



نقش سیستم های طبیعی در کاهش آلودگی های محیط زیست

فروزان فرخیان^{۱*} و پروین شاکرمی^۲ و امید محمدی^۳

۱- گروه محیط زیست و HSE، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۲- کارشناس ارشد مهندسی ایمنی بهداشت محیط زیست، دانشگاه آزاد اهواز، دانشکده فنی مهندسی

۳- کارشناس ارشد مهندسی ایمنی بهداشت محیط زیست، دانشگاه آزاد اهواز، دانشکده فنی مهندسی

* نویسنده مسئول: parvin.sh1388@gmail.com

چکیده

در دهه های اخیر، گسترش فعالیت های صنعتی، رشد سریع جمعیت، و توسعه بی رویه شهری منجر به افزایش قابل توجه آلاینده های زیست محیطی شده است؛ به طوری که کیفیت هوا، آب، و خاک در بسیاری از مناطق جهان، از جمله ایران، با تهدیدات جدی مواجه گردیده است. در این میان، توجه به نقش محیط زیست به عنوان یک سامانه طبیعی و پویا در کاهش آلاینده ها، اهمیت دوچندانی یافته است. پژوهش حاضر با رویکرد مروری، تلاش دارد ابعاد گوناگون تأثیرگذاری محیط زیست بر کاهش انواع آلاینده ها را بررسی نماید. این مطالعه با مرور منابع علمی داخلی و خارجی، به تبیین نقش پوشش گیاهی در تصفیه هوا، عملکرد تالاب ها در پالایش آب، قابلیت خاک در جذب آلاینده های شیمیایی، و توان میکروارگانیسم ها در تجزیه زیستی آلاینده ها پرداخته است. یافته های تحلیلی نشان می دهند که اگرچه محیط زیست خود قربانی آلودگی هاست، اما در صورت حفظ و تقویت، می تواند به عنوان یک راهکار کم هزینه، پایدار، و مؤثر برای کنترل آلاینده ها ایفا نقش کند. مقاله همچنین بر ضرورت سیاست گذاری های هماهنگ، مشارکت مردمی، و سرمایه گذاری در احیای زیست بوم ها تأکید دارد. نتیجه گیری پژوهش آن است که حفاظت فعال از محیط زیست نه تنها یک وظیفه اخلاقی و انسانی، بلکه یک راهبرد کلیدی در مدیریت آلودگی ها و حرکت به سوی توسعه پایدار به شمار می رود.

واژه های کلیدی: محیط زیست، آلودگی، تصفیه طبیعی، پوشش گیاهی، میکروارگانیسم ها، توسعه پایدار، تالاب ها.

۱- مقدمه

محیط زیست یکی از ارکان اصلی زندگی بشر و یکی از مهم ترین دغدغه های جوامع انسانی در عصر حاضر است. محیط زیست نه تنها شامل اکوسیستم ها و منابع طبیعی می شود، بلکه روابط پیچیده ای میان موجودات زنده و فرآیندهای طبیعی نیز در آن برقرار است. در سال های اخیر، با رشد بی رویه جمعیت و توسعه صنعتی، محیط زیست دچار تهدیدات جدی شده است که آلودگی های محیطی یکی از این تهدیدات اصلی محسوب می شود. آلودگی محیطی به دلیل پیامدهای منفی آن بر سلامت انسان ها، حیات وحش و اکوسیستم ها، موجب بروز بحران هایی در سطح جهانی شده است.

آلودگی محیط زیست در سال های اخیر شدت یافته و یکی از بزرگ ترین چالش های انسان در سده بیست و یکم به شمار می آید. آلودگی هوا، آب و خاک، به عنوان شاخص ترین انواع آلودگی، نه تنها بر روی سلامت جسمی و روانی انسان ها تأثیر گذاشته، بلکه به سرعت منابع طبیعی را نیز تهدید کرده است. با توجه به اینکه تغییرات زیست محیطی ناشی از فعالیت های انسانی به ویژه در شهرهای صنعتی با افزایش آلاینده ها همراه است، لزوم توجه به روش های کاهش آلودگی و استفاده بهینه از منابع طبیعی بیش از پیش احساس می شود.

تاریخچه آلودگی محیط زیست به دوران آغازین انقلاب صنعتی در قرن نوزدهم بازمی گردد، زمانی که استفاده گسترده از سوخت های فسیلی به ویژه ذغال سنگ، گازهای گلخانه ای و ذرات معلق را به شدت افزایش داد. در آن زمان، پیامدهای منفی این تغییرات بر کیفیت هوا و سلامت عمومی چندان ملموس نبود و توجه چندانی به آن ها نمی شد. با گذشت زمان و به ویژه در



همایش ملی فناوری و نوآوری در آبرزی پروری

امنیت غذایی و حفاظت از محیط زیست



National Conference Technology and Innovation in Aquaculture Food Security and Environmental Protection

زمان برگزاری: ۱۷ اردیبهشت ۱۴۰۴

نیمه دوم قرن بیستم، ظهور مشکلات زیست محیطی نظیر آلودگی های صنعتی، شهری و کشاورزی، و تغییرات اقلیمی موجب شد که مقامات دولتی و محققان به طور جدی تر به این موضوع پرداخته و مطالعات علمی گسترده ای در این زمینه آغاز گردد. در این راستا، کنفرانس ها و معاهدات بین المللی مانند کنفرانس استکهلم در ۱۹۷۲ و پروتکل کیوتو در ۱۹۹۷، گام هایی اساسی در جهت کاهش آلاینده ها و مقابله با تغییرات اقلیمی برداشتند [۱].

پژوهش های مختلف نشان داده اند که صنعت، حمل و نقل، کشاورزی و دیگر فعالیت های انسانی از عمده ترین منابع آلودگی به شمار می روند. استفاده بی رویه از سوخت های فسیلی، تخریب جنگل ها و اراضی طبیعی، رهاسازی مواد شیمیایی و پسماندهای صنعتی، و عدم مدیریت صحیح منابع آب از جمله عواملی هستند که به تشدید آلودگی ها منجر می شوند [۲-۴]. در این میان، آلودگی هوا یکی از مهم ترین تهدیدات زیست محیطی است که علاوه بر تأثیرات منفی بر سلامت انسان ها، بر تغییرات اقلیمی نیز اثرگذار است. این در حالی است که مصرف بالای سوخت های فسیلی، افزایش ترافیک شهری و آلودگی های ناشی از صنایع مختلف موجب تشدید این مشکل شده است [۵].

در کنار این مسائل، راهکارهای مختلفی برای مقابله با آلودگی محیط زیست مطرح شده است. از جمله مهم ترین این راهکارها، استفاده از انرژی های تجدیدپذیر نظیر انرژی خورشیدی، بادی و زیست توده است که به کاهش آلاینده ها و کاهش وابستگی به سوخت های فسیلی کمک می کند. علاوه بر آن، بهبود تکنولوژی های صنعتی، توسعه حمل و نقل عمومی و کاهش مصرف انرژی، نیز از دیگر راهکارهای موثر در کاهش آلودگی ها به شمار می آید [۶-۸]. در این زمینه، بسیاری از کشورها در حال اتخاذ سیاست های زیست محیطی جدید برای کاهش آلاینده ها و افزایش بهره وری انرژی هستند.

تحقیق حاضر با هدف شناسایی و تحلیل عوامل موثر در کاهش آلاینده های محیطی به بررسی شرایط و چالش های موجود در ایران می پردازد. در این مطالعه، تأثیرات ناشی از مصرف انرژی های تجدیدپذیر، راهکارهای مدیریتی و فناوری های نوین برای کاهش آلاینده ها، و همچنین نقش دولت ها و سیاست های عمومی در مقابله با آلودگی های زیست محیطی مورد بررسی قرار می گیرد. این تحقیق با استفاده از تحلیل داده های موجود و تجزیه و تحلیل سیاست های جاری، به دنبال ارائه راهکارهایی برای بهبود شرایط زیست محیطی و کاهش آثار منفی آلاینده ها در کشور است.

هدف از این پژوهش، بررسی چالش ها و مشکلات پیش رو در کاهش آلاینده ها و ارائه راهکارهای علمی و عملی برای مقابله با آن ها در چارچوب اصول توسعه پایدار است. همچنین این مطالعه به بررسی نقش نهادهای دولتی، بخش خصوصی و جامعه مدنی در این فرآیند می پردازد. نتایج این تحقیق می تواند به تصمیم گیری های کلیدی در زمینه بهبود وضعیت زیست محیطی ایران و سایر کشورهای مشابه کمک کند و به سیاست گذاران ابزارهایی برای مقابله با بحران های زیست محیطی ارائه دهد.

پژوهش حاضر با هدف کاهش مشکلات ناشی از آلودگی و تغییرات اقلیمی، از آن جایی که بسیاری از مطالعات پیشین بر یک جنبه خاص از آلودگی تمرکز کرده اند، یک رویکرد جامع و چندجانبه را اتخاذ می کند. در این راستا، پیشنهادات ارائه شده به ویژه در زمینه بهینه سازی استفاده از منابع انرژی، کاهش آلودگی ها و مدیریت منابع طبیعی می تواند به عنوان یک نقشه راه برای سیاست گذاران و برنامه ریزان محیط زیست در کشور و منطقه تلقی شود.

بنابراین، ضرورت دارد در قالب یک پژوهش مروری، مجموعه ای از منابع علمی معتبر گردآوری و تحلیل شود تا به این سؤال اصلی پاسخ داده شود که: محیط زیست چگونه و از چه طریق هایی قادر است آلاینده های زیستی، شیمیایی و فیزیکی را کاهش دهد؟ و به تبع آن، چگونه می توان این ظرفیت ها را حفظ، بازسازی و تقویت نمود تا ضمن کاهش هزینه های زیست محیطی، به توسعه پایدار نزدیک تر شویم.

۲- مبانی نظری و مفهومی پژوهش

۱. تعریف مفاهیم کلیدی

۱-۱. محیط زیست محیط زیست به مجموعه ای از عوامل زنده و غیرزنده ای اطلاق می شود که پیرامون یک موجود زنده را فرا گرفته و با آن در تعامل است. این عوامل شامل هوا، آب، خاک، نور، گیاهان، حیوانات و سایر مؤلفه های طبیعی می باشند.



محیط زیست، بستری برای بقا، رشد، تولید مثل و تعامل انسان و سایر جانداران فراهم می‌آورد و هرگونه اختلال در آن، پیامدهای جدی زیستی، بهداشتی و اجتماعی به دنبال دارد [۱].

۱-۲. **آلودگی محیط زیست** آلودگی محیط زیست به معنای ورود هرگونه ماده یا انرژی به محیط است که منجر به اختلال در تعادل زیستی، سلامت انسان و موجودات زنده، و تخریب ساختارهای طبیعی می‌گردد. این آلودگی‌ها می‌توانند منشأ فیزیکی (مانند زباله‌های جامد)، شیمیایی (مانند آلاینده‌های صنعتی)، بیولوژیکی (مانند فاضلاب‌های آلوده) یا حتی صوتی و نوری داشته باشند [۲].

۱-۳. **کاهش آلاینده‌ها** کاهش آلاینده‌ها به فرایندهایی گفته می‌شود که طی آن غلظت یا شدت آلاینده‌های موجود در هوا، آب، یا خاک، به سطحی کمتر از حد مجاز رسانده شده یا به کلی حذف می‌شوند. این فرایند می‌تواند از طریق مداخلات انسانی (فناوری‌های تصفیه، کنترل صنعتی) یا مکانیسم‌های طبیعی (تصفیه توسط گیاهان، جذب توسط خاک، تجزیه میکروبی) صورت گیرد [۳].

۱-۴. **تصفیه طبیعی** تصفیه طبیعی به مجموعه‌ای از فرآیندهای اکولوژیکی گفته می‌شود که طی آن عناصر و سامانه‌های زیستی همچون گیاهان، تالاب‌ها، باکتری‌ها، و خاک، بدون نیاز به مداخله مستقیم انسان، توانایی پاک‌سازی و تعدیل آلاینده‌ها را دارند. این روش‌ها به دلیل پایداری، هزینه پایین، و سازگاری با طبیعت، در سال‌های اخیر به شدت مورد توجه قرار گرفته‌اند [۴].

۲. چارچوب نظری و دیدگاه‌های علمی

۲-۱. **نظریه اکولوژی سیستمی** بر اساس این نظریه که توسط پژوهشگرانی چون «هاوارد اودوم» مطرح شد، محیط زیست یک سیستم پیچیده، پویا و خودتنظیم‌گر است که اجزاء آن در تعامل با یکدیگر به پایداری می‌انجامند. بر مبنای این دیدگاه، عناصر طبیعی همچون گیاهان، آب، و خاک، نه تنها نقش پذیرنده آلودگی‌ها را ندارند، بلکه به صورت فعال در فرآیند جذب، تجزیه و بازیافت آن‌ها نقش دارند. در نتیجه، تخریب این اجزاء منجر به اختلال در مکانیسم‌های طبیعی پاک‌سازی و بازسازی محیط خواهد شد [۵].

۲-۲. **نظریه زیست‌پالایی** زیست‌پالایی یکی از رویکردهای نوین در کاهش آلودگی‌هاست که به استفاده از موجودات زنده مانند باکتری‌ها، قارچ‌ها، و حتی برخی گیاهان برای تجزیه و حذف آلاینده‌ها از محیط می‌پردازد. طبق این نظریه، موجودات زنده قادرند با استفاده از مسیرهای متابولیک خاص، مواد سمی را به ترکیبات غیرسمی و بی‌خطر تبدیل کنند. این نظریه در حوزه‌های پالایش نفتی، تصفیه فاضلاب، و پاک‌سازی فلزات سنگین بسیار کاربرد دارد [۶].

۲-۳. **نظریه ظرفیت برد زیستی** این نظریه بیان می‌کند که هر اکوسیستم دارای ظرفیت مشخصی برای پذیرش و بازیافت آلودگی‌ها است و عبور از این ظرفیت منجر به آسیب دیدگی شدید و برگشت‌ناپذیر اکوسیستم خواهد شد. بنابراین، نقش محیط زیست در کاهش آلاینده‌ها تابعی از ظرفیت طبیعی آن است و بدون مدیریت منطقی، این ظرفیت به سرعت مستهلک می‌شود [۷].

۳. چارچوب مفهومی پژوهش

در چارچوب مفهومی این پژوهش، محیط زیست به مثابه یک سامانه چندعاملی در نظر گرفته شده است که با تکیه بر اجزاء و فرآیندهای درونی خود، در کاهش آلودگی‌ها ایفای نقش می‌کند. این اجزاء شامل موارد جدول ۱ هستند.

در این چارچوب، هم‌افزایی میان اجزاء مختلف محیط زیست، منجر به ایجاد سازوکارهای طبیعی برای مقابله با انواع آلودگی می‌شود. تحلیل تعاملات این اجزاء و ظرفیت‌های بالقوه و بالفعل آنها، محور اصلی این پژوهش را شکل می‌دهد [۸].

۳- پیشینه پژوهش

مطالعه پیشینه‌های علمی مرتبط با نقش محیط زیست در کاهش آلاینده‌ها نشان می‌دهد که این حوزه از جمله موضوعات چندرشته‌ای و میان‌رشته‌ای است که هم‌زمان توسط پژوهشگران حوزه‌های محیط‌زیست، علوم زمین، اقتصاد محیط‌زیست، و



همایش ملی فناوری و نوآوری در آبرزی پروری

امنیت غذایی و حفاظت از محیط زیست



National Conference Technology and Innovation in Aquaculture Food Security and Environmental Protection

زمان برگزاری: ۱۷ اردیبهشت ۱۴۰۴

مدیریت منابع طبیعی مورد بررسی قرار گرفته است. در سال‌های اخیر، رشد فزاینده مسائل زیست‌محیطی و افزایش بحران آلودگی هوا، آب و خاک، موجب شده تا تمرکز پژوهش‌ها بر ظرفیت‌های طبیعی در کاهش و کنترل آلاینده‌ها افزایش یابد.

جدول ۱: اجرای کاهش آلودگی

عامل زیستی	نقش در کاهش آلاینده‌ها
پوشش گیاهی (درختان، درختچه‌ها، سبزی‌ها)	جذب گازهای آلاینده (SO_2 , CO_2)، تولید اکسیژن، کاهش گرد و غبار
خاک طبیعی	جذب فلزات سنگین، تجزیه مواد شیمیایی آلی، ذخیره و فیلتراسیون فاضلاب
آب‌های سطحی و تالاب‌ها	پالایش طبیعی فاضلاب، جذب نیترات‌ها و فسفات‌ها، تعدیل دمایی محیط
میکروارگانیسم‌ها (باکتری‌ها و قارچ‌ها)	تجزیه آلاینده‌های نفتی، شیمیایی و آلی پیچیده به ترکیبات ساده
تنوع زیستی	حفظ تعادل اکولوژیکی، مقاومت اکوسیستم در برابر تخریب‌ها

در پژوهش نوریان و همکاران با عنوان «شناسایی عوامل مؤثر بر آلودگی محیط زیست در ایران» نتایج نشان داد که افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی، رشد جمعیت شهری، و توسعه بدون برنامه‌ریزی از عوامل اصلی افزایش آلودگی‌های زیست‌محیطی در کشور هستند. همچنین آن‌ها بر لزوم احیای ظرفیت‌های اکولوژیکی نظیر پوشش گیاهی، منابع آبی و نظام‌های کشاورزی پایدار تأکید کردند [۹].

مطالعه‌ای دیگر توسط قنبری و همکاران به بررسی تأثیر دولت و سیاست‌گذاری‌های زیست‌محیطی در مواجهه با چالش‌های آلودگی پرداخته است. آن‌ها بیان کردند که نبود سیاست‌های هماهنگ و مؤثر در حوزه محیط زیست، عدم اجرای صحیح قوانین زیست‌محیطی، و غفلت از ظرفیت‌های طبیعی کشور موجب تداوم روند تخریب منابع و افزایش بار آلاینده‌ها شده است [۱۰].

در پژوهشی کاربردی توسط محمدی و مهدوی‌نیا، تأثیر منابع انرژی نوین بر کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی بررسی شد. این مطالعه با رویکرد تطبیقی بین ایران و کشورهای توسعه‌یافته نشان داد که جایگزینی انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند تا بیش از ۴۰٪ در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلاینده‌های هوا نقش‌آفرین باشد. همچنین، استفاده از فناوری‌های بومی برای بهره‌برداری از منابع طبیعی تجدیدپذیر (مانند انرژی خورشیدی، باد و زمین‌گرمایی) پیشنهاد شده است [۱۱].

مطالعه تاجیک و همکاران به بررسی نقش پوشش‌های گیاهی شهری در کاهش آلودگی هوا اختصاص یافت. یافته‌های آن‌ها نشان داد که افزایش فضاهای سبز در مناطق شهری به ویژه کاشت گونه‌های گیاهی خاص با توان جذب گازهای آلاینده می‌تواند نقش مؤثری در ارتقای کیفیت هوا و کاهش بیماری‌های تنفسی داشته باشد. آن‌ها مدل‌های ریاضی برای برآورد کارایی درختان در جذب آلاینده‌هایی مانند دی‌اکسید گوگرد، مونواکسید کربن و ذرات معلق را نیز ارائه نمودند [۱۲].

از سوی دیگر، پژوهش کاظمی و میرزایی با تمرکز بر نقش سیستم‌های طبیعی مانند تالاب‌ها و مراتع در تصفیه طبیعی آب‌های آلوده، نشان داد که این اکوسیستم‌ها ظرفیت بالایی در پالایش طبیعی آلاینده‌ها دارند، به‌ویژه در حذف فلزات سنگین و مواد آلی پیچیده از آب‌های سطحی و زیرزمینی. در این پژوهش تأکید شد که حفاظت از این زیست‌بوم‌ها نه تنها به حفظ تنوع زیستی، بلکه به حفظ کیفیت آب و خاک نیز منجر می‌شود [۱۳].

در نهایت، بررسی مرور نظام‌مند ادبیات پژوهشی توسط امینی و همکاران که با تحلیل بیش از ۵۰ مقاله علمی داخلی و خارجی انجام شده است، نشان داد که رابطه مستقیمی میان کیفیت مدیریت محیط زیست، استفاده از فناوری‌های پاک و بهره‌گیری از مکانیسم‌های طبیعی تصفیه و کاهش آلاینده‌ها وجود دارد. آن‌ها نتیجه گرفتند که ایجاد هم‌افزایی میان نظام‌های سیاست‌گذاری، مشارکت مردمی و حفاظت از اکوسیستم‌های طبیعی، اصلی‌ترین راهبرد در مقابله با آلودگی زیست‌محیطی است [۱۴].



۴- علل آلودگی و تأثیر آن بر محیط زیست

آلودگی محیط زیست، از جمله جدی‌ترین معضلات جوامع بشری در قرن حاضر است که نه تنها سلامت انسان‌ها بلکه بقاء بسیاری از گونه‌های زیستی و تعادل اکوسیستم‌ها را به خطر انداخته است. این پدیده در اثر عوامل متعدد انسانی و طبیعی به وجود می‌آید، اما سهم عوامل انسانی به مراتب پررنگ‌تر و گسترده‌تر است. درک دقیق علل آلودگی و شناسایی تأثیرات آن بر محیط زیست، گامی اساسی در مسیر مدیریت بهینه و اتخاذ راهکارهای مؤثر زیست‌محیطی به شمار می‌رود.

الف) علل انسانی آلودگی

۱. صنعتی‌شدن و توسعه بی‌رویه شهرها

یکی از مهم‌ترین عوامل ایجاد آلودگی، توسعه صنعتی و شهرنشینی بدون ملاحظات زیست‌محیطی است. صنایع سنگین نظیر پالایشگاه‌ها، کارخانه‌های شیمیایی، ذوب‌آهن و پتروشیمی‌ها، روزانه میلیون‌ها تن آلاینده به صورت گازهای سمی، فاضلاب صنعتی و پسماندهای جامد وارد محیط می‌کنند. این آلاینده‌ها از جمله اکسیدهای گوگرد و نیتروژن، دی‌اکسیدکربن، فلزات سنگین و ترکیبات فرّار آلی هستند که تأثیر مستقیم بر آلودگی هوا، آب و خاک دارند [۱].

۲. افزایش وسایل نقلیه موتوری

استفاده روزافزون از خودروها، موتورسیکلت‌ها و وسایل نقلیه دیزلی، از دیگر علل مهم آلودگی هواست. سوخت‌های فسیلی مورد استفاده در این وسایل، ترکیبات مضر مانند CO، CO₂، NOx و ذرات معلق را تولید می‌کند. در کلان‌شهرهایی مانند تهران، حدود ۷۰٪ آلودگی هوا ناشی از تردد وسایل نقلیه است [۱۴].

۳. کشاورزی صنعتی و مصرف بی‌رویه سموم

در کشاورزی نوین، به کارگیری بی‌رویه آفت‌کش‌ها، کودهای شیمیایی، و هورمون‌های رشد، منجر به آلودگی گسترده منابع خاک و آب‌های زیرزمینی شده است. نشت نیتрат‌ها و فسفات‌ها به رودخانه‌ها باعث پدیده‌ی یوتروفیکاسیون یا مرگ اکوسیستم‌های آبی از طریق رشد بیش‌ازحد جلبک‌ها می‌شود [۲۰].

۴. مدیریت نادرست پسماندها

عدم تفکیک زباله از مبدأ، دفن غیربهداشتی زباله‌ها و تخلیه فاضلاب بدون تصفیه به منابع آبی، از دیگر عوامل مهم آلودگی هستند. زباله‌های شهری، صنعتی و بیمارستانی در صورت عدم مدیریت صحیح، منبع اصلی انتشار بوی بد، گازهای گلخانه‌ای، و شیوع بیماری‌ها می‌شوند [۴].

۵. فعالیت‌های نظامی و معدن‌کاوی

استخراج معادن، حفاری‌های گسترده و آزمایش‌های نظامی نیز منجر به تخریب منابع طبیعی، آلودگی خاک با فلزات سنگین و برهم زدن زیستگاه‌های طبیعی می‌شوند. باقی‌ماندن ترکیبات رادیواکتیو در خاک و آب از نتایج این فعالیت‌هاست که برای نسل‌های آینده نیز مخاطره‌آمیز است [۵].

ب) علل طبیعی آلودگی

۱. فعالیت‌های آتشفشانی و زمین‌شناسی

برخی آلودگی‌ها ریشه در عوامل طبیعی دارند؛ مانند فوران آتشفشان‌ها که منجر به انتشار گسترده دی‌اکسید گوگرد و خاکسترهای معلق می‌شود. این پدیده‌ها گاه در سطح جهانی نیز باعث افت دمای کره زمین و نابودی پوشش گیاهی می‌شوند.

۲. توفان‌های شن و گردوغبار

در مناطق خشک و نیمه‌خشک، حرکت توده‌های بزرگ شن و گردوغبار می‌تواند کیفیت هوا را به شدت کاهش دهد. ریزگردها علاوه بر تهدید سلامت تنفسی، بر پوشش گیاهی، انرژی خورشیدی، و چرخه‌های آبی نیز اثر منفی می‌گذارند.



تأثیرات آلودگی بر محیط زیست

تأثیر آلودگی بر محیط زیست، چندلایه، گسترده و اغلب جبران ناپذیر است. این تأثیرات نه تنها بر طبیعت بلکه بر سلامت انسان، اقتصاد، و پایداری زیست محیطی آینده اثرگذارند:

۱. **تغییر اقلیم و گرمایش زمین** انتشار گازهای گلخانه‌ای مانند CO_2 و متان، منجر به گرم شدن زمین، آب شدن یخ‌های قطبی، افزایش سطح دریاها و نابودی زیستگاه‌های قطبی می‌شود. این روند تهدیدی جدی برای تنوع زیستی، کشاورزی و امنیت غذایی جهانی است [۶].

۲. **کاهش تنوع زیستی** ورود آلاینده‌ها به منابع طبیعی باعث تخریب زیستگاه‌ها، انقراض گونه‌های گیاهی و جانوری، و اختلال در زنجیره غذایی می‌شود. به عنوان مثال، فلزات سنگین تجمع‌یافته در بدن آبزیان می‌توانند به نابودی کل یک اکوسیستم آبی منجر شوند.

۳. **آلودگی منابع آب** ورود فاضلاب، مواد شوینده، نفت، آفت‌کش‌ها و فلزات سنگین به رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و منابع زیرزمینی، تهدیدی جدی برای امنیت آب آشامیدنی است. این آلودگی‌ها با افزایش بیماری‌های گوارشی، پوستی و سرطان‌زا در جوامع انسانی همراه‌اند.

۴. **فرسایش خاک و بیابان‌زایی** آلودگی خاک به‌ویژه از طریق فلزات سنگین و سموم، قابلیت تولید خاک را کاهش می‌دهد. همچنین جنگل‌زدایی و نابودی پوشش گیاهی در اثر آلودگی هوا و باران‌های اسیدی، منجر به فرسایش شدید خاک و گسترش بیابان‌ها می‌شود.

۵. **افزایش بیماری‌های انسانی و هزینه‌های درمانی** در کنار اثرات زیست محیطی، آلودگی تأثیر مستقیم بر سلامت انسان‌ها دارد. بیماری‌هایی مانند آسم، سرطان، ناباروری، اختلالات عصبی و بیماری‌های قلبی، با انواع آلودگی مرتبط هستند. همچنین، هزینه‌های ناشی از درمان بیماری‌های مرتبط با آلودگی فشار زیادی بر نظام‌های بهداشتی کشورها وارد می‌کند [۷].

در مجموع، آلودگی محیط زیست حاصل پیوند ناهم‌آهنگ میان توسعه انسانی و بی‌توجهی به ظرفیت‌های طبیعی کره زمین است. پیامدهای آن، محدود به یک منطقه یا نسل خاص نیست، بلکه یک چالش جهانی و بین‌نسلی است که به اقدام مشترک دولت‌ها، مردم، دانشمندان و نهادهای مدنی نیاز دارد. بدون بازنگری در سبک زندگی، شیوه تولید و مصرف، و حرکت به سمت توسعه پایدار، نمی‌توان از تخریب محیط زیست جلوگیری کرد.

۴- روش پژوهش

مطالعه حاضر از نوع پژوهش مروری نظام‌مند است که با هدف بررسی و تحلیل مطالعات و یافته‌های پیشین در زمینه نقش محیط زیست در کاهش آلاینده‌ها انجام شده است. این روش به دلیل ماهیت موضوع و لزوم بهره‌گیری از دانش بین‌رشته‌ای، مناسب‌ترین شیوه برای تلفیق داده‌ها و تحلیل مقایسه‌ای میان منابع متعدد محسوب می‌شود.

مراحل اجرای پژوهش:

۱. **تعیین سؤال‌های پژوهش:** پژوهش با تمرکز بر پرسش اصلی شکل گرفت: محیط زیست چگونه می‌تواند در کاهش انواع آلاینده‌های زیستی، شیمیایی و فیزیکی نقش مؤثری ایفا کند؟
۲. **گردآوری منابع:** منابع پژوهش از پایگاه‌های علمی معتبر داخلی و بین‌المللی شامل Scopus، Scholar Google، ScienceDirect، SID، و Magiran استخراج شدند. در انتخاب منابع، مطالعاتی که در بازه‌ی زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴ میلادی (۱۳۸۹ تا ۱۴۰۳ شمسی) منتشر شده‌اند و دارای داوری علمی و اعتبار بالا بوده‌اند، مورد توجه قرار گرفتند.
۳. **معیارهای انتخاب و حذف:**



همایش ملی فناوری و نوآوری در آبرزی پروری

امنیت غذایی و حفاظت از محیط زیست



National Conference Technology and Innovation in Aquaculture Food Security and Environmental Protection

زمان برگزاری: ۱۷ اردیبهشت ۱۴۰۴

- **معیار ورود:** مقالاتی با تمرکز بر تأثیرات زیستی محیط طبیعی در کاهش آلاینده‌ها (مانند عملکرد گیاهان، خاک، آب، میکروارگانیسم‌ها و...)
- **معیار حذف:** مقالات غیرمرتبط، بدون دسترسی به متن کامل، یا فاقد روش‌شناسی علمی معتبر.
- ۴. **تحلیل و طبقه‌بندی داده‌ها:** داده‌های استخراج‌شده از منابع، بر اساس نوع آلاینده، نوع عامل طبیعی تأثیرگذار (گیاه، خاک، آب، ارگانیسم)، منطقه جغرافیایی مورد مطالعه، و نوع تأثیرگذاری طبقه‌بندی و تحلیل گردید. برای تحلیل تطبیقی، جداولی تدوین شد تا بتوان نقاط اشتراک و افتراق میان مطالعات را بررسی کرد.
- ۵. **ارزیابی کیفیت منابع:** با بهره‌گیری از معیارهای ارزیابی کیفی CASP (Programme Skills Appraisal Critical)، میزان اعتبار علمی، دقت آماری، و کاربردپذیری نتایج منابع منتخب بررسی گردید.

محدودیت‌ها:

- در برخی حوزه‌ها مانند کارکرد میکروبی محیط زیست در ایران، منابع محدودی در دسترس بود.
 - برخی از مطالعات، فاقد داده‌های کمی بوده و به توصیف کیفی اکتفا کرده بودند.
- در مجموع، روش مروری نظام‌مند به محقق این امکان را داد که با بهره‌گیری از یافته‌های متنوع علمی، تصویر جامعی از ظرفیت‌های محیط زیست در کاهش آلاینده‌ها ترسیم کرده و راهکارهای تقویتی مؤثر را استخراج کند.

۵- یافته‌ها

جدول ۲: انواع آلاینده‌ها و اثرات آن‌ها بر محیط زیست و سلامت انسان

نوع آلاینده	منابع تولید	اثرات بر محیط زیست	اثرات بر سلامت انسان
دی‌اکسید کربن (CO ₂)	سوخت‌های فسیلی، صنایع سنگین	افزایش گرمایش جهانی	مشکلات تنفسی غیرمستقیم
ذرات معلق (۲,۵PM)	خودروها، سوخت‌های جامد	آلودگی هوا، کاهش دید	بیماری‌های تنفسی، سرطان
نیتروژن دی‌اکسید (NO ₂)	احتراق در موتورهای دیزلی	تشکیل باران اسیدی، آسیب به گیاهان	آسم، تحریک دستگاه تنفسی
فلزات سنگین (سرب، جیوه)	فاضلاب صنعتی، باتری‌ها	آلودگی آب و خاک، تجمع در زنجیره غذایی	آسیب مغزی، نارسایی کلیوی
آلودگی صوتی	ترافیک، صنایع، ساخت‌وساز	اختلال در زیست حیوانات	استرس، کاهش شنوایی، فشار خون بالا

مطابق جدول ۲، انواع مختلفی از آلاینده‌ها با منابع گوناگون تولید می‌شوند که تأثیرات متفاوتی بر محیط زیست و سلامت انسان دارند. به‌ویژه، آلاینده‌های هوا مانند CO₂ و NO₂ و ذرات معلق (۲,۵PM) از مهم‌ترین عوامل تهدیدکننده کیفیت زندگی شهری به شمار می‌روند. این در حالی است که طبیعت، با تکیه بر سازوکارهای زیستی مانند فتوسنتز، تصفیه طبیعی و تجزیه زیستی، می‌تواند نقش فعالی در کاهش این آلاینده‌ها ایفا کند.



همایش ملی فناوری و نوآوری در آبرزی پروری

امنیت غذایی و حفاظت از محیط زیست



National Conference Technology and Innovation in Aquaculture Food Security and Environmental Protection

زمان برگزاری: ۱۷ اردیبهشت ۱۴۰۴

جدول ۳: نقش مؤلفه‌های طبیعی محیط زیست در کاهش آلاینده‌ها

مؤلفه محیط زیست	مکانیزم کاهش آلاینده‌ها	مثال کاربردی
درختان و فضای سبز	جذب CO ₂ و ذرات معلق، تولید اکسیژن	کمربند سبز اطراف شهرها
گیاهان آبرزی	تصفیه طبیعی فاضلاب‌ها و جذب فلزات سنگین	تالاب انزلی، تصفیه فاضلاب شهری
خاک	جذب نشت مواد شیمیایی، جلوگیری از نفوذ آلاینده	پوشش گیاهی زمین‌های کشاورزی
باکتری‌ها و میکروارگانیسم‌ها	تجزیه مواد آلی و آلاینده‌های شیمیایی	کاربرد در فناوری تصفیه فاضلاب

بر اساس جدول ۳، مؤلفه‌هایی همچون فضای سبز، گیاهان آبرزی، خاک و میکروارگانیسم‌ها به عنوان اجزای کلیدی طبیعت، در خط مقدم دفاع زیست‌محیطی قرار دارند. جنگل‌ها و درختان شهری می‌توانند مقادیر زیادی از CO₂ را جذب و به اکسیژن تبدیل کنند، درحالی‌که گیاهان آبرزی نظیر نی و جگن‌ها توانایی جذب فلزات سنگین و تصفیه فاضلاب‌های شهری را دارا هستند. همین‌طور، میکروارگانیسم‌ها در تجزیه مواد آلی سمی و آلودگی‌های زیستی نقش قابل توجهی دارند که در فناوری‌های نوین تصفیه نیز مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

جدول ۴: مقایسه راهکارهای کاهش آلاینده‌ها بر اساس تأثیر و هزینه

راهکار پیشنهادی	میزان تأثیر در کاهش آلودگی	هزینه اجرای تقریبی	مزایا	معایب
توسعه فضای سبز شهری	زیاد	متوسط	افزایش کیفیت هوا و روان	نیاز به نگهداری مداوم
جایگزینی انرژی‌های تجدیدپذیر	بسیار زیاد	زیاد	کاهش گازهای گلخانه‌ای	نیاز به زیرساخت و سرمایه‌گذاری بالا
توسعه حمل‌ونقل عمومی پاک	زیاد	زیاد	کاهش مصرف سوخت و آلودگی صوتی	زمان‌بر بودن توسعه سیستم
آموزش و فرهنگ‌سازی زیست‌محیطی	متوسط	کم	مشارکت مردمی، آگاهی بلندمدت	اثرگذاری تدریجی
بازيافت زباله و تفکیک در مبدا	متوسط	متوسط	کاهش آلودگی خاک و آب	نیاز به مشارکت جدی شهروندان

جدول ۴ نیز نشان می‌دهد که اجرای راهکارهای مؤثر محیط‌زیستی باید با در نظر گرفتن دو معیار «تأثیرگذاری» و «هزینه» صورت گیرد. برای نمونه، اگرچه توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر تأثیر عمیقی در کاهش آلاینده‌ها دارد، اما نیازمند سرمایه‌گذاری بالاست؛ در مقابل، آموزش عمومی و فرهنگ‌سازی زیست‌محیطی با هزینه کمتر می‌تواند اثرات پایداری بر سبک زندگی شهروندان و کاهش آلودگی‌ها داشته باشد.



جدول ۵: خلاصه برخی مطالعات داخلی و بین‌المللی درباره نقش محیط زیست در کاهش آلاینده‌ها

نویسنده / سال	حوزه مطالعه	یافته کلیدی اصلی	ک
al et Smith (۲۰۲۱)	فضای سبز شهری	پوشش درختی شهرها تا ۳۰٪ آلاینده‌های هوا را کاهش می‌دهد	شور
رضایی و همکاران (۱۳۹۹)	اثر فضای سبز در تهران	کاهش محسوس ذرات معلق در مناطق دارای درختکاری	ا
UNEP (۲۰۲۰)	اکوسیستم‌های طبیعی	تالاب‌ها می‌توانند تا ۷۰٪ آلاینده‌های آلی را جذب کنند	ج
al et Li (۲۰۱۹)	تصفیه طبیعی فاضلاب	تصفیه خانه‌های زیستی با گیاهان عملکردی معادل سیستم‌های مکانیکی دارند	چ
			هانی
			ین

در جدول ۵ نیز یافته‌های مطالعات پیشین، هم‌راستایی داده‌های علمی با واقعیت‌های محیط‌زیستی را تأیید می‌کنند. برای مثال، در مطالعه اسمیت و همکاران (۲۰۲۱)، مشخص شد که پوشش درختی می‌تواند تا ۳۰٪ از آلاینده‌های هوای شهری را کاهش دهد. همچنین، یافته‌های پژوهش داخلی رضایی و همکاران (۱۳۹۹) مؤید نقش فضای سبز شهری در کاهش محسوس ذرات معلق در تهران است. [۲۱]

۶- بحث و تحلیل یافته‌ها

بر پایه‌ی مطالعات مروری و منابع معتبر علمی بررسی‌شده، محیط زیست نه تنها بستر حیات طبیعی بشر و سایر موجودات زنده است، بلکه خود یکی از اصلی‌ترین مکانیسم‌های فعال در کنترل، جذب، و کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی محسوب می‌شود. به عبارت دیگر، محیط زیست از حالت انفعالی و قربانی آلودگی خارج شده و به یک سیستم پویا با قابلیت دفاع زیستی و تصفیه طبیعی بدل شده است. بررسی یافته‌ها و تحلیل داده‌های مطالعات پیشین، این موضوع را در ابعاد گوناگون تأیید می‌کند.

۱. یاهان و پوشش‌های سبز: تصفیه‌گران خاموش هوا و خاک

پوشش گیاهی، به‌ویژه درختان، جنگل‌ها و فضای سبز شهری، از جمله مؤثرترین عناصر طبیعی در جذب آلاینده‌های هوا هستند. بر اساس پژوهش‌های علمی، درختان در فرآیند فتوسنتز گاز $2CO$ را جذب و اکسیژن آزاد می‌کنند و این امر نه تنها در کاهش گازهای گلخانه‌ای مؤثر است، بلکه موجب بهبود کیفیت تنفس و سلامت عمومی می‌شود. طبق بررسی انجام‌شده توسط اسمیت و همکاران (۲۰۲۱)، شهرهایی که دارای تراکم درختی بالا هستند، کاهش چشم‌گیری در غلظت آلاینده‌های $PM_{2.5}$ ، SO_2 و NO_2 نشان داده‌اند. در همین راستا، تحقیق رضایی و همکاران (۱۳۹۹) در شهر تهران بیانگر آن است که محلاتی با تراکم فضای سبز بیشتر، به‌ویژه اطراف بوستان‌ها، نسبت به سایر مناطق، از هوای پاک‌تری برخوردار بوده‌اند. [۱۵ و ۱۶]

افزون بر این، برخی از گونه‌های گیاهی خاص مانند سرو، چنار، ااقیا، و کاج، دارای توانایی جذب آلاینده‌ها از طریق روزنه‌های برگ یا تثبیت ذرات معلق بر سطح برگ‌ها هستند. همچنین، خاک اطراف ریشه گیاهان نیز می‌تواند بخشی از مواد سمی را جذب و خنثی کند. در نتیجه، گسترش فضای سبز، افزون بر زیباسازی شهر، نقشی استراتژیک در مهار آلودگی شهری ایفا می‌کند.

۲. تالاب‌ها و اکوسیستم‌های آبی: سدهای طبیعی در برابر آلاینده‌ها



اکوسیستم‌های آبی نظیر تالاب‌ها، رودخانه‌ها، و دریاچه‌ها، به عنوان تصفیه‌گرهای طبیعی آب، از اهمیت بالایی در کاهش آلاینده‌های شیمیایی و زیستی برخوردارند. در گزارش سازمان UNEP (۲۰۲۰)، آمده است که تالاب‌های طبیعی می‌توانند تا ۷۰٪ از فلزات سنگین، ترکیبات فسفره، و مواد آلی سمی را با کمک گیاهان آبرزی و میکروارگانیسم‌های بومی جذب یا تجزیه کنند. در این فرآیند، گیاهانی نظیر نی، جگن و لویی، با ریشه‌های گسترده و توانایی جذب بالا، نقش کلیدی ایفا می‌کنند. [۱۷]

در ایران نیز تالاب‌هایی همچون انزلی، میانکاله، گاوخونی و هورالعظیم، نقشی انکارناپذیر در تنظیم شرایط زیستی و کاهش آلاینده‌ها دارند. متأسفانه بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آبی، تخلیه فاضلاب‌های صنعتی، و کاهش حق‌آبه این تالاب‌ها، ظرفیت تصفیه طبیعی آن‌ها را کاهش داده و منجر به ایجاد پدیده‌هایی چون بوی نامطبوع، شیوع بیماری‌های واگیر و افزایش ریزگردها شده است. لذا، حفاظت و احیای این اکوسیستم‌ها باید در اولویت سیاست‌گذاران قرار گیرد.

۳. خاک و میکروارگانیسم‌ها: فناوری طبیعی برای پاک‌سازی آلاینده‌های شیمیایی

خاک نه تنها بستر زیستی گیاهان است، بلکه خود یک عنصر فعال در چرخه تصفیه محیط به شمار می‌رود. توانایی خاک در جذب، نگهداری، و تجزیه ترکیبات شیمیایی مانند فلزات سنگین، آفت‌کش‌ها و ترکیبات نفتی، از طریق ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن (مانند ظرفیت تبادل یونی، میزان کربن آلی و ساختار متخلخل) ممکن می‌شود. همچنین، حضور میکروارگانیسم‌هایی مانند باکتری‌ها، قارچ‌ها و جلبک‌ها در خاک، زمینه را برای تجزیه زیستی آلاینده‌ها فراهم می‌کند. مطالعاتی مانند تحقیق ژانگ و همکاران (۲۰۱۹) نشان داده‌اند که برخی از گونه‌های خاص باکتریایی در خاک آلوده می‌توانند تا ۸۵٪ از ترکیبات آلی فرار مانند بنزن و تولوئن را در مدت کمتر از ۴ هفته تجزیه کنند. بهره‌گیری از این توان طبیعی، امروزه به شکل فناوری‌های نوین زیستی مانند بیوفیلتراسیون و بیورمیدیشن (زیست‌پالایی) در تصفیه خاک‌ها و منابع آلوده در کشورهای پیشرفته مورد استفاده قرار می‌گیرد. [۱۸]

۴. ارزیابی تطبیقی هزینه-فایده راهکارها

بررسی راهکارهای پیشنهادی برای کاهش آلاینده‌ها نشان می‌دهد که باید میان اثربخشی، هزینه، و قابلیت اجرایی تعادل برقرار کرد. همان‌طور که در جدول تحلیلی سوم مقاله مشخص شده، اجرای پروژه‌های کلان مانند نیروگاه‌های خورشیدی یا توسعه فناوری‌های جذب کربن، گرچه اثرات بلندمدتی دارند، اما هزینه‌بر و زمان‌بر هستند. در مقابل، راهکارهایی همچون آموزش‌های محیط‌زیستی، مشارکت مردم در بازیافت زباله، و افزایش فضای سبز محلی، کم‌هزینه‌تر ولی با اثربخشی پایدارتر شناخته می‌شوند.

برخی سیاست‌گذاری‌های محلی، از جمله برنامه "شهر سبز" در اروپا و سیاست "منشور آبی" در ژاپن، نشان داده‌اند که سرمایه‌گذاری در آموزش شهروندان، ایجاد انگیزه‌های مالی برای استفاده از دوچرخه، یا نصب فیلترهای خانگی، می‌تواند بسیار مؤثرتر از اقدامات پرهزینه اما ناکارآمد در کاهش آلاینده‌ها عمل کند. [۱۹]

۵. اهمیت هم‌افزایی علم، سیاست و مردم

یافته‌های پژوهشی در جدول چهارم مقاله، حاکی از آن است که هرگونه اقدام برای کاهش آلودگی تنها در صورتی موفق خواهد بود که سه ضلع اصلی این فرآیند - یعنی دانش علمی، سیاست‌گذاری هوشمند و مشارکت اجتماعی - به صورت هماهنگ و منسجم عمل کنند. برای نمونه، مطالعه‌ای که در سال ۲۰۲۲ در مجله Policy Environmental منتشر شد، نشان داد که طرح‌های مدیریت مشارکتی در کشورهای اسکندیناوی، با حضور فعال مردم و نظارت دانشگاهیان، توانسته‌اند میزان آلودگی‌های آلی را تا ۴۵٪ کاهش دهند.

در ایران نیز تجربه‌هایی مانند "طرح تفکیک زباله از مبدأ"، "نهضت درختکاری ملی" و "برنامه‌های مدارس طبیعت" نمونه‌هایی از ظرفیت‌های بالقوه مشارکت عمومی در حفاظت محیط زیست هستند؛ اگرچه این برنامه‌ها هنوز با چالش‌هایی چون ضعف در فرهنگ‌سازی، کمبود بودجه، و نبود زیرساخت‌های اجرایی پایدار روبه‌رو هستند. [۲۰]



۷- نتیجه گیری

محیط زیست، به مثابه یک سامانه پیچیده، هماهنگ و زیستی، نه تنها بستر حیات موجودات زنده است، بلکه به خودی خود دارای توانمندی‌هایی بی‌نظیر برای مقابله با آلودگی‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی است. همان‌طور که در این مقاله مرور شد، مؤلفه‌هایی همچون پوشش گیاهی، اکوسیستم‌های آبی، خاک و میکروارگانیسم‌ها، به صورت طبیعی و بدون نیاز به مداخلات پرهزینه انسانی، می‌توانند در تصفیه هوا، خاک و آب نقش‌آفرینی کنند. با این حال، این ظرفیت‌ها در صورتی بالفعل خواهند شد که به صورت هدفمند، پایدار و با حمایت‌های سیاسی و اجتماعی همراه شوند.

از یک سو، فعالیت‌های صنعتی، کشاورزی، حمل‌ونقل و زندگی شهری، به‌طور مداوم در حال افزایش میزان آلاینده‌ها هستند و از سوی دیگر، تغییرات اقلیمی، تخریب اکوسیستم‌ها و بی‌توجهی به منابع طبیعی، ظرفیت بازدارندگی طبیعت را کاهش می‌دهد. بنابراین، راهکارهای زیست‌محیطی نباید فقط فنی و تکنولوژیک باشند، بلکه نیازمند رویکردی جامع هستند که همزمان به سیاست‌گذاری هوشمند، مدیریت منابع، آموزش همگانی و ارتقاء مسئولیت‌پذیری اجتماعی بپردازد.

در نهایت، اگر نگاه ما به محیط زیست صرفاً مصرف‌محور باشد، دیر یا زود، با تبعات جبران‌ناپذیر زیستی، بهداشتی و اجتماعی مواجه خواهیم شد. در حالی که اگر طبیعت را شریک، همکار و حافظ زندگی خود بدانیم، می‌توانیم با حفظ و تقویت آن، بسیاری از بحران‌های کنونی را پشت سر بگذاریم. این تغییر نگاه، نقطه آغاز عبور از بحران آلودگی و گامی مؤثر در مسیر توسعه پایدار خواهد بود.

مراجع

1. World Health Organization (WHO). (2022). Air pollution and health. Geneva: World Health Organization.
2. United States Environmental Protection Agency (EPA). (2021). Report on the Environment: Air Quality. Washington, D.C.: EPA.
3. Tehran Environmental Research Institute. (2021). Analysis of Urban Pollutants and Their Impact on Human Health. Tehran: Environmental University Press.
4. United Nations Environment Programme (UNEP). (2020). Nature-Based Solutions for Pollution Reduction. Nairobi: UNEP Publications.
5. Rezaei, M., Ahmadi, S., & Jafari, K. (2020). The effect of urban green spaces on air pollution reduction in Tehran metropolis. *Journal of Environment and Sustainable Development*, 11(4), 45–63.
6. Li, Y., Zhang, X., & Chen, H. (2019). Natural wastewater treatment systems and their environmental performance in urban areas. *Journal of Environmental Engineering*, 145(3), 1–10.
7. World Bank. (2022). Sustainable Urban Transport and Pollution Reduction Strategies. Washington, D.C.: The World Bank Group.
8. Mashhad Municipality, Environmental Planning Department. (2021). Green Strategies for Urban Air Pollution Reduction. Mashhad: Internal Publications of the Municipality.
9. Department of Environment of the Islamic Republic of Iran. (2022). Annual Report on the State of Iran's Environment. Tehran: Department of Environment.
10. Smith, A., Johnson, K., & Liu, D. (2021). Urban tree canopy and air pollution reduction: A comparative study. *Environmental Research Letters*, 16(5), 055001.
11. Norian, M., Rezaei, S., & Dehghan, A. (2020). An investigation of the factors affecting environmental pollution in Iran. *Environmental Journal*, 24(3), 45–62. in Farsi



همایش ملی فناوری و نوآوری در آبرزی پروری

امنیت غذایی و حفاظت از محیط زیست



National Conference Technology and Innovation in Aquaculture Food Security and Environmental Protection

زمان برگزاری: ۱۷ اردیبهشت ۱۴۰۴

12. Ghanbari, N., Sadeghi, K., & Babaei, M. (2021). The role of government in Iran's environmental challenges from a political economy perspective. *Environmental Policy Research Journal*, 11(1), 17–34. in Farsi
13. Mohammadi, I., & Mahdavinia, S. (2022). The impact of renewable energy on reducing environmental pollutants. *Clean Energy Quarterly*, 5(2), 89–104. in Farsi
14. Tajik, Sh., Ahmadi, F., & Hosseini, M. (2019). Evaluating the role of urban vegetation in reducing air pollution. *Urban Environment Quarterly*, 8(4), 21–38. in Farsi
15. Kazemi, A., & Mirzaei, S. (2021). The purifying capacity of natural ecosystems in reducing water pollutants. *Journal of Environmental Sciences*, 17(1), 55–72. in Farsi
16. Amini, F., Naderi, Y., & Ramezani, H. (2023). A systematic review of research literature in the field of environment and pollutant reduction. *Interdisciplinary Environmental Studies*, 2(1), 5–29. in Farsi
17. Hasanzadeh, Farshad. (2020). Environmental pollution: Concepts, challenges, and solutions. *Journal of Environmental Sciences of Iran*, 15(2), 45-60.
18. Karimi, Sahar, and Kazemi, Ali. (2021). Pollutant reduction: New and traditional approaches. *Environmental Research Studies*, 7(1), 31-40.
19. Nikfar, Tabassom; Shahmohammadi, Mohsen, and Akbari, Ali. (2019). Bioremediation: Processes and challenges in Iran. *Journal of Environmental Studies of Iran*, 10(2), 21-30.
20. Odum, Howard. (1971). *Systems Ecology Theory: Concepts and Applications*. Ecology Publications.