قابلیت های گرافیکی قوی شناخته شده است. iThink نسخه حرفه ای این پلتفرم است که ویژگی های پیشرفته برای کاربردهای کسب و کار و پژوهش ارائه می دهد.

در مقایسه با Vensim، Stella/iThink ممکن است در طراحی رابط کاربری و سهولت یادگیری برای کاربران جدید مزیت داشته باشد. با این حال، Vensim اغلب به خاطر توانمندی های تحلیلی قوی تر، به ویژه در تحلیل حساسیت و آزمون مدل از طریق اعتبارسنجی مدل، برتر محسوب می شود (Peterson & Eberlein, 1994).

نرم افزار AnyLogic

نرم افزار AnyLogic رویکرد متفاوتی در مدل سازی شبیه سازی ارائه می دهد و قابلیت های چندروش مدل سازی^{۱۲} شامل پویایی سیستم، مدل سازی مبتنی بر عامل^{۱۳} و شبیه سازی رویداد گسسته^{۱۴} را در یک پلتفرم ترکیب می کند. رویکرد چندروش مدل سازی در AnyLogic موجب تمایز آن از نرم افزارهای صرفاً مبتنی بر پویایی سیستم مانند Vensim می شود. برای کاربردهایی که تنها نیاز به مدل سازی پویایی سیستم دارند، Vensim ممکن است از نظر ویژگی های تخصصی و سهولت استفاده مزیت داشته باشد. با این حال، برای مسائل پیچیده که از چندین پارادایم مدل سازی بهره می برند، قابلیت های چندروش مدل سازی AnyLogic ممکن است مفید باشد. انتخاب بین این پلتفرم ها اغلب بستگی به نیازهای پروژه و تخصص گروه مدل سازی دارد. قدرت AnyLogic در

¹². Multi-method Modeling

¹³. Agent-Based Modeling

¹⁴. Discrete-Event Simulation

تخصص کاربران، محدودیت‌های بودجه و زمینه سازمانی انجام شود. برای کاربردهای آموزشی و پروژه‌های پژوهشی با بودجه محدود، Vensim PLE ارزش فوق‌العاده‌ای ارائه می‌دهد. برای کاربردهای حرفه‌ای که نیازمند ویژگی‌های پیشرفته هستند، انتخاب بین Vensim، Stella/iThink، AnyLogic و Powersim به نیازهای تخصصی هر پروژه و ترجیحات سازمانی بستگی دارد.

مشخصات فنی و مسیرهای توسعه آینده

هرچند مشخصات فنی دقیق Vensim به صورت جامع در منابع علمی موجود مستند نشده است، این نرم‌افزار دارای چندین توانمندی فنی مهم است که کاربرد گسترده آن را پشتیبانی می‌کند.

توانمندی‌های فنی کنونی

Vensim از سیستم‌عامل‌های مختلف پشتیبانی می‌کند و گزینه‌های انعطاف‌پذیری برای استقرار در زمینه‌های سازمانی متفاوت ارائه می‌دهد. نرم‌افزار قادر است مدل‌هایی با پیچیدگی‌های مختلف را مدیریت کند؛ از مثال‌های آموزشی ساده تا کاربردهای حرفه‌ای بزرگ با صدها متغیر و روابط ریاضی پیچیده (Simonetto & Löbler, 2014; Einzinger et al., 2010). موتور شبیه‌سازی نرم‌افزار توانایی پشتیبانی از مدل‌سازی با زمان پیوسته و گسسته را دارد و انعطاف‌پذیری لازم برای انواع مختلف کاربردهای پویایی سیستم را فراهم می‌کند. قابلیت‌های ادغام، Vensim را قادر می‌سازند تا به منابع داده خارجی، دیگر پلتفرم‌های نرم‌افزاری و ماژول‌های کدنویسی سفارشی برای کاربردهای خاص متصل شود (Kot et al., 2024; Größler et al., 2003).

ادغام و تعامل‌پذیری

Vensim توانمندی‌های قابل توجهی در ادغام با دیگر پلتفرم‌ها و سیستم‌های نرم‌افزاری نشان داده است. توسعه

مدل‌سازی مبتنی بر عامل آن را برای کاربردهایی که رفتار سطح فردی اهمیت دارد، مناسب می‌سازد، درحالی که تمرکز Vensim بر پویایی سیستم، آن را برای مدل‌سازی در سطح تجمیعی مناسب می‌کند (Borshchev, 2014; AnyLogic, n.d).

نرم‌افزار Powersim

نرم‌افزار Powersim پلتفرم تجاری دیگری برای پویایی سیستم است که در بازار حرفه‌ای با Vensim رقابت می‌کند. این نرم‌افزار بر کاربردهای کسب‌وکار تمرکز دارد و قابلیت‌های ادغام قوی با سیستم‌های نرم‌افزاری سازمانی ارائه می‌دهد. Powersim ممکن است برای کاربردهای کسب‌وکار که نیاز به ادغام نزدیک با سیستم‌های سازمانی موجود دارند، مزیت داشته باشد، درحالی که Vensim ممکن است برای کاربردهای آموزشی و پژوهشی که نسخه PLE دسترسی مقرون‌به‌صرفه به مدل‌سازی پویایی سیستم ارائه می‌دهد، ترجیح داده شود. انتخاب بین Powersim و Vensim اغلب بستگی به نیازهای سازمانی خاص، زیرساخت نرم‌افزاری موجود و ملاحظات هزینه دارد. هر دو پلتفرم قابلیت‌های قوی مدل‌سازی پویایی سیستم دارند، اما موقعیت بازار و مجموعه ویژگی‌های متفاوت آن‌ها ممکن است یکی را برای کاربردهای خاص مناسب‌تر کند (Ventana Systems, 2025a; Powersim Software) (AS, 2025).

جمع‌بندی مقایسه‌ای

هر پلتفرم نرم‌افزاری پویایی سیستم برای خدمت به بخش‌های بازار و نیازهای کاربران مختلف توسعه یافته است. نقاط قوت خاص Vensim شامل دسترسی‌پذیری آموزشی از طریق نسخه PLE، توانمندی‌های تحلیلی قوی از طریق ابزارهای اعتبارسنجی مدل و تحلیل حساسیت و سابقه قوی در کاربردهای پژوهشی و آموزشی است. انتخاب بین این پلتفرم‌ها باید براساس نیازهای پروژه،

شده در پژوهش و کاربردهای حرفه ای، این نرم افزار را به انتخابی پیشرو برای پروژه های مدل سازی پویایی سیستم تبدیل کرده است.

نقاط قوت کلیدی

تحلیل ها چندین نقطه قوت مهم Vensim را نشان می دهند:

- تأثیر آموزشی Vensim PLE: دسترسی به مدل سازی پویایی سیستم را فراگیر کرده و موجب پذیرش گسترده آن در محیط های آموزشی و رشد جامعه متخصصان پویایی سیستم شده است.
- دقت تحلیلی: ابزار Reality Check و قابلیت های جامع تحلیل حساسیت، ابزارهای قدرتمندی برای اعتبارسنجی و آزمون مدل فراهم می کنند و از توسعه مدل های معتبر و قابل اعتماد پشتیبانی می کنند.
- کاربردهای عملی: کاربردهای مستند در حوزه های مدیریت، اقتصاد، محیط زیست، سلامت عمومی و آموزش، انعطاف پذیری و ارزش عملی نرم افزار را برای حل مسائل واقعی نشان می دهند.
- قابلیت های ادغام: توانایی اتصال به دیگر پلتفرم ها و منابع داده، انعطاف پذیری لازم برای پروژه های مدل سازی پیچیده که نیازمند چند ابزار یا داده های بزرگ هستند را فراهم می کند.

نکات قابل توجه

- کاربرانی که قصد استفاده از Vensim را دارند، باید محدودیت ها و ملاحظات را نیز در نظر بگیرند:
- سرمایه گذاری در یادگیری: استفاده مؤثر از Vensim نیازمند سرمایه گذاری زمانی قابل توجه، به ویژه برای کاربران تازه کار در حوزه پویایی سیستم، است.

رابطه های نرم افزاری با پلتفرم های مدل سازی مبتنی بر عامل مانند RePast، پتانسیل استفاده از رویکردهای مدل سازی ترکیبی که پویایی سیستم را با سایر روش های شبیه سازی ترکیب می کنند، نشان می دهد (Größler et al., 2003).

قابلیت های ادغام داده ها به مدل ها امکان اتصال به پایگاه های داده خارجی، صفحات گسترده و سایر منابع داده ای را می دهند و امکان استفاده از داده های واقعی برای مدل سازی در زمان واقعی و به روزرسانی خودکار مدل ها براساس داده های جاری را فراهم می کنند (Kot et al., 2024).

مسیرهای توسعه آینده

هرچند برنامه های توسعه آینده به طور مشخص در منابع موجود ذکر نشده اند، روندهای جاری در مدل سازی پویایی سیستم می توانند جهت های احتمالی تکامل Vensim را نشان دهند. این جهت ها ممکن است شامل توانمندی های وب محور^{۱۵} پیشرفته، بهبود ادغام با منابع داده کلان و پشتیبانی گسترده تر از فرآیندهای مدل سازی مشارکتی باشد. اهمیت روزافزون پایداری و مدل سازی محیط زیستی نشان می دهد که توسعه قابلیت ها برای کاربردهای محیط زیست ادامه خواهد یافت. به طور مشابه، تمرکز فزاینده بر کاربردهای سلامت عمومی ممکن است به گسترش کاربردهای اپیدمیولوژیک و توسعه قابلیت های ویژه برای مدل سازی سیستم های سلامت منجر شود. (Ventana Systems, 2025a; Łatuszyńska, 2017).

نتیجه گیری و جمع بندی

Vensim یک پلتفرم جامع برای مدل سازی پویایی سیستم است که ارزش قابل توجهی در حوزه های مختلف کاربردی نشان داده است. ترکیب دسترس پذیری آموزشی از طریق نسخه PLE، توانمندی های تحلیلی قوی و سابقه اثبات

¹⁵. Web-based

Abadi, L. S. K., Shamsai, A., & Goharnejad, H. (2015). An analysis of the sustainability of basin water resources using Vensim model. *KSCE Journal of civil engineering*, 19(6), 1941-1949.

AnyLogic. (n.d.). *Multimethod modeling*. AnyLogic. Retrieved October 10, 2025. <https://www.anylogic.com/use-of-simulation/multimethod-modeling/>

Borshchev, A. (2014). *The Big Book of Simulation Modeling: Multimethod Modeling with AnyLogic 6*. AnyLogic North America. https://www.researchgate.net/publication/28469696_9_Multi-method_modelling_AnyLogic

Currie, D. J., Smith, C., & Jagals, P. (2018). The application of system dynamics modelling to environmental health decision-making and policy-scoping review. *BMC public health*, 18(1), 402.

Einzinger, P., Zauner, G., & Ganjeizadeh-Rouhani, A. (2010). A system dynamics model of health insurance financing in Austria. *SNE*, 20(2), 59-62.

Ford, A. (2010). *Modeling the environment* (Vol. 488). Washington, DC: Island press.

Forrester, J. (1961). W. (1961). *Industrial Dynamics*. Waltham MA, Pegasus Communications.

Größler, A., Stotz, M., & Schieritz, N. (2003, July). A software interface between system dynamics and agent-based simulations: linking Vensim® and RePast®. In *Proceedings of the 21st system dynamics society international conference* (Vol. 8, No. 7, pp. 20-24).

Harjono, C., Gianto, L., Sidik, R., & Widaningrum, D. L. (2024). Forecasting Air Pollution Driven by Vehicle Growth, Public Transport, Industry, and Household Waste. *Journal of Environmental Science and Sustainable Development*, 7(2), 9.

Homer, J. B., & Hirsch, G. B. (2006). System dynamics modeling for public health: background and opportunities. *American journal of public health*, 96(3), 452-458.

Jian, Z., Abd Rahman, N. F., & Ong, J. (2023). Modelling the carrying capacity of water resources for sustainable water ecology using Vensim. *International Journal of Professional Business Review: Int. J. Prof. Bus. Rev.*, 8(9), 26.

♦ محدودیت‌های عملکردی: مدل‌های بسیار بزرگ یا تحلیل‌های محاسباتی سنگین ممکن است با محدودیت عملکرد مواجه شوند و کاربرد آن‌ها را برای برخی پروژه‌ها محدود کنند.

♦ ملاحظات هزینه‌ای: نسخه‌های حرفه‌ای سرمایه‌گذاری قابل توجهی می‌طلبند که برای همه کاربردها توجیه‌پذیر نیست، هرچند نسخه آموزشی ارزش عالی برای آموزش و یادگیری ارائه می‌دهد.

Vensim با ترکیب دسترس‌پذیری، قابلیت‌ها و عملکرد اثبات شده در کاربردهای متنوع، جایگاه پیشرو در بازار نرم‌افزارهای پویایی سیستم را تثبیت کرده است. نقاط قوت خاص آن در کاربردهای آموزشی، همراه با توانمندی‌های حرفه‌ای قوی، آن را برای استمرار اهمیت در چشم‌انداز تکامل یافته مدل‌سازی پویایی سیستم آماده می‌کند. برای سازمان‌ها و افراد علاقه‌مند به کاربرد مدل‌سازی پویایی سیستم در حل مسائل پیچیده، Vensim یک پلتفرم بالغ با قابلیت‌های جامع و جامعه کاربری قوی ارائه می‌دهد. انتخاب بین Vensim و دیگر پلتفرم‌ها باید براساس نیازهای پروژه، تخصص کاربران و زمینه سازمانی انجام شود، اما Vensim برای اغلب کاربردهای پویایی سیستم یک انتخاب مطمئن است. تکامل مداوم نرم‌افزار و شناخت روزافزون پویایی سیستم به عنوان رویکردی ارزشمند برای حل مسائل پیچیده، نشان می‌دهد که Vensim ابزار مهمی برای پژوهشگران، متخصصان و آموزگاران خواهد ماند که در تلاش برای درک و بهبود سیستم‌های پیچیده در حوزه‌های مختلف هستند.

منابع

رحیمی، م. و قربانی، م. (۱۴۰۴). آشکارسازی کمی تغییرات رژیم نظام اجتماعی- اکولوژیک زاینده‌رود: کاربرد استعاره گوی در حوضچه. *محیط‌شناسی*، ۵۱(۱)، ۹۵-۷۵.

regime shifts in Iran: Drivers and feedbacks. *River Research and Applications*, 39(6), 1173-1186.

Senge, P. M. (1990). *The art and practice of the learning organization* (Vol. 1). New York: Doubleday.

Shahgholian, K., & Hajihosseini, H. (2009). A dynamic model of air pollution, health, and population growth using system dynamics: A study on Tehran-Iran (with computer simulation by the software Vensim). *Int J Environ*, 3(11), 372-379.

Simonetto, E. D. O., & Löbler, M. L. (2014). Simulação baseada em System Dynamics para avaliação de cenários sobre geração e disposição de resíduos sólidos urbanos. *Production*, 24, 212-224.

Sliwa, K. (2011). From problem conceptualization to simulation. The application of the systems dynamics to water management problem. *Journal of Entrepreneurship, Management and Innovation*, 7(1), 51-61.

Ventana Systems. (2025a). Vensim (Version 7.3.5) [Computer software]. Ventana Systems. <https://vensim.com>

Ventana Systems. (2025b). Sample models from Vensim [Computer software]. Ventana Systems. <https://vensim.com/models>

Widmark, S. (2012). Modeling physical systems using Vensim PLE systems dynamics software. *The Physics Teacher*, 50(2), 105-108.

Xue, H., Slivka, L., Igusa, T., Huang, T. T., & Wang, Y. (2018). Applications of systems modelling in obesity research. *Obesity Reviews*, 19(9), 1293-1308.

Kot, A. G., Achasov, A. B., Seliverstov, O. Y., & Karpov, V. G. (2024). Simulation modeling tools in training environmental science students. *Visnyk of VN Karazin Kharkiv National University. Series Ecology*, (30), 105-117.

Koushali, H. P., Moshtagh, R., & Mastoori, R. (2015). Water resources modelling using system dynamic in Vensim. *Journal of Water Resource and Hydraulic Engineering*, 4(3), 251-256.

Łatuszyńska, M. (2017). Web-based tools for system dynamics simulation. *Foundations of Management*, 9(1), 287.

Moore, R. A., & Helms, M. (2018, October). Modeling Schools' Capacity for Lasting Change: A Causal Loop and Simulation-Based Approach. In *Conference of the Computational Social Science Society of the Americas* (pp. 215-227). Cham: Springer International Publishing.

Morecroft, J. D., Asay, D., & Sterman, J. D. (Eds.). (1994). *Modeling for learning organizations*. Productivity, Incorporated.

Peterson, D. W., & Eberlein, R. L. (1994). Reality check: A bridge between systems thinking and system dynamics. *System Dynamics Review*, 10(2-3), 159-174.

Phan, T. D., Bertone, E., & Stewart, R. A. (2021). Critical review of system dynamics modelling applications for water resources planning and management. *Cleaner Environmental Systems*, 2, 100031.

Powersim Software AS. (2025). *Powersim Studio* [Computer software]. Powersim Software.

Rahimi, M., Ghorbani, M., & Ahmadaali, K. (2025). How to manage regime shifts: insights from a dryland social-ecological system. *International Journal of Water Resources Development*, 41(3), 513-539.

Rahimi, M., & Ghorbani, M. (2025). Quantitative Revelation of Regime Shifts in the Social-Ecological System of Zayandeh-Rud: Application of the Ball in the Basin Metaphor. *Journal of Environmental Studies*, 51(1), 75-95.

Rahimi, M., Ghorbani, M., Ahmadaali, K., Salajeghe, A., & Azadi, H. (2023). Dryland river



Vensim Software: A Comprehensive Analysis of System Dynamics Modeling Platform

Hannaneh Sadat Sadat Mousavi

Ph.D. student, Department of Natural Environment, Faculty of Natural Resources, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

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

Abstract

Vensim is a prominent software tool in the field of system dynamics modeling, developed by Ventana Systems, which enables users to model, simulate, and analyze complex systems in a structured manner. Utilizing causal loop diagrams and stock-and-flow models, the software facilitates the understanding of causal relationships and dynamics within multi-component systems. This comprehensive review examines the development history of Vensim, its advanced technical capabilities, its broad applications across various domains, and its comparative advantages over other similar tools. Vensim provides a diverse set of essential tools for scenario analysis, sensitivity testing, and model validation through its Reality Check feature, helping users assess the accuracy and robustness of their models and make evidence-based decisions. The software has found extensive applications in strategic management, economics, environmental studies, public health, education, and research, and has demonstrated high flexibility as a comprehensive system dynamics modeling platform. Additionally, the educational version, Vensim PLE, provides students and researchers with access to its modeling capabilities, although limitations remain regarding the learning curve and computational performance for very large models. By systematically analyzing the features, applications, and position of Vensim, this article clarifies its role within the broader landscape of system dynamics software tools and provides a comprehensive insight into the software's advantages, limitations, and potential capabilities.

Keywords: System dynamics, Modeling, Simulation, Causal loop diagrams, Stock-and-flow models

Sadat Mousavi, H. S. (2025). Vensim Software: A Comprehensive Analysis of System Dynamics Modeling Platform. *Zist Sepehr Student Magazine*, 18(2), 43-59.

زباله‌دان دریایی: یک دستگاه مکانیکی شناور برای جمع‌آوری زباله‌های دریایی

آریان بیاتی^{۱*}، علی مردانی^۱

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

*رایانامه نویسنده مسئول: ariyan.bayati@ut.ac.ir

چکیده

یکی از چالش‌های جدی محیط‌زیستی در دنیای امروز، آلودگی گسترده اقیانوس‌ها و آبراه‌ها با زباله‌های پلاستیکی است. هر روز مقادیر زیادی از این پسماندها، به‌ویژه پلاستیک‌های غیرقابل تجزیه، وارد محیط‌های آبی می‌شوند و تهدیدی برای تنوع‌زیستی، سلامت آبزیان و در نهایت انسان‌ها ایجاد می‌کنند. در پاسخ به این بحران، فناوری‌هایی همچون زباله‌دان دریایی (Seabin) توسعه یافته‌اند که با هدف جمع‌آوری زباله‌های شناور پیش از ورود به اقیانوس‌ها، نقشی مؤثر در کاهش آلودگی ایفا می‌کنند. این دستگاه متشکل از یک واحد پمپاژ، کیسه‌ای از جنس کف و لوله‌های فولادی است و با دنبال کردن جریان آب و جزر و مد، زباله‌هایی مانند میکروپلاستیک‌ها، قوطی‌ها، درب بطری‌ها و سایر آلودگی‌های سطحی را جذب می‌کند. اگرچه در شرایط کنونی، روش‌های دستی پاک‌سازی همچنان بازدهی مطلوب‌تری داشته است، اما پروژه‌هایی مانند Seabin با بهره‌گیری از فناوری‌های نوآورانه، ضمن کمک به حفظ محیط‌زیست دریایی، می‌توانند در افزایش آگاهی عمومی و ایجاد انگیزه برای مشارکت در فعالیت‌های محیط‌زیستی نقش مهمی ایفا کنند. این رویکردهای تلفیقی می‌توانند آینده‌ای پایدارتر برای اکوسیستم‌های آبی رقم بزنند.

کلیدواژه‌ها: زباله‌دان دریایی، دستگاه پاک‌سازی، پسماند، زباله‌های شناور

بیاتی، آ.، مردانی، ع. (۱۴۰۴). زباله‌دان دریایی: یک دستگاه مکانیکی شناور برای جمع‌آوری زباله‌های دریایی. نشریه دانشجویی زیست سپهر، ۱۸(۲)، ۶۰-۶۷.

مقدمه

موجودات زنده گرفتار شده و نیازهای مربوط به نگهداری دستگاه نقض می‌کند (Parker-Jurd et al., 2022).

زباله‌های دریایی

زباله‌های دریایی به هر نوع ماده‌ی جامدی اطلاق می‌شود که به محیط‌زیست دریایی وارد می‌شود. این مواد شامل ته‌سیگار، تورهای صیادی، بطری‌ها، قوطی‌ها، سرنگ‌ها، لاستیک‌ها و... هستند (ویس، ۱۳۹۸). در تعریف دیگر، ورود مستقیم یا غیرمستقیم مواد یا انرژی ناشی از فعالیت‌های انسانی به محیط‌های دریایی (از جمله مصب‌ها)، که منجر به پیامدهای زیان‌بار نظیر آسیب به منابع زنده، تهدید سلامت انسان، اختلال در فعالیت‌های اقتصادی و دریایی مانند ماهیگیری، کاهش کیفیت آب برای مصارف مختلف و افت سطح رفاه عمومی می‌شود، به‌عنوان آلودگی دریایی شناخته می‌شود (Millward & Turner, 2001). برآوردها نشان می‌دهند که حدود ۸۰ درصد از آلاینده‌هایی که وارد محیط‌های دریایی می‌شوند، منشأ خشکی دارند (Kumar, 2022)؛ در این میان، فعالیت‌های کشاورزی به‌تنهایی مسئول تقریباً ۵۰ درصد از منابع آلودگی آب‌های سطحی هستند که عمدتاً از طریق افزایش غلظت مواد مغذی، به‌ویژه یون آمونیوم (NH_4^+) و نیتрат (NO_3^-) ناشی از نهاده‌های کشاورزی، به این آلودگی دامن می‌زنند (Islam & Tanaka, 2004). این زباله‌ها معمولاً از طریق نهرها، رودخانه‌ها یا در اثر بارندگی و طوفان به محیط‌های آبی منتقل می‌گردند.

پلاستیک‌ها شامل بخش بزرگی از زباله‌ها هستند. آن‌ها بسیار آهسته تجزیه می‌شوند و بیشتر حالت شناوری دارند که به آن‌ها اجازه می‌دهد تا از طریق جریان‌های اقیانوسی هزاران مایل جابه‌جا شوند. بیشتر پلاستیک‌ها هنگامی که در معرض نور فرابنفش قرار می‌گیرند شکننده شده و به تکه‌های کوچک‌تر و ریزتر تجزیه می‌شوند و میکروپلاستیک‌ها را تشکیل می‌دهند. میکروپلاستیک روی خط ساحلی، به خصوص نزدیک مناطق شهری فراوان

زباله‌های دریایی از منابع مختلف زمینی و دریایی سرچشمه می‌گیرند و در اشکال و اندازه‌های گوناگونی از ذرات میکروسکوپی تا زباله‌های بزرگ مانند تورهای ماهیگیری و بدنه قایق‌ها دیده می‌شوند. وجود زباله‌های پلاستیکی در محیط‌های دریایی نه‌تنها به آب‌های ساحلی محدود نمی‌شود بلکه تا اقیانوس‌های آزاد و کف دریا نیز گسترش یافته است. آلودگی در برخی مناطق، علاوه بر سایر عوامل، به باد و جریان‌های آبی وابسته است. این عوامل باعث می‌شوند زباله‌های شناور مستقیماً وارد بنادر، باشگاه‌های قایق‌رانی و اسکله‌ها شوند. بنابراین، این مکان‌های نسبتاً قابل کنترل، محیطی ایده‌آل برای Seabin فراهم می‌کنند تا به پاک‌سازی اقیانوس‌ها کمک کند (JadeWeserPort, 2019). ایده اولیه این بود که یک سطل زباله شناور پایدار ساخته شود که بتواند به‌طور شبانه‌روزی زباله‌های پلاستیکی و سایر آلودگی‌های موجود در آب را جمع‌آوری کند. با گذشت زمان، دامنه این پروژه به یک ابتکار جامع در زمینه پژوهش، فناوری و آموزش گسترش یافت که توجه و علاقه‌ای جهانی را به خود جلب کرد (Kulkarni et al., 2021).

با در نظر گرفتن راهکارهای مقابله با مشکل زباله‌های پلاستیکی، پروژه Seabin در مقایسه مستقیم با سایر سیستم‌ها و مفاهیم پاک‌سازی بنادر از زباله‌های پلاستیکی، به‌عنوان مقرون به صرفه‌ترین و قابل‌عرضه‌ترین راه حل شناخته شده است. Seabin نوآوری‌ای در فناوری پاک‌سازی اقیانوس‌ها محسوب می‌شود که به ایجاد اقیانوس‌های پاک‌تر، حیات دریای سالم‌تر و بهبود کیفیت زندگی کمک می‌کند (JadeWeserPort, 2019)، اما مطالعات جدید در جنوب غربی بریتانیا مقرون به صرفه بودن این پروژه را به دلایلی همچون نرخ پایین جمع‌آوری زباله در مقایسه با جمع‌آوری دستی، نرخ بالای مرگ و میر

Seabin چیست ؟

زباله‌دان دریایی (Seabin) یک دستگاه پاک‌سازی آب است که در نزدیکی بنادر، اسکله‌ها، بندرگاه‌ها و سایر آب‌هایی که در آن‌ها زباله‌های شناور دیده می‌شود نصب می‌شود تا از ورود این آلاینده‌ها و زباله‌ها به اقیانوس جلوگیری کند. اصل کار زباله‌دان دریایی بسیار ساده است؛ به این صورت که زباله‌های شناور به سمت این سطل شناور جذب شده و مواد زائد در توری مخصوص جمع می‌شوند، درحالی که آب تصفیه شده مجدداً وارد اقیانوس می‌شود (Kulkarni et al., 2021). زباله‌دان دریایی یک کفگیر زباله^۱ است که برای محیط‌های آرام و حفاظت‌شده طراحی شده است. این دستگاه به گونه‌ای ساخته شده که زباله‌های شناور از اندازه ریز تا بزرگ و همچنین مواد آلی آلوده را جذب کند (Parker-Jurd et al., 2022).



شکل ۱- مکانیسم Seabin (Parker-Jurd et al., 2022)

اجزای مهم زباله‌دان دریایی

۱. کیسه جمع‌آوری زباله (Catch Bag):

یکی از اجزای اصلی زباله‌دان دریایی است. همان‌طور که از نام آن پیداست، زباله‌های شناور را در خود نگه می‌دارد. این کیسه از یک توری بسیار ریزبافت (گونی کنفی) ساخته شده است که حتی ریزترین ذرات آلاینده را به دام

است و شامل پلی‌استر، آکرلیک و پلی‌آمید (نایلون) است. پژوهش‌های اخیر نشان داده است که معمول‌ترین پلاستیک‌های مورد استفاده هرگز به طور کامل تجزیه نمی‌شوند (ویس، ۱۳۹۸). با افزایش نگران‌کننده‌ی زباله‌های پلاستیکی در اقیانوس‌ها، نیاز به راهکارهای مؤثر و پایدار برای پاک‌سازی این آلودگی به‌شدت احساس می‌شود. یکی از این راهکارها، توسعه و به‌کارگیری فناوری‌هایی است که یا از ورود پلاستیک‌ها به آبراهه‌ها جلوگیری می‌کنند، یا آلودگی‌های پلاستیکی موجود در دریاها و رودخانه‌ها را جمع‌آوری می‌نمایند (Schmaltz et al., 2020). اثرات زباله‌های دریایی عمدتاً از نوع فیزیکی بوده و تأثیرات شیمیایی آن‌ها در مراحل بعدی خود را نشان می‌دهد. زباله دریایی از طریق بلعیدن آن توسط جانوران یا گرفتار شدن آبزیان در آن بر موجودات زنده دریایی اثر منفی دارد. ارزیابی شده است که بیش از ۱۰۰ هزار پستاندار دریایی، شامل گونه‌های در معرض خطر انقراض، هر ساله توسط زباله دریایی از بین رفته‌اند (ویس، ۱۳۹۸). آلودگی ناشی از زباله‌های دریایی، یک مشکل محیط‌زیستی پیچیده است که منابع متعددی از خشکی و دریا دارد و راه‌حل‌های آسانی برای آن وجود ندارد. هرچند درک علمی از این مشکلات و دامنه‌ی راه‌حل‌های مؤثر به‌طور قابل‌توجهی افزایش یافته، اما همچنان شکاف‌های زیادی برای پر کردن باقی مانده است. همان‌طور که منابع، مسیرها و اثرات ماکروپلاستیک‌ها و میکروپلاستیک‌ها هنوز به‌طور کامل شناخته نشده‌اند، درباره‌ی اینکه کدام اقدامات و راه‌حل‌ها تحت چه شرایطی مؤثرترند، بحث‌های زیادی وجود دارد و بسیاری از این راه‌حل‌ها نیز در واقعیت‌های سیاسی با مانع مواجه می‌شوند. این موضوع روشن شده است که علی‌رغم وجود سیاست‌ها و ابتکارات مختلف، اگر اقدامات بیشتری برای جلوگیری از تولید زباله صورت نگیرد، این مشکل صرفاً تشدید خواهد شد (Löhr et al., 2017).

¹. trash skimmer

۵. گیره‌های نگهدارنده (Clamping Material):

زباله‌دان دریایی برای جمع‌آوری آلاینده‌ها نیاز به پشتیبانی دارد. به همین دلیل، از گیره‌هایی برای محکم کردن آن در نزدیکی اسکله یا قایق‌ها استفاده می‌شود تا در محل موردنظر ثابت بماند (Kulkarni et al., 2021).

کارکرد زباله‌دان دریایی

زباله‌دان دریایی روی سطح آب شناور است و با استفاده از یک پمپ آب که قادر به جابه‌جایی ۳۲ لیتر در دقیقه معادل پمپ ۰.۵ اسب بخار است (در نمونه قدیمی)، آب را به داخل خود می‌کشد. سپس آب تصفیه‌شده مجدداً به درون دریا بازمی‌گردد، درحالی‌که زباله‌ها و آلودگی‌های شناور در توری داخلی آن به دام می‌افتند و بعداً به‌درستی دفع می‌شوند (Kulkarni et al., 2021). درون زباله‌دان دریایی، یک توری مشبک از کنف قرار دارد که تمام زباله‌ها و آلاینده‌های شناور اطراف خود را جمع‌آوری می‌کند. این توری قادر است ۷ تا ۸ کیلوگرم زباله را در خود نگه دارد و پس از پر شدن، فرد مسئول کیسه زباله را تخلیه و تمیز کرده و مجدداً در جای خود قرار می‌دهد. طراحی زباله‌دان دریایی به گونه‌ای است که یک نفر به تنهایی می‌تواند آن را مدیریت کند. زباله‌دان دریایی را می‌توان در گوشه‌های بلااستفاده در سواحل، بنادر، اسکله‌ها، باشگاه‌های قایقرانی و بنادر تجاری نصب کرد. موقعیت‌یابی استراتژیک آن در مناطقی انجام می‌شود که معمولاً با زباله و آلودگی مسدود می‌شوند، به گونه‌ای که باد و جریان‌های آبی زباله‌ها را مستقیماً به سمت زباله‌دان هدایت می‌کنند. بر اساس داده‌ها، زباله‌دان دریایی روزانه می‌تواند تقریباً ۴ کیلوگرم زباله شناور را جمع‌آوری کند (بسته به شرایط آب‌وهوایی و حجم آلاینده‌ها). این مقدار در سال بیش از ۱,۴ تن زباله خواهد بود (Kulkarni et al., 2021; Seabin., 2025).

می‌اندازد و اگر فیلتر کیسه جمع‌آوری دچار مشکلی شود، به‌راحتی قابل تعویض است. دسته کیسه جمع‌آوری، حلقه کیسه جمع‌آوری و درپوش کیسه جمع‌آوری قابل جدا شدن و استفاده مجدد هستند (Kulkarni et al., 2021).



شکل ۲- کیسه جمع‌آوری (Kulkarni et al., 2021)

۲. بدنه اصلی (Main Body):

یک سازه سطلی شکل است که کیسه جمع‌آوری زباله درون آن قرار می‌گیرد. لوله متصل به پمپ آب در قسمت زیرین این بدنه نصب شده است. هنگامی که موتور روشن می‌شود، آب از طریق این لوله مکیده شده و وارد بدنه اصلی می‌شود (Kulkarni et al., 2021).

۳. پمپ آب (Water Pump):

یک پمپ آب روی اسکله نصب می‌شود که یک سر لوله آن به بدنه اصلی متصل بوده و سر دیگر آن درون منبع آبی قرار دارد. با روشن شدن موتور، آب همراه با زباله‌های شناور به داخل بدنه اصلی کشیده شده و زباله‌ها در کیسه جمع‌آوری می‌شوند. سپس آب مجدداً به دریا بازگردانده می‌شود (Kulkarni et al., 2021).

۴. کابل‌های برق (Electrical Cables):

کابل‌های برق برای تأمین انرژی دستگاه مورد استفاده قرار می‌گیرند. اما در آینده تلاش‌هایی برای استفاده از پنل‌های خورشیدی انجام خواهد شد تا هزینه برق کاهش یابد (Kulkarni et al., 2021).

مشکل صید جانبی مواجه خواهد شد. همچنین، اگر زباله‌های جمع‌آوری شده در پاک‌سازی‌های دستی جدا نشوند، هرگونه ارگانسیم زنده‌ای که در آن‌ها باشد، احتمالاً هنگام دفع از بین خواهد رفت. برای کاهش اثرات صید جانبی موارد زیر پیشنهاد شده است:

۱. اصلاحاتی در دستگاه انجام شود تا امکان فرار موجودات زنده فراهم شود.
۲. تمیز کردن ساختار بیرونی Seabin برای جلوگیری از تجمع جلبک‌ها و جذب گونه‌ها انجام شود.
۳. افزایش دفعات تخلیه کیسه جمع‌آوری برای بهبود شانس زنده ماندن موجودات.

۴. تفکیک کامل محتویات کیسه جمع‌آوری پس از تخلیه و بازگرداندن موجودات زنده به آب (Parker-Jurd et al., 2022).

فناوری‌های دیگر پاک‌سازی آب

با وجود اجرای راه‌حل‌های قانونی و مکانیکی متنوع برای مقابله با زباله‌های دریایی در سطح جهان، طراحی و بهره‌برداری از این دستگاه‌های پاک‌سازی همچنان در مراحل اولیه قرار دارد (Parker-Jurd et al., 2022). با این حال، در سال‌های اخیر نمونه‌هایی از این فناوری‌ها توسعه یافته‌اند که هرکدام دارای ویژگی‌ها، مکان‌های کاربرد و سازوکارهای خاصی هستند. برای آشنایی بیشتر با این دستگاه‌ها، در جدول ۱ به معرفی و مقایسه‌ی مهم‌ترین نمونه‌های به کاررفته در محیط‌های آبی مختلف پرداخته شده است.

جدول ۱- مقایسه فناوری‌های پاک‌سازی آب

نام فناوری	نوع فناوری	محل استفاده	نحوه عملکرد	ظرفیت و توانایی	منابع
The Ocean Cleanup	سیستم مکانیکی طولانی	اقیانوس‌های آزاد	جمع‌آوری زباله‌های شناور در مقیاس وسیع	طول ۱۰۰ متر	Parker-Jurd et al., 2022
WasteShark	Aqua-drone کنترل‌پذیر و خودکار	محیط‌های آرام آبی	حرکت روی سطح آب و جمع‌آوری زباله	تا ۵۰۰ کیلوگرم در ۸ ساعت	Ranmarine, 2025
Mr. Trash Wheel	نوار نقاله + بازوهای مکانیکی	بندر بالتیمور (آمریکا)	جمع‌آوری زباله با چرخ و انتقال به نوار نقاله	جمع‌آوری ۵۰۰ تن در سال	The Waterfront Partnership of Baltimore, 2025
Seabin (زباله‌دان دریایی)	سطح شناور با مکش آب	بنادر، اسکله‌ها، بندرگاه‌ها	جذب زباله‌های شناور + فیلتر + بازگشت آب تصفیه‌شده	جذب مواد ریز، درشت، آلی آلوده	Kulkarni et al., 2021; Parker-Jurd et al., 2022

نتیجه‌گیری

پروژه Seabin و سایر فناوری‌های پاک‌سازی با هدفی روشن و شفاف ایجاد شده‌اند؛ این پروژه‌ها روش‌های خلاقانه و قابل اتکا را برای پاک‌سازی آبراه‌های سراسر جهان و در نهایت اقیانوس‌ها توسعه داده‌اند. دستگاه Seabin قادر است به طور پیوسته زباله‌هایی مانند الیاف میکروپلاستیکی، آلودگی‌ها، قوطی‌ها، درب بطری‌ها و سایر زباله‌ها را قبل از ورود به اقیانوس جمع‌آوری کند و به این

ترتیب، گامی مهم در راستای حفظ محیط‌زیست دریایی بردارد (Kulkarni et al., 2021).

روش‌های مقابله با مشکل زباله‌های دریایی باید آگاهی عمومی را افزایش داده و در سطح محلی یا گسترده‌تر باعث ایجاد انگیزه شوند. اصولاً پاک‌سازی دستی نسبت به استفاده از Seabin روش مطلوب‌تری از لحاظ حجم جمع‌آوری شده و کنشگری ملموس عمومی مردم می‌باشد (Parker-Jurd et al., 2022)؛ اما به مانند هر فعالیت

<https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2022.114199>

Ranmarine. (2025). WasteShark. Ranmarine. Retrieved March 31, 2025, from <https://www.ranmarine.io/products/wasteshark/>

Schmaltz, E., Melvin, E. C., Diana, Z., Gunady, E. F., Rittschof, D., Somarelli, J. A., Virdin, J., & Dunphy-Daly, M. M. (2020). Plastic pollution solutions: emerging technologies to prevent and collect marine plastic pollution. Environment International, 144, 106067. <https://doi.org/10.1016/J.ENVINT.2020.106067>

Seabin. (2025). Seabin: The future of clean oceans. Retrieved March 31, 2025, from <https://seabin.io/home>

The Waterfront Partnership of Baltimore. (2025). Mr. Trash Wheel. Retrieved March 31, 2025, from <https://www.mrtrashwheel.com/>

انسانی دیگر در مقیاس کلان و در بازه‌های زمانی طولانی دچار افول و افت هماهنگی شده و ابزارآلات مکانیکی بر پایه فناوری‌های سبز گزینه منطقی‌تر و با مدیریت مناسب‌تری می‌باشد.

منابع

ویس، ج. اس. (۱۳۹۸). آلودگی دریا: آنچه هر فرد نیاز است تا بداند (رضایی‌توابع، ک. و علی‌طالشی، م.). سازمان جهاد دانشگاهی تهران. چاپ اول.

Islam, M. S., & Tanaka, M. (2004). Impacts of pollution on coastal and marine ecosystems including coastal and marine fisheries and approach for management: a review and synthesis. Marine Pollution Bulletin, 48(7–8), 624–649. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2003.12.004>

JadeWeserPort. (2019, December 17). The implementation of the Seabin project. Sustainable World Ports.

Kulkarni, K., Anand, & Prabhushetty, V. (2021). Seabin: A floating bin for collecting pollutants floating on surface of water. International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science (IRJMETs), 3(8).

Kumar, A. (2022). Sustaining life below water. In Ecosystem-Based Adaptation (pp. 417–501). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815025-2.00008-3>

Löhr, A., Savelli, H., Beunen, R., Kalz, M., Ragas, A., & Van Belleghem, F. (2017). Solutions for global marine litter pollution. Current Opinion in Environmental Sustainability, 28, 90–99. <https://doi.org/10.1016/J.COSUST.2017.08.009>

Millward, G. E., & Turner, A. (2001). Metal Pollution. Encyclopedia of Ocean Sciences, 1730–1737. <https://doi.org/10.1006/RWOS.2001.0054>

Parker-Jurd, F. N. F., Smith, N. S., Gibson, L., Nuojua, S., & Thompson, R. C. (2022). Evaluating the performance of the ‘Seabin’ – A fixed point mechanical litter removal device for sheltered waters. Marine Pollution Bulletin, 184, 114199.



Bali, Indonesia, June 2024, Photographer: Naja Bertolt Jensen

Seabin: A Mechanical Floating Bin Device for Collecting Marine litter

Ariyan Bayati¹, Ali Mardani¹

1- B.Sc. student, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

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

Abstract

One of the most pressing environmental challenges in today's world is the widespread pollution of oceans and waterways by plastic waste. Every day, vast amounts of non-biodegradable plastic debris enter aquatic ecosystems, posing a serious threat to biodiversity, the health of marine organisms, and ultimately, human well-being. In response to this growing crisis, technologies such as the Seabin have been developed to intercept and collect floating waste before it reaches open waters. The Seabin device comprises a pump unit, a jute fiber collection bag, and steel pipes, functioning by following water currents and tidal movements to capture surface debris including microplastics, cans, bottle caps, and various other pollutants. While manual cleanup methods currently demonstrate higher overall efficiency, innovative initiatives like the Seabin not only contribute to marine environmental protection but also play a crucial role in raising public awareness and fostering engagement in environmental activities. The integration of such technological and community-based approaches holds promise for a more sustainable future for aquatic ecosystems.

Keywords: Seabin, Clean-up Device, Waste, Floating debris



تحلیل سیاست‌های مدیریت کیفیت هوای ایران براساس سری زمانی غلظت آلاینده‌های معیار

زهرا مددی^{۱*}، علی یوسفی^۲، فروغ شادمان^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مدیریت یکپارچه مناطق ساحلی، دانشگاه تهران

۲- رئیس گروه آلودگی هوا، سازمان حفاظت محیط‌زیست

۳- استادیار مدعو دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران غرب

*رایانامه نویسنده مسئول: zahra.madadi79@ut.ac.ir

چکیده

براساس گزارش بانک جهانی، آلودگی هوا چهارمین عامل مرگ‌ومیر در دنیا است و از هر ۱۰ مرگ، یک مرگ منتسب به آلودگی هوا بوده است. سیاست‌گذاری مدیریت کیفیت هوا از دهه ۵۰ میلادی در کشورهای انگلیس و آمریکا آغاز شد. در ایران نیز اولین مصوبه مدیریت کیفی هوا در سال ۱۳۵۴ ابلاغ شد و در ۵۰ سال اخیر دستخوش تغییراتی بوده است. این مقاله در گام نخست به بررسی کلیه مصوبات و قوانین مرتبط با مدیریت کیفی هوا، احصاء محورهای اصلی و تخمین میزان همپوشانی آن‌ها پرداخته است. در گام بعد به منظور ارزیابی اثربخشی این سیاست‌ها، سری زمانی غلظت ۶ آلاینده معیار شامل CO ، NO_2 ، SO_2 ، $PM_{2.5}$ ، PM_{10} و O_3 مربوط به سه ایستگاه پایش کیفی هوای شهر تهران در بازه ۱۰ ساله ترسیم و ضمن برازش بهترین خط روند، با سیاست‌های مصوب کشور تطابق داده شده است. نتایج این پژوهش تحلیلی حاکی از آن است که قانون هوای پاک ضمن پوشش بیش از ۷۷ درصد از سیاست‌های مدیریت کیفی هوا نسبت به قوانین و مصوبات قبلی جامعیت بیشتری دارد. همچنین از بررسی سری زمانی غلظت آلاینده‌ها مشاهده می‌شود غلظت دی‌اکسید گوگرد در طول ۱۰ سال گذشته روند نزولی مستمری داشته و بیش از ۶۰ درصد کاهش یافته است که می‌تواند نتیجه اجرای مصوبه سال ۱۳۹۳ در خصوص استانداردسازی کیفیت سوخت باشد. همچنین با توجه به روند افزایشی آلاینده ازون پیش‌بینی می‌شود در آینده نزدیک ضرورت سیاست‌گذاری ویژه در حوزه کنترل آلاینده ازون احساس شود.

کلیدواژه‌ها: پارامترهای کیفی هوا، آلودگی هوا، سیاست‌گذاری کیفیت هوا، سیستم مدیریت وضعیت پایش هوا

مددی، ز.، یوسفی، ع.، شادمان، ف. (۱۴۰۴). تحلیل سیاست‌های مدیریت کیفیت هوای ایران براساس سری زمانی غلظت آلاینده‌های

معیار. نشریه دانشجویی زیست سپهر، ۱۸(۲)، ۶۸-۸۰.

مقدمه

در آمریکا بود که عمدتاً برای مقابله با آلودگی هوای ناشی از منابع ثابت مانند کارخانه‌ها و نیروگاه‌ها طراحی شده بود. محدوده مقررات قانون ۱۹۶۳ محدود بود و تمام آلاینده‌ها و منابع آلودگی را پوشش نمی‌داد. این قانون شامل بخش‌هایی است که به دولت فدرال آمریکا اجازه می‌دهد که برنامه‌هایی را برای کنترل آلودگی هوا و بهبود کیفیت هوا در مناطق خاصی از کشور، شامل شهرها، تدوین کند. علاوه بر این، قانون هوای پاک شامل مقرراتی برای کنترل انتشار منابع متحرک نیز هست. همچنین، قانون هوای پاک استانداردهای ملی کیفیت هوا برای شش آلاینده متداول، از جمله کربن منوکسید، دی‌اکسید گوگرد، اکسید نیتروژن، ذرات معلق، ازن و سرب را تعیین کرد. این قانون، یک گام مهم در مبارزه با آلودگی هوا بود و به بهبود چشمگیر کیفیت هوا در آمریکا کمک کرد.

پیشینه پژوهش

حیبیان و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهشی به بررسی ارزیابی اثر سیاست قیمت‌گذاری تردد در محدوده مرکزی شهر اصفهان بر کاهش آلودگی هوا پرداختند. در این تحقیق با تغییر مدل‌های انتخاب وسیله نقلیه موجود و وارد کردن پارامتر هزینه استفاده از محدوده، ماتریس‌های تقاضا تصحیح شده و با اختصاص آن‌ها به شبکه حمل‌ونقل تغییرات شاخص‌های عملکردی شبکه در برابر تغییرات قیمت تردد در محدوده بررسی شده است. این مطالعه نشان داد که در قیمت ۱۷۵۰۰۰ ریال، بیشترین منافع اجتماعی به نسبت هزینه تردد عاید شهر می‌شود.

بهلولی و همکاران (۱۳۹۸) در پژوهشی به بررسی دلایل شکست سیاست‌های کنترل آلودگی هوای تهران پرداختند. نتایج نشان داد به دلیل تراکم میزان آلودگی هوای شهری در تهران و شرایط سیاسی و اجتماعی کشور، راهبرد خروج از بحران آلودگی هوا در شهر تهران با اتخاذ و تکرار سیاست‌های معمول مرحله‌ای و انتظار برای باز شدن یا حتی ایجاد پنجره سیاست برای به‌وجود آمدن دستور کار

آلودگی هوا عبارت است از وجود و پخش یک یا چند آلاینده به شکل‌های مختلف اعم از جامد، مایع، گاز، تشعشع پرتوزا و غیرپرتوزا در هوای آزاد به مقدار و مدتی که کیفیت آن را به‌طوری که زیان‌آور برای انسان و سایر موجودات زنده و یا گیاهان و یا آثار و ابنیه باشد، تغییر دهد (سودمندی، ۱۳۹۹). آلاینده‌های اصلی هوا شامل مونوکسید کربن، اکسیدهای نیتروژن، اکسیدهای گوگرد، ذرات معلق کمتر از ۲/۵ و ۱۰ میکرون و ازن هستند که هریک از این آلاینده‌ها اثرات مختلفی بر سلامتی انسان دارند. این اثرات به‌صورت بلندمدت و کوتاه‌مدت بوده و شامل مشکلات ریوی، عصبی و قلبی و عروقی است (پژویان و مقیمی نیا، ۱۳۸۵). قرار گرفتن در معرض آلودگی هوا سبب افزایش خطر ابتلا به بیماری‌های حاد و مزمن و حتی مرگ می‌گردد. براساس گزارش بانک جهانی، آلودگی هوا چهارمین عامل خطر مرگ‌ومیر در دنیا است و از هر ۱۰ مرگ یک مرگ منتسب به آلودگی هوا بوده است. براساس این گزارش، آلودگی هوا حدود ۸/۱ تریلیون دلار در سال ۲۰۱۹ برای جهان هزینه داشته است که معادل ۶/۱ درصد از تولید ناخالص داخلی جهانی است. بیش از ۹۵ درصد مرگ‌ومیر ناشی از آلودگی هوا در کشورهای کم درآمد و متوسط رخ می‌دهد. در هر یک از کشورها، بار اقتصادی آلودگی مرتبط با مرگ‌ومیر و عوارض زودرس نیز قابل توجه است که معادل ۵ تا ۱۴ درصد تولید ناخالص داخلی کشورها است (حاجی حسینلو و کارونی، ۱۳۸۵).

اولین قانون در زمینه کنترل آلودگی هوا، قانون هوای پاک^۱ در سال ۱۹۶۳ در ایالات متحده آمریکا تصویب شد. این قانون، به‌عنوان یکی از قوانین محیط‌زیستی مهم در جهان شناخته شده است که به‌منظور کاهش آلودگی هوا و حفاظت از بهداشت عمومی تدوین شده است. قانون هوای پاک در سال ۱۹۶۳، اولین قانون فدرال کنترل آلودگی هوا

¹. Clean Air Act

به‌منظور تحلیل سیاست‌های آلودگی هوا ابتدا تاریخچه سیاست‌گذاری مدیریت کیفیت هوا در ایران بررسی شد و کلیه محورهای اصلی مندرج در قوانین و مصوبات احصاء گردید.

نتایج

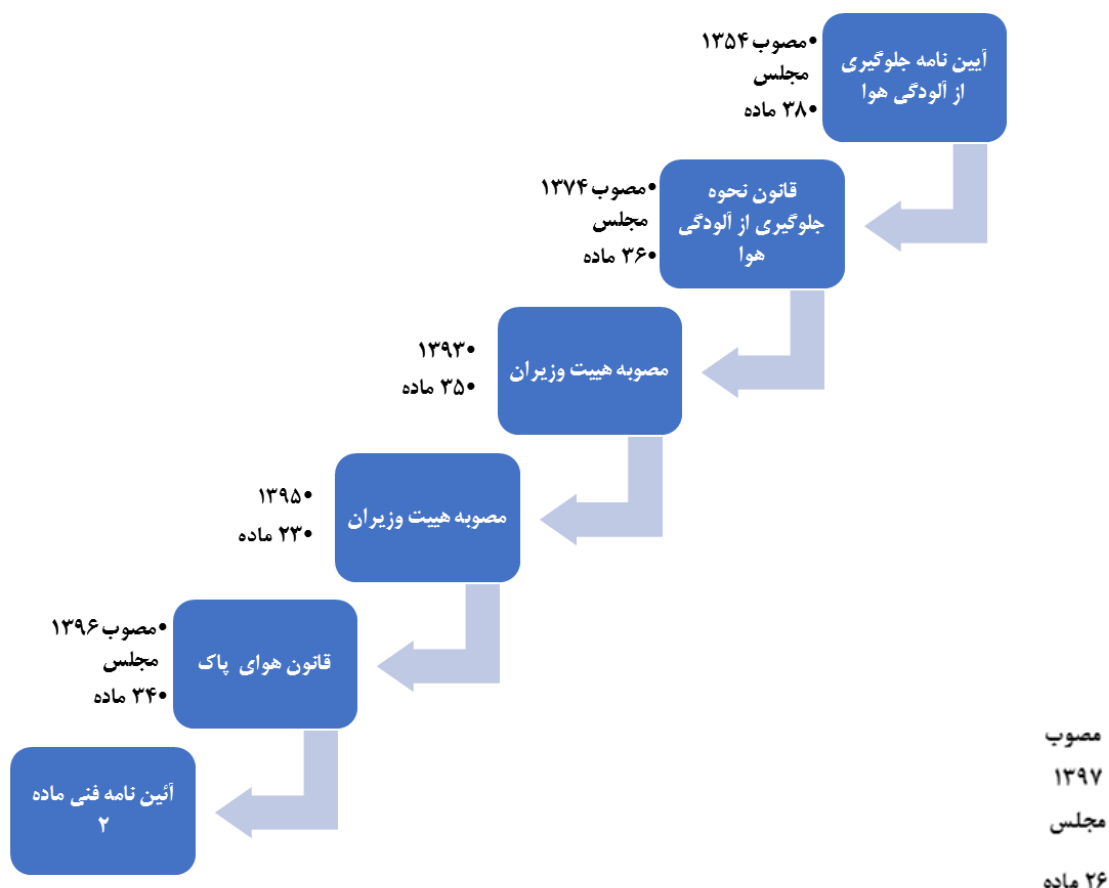
با بررسی بایگانی قوانین و ضوابط مصوب کشور، با ماده ۹ قانون حفاظت و بهسازی محیط‌زیست مصوب سال ۱۳۵۳ مشخص شد که در آن هر گونه آلودگی آب، خاک و هوا ممنوع شده اما جزئیات سنجش و پایش منبع آلودگی و نحوه برخورد با آلاینده تشریح نشده است. بنابراین اولین قانون اختصاصی ایران در حوزه سیاست‌گذاری مدیریت کیفیت هوا، آیین‌نامه جلوگیری از آلودگی هوا مصوب مجلس شورای اسلامی در سال ۱۳۵۴ است. بعد از یک بازه ۲۰ ساله و پس از اتمام جنگ تحمیلی، قانون نحوه جلوگیری از آلودگی هوا در سال ۱۳۷۴ به تصویب مجلس شورای اسلامی رسید. ۱۹ سال بعد در سال ۱۳۹۳ هیئت وزیران به پیشنهاد سازمان حفاظت محیط‌زیست، مصوبه‌ای را ابلاغ کرد که شرح تکلیف ۲۲ دستگاه اجرایی در آن مشخص شده است. در انتها نیز قانون هوای پاک در مرداد ماه سال ۱۳۹۶ به تصویب مجلس شورای اسلامی رسید که تاکنون جامع‌ترین و مهم‌ترین سند بالادستی در حوزه مدیریت کیفیت هوا است. در این پژوهش ۳ قانون و ۲ مصوبه اصلی در حوزه سیاست‌گذاری آلودگی هوا بررسی شده که در شکل ۱ خط زمانی تصویب قوانین و مصوبات مذکور با درج سال تصویب و تعداد مواد نشان داده شده است. شایان ذکر است بعد از تصویب قانون هوای پاک در راستای اجرای بهتر قانون ۹ آیین‌نامه اجرایی به تصویب هیئت وزیران رسیده است که مهم‌ترین آن آیین‌نامه فنی در زمینه کنترل و کاهش آلودگی‌ها، موضوع ماده ۲ قانون است.

سیاستی جواب نخواهد داد و می‌بایست به سراغ سیاست گذاری مبتنی بر نقطه‌گذاری تعادل رفت و با استفاده از تحلیل مبتنی بر قدرت، علل تصمیم برای بی‌تصمیمی در اصلاح امور شهر را بازشناخت و آن‌ها را مرتفع کرد.

پیغمبرزاده و همکاران (۱۴۰۰) در پژوهشی به طراحی الگوی بومی اجرای سیاست‌های پیشگیری و کنترل آلودگی هوا در ایران پرداختند. این اطلاعات براساس روش تحلیل مضمون در سه سطح توصیفی، تفسیری و کلان کدگذاری، طبقه‌بندی و تجزیه و تحلیل شد. جامعه تحقیق شامل تمامی مستندات و گزارش‌های رسمی (قوانین، مقررات، گزارش‌های اجرا و آسیب‌شناسی و گزارش‌های پشتیبان) و خبرگان مسلط به مباحث سیاست‌گذاری و نیز آلودگی هوا اعم از سیاست‌گذاران، مجریان و نخبگان دانشگاهی بود. تحلیل داده‌های کیفی در فرایند کدگذاری منجر به ظهور ۹۰ شاخص، ۲۳ مؤلفه و ۷ بُعد اصلی و ارائه شبکه مضامین و در نهایت مدل بومی اجرای سیاست‌های پیشگیری و کنترل آلودگی هوا (پکاه) در ایران شد.

سیاست‌گذاری مدیریت کیفیت هوا در ایران با مصوبه سال ۱۳۵۴ آغاز و به قانون هوای پاک مصوب سال ۱۳۹۶ و آیین‌نامه‌های اجرایی آن خاتمه می‌یابد. ماهیت آلودگی هوا در طول ۵۰ سال گذشته هم از منظر منابع انتشار و هم نوع آلاینده‌ها دستخوش تغییرات بوده است. لذا با توجه به تغییرات مداوم در منابع انتشار آلاینده‌ها، وضعیت اقتصادی و صنعتی کشور، انتظار می‌رود سیاست‌گذاری در این حوزه نیز متناسب با تغییرات به‌صورت مستمر ارزیابی شود. هدف از این پژوهش بررسی روند سیاست‌گذاری در حوزه مدیریت کیفیت هوا و تحلیل نقاط قوت، ضعف و خلاءهای موجود در این حوزه است.

روش‌شناسی پژوهش



شکل ۱- خط زمانی تصویب قوانین و مصوبات مدیریت کیفیت هوا

یافته است. بخش چهارم نیز همان‌طور که از عنوان آن مشخص است بر تعیین مجازات متخلفین دلالت دارد.

آیین‌نامه جلوگیری از آلودگی هوا مصوب سال ۱۳۷۴ با ۳۶ ماده در پنج بخش کارخانه‌ها و کارگاه‌ها، مقررات، وسایل نقلیه موتوری، منابع متفرقه و مجازات‌ها ارائه شده است. در بخش وسایل نقلیه موتوری، حدود مجاز آلاینده‌گی، استاندارد وسایل نقلیه و شماره‌گذاری هر وسیله نقلیه منوط به رعایت این استانداردها، در بخش کارخانه‌ها و کارگاه‌ها، نحوه بازرسی، محل استقرار صنایع، استانداردسازی و مطابقت با حدود مجاز و همچنین جریمه متخلفین مشخص شده است. در بخش منابع متفرقه جریمه متخلفین و استاندارد سوخت تعیین شده و در بخش چهارم

آیین‌نامه جلوگیری از آلودگی هوا مصوب سال ۱۳۵۴ با ۳۸ ماده در چهار بخش کارخانه‌ها و کارگاه‌ها، وسایل نقلیه موتوری، منابع متفرقه و مجازات‌ها ارائه شده است. در بخش کارخانه‌ها و کارگاه‌ها نحوه بازرسی، نمونه‌برداری و مطابقت با حدود مجاز و همچنین جریمه متخلفین تعیین شده است. در بخش وسایل نقلیه موتوری، رعایت استانداردهای آلاینده‌گی خودرو برای تولیدکنندگان و واردکنندگان الزامی شده و شماره‌گذاری هر وسیله نقلیه منوط به رعایت این استانداردها شده است. در این بخش همچنین به‌نحوی به موضوع معاینه فنی وسایل نقلیه نیز پرداخته شده است. در بخش منابع متفرقه به هر گونه ایجاد آلودگی که در بخش اول و دوم نگنجد تخصیص

سیاست‌های اصلی مدیریت کیفیت هوا

براساس بررسی صورت گرفته در قوانین یاد شده و همچنین بررسی سیاست‌های متداول کنترل آلودگی هوا در سطح جهانی، ۳۹ سیاست در سه محور زیرساختی، منابع ساکن و منابع متحرک احصاء شد و در جدول ۱ به تفکیک قوانین کشور ارائه شده است.

مجازات افراد متخلف نسبت به آلوده کننده‌ها مشخص شده است.

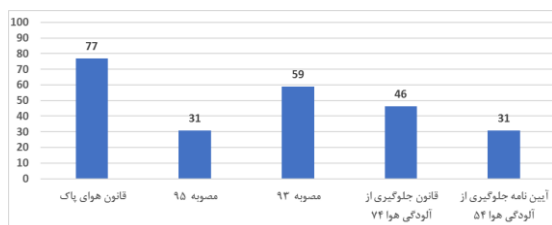
دولت مکلف شده برای بسیاری از موضوعات آئین‌نامه تعیین کند که در این آئین‌نامه در مورد استانداردسازی سوخت و وسایل نقلیه، طرح کهاب، مجازات متخلفین، تعیین تکلیف وزارتخانه‌ها درباره کاهش آلودگی هوا، وظایف کارخانه‌ها و کارگاه‌ها، منابع آلوده کننده متفرقه، ناوگان حمل و نقل عمومی و رعایت استانداردهای آلاینده‌ها خودرو برای تولیدکنندگان و واردکنندگان اشاره شده است.

جدول ۱- سیاست‌های مدیریت کیفیت هوا در قوانین کشور

ردیف	محور	سیاست	آیین‌نامه جلوگیری از آلودگی هوا ۱۳۵۴	قانون جلوگیری از آلودگی هوا ۱۳۷۴	مصوبه ۱۳۹۳	مصوبه ۱۳۹۵	قانون هوا پاک
۱	زیرساختی	استانداردسازی سوخت مصرفی صنایع و وسایل نقلیه	×	×	✓	✓	✓
۲	زیرساختی	توسعه نیروگاه‌های تجدیدپذیر	×	×	✓	×	✓
۳	زیرساختی	ارتقای فناوری در صنایع آلاینده	✓	×	✓	×	×
۴	زیرساختی	پایش آلودگی هوا و اثرات آن	✓	×	✓	✓	✓
۵	زیرساختی	تهیه و به‌روزرسانی سیاهه انتشار	×	×	✓	✓	✓
۶	زیرساختی	نظارت بر اجرای قانون و ضوابط	✓	✓	✓	✓	✓
۷	زیرساختی	ایجاد شبکه ملی آلودگی هوا، صدا و امواج	×	×	✓	×	✓
۸	زیرساختی	آموزش و اطلاع‌رسانی	✓	✓	✓	×	✓
۹	زیرساختی	فضای سبز شهری	×	✓	✓	×	✓
۱۰	زیرساختی	بهینه‌سازی مصرف انرژی	×	×	✓	×	×
۱۱	زیرساختی	مدیریت شرایط اضطرار	✓	✓	×	×	✓
۱۲	زیرساختی	مدیریت استقرار صنایع	✓	✓	×	×	✓
۱۳	زیرساختی	برنامه‌ریزی توسعه شهری	×	×	×	×	✓
۱۴	زیرساختی	کنترل آلودگی صوتی و امواج	×	✓	×	×	✓
۱۵	زیرساختی	تأمین مالی اجرای قانون	×	✓	×	×	✓
۱۶	زیرساختی	فضای سبز صنایع	×	✓	×	×	✓
۱۷	زیرساختی	مدیریت پسماند شهری	×	✓	×	×	✓
۱۸	زیرساختی	تشویق به دوچرخه‌سواری	×	×	×	×	×
۱۹	زیرساختی	یکپارچه‌سازی سیاست‌های آلودگی هوا و تغییر اقلیم	×	×	×	×	×
۲۰	زیرساختی	ترویج کشاورزی پایدار و مدیریت بهینه آب و خاک در کشاورزی	×	×	×	×	×
۲۱	زیرساختی	ساختمان سبز	×	×	×	×	×
۲۲	زیرساختی	تجارت آلودگی هوا	×	×	×	×	×
۲۳	زیرساختی	سیستم‌های نوین سنجش و پایش هوا	×	×	×	×	×
۲۴	منابع	توسعه وسایل نقلیه برقی	×	×	✓	✓	✓

ردیف	محور	سیاست	آیین‌نامه جلوگیری از آلودگی هوا ۱۳۵۴	قانون جلوگیری از آلودگی هوا ۱۳۷۴	مصوبه ۱۳۹۳	مصوبه ۱۳۹۵	قانون هوای پاک
	متحرک						
۲۵	منابع متحرک	معاینه فنی وسایل نقلیه	✓	✓	✓	✓	✓
۲۶	منابع متحرک	نوسازی ناوگان فرسوده عمومی	×	×	✓	×	✓
۲۷	منابع متحرک	نصب تجهیزات کنترلی وسایل نقلیه	✓	×	✓	×	✓
۲۸	منابع متحرک	توسعه حمل‌ونقل عمومی و پاک	×	×	✓	✓	✓
۲۹	منابع متحرک	مدیریت ترافیک شهری	×	✓	✓	✓	✓
۳۰	منابع متحرک	استاندارد آلاینده‌های وسایل نقلیه	✓	✓	×	✓	✓
۳۱	منابع متحرک	توسعه خودروهای گازسوز	×	✓	✓	×	✓
۳۲	منابع متحرک	مدیریت وسایل نقلیه فرسوده	×	×	✓	✓	✓
۳۳	منابع ساکن	معاینه فنی موتورخانه‌ها	×	✓	✓	✓	✓
۳۴	منابع ساکن	حدود مجاز صنایع	✓	✓	✓	×	✓
۳۵	منابع ساکن	تجهیز صنایع آلوده به سیستم‌های کنترلی	✓	✓	✓	×	✓
۳۶	منابع ساکن	بهبودسازی نیروگاه‌ها	×	✓	✓	×	×
۳۷	منابع ساکن	طرح کهاب	×	×	✓	✓	✓
۳۸	منابع ساکن	جریمه واحدهای آلاینده	✓	✓	×	×	✓
۳۹	منابع ساکن	کنترل منابع سطحی	×	×	×	×	✓
مجموع			۱۲	۱۸	۲۳	۱۲	۳۰

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود از ۳۹ سیاست کلی مدیریت کیفیت هوا، ۳۴ سیاست در قوانین مدیریت کیفیت هوای کشور دیده شده است. همچنین قانون هوای پاک به انضمام آیین‌نامه فنی ماده ۲ آن، بالاترین تعداد سیاست‌های مدیریت کیفیت هوا و آیین‌نامه جلوگیری از آلودگی هوا مصوب سال ۱۳۵۴ و مصوبه ۹۵ هیئت وزیران به‌طور مشترک کمترین تعداد را دارا هستند. برای تحلیل سیاست‌های مدیریت کیفیت هوا بررسی سری زمانی شمولیت قوانین نسبت به کل سیاست‌های مدیریت کیفیت هوا لازم به‌نظر می‌رسد. لذا در نمودار شکل ۲ سهم هر



شکل ۲- سهم هر قانون از پوشش سیاست‌های مدیریت آلودگی هوا

بررسی همپوشانی قوانین مدیریت کیفیت هوا

دی‌اکسیدهای نیتروژن (NO_2)، ذرات کوچکتر از 2.5 میکرون^۲، ذرات کوچکتر از 10 میکرون^۳ و ازون تروپوسفری (O_3) است.

با بررسی و تحلیل قوانین سیاست‌گذاری آلودگی هوا دریافت شد که در طول زمان روند پوشش سیاست‌های مدیریت کیفیت هوا در قوانین و ضوابط کشور روندی افزایشی داشته است. به‌طوری که از 31 درصد در سال 1354 و 46 درصد در سال 1374 به 59 درصد در سال 1393 و نهایتاً به 77 درصد در سال 1396 رسیده است اما با بررسی بیشتر جدول ۱، مشاهده می‌شود برخی از سیاست‌های مندرج در قوانین سنوات گذشته در قانون هوای پاک دیده نشده است. برای مثال ارتقای فناوری در صنایع آلاینده و بهینه‌سازی مصرف انرژی که دو مورد از اساسی‌ترین سیاست‌های زیرساختی مدیریت کیفیت هوا هستند در مصوبه سال 1393 دیده شده اما در قانون هوای پاک و آیین‌نامه فنی آن لحاظ نشده است. همچنین با بررسی ماتریس فوق (جدول ۳)، می‌توان مشاهده نمود که درصد همپوشانی قانون هوای پاک با کلیه قوانین گذشته به نسبت بالا بوده و به‌خصوص با مصوبه سال 1393 بیشترین همپوشانی به میزان 68 درصد را داراست. از طرفی مصوبه سال 1393 نیز از جامعیت بالایی برخوردار بوده است. از بررسی بیشتر ماتریس همپوشانی مشخص می‌شود که مصوبه سال 1395 به نوعی در راستای رفع کاستی‌های مصوبه سال 1393 تدوین و تصویب شده و به‌تنهایی از جامعیتی برخوردار نیست. روند تغییرات غلظت مونوکسید کربن از سال 1392 تا 1402 طی 9 سال در شهر تهران رو به افزایش بوده ولی از سال 1396 به بعد به‌تدریج کمتر شده است. همچنین آمارها دال بر این است که تغییرات دی‌اکسید نیتروژن در طول 10 سال اخیر بسیار ناچیز با مقداری کاهش بوده است. بررسی انجام شده از تغییرات غلظت دی‌اکسید گوگرد طی سال‌های 1392 تا

در ماتریس زیر میزان همپوشانی قوانین مصوب حوزه مدیریت کیفیت هوا نشان داده شده است. ماتریس همپوشانی به ابعاد 5 در 5 استفاده شده که هر آرایه، درصد همپوشانی دو قانون/مصوبه متناظر را نشان می‌دهد.

جدول ۳ - ماتریس همپوشانی قوانین مدیریت هوای کشور (درصد)

سند قانونی	قانون 1354	قانون 1374	مصوبه 1393	مصوبه 1395	قانون هوای پاک
قانون 1354	۱۰۰	۳۹	۳۵	۳۳	۳۷
قانون 1374	۳۹	۱۰۰	۴۳	۱۵	۵۸
مصوبه 1393	۳۵	۴۳	۱۰۰	۴۷	۶۸
مصوبه 1395	۳۳	۱۵	۴۷	۱۰۰	۴۱
قانون هوای پاک	۳۷	۵۸	۶۸	۴۱	۱۰۰

بررسی اثربخشی قوانین مدیریت کیفیت هوا

به‌منظور ارزیابی میزان هدفمندی سیاست‌های مندرج در قوانین پیشین و فعلی، ضروری است فارغ از هرگونه قضاوت در مورد نحوه و میزان اجرای قوانین، وضعیت کیفیت هوا در سالیان اخیر بررسی شود. بدین منظور می‌بایست تغییرات غلظت آلاینده‌های هوای معیار، استخراج و با سیاست‌های تدوین شده مقایسه گردد. لذا داده‌های 10 سال اخیر (فروردین 1392 تا خردادماه 1402) مربوط به سه ایستگاه امام خمینی، شهر ری و منطقه دو شهر تهران، اخذ و میانگین ماهانه غلظت آلاینده‌های معیار در سه ایستگاه برآورد و مبنای تحلیل قرار گرفت. انتخاب ایستگاه‌ها از مناطق مختلف تهران با شرایط ترافیکی و مسکونی متفاوت انجام شده تا برآورد بهتری از وضعیت کیفیت هوای تهران را نشان دهد. آلاینده‌های مورد بررسی شامل مونوکسید کربن (CO)، دی‌اکسیدهای گوگرد (SO_2)،

^۲. $\text{PM}_{2.5}$
^۳. PM_{10}

۱۴۰۲ نشان داده در طول این مدت غلظت دی‌اکسید گوگرد روند کاهشی قابل‌ملاحظه را داشته است به‌طوری که غلظت در سال ۱۴۰۲ نسبت به سال ۱۳۹۲ بیش از ۶۰ درصد کاهش یافته است. با این حال از سال ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۸ میزان غلظت دی‌اکسید گوگرد افزایش قابل‌ملاحظه‌ای یافته و در سال ۱۳۹۹ کاهش محسوسی داشته است. از تغییرات غلظت ذرات کوچکتر از ۲/۵ میکرون در بازه ۱۰ ساله می‌توان دریافت که تقریباً تا سال ۱۴۰۰ غلظت $PM_{2.5}$ روبه کاهش بوده و بعد از آن افزایش نسبی غلظت را داشته است. غلظت آلاینده PM_{10} تا سال ۱۳۹۷ روندی کاهشی داشته و از سال ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۲ روند افزایشی در غلظت این آلاینده دیده می‌شود. از طرفی دیگر با نگاهی به جدول ۱ و بررسی وضعیت سیاست‌گذاری‌های مرتبط مشخص می‌شود محورهایی مانند برنامه‌ریزی توسعه شهری، کنترل منابع سطحی و تأمین حقابه تالاب‌ها صرفاً در قانون هوای پاک دیده شده و در قوانین سنوات گذشته لحاظ نشده است. به‌نظر می‌رسد چالش آلودگی هوای کلانشهر تهران در سال‌های آتی علاوه بر $PM_{2.5}$ ، آلاینده ازون نیز باشد. همانند ذرات کمتر از ۲/۵ میکرون، آلاینده ازون نیز از واکنش آلاینده دی‌اکسید نیتروژن و ترکیبات آلی فرار در حضور نور خورشید ایجاد می‌شود. بنابراین اظهارنظر در خصوص تأثیر سیاست‌گذاری بر تغییرات این آلاینده نیازمند داده‌های بیشتر از جمله داده‌های سیاهه انتشار است. با بررسی جدول ۱، علاوه بر سیاست‌های کنترل آلاینده‌های منابع متحرک، طرح کهاب (کاهش هدایت و انتقال بخارات بنزین) نیز به چشم می‌خورد. این طرح علاوه بر صرفه‌جویی در هدر رفت بنزین از طریق تبخیر مانع از انتشار حجم قابل‌ملاحظه‌ای از ترکیبات آلی فرار می‌شود. با اینکه این طرح از سال ۱۳۸۷ در برنامه‌های دولت‌های مختلف قرار داشته و در ماده ۱۶ آیین‌نامه فنی ماده ۲ قانون هوای پاک نیز لحاظ شده است، ولیکن در گزارش سازمان حفاظت محیط‌زیست تاکنون

کمتر از ۲ درصد از جایگاه‌های کشور به این طرح مجهز هستند.

تحلیل نتایج

با توجه به تحلیل ارائه‌شده، می‌توان نتیجه گرفت که هرچند در ایران از دهه ۱۳۵۰ تاکنون چارچوب قانونی نسبتاً گسترده‌ای برای مدیریت کیفیت هوا ایجاد شده است و قانون هوای پاک جامع‌ترین سند در این زمینه محسوب می‌شود، اما مقایسه آن با سایر پژوهش‌ها نشان می‌دهد که چالش اصلی نه در فقدان قانون، بلکه در ضعف اجرا، عدم هماهنگی نهادی و نادیده‌گرفتن برخی سیاست‌های زیربنایی است. یافته‌های این متن هم‌راستا با دیدگاه سودمندی (۱۳۹۹) است که به ایرادها و نقاط ضعف قانون هوای پاک در مقایسه با قوانین پیشین اشاره کرده و نشان می‌دهد برخی سیاست‌های مؤثر نظیر ارتقای فناوری صنایع و بهینه‌سازی مصرف انرژی حذف شده‌اند. همچنین مشابه با نتایج بهلولی (۱۳۹۸) و پیغمبرزاده و همکاران (۱۴۰۰)، این بررسی نیز نشان می‌دهد سیاست‌های مصوب فاقد پشتوانه نهادی و اقتصادی کافی بوده و از ابزارهای نوین جهانی مانند تجارت آلودگی یا سیاست‌های تشویقی حمل‌ونقل پاک بهره‌مند نشده‌اند. از منظر اجرایی، همان‌گونه که حبیبیان و همکاران (۱۳۹۵) و رازقی‌حقیقی (۱۴۰۱) نیز تأکید کرده‌اند، ناکامی در کاهش پایدار آلاینده‌هایی چون مونوکسیدکربن و دی‌اکسید نیتروژن نشان‌دهنده ضعف در اجرای سیاست‌های حمل‌ونقل و انرژی شهری است. در مجموع، همسو با مطالعات برجی و حاجی‌حسینلو (۱۴۰۱)، می‌توان گفت قوانین اخیر به‌ویژه قانون هوای پاک از لحاظ جامعیت محتوایی پیشرفت قابل‌توجهی داشته‌اند، اما در تحقق اهداف کیفی هوا و کاهش آلاینده‌ها، به دلیل ضعف در اجرا، نبود سازوکار نظارت مؤثر و ناهماهنگی بین‌بخشی، اثربخشی محدودی داشته‌اند.

با بررسی جدول ۱ مشتمل بر سیاست‌های مدیریت کیفیت هوا به تفکیک قوانین و ضوابط پیشین و فعلی کشور، می‌توان نتیجه گرفت بستر قانونی مناسبی برای کنترل وضعیت کیفی هوا همواره وجود داشته است. این بستر قانونی فارغ از نحوه و میزان اثربخشی و چگونگی اجرا، در طول زمان تعداد بیشتری از سیاست‌های مدیریت کیفیت هوا را نیز شامل شده است. مطابق با شکل ۲، قانون هوای پاک بالاترین سهم در پوشش سیاست‌های مدیریت کیفیت هوا را دارا است. اگر مصوبه سال ۱۳۹۵ در نظر گرفته نشود، در طول زمان روند پوشش سیاست‌های مدیریت کیفیت هوا در قوانین و ضوابط کشور روندی افزایشی داشته است به طوری که از ۳۱ درصد در سال ۱۳۵۴ و ۴۶ درصد در سال ۱۳۷۴ به ۵۹ درصد در سال ۱۳۹۳ و نهایتاً به ۷۷ درصد در سال ۱۳۹۶ رسیده است.

اما با بررسی بیشتر جدول ۱، مشاهده می‌شود برخی از سیاست‌های مندرج در قوانین سنوات گذشته در قانون هوای پاک دیده نشده است. برای مثال ارتقای فناوری در صنایع آلاینده و بهینه‌سازی مصرف انرژی که دو مورد از اساسی‌ترین سیاست‌های زیرساختی مدیریت کیفیت هوا هستند در مصوبه سال ۱۳۹۳ دیده شده اما در قانون هوای پاک و آیین‌نامه فنی آن لحاظ نشده است که این موضوع می‌تواند یکی از نقاط ضعف قانون هوای پاک باشد. همچنین برخی از سیاست‌های رایج کیفیت هوا در جهان مانند تجارت آلودگی هوا، سیاست‌های تشویقی دوچرخه‌سواری و به کارگیری سیستم‌های نوین پایش هوا (سنجش از دور، پهپاد و غیره) در هیچ یک از قوانین مورد بررسی لحاظ نشده است.

با بررسی ماتریس جدول ۳، می‌توان مشاهده نمود که درصد همپوشانی قانون هوای پاک با کلیه قوانین گذشته به نسبت بالا بوده و به خصوص با مصوبه سال ۱۳۹۳ بیشترین همپوشانی به میزان ۶۸ درصد را داراست. این موضوع نشان دهنده جامعیت قانون هوای پاک از لحاظ

پوشش سیاست‌های مدیریت کیفیت هوا است. از طرفی مصوبه سال ۱۳۹۳ نیز از جامعیت بالایی برخوردار بوده و به نظر می‌رسد این مصوبه به نوعی پیش‌نویس قانون هوای پاک بوده که برای اجرای بهتر و هماهنگی بین دستگاهی نیاز به تصویب در مجلس شورای اسلامی داشته است. از بررسی بیشتر ماتریس همپوشانی مشخص می‌شود که مصوبه سال ۱۳۹۵ به نوعی در راستای رفع کاستی‌های مصوبه سال ۱۳۹۳ تدوین و تصویب شده و به تنهایی از جامعیتی برخوردار نیست.

اگر فرض شود کلیه قوانین در ادوار مختلف به یک میزان اجرا شده باشند، میزان اثربخشی قوانین و مصوبات مدیریت کیفیت هوا در کنترل غلظت آلاینده‌های معیار نشان می‌دهد روند تغییرات غلظت مونوکسید کربن از سال ۱۳۹۲ تا ۱۴۰۲ طی ۹ سال در شهر تهران رو به افزایش بوده ولی از سال ۱۳۹۶ به بعد به تدریج کمتر شده است. به نظر می‌رسد این کاهش غلظت ناشی از تصویب مصوبه سال ۱۳۹۳ باشد. اما از مقایسه غلظت مونوکسید کربن در سال ۱۳۹۲ با سال ۱۴۰۲ کاهش محسوسی مشاهده نمی‌شود. همچنین آمارها دال بر این است که تغییرات دی‌اکسید نیتروژن در طول ۱۰ سال اخیر بسیار ناچیز با مقداری کاهش بوده است. از آنجا که بخش زیادی از هر دو آلاینده مونوکسید کربن و دی‌اکسید نیتروژن حاصل از احتراق در وسایل نقلیه، صنایع و منابع انتشار خانگی (موتورخانه‌ها، پکیج‌ها و بخاری‌ها) است، می‌توان نتیجه گرفت سیاست‌های بهبود کیفیت احتراق مشتمل بر ارتقا استاندارد تولید خودرو، معاینه فنی خودروها، معاینه فنی موتورخانه‌ها، بهینه‌سازی مصرف سوخت، توسعه حمل‌ونقل عمومی پاک، مدیریت ترافیک شهری، نوسازی ناوگان فرسوده عمومی و غیره موفق نبوده است. بررسی انجام شده از تغییرات غلظت دی‌اکسید گوگرد طی سال ۱۳۹۲ تا ۱۴۰۲ نشان داده در طول این مدت غلظت دی‌اکسید گوگرد روند کاهشی قابل ملاحظه را داشته است به طوری که غلظت در سال ۱۴۰۲ نسبت به سال ۱۳۹۲ بیش از ۶۰ درصد کاهش

یافته است. با این حال از سال ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۸ میزان غلظت دی‌اکسید گوگرد افزایش قابل ملاحظه‌ای یافته و در سال ۱۳۹۹ کاهش محسوسی داشته است. این موضوع می‌تواند ناشی از ممنوعیت استفاده از سوخت مازوت در نیروگاه‌های اطراف تهران از ابتدای سال ۱۳۹۹ باشد.

از تغییرات غلظت ذرات کوچکتر از $2.5/\mu m$ میکرون در بازه ۱۰ ساله می‌توان دریافت که تقریباً تا سال ۱۴۰۰ غلظت $PM_{2.5}$ روبه کاهش بوده و بعد از آن افزایش نسبی غلظت را داشته است. به دلیل اینکه $PM_{2.5}$ آلاینده ثانویه محسوب می‌شود و نحوه شکل‌گیری آن بسیار پیچیده است، اظهار نظر در مورد تأثیر سیاست‌های مدیریت کیفیت هوا بر آن کمی دشوار و نیازمند داده‌های سیاهه انتشار است. با این وجود می‌توان اثر مصوبه سال ۱۳۹۳ را بر کاهش میزان این آلاینده دید چرا که سیاست‌های مندرج در مصوبه یاد شده مشتمل بر انواع سیاست‌های کنترلی وسایل نقلیه عمومی و منابع ساکن بوده است. نکته قابل توجه در نمودار تغییرات غلظت، وقوع مقادیر حداکثری در فصول سرد سال است که نشان از وضعیت وارونگی دمای شدید در زمستان‌های تهران است. همین موضوع دلیل اصلی توجه ویژه به مدیریت شرایط اضطرار در قوانین مصوب مجلس شورای اسلامی در سال ۱۳۵۴، ۱۳۷۴ و قانون هوای پاک است به‌طوری که در تبصره ۳ ماده ۳ قانون هوای پاک، سازمان حفاظت محیط‌زیست موظف شده است آیین‌نامه مستقلی برای مدیریت شرایط اضطرار تدوین و به تصویب هیئت وزیران برساند.

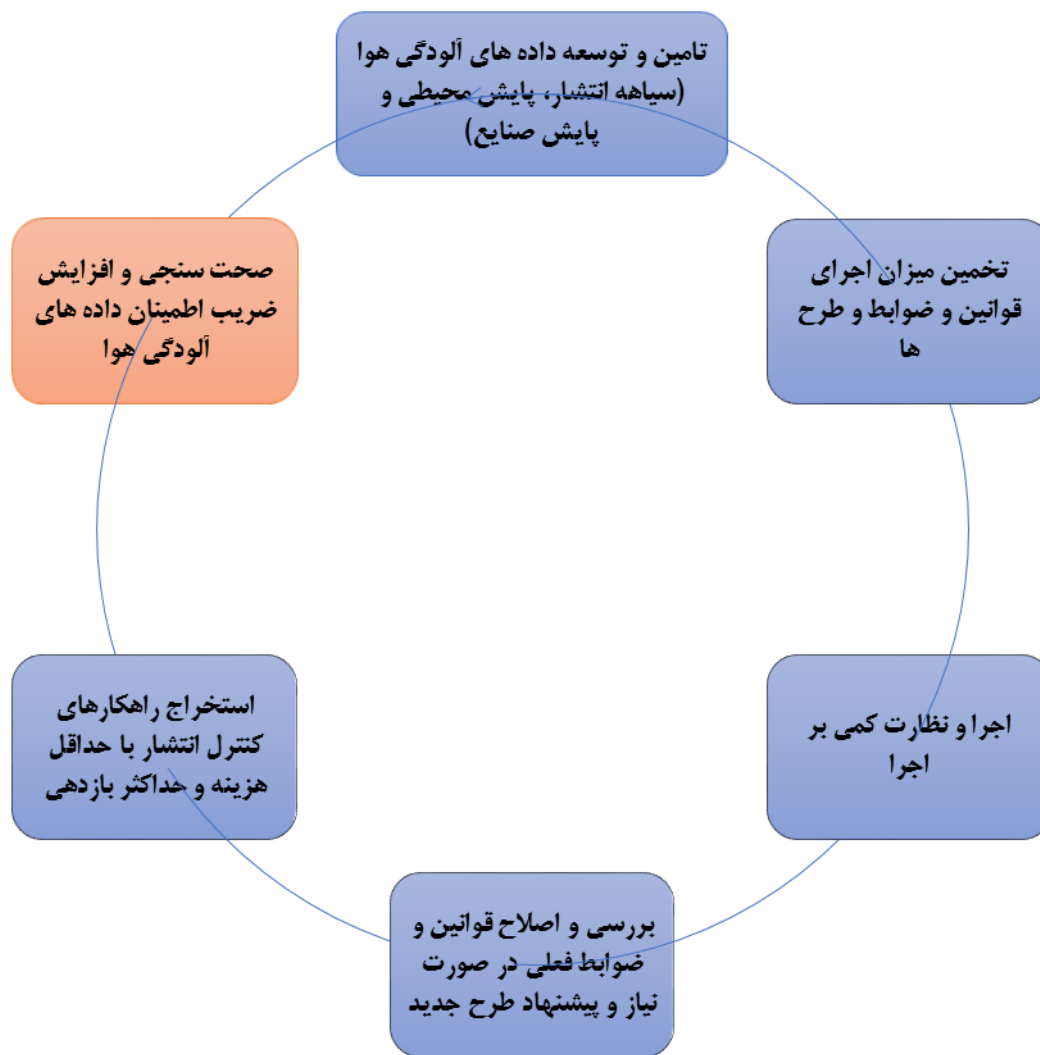
غلظت آلاینده PM_{10} تا سال ۱۳۹۷ روندی کاهشی داشته و از سال ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۲ روند افزایشی در غلظت این آلاینده دیده می‌شود. علاوه بر منابع انسان‌ساخت در انتشار ذرات کوچکتر از ۱۰ میکرون، عوامل طبیعی از جمله طوفان‌های گردوغبار فصلی، خشکسالی و خشک شدن تالاب‌ها و دریاچه‌های اطراف تهران و همچنین تغییرات اقلیمی، وضعیت جوی و میزان بارش فصلی تأثیر

قابل ملاحظه‌ای بر غلظت این آلاینده دارد. با بررسی داده‌های هواشناسی، میزان بارش باران در سال ۱۳۹۷ به میزان ۱۱۹ میلیمتر اتفاق افتاد که ۳۰ درصد بیشتر از میانگین بارش سالانه بوده است. بنابراین می‌توان دلیل کاهش غلظت PM_{10} در سال ۱۳۹۷ را متأثر از شرایط جوی دانست. از طرفی دیگر با نگاهی به جدول ۱ و بررسی وضعیت سیاست‌گذاری‌های مرتبط مشخص می‌شود محورهایی مانند برنامه‌ریزی توسعه شهری، کنترل منابع سطحی و تأمین حقابه تالاب‌ها صرفاً در قانون هوای پاک دیده شده و در قوانین سنوات گذشته لحاظ نشده است. همچنین یکپارچه‌سازی سیاست‌های آلودگی هوا و تغییر اقلیم، کشاورزی پایدار و مدیریت بهینه آب و خاک در هیچ یک از قوانین مورد بررسی لحاظ نشده است. بنابراین توجه ویژه به تأثیر متقابل مدیریت منابع آب، تغییر اقلیم و آلودگی هوا در ایران ضروری است.

به نظر می‌رسد چالش آلودگی هوای کلانشهر تهران در سال‌های آتی علاوه بر $PM_{2.5}$ آلاینده ازون نیز باشد. همانند ذرات کمتر از $2.5/\mu m$ میکرون، آلاینده ازون نیز از واکنش آلاینده دی‌اکسید نیتروژن و ترکیبات آلی فرار در حضور نور خورشید ایجاد می‌شود. بنابراین اظهارنظر در خصوص تأثیر سیاست‌گذاری بر تغییرات این آلاینده نیازمند داده‌های بیشتر از جمله داده‌های سیاهه انتشار است. با این حال بررسی بیشتر تغییرات سینوسی غلظت ازون در فصول گرم و سرد نشان داده است که اغلب بیشینه‌ها در فصل گرم و کمینه‌ها در فصل سرد اتفاق افتاده است. از تغییرات شدید فصلی غلظت ازون می‌توان نتیجه گرفت که عامل تشکیل دهنده ازون تروپوسفری بیش از دی‌اکسید نیتروژن، ترکیبات آلی فرار است چراکه این ترکیبات به شدت به تغییرات دمایی حساس بوده و با افزایش دما میزان انتشار آن‌ها نیز افزایش می‌یابد. با بررسی جدول ۱، علاوه بر سیاست‌های کنترل آلودگی منابع متحرک، طرح کهاب (کاهش هدایت و انتقال بخارات بنزین) نیز به چشم می‌خورد. این طرح علاوه بر صرفه‌جویی در هدر رفت بنزین

کمتر از ۲ درصد از جایگاه‌های کشور به این طرح مجهز هستند. لذا به نظر می‌رسد بخشی قابل‌توجهی از غلظت ازون ناشی از انتشار ترکیبات آلی فرار حاصل از تبخیر بنزین در فصول گرم باشد.

از طریق تبخیر مانع از انتشار حجم قابل‌ملاحظه‌ای از ترکیبات آلی فرار می‌شود. با اینکه این طرح از سال ۱۳۸۷ در برنامه‌های دولت‌های مختلف قرار داشته و در ماده ۱۶ آیین‌نامه فنی ماده ۲ قانون هوای پاک نیز لحاظ شده است، ولیکن در گزارش سازمان حفاظت محیط‌زیست تاکنون



شکل ۴- سازو کار پیشنهادی سیستم مدیریت کیفیت هوا در ایران

وضعیت مناسبی قرار داشته و اغلب سیاست‌های مدیریت کیفیت هوا در قوانین کشور موجود است. اما به نظر می‌رسد مدیریت کیفیت هوا در ایران فاقد سیستم ارزیابی کارآمدی است. به عبارت دیگر در زمینه کنترل آلودگی هوا قوانین و ضوابط بی‌شماری وجود دارد اما تقریباً ارزیابی این سیاست‌ها در یک چرخه مدیریت کیفیت اتفاق نمی‌افتد. عدم

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

قدمت سیاست‌گذاری مدیریت کیفیت هوای ایران به حدود نیم قرن می‌رسد که نشان از اهمیت موضوع و قدمت آلودگی هوا دارد. از بررسی انجام شده در این مطالعه می‌توان نتیجه گرفت کشور ایران از لحاظ بستر قانونی در

پیشگیری و کنترل آلودگی هوا در ایران (مورد مطالعه: شهر تهران). مجلس و راهبرد، ۱۰۵، ۹۸-۹۹.

حاجی‌حسینلو، م.، و کارونی، ا. (۱۳۸۵، ۴ آبان). ارزیابی سیاست‌های مدیریت ترافیک در رابطه با کاهش آلودگی هوا در تهران. سومین کنفرانس منطقه‌ای مدیریت ترافیک، تهران.

حبیبیان، م.، خانعلی، ک. و شانظری، م. (۱۳۹۵). ارزیابی اثر سیاست قیمت‌گذاری تردد در محدوده مرکزی شهر اصفهان بر کاهش آلودگی هوا. شانزدهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل‌ونقل و ترافیک، تهران.

رازقی‌حقیقی، ع. (۱۴۰۱، ۸ اسفند). بررسی تحلیلی اثرات سیاست‌گذاری کلان شهری بر آلودگی هوا با تمرکز بر حمل‌ونقل شهری. دهمین همایش مدیریت آلودگی هوا و صدا، تهران.

سودمندی، ع. (۱۳۹۹). ایرادها و نقاط ضعف قانون هوای پاک در مقایسه با قانون نحوه جلوگیری از آلودگی هوا. پژوهش حقوق عمومی، ۲۲ (۶۸)، ۱۷۰-۱۴۱.

ارزیابی اثربخشی سیاست‌ها براساس داده‌های کیفیت هوا و همچنین داده‌های انتشار آلاینده‌ها منجر به انباشت قوانینی می‌شود که اولویت‌بندی و اثربخشی آن‌ها مشخص نیست. همچنین ارزیابی پیشرفت قوانین نیز می‌تواند نقش به‌سزایی در مدیریت کیفیت هوا داشته باشد. لذا در وهله اول پیشنهاد می‌شود سیستم مدیریت کیفیت هوا پیاده‌سازی و به‌صورت مستمر مورد ارتقا و ارزیابی قرار گیرد.

همچنین سایر پیشنهادها به شرح ذیل است:

- ♦ یکپارچه‌سازی سیاست‌های آلودگی هوا، تغییر اقلیم و مدیریت منابع آب براساس توسعه پایدار؛
- ♦ اولویت‌بندی سیاست‌های مدیریت کیفیت هوا براساس منابع مالی و اثربخشی؛
- ♦ بهره‌گیری از منابع مالی بین‌المللی برای اجرای قوانین جاری؛
- ♦ ایجاد سیستم نظارت بر اجرای قوانین در سطح ریاست جمهوری.

منابع

برجی، م.، حاجی‌حسینلو، م. و دهناد، س. م. (۱۴۰۱). تأثیر طرح‌های توسعه‌ای حمل‌ونقل همگانی بر میزان آلودگی هوای شهری با استفاده از روش پویایی سیستم. فصلنامه مهندسی حمل‌ونقل، ۱۴ (۱)، ۲۲۳۲-۲۲۱۳.

بهلولی، ح. و ملک‌افضلی، ش. (۱۳۹۸). بررسی سیاست‌های کاهش آلودگی هوای شهری در ایران از منظر زیست‌بوم سیاسی. سیاست‌گذاری عمومی، ۵ (۳)، ۴۲-۹.

پژویان، ج. و مقیمی‌نیا، ع. (۱۳۸۵). ارزیابی اقتصادی و سیاست‌های کنترل آلودگی هوا ناشی از حمل‌ونقل: مورد تهران. مجله علمی-پژوهشی اقتصاد و مدیریت، ۶۸ (۲۳)، ۱۳-۲۳.

پیغمبرزاده، س. م.، الوانی، س. م.، امیرکبیری، ع. و ربیعی‌مندجین، م. (۱۴۰۰). ارائه مدل بومی اجرای سیاست‌های



Analysis of Iran's Air Quality Management Policies Based on the Time Series of Criteria Pollutant Concentrations

Zahra Madadi^{1*}, Ali Yousefi², Forough Shadman³

1- Master's student in the integrated coastal zone management (ICZM), University of Tehran

2- Head of Air Pollution Group, Environmental Protection Agency

3- Visiting Assistant Professor, Islamic Azad University, West Tehran Branch

*Corresponding Author's E-mail: zahra.madadi79@ut.ac.ir

Abstract

According to the World Bank report, air pollution is the fourth leading cause of death globally, accounting for one in every ten deaths. Air quality management policy-making began in the 1950s in the United Kingdom and the United States. In Iran, the first air quality management directive was issued in 1975 and has undergone modifications over the past 50 years. This study first reviews all enactments and laws related to air quality management, identifies their main themes, and estimates the extent of their overlap. Subsequently, to assess the effectiveness of these policies, the time series of concentrations for six criteria air pollutants—CO, NO₂, SO₂, PM_{2.5}, PM₁₀, and O₃—from three air quality monitoring stations in Tehran over a 10-year period were plotted. The best-fit trend lines were applied and compared with the nationally enacted policies. The results of this analytical study indicate that the Clean Air Law covers more than 77% of air quality management policies, demonstrating greater comprehensiveness compared to previous laws and enactments. Furthermore, analysis of the pollutant concentration time series reveals that sulfur dioxide (SO₂) concentrations have shown a consistent declining trend over the past decade, decreasing by more than 60%. This reduction can be attributed to the implementation of the 2014 regulation on fuel quality standardization. Additionally, given the increasing trend in ozone (O₃) concentrations, it is anticipated that specific policy-making for ozone control will become necessary in the near future.

Keywords: Air quality parameters, Air pollution, Air quality policy-making, Air quality monitoring management system.

Madadi, Z; Yousefi, A; Shadman, F. (2025). Analysis of Iran's Air Quality Management Policies Based on the Time Series of Criteria Pollutant Concentrations. *Zist Sepehr Student Magazine*, 18(2), 68-80.

چالش‌های مدیریتی مناطق تحت حفاظت کشور: از انتخاب تا پهنه‌بندی*

افشین دانه کار^۱

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

چکیده

سازمان حفاظت محیط‌زیست میراث‌دار ۳۲۴ منطقه تحت حفاظت است که حدود ۱۲ درصد کشور را پوشش می‌دهد. اما به پشوانه بیش از نیم قرن فعالیت، این سازمان قادر بوده‌است شیوه کارآمدی از انتخاب مناطق، الگوی اثربخشی در مدیریت مناطق تحت حفاظت را ایجاد کند؟ گزینش مناطق تحت حفاظت به چه میزان در چارچوب مأموریت این مناطق و اکوسیستم‌های معرف کشور صورت گرفته است؟ چه میزان از تنوع اکوسیستمی و مناطق داغ تنوع‌زیستی، زیر چتر حفاظتی سازمان قرار گرفته‌است؟ چرا شمار کثیری از مناطق فاقد طرح مدیریت هستند و آن دسته که برخوردار از طرح مدیریت هستند، چرا به‌درستی و با چابکی زون‌بندی و طراحی نمی‌شوند؟ همچنین در مناطقی که علاوه بر عنوان ملی برخوردار از عنوان‌های بین‌المللی است (مانند اندوختگاه زیست‌کره) چرا زون‌بندی مناطق با الگوی ملی (زون‌های ۱۱ گانه)، نتوانسته‌است، زون‌بندی اندوختگاه زیست‌کره را پاسخ گوید؟ در این نوشتار تحلیلی، تلاش می‌شود ۳ چالش پیش‌روی مدیریت مناطق تحت حفاظت شامل؛ (۱) مأموریت مناطق تحت حفاظت، (۲) انتخاب مناطق تحت حفاظت و (۳) زون‌بندی مناطق تحت حفاظت بیان و راهکارهای پیشنهادی معرفی شود.

کلیدواژه‌ها: حفاظت سرزمین، زیستگاه‌های طبیعی، اکوسیستم‌های معرف، شاخص‌های انتخاب مناطق تحت حفاظت

* این مقاله در اولین همایش ملی پارک‌های ملی و مناطق تحت حفاظت که توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست و دانشگاه حکیم سبزه‌واری در ۲ تا ۴ خرداد ۱۴۰۲ در پارک ملی گلستان، برگزار شد، ارائه شده‌است.

مقدمه

حفاظت از زیستگاه‌های طبیعی کشور به صورت غیررسمی قدمتی فراتر از ۱۵۰ سال دارد، با این وجود، مدیریت رسمی و دولتی آن حدود ۶۰ سال عمر دارد. پس از انتخاب شهر تهران به عنوان پایتخت کشور در سال ۱۱۶۴ خورشیدی (۱۲۰۰ قمری) در زمان قاجار، منطقه‌ای با نام قرق سلطنتی یا شکارگاه سلطنتی در نزدیکی تهران و در منطقه جاجرود امروزی قرار داشت که از آن حفاظت می‌شد و امروزه قدیمی‌ترین منطقه شکار ممنوع در کشور به شمار می‌رود. قرق‌های سلطنتی، شکارگاه‌های اختصاصی پادشاه و درباریان بود و برای حفظ جمعیت وحوش قابل‌شکار در مقابل مردم و شکارچیان محلی قرق می‌شد. شمار این دسته از قرق‌ها به تدریج در اطراف تهران و دیگر شهرها گسترش یافت. به طوری که در سال ۱۱۸۸ خورشیدی بخشی از منطقه ورچین قرق سلطنتی شد و ظل‌السلطان پسر بزرگ ناصرالدین شاه و حاکم اصفهان، در سال ۱۲۴۴ خورشیدی، قمیشلو را به عنوان قرق و شکارگاه اختصاصی اعلام کرد. در دهه ۱۲۹۰ نیز بخش‌هایی از یافت آباد، اوین، زرگنده و قیطریه به عنوان شکارگاه‌های سلطنتی، تحت مراقبت قرار گرفت و برای شکار مقرراتی وضع شد (دانه کار، ۱۳۹۹).

ایران در دوران جنگ جهانی اول (۱۲۹۳ تا ۱۲۹۷ خورشیدی) به سبب اولویت‌های اجتماعی و اقتصادی نسبت به زیستگاه‌های طبیعی و حیات وحش بی‌توجه شد، اما با پایان یافتن این دوره برای نخستین بار در سال ۱۳۰۷ احکام قانونی شکار وضع شد (مواد ۱۷۹ و ۱۸۲ قانون مدنی)، اما مجدداً در دوران جنگ جهانی دوم (۱۳۱۸ تا ۱۳۲۴ خورشیدی) توجه به محیط‌های طبیعی کشور فروکش کرد. با این وجود حضور نظامیان خارجی در کشور و به کار گماردن برخی از عشایر محلی به عنوان نگهبان یا نیروی تحت‌اختیار، سبب شد به تدریج اسلحه‌های جنگی در دست برخی مردم محلی رواج یابد که به شکار در

محیط‌های حضور خود دست می‌زدند. برای سامان‌دهی به وضعیت شکار بی‌برنامه، در سال ۱۳۳۵ خورشیدی قانون شکار در کشور تصویب و کانون شکار تأسیس شد. یکی از وظایف این کانون گزینش مناطقی بود که شایستگی حفاظت داشتند. نخستین منطقه‌ای که به طور رسمی توسط این کانون حفاظت شده اعلام شد، منطقه "آلمه و ایشکی" بین بجنورد و گنبد بود (پارک ملی گلستان امروز). در این دوران توجه کانون شکار بر معرفی مناطق تحت حفاظت، بهبود جمعیت حیات وحش قابل‌شکار بود. در زمان فعالیت کانون شکار، دو دسته منطقه تحت حفاظت با عنوان پارک وحش و منطقه حفاظت‌شده تعریف و انتخاب شد. دوره فعالیت کانون شکار، مصادف با نهضت‌های محیط‌زیستی جهان پس از جنگ جهانی دوم و شکل‌گیری سازمان‌های جهانی حمایت‌کننده محیط‌زیست و سرزمین (مانند FAO، IUCN، WWF و UNDP) بود و به تدریج انتظارات از تنها نهاد رسمی مراقبتی محیط‌زیست طبیعی در کشور بیشتر شد؛ تا این که در سال ۱۳۴۶ کانون شکار ایران به سازمان شکاربانی و نظارت بر صید تبدیل شد. فعالیت سازمان شکاربانی و نظارت بر صید کماکان متمرکز بر مدیریت شکار بود. در مقابل در دنیای غرب، مسائل محیط‌زیستی فراتر از موضوعات شکار و زیستگاه‌های طبیعی مورد توجه قرار می‌گرفت (دانه کار، ۱۳۹۹).

دنیای توسعه یافته اواسط قرن بیستم با پیامدهای مختلف توسعه از جمله انتشار آلاینده‌ها، کاهش کیفیت آب و خاک و مسمومیت محیط‌های زندگی انسان روبه‌رو بود و برای سامان دادن به این وضعیت، کشورهای جهان بسیج شدند تا در یک نشست جهانی برای مشکلات رو به گسترش دنیای مدرن راهکاری بیابد و از حوالی سال ۱۳۴۸ خورشیدی هماهنگی و رایزنی‌های بین‌دول برای این نشست جهانی آغاز شد. چنین تغییر نگرشی نیز در کشور به وجود آمد و به موازات تغییر نگاه به مسائل محیط‌زیست از جنبه‌های طبیعی به جنبه‌های انسانی، ایران برای مشارکت فعال در برپایی کنفرانس استکهلم در سال ۱۳۵۰

خورشیدی با مجوز مجلس وقت، سازمان شکاربانی و نظارت برصید را به سازمان حفاظت محیط‌زیست تغییر داد. دو سال پس از شکل‌گیری سازمان حفاظت محیط‌زیست، عنوان پارک حیات‌وحش به پارک ملی تبدیل شد و طبقات پناهگاه حیات‌وحش و آثار طبیعی ملی نیز به جمع مناطق تحت حفاظت کشور پیوست (دانه کار، ۱۳۹۹).

تا زمان شکل‌گیری سازمان حفاظت محیط‌زیست، ۱ پارک وحش و ۱۱ منطقه حفاظت شده در کشور انتخاب شده بود و با شکل‌گیری این سازمان و تعریف مناطق جدید، شناسایی و انتخاب مناطق تحت حفاظت با برنامه منسجم‌تری پیش رفت به شکلی که شمار این مناطق تا سال ۱۳۵۴ به ۳۴ منطقه بالغ شد و ۱۸ گروه تالاب کشور نیز به فهرست جهانی کنوانسیون رامسر پیوست. سازمان حفاظت محیط‌زیست در دومین سال از قرن پانزدهم خورشیدی میراث‌دار ۳۲۴ منطقه تحت حفاظت است که حدود ۱۲ درصد کشور را پوشش می‌دهد. در حال حاضر ۳۲ پارک ملی (با وسعت حدود ۲ میلیون هکتار)، ۴۴ اثر طبیعی ملی (حدود ۴۰ هزار هکتار)، ۵۴ پناهگاه حیات‌وحش (حدود ۶ میلیون هکتار) و ۱۹۴ منطقه حفاظت‌شده (حدود ۱۱/۵ میلیون هکتار) به همت و تلاش این سازمان انتخاب، ثبت و با دشواری‌های بسیار تحت مدیریت قرار دارد. اما این سوال مطرح است که پشتوانه بیش از نیم قرن فعالیت این سازمان قادر بوده است، شیوه کارآمدی از انتخاب مناطق و الگوی اثربخشی در مدیریت مناطق تحت حفاظت را ایجاد کند؟ گزینش مناطق تحت حفاظت به چه میزان در چارچوب مأموریت این مناطق و اکوسیستم‌های معرف کشور صورت گرفته است؟ چه میزان از تنوع اکوسیستمی و مناطق داغ تنوع‌زیستی، زیر چتر حفاظتی سازمان قرار گرفته است؟ دانش رشد یافته مدیریت محیط‌زیست، به‌ویژه در مناطق تحت حفاظت در جهان و ایران (به‌ویژه در دانشگاه‌ها)، به چه میزان مورد توجه تصمیم‌گیرندگان این سازمان بوده است؟ چرا شمار کثیری از مناطق فاقد طرح مدیریت هستند و آن دسته که برخوردار از طرح مدیریت

هستند، چرا به درستی و با چابکی زون‌بندی و طراحی نمی‌شوند؟ و نمونه‌ای از مناطق را نمی‌توان یافت که پس از تهیه طرح، در چارچوب برنامه اقدام آن مدیریت شود؟ در مناطقی که علاوه بر عنوان ملی برخوردار از عنوان‌های بین‌المللی است (مانند اندوختگاه زیست‌کره) چرا زون‌بندی مناطق با الگوی ملی (زون‌های ۱۱ گانه)، نتوانسته است، زون‌بندی اندوختگاه زیست‌کره را پاسخ گوید؟

در این نوشتار تحلیلی، تلاش می‌شود برخی چالش‌های پیش‌روی مدیریت مناطق تحت حفاظت در غالب ۳ چالش بیان و راهکارهای پیشنهادی معرفی شود.

چالش اول: مأموریت مناطق تحت حفاظت

مواد ۲ تا ۵ آئین‌نامه اجرایی قانون حفاظت و بهسازی محیط‌زیست (مصوب ۱۳۵۴/۱۲/۰۴ هیأت وزیران) پارک ملی، آثار طبیعی ملی، پناهگاه حیات‌وحش و منطقه حفاظت شده را تعریف کرده است. با این وجود این تعاریف امروزه با تعاریف بین‌المللی و مأموریت آن‌ها فاصله دارد. انتخاب پارک ملی وابسته به طبیعت است تا منابع طبیعی که در کشور تعریف سازمانی و مدیریتی پیدا کرده است. لذا حوزه شمول آن از اکوسیستم‌ها به منابع طبیعی محدود شده و سیستم‌های ساحلی، دریایی و جزیره‌ای را شامل نشده است. همچنین معرف بودن پارک ملی (در سطح زیست‌جغرافیایی) و تنوع اکوسیستمی مغفول افتاده است. تعریف آثار طبیعی ملی نیز به منابع گیاهی، جانوری و ویژگی زمین محدود شده است و منابع آب شناختی، دیرین شناختی، مناطق بازمانده یا رلیک، میکرو کلیماهای استثنایی و نواحی معرف رابطه موزون انسان و طبیعت مغفول مانده است. تعریف پناهگاه حیات‌وحش، نیز ضمن نادیده گرفتن اکوسیستم‌های ساحلی، دریایی و جزیره‌ای، به شاخص جمعیت و درجه حفاظتی گونه‌های حیات‌وحش توجهی نداشته است. تعریف مناطق حفاظت شده نیز تقریباً

مشابه پارک ملی و پناهگاه حیات وحش است و ضمن مغفول ماندن سیستم‌های ساحلی-دریایی، اکوسیستم‌های طبیعی با دست‌خوردگی قابل‌احیاء را از محور توجه خارج ساخته‌است.

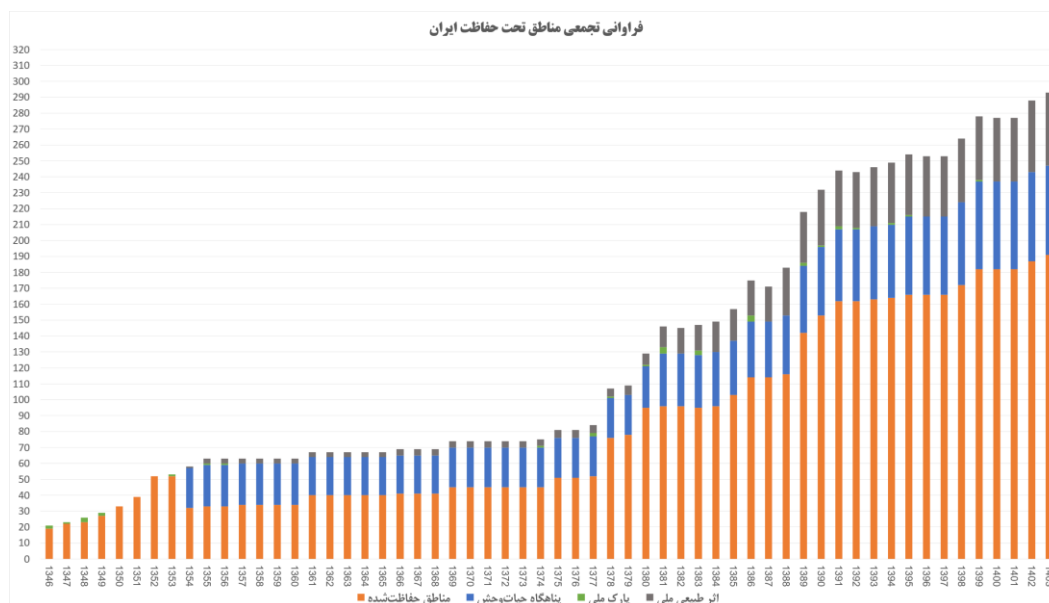
مهمتر از همه، خدمات اکوسیستمی و استمرار آن در مأموریت هیچ یک از مناطق یاد شده به چشم نمی‌خورد. همچنین تعاریف فوق هیچ ظرفیتی برای پیوند و وابستگی انسان چه برای بهره‌برداری متعادل و متوازن، چه بهره‌مندی غیرمصرفی (تفرج، آموزش، پژوهش و پایش) و حفاظت مشارکتی قائل نیست، در صورتی که رد پای آن در تعاریف بین‌المللی مشاهده می‌شود.

راهکار: بازنگری و ارتقاء تعاریف مناطق چهارگانه و مأموریت‌گرا کردن هریک از مناطق تحت حفاظت

چالش دوم: انتخاب مناطق تحت حفاظت

سازمان حفاظت محیط‌زیست در راستای مأموریت ذاتی خود تلاش داشته‌است، نسبت به ارتقاء کمی مناطق تحت حفاظت پویا باشد و مطابق شکل ۱، روند افزایش کمی مناطق تحت حفاظت در برخی سال‌ها رشد زیادی داشته‌است. به‌دنبال مصوبه کنفرانس ناگویا در سال ۲۰۱۰، هدف‌گذاری شد کشورها سهم مناطق تحت حفاظت در خشکی‌ها را تا سال ۲۰۲۰ به ۱۷ درصد و مناطق تحت حفاظت دریایی را به ۱۰ درصد افزایش دهند (Woodley

و همکاران، ۲۰۱۲)، این هدف برای کشورمان به سند ملی محیط‌زیست جمهوری اسلامی ایران (۱۳۹۱) نیز راه یافت و انگیزه‌ای برای توسعه کمی مناطق تحت حفاظت بود. مطابق آخرین آمار Protected Planet، تا می ۲۰۲۳ (اردیبهشت ۱۴۰۲)، تعداد مناطق تحت حفاظت خشکی-های دنیا حدود ۲۶۷ هزار عرصه بوده که حدود ۱۶٪ خشکی‌ها و آب‌های داخل خشکی‌ها را شامل می‌شود و تعداد مناطق تحت حفاظت ساحلی-دریایی بالغ بر ۱۸ هزار عرصه است که حدود ۸٪ مناطق ساحلی-دریایی را پوشش می‌دهد. در حال حاضر شمار مناطق تحت حفاظت کشور، بالغ بر ۳۲۴ منطقه است که حدود ۱۲ درصد کشور را پوشش می‌دهد. دستیابی به سطح اشغال هدف‌گذاری شده و ضرورت پوشش حفاظتی مناطق حساس و آسیب‌پذیر سرزمین و نواحی داغ تنوع‌زیستی، توسعه کمی مناطق تحت حفاظت کشور را گریز ناپذیر ساخته است. علاوه‌بر اهداف کمی، کیفیت شبکه مناطق تحت حفاظت به‌منظور حمایت طولانی‌مدت از تنوع اکولوژیک کشور نیز قابل‌توجه است. تأمین این هدف جز با انتخاب اصولی و بر پایه معیارهای مشخص، از نمونه‌های معرف تنوع اکولوژیک کشور و به‌صورت شبکه‌ای مرتبط به هم، ممکن نخواهد بود. مطالعات انجام شده در برخی از استان‌های کشور و نیز کل کشور در طول ۱۰ سال اخیر نامناسب بودن فرآیند انتخاب مناطق تحت حفاظت موجود را نشان می‌دهد (جعفری و همکاران، ۱۳۸۹؛ Yusefi و همکاران، ۲۰۱۹).



شکل ۱- روند افزایش کمی مناطق تحت حفاظت کشور طی ۵۰ سال اخیر

مناطق تحت حفاظت کشور به روش‌های سنتی و غیرسیستماتیک و بیشتر متکی بر معیارهای وابسته به حیات‌وحش صورت گرفته‌است.

درواقع به سبب نبود معیارهای انتخاب مناطق تحت حفاظت، حضور حیات‌وحش و ارزش‌های زیستگاهی بر گزینش این مناطق سایه انداخته و این روش سنتی و تجربی، به رغم وجود دانش فنی در مراجع بین‌المللی، کشورهای جهان و پژوهش‌های دانشگاهی، ارتقاء نیافته‌است. دست کم تجربیات جهانی نشان می‌دهد حدود ۵ دهه است که سازمان‌های بین‌المللی کاربرد معیارهای گزینش مناطق تحت حفاظت را توصیه و ترویج می‌کنند و طی این زمان معیارها و شاخص‌های انتخاب مناطق، تدقیق شده‌است. انتخاب مناطق حفاظتی با توجه به هدف و مأموریت خود و درک کافی از سطح مداخلات اجتماعی در آن‌ها مستلزم رویه‌های علمی و خارج از سلاقی فردی است (Gaston et al., 2008). در نبود معیارهای گزینش مناطق تحت حفاظت، سازمان حفاظت محیط‌زیست، نخواهد دانست که به چه پایگاه داده زمینی برای انتخاب بهینه مناطق تحت حفاظت نیاز دارد. از جمله معیارهایی که

رویکرد غالب در انتخاب مناطق تحت حفاظت تا زمان شکل‌گیری سازمان حفاظت محیط‌زیست و سال‌های اولیه آن، توجه به ارزش‌های قابل بهره‌برداری حیات‌وحش (شکار تروفه) و پس از آن مراقبت از گونه‌های با جمعیت کاهنده بود. لذا براساس تجربیات میدانی و با تکیه به شرایط زیستگاهی و جمعیت حیات‌وحش، مناطق تحت حفاظت انتخاب می‌شدند. حتی تأکید بر نقش زیستگاهی در تعاریف پارک ملی، پناهگاه حیات‌وحش و منطقه حفاظت شده در آئین‌نامه اجرایی قانون حفاظت و بهسازی محیط‌زیست، به وضوح دیده می‌شود. چنین رویکردی سبب شده‌است، سازمان حفاظت محیط‌زیست، هنوز توسط بسیاری به عنوان سازمان شکاربانی شناخته شود و بسیاری از نهادهای تصمیم‌ساز نقشی در مدیریت پایدار سرزمین برای این سازمان قائل نیستند. مناطق پشوتانه چهارگانه نیز با نام مناطق شکار ممنوع شناخته می‌شود، در صورتی که می‌تواند برخوردار از مأموریتی غیر حیات‌وحش باشد (اکوسیستم معرف نه زیستگاه معرف). مطالعات سلمان ماهینی (۱۳۹۱) و Momeni Dehaghi و همکاران (۲۰۱۳) نیز این موضوع را تأکید کرده و نشان داده انتخاب

- ♦ Guidelines for applying protected area management categories, IUCN, 2008.
 - ♦ Guidelines for establishing marine protected areas, IUCN, 2008.
 - ♦ Guidelines for Applying Protected Area Management Categories, IUCN, 2008.
 - ♦ Procedure for Assigning IUCN Protected Area Management Categories, EUROPARC, 2008.
 - ♦ Guidelines for Applying the IUCN Protected Area Management Categories to Marine Protected Areas, IUCN, 2012.
 - ♦ Statutes of the International Geoscience and Geoparks, UNESCO, 2015.
 - ♦ An introduction to the IUCN Red List of Ecosystems, IUCN, 2016.
 - ♦ Guidelines for the application of IUCN Red List of Ecosystems categories and criteria, IUCN, 2017.
 - ♦ Large-scale marine protected areas, IUCN, 2017.
 - ♦ Guidelines for privately protected areas, IUCN, 2018.
 - ♦ Guidelines for using A global standard for the identification of Key Biodiversity Areas, IUCN, V1.1, 2019 & V1.2, 2022.
 - ♦ Criteria and guidance for protected areas designations, European Commission, 2022.
- برای انتخاب مناطق تحت حفاظت در گستره جهانی کاربرد داشته است می‌توان به نمونه‌های زیر اشاره نمود:
- ♦ Diamond, 1975.
 - ♦ Categories, objectives and criteria for protected areas, IUCN, 1978.
 - ♦ Marine and Coastal Protected Areas: A Guide for Planners and Managers, IUCN, 1984.
 - ♦ Guidelines for establishing marine protected areas, IUCN, 1991.
 - ♦ Guidelines for Applying the IUCN Protected Area Management Categories to Marine Protected Areas, IUCN, 2012.
 - ♦ IUCN directory of protected areas in Oceania, IUCN, 1991.
 - ♦ Guidelines for establishing marine protected areas, IUCN, 1991.
 - ♦ Guidelines for mountain protected areas, IUCN, 1992.
 - ♦ Ecologically Sensitive Sites in Africa, World Bank, 1993.
 - ♦ Guidelines for protected area management categories, IUCN, 1994.
 - ♦ Davis et al., 1994.
 - ♦ Common Guidelines and Criteria for Protected Areas in The Wider Caribbean Region: Identification, Selection, Establishment and Management, UNEP, 1996.
 - ♦ Forests and protected areas: guidance on the use of the IUCN protected area management categories, IUCN, 2008.
 - ♦ Guidelines for Marine Protected Areas, IUCN, 2008.

راهکار: تدوین و استانداردسازی معیارها و شاخص‌های مکانی شناسایی و انتخاب مناطق تحت حفاظت، به تفکیک مأموریت هریک از مناطق

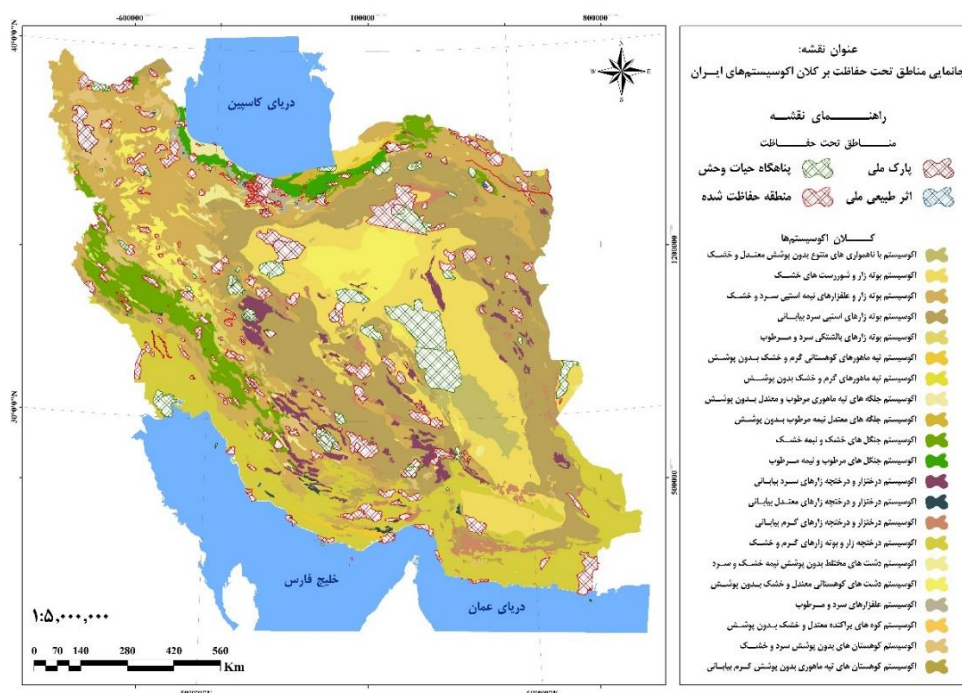


یافته‌های پژوهشی:

انتخاب مناطق معرف تحت حفاظت برای دستیابی به شرایط مطلوب ساختار فضایی حفاظت کشور منجر شود.

انطباق مناطق تحت حفاظت کشور با کلان اکوسیستم‌های خشکی، مطابق شکل ۲ و جدول ۱ نشان می‌دهد، برخی از بوم ناحیه‌های کشور فاقد پوشش حفاظتی مناسب است و در مقابل در برخی از اکوسیستم‌ها با حضور مناطق مشابه مواجه هستیم. انتظار می‌رود دست کم یک پارک ملی در نواحی مناسب، بکر و طبیعی کلان اکوسیستم‌های کشور مورد گزینش قرار گیرد و در حال حاضر یک سوم کلان اکوسیستم‌های کشور فاقد پارک ملی است. این نقشه می‌تواند مبنایی برای توزیع فضایی مناسب مناطق تحت حفاظت کشور (به جز آثار طبیعی ملی) قرار گیرد.

یافته‌های پژوهشی اخیر (عزیزی جلیلیان، ۱۳۹۸) نشان داده‌است، شناسایی مناطق معرف اکولوژیک (اکوسیستم‌های کلان) کشور (Azizi Jalilian et al., 2020) می‌بایست مبنایی برای انتخاب مناطق تحت حفاظت باشد. همچنین با کاربرد معیارها و شاخص‌های مکانی مرتبط با انتخاب مناطق تحت حفاظت کشور (پارک ملی، منطقه حفاظت‌شده و پناهگاه حیات وحش) می‌توان به شناسایی این مناطق متکی با متدولوژی علمی و خارج از روش‌های سلیقه‌ای اقدام نمود. در این ارتباط الگوریتم‌های تصمیم‌گیری اثربخشی نیز با توجه به معرف بودن در اکوسیستم‌های کلان و وضع موجود مناطق تحت حفاظت طراحی شده‌است که قادر بوده به اولویت‌بندی استانی برای



شکل ۲- توزیع مناطق تحت حفاظت با کلان اکوسیستم های کشور (عزیزی جلیلیان، ۱۳۹۸)

جدول ۱- پوشش حفاظتی کلان اکوسیستم‌های کشور توسط مناطق تحت حفاظت (عزیزی جلیلیان، ۱۳۹۸)

ردیف	عنوان اکوسیستم	سطح اشغال در کشور	تعداد پارک ملی	تعداد اثر طبیعی ملی	تعداد پناهگاه حیات وحش	تعداد منطقه حفاظت شده	سطح اشغال در اکوسیستم
۱.	اکوسیستم جنگل‌های مرطوب و نیمه‌مرطوب	۱/۵۴	۴	۲	۳	۲۳	۳/۱۳
۲.	اکوسیستم جنگل‌های خشک و نیمه خشک	۴/۸۹	۴	۵	۶	۳۱	۴/۶۵
۳.	اکوسیستم درختزار و درختچه‌زارهای سرد بیابانی	۲/۹۸	۴	۰	۷	۱۹	۳/۶۰
۴.	اکوسیستم درختزار و درختچه‌زارهای گرم بیابانی	۱/۷۰	۰	۰	۴	۱۱	۱/۴۸
۵.	اکوسیستم درختزار و درختچه‌زارهای معتدل بیابانی	۰/۲۰	۰	۰	۰	۴	۰/۲۲
۶.	اکوسیستم بوته‌زار و شوررست‌های خشک	۱۶/۲۷	۳	۰	۹	۲۰	۲۶/۹۰
۷.	اکوسیستم بوته‌زارهای استپی سرد بیابانی	۲۵/۰۴	۱۰	۹	۲۰	۵۱	۱۸/۰۱
۸.	اکوسیستم بوته‌زار و علفزارهای نیمه استپی سرد و خشک	۱۹/۷۴	۱۷	۱۵	۱۴	۹۰	۱۶/۶۵
۹.	اکوسیستم درختچه‌زار و بوته‌زارهای گرم و خشک	۱۴/۲۶	۴	۳	۲	۲۷	۱۰/۲۸
۱۰.	اکوسیستم علفزارهای سرد و مرطوب	۰/۸۲	۱	۶	۰	۱۷	۲/۲۲
۱۱.	اکوسیستم بوته‌زارهای بالشتکی سرد و مرطوب	۱/۲۹	۰	۳	۳	۲۵	۲/۲۷
۱۲.	اکوسیستم جلگه‌های معتدل نیمه مرطوب بدون پوشش	۰/۲۶	۰	۰	۴	۲	۰/۱۴
۱۳.	اکوسیستم تپه‌ماهورهای گرم و خشک بدون پوشش	۰/۰۴	۰	۰	۰	۲	۰/۰۳
۱۴.	اکوسیستم جلگه‌های تپه‌ماهوری مرطوب و معتدل بدون پوشش	۰/۳۲	۱	۱	۵	۷	۰/۱۵
۱۵.	اکوسیستم دشت‌های مختلط بدون پوشش نیمه خشک و سرد	۱/۱۳	۲	۰	۵	۱۴	۰/۵۱
۱۶.	اکوسیستم تپه‌ماهورهای کوهستانی گرم و خشک بدون پوشش	۰/۴۴	۱	۰	۰	۳	۰/۱۱
۱۷.	اکوسیستم دشت‌های کوهستانی معتدل و خشک بدون پوشش	۴/۴۲	۱	۰	۴	۱۴	۲/۱۵
۱۸.	اکوسیستم با ناهمواری‌های متنوع بدون پوشش معتدل و خشک	۱/۹۱	۰	۰	۱	۰	۳/۱۴
۱۹.	اکوسیستم کوه‌های پراکنده معتدل و خشک بدون پوشش	۰/۳۳	۲	۰	۵	۱۰	۰/۳۳
۲۰.	اکوسیستم کوهستان‌های بدون پوشش سرد و خشک	۲/۵۱	۴	۰	۸	۱۲	۴/۰۵
۲۱.	اکوسیستم کوهستان‌های تپه‌ماهوری بدون پوشش گرم بیابانی	۰/۰۲	۰	۰	۰	۰	۰/۰
نواحی ساحلی - دریایی خطه شمال			۱	۱	۳	۱	
نواحی ساحلی - دریایی خطه جنوب			۲	۱	۴	۹	

پژوهش‌های اخیر همچنین برای انتخاب پارک‌های ملی، پناهگاه‌های حیات‌وحش و مناطق حفاظت شده کشور، معیارها و شاخص‌های مکانی مرتبط با مأموریت این مناطق را معرفی نموده و الگوریتم‌های تصمیم‌گیری برای کاربرد این معیارها و شکل مناسب استفاده از شاخص‌های مکانی را برای توجه به ظرفیت‌های سرزمینی طراحی

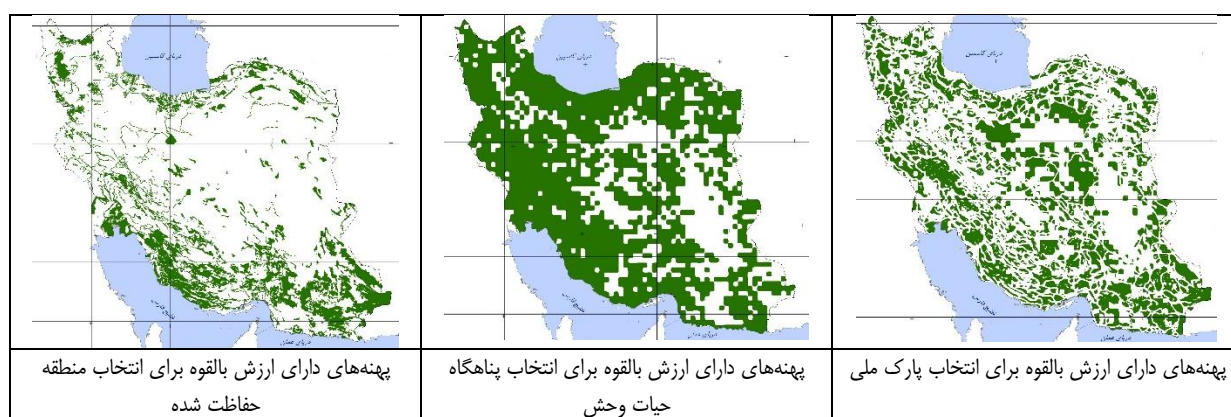
ساخته است. جدول ۲ معیارها و شاخص‌های مکانی (با قابلیت نقشه‌سازی) هریک از طبقات مدیریتی یاد شده را نشان می‌دهد. شکل ۳ نیز پهنه‌های شناسایی شده دارای ارزش بالقوه انتخابات مناطق تحت حفاظت در کشور براساس معیارهای یادشده را نشان می‌دهد.

جدول ۲- معیارها و شاخص های گزینش مناطق تحت حفاظت کشور (عزیزی جلیلیان، ۱۳۹۸)

وزن معیار			شاخص	معیار
منطقه حفاظت شده	پناهگاه حیات وحش	پارک ملی		
۰/۱۰۱	۰/۱۵۹	۰/۰۹۵	- درجه یکپارچگی اکوسیستم تحت تأثیر کاربری ها - درجه یکپارچگی اکوسیستم تحت تأثیر جاده های اصلی	یکپارچگی اکوسیستم/ زیستگاه
**	**		طبقه بندی سرزمین براساس حضور یا عدم حضور عوامل	دست نخوردگی سرزمین
۰/۲۵۰	۰/۰۳۱	۰/۲۷۷	طبقه بندی حفاظتی توپوگرافی	منطقه با توپوگرافی حساس
	۰/۲۴۰		- طبقه بندی حفاظتی پهنه های آبی - طبقه بندی حفاظتی رودخانه ها - وجود مناطق یخچالی	منطقه با منابع آبی سطحی حساس
	۰/۳۵۴		- طبقه بندی حفاظتی تیپ های جنگلی	منطقه با گیاهان حفاظتی
	۰/۳۵۴		- طبقه بندی حفاظتی تیپ های مرتعی	منطقه با گیاهان اندمیک و انحصاری
	۰/۳۵۴			منطقه با گیاهان کمیاب و نادر
۰/۱۶۰			- طبقه بندی حفاظتی پراکنش گونه های حفاظتی و اندمیک	زیستگاه جانوران حفاظتی
۰/۱۶۰			مهرداد	زیستگاه جانوران اندمیک و انحصاری
۰/۱۶۰				زیستگاه جانوران کمیاب و نادر
۰/۰۶۴	۰/۰۴۵	۰/۱۶۰	- درجه آسیب پذیری اکولوژیک سرزمین	منطقه آسیب پذیر نسبت به اثر و پیامد فعالیت
۰/۳۸۲	۰/۱۰۴		- طبقه بندی حفاظتی پدیده میراث زمین شناختی، ذخیره گاه جنگلی و تیپ اکوسیستمی منحصربه فرد	تیپ زمین سیمای منحصر به فرد و کمیاب
۰/۰۴۳			- طبقه بندی حفاظتی گونه های رأس و چتر پستاندار و پرند	زیستگاه گونه های رأس اکوسیستم و طعمه خوار
۰/۳۸۲	۰/۰۶۸	۰/۴۶۷	- حضور گونه و رویشگاه درختان کهنسال و دیرزیست	رویشگاه گونه های دیرزیست یا مسن

**این معیار برای پناهگاه و منطقه حفاظت شده در نظر گرفته نشد به دلیل مشابهت آن با معیار منطقه آسیب پذیر نسبت به اثر و پیامد فعالیت انسان

معیار الزامی	معیار ترجیحی
--------------	--------------



شکل ۳- پهنه های دارای ارزش بالقوه انتخابات مناطق تحت حفاظت در کشور (عزیزی جلیلیان، ۱۳۹۸)

چالش سوم: زون‌بندی مناطق تحت حفاظت

مناطق تحت حفاظت در کشورهای مختلف، با عناوین متفاوتی، در چارچوب استراتژی جهانی حفاظت (IUCN/UNEP/WWF, 1980) حول سه هدف کلیدی شامل؛ حفاظت از سیستم‌های طبیعی کره زمین، حمایت از تنوع زیستی و تضمین پایداری بهره‌برداری از خدمات اکوسیستمی شناسایی و راه‌اندازی می‌شوند. با این وجود، رویکردهای سلبی مدیریت در این مناطق، سبب شده‌است پیوندهای عملکردی خدمات آن با بهره‌برداری خردمندانه انسان، کمتر مورد توجه و برنامه‌ریزی قرار گیرد (البرزی منش و همکاران، ۱۴۰۰). مناطق تحت حفاظت بدون طرح‌ریزی مدیریتی که مبتنی بر زون‌بندی، برنامه‌ریزی و طراحی زون‌ها است، فاقد عملکرد اثربخش هستند و جز عنوان و مراقبت‌های محدود از نواحی بسیار حساس و آسیب‌پذیر، کارکرد موثری برای جامعه و مدیریت سرزمین نخواهند داشت. زون‌بندی از دیرباز به عنوان سنگ بنای مدیریت مناطق تحت حفاظت، جداسازی کاربری‌های متضاد و تعیین مناسب بودن فعالیت‌های مختلف در نظر گرفته شده‌است (Geneletti & van Duren, 2008).

هدف اصلی از زون‌بندی محیط‌های طبیعی تحت مدیریت، تشریح و تعیین سطوح مختلف حفاظت و کاربری و جدا نمودن مناطق حساس و آسیب‌پذیر است. اگرچه برنامه‌های زون‌بندی می‌تواند شکل‌های مختلفی داشته باشد، اما به هر حال باید هدف‌های روشنی را تعقیب کند. از جمله مهمترین این هدف‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود (Herrera Montes, 2018):

- حراست و نگهداری از پدیده‌های نادر زنده یا غیرزنده، زیستگاه‌ها و گونه‌های حساس؛
- حفظ و نگهداری ساختارها و فرایندهای طبیعی برای توسعه برنامه‌های آموزشی، تفسیری و گردشگری؛
- حفظ و نگهداری زمین سیمای طبیعی و دست نخورده برای اهداف پژوهشی و پایشی؛

- حفظ ساختارها و سیمای زیست فرهنگی، به موازات توسعه متعادل استفاده‌های انسانی؛
- بازسازی و احیای زمین سیمای طبیعی آسیب‌دیده و دست خورده بدون مداخله یا در صورت ضرورت با مداخله انسانی در چارچوب اهداف حفاظتی؛
- توسعه متعادل و متوازن فعالیت‌های انسانی و تفکیک فعالیت‌های ناسازگار انسانی از یکدیگر و پیشگیری از تجمع اثرات منفی آن‌ها و جلوگیری از انتشار آثار منفی بر مناطق بکر و طبیعی.

از زمانی که سازمان حفاظت محیط‌زیست شکل گرفت ضمن تغییر نام پارک حیات وحش به پارک ملی، طبقات منطقه حفاظت‌شده و اثر طبیعی ملی نیز به این مجموعه اضافه شد اما فرایند شناخت و ثبت مناطق تحت حفاظت بدون آنکه الگوی روشنی برای مدیریت و زون‌بندی آن‌ها در نظر داشته باشد ادامه یافت تا اینکه در دهه ۵۰ خورشیدی، با شکل‌گیری ذخیره‌گاه‌های زیستکره در جهان، الگوی مدیریت این مناطق به شکل زون‌های تودرتو، توجه به موضوع زون‌بندی در مناطق تحت حفاظت را پیش پای برنامه‌ریزان قرار داد. در کشور در سال ۱۳۵۵، نخستین الگوی زون‌بندی اختصاصاً برای پارک‌های ملی ارائه شد که مشتمل بر ۴ زون، با اسامی "زون طبیعت کاملاً حفظ شده"، "زون قرق با قابلیت دسترسی تحت کنترل"، "زون استفاده پراکنده" و "زون استفاده متراکم" بود (شریفی، ۱۴۰۰). بعد از آن تعداد زون‌ها برای استفاده‌های گوناگون تا ۷ زون افزایش پیدا کرد و براین اساس برای نخستین بار پارک ملی خجیر و سرخه حصار در دهه ۶۰ خورشیدی مورد برنامه‌ریزی و زون‌بندی قرار گرفت (مجنونیان، ۱۳۷۹). به این ترتیب ضرورت زون‌بندی مناطق چهارگانه به عنوان یک ابزار کارآمد مدیریتی بر همه روشن شد و از آنجا که تعداد زیادی منطقه تحت حفاظت زون‌بندی نشده در کشور وجود داشت و محدودیت‌های مالی امکان زون‌بندی همه آن‌ها را ناممکن می‌ساخت، زونی به نام منطقه امن در سال ۱۳۶۲ معرفی شد. محدوده‌های امن نوعی زون‌بندی اولیه برای مناطق به‌شمار می‌رفت که در مواقع

اضطراری برای جلوگیری از انهدام زیستگاه‌ها در برابر فعالیت‌های گسترده انسانی پیشنهاد می‌شدند (مجنونیان، ۱۳۹۴)، اما پس از آنکه برای مناطق طرح مدیریت و پهنه-بندی در نظر گرفته می‌شد، این زون در زون‌بندی نهایی می‌بایست ادغام و یا در آن حل می‌شد، با این وجود اشتباهات فاحشی در برخی زون‌بندی‌های مدیریتی مشاهده می‌شد که زون منطقه امن در کنار سایر زون‌ها ادامه حیات می‌یافت. سازمان حفاظت محیط‌زیست برای ایجاد وحدت رویه در تهیه طرح مدیریت مناطق تحت حفاظت، با مشارکت دفتر امور فنی و تدوین معیارهای سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی وقت، دستورالعمل تهیه طرح مدیریت مناطق تحت حفاظت (نشریه شماره ۲۵۷) را با مشارکت زبده ترین متخصصان کشور در سال ۱۳۸۱ تدوین نمود. در این دستورالعمل ۱۱ زون برای مدیریت مناطق تحت حفاظت پیش‌بینی شده، که ملاک عمل تهیه طرح مدیریت بسیاری از مناطق کشور قرار گرفت اما در گزارشی غیر رسمی سازمان حفاظت محیط‌زیست در سال ۱۳۸۸، دستورالعمل ناحیه‌بندی مناطق تحت مدیریت را از نظر زون‌بندی مورد بازبینی قرار داد و حداکثر تعداد زون‌ها را به ۸ زون تقلیل داد (سازمان حفاظت محیط‌زیست، ۱۳۸۸). با این وجود به‌رغم توصیه‌های مناسب و اثربخش، این دستورالعمل هنوز به‌طور رسمی ملاک زون‌بندی مناطق قرار نمی‌گیرد. براساس مفاد نشریه شماره ۲۵۷، هریک از مناطق تحت حفاظت، مطابق اهداف و مأموریت‌های حفاظتی خود، برخوردار از حداقل و حداکثر زون‌هایی خواهند بود. با این وجود ضمن آنکه زون‌های مورد اشاره برای برخی از مناطق حفاظتی، با اشکالات بنیادین همراه است، اشتباه فاحشی در اختصاص زون‌های ذخیره‌گاه‌های زیست‌کره رخ داده‌است که با الگوی برنامه انسان و زیست‌کره همخوانی ندارد و فرایند زون‌بندی این مناطق را دچار اشکال خواهد نمود (البرزی منش و همکاران، ۱۴۰۰). تجربیات تهیه طرح‌های مدیریت مناطق تحت حفاظت که برخوردار از عنوان اندوختگاه زیست‌کره هستند، نشان از بی‌توجهی به

پهنه‌بندی سه گانه برنامه انسان و زیست‌کره است. این دسته از مناطق تحت حفاظت با درجه بین‌المللی نیز تا کنون برخوردار از معیارها و شاخص‌های مکانی پهنه‌های سه‌گانه برای ناحیه‌بندی براساس روش‌شناسی علمی و قابل قبول مجامع بین‌المللی که بومی‌سازی شده باشند توسط مرجع ملی آن (سازمان حفاظت محیط‌زیست) نبوده‌است (البرزی منش، ۱۴۰۱).

روش‌شناسی زون‌بندی مناطق را می‌توان یکی از موانع بزرگ در توفیق مدیریت مناطق تحت حفاظت در کشور معرفی نمود. به‌رغم تدوین نشریه ۲۵۷، هنوز تیم‌های مطالعاتی از زون‌بندی صحیح و دقیق مناطق بازمانده‌اند و بیشتر بر پایه قضاوت‌های فردی، تا پیروی از رویه‌های علمی، زون‌بندی این مناطق را به سرانجام می‌رسانند. ضمن تأکید مجدد بر این موضوع که زون‌های پیش‌بینی شده برای مناطق چهارگانه، دارای کاستی‌های فنی است، همین زون‌ها بدون تعیین و تعریف معیارهای وابسته به مأموریت هر زون و شاخص‌های مکانی آن شناسایی می‌شوند و تنها روش پیشنهاد شده در دستورالعمل مورد اشاره، پیروی از ارزیابی توان محیط‌زیستی است. حال آنکه روش ارزیابی توان اکولوژیک که اغلب روش غالب برای زون-بندی مناطق معرفی می‌شود، برای این منظور کارایی ندارد. لازم به ذکر است در فرایند برنامه‌ریزی سرزمین دو رویکرد برای ارتباط فعالیت‌ها با مکان وجود دارد. نخست روش-های قابلیت‌سنجی^۱ و دیگری روش‌های تناسب‌سنجی^۲ است. در روش‌های قابلیت‌سنجی، ارتباط فعالیت به زمین براساس مجموعه‌ای از امکانات و محدودیت‌های محیطی یک واحد سرزمین صورت می‌گیرد، به همین منظور شناخت یگان اکولوژیک برای این دسته از سنجش‌ها، ضرورت یافته‌است. در صورتی که روش‌های تناسب‌سنجی، هدف‌گرا هستند و مکان مناسب یک فعالیت را در زمینی که جمیع شایستگی‌های محیطی در آن گردآمده است،

^۱ . Capability Assessment

^۲ . Suitability Evaluation

مشخص می‌کند. زون‌بندی مناطق تحت حفاظت، اندوخته‌های زیست‌کره و هر شکل دیگری از کاربری-های رایج در مدیریت سرزمین (مانند زون‌بندی شهر، زون-بندی طرح‌های جنگلداری، زون‌بندی گردشگاه‌ها و مواردی از این دست) از نوع هدف‌گرا است. درواقع هر زون براساس مأموریت هدف‌گذاری شده‌ی قبلی، بایستی شناسایی و تحدید حدود شود و این مهم، از طریق روش-های تناسب‌سنجی قابل‌دستیابی می‌باشد. این در حالی است که ارزیابی توان اکولوژیک از روش‌های قابلیت‌سنجی است و شیوه مناسبی برای زون‌بندی محسوب نمی‌شود و تا کنون نتوانسته است به اثربخشی برسد. بنابراین ضرورت دارد در فرایند بازنگری دستورالعمل زون‌بندی، روش زون-بندی از ارزیابی توان اکولوژیک به روش ارزیابی چند معیاره مکانی بر مبنای تناسب‌سنجی تغییر کند (دانه کار و همکاران، ۱۳۹۹).

شیوه سنجش در روش‌های قابلیت‌سنجی، ارزیابی سرزمین (Land Assessment) و این شیوه در روش‌های تناسب-سنجی، ارزشیابی سرزمین (Land Suitability) است. روش‌های قابلیت‌سنجی بر پایه ارزیابی سرزمین، در گروه مدل‌های تصمیم‌گیری زمین مبنای روش‌های تناسب-سنجی بر پایه ارزشیابی سرزمین در گروه مدل‌های تصمیم‌گیری فعالیت مبنای (در اینجا اهداف معین حفاظتی) قرار می‌گیرند. مدل‌های تصمیم‌گیری زمین مبنای برای بهینه‌سازی وضع موجود^۳ و مدل‌های تصمیم‌گیری فعالیت مبنای، برای بهینه‌یابی وضع مطلوب^۴ به کار می‌روند. این موضوع حدود سه دهه است که مورد تأکید سایر صاحب نظران بین‌المللی نیز قرار داشته است. Geneletti و van Duren (۲۰۰۸) اظهار دارند که زون‌بندی (بهینه‌بندی) مناطق تحت حفاظت یک موضوع تصمیم‌گیری است که ذاتاً نیازمند ارزیابی ویژگی‌های چندگانه زمین با توجه به اهداف چندگانه است. Spellemborg (۱۹۹۲) ارزشیابی

اکولوژیک^۵ را به‌عنوان فرآیندی برای سنجش اهمیت یک منطقه برای حفاظت از طبیعت بیان کرده‌است. هدف اصلی ارزشیابی اکولوژیک ارائه معیارها و اطلاعاتی است که بتوان از آن‌ها برای شناسایی اولویت‌های حفاظتی استفاده کرد و در نتیجه از تصمیم‌گیری در حفاظت از طبیعت حمایت نمود. مطالعات در مورد ارزشیابی خواص زمین برای حفاظت از طبیعت مبتنی بر رویکردهای بسیار کمتر استاندارد و ناهمگن است (Geneletti, 2002). مطالعات متعددی بر تجزیه و تحلیل تناسب‌سنجی زیستگاه برای گونه‌ها یا جوامعی تأکید دارد که اهمیت بالایی برای حفاظت یا بازسازی دارند (Binzenhöfer et al., 2005; Dayton and Fitzgerald, 2006; Morrogh-Bernard et al., 2003; Lin, 2000; Van Duren et al., 1998).

یکی از مهم‌ترین چالش‌ها و کمبودهای زون‌بندی مناطق تحت حفاظت کشور، عدم شناسایی و معرفی معیارهای ویژه برای زون‌های ۱۱ گانه براساس اهداف و مأموریت-های هریک است (دانه کار و همکاران، ۱۳۹۷). این درحالی است که راهنماهای بین‌المللی متعدد و تجربیات جهانی مرتبط متعددی در این خصوص وجود دارد که می‌تواند برای بومی‌سازی با شرایط کشور، در چارچوب داده و اطلاعات در دسترس مورد استفاده قرار گیرد که مواردی از آن‌ها به شرح زیر است:

- Outdoor Recreation Resource Review Commission, ORRRC, 1962.
- Planning for man and nature in national parks: reconciling perpetuation and use (Forster, 1973).
- National parks planning: a manual with annotated examples, FAO, 1976 & 1988.
- Great Barrier Reef Marine Park Authority: Zoning the Central Section, 1985
- Rainforest buffer zones: guidelines for protected area managers, IUCN, 1991.
- Guidelines for management planning of protected areas, IUCN, 2003.
- Guidelines for planning and managing mountain protected areas, IUCN, 2004.

^۳. Optimization of the current situation

^۴. Optimization of the desired situation

^۵. Ecological evaluation

یافته‌های پژوهشی:

یافته‌های پژوهشی اخیر (شریفی، ۱۴۰۰؛ Sharifi et al., 2021) معیارها و شاخص‌های مکانی زون‌بندی مناطق تحت حفاظت را شناسایی و اثر بخشی آن را نشان داده‌است. همچنین الگوریتم‌های تصمیم‌گیری برای کاهش سلايق فردی و ایجاد چارچوب علمی با قابلیت برنامه‌نویسی برای زون‌بندی مناطق تحت حفاظت و حتی ایده‌هایی برای کاهش زون‌های ۱۱ گانه به دسته‌بندی سه‌گانه مطرح شده است (شریفی، ۱۴۰۰) که می‌تواند بر سرعت عمل زون‌بندی، پرهیز از مطالعاتی که نقشی در شناسایی و تعیین حدود زون‌ها ندارند و کاهش زمان و هزینه‌های زون‌بندی موثر باشند. جدول ۳ معیارهای واجد شاخص‌های مکانی زون‌بندی مناطق تحت حفاظت را نشان می‌دهد.

- Guidelines for Management Planning of Protected Areas, IUCN, 2008.
- Management Guidelines for IUCN Category V Protected Areas Protected Landscapes/Seascapes, IUCN, 2008.
- Guidelines for protected area management categories: interpretation and application of the protected area management categories in Europe, IUCN, 2008.
- Guidelines on Planning and Managing Mountain Protected Areas, IUCN, 2008.
- Protected area staff training: guidelines for planning and management, IUCN, 2011.
- Environmental Management Plan Guidelines, Commonwealth of Australia, 2014.
- Wilderness Protected Areas: Management guidelines, IUCN, 2016.

راهکار: تدوین و استانداردسازی معیارها و شاخص‌های مکانی شناسایی و انتخاب زون‌های مناطق تحت حفاظت، به تفکیک مأموریت هریک از زون‌ها

جدول ۳- اولویت معیارهای گزینش زون‌های مناطق تحت حفاظت کشور (شریفی، ۱۴۰۰)

معیار	زون	زون ۱	زون ۲	زون ۳	زون ۴	زون ۵	زون ۶	زون ۷	زون ۹	زون ۱۰	زون ۱۱
		طبیعت محدود شده	حفاظتی	استفاده گسترده	استفاده متمرکز	فرهنگی و تاریخی	بازسازی	استفاده ویژه	گذرگاهی	علمی و ترویجی	سایر استفاده‌ها
اقلیم				۵	۴						
توپوگرافی (شکل زمین)			۳	۲				۳	۶		۵
خاک			۴	۳				۴	۵		۴
منابع آب			۶	۳	۴			۲	۴	۶	۲
معرف بودن زیستگاه	۲	۱									
دست نخوردگی (بکر و طبیعی بودن) زیستگاه	۲	۳									
حساسیت زیستگاه	۱	۴				۲				۴	
آسیب‌پذیری زیستگاه	۵	۴			۷	۳				۵	
تخریب زیستگاه						۱			۶		
گستره و وسعت	۴	۴									
یکپارچگی زیستگاه	۲	۲									
تنوع زیستگاهی	۵	۵									
اهمیت زیستگاه	۳	۱				۶				۵	
منحصر به فرد بودن زیستگاه (بی‌همتایی)	۵	۵			۶					۴	
تنوع گونه‌ای	۶	۵								۶	
حضور یا وابستگی گونه‌های حفاظتی	۲	۱									
حضور یا وابستگی گونه‌های بوم‌زادی	۱	۲									
حضور یا وابستگی گونه‌های غیربومی و						۵				۷	

معیار	زون	زون ۱	زون ۲	زون ۳	زون ۴	زون ۵	زون ۶	زون ۷	زون ۹	زون ۱۰	زون ۱۱
		طبیعت محدود شده	حفاظتی	استفاده گسترده	استفاده متمرکز	فرهنگی و تاریخی	بازسازی	استفاده ویژه	گذرگاهی	علمی و ترویجی	سایر استفاده‌ها
مهاجم											
حیات وحش جذاب			۷								
مشارکت مردمی			۶	۶	۶	۴			۲		۲
منابع تفرجگاهی			۱	۱							
پوشش گیاهی			۲	۷							
منابع فرهنگی و تاریخی			۵	۸		۱				۴	
امکانات زیر ساخت‌ها			۷	۵	۵	۵		۱	۴	۲	۳
کاربری اراضی								۵	۱		۱
تسهیلات و خدمات گردشگری						۲				۵	
برنامه‌های مدیریتی						۳	۴	۴	۳	۳	۳
پدیده‌های با ارزش تفسیری و آموزشی						۶				۱	
وابستگی به خدمات زیست بومی									۶		
گونه‌های حفاظتی در معرض تهدید							۷				

جمع‌بندی

♦ زون‌بندی دارای اشتباه در مناطق تحت حفاظت (به‌ویژه در اندوخته‌های زیست‌کره)؛

مناطق تحت حفاظت کشور مواجه با سه چالش اساسی زیر است:

♦ فقدان سطح اشغال مناسب زون‌ها؛

♦ عدم انطباق زون‌بندی ملی با زون‌بندی‌های بین‌المللی (عنوان مشترک با اندوخته‌های زیست‌کره)؛

(۱) ابهام در مأموریت دقیق مناطق تحت حفاظت با پشتوانه قانونی؛

♦ فقدان روش‌شناسی مناسب و دستورالعمل اجرایی برای گزینش مناطق تحت حفاظت و زون‌بندی آن‌ها؛

(۲) رویه‌های غیرسیستماتیک با پشتوانه علمی برای انتخاب مناطق تحت حفاظت؛

♦ عدم توجه به نقش و عملکرد زون سپر در زون‌بندی ملی و زون‌بندی اندوخته‌های زیست‌کره؛

(۳) روش‌شناسی مناسب زون‌بندی با پشتوانه علمی.

♦ فقدان معیارها و شاخص‌های مکانی منطبق با داده‌های مکانی ملی برای شناسایی مناطق تحت حفاظت و زون‌بندی آن‌ها؛

چنین چالش‌هایی سبب شده‌است در وضعیت موجود، کشور از حیث عملکرد مناطق تحت حفاظت با مشکلات زیر مواجه باشد:

♦ فقدان الگوریتم‌های تصمیم‌گیری برای شناسایی و زون‌بندی مناطق تحت حفاظت؛

♦ پوشش ناکامل اکوسیستم‌های معرف توسط مناطق تحت حفاظت؛

♦ پوشش نامناسب مناطق داغ تنوع‌زیستی توسط مناطق تحت حفاظت؛

♦ زون‌بندی غیرموثر مناطق تحت حفاظت؛

سپاسگزاری

لازم می‌دانم از همکاری و مشارکت ارزنده برخی همراهان و همکاران گرامی در تهیه داده، اطلاعات و خروجی‌های نقشه‌ای و گرافیکی در این مقاله سپاسگزاری شود. جناب آقای دکتر علی بالی، معاون دفتر مدیریت زیستگاه‌ها و امور مناطق سازمان حفاظت محیط‌زیست، سرکار خانم‌ها دکتر میترا البرزی منش، دکتر منا عزیزی جلیلیان، دکتر نغمه شریفی و مهندس فرنوش عطار صحرا گرد.

منابع

البرزی منش، م. (۱۴۰۱). تدوین الگوریتم تصمیم‌گیری مدل ریاضی پهنه بندی اندوختگاه های زیست کره ایران مبتنی بر الگوی MaB: مطالعه موردی اندوختگاه زیست کره دنا. رساله دکتری علوم محیط زیست (ارزیابی و آمایش سرزمین)، دانشگاه آزاد، واحد علوم و تحقیقات تهران، ۲۱۹ص.

البرزی منش، م.، ایمانی، ج.، دانه کار، ا.، رباطی، م. و علم بیگی، ا. (۱۴۰۰). بررسی تحلیلی انطباق پهنه‌بندی اندوختگاه‌های زیست‌کره با پهنه‌بندی مناطق تحت حفاظت کشور. فصلنامه انسان و محیط زیست، ۱۹ (۲)، ۱۰۵-۱۲۴.

جعفری، ع.، یاوری، ا.، بهرامی، ش. و یارعلی، ن. (۱۳۸۹). انتخاب مناطق حفاظت شده جدید با تاکید بر تیپ‌های گیاهی و استفاده از C-Plan مطالعه موردی استان کهگیلویه و بویر احمد، مجله محیط شناسی، ۳۶ (۵۶)، ۱ تا ۱۲.

دانه کار، ا. (۱۳۹۹). نقدی بر اطلس مناطق حفاظت شده ایران. ماهنامه طبیعت ایران، ۵ (۱)، ۱۰۹-۱۱۲.

دانه کار، ا.، جعفری، ش.، طاهری سرشنزی، ف.، صمدی کوچکسری، ب.، عزیزی جلیلیان، م. و مشهدی رفیعی، م. (۱۳۹۹). گزارش ارزیابی توان اکولوژیک سرزمین در سطح

پرهزینه شدن و زمان‌بر بودن طرح‌ریزی مدیریتی مناطق تحت حفاظت (تولید داده‌های بی‌مصرف و خروجی‌های سرگردان)؛

فقدان پیوست اجتماعی برای طرح‌ریزی و مدیریت اثربخش مناطق تحت حفاظت.

راهکارهای پیشنهادی

- بهره‌گیری مناسب از تجربیات بین‌المللی در انتخاب و مدیریت مناطق تحت حفاظت؛
- بازتعریف و مأموریت‌گرا شدن مناطق تحت حفاظت کشور؛
- باز تعریف و کاهش تعداد زون‌های مناطق تحت حفاظت؛
- توجه به خدمات اکوسیستمی در انتخاب و طرح‌ریزی مدیریتی مناطق تحت حفاظت؛
- کاربرد معیارها و شاخص‌های مکانی مناسب برای انتخاب مناطق تحت حفاظت؛
- کاربرد معیارها و شاخص‌های مکانی مناسب برای زون‌بندی مناطق تحت حفاظت؛
- تدوین دستورالعمل شناسایی مناطق تحت حفاظت کشور؛
- بازنگری اساسی در دستورالعمل طرح‌ریزی مدیریتی مناطق تحت حفاظت؛
- بهره‌گیری از دانش فنی موجود در مراکز دانشگاهی و پژوهشکده‌های مرتبط در کشور برای ارتقاء روش‌شناسی انتخاب و مدیریت مناطق تحت حفاظت.

land classification of Iran for conservation goals. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(3).

Binzenhöfer, B., Schröder, B., Strauss, B., Biedermann, R., & Settele, J. (2005). Habitat models and habitat connectivity analysis for butterflies and burnet moths—the example of *Zygaena carniolica* and *Coenonympha arcania*. *Biol. Conserv.* 126, 247–259.

Davis, S.D., Heywood, V.H., & Hamilton, A.C. (Eds.). (1994). *Centres of Plant Diversity: A guide and strategy for their conservation*. Vol. 1, Europe, Africa, Southwest Asia and the Middle East. WWF and IUCN, Gland, Switzerland

Dayton, G.H., & Fitzgerald, L.A. (2006). Habitat suitability models for desert amphibians. *Biol. Conserv.* 132 (1), 40–49.

Diamond, J. (1975). The Island Dilemma: Lessons of Modern Biogeographic Studies for The Design of Natural Reserves. *Biological Conservation*, 7(2), 129–146.

Gaston, K.J., Jackson, S.F., Cantu - Salazar, L., & Cruz - Pinon, G. (2008). The ecological performance of protected areas. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 39, 93–113.

Geneletti, D. & van Duren, I. (2008). Protected area zoning for conservation and use: A combination of spatial multicriteria and multiobjective evaluation. *Landscape and Urban Planning*, 85, 97–110.

Geneletti, D. (2002). *Ecological Evaluation for Environmental Impact Assessment*. Netherlands Geographical Studies, Utrecht.

Herrera Montes, M. I. (2018). Protected Area Zoning as a Strategy to Preserve Natural Soundscapes, Reduce Anthropogenic Noise Intrusion, and Conserve Biodiversity. *Tropical Conservation Science (TCS) journal*, 11, 1–15.

IUCN/UNEP/WWF. (1980). *World Conservation Strategy: Living Resource Conservation for Sustainable Development*, 77p.

Lin, F.T. (2000). GIS-based information flow in a land-use zoning review process. *Landscape Urban Plann.* 52, 21–32.

ملی. سند ملی آمایش سرزمین، سازمان برنامه و بودجه، مرکز پژوهش‌های توسعه و آینده‌نگری. تهران. ۲۱۷ص.

دانه کار، ا.، شریفی، ن. و رباطی، م. (۱۳۹۷). تحلیل بر ناحیه‌بندی مناطق تحت حفاظت ایران. فصلنامه مطالعات محیط زیست، منابع طبیعی و توسعه پایدار، ۲ (۶)، ۱۵–۳۶.

سازمان حفاظت محیط زیست. (۱۳۸۸). دستورالعمل ناحیه‌بندی مناطق تحت مدیریت، اصلاحیه شماره ۱.

سلمان ماهینی، ع. (۱۳۹۱). شالوده حفاظت محیط‌زیست، چاپ دوم، نشر دی نگار، تهران، ۴۷۶ص.

شریفی، ن. (۱۴۰۰). تدوین مدل جامع جهت پهنه‌بندی مناطق تحت حفاظت مبتنی بر الگوریتم‌های تصمیم‌گیری (مطالعه منطقه حفاظت شده حرا). رساله دکتری محیط زیست، دانشگاه آزاد، واحد علوم و تحقیقات تهران، ۲۳۱ص.

عزیزی جلیلیان، م. (۱۳۹۸). ارائه چارچوبی برای ارزیابی، انتخاب و اصلاح شبکه مناطق تحت حفاظت بر اساس واحدهای کلان اکولوژیک در ایران. رساله دکتری محیط‌زیست، دانشگاه ملایر، ۲۹۲ص.

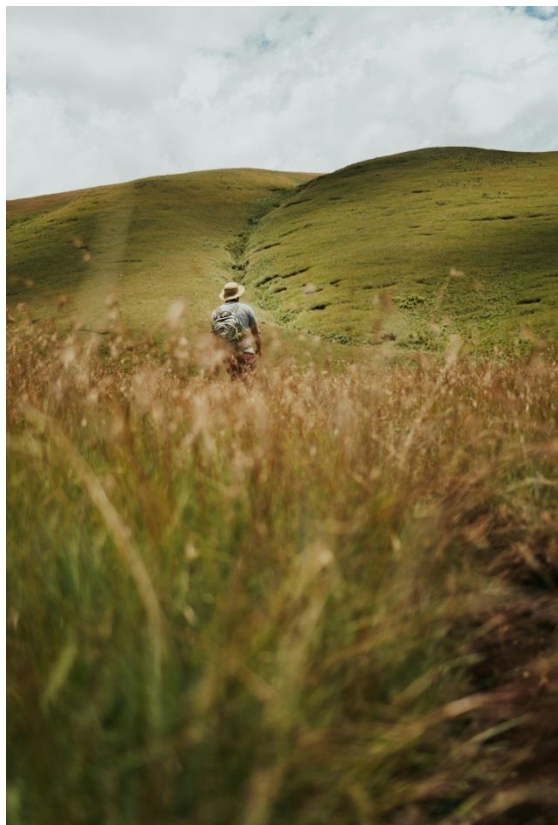
مجنونیان، ه. (۱۳۹۴). مناطق حفاظت شده (مبانی و تدابیر حفاظت از پارک‌ها و مناطق در ایران و جهان همراه با راهنماهای علمی - فنی)، جلد اول، انتشارات دی نگار، ۴۲۵ص.

مجنونیان، ه.، مخدوم، م.، کیابی، ب.، زهزاد، ب.، کوه افکن، پ.، میراب زاده، پ.، فرهنگ دره شوری، ب. و صرافی، ح. (۱۳۸۱). دستورالعمل تهیه طرح مدیریت مناطق تحت حفاظت (نشریه شماره ۲۵۷). سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور (دفتر امور فنی و تدوین معیارها) و سازمان حفاظت محیط زیست (دفتر زیستگاه‌ها و امور مناطق)، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور (ش ۸۱/۰۰/۸۱)، تهران: ۱۳۴ص.

مجنونیان، ه. (۱۳۷۹). پارک‌های ملی و مناطق حفاظت شده (ارزش‌ها و کارکردها). انتشارات سازمان حفاظت محیط‌زیست، ۷۴۲ص.

Azizi Jalilian, M., Shayesteh, K., Daneshkar, A. & Salmanmahiny, A. (2020). A new ecosystem-based

Injisuthi EKZNW Camp, Giants Castle Game Reserve, South Africa, Photographer: Melissa Brown



Momeni Dehaghi, I., Salman Mahiny, A., Alizadeh Shabani, A., & Karami, M. (2013). Efficiency of Current Reserve Network in Golestan Province (Iran) for the Protection of hoofed ungulates. *Biodiversity*, 14(3), 162-168.

Morrogh-Bernard, H., Husson, S., Page, S.E., & Rieley, J.O. (2003). Population status of the Bornean orang-utan (*Pongo pygmaeus*) in the Sebangau peat swamp forest, Central Kalimantan, Indonesia. *Biol. Conserv*, 110, 141-152.

Sharifi, N., Danehkar, A., & Robati, M. (2021). Developing Decision Algorithm for Determination of protection zones in protected areas (Case Study: Hara Protected Area). *International Journal of Environmental Science and Technology*, 18(8), 2237-2250.

Spellemborg, I.F. (1992). *Evaluation and Assessment for Conservation*. Chapman & Hall, London.

Van Duren, I.C., Strykstra, R.J., Grootjans, A.P., Ter Heerdt, G., & Pegtel, D.M. (1998). A multidisciplinary evaluation of restoration measures in a degraded fen meadow (*Cirsio-Molinietum*). *J. Appl. Veg. Sci.* 1, 115-130.

Woodley, S., Bertzky, B., & Crawhall, N. (2012). Meeting Aichi Target 11: what does success look like for protected area systems? *Parks*, 18(1), 23-37.

Yusefi, G. H., Safi, K., & Barito, J. C. (2019). Network- and distance-based methods in bioregionalization processes at regional scale: An application to the terrestrial mammals of Iran. *Journal of Biogeography*. 46(11), 2433-2443.



Management Challenges of Iran's Protected Areas: From Site Selection to Zoning

Afshin Danehkar¹

1- Department of Natural Environmental, Faculty of Natural Resources, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

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

Abstract

The Department of Environment of Iran is the custodian of 324 protected areas, covering approximately 12% of the country. However, despite more than half a century of activity, has this organization been able to establish an efficient method of selecting areas and an effective model for managing protected areas? To what extent has the selection of protected areas been carried out within the framework of the mission of these areas and the representative ecosystems of the country? What proportion of ecosystem diversity and biodiversity hotspots is under the protection of the Department? Why do a large number of areas lack management plans, and why are those that have management plans not properly and flexibly zoned and designed? Also, in areas that have international titles in addition to national titles (such as biosphere reserves), why has zoning of areas with the national pattern (11 zones) failed to meet the zoning requirements of the biosphere reserves? In this analytical article, an attempt is made to identify and address three challenges facing the management of protected areas: 1) the mission of protected areas, 2) the selection of protected areas, and 3) the zoning of protected areas and introduce suggested solutions.

Keywords: Land Conservation, Natural Habitats, Representative Ecosystems, Protected Areas Selection Indicators

Danehkar, A. (2025). Management Challenges of Iran's Protected Areas: From Site Selection to Zoning. *Zist Sepehr Student Magazine*, 18(2), 81-98.





دریاچه هویر

ستاره موصده

دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و مهندسی محیط‌زیست، گروه محیط‌زیست طبیعی، دانشکده منابع طبیعی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
رایانامه نویسنده: setareh.mosedeh@ut.ac.ir

چکیده

دریاچه هویر به عنوان یک اکوسیستم آبی منحصربه‌فرد و حیاتی با تنوع‌زیستی غنی و ارزش‌های محیط‌زیستی، اقتصادی و اجتماعی قابل‌توجه، نقش اساسی در حفظ تعادل اکولوژیک و رفع نیازهای جوامع محلی ایفا می‌کند. این دریاچه که یکی از مهم‌ترین منابع طبیعی منطقه دماوند محسوب می‌شود، در معرض تهدید فعالیت‌های انسانی از جمله گسترش شهرنشینی، کشاورزی و گردشگری غیرمسئولانه قرار دارد. به‌طور کلی، فشارهای ناشی از فعالیت‌های انسانی بر اکوسیستم‌های آبی منجر به کاهش عملکرد آشناختی، اقتصادی و محیط‌زیستی تالاب‌ها شده‌است و ادامه این روند می‌تواند پیامدهای جبران‌ناپذیری برای سلامت محیط‌زیست و جوامع محلی داشته باشد. به‌منظور حفاظت از دریاچه هویر و ارتقای وضعیت اکوسیستم‌های مرتبط با آن، توصیه‌های متعددی از جمله توسعه و اجرای برنامه‌های مدیریت پایدار، انجام تحقیقات علمی منظم برای جمع‌آوری داده‌های کمی و کیفی، افزایش آگاهی عمومی و تشویق جامعه محلی ارائه شده‌است. مشارکت در برنامه‌های حفاظتی و همچنین برنامه‌ریزی طرح‌های گردشگری پایدار از جمله آن است. اجرای این اقدامات نه تنها به حفظ و بهبود وضعیت دریاچه کمک می‌کند، بلکه از ارزش‌های محیط‌زیستی و اجتماعی آن برای نسل‌های آینده محافظت و در عین حال تداوم و سلامت اکوسیستم در منطقه را تضمین می‌کند.

کلیدواژه‌ها: تالاب، اکوسیستم آبی، تنوع‌زیستی، مدیریت پایدار، جوامع محلی، توسعه پایدار

موصده، س. (۱۴۰۴). دریاچه هویر. نشریه دانشجویی زیست سپهر، ۱۸(۲)، ۹۹-۱۰۶.

مقدمه

تالاب‌ها از حاصل خیزترین و مولدترین اکوسیستم‌های روی زمین هستند و از نظر تنوع زیستی و معیشت انسان مناطقی ارزشمند به حساب می‌آیند، به طوری که به عنوان سوپرمارکت‌های بیولوژیک در نظر گرفته می‌شوند (Ghermandi et al., 2008; Ten Brink et al., 2012). هم اکنون مسائل محیط زیستی و به ویژه محیط طبیعی یکی از با اهمیت‌ترین مسائل کشورها به شمار می‌رود. آگاهی هر چه بیشتر نسبت به اکوسیستم آبی و زمینی و حفظ تعادل بین عوامل موجود در آن می‌تواند ضامن بقا و سالم ماندن محیط زیست گردد؛ در غیراینصورت می‌تواند تخریب محیط زیست و در نتیجه به هم ریختگی و فروپاشی اکوسیستم طبیعی و چرخه حیات را به همراه داشته باشد که در نهایت، منجر به از بین رفتن آرامش، سلامت جسمی و روحی انسان خواهد شد. محیط زیست و اکوسیستم‌های طبیعی کالاها و خدماتی تولید و ارائه می‌کنند که در نهایت، استفاده و یا حتی استفاده نکردن از آنها رفاه جامعه را در پی دارد (وکیلی قصریان و همکاران، ۱۳۹۶). به طور کلی امروزه این سیستم‌های با ارزش به دلیل عملکرد انسان، افزایش شهرنشینی، صنعتی شدن، تشدید کشاورزی و گردشگری نابخردانه و بهره‌برداری بیش از حد منابع، تحت فشار فوق‌العاده‌ای هستند که سبب کاهش عملکرد آبخاکی، اقتصادی و محیط‌زیستی آن‌ها شده است. به طوری که ادامه روند تخریب، نیمی از تالاب‌های جهانی در بسیاری از کشورها، به ویژه تالاب‌های آب شیرین را به شدت تحت تأثیر قرار داده است (Molur et al., 2011). تالاب، اکوسیستمی منحصربه‌فرد و برخوردار از تنوع زیستی غنی، دارای کارکردها و ارزش‌های محیطی، اقتصادی و اجتماعی بسیاری است. بسیاری از دریاچه‌ها نه تنها شماری از نیازهای اولیه جوامع انسانی پیرامون خود از جمله آب، توسعه کشاورزی، پالایش محیط، کنترل فرسایش و کاهش خطر سیلاب را پاسخگو است، بلکه حمایت‌کننده بسیاری از

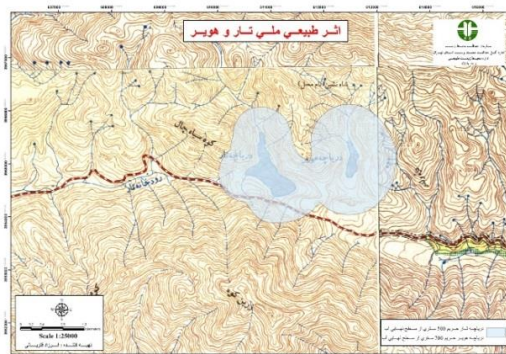
نیازهای ثانویه بشر از جمله زیباشناسی، آرامش و پرورش جسم و روح نیز هست. دریاچه‌ها یک منبع مهم برای گردشگری محسوب می‌شوند، گردشگری دریاچه‌ها نه تنها خود دریاچه بلکه محیط اطراف آن را نیز در برمی‌گیرد (Hall & Harkonen, 2006).

موقعیت دریاچه هویر

دریاچه هویر در ۱۷ کیلومتری شمال شرقی دماوند در پایین کوه قره داغ در جبهه جنوبی البرز مرکزی واقع شده و از مکان‌های دیدنی و گردشگری استان تهران است (بهروزی راد، ۱۳۸۷)، این دریاچه در حد فاصل $52^{\circ}14'19''/38''$ _ $52^{\circ}14'37''/22''$ طول شرقی و $35^{\circ}43'50''/94''$ _ $35^{\circ}43'52''/97''$ عرض شمالی و در ارتفاع ۲۸۸۰ متری از سطح دریا قرار گرفته و جزو دریاچه‌های کوهسری ایران است. دریاچه هویر در زمان پرآبی وسعتی بالغ بر ۱۳ هکتار دارد؛ باین وجود، در حال حاضر براساس مساحت محاسبه شده از تصویر گوگل ارث، وسعت آن در آگوست ۲۰۲۲ (مرداد ۱۳۹۹) حدود ۴ هکتار بود. این منطقه به همراه دریاچه تار با وسعتی بالغ بر ۵۵۰ هکتار، از سال ۱۳۹۰ به عنوان اثر طبیعی ملی به فهرست مناطق چهارگانه سازمان حفاظت محیط‌زیست راه یافت. دریاچه‌های تار و هویر روی محور چین‌دار میان دو رشته کوه قره داغ (کوه دوبرار) در شمال و کوه زرین در جنوب واقع شده‌اند (شکل ۱). این دریاچه‌ها در مدخل کوه و در فاصله حدود ۵۰۰ متری از یکدیگر قرار دارند. بیشترین درازای دریاچه تار ۱/۳ کیلومتر و میانگین پهنای آن ۴۰۰ متر و درازای دریاچه هویر حدود ۹۰۰ متر و میانگین پهنای آن ۱۵۰ متر است. سطح آب آن‌ها در فصل‌های گوناگون سال متغیر اعلام شده است (اداره کل حفاظت محیط زیست تهران ۱۳۹۰).

ثابت به خود می‌گیرد. در فصل زمستان سطح دریاچه در قسمت فوقانی یخ می‌بندد و چشم‌اندازی بسیار جالب به منطقه می‌دهد. درجه حرارت آب بین ۲ تا ۲۰ درجه سانتی-گراد متغیر است. طبق نتایج به‌دست آمده توسط بهروزی راد در سال ۱۳۸۷ آزمایشات نشان می‌دهد که میزان قلیایی بودن کلی در دریاچه هویر از ۶۵ میلی‌گرم در لیتر تا ۸۲ میلی‌گرم در لیتر متغیر است. بالا بودن میزان قلیائیت دریاچه به‌دلیل ساختار زمین‌شناسی و حوزه و همچنین می‌تواند به‌دلیل وجود چشمه‌هایی که از کف دریاچه وارد آن می‌شود باشد. میانگین pH دریاچه هویر حدود ۸ است. با فرارسیدن فصل بهار و ذوب شدن برف‌های حوزه آبخیز دریاچه، میزان حجم آب دریاچه افزایش و میزان pH آن کاسته می‌شود (بهروزی راد، ۱۳۸۷).

براساس مطالعات زمین‌شناسی منطقه، این دریاچه جزو دریاچه‌های لغزشی است. دریاچه کوهستانی هویر احتمالاً در اثر لغزش جانبی دامنه شمالی زرین کوه ایجاد شده‌است. چشم‌انداز شمالی آن را فرازهای قره داغ و چشم‌اندازهای جنوبی آن را فرازهای زرین کوه و چشم‌اندازهای شرقی و غربی آن را نیز فرازهای ارتفاعی داخل منطقه تشکیل می‌دهد (بهروزی راد، ۱۳۸۷). دو فرض برای ایجاد دریاچه هویر وجود دارد، نخست ایجاد دریاچه هویر در قالب فعالیت‌های یخچال‌های کوآترنری در نتیجه ذوب شدن و حرکت یخچال‌ها و دیگری فعالیت گسل مشا اعلام شده-است. دریاچه هویر در حد جنوبی البرز مرکزی و در ۵۰۰ متری یال شمالی گسل مشا قرار گرفته‌است. گسل مشا به منزله آخرین ساختار زمین‌ساختی که البرز مرکزی را از بخش‌های پست ایران مرکزی متمایز می‌کند، شناخته شده‌است. گروهی اعتقاد دارند که این دریاچه‌ها ناشی از رژیم زمین‌ساختی کشش بعد از فشار پدید آمده، گروهی دیگر ایجاد آن را به خمش تاقدیسی آینه ورزان به سمت مشا نسبت می‌دهند. شواهد زمین‌شناسی پیرامون دو دریاچه سبب شده تا این باور تقویت شود که در شکل‌گیری دو دریاچه، عملکرد توأم راندگی مشا- فشم (آبیک،



شکل ۱- موقعیت دریاچه تار و هویر (اداره کل حفاظت محیط‌زیست تهران، ۱۳۹۰)

ویژگی‌های منابع فیزیکی محیط دریاچه

دریاچه هویر در منطقه‌ای با زمستان‌های طولانی و سرد و تابستان‌های معتدل قرار دارد. گرم‌ترین ماه سال در منطقه تیرماه است که دمای آن در حدود ۱۸ درجه سانتی‌گراد است. سردترین ماه سال نیمه دوم دی ماه است که دمای هوا به ۷- درجه سانتی‌گراد می‌رسد. به‌دلیل زمستان‌های سرد و طولانی این دریاچه به‌طور دائم دارای آب است، ولی در فصل گرم سال از میزان آب دریاچه کاسته می‌شود. این تغییرات گاهی بالغ بر ۵ متر در عمق دریاچه قابل‌مشاهده است. میزان بارندگی سالیانه ۳۰۰ تا ۸۰۰ میلی‌متر متغیر و به‌طور متوسط ۵۰۰ میلی‌متر است (بهروزی راد، ۱۳۸۷).

حدود ۷۰٪ آب دریاچه از بخش شمالی و آبریزهای ارتفاعات اطراف تأمین می‌شود. بخش دیگر آب دریاچه از چشمه‌های کف تأمین می‌شود. در بیشتر زمستان‌ها سطح دریاچه کاملاً یخ می‌بندد. در مواقع سیلابی، شفافیت آب دریاچه کاهش می‌یابد. شفافیت زیاد دریاچه حاکی از فقر غذایی از لحاظ تولیدات اولیه است که دریاچه را در ردیف دریاچه‌های الیگوتروف قرار داده‌است. شاید یکی از دلایل که می‌توان برای فقر غذایی در دریاچه ذکر نمود، کوتاه بودن دوره رویش، طولانی بودن زمستان و سرمای زودرس در منطقه باشد که اجازه رویش و تکثیر به گیاهان را نمی‌دهد. در فصل بهار و پائیز آب دریاچه با توجه به تغییرات دمای محیط به چرخش در آمده و دمای آب تقریباً حالت

فیروزکوه، شاهرود) و کوه لغز جنبی جنوبی دریاچه (زرین کوه) در شکل‌گیری آن نقش اساسی داشته‌اند. بدین‌سان که حرکات جوان این راندگی در زمان کواترنر، سبب رانش به نسبت بزرگی از زرین کوه (رشته کوه‌های جنوب دریاچه) شده و با ایجاد پشته‌ای به بلندی بیش از ۵۰ متر، سدی طبیعی در برابر روان‌آب‌های سطحی ایجاد و شرایط لازم برای انباشت آب فراهم آمده‌است. در بیشتر گمانه‌هایی که بر علل تشکیل این دریاچه رفته است، به گسل مشا در حکم یکی از عوامل کلیدی اشاره شده‌است. دریاچه تار و هویر تقریباً به موازات یک خط شرقی-غربی در شمال گسل مشا واقع شده‌اند. در طول گسل، اثرات کشش در کلیه طبقات مشاهده می‌شود؛ ازسوی دیگر واریزه‌های ناشی از سازند یال جنوبی گسل (اوسن کرج) حد فاصل رسوبات جوان و قدیمی رخنمون دارد. در نزدیکی دریاچه هویر این واریزه‌ها به شدت خرد شده و با گسترش زیاد، بخش وسیعی از منطقه را پوشانده است. از بررسی زمین-شناسی این ناحیه مشخص می‌شود، حد شمالی دریاچه هویر به سه تیغ مرتفعی از سازند برف‌گیر لار می‌رسد که به کوه‌های قره داغ شهرت دارند. یخچال‌های دائمی البرز مرکزی در منطقه مشا در این نقطه برون‌زد دارند و بیشترین سرمایی که در بیشتر فصل‌های سال این منطقه را متأثر می‌کند از جانب این یخچال‌ها است. خردشدگی واریزه‌های این منطقه به لغزش جنبی جنوبی گسل از سمت زرین کوه و ریزش واحدهای اوسن سازند کرج مربوط است. این پدیده قطعاً به آب شدن یخچال‌های دائمی این منطقه در آخرین دوره گرم شدن در کواترنری مربوط است این ناحیه به‌طور کلی منبع تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی و رودخانه‌های اطراف است. رودخانه دلی‌چای یا دیوان هرود که در ژرفای دره مشا جریان دارد، آب دریاچه-های تار و هویر را که حاصل ذوب یخچال‌های قره داغ (خط‌الرأس اصلی البرز) است، به رودخانه حبله رود می‌برد. روند قرارگیری واحدهای سنگی و یا رسوبی در بخش با مقاومت کم به صورت عمودی گسترش پیدا کرده و حد

بین دو بخش با مقاومت متفاوت نمایانگر یک ساختار عمیق زیرسطحی است که به سبب وجود گسل مشا در این ناحیه به احتمال زیاد نماد بارزی از موقعیت زیرسطحی گسل مشا است. دریاچه هویر کاملاً روی یک بستر زمین‌ساختی ایجاد شده و فرایندهای یخچال‌بعدی، در آگیری این گودافتادگی مؤثر بوده‌است (اسکویی و امیدیان، ۱۳۹۲).

ویژگی‌های منابع زیستی محیط دریاچه

پیرامون دریاچه پوشیده از تیپ‌های گیاهی کوهزی است. از مهم‌ترین گونه‌های گیاهی منطقه می‌توان درمنه (*Artemisia sp.*)، گون (*Oxytropis sp.*)، بابونه (*Anthemis sp.*)، آویشن (*Thymus sp.*)، باریجه (*Ferula sp.*)، کما (*Ferula sp.*)، کلاه میرحسن (*Acantholimon sp.*)، گل‌گاوزبان (*Echium sp.*)، زرشک (*Berberis sp.*)، بومادران (*Achilea sp.*)، گل‌گندم (*Centaurea sp.*)، جگن (*Carex sp.*)، شیرین بیان (*Ferula sp.*)، شبدر (*Trifolium sp.*)، جو وحشی (*Hordeum spontaneum*)، زنبق صحرایی (*Iris songarica*)، والک (*Allium sp.*)، گلپر (*Heracleum sp.*)، پیازک (*Allium cepa*)، قبیچ (*Zygophyllum eurypterum*) و ارس (سرو کوهی) (*Juniperus excelsa*) اشاره نمود (اداره کل حفاظت محیط زیست تهران، ۱۳۹۰). گیاهان آب‌دوست نیز در درون دریاچه رشد کرده‌اند، اما در اطراف آن، پوشش گیاهی تراکم پایینی دارد و هیچ‌گونه درخت یا بوته‌ای را شامل نمی‌شود. البته همین مقدار کم نیز در ارتفاعات شمالی به‌علت فرسایش خاک و حضور دامداران روزه‌روز کمتر می‌شود. در گذشته گستره-های وسیعی از آویشن در این منطقه یافت می‌شد، اما امروزه به‌شدت حضور آن کم شده‌است (خبرگذاری میزان، ۱۳۹۸).

از گونه‌های شاخص حیات‌وحش این منطقه می‌توان از پستانداران به قوچ و میش وحشی (*Ovis orientalis*)،

مشاهده شده‌اند (سازمان محیط زیست، ۱۳۹۰). افعی دماوندی (افعی لطیفی) از خطرناک‌ترین و کمیاب‌ترین افعی‌ها در کشور است. افعی دماوندی بعد از افعی جعفری مهلک‌ترین سم را دارد. این افعی در حال حاضر در لیست اتحادیه جهانی حفاظت در رده در خطر انقراض «EN^۳» قرار گرفته‌است (IUCN, 2009). حضور آن در مناطق روستایی و علفزارهای کوهستانی و در مناطق صخره ای در امتداد پایین صخره در لبه های دره لار گزارش شده‌است. بسیاری از زیستگاه‌های مناسب برای این گونه در دره لار در اواخر دهه ۱۹۷۰ با ساخت سدی در پایین دست به زیر آب رفت. این گونه به‌طور جدی به دلیل جمع‌آوری بیش از حد برای استفاده از آن‌ها در تولید سرم تهدید می‌شود (Nilson, 2009). از این رو پراکندگی آن در سراسر دنیا تنها به منطقه البرز مرکزی ایران محدود می‌شود. افعی دماوندی در مناطقی مثل لار دماوند، فیروزکوه، دریاچه تار و هویر، آب اسک، افجه، گاجره و گچسر بیشتر یافت می‌شود (کویرها و بیابان‌های ایران، ۱۳۹۰).

در اردیبهشت ماه سال ۱۳۵۳ سه گونه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، قزل‌آلای خال قرمز و سیاه‌ماهی به دریاچه معرفی شدند. سیاه ماهی (*Capoeta capoeta*) از ماهیان رودخانه‌ای آب شیرین است و رشد کندی دارد (بهروزی راد، ۱۳۸۷). حداکثر طول آن به ۵۶ سانتی‌متر و ندرتا ۶۸ سانتی‌متر و حداکثر وزن آن ۲/۵ کیلوگرم و دارای ارزش اقتصادی است. از فیتوپلنک‌تون‌های *Chrysophyta* تغذیه می‌کند. سیاه ماهی‌ها با توجه به فرم دهانی خود که زیرین می‌باشد عمدتاً کفزی‌خوار هستند و موجودات کفزی نقش بسزایی در تغذیه آن‌ها دارند (علمی و میرزایی اصل، ۱۳۸۸). قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) بدنی دوکی شکل دارد، فرم دهانی از نوع میانی و در دهان دندان‌های ریز فکی به تعداد زیاد و نیز دندان تیغه‌ای وجود دارد، باله پشتی یک عدد که بین آن و باله

کل و بز (*Capra aegagrus*)، گراز (*sus scrofa*)، گرگ (*Canis lupus*)، شغال (*Canis aureus*)، تشی (*Hystrix indica*)، گربه وحشی (*Felis silvestris*) اشاره نمود (سازمان محیط زیست، ۱۳۹۰) از بین آن‌ها کل و بز و قوچ و میش در رده آسیب‌پذیر (VU^۱) لیست سرخ IUCN^۲ قرار دارد (IUCN, 2009).

این دریاچه میزبان پرندگانی نظیر انواع مهاجر آبی و دیگر گونه‌های ساکن از جمله دلیجه (*Falco tinnunculus*)، سارگپه معمولی (*Buteo buteo*)، تیهو (*Ammoperdix griseogularis*)، کبوتر چاهی (*Columba livia*)، فاخته (*Columba oenas*)، کبک (*Alectoris chukar*)، باقرقره شکم سیاه (*Pterocles orientalis*)، سبز قبا (*Coracias garrulus*)، قمری معمولی (*Streptopelia turtur*)، هدهد (*Upupa epops*)، دم جنبانک خاکستری (*Motacilla cinerea*)، چلچله (*Hirundo rustica*)، چکاوک کاکلی (*cristata galerida*)، کمرکلی (*Sitta sp.*)، سهره طلایی (*Carduelis carduelis*)، سسک (*Sylvia sp.*)، زاغی (*Pica pica*)، غراب (*Corvus corax*)، زردپره سرسیاه (*Emberiza melanocephala*)، اردک سرسبز (*Anas platyrhynchos*)، خوتکا (*Anas crecca*)، چنگر (*Fulica atra*)، اگرت کوچک (*Egretta garzetta*)، شاهین (*Falco peregrinus*)، دال (*Gyps fulvus*)، کبک دری (*Tetraogallus caspius*)، قرقی (*Accipiter nisus*) از این محدوده گزارش شده‌است (بهروزی‌راد، ۱۳۸۷؛ سازمان محیط زیست ۱۳۹۰). طبق آخرین اطلاعات قمری معمولی (*Streptopelia turtur*) در رده آسیب‌پذیر (VU) لیست سرخ IUCN قرار دارد (IUCN, 2019).

از انواع خزندگان، افعی دماوندی (*Montivipera latifii*) و وارانوس (*Varanus griseus*) در اطراف دریاچه

¹ Vulnerable² International Union for Conservation of Nature³ Endangered

غیربومی، ۵- جاده‌سازی و ۶- ساختمان‌سازی) تفکیک نمود (بهروزی راد، ۱۳۸۷).

نتیجه‌گیری

دریاچه هویر به‌عنوان یک اکوسیستم آبی با تنوع‌زیستی غنی و ارزش‌های محیطی، اقتصادی و اجتماعی، نقش حیاتی در حفظ تعادل اکولوژیک و تأمین نیازهای جوامع محلی ایفا می‌کند. با توجه به چالش‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی، مانند شهرنشینی، کشاورزی و گردشگری نابخردانه، حفاظت از این دریاچه و اکوسیستم‌های وابسته به آن ضروری است.

برای این منظور، پیشنهاد می‌شود که:

- برنامه مدیریت پایدار دریاچه تدوین و اجرا شود؛ این برنامه شامل پایش کیفیت آب، تنوع‌زیستی و استفاده بهینه از منابع طبیعی، به‌منظور حفظ و بهبود وضعیت اکوسیستم دریاچه هویر است.
- اجرای تحقیقات علمی و جمع‌آوری داده‌های کمی: انجام تحقیقات علمی منظم برای جمع‌آوری داده‌های کمی و کیفی درباره وضعیت اکوسیستم، که می‌تواند به شناسایی روندهای تغییر و نیازهای حفاظتی کمک کند، ضرورت دارد.
- آگاهی‌رسانی و مشارکت جوامع محلی: افزایش آگاهی عمومی درباره اهمیت حفاظت از دریاچه و تشویق جوامع محلی به مشارکت در برنامه‌های حفاظتی و پایش محیط‌زیست توصیه می‌شود.
- توسعه گردشگری پایدار: طراحی و اجرای برنامه‌های گردشگری مسئولانه که به حفظ محیط‌زیست کمک کند و از فشارهای اضافی بر اکوسیستم جلوگیری نماید پیشنهاد می‌شود. با اجرای این اقدامات، می‌توان به حفظ و بهبود

دمی، باله کوچکی به نام باله چربی وجود دارد، باله دمی نسبتاً چنگالی بوده که بیشتر حالت صاف دارد و لکه‌های گرد در سراسر بدن به‌ویژه روی سر دارد (علمی و میرزایی اصل، ۱۳۸۸).

وابستگی و تهدیدات انسانی

روستای هویر در دهستان "ابر شیوه" در بخش مرکزی شهرستان دماوند در استان تهران و در فاصله ۵۰ کیلومتری شرق شهر دماوند و ۱۰۵ کیلومتری تهران قرار دارد. روستای هویر از اطراف به کوه‌های مرتفع منطقه دماوند و صخره‌های سنگی محدود می‌شود. ارتفاع این روستا از سطح دریا ۲۶۲۰ متر است و اقلیمی معتدل و کوهستانی دارد. آب‌وهوای آن در فصول بهار و تابستان معتدل و مطبوع و در زمستان‌ها سرد و برفی است. روستائیان این منطقه به فعالیت‌های مختلف از جمله دامداری، زنبورداری، پرورش ماهی، زراعت و باغداری و شکار و صید مشغول هستند و معیشت و آسایش ساکنان اطراف و داخل منطقه از پایداری دریاچه‌های تار و هویر به دست می‌آید. همچنین عدم نظارت و کنترل فعالیت‌ها باعث شده که آثار مخربی بر سلامت این دو دریاچه داشته باشد (بهروزی راد، ۱۳۸۷).

از مهم‌ترین تهدیدات این دریاچه می‌توان به افزایش نرخ رسوب‌گذاری اشاره کرد که عوامل طبیعی و انسانی در شدت و بروز آن موثر هستند. تهدیدات این دریاچه را می‌توان به دو دسته عوامل طبیعی (شامل ۱- شیب تند اراضی، ۲- فقر پوشش گیاهی خاک، ۳- صخره‌ای بودن منطقه و جاری شدن هرزآب پس از هر بارندگی، ۴- رگبارهای تند و یخبندان‌های شدید، ۵- تغییر درجه حرارت و هوازدگی سنگ‌ها، ۶- بافت حساس به فرسایش خاک در بعضی مناطق، ۷- گسل‌های زیاد، ۸- واریزه‌های فراوان در شیب‌های تند و طویل) و عواملی انسانی (از جمله ۱- تفرج خارج از ظرفیت و بی‌ضابطه، ۲- چرای بی‌رویه، ۳- کاربرد روش‌های نامناسب کشاورزی، ۴- معرفی گونه‌های

وکیلی قصریان، ن.، مولایی، م.، خداوردیزاده، م. (۱۳۹۶). تعیین ارزش کارکردهای طبیعی دریاچه زریبار با استفاده از روش آزمون انتخاب. تحقیقات اقتصاد کشاورزی، ۳(۹)، ۱۸۳-۲۰۶.

Ghermandi, A., Van den Bergh, J. C., Brander, L. M., & Nunes, P. A. (2008). The economic value of wetland conservation and creation: A meta-analysis (Working Paper No. 79). Fondazione Eni Enrico Mattei.

Hall, M., & Harkonen, T. (2006). *Lake tourism: An integrated approach to lacustrine tourism systems*. Channel View Publications.

IUCN. (2009). *IUCN Red List of Threatened Species* (ver. 2009.1). Retrieved June 22, 2009, from <http://www.iucnredlist.org>

IUCN. (2019). *IUCN Red List of Threatened Species* (ver. 3.1). Retrieved August 14, 2019, from <http://www.iucnredlist.org>

Latifi, M. (1991). The snakes of Iran. Society for the Study of Amphibians and Reptiles. ISBN 0-916984-22-2. Oxford, Ohio, USA. 159 pp., 24 colour plates, 22 figs., 3 tables. Amphibia-Reptilia, 14(2), 199-199.

Molur, S., Smith, K. G., Daniel, B. A., & Darwall, W. R. T. (2011). The status and distribution of freshwater biodiversity in the Western Ghats, India. Zoo Outreach Organisation; IUCN; Cambridge, UK; Gland, Switzerland.

Nilson, G. (2009). *Montivipera latifii*. In The IUCN Red List of Threatened Species (ver. 2009.1). <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2009.RLTS.T.22992A9406111>

Ten Brink, P., Badura, T., Farmer, A., & Russi, D. (2012). The economics of ecosystem and biodiversity for water and wetlands: A briefing note. Institute for European Environmental Policy.

وضعیت دریاچه هویر و اکوسیستم‌های وابسته به آن کمک کرد و از این طریق، ارزش‌های محیط‌زیستی و اجتماعی آن را برای نسل‌های آینده حفظ نمود.

سپاسگزاری

نگارنده بر خود لازم می‌داند از همکاری آقای دکتر افشین دانه‌کار استاد گروه محیط‌زیست طبیعی دانشگاه تهران برای نظارت بر تهیه تحقیق حاضر تشکر و قدردانی نماید.

منابع

اداره کل حفاظت محیط زیست تهران. (۱۳۹۰). اثر طبیعی ملی تار و هویر. قابل مشاهده در: [\[https://tehran.doe.ir/portal/home\]](https://tehran.doe.ir/portal/home). تاریخ مشاهده: ۱۴۰۰/۰۷/۲۲.

اسکویی، ب و امیدیان، ص. (۱۳۹۲). بررسی علل زایش دریاچه هویر (البرز مرکزی) براساس داده‌های مگنتولوریک. مجله فیزیک زمین و فضا، ۳۹(۲)، ۹۵-۱۱۰.

بهروزی راد، ب. (۱۳۸۷). تالاب‌های ایران. سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، تهران، ۷۹۸ص.

خبرگزاری میزان. (۱۳۹۸). سفری به دریاچه تار. قابل مشاهده در: [\[https://www.mizan.news/fa/news\]](https://www.mizan.news/fa/news). تاریخ مشاهده ۱۴۰۰/۱۰/۰۱.

علمی، م. و میرزایی اصل، ب. (۱۳۸۸). بررسی فون جانوری دریاچه‌های تار و هویر. فصلنامه موج سبز، ۹(۳۳)، ۴۲.

کویرها و بیابان‌های ایران. (۱۳۹۰). افعی دماوندی (لطیفی). قابل مشاهده در: [\[https://www.irandeserts.com\]](https://www.irandeserts.com). تاریخ مشاهده: ۱۴۰۰/۱۰/۰۱.



Lake Havir

Setareh Mosedeh

M.Sc. student in 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: Setareh.mosedeh@ut.ac.ir

Abstract

Havir Lake, as a unique and vital aquatic ecosystem with rich biodiversity and significant environmental, economic, and social values, plays a fundamental role in maintaining ecological balance and meeting the needs of local communities. This lake, which is considered one of the most important natural resources in the Damavand region, is threatened by human activities including unplanned urbanization, agriculture, and tourism. Overall, pressures from human activities on aquatic ecosystems have led to a decline in their hydrological, economic, and environmental functions, and continuing this trend could have irreversible consequences for environmental health and local communities. To protect Havir Lake and improve the status of its related ecosystems, several recommendations have been proposed, including developing and implementing sustainable management programs, conducting regular scientific research to collect quantitative and qualitative data, raising public awareness, and encouraging community participation. Engaging in conservation programs and planning sustainable tourism initiatives are also among these measures. Implementing these actions not only helps preserve and improve the condition of the lake but also safeguards its environmental and social values for future generations, while ensuring the continuity and health of the ecosystem in the region.

Keywords: Wetland, aquatic ecosystem, biodiversity, sustainable management, local communities, sustainable development



هوشمندسازی گردشگری: مروری بر تجربیات موفق جهانی

زهرا مرادی پور

دانشجوی دکتری، گروه محیط‌زیست طبیعی، دانشکده منابع طبیعی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

رایانامه نویسنده: zahra.moradipour@ut.ac.ir

چکیده

صنعت گردشگری، یکی از مهم‌ترین منابع درآمدی و اشتغال‌زایی در جهان محسوب می‌شود و نقش مؤثری در توسعه اقتصادی جوامع دارد. با این حال، توسعه بی‌رویه و بدون برنامه‌ریزی این صنعت می‌تواند آثار محیط‌زیستی جدی همچون افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی، تخریب اکوسیستم‌ها، آلودگی منابع طبیعی و تولید پسماند به‌دنبال داشته باشد. در سال‌های اخیر، فناوری‌های نوین مانند اینترنت اشیا (IoT)، هوش مصنوعی (AI)، انرژی‌های تجدیدپذیر، سامانه‌های مدیریت هوشمند منابع و فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT)، فرصت‌هایی ارزشمند برای کاهش این اثرات فراهم کرده‌اند. در این مطالعه، به بررسی نقش فناوری‌های هوشمند به عنوان راهی برای کاهش اثرات منفی گردشگری، به مرور تجربیات موفق بین‌المللی در این زمینه پرداخته می‌شود. یافته‌ها نشان می‌دهد که استفاده از فناوری می‌تواند در مدیریت پایدار منابع، کاهش آلاینده‌ها، ارتقای آگاهی محیط‌زیستی گردشگران و بهبود زیرساخت‌های سبز بسیار مؤثر و همچنین ابزاری سودمند در تحقق اهداف توسعه پایدار در گردشگری باشد. همچنین، موفقیت در این زمینه مستلزم همکاری دولت‌ها، بخش خصوصی و مشارکت مردمی است. نتایج این مطالعه، می‌تواند راهنمایی کاربردی برای سیاست‌گذاران، فعالان صنعت گردشگری و پژوهشگران علاقه‌مند به حوزه گردشگری پایدار و فناوری‌های محیط‌زیستی باشد.

کلیدواژه‌ها: فناوری‌های نوین، تحلیل داده، تجربه مسافر، مدیریت مقصد، گردشگری پایدار

مرادی پور، ز. (۱۴۰۴). هوشمندسازی گردشگری: مروری بر تجربیات موفق جهانی. نشریه دانشجویی زیست سپهر، ۱۸(۲)، ۱۰۷-۱۱۶.

مقدمه

در دهه‌های اخیر، صنعت گردشگری به عنوان یکی از پویاترین و پرشتاب‌ترین حوزه‌های اقتصادی در سطح جهان شناخته شده است. این صنعت نه تنها به رشد اقتصادی و ایجاد فرصت‌های شغلی در جوامع محلی کمک کرده، بلکه به عنوان ابزاری برای ارتقای فرهنگی و تقویت تعاملات بین‌المللی ایفای نقش کرده است (Sharpley, 2009). با وجود این مزایا، توسعه بی‌رویه و غیرپایدار گردشگری در بسیاری از کشورها منجر به فشارهای سنگین بر منابع طبیعی، افزایش مصرف انرژی، آلودگی محیط‌زیستی و تهدید اکوسیستم‌های محلی شده است (Gossling & Peeters, 2015). در پاسخ به این چالش‌ها، مفهوم گردشگری پایدار مطرح شده که تأکید آن بر توازن میان توسعه اقتصادی، حفاظت محیط‌زیست و ملاحظات اجتماعی است (UNWTO, 2019¹). در این راستا، فناوری‌های نوین به عنوان ابزاری کلیدی در مسیر گذار به سمت گردشگری پایدار معرفی شده‌اند. فناوری‌هایی مانند اینترنت اشیاء، هوش مصنوعی، تحلیل داده‌های کلان، سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی و انرژی‌های تجدیدپذیر، قابلیت نظارت، پیش‌بینی و بهینه‌سازی مصرف منابع را برای مدیران و فعالان صنعت گردشگری فراهم می‌کنند. افزون بر این، استفاده از برنامه‌های هوشمند، سامانه‌های مدیریت سفر، و سامانه‌های آموزش محیط‌زیستی، به افزایش آگاهی گردشگران و تغییر رفتار مصرفی آن‌ها کمک می‌کند (Gretzel et al., 2015). پژوهش‌های متعددی در سال‌های اخیر به بررسی ارتباط میان فناوری و توسعه پایدار در صنعت گردشگری پرداخته‌اند. مطالعه Gretzel و همکاران (۲۰۱۵) یکی از نخستین پژوهش‌هایی بود که مفهوم «گردشگری هوشمند»^۲ را معرفی کرد و به نقش زیرساخت‌های فناورانه در ارتقای تجربه گردشگری و کاهش آثار محیط‌زیستی پرداخت.

Gossling و Peeters (۲۰۱۵) نیز با تحلیل روندهای جهانی گردشگری، تأکید کردند که بدون بهره‌گیری از فناوری‌های سبز، امکان کنترل آثار منفی محیط‌زیستی این صنعت دشوار خواهد بود. مطالعه کریمی و همکاران (۱۳۹۸) نشان داد که استفاده از سیستم‌های مدیریت هوشمند انرژی در اقامتگاه‌های گردشگری می‌تواند مصرف انرژی را تا ۳۰ درصد کاهش دهد. از سوی دیگر، پژوهش رضوانی و صالحی (۱۳۹۷) بیان می‌دارد که سطح آگاهی محیط‌زیستی گردشگران نقش مهمی در موفقیت راهکارهای فناورانه دارد. در حوزه مبانی نظری، نظریه پایداری به عنوان چارچوب اصلی تحلیل در این حوزه محسوب می‌شود. این نظریه بر توازن میان ابعاد اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی توسعه تأکید دارد (Brundtland Commission, 1987). در بستر گردشگری، این مفهوم به معنای توسعه‌ای است که نیازهای نسل کنونی را بدون آسیب به توان نسل‌های آینده در بهره‌مندی از منابع برآورده می‌سازد. در این راستا، نظریه نوآوری باز نیز مطرح می‌شود که بر تعامل میان بخش‌های مختلف برای حل مسائل پیچیده محیط‌زیستی تأکید دارد (Chesbrough, 2006). در بستر فناوری‌های محیط‌زیستی گردشگری، این نظریه بیان می‌دارد که دولت، دانشگاه‌ها، شرکت‌های فناوری و مردم باید در کنار هم عمل کنند. همچنین چارچوب مفهومی گردشگری هوشمند که توسط Gretzel و همکاران (۲۰۱۵) ارائه شده است، بر سه مؤلفه کلیدی شامل فناوری اطلاعات، هوشمندی مقصد و مشارکت ذی‌نفعان تمرکز دارد. براین اساس، هر گونه تحول فناورانه در صنعت گردشگری باید در راستای بهینه‌سازی مدیریت مقصد و ارتقای تجربه پایدار گردشگران باشد. این چارچوب می‌تواند راهنمایی علمی برای طراحی سیاست‌های فناورانه در راستای پایداری گردشگری باشد.

مطالعه حاضر درصدد است، با نگاهی تحلیلی به نقش فناوری‌های هوشمند در کاهش اثرات منفی گردشگری و

¹ United Nations World Tourism Organization

² Smart Tourism

مرور تجربیات موفق بین‌المللی پردازد و راهکارهایی علمی و اجرایی برای توسعه پایدار این صنعت ارائه دهد.

روش‌شناسی

تحقیق حاضر از نوع کیفی و مبتنی بر تحلیل اسنادی و از طریق مرور منابع کتابخانه‌ای انجام شده است، که با تمرکز بر مطالعات پیشین، به بررسی مصادیق و تجارب موفق جهانی در زمینه استفاده از فناوری برای کاهش پیامدهای محیط‌زیستی گردشگری می‌پردازد.

انواع فناوری‌های محیط‌زیستی در صنعت گردشگری

فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT)^۳

فناوری اطلاعات و ارتباطات به مجموعه‌ای از ابزار، منابع و فناوری‌هایی اطلاق می‌شود که برای ایجاد، انتقال، ذخیره، اشتراک‌گذاری و تبادل اطلاعات مورد استفاده قرار می‌گیرند. این فناوری‌ها شامل تجهیزات ارتباطی گسترده‌ای مانند رایانه‌ها، تلفن‌های همراه، شبکه‌های بی‌سیم، اینترنت، سخت‌افزار و نرم‌افزارهای مرتبط هستند که امکان دسترسی به اطلاعات و ارتباطات را به صورت دیجیتال فراهم می‌کنند (Denner et al., 2022).

اینترنت اشیاء (IoT)^۴

اینترنت اشیاء به شبکه‌ای از اشیاء فیزیکی، وسایل نقلیه، لوازم خانگی و سایر دستگاه‌های تعبیه شده با الکترونیک، نرم‌افزار، حسگرها، محرک‌ها و اتصال شبکه اطلاق می‌شود که این امکان را فراهم می‌سازد تا این اشیاء داده‌ها را جمع‌آوری و تبادل کنند (Ashton, 2009). در واقع، اینترنت اشیاء فراتر از اتصال صرف دستگاه‌ها به اینترنت است؛ بلکه هدف آن ایجاد یک سیستم هوشمند و یکپارچه است که در آن اشیاء می‌توانند با یکدیگر و با انسان‌ها تعامل

داشته باشند و به‌طور خودکار و هوشمندانه به نیازها پاسخ دهند (Atzori et al., 2010). یکی از جنبه‌های کلیدی اینترنت اشیاء، توانایی آن در جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها در مقیاس بزرگ است. حسگرهای تعبیه شده در اشیاء می‌توانند اطلاعات متنوعی از جمله دما، رطوبت، فشار، موقعیت جغرافیایی، حرکت و مواردی از این دست را جمع‌آوری کنند. این داده‌ها سپس به یک سامانه مرکزی منتقل می‌شوند، جایی که پردازش و تحلیل می‌شوند تا الگوها و روندهای مفیدی استخراج شوند. این اطلاعات می‌تواند برای بهبود کارایی، کاهش هزینه‌ها، افزایش ایمنی و ایجاد خدمات جدید استفاده شود (Gubbi et al., 2013).

هوش مصنوعی (AI)^۵

هوش مصنوعی به‌طور کلی به توانایی یک سیستم رایانه‌ای در انجام وظایفی اطلاق می‌شود که معمولاً به هوش انسانی نیاز دارند. این وظایف شامل یادگیری، استدلال، حل مسئله، درک زبان طبیعی، تشخیص الگو، و تصمیم‌گیری است (Russell & Norvig, 2016). به عبارت دیگر، هدف هوش مصنوعی، ایجاد ماشین‌هایی است که بتوانند به شیوه‌ای هوشمندانه عمل کنند و رفتاری شبیه به انسان از خود نشان دهند. این سیستم‌ها می‌توانند از طریق الگوریتم‌های یادگیری ماشین، الگوها و روابط پنهان در داده‌ها را کشف کنند و از این اطلاعات برای پیش‌بینی و تصمیم‌گیری استفاده نمایند (Goodfellow et al., 2016).

انرژی‌های تجدیدپذیر (RE)^۶

انرژی‌های تجدیدپذیر، منابعی پاک و پایدار هستند که به‌طور مداوم تجدید می‌شوند و جایگزینی برای سوخت‌های فسیلی ارائه می‌دهند. این منابع شامل انرژی خورشیدی، بادی، آبی، زمین‌گرمایی و زیست‌توده می‌باشند. استفاده از

^۵. Artificial Intelligence

^۶. Renewable Energies

^۳. Information and Communication Technology

^۴. Internet of Things

نیز کمک شایانی می‌کند. به‌عنوان مثال، مطالعات نشان داده‌اند که پیاده‌سازی سامانه‌های هوشمند در شبکه‌های آب، می‌تواند منجر به کاهش قابل توجهی در میزان نشت و هدررفت آب شود (Smith et al., 2020).

چارچوب مفهومی^۹

شکل ۱، چارچوب مفهومی پژوهش را نشان می‌دهد که در آن نقش فناوری‌های هوشمند در کاهش اثرات محیط-زیستی گردشگری مورد بررسی قرار گرفته است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، فناوری‌های نوین به‌طور مستقیم بر سه حوزه اصلی شامل مدیریت منابع، آگاهی‌بخشی و نظارت تأثیر می‌گذارند. این تأثیرات منجر به کاهش آلاینده‌ها، صرفه‌جویی در مصرف انرژی و ارتقای رفتارهای پایدار گردشگران می‌شوند که نهایتاً به پایداری گردشگری منجر خواهد شد. این چارچوب امکان تحلیل نظام‌مند و یکپارچه نقش فناوری در توسعه گردشگری پایدار را فراهم می‌کند.

انرژی‌های تجدیدپذیر مزایای متعددی دارد، از جمله کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، بهبود کیفیت هوا و ایجاد فرصت‌های اقتصادی جدید. تحقیقات نشان داده است که افزایش سهم آن‌ها در سبد انرژی می‌تواند به‌طور قابل توجهی به کاهش اثرات تغییرات اقلیمی کمک کند (IPCC, 2021).

سامانه‌های هوشمند منابع^۸

سامانه‌های هوشمند مدیریت منابع، با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین همچون اینترنت اشیا، هوش مصنوعی و کلان داده، انقلابی در نحوه استفاده از منابع ایجاد کرده‌اند. این سامانه‌ها با جمع‌آوری و تحلیل داده‌های لحظه‌ای، امکان بهینه‌سازی مصرف، کاهش هدررفت و افزایش بهره‌وری در بخش‌های مختلف از جمله انرژی، آب و پسماند را فراهم می‌آورند. استفاده از این فناوری‌ها، ضمن کاهش هزینه‌ها و افزایش کارایی، به پایداری محیط‌زیست

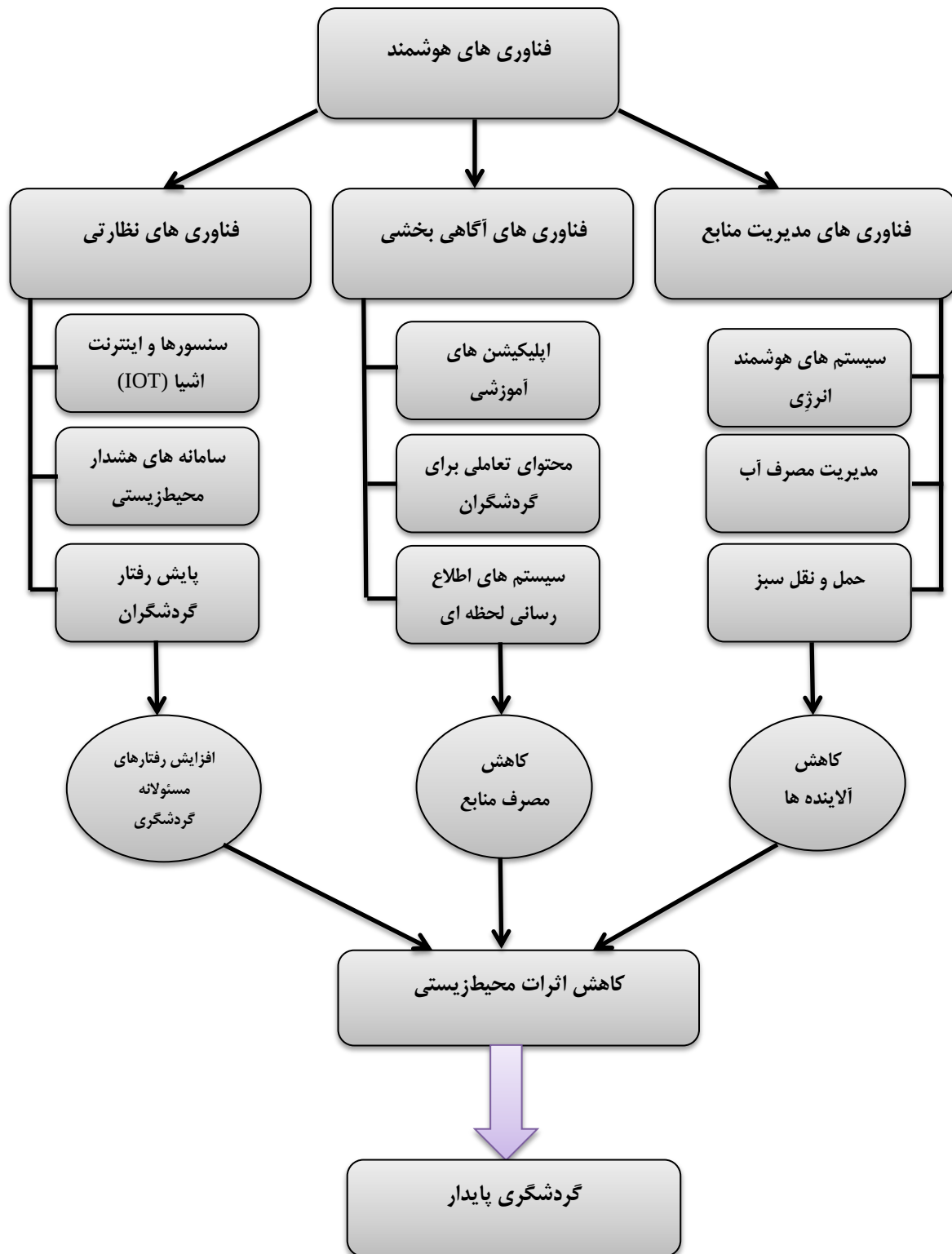


ایستگاه راه‌آهن قم، خرداد ۱۴۰۱. عکاس: جواد اسماعیلی

^۹. Conceptual Framework

^۷. Intergovernmental Panel on Climate Change

^۸. Intelligent Resource Systems



شکل ۱- چارچوب مدل مفهومی پژوهش (منبع: نگارنده)

در سال های اخیر، کشورهای مختلف جهان با بهره گیری از فناوری های نوین توانسته اند گام های مؤثری در راستای

تجارب موفق بین المللی

کاهش اثرات محیط‌زیستی گردشگری بردارند. در جدول ۱، به برخی از تجارب موفق بین‌المللی اشاره می‌شود که می‌توانند الگویی برای سایر کشورها از جمله ایران باشند.

سنگاپور: شهر هوشمند و گردشگری پایدار؛ سنگاپور با بهره‌گیری از فناوری‌های هوشمند در مدیریت منابع شهری، به یکی از پیشروترین مقاصد گردشگری پایدار تبدیل شده است. استفاده از حسگرهای هوشمند برای کنترل مصرف انرژی و آب در هتل‌ها، سیستم حمل‌ونقل سبز و به‌کارگیری برنامه‌های تعاملی جهت آگاهی‌بخشی به گردشگران، از جمله اقداماتی است که در این کشور اجرا شده‌اند (UNWTO, 2020).

سوئد: توسعه اقامتگاه‌های سبز؛ در سوئد، بسیاری از اقامتگاه‌ها از انرژی‌های تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی و بادی استفاده می‌کنند. همچنین با طراحی ساختمان‌های کم‌مصرف، بهینه‌سازی زنجیره تأمین و استفاده از فناوری‌های دیجیتال در مدیریت ضایعات، اثرات محیط‌زیستی به میزان قابل توجهی کاهش یافته است (Visit Sweden, 2021).

استرالیا: سامانه‌های مدیریت پارک‌های ملی؛ استرالیا با استفاده از سامانه‌های هوشمند مبتنی بر GPS^{۱۰} و فناوری اطلاعات، به مدیریت بهتر مناطق حفاظت‌شده و پارک‌های ملی دست یافته است. این سامانه‌ها اطلاعات محیط‌زیستی را در زمان واقعی ثبت و پردازش کرده و به تصمیم‌گیری‌های بهتر در کنترل گردشگری کمک می‌کنند (Prideaux & Cooper, 2009).

اسپانیا: گردشگری هوشمند در شهر بارسلونا؛ شهر بارسلونا با راه‌اندازی سامانه‌های باز اطلاعاتی، سامانه‌های رزرو هوشمند و استفاده از تحلیل داده‌های گردشگری، توانسته است فشار گردشگران را مدیریت کرده و از ازدحام بیش از حد در مناطق حساس جلوگیری کند (Gretzel et al., 2015). این نمونه‌ها نشان می‌دهند که استفاده هوشمندانه از فناوری می‌تواند راهکاری مؤثر برای حل چالش‌های محیط‌زیستی گردشگری باشد، به شرط آن که با سیاست‌گذاری مناسب و مشارکت فعال ذی‌نفعان همراه شود.

اردبیل، آذر ۱۴۰۱، عکاس: مقصود امرادی



¹⁰. Global Positioning System

جدول ۱ تجارب موفق بین‌المللی و کاربردهای سیاستی فناوری در گردشگری پایدار

کشور	نوع فناوری استفاده‌شده	اثر محیط‌زیستی	نتیجه	منبع
سوئد	سیستم‌های هوشمند گرمایشی و حمل‌ونقل عمومی برقی	کاهش مصرف انرژی و آلاینده‌های هوا	افزایش رضایت گردشگران و کاهش ردپای کربن	(Gossling et al., 2015)
سنگاپور	سامانه‌های نظارت هوشمند و تحلیل داده‌ها	مدیریت هوشمند پسماند در مناطق پرتردد گردشگری	بهبود کیفیت محیطی و افزایش بهره‌وری	(Singapore Tourism Board, 2020)
اسپانیا	برنامه‌های مسیر سبز و اطلاعات لحظه‌ای	کاهش ازدحام و تخریب اکوسیستم‌ها	توزیع بهتر گردشگران و حفظ مناطق طبیعی	(UNWTO, 2021)
نیوزلند	استفاده از اینترنت اشیا در مناطق طبیعی	پایش مستمر زیستگاه‌ها	توسعه گردشگری اکولوژیک بدون فشار بر محیط‌زیست	(Ministry for the Environment of New Zealand, 2018)

تحلیل تطبیقی با وضعیت ایران

با توجه به بررسی تجارب موفق بین‌المللی در بهره‌گیری از فناوری برای کاهش اثرات محیط‌زیستی گردشگری، می‌توان شباهت‌ها و تفاوت‌هایی میان این کشورها و ایران مشاهده کرد. در کشورهایی مانند سنگاپور، سوئد و اسپانیا، زیرساخت‌های دیجیتال قوی، سیاست‌های حمایتی مشخص، و فرهنگ محیط‌زیستی نهادینه‌شده، زمینه را برای پیاده‌سازی فناوری‌های نوین فراهم کرده‌اند. در مقابل، ایران اگرچه از ظرفیت‌های گردشگری غنی و نیروی انسانی متخصص برخوردار است، اما با چالش‌هایی چون نبود زیرساخت‌های فناوری کافی در برخی مناطق گردشگری، کمبود سرمایه‌گذاری، ضعف در هماهنگی بین نهادها و آگاهی محدود گردشگران نسبت به اصول پایداری روبرو است (رضوانی و صالحی، ۱۳۹۷). از سوی دیگر، برخی تلاش‌ها در ایران برای بهره‌گیری از فناوری در صنعت گردشگری آغاز شده است، نظیر توسعه برنامه‌های گردشگری، سیستم‌های رزرو برخط و برخی طرح‌های مدیریت انرژی در هتل‌ها، اما این اقدامات هنوز در مرحله ابتدایی هستند و به‌صورت نظام‌مند و یکپارچه اجرا نمی‌شوند (کریمی و همکاران، ۱۳۹۸). در نتیجه، می‌توان گفت

که اگرچه ایران از نظر پتانسیل طبیعی و انسانی، توانایی بهره‌گیری از فناوری برای گردشگری پایدار را دارد، اما تحقق این امر نیازمند تدوین راهبردهای کلان، آموزش و فرهنگ‌سازی، توسعه زیرساخت‌ها و استفاده هدفمند از تجارب بین‌المللی است. استفاده از مدل‌های موفق جهانی با تطبیق بر شرایط بومی ایران می‌تواند مسیر حرکت به سوی گردشگری هوشمند و پایدار را هموارتر کند.

بحث و نتایج

بررسی تجربیات موفق بین‌المللی نشان می‌دهد که فناوری‌های نوین می‌توانند نقش به‌سزایی در کاهش اثرات محیط‌زیستی گردشگری ایفا کنند، مشروط بر آن‌که در بستر مناسبی از سیاست‌گذاری، آموزش و مشارکت ذی‌نفعان پیاده‌سازی شوند. از سوی دیگر، کشورهایی که موفق به استفاده مؤثر از این فناوری‌ها شده‌اند، اغلب دارای زیرساخت‌های فناورانه پیشرفته، سطح بالای آگاهی عمومی و حمایت قوی نهادهای دولتی بوده‌اند (UNWTO, 2020). یکی از یافته‌های کلیدی در تحلیل مطالعات موردی این است که فناوری‌های هوشمند تنها زمانی اثربخش هستند که با نیازهای بومی و ظرفیت‌های محلی تطبیق داده شوند. بعنوان مثال، در حالی که سنگاپور با بهره‌گیری از اینترنت اشیا به کاهش مصرف

منابع در مراکز گردشگری پرداخته است، در سوئد تأکید بیشتری بر انرژی‌های تجدیدپذیر و طراحی اقامتگاه‌های کم‌مصرف شده است (Visit Sweden, 2021). نکته حائز اهمیت دیگر، نقش آموزش و آگاهی‌بخشی به گردشگران است. مطالعات نشان می‌دهد که استفاده از برنامه‌های تعاملی و بازی وارسازی برای آموزش رفتارهای محیط‌زیستی به گردشگران، می‌تواند تأثیر مثبتی بر کاهش زباله، صرفه‌جویی در منابع و حفاظت از طبیعت داشته باشد (Gretzel et al., 2015). همچنین باید توجه داشت که تحقق گردشگری پایدار با تکیه صرف بر فناوری امکان‌پذیر نیست، بلکه نیازمند رویکردی بین‌رشته‌ای و جامع است که در آن عوامل فرهنگی، اقتصادی و اجتماعی نیز مورد توجه قرار گیرد (Bramwell & Lane, 2011). با توجه به روندهای جهانی و تجربیات موفق، توصیه می‌شود کشورهایی مانند ایران با شناسایی ظرفیت‌های بومی، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های فناورانه، توانمندسازی نیروی انسانی و تدوین سیاست‌های تشویقی برای فعالان صنعت گردشگری، زمینه لازم را برای گذار به گردشگری هوشمند و پایدار فراهم آورند.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از بررسی منابع نظری و تجربیات بین‌المللی نشان می‌دهد که فناوری می‌تواند به‌عنوان ابزاری مؤثر برای کاهش اثرات محیط‌زیستی گردشگری به‌کار گرفته شود. فناوری‌هایی نظیر سیستم‌های هوشمند مدیریت انرژی، سامانه‌های اطلاعاتی، برنامه‌های آموزشی و سامانه‌های نظارتی، نقش مهمی در بهینه‌سازی مصرف منابع، کاهش آلاینده‌ها و افزایش آگاهی محیط‌زیستی گردشگران دارند. با این حال، موفقیت این فناوری‌ها وابسته به وجود زیرساخت مناسب، سیاست‌گذاری هدفمند و مشارکت ذی‌نفعان مختلف از جمله دولت، بخش خصوصی و جامعه محلی است. در کشورهایی که این شرایط فراهم شده، استفاده از فناوری توانسته ضمن ارتقاء کیفیت تجربه گردشگری، پایداری محیط‌زیست را نیز تقویت کند. در

پایان پیشنهاداتی برای توسعه پایدار گردشگری، از طریق هوشمندسازی این صنعت ارائه می‌شود: تدوین سیاست‌های حمایتی برای توسعه فناوری‌های سبز در صنعت گردشگری؛ سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های دیجیتال و آموزش نیروی انسانی در حوزه فناوری گردشگری؛ ترویج فرهنگ گردشگری پایدار از طریق برنامه‌های آموزشی تعاملی و فناوری‌محور؛ ایجاد همکاری میان دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی و صنعت گردشگری برای بومی‌سازی فناوری‌های سبز؛ توسعه سامانه‌های هوشمند نظارتی برای پایش مستمر اثرات محیط‌زیستی گردشگری.

منابع

رضوانی، س.، و صالحی، م. (۱۳۹۷). ارزیابی اثرات زیست-محیطی گردشگری با تأکید بر پایداری. فصلنامه محیط-شناسی، ۴۴(۲)، ۸۵-۱۰۰.

کریمی، ن.، کاظمی، ف.، و دهقانی، م. (۱۳۹۸). تحلیل بهره‌گیری از سیستم‌های هوشمند در کاهش مصرف انرژی اقامتگاه‌های گردشگری. مجله فناوری محیط زیست، ۸(۳)، ۶۷-۸۰.

Ashton, K. (2009). That 'internet of things' thing. *RFID Journal*, 22(7), 97-114.

Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The internet of things: A survey. *Computer Networks*, 54(15), 2787-2805.

Bramwell, B., & Lane, B. (2011). Critical research on the governance of tourism and sustainability. *Journal of Sustainable Tourism*, 19(4-5), 411-421.

Brundtland Commission. (1987). *Our Common Future*. Oxford University Press.

Chesbrough, H. (2006). *Open innovation: The new imperative for creating and profiting from technology*. Harvard Business Press.

Denner, M., Akpomimie, O., Aparicio, M., & Swinnen, G. (2022). Foundations of Information and Communication Technology. *Journal of*

UNWTO. (2020). Guidelines for the Development of Smart Tourism Destinations. World Tourism Organization.

UNWTO. (2021). Smart Tourism: Practices and Principles. World Tourism Organization.

Visit Sweden. (2021). Sustainable tourism initiatives in Sweden.

Information Systems and Technology Management, 19(3), 45-60.

Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep learning. MIT Press.

Gossling, S., & Peeters, P. (2015). Assessing tourism's global environmental impact 1900–2050. *Journal of Sustainable Tourism*, 23(5), 639-659.

Gossling, S., Scott, D., & Hall, C. M. (2015). Tourism and Water: Interactions, Impacts and Challenges. Channel View Publications.

Gretzel, U., Sigala, M., Xiang, Z., & Koo, C. (2015). Smart tourism: Foundations and developments. *Electronic Markets*, 25(3), 179–188.

Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 29(7), 1645-1660.

IPCC. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.

Ministry for the Environment of New Zealand. (2018). Sustainable Tourism Plan 2030.

Prideaux, B., & Cooper, M. (2009). River tourism. CABI.

Russell, S. J., & Norvig, P. (2016). Artificial intelligence: A modern approach (3rd ed.). Pearson Education.

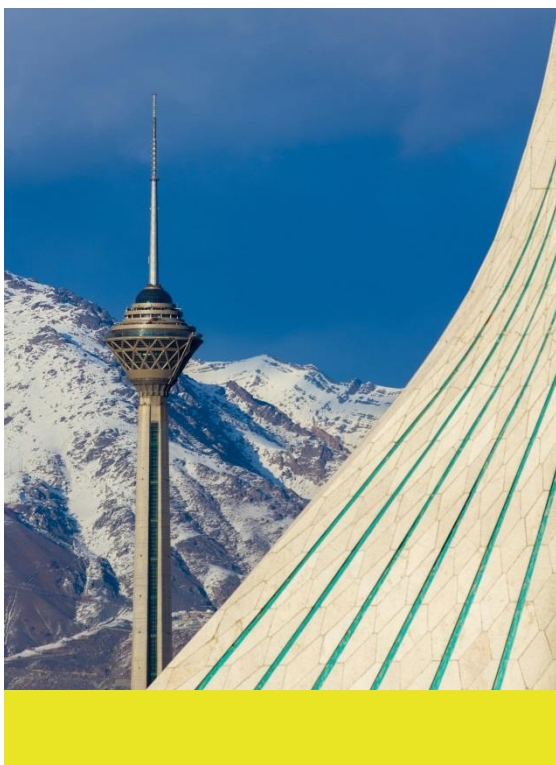
Sharpley, R. (2009). Tourism development and the environment: Beyond sustainability? Earthscan.

Singapore Tourism Board. (2020). Smart Tourism Initiatives Report.

Smith, J., Jones, A., & Williams, B. (2020). Smart water networks: Enhancing efficiency and sustainability. *Journal of Sustainable Resources Management*, 15(3), 112-128.

UNWTO. (2019). International Tourism Highlights: 2019 Edition. World Tourism Organization.

تهران، بهمن ۱۳۹۹، عکاس: متین تواضعی





Making Tourism Smart: A Review of Successful Global Experiences

Zahra Moradipour

Ph.D. student, Department of Natural Environment, Faculty of Natural Resources, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

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

Abstract

The tourism industry is considered one of the most important sources of income and employment in the world and plays an effective role in the economic development of societies. However, uncontrolled and unplanned development of this industry can have serious environmental impacts such as increased fossil fuel consumption, ecosystem destruction, pollution of natural resources, and waste generation. In recent years, new technologies such as the Internet of Things (IOT), artificial intelligence (AI), renewable energies, intelligent resource management systems, and information and communication technology (ICT) have provided valuable opportunities to reduce these impacts. This study examines the role of smart technologies as a way to reduce the negative impacts of tourism, reviewing successful international experiences in this field. The findings show that the use of technology can be very effective in sustainable resource management, reducing pollutants, promoting tourists' environmental awareness, and improving green infrastructure, as well as being a useful tool in achieving sustainable development goals in tourism. Also, success in this field requires cooperation between governments, the private sector, and public participation. The results of this study can be a practical guide for policymakers, tourism industry activists, and researchers interested in the field of sustainable tourism and environmental technologies.

Keywords: New Technologies, Data Analysis, Passenger Experience, Destination Management, Sustainable Tourism.

Moradipour, Z. (2025). Making Tourism Smart: A Review of Successful Global Experiences. *Zist Sepehr Student Magazine*, 18(2), 107-116.

سانحه و حادثه

غزاله هنرجو^۱ و افشین دانه‌کار^{۲*}

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

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

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

چکیده

سانحه به عنوان پدیده‌ای اجتماعی و نتیجه تعامل انسان با خطرات تعریف می‌شود که در آن یک جامعه دچار اختلال و خسارت می‌شود، درحالی که حادثه به یک اتفاق ناخواسته اشاره دارد که ممکن است منجر به آسیب شود و می‌تواند از طریق خطاهای انسانی یا نقص‌های فنی رخ دهد. تصور اجتناب‌ناپذیر بودن سانحه و یا غیرمنتظره بودن حادثه نباید باعث ایجاد حس ناتوان بودن در انسان شود. با بررسی عوامل مؤثر در شکل‌گیری سانحه و حادثه می‌توان گام‌هایی برای کاهش آسیب‌پذیری و افزایش ظرفیت سازگاری سیستم‌ها شناسایی نمود. یک سانحه رخ داده بازتابی حقیقی از سطح آسیب‌پذیری و تاب‌آوری سیستم است؛ درحالی که یک حادثه می‌تواند اختلال یا نقص در سیستم‌های ایمنی را نشان دهد. در نهایت، حادثه عامل تأثیرگذار و سانحه نتیجه یا تأثیر پذیرفته شده اتفاقات بر یک سیستم اجتماعی است. مقاله حاضر تفاوت‌های اساسی بین مفاهیم حادثه و سانحه را تحلیل می‌کند و اهمیت درک این تمایزات را برای مدیریت ریسک مؤثر و برنامه‌ریزی واکنش‌های مناسب برجسته می‌سازد.

کلیدواژه‌ها: فاجعه، خطر، زنجیره علت، ریسک، آسیب‌پذیری

مقدمه

مؤلفه: خطر (H)، سازه (D) و آسیب‌پذیری (V) را نشان می‌دهد (Huq et al., 2020):

رابطه ۱)

$$Disaster(D) = Hazard(H) + Vulnerability(V)$$

وقوع سازه در یک سیستم اجتماعی-اکولوژیک می‌تواند بازتابی از شرایط پیشین اجتماعی، اقتصادی، فیزیکی و محیطی باشد و سطح آسیب‌پذیری و تاب‌آوری سیستم را نمایان سازد (De León & Carlos, 2006). از این‌رو، مطالعه سوانح گذشته و پیامدهای آن می‌تواند راهنمای خوبی برای شناسایی سطح آسیب‌پذیری و تاب‌آوری یک سیستم باشد. یک سازه موجب شکل‌گیری ارتباط سریع میان گروه‌های امدادی و نهادهای مختلف می‌شود. در این شرایط، بخش‌های عمومی و خصوصی ناچارند بدون طی مراحل رسمی به‌طور نزدیک همکاری کنند و بسیج فوری منابع می‌تواند روال‌های معمول را کنار بزند. افراد نیز باید بخشی از استقلال خود را واگذار کرده و با نظارت نهادهای اجتماعی سازگار شوند. همچنین، تخریب اموال در جریان عملیات نجات برای حفظ جان انسان‌ها پذیرفته می‌شود (Quarantelli, 2000).

سازه و فاجعه نیز با یکدیگر متفاوت هستند. فاجعه^۲، کل ساختار جامعه را دچار آسیب جدی می‌کند، زیرساخت‌های حیاتی مانند برق، آب و ارتباطات، خدمات اضطراری، پایگاه‌های عملیاتی و کمک‌های محلی مختل می‌گردند. بنابراین، در محاسبات به‌جای ضرر کل، باید ضرر نسبت به کل پایه را محاسبه نمود. در چنین مواقعی حتی جوامع اطراف نیز توان کمک ندارند، زیرا خود آسیب دیده‌اند. مقامات محلی که انتظار می‌رود در سوانح بخشی از مدیریت را به‌عهده بگیرند در یک فاجعه ممکن است خود یا تجهیزاتشان آسیب‌دیده باشند و به کمک نیاز داشته باشند. ممکن است نقش‌های رهبری به نهادهای خارجی

امروزه، توجه به مفاهیمی چون ریسک، تاب‌آوری و ایمنی در برابر تهدیدات طبیعی و انسانی، جایگاهی کلیدی در سیاست‌گذاری و مدیریت بحران یافته‌است. در این میان، شناخت دو اصطلاح «سازه» و «حادثه» از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این دو واژه که گاهی در زبان روزمره به‌جای یکدیگر به‌کار می‌روند، در ادبیات تخصصی معانی متفاوتی دارند و هر یک به زمینه‌ها و پیامدهای خاصی اشاره می‌کنند. درک این تمایز می‌تواند نقش مهمی در بهبود برنامه‌ریزی، کاهش ریسک و طراحی نظام‌های تاب‌آور ایفا کند.

سازه^۱

سازه مواجهه فیزیکی یک جمعیت انسانی آسیب‌پذیر با یک فرآیند خطرناک است (Smith, 1996). سازه را می‌توان یک پدیده اجتماعی قلمداد نمود که با وقوع آن یک جامعه در اثر رویدادهای طبیعی یا انسانی دچار اختلال و خسارت می‌شود. در یک منطقه خالی از سکنه، وقوع سیل یا زلزله، تنها یک "رویداد مخاطره‌آمیز" را رقم می‌زند، اما در وضعیتی که انسان و فعالیت‌هایش تحت‌تأثیر قرار گیرند، سازه اتفاق افتاده است (Coppola, 2006). نمی‌توان علل سوانح را صرفاً به خطرات طبیعی مانند زلزله و سیل نسبت داد، زیرا این دیدگاه سوانح را مستقل از روند توسعه و اجتناب‌ناپذیر نشان می‌دهد. درحالی که با درنظر گرفتن نقش انسان، می‌توان از وقوع سوانح یا شدت آثار آن کاست. به‌صورتی که برخی حل مسائل طرح‌های توسعه را رویکردی جدید برای کاهش خسارات بیان نموده‌اند (Cardona, 2003; Villagrán de León, 2006). در ادامه‌ی این دیدگاه، پذیرش بعد اجتماعی سوانح می‌تواند زمینه‌ساز تدوین راهبردهای مؤثر برای کاهش آسیب‌ها و تقویت تاب‌آوری جوامع باشد. معادله زیر رابطه بین سه

^۲. Catastrophe

1. Disaster

واگذار شود که می‌تواند باعث اصطکاک با نهادهای محلی گردد. به‌طور کلی، بازگرداندن جامعه به حالت عادی پس از فاجعه به‌مراتب دشوارتر است. توجه به چنین تفاوت‌هایی بین سانحه و فاجعه می‌تواند به برنامه‌ریزی مؤثر و مدیریت ریسک کارآمد کمک کند (Quarantelli, 2000).

حادثه^۱

حادثه را می‌توان به‌عنوان یک اتفاق ناخواسته یا برنامه‌ریزی‌نشده تعریف نمود که ممکن است منجر به آسیب به دارایی، آسیب شخصی، توقف فرآیند کار یا تداخل یا هر ترکیبی از این شرایط شود و در نهایت ممکن است منجر به آسیب شخصی شود (Bird & Germain, 1966). امروزه، ویژگی برنامه‌ریزی‌نشده و ناخواسته بودن، به‌دلیل ایجاد ذهنیت ناتوانی در برابر حوادث، کنار گذاشته شده و "رویداد غیرمنتظره" جایگزین آن شده‌است، زیرا با رویکرد توانمندسازی، شناخت علل و پیش‌بینی رویدادها^۲، می‌توان برای پیشگیری یا کاهش خسارات اقدام نمود (Croner-i, 2022). در تعریف جدیدتر، حادثه یا تصادف^۳ مجموعه‌ای از اقداماتی است که بر محیط‌زیست، سیستم انسانی یا فنی تأثیرات منفی می‌گذارد و در شرایط حادثه^۴ می‌تواند به یک فاجعه تبدیل شود (Fernando et al., 2005). حوادث ممکن است به‌دلیل خطاهای انسانی، نبود تمرکز، ضعف در قضاوت یا بی‌اطلاعی از الزامات ایمنی رخ دهند. ازاین‌رو، آموزش‌های ایمنی مؤثر برای افزایش آگاهی تمامی کارکنان و کارگران در محیط‌های کاری ضروری است (Kadiri et al., 2014).

مطابق شکل ۱، سیستم‌های فنی خطراتی بالقوه دارند که ممکن است طی یک زنجیره علیتی^۵ حادثه‌ای را به‌وجود

آورند (Alonço, 2004). خطرات^۶ شرایطی هستند که "پتانسیل" ایجاد تلفات جانی، صدمه به انسان و آسیب به زیرساخت‌ها، کشاورزی، محیط‌زیست و اقتصاد را دارند (Huq & Hossain, 2015). در سیستم‌های فنی، یک وضعیت ممکن است در طول زمان به وضعیت خطرناک تبدیل شود، اما برای تبدیل این خطر به حادثه، وقوع یک رویداد محرک ضروری است. این رویداد می‌تواند در درون سیستم فنی، سازمان انسانی یا محیط‌زیست نهفته باشد. برای پیشگیری از حوادث یا کاهش ریسک، باید با ایجاد موانعی در زنجیره علیتی مانند کاهش احتمال وقوع علل، مهار روند تبدیل علل به حادثه، یا کاهش پیامدهای آن مداخله نمود (Fernando et al., 2005). هرکدام از شکاف‌هایی که در هر لایه وجود دارد، شاید به‌تنهایی منجر به فاجعه نشود، با این حال زمانی که همه آن‌ها در یک راستا قرار می‌گیرند و روی هم اثر می‌گذارند، فاجعه‌بار می‌شوند (Hopcraft et al., 2022). ازاین‌رو، اگر تنها یکی از لایه‌ها بتواند در مسیر تبدیل ریسک به حادثه مانع ایجاد کند، آن مسیر متوقف می‌شود. حوادث قبلی بهترین الگو برای شناسایی نقاط آسیب‌پذیر هستند (King et al., 2016). زیرا هر کدام از حفره‌ها، شرایط آسیب‌پذیر نهفته‌ای هستند که در زمان وقوع حادثه آشکار می‌شوند. این روند بیانگر آن است که در مراحل مختلف زنجیره علیتی، حتی قبل از ایجاد شرایط خطرناک، می‌توان با اقدامات مناسب، از وقوع حادثه پیشگیری کرد و یا بعد از وقوع حادثه پیامدهای آن را کاهش داد.

برای تفاوت قائل شدن بین یک حادثه و یک سانحه در علت آن، برای حادثه خطای انسانی را عاملی مؤثرتر نسبت به محیط، سیستم و سطح دانش انسان می‌دانند (Kasyk et al., 2023). خطای انسانی^۷ اصطلاحی است که برای توصیف موقعیت‌هایی استفاده می‌شود که در آن یک توالی برنامه‌ریزی شده از فعالیت‌های ذهنی یا فیزیکی به نتیجه

^۶. Hazards

^۷ - Human error

^۱. Accident

^۲. Events

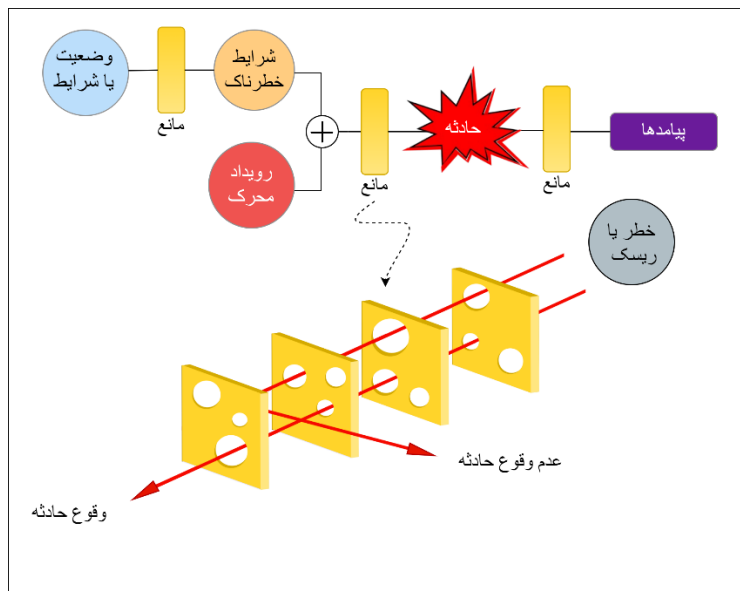
^۳. Incident

^۴. Extreme situation

^۵. Casual chain

غیر عمدی توسط افراد است که منجر به شکست در وظایف یا سیستم‌ها می‌شود (Selvik & Bellamy, 2020).

مورد نظر خود نمی‌رسد و این شکست‌ها را نمی‌توان به مداخله خارجی نسبت داد. این شامل اعمال یا کوتاهی‌های



شکل ۱- زنجیره علیتی و عبور سیستم از حفره‌های لایه‌های دفاعی (Fernando et al., 2005)

به دلیل نقص فنی و عدم رعایت الزامات ایمنی رخ داد که منجر به مرگ هزاران نفر در عرض چند ساعت و آسیب‌های تنفسی، نقص‌های مادرزادی، نابینایی و سرطان در بلندمدت شد (Eckerman, 2005). اما هر سانحه و فاجعه‌ای نتیجه حادثه و خطای انسانی نیست، بلکه می‌تواند نتیجه یک رویداد مخاطره‌آمیز مانند زلزله باشد. در جدول ۱، مقایسه‌ای بر ویژگی‌های این دو مفهوم آمده است.

حادثه در ادبیات ایمنی و برای اتفاقات ناگهانی که در اثر نقص در فرآیند یا اختلالاتی مانند خطای انسانی رخ داده است (IAEA, 2024; Kasyk et al., 2023)، کاربرد دارد و سانحه در ادبیات مدیریت ریسک و تغییر اقلیم که پدیده‌ها بر اثر فعالیت‌های انسانی یا خطرات طبیعی رخ می‌دهند (Wisner et al., 2004) کاربرد دارد. سانحه تأثیر، نتیجه و پیامد یک اتفاق بر یک سیستم اجتماعی است. حادثه عامل تأثیرگذار و سانحه تأثیر پذیرفته شده یا نتیجه است. یک حادثه می‌تواند منجر به سانحه یا فاجعه شود. مانند نشت گاز سمی متیل ایزوسیانات (MIC^{۱۰}) به بیرون از کارخانه تولید آفت کش در شهر بوپال هند، که

¹⁰ . Methyl isocyanate

جدول ۱- مقایسه ویژگی‌های سانحه و حادثه

ردیف	ویژگی‌ها	سانحه	حادثه
۱.	مفهوم	پدیده‌ای اجتماعی-ساختاری؛ نتیجه‌ی تعامل میان خطر و آسیب‌پذیری	رویدادی غیرمنتظره؛ اغلب ناشی از خطای انسانی یا نقص در سیستم
۲.	علت رخ دادن	وقوع یک رویداد مخاطره‌آمیز در یک جامعه آسیب پذیر نسبت به آن رویداد	خطای انسانی یا نقص عملکرد سیستم
۳.	زمینه کاربردی	مدیریت ریسک و تغییر اقلیم	مدیریت ایمنی
۴.	شیوه مقابله	کاهش آسیب‌پذیری و افزایش تاب‌آوری	افزایش سطح ایمنی، آموزش افراد، بررسی فنی و رعایت دستورالعمل‌ها
۵.	بازتاب	سطح آسیب‌پذیری و تاب‌آوری سیستم	اختلال یا نقص در سیستم‌های ایمنی، عملکرد انسان یا طراحی فنی، ضعف در پیشگیری و کنترل
۶.	نقش در زنجیره علیت (عامل/پیامد)	نتیجه و تأثیر یک حادثه یا رویداد خطرناک، در انتها فرآیند می‌آید	عامل تأثیرگذار، می‌تواند آغازگر اختلال یا بحران باشد

منابع

maritime cyber safety culture: Improving safety of operations. Maritime Technology and Research, 5, 258750.

Huq, M. E., & Hossain, M. (2015). Vulnerability Framework for Flood Disaster Management. 11 , 67-51 .

Huq, M. E., Shoeb, A., Hossain, M., Fahad, S., Kamruzzaman, M. M., Javed, A., Saleem, N., Mehedi, K., Sarker, S., Ali, Y., & Sarven, M. (2020). Measuring Vulnerability to Environmental Hazards: Qualitative to Quantitative. In (pp. 421-452).

IAEA. (2024). International Nuclear and Radiological Event Scale (INES). Available at: [https://www.iaea.org/resources/databases/international-nuclear-and-radiological-event-scale].

Kadiri, Z., Nden, T., Avre, G., Oladipo, T., Edom , A., Samuel, P., & Ananso, G. (2014). Causes and effects of accidents on construction sites (a case study of some selected construction firms in Abuja FCT Nigeria). IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering, 11(5), 66-72.

Kasyk, L., Wolnowska, A E., Pleskacz, K., & Kapuściński, T. (2023). The Analysis of Social and Situational Systems as Components of Human Errors Resulting in Navigational Accidents. Applied Sciences, 13(11), 6780.

Alonço, A. D. S. (2004). Metodologia de projeto para a concepção de máquinas agrícolas seguras. Florianópolis: UFSC 2004.

Bird, F. E., & Germain, G. L. (1966). Damage control: A new horizon in accident prevention and cost improvement.

Cardona. (2003). The Notion of Disaster Risk. Inter-American Development Bank.

Coppola, D. (2006). Introduction to international disaster management. Elsevier.

Croner-i. (2022). Accidents and Emergencies. Available at: [https://app.croneri.co.uk/topics/accidents-and-emergencies-early-years/indepth].

De León, V., & Carlos, J. (2006). Vulnerability: a conceptual and methodological review. UNU-EHS.

Eckerman, I. (2005). The Bhopal saga: causes and consequences of the world's largest industrial disaster. Universities press.

Fernando, L., Calil, L. F., Hirano, E., & Dias, A. (2005). A Risks Quantification Procedure Based on Bayesian Inferenc.

Hopcraft, R., Tam, K., Palbar Misas, J., Moara-Nkwe, K., & Jones, K. (2022). Developing a

Smith, K. (1996). Environmental hazards: assessing risk and reducing disaster. Routledge.

Villagrán de León, J. C. (2006). Vulnerability: A conceptual and methodological review. SOURCE) Studies Of the University: Research, Counsel, Education-Publication Series of UNU-EHS, 4(64), 540.

Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., & Davis, I. (2004). At risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters. Routledge.

King, T., Van Welter, C., & Svensen, T. E. (2016). Stability barrier management for large passenger ships. Ocean Engineering, 125, 342-348.

Quarantelli, E. L. (2000). Emergencies, disasters and catastrophes are different phenomena.

Selvik, J. T., & Bellamy, L. J. (2020). Addressing human error when collecting failure cause information in the oil and gas industry: A review of ISO 14224:2016. Reliability Engineering & System Safety, 194, 106418.



تهران، بهمن ۱۴۰۰، عکاس: امیر حسینی

Disaster & Accident

Ghazale Honarjoo¹, Afshin Danehkar^{2*}

1- M.Sc. student in environmental science and engineering, 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: danehkar@ut.ac.ir

Abstract

Disaster is defined as a social phenomenon and the result of human interaction with hazards in which a society is disrupted and damaged, while the accident refers to an unintended event that may lead to injury and can occur through human errors or technical defects. The notion that a disaster is inevitable or an accident is unexpected should not cause human to feel powerless. By studying the effective factors in disaster and accident formation, steps can be identified to reduce vulnerability and increase the adaptation capacity of systems. A disaster is a true reflection of the level of vulnerability and resilience of the system, while an accident can indicate disturbance or defect of the Safety systems. Ultimately, an accident represents the influencing factor, while a disaster constitutes the outcome or the systemic impact of events on a social system. This article analyzes the fundamental differences between the concepts of accidents and disasters and highlights the importance of understanding these factors for effective risk management and appropriate response planning.

Keywords: Catastrophe, Danger, Causal Chain, Risk, Vulnerability

Zist Sepehr/Volume 18/Issue 2/Summer 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 Mosedeheh

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 Mosedeheh

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: Reyhaneh Naseri, Zahra Baghi, Hossein Nasr, Mahmoud Yahyaoui, Rajukhan Pathan, Andrus Lukas, Stefan Schwinghammer, Engin Akyurt, Amir Mohammad Mohammadi, Harry Holder, Mohmed Nazeem, Sam Moghaddam, Sajjad Nouri, Lucas Santos, Francesco La Corte, Naja Bertolt Jensen, Amir Hosseini, Mohsen Khorrampour, Abdolhassan Fazeli, Alireza Kazemi, Melissa Brown, Ali Mohammadian, Vahid Kenani, Hassan Almasi, Javad Esmaili, Maqsood Moradi, Matin Tavazoei, Mehdi Hajizadeh, Amir Bagheri

Front cover photo: Farnoush Attar Sahragard; Back cover photo: Majid Rahimi

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



@zistsepehr_mag
@environment_ut



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

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



دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی
معاونت دانشجویی و فرهنگی



ISQI

Editorial Board



Hannaneh Sadat Sadat Mousavi



Setareh Mosedeheh



Ehsan Mohammad Hassani



Farnoush Attar Sahragard



Dr. Hossein Moradi



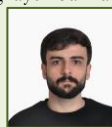
Dr. Afshin Danehkar



Roghayeh Garmaeepour



Elmira Mirzaee



Payam Faraji Birgani



Mohammad Hamed Zhaf



Fereshteh Bagheri Rizi



Majid Rahimi



ZIST SEPEHR

Vol.18 . No2 . Summer 2025 . Specialized scientific quarterly journal of the Student Scientific Association of Natural Environment



University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran

**The Environmental Dimension of
National Spatial Planning
Orientations**

Page 6

**An Overview of Coastal
Ecosystem Services**

Page 33

**Making Tourism Smart: A Review
of Successful Global Experiences**

Page 107