

## اثرات مخرب ریزگردها بر ساختار و پایداری جنگل‌های زاگرس با تحلیل چالش‌های محیطی و راهکارهای حفاظت و احیاء

محسن جوانمیری پور\*

\* استادیار پژوهش، بخش تحقیقات و آموزش جنگل و مرتع، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه،

سازمان تحقیقات و آموزش ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران [mjavanmiri@ut.ac.ir](mailto:mjavanmiri@ut.ac.ir)

### چکیده

جنگل‌های زاگرس، به‌عنوان بزرگ‌ترین و مهم‌ترین کمربند سبز غرب ایران، طی دو دهه اخیر به‌شدت تحت تأثیر گسترش پدیده ریزگردها قرار گرفته‌اند؛ پدیده‌ای با منشأ داخلی (بیابان‌زایی و تخریب اراضی کشور) و خارجی (کانون‌های فعال گردوغبار در عراق و سوریه). این ذرات با نشست بر سطح برگ‌ها و روزنه‌ها، ایجاد اختلال در فتوسنتز، تغییر در ویژگی‌های خاک، تشدید تنش‌های خشکی و گرما و افزایش حساسیت درختان به آفات و بیماری‌ها، پایداری و تنوع زیستی این اکوسیستم را تهدید می‌کنند. هدف پژوهش حاضر، تحلیل جامع پیامدهای بوم‌شناختی و مدیریتی ریزگردها بر جنگل‌های زاگرس و ارائه راهکارهای پایدار برای حفاظت و احیای آنها است. در این راستا از رویکرد توصیفی-تحلیلی و مرور منابع علمی استفاده شد. نتایج نشان داد افزایش غلظت ذرات معلق در مناطق غربی و جنوب‌غربی زاگرس با کاهش رشد سالانه بلوط ایرانی (*brantii Quercus*) و افزایش شاخص‌های زوال همبستگی دارد. مقابله مؤثر با این پدیده مستلزم اقداماتی چند سطحی است: همکاری‌های بین‌المللی برای کنترل کانون‌های خارجی، احیای تالاب‌های مرزی، توسعه کمربندهای سبز مقاوم به خشکی، بهینه‌سازی مدیریت آب و خاک، مشارکت فعال جوامع محلی و به‌کارگیری روش‌های نوین احیاء مانند تکنیک اصلاح شده گلوله بذر برای کاشت گونه‌های بومی مقاوم. همچنین، پایش مستمر با استفاده از سنجش از دور و GIS و پژوهش در زمینه شناسایی گونه‌های مقاوم به تنش‌های اقلیمی از الزامات اساسی است. در مجموع، پایداری بلندمدت جنگل‌های زاگرس در برابر ریزگردها نیازمند رویکردی یکپارچه، علمی و مشارکتی است که ابعاد بوم‌شناختی و اجتماعی-اقتصادی مدیریت سرزمین را هم‌زمان دربرگیرد.

واژگان کلیدی: احیای جنگل، تغییرات اقلیمی، ریزگردها، زوال بلوط.

## بیان مسئله

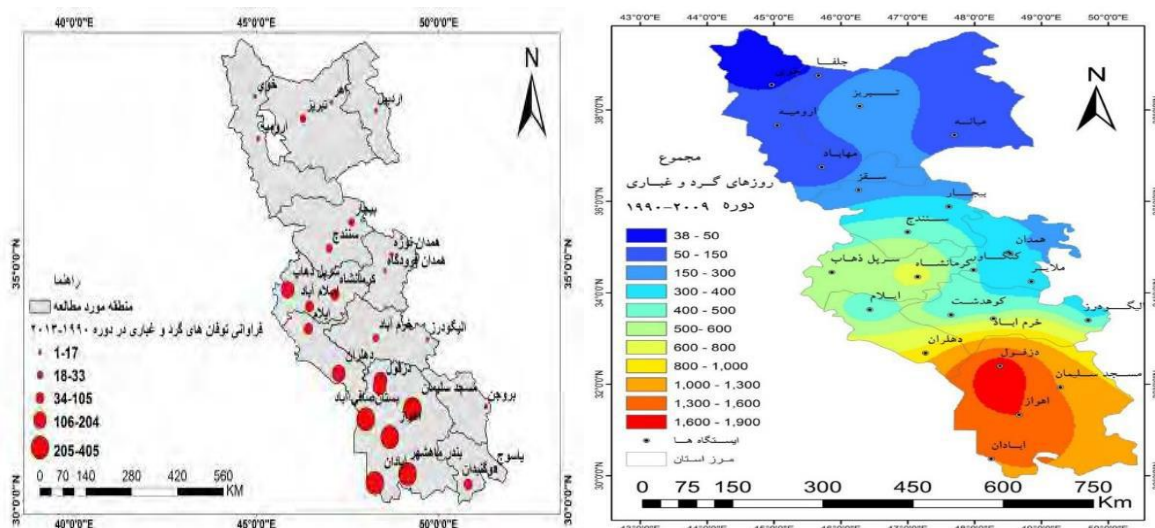
جنگل‌های زاگرس با وسعتی حدود شش میلیون هکتار و سهمی بیش از ۴۰ درصد از کل جنگل‌های ایران، یکی از مهم‌ترین رویشگاه‌های بوم‌شناختی کشور به‌شمار می‌روند. این جنگل‌ها نقشی اساسی در حفظ تعادل بوم‌سازگان، تنظیم چرخه آب، جلوگیری از فرسایش خاک و پشتیبانی از تنوع زیستی دارند (جوانمیری‌پور و همکاران، ۱۴۰۰). با این حال، در دهه‌های اخیر، افزایش فراوانی و شدت پدیده ریزگردها که منشأ آنها هم داخلی و هم خارجی (عراق، سوریه و شبه‌جزیره عربستان) است، تهدیدی جدی برای پایداری این اکوسیستم‌ها محسوب می‌شود (مرادی و همکاران، ۱۴۰۰). ریزگردها با نشستن بر سطح برگ‌ها موجب انسداد روزنه‌ها و کاهش کارایی فتوسنتز می‌شوند (Popeket *et al.*, 2013). ترکیب شیمیایی خاک را دگرگون کرده و از طریق کاهش رطوبت خاک و افزایش دمای سطحی، بر شدت خشکسالی و ضعف فیزیولوژیکی درختان می‌افزایند (مرادی و همکاران، ۱۴۰۰).

تضعیف وضعیت عمومی درختان، زمینه‌ساز افزایش شیوع بیماری‌ها و آفات ثانویه نظیر زوال بلوط و سوسک‌های چوب‌خوار شده است که در نهایت کاهش تنوع زیستی و تخریب عملکردهای بوم‌سازگانی جنگل‌های زاگرس را در پی دارد. افزون بر این، تغییرات اقلیمی، بیابان‌زایی، تخریب پوشش گیاهی، مدیریت نادرست منابع آب و خاک و فعالیت‌های انسانی نظیر کشاورزی در زیر‌آشکوب و بهره‌برداری غیراصولی از عوامل تشدید کننده این روند هستند (جوانمیری‌پور و همکاران، ۱۴۰۰). براساس مطالعات اخیر، پیامدهای ریزگردها صرفاً محدود به تنش‌های فیزیولوژیکی نبوده، بلکه الگوی ساختار و پویایی اکوسیستم‌های جنگلی را نیز تغییر می‌دهند (شکل ۱). از این رو، شناخت جامع اثرات ریزگردها در مقیاس‌های مختلف زمانی و مکانی برای طراحی راهکارهای مدیریتی و احیایی ضروری است. هدف مطالعه حاضر، بررسی تأثیرات بوم‌شناختی ریزگردها بر جنگل‌های زاگرس، تحلیل عوامل تشدید کننده و ارائه راهکارهای علمی و مدیریتی برای کاهش آسیب‌ها و ارتقای تاب‌آوری این بوم‌سازگان‌ها است.



شکل ۱- لحظه حرکت پدیده ریزگردها در عرصه‌های طبیعی

برای انجام این مطالعه، از روش بررسی منابع و مطالعات انجام شده در ارتباط با پدیده ریزگردها در اکوسیستم‌های طبیعی زاگرس استفاده گردید (شکل ۲). این شیوه که به روش مطالعات کتابخانه‌ای معروف است، از مهم‌ترین و پایه‌ای‌ترین روش‌ها در تحقیقات علمی محسوب می‌شود. روش تحقیق کتابخانه‌ای فرآیندی منظم و گام‌به‌گام برای گردآوری اطلاعات از منابع مکتوب است و معمولاً در نگارش مقالات علمی، پایان‌نامه‌ها و گزارش‌های پژوهشی به کار می‌رود. در این پژوهش، مراحل انجام کار شامل تعریف موضوع تحقیق، بررسی کلمات کلیدی، جمع‌آوری منابع، یادداشت‌برداری، تجزیه و تحلیل اطلاعات و استناد به منابع می‌باشد. در مرحله نخست، ایده اصلی و پرسش پژوهش به‌طور دقیق تعریف شد تا جهت‌گیری کلی تحقیق مشخص گردد. سپس، کلمات و اصطلاحات تخصصی مرتبط با موضوع شناسایی و برای جست‌وجو در منابع علمی به کار گرفته شد. در مرحله بعد، با جست‌وجو در کتاب‌ها، مقالات علمی و پایگاه‌های داده معتبر، منابع مرتبط گردآوری گردید. یادداشت‌برداری از مطالب کلیدی با استفاده از فیش‌برداری و نرم‌افزارهای مدیریت منابع علمی انجام شد. داده‌ها و یافته‌های استخراج شده نیز مورد تحلیل و مقایسه قرار گرفت تا امکان پاسخ‌گویی دقیق به پرسش‌های تحقیق فراهم شود. در نهایت، تمامی اطلاعات مورد استفاده بر اساس اصول استاندارد استناددهی علمی ارجاع داده شد تا اعتبار و یکپارچگی علمی پژوهش حفظ گردد.



شکل ۲- رخداد پدیده ریزگرد در سالیان اخیر در نیمه غربی و جنوب غربی کشور (زینالی، ۱۳۹۵)

## دستاوردها

در سطح بین‌المللی، برای مقابله مؤثر با پدیده ریزگردها و کاهش تأثیرات آن بر جنگل‌های زاگرس، لازم است همکاری‌های گسترده و هدفمند با کشورهای همسایه‌ای مانند عراق، سوریه و عربستان که از مهم‌ترین کانون‌های تولید ریزگرد به‌شمار می‌روند، شکل گیرد. این همکاری‌ها باید در قالب توافقات رسمی و ساختارمند بین دولت‌ها و سازمان‌های منطقه‌ای انجام شود تا بتوان پروژه‌های مشترک و پایدار را در زمینه احیای تالاب‌ها، بازسازی جنگل‌ها و مدیریت منابع طبیعی اجرا کرد. به‌عنوان مثال، احیای تالاب‌های خشک‌شده در این کشورها که منبع اصلی تولید گرد و غبار هستند (قربانی و همکاران، ۱۳۹۷)، می‌تواند به‌طور چشمگیری میزان ریزگردها را کاهش دهد و در نتیجه فشار زیست‌محیطی بر اکوسیستم‌های جنگلی زاگرس کمتر شود. برای تحقق این هدف، تبادل اطلاعات علمی و فنی بین کارشناسان محیط زیست و منابع طبیعی کشورهای منطقه ضروری است تا روش‌های نوین و مؤثر احیاء و مدیریت منابع به‌کار گرفته شود. همچنین، ایجاد کارگروه‌های مشترک منطقه‌ای برای پیش

وضعیت ریزگردها، برنامه‌ریزی هماهنگ و اجرای اقدامات پیشگیرانه می‌تواند به بهبود شرایط کمک کند. این همکاری‌ها نه تنها از منظر زیست‌محیطی اهمیت دارد، بلکه می‌تواند به تقویت روابط دیپلماتیک و اقتصادی میان کشورها نیز منجر شود و زمینه را برای توسعه پایدار منطقه فراهم آورد (AlNasser *et al.*, 2025). در نهایت، موفقیت این اقدامات مستلزم تعهد بلندمدت، تأمین منابع مالی مشترک و مشارکت فعال سازمان‌های بین‌المللی و نهادهای غیردولتی است تا بتوان با رویکردی جامع و هماهنگ، بحران ریزگردها را مهار کرد و سلامت جنگل‌های زاگرس را حفظ نمود.

در سطح ملی و منطقه‌ای، اجرای برنامه‌های توسعه کمربند سبز در مناطق مرزی باید با برنامه‌ریزی دقیق و استفاده از گونه‌های گیاهی مقاوم به خشکی و شرایط اقلیمی خاص منطقه انجام شود (Liu *et al.*, 2012). این کمربندهای سبز که به‌عنوان دیوارهای طبیعی در برابر نفوذ ریزگردها عمل می‌کنند، باید در گستره‌های وسیع و به‌صورت مستمر کاشته شوند تا بتوانند خاک را تثبیت کرده و از فرسایش آن جلوگیری کنند. برای موفقیت این طرح، لازم است ابتدا مطالعات خاک‌شناسی و اقلیمی انجام شود تا گونه‌های مناسب با شرایط محیطی انتخاب شوند و روش‌های کاشت و نگهداری بهینه تعیین گردد (AlNasser *et al.*, 2025).

برای اجرای مؤثر راهکارهای مقابله با تأثیر ریزگردها بر جنگل‌های زاگرس، باید از روش‌های علمی، مقرون به صرفه و مشارکتی بهره گرفت که هم از نظر اقتصادی و هم زیست‌محیطی پایدار باشند. یکی از روش‌های نوین و موفق در این زمینه، روش گلوله بذر<sup>۱</sup> است که یک روش باستانی احیای جنگل محسوب می‌شود و توسط کشاورزان ژاپنی دوباره احیاء شده است (رسولی، ۱۴۰۳). این شیوه شامل تهیه توپ‌های کوچک حاوی بذر گونه‌های بومی مقاوم به خشکی مانند بلوط، پسته وحشی و بنه است که با استفاده از مواد محلی و ساده ساخته می‌شوند و پس از پراکنده شدن در مناطق تخریب‌شده، به‌طور طبیعی جوانه زده و رشد می‌کنند. این روش نسبت به کاشت نهال سنتی بسیار کم‌هزینه‌تر و آسان‌تر است و نیاز به مراقبت و زیرساخت‌های پیچیده ندارد، بنابراین می‌تواند در گستره وسیعی از مناطق کوهستانی و فرسایش‌یافته زاگرس به کار گرفته شود. اجرای موفق این تکنیک مستلزم انتخاب دقیق گونه‌های بومی سازگار با شرایط اقلیمی منطقه، آموزش و مشارکت فعال جوامع محلی در تولید و پراکندگی توپ‌های بذر و نظارت مستمر بر روند جوانه‌زنی و رشد نهال‌ها است تا بتوان در صورت نیاز، اقدامات اصلاحی انجام داد (رسولی، ۱۴۰۳).

علاوه بر این، مدیریت جامع منابع آب و خاک باید همزمان با احیای پوشش گیاهی انجام شود. جلوگیری از حفر چاه‌های غیرمجاز، اجرای پروژه‌های آبخیزداری و آبخوان‌داری برای افزایش ذخیره آب‌های زیرزمینی و حفظ رطوبت خاک، از جمله اقدامات ضروری هستند که به بهبود شرایط میکروکلیمای منطقه کمک می‌کنند و زمینه را برای رشد بهتر گونه‌های گیاهی فراهم می‌آورند (Al-Handal & Hu, 2020). توسعه کمربندهای سبز در مناطق مرزی نیز باید با برنامه‌ریزی دقیق و استفاده از گونه‌های مقاوم به خشکی انجام شود تا خاک تثبیت شده و از نفوذ ریزگردها به داخل کشور جلوگیری شود. این کمربندها علاوه بر نقش حفاظتی، به حفظ رطوبت خاک و کاهش فرسایش کمک می‌کنند و می‌توانند به‌عنوان سپری طبیعی در برابر تغییرات اقلیمی عمل کنند (قربانی و همکاران، ۱۳۹۷).

نقش جوامع محلی در موفقیت این اقدامات بسیار حیاتی است؛ باید با آموزش، فرهنگ‌سازی و ایجاد انگیزه‌های اقتصادی، مشارکت آنان در حفاظت و نگهداری جنگل‌ها افزایش یابد. استفاده از مدل‌های جنگلداری اجتماعی که در آن مردم بومی به‌عنوان نگهبانان منابع طبیعی شناخته می‌شوند، می‌تواند پایدار بلندمدت پروژه‌ها را تضمین کند (Younis *et al.*, 2013). همچنین، پایش مستمر با استفاده از فناوری‌های نوین مانند سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای برای ارزیابی اثربخشی اقدامات و شناسایی مناطق نیازمند توجه ویژه ضروری است. در نهایت، هماهنگی میان دستگاه‌های اجرایی، پژوهشگران، سازمان‌های

<sup>1</sup>Seedball

مردم‌نهاد و جوامع محلی همراه با تأمین منابع مالی کافی، کلید موفقیت در اجرای این راهکارها خواهد بود. این رویکرد جامع و چندجانبه امکان می‌دهد تا جنگل‌های زاگرس به تدریج احیاء شده و در برابر تهدیدات ریزگردها و تغییرات اقلیمی مقاوم‌تر شوند.

برای انجام مؤثر پژوهش و پایش مستمر تأثیر ریزگردها بر جنگل‌های زاگرس، ابتدا باید زیرساخت‌های فناوری پیشرفته مانند سیستم‌های سنجش از دور، تصاویر ماهواره‌ای با وضوح بالا و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) فراهم و به‌روزرسانی شوند. این فناوری‌ها امکان رصد دقیق و پیوسته وضعیت جنگل‌ها، تغییرات پوشش گیاهی، میزان فرسایش خاک و گستره پراکندگی ریزگردها را در بازه‌های زمانی کوتاه و بلندمدت فراهم می‌کنند. داده‌های به‌دست آمده از این منابع باید به‌صورت منظم تحلیل و با داده‌های میدانی ترکیب شود تا بتوان مناطق آسیب‌دیده را به‌دقت شناسایی و میزان شدت آسیب‌ها را ارزیابی کرد. این اطلاعات پایه‌ای حیاتی برای سنجش اثربخشی برنامه‌های احیاء و حفاظت جنگل‌ها به‌شمار می‌روند و به مدیران و تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کنند تا بر اساس شواهد علمی، برنامه‌های مدیریت منابع طبیعی را بهینه‌سازی و اصلاح نمایند (زینالی، ۱۳۹۵).

علاوه بر پایش، انجام تحقیقات کاربردی در زمینه شناسایی گونه‌های گیاهی مقاوم به ریزگرد و خشکی اهمیت فراوانی دارد. این پژوهش‌ها باید با همکاری دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی و سازمان‌های محیط زیست انجام شود و شامل آزمایش‌های میدانی و آزمایشگاهی برای بررسی توانایی گونه‌های مختلف در تحمل شرایط سخت اقلیمی و آلودگی‌های ناشی از ریزگردها باشد (زینالی، ۱۳۹۵). همچنین توسعه و به‌کارگیری روش‌های نوین احیاء مانند تکنیک‌های کاشت بذر، استفاده از بیوسولوزها برای تثبیت خاک و فناوری‌های زیستی برای افزایش مقاومت گیاهان، از محورهای مهم تحقیقات است که می‌تواند به بهبود کیفیت و سرعت بازسازی جنگل‌ها کمک کند.

برای تضمین موفقیت این فرآیندها، لازم است نظام‌های پایش و پژوهش به‌صورت مستمر و بلندمدت اجرا شوند و نتایج آنها به‌صورت شفاف و قابل دسترس برای تمامی ذینفعان از جمله مدیران، پژوهشگران و جوامع محلی منتشر گردد (جدول ۱). ایجاد بانک‌های اطلاعاتی جامع و به‌روزرسانی مداوم آنها، همچنین برگزاری کارگاه‌ها و دوره‌های آموزشی برای ارتقاء دانش فنی کارشناسان و جوامع محلی، از دیگر اقدامات تکمیلی است که باید در کنار فناوری‌های نوین دنبال شود. در نهایت، همکاری بین‌بخشی و بین‌المللی در حوزه پژوهش و تبادل تجربیات می‌تواند به ارتقاء کیفیت مطالعات و اجرای بهتر برنامه‌های حفاظتی کمک کند و زمینه را برای حفاظت پایدار جنگل‌های زاگرس فراهم آورد.

جدول ۱- خلاصه یافته‌ها و پیشنهادهای مطالعات پیشین درباره اثرات ریزگردها

منابع	پیامد محیطی	هدف مستقیم	راهکار کلیدی	سطح اقدام
ضیائی‌ان و همکاران، ۱۴۰۱	بهبود کیفیت هوا و اکوسیستم‌های مرزی	کاهش تولید ریزگرد	احیای تالاب‌ها و همکاری منطقه‌ای	بین‌المللی
Liu et al. (2012)	کاهش نفوذ ریزگرد به مناطق داخلی	تثبیت خاک و کاهش فرسایش	ایجاد کمربند سبز مقاوم	ملی
رسولی (۱۴۰۳)	افزایش تنوع گیاهی و تاب‌آوری اکوسیستم	احیای سریع پوشش گیاهی	اجرای روش گلوله بذر	محلی
Middleton & Kang (2017)	تصمیم‌گیری مبتنی بر داده	رصد تغییرات پوشش و کیفیت خاک	پایش سنجش از دور و GIS	فناورانه
Younis et al. (2013)	کاهش تخریب انسانی	حفاظت پایدار منابع طبیعی	مشارکت جوامع محلی	اجتماعی

- نمونه‌هایی از تجربه موفق ملی بین‌المللی: دیوار سبز چین

احیای تالاب بین‌المللی هورالعظیم در استان خوزستان، یکی از نمونه‌های موفق مقابله با ریزگردها در ایران است. این تالاب که در اثر سدسازی، کاهش حقایق و خشکسالی‌های پی‌درپی به کانونی عظیم برای تولید ریزگرد تبدیل شده بود، با اجرای پروژه‌ای جامع نجات یافت. با اختصاص حقایق زیست‌محیطی از رودخانه کرخه و احداث شبکه‌ای از کانال‌ها و سدهای خاکی برای پخش آب در سطح تالاب، حیات به این اکوسیستم بازگشت. این اقدام نه تنها پوشش گیاهی نی را احیاء کرد و زمینه بازگشت پرندگان مهاجر و ماهیان را فراهم نمود، بلکه به‌طور چشمگیری از تعداد و شدت طوفان‌های گردوغبار در استان کاست و امنیت و سلامت زیست‌محیطی را برای میلیون‌ها نفر از ساکنان منطقه به ارمغان آورد.

در سال‌های اخیر، حرکت‌های خودجوش مردمی و فعالیت سازمان‌های مردم‌نهاد به یکی از ارکان حفاظت از جنگل‌های زاگرس تبدیل شده است. در استان‌هایی مانند لرستان و کهگیلویه و بویراحمد، هزاران نفر از دوستداران طبیعت و جوامع محلی دست به دست هم دادند تا نهال‌های بلوط و بادام کوهی در عرصه‌های تخریب‌شده بکارند. اگرچه این اقدامات در مقیاس کوچک آغاز شده، اما اثر تجمعی آنها در احیای تدریجی پوشش گیاهی و افزایش آگاهی عمومی بسیار چشمگیر بوده است. این پروژه‌ها به وضوح نشان می‌دهند که حفاظت از محیط زیست بدون مشارکت و احساس تعلق خاطر مردم محلی، راه به جایی نخواهد برد.

دیوار سبز چین عظیم‌ترین پروژه مهندسی زیست‌محیطی جهان برای مقابله با پیشروی بیابان است. هدف این پروژه، ایجاد کمربندی سبز به طول حدود ۴۵۰۰ کیلومتر در شمال این کشور برای مهار صحرای گبی است. با کاشت میلیون‌ها درخت و درختچه مقاوم در برابر خشکی در مقیاسی وسیع، این پروژه توانسته است به‌طور محسوسی از سرعت پیشروی بیابان بکاهد و میزان فرسایش بادی و طوفان‌های شن را که سالانه پکن و دیگر کلان‌شهرها را درمی‌نوردید، کاهش دهد. این ابتکار عمل، نمونه‌ای درخشان از عزم ملی و برنامه‌ریزی بلندمدت برای تغییر چهره یک اکوسیستم تخریب‌شده است.

پروژه احیای تالاب‌های میانرودان در جنوب عراق، نمونه‌ای موفق از همکاری‌های بین‌المللی برای حل معضلی فرامرزی است. این تالاب‌ها که در دوره حکومت صدام حسین به عمد خشکانده شدند، به یکی از کانون‌های اصلی ریزگرد در منطقه تبدیل شده بودند. با همکاری برنامه عمران ملل متحد (UNDP) و دولت عراق، با شکستن سدهای غیرقانونی و هدایت مجدد آب رودخانه‌های دجله و فرات به این پهنه‌های آبی، بیش از نیمی از مساحت از دست رفته تالاب‌ها احیاء شد. این موفقیت نه تنها باعث بازگشت حیات وحش و سبز شدن دوباره این سرزمین شد، بلکه سهم بسزایی در کاهش ریزگردهایی داشت که کشورهای همسایه از جمله ایران را تحت تأثیر قرار می‌دادند و ثابت کرد که چالش‌های زیست‌محیطی مرز نمی‌شناسند.

- موانع اجرایی و راهکارهای آن

۱. کمبود بودجه و راهکارهای تأمین مالی

یکی از اصلی‌ترین موانع در مسیر مقابله با ریزگردها، کمبود بودجه و منابع مالی پایدار است. پروژه‌هایی مانند مالچ‌پاشی، کاشت نهال در مقیاس وسیع و احداث سازه‌های آبیاری نیازمند سرمایه‌گذاری کلان هستند که اغلب از توان بودجه‌های سالیانه دولت خارج است. برای فائق آمدن بر این چالش، می‌توان از راهکارهای نوین تأمین مالی بهره جست. ایجاد صندوق ملی مقابله با ریزگردها با مشارکت بخش خصوصی، استفاده از مکانیسم‌های تسهیلات سبز بین‌المللی و جذب سرمایه‌گذاری از طریق توسعه پروژه‌های بزرگ‌مقیاسی، راهکارهای نوینی برای تأمین مالی پایدار و تکمیلی را برای اجرای پروژه‌های کلان فراهم کند.

۲. ضعف قوانین و راهکارهای حکمرانی

ضعف، پراکندگی و فقدان ضمانت اجرایی قوانین از دیگر چالش‌های پیش رو است. قوانین موجود اغلب بازدارندگی لازم

را ندارند و نهادهای متعدد با وظایف موازی، باعث کندی و ناکارآمدی در اجرا می‌شوند. راه برون‌رفت از این وضعیت، تدوین یک قانون جامع و فراگیر با ضمانت اجرایی بالا است. این قانون باید به وضوح متولی اصلی، وظایف هر دستگاه، منابع مالی و جریمه‌های سنگین برای تخریب‌گران محیط زیست را مشخص کند. همچنین، ایجاد یک ستاد فرامرزی مقابله با ریزگردها زیر نظر مستقیم رئیس جمهور می‌تواند با انسجام بخشیدن به اقدامات، از موازی‌کاری‌ها بکاهد.

### ۳. اختلافات مرزی و راهکارهای دیپلماسی محیط زیستی

بسیاری از کانون‌های ریزگرد، فرامرزی هستند و حل آن‌ها مستلزم همکاری کشورهای همسایه است. اختلافات سیاسی و مرزی اغلب مانع از انجام اقدامات مشترک مؤثر می‌شود. کلید حل این معضل، فعال‌سازی دیپلماسی محیط زیستی است. ایران می‌تواند با پیشنهاد ایجاد کمیته‌های مشترک فنی-کارشناسی با کشورهایی مانند عراق و افغانستان، موضوع ریزگرد را به‌عنوان یک تهدید مشترک برای سلامت و امنیت تمام مردم منطقه، از حاشیه به متن گفتگوهای دوجانبه و چندجانبه ببرد. همکاری با نهادهای بی‌طرف بین‌المللی مانند UNEP (برنامه محیط زیست ملل متحد) نیز می‌تواند به‌عنوان واسطه، بستر اعتماد و همکاری را فراهم کند.

### ۴. کمبود مشارکت مردمی و راهکارهای توانمندسازی

بدون مشارکت واقعی جوامع محلی، هیچ پروژه احیایی پایدار نخواهد بود. اغلب، بی‌اعتمادی مردم به وعده‌های دولت یا عدم آگاهی از منافع بلندمدت پروژه‌ها مانع مشارکت می‌شود. راه حل، توانمندسازی و جذب حداکثری مردم است. این امر از طریق آموزش و ترویج مزایای اقتصادی پروژه‌ها (مانند توسعه اکوتوریسم، ایجاد مشاغل سبز و احیای زمین‌های کشاورزی) و همچنین واگذاری حفاظت و بهره‌برداری پایدار از عرصه‌های احیاء شده به تعاونی‌های محلی قابل دستیابی است. وقتی مردم خود را مالک و ذی‌نفع پروژه بدانند، بهترین حافظان آن خواهند بود.

### توصیه ترویجی

جنگل‌های زاگرس به‌عنوان یکی از ارزشمندترین اکوسیستم‌های کشور، نقش اساسی در تنظیم اقلیم، حفاظت خاک و آب، تأمین زیستگاه گونه‌های متنوع و پشتیبانی از معیشت جوامع محلی دارند. با این حال، گسترش پدیده ریزگردها در سال‌های اخیر، سلامت و پایداری این اکوسیستم را به شدت تهدید کرده است. منشأ این ذرات معلق، ترکیبی از کانون‌های داخلی ناشی از تخریب سرزمین و بیابان‌زایی و کانون‌های خارجی در کشورهای همسایه مانند عراق و سوریه است. ریزگردها با پوشاندن سطح برگ، کاهش فتوسنتز، تغییر ترکیب شیمیایی خاک، تشدید تنش خشکی و افزایش حساسیت درختان به آفات و بیماری‌ها، موجب کاهش رشد و تنوع زیستی می‌شوند و پیامدهای منفی آن به حوزه‌های کشاورزی، سلامت و اقتصاد سرایت می‌کند. برای مقابله با این بحران، اتخاذ رویکردی جامع، علمی و مشارکتی ضروری است. در سطح بین‌المللی، همکاری با کشورهای همسایه برای کنترل کانون‌های تولید گرد و غبار و احیای تالاب‌های مرزی باید در اولویت قرار گیرد. در سطح ملی و محلی نیز اقداماتی چون توسعه کمربندهای سبز مقاوم به خشکی، بهینه‌سازی مدیریت آب و خاک و احیای عرصه‌های تخریب‌شده با گونه‌های بومی، باید با مشارکت فعال جوامع محلی انجام شود. آموزش، توانمندسازی و ایجاد انگیزه‌های اقتصادی برای مردم، نقش کلیدی در موفقیت این برنامه‌ها دارد.

افزون بر این، بهره‌گیری از فناوری‌های نوین مانند سنجش از دور و GIS برای پایش مستمر وضعیت جنگل‌ها و شناسایی گونه‌های مقاوم به خشکی و ریزگرد، می‌تواند پشتوانه علمی لازم برای تصمیم‌گیری‌های مدیریتی فراهم سازد. همچنین، استفاده از روش‌های نوین چون گلوله بذر در برنامه‌های احیا، ابزاری مؤثر و کم‌هزینه برای بازسازی پوشش گیاهی زاگرس است.

## فهرست منابع

- جوانمیری پور، م.، ولی پور، ج. و حسن‌زاده، ع. ۱۴۰۰. بررسی عوامل ساختاری و انگیزه‌های موثر در ایجاد آتش‌سوزی‌های جنگل‌ها و مراتع در بوم‌سازگان نیمه خشک زاگرس. خشک بوم، ۱۱ (۲): ۱۵-۲۷.
- رسولی، د. ۱۴۰۳. تکنیک سیدبال (Seedball) روشی برای احیای جنگل‌های زاگرس. مرکز مطالعات کردستان- تیشک.
- زینالی، ب. ۱۳۹۵. بررسی روند تغییرات فراوانی روزهای همراه با توفان‌های گرد و غباری نیمه غربی ایران. مخاطرات محیط طبیعی، ۵ (۷): ۸۵-۱۰۰.
- ضیائی‌ان، پ.، اخگری، م. و علی‌زاده، ف. ۱۴۰۱. پایش تغییرات سطح تالاب هورالعظیم با استفاده از سنجنش از دور و تأثیر آن بر کانون‌های گردوغبار. آب و خاک، ۳۶ (۲): ۳۲۵-۳۴۰.
- قربانی، ه.، نجفی، ا. و رضوی، س.م. ۱۳۹۷. حقایق زیست‌محیطی؛ راهکاری برای احیای تالاب‌ها و کاهش پدیده ریزگردها. محیط زیست طبیعی، ۷۱ (۴): ۸۹۹-۹۱۵.
- مرادی، ا.، طاهری آبکنار، ک.، شعبانین، ن. و افشار محمدیان، م. ۱۴۰۰. توان گونه‌های جنگلی بلوط (*Quercus spp.*) و پسته وحشی (*Pistacia atlantica Desf.*) در جذب ذرات ریزگرد. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۹ (۳): ۲۷۳-۲۸۴.
- Al-Handal, A.R. and Hu, C. 2020. Water management for landscape rehabilitation and dust suppression in the Mesopotamian Marshlands. *Journal of Water Resource and Protection*, 12(05): 450-465.
- AlNasser, F., Chehbouni, A. and Entekhabi, D. 2025. Influences of soil moisture and vegetation cover on dust emission using satellite observations. *Aeolian Research*, 72, 100961.
- Liu, L., Guan, D. and Peart, M.R. 2012. The morphological structure of leaves and the dust-retaining capability of afforested plants in urban Guangzhou, South China. *Environmental Science and Pollution Research*, 19: 3440-3449.
- Middleton, N. and Kang, U. 2017. Dust Storm Source Identification Using Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) and Geological Data. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 122(11): 5875-5892.
- Popek, R., Gawrońska, H., Wrochna, M., Gawroński, S.W. and Saebø, A. 2013. Particulate matter on foliage of 13 woody species: deposition on surfaces and phytostabilisation in waxes - a 3-year study. *International Journal of Phytoremediation*, 15(3): 245-256.
- Younis, U., Bokhari, T.Z., Malik, S.A., Ahmad, S. and Raja, R. 2013. Variations in leaf dust accumulation, foliage and pigment attributes in fruiting plant species exposed to particulate pollution from Multan. *International Journal of Agricultural Science and Research*, 3(3): 1-12.