

فصلنامه علمی پژوهشی در ایمنی، سلامت و محیط زیست

ردپای جنگ بر محیط زیست: مروری جامع بر پیامدهای محیط زیستی و راهکارهای کاهش تخریب های ناشی از منازعات مسلحانه

مهجبین ردائی^{*۱}

۱- نویسنده مسئول: استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران

چکیده	مشخصات مقاله
منازعات مسلحانه از اصلی ترین عوامل تهدیدکننده پایداری اکوسیستم ها و تخریب محیط زیست در سطح جهان محسوب می شوند. پیامدهای این درگیری ها فراتر از بازه زمانی جنگ، در قالب آلودگی پایدار خاک، آب و هوا، نابودی زیستگاه ها و اختلال در خدمات اکوسیستمی، دهه ها تداوم می یابند. با وجود اهمیت روزافزون این موضوع، مطالعات جامع و یکپارچه که ابعاد مختلف این پیامدها را بررسی کنند، همچنان محدود است. پژوهش حاضر با هدف تبیین پیامدهای محیط زیستی جنگ و ارائه راهکارهای کاهش بوم گشی، با رویکردی مروری و با بهره گیری از روش مطالعات کتابخانه ای، به تحلیل مقالات، گزارش های علمی و اسناد معتبر در بازه زمانی ۲۵ سال گذشته پرداخته است. یافته ها نشان می دهند که فعالیت های نظامی علاوه بر تخریب مستقیم اکوسیستم ها، موجب کاهش ظرفیت جذب کربن، تخریب زیرساخت های حیاتی و کاهش تاب آوری اکولوژیک می شوند. همچنین، روند روبه رشد شناسایی بوم گشی به عنوان یک جرم بین المللی، نشان دهنده تحولی در حقوق محیط زیست و افزایش فشار بر مسئولیت پذیری جهانی است. نتایج پژوهش بر ضرورت ادغام ملاحظات محیط زیستی در برنامه ریزی های نظامی، توسعه چارچوب های حقوقی الزام آور، تقویت ارزیابی های اثرات محیط زیستی و گسترش همکاری های بین المللی جهت مدیریت بحران های زیستی و دستیابی به توسعه پایدار تأکید می کند.	تاریخچه مقاله: نوع مقاله: پژوهشی دریافت: ۱۴۰۵/۰۴/۲۸ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۶/۱۲ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۷/۱۷ انتشار آنلاین: ۱۴۰۵/۰۷/۲۱ نویسنده مسئول: m.radaei@maragheh.ac.ir
	کلید واژه ها: جنگ، محیط زیست، بوم گشی، منازعات مسلحانه، توسعه پایدار



© نویسندگان

ناشر: دانشگاه جامع امام حسین (ع)
این مقاله تحت لایسنس آفرینندگی مردمی (Creative Commons License- CC BY) در دسترس شما قرار گرفته است.

۱- مقدمه

جنگ‌ها از دوران باستان تا عصر مدرن ثبت شده‌اند و تمامی آن‌ها آثار زیان‌باری بر طبیعت بر جای گذاشته‌اند؛ از جمله جنگل‌زدایی، از دست رفتن تنوع زیستی، فرسایش خاک و آلودگی آب و هوا. برخی از درگیری‌هایی که به‌طور ویژه مورد توجه قرار گرفته‌اند عبارت‌اند از جنگ ویتنام^۱، جنگ خلیج فارس، و جنگ‌های معاصر در اوکراین^۲ و ایران که در چارچوب امروزی به‌عنوان نمونه‌هایی از بوم‌کشی^۳ در نظر گرفته می‌شوند. جنگ‌ها و منازعات مسلحانه می‌توانند آثار منفی قابل توجهی بر سامانه‌های بوم‌شناختی کشورها بر جای بگذارند. از یک سو، این درگیری‌ها پیامدهای مستقیم بر محیط‌زیست دارند؛ از جمله هدف قرار دادن صنایع حساس از نظر محیط‌زیستی (مانند پالایشگاه‌ها و نیروگاه‌های هسته‌ای) و زیرساخت‌های آب و انرژی [۱]، همچنین آلودگی ناشی از به‌کارگیری سلاح‌ها و بقایای به‌جامانده از منازعات مسلحانه. استفاده از عامل نارنجی^۴ در جنگ ویتنام، نمونه‌ای از هدف‌گیری عمدی و مستقیم محیط‌زیست در جریان عملیات نظامی است که آثار بلندمدتی بر اکوسیستم‌ها و همچنین سلامت عمومی بر جای گذاشته است [۲-۴]. در بسیاری از درگیری‌های مسلحانه، آزاد شدن فلزات سنگین در خاک و منابع آبی با پیامدهای شدید بهداشتی، از جمله بروز سرطان و افزایش مقاومت ضد میکروبی، ارتباط داشته است [۵ و ۶]. در جریان مداخله ناتو در جنگ کوزوو^۵ در سال ۱۹۹۹، آلودگی ناشی از سامانه‌های پیشرفته تسلیحاتی، به‌ویژه اورانیوم ضعیف‌شده، آثار قابل توجهی بر جمعیت محلی بر جای گذاشت [۷]. در سال‌های اخیر نیز حملات روسیه به زیرساخت‌های انرژی اوکراین، از جمله در مورد سد کاخوفکا^۶ و نیروگاه هسته‌ای زاپوریژیا^۷، نمونه‌ای از پیامدها و مخاطرات شدید محیط‌زیستی جنگ را نشان می‌دهد [۸ و ۹]. برای مثال، پس از انفجار سد کاخوفکا، میزان آلودگی مس، آرسنیک و ترکیبات نفتی در منابع آبی و

خاک‌های اطراف به‌طور چشمگیری افزایش یافت [۹]. از سوی دیگر، جنگ‌ها و منازعات مسلحانه آثار غیرمستقیم و کمتر آشکاری نیز بر زمین، منابع آب و منابع طبیعی دارند. درگیری‌های مسلحانه می‌توانند موجب تغییر رفتار افراد و جوامع شوند؛ تغییراتی که به نوبه خود الگوهای کاربری اراضی [۱۰] و بهره‌برداری از منابع دریایی [۱۱] را تحت تأثیر قرار می‌دهند. این وضعیت، برای نمونه، زمانی رخ می‌دهد که به دلیل سطح بالای عدم قطعیت و ناامنی معیشتی، افراد افق زمانی کوتاه‌مدت‌تری را برای تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی اتخاذ می‌کنند. همچنین، در کشورهایی که با درگیری‌های مسلحانه مستمر مواجه هستند، دولت‌ها اغلب از منابع مالی، انسانی و نیز کنترل سرزمینی کافی برای اجرای سیاست‌های محیط‌زیستی برخوردار نیستند [۱۲]. چندین مطالعه با استفاده از فناوری سنجش از دور، تغییرات قابل توجه در کاربری اراضی ناشی از جنگ را در مناطق مختلف، از جمله قفقاز^۸ [۱۳]، سوریه^۹ [۱۴] و عراق^{۱۰} [۱۵ و ۱۶] نشان داده‌اند. جابه‌جایی جمعیت و کاهش ظرفیت حکمرانی نیز می‌تواند پیامدهای محیط‌زیستی را فراتر از مناطق درگیری گسترش دهد [۱۷]. در نهایت، منازعات مسلحانه — چه در قالب نبردهای فعال و چه از طریق پرورش و آموزش نیروهای نظامی — در افزایش انتشار کربن نیز نقش دارند. این مسئله به‌ویژه در جنگ‌های گسترده و به‌شدت مکانیزه، مانند جنگ اوکراین و غزه^{۱۱}، اهمیت بیشتری دارد. اگرچه برآورد دقیق میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از فعالیت‌های نظامی، به دلیل نبود داده‌های جامع، بسیار دشوار است، برخی مطالعات سهم این بخش را بین ۱ تا ۵ درصد از کل انتشار جهانی برآورد کرده‌اند؛ با این حال، این انتشارها عموماً از نظام‌های رسمی پایش و گزارش‌دهی انتشار گازهای گلخانه‌ای مستثنا هستند [۱۸]. پژوهش‌های پیشین، آثار مستقیم و غیرمستقیم منازعات مسلحانه بر محیط‌زیست را مستند کرده‌اند [۱۹ و ۲۰]. از جمله پیامدهای آن بر منابع آب [۲۱ و ۲۲]، ذخایر آبزیان و ماهیان [۱۱]، زمین و سلامت خاک [۶، ۱۳، ۱۶، ۲۳ و ۲۴] و نیز تنوع زیستی [۲۵-۲۷]. با

^۸ Caucasus^۹ Syria^{۱۰} Iraq^{۱۱} Gaza^۱ Vietnam^۲ Ukraine^۳ Ecocide^۴ Agent Orange^۵ Kosovo^۶ Kakhovka^۷ Zaporizhzhia

بر تهدیدهای ناشی از بوم‌گشی بین‌المللی، خواستار همکاری‌های بین‌المللی و تدوین معاهداتی درباره بوم‌گشی و جلوگیری از تخریب محیط‌زیستی در کشورهای پس از جنگ شود.

۲- مبانی نظری

۱،۲ بوم‌گشی

بوم‌گشی به اعمال غیرقانونی یا بی‌پروا و عمدی اطلاق می‌شود که با آگاهی از احتمال قابل توجه وقوع آسیب‌های شدید، گسترده یا بلندمدت به محیط زیست در پی آن اعمال، انجام می‌شوند. اصطلاح بوم‌گشی نخستین بار در دوران جنگ ویتنام برای توصیف تخریب محیط‌زیستی ناشی از استفاده از علف‌کش‌ها مطرح شد. از آن زمان، بوم‌گشی به‌عنوان یک جرم بین‌المللی مشابه نسل‌کشی یا جنایات جنگی پیشنهاد شده است. این تعریف که توسط هیئت مستقل کارشناسان برای تعریف حقوقی بوم‌گشی تدوین شده است، بر مسئولیت‌پذیری در قبال اقداماتی تأکید دارد که منجر به آسیب‌های قابل توجه محیط‌زیستی می‌شوند و آن‌ها را از فعالیت‌های اقتصادی قانونی که ممکن است موجب خسارت شوند، اما به آستانه رفتار بی‌مبالات و خطرناک نمی‌رسند، متمایز می‌کند [۳۰ و ۳۱]. تعاریف متعددی از بوم‌گشی وجود دارد که می‌توانند به غنای تحلیل کمک کنند. برای مثال، پژوهش‌های وایسبرگ^۱ بر این نکته تأکید دارند که مفهوم بوم‌گشی از درگیری‌های نظامی، به‌ویژه ویرانی‌های محیط‌زیستی ایجادشده در جریان جنگ ویتنام از طریق استفاده از عوامل شیمیایی، شکل گرفته است. همچنین، هیگینز^۲ بوم‌گشی را به‌عنوان تخریب گسترده یا از بین رفتن اکوسیستم‌ها تعریف کرده است و بر اهمیت این مفهوم فراتر از چارچوب‌های زمان جنگ تأکید دارد [۳۲]. برخی دیگر از مطالعات بوم‌گشی را آسیب‌های گسترده یا تخریب اکوسیستم‌ها با آگاهی از خطرات ناشی از آن‌ها تعریف نموده‌اند [۳۳] که حکایت از وسعت فعالیت‌های مخرب محیط‌زیست و گستره پیامدهای آن دارد [۳۴ و ۳۵]. از این‌رو بوم‌گشی به یک مسئله اساسی در مباحث جهانی محیط‌زیست و توسعه تبدیل شده است. بوم‌گشی

وجود پیشرفت‌های چشمگیر در شناخت آثار محیط‌زیستی جنگ‌ها، همچنان ابهامات مهمی در این زمینه وجود دارد. دانش موجود عمدتاً بر مطالعات موردی متمرکز بر کشورهای منفرد یا انواع خاصی از خسارات محیط‌زیستی استوار است و در نتیجه، الگوها و سازوکارهای کلی این پدیده هنوز به‌طور کافی بررسی نشده‌اند. اگرچه معمولاً چنین فرض می‌شود و این فرض نیز تا حد زیادی بدیهی به نظر می‌رسد که منازعات مسلحانه آثار منفی بر محیط‌زیست دارند، اما به‌طرز شگفت‌آوری هنوز تحلیل‌های جامع و مقایسه‌ای اندکی وجود دارد که بتوانند ابعاد، پویایی‌های چندمقیاسی و روندهای زمانی این آثار را بر عملکرد کلی محیط‌زیستی کشورها ارزیابی کنند. پر کردن این خلأ پژوهشی تنها از منظر علمی اهمیت ندارد، بلکه دارای پیامدهای مهم سیاست‌گذاری نیز هست، به‌ویژه برای طراحی مداخلاتی که بتوانند تخریب بلندمدت محیط‌زیست را در دوره‌های پس از جنگ کاهش دهند. حفاظت از محیط‌زیست، از جمله در زمان منازعات مسلحانه، یکی از پیش‌نیازهای اساسی دستیابی به توسعه پایدار، ارتقای امنیت انسانی و حمایت از فرایندهای صلح‌آمیز است [۲۸]. افزون بر این، تخریب محیط‌زیست خود می‌تواند یکی از عوامل تشدیدکننده خطر بروز منازعات مسلحانه باشد و در نتیجه، چرخه‌های معیوب و خودتقویت‌شونده‌ای از تخریب محیط‌زیست و خشونت را ایجاد کند [۲۹].

این مرور پژوهشی با هدف بررسی تأثیرات محیط‌زیستی جنگ، با تمرکز ویژه بر بوم‌گشی، انجام شده است. این پژوهش با تحلیل مطالعات موردی مربوط به منازعات مسلحانه، در پی درک سازوکارهایی است که از طریق آن‌ها اقدامات نظامی به تخریب گسترده محیط‌زیست منجر می‌شوند. برای ارائه درک روشن از روش‌شناسی پژوهش، از رویکرد جامع مرور ادبیات علمی استفاده شد. این رویکرد شامل تحلیل نظام‌مند مطالعات موجودی است که تأثیرات محیط‌زیستی جنگ‌ها را در طیف گسترده مورد بررسی قرار می‌دهد. در نهایت، این مرور پژوهشی به بررسی اقدامات احیا و بازسازی، از جمله تلاش‌های مبتنی بر جوامع محلی مانند جنگل‌کاری مجدد و بازگرداندن و احیای اکوسیستم‌ها می‌پردازد تا با تأکید

¹ Weisberg

² Higgins

که به اعمال غیرقانونی یا بی‌پروا و عمدی منجر به آسیب قابل توجه به محیط زیست تعریف می‌شود، با هدف مسئول دانستن افراد، شرکت‌ها و دولت‌ها در قبال تخریب‌های محیط‌زیستی مطرح شده است [۳۲ و ۳۳].

۲.۲ جنگ‌ها و منازعات مسلحانه

در طول تاریخ، جنگ‌ها نه تنها جوامع انسانی را نابود کرده‌اند، بلکه تأثیرات منفی عمیقی بر محیط‌زیست نیز برجای گذاشته‌اند. این موضوع به‌ویژه در جنگ‌های مدرن صادق است. جایی که مقیاس تخریب ایجادشده بی‌سابقه است. نمونه بارز آن جنگ ویتنام است که در جریان آن، از مواد شیمیایی برگ‌زدا مانند عامل نارنجی^۱ را در سراسر کشور پاشش کنند تا پوشش گیاهی از بین رفته و مسیرهای دسترسی و ساخت سلاح آشکار شود؛ اقدامی که زمین‌های گسترده‌ای را برای همیشه خشک، بایر و آلوده ساخت [۳۶].

به همین ترتیب، در جریان جنگ خلیج فارس، مقادیر عظیمی از آلاینده‌ها در اثر به آتش کشیده شدن میادین نفتی کویت وارد جو شد که موجب آسیب به اقلیم و محیط‌زیست گردید [۳۷ و ۳۸]. جنگ ۱۲ روزه و جنگ رمضان که ناشی از حملات اسرائیل و آمریکا به ایران بود، علاوه بر پیامدهای انسانی، اقتصادی و زیرساختی، واجد طیفی از آثار مستقیم و غیرمستقیم محیط‌زیستی بود که می‌تواند پیامدهای آن فراتر از دوره زمانی درگیری تداوم یابد. حمله به تأسیسات نفتی، مخازن و انبارهای سوخت، پالایشگاه‌ها، مراکز صنعتی و زیرساخت‌های انرژی، با ایجاد حریق‌های گسترده و انتشار مقادیر قابل توجهی از ذرات معلق، ترکیبات آلی فرار، اکسیدهای گوگرد و نیتروژن، هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای و گازهای گلخانه‌ای، موجب تشدید موقت آلودگی هوا و افزایش بار آلاینده‌های جوی شد. از سوی دیگر، آسیب به شبکه‌های انتقال و تأمین آب، تأسیسات صنعتی و فاضلاب و احتمال نفوذ سوخت، روغن‌ها، فلزات سنگین، ترکیبات شیمیایی و بقایای مواد منفجره به خاک و منابع آب سطحی و زیرزمینی، خطر آلودگی ثانویه و بلندمدت منابع آب و اراضی را افزایش داده است؛ به‌ویژه آنکه نشت آلاینده‌ها در

مناطق شهری و صنعتی می‌تواند از طریق رواناب و انتقال ذرات، دامنه مکانی آلودگی را گسترش دهد. همچنین، تخریب زیستگاه‌ها، آتش‌سوزی پوشش گیاهی، تولید حجم قابل توجهی از نخاله و پسماندهای ساختمانی، صنعتی و نظامی و اختلال در عملکرد زیرساخت‌های مدیریت پسماند، از دیگر فشارهای وارد شده بر تنوع زیستی و ظرفیت خودپالایی اکوسیستم‌ها محسوب می‌شود. در بعد اقلیمی نیز، انتشار ناگهانی دی‌اکسیدکربن و سایر گازهای گلخانه‌ای ناشی از سوختن فرآورده‌های نفتی، تخریب زیرساخت‌های انرژی و عملیات نظامی، اگرچه در مقیاس جهانی در مقایسه با منابع اصلی انتشار کوچک‌تر است، اما از منظر کربن جنگ و افزایش شدت انتشار در دوره بحران قابل توجه است. افزون بر این، حملات به تأسیسات هسته‌ای، به دلیل احتمال انتشار مواد پرتوزا و سایر مواد خطرناک، ضرورت پایش بلندمدت خاک، آب، رسوبات و زنجیره غذایی را برجسته می‌کند؛ هرچند درباره میزان و دامنه آلودگی پرتوی ناشی از این حملات باید از تعمیم یا نتیجه‌گیری قطعی بدون داده‌های پایش میدانی و مستقل اجتناب کرد. در مجموع، جنگ ۱۲ روزه و جنگ رمضان را می‌توان نمونه‌ای از بحران چندلایه محیط‌زیستی ناشی از منازعه مسلحانه دانست که در آن آلودگی هوا، آب و خاک، تخریب زیستگاه‌ها، افزایش پسماندهای خطرناک، انتشار گازهای گلخانه‌ای و تضعیف ظرفیت حکمرانی و پایش محیط زیست به‌صورت هم‌زمان رخ داده و بخشی از آثار آن، به‌ویژه در اکوسیستم‌های حساس و منابع آب و خاک، می‌تواند در میان‌مدت و بلندمدت ادامه یابد.

۱.۲.۲ فناوری‌های نظامی و ردپای محیط‌زیستی آن‌ها

فناوری‌های نظامی، به‌ویژه تسلیحات پیشرفته و پهپادها، نقش قابل توجهی در تخریب محیط زیست در جریان منازعات ایفا می‌کنند. تأثیرات اکولوژیک این فناوری‌ها بسیار عمیق است که دلیل اصلی آن، آلودگی ناشی از استفاده از آن‌ها و زیرساخت‌های مورد نیاز برای پشتیبانی از آن‌ها است. استقرار پهپادها و دیگر سامانه‌های پیشرفته، اغلب مستلزم ایجاد پایگاه‌های نظامی گسترده‌ای است که از طریق حفاری، حذف پوشش گیاهی و تغییرات فیزیکی در زمین، موجب تخریب زیستگاه‌ها و فرسایش

^۱ Agent Orange

کربن را نسبت به هواپیماهای سنتی کاهش دهند، استفاده از آن‌ها در حملات انفجاری می‌تواند آلاینده‌های قابل توجهی تولید کند که سلامت انسان و اکوسیستم‌ها را تهدید می‌کند [۴۶]. همچنین، با تکامل فناوری پهپادها و پیشرفت در زمینه هوش مصنوعی و سامانه‌های خودمختار، نگرانی فزاینده‌ای درباره احتمال افزایش تخریب محیط‌زیستی به دلیل نظارت کمتر بر تصمیمات مربوط به هدف‌گیری وجود دارد. این تغییر، پرسش‌های مهمی درباره پیامدهای بلندمدت اکولوژیک استفاده از پهپادها در سناریوهای مختلف درگیری ایجاد می‌کند. درک این روندهای نوظهور برای توسعه راهبردهای جامع جهت کاهش تأثیرات محیط‌زیستی جنگ پهپادی، در حالی که میان اثربخشی نظامی و حفظ محیط زیست تعادل برقرار شود، ضروری است.

۳.۲.۲ تسلیحات پیشرفته و پیامدهای اکولوژیک

تسلیحات مدرن، از جمله مهمات هدایت‌شونده دقیق و سامانه‌های توپخانه‌ای سنگین، چالش‌های ویژه‌ای را برای سلامت محیط زیست ایجاد می‌کنند. یکی از مسائل مهم، آلودگی ناشی از مهمات نظامی است؛ زیرا انفجار مواد منفجره، آلاینده‌های زیان‌آوری را وارد هوا و خاک می‌کند. فلزات سنگین موجود در مهمات می‌توانند اکوسیستم‌های محلی را آلوده کرده و تأثیرات نامطلوبی بر سلامت خاک و کیفیت آب بر جای بگذارند. برای مثال، سرب موجود در گلوله‌ها می‌تواند برای مدت طولانی در محیط زیست باقی بماند و در گذر زمان موجب کاهش رشد پوشش گیاهی و کاهش غنای گونه‌ای شود. علاوه بر این، عملیات نظامی اغلب شامل استفاده از مواد شیمیایی است که می‌توانند تأثیرات ماندگاری بر محیط‌زیست داشته باشند. سوخت‌ها و روان‌کننده‌های مورد استفاده در وسایل نقلیه نظامی، مستعد نشت به خاک و منابع آبی هستند و در نتیجه موجب آلودگی سمی می‌شوند که هم حیات زمینی و هم حیات آبریان را به خطر می‌اندازد [۴۰].

تأثیرات محیط‌زیستی جنگ بسیار گسترده است و نه تنها چشم‌اندازهای طبیعی بلافاصله، بلکه ثبات بلندمدت اکولوژیک را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. آثار مستقیم شامل نابودی جنگل‌ها، آلودگی منابع آب و تخریب اراضی

خاک می‌شوند و خطر گسترش گونه‌های مهاجم را افزایش می‌دهند [۳۹]. علاوه بر این، استفاده از مهمات نظامی موجب آلودگی مستقیم ناشی از فلزات سنگین و مواد شیمیایی خطرناک می‌شود که می‌توانند مدت‌ها پس از پایان درگیری‌ها نیز در محیط زیست باقی بمانند [۴۰ و ۴۱]. این آلودگی نه تنها بر اکوسیستم‌های محلی تأثیر می‌گذارد، بلکه خطراتی برای سلامت انسان در مناطق غیرنظامی اطراف نیز ایجاد می‌کند [۴۲]. با افزایش وابستگی عملیات نظامی به این فناوری‌ها، درک پیامدهای بلندمدت اکولوژیک آن‌ها برای کاهش آسیب‌های محیط‌زیستی آینده ضروری است [۴۳].

۲.۲.۲ پهپادها و تأثیرات محیط‌زیستی آن‌ها

پهپادها، یا وسایل نقلیه هوایی بدون سرنشین (UAV)، اغلب به دلیل کارایی بالا و ظرفیت بالقوه برای کاهش ردپای کربنی در کاربردهای مختلف، از جمله عملیات نظامی، مورد توجه قرار گرفته‌اند. با این حال، آثار عملیاتی آن‌ها در جریان منازعات، اغلب مزایای محیط‌زیستی بالقوه‌شان را خنثی می‌کند. اگرچه پهپادها می‌توانند نسبت به هواپیماهای سنتی از نظر مصرف انرژی کارآمدتر باشند، اما همچنان مقدار قابل توجهی انرژی مصرف می‌کنند، به‌ویژه زمانی که با منابع تجدیدناپذیر تأمین انرژی می‌شوند. در نتیجه، ردپای محیط‌زیستی عملیات پهپادها تا حد زیادی بر اساس ترکیب منابع انرژی مورد استفاده برای شارژ و بهره‌برداری از آن‌ها متفاوت است [۴۴ و ۴۵]. افزون بر این، استقرار پهپادها در زمینه‌های نظامی می‌تواند موجب اختلال در اکوسیستم‌ها و تخریب زیستگاه‌ها شود. برای نمونه، حملات هوایی با تغییرات قابل توجه در زیستگاه‌ها و ایجاد آلودگی مرتبط دانسته شده‌اند که این عوامل به کاهش تنوع زیستی منجر می‌شوند. این مسئله به‌ویژه در مناطقی شدیدتر است که پهپادها برای عملیات نظارتی یا رزمی به کار گرفته می‌شوند، زیرا فعالیت‌های آن‌ها می‌تواند اکوسیستم‌های حساس را مختل کرده و بر جمعیت‌های حیات وحش محلی تأثیر منفی بگذارد [۴۰]. افزایش وابستگی به پهپادها در عملیات نظامی مدرن، چالش‌های محیط‌زیستی منحصر به فردی ایجاد کرده است. برای مثال، اگرچه پهپادها در برخی شرایط می‌توانند میزان انتشار

Crimes, Environmental Warfare, Ecosystem Destruction, Environmental Security.

مطالعات بر اساس معیارهای از پیش تعیین شده انتخاب شدند. معیارهای ورود شامل موارد زیر بود:

۱. انتشار در مجلات علمی دارای نظام داوری همتا
۲. انتشار کتاب‌های علمی معتبر، گزارش‌های رسمی سازمان‌های بین‌المللی و اسناد حقوقی قابل استناد.
۳. تمرکز مستقیم بر پیامدهای محیط زیستی جنگ، بوم‌کشی، تخریب اکوسیستم‌ها در منازعات مسلحانه یا مسئولیت و پاسخگویی حقوقی ناشی از این آسیب‌ها.
۴. انتشار در بازه زمانی سال‌های ۲۰۰۰ تا زمان انجام پژوهش، به‌منظور بهره‌گیری از جدیدترین یافته‌های علمی.
۵. استفاده از آثار کلاسیک و بنیادین منتشر شده پیش از سال ۲۰۰۰ تنها در مواردی که نقش تعیین‌کننده‌ای در شکل‌گیری مفهوم بوم‌کشی یا توسعه ادبیات حقوق بین‌الملل محیط زیست داشته باشند.
۶. انتشار به زبان انگلیسی به‌منظور حفظ یکنواختی، قابلیت مقایسه و دسترسی به معتبرترین منابع بین‌المللی.

در مرحله نخست، تمامی منابع بازیابی شده از پایگاه‌های اطلاعاتی وارد نرم‌افزار مدیریت منابع شدند و موارد تکراری حذف گردید. سپس عنوان و چکیده مطالعات بررسی شد و منابعی که با اهداف پژوهش همخوانی نداشتند کنار گذاشته شدند. در مجموع ۱۸۸ سند استخراج شد. در مرحله بعد، متن کامل مقالات واجد شرایط مطالعه شد و انطباق آن‌ها با معیارهای ورود و خروج ارزیابی گردید. در نهایت، منابعی که بیشترین ارتباط مفهومی با اهداف پژوهش داشتند، وارد مرحله تحلیل شدند. از هر مطالعه منتخب اطلاعاتی شامل نویسنده، سال انتشار، محل انتشار، نوع مطالعه، حوزه جغرافیایی، نوع منازعه، نوع آسیب محیط زیستی، ابعاد بوم‌کشی مهم‌ترین یافته‌ها و پیشنهادها ارائه شده استخراج شد. سپس داده‌های استخراج شده با استفاده از روش تحلیل محتوای کیفی مورد تجزیه و تحلیل قرار

قابل کشت است [۴۷]. پیامدهای غیرمستقیم، مانند کاهش تنوع زیستی و اختلال در اکوسیستم‌ها به دلیل جابه‌جایی جمعیت‌ها و بهره‌برداری از منابع، نیز به همان اندازه شدید هستند. با این حال، پیامدهای محیط زیستی جنگ اغلب تحت‌الشعاع هزینه‌های فوری انسانی قرار می‌گیرند و همین امر سبب شده است که ویرانی‌های اکولوژیک در تلاش‌های بازسازی پس از جنگ و چارچوب‌های حقوقی، به اندازه کافی مورد توجه قرار نگیرند [۴۸]. پژوهش‌های کنونی عمدتاً بر آثار انسانی و اقتصادی جنگ تمرکز دارند و توجه کمتری به هزینه‌های محیط زیستی آن معطوف شده است. اگرچه مطالعات موردی منفرد، نمونه‌های مشخصی از آسیب‌های محیط زیستی را برجسته کرده‌اند، اما کمبود مطالعات جامع که الگوهای گسترده‌تر تخریب محیط زیست ناشی از جنگ را بررسی کنند، همچنان وجود دارد [۴۹].

۳- روش پژوهش

این پژوهش از نوع مطالعه مروری نظام‌مند^۱ با رویکرد توصیفی - تحلیلی است که با هدف شناسایی، ارزیابی و ترکیب شواهد علمی موجود درباره پیامدهای محیط زیستی جنگ، با تأکید بر مفهوم بوم‌کشی و پیامدهای محیط زیستی جنگ و منازعات مسلحانه مرتبط با آن انجام شده است. فرایند انجام پژوهش بر اساس اصول شناخته شده مطالعات مروری، شامل تدوین سؤال پژوهش، طراحی راهبرد جستجو، انتخاب منابع، غربالگری، استخراج داده‌ها، ارزیابی کیفیت منابع و تحلیل نهایی یافته‌ها صورت گرفت تا از جامعیت، شفافیت و قابلیت بازتولید نتایج اطمینان حاصل شود. به‌منظور دستیابی به جامع‌ترین شواهد علمی، جستجوی نظام‌مند منابع در پایگاه‌های اطلاعاتی معتبر بین‌المللی شامل:

Scopus, Web of Science, ScienceDirect, Springer, Wiley Online Library, Taylor & Francis Online, JSTOR, Google Scholar

انجام شد.

جستجو با استفاده از ترکیبی از کلیدواژه‌ها انجام شد. مهم‌ترین کلیدواژه‌های مورد استفاده عبارت بودند از:

Ecocide, Environmental Damage, Environmental Destruction, War, Conflict, Environmental Protection, Environmental

¹ Systematic Literature Review

پیامدهای بلندمدت، مانند تغییر الگوهای کاربری زمین پس از پایان منازعه که می‌تواند به تخریب بیشتر زیستگاه‌ها منجر شود، نادیده گرفته شده‌اند [۷]. پرداختن به این خلأها، درک ما را از چگونگی تشدید تهدیدهای موجود علیه تنوع زیستی توسط درگیری‌های مسلحانه و پیچیده‌تر شدن تلاش‌های حفاظتی افزایش خواهد داد.

۲.۱.۴ انقراض گونه‌ها

جنگ با ایجاد اختلال مستقیم در اکوسیستم‌ها و تخریب زیستگاه‌ها، روند انقراض گونه‌ها را تسریع می‌کند و موجب کاهش سریع جمعیت‌ها و در برخی موارد ناپدید شدن کامل گونه‌ها می‌شود. بسیاری از مناطق درگیر منازعه، نقاط مهم تنوع زیستی هستند که سرشار از گونه‌ها و زیستگاه‌های منحصربه‌فرد هستند، اما در عین حال به دلیل فعالیت‌های انسانی تحت فشار شدید محیط‌زیستی قرار دارند. جنگ این فشار را از طریق فعالیت‌هایی مانند جنگل‌زدایی، آلودگی و ورود ناخواسته گونه‌های مهاجم افزایش می‌دهد؛ عواملی که می‌توانند اکوسیستم‌ها را مختل کرده و شرایط لازم برای انقراض گونه‌ها را فراهم کنند. برای نمونه، در جریان جنگ ویتنام، استفاده گسترده از علف‌کش‌هایی مانند عامل نارنجی، موجب نابودی پوشش گیاهی در مناطق وسیعی از جنگل‌ها شد و آسیب‌های گسترده اکولوژیکی ایجاد کرد که گونه‌های متعددی، از جمله فیل آسیایی و ببر هندوچینی در معرض خطر انقراض، را تحت تأثیر قرار داد [۵۲]. این گونه‌ها که برای بقا به زیستگاه‌های جنگلی متراکم نیاز دارند، با نابودی یا مسموم شدن محیط زندگی خود تا مرز نابودی پیش رفتند. نابودی گونه‌های کلیدی، پیامدهای زنجیره‌ای بیشتری در سراسر اکوسیستم‌ها ایجاد می‌کند، زیرا این گونه‌ها اغلب نقش‌های حیاتی در حفظ تعادل اکولوژیکی دارند. هنگامی که گونه‌های کلیدی از بین می‌روند، می‌تواند موجب بی‌ثباتی جوامع زیستی، انقراض‌های بیشتر و کاهش قابل توجه تنوع زیستی شود [۵۳]. بر اساس پژوهش اولسون و مورتون^۱ (۲۰۱۹) استفاده از علف‌کش‌هایی مانند عامل نارنجی بیش از ۳ میلیون هکتار از مناطق جنگلی را نابود کرد که این امر نه تنها تنوع زیستی محلی را مختل کرد، بلکه به

گرفتند. در این مرحله، یافته‌ها بر اساس مضامین اصلی شامل انواع تخریب‌های محیط‌زیستی ناشی از جنگ، آثار اکولوژیک کوتاه‌مدت و بلندمدت، پیامدهای انسانی ناشی از تخریب محیط زیست و پیشنهاد‌های کاهش پیامدهای محیط‌زیستی طبقه‌بندی شدند. در نهایت، نتایج مطالعات مختلف با یکدیگر مقایسه و تلفیق شد تا تصویری جامع از وضعیت دانش موجود و شکاف‌های پژوهشی این حوزه ارائه شود.

۴- یافته‌های پژوهش

در این قسمت، نتایج مستخرج از مرور بر مطالعات انجام شده، با تمرکز اصلی بر تحلیل تجربی چگونگی تداخل فعالیت‌های جنگی با فرآیندهای اکولوژیک و پیامدهای بلندمدت آن بر پایداری محیط‌زیست، ارائه می‌شود.

۱.۴ تأثیر جنگ بر محیط زیست

۱.۱.۴ تخریب تنوع زیستی

تأثیرات محیط‌زیستی جنگ بسیار گسترده و عمیق است و از دست رفتن تنوع زیستی یکی از شدیدترین پیامدهای آن به شمار می‌رود. این کاهش تنوع زیستی شامل انقراض گونه‌ها، تخریب زیستگاه‌ها، آلودگی و ورود گونه‌های مهاجم است که همگی موجب ایجاد اختلالات پیچیده در اکوسیستم‌ها می‌شوند. تنوع زیستی برای تاب‌آوری اکوسیستم‌ها بنیادی است و از فرآیندهای اکولوژیکی متعددی پشتیبانی می‌کند که هم برای انسان‌ها و هم برای حیات وحش سودمند هستند. بنابراین، کاهش تنوع زیستی ناشی از جنگ، پیامدهای گسترده و ماندگاری برای ثبات محیط‌زیستی و رفاه انسان‌ها به همراه دارد [۵۰]. ضروری است که نه تنها تأثیرات مستقیم جنگ بر تنوع زیستی، بلکه آثار غیرمستقیم ناشی از تغییرات اجتماعی - اقتصادی، مانند افزایش شکار غیرقانونی و استخراج غیرمجاز منابع در دوران منازعه، نیز مورد بررسی قرار گیرد [۵۱]. علاوه بر این، درک چگونگی تأثیر پویایی‌های ژئوپلیتیکی بر تلاش‌های حفاظتی در مناطق درگیر جنگ می‌تواند دیدگاه دقیق‌تر و جامع‌تری درباره چالش‌های پیش روی تنوع زیستی در این مناطق ارائه دهد. همچنین، اگرچه برخی مطالعات بر آثار فوری و زیان‌بار جنگ بر تنوع زیستی تأکید کرده‌اند، اما اغلب

¹ Olson & Morton

تکه تکه شدن زیستگاه هایی از این دست، خطرات قابل توجهی برای تنوع زیستی ایجاد می کند، زیرا گونه هایی که به اکوسیستم های سالم و یکپارچه وابسته هستند، اغلب قادر به سازگاری با شرایط تخریب شده نیستند و در نتیجه با انقراض های محلی مواجه می شوند.

مناطق گرمسیری، به ویژه جنگل های بارانی، در برابر جنگل زدایی ناشی از منازعات بسیار آسیب پذیر هستند. برای مثال، در کلمبیا، درگیری های طولانی مدت موجب جنگل زدایی گسترده در مناطق دارای تنوع زیستی بالا، به خصوص در جنگل های آمازون، شده است. این از دست رفتن زیستگاه، گونه های بی شماری را که بسیاری از آنها بومی و در معرض خطر انقراض هستند، تهدید کرده است [۵۷ و ۵۸]. نابودی جنگل های گرمسیری نه تنها تنوع زیستی را تهدید می کند، بلکه با افزایش فرسایش خاک، اختلال در چرخه های آب و افزایش آسیب پذیری در برابر تغییرات اقلیمی، بر ثبات جهانی محیط زیست نیز تأثیر می گذارد. این مناطق به عنوان مخازن مهم کربن عمل می کنند و تخریب آن ها، آثار تغییرات اقلیمی را تشدید کرده و بر اکوسیستم های سراسر جهان اثر می گذارد.

۴.۱.۴ ورود گونه های مهاجم

جابه جایی نیروها و تجهیزات نظامی در طول جنگ، اغلب منجر به ورود گونه های مهاجم و غیربومی به محیط های جدید می شود که با رقابت برای منابع و نبود شکارچی طبیعی، باعث کاهش تنوع زیستی و تغییر ساختار اکوسیستم ها می گردند [۵۹]. این گونه ها می توانند با تغییر در ترکیب خاک و دسترسی به آب، بقای گونه های بومی را به شدت دشوار کنند. علاوه بر این، جنگ با تضعیف مقررات و برنامه های حفاظتی، راه را برای فعالیت های تخریبی نظیر قطع غیرقانونی درختان، استخراج معدن و شکار بی رویه هموار می کند [۶۰]. جابه جایی جمعیت های آواره نیز با فشار مضاعف بر منابع طبیعی و گسترش کشاورزی ناپایدار، موجب فرسایش خاک و از بین رفتن پوشش گیاهی می گردد. در مجموع، پیامدهای تجمعی این اقدامات شامل انقراض گونه ها، تخریب زیستگاه ها و اختلال در کارکرد اکوسیستم هاست که بازیابی آن ها را پس از درگیری بسیار دشوار می سازد.

فرسایش خاک و از بین رفتن زیستگاه بسیاری از گونه ها نیز انجامید. این کاهش زیستگاهی پیامدهای بلندمدتی برای ذخیره سازی کربن و تنظیم اقلیم در منطقه به همراه دارد [۵۴]. شکار و شکار غیرقانونی حیات وحش که در اثر جنگ ایجاد می شود نیز خطر انقراض گونه ای را افزایش می دهد. برای مثال، در جریان درگیری های داخلی در آفریقا، شکار غیرقانونی افزایش چشمگیری یافت، زیرا نیروهای درگیر و غیرنظامیان برای تأمین غذا و کسب درآمد مالی به حیات وحش روی آوردند. این امر موجب کاهش نگران کننده جمعیت گونه های در معرض تهدید، از جمله فیل ها و گوریل ها، شد [۵۵]. چنین کاهش هایی تنها به معنای از دست رفتن گونه های منفرد نیست، بلکه می تواند نشانه آغاز فروپاشی شبکه های گسترده تر اکولوژیک باشد؛ زیرا حذف این گونه ها روابط شکارچی - شکار را مختل کرده و از طریق تغییر در میزان گیاه خواری، بر پوشش گیاهی نیز تأثیر می گذارد.

۳.۱.۴ تخریب زیستگاه ها

تخریب زیستگاه ها یکی از مستقیم ترین و آشکارترین تأثیرات جنگ بر تنوع زیستی است. عملیات نظامی اغلب نیازمند پاک سازی زمین برای ایجاد پایگاه ها، مناطق آموزشی و مسیرهای لجستیکی است. در این فرآیند، مناطق وسیعی از زیستگاه های طبیعی آسیب دیده یا نابود می شوند. جنگل ها، تالاب ها و دیگر اکوسیستم های حساس پاک سازی یا تخریب می شوند که این امر فضای قابل زیست برای حیات وحش را کاهش داده و فرآیندهای اکولوژیکی را مختل می کند. تخریب زیستگاه در چنین مقیاسی، به ویژه در مناطق شکننده از نظر اکولوژیک، اغلب غیرقابل بازگشت است.

جنگ خلیج فارس نمونه ای از پیامدهای فاجعه بار محیط زیستی چنین تخریب هایی است؛ زیرا نشت عمده نفت و سوزاندن چاه های نفتی موجب آسیب شدید به اکوسیستم های ساحلی، دریایی و مناطق اطراف آن شد. تخریب این زیستگاه ها آثار بلندمدتی بر گونه های دریایی و ساحلی برجای گذاشت، زیرا آلودگی نفتی در رسوبات باقی ماند و برای سال ها پس از آن همچنان بر کیفیت آب و منابع غذایی تأثیر گذاشت [۵۶]. از دست رفتن و

این واقعیت، ضرورت ادغام حفاظت‌های محیط‌زیستی در مدیریت منازعات و به رسمیت شناختن بوم‌گشی به عنوان یک جرم در حقوق بین‌الملل را برجسته می‌کند.

۵,۱,۴ انتشار آلودگی‌های محیط‌زیستی

آلودگی ناشی از فعالیت‌های نظامی، یکی از عوامل مهم کاهش تنوع زیستی است، به‌ویژه از طریق آلوده‌سازی خاک، آب و هوا. استفاده از سلاح‌های شیمیایی، مواد منفجره و ماشین‌آلات سنگین، مجموعه‌ای از آلاینده‌ها را وارد محیط زیست می‌کند که در آن تجمع یافته و سلامت گونه‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهند. این آلاینده‌ها شامل فلزات سنگین، نفت و دیگر مواد سمی شیمیایی هستند که در بافت موجودات زنده انباشته شده و در زنجیره غذایی منتقل می‌شوند؛ فرآیندی که به آن تجمع زیستی^۱ گفته می‌شود. این آلودگی موجب کاهش موفقیت تولیدمثل، افزایش نرخ مرگ‌ومیر و ایجاد مشکلات رشدی در حیات وحش می‌شود و در نهایت کاهش تنوع زیستی را تشدید می‌کند [۶۱]. آلودگی آب ناشی از فعالیت‌های نظامی نیز می‌تواند اکوسیستم‌های آبی را به شدت نابود کند. برای مثال، در عراق، تالاب‌هایی که زمانی در منطقه بین‌النهرین رونق داشتند، در جریان جنگ خلیج فارس و پس از آن، به دلیل آلودگی تخریب شدند. نشت نفت، آلاینده‌های شیمیایی و شور شدن آب، چرخه هیدرولوژیکی منطقه را مختل کرده و زیستگاه ماهی‌ها، پرندگان و دیگر گونه‌های وابسته به این سامانه‌های آبی را نابود کرد [۶۲]. پیامدهای چنین آلودگی‌هایی اغلب بلندمدت هستند، زیرا آلاینده‌ها می‌توانند برای دهه‌ها در آب و رسوبات باقی بمانند، نسل‌های مختلف گونه‌ها را تحت تأثیر قرار دهند و تلاش‌های مربوط به احیا را پیچیده‌تر کنند. مهمات منفجرنشده و مین‌های زمینی نیز تهدیدهای آلودگی دیگری ایجاد می‌کنند، زیرا مناطق وسیعی را برای انسان‌ها و حیات وحش غیرقابل سکونت می‌سازند و مانع از بازسازی اکولوژیکی می‌شوند. این بقایای جنگ، مدت‌ها پس از پایان درگیری‌ها همچنان خطر آفرین هستند. در منطقه بالکان، مین‌های زمینی باقی‌مانده از درگیری‌های گذشته همچنان تهدیدهای قابل توجهی برای تنوع زیستی و عملکرد اکوسیستم‌ها ایجاد

می‌کنند و حرکت حیات وحش و بازسازی زیستگاه‌ها را مختل می‌سازند [۶۳]. این نوع آلودگی، مناطقی موسوم به مناطق ممنوعه ایجاد می‌کند که در آن‌ها نه انسان‌ها و نه حیوانات قادر به زندگی ایمن نیستند؛ موضوعی که موجب تکه‌تکه شدن زیستگاه‌ها و تهدید بیشتر بقای گونه‌ها می‌شود. گزارش آبارا^۲ و همکاران (۲۰۲۱) نشان داد که در سوریه، عملیات نظامی به دلیل آلودگی ناشی از مهمات و نشت مواد شیمیایی، موجب کاهش ۳۰ درصدی کیفیت آب شده است و مشکلات موجود کمبود آب را تشدید کرده است. این مطالعه نشان داد مناطقی که درگیر منازعات مستمر هستند، سطوح بالاتری از آلاینده‌هایی مانند فلزات سنگین و نیترات‌ها را تجربه می‌کنند که خطرات جدی برای سلامت جوامع محلی ایجاد می‌کنند [۶۴].

۶,۱,۴ کاهش کیفیت آب

آلودگی آب یکی از فوری‌ترین و ماندگارترین پیامدهای محیط‌زیستی جنگ است که آثار شدیدی بر اکوسیستم‌های آبی، سلامت انسان و تنوع زیستی دارد. عملیات نظامی با استفاده گسترده از مواد خطرناک، مواد شیمیایی و فلزات سنگین است که منابع آبی را آلوده کرده و بر اکوسیستم‌های کامل و جوامعی که به این منابع وابسته هستند، تأثیر می‌گذارد. منابع آلودگی آب در جریان جنگ عبارتند از:

۱,۶,۱,۴ سلاح‌های شیمیایی و مواد منفجره

سلاح‌های شیمیایی شامل عوامل عصبی، گاز خردل و ارگانوفسفره‌ها، به دلیل سمیت بالا و پایداری در برابر تجزیه، تهدیدی جدی برای اکوسیستم‌ها و سلامت انسان هستند [۶۵]. این آلاینده‌ها با نفوذ به منابع آبی، تنوع زیستی و ایمنی عمومی را به شدت تهدید می‌کنند [۶۶]. ترکیبات پایدار این مواد می‌توانند رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و آب‌های زیرزمینی را برای دوره‌های طولانی آلوده نگه داشته و به گیاهان، جانوران و انسان‌ها آسیب برسانند [۶۷] و [۶۸]. نشت یا انتشار عمدی عواملی چون سارین [۶۹] [گاز خردل [۷۰] و وی‌ایکس^۳ [۶۹] باعث می‌شود بقایای سمی با بارندگی و حرکت آب‌های زیرزمینی به منابع آبی

^۲ Abbara

^۳ VX

^۱ Bioaccumulation

روبه‌رو ساخته است [۷۸]. مطالعه زوبکوا^۱ بر سوریه نشان می‌دهد که ترکیب اقلیم خشک و درگیری‌های مسلحانه، خطر آتش‌سوزی را به‌شدت افزایش داده است [۷۹]؛ به‌گونه‌ای که در سال ۲۰۱۹، حدود ۴٫۸ درصد از خاک سوریه تحت تأثیر آتش‌سوزی قرار گرفت. در نهایت، تغییر در الگوهای آتش‌سوزی نتیجه تعاملی پیچیده میان عوامل طبیعی و مداخلات انسانی ناشی از جنگ، مدیریت زمین و شرایط اجتماعی-اقتصادی است [۶۳ و ۸۰].

۳٫۶٫۱٫۴ تخریب زیرساخت‌ها

تخریب تصفیه‌خانه‌های آب، خطوط انتقال آب و تأسیسات صنعتی در جریان جنگ می‌تواند به آلودگی گسترده منابع آب محلی منجر شود. برای مثال، در عراق، هدف قرار گرفتن زیرساخت‌ها موجب شد فاضلاب تصفیه‌نشده و پسماندهای صنعتی مستقیماً وارد رودخانه‌هایی مانند دجله و فرات شوند. این مواد تصفیه‌نشده، عوامل بیماری‌زا و مواد شیمیایی را وارد آب کرده و هم اکوسیستم و هم سلامت انسان را به خطر انداخته‌اند. در بسیاری از مناطق درگیر جنگ، تخریب زیرساخت‌ها موجب آلودگی بلندمدت و ناتوانی جوامع محلی در دسترسی به منابع می‌شود [۸۱].

۴٫۶٫۱٫۴ آلودگی پرتوزا و هسته‌ای

استفاده یا آزمایش سلاح‌های هسته‌ای، همچنین هدف قرار دادن تأسیسات هسته‌ای، تأثیرات شدید و ماندگاری بر کیفیت آب دارد. در دوران جنگ سرد، آزمایش‌های هسته‌ای موجب ورود ایزوتوپ‌های پرتوزا به محیط زیست شد و منابع آبی نزدیک به محل‌های آزمایش را آلوده کرد و بر حیات دریایی و آب شیرین تأثیر گذاشت. در اوکراین، فاجعه هسته‌ای چرنوبیل در سال ۱۹۸۶، در دوره‌ای از تنش‌های ژئوپلیتیکی، موجب انتشار مواد پرتوزا در رودخانه‌های اطراف شد و آلودگی‌ای ایجاد کرد که دهه‌ها بعد همچنان ادامه دارد [۸۲]. این آلاینده‌ها خطرات جدی برای سلامت ایجاد می‌کنند، زیرا در بدن ماهی‌ها و دیگر گونه‌های آبی تجمع یافته و سپس می‌توانند وارد زنجیره غذایی انسان شوند.

مجاور نفوذ کنند [۷۱]. این عوامل حتی پس از انتشار، ویژگی‌های زیان‌بار خود را حفظ کرده و آب را برای مصرف انسان و حیوان خطرناک می‌کنند [۶۶]. پایداری آن‌ها در محیط‌های سرد یا کم‌اکسیژن، خطر مواجهه طولانی‌مدت و آسیب‌های تنفسی و پوستی را افزایش می‌دهد [۶۵]. همچنین، این سموم از طریق تجمع زیستی در زنجیره غذایی، موجب آسیب‌های تولیدمثلی و عصبی در موجودات زنده و انسان‌ها می‌شوند [۶۶]. فرآیند تجزیه آن‌ها نیز می‌تواند آلاینده‌های ثانویه سمی‌تر ایجاد کند [۷۲ و ۷۳]. با توجه به خطرات سرطان‌زایی و انتقال آلاینده‌ها به محصولات کشاورزی [۷۴]، حذف این مواد از طریق اکسیداسیون یا زیست‌پالایی بسیار پیچیده و چالش‌برانگیز است [۶۵]. مواد منفجره‌ای چون TNT و RDX نیز با ورود به منابع آبی، تهدیدی پایداری ایجاد می‌کنند؛ TNT با پایداری بالا در رسوبات و پتانسیل سرطان‌زایی، سلامت کبد و خون را هدف قرار می‌دهد [۶۵ و ۶۶]. در حالی که RDX به دلیل حلالیت بالا، با نفوذ به آب‌های زیرزمینی، سیستم عصبی را مختل کرده و جوامع میکروبی را آسیب می‌زند [۶۶]. با وجود تلاش برای پاک‌سازی از طریق اکسیداسیون یا زیست‌پالایی، حذف کامل این ترکیبات به دلیل مقاومت در برابر تجزیه، همچنان یک چالش پیچیده و هزینه‌بر است [۶۵].

۲٫۶٫۱٫۴ نشت نفت و آتش‌سوزی‌ها

نشت نفت و آتش‌سوزی‌های ناشی از منازعات نظامی، پیامدهای ویرانگری برای اکوسیستم‌ها دارند؛ به‌طوری که تخریب تأسیسات نفتی، مانند آنچه در جنگ خلیج فارس رخ داد، منجر به آلودگی گسترده منابع دریایی و ساحلی می‌گردد [۷۵]. آتش‌سوزی چاه‌های نفت، هیدروکربن‌ها و ترکیبات سمی را وارد آب‌های شیرین و دریا کرده که با اختلال در فتوسنتز و کاهش اکسیژن، بقای گونه‌های آبی را تهدید می‌کند [۷۶]. در غزه نیز بمباران‌های مداوم با نابودی ۴۰ درصد از زمین‌های کشاورزی، منجر به تخریب اکولوژیک و اقتصادی شده است [۷۷]. استفاده از سلاح‌های آتش‌زا مانند فسفر سفید، آلودگی خاک و منابع آب را تشدید کرده و بحران سلامت را عمیق‌تر می‌کند. همچنین، انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از جنگ، سلامت جهانی محیط زیست را با تهدیدی بی‌سابقه

¹ Zubkova

۷,۱,۴ تأثیرات بر اکوسیستم‌های آبی

۱,۷,۱,۴ اختلال در زنجیره‌های غذایی آبزیان

ورود آلاینده‌های ناشی از منازعات نظامی، مانند فلزات سنگین، پلی کلروبی فنیل‌ها (PCBs) و دیوکسین‌ها به سامانه‌های آبی، زنجیره‌های غذایی را از طریق فرآیندهای تجمع زیستی به شدت مختل کرده و خطرات بهداشتی و اکولوژیک ایجاد می‌کند [۸۳]. این سموم که از فعالیت‌های نظامی و رواناب‌های صنعتی ناشی می‌شوند [۸۴]، توسط جلبک‌ها و پلانکتون‌ها جذب شده و با انتقال به سطوح بالاتر زنجیره غذایی، در بدن شکارچیان بزرگ‌تر، پستانداران دریایی و پرندگان به سطوح خطرناکی می‌رسند [۸۵]. این انباشت آلاینده‌ها موجب آسیب‌های عصبی، اختلالات تولیدمثلی و کاهش سلامت عمومی شکارچیان می‌شود [۸۶]. در مواردی، این سمیت‌ها منجر به شکست تولیدمثل، اختلال ایمنی و کاهش جمعیت گونه‌ها شده و تعادل اکولوژیکی را برهم می‌زند [۸۷ و ۸۸]. برای مقابله با آثار ماندگار جنگ بر اکوسیستم‌های آبی، استراتژی‌های احیا باید بر بازسازی زیستگاه‌ها و فناوری‌های پاک‌سازی تمرکز کنند. در این راستا، مشارکت جوامع محلی در پایش کیفی، ضمن تقویت نظارت، حس مسئولیت‌پذیری عمومی را ارتقا می‌بخشد. همچنین، ترکیب دانش بوم‌شناختی سنتی با رویکردهای علمی مدرن، راهکاری برای توسعه روش‌های احیای پایدار و متناسب با بافت فرهنگی مناطق آسیب‌دیده فراهم می‌آورد [۸۹]. اولویت‌بندی راهبردهایی که همزمان بازسازی محیط‌زیستی و نیازهای جوامع محلی را پوشش می‌دهند، برای کاهش پیامدهای بلندمدت و تضمین بقای زیست‌بوم‌ها حیاتی است. این رویکرد جامع، علاوه بر ترمیم ساختار زنجیره غذایی، به احیای خدمات اکوسیستمی کمک شایانی می‌کند. اجرای هماهنگ این راهکارها در مناطق جنگ‌زده، گامی ضروری برای تضمین سلامت حیات‌وحش و جوامع انسانی در درازمدت خواهد بود. با مدیریت دقیق این چالش‌ها، می‌توان از بروز فجایع زیستی ناشی از آلودگی‌های انباشته‌شده در اکوسیستم‌های آبی جلوگیری کرد.

۲,۷,۱,۴ تخریب زیستگاه و از دست رفتن تنوع

زیستی

فعالیت‌های نظامی از طریق تغییر کاربری زمین، جنگل‌زدایی و تخریب تالاب‌ها، زیستگاه‌های طبیعی را به شدت محدود کرده و منجر به افت معنادار تنوع زیستی می‌گردند [۹۰]. زیستگاه‌های آبی نظیر تالاب‌ها، خورها و صخره‌های مرجانی، به عنوان اکوسیستم‌های حیاتی، در برابر آلاینده‌های جنگی، نشت نفت و فلزات سنگین بسیار آسیب‌پذیرند [۹۱-۹۳]؛ تخریب این زیستگاه‌ها کارکرد کلی اکوسیستم را تضعیف می‌کند [۹۴]. در اکوسیستم‌های آب شیرین، ورود آلاینده‌ها و مواد مغذی مازاد، ضمن ایجاد شکوفایی جلبکی و مناطق مرده، مناطق تخم‌ریزی ماهیان را نابود کرده [۹۵] و فلزات سنگین با اختلال در چرخه‌های تولیدمثلی و هورمونی، بقای گونه‌ها را تهدید می‌کنند [۹۶]. صخره‌های مرجانی به طور ویژه در برابر آلودگی‌هایی مانند نشت نفت، فلزات سنگین و رواناب‌های کشاورزی آسیب‌پذیر هستند^۱ [۹۲]. این کاهش تنوع زیستی، تاب‌آوری اکوسیستم‌ها را در برابر اختلالات ثانویه و تغییرات اقلیمی به شدت کاهش می‌دهد؛ به طوری که گرمایش آب می‌تواند بازسازی صخره‌های مرجانی آسیب‌دیده را به نقطه بحرانی غیرممکن برساند [۹۷ و ۹۸]. علاوه بر آلودگی، درگیری‌ها با تسهیل شکار غیرقانونی و تخریب مستقیم زیستگاه‌ها، جمعیت‌های حیات‌وحش را مختل کرده و روند بازیابی زیست‌محیطی را دشوار می‌سازند [۹۰]. در نهایت، حفاظت و احیای این زیستگاه‌ها برای حفظ خدمات اکوسیستمی و جلوگیری از فروپاشی زیستی در مناطق جنگ‌زده، ضرورتی غیرقابل انکار است.

^۱ نشت نفت می‌تواند با تشکیل لایه‌ای بر سطح آب، موجب خفگی صخره‌های مرجانی شود؛ زیرا دسترسی نور مورد نیاز برای فتوسنتز جلبک‌های همزیست موسوم به زوگزانتلا^۱ را کاهش می‌دهد. این جلبک‌ها انرژی مورد نیاز مرجان‌ها را تأمین می‌کنند. هنگامی که میزان نور کاهش می‌یابد، مرجان‌ها برای بقا دچار مشکل می‌شوند و پدیده سفیدشدگی رخ می‌دهد؛ فرآیندی که در آن مرجان‌ها این جلبک‌ها را دفع کرده، ظاهری کاملاً سفید پیدا می‌کنند و در برابر بیماری‌ها آسیب‌پذیرتر می‌شوند

۸,۱,۴ تأثیر بر آب آشامیدنی و سلامت انسان

جنگ با آزادسازی آلاینده‌های شیمیایی و فلزات سنگین ناشی از عملیات نظامی، منابع آب و خاک را به‌طور بلندمدت آلوده کرده و سلامت انسان و پایداری اکولوژیک را به مخاطره می‌اندازد [۹۰]. در مناطق جنگ‌زده، نشت فلزات سنگینی همچون سرب و جیوه به منابع آبی، منجر به بروز آسیب‌های عصبی، اختلالات تولیدمثلی و افزایش نرخ سرطان می‌گردد [۸۴]. علاوه بر آلودگی شیمیایی، تخریب زیرساخت‌های حیاتی و عدم دسترسی به آب پاک، بحران‌های بهداشت عمومی را با گسترش بیماری‌های منتقله از آب مانند وبا و اسهال خونی تشدید می‌کند [۸۱]. رواناب‌های صنعتی و مواد شیمیایی حاصل از جنگ، تهدیدات بهداشتی پایداری را برای جمعیت‌های آسیب‌پذیر ایجاد می‌کنند که سال‌ها پس از اتمام درگیری‌ها باقی می‌مانند. لذا، اجرای مداخلات فوری جهت بازسازی و ایمن‌سازی زیرساخت‌های آبی، گامی ضروری برای کاهش بار بیماری‌ها و تضمین امنیت سلامت در این مناطق محسوب می‌شود.

۹,۱,۴ تأثیرات جنگ بر خاک

جنگ از طریق ورود فلزات سنگین، سموم مواد منفجره و آلاینده‌های شیمیایی، منجر به تغییر ترکیب شیمیایی خاک و بروز پدیده تجمع زیستی^۱ در محصولات کشاورزی می‌شود که خطرات جدی برای سلامت انسان، از جمله اختلالات عصبی و تولیدمثلی، به‌ویژه در جوامع وابسته به کشاورزی، به همراه دارد [۴۹]. علاوه بر آلودگی شیمیایی، عملیات نظامی از طریق بمباران و تردد تجهیزات سنگین، با ایجاد فشردگی^۲ و از بین بردن پوشش گیاهی، منجر به کاهش تخلخل، اختلال در نفوذ آب و تشدید فرسایش خاک می‌گردد که این امر مستقیماً تولیدات کشاورزی و امنیت غذایی را تهدید می‌کند [۵۰]. از سوی دیگر، ورود سموم باعث اختلال در جوامع میکروبی خاک و کاهش تنوع زیستی آن‌ها شده که نتیجه آن تضعیف فرآیندهای حیاتی نظیر تثبیت نیتروژن و تجزیه مواد آلی است؛ این تخریب بیولوژیکی، تاب‌آوری اکوسیستم را کاهش داده و چرخه‌ای از تخریب محیط‌زیستی، کاهش سلامت

محیط‌زیستی، امنیت و ایمنی غذایی را حتی پس از پایان درگیری‌ها ایجاد می‌کند [۵۰ و ۹۹]. لذا، بازسازی سلامت خاک نیازمند تدوین راهبردهای بازسازی متناسب با شرایط منطقه‌ای، با تمرکز بر ادغام شیوه‌های کشاورزی پایدار جهت پاسخگویی به نیازهای فوری امنیت غذایی و همچنین مشارکت دادن جوامع محلی در مدیریت پایدار زمین است [۱۰۰].

۱۰,۱,۴ تأثیرات جنگ بر هوا

درگیری‌های مسلحانه، اعم از تاریخی و معاصر، پیامدهای چندبعدی و گسترده‌ای بر کیفیت هوا و پایداری محیط‌زیستی دارند. نمونه موردی جنگ خلیج فارس (۱۹۹۱) نشان‌دهنده شدت انتشار اکسیدهای گوگرد، مونوکسید کربن و اکسیدهای نیتروژن ناشی از آتش‌سوزی چاه‌های نفت است که منجر به پدیده باران سیاه و ته‌نشینی ذرات کربنی در مناطق دوردست نظیر ایران و ترکیه گردید.

[۱۰۱ و ۱۰۲] و سلامت انسان و بهره‌وری کشاورزی را مختل کرد [۱۰۳] در درگیری‌های نوین مانند جنگ اوکراین، تخریب زیرساخت‌های انرژی و صنعتی، انتشار گسترده روغن‌های سوختی و آلاینده‌های خطرناک هوا (HAPs) را همگام با افزایش مشکلات تنفسی ناشی از ذرات معلق تشدید کرده است [۴۹، ۱۰۲-۱۰۴]. علاوه بر این، عملیات نظامی از طریق مصرف سوخت تجهیزات، نقش قابل توجهی در انتشار گازهای گلخانه‌ای ایفا می‌کند. در نهایت، تقاطع میان تغییرات اقلیمی، کمبود منابع و منازعات نظامی، چرخه معیوب ایجاد می‌کند که در آن تخریب محیط‌زیست ناشی از جنگ، بر کمبود منابع افزوده و منجر به بی‌ثباتی و درگیری‌های بیشتر می‌گردد [۴۹ و ۱۰۳]، امری که ضرورت اتخاذ رویکردهای یکپارچه در مدیریت منازعات را برجسته می‌سازد.

۱۱,۱,۴ تأثیر جنگ بر مناطق حفاظت‌شده

جنگ در اوکراین، حدود ۲۰ درصد از مناطق حفاظت‌شده این کشور را با تهدید جدی مواجه کرده است؛ به‌طوری که اقدامات نظامی حدود ۸۱۲ منطقه با مساحتی نزدیک به یک میلیون هکتار را تحت تأثیر قرار داده‌اند. این

^۱ Bioaccumulation

^۲ Compaction

ارزیابی اثرات محیط‌زیستی پیش از عملیات و شفاف‌سازی در گزارش‌دهی کربن نظامی است [۱۰۹ و ۱۱۶]. در نهایت، همسوسازی اهداف صلح با استراتژی‌های کربن‌زدایی و ترویج بازسازی اکولوژیکی، مسیری حیاتی برای دستیابی به پایداری اقلیمی فراهم می‌سازد [۱۱۱].

جنگ‌ها علاوه بر اثرات آنی، میراث پایداری از آلودگی‌های محیط‌زیستی و مخاطرات سلامت بر جای می‌گذارند که بازسازی مناطق آسیب‌دیده را با چالش‌های جدی مواجه می‌سازد [۴۰]. آلودگی‌های ماندگار^۳ ناشی از فلزات سنگین، مواد شیمیایی سمی و مهمات منفجرنشده، دهه‌ها پس از پایان درگیری‌ها در اکوسیستم باقی می‌مانند [۵۱ و ۱۱۷]. وابستگی شدید بخش نظامی به سوخت‌های فسیلی و فرآیندهای تولید انرژی‌بر (مانند مصرف فولاد و آلومینیوم)، ردپای کربنی گسترده‌ای ایجاد کرده که حتی با جایگزینی فناوری‌هایی مانند پهپادها نیز به دلیل ماهیت سامانه‌های حامی آن‌ها، همچنان قابل‌توجه باقی می‌ماند [۴۴]. مطالعات تاریخی، از جمله آثار بلندمدت عامل نازنجی در ویتنام، نشان‌دهنده همبستگی معنادار بین مواجهه با آلاینده‌های نظامی و نرخ بالاتر ابتلا به سرطان در دهه‌های پس از درگیری است [۵۴]. مقایسه درگیری‌های معاصر در عراق و افغانستان با جنگ‌های گذشته، الگوهای مشابهی از تخریب عمده محیط‌زیست و آلودگی‌های گسترده را آشکار می‌سازد [۴۱]. برآوردها حاکی از آن است که فعالیت‌های نظامی حدود ۵٫۵ درصد از انتشارهای جهانی گازهای گلخانه‌ای (معادل ۲۷۵۰ میلیون تن دی‌اکسیدکربن) را تشکیل می‌دهند [۱۱۰ و ۱۱۱]. این وضعیت، ضرورت اتخاذ رویکردی جامع شامل اقدامات پاکسازی، شفاف‌سازی در گزارش‌دهی انتشار کربن و حرکت به سوی شیوه‌های پایدار در عملیات و تولیدات نظامی را دوجندان می‌کند [۱۰۹ و ۱۱۶]. در نهایت، ترویج بازسازی اکولوژیک و همسوسازی اهداف امنیتی با پایداری اقلیمی برای کاهش اثرات تجمعی فناوری‌های نظامی، گامی حیاتی در جهت صلح و حفاظت از محیط‌زیست برای نسل‌های آینده محسوب می‌شود [۱۰۶ و ۱۱۱].

آسیب‌ها شامل اشغال هشت ذخیره‌گاه طبیعی و ده پارک ملی است که زیستگاه‌های حیاتی حیات‌وحش را به خطر می‌اندازد. همچنین، ۲٫۹ میلیون هکتار از شبکه زمرد^۱ و بیش از ۶۰۰ هزار هکتار از ۱۶ سایت رامسر نیز در معرض تخریب قرار دارند که اهمیت بین‌المللی این تالاب‌ها و تنوع زیستی آن‌ها را به شدت تهدید می‌کند [۴۹]. این تخریب‌های گسترده نه تنها میراث طبیعی منطقه را از بین می‌برد، بلکه پیامدهای محیط‌زیستی بلندمدتی را بر اکوسیستم‌های فرامرزی اروپا نیز تحمیل خواهد کرد.

۱۲٫۱٫۴ تأثیر جنگ به عنوان عامل ایجاد تغییرات اقلیمی

جنگ به عنوان عاملی محرک برای تغییرات اقلیمی و تخریب اکوسیستم‌ها، پیامدهای فوری و بلندمدتی دارد. در جریان درگیری‌ها، عملیات نظامی نظیر بمباران و جابه‌جایی نیروها منجر به نابودی مستقیم زیستگاه‌های حیاتی مانند جنگل‌ها و تالاب‌ها می‌شود که نقش اساسی در تنظیم چرخه‌ی آب و ذخیره‌سازی کربن دارند [۱۰۵]. این تخریب‌ها با آزادسازی کربن ذخیره‌شده، گرمایش جهانی را تشدید کرده و ظرفیت جذب آتی اکوسیستم‌ها را کاهش می‌دهند [۱۰۶]. فعالیت‌های نظامی، از جمله مصرف سوخت، تولید تجهیزات و نشت مواد سمی ناشی از تخریب زیرساخت‌ها، سهم قابل توجهی در آلودگی محیط‌زیست دارند [۱۰۷ و ۱۰۸]. برآوردها نشان می‌دهد فعالیت‌های نظامی حدود ۵٫۵ درصد از انتشارهای جهانی گازهای گلخانه‌ای را شامل می‌شود [۱۰۹] به‌طوری که ردپای کربنی بخش نظامی جهانی حدود ۲۷۵۰ میلیون تن معادل دی‌اکسیدکربن برآورد شده است [۱۱۰ و ۱۱۱]. در مرحله پس از جنگ نیز، تغییر الگوهای کاربری زمین، تکه‌تکه شدن زیستگاه‌ها، ورود گونه‌های مهاجم [۱۱۲] و ضعف در اجرای قوانین حفاظتی، تهدیدی مستمر برای تنوع زیستی محسوب می‌شوند [۱۱۳ و ۱۱۴]. برای ارزیابی این اثرات، روش‌شناسی‌هایی چون ارزیابی چرخه حیات (LCA^۲)، سنجش از دور و ارزش‌گذاری خدمات اکوسیستمی به کار گرفته می‌شوند [۱۱۵]. مقابله با این بحران مستلزم ایجاد سامانه‌های نظارت بین‌المللی، الزام

^۱ Emerald Network

^۲ Life Cycle Assessment

^۳ Legacy Pollution

۲،۴ چالش‌های پیش‌روی به‌رسمیت شناختن بوم‌گشی

حرکت به‌سوی شناسایی بوم‌گشی به‌عنوان یک جرم بین‌المللی با موانع حقوقی، سیاسی و اجرایی قابل توجهی روبه‌رو است. اگرچه توجه جهانی به این مفهوم افزایش یافته، نبود اجماع حقوقی، ضعف اراده سیاسی و محدودیت‌های نهادی همچنان مانع تبدیل آن به یک چارچوب الزام‌آور و قابل اجرا در سطح بین‌المللی است.

۱،۲،۴ کمبود داده و ارزیابی دقیق

یکی از چالش‌های بنیادین در مقابله با پدیده بوم‌گشی ناشی از درگیری‌های مسلحانه، فقدان داده‌های سیستماتیک و نبود پروتکل‌های ارزیابی دقیق در مناطق جنگ‌زده است. این خلاء اطلاعاتی، فرآیند پایش تغییرات اکوسیستمی و سنجش میزان آلودگی‌های پنهان را با عدم قطعیت‌های بالا مواجه می‌سازد. در نتیجه، عدم دسترسی به داده‌های زمانی و مکانی مستند، مانع از شناسایی دقیق مرزهای تخریب، تحلیل اثرات بلندمدت بر تنوع زیستی و اتخاذ تصمیمات مبتنی بر شواهد جهت بازسازی محیط‌زیست و پاسخگویی حقوقی به آسیب‌های وارده می‌گردد.

۲،۲،۴ فقدان اجماع حقوقی

مهم‌ترین مانع در جرم‌انگاری بوم‌گشی، نبود تعریف حقوقی روشن، منسجم و مورد توافق جهانی است. تفاوت در تفسیر این مفهوم در نظام‌های حقوقی مختلف، از جمله در کشورهای مانند ویتنام و اکوادور، اجرای بین‌المللی آن را دشوار می‌سازد [۱۱۸]. دستیابی به یک تعریف استاندارد مستلزم همکاری میان دانشمندان محیط‌زیست، حقوقدانان و سیاست‌گذاران است تا ابعاد اکولوژیک و آثار انسانی تخریب محیط‌زیست به‌طور جامع در آن لحاظ شود [۱۱۹]. همچنین، نبود مبنای حقوقی روشن می‌تواند پیگرد کیفری بوم‌گشی را در نظام‌های قضایی موجود با چالش جدی مواجه کند [۱۲۰].

۳،۲،۴ فقدان ملاحظات اقتصادی

پذیرش گسترده قوانین مربوط به بوم‌گشی نیازمند اراده سیاسی قوی و حمایت عمومی است. تصویب این قوانین

در نظام‌های حقوقی داخلی کشورها فرایندی پیچیده و زمان‌بر است [۱۱۸]. کشورهایی که اقتصاد آن‌ها به استخراج منابع طبیعی وابسته است یا تحت نفوذ لابی‌های صنعتی قرار دارند، ممکن است به دلیل نگرانی از پیامدهای اقتصادی و محدودیت‌های مقرراتی، در برابر جرم‌انگاری بوم‌گشی مقاومت کنند. برای غلبه بر این مانع، لازم است مزایای بلندمدت حفاظت از اکوسیستم‌ها از منظر محیط‌زیستی، اجتماعی و اقتصادی به‌طور مؤثر تبیین شود [۱۱۹].

۴،۲،۴ چالش‌های اجرایی و نهادی

حتی در صورت دستیابی به اجماع و حمایت سیاسی، اجرای مؤثر قوانین مربوط به بوم‌گشی همچنان دشوار خواهد بود. رسیدگی به پرونده‌های بوم‌گشی نیازمند شواهد علمی، داده‌های محیط‌زیستی و تخصص فنی گسترده است [۱۲۱]. بسیاری از نظام‌های قضایی برای ارزیابی گستره و پیامدهای تخریب محیط‌زیست آمادگی کافی ندارند و در برخی کشورها، محدودیت منابع یا فساد اداری این مشکل را تشدید می‌کند. ازاین‌رو، آموزش قضات، توسعه امکانات جرم‌شناسی، تقویت نظام‌های پایش محیط‌زیست و ایجاد سازوکارهای همکاری فرامرزی برای رسیدگی به خسارات محیط‌زیستی ضروری است [۱۲۰].

۵،۲،۴ موانع عملی در تعقیب کیفری

در عمل، مقاومت سیاسی کشورهای وابسته به استخراج منابع طبیعی و مخالفت لابی‌های صنعتی با مقررات سخت‌گیرانه محیط‌زیستی از موانع اصلی تعقیب کیفری بوم‌گشی است. علاوه بر این، در بسیاری از حوزه‌های قضایی، سازوکارهای اجرایی به دلیل کمبود منابع مالی یا فقدان نیروهای آموزش‌دیده در دستگاه قضایی ضعیف یا ناکارآمد هستند [۱۲۲]. رفع این موانع نیازمند همکاری هماهنگ سازمان‌های بین‌المللی، سازمان‌های غیردولتی و دولت‌ها برای ظرفیت‌سازی، تقویت چارچوب‌های حقوقی داخلی و ارتقای توان اجرایی نظام‌های قضایی است.

۶،۲،۴ کمبود منابع فنی و تکنولوژیک

علاوه بر چالش‌های اطلاعاتی، محدودیت‌های ساختاری در حوزه منابع فنی و تکنولوژیک، از دیگر موانع اساسی در

می‌ماند.

۳،۴ راهبردهای کاهش اثرات جنگ و منازعات مسلحانه بر محیط‌زیست

در سال‌های اخیر، راهبردهای مختلفی برای کاهش اثرات محیط‌زیستی ناشی از فناوری‌های نظامی توسعه یافته‌اند. یکی از مهم‌ترین این رویکردها، به‌کارگیری شیوه‌های پایدار در عملیات نظامی است. برخی از نیروهای مسلح در حال بررسی استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر، از جمله انرژی خورشیدی و بادی، برای به‌کارگیری پهپادها و سایر تجهیزات هستند تا وابستگی خود به سوخت‌های فسیلی را کاهش دهند. علاوه بر این، نیروهای نظامی در جریان رزمایش‌ها و آموزش‌های نظامی، سیاست‌های سخت‌گیرانه‌تری را در زمینه مدیریت محیط‌زیست اجرا می‌کنند تا میزان اختلال در اکوسیستم‌های محلی را به حداقل برسانند. این اقدامات می‌تواند شامل برگزاری تمرینات در مناطقی باشد که از حساسیت اکولوژیکی کمتری برخوردارند، استفاده از روش‌هایی که تخریب زیستگاه‌ها را محدود می‌کنند و همچنین دفع صحیح پسماندهای تولیدشده در طول رزمایش‌ها باشد [۱۲۳].

یکی دیگر از عناصر مهم کاهش اثرات، استفاده از ارزیابی‌های محیط‌زیستی در قالب چارچوب‌های قانونی است. هدف این ارزیابی‌ها، بررسی پیامدهای منفی بالقوه عملیات نظامی، از جمله عملیات مرتبط با پهپادها، و شناسایی راهکارهایی برای کاهش آسیب به اکوسیستم‌ها است. الزام به انجام ارزیابی‌های جامع پیش از اجرای عملیات نظامی، موجب تصمیم‌گیری آگاهانه‌تر شده و تضمین می‌کند که ملاحظات محیط‌زیستی در برنامه‌ریزی و اجرای عملیات نظامی لحاظ شوند [۱۲۳]. به‌رسمیت شناختن بوم‌گشی به‌عنوان یک جرم بین‌المللی می‌تواند کشورها را به اتخاذ سیاست‌های سخت‌گیرانه‌تر حفاظت از محیط‌زیست و اجرای شیوه‌های توسعه پایدار ترغیب کند و به‌عنوان عاملی بازدارنده در برابر فجایع بالقوه محیط‌زیستی عمل نماید. ایجاد پیامدهای حقوقی روشن برای تخریب اکولوژیکی ممکن است دولت‌ها را به تقویت سیاست‌ها و مقررات محیط‌زیستی داخلی، به‌ویژه در حوزه استخراج منابع، عملیات نظامی و مناطق درگیر جنگ،

مقابله با بوم‌گشی ناشی از جنگ است. فقدان مکانیسم‌های تأمین مالی پایدار و اختصاصی برای بازسازی اکوسیستم‌های آسیب‌دیده، همسو با کمبود تجهیزات پیشرفته پایش محیط‌زیستی و تخصص‌های فنی لازم جهت ارزیابی آسیب‌های پیچیده، فرآیند مدیریت بحران را مختل می‌کند. این شکاف توانمندی‌ها، نه تنها مانع از اجرای مداخلات اصلاحی به‌موقع می‌شود، بلکه توانایی بازیگران بین‌المللی را در نظارت بر نقض قوانین محیط‌زیستی و مدیریت پیامدهای زیستی در مناطق درگیر به‌شدت تضعیف می‌نماید.

۷،۲،۴ ضعف در اجرا و نظارت قوانین بین‌المللی

چالش دیگر، ضعف ساختاری در نظام‌های اجرایی و مکانیزم‌های نظارتی قوانین بین‌المللی در حوزه محیط‌زیست در زمان درگیری‌های مسلحانه است. با وجود چارچوب‌های حقوقی بین‌المللی، فقدان ابزارهای نظارتی مستقل و قدرتمند در مناطق جنگ‌زده، منجر به بروز خلأ در پایش نقض قوانین و عدم تحقق پاسخگویی می‌شود. این ضعف در اجرای الزامات قانونی و نبود سنجه‌های بازدارنده برای عاملان تخریب‌های محیط‌زیستی، باعث می‌شود که پدیده بوم‌گشی بدون پیامدهای حقوقی مشخص باقی مانده و قوانین موجود، بیش از آنکه ابزاری برای پیشگیری باشند، به مجموعه‌ای از هنجارهای غیرالزام‌آور تقلیل یابند.

۸،۲،۴ ضعف مسئولیت‌پذیری حقوقی و سیاسی

۱-۱ علاوه بر چالش‌های نظارتی، فقدان سازوکارهای شفاف برای تضمین پاسخگویی و ردیابی مسئولیت‌های حقوقی، یکی دیگر از موانع جدی در مواجهه با بوم‌گشی است. در محیط‌های پرتنشی همچون مناطق درگیر جنگ، ردیابی دقیق عاملان تخریب‌های محیط‌زیستی و اثبات رابطه علی میان فعالیت‌های نظامی و آسیب‌های اکولوژیک، به دلیل پیچیدگی‌های میدانی و نبود فرآیندهای حقوقی مستند، بسیار دشوار است. این امر منجر به بروز پدیده فرار از مسئولیت می‌گردد؛ به گونه‌ای که آسیب‌های گسترده به اکوسیستم‌ها بدون شناسایی مقصر و بدون اعمال پیامدهای حقوقی یا جبران خسارت، در سایه بی‌تفاوتی ساختاری باقی

جمعیت‌های محلی ایجاد می‌کند. این پیامدها چرخه‌ای از تخریب محیط‌زیست را شکل می‌دهند که در صورت عدم مدیریت مؤثر، می‌تواند تنش‌ها را تشدید کرده و به بروز مجدد درگیری‌ها بر سر منابع محدود طبیعی منجر شود. در چنین شرایطی، اجرای سیاست‌های بازسازی پایدار از اهمیت اساسی برخوردار است. مهم‌ترین راهبردها عبارت‌اند از:

۱,۳,۴ توانمندسازی، ظرفیت‌سازی و مشارکت محلی

تقویت ظرفیت نهادهای محلی برای مدیریت پایدار منابع طبیعی از اهمیت حیاتی برخوردار است. این امر شامل اجرای برنامه‌های آموزشی در زمینه مدیریت و حکمرانی محیط‌زیستی است که جوامع را برای ایفای نقش فعال در فرایند بازسازی و احیای خود توانمند می‌سازد [۱۲۹]. پایش و ارزیابی برای موفقیت ابتکارات محیط‌زیستی پس از منازعه ضروری است. ایجاد نظام‌های پایش مستحکم این امکان را برای ذی‌نفعان فراهم می‌کند که اثربخشی پروژه‌های تأمین مالی شده را به‌طور مستمر ارزیابی کنند و از طریق ایجاد یک چرخه بازخورد مؤثر، راهبردها را در صورت نیاز اصلاح کرده و پاسخگویی در استفاده از منابع را تضمین نمایند [۱۳۰]. علاوه بر این، پایش مشارکتی محیط زیست نقش مهمی در این فرایند ایفا می‌کند، زیرا با مشارکت دادن جوامع محلی در پایش شرایط محیط‌زیستی، علاوه بر تضمین شفافیت، به ترویج شیوه‌های پایدار نیز کمک می‌کند. مشارکت دادن جمعیت‌های محلی موجب تقویت ظرفیت‌های بومی و ایجاد حس مالکیت نسبت به برنامه‌های حفاظت و مدیریت محیط زیست می‌شود و در نهایت، اثربخشی و پایداری تلاش‌های بازسازی را افزایش می‌دهد [۱۳۱]. با اجرای این راهبردها در قالب چارچوبی که ارتباط متقابل میان سلامت محیط زیست و ثبات اجتماعی را به رسمیت می‌شناسد، مناطق پس از منازعه می‌توانند در مسیر بازسازی پایدار گام بردارند و در عین حال، خطر بروز منازعات آینده ناشی از کمبود منابع را به حداقل برسانند. مشارکت دادن جوامع محلی در فرایندهای تصمیم‌گیری، احساس مالکیت و مسئولیت‌پذیری را تقویت کرده و اثربخشی سیاست‌های محیط‌زیستی را افزایش می‌دهد. ابتکارات مبتنی بر جامعه

تشویق کند [۱۲۴]. کشورها ممکن است سرمایه‌گذاری بیشتری در راهبردهای پیشگیرانه انجام دهند؛ از جمله اجرای ارزیابی‌های اثرات محیط‌زیستی، حفاظت از زیستگاه‌های حیاتی و تدوین برنامه‌های مدیریت پایدار منابع به منظور کاهش احتمال وقوع بوم‌کشی. این رویکرد پیشگیرانه نه تنها به حفظ اکوسیستم‌ها در دوران صلح کمک خواهد کرد، بلکه میزان تخریب محیط‌زیست در جریان درگیری‌های مسلحانه را نیز کاهش داده و فرهنگ مسئولیت‌پذیری و حفاظت از محیط‌زیست را تقویت خواهد کرد [۱۲۵].

جرم‌انگاری بوم‌کشی به‌عنوان گسترشی ضروری برای حمایت‌های حقوقی از محیط‌زیست تلقی می‌شود، به‌ویژه در شرایط زمان صلح که قوانین موجود ممکن است پاسخگوی خسارات شدید اکولوژیک نباشند [۱۲۶]. با افزایش آگاهی کشورها نسبت به ضرورت پاسخگویی در قبال تخریب محیط‌زیست، ادغام بوم‌کشی در حقوق بین‌الملل می‌تواند سازوکارهای اجرایی را به‌طور چشمگیری تقویت کرده و استاندارد جهانی برای مسئولیت‌پذیری محیط‌زیستی ایجاد کند [۱۲۷]. این تحول کشورها را به تدوین چارچوب‌های حقوقی جامع‌تری که سلامت محیط‌زیست و توسعه پایدار را در اولویت قرار می‌دهند، ترغیب خواهد کرد و در نهایت به حفظ تنوع زیستی و تمامیت اکوسیستم‌ها کمک خواهد نمود. برای کاهش اثرات محیط‌زیستی در دوره پس از جنگ، می‌توان مجموعه‌ای از راهبردهای متناسب با شرایط هر منطقه را با تأکید بر سیاست‌های بازسازی پایدار به اجرا گذاشت [۱۲۸]. درگیری‌های مسلحانه معمولاً از طریق سازوکارهای مختلف، از جمله تخریب اکوسیستم‌ها، کاهش منابع طبیعی و آلودگی، خسارات گسترده‌ای به محیط‌زیست وارد می‌کنند. فعالیت‌های نظامی می‌توانند جنگل‌ها، تالاب‌ها و زیستگاه‌های حیات‌وحش را نابود کرده و موجب اختلال در تنوع زیستی شوند. همچنین جنگ‌ها اغلب به بهره‌برداری بی‌رویه از منابع طبیعی مانند چوب و آب منجر می‌شوند که پیامدهای بلندمدت اکولوژیکی به همراه دارد. استفاده از سلاح‌های شیمیایی و مهمات نظامی نیز باعث آلودگی خاک و منابع آب شده و خطرات جدی برای سلامت

مالی فراگیر ارائه کرده است که هدف آن تسریع بازسازی پایدار، به‌ویژه در مناطق شهری آسیب‌دیده از بحران‌ها است [۱۳۷].

۴.۳.۴ چارچوب برنامه‌ریزی و تأمین مالی فراگیر

مناطق آسیب‌دیده از منازعه معمولاً با تخریب گسترده محیط‌زیست، کاهش منابع طبیعی و تشدید بحران‌های انسانی مواجه‌اند. تعامل متقابل میان تغییرات اقلیمی و منازعات، چرخه‌ای از کمبود منابع، افزایش تنش و دشوارتر شدن فرایند بازسازی ایجاد می‌کند؛ از این‌رو، کمیته بین‌المللی صلیب سرخ (ICRC^۲) بر ضرورت ادغام ملاحظات اقلیمی و محیط‌زیستی در برنامه‌های بازسازی پس از جنگ تأکید کرده است. برنامه توسعه سازمان ملل متحد (UNDP) بر ایجاد سازوکارهای چندجانبه تأمین مالی برای حمایت از احیای محیط‌زیست، بازسازی زیرساخت‌ها، ترمیم اکوسیستم‌ها و افزایش تاب‌آوری جوامع آسیب‌دیده تأکید دارد؛ اقدامی که پایدار فرایند بازسازی را تقویت می‌کند. انتقال دانش فنی، آموزش نهادهای محلی و توانمندسازی جوامع در حوزه‌هایی مانند مدیریت محیط‌زیست، کشاورزی پایدار و کاهش خطر بلایا، از ارکان اصلی بازسازی پایدار محسوب می‌شود و ظرفیت کشورها را برای مدیریت پیامدهای محیط‌زیستی پس از منازعه افزایش می‌دهد [۱۳۸]. قطعنامه اخیر تصویب‌شده در ششمین مجمع محیط‌زیست سازمان ملل متحد (UNEA-6) نشان‌دهنده افزایش توجه جهانی به ضرورت ارائه کمک‌های محیط‌زیستی در مناطق آسیب‌دیده از منازعات است [۱۳۹]. هدف این قطعنامه، ارتقای توان پاسخگویی برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد (UNEP) به ابعاد محیط‌زیستی درگیری‌های مسلحانه است. همچنین، این قطعنامه خواستار تدوین دستورالعمل‌های فنی برای سنجش خسارات محیط‌زیستی شده است؛ دستورالعمل‌هایی که می‌توانند مبنای تدوین راهبردهای بازسازی و حمایت از برنامه‌های تأمین مالی قرار گیرند.

۵.۳.۴ ارتقای ارزیابی‌ها و پایش‌های محیط‌زیستی

اجرای ارزیابی‌های استاندارد پس از منازعه، امکان شناسایی دقیق خسارات واردشده به اکوسیستم‌ها و تعیین اولویت‌های بازسازی را فراهم می‌سازد. علاوه بر این،

می‌توانند به اجرای شیوه‌های پایداری منجر شوند که متناسب با شرایط و نیازهای محلی طراحی شده‌اند [۱۴].

۲.۳.۴ ایجاد چارچوب‌های حقوقی برای بوم‌گشی

به رسمیت شناختن بوم‌گشی به عنوان یک جرم بین‌المللی در اساسنامه رم دیوان کیفری بین‌المللی، گامی اساسی برای تقویت پاسخگویی حقوقی و بازدارندگی در برابر تخریب‌های گسترده محیط‌زیستی ناشی از جنگ است. تعریف پیشنهادی این جرم، اعمالی را دربرمی‌گیرد که با آگاهی از احتمال وقوع آسیب شدید، گسترده یا بلندمدت به محیط زیست انجام می‌شوند و با روند توسعه حقوق بین‌الملل محیط زیست همسو است [۱۱۶ و ۱۳۳]. تدوین قوانین ملی با الگوبرداری از تجارب موفق، از جمله قانون اقلیم و تاب‌آوری فرانسه، می‌تواند زمینه جرم‌انگاری بوم‌گشی و تعقیب کیفری اشخاص و شرکت‌های مسئول تخریب‌های محیط‌زیستی را فراهم کند. این قوانین، ضمن تکمیل سازوکارهای بین‌المللی، ظرفیت مراجع قضایی داخلی را برای پیشگیری و مقابله مؤثر با این جرائم تقویت می‌کنند [۳۵ و ۱۳۴].

۳.۳.۴ تقویت همکاری‌های بین‌المللی

توسعه توافق‌نامه‌های الزام‌آور بین‌المللی و تقویت چارچوب‌های حقوق بشر دوستانه، به‌ویژه از طریق تکمیل کنوانسیون‌های ژنو، نقش مهمی در حفاظت از اکوسیستم‌ها و منابع طبیعی در جریان مخاصمات مسلحانه دارد. این رویکرد می‌تواند حفاظت از محیط زیست را به یکی از مؤلفه‌های اساسی حقوق بین‌الملل بشردوستانه تبدیل کند [۱۳۵].

با توجه به ماهیت فرامرزی پیامدهای محیط‌زیستی جنگ، همکاری میان کشورها در قالب ارزیابی‌های مشترک، پاکسازی آلودگی‌ها، مدیریت منابع طبیعی و اجرای برنامه‌های مشترک احیای اکوسیستم‌ها، برای کاهش آثار محیط‌زیستی منازعات و افزایش اثربخشی اقدامات بازسازی ضروری است [۱۳۶]. ایجاد برنامه‌های بین‌المللی تأمین مالی که به‌طور اختصاصی به احیای محیط زیست در مناطق آسیب‌دیده از منازعه اختصاص داشته باشند، حائز اهمیت است. برنامه توسعه سازمان ملل متحد (UNDP^۱) چارچوبی برای برنامه‌ریزی و تأمین

^۲ International Committee of the Red Cross

^۱ United Nations Development Programme

دارد و از طریق ادغام شیوه های مختلف توسعه پایدار در فرایند بازسازی، زمینه تحقق این هدف را فراهم می سازد. همچنین، این مدل همکاری میان ذی نفعان، از جمله دولت ها، سازمان های غیردولتی و جوامع محلی را تشویق می کند تا اطمینان حاصل شود که ملاحظات محیط زیستی در کانون راهبردهای بازسازی و احیا قرار دارند [۱۴۸].

۷،۳،۴ افزایش آگاهی و آموزش

افزایش آگاهی عمومی، سیاست گذاران و نیروهای نظامی نسبت به پیامدهای محیط زیستی جنگ، نقش مهمی در تقویت فرهنگ پاسخگویی، حمایت از جرم انگاری بوم گشی و گسترش رویکردهای بازسازی پایدار دارد و زمینه را برای اجرای مؤثرتر سیاست های حفاظت از محیط زیست در دوران صلح و مخاصمه فراهم می سازد [۱۴۹ و ۱۵۰]. ادغام ملاحظات محیط زیستی در آموزش نیروهای نظامی، از طریق کاهش ردپای محیط زیستی عملیات و جلوگیری از تخریب گسترده زیستگاه ها، می تواند آثار اکولوژیک منازعات را به طور قابل توجهی کاهش دهد [۱۵۱ و ۱۵۲].

۸،۳،۴ تقویت پژوهش و نوآوری

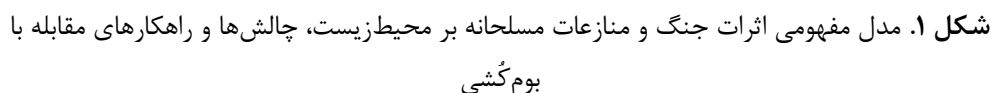
سرمایه گذاری در پژوهش های مرتبط با پیامدهای محیط زیستی جنگ، مبنای علمی لازم برای تدوین سیاست های مؤثر، توسعه راهبردهای احیاء و افزایش تاب آوری اکوسیستم ها در دوره بازسازی پس از جنگ را فراهم می کند [۱۵۳]. توسعه فناوری ها و راهکارهای نوآورانه با هدف کاهش خسارات محیط زیستی عملیات نظامی، از جمله طراحی تجهیزات و روش های کم اثر بر محیط زیست، می تواند ردپای اکولوژیک جنگ را کاهش داده و در عین حال با اهداف توسعه پایدار همسو باشد [۱۳۲ و ۱۵۳]. در مجموع، کاهش آثار محیط زیستی جنگ و پیشگیری از بوم گشی مستلزم رویکردی یکپارچه مبتنی بر تقویت چارچوب های حقوقی، همکاری های بین المللی، احیای اکولوژیک، آموزش و آگاهی بخشی، و توسعه پژوهش و نوآوری است. راهبردی که ضمن حمایت از بازسازی پایدار، زمینه تحقق پاسخگویی و عدالت محیط زیستی را در سطح بین المللی فراهم می کند (شکل ۱).

مستندسازی نظام مند آسیب های محیط زیستی می تواند به عنوان شواهد معتبر در پیگیری های حقوقی مرتبط با بوم گشی مورد استفاده قرار گیرد [۴۹ و ۱۴۰]. بهره گیری از فناوری هایی مانند سنجش از دور و تصاویر ماهواره ای، امکان پایش بلادرنگ تغییرات محیط زیستی در زمان منازعات را فراهم کرده و اطلاعات ارزشمندی برای ارزیابی خسارات، هدایت اقدامات اضطراری و برنامه ریزی بازسازی پس از جنگ فراهم می کند [۱۳۲ و ۱۴۱]. انجام ارزیابی های راهبردی محیط زیستی (SEAs^۱) برای شناسایی مخاطرات بالقوه محیط زیستی مرتبط با پروژه های بازسازی ضروری است. این ارزیابی ها به تصمیم گیرندگان کمک می کنند تا درک دقیقی از تأثیرات احتمالی طرح های توسعه ای بر اکوسیستم ها و سلامت انسان به دست آورند و در نتیجه، برنامه ریزی آگاهانه ای را که پایداری را در اولویت قرار می دهد، امکان پذیر سازند [۱۴۲].

۶،۳،۴ ترویج شیوه های بازسازی پایدار

بازسازی پس از منازعه باید بر احیای اکوسیستم ها از طریق جنگل کاری، بازسازی زیستگاه ها، حذف آلاینده ها و احیای تنوع زیستی متمرکز باشد. مشارکت جوامع محلی، ضمن افزایش تاب آوری اجتماعی، اثربخشی برنامه های احیا را تقویت می کند و به بازیابی خدمات اکوسیستمی، ارتقای پایداری و افزایش مقاومت اکوسیستم ها در برابر مخاطرات آینده کمک می کند [۱۴۳-۱۴۵]. بازسازی پس از جنگ باید بر اصول توسعه پایدار، استفاده از مصالح و فناوری های سازگار با محیط زیست، کاهش ردپای کربنی و حفاظت از تنوع زیستی استوار باشد. ادغام ملاحظات محیط زیستی در برنامه های بازسازی، علاوه بر تقویت خدمات اکوسیستمی و تاب آوری جوامع، می تواند با کاهش تعارضات ناشی از کمبود منابع، از فرایندهای صلح پایدار نیز حمایت کند [۱۴۶ و ۱۴۷]. اولویت دادن به روش های ساخت و ساز سازگار با محیط زیست، به طور قابل توجهی ردپای اکولوژیک را کاهش می دهد. این امر شامل استفاده از مصالح پایدار، طراحی های با بهره وری بالای انرژی و به کارگیری روش های کاهش تولید پسماند در طول فرایندهای بازسازی است [۱۲۸]. مدل SCOPE بر اتخاذ رویکردی چندرشته ای در بازسازی پس از منازعه تأکید

¹ Strategic Environmental Assessments



۵. نتیجه‌گیری

جنگ و تعارضات مسلحانه از مهم‌ترین عوامل تخریب محیط‌زیست در جهان معاصر به شمار می‌روند و پیامدهای آن‌ها فراتر از خسارات انسانی و اقتصادی، ابعاد گسترده‌ای از تخریب اکولوژیکی را در بر می‌گیرد. بررسی مطالعات انجام‌شده نشان می‌دهد که آثار محیط‌زیستی جنگ محدود به دوره درگیری نیست، بلکه در بسیاری از موارد برای چندین دهه پس از پایان مخاصمات نیز تداوم می‌یابد و فرآیند بازسازی اکوسیستم‌ها را با چالش‌های جدی مواجه می‌سازد.

نتایج این پژوهش، همسو با شواهد موجود، نشان می‌دهد که جنگ از طریق تخریب مستقیم زیستگاه‌ها، آلودگی منابع آب، خاک و هوا، نابودی تنوع زیستی، تخریب مناطق حفاظت‌شده، افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ایو تشدید تغییرات شرایط اقلیمی، کاهش خدمات اکوسیستمی و تضعیف نظام‌های مدیریت محیط‌زیست، عملکرد محیط‌زیستی کشورها را به‌طور قابل توجهی کاهش می‌دهد. استفاده از تسلیحات، انفجارها، آتش‌سوزی‌های گسترده، تخریب زیرساخت‌های صنعتی و انرژی، نشت مواد شیمیایی و فلزات سنگین و همچنین باقی‌ماندن بقایای جنگی، از مهم‌ترین عوامل ایجاد آلودگی‌های پایدار محیط‌زیستی محسوب می‌شوند که آثار آن‌ها تا سال‌ها پس از پایان جنگ ادامه دارد.

از سوی دیگر، یافته‌ها نشان می‌دهد که پیامدهای غیرمستقیم جنگ نیز نقش بسیار مهمی در تشدید بحران‌های محیط‌زیستی دارند. کاهش ظرفیت حکمرانی، ضعف نهادهای نظارتی، کاهش سرمایه‌گذاری در حفاظت از محیط‌زیست، جابه‌جایی گسترده جمعیت، بهره‌برداری بی‌رویه از منابع طبیعی برای بازسازی اقتصادی و افزایش فشار بر منابع آب، جنگل‌ها و اراضی، موجب تشدید روند تخریب محیط‌زیست در دوره پس از جنگ می‌شود. این شرایط، ضمن کاهش تاب‌آوری اکوسیستم‌ها، زمینه را برای تشدید تغییرات اقلیمی، کاهش امنیت غذایی، افزایش مخاطرات بهداشتی و حتی شکل‌گیری مجدد تعارضات بر سر منابع طبیعی فراهم می‌کند.

بررسی تجربیات کشورهایمانند ویتنام، عراق، اوکراین، کلمبیا، جمهوری دموکراتیک کنگو و سایر مناطق درگیر جنگ نشان می‌دهد که خسارات محیط‌زیستی ناشی از جنگ غالباً ماهیتی تجمعی و بلندمدت دارند و در صورت نبود برنامه‌های مؤثر بازسازی و مدیریت محیط‌زیست، می‌توانند روند توسعه پایدار را برای چندین دهه تحت تأثیر قرار دهند. ازاین‌رو، حفاظت از محیط‌زیست باید به‌عنوان یکی از ارکان اصلی مدیریت بحران، برنامه‌ریزی نظامی، بازسازی پس از جنگ و سیاست‌گذاری‌های صلح‌سازی مورد توجه قرار گیرد.

همچنین روند روبه‌رشد توجه جامعه بین‌المللی به مفهوم بوم‌کشی بیانگر آن است که حفاظت از محیط‌زیست در مخاصمات مسلحانه دیگر صرفاً یک موضوع اخلاقی یا مدیریتی نیست، بلکه به‌تدریج به یک موضوع حقوقی و امنیت بین‌المللی تبدیل شده است. توسعه قوانین ملی، اصلاح اساسنامه رم، تقویت حقوق بین‌الملل محیط‌زیست و ایجاد سازوکارهای پاسخگویی برای خسارات محیط‌زیستی ناشی از جنگ، می‌تواند نقش مهمی در پیشگیری از تخریب گسترده اکوسیستم‌ها و ارتقای مسئولیت‌پذیری دولت‌ها و سایر بازیگران درگیر در مخاصمات ایفا کند.

در مجموع، دستیابی به توسعه پایدار و صلح پایدار مستلزم آن است که حفاظت از محیط‌زیست به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های اساسی امنیت انسانی و امنیت ملی در تمامی مراحل پیشگیری، مدیریت و بازسازی پس از جنگ مورد توجه قرار گیرد. اتخاذ سیاست‌های بازسازی سبز، مدیریت پایدار منابع طبیعی، احیای اکوسیستم‌های آسیب‌دیده، کاهش انتشار آلاینده‌های نظامی، پایش مستمر خسارات محیط‌زیستی و تقویت همکاری‌های بین‌المللی، از مهم‌ترین راهکارهایی هستند که می‌توانند آثار بلندمدت جنگ بر محیط‌زیست را کاهش داده و زمینه تحقق توسعه پایدار و تاب‌آوری اکولوژیکی را فراهم سازند. درک پیوند پیچیده میان جنگ و تخریب محیط‌زیست برای تدوین راهبردهای حل‌وفصل منازعات، ترویج صلح و تحقق توسعه پایدار ضروری است. برای کاهش پیامدهای محیط‌زیستی جنگ، لازم است ملاحظات اکولوژیک در

می‌تواند به شناسایی عوامل مؤثر بر شدت و ماندگاری خسارات محیط‌زیستی کمک کند.

از منظر سیاست‌گذاری، ایجاد نظام‌های بین‌المللی پایش خسارات محیط‌زیستی جنگ، تدوین استانداردهای الزام‌آور برای ارزیابی محیط‌زیستی عملیات نظامی، تقویت همکاری میان سازمان‌های بین‌المللی، دولت‌ها و نهادهای علمی، توسعه سازوکارهای حقوقی برای شناسایی و پیگرد جرم بوم‌گشی و اختصاص منابع مالی ویژه برای بازسازی اکولوژیک مناطق جنگ‌زده ضروری به نظر می‌رسد. همچنین ادغام ملاحظات محیط‌زیستی در برنامه‌های مدیریت بحران، بازسازی پس از جنگ و برنامه‌های توسعه ملی می‌تواند نقش مهمی در کاهش پیامدهای بلندمدت جنگ، حفظ تنوع زیستی، افزایش تاب‌آوری اکوسیستم‌ها و دستیابی به توسعه پایدار ایفا کند.

۶. پیشنهادات کاربردی

۱. تدوین و اجرای قوانین الزام‌آور بین‌المللی برای حفاظت از محیط‌زیست در زمان مخاصمات مسلحانه به‌منظور جرم‌انگاری تخریب عمدی محیط‌زیست (بوم‌گشی) و افزایش مسئولیت‌پذیری دولت‌ها و طرف‌های درگیر در جنگ.

۲. الزام انجام ارزیابی‌های محیط‌زیستی پیش، حین و پس از درگیری‌های نظامی با استفاده از روش‌هایی مانند ارزیابی چرخه عمر^۲ (LCA)، ارزیابی اثرات محیط‌زیستی^۳ (EIA) و ارزیابی راهبردی محیط‌زیستی^۴ (SEA) به‌منظور شناسایی و کاهش خسارات احتمالی.

۳. ایجاد سامانه‌های بین‌المللی پایش و هشدار سریع خسارات محیط‌زیستی ناشی از جنگ با بهره‌گیری از فناوری‌های سنجش از دور، تصاویر ماهواره‌ای، پهپادها و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای پایش مستمر تغییرات محیط‌زیستی.

۴. اختصاص صندوق‌های بین‌المللی ویژه برای بازسازی و احیای محیط‌زیست در مناطق جنگ‌زده با

برنامه‌ریزی و اجرای عملیات نظامی ادغام شود، برنامه‌های بازسازی پس از جنگ تقویت گردد و اقدامات حفاظتی در مناطق آسیب‌پذیر در اولویت قرار گیرد. پرداختن به ابعاد محیط‌زیستی منازعات، یکی از ارکان اساسی دستیابی به آینده‌ای پایدارتر و صلح‌آمیزتر است؛ با این حال، این امر باید بخشی از راهبردی جامع باشد که ابعاد اجتماعی، اقتصادی و سیاسی را نیز دربرگیرد تا راهکارهایی فراگیر و پاسخگویی مؤثر مسئولان بوم‌گشی را تضمین کند. با گسترش درک و شناخت خود از این مسائل، می‌توانیم با اثربخشی بیشتری از سیاست‌هایی حمایت کنیم که در دوران منازعات، هم از انسان‌ها و هم از محیط‌زیست حفاظت می‌کنند.

این پژوهش نیز همانند سایر مطالعات مروری با محدودیت‌هایی همراه است. نخست، بخش عمده اطلاعات موجود درباره پیامدهای محیط‌زیستی جنگ مبتنی بر مطالعات موردی در کشورهای خاص بوده و هنوز مطالعات مقایسه‌ای گسترده در مقیاس جهانی محدود است. دوم، به دلیل شرایط امنیتی، محدودیت دسترسی به مناطق جنگی و تخریب زیرساخت‌های پایش محیط‌زیست، جمع‌آوری داده‌های دقیق و بلندمدت در بسیاری از مناطق امکان‌پذیر نیست. همچنین، تفکیک آثار مستقیم جنگ از سایر عوامل مؤثر بر تخریب محیط‌زیست، مانند تغییرات اقلیمی، توسعه صنعتی، رشد جمعیت و ضعف حکمرانی، همواره با دشواری همراه است. علاوه بر این، به دلیل نبود نظام یکپارچه گزارش‌دهی درباره انتشار آلاینده‌ها و گازهای گلخانه‌ای ناشی از فعالیت‌های نظامی، برآورد دقیق سهم بخش نظامی در تخریب محیط‌زیست همچنان با عدم قطعیت روبه‌رو است. با توجه به یافته‌های این پژوهش، پیشنهاد می‌شود مطالعات آینده به سمت انجام پژوهش‌های میان‌رشته‌ای با استفاده از فناوری‌های نوین مانند سنجش از دور، تصاویر ماهواره‌ای، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی^۱ (GIS) و مدل‌های ارزیابی محیط‌زیستی حرکت کنند تا امکان پایش دقیق‌تر آثار جنگ بر اکوسیستم‌ها فراهم شود. همچنین انجام مطالعات تطبیقی میان مناطق مختلف درگیر جنگ

^۲ Life Cycle Assessment

^۳ Environmental Impact Assessment

^۴ Strategic Environmental Assessment.

^۱ Geographic Information System

- West Bank and Gaza. International Affairs. 2019;95(2):319-40.
- [2] Dwyer JH, Flesch-Janys D. Agent Orange in Vietnam. American Journal of Public Health. 1995;85(4):476.
- [3] Stellman JMSSDCRWT, Tomasallo C. The extent and patterns of usage of Agent Orange and other herbicides in Vietnam. Nature. 2003;422(6933):681-687.
- [4] Westing AH. Arthur H. Westing: Pioneer on the Environmental Impact of War. Springer Science & Business Media. 2012;20.
- [5] Bazzi WAFAGNAHLPDOASG. Heavy metal toxicity in armed conflicts potentiates antimicrobial resistance in *Acinetobacter baumannii* by selecting for antibiotic and heavy metal co-resistance mechanisms. Frontiers in Microbiology. 2020;11:68.
- [6] Hamad RBH, Kolo K. Assessment of heavy metal release into the soil after mine clearing in Halgurd-Sakran National Park, Kurdistan, Iraq. Environmental Science and Pollution Research. 2019;26(2):1517-1536.
- [7] Steiner A. Sudan: Post-Conflict Environmental Assessment. UN Environment Program. 2007.
- [8] Fedchenko V. NUCLEAR SECURITY DURING ARMED CONFLICT: LESSONS FROM UKRAINE. Stockholm International Peace Research Institute. 2022.
- [9] Vyshnevskiy V, Shevchuk S, Komorin V, Oleynik Y, Gleick P. The destruction of the Kakhovka dam and its consequences. Water international. 2023;48(5):631-47.
- [10] Unruh J, Williams RC. Land: A foundation for peacebuilding. Land and post-conflict peacebuilding. 2013;1-20.
- [11] Hendrix CS, Glaser SM. Civil conflict and world fisheries, 1952-2004. Journal of Peace Research. 2011;48(4):481-495.
- [12] Jama OM, Liu G, Diriye AW, Yousaf B, Basiru I, Abdi AM. Participation of civil society in decisions to mitigate environmental degradation in post-conflict societies: evidence from Somalia. Journal of Environmental
- مشارکت سازمان‌های بین‌المللی، دولت‌ها و نهادهای مالی به‌منظور تأمین منابع لازم برای پاکسازی، بازسازی و احیای اکوسیستم‌ها.
۵. اجرای برنامه‌های جامع احیای اکوسیستم‌های آسیب‌دیده شامل جنگل‌کاری، بازسازی زیستگاه‌ها، احیای تالاب‌ها، کنترل فرسایش خاک، پاکسازی منابع آب و حذف آلاینده‌های ناشی از مهمات و مواد شیمیایی.
۶. کاهش وابستگی نیروهای نظامی به سوخت‌های فسیلی و توسعه فناوری‌های نظامی کم‌کربن از طریق استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، بهینه‌سازی مصرف انرژی و بهره‌گیری از تجهیزات و وسایل نقلیه با آلایندگی کمتر.
۷. پاکسازی و مدیریت ایمن بقایای جنگ شامل مین‌ها، مهمات عمل‌نکرده، فلزات سنگین، مواد منفجره و آلاینده‌های شیمیایی، به‌منظور کاهش مخاطرات بلندمدت برای سلامت انسان و محیط‌زیست.
۸. تقویت همکاری‌های منطقه‌ای و بین‌المللی در زمینه مدیریت منابع طبیعی مشترک، حفاظت از تنوع زیستی و اجرای پروژه‌های مشترک بازسازی محیط‌زیست در مناطق مرزی و آسیب‌دیده از جنگ.
۹. افزایش آگاهی عمومی و آموزش نیروهای نظامی، مدیران و تصمیم‌گیران درباره پیامدهای محیط‌زیستی جنگ و ضرورت رعایت اصول حفاظت از محیط‌زیست در برنامه‌ریزی و اجرای عملیات نظامی.
۱۰. گسترش پژوهش‌های میان‌رشته‌ای و ایجاد بانک‌های اطلاعاتی جامع درباره پیامدهای محیط‌زیستی جنگ با هدف پایش بلندمدت تغییرات اکولوژیک، ارزیابی انتشار گازهای گلخانه‌ای، بررسی اثرات بر سلامت انسان و ارائه راهکارهای مبتنی بر شواهد برای سیاست‌گذاری و مدیریت محیط‌زیست.

۷. مراجع

- [1] Weinthal E, Sowers J. Targeting infrastructure and livelihoods in the

- [23] Mhanna S, Brunner P. Using machine learning and remote sensing to track land use/land cover changes due to armed conflict. *Science of the Total Environment*. 2023;898:165600.
- [24] Van Meirvenne M, Meklit T, Verstraete S, De Boever M, Tack F. Could shelling in the First World War have increased copper concentrations in the soil around Ypres?. *European Journal of Soil Science*. 2008;59(2):372-9.
- [25] Daskin JH, Pringle RM. Warfare and wildlife declines in Africa's protected areas. *Nature*. 2018;553(7688):328-332.
- [26] Lotufo GR, George RD, Belden JB, Woodley C, Smith DL, Rosen G. Release of munitions constituents in aquatic environments under realistic scenarios and validation of polar organic chemical integrative samplers for monitoring. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 2019;38(11):2383–2391. DOI:10.1002/etc.4553.
- [27] Hernández CPH, Jaffee D. Without food there is no resistance: The impact of the Zapatista conflict on agrobiodiversity and seed sovereignty in Chiapas, Mexico. *Geoforum*. 2022;128:236-250.
- [28] Krampe FHF, VanDeveer SD. Sustaining peace through better resource governance: Three potential mechanisms for environmental peacebuilding. *World Development*. 2021;144:105508.
- [29] Buhaug H, Von Uexkull N. Vicious circles: violence, vulnerability, and climate change. *Annual review of environment and resources*. 2021;46(1):545-568.
- [30] Trigt EV. Legal definition of ecocide drafted by independent expert panel. 2021.
- [31] Minkova LG. Ecocide, sustainable development and critical environmental law insights. *Journal of International Criminal Justice*. 2024;22(1):81-97.
- [32] Higgins P, Short D, South N. Protecting the planet: A proposal for a law of ecocide. *Crime, Law and Social Change*. 2013;59(3):251-66.
- Planning and Management. 2020;63(9):1695-715.
- [13] Baumann M, Kuemmerle T. The impacts of warfare and armed conflict on land systems. *Journal of Land Use Science*. 2016;11(6):672-688. DOI:10.1080/1747423X
- [14] Dinc P, Eklund L. Syrian farmers in the midst of drought and conflict: The causes, patterns, and aftermath of land abandonment and migration. *Climate and Development*. 2024;16(5):349-362.
- [15] Heidarlou HB, Shafiei AB, Erfanian M, Tayyebi A, Alijanpour A. Armed conflict and land-use changes: Insights from Iraq-Iran war in Zagros forests. *Forest Policy and Economics*. 2020;118:102246.
- [16] Eklund L, Degerald M, Brandt M, Prishchepov AV, Pilesjö P. How conflict affects land use: agricultural activity in areas seized by the Islamic State. *Environmental Research Letters*. 2017;12(5):054004.
- [17] Reuveny R. Climate change-induced migration and violent conflict. *Political Geography*. 2007;26(6):656-673.
- [18] Rajaeifar, M. A., Belcher, O., Parkinson, S., Neimark, B., Weir, D., Ashworth, K., ... & Heidrich, O. Decarbonize the military—mandate emissions reporting. *Nature*. 2022;611(7934), 29-32.
- [19] Shumilova O. Environmental effects of the Kakhovka dam destruction by warfare in Ukraine. *Science*. 2025;387:1181-1186.
- [20] Solokha M. Russian-Ukrainian war impacts on the environment: Evidence from field observations of soil properties and remote sensing. *Science of the Total Environment*. 2023;902:166122.
- [21] Zeitoun M, Cordoba J. Urban warfare ecology: A study of water supply in Basrah. *International Journal of Urban and Regional Research*. 2017;41(6):904-925.
- [22] Tignino M, Kebebew T. The legal protection of freshwater resources and related installations during warfare. *Journal of International Criminal Justice*. 2022;20(5):1191-1228.

- ai/?doing_wp_cron=1710507917.080483
9134216308593750. 2022.
- [44] Park JKS, Suh K. A comparative analysis of the environmental benefits of drone-based delivery services in urban and rural areas. *Sustainability*. 2018;10(3):888.
- [45] Quamar MMARBKKS, El Ferik S. Advancements and applications of drone-integrated geographic information system technology: A review. *Remote Sensing*. 2023;15(20).
- [46] CEOBS. The environmental consequences of the use of armed drones. *Conflict and Environment Observatory*. 2017.
- [47] Gleditsch NP. Armed conflict and the environment. In *Handbook of the International Political Economy of the Environment* (pp. 81-103). 2015.
- [48] Abrahams D. From rhetoric to response: Climate change, conflict, and development in Karamoja, Uganda. *University of South Carolina*. 2018.
- [49] Leal Filho W, Eustachio JH, Fedoruk M, Lisovska T. War in Ukraine: an overview of environmental impacts and consequences for human health. *Frontiers in Sustainable Resource Management*. 2024;3:1423444.
- [50] Machlis GE, Hanson T. Warfare ecology. In *NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security* (pp. 33-40). 2011.
- [51] CEOBS. Global messages marking #EnvConflictDay 2023. *Conflict and Environment Observatory*. Available at: <https://ceobs.org/global-messages-markingenvconflictday-2023/>.
- [52] Kroening KKERNRDDWSA, Caruso JA. Chemical warfare agent degradation products. In *Analysis of Chemical Warfare Degradation Products*. 2011.
- [53] Christian HM. The main drivers of biodiversity loss: A brief overview. *Journal of Ecology and Natural Resources*. 2023;7(3).
- [54] Olson KR, Morton LW. Long-term fate of Agent Orange and dioxin TCDD contaminated soils and sediments in Vietnam hotspots. *Open Journal of Soil Science*. 2019;9(1):1-34.
- [33] Panigaj J, BERNĂ KOVĂE. Ecocide: A new crime under international law? *Juridical Tribune*. 2023; 13(1):5-20.
- [34] Fleming S. What is ecocide and which countries recognize it in law?. In *World Economic Forum*. <https://www.weforum.org/stories/2021/08/ecocide-environmental-harm-internationalcrime> 2021 Aug 30.
- [35] Arifin R. Ecocide as the serious crime: A discourse on global environmental protection. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2024;1355(1):012004. DOI:10.1088/1755-1315/1355/1/012004.
- [36] Terms F. Ecological effects of the Vietnam War. *Journal of the American Planning Association*. 2016;38(5):297-307.
- [37] Mach KJKCMAWNBHBMFJD. Climate as a risk factor for armed conflict. *Nature*. 2019;571(7764):193-197.
- [38] Racioppi F. The impact of war on the environment and health: Implications for readiness, response, and recovery in Ukraine. *The Lancet*. 2022;400(10356):871-873.
- [39] Qumsiyeh MB. Impact of the Israeli military activities on the environment. *International Journal of Environmental Studies*. 2024;81(2):977-992.
- [40] Lawrence M, Cooke SJ. The effects of modern war and military activities on biodiversity and the environment. *Environmental Reviews*. 2015;23(4):443-460.
- [41] Akhundov R. The environmental consequences of military activity. *ResearchGate*. 2024.
- [42] Harari S, Annesi-Maesano I. The war in Ukraine is an environmental catastrophe. *International Journal of Tuberculosis and Lung Disease*. 2023 Feb 1;27(2):94-5.
- [43] Teeratanabodee W. The environmental impact of military AI. *RSIS (039)*. Available at: <https://www.rsis.edu.sg/rsis-publication/idss/ip22039-the-environmentalimpact-of-military->

- [66] Corredor DDJFFJMM, Guerron E. Review of explosive contamination and bioremediation: Insights from microbial and bio-omic approaches. *Toxics*. 2024;12(4):249.DOI:10.3390/toxics12040249
- [67] Lin L, Yang H, Xu X. Effects of water pollution on human health and disease heterogeneity: a review. *Frontiers in environmental science*. 2022;10:880246.
- [68] Mammadov SLSSOKH, Trybrat R. Collateral ecocide: The impact of war on Ukrainian flora and fauna. *International Journal of Environmental Studies*. 2024;81(1):446-454.
- [69] Petrea NGRPAPRBGOP. Experimental survey regarding dangerous chemical compounds from military training grounds affecting military health and the environment. *Revista de Chimie*. 2018;69(7):1640-1644.
- [70] Hosseini-Khalili AHDDMESMKSJR. Mustard gas exposure and carcinogenesis of lung. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*. 2009; 678(1), 1-6.
- [71] Levy BS, Sidel VW. Terrorism. In *International Encyclopedia of Public Health* (pp. 152-157). 2016.
- [72] Brzeziński TCMNAJGDDDDDB. The effects of chemical warfare agent Clark I on the life histories and stable isotope composition of *Daphnia magna*. *Environmental Pollution*. 2020;266:115142.
- [73] Medvedeva NPYKIOO, Zharikov G. The effect of mustard gas on the biological activity of soil. *Environmental Research*. 2008;106(3):289-295.
- [74] Preethi BSTKD, G. P. Human health risks due to exposure to water pollution: A review. *Water*. 2023; 15(14).
- [75] Linden OJA, Egerup J. The environmental impacts of the Gulf war 1991. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis. IR-04-019. 2004.
- [76] Klem EBS, Milanovic M. Ecological consequences of warfare. *Vojno Delo*. 2017;69(4):126-133.
- [55] Rist L, Norström A, Queiroz C. Biodiversity, peace and conflict: understanding the connections. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 2024;68:101431.
- [56] Linden O, Jernelov A, Egerup J. The environmental impacts of the Gulf War 1991. Interim Reports. International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), pp xi. 2004;82.
- [57] Van Solinge TB. Deforestation crimes and conflicts in the Amazon. In *Transnational Environmental Crime* (pp. 205-219). 2018.
- [58] Bautista-Céspedes OVWLCNA, Groen TA. The effects of armed conflict on forest cover changes across temporal and spatial scales in the Colombian Amazon. *Regional Environmental Change*. 2021;21:70.DOI:10.1007/s10113-021-01770-6
- [59] Santini AMGRDM, Liebhold AM. Collateral damage: Military invasions beget biological invasions. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2023;21(10):469-478.
- [60] McNeely JA. Conserving forest biodiversity in times of violent conflict. *Oryx*. 2003;37(2):142-152.
- [61] Sheoran V. Soil reclamation of abandoned mine land by revegetation: A review. 2010.
- [62] Nations U, Programme E. Mesopotamian marshlands: Demise of an ecosystem. United Nations Environment Programme. 2001.
- [63] Nikolić GVFGJIA, Valjarević A. Modelling wildfire susceptibility in different climate zones in Montenegro using GIS-MCDA. *Atmosphere*. 2023;14(6):929.
- [64] Abbara A, Zakieh O, Rayes D, Collin SM, Almhawish N, Sullivan R, Aladhan I, Tarnas M, Whalen-Browne M, Omar M, Tarakji A. Weaponizing water as an instrument of war in Syria: impact on diarrhoeal disease in Idlib and Aleppo governorates, 2011–2019. *International Journal of Infectious Diseases*. 2021;108:202-8.
- [65] EPA. Emerging contaminants: 2,4,6-Trinitrotoluene (TNT). 2011.

- International Conference on Health, Engineering and Applied Sciences (pp. 83-98). 2024.
- [89] Haq SMPABRWAEAM, El- Ansary HO. Integrating traditional ecological knowledge into habitat restoration: Implications for meeting forest restoration challenges. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*. 2023;19(1).
- [90] Fontaine R. Strengthening environmental resilience in conflict zones: Analysis of UNEA-6 resolution and the PERAC principles. 2024.
- [91] Barbier EBHSDKCKEWSAC, Silliman BR. The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecological Monographs*. 2011; 81(2), 169-193.
- [92] Hughes TPKJTLNMLRJAKDBAH. Global warming and recurrent mass bleaching of corals. *Nature*. 2017;543(7645):373-377.
- [93] Landrigan PJSJFLEADADMBLC. Human health and ocean pollution. *Annals of Global Health*. 2020;86(1):151-164.
- [94] Van Dam JWNAP, Mueller JF. Chemical pollution on coral reefs: Exposure and ecological effects. In *Ecological Impacts of Toxic Chemicals* (pp. 187-211). 2011.
- [95] Diaz RJ, Rosenberg R. Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems. *Science*. 2008;321(5891):926-929.
- [96] Singh RPCNSM, Bharti S. Ecotoxicology and its impact on ecosystem: A review. *Agricultural Reviews*. 2021;42:450-454.
- [97] Administration, N. O. and A. Oil spills in coral reefs,. *US Department of Commerce*. 2010:1-80.
- [98] Ados Santos FDHASGRCT, Da C. CRM. Impact of oil spills on coral reefs can be reduced by bioremediation using probiotic microbiota', *Scientific Reports*. *Nat. Publ.* 2015:1-11.
- [99] Brauer J. War and nature: The environmental consequences of war in a globalized world. 2016.
- [77] Hassoun A. Introduction to Gaza's War: Unprecedented toll on life and nature. In *War on Gaza: Consequences on Sustainability and Global Security* (pp. 1-13). Springer. 2025.
- [78] World Health Organization. White phosphorus. 2024.
- [79] Zubkova MGLMLHJVH, Ellicott E. Conflict and climate: Drivers of fire activity in Syria in the twenty-first century. *Earth Interactions*. 2021;25(1):119-135.
- [80] Bowman DMJSBJAPBWJCMADACM. The human dimension of fire regimes on Earth. *Journal of Biogeography*. 2011;38(12):2223-2236.
- [81] Gleick PH. Water, drought, climate change, and conflict in Syria. *Weather, Climate, and Society*. 2014;6(3):331-340.
- [82] Onishi Y. Fukushima and Chernobyl nuclear accidents: Environmental assessments and U.S. Hanford Site waste management. *Procedia IUTAM*. 2014;10:372-381.
- [83] Yousif RCMIAS, Ahmed Q. Bioaccumulation of heavy metals in fish and other aquatic organisms from Karachi Coast, Pakistan. *Nusantara Bioscience*. 2021;13(1):73-84.
- [84] Broomandi PGMKJR, Karaca F. Soil contamination in areas impacted by military activities: A critical review. *Sustainability*. 2020;12(21):9002.
- [85] Khoshnood Z. Effects of environmental pollution on fish: A short review. *Transylvanian Review of Systematical and Ecological Research*. 2017;19(1):49-60.
- [86] Brooks AC. The adverse effects of contaminants on predator-prey interactions: Implications for ecological risk assessment. 2015.
- [87] Sara DLWMSTJ, DeVogd AAD. Developmental polychlorinated biphenyl exposure influences adult zebra finch reproductive behavior. *PLoS ONE*. 2020;15(3).
- [88] Seren E, Celekli A. Biodiversity loss: A global issue threatening ecological balance. In *Proceedings of the 7th*

- [110] Bar S, Dhara S, Madhu NR, Mandal B, Sarkar B, Ghorai SK. Root causes of biodiversity loss with special reference to India. A Basic Overv. Environ. Sustain. Dev. 2023;1-34.
- [111] Parkinson S. How big are global military carbon emissions?. Australian Socialist. 2023;29(2/3):27-8.
- [112] Boucher DRS, Fitzhugh E. Brazil's success in reducing deforestation. Trop. Conservation Sci. 2013;6 (3): 426- 445. DOI:10.1177/194008291300600308
- [113] Forsyth T, Schomerus M. Climate change and conflict: A systematic evidence review. London School of Economics and Political Science. 2013.
- [114] Stefanik K. The environment and armed conflict. Employing general principles to protect the environment. 2017:93-118.
- [115] Parkinson S. Estimating the military's global greenhouse gas emissions. Conflict and Environment Observatory. 2022.
- [116] Ahmad NB. Military climate emissions. Nevada Law Journal. 2023;24:845.
- [117] Davis L. The environmental effects of war. Fordham University Press. 2020.
- [118] Sterio M. Crimes against the environment, ecocide, and the International Criminal Court. Case Western Reserve Journal of International Law. 2024; 56(1).
- [119] Puleo VL. A new international crime of ecocide? University of Bologna Law Review. 2021; 6(2):163-169.
- [120] Palarczyk D. Ecocide Before the International Criminal Court: Simplicity is Better Than an Elaborate Embellishment: D. Palarczyk. In Criminal Law Forum 2023 Jun (Vol. 34, No. 2, pp. 147-207). Dordrecht: Springer Netherlands.
- [121] Report on training and specialisation in environmental law. 2019.
- [122] Ruggie JG. Business and human rights: The evolving international legal framework. Business and Human Rights Journal. 2020;5(1):1- 20.
- [100] Emurotu JE, Onianwa PC. Bioaccumulation of heavy metals in soil and selected food crops cultivated in Kogi State, north central Nigeria. Environmental Systems Research. 2017;6(1):21-29.
- [101] Smith TC, Heller JM, Hooper TI, Gackstetter GD, Gray GC. Are Gulf War veterans experiencing illness due to exposure to smoke from Kuwaiti oil well fires? Examination of Department of Defense hospitalization data. American journal of epidemiology. 2002;155(10):908-17.
- [102] Zalakeviciute RMDAHBXYLB. War impact on air quality in Ukraine. Sustainability. 2022;14(21):13832.
- [103] Meng XLBLCZZCJHH. Abrupt exacerbation in air quality over Europe after the outbreak of the Russia-Ukraine war. Environment International. 2023;178:108120.
- [104] Malarvizhi ASHSSJHTMKMRJT. The spatial dynamics of Ukraine air quality impacted by the war and pandemic. International Journal of Digital Earth. 2023;16(1):3680-3705.
- [105] Kim K, Garcia TF. Climate change and violent conflict in the Middle East and North Africa. International Studies Review. 2023;25(4):viad053.
- [106] Griscom BWAJEPWHRALGMDA. Natural climate solutions. Proceedings of the National Academy of Sciences. 2017;114(44):11645-11650.
- [107] Baumann MRVCAV, Kuemmerle T. Land-use change in the Caucasus during and after the Nagorno-Karabakh conflict. Regional Environmental Change. 2015;15(8):1703-1716.
- [108] Gassan-zade O. UN approves carbon market safeguards to protect environment and human rights. 2024. <https://witnessradio.org/un-approves-carbon-market-safeguards-to-protect-environment-and-human-rights/>
- [109] Neimark B. Confronting military greenhouse gas emissions. In Interactive policy. London, UK: Brief. URL: <https://www.planetarysecurityinitiative.org/news/confronting-military-greenhouse-gasemissions>. 2024.

- [135] IIRC. Chair's summary report of state expert meeting on international humanitarian law: Protecting the environment in armed conflicts. International Review of the Red Cross. 2023;105(924):1758-1759.
- [136] Dorsouma A, Bouchard MA. Armed conflicts in Africa and environmental intelligence for sustainability. Qeios. 2023.
- [137] UNDP. A framework for inclusive planning and financing to support green transition in the Arab States region. 2023.
- [138] Ministry of Local Government. National local government capacity building policy (nlgbp). 2013.
- [139] UNEA-6. UNEA-6 passes resolutions on environmental assistance and recovery in areas affected by armed conflict. 2024.
- [140] Hryhorczuk DLBSPMKOBNA. The environmental health impacts of Russia's war on Ukraine. Journal of Occupational Medicine and Toxicology. 2024;19(1):1-14.
- [141] Tomchenko OVKA VSNASAYLAYMI. Assessment and monitoring of fires caused by the war in Ukraine on a landscape scale. Journal of Landscape Ecology. 2023;16(2):76-97.
- [142] Jensen D, Lonergan S. Natural resources and post-conflict assessment, remediation, restoration, and reconstruction: Lessons and emerging issues. Assessing and restoring natural resources in post-conflict peacebuilding. 2012:411-61.
- [143] Quiroga S, Suárez C, Hernanz V, Aguiño JE, Fernández-Manjarrés JF. Analysing post-conflict policies to enhance socio-ecological restoration among black communities in Southern Colombia: Cacao cropping as a win-win strategy. Forest Policy and Economics. 2024;1;163:103198.
- [144] Matta GBG, Singh VR. Biodiversity and sustainable development: A review. International Journal of Environmental Rehabilitation and Conservation. 2011;2:72-80.
- [123] Federal Aviation Administration. Environmental review and public involvement for drone operations. 2024.
- [124] Ruggie JG. Business and human rights: the evolving international agenda. American Journal of International Law. 2007 Oct;101(4):819-40.
- [125] Minkova LG. The fifth international crime: Reflections on the definition of ecocide. Journal of Genocide Research. 2023;25(1):62-83.
- [126] Moribe CMPFDL, Franca NPCD. Ecocide: A new challenge for international criminal law and humanity. Journal of International Criminal Law. 2023;4(1):28-40.
- [127] Mwanza R. Enhancing accountability for environmental damage under international law: Ecocide as a legal fulfilment of ecological integrity. Melbourne Journal of International Law. 2018;19(2):586-613.
- [128] Hasic T, Trigran C. Reconstruction planning in post conflict zones. Institute of technology. 2004.
- [129] Bruch C, Muffett C. Natural resources and post-conflict governance: Building a sustainable. Governance, natural resources and post-conflict peacebuilding. 2016:1.
- [130] UNEP. Integrated approaches to sustainable infrastructure. 2019.
- [131] Uwiringiyimana E, Gitahi N. Effect of monitoring and evaluation on project goals in non-governmental organizations. Strategic Journal of Business and Change Management. 2022;9(4).
- [132] Wirtu YD, Abdela U. Impact of war on the environment: ecocide. Frontiers in Environmental Science. 2025;13:1539520.
- [133] Group of Experts. Proposed definition of ecocide. 2021.
- [134] Kovalenko VKYKMPO, Korshykova T. International and national mechanisms combating ecosystem damage and environmental crimes to foster sustainable development. Grassroots Journal of Natural Resources. 2024;7(2):63-82.

- [149] Bothe M. Protection of the environment in relation to armed conflict-50 years of effort, and no end in sight. *Environmental Security*. 2023;1(1-2):24-35.
- [150] Sziebig OJ. The crime of ecocide through a human rights approach. *Acta Humana*. 2024;12(2):75-89.
- [151] Tolochko SBN, Les T. Features of formation of environmental competence of education seekers in the context of preventing environmental pollution during war. *ScienceRise: Pedagogical Education*. 2022;3(3):4-10.
- [152] Smit H. Developing military environmental literacy in the South African Army through a dedicated military environmental management course. *Scientia Militaria*. 2020;48(1):75-96.
- [153] Tarkhani H. Guns, bombs, and pollution: Unraveling the nexus between warfare, terrorism, and ecological devastation in Iraq. *Journal of Social Encounters*. 2024;8(1):29-48.
- [145] Meepegamage SW, Rathnathilake AT, Premarathna M, Seneviratne G. Reinstating microbial diversity in degraded ecosystems for enhancing their functioning and sustainability. In *Microbial Technology for Sustainable Environment 2021 Sep 30* (pp. 235-246). Singapore: Springer Singapore.
- [146] Adebayo WG. Resilience in the face of ecological challenges: Strategies for integrating environmental considerations into social policy planning in Africa. *Sustainable Development*. 2025;33(1):203-20.
- [147] Cheng C, Li F. Ecosystem restoration and management based on nature-based solutions in China: Research progress and representative practices. *Nature-Based Solutions*. 2024 Dec 1;6:100176.
- [148] Easterday JS, Ivanhoe H. Conflict, cash, and controversy: Environmental protection and transitions from conflict to peace. In *Environmental Protection and Transitions from Conflict to Peace*. 2017.

The Environmental Footprint of War: A Comprehensive Review of the Environmental Consequences of Armed Conflicts and Strategies for Mitigating Ecological Damage

Mahjabin Radaei^{1*}

1- Corresponding Author: Assistant Professor, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran

ARTICLE INFO

Article history:

Article Type: Research paper

Received: 11 Oct 2026

Received in revised form: 7 May 2026

Accepted: 2026/10/09

Available online: 2026/10/13

*Correspondence:

m.radaei@maragheh.ac.ir

Keywords:

War;

Environment;

Ecocide;

Armed Conflicts;

Sustainable Development

ABSTRACT

Armed conflicts are among the most significant drivers of environmental degradation and major threats to global ecosystem stability. The environmental consequences of warfare extend far beyond the duration of active hostilities; through persistent soil, water, and atmospheric pollution, habitat destruction, and the disruption of essential ecosystem services, these impacts endure for decades post-conflict. Despite the increasing prominence of this issue in environmental and international legal discourses, comprehensive studies providing an integrated analysis of these multifaceted impacts remain limited. Consequently, this research aims to elucidate the critical environmental consequences of armed conflicts and propose strategic frameworks to mitigate ecocide and conflict-induced environmental damage. Adopting a qualitative review methodology, this study utilizes library-based research and systematic analysis of scholarly articles, scientific reports, and authoritative documents published over the past 25 years. The findings reveal that military activities, in addition to direct ecosystem destruction, contribute to long-term environmental degradation, reduced carbon sequestration capacity, destruction of vital infrastructure, and the significant attenuation of ecological resilience. Furthermore, the growing recognition of ecocide as an international crime reflects a paradigm shift in environmental law and an intensified global emphasis on accountability. Ultimately, this study emphasizes the necessity of integrating environmental considerations into military planning, developing binding international legal frameworks, strengthening environmental impact assessments, and expanding international cooperation to mitigate the destructive impacts of warfare and achieve sustainable development.