



تنوع زیستی، ستون امنیت ملی

اسکندر زند^{۱*}، زینب حسین نژاد^۲، ریحانه زند^۳

مقدمه

نخست، مسائل اکولوژیکی از مرزهای اداری و ملی فراتر می‌روند و به‌طور ذاتی جهانی هستند. دوم، حل مشکلات بوم‌شناسی و تأمین امنیت محیط‌زیستی پیش‌شرط مهم و ضروری برای حل مشکلات اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و سایر مسائل کشور است. سوم، بحران بوم‌شناختی می‌تواند از نظر مقیاس و پیامدها، خطرناک‌تر از بحران‌های سیاسی، نظامی، اقتصادی، مالی یا اطلاعاتی باشد و مذاکره در مورد آن ممکن است سال‌ها یا حتی قرن‌ها به طول بیانجامد. چهارم، چندبعدی بودن، پیچیدگی، مقیاس بزرگ و عمق مشکلات بوم‌شناختی، امنیت بوم‌شناختی را یکی از مهم‌ترین موارد در شرایط کنونی توسعه کشور قرار می‌دهد (Skiter *et al.*, 2015).

این مقاله تلاش می‌کند ارتباط میان تنوع زیستی و امنیت ملی را بررسی کند و نشان دهد، چگونه حفاظت از این منابع می‌تواند به تقویت امنیت ملی کشورهای مختلف کمک کند. در این رابطه، ابتدا به تعریف تنوع زیستی و ابعاد آن پرداخته می‌شود، سپس خدمات اکوسیستمی ناشی از تنوع زیستی و نحوه ارتباط آنها با امنیت ملی بررسی خواهد شد.

تعریف تنوع زیستی و ابعاد آن

تنوع زیستی از واژه یونانی بیوس (bios) به معنی حیات و واژه لاتین دیورسوس (Diversus) به معنی تنوع منشأ می‌گیرد. این واژه، اولین بار توسط ویلسون در سال ۱۹۸۸ مطرح شد. به نقل از Long و همکاران (۲۰۰۰) تنوع زیستی به همه اشکال زنده حیوانات، گیاهان و ریزموجودات (میکروارگانیسم‌ها) اطلاق می‌شود، به عبارت دیگر تنوع زیستی به تمامی موجودات زنده و روابط متقابل بین آنها اشاره دارد. ابعاد تنوع زیستی، در سه سطح مختلف بررسی می‌شوند (زند و همکاران، ۱۴۰۰).

الف) تنوع ژنتیکی

به تغییرات ژنتیکی از جمله تفاوت‌های DNA بین افراد یک

تنوع زیستی شامل همه گونه‌های جانوری و گیاهی، قارچ‌ها، میکروارگانیسم‌ها (ریزسازواره) و دیگر اشکال حیات به همراه همه تنوع و گوناگونی موجود درون یک گونه است. تنوع زیستی شامل تنوع موجود در بوم‌سازگان‌ها نیز می‌شود (مبارکی و همکاران، ۱۴۰۳).

کنوانسیون بین‌المللی تنوع زیستی (Convention on Biological Diversity/ CBD)، تنوع زیستی را تنوع همه اشکال متنوع موجودات زنده از همه منابع، از جمله بوم‌سازگان‌های خشکی، دریایی و سایر بوم‌سازگان‌های آبی و مجموعه‌های بوم‌شناختی، که این موجودات بخشی از آنها هستند، تعریف می‌کند، که شامل تنوع درون گونه‌ها، تنوع بین گونه‌ها و تنوع بوم‌سازگان‌هاست (زند و همکاران، ۱۳۹۹). تنوع زیستی منعکس‌کننده تعادل طبیعی همیشه در حال تغییری است که طی میلیاردها سال تکامل یافته است (Waterhouse *et al.*, 2024) و به زندگی و فرایندهای طبیعی اشاره دارد که همه اشکال زندگی را پشتیبانی و به هم متصل می‌کنند (Mashingaidze, 2014). تنوع زیستی پایه اساسی رفاه انسان را تشکیل می‌دهد و نیازهای ضروری از امنیت غذایی و سلامت تا پزشکی، انرژی پایدار و توسعه فرهنگی را پشتیبانی می‌کند (Stikhina *et al.*, 2024).

مفهوم امنیت ملی اساساً بر سه عنصر اصلی بنا شده است: منافع، تهدیدات و حفاظت. در میان انواع مختلف امنیت که امنیت ملی را تشکیل می‌دهند، امنیت محیط‌زیستی جایگاه ویژه‌ای دارد (Haas *et al.*, 2014). امنیت محیط‌زیستی به مطالعه پایه‌های بوم‌شناختی تمدن ما اشاره دارد و به دنبال روش‌هایی برای تضمین توسعه پایدار است. در اصل، این بخش، اکوسیستم‌ها و گونه‌ها را به عنوان نقاط مرجع اصلی در نظر می‌گیرد. این بخش، چهارچوب آلودگی، گرمایش جهانی و تخریب زیستگاه را به عنوان تهدیدات اصلی برای امنیت در نظر می‌گیرد (Mendes *et al.*, 2022). امنیت محیط‌زیستی، به چند دلیل کلیدی اهمیت ویژه‌ای دارد.

* نویسنده مسئول، استاد پژوهش، بخش تحقیقات علف‌های هرز، مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران، پست الکترونیک: eszand@yahoo.com

۲- دانشجوی دکتری ارزیابی و آمایش سرزمین، گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

۳- دانشجوی بیولوژی دانشگاه ماربورگ آلمان

جمعیت یا گونه اشاره دارد و تداوم و پتانسیل تکاملی گونه‌ها به آن وابسته است (Kershaw, 2024). این تنوع، منبع اساسی تنوع زیستی را نمایان می‌کند و تغییراتی را که در جمعیت‌های یک گونه خاص وجود دارد، کمی می‌کند (Poczai et al., 2012)

ب) تنوع گونه‌ای

به‌عنوان تعداد گونه‌های مختلف در یک جامعه یا منطقه معین تعریف می‌شود و نمایانگر کلیت و تنوع حیات روی زمین است (Ogunkun- le et al., 2019). این تنوع در سطوح مختلف از ژن‌های درون جانداران تا تنوع بین گونه‌ها و اکوسیستم‌های پیچیده ظاهر می‌شود (Escandón, 2022).

ج) تنوع اکوسیستمی

به تنوع زیستگاه‌ها، اکوسیستم‌ها، جوامع زیستی و فرایندهای اکولوژیکی در زیست‌کره اشاره دارد (Medhi et al., 2021). این مفهوم، مجموعه پیچیده‌ای را از گونه‌ها و محیط‌های فیزیکی آنها، نقش‌های اکولوژیکی اجزای زیستی در محیط‌زیست، الگوهای ترکیب گونه‌ها بر اساس منطقه، گروه‌بندی گونه‌ها در مناطق مشخص، فرایندها و تعاملات در اکوسیستم و بین اکوسیستم‌ها دربرمی‌گیرد (Guamba, 2017).

نقش تنوع زیستی در پایداری اکوسیستم‌ها

اهمیت روزافزون تنوع زیستی به‌خاطر نقش آن در حفظ ثبات اکوسیستم مهم است. در یک اکوسیستم، هر چه تنوع گونه‌ای بیشتر باشد، زنجیره‌های غذایی، طولانی‌تر، شبکه‌های حیاتی، پیچیده‌تر و در نتیجه محیط، پایدارتر می‌شود و از شرایط خودتنظیمی بیشتری برخوردار خواهد بود (مجبایی و همکاران، ۱۴۰۰). اکوسیستم‌هایی که تنوع زیستی بالایی دارند، پایداری اکولوژیکی و تولید بیشتری نیز دارند (Widdicombe et al., 2002). تنوع زیستی با تأثیر بر فرایندهای اکوسیستم مانند تولید زیست‌توده توسط گیاهان، چرخه مواد مغذی و آب و تشکیل و حفظ خاک، به‌طور غیرمستقیم از تولید غذا، الیاف، آب آشامیدنی، سرپناه و داروها پشتیبانی می‌کند. ارتباط بین تنوع زیستی و خدمات اکوسیستم در سال‌های اخیر توجه فزاینده‌ای را در ادبیات علمی به خود جلب کرده است (Kremen, 2005).

خدمات اکوسیستمی ناشی از تنوع زیستی

تنوع زیستی پایه و اساس اکوسیستم‌ها و خدماتی است که ارائه می‌دهند، که همه مردم بدون آنکه متوجه شوند، به‌طور اساسی به آنها وابسته‌اند. واژه خدمات اکوسیستم، مانند مفهوم اکوسیستم، واژه به‌نسبت جدیدی است. این مفهوم برای اولین بار در دهه ۱۹۷۰ برای حمایت از تلاش‌های

طرفداران حفاظت از محیط‌زیست و به‌منظور افزایش آگاهی ذی‌نفعان درمورد تأثیرات منفی جوامع انسانی بر تنوع زیستی با هدف حفاظت از طبیعت، ارزش‌گذاری اقتصادی فرایندهای طبیعت و اکوسیستم استفاده شد (Baró et al., 2017). خدمات اکوسیستم به‌عنوان شاخص اصلی سلامت اکوسیستم (Peng et al., 2017) و به‌عنوان خدمات ارائه‌شده توسط محیط طبیعی تعریف می‌شود. این خدمات خروجی‌ها یا اثرهایی تولید می‌کنند که تأثیر مستقیم و غیرمستقیم بر رفاه انسان، فرهنگ و نظام اقتصادی و اجتماعی جهانی دارند (Feng et al., 2018). این خدمات به آن دسته از عملکردهای اکوسیستم اشاره دارد که توسط انسان استفاده می‌شود و می‌تواند شامل کالاهای بازاری (مانند آب، مواد خام و گیاهان دارویی) و خدمات مختلف غیربازاری (مانند تنظیم آب‌وهوا، تصفیه آب، ترسیب کربن و کنترل سیل) شود (McPhearson et al., 2014). برنامه ارزیابی اکوسیستم در هزاره گذشته، خدمات اکوسیستم را به چهار دسته تقسیم‌بندی کرده است (شکل ۱).

الف) خدمات پشتیبانی

شامل فرایندهای طبیعی هستند که به بقا و حفظ سایر خدمات اکوسیستمی کمک می‌کنند و شامل تشکیل خاک، چرخه مواد مغذی (مانند نیتروژن و فسفر)، تولید محصولات اولیه و زنجیره مواد غذایی می‌شوند. این فرایندها، پایه‌ای را برای تولید مواد غذایی، تنظیم آب‌وهوا و سایر خدمات اکوسیستم فراهم می‌کنند (MEA, 2005).

ب) خدمات تأمینی

این خدمات شامل تولید منابع طبیعی مانند غذا، آب، دارو و مواد اولیه برای صنعت و کشاورزی هستند. به‌عنوان مثال، کشاورزی، وابسته به تنوع زیستی خاک و گیاهان است که برای تأمین مواد غذایی ضروری است (TEEB, 2010).

ج) خدمات تنظیمی

فوایدی که حاصل تنظیم فرایندهای اکوسیستمی است، مانند کنترل فرسایش، تنظیم آب‌وهوا، تنظیم بیماری‌ها، تصفیه آب، کاهش سیلاب‌ها، گرده‌افشانی و کاهش بلایای طبیعی. به‌عنوان مثال، جنگل‌ها با جذب دی‌اکسیدکربن به تنظیم آب‌وهوا کمک می‌کنند و تالاب‌ها با جذب آب‌های اضافی خطر سیلاب را کاهش می‌دهند (Daily, 1997).

د) خدمات زیبایی‌شناسی / فرهنگی

این خدمات شامل فواید غیرمادی حاصل از اکوسیستم‌ها می‌شوند (مانند موارد معنوی و مذهبی، تفریحی و گردشگری طبیعی، موارد مربوط به زیبایی‌شناسی و الهام‌بخشی، امور آموزشی، ایجاد حالات خاص و بستر

برانگیختن احساسات و میراث فرهنگی) (Finisdore et al., 2020).

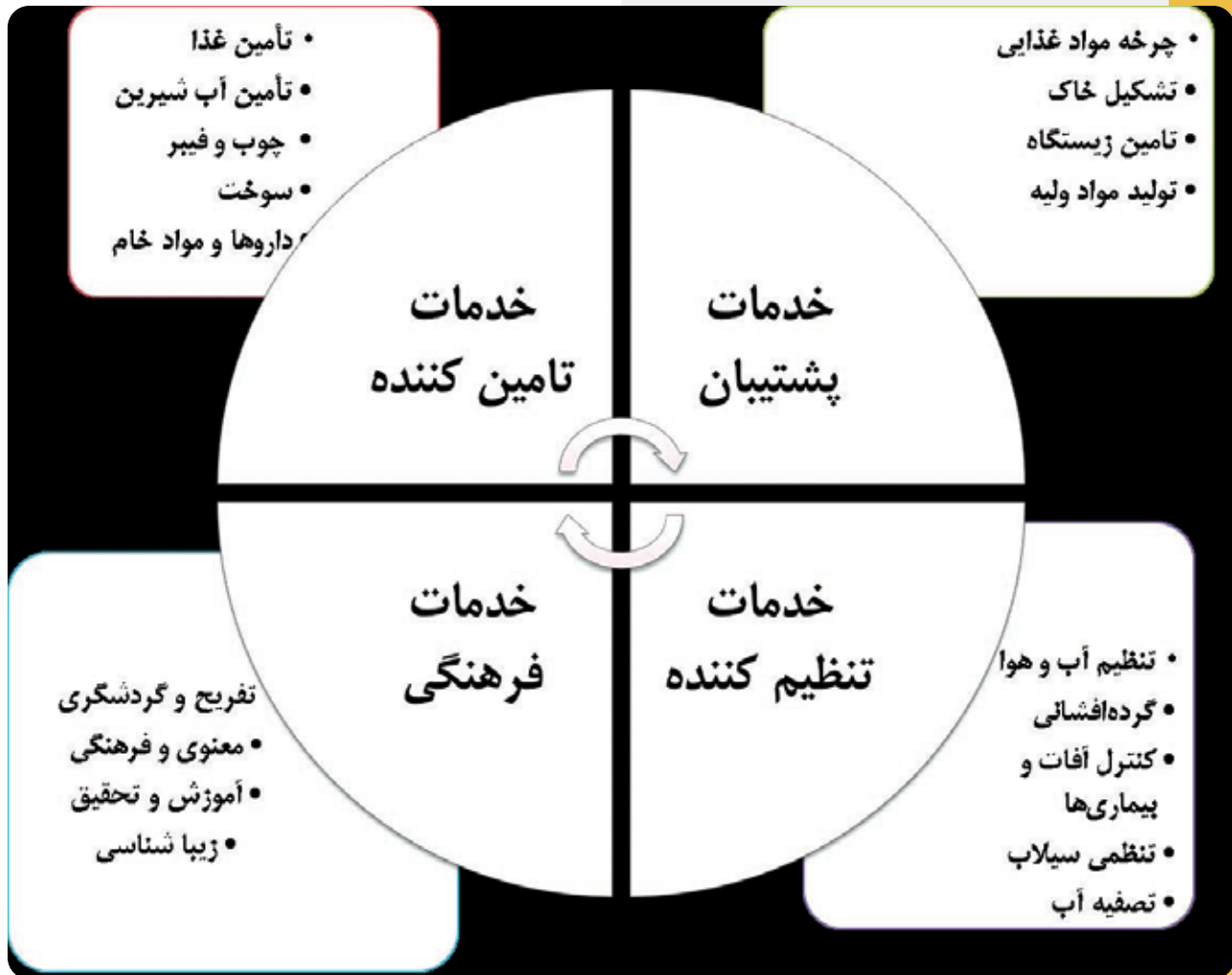
تنوع زیستی عامل اصلی در تولید و پایداری خدمات اکوسیستمی است. در اکوسیستم‌های دریایی با تنوع بالای گونه‌ها، که عملکردهای تصفیه و تولید منابع طبیعی مانند ماهی‌ها در آنها به‌طور بهینه انجام می‌شود، کاهش تنوع زیستی می‌تواند منجر به کاهش این خدمات و تأثیر منفی بر اقتصاد و امنیت غذایی کشورها شود (Sala et al., 2000).

محیط‌زیستی می‌شود (Omitola et al., 2021).

در مراجع مختلف، ارکان امنیت ملی را متفاوت ذکر می‌کنند ولی درمجموع، ارکان امنیت ملی شامل چهار رکن اصلی زیر است (Mu-zammal & Akbar, 2020):

الف) امنیت اقتصادی

حفظ و تضمین منابع اقتصادی پایدار کشور از تهدیدات داخلی و خارجی مانند جنگ‌های اقتصادی و بحران‌های مالی (UNDP, 1994).



شکل-۱ انواع خدمات اکوسیستمی

امنیت ملی و ارکان آن

امنیت ملی به‌عنوان یک مفهوم گسترده، به وضعیت حفاظت از یک کشور در برابر تهدیدات داخلی و خارجی اطلاق می‌شود (Buzan & Hansen, 2009). درک مدرن از امنیت ملی به‌تدریج، چندبعدی‌تر شده است، به‌طوری‌که اکنون، حفاظت از هر دو دولت و جامعه را دربرمی‌گیرد و فراتر از ملاحظات فقط نظامی، شامل قدرت اقتصادی، انسجام سیاسی، برابری اجتماعی، گسترش فرهنگی، هماهنگی نژادی و صحت

ب) امنیت سیاسی

حفظ ثبات سیاسی و حاکمیت ملی در برابر تهدیدات داخلی و خارجی، مانند تروریسم یا مداخلات خارجی. این بعد بر تقویت نهادهای دولتی و قانون‌مدار تمرکز دارد (Buzan et al., 1998).

ج) امنیت اجتماعی

تأمین رفاه و حمایت از حقوق شهروندان و مقابله با تهدیدات اجتماعی، کاهش تنش‌های قومی یا مذهبی (Kaldor, 2007).



د) امنیت زیستی و محیط‌زیستی

به مقابله با تهدیدات زیستی و حفاظت از منابع طبیعی و اکوسیستم‌ها، که به تأمین نیازهای انسان‌ها کمک می‌کنند، می‌پردازد. این مفهوم در دهه‌های اخیر اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده است و به‌طور خاص، در ارتباط با تأمین امنیت غذایی، آب، مقابله با تغییرات اقلیمی و پایداری اکوسیستم‌ها تمرکز دارد (McMichael, 2013).

نقش خدمات اکوسیستمی در امنیت ملی

خدمات اکوسیستمی، مانند تأمین آب، تشکیل و حفظ خاک، تنظیم اقلیم و چرخه مواد مغذی، نقش حیاتی در امنیت ملی ایفا می‌کنند (MEA, 2005). افزایش جمعیت و توسعه اقتصادی موجب شده است که مسائل محیط‌زیستی جدی‌تر شوند (Liu et al., 2023). زیرا این موارد مانند تغییر اقلیم، جنگل‌زدایی و تخلیه منابع، مرزها را درنورده‌اند (Mathews, 1989) و امنیت بوم‌شناختی منطقه‌ای و توسعه پایدار را تهدید می‌کنند (Liu et al., 2023). در اینجا، به بررسی نحوه تأثیرگذاری این خدمات بر ابعاد مختلف امنیت ملی خواهیم پرداخت:

الف) امنیت غذایی: براساس چهارچوب سیستم‌های اجتماعی بوم‌سازگان (Social-Ecological System/SES)، فعالیت‌های انسانی به خدمات اجتماعی و محیط‌زیستی متعددی وابسته هستند که از تعاملات بین انسان و طبیعت در اکوسیستم‌ها حاصل می‌شوند (Ericksen, 2008). امنیت غذایی در کشورهای درحال توسعه تا حد زیادی به استفاده پایدار از منابع طبیعی وابسته است. خدمات بوم‌سازگان به‌طور مستقیم به امنیت غذایی در کشورهای درحال توسعه با حمایت از در دسترس بودن، دسترسی و استفاده از غذا کمک می‌کنند (Richardson, 2010). کاهش تنوع زیستی می‌تواند به بحران‌های غذایی دامن بزند، به‌ویژه در کشورهایی که به کشاورزی و منابع طبیعی وابسته هستند (Beddington et al., 2012). امنیت غذایی فراتر از تأمین مواد غذایی، تنظیم آفت‌ها و بیماری‌ها، مزایای اجتماعی متعددی را ازجمله فرصت‌های شغلی، تولید درآمد و ارزش فرهنگی ایجاد می‌کند (Vroegindewey et al., 2018).

ب) امنیت آبی: امنیت آب در قلب جامعه ما قرار دارد و بنابراین، یک دارایی مهم برای ایجاد رونق و رفاه است. این امنیت به بسیاری از بخش‌های دیگر که از آب به‌عنوان یک منبع استفاده می‌کنند، مرتبط است (Marçal et al., 2021). اکوسیستم‌های آبی، مانند جنگل‌ها، باتلاق‌ها و دشت‌های مرطوب، نقش مهمی در تصفیه و ذخیره آب دارند. سیستم‌های آبی سالم می‌توانند از تهدیدات ناشی از خشک‌سالی و سیلاب‌ها جلوگیری کنند (Pos- tel, 2000). سازمان ملل متحد امنیت آب را این‌گونه تعریف می‌کند: «ظرفیت جمعیت برای حفاظت از دسترسی پایدار به مقادیر کافی آب با کیفیت قابل قبول برای حفظ معیشت، رفاه انسانی و توسعه اجتماعی - اقتصادی، برای اطمینان از حفاظت

در برابر آلودگی‌های ناشی از آب و بلایای مرتبط با آب و برای حفظ اکوسیستم‌ها در فضای صلح‌آمیز و ثبات سیاسی» (Escap, 2013). به عبارت دیگر، آب در تعریف گسترده‌تر امنیت قرار می‌گیرد که شامل مسائل سیاسی، بهداشتی، اقتصادی، شخصی، غذایی، انرژی، محیطی و سایر نگرانی‌هاست و به‌عنوان یک پیوند مرکزی بین آنها عمل می‌کند (Moumen et al., 2019).

ج) امنیت انرژی: به‌عنوان یکی از چالش‌های جهانی، با استفاده از خدمات اکوسیستمی مانند جنگل‌ها و اراضی کشاورزی تقویت می‌شود. این اکوسیستم‌ها با تولید بیومس و سوخت‌های زیستی، جایگزین‌های پایدار و تجدیدپذیری را برای سوخت‌های فسیلی فراهم می‌کنند (Nkonya, 2019). Beringer و همکاران (۲۰۱۱) تخمین زده‌اند که بیوانرژی جنگلی می‌تواند به‌طور بالقوه ۱۳ تا ۲۲ درصد از نیازهای انرژی جهان را تا سال ۲۰۵۰ با در نظر گرفتن محدودیت‌های محیط‌زیستی و کشاورزی برآورده کند. همچنین توسعه نیروگاه‌های برق‌آبی که به‌عنوان راه‌حلی دوگانه برای تأمین انرژی تجدیدپذیر و ذخیره‌سازی آب در نظر گرفته شده‌اند (Mayor et al., 2017)، نقش حیاتی در دستیابی به پایداری، استقلال و امنیت انرژی ایفا می‌کنند (Poudel, 2021). شواهد تجربی از کشورهای OECD نشان می‌دهد، انرژی بادی، برق‌آبی و مجموع انرژی‌های تجدیدپذیر، موجب کاهش ریسک امنیت انرژی می‌شوند (Cergibozan, 2021). بنابراین بهینه‌سازی استفاده از زیرساخت‌های موجود برق‌آبی می‌تواند برای امنیت انرژی، آب و محیط‌زیست مفید باشد (Mayor et al., 2017).

د) امنیت زیستی و محیط‌زیستی: به مطالعه پایه‌های اکولوژیکی تمدن ما اشاره دارد و به دنبال راه‌هایی برای حفاظت از محیط‌زیست و تضمین توسعه پایدار است (Mendes et al., 2022). به‌طورکلی، این مفاهیم، اکوسیستم‌ها و گونه‌ها را به‌عنوان اشیای مرجع در نظر می‌گیرد و آلودگی، بیماری‌های نوظهور، انتشار تصادفی عوامل زیستی، گرمایش جهانی و تخریب زیستگاه را به‌عنوان تهدیدات تلقی می‌کند (Mendes et al., 2022)؛ Meyerson et al., 2009). این مفهوم فراتر از سلامت انسان گسترش یافته است و خطراتی را نیز برای کشاورزی، دام‌پروری، اقتصاد و محیط‌زیست دربرمی‌گیرد (Meyerson et al., 2009). باوجود افزایش شناخت اهمیت امنیت محیط‌زیستی در امنیت سرزمین، سرمایه‌گذاری فعلی در مدیریت و برنامه‌ریزی ریسک امنیت محیط‌زیستی کافی نیست. برای بهبود این استراتژی‌های نیاز به همکاری بین‌رشته‌ای، پیوند بین امنیت محیط‌زیستی (ES) و امنیت داخلی (HS) در درازمدت ضروری است (O'Sullivan, 2015؛ Hulme, 2024).

جدول ۱، نقش کلیدی خدمات اکوسیستمی را در تقویت ارکان مختلف امنیت ملی تحلیل می‌کند. هر سطر، داستانی از وابستگی جوامع به طبیعت و ضرورت حفظ آن را روایت می‌کند و نشان می‌دهد، چگونه حفاظت از اکوسیستم‌ها، حفاظت از آینده ماست.

جدول ۱- ارتباط حیاتی خدمات اکوسیستمی با امنیت ملی

ردیف	ارکان امنیت ملی	خدمات اکوسیستمی مرتبط	توضیحات ارتباط	منابع علمی
۱	امنیت غذایی	تشکیل خاک، گرده‌افشانی، تنظیم آفات و بیماری‌ها	خدمات اکوسیستمی مانند تشکیل خاک و گرده‌افشانی به تولید محصولات کشاورزی کمک می‌کنند. همچنین، با تنظیم آفات و بیماری‌ها توسط اکوسیستم‌ها می‌توان از کاهش تولیدات غذایی جلوگیری کرد.	Richardson, R. B. (2010). Ecosystem services and food security: Economic perspectives on environmental sustainability. Sustainability, 2(11), 3520-3548. https://doi.org/10.3390/su2113520
۲	امنیت آبی	تصفیه و ذخیره آب، تنظیم سیلاب‌ها، تأمین آب	اکوسیستم‌های آبی مانند جنگل‌ها و تالاب‌ها نقش کلیدی در تصفیه و تأمین آب دارند. این خدمات امنیت آبی را با کاهش خطرات ناشی از خشک‌سالی و سیلاب‌ها تضمین می‌کنند.	Postel, S. L. (2000). Entering an era of water scarcity: The challenges ahead. Ecological Applications, 10(4), 941-948. https://doi.org/10.1890/1051-0761(2000)010[0941:EAEOWS]2.0.CO;2
۳	امنیت انرژی	تولید بیومس، سوخت‌های زیستی، انرژی تجدیدپذیر	اکوسیستم‌ها با تولید بیومس و سوخت‌های زیستی، جایگزین‌های پایدار برای سوخت‌های فسیلی فراهم می‌کنند. این خدمات به کاهش وابستگی به منابع انرژی تجدیدناپذیر و افزایش امنیت انرژی کمک می‌کنند.	Beringer, T., et al. (2011). Bioenergy production potential of global biomass plantations under environmental and agricultural constraints. GCB Bioenergy, 3(4), 299-312. https://doi.org/10.1111/j.1757-1707.2010.01088.x
۴	امنیت زیستی و محیط زیستی	کنترل آب‌وهوا، کاهش خطر بلایای طبیعی، حفظ تنوع زیستی	امنیت زیستی وابسته به مراقبت از فرایندهای اکوسیستمی مانند کنترل آب‌وهوا، خنثی‌سازی بلایای طبیعی (مانند سیل و خشک‌سالی) و حفظ تنوع زیستی است. خدمات اکوسیستمی جوامع را برای مقابله با تهدیدات محیط زیستی پشتیبانی می‌کنند و ظرفیت و تاب‌آوری آنها را افزایش می‌دهند.	Kundzewicz, Z. W., et al. (2015). Flood risk and climate change: Global and regional perspectives. Hydrological Sciences Journal, 60(1), 1-28. https://doi.org/10.1080/02626667.2014.964190
۵	امنیت سیاسی	تنظیم اقلیم، حفظ تنوع زیستی، مدیریت منابع آب	تغییرات اقلیمی و تغییر زیستگاه می‌تواند منجر به درگیری سیاسی و مهاجرت‌های گسترده شود. اکوسیستم‌ها با خدماتی مانند تنظیم اقلیم، کنترل منابع آب به کم کردن تنش سیاسی و امنیت ملی کمک می‌کنند.	Barnett, J. (2001). The meaning of environmental security: Ecological politics and policy in the new security era. Political Geography, 20(5), 561-576. https://doi.org/10.1016/S0962-6298(01)00013-3
۶	امنیت اقتصادی	تولید مواد خام، گردشگری طبیعی، تنظیم چرخه مواد	اکوسیستم‌ها با تأمین مواد خام چوب، الیاف و سوخت‌های زیستی، اقتصاد را پایه‌گذاری می‌کنند. گردشگری طبیعی نیز به سلامتی اکوسیستم‌ها وابسته است و می‌تواند به رشد اقتصادی کمک کند.	Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R. V., Paruelo, J., Raskin, R. G., Sutton, P., & Van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature, 387(6630), 253-260
۷	امنیت اجتماعی	تأمین آب آشامیدنی، تنظیم بیماری‌ها، امنیت غذایی	اکوسیستم‌ها با خدماتی نظیر تأمین آب آشامیدنی و امنیت غذایی در کاهش نابرابری‌های اجتماعی و افزایش سلامت عمومی بر امنیت اجتماعی تأثیرگذارند. همچنین، تنظیم بیماری‌ها توسط اکوسیستم‌ها نیز می‌تواند از شیوع بیماری‌های همه‌گیر جلوگیری کند.	Millennium Ecosystem Assessment (MEA). (2005). Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press. https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf
۸	امنیت اجتماعی-فرهنگی	حفظ میراث طبیعی، گردشگری فرهنگی، تنوع زیستی	اکوسیستم‌ها با حفظ میراث طبیعی، گردشگری و تنوع زیستی، هویت فرهنگی جوامع را افزایش می‌دهند. گردشگری فرهنگی علاوه بر اینکه به سلامت اکوسیستم‌ها وابسته است، به فرهنگ‌های محلی نیز کمک می‌کند.	Pilgrim, S., et al. (2008). Ecological knowledge is lost in wealthier communities and countries. Environmental Science & Technology, 42(4), 1004-1009. https://doi.org/10.1021/es070837v



چالش‌های کاهش خدمات اکوسیستمی برای امنیت ملی

کاهش خدمات اکوسیستمی به عنوان یکی از چالش‌های اصلی قرن بیست و یکم، تأثیرات عمیقی بر امنیت ملی و بین‌المللی دارد. این خدمات که شامل تأمین غذا، آب شیرین، تنظیم بیماری‌ها و حفاظت در برابر بلایای طبیعی هستند، به طور فزاینده‌ای تحت فشار قرار گرفته‌اند (MEA, 2005) و این موضوع عواقب جدی برای رفاه انسانی دارد. تحقیقات نشان می‌دهد، تخریب اکوسیستم‌ها، کمبود منابع در زمین‌های کشاورزی، آب، ماهی و جنگل‌ها می‌تواند یک عامل غیرمستقیم مهم در ایجاد درگیری و مهاجرت باشد که مسائل محیط‌زیستی را تشدید و در نتیجه سلامت انسان، معیشت، ثبات اجتماعی و در نهایت امنیت بین‌المللی را در بسیاری از مناطق تهدید می‌کند (Munang et al., 2011). تهدیدات علیه امنیت محیط‌زیستی متنوع و در حال افزایش هستند (Kundzewicz et al., 2015)، خشک‌سالی‌ها، مهاجرت‌های داخلی و بین‌المللی در مقیاس بزرگ را ایجاد می‌کنند و پناهندگان محیط‌زیستی ناخواسته‌ای را به وجود می‌آورند. تغییرات آب‌وهوایی و گرمایش جهانی با افزایش سطح دریا و افزایش رویدادهای جوی فاجعه‌بار، احتمال درگیری‌های داخلی، بی‌ثباتی منطقه‌ای و رنج انسانی را افزایش می‌دهد. برای مثال، در مناطق

آفریقای جنوب صحرا، کاهش بارندگی، افزایش دما و ازدست‌رفتن خاک به طور مستقیم با افزایش درگیری‌های مسلحانه مرتبط بوده است (Burke et al., 2009). علاوه بر این، مهاجرت‌های ناشی از تخریب منابع محیط‌زیست، به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، می‌تواند فشارهای اجتماعی و اقتصادی را در مناطق میزبان افزایش دهد و منجر به تنش‌های قومی و سیاسی شود (Reuveny, 2007). درک این ارتباطات بین تغییرات محیط‌زیستی، درگیری‌ها و امنیت برای تصمیمات سیاست خارجی که می‌توانند صلح، ثبات و پایداری را ارتقا بخشند، ضروری است (Barnett & Adger, 2007).

نمونه‌های جهانی از تهدیدات امنیتی ناشی از بحران‌های محیط‌زیستی

مناطق مختلف آفریقا

بسیاری از کشورهای آفریقایی، به ویژه در شمال، شرق و جنوب قاره، با چالش‌های جدی در دسترسی به منابع آبی مواجه خواهند بود (شکل ۲). تغییرات اقلیمی، کمبود منابع (به ویژه آب)، خشک‌سالی طولانی مدت و درگیری‌ها در نیجریه نشان می‌دهند، چگونه شرایط محیطی دشوار می‌تواند به تنش‌های اجتماعی و سیاسی دامن بزند و



شکل ۲- پیش‌بینی تنش آبی در آفریقا ۲۰۲۵

زمینه را برای خشونت و درگیری بین چوپانان و کشاورزان فراهم کند (Klare, 2020). بیابان‌زایی و تخریب زمین به عنوان تهدیدات امنیتی مورد توجه قرار گرفته‌اند. شورای امنیت در سال ۲۰۱۷ با تصویب قطعنامه ۲۳۴۹، بیابان‌زایی را عامل بی‌ثباتی شناخت. این پدیده‌ها می‌توانند منجر به ناامنی غذایی و آبی شوند، مانند بحران غذایی کامرون در سال ۲۰۰۸. پناهندگان محیط‌زیستی، مشابه پناهندگان جنگی یا قربانیان آزار و اذیت، گاهی به عنوان تهدیدی برای امنیت جوامع میزبان تلقی می‌شوند و تصور می‌شود که بیابان‌زایی را با خود به مناطق جدید منتقل می‌کنند (KASPA, 2022). سنگال و موریتانی با چالش‌های جدی در زمینه زمین‌های کشاورزی و منابع آبی روبه‌رو هستند. بسیاری از این زمین‌ها دچار فرسایش بادی، کاهش مواد مغذی و پدیده شورش شده‌اند. این مشکلات موجب کاهش بهره‌وری کشاورزی، تهدید امنیت غذایی، درگیری‌های قومی و کشته شدن صدها نفر در منطقه شده است (Aydogan, 2015).

فیلیپین و السالوادور

توزیع نامناسب زمین‌های کشاورزی، قطع درختان، تولید زغال و کشاورزی به روش قطع و سوزاندن، عوامل اصلی جنگل‌زدایی در این مناطق بودند. در نتیجه این جنگل‌زدایی، فرسایش و رانش زمین رخ داد و الگوهای هیدرولوژیکی منطقه تغییر کرد که منجر به کاهش زمین‌های قابل کشت شد و در نهایت، این دهقانان بی‌زمین موجب ایجاد درگیری و مسائل امنیتی در کشور شدند (Aydogan, 2015).

سوریه و یمن

تغییرات اقلیمی و درگیری‌ها بر سر آب به عنوان عوامل کلیدی در تشدید تنش‌های سیاسی و اجتماعی در این کشورها شناخته شده‌اند. در سوریه، خشک‌سالی‌های طولانی مدت موجب کاهش تولیدات کشاورزی و افزایش نارضایتی‌های اجتماعی شد که به عنوان یکی از عوامل تشدیدکننده جنگ داخلی سوریه شناخته می‌شود (Gleick, 2014). همچنین، در یمن، کمبود آب، بیابان‌زایی و تخریب زمین منجر به بی‌ثباتی اجتماعی و درگیری‌های خشونت‌آمیز شد (WHO, 2018).

نتیجه‌گیری

تنوع زیستی و خدمات اکوسیستمی به عنوان پایه‌های اساسی رفاه انسان و امنیت ملی، نقش حیاتی را در حفظ تعادل طبیعی، پایداری و توسعه جوامع ایفا می‌کنند. کاهش تنوع زیستی و تخریب اکوسیستم‌ها نه تنها تهدیدی برای محیط‌زیست، بلکه چالشی جدی برای امنیت ملی محسوب می‌شود. بحران‌های ناشی از کاهش خدمات اکوسیستمی، مانند کمبود غذا، آب و انرژی، می‌تواند منجر به درگیری‌های اجتماعی، سیاسی و حتی مهاجرت‌های گسترده شود. بنابراین، حفاظت از تنوع زیستی و تقویت خدمات اکوسیستمی باید به عنوان بخشی از استراتژی‌های امنیت ملی در نظر

گرفته شود. سرمایه‌گذاری در مدیریت پایدار منابع طبیعی، مقابله با تغییرات اقلیمی و حفظ اکوسیستم‌ها، نه تنها به حفظ محیط‌زیست کمک می‌کند، بلکه به تقویت امنیت ملی، پایداری و توسعه کشورها منجر می‌شود. در نهایت، همکاری بین‌المللی و اتخاذ سیاست‌های یکپارچه برای حفاظت از تنوع زیستی و اکوسیستم‌ها ضروری است تا بتوان از آینده‌ای پایدار و امن برای نسل‌های آینده اطمینان حاصل کرد.

منابع

- زند، ا.، صوفی‌زاده، س. و سیدرئوفی، ر.، ۱۴۰۰. تنوع زیستی ایران در یک نگاه، نشر آموزش کشاورزی، ۴۲ صفحه.
- زند، ا.، صوفی‌زاده، س.، میقانی، ف. و صادقیان‌مطهر، س.ی.، ۱۳۹۹. تنوع زیستی، مفاهیم، ساختار و کنوانسیون، انتشارات مرجع ملی کنوانسیون تنوع زیستی، ۱۵۵ صفحه.
- مبارکی، ا. (ویراستار)، ۱۴۰۳. راهنمای جوانان برای تنوع زیستی (ا. آبتین، آ. اسماعیلی، ز. اله‌یراد، م. بنی‌اعمام، م. خسروی، ا.ح. داداشی، م. روحانی، و ر. فرجی، مترجمان)، نشر طلایی، ۲۳۰ صفحه.
- مجبای، س.م.، مکنون، ر. و زیباکلام، ص.، ۱۴۰۰. تأثیر سیاست‌های کلی نظام در حوزه محیط‌زیست در تحقق قانون حفاظت از منابع ژنتیکی با محوریت پروتکل‌های ذیل کنوانسیون تنوع زیستی. فصلنامه محیط‌زیست جانوری، ۱۳ (۳): ۴۱۳-۴۲۲.
- Aydogan, H., 2015. Environmental scarcity and global security: The assessment of environment related conflicts in Bangladesh, Senegal-Mauritania, Philippines and El Salvador. *European Scientific Journal*, 11(8): 1-10.
- Barnett, J., 2001. The meaning of environmental security: Ecological politics and policy in the new security era. Zed Books.
- Barnett, J. and Adger, W.N., 2007. Climate change, human security and violent conflict. *Political geography*, 26(6): 639-655. DOI: 10.1016/j.polgeo.2007.03.003.
- Baró, F., Gómez-Baggethun, E. and Haase, D., 2017. Ecosystem service bundles along the urban-rural gradient: Insights for landscape planning and management. *Ecosystem Services*, 24: 147-159. DOI: 10.1016/j.ecoser.2017.02.021.
- Beddington, J.R., Asaduzzaman, M., Fernandez, A., Clark, M.E., Guillou, M., Jahn, M.M. and Wakhungu, J.W., 2012. Achieving food security in the face of climate change: Final report from the Commission on Sustainable Agriculture and Climate Change.
- Beringer, T.I.M., Lucht, W. and Schaphoff, S., 2011. Bioenergy production potential of global biomass plantations under environmental and agricultural constraints. *Gcb Bioenergy*, 3(4): 299-312. DOI: 10.1111/j.1757-1707.2010.01088.x.
- Burke, M.B., Miguel, E., Satyanath, S., Dykema, J.A. and Lobell, D.B., 2009. Warming increases the risk of civil war in Africa. *Proceedings of the national Academy of sciences*, 106(49): 20670-20674. DOI:10.1073/pnas.0907998106.
- Buzan, B. and Hansen, L., 2009. The evolution of international security studies. Cambridge University Press. DOI: 10.1017/CBO9780511817762.
- Buzan, B., Wæver, O. and De Wilde, J., 1998. Security: A

- van den Belt, M., 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387: 253-260. DOI: 10.1038/387253a0.
- Liu, W., Zhan, J., Zhai, Y., Zhao, F., Asiedu Kumi, M., Wang, C. and Wang, H., 2023. Linking ecosystem service supply and demand to evaluate the ecological security in the pearl river delta based on the pressure-state-response model. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(5): 4062. DOI:10.3390/ijerph20054062.
- Long, J., Cromwell, E. and Gold, K., 2000. On-farm management of crop.
- Marcal, J., Antizar-Ladislao, B. and Hofman, J., 2021. Addressing water security: An overview. *Sustainability*, 13(24): 13702. DOI:10.3390/su132413702.
- Mashingaidze, S., 2014. Biomimicry: descriptive analysis of biodiversity strategy adoption for business sustainable performance. *Journal of Governance and Regulation*, 3(2): 18. DOI:10.22495/JGR_V3_I2_C1_P2.
- Mathews, J.T., 1989. Redefining security. *Foreign affairs*, 68(2): 162-177.
- McMichael, A.J., 2013. Globalization, climate change, and human health. *New England Journal of Medicine*, 368(14): 1335-1343. DOI: 10.1056/NEJMr1109341.
- McPhearson, T., Hamstead, Z.A. and Kremer, P., 2014. Urban ecosystem services for resilience planning and management in New York City. *Ambio*, 43: 502-515. DOI:10.1007/s13280-014-0509-8.
- Medhi, J., Dutta, J. and Kalita, M.C., 2021. Biomonitoring Ecosystem: Modelling Relationship with. *Arthropods: Are They Beneficial for Mankind?*, 113. DOI:10.1007/s13280-014-0509-8.
- Mendes de Oliveira, D.K., Imoniana, J.O., Slomski, V., Reginato, L. and Slomski, V.G., 2022. How do internal control environments connect to sustainable development to curb fraud in Brazil?. *Sustainability*, 14(9): 5593. DOI:10.3390/su14095593.
- Meyerson, F.A., Meyerson, L.A. and Reaser, J.K., 2009. Biosecurity from the ecologist's perspective: developing a more comprehensive approach. *International Journal of Risk Assessment and Management*, 12(2-4): 147-160. DOI:10.1504/ijram.2009.025916.
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press.
- Moumen, Z., El Idrissi, N.E.A., Tvaronavičienė, M. and Lahrach, A., 2019. Water security and sustainable development. *Insights into Regional Development*, 1(4): 301-317. DOI: 10.9770/ird.2019.1.4(2).
- Mayor, B., Rodríguez-Muñoz, I., Villarroja, F., Montero, E. and López-Gunn, E., 2017. The role of large and small scale hydropower for energy and water security in the Spanish Duero Basin. *Sustainability*, 9(10): 1807. DOI: 10.3390/su9101807.
- Munang, R.T., Thiaw, I. and Rivington, M., 2011. Ecosystem management: Tomorrow's approach to enhancing food security under a changing climate. *Sustainability*, 3(7): 937-954. DOI: 10.3390/su3070937.
- Muzammal, T. and Akbar, M., 2020. Conceptual framework and applicability of national security: A case study of Pakistan. *Research Journal of Social Sciences and Economics Review*, 1(3): 314-323. DOI: 10.36902/rjsser-vol1-iss3-2020(314-323).
- Nkonya, E.M., 2019. Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems: new framework for analysis. Lynne Rienner Publishers. DOI:10.2307/2586187.
- Cergibozan, R., 2022. Renewable energy sources as a solution for energy security risk: Empirical evidence from OECD countries. *Renewable Energy*, 183: 617-626. DOI:10.1016/j.renene.2021.11.056.
- Daily, G.C. (Ed.), 1997. *Nature's services: Societal dependence on natural ecosystems* (pp. xx-392). DOI:10.1071/PC000274.
- Erickson, P.J., 2008. What is the vulnerability of a food system to global environmental change?. *Ecology and Society*, 13(2). DOI:10.5751/ES-02475-130214.
- Escap, U.N., 2013. Water security & the global water agenda: A UN-water analytical brief. United Nations University (UNU).
- Escandon, A.S., 2022. A point of view on genetic resources and plant breeding. *Ornamental Horticulture*, 28(1): 6-7. DOI:10.1590/2447-536x.v28i1.2425.
- Feng, Z., Cui, Y., Zhang, H. and Gao, Y., 2018. Assessment of human consumption of ecosystem services in China from 2000 to 2014 based on an ecosystem service footprint model. *Ecological Indicators*, 94: 468-481. DOI:10.1016/j.ecolind.2018.07.015.
- Finisdore, J., Rhodes, C., Haines-Young, R., Maynard, S., Wielgus, J., Dvarskas, A. and Rowcroft, P., 2020. The 18 benefits of using ecosystem services classification systems. *Ecosystem Services*, 45: 101160. DOI:10.1016/j.ecoser.2020.101160.
- Gleick, P.H., 2014. Water, drought, climate change, and conflict in Syria. *Weather, climate, and society*, 6(3): 331-340. DOI:10.1175/WCAS-D-13-00059.1.
- Guamba, J.M.E., 2017. Poverty, environment and sustainable development. *International Journal of Research*, 5(1): 399-411. DOI:10.29121/granthaalayah.v5.i1.2017.1934
- Haas, E.J., Hoebbel, C.L. and Rost, K.A., 2014. An analysis of trainers' perspectives within an ecological framework: factors that influence mine safety training processes. *Safety and Health at Work*, 5(3): 118-124. DOI:10.1016/j.shaw.2014.06.004.
- Hulme, P.E., 2024. Thematic mapping of biosecurity highlights divergent conceptual foundations in human, animal, plant and ecosystem health. *NeoBiota*, 95: 221-239. DOI:10.3897/neobiota.95.130178.
- Kaldor, M., 2007. Human security. *Polity*. DOI: 10.1556/SocEc.33.2011.3.1.
- KASPA, K.N., 2022. Desertification, food insecurity and right to food in Cameroon: a legal reflection. *British Journal of Environmental Studies*, 2(1): 77-86. DOI:10.32996/bjes.2022.2.1.8.
- Kershaw, F., Bruford, M.W., Funk, W.C., Grueber, C.E., Hoban, S., Hunter, M.E. and Segelbacher, G., 2022. The Coalition for Conservation Genetics: Working across organizations to build capacity and achieve change in policy and practice. *Conservation Science and Practice*, 4(4): e12635. DOI:10.1111/csp2.12635.
- Klare, M.T., 2020. Climate change, water scarcity, and the potential for interstate conflict in South Asia. *Journal of Strategic Security*, 13(4): 109-122. DOI:10.5038/1944-0472.13.4.1826.
- Kremen, C., 2005. Managing ecosystem services: what do we need to know about their ecology?. *Ecology letters*, 8(5): 468-479. DOI:10.1111/j.1461-0248.2005.00751.
- Kundzewicz, Z.W. and Matczak, P. I.O.T.R., 2015. Hydrological extremes and security. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences*, 366: 44-53. DOI:10.5194/piahs-366-44-2015, 2015.

- E., Chua, P.Y.S., Di Cola, V. and Gabaldón, T., 2024. The ELIXIR Biodiversity Community: Understanding short-and long-term changes in biodiversity. *F1000Research*, 12, ELIXIR-499. DOI:10.12688/f1000research.133724.2.
- Widdicombe, C.E., Archer, S.D., Burkill, P.H. and Widdicombe, S., 2002. Diversity and structure of the microplankton community during a coccolithophore bloom in the stratified northern North Sea. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 49(15): 2887-2903. DOI:10.1016/S0967-0645(02)00062-0.
- World Health Organization., 2018. The state of food security and nutrition in the world 2018: building climate resilience for food security and nutrition. Food & Agriculture Org. DOI: 10.18356/c94f150c-en.
- tems.
- Ogunkunle, T., Adewumi, A. and Adepoju, A., 2019. Biodiversity: over-exploited but underutilized natural resource for human existence and economic development. *Environment & Ecosystem Science (EES)*, 3(1): 26-34. DOI: 10.26480/ees.01.2019.26.34.
- Omitola, B., Akinrinde, O.O. and Omitola, A., 2021. Traditional institutions and socio-economic development in Nigeria: A critical analysis. *Journal of Law and Legal Reform*, 2(4): 539-552. DOI <https://doi.org/10.15294/jllr.v2i4.48587>.
- O'Sullivan, T.M., 2015. Environmental security is homeland security: climate disruption as the ultimate disaster risk multiplier. *Risk, Hazards & Crisis in Public Policy*, 6(2): 183-222. DOI:10.1002/rhc3.12084.
- Peng, J., Tian, L., Liu, Y., Zhao, M., Hu, Y.N. and Wu, J., 2017. Ecosystem services response to urbanization in metropolitan areas: Thresholds identification. *Science of the Total Environment*, 607: 706-714. DOI:10.1016/j.scitotenv.2017.06.218.
- Pilgrim, S.E., Cullen, L.C., Smith, D.J. and Pretty, J., 2008. Ecological knowledge is lost in wealthier communities and countries. DOI:10.1021/es070837v.
- Poczai, P., Varga, I., Bell, N.E. and Hyvönen, J., 2012. Genomics meets biodiversity: advances in molecular marker development and their applications in plant genetic diversity assessment. The molecular basis of plant genetic diversity, 30. DOI:10.5772/33614.
- Postel, S., 2000. Water for Food Production: Will There Be Enough in 2025?. *BioScience*, 50 (9): 698-707. DOI:10.2307/1313422.
- Poudel, D.D., 2021. Asta-Ja and Energy Security in Nepal. Strategic Planning for Energy and the Environment, 95-120. DOI:10.13052/spee1048-4236.4021.
- Reuveny, R., 2007. Climate change-induced migration and violent conflict. *Political geography*, 26(6): 656-673. DOI:10.1016/j.polgeo.2007.05.001.
- Richardson, R.B., 2010. Ecosystem services and food security: Economic perspectives on environmental sustainability. *Sustainability*, 2(11): 3520-3548. DOI:10.3390/su2113520.
- Sala, O.E., Stuart Chapin, F.I.I.I., Armesto, J.J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R. and Wall, D.H., 2000. Global biodiversity scenarios for the year 2100. *science*, 287(5459): 1770-1774.
- Skiter, N., Rogachev, A. F. and Mazaeva, T.I., 2015. Modeling ecological security of a state. *Mediterranean Journal os Social Sciences*, 6. DOI:10.5901/mjss.2015.v6n3s6p185.
- Stikhina, I.A., Skopova, L.V. and Lapina, V.Y., 2024. The complex problem of biodiversity on international, national and regional levels: Paradigm and approaches. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 537, p. 05027). EDP Sciences.. DOI:10.1051/e3sconf/202453705027.
- TEEB, R.O., 2010. Mainstreaming the economics of nature. TEEB Geneva, Switzerland.
- UNDP, U., 1994. Human development report 1994: New dimensions of human security. New York. Retrieved December, 12, 2022.
- Escap, U.N., 2013. Water security & the global water agenda: A UN-water analytical brief. United Nations University (UNU).
- Vroegindewey, R. and Hobdod, J., 2018. Resilience of agricultural value chains in developing country contexts: A framework and assessment approach. *Sustainability*, 10(4): 916. DOI:10.3390/su10040916.
- Waterhouse, R.M., Adam-Blondon, A.F., Balech, B., Barta,