

تهدیدات اکوسایبرنتیکی، چهارچوب نوین تهدیدات علیه زیست‌بوم

عاطفه نصیری^۱، محمدعلی شکوهیان‌راد^۲

^۱ کارشناس ارشد مهندسی منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال
nasiry.atefeh@gmail.com
^۲ پژوهشگر ارشد آزمایشگاه پژوهشی فضای سایبر دانشگاه تهران
cm@shokoohian.ir

چکیده

پژوهش حاضر در آمدی بر معرفی علمی و مصداقی تهدیدات اکوسایبرنتیکی است. اکوسایبرنتیک، دانشی است که موضوع اصلی آن، اعمال کنترل بر زیست‌بوم (و به تبع آن، تمامی اجزای وابسته به آن، زیستی و غیرزیستی موجود و به واسطه‌ی اعمال تغییرات بر این عناصر انجام می‌شود. تفاوت تهدیدات اکوسایبرنتیکی با تهدیدات مرسوم زیستی در آن است که در تهدیدات زیستی، عموماً هدف عامل، تخریب و تغییر است و اهداف ثانویه و مستمر را در بر ندارد. اما تهدیدات اکوسایبرنتیکی، به دنبال کنترل زیست‌بوم در مسیر مشخصی است که الزاماً از کانال تخریب و نابودسازی نمی‌گذرد؛ بلکه اتکا بر تغییر جریان اطلاعات زیست‌بوم دارد و می‌تواند به طرق مختلف صورت پذیرد. در رخدادهای اکوسایبرنتیکی، خودکنترلی و تعادل ذاتی از زیست‌بوم گرفته شده و نوعی دگرکنترلی توسط عامل مهاجم اعمال می‌شود که سیر طبیعی زیست‌بوم را تغییر می‌دهد. خرچنگ سبز خلیج ماین در آمریکا، شانه‌دار دریای مازندران و درخت کهور آمریکایی در استان‌های جنوبی کشور، از مصداق تهدیدات اکوسایبرنتیکی هستند. در زمان حاضر، توجه پدافندی به وجه کنترلی منابع طبیعی کشور در عرصه‌ی نبردهای اکوسایبرنتیکی، بسیار ضروری است؛ لذا تدوین راهبرد و برنامه‌ی ملی مبتنی بر پروتکل‌های بومی کنترل زیست‌بوم (و نه پروتکل‌های بین‌المللی) شاید یکی از ضروری‌ترین موضوعات در مجموعه‌ی محیط‌زیست کشور باشد. یکی از ابزارهای مهم در مطالعه و پیش‌بینی تهدیدات اکوسایبرنتیکی، طرح «طبقه‌بندی اثرات زیست‌محیطی گونه‌های مهاجم» است که می‌تواند از وقوع تهدیداتی مشابه کهور آمریکایی و یا شانه‌دار دریای مازندران جلوگیری نماید.

کلمات کلیدی: اکوسایبرنتیک، زیست‌بوم، کنترل زیست‌بوم، منابع طبیعی ایران، گونه‌های مهاجم، تهدیدات زیستی.

۱ مقدمه

یکی از مؤلفه‌های قدرت در هر کشور، منابع طبیعی و زیست‌بوم آن هستند. پیشتر، حکمرانان، در راستای کشورگشایی و با چشم‌داشت به منابع مهم طبیعی سایر کشورها، اقدام به لشکرکشی و جنگ می‌نمودند، تا در پس آن بتوانند از منابع طبیعی سایر کشورها، علی‌الخصوص آب و راه‌های دریایی، بهره‌مند گردند. امروزه، با توجه به تجربه‌ی بشر از دوران استعمار و نیز جنگ‌های جهانی اول و دوم، دیگر شاهد نبردهای مستقیم و رو در رو در میان کشورها نیستیم؛ بلکه یکی از راهبردهای اصلی، تصاحب منابع، تخریب منابع و جدیداً **کنترل منابع و زیست‌بوم** کشورهای رقیب در راستای تضعیف حکمرانی‌شان است. این اهداف با اتکا به تکنولوژی‌ها، روش‌ها و ابزارهای کاملاً جدید و عمدتاً اثبات‌ناپذیر یا سخت‌اثبات‌پذیر انجام می‌گیرد که امروزه ذیل دانش اکوسایبرنتیک مطالعه و تحلیل می‌شوند.

اهمیت دانش اکوسایبرنتیک و شناخت تهدیدات اکوسایبرنتیکی علیه زیست‌بوم کشور، از آن جهت مهم است که اولاً در کشورهای مختلف از جمله ایران، مصادیق چندی از آن تجربه شده و خسارات جدی و جبران‌ناپذیر به زیست‌بوم تحمیل نموده است و ثانیاً مجامع بین‌المللی نیز به گسترده شدن این قبیل تهدیدات اشاره نموده و نسبت به آن هشدار داده‌اند. برای نمونه، مطابق گزارش ریسک‌های جهانی مجمع اقتصاد جهانی در سال جاری (گزارش ریسک‌های جهانی، ۲۰۲۲)، از پنج ریسک اصلی که ایران با آنها روبرو است، دو مورد به زیست‌بوم‌های طبیعی مربوط می‌شود که شامل «بحران‌های منابع طبیعی» و «از دست دادن تنوع زیستی و فروپاشی زیست‌بوم»^۱ می‌باشد.

اینکه چرا تنوع زیستی مهم است و در حال حاضر، از دست دادن آن یکی از تهدیدات حیاتی در کشور محسوب می‌شود، به‌طور خلاصه باید گفت تنوع زیستی را می‌توان گوناگونی در شکل حیات یک منطقه دانست. تنوع زیستی، یک ثروت طبیعی است که نیاز بشر را در زمینه‌های پوشاک، خوراک، مسکن و حتی سلامتی روان تأمین می‌کند. در هر زیست‌بوم هرچه تنوع زیستی بیشتر باشد، زنجیره‌ی غذایی طولانی‌تر و شبکه‌ی حیاتی پیچیده‌تر می‌شود، در نتیجه محیط، پایدارتر و از شرایط خود تنظیمی بیشتری برخوردار می‌گردد. هر جزئی از یک زیست‌بوم، جایگاه خاص خود را دارد و دیگر اجزا قادر نیستند نقش آن را ایفا کنند. در یک کلام، تنوع زیستی، کلید پایداری و سلامت محیط‌زیست و زیست‌بوم است (کیان نجفی و همکاران، ۱۳۹۲).

پژوهش حاضر از این جنبه دارای نوآوری است که برای نخستین بار در زبان فارسی، دانش اکوسایبرنتیک را توضیح داده و با رویکرد سایبرنتیک به بررسی وضعیت برخی زیست‌بوم‌های کشور (اکوسایبرنتیک)^۲ و شناسایی مصادیق تهدیدات و تغییرات زیستی از نوع اکوسایبرنتیکی می‌پردازد؛ تهدیداتی که منتج به ناکارآمدسازی زیست‌بوم، انقراض گونه‌ها، کاهش کیفیت و کمیت برای استفاده‌ی انسانی و دریک کلام «**اعمال کنترل غیر طبیعی بر حیات، محیط زیست و زیست‌بوم انسان**» می‌شوند.

^۱ مطابق تعریف ارائه شده توسط این سازمان (مجمع جهانی اقتصاد)، از دست دادن تنوع زیستی و فروپاشی زیست‌بوم، به معنای پیامدهای برگشت‌ناپذیر برای محیط‌زیست، انسان و فعالیت‌های اقتصادی و نابودی دائمی سرمایه‌های طبیعی، در نتیجه انقراض و/یا کاهش گونه‌ها است.

^۲Eco-cybernetics

ساختار پژوهش حاضر بدین صورت است که ابتدا مفهوم‌شناسی و ماهیت‌شناسی اکوسایبرنتیک ارائه می‌گردد؛ سپس رخدادهای اکوسایبرنتیکی بررسی شده و تفاوت آن با تهدیدات بیولوژیکی بیان می‌شود؛ در گام بعد مصادیق بین‌المللی و داخلی رخدادهای و تهدیدات اکوسایبرنتیکی مطرح می‌شود و در نهایت مشخص می‌شود که این قبیل تهدیدات را چگونه و با چه ابزاری می‌توان کشف، شناسایی، مطالعه و پیشگیری نمود.

۲ پیشینه پژوهش

یکی از نخستین مطالعاتی که به ارتباط اکولوژی و سایبرنتیک پرداخته، مطالعه‌ی وبستر^۳ و مکلوگین^۴ در سال ۱۹۷۰ میلادی است. در مطالعه‌ی مذکور عنوان شده که دانش اکولوژی در کنار سایبرنتیک می‌تواند برای جغرافی‌دانان و برنامه‌ریزان شهری به کار آید و سبب درک و شکلهی بهتر سیستم‌های شهری شود (وبستر و مکلوگین، ۱۹۷۰، صص ۳۶۹ تا ۴۰۸).

کلارک^۵ (۱۹۷۷) یک مدل «اکوسایبرنتیک» را معرفی می‌کند که در آن هر موجودیتی (مثلاً یک مدرسه یا یک درخت) را به عنوان سیستمی با اهداف، منابع، فرآیندها، سیگنال‌ها و فعال‌کننده‌ها در نظر می‌گیرد (کلارک، ۱۹۷۷).

از دیگر مقالاتی که آثار دانش سایبرنتیک بر زیست‌بوم را بررسی نموده، نوشتاری از مک‌ناگتن^۶ در ۱۹۸۱ میلادی است، با عنوان «ماهیت سایبرنتیک زیست‌بوم» که در آن بیان داشته **اساساً زیست‌بوم، یک سیستم سایبرنتیکی است**. مطابق نظر وی، جریان اطلاعات در ذات هر فرآیند سایبرنتیکی وجود دارد و آنچه یک زیست‌بوم را با سایبرنتیک منطبق می‌کند؛ وجود هماهنگی، تنظیم، ارتباط و کنترل در روابط موجود در یک زیست‌بوم است. هرگونه برهم‌کنش^۷ بوم‌شناختی، مشتمل بر رقابت، همزیستی^۸، رابطه‌ی انگلی، شکارگری و هم‌سفرگی^۹، با جریان اطلاعات سر و کار دارند و روابط منظمی مانند آنچه بر شمرده شد، فقط از طریق تنظیم و کنترل، قابل حفظ است و کنترل، خود مستلزم اطلاعات است (مک‌ناگتن، ۱۹۸۱).

در پژوهش نیلسن^{۱۰} مورخ سال ۲۰۱۶ میلادی، تلاش شده تا برای سیستم‌های بسیار پیچیده‌ی زیست‌بوم‌های طبیعی و روابط موجود در آن، فرمول‌های محاسباتی ارائه شود، تا درک تعاملات موجود در زیست‌بوم، ساده‌تر گردد. مطابق نظر وی، جریان‌های تحمیلی که بر سیستم تأثیر می‌گذارند، سبب واکنش‌های نامشخصی می‌گردند که به سادگی قابل پیش‌بینی نیستند. هر نوع پاسخ و واکنش، در واقع یک تغییر سایبرنتیکی است که لزوماً تابع هدف مشخصی نیست و شناخت آن در طول زمان و با توسعه‌ی ویژگی‌های شناختی، سیستم‌های تفسیری، ذخیره‌سازی اطلاعات، دانش، تجربیات و آگاهی تغییر می‌کند. وی تلاش

³Webster

⁴McLoughlin

⁵Clark

⁶Mcnaughton

⁷Interaction

⁸Mutualism

⁹Commensalism

¹⁰Nielsen

کرده تا با استفاده از دانش سایبرنتیک، به مدل سازی روابط در زیست بومها بپردازد (نیلسن، ۲۰۱۶). نیمیک^{۱۱} و همکارانش در سال ۲۰۱۸ به بررسی این موضوع پرداختند که برای مبارزه با گونه‌های مهاجم، علاوه بر عوامل اکولوژیکی، چه عوامل اقتصادی یا اجتماعی می‌تواند روند تهاجمی گونه‌ی مهاجم را کند کرده یا افزایش دهد و در نهایت توصیه‌های سیاستی را برای کاهش گسترش مهاجمان ارائه دادند. آنها عمدتاً به این موضوع پرداختند که فعالیت‌های انسانی، چه تأثیری بر روند تهاجمی یک گونه‌ی مهاجم دارد و این که چگونه ممکن است چندین محرک اجتماعی - اقتصادی بر پراکنش یک گونه‌ی مهاجم تأثیر بگذارد. در واقع آنچه مورد توجه آنها قرار گرفته است، عملکرد انسان‌ها، پس از ورود گونه‌های مهاجم به یک زیست بوم است و این که این عملکرد، چه تأثیری بر کنترل روند زیست بوم منطقه و تغییر آن از حالت طبیعی به سمت تغییر زیستگاه داشته است (نیمیک و همکاران، ۲۰۱۸، صص ۷۰ تا ۸۰).

در مطالعه‌ای دیگر که با استفاده از مدل سازی کامپیوتری انجام شد، دویزی^{۱۲} و همکارانش در سال ۲۰۱۸ میلادی به بررسی این موضوع پرداختند که اثرات گونه‌های مهاجم در شبکه‌های بزرگ غذایی و اکولوژیکی چگونه خواهد بود و نتیجه گرفتند که خطر گونه‌های مهاجم در قبال گونه‌های بومی، بسیار بیشتر از آن چیزی است که عمدتاً تصور می‌شده است (دویزی و همکاران، ۲۰۱۸، ص ۷).

پودوالنی^{۱۳} و همکارش نیز در مطالعه‌ی سال ۲۰۲۰ خود تلاش نموده‌اند تا ویژگی‌های حیات وحش را در قالب مفاهیم سایبرنتیک تعریف نمایند تا درک پیچیدگی‌های زیست بوم، ساده‌تر شود و این کار را برای مدیریت محیط زیست، الزامی دانسته‌اند؛ بدین ترتیب کنترل محیط زیست، ساده‌تر می‌گردد (پودوالنی و همکاران، ۲۰۲۰، ص ۱۴).

و در نهایت، مطابق نظر پترز^{۱۴} و همکاران (۲۰۲۱)، از منظر فلسفه زیستی، در نقطه تاریخی خاصی قرار داریم که در آن، زیست شناسی و اطلاعات گرد هم می‌آیند تا با گسترش سیستم‌های اکوسایبرنتیکی، مسیرهای تکاملی - فرهنگی را در رابطه با حکومت زمین تعیین کنند (پترز و همکاران، ۲۰۲۱، ۳۷۰ تا ۳۸۸).

۳ ادبیات پژوهش

۱.۳ مفهوم شناسی و ماهیت شناسی اکوسایبرنتیک

اکوسایبرنتیک از تلفیق دو مفهوم «اکوسیستم»^{۱۵} (که در سراسر متن حاضر به دلیل رعایت فارسی‌گزینی، از معادل زیست بوم برای آن استفاده شده) و «سایبرنتیک»^{۱۶} حاصل شده است. مطابق تعریف بریتانیکا، «زیست بوم، مجموعه‌ای از موجودات زنده، محیط فیزیکی‌شان و تمام روابط متقابل آنها در یک واحد خاص

¹¹Niemiec

¹²Doizy

¹³Podvalny

¹⁴Peters

¹⁵Ecosystem

¹⁶Cybernetics

مکانی است. یک زیست‌بوم از اجزای غیر زنده (از جمله مواد معدنی، آب و هوا، خاک، آب، نور خورشید و سایر عناصر غیر زنده‌ی دیگر) و اجزای زیستی آن که مشتمل بر همه‌ی اعضای زنده است، تشکیل شده است» (بریتانیکا، واژه‌ی Ecosystem).

همچنین طبق تعریف مارینسکو^{۱۷}، کلمه‌ی سایبرنتیک از واژه‌ی یونانی Kybernetes گرفته شده و به معنای وسیله‌ای برای هدایت کشتی یا حمایت از حکومت انسانی است که در مجموع دلالت بر امر کنترل دارد. این کلمه، اولین بار توسط افلاطون، برای نشان دادن حکومت به کار رفت.

سایبرنتیک کاربردهایی در زمینه‌های مختلفی چون روانشناسی و نظریه‌ی کنترل، فلسفه و مهندسی مکانیک، معماری و زیست‌شناسی تکاملی، علوم اجتماعی و مهندسی برق دارد. البته فیلسوفان و دانشمندان، تعاریف متفاوتی از سایبرنتیک دارند. مثلاً ریاضیدان معروف آندری نیکولایویچ کولموگروف^{۱۸}، سایبرنتیک را به عنوان «علمی که به مطالعه‌ی سیستم‌هایی - با هر ماهیتی - که قادر به دریافت، ذخیره و پردازش اطلاعات، برای استفاده در مقوله‌ی کنترل هستند» تعریف می‌کند (مارینسکو، ۲۰۱۷). لذا مهم‌ترین موضوع در سایبرنتیک، توان اعمال کنترل است.

با توجه به تعاریف فوق، اکوسایبرنتیک دانشی است که بحث اصلی آن، اعمال کنترل بر زیست‌بوم (و به تبع آن، تمامی اجزای وابسته به زیست‌بوم خصوصاً انسان) است. این امر از طریق کنترل جریان اطلاعات آن زیست‌بوم و با توجه به مؤلفه‌های زیستی و غیرزیستی زیست‌بوم و به واسطه‌ی اعمال تغییرات بر این عناصر انجام می‌شود.

اما تفاوت تهدیدات اکوسایبرنتیکی با تهدیدات زیستی (تهدیدات اکولوژیکی و بیولوژیکی) در چیست؟

تهدیدات زیستی. به انتشار عوامل زیست‌پایه یا غیرزیستی نظیر سموم که با قصد آسیب رساندن یا ارباب انجام می‌شود و بر انسان‌ها، حیوانات یا گیاهان اثر می‌گذارد، تهدیدات زیستی گفته می‌شود. در مقایسه با سایر انواع تهدیدات (متعارف، هسته‌ای، شیمیایی) در تهدیدات زیستی، روابط پیچیده‌ای وجود دارد. در بسیاری از تهدیدات زیستی؛ تغییرات محیطی، جزء عوامل تعیین‌کننده‌ی اصلی در مجموعه‌ی تهدیدات موجود هستند. محتمل‌ترین نوع و موضوع کلیدی تهدیدات زیستی، بیوتروریسم^{۱۹} است (رادوساولیویچ، ۲۰۱۹، صص ۴۵۰ تا ۴۵۷).

¹⁷Dan C. Marinescu

¹⁸Andrey Nikolaevich Kolmogorov

¹⁹Bioterrorism

تهاجمات زیستی. تهاجمات زیستی^{۲۰}، محرک اصلی تغییرات جهانی است. برخی گونه‌های مهاجم^{۲۱}، بازخوردهای کلیدی زیست‌بوم را به نحوی تغییر می‌دهند که منجر به تغییر رژیم زیستی منطقه شده و پیامدهایی برای تنوع زیستی، خدمات زیست‌بوم، معیشت و رفاه انسان در پی دارد (شاکلتون، ۲۰۱۸، صص ۳۰۰ تا ۳۱۴). با این توضیحات مشخص می‌شود که مقوله‌ی کنترل، تهدیدات و تهاجمات زیستی، تقریباً مقوله‌ای هست که در دنیای امروز، شناخته شده و پیرامون آن، گفتنی‌های بنیادین و بسیار مهم وجود دارد.

۲.۳ بررسی رخدادهای اکوسایبرنتیکی و تفاوت آن با تهدیدات بیولوژیکی

تفاوت اصلی تهدیدات اکوسایبرنتیکی با تهدیدات مرسوم زیستی در این است که در تهدیدات زیستی، عموماً هدف عامل، تخریب است و اهداف ثانویه و مستمر را در بر ندارد. برای نمونه، انتشار عامل بیماری‌زا در پرندگان، به دنبال کاهش جمعیت آنهاست و احتمالاً موارد بعدی آن را لحاظ نکرده اما رخدادهای اکوسایبرنتیکی، به دنبال کنترل زیست‌بوم در مسیر مشخصی هستند که الزاماً از کانال تخریب و نابودسازی نمی‌گذرد؛ بلکه اتکا بر تغییر جریان اطلاعات زیست‌بوم دارد که می‌تواند به طرق مختلف صورت پذیرد. در نتیجه در رخدادهای اکوسایبرنتیکی، خودکنترلی و تعادل ذاتی از زیست‌بوم گرفته شده و نوعی دگرکنترلی توسط عامل مهاجم بر زیست‌بوم اعمال می‌شود که مسیر زیست طبیعی را برای مدتی طولانی تغییر می‌دهد. برای نمونه هر نوع تغییر تعادلی طبیعی یک زیست‌بوم، در منطقه‌ای مشخص، با علم به اینکه در روند «ورودی - پردازش - خروجی» اطلاعات زیستی آن منطقه، چه تغییراتی حاصل می‌شود و در بلند مدت چه نتایجی در بر دارد، از نوع اقدامات اکوسایبرنتیکی است. برای مثال گسترش گونه‌ء مهاجم کهور آمریکایی، اهداف بلند مدتی نظیر ایجاد خشک‌سالی را در بر دارد و کانونی است برای تغییر و کنترل جریان اطلاعات زیستی یک زیست‌بوم که هم‌اکنون مناطق جنوبی کشور مانند استان خوزستان را درگیر کرده است و از طریق آن می‌توان برای مدتی، رفتارهای زیست‌بوم و ساکنان آن را به دلیل ایجاد بحران محیطی کنترل نمود؛ زیرا خودکنترلی زیست‌بوم از سلب شده و دگرکنترلی از سوی درخت کهور بر محیط اطرافش اعمال می‌گردد.

از سویی با در نظر گرفتن گزارش ارائه شده از سوی مجمع جهانی اقتصاد در حوزه‌ی تهدیدات زیست‌بوم‌ها و از سوی دیگر به دلیل تخریب‌های روزافزون زیست‌بوم‌های طبیعی کشور، ضرورت پرداختن به علل و عوامل تخریب زیست‌بوم‌ها و ریشه‌یابی ایجاد بحران در زیست‌بوم کشور، کاملاً جدی و دارای اولویت است. اینکه چرا موضوع مذکور، محل تأمل است و جای نگرانی دارد -سوی مواردی که ممکن است در نگاه اول به چشم آیند، نظیر بیابان‌زایی یا تغییر چشم‌انداز طبیعی- باید گفت که تغییرات محیطی مشتمل بر تغییرات انسانی است که بر زیست‌بوم چشم‌انداز، زیست‌بوم انسانی و محیط‌های ایجاد شده توسط انسان و

²⁰Biological invasions

^{۲۱}گروهی از گونه‌های غیربومی که به دلیل تغییرات شرایط زیست‌بوم یا پتانسیل ژنتیکی ویژه‌ی خود در زیستگاه طبیعی جمعیت‌های بارور گسترده‌ای تولید می‌کنند و غالباً سبب اختلالات و عدم تعادل زیست‌بوم خاص مانند کاهش جمعیت یا حذف گونه‌های بومی، اختلال در چرخه‌های هیدرولوژیکی و تغییر رژیم‌های آتش‌سوزی در زیستگاه‌ها می‌گردند (محرابیان و همکاران، ۱۴۰۰). همچنین در تعریف دیگری که توسط دولت ایالات متحده ارائه شده است، «گونه‌ی مهاجم، گونه‌ای است که موجودی غیربومی در زیست‌بوم مشخص باشد و معرفی آن، باعث آسیب اقتصادی یا زیست‌محیطی یا آسیب به سلامت انسان، حیوان یا گیاه شود» (Reaser et al., 2020).

همچنین آشفته‌گی‌ها و بلایای طبیعی تأثیر می‌گذارد.

ویژگی‌های محیطی، در قالب اجزای فیزیکی، شیمیایی، زیستی یا اجتماعی محیط‌ها از جمله جمعیت‌ها و صفات موجودات مربوطه که قابل اندازه‌گیری باشند، تعریف می‌شوند. هر نوع آشفته‌گی محیطی، بر تعادل زیست‌بوم و بافت درون جمعیت‌ها تأثیر گذارده، در آن بیماری بروز می‌کند که از این گذر می‌تواند کنترل زیست‌بوم را از خودکنترلی طبیعی خود به دیگرکنترلی غیرطبیعی تغییر دهد. بسیاری از شیوع‌ها با تغییرات جهانی یا محلی ناشی از تغییرات آب و هوا، تغییرات چشم‌انداز ناشی از اثرگذاری غیرمستقیم انسان یا تأثیر مستقیم فعالیت‌های انسانی مرتبط هستند. به علاوه با انتشار عوامل بیماری‌زا به مناطق جدید و تغییر فرآیند محیطی ممکن است بر چرخه‌ی انتقال پاتوژن‌های عفونی تأثیر بگذارد و منجر به شیوع بیماری شود (رادوساویویچ، ۲۰۱۹، صص ۴۵۰ تا ۴۵۷).

مطابق نظر میتن^{۲۲}، گونه‌های مهاجم، منجر به استعمار ژنتیکی^{۲۳} می‌شوند و در واقع به نظر وی، تهاجمات این چنینی به معنای استعمار ژنتیکی یک محیط توسط یک گونه‌ی غیربومی است. فعالیت‌های انسانی، سبب ایجاد استعمارهای متعدد ژنتیکی شده‌اند که اغلب نتایج فاجعه‌باری به همراه داشته‌اند. مثلاً، گربه‌های اهلی وارد شده به نیوزیلند و استرالیا، باعث انقراض پرندگان زمینی و انقراض محلی برخی از کیسه‌داران شدند. در مثالی دیگر، می‌توان به کشتی‌های اقیانوس‌پیما اشاره کرد. هنگامی که کشتی‌های اقیانوس‌پیما بار کامل ندارند، آب دریا را به مخازن خود پمپ می‌کنند تا تعادل خود را تنظیم کنند. با ورود به بندر جدید و محموله‌گیری، این آب را از مخازن خارج می‌کنند و هزاران لارو دریایی را وارد محیط جدید می‌نمایند که تعادل و کنترل بومی زیست‌بوم‌های محلی را تدریجاً مختل می‌سازد. برای نمونه، بیش از ۶۰ گونه‌ی دریایی از این طریق، خلیج سانفرانسیسکو را به قبضه‌ی خود درآورده‌اند (میتون، ۲۰۱۳، صص ۲۳۶).

اساساً بررسی اکوسایبرنتیک تهاجم‌های زیستی و زیست‌بومی، یک رشته‌ی نوپا اما به سرعت در حال پیشرفت است (پارسون، ۲۰۲۲). گونه‌های مهاجم، که با مقاصد برهم زدن خودکنترلی زیست‌بوم به یک زیست‌بوم وارد می‌شوند، می‌توانند آسیب‌های جبران‌ناپذیری به نظام‌مندی زیستی وارد کنند؛ در نتیجه تنوع زیستی را کاهش دهند و حتی سلامت انسان را تهدید نموده و بر آن تأثیر بگذارند. ۲۰ تا ۳۰ درصد از همه‌ی گونه‌های معرفی‌شده، آسیب‌های عمده‌ای به محیط‌های جدید خود وارد کرده‌اند که منجر به خسارت بیش از ۱۲۰ میلیارد دلار در سال می‌شود و راه‌حل‌های بالقوه، برای شناسایی مقرون‌به‌صرفه‌ترین روش برای ترمیم و پیشگیری از این آسیب‌ها هنوز در حال بررسی است [و در واقع هنوز راه حل خاصی برای آنها معرفی نشده است]. تشخیص زودهنگام گونه‌های مهاجمی که آثار اکوسایبرنتیکی دارند، برای حفظ تنوع زیستی و جلوگیری از آسیب‌های زیست‌بوم بسیار مهم است زیرا بسیاری از روش‌های ریشه‌کنی می‌تواند پرهزینه باشد و به حیات وحش بومی آسیب برساند (دنزیگر و همکاران، ۲۰۲۲، صص ۱۸۸۱ تا ۱۸۹۴). اما این در حالی است که هنوز دانش اکوسایبرنتیک و روش‌ها و ابزارهای مورد استفاده‌ی آن در کشور کاملاً ناشناخته است و در عین حال، تشخیص‌های فوق‌الذکر با روش‌ها و ابزارهای مرسوم و متداول زیستی، یا اساساً امکان‌پذیر نیست و یا بسیار مشکل است. بنابراین، یک روش قابل اعتماد برای شناسایی و ردیابی گونه‌های مهاجم بر

²²J.B.Mitton

²³Genetic Colonization

اساس نگاه و خط مشی علمی و فنی اکوسایبرنتیک، در شرایط امروز کشور کاملاً ضروری است.

۳.۳ مصادیق بین‌المللی و داخلی رخدادها و تهدیدات اکوسایبرنتیکی

۱.۳.۳ خرچنگ سبز در خلیج ماین

یکی از گونه‌های مهاجم در خلیج ماین^{۲۴} ایالات متحده، خرچنگ سبز^{۲۵} است که منجر به آسیب‌دیدگی زیست‌بوم و تنوع زیستی آن شده است. این خرچنگ به مرور زمان از طریق نابود کردن علف مارماهی^{۲۶} بر بخشی از کنترل طبیعی و درونی زیست‌بوم مسلط شده و تعادل درونی زیست‌بوم را برهم می‌زند. اما چرا نابودی علف مارماهی، تعادل زیست‌بوم منطقه را برهم می‌زند؟

علف مارماهی، گونه‌ی زیستی ضروری برای برخی گونه‌های ماهی، صدف و منبع غذایی پرندگان و سایر گونه‌های محلی است. همچنین علف مارماهی در صنایع غذایی و اقتصادی جنوب این خلیج، کاربرد دارد. این علف همچنین با تثبیت رسوبات پایین و تنظیم عملکرد موج، باعث طولانی کردن روند فرسایش ساحلی می‌شود. تمام این‌ها بدان معنا است که با افزایش تخریب این جامعه‌ی گیاهی، فرسایش ساحلی زیاد شده و این خود موجب از دست دادن زیست‌گاه سایر گونه‌های آبی - خاکی (ساحلی) و نزدیک به ساحل شده است (دنزیگر و همکاران، ۲۰۲۲، صص ۱۸۸۱ تا ۱۸۹۴).

از سوی دیگر چرا رخداد فوق، از منظر اکوسایبرنتیک قابل بررسی است و با قواره‌ی تهدیدات زیستی بررسی نشده است؟ با وجود اینکه در نهایت چنین به نظر می‌آید که صرفاً یک تهدید زیستی رخ داده است. پاسخ آن است که در این رخداد، عامل تهدید، اولاً جزئی از زیست‌بوم شده، در آن رشد کرده، تکثیر یافته و استمرار دارد؛ و ثانیاً کنترل درونی زیست‌بوم را در اختیار خود گرفته و دگرکنترلی بر زیست‌بوم اعمال کرده است؛ از این رو یک تهدید اکوسایبرنتیکی است. می‌توان همین نتایج را از طریق حذف مستقیم - و نه چرخه‌ای - علف مارماهی انجام داد؛ مثلاً سم خاصی در منطقه رها شود تا این علف حذف گردد. اما به دلیل توان ذاتی زیست‌بوم‌ها در بازسازی خود و برگشت به وضعیت تعادل، پس از مدتی، عامل تهدید از بین رفته و علف مارماهی به چرخه‌ی زیستی باز می‌گشت. عموماً تهدیدات زیستی به صورت دفعی ظاهر شده و پس از طی مدتی ولو چند سال، رفع می‌شوند اما تهدیدات اکوسایبرنتیکی به آرامی حاصل می‌شوند اما استمرار داشته و خود رژیم زیستی محلی را به خدمت می‌گیرند تا بقا یابند؛ و تا بقا داشته باشند، کنترل طبیعی زیست‌بوم نیز باز نخواهد گشت.

۲.۳.۳ شانه‌دار دریای مازندران

یکی از مهم‌ترین مصادیق تهاجمات اکوسایبرنتیکی در ایران، مربوط به شانه‌دار دریای مازندران^{۲۷}، است. این جاندار در اصل، بومی غرب اقیانوس اطلس است (قبولی و همکاران، ۲۰۱۳).

²⁴Gulf of Maine

²⁵Carcinus maenas

²⁶Zostera marina L

²⁷Mnemiopsis leidyi

این گونه‌ی مهاجم، اثرات مخربی بر زیست‌بوم طبیعی دریای مازندران داشته؛ برای مثال سبب کاهش ذخایر کیلکای آنچوی از ۱۸۵ هزار تن در سال ۱۳۷۵، به کمتر از ۲۰۰ تن در سال ۱۳۹۰ شده است. حذف کیلکای آنچوی می‌تواند سبب کاهش شدید در ذخایر آبزیان طبقات بالاتر یعنی ماهیان خاویاری و فک دریای مازندران بشود (فضلی، ۱۳۹۴). رقم خسارت وارده از این شانه‌دار به زیست‌بوم دریای مازندران، طی سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۳، بالغ بر ۵.۹۶۲ میلیارد ریال است (غفارزاده و همکاران، ۱۳۸۶). اساساً کیلکای آنچوی در چرخه‌ی غذایی این دریا بسیار مهم است و در سفره‌ی غذایی انسان هم سهم دارد.

برخلاف دریای سیاه و اقیانوس‌های اطراف آن، دریای مازندران محل پرترددی برای مقاصد کشتیرانی نیست، ولی به دلیل بسته بودن این زیست‌بوم، پتانسیل زیاد و ریسک خطرپذیری بالایی در تجمع گونه‌های آبی غیربومی دارد. برخی گونه‌های آبی، طی سال‌های اخیر از دریای سیاه به این دریا انتقال داده شده‌اند. شانه‌دار، ابتدا از طریق آب توازن کشتی‌ها به دریای سیاه و آروف و سپس به دریای مازندران وارد شده است و پس از ورود، سبب از بین رفتن برخی زئوپلانکتون‌های این دریا گردیده (روحی و همکاران، ۱۳۹۵). در دریای مازندران از زمان ورود این جانور، میزان پلانکتون‌های جانوری، ۷۵٪ کاهش داشته‌اند و از آنجا که این پلانکتون‌ها، غذای اصلی ماهی کیلکا و تمامی بچه ماهی‌ها هستند، و کیلکا نیز مهم‌ترین غذای بسیاری از جانوران این دریا، از جمله ماهیان خاویاری، ماهی آزاد و فک دریای مازندران است؛ به جمعیت این گونه‌ها نیز آسیب رسیده و به این ترتیب کل زنجیره‌ی غذایی دریای مازندران با اختلال مواجه شده است (فیض‌الله‌پور، ۱۳۹۳).

۳.۳.۳ کشور آمریکایی

از نمونه‌های دیگری که در زیست‌بوم طبیعی ایران وارد شده است، می‌توان به گونه‌ی گیاهی کشور آمریکایی^{۲۸} اشاره کرد. کشور آمریکای، یکی از مسأله‌دارترین گونه‌های مهاجم در سطح دنیا بوده و تبعات اکوسایبرنتیکی حاصل از تهاجم زیستی آن، آثار زیان بار متعدد، دامنه‌دار و بلند مدت بر زیست‌بوم‌های طبیعی مناطق نیمه حاره‌ای تا خشک کره‌ی زمین وارد آورده است. این گونه در ابتدا در بسیاری از مناطق کره‌ی زمین، با هدف مهندسی زیست‌بوم از جمله حفاظت آب و خاک و مبارزه با بیابان‌زایی در مناطق گرم و خشک و همچنین تولید چوب معرفی گردید. کشور آمریکایی، بومی مناطق شمالی آمریکای جنوبی، آمریکای مرکزی و کشورهای همچون بولیوی، آرژانتین، کلمبیا، ونزوئلا و مکزیک است. تهدیدات مخرب آن، باعث نابودی سایر گونه‌های گیاهی بومی و هم‌بوم زیر تاج پوشش این گونه می‌گردد. به علت هجوم این گیاه به نخیلات و زمین‌های کشاورزی استان هرمزگان، آن را یک آفت مهم در منطقه به‌شمار می‌آورند (حشمتی و همکاران، ۱۳۹۹).

امروز تمام کشورهای خارجی و منطقه‌ای حتی کشورهای عربی و حاشیه‌ی خلیج فارس، سرمایه‌گذاری هنگفتی را برای نابودی این نوع درخت صورت داده‌اند و حتی اتحادیه‌ی اروپا این گونه‌ی گیاهی را خطرناک‌ترین موجود زنده‌ی دنیا نام‌گذاری کرده و در فهرست سیاه مهاجمان زیستی دنیا قرار داده است. درختان کشور آمریکایی فاقد رطوبت بوده و با خشک نگه‌داشتن هوای اطراف خود مانع تشکیل ابرهای باران‌زا می‌شوند و با خاصیت پوست‌ریزی برگ‌هایشان در زمان گرده‌افشانی، گرده‌هایشان را وارد هوا می‌کنند.

²⁸Prosopis juliflora

این درختان با سفت کردن خاک و کم کردن پوشش گیاهی سبب می‌شوند آب‌های سطحی به زمین فرو نرود و در نتیجه سیلاب‌های ویرانگر ایجاد شود. با کم شدن گیاهان و بوته‌های اطراف، خاک حاصلخیز شسته شده و گیاهان خودرو رشد نمی‌کنند. کهور آمریکایی دارای سمی است که منجر به فلج اعصاب فک و صورت و لرزش فک و در نهایت مرگ دام می‌شود و مسمومیت دام‌های اهلی از نیام‌های باران خورده‌ی این گونه نیز گزارش شده است. این گونه‌ی گیاهی، زمین را غیرقابل استفاده می‌کند و به خاطر این موضوع در فهرست گونه‌های مهاجم اتحادیه‌ی جهانی حفاظت از طبیعت نیز قرار دارد. از طرف دیگر بر اساس برخی گزارش‌ها علت ۴۵ درصد آلودگی بیماران در امارات متحده عربی، وجود گیاه کهور است. عمق فاجعه آنجا است که بیش از ۹۰ درصد از پوشش گیاهی استان خوزستان از نوع کهور آمریکایی است. کاشت درختان کهور آمریکایی، در پی مطالعات انجام شده از سوی سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری به منظور مقابله با ریزگردها انجام شده و ۱۵۰ میلیون دلار نیز اعتبار بدان تخصیص داده شد (خبرگزاری مجلس شورای اسلامی، ۹ بهمن ۱۳۹۶). لذا همانطور که از دامنه‌ی اطلاعات و مستندات مشخص است، کهور آمریکایی صرفاً یک تهدید زیستی نیست بلکه یک پروژه‌ی اکوسایبرنتیکی است؛ زیرا خودکنترلی طبیعی و تعادل طبیعت را در حوزه‌های آب، دام، خاک، سایر گیاهان از اختیار طبیعت در آورده تا اولاً بقاء خود را تضمین کند و ثانیاً کنترل زیست‌بوم را در اختیار داشته باشد. این همان نکته‌ی مهم و راهبردی است که در اختلاف عمقی و عملکردی تهدیدات اکوسایبرنتیکی با تهدیدات زیستی مرسوم بیان شده بود.

به غیر از مصداق اکوسایبرنتیکی فوق که نمونه‌ی بسیار معروفی است؛ نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که تا سال ۱۴۰۰ ه.ش، حدود ۲۷ گونه‌ی گیاهی بیگانه وارد پوشش گیاهی کشور ایران شده است که دست کم یازده گونه‌ی آنها، از منظر تهدیدات اکوسایبرنتیکی، مهاجم هستند (محرابیان و همکاران، ۱۴۰۰).

امروزه نیز که مبحث تغییرات آب و هوایی بسیار پررنگ شده است و آلودگی‌های هوا (به خصوص حاصل از ریزگردها و سوخت‌های فسیلی) بیش از پیش مطرح شده، ضرورت دارد توجه ویژه‌ای به کنترل منابع طبیعی کشور در راستای حفظ آنها و کمک به برطرف کردن آلودگی‌های زیست‌محیطی داشت؛ چرا که احتمال بسیار بالایی نسبت به آلودگی‌هایی که منشأ آنها طراحی تهدیدات اکوسایبرنتیکی است، وجود دارد. یکی از بخش‌هایی که در گزارش سال جاری مجمع اقتصاد جهانی مورد توجه قرار گرفته است، سرفصل «مقاوم‌سازی زیست‌بوم‌های ملی برای بحران‌های آینده» است. فارغ از اینکه ادعای فوق چقدر صحت دارد و دقیق است، باید این پرسش را مدنظر داشت که در کشور ما، چقدر به این قبیل موارد توجه می‌شود؟ آیا ما برای حفظ منابع خود در برابر طراحی‌های عامدانه‌ی اکوسایبرنتیکی که در تلاش هستند تا کنترل طبیعت کشور را به دست بگیرند، آمادگی راهبردی و عملیاتی لازم را داریم؟

به نظر می‌رسد که در سایه بی‌توجهی مسئولان امر از سویی و دخالت عوامل وابسته به دشمن در تصمیم‌سازی و مدیریت محیط‌زیست از سوی دیگر، ما با روند از دست دادن شدید و بسیار خطرناک منابع طبیعی کشور مواجه هستیم که استمرار آن، عمق فاجعه را بیشتر خواهد نمود.

۴.۳ سخت‌اثبات‌پذیر بودن تهدیدات اکوسایبرنتیکی

اساساً طبیعت، بستر لازم برای حیات انسانی و سایر گونه‌های زیستی است. پس بدیهی است زمانی که این بستر از بین رفته یا از حالت طبیعی خودکنترلی خود خارج شود، به نسبت حیات بشری دچار اختلال می‌گردد. مطالعات در خصوص گونه‌های مهاجم اکوسایبرنتیکی در اقصی نقاط جهان، فراوان است؛ اما نکته‌ی بسیار مهم آن است که معمولاً اکثر این مطالعات علمی و مستند در قبال اینکه ورود گونه‌های مهاجم و مخرب زیست‌بوم، عمدی بوده است؛ سکوت کرده‌اند. برخی از منابعی که در تلاش بوده‌اند عوامل طراحی تهدیدات نوین اکوسایبرنتیکی را شناسایی نمایند، اساساً توان اثبات عاملیت یا حتی تعمد در ورود گونه‌ی مهاجم را نداشته‌اند. به همین دلیل است که در ابتدای پژوهش حاضر بیان شد تهدیدات اکوسایبرنتیکی، تهدیداتی اثبات‌ناپذیر یا سخت‌اثبات‌پذیر هستند. زیرا هرچند که گزاره‌های عقلی و استدلالی برای تعیین تعمد و عاملیت موضوع داشته‌اند، اما استحصال شواهد علمی و حقوقی لازم برایشان مهیا نبوده است.

برای نمونه در مطالعه‌ای که ساکی و همکاران انجام داده‌اند، عنوان شده که برای ورود شانه‌دار مهاجم به دریای مازندران، دو روش اتفاقی (از طریق آب توازن کشتی‌ها) و عمدی مطرح است:

۱. **سناریوی ورود اتفاقی:** ورود اتفاقی شانه‌دار به دریای مازندران می‌تواند توسط آب توازن کشتی‌ها اتفاق افتاده باشد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که کشتی‌ها برای ورود به دریای مازندران، در دریای سیاه بایستی از کانال ولگا دن عبور کنند. آنها ابتدا وارد رودخانه‌ی دن می‌شوند. کشتی‌ها در دریای سیاه قبل از ورود به رودخانه‌ی دن، مخزن آب توازن خود را تخلیه می‌کنند و چون تلاطمی در مسیر وجود ندارد، در طول مسیر ۶۰ کیلومتری خود با مخزن خالی حرکت می‌کنند. در این مدت می‌بایست شانه‌دار (اگر در مخزن باشد) با کم‌آبی کف مخزن و تکان‌های شدید آن خود را حفظ کرده باشد. وقتی کشتی به انتهای مسیر و ورودی دریای مازندران رسید، در آستاراخان و در دهانه‌ی رودخانه‌ی ولگا می‌رسد، برای ادامه‌ی دریانوردی در این دریا، آبیگیری مخزن توازن خود را انجام می‌دهد. آب رودخانه‌ی ولگا از نوع آب شیرین است که برای شانه‌دار کشنده است و اگر ورود اتفاقی انجام شده باشد، می‌بایست بعد از این عملیات، شانه‌دار از دریای سیاه به دریای مازندران انتقال داده شده باشد. شاید تا بدین جا، ورود اتفاقی یک فرضیه‌ی محتمل باشد اما نکته‌ی بسیار مهم و اثبات شده این است که حتی اگر شانه‌دار در طول مسیر زنده مانده باشد، زمانی که در دهانه ورودی دریای مازندران آبیگیری مخزن توازنی کشتی انجام می‌شود، بر اثر استرس ناشی از تغییر شوری آب از بین می‌رود. این ادعا در تحقیقات مربوط به سازگاری شانه‌دار با آب دریای مازندران نیز مشاهده شده که با ورود ناگهانی آب دریای مازندران به تانکر، این جانور می‌میرد. پس چنین به نظر می‌رسد که ورود اتفاقی شانه‌دار به دریای مازندران امکان نداشته باشد.

۲. **سناریوی ورود عمدی:** رهاسازی دستی و عمدی شانه‌دار در دریای مازندران توسط افراد یا سازمان‌ها و ... دومین احتمال مطرح شده است. تحقیقات نشان داده که برای رهاسازی شانه‌دار در دریای مازندران، سازگاری این جانور با زیست‌بوم مازندران الزامی است. بنابر این رهاسازی عمدی نمی‌تواند در آب‌های شمالی دریای مازندران که شوری کمی دارد، انجام شده باشد. در نتیجه این

رهاسازی عمدی می‌بایست بعد از تحقیقات علمی و میدانی در بلند مدت روی سازگاری زیستی و اولویت مکانی مناسب، انجام شده باشد. همچنین بلافاصله بعد از رهاسازی، تعداد شانه‌دار زیاد نمی‌شود و مدت قابل توجهی لازم است تا این جانور، حضور خود را در محیط تثبیت نموده، آشکار شود و آثار منفی تهاجمی خود را در اخلاص چرخه‌ی خودکنترلی زیست‌بوم نشان دهد. به نظر می‌رسد با توجه به عدم امکان ورود اتفاقی شانه‌دار مهاجم دریای مازندران به این دریا، این جانور می‌بایست به‌طور عمدی و توسط تجهیزات سازگارکننده‌ی زیستی و با اهداف و برنامه‌ی قبلی به دریای مازندران وارد شده باشد (ساکو و همکاران، ۱۳۹۵). در نتیجه با توجه به مجموع شواهد یاد شده، ورود این جاندار به پهنه‌ی دریای مازندران، عمدی ارزیابی می‌شود اما نسبت به فاعلیت آن، اسناد حقوقی در دست نیست.

بنابراین امروزه توجه پدافندی به وجه کنترلی منابع طبیعی کشور در عرصه‌ی نبردهای اکوسایبرنتیکی، بسیار ضروری است و ادامه‌ی عدم شناخت تهدیدات اکوسایبرنتیکی و عدم طرح‌ریزی راهبردی و فقدان برنامه‌ی عملیاتی ملی جهت مقابله با آنها که از دست رفتن کنترل طبیعی زیست‌بوم‌های کشور را در پی دارد، آینده‌ی بسیار خطیری را برای تمامی گونه‌های زیستی خصوصاً انسان ترسیم می‌نماید. لذا تدوین راهبرد و برنامه‌ی ملی مبتنی بر پروتکل‌های بومی کنترل زیست‌بوم (و نه پروتکل‌های بین‌المللی که اکثراً انطباق با زیست‌بوم کشورها ندارند) شاید حیاتی‌ترین عرصه در مجموعه‌ی محیط‌زیست کشور باشد. راهبردها و پروتکل‌هایی که ذیل آن، سیاست‌های عملی برای حفظ وضعیت طبیعی زیست‌بوم‌ها در نظر گرفته شود و در ادامه، به جبران خسارات حاصل از گونه‌های مهاجم نیز بپردازد.

نکته‌ی بسیار مهم این است که برخی محققان، روند ورود گونه‌های مهاجم را با پروژه‌های جهانی‌سازی^{۲۹} مرتبط دانسته‌اند. برای نمونه کلر^{۳۰} و همکاران بیان کرده‌اند «درست است که جهانی‌سازی، به‌واسطه‌ی جابجایی افراد و کالاها، مزایای بسیاری را به همراه دارد؛ اما منجر به انتقال عمد و غیرعمد موجودات در بین زیست‌بوم‌ها می‌شود. زیست‌بوم‌هایی که قبلاً از هم جدا بودند (کلر و همکاران، ۲۰۱۱).

۴ نتیجه‌گیری

مجموع مواردی که در پژوهش حاضر ارائه شد:

اولاً بدین منظور است که نشان داده شود رخداد‌های اکوسایبرنتیکی و آثار مخرب و پایدار آنها بر زیست‌بوم و به تبع آن، وقوع آسیب‌های مختلف غذایی، اقتصادی، سلامتی و ... مقوله‌ای است که در اقصی نقاط جهان سابقه دارد و سایر کشورها کم و بیش به آن پرداخته‌اند. پس اگر ادبیات و دانش آن در کشور ما ناشناخته و فاقد سابقه است، حاصل بی‌توجهی به این عرصه‌ی مهم است که البته ریشه در ناشناس بودن دانش سایبرنتیک و آثار و کارکردهای گسترده‌ی آن دارد.

²⁹Globalization

³⁰Keller

ثانیاً نباید تهدیدات اکوسایبرنتیکی را با تهدیدات زیستی سابق و مرسوم، یکسان پنداشت؛ هرچند که در نهایت تبعات زیستی داشته و قطعاً نظرات متخصصان زیست‌شناسی نسبت به این گونه تهدیدات نوین از اهمیت برخوردار است. اما صحیح و مؤثر آن است که از منظر روند کنترل طبیعی و چرخه‌مانند زیست‌بوم، درجه‌ی ورود تهدیدات و سپس محل اثرگذاری آن تحلیل و بررسی شود تا بتوان مانع از عملیاتی شدن تهدیدات اکوسایبرنتیکی شد.

به‌منظور شناسایی فوق‌الذکر، ضرورت دارد دقیقاً با رویکرد اکوسایبرنتیکی، گونه‌های مختلف گیاهی و حیوانی غیربومی در ایران شناسایی شده و آثار آنها بر چرخه‌ی خودکنترل زیست‌بوم‌های کشور مورد مطالعه قرار گیرد و در نهایت بر این اساس مشخص گردد ورود کدام گونه‌ها به بهبود روند خودکنترلی هر زیست‌بوم کمک کرده، کدام گونه‌ها تقریباً هیچ اثر بارزی نداشته و کدام گونه‌ها روند خودکنترلی زیست‌بوم را با اختلال و عدم تعادل مواجه می‌سازند. چنین پژوهشی هرچند گسترده و زمان‌بر است اما یکی از ضروری‌ترین نیازهای امروز کشور می‌باشد و مبنایی است برای تصمیمات آتی مسئولان کشور در حوزه‌های مختلفی که به نحوهای گوناگون بر زیست‌بوم‌های کشور اثرگذار هستند.

به‌منظور تهیه و تدوین فهرست تفصیلی و کیفی فوق، یکی از روش‌های پیشنهادی، استفاده از طرح «طبقه‌بندی اثرات زیست‌محیطی برای گونه‌های بیگانه»^{۳۱} است که اثرات تنوع زیستی را از منظر اکوسایبرنتیک بر زیست‌بوم هدف ارزیابی می‌کند. طرح EICAT یکی از استانداردهای جهانی «اتحادیه‌ی بین‌المللی حفاظت از طبیعت»^{۳۲} است^{۳۳} که برای اندازه‌گیری شدت اثرات زیست‌محیطی ناشی از حیوانات، قارچ‌ها و گیاهانی است که در خارج از محدوده‌ی طبیعی زیستی خود، ظاهر می‌شوند (جشکه و همکاران، ۲۰۲۲، صص ۳۶۸ تا ۳۸۱). این ابزار سنجش به متخصصان، دست‌اندرکاران حفاظت و سیاست‌گذاران کشورها در حوزه‌های مختلف مرتبط با زیست‌بوم در مورد پیامدهای بالقوه‌ی گونه‌های بیگانه هشدار داده و راهنمایی‌هایی را برای گسترش اقدامات پیشگیرانه و کاهش آثار منفی آنها ارائه می‌دهد. همچنین به اولویت‌بندی اقدامات مدیریتی زیست‌بوم‌ها نیز کمک می‌نماید (IUCN، ۲۰۲۲).

این طرح در کنار طرحی دیگری با نام «طبقه‌بندی اثرات اجتماعی و اقتصادی گونه‌های بیگانه»^{۳۴} که به ارزیابی گونه‌های غیربومی یک منطقه از حیث آثار اجتماعی و اقتصادی آنها می‌پردازد (جشکه و همکاران، ۲۰۲۲، صص ۳۶۸ تا ۳۸۱)، کمک می‌کند تا با توجه به پوشش جانوری (: فون) و پوشش گیاهی و نباتی (: فلور) منطقه، گونه‌های مهاجمی که به هر زیست‌بومی وارد می‌شوند، قابل شناسایی گردند. نکته‌ی دیگری که می‌تواند حائز اهمیت باشد، در نظر گرفتن ردیف بودجه‌ی خاص برای مبارزه با گونه‌های مهاجم است. مثلاً آفریقای جنوبی، سالانه حدود ۱۱۵ میلیون دلار، برای مبارزه با گونه‌های مهاجم اختصاص می‌دهد و یکی از مواردی که در این هزینه کرد، بسیار پررنگ است، آموزش دادن عامه‌ی جامعه در این خصوص است (نوباس و همکاران، ۲۰۲۱، صص ۱۵).

³¹EICAT: The Environmental Impact Classification for Alien Taxa

³²IUCN: The International Union for Conservation of Nature

³³اعضای این اتحادیه، منحصراً از دولت‌ها و سازمان‌های جامعه‌ی مدنی تشکیل شده‌اند.

³⁴SEICAT: Socio-economic Impact Classification of Alien Taxa

سیاس‌گزارى

از راهنمایی‌های استاد ارجمندم، جناب آقای دکتر حسین نگارستان، برای نوشتن این مقاله، متشکرم.

مراجع

- [۱] کیان نجفی تیره شبانکاره و رحمان اسدپور، «گونه‌ی غیربومی و مهاجم کهور آمریکایی (*Prosopis juliflora*) تهدیدی برای تنوع زیستی بوم‌نظام‌های سواحل و جزایر خلیج فارس و دریای عمان»، همایش ملی پدافند غیر عامل در بخش کشاورزی، ۱۳۹۲.
- [۲] حسن فضل‌ی، «اثر شانه دار مهاجم دریای مازندران (*Mnemiopsis leidyi*) بر ذخایر پنج گونه ماهی مهم تجاری در سواحل جنوبی دریای مازندران»، زیست‌شناسی دریا (بیولوژی دریا)، بهار ۱۳۹۴، دوره‌ی ۷، شماره ۲۵، صفحات ۲۳ تا ۳۴.
- [۳] حمیدرضا غفارزاده و نازلی هنریخش، «بررسی تبعات اقتصادی عدم مبارزه با گونه مهاجم شانه‌دار در سواحل ایرانی دریای مازندران»، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، دوره‌ی ۹، شماره‌ی ۴، اسفند ۱۳۸۶، صفحات ۱۱۷ تا ۱۲۸.
- [۴] ابوالقاسم روحی و همکاران، «بررسی روند تغییرات شانه‌دار و اثرات آن بر روی زئوپلانکتون‌های حوضه‌ی جنوبی دریای مازندران»، مجله‌ی آبریان دریایی مازندران، سال یکم، شماره‌ی ۱، تابستان ۱۳۹۵، صفحه‌ی ۲۴ تا ۳۶.
- [۵] م. فیض‌الله‌پور، «مخاطرات زیست محیطی دریای مازندران، در ارتباط با تأثیر گونه‌ی شانه دار مهاجم به جمعیت کیلکا و فک مازندران»، اولین همایش ملی ارزیابی و مدیریت و آمایش محیط زیستی در ایران، آذر ۱۳۹۳.
- [۶] ا. حشمتی، ن. خراسانی، ب.ش. اسفندآباد، ب. ریاضی، «ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر ریسک تهاجم زیستی کهور آمریکایی در زیست بوم‌های طبیعی ایران»، فصل‌نامه‌ی علمی - پژوهشی محیط‌زیست جانوری، سال ۱۲، بهار ۱۳۹۹.
- [۷] خبرگزاری مجلس شورای اسلامی، «درخت کهور آمریکایی، دیوی سیاه در لباس فرشته‌ای سبز / پروژه ویران‌سازی زیست محیطی از کجا آب می‌خورد»، سرویس اجتماعی، ۹ بهمن ۱۳۹۶، پیوند به: <http://www.icana.ir/Fa/News/367692>
- [۸] ر. محرابیان و همکاران، «الگوهای انتشار گیاهان معرفی شده به ایران»، فصل‌نامه‌ی علمی زیست‌شناسی کاربردی دانشگاه الزهراء(س)، دوره‌ی ۳۵، شماره‌ی ۳، صفحات ۱۱۵ تا ۱۵۷، پاییز ۱۴۰۰.
- [۹] ا. ساکی، ح. نگارستان، م. غلامی، «بررسی نحوه‌ی ورود شانه‌دار مهاجم دریای مازندران به زیست‌بوم این دریا»، همایش ملی آبی‌پروری و زیست‌بوم آبی پایدار، ۵ صفحه، مهر ۱۳۹۵.
- [10] World Economic Forum, "The Global Risks Report 2022," 17th Edition, P 101.
- [11] J. B. McLoughlin, J. N. Webster, "Cybernetic and general-system approaches to urban and regional research: a review of the literature," Environment and Planning, 1970, vol. 2, Pages 369-408
- [12] J.W. Clark, "General systems perspectives," Journal of Creative Behavior, 1977, vol. 11. Pages 36-46.
- [13] Samuel J Mcnaughton, "The Cybernetic Nature of Ecosystems," The American Naturalist, vol. 117, No. 6 June 1981, Pages 985-990.
- [14] S. N. Nielsen, "Second order cybernetics and semiotics in ecological systems—Where complexity really begins," Ecological Modeling, vol. 319, January 2016, Pages 119-129.

- [15] R.M. Niemiec, G.P. Asner, P.G. Brodrick, J.A. Gaertner, N.M. Ardoin, "Scale-dependence of environmental and socioeconomic drivers of albizia invasion in Hawaii," *Landscapes and Urban Planning*, vol. 169, January 2018, Pages 70-80.
- [16] A. Doizy, E. Barter, J. Memmott, K. Varnham, T. Gross, "Impact of cyber-invasive species on a large ecological network," *Scientific reports*, vol. 8, 2018.
- [17] S. L. Podvalny, E. M. Vasiljev, "The cybernetic concept of multialternativity in the evolution of biological systems," *Journal of Physics: Conference Series*, 2020.
- [18] M. A. Peters, P. Jandric, S. Hayes, "Biodigital Philosophy, Technological Convergence, and Postdigital Knowledge Ecologies," *Postdigital Science and Education*, vol. 3, 2021, Pages 370-388.
- [19] Britannica, Branch Science, Concept Ecosystem, Link: <https://www.britannica.com/science/ecosystem>.
- [20] Dan C. Marinescu, "Complex Systems and Clouds," Elsevier: *Computer Science Review and Trends*, 2017.
- [21] V. Radosavljevic, "Environmental Health and Bioterrorism," *Encyclopedia of Environmental Health (Second Edition)*, Year 2019, Pages 450-457.
- [22] Ross T. Shackleton, "Social-ecological drivers and impacts of invasion-related regime shifts: consequences for ecosystem services and human wellbeing," *Environmental Science & Policy*, Volume 89, November 2018, Pages 300-314.
- [23] J. B. Mitton, Brenner's, "Genetic Colonization," *Encyclopedia of Genetics (Second Edition)*, 2013, Page 236.
- [24] Dean E. Pearson, "Biological Invasions: An Overview," *Reference Module in Life Sciences*, 2022.
- [25] A. M. Danziger & M. Frederich, "Challenges in eDNA detection of the invasive European green crab, *Carcinus maenas*," *Biological Invasions*, vol. 24, Pages 1881-1894, 2022.
- [26] Sara Ghabooli and Tamara A. Shiganova, "Invasion Pathway of the Ctenophore *Mnemiopsis leidyi* in the Mediterranean Sea," *Plos One*, November 26, 2013.
- [27] Reuben P Keller, Juergen Geist, Jonathan M Jeschke & Ingolf Kühn, "Invasive species in Europe: ecology, status, and policy," *Environmental Sciences Europe*, Volume 23, Article number 23, June 2011
- [28] Jonathan M. Jeschke and Coworks, "Biological Invasions: Impact and Management," *Encyclopedia of Inland Waters (Second Edition)*, Volume 4, 2022, Pages 368-381
- [29] IUCN, "Environmental Impact Classification for Alien Taxa (EICAT)," Link: <https://www.iucn.org/resources/conservation-tool/environmental-impact-classification-alien-taxa-eicat>
- [30] N. Jubase, R. T. Shackleton, J. Measey, "Public Awareness and Perceptions of Invasive Alien Species in Small Towns," *Biology*, vol. 10, December 2021.

