

تاب‌آوری و پایداری

خانه سادات موسوی^۱، مجید رحیمی^۲، مهدی قربانی^{۳*}

۱- دانشجوی دکتری، گروه محیط‌زیست طبیعی، دانشکده منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

۲- پژوهشگر، مؤسسه کسب و کار اجتماعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۳- استاد، گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

*رایانامه نویسنده مسئول: mehghorbani@ut.ac.ir

چکیده

مفاهیم تاب‌آوری و پایداری طی پنج دهه گذشته به‌عنوان دو چارچوب نظری تأثیرگذار در مطالعات محیط‌زیست مطرح شده‌اند. این مقاله به مروری جامع بر ادبیات پایه‌ای که این مفاهیم را شکل داده، پرداخته و ریشه‌های فکری، توسعه نظری و تحول مفهومی آن‌ها را بررسی می‌کند. تاب‌آوری که در ابتدا توسط Holling در دهه ۱۹۷۰ به‌عنوان تاب‌آوری اکولوژیک معرفی شد، امروزه به چارچوبی چندبعدی تبدیل شده که شامل تفکر نظام‌های اجتماعی-اکولوژیک نیز می‌شود. پایداری، که ریشه در مطالعات توسعه و اخلاق محیط‌زیستی دارد، راهنمایی تجویزی برای مدیریت بلندمدت محیط‌زیست ارائه می‌کند. با بررسی آثار برجسته و مشارکت‌های نظری کلیدی، این مرور نشان می‌دهد که این مفاهیم، با وجود نشأت‌گیری از سنت‌های فکری متفاوت، رویکردهایی مکمل و درعین‌حال متمایز برای درک سیستم‌های پیچیده محیط‌زیستی ارائه می‌کنند. تحلیل حاضر، مباحث نظری جاری درباره تعاریف، روش‌های ارزیابی و کاربردهای عملی را روشن می‌سازد و پیشرفت‌های اخیر در چارچوب‌های تلفیقی که فهم توصیفی را با اهداف تجویزی ترکیب می‌کنند، برجسته می‌کند. این مرور پایه‌ای به درک مفهومی شفاف‌تر کمک کرده و مسیر توسعه نظری آینده در مطالعات محیط‌زیست را مشخص می‌کند.

کلیدواژه‌ها: مدیریت محیط‌زیست، تاب‌آوری سیستم‌ها، توسعه پایدار، حکمرانی و سیاست‌گذاری، نظام‌های اجتماعی-اکولوژیک

مقدمه

چشم‌انداز نظری مطالعات محیط‌زیست به‌طور عمیق تحت تأثیر دو چارچوب مفهومی قرار گرفته است که از سنت‌های فکری متفاوت نشأت گرفته‌اند، اما در کاربردهای خود برای حل مسائل پیچیده محیط‌زیستی به‌تدریج همگرا شده‌اند. تاب‌آوری^۱ و پایداری^۲، اگرچه در گفتمان عمومی گاهی به‌جای یکدیگر به‌کار می‌روند، اما اساساً رویکردهای متفاوتی برای فهم و مدیریت تعاملات انسان-محیط ارائه می‌کنند (Xu & Kajikawa, 2018). درک این مفاهیم پایه‌ای اهمیتی فراتر از علاقه‌مندی علمی دارد. با پیچیده‌تر و درهم‌تنیده‌تر شدن چالش‌های محیط‌زیستی، چارچوب‌های نظری مورد استفاده برای فهم و مقابله با این چالش‌ها اهمیت بیشتری پیدا می‌کنند (Elmqvist et al., 2019). هر دو مفهوم تاب‌آوری و پایداری بینش‌های ارزشمندی ارائه می‌کنند، اما تفاوت در جهت‌گیری فلسفی و تمرکز تحلیلی آن‌ها باعث می‌شود که تلفیق آن‌ها نیازمند بررسی نظری دقیق باشد. هدف از این نوشتار، بررسی ادبیات پایه‌ای است که این مفاهیم را شکل داده، روند تحول نظری آن‌ها را پیگیری کرده و رابطه آن‌ها را در گستره مطالعات محیط‌زیست تحلیل کند.

مفهوم تاب‌آوری در مطالعات محیط‌زیست مستقیماً به کار پیشگامانه Holling (۱۹۷۳) بازمی‌گردد. مقاله او در سال ۱۹۷۳ با عنوان «تاب‌آوری و ثبات سیستم‌های اکولوژیک» به‌طور بنیادین نگرش اکولوژیست‌ها و دانشمندان محیط‌زیست نسبت به رفتار سیستم‌ها را تغییر داد (Holling, 1973). سهم Holling صرفاً تعریف مفهومی

نبود، بلکه تحولی پارادایمی ایجاد کرد و تفکر مبتنی بر تعادل ثابت را به‌سوی درک پویا و تغییرپذیر سیستم‌های اکولوژیک سوق داد. پیش از مطالعه Holling، اکولوژی عمدتاً براساس مفهوم «تاب‌آوری مهندسی»^۳ شکل گرفته بود؛ ایده‌ای که سیستم‌ها را دارای یک نقطه تعادل پایدار می‌دانست و تاب‌آوری را به‌سرعت بازگشت سیستم به این تعادل پس از اختلال محدود می‌کرد. هرچند این دیدگاه برای برخی کاربردها مفید بود، توانایی توضیح رفتارهای پیچیده و غیرخطی بسیاری از سیستم‌های اکولوژیک را نداشت. Holling با معرفی مفهوم «تاب‌آوری اکولوژیک»^۴ این محدودیت را برطرف کرد. در این دیدگاه، تمرکز از سرعت بازگشت سیستم به تعادل، به ظرفیت آن برای جذب و تحمل اختلالات پیش از عبور از آستانه‌های بحرانی و انتقال به یک وضعیت پایدار جایگزین تغییر یافت. این تمایز، انقلابی بود، زیرا امکان وجود چندین حالت پایدار برای سیستم‌های اکولوژیک و تغییرات ناگهانی و دشوار برگشت بین این حالت‌ها را به رسمیت می‌شناخت. پیامدهای این چارچوب فراتر از اکولوژی بود و چشم‌انداز جدیدی برای درک رفتار سیستم‌ها در حوزه‌های مختلف ارائه کرد. کار Holling مبتنی بر نظریه سیستم‌ها و سایبرنتیک^۵ بود، اما سهم کلیدی او نشان دادن کاربرد عملی این مفاهیم انتزاعی برای درک پدیده‌های واقعی اکولوژیک بود.

چارچوب نظری Holling با همکاری پژوهشگران مؤسسه بین‌المللی تحلیل سیستم‌های کاربردی توسعه یافت. مفهوم چرخه سازگاری^۶، که توسط Gunderson و Holling (۲۰۰۲) توسعه یافت، مدلی پویا برای توضیح حرکت سیستم‌ها در مراحل رشد^۷، حفاظت^۸، آزادسازی^۹ و بازسازی^{۱۰}

اطلاعات برای حفظ تعادل یا دستیابی به هدف تأکید دارد. هالینگ از این دیدگاه برای تبیین رفتار خودتنظیم‌گرانه اکوسیستم‌ها در مواجهه با اختلالات بهره گرفت.

¹ Resilience

² Sustainability

³ Engineering Resilience

⁴ Ecological Resilience

^۵ سایبرنتیک (Cybernetics): دانشی میان‌رشته‌ای که به مطالعه

ساختارها، محدودیت‌ها و سازوکارهای بازخورد (Feedback) در

سیستم‌های پویا می‌پردازد. این حوزه که توسط نوربرت وینر

(Norbert Wiener) در دهه ۱۹۴۰ بنیان نهاده شد، بر چگونگی

دریافت اطلاعات توسط یک سیستم از محیط و واکنش آن به این

⁶ Adaptive Cycle

⁷ Growth or Exploitation

⁸ Conservation

⁹ Release

¹⁰ Reorganization

این چارچوب سه گانه به پژوهشگران و سیاست‌گذاران امکان می‌دهد تاب‌آوری سیستم‌ها را به صورت سیستمی، سازگار و تحول‌آفرین تحلیل کنند و راهکارهای عملی برای افزایش مقاومت و پایداری آن‌ها ارائه دهند (بیگز و همکاران، ۱۳۹۹). از منظر اجتماعی، تاب‌آوری به توانایی جوامع برای بازسازی روابط اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی پس از بحران‌ها اشاره دارد. در حوزه سازمانی نیز، تاب‌آوری بر استمرار کسب‌وکار، انعطاف‌پذیری و نوآوری در برابر اختلالات محیطی تمرکز دارد (Weber, 2023).

مفهوم پایداری

درحالی‌که نظریه تاب‌آوری در سنت‌های تفکر اکولوژیک و سیستمی توسعه یافته، مفهوم پایداری از یک ریشه فکری متفاوت برخاسته است که شامل مطالعات توسعه، اخلاق محیط‌زیستی و اقتصاد منابع می‌شود. این مفهوم با انتشار گزارش کمیسیون جهانی محیط‌زیست و توسعه در سال ۱۹۸۷ با عنوان «آینده مشترک ما»^۴ به شهرت رسید و تعریفی گسترده و شناخته‌شده از توسعه پایدار ارائه کرد (Imperatives, 1987).

تعریف کمیسیون براندتلند^۵ از توسعه پایدار و پایداری، مبنی بر برآورده کردن نیازهای کنونی بدون به خطر انداختن توانایی نسل‌های آینده برای تأمین نیازهای خود (Brundtland & Mansour, 2010)، عمدتاً هنجاری و تجویزی^۶ بود (Srivastava, 2011). برخلاف تاب‌آوری که رفتار سیستم‌ها را توصیف می‌کند، پایداری مشخص می‌کند که چگونه باید سیستم‌ها مدیریت شوند. این ویژگی هنجاری هم قوت و هم نقدهایی برای آن به همراه داشته است؛ قوت آن در ارائه راهنمایی اخلاقی روشن برای تصمیم‌گیری است و نقد آن در ابهام بیش از حد برای ارائه دستورالعمل‌های عملی (Redclift, 2002).

ارائه کرد. این مدل به مرکز تفکر تاب‌آوری تبدیل شد، زیرا چارچوبی برای درک تغییرات سیستم‌ها در طول زمان و نحوه مدیریت آن‌ها برای افزایش تاب‌آوری مطلوب و کاهش پایداری وضعیت‌های تخریب‌شده فراهم می‌کرد.

مبانی نظری

مفهوم تاب‌آوری

مفهوم تاب‌آوری نخستین بار توسط هالینگ (Holling, 1973) در حوزه‌ی بوم‌شناسی مطرح شد و به ظرفیت یک سیستم محیط‌زیستی برای جذب شوک‌ها و ادامه عملکرد اصلی خود اشاره داشت. بعدها این مفهوم به حوزه‌های اجتماعی، اقتصادی و سازمانی گسترش یافت و به عنوان یک چارچوب تحلیلی کلیدی در مطالعات توسعه و مدیریت بحران مورد توجه قرار گرفت. به طور کلی، تاب‌آوری سیستم‌ها را می‌توان براساس سه مؤلفه اصلی دسته‌بندی کرد: تاب‌آوری مقاومتی^۱، تاب‌آوری سازگار^۲ و تاب‌آوری تحولی^۳. تاب‌آوری مقاومتی به توانایی سیستم برای تحمل اختلالات و شوک‌ها بدون تغییر اساسی در ساختار یا عملکرد اشاره دارد و بیشتر روی حفظ وضعیت موجود در برابر بحران‌ها تمرکز می‌کند. تاب‌آوری سازگار، ظرفیت سیستم برای تغییر و تنظیم رفتارها، فرایندها و ساختارها در پاسخ به شرایط جدید و فشارهای محیطی است و به سیستم اجازه می‌دهد تا با تغییرات تدریجی سازگار شود و عملکرد خود را حفظ کند (Folke et al., 2010; Walker et al., 2004). نهایتاً تاب‌آوری تحولی به قابلیت سیستم برای دگرگونی بنیادین و بازسازی کامل اشاره دارد، به گونه‌ای که در مواقعی که شرایط موجود برای ادامه بقا کافی نیست، سیستم بتواند مسیر توسعه جدیدی را انتخاب کرده و از بحران‌ها عبور کند (Folke et al., 2010).

^۱ «تجویزی» در اینجا در مقابل «توصیفی» به کار رفته است؛ به این معنا که پایداری نه صرفاً بیانگر قواعد حاکم بر سیستم‌ها (توصیف)، بلکه شامل بایدها و دستورالعمل‌های اخلاقی برای مدیریت آنها (تجویز) است.

¹ Robustness resilience

² Adaptability resilience

³ Transformability resilience

⁴ Our Common Future

⁵ Brundtland

اقتصادی اشاره دارد. گزارش «آینده مشترک ما» که توسط کمیسیون برانتلند در سال ۱۹۸۷ منتشر شد، پایداری را به عنوان تأمین نیازهای امروز بدون به خطر انداختن توانایی نسل‌های آینده در پاسخ به نیازهایشان تعریف کرد (United Nations, 2015).

ابعاد اصلی پایداری عبارت‌اند از پایداری محیط‌زیستی که بر حفاظت از منابع طبیعی، تنوع زیستی و کاهش اثرات نامطلوب فعالیت‌های انسانی بر اکوسیستم‌ها تأکید دارد؛ پایداری اقتصادی که دستیابی به رشد اقتصادی منصفانه و قابل تداوم در بلندمدت را دنبال می‌کند؛ و پایداری اجتماعی که بر تحقق عدالت، برابری، رفاه و انسجام اجتماعی در جوامع متمرکز است. در دهه‌های اخیر، پایداری به عنوان یک چارچوب سیاست‌گذاری جهانی در قالب «اهداف توسعه پایدار سازمان ملل متحد» (SDGs^۳) نهادینه شده و نقش محوری در برنامه‌های توسعه‌ای کشورهای پیدا کرده است (Elmqvist et al., 2019).

توسعه به سمت نظام‌های اجتماعی-اکولوژیک

گسترش تفکر تاب‌آوری از نظام‌های صرفاً اکولوژیک به نظام‌های اجتماعی-اکولوژیک، یکی از تحولات مهم نظریه تاب‌آوری محسوب می‌شود. این تحول تنها افزودن عناصر اجتماعی به مدل‌های اکولوژیک نبود؛ بلکه نیازمند بازنگری بنیادی در نحوه تعامل میان نظام‌های انسانی و طبیعی بود. تحقیق Ostrom (۲۰۰۹)، اگرچه عمده‌تاً بر تحلیل نهادها متمرکز بود، بینش‌های مهمی درباره کاربرد اصول تاب‌آوری در سیستم‌های اجتماعی ارائه کرد. بررسی مدیریت منابع مشترک توسط Ostrom نشان داد که جوامع می‌توانند نهادهایی ایجاد کنند که هم همکاری اجتماعی و هم پایداری اکولوژیک را در طولانی مدت حفظ کنند. این یافته نشان داد که تاب‌آوری نه تنها ویژگی نظام‌های اکولوژیک، بلکه ویژگی

توسعه نظری پایداری تحت تأثیر چند سنت فکری شکل گرفت. اخلاق محیط‌زیستی، به‌ویژه کار آلدو لئوپولد و «اخلاق زمین»^۱ او، پایه‌های فلسفی برای گسترش ملاحظات اخلاقی فراتر از منافع انسانی فوری فراهم کرد (Leopold, 1949; Callicott, 1989). اقتصاد منابع، از طریق پژوهش‌هایی مانند آثار Rogers، با وارد کردن محدودیت‌های اکولوژیک و عدالت میان‌نسلی، تفکر اقتصادی سنتی را به چالش کشید (Rogers, 1996). مطالعات توسعه نیز نگرانی‌هایی درباره عدالت اجتماعی و توزیع منافع و هزینه‌های محیط‌زیستی ارائه کرد (McDowell, 1990; ; Sen, 1999).

این تأثیرات متنوع منجر به مدل سه‌ستونی پایداری شد که ابعاد محیط‌زیستی، اجتماعی و اقتصادی را شامل می‌شود. بااین حال، این مدل به دلیل القای این تصور که این ابعاد به راحتی قابل تعادل یا مبادله هستند، مورد نقد قرار گرفته است (Wu et al., 2024). رویکردهای نظری پیچیده‌تر، مانند کار اقتصاددانان اکولوژیک همچون Costanza در سال ۱۹۹۷، وابستگی اساسی سیستم‌های اقتصادی و اجتماعی به زیرساخت‌های اکولوژیک را مورد تأکید قرار داده‌اند (Costanza et al., 1997).

یکی از مهم‌ترین مباحث نظری در علم پایداری، تمایز بین پایداری ضعیف و قوی^۲ است. پایداری ضعیف فرض می‌کند که انواع مختلف سرمایه طبیعی، تا حد زیادی قابل جانشینی هستند؛ به این معنا که کاهش منابع طبیعی می‌تواند با افزایش سرمایه‌های دیگر جبران شود. در مقابل، پایداری قوی استدلال می‌کند که برخی اشکال سرمایه طبیعی جایگزین‌ناپذیر هستند و باید حفظ شوند، بدون توجه به وجود جانشین‌های بالقوه (Dietz & Neumayer, 2007; Neumayer, 2010).

پایداری، مفهومی میان‌رشته‌ای است که به توانایی سیستم‌ها در ایجاد توازن پویا میان ابعاد محیط‌زیستی، اجتماعی و

¹ Land Ethic

² Weak & Strong Sustainability

³ Sustainable Development Goals

نهادهای اجتماعی نیز می‌تواند باشد و تعاملات انسان-محیط را شکل دهد.

چارچوب نظام‌های اجتماعی-اکولوژیک که از این پژوهش‌ها شکل گرفت، بر این اصل تأکید دارد که نظام‌های انسانی و طبیعی به‌طور بنیادی با یکدیگر درهم‌تنیده‌اند و نمی‌توان آن‌ها را جداگانه بررسی کرد (Folke, 2006). این دیدگاه مرزهای سنتی رشته‌ها را به چالش کشید و نیازمند رویکردهای نظری نوینی بود که بتواند بینش‌های اکولوژی، جامعه‌شناسی، اقتصاد و علوم سیاسی را تلفیق کند. این چارچوب، ویژگی‌هایی مانند تنوع^۱، افزونگی^۲، مدولار بودن^۳ و ظرفیت سازگار^۴ را به‌عنوان عوامل کلیدی تقویت تاب‌آوری معرفی می‌کند (Biggs et al., 2012; Folke et al., 2004; Carpenter, 2010). با کار در چارچوب اتحاد تاب‌آوری^۵، تلاش کردند تا تاب‌آوری اجتماعی-اکولوژیک را به‌صورت عملیاتی درآورند. پرسش معروف آن‌ها «تاب‌آوری چه چیزی در برابر چه چیزی؟» ابزاری برای مشخص کردن دقیق اجزای نظام و نوع اختلالات مورد بررسی ارائه کرد و بدین ترتیب تفکر تاب‌آوری را از یک مفهوم انتزاعی به یک ابزار کاربردی تبدیل نمود.

تحقیقات معاصر این چارچوب را گسترش داده‌اند. به‌عنوان نمونه، Sharifi (۲۰۲۳) اصول تاب‌آوری نظام‌های اجتماعی-اکولوژیک-فناوری (SETS^۶) را در زمینه‌های شهری مورد بررسی قرار داده است. در این چارچوب، فناوری نه تنها به‌عنوان ابزاری در خدمت نظام‌های اجتماعی، بلکه به‌عنوان یک مؤلفه در حال تحول در نظام‌های پیچیده سازگار در نظر گرفته می‌شود و اصولی مانند تطبیق‌پذیری، قابلیت تحول، افزونگی، عدالت و پیش‌بینی را دربر می‌گیرد.

مفهوم «تاب‌آوری» در نظام‌های اجتماعی-اکولوژیک به‌عنوان ظرفیت یک نظام برای جذب یا تحمل اختلالات و حفظ ساختار، عملکرد و بازخوردهای اصلی خود در مواجهه با تغییرات یا بحران‌ها تعریف می‌شود (Holling, 1973; Folke et al., 2010). این مفهوم، ابتدا در بستر اکولوژیک معرفی شد و سپس در حوزه‌های اجتماعی و اقتصادی گسترش یافت. تاب‌آوری، برخلاف پایداری، بر توانایی نظام در مواجهه با تغییرات و حفظ هویت و عملکرد خود تأکید دارد. از سوی دیگر، مفهوم «پایداری» به‌عنوان توانایی یک نظام در حفظ تعادل میان ابعاد مختلف توسعه (محیطی، اجتماعی، اقتصادی) برای تأمین نیازهای نسل حاضر بدون تهدید رفاه نسل‌های آینده تعریف می‌شود (Walker et al., 2004). این مفهوم بر حفظ و تداوم منابع و فرآیندهای اکولوژیک و اجتماعی در طول زمان تأکید دارد.

اگرچه این دو مفهوم گاهی به‌صورت هم‌معنی به‌کار برده می‌شوند، اما از منظر تحلیلی تفاوت‌های بنیادینی دارند؛ تاب‌آوری بیشتر بر پاسخ و بازسازی نظام در مواجهه با اختلالات متمرکز است، درحالی‌که پایداری بر تداوم بلندمدت و تعادل نظام تأکید دارد. بررسی هم‌زمان این دو رویکرد می‌تواند چارچوبی مؤثر برای طراحی سیاست‌ها، برنامه‌های توسعه و مدیریت منابع فراهم آورد و به فهم دقیق‌تر چالش‌ها و فرصت‌های مسیر توسعه پایدار کمک کند (Folke et al., 2010; Walker et al., 2004).

مقایسه و تمایز تاب‌آوری و پایداری

اگرچه تاب‌آوری و پایداری گاه به‌عنوان مفاهیمی هم‌پوشان و مترادف در متون علمی مورد استفاده قرار می‌گیرند، اما در بنیان تحلیلی و کاربردی خود تفاوت‌های اساسی و مهمی دارند. تاب‌آوری عمدتاً بر توانایی سیستم‌ها در واکنش سریع، سازگاری و بازیابی پس از مواجهه با بحران‌ها و اختلالات

^۴. Adaptive Capacity

^۵. Resilience Alliance

^۶. Social-Ecological-Technological Systems

^۱. Diversity

^۲. Redundancy

^۳. یک سیستم مدولار ممکن است از بخش‌های متنوعی تشکیل شده باشد که اگر یکی از آن‌ها آسیب ببیند، دیگر بخش‌ها همچنان عملکرد خود را ادامه دهند.

تمرکز دارد. به عبارت دیگر، تاب‌آوری به سیستم‌ها اجازه می‌دهد که در مواجهه با شوک‌های ناگهانی مانند بلایای طبیعی، بحران‌های اقتصادی یا تغییرات اجتماعی نه تنها عملکرد خود را حفظ کنند، بلکه ظرفیت یادگیری و انطباق با شرایط جدید را نیز افزایش دهند (Folke et al., 2010; Walker et al., 2004).

در مقابل، پایداری بیشتر بر حفظ تعادل بلندمدت و استمرار منابع و عملکردهای کلیدی سیستم‌ها متمرکز است و به دنبال ایجاد چارچوب‌هایی است که امکان توسعه پایدار و بهره‌برداری بهینه از منابع طبیعی، اجتماعی و اقتصادی را برای نسل‌های کنونی و آینده فراهم کند (Elmqvist et al., 2019; United Nations, 2015).

به بیان ساده‌تر، می‌توان تاب‌آوری را یک ویژگی پویا و واکنشی در کوتاه‌مدت دانست که سیستم‌ها را قادر می‌سازد در مقابل، پایداری محیط‌زیستی بر حفظ توازن بلندمدت، مدیریت پایدار منابع و حفاظت از تنوع زیستی تمرکز دارد (Elmqvist et al., 2019; United Nations, 2015). این مفهوم با هدف اطمینان از استمرار عملکرد اکوسیستم‌ها برای نسل‌های کنونی و آینده به کار گرفته می‌شود و شامل سیاست‌گذاری‌های محیط‌زیستی، برنامه‌های توسعه پایدار شهری و کشاورزی و ارزیابی اثرات محیط‌زیستی پروژه‌ها است.

به بیان ساده‌تر، تاب‌آوری محیط‌زیستی بیشتر واکنشی و کوتاه‌مدت است و توانایی اکوسیستم را برای مقابله با اختلالات افزایش می‌دهد؛ درحالی‌که پایداری محیط‌زیستی بلندمدت و استراتژیک است و چارچوبی برای حفاظت از منابع و حفظ عملکرد اکوسیستم‌ها فراهم می‌کند (Fiksel, 2006; Walker & Salt, 2012; Marchese et al.,

تا در برابر بحران‌ها انعطاف‌پذیر باشند، درحالی‌که پایداری یک رویکرد استراتژیک و بلندمدت است که بر مدیریت کلان منابع و حفظ توازن نظام‌ها در طول زمان تمرکز دارد. در محیط‌زیست، تاب‌آوری و پایداری نقش‌های مکمل ولی متفاوتی دارند. تاب‌آوری محیط‌زیستی به توانایی اکوسیستم‌ها برای تحمل اختلالات، بازیابی پس از بلایای طبیعی و سازگاری با تغییرات محیطی اشاره دارد (Folke et al., 2010). به عبارت دیگر، تاب‌آوری به اکوسیستم‌ها اجازه می‌دهد در مواجهه با شوک‌ها، مانند خشکسالی، سیل یا آلودگی، نه تنها عملکرد خود را حفظ کنند، بلکه ظرفیت یادگیری و بازسازی نیز داشته باشند. کاربرد عملی این مفهوم شامل طراحی برنامه‌های مدیریت منابع طبیعی، احیای زیستگاه‌ها و ایجاد مناطق حفاظت‌شده مقاوم در برابر تغییرات اقلیمی است (بیگز و همکاران، ۱۳۹۹).

این دو مفهوم در کنار هم، اکوسیستم‌ها را هم‌مقاوم و هم‌پایدار می‌سازند، به‌طوری‌که تاب‌آوری شرایط را برای تحقق اهداف پایداری فراهم می‌آورد و پایداری، مسیر بلندمدت تاب‌آوری را تضمین می‌کند (Walker & Salt, 2012).

با این نگاه، می‌توان نتیجه گرفت که تاب‌آوری و پایداری نه رقیب یکدیگر، بلکه دو مؤلفه مکمل و هم‌افزا هستند؛ تاب‌آوری شرایط را برای استمرار و تحقق اهداف پایداری فراهم می‌آورد و پایداری چارچوب و مسیر بلندمدت برای تاب‌آوری سیستم‌ها ایجاد می‌کند (Ho et al., 2024). در جدول ۱ مقایسه مفهومی و کاربردی تاب‌آوری و پایداری در سیستم‌ها شرح داده شده است.

جدول ۱- مقایسه مفهومی و کاربردی تاب‌آوری و پایداری در سیستم‌ها (Folke, 2006; Walker et al., 2004; Redman et al., 2004; Elmqvist et al., 2019; Folke et al., 2016; Marchese et al., 2018)

بُعد / ویژگی	تاب‌آوری (Resilience)	پایداری (Sustainability)	توضیح / نکته کلیدی / شباهت‌ها
ماهیت	توصیفی / تحلیلی	هنجاری / ارزش‌محور	تاب‌آوری رفتار سیستم را توصیف می‌کند؛ پایداری بیان می‌کند سیستم چگونه باید مدیریت شود. هر دو به دنبال حفظ کارکرد سیستم‌ها و کاهش آسیب‌های بلندمدت هستند.
ریشه‌های فکری	اکولوژی، نظریه سیستم‌ها، سایبرنتیک	مطالعات توسعه، اخلاق محیط‌زیستی، اقتصاد منابع	تاب‌آوری از اکولوژی و سیستم‌های پویا نشأت گرفته؛ پایداری بر مبنای عدالت بین‌نسلی و مدیریت منابع است.
تمرکز اصلی	ظرفیت سازگاری و بازگشت سیستم به عملکرد مطلوب	تأمین نیازهای حال و آینده، حفظ منابع و عدالت اجتماعی	تاب‌آوری روی عملکرد سیستم و پاسخ به اختلال تمرکز دارد؛ پایداری روی مدیریت بلندمدت و اهداف هنجاری.
تمرکز زمانی	کوتاه‌مدت و میان‌مدت با قابلیت بازسازی برای بلندمدت	بلندمدت	هر دو نیازمند نگاه آینده‌نگر هستند.
هدف اصلی	مقابله با اختلالات، انعطاف‌پذیری و بازیابی سیستم	حفظ توازن و استمرار توسعه	ارتقای تاب‌آوری کلی سیستم و حفظ منابع.
مقیاس کاربرد	محلی، منطقه‌ای، سیستم‌های اجتماعی-اکولوژیکی، فناوری	محلی، منطقه‌ای، ملی و جهانی	هر دو می‌توانند در سطوح مختلف اعمال شوند، اما پایداری معمولاً در سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی بلندمدت بیشتر دیده می‌شود.
مفاهیم کلیدی	آستانه، چرخه سازگار، تنوع مسیرها، تاب‌آوری نامطلوب	سه‌ستونی (محیط‌زیست، اجتماع، اقتصاد)، پایداری ضعیف و قوی، عدالت میان‌نسلی	تاب‌آوری روی سازگاری و پویایی سیستم تمرکز دارد؛ پایداری بر تعادل منابع و اهداف اجتماعی-اقتصادی.
رویکرد	واکنشی و سازگار	پیشگیرانه و برنامه‌ریزی شده	هر دو رویکرد پیش‌بینی و مدیریت ریسک را تقویت می‌کنند.
کاربرد	مدیریت بحران، طراحی زیرساخت‌های مقاوم، تاب‌آوری شهری و سازمانی	سیاست‌گذاری توسعه پایدار، مدیریت منابع، عدالت بین‌نسلی	هر دو در محیط‌زیست، شهرسازی، سازمان‌ها و اقتصاد کاربرد دارند.
شاخص‌های سنجش	زمان بازگشت به شرایط پایدار، انعطاف‌پذیری، ظرفیت پاسخ به شوک‌ها	کاهش اثرات منفی محیط‌زیستی، عدالت اجتماعی، بهره‌وری اقتصادی	هر دو، شاخص‌ها را با تمرکز بر عملکرد و پایداری سیستم ارزیابی می‌کنند.
چالش‌ها	سنجش ویژگی‌های سیستم (حلقه‌های بازخورد، آستانه‌ها)	سنجش عدالت میان‌نسلی و پیش‌بینی آینده	سنجش تاب‌آوری نیازمند داده‌های رفتاری سیستم است؛ پایداری نیازمند ارزیابی اخلاقی و هنجاری.
ادغام با دیگر رویکردها	قابلیت ترکیب با پایداری، نکسوس ^۱ منابع، فناوری (SETS)	می‌تواند با تاب‌آوری و سیاست‌های محیط‌زیستی یکپارچه شود	چارچوب‌های ادغام به همسویی اهداف تحلیلی و هنجاری کمک می‌کنند.

^۱ مخفف SETS به ترتیب برگرفته از واژگان Social (اجتماعی)، Ecological (اکولوژیک) و Technological (فناورانه) است. اصطلاح «نکسوس» (Nexus) در اینجا به پیوندها، وابستگی‌های متقابل و تعاملات پویا میان این سه زیرسیستم اشاره دارد. این چارچوب یکپارچه، که در مطالعات تاب‌آوری

رابطه تاب‌آوری و پایداری

یکی از مباحث کلیدی در ادبیات توسعه پایدار، چگونگی ارتباط میان «تاب‌آوری» و «پایداری» است. درحالی‌که پایداری بیشتر بر حفظ توازن میان ابعاد اجتماعی، اقتصادی و محیط‌زیستی در بلندمدت تمرکز دارد، تاب‌آوری به ظرفیت سیستم‌ها برای سازگاری و بازیابی در برابر بحران‌ها می‌پردازد. در واقع، تاب‌آوری می‌تواند پیش‌شرط تحقق پایداری باشد، زیرا بدون توانایی مقابله با اختلالات و شوک‌ها، تداوم توسعه پایدار امکان‌پذیر نخواهد بود (Walker et al., 2004; Folke et al., 2010).

از سوی دیگر، پایداری نیز چارچوبی برای ارتقای تاب‌آوری فراهم می‌آورد؛ به‌طور مثال، رویکردهای مبتنی بر عدالت اجتماعی، مصرف بهینه منابع و حفاظت از اکوسیستم‌ها باعث تقویت ظرفیت سیستم‌ها برای مواجهه با بحران‌ها می‌شود (Elmqvist et al., 2019). پژوهش‌های جدید نشان داده‌اند که ادغام فناوری‌های دیجیتال در برنامه‌های توسعه پایدار نه تنها بهره‌وری و کارایی سیستم‌ها را افزایش می‌دهد، بلکه انعطاف‌پذیری و تاب‌آوری آن‌ها را در برابر تغییرات غیرقابل پیش‌بینی بهبود می‌بخشد (OECD, 2024).

چالش‌ها و محدودیت‌های پیاده‌سازی تاب‌آوری و پایداری

با وجود اهمیت و ضرورت تاب‌آوری و پایداری در سیاست‌گذاری‌های محیط‌زیستی، اقتصادی و اجتماعی، اجرای عملی این مفاهیم با چالش‌ها و محدودیت‌های متعددی همراه است. یکی از موانع اساسی در این زمینه به ابهام مفهومی بازمی‌گردد؛ به‌طوری‌که در بسیاری از متون علمی، تاب‌آوری و پایداری به‌صورت مترادف استفاده می‌شوند، درحالی‌که تفاوت‌های بنیادین میان آن‌ها وجود

دارد. فقدان درک مشترک و یکپارچه از این مفاهیم موجب شده سیاست‌گذاران و پژوهشگران در تعیین اهداف و تدوین شاخص‌های سنجش دچار سردرگمی شوند (Folke et al., 2010; Weber, 2023). افزون بر این، ضعف نهادی و مشکلات حکمرانی نیز از موانع مهم به‌شمار می‌روند. تحقق تاب‌آوری و پایداری مستلزم همکاری میان نهادهای محلی، ملی و بین‌المللی است، اما نبود هماهنگی میان دستگاه‌های اجرایی، تضاد منافع سیاسی و اقتصادی و فشارهای کوتاه‌مدت مالی باعث شده است که بسیاری از دولت‌ها پروژه‌های توسعه‌ای ناپایدار را به اقدامات بلندمدت پایدار ترجیح دهند (OECD, 2024).

از منظر اقتصادی نیز، اجرای سیاست‌های مبتنی بر تاب‌آوری و پایداری نیازمند سرمایه‌گذاری‌های کلان است. ایجاد زیرساخت‌های مقاوم در برابر تغییرات اقلیمی یا توسعه فناوری‌های سبز بسیار هزینه‌بر بوده و بسیاری از کشورها و سازمان‌ها توان مالی لازم برای این اقدامات را ندارند. علاوه بر این، نظام‌های مالی جهانی هنوز به شکل کافی از پروژه‌های پایدار حمایت نمی‌کنند و بازده کوتاه‌مدت اندک چنین پروژه‌هایی برای سرمایه‌گذاران جذاب نیست (Silva et al., 2025). در بُعد اجتماعی و فرهنگی، تاب‌آوری و پایداری بدون مشارکت فعال جوامع محلی و تغییر الگوهای مصرفی امکان‌پذیر نخواهد بود، اما مقاومت فرهنگی در برابر تغییر سبک زندگی، کمبود آگاهی عمومی و بی‌اعتمادی نسبت به سیاست‌گذاران مانع بزرگی در این مسیر محسوب می‌شوند. افزون بر این، نابرابری‌های اجتماعی و اقتصادی، گروه‌های آسیب‌پذیر را از مشارکت در فرآیندهای تصمیم‌گیری بازمی‌دارد و عدالت محیط‌زیستی و اجتماعی را به چالش می‌کشد (United Nations, 2015).

شهری و محیط‌زیستی رایج شده، بر این نکته تأکید دارد که سیستم‌های انسانی-طبیعی را نمی‌توان جدا از زیرساخت‌های فناورانه و شبکه‌های اجتماعی دربرگیرنده آنها تحلیل کرد و هرگونه مدیریت تاب‌آوری باید هر سه مؤلفه را همزمان در نظر بگیرد.

محدود می‌شد. ارزیابی تاب‌آوری نیازمند درک روابط سیستم، حلقه‌های بازخورد و آستانه‌ها است، ویژگی‌هایی که مشاهده مستقیم آن‌ها بسیار دشوارتر است (Angeler et al., 2018).

راهکارها و چشم‌انداز آینده برای تقویت تاب‌آوری و پایداری

با توجه به چالش‌های گسترده‌ای که در مسیر تحقق تاب‌آوری و پایداری وجود دارد، اتخاذ رویکردهای جامع، میان‌رشته‌ای و آینده‌نگرانه برای عبور از این موانع ضروری است. نخستین گام در این مسیر، ایجاد درک مفهومی روشن و مشترک از این دو مقوله است؛ به گونه‌ای که هم در عرصه نظری و هم در عرصه عملی بتوان به تمایزات و تعاملات میان تاب‌آوری و پایداری توجه کرد. این امر نه تنها به کاهش سردرگمی در تدوین سیاست‌ها و شاخص‌ها کمک می‌کند، بلکه امکان هم‌افزایی میان پژوهشگران، تصمیم‌گیران و جوامع محلی را فراهم می‌سازد (Weber, 2023). در کنار آن، تقویت حکمرانی چندسطحی و فراگیر ضرورت دارد. تنها از طریق همکاری نزدیک میان نهادهای محلی، ملی و بین‌المللی و با در نظر گرفتن عدالت اجتماعی و محیط‌زیستی می‌توان مسیر حرکت به سوی جوامعی پایدار و تاب‌آور را هموار کرد. این امر مستلزم بازطراحی ساختارهای حکمرانی، شفافیت بیشتر در تصمیم‌گیری‌ها و تقویت مشارکت شهروندان در فرآیندهای سیاست‌گذاری است (United Nations, 2015).

از منظر اقتصادی، ایجاد سازوکارهای نوآورانه تأمین مالی همچون سرمایه‌گذاری سبز، انتشار اوراق قرضه پایدار و توسعه مدل‌های تجاری چرخشی می‌تواند به کاهش فشارهای مالی در اجرای پروژه‌های تاب‌آور کمک کند. تجربه‌های اخیر نشان داده است که پیوند میان بازارهای مالی و اهداف توسعه پایدار می‌تواند انگیزه سرمایه‌گذاران را برای ورود به پروژه‌های بلندمدت افزایش دهد (OECD, 2024). همچنین، در سطح اجتماعی، ارتقای آگاهی عمومی

چالش‌های فناورانه و علمی نیز قابل چشم‌پوشی نیستند. هرچند فناوری‌های نوینی مانند هوش مصنوعی و اینترنت اشیا ظرفیت بالایی برای ارتقای تاب‌آوری و پایداری دارند، اما شکاف فناورانه میان کشورهای توسعه‌یافته و درحال توسعه و ریسک‌های اخلاقی و امنیتی ناشی از استفاده از این فناوری‌ها، موانع مهمی به‌شمار می‌روند. به‌علاوه، بسیاری از مدل‌های علمی پیش‌بینی تغییرات اقلیمی و بحران‌های اجتماعی همچنان با عدم قطعیت‌های بالا همراه‌اند که تصمیم‌گیری‌های قطعی را دشوار می‌سازد (Ho et al., 2024). در نهایت، باید به تناقض توسعه‌ای نیز اشاره کرد؛ زیرا برخی سیاست‌هایی که در ظاهر به تاب‌آوری کمک می‌کنند، ممکن است در بلندمدت به کاهش پایداری منجر شوند. به‌عنوان نمونه، ایجاد سدهای بزرگ می‌تواند تاب‌آوری بخش انرژی یا کشاورزی را افزایش دهند، اما هم‌زمان به تخریب اکوسیستم‌های محلی، کاهش تنوع زیستی و جابجایی جوامع انسانی بینجامد. این تضادها نشان می‌دهد که تحقق تاب‌آوری و پایداری بدون نگاه سیستمی، چندبعدی و میان‌رشته‌ای امکان‌پذیر نیست (Elmqvist et al., 2019).

هر دو مفهوم تاب‌آوری و پایداری با چالش‌های قابل توجهی در انتقال از مفهوم نظری به کاربرد عملی مواجه‌اند. این چالش‌ها صرفاً فنی نیستند و مسائل عمیق‌تری درباره ماهیت این مفاهیم و رابطه آن‌ها با پدیده‌های قابل مشاهده را منعکس می‌کنند. با این حال، پیشرفت‌های اخیر کمک‌های مهمی به حل این چالش‌ها کرده‌اند.

با این حال، چالش اساسی در سنجش تاب‌آوری، تدوین شاخص‌هایی است که به‌جای ثبت وضعیت‌های لحظه‌ای و ایستای سیستم‌ها (مانند تراکم جمعیت یا میزان ذخایر منابع)، بتوانند ویژگی‌های پویا و ساختاری آن‌ها را اندازه‌گیری کنند؛ ویژگی‌هایی نظیر وجود حلقه‌های بازخورد، آستانه‌های بحرانی، میزان افزونگی و تنوع عملکردی، که تعیین‌کننده ظرفیت واقعی سیستم برای سازگاری با اختلالات هستند (Carpenter et al., 2001). پایش سنتی اکولوژیک معمولاً به سنجش فراوانی گونه‌های خاص یا غلظت آلاینده‌ها

و تغییر فرهنگ مصرفی از طریق آموزش، رسانه‌ها و نهادهای مدنی نقش مهمی در ایجاد جوامعی انعطاف‌پذیرتر ایفا می‌کند. توانمندسازی گروه‌های آسیب‌پذیر و تضمین عدالت در بهره‌مندی از منابع نیز از الزامات اصلی این مسیر است (Elmqvist et al., 2019).

ازسوی دیگر، بهره‌گیری هوشمندانه از فناوری‌های نوین می‌تواند افق‌های تازه‌ای برای تاب‌آوری و پایداری بگشاید. هوش مصنوعی، اینترنت اشیا و تحلیل کلان‌داده‌ها ظرفیت آن را دارند که الگوهای پیچیده تغییرات اقلیمی و اجتماعی را شناسایی کرده و پیش‌بینی‌های دقیق‌تری برای مدیریت بحران‌ها فراهم سازند (Ho et al., 2024). با این حال، بهره‌برداری از این ظرفیت‌ها باید همراه با ملاحظات اخلاقی، امنیتی و توجه به شکاف فناوریانه جهانی باشد تا عدالت فناوریانه در سطح بین‌المللی محقق شود.

چشم‌انداز آینده تاب‌آوری و پایداری به سمت هم‌گرایی بیشتر این دو مفهوم حرکت می‌کند. جهان امروز درگیر بحران‌های پیچیده‌ای همچون تغییرات اقلیمی، نابرابری‌های اجتماعی، فشارهای اقتصادی و چالش‌های فناوریانه است؛ مسائلی که هیچ‌یک را نمی‌توان با رویکردهای تک‌بعدی حل کرد. آینده‌ای پایدار و تاب‌آور نیازمند هم‌افزایی علوم طبیعی، علوم اجتماعی، فناوری و سیاست‌گذاری است. به بیان دیگر، تنها از طریق نگاه سیستمی و میان‌رشته‌ای می‌توان میان اهداف کوتاه‌مدت توسعه و الزامات بلندمدت بقا و پایداری تعادل ایجاد کرد. چنین نگاهی نه تنها مسیر مقابله با بحران‌های جاری را هموارتر می‌سازد، بلکه امکان طراحی آینده‌ای انعطاف‌پذیرتر، عادلانه‌تر و پایدارتر برای نسل‌های آینده را فراهم می‌آورد (da Silva et al., 2025).

ابعاد نهادی و حکمرانی

توسعه نظری هر دو مفهوم تاب‌آوری و پایداری به‌طور فزاینده بر ابعاد نهادی و حکمرانی تأکید کرده است. این تمرکز از این واقعیت ناشی شده که نتایج محیط‌زیستی اساساً

توسط قواعد، هنجارها و سازمان‌هایی شکل می‌گیرند که تعاملات انسان-محیط را مدیریت می‌کنند (Ostrom, 2009).

کار Ostrom (۲۰۰۹) بر تحلیل نهادها، پایه‌های نظری مهمی برای درک چگونگی تقویت یا تضعیف تاب‌آوری و پایداری توسط سیستم‌های حکمرانی فراهم کرد. اصول طراحی او برای مدیریت پایدار منابع مشترک نشان دادند که برخی ترتیبات نهادی مانند تعیین مرزهای واضح، سازوکارهای انتخاب جمعی و اعمال تحریم‌های تدریجی می‌توانند هم تاب‌آوری اکولوژیک و هم تاب‌آوری اجتماعی را در طولانی‌مدت حفظ کنند.

مفهوم حکمرانی سازگار^۱ به‌عنوان پلی میان تفکر تاب‌آوری و پایداری مطرح شد. حکمرانی سازگار بر نهادهایی تأکید دارد که می‌توانند یاد بگیرند، خود را تطبیق دهند و در برابر شرایط در حال تغییر، تحول پیدا کنند، درحالی‌که تعهد به اهداف بلندمدت پایداری حفظ می‌شود (Folke et al., 2005). این مفهوم تصدیق می‌کند که چالش‌های محیط‌زیستی با عدم قطعیت و تغییر مشخص می‌شوند و نیازمند سیستم‌های حکمرانی هستند که خود نیز تاب‌آور و تطبیق‌پذیر باشند.

حکمرانی چندمرکزی^۲، مفهومی دیگر که توسط Ostrom در سال ۲۰۱۰ توسعه یافت، چارچوبی نظری درباره چگونگی سازماندهی سیستم‌های حکمرانی برای تقویت تاب‌آوری و پایداری ارائه می‌کند. سیستم‌های چندمرکزی اختیار را در سطوح و مراکز قدرت متعدد توزیع می‌کنند و افزونگی و تنوع را در ترتیبات حکمرانی ایجاد می‌کنند. این ساختار می‌تواند تاب‌آوری را از طریق فراهم کردن مسیرهای متعدد برای حل مسئله و تطبیق افزایش دهد و هم‌زمان نتایج پایداری را با تطبیق بهتر مقیاس‌های حکمرانی با سیستم‌های اکولوژیکی و اجتماعی بهبود بخشد (Ostrom, 2010).

². Polycentric Governance

¹. Adaptive Governance

توسعه نظری در این حوزه است. این پیشرفت‌ها ابزارهای جدیدی برای درک سیستم‌های محیط‌زیستی پیچیده فراهم کرده و برخی محدودیت‌های ادبیات پیشین را نیز برطرف می‌کنند.

تنش‌های نظری میان این مفاهیم نباید به‌عنوان مشکلات دیده شوند، بلکه منابعی تولیدی برای ارائه رویکردهای پیشرفته‌تر در تحلیل و مدیریت محیط‌زیست به‌شمار می‌آیند. چالش اصلی در مطالعات محیط‌زیست، انتخاب بین این چارچوب‌ها نیست، بلکه توسعه درک دقیق‌تر از زمان و نحوه کاربرد مؤثر هر یک، به‌طور جداگانه و ترکیبی، است.

این تحقیق نشان می‌دهد که توسعه نظری آینده باید بر رویکردهای ادغام تمرکز داشته باشد که سهم‌های متمایز هر چارچوب را حفظ کرده و محدودیت‌های آن‌ها را برطرف کند. این امر نیازمند توجه مستمر به پایه‌های فلسفی، توسعه روش‌شناختی و کاربردهای عملی است و همچنین حفظ گرایش میان‌رشته‌ای که ویژگی بارز موفق‌ترین پیشرفت‌های نظری در تفکر تاب‌آوری و پایداری بوده است، ضروری است. با ادامه تحول و تشدید چالش‌های محیط‌زیستی، چارچوب‌های نظری مورد استفاده برای درک و مقابله با این چالش‌ها نیز باید تکامل یابند. ادبیات بنیادی بررسی‌شده، پایه‌ای مستحکم برای توسعه نظری بیشتر فراهم می‌کند، اما پیشرفت‌های اخیر نشان می‌دهند که هنوز کارهای هیجان‌انگیز و مهمی برای انجام باقی مانده است. آینده مطالعات محیط‌زیست در گرو بهره‌گیری از این مبانی نظری و تلفیق آن‌ها با دیدگاه‌ها و رویکردهای نوینی است که شناخت دقیق‌تری از پویایی‌های پیچیده روابط انسان و محیط‌زیست فراهم می‌کنند.

اجتماعی-اکولوژیک (مترجم: م. قربانی، ویراستار: د. رضانی).
تهران: دانشگاه تهران.

Angeler, D. G., Allen, C. R., Garmestani, A. S., Gunderson, L. H., Linkov, I., & Stow, C. A. (2018). Resilience in environmental risk and impact

توسعه علم سیستم‌های زمین^۱ دیدگاه‌های نظری جدیدی درباره تاب‌آوری و پایداری با تمرکز بر فرآیندها و مرزهای سیاره‌ای ارائه کرده است، چارچوب مرزهای سیاره‌ای^۲ که توسط Rockström و همکارانش در سال ۲۰۰۹ توسعه یافته، تلاش می‌کند فضاهای عملیاتی ایمن برای توسعه انسانی در محدودیت‌های سیستم زمین تعریف کند (Rockström et al., 2009). این چارچوب، تفکر تاب‌آوری درباره آستانه‌های سیستم زمین را با دغدغه‌های پایداری و عدالت میان‌نسلی ترکیب می‌کند.

نتیجه‌گیری

ادبیات بنیادی تاب‌آوری و پایداری دو بنیان نظری تأثیرگذار را نشان می‌دهد که از ریشه‌های فکری متفاوت برخاسته‌اند، اما به‌طور فزاینده در کاربردهای مرتبط با چالش‌های محیط‌زیستی هم‌گرایی یافته‌اند. تاب‌آوری با تأکید بر پویایی سیستم، ظرفیت سازگار و اثرات آستانه‌ای، ابزارهای تحلیلی قدرتمندی برای درک رفتار سیستم‌های محیط‌زیستی در شرایط فشار و تغییر ارائه می‌دهد. پایداری، با تمرکز بر عدالت میان‌نسلی، اهداف هنجاری و تفکر بلندمدت، راهنمایی ضروری برای ارزیابی نتایج محیط‌زیستی و تعیین اهداف سیاست‌گذاری فراهم می‌کند. تحولات نظری اخیر هر دو مفهوم را به‌طور قابل توجهی پیش‌برده و هم‌زمان امکان ادغام آن‌ها را فراهم کرده است. ظهور مفاهیمی مانند تنوع مسیرها^۳ (Lade et al., 2020)، تاب‌آوری نامطلوب^۴ (Dornelles et al., 2020) و تاب‌آوری پایدار^۵ (Gillespie-Marthaler et al., 2019) نشان‌دهنده پویایی

منابع

بیگز، ر.، اشلوتر، م.، و شون، م. ل. (۱۳۹۹). اصول ایجاد تاب‌آوری: پایداری‌سازی خدمات اکوسیستم در نظام‌های

1. Earth System Science
2. Planetary Boundaries
3. Pathway Diversity

4. Undesirable Resilience

5. Sustainable Resilience

- Folke, C. (2006). Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses. *Global Environmental Change*, 16(3), 253-267.
- Folke, C., Biggs, R., Norström, A. V., Reyers, B., & Rockström, J. (2016). Social-ecological resilience and biosphere-based sustainability science. *Ecology and Society*, 21(3).
- Folke, C., Carpenter, S. R., Walker, B., Scheffer, M., Chapin, F. S., & Rockström, J. (2010). Resilience thinking: Integrating resilience, adaptability and transformability. *Ecology and Society*, 15(4), 20.
- Folke, C., Carpenter, S. R., Walker, B., Scheffer, M., Chapin, T., & Rockström, J. (2010). Resilience thinking: integrating resilience, adaptability and transformability. *Ecology and society*, 15(4).
- Folke, C., Carpenter, S., Walker, B., Scheffer, M., Elmqvist, T., Gunderson, L., & Holling, C. S. (2004). Regime shifts, resilience, and biodiversity in ecosystem management. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, 35(1), 557-581.
- Folke, C., Hahn, T., Olsson, P., & Norberg, J. (2005). Adaptive governance of social-ecological systems. *Annual Review of Environment and Resources*, 30, 441-473.
- Gillespie-Marthaler, L., Nelson, K. S., Baroud, H., Kosson, D. S., & Abkowitz, M. (2019). An integrative approach to conceptualizing sustainable resilience. *Sustainable and Resilient Infrastructure*, 4(2), 66-81.
- Gunderson, L. H., & Holling, C. S. (Eds.). (2002). *Panarchy: Understanding transformations in human and natural systems*. Island Press.
- Ho, K. T. M., Chen, K. C., Lee, L., Burt, F., Yu, S., & Lee, P. H. (2024, September). Quantum computing for climate resilience and sustainability challenges. In *2024 IEEE International Conference on Quantum Computing and Engineering (QCE)* (Vol. 2, pp. 262-267). IEEE.
- Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4, 1-23.
- Imperatives, S. (1987). Report of the World Commission on Environment and Development: Our common future. Accessed Feb, 10(42,427), 1-223.
- assessment: Concepts and measurement. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 101(5), 543-548.
- Biggs, R., Schlüter, M., Biggs, D., Bohensky, E. L., BurnSilver, S., Cundill, G., ... & West, P. C. (2012). Toward principles for enhancing the resilience of ecosystem services. *Annual review of environment and resources*, 37, 421-448.
- Brundtland, G. H., & Mansour, K. (2010). World commission on environment and development (wced). 1987. Our common future, 2010.
- Callicott, J. B. (1989). *In defense of the land ethic: Essays in environmental philosophy*. Suny Press.
- Carpenter, S., Walker, B., Anderies, J. M., & Abel, N. (2001). From metaphor to measurement: Resilience of what to what? *Ecosystems*, 4(8), 765-781.
- Carpenter, S., Walker, B., Anderies, J. M., & Abel, N. (2001). From metaphor to measurement: resilience of what to what?. *Ecosystems*, 4(8), 765-781.
- Costanza, R., d'Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., ... & Van Den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387(6630), 253-260.
- da Silva, A. C. A. G., Teixeira, G., de Campos, L. M. C., Bulcão-Neto, R. F., & Neto, V. V. G. (2025, June). Systems-of-Systems for Environmental Sustainability: A Systematic Mapping Study. In *2025 20th Annual System of Systems Engineering Conference (SoSE)* (pp. 1-6). IEEE.
- Dietz, S., & Neumayer, E. (2007). Weak and strong sustainability in the SEEA: Concepts and measurement. *Ecological economics*, 61(4), 617-626.
- Dornelles, A. Z., Boyd, E., Nunes, R. J., Asquith, M., Boonstra, W. J., Desjardins, E., ... & Segnestam, L. (2020). Towards a bridging concept for undesirable resilience in social-ecological systems. *Global Sustainability*, 3, e20.
- Elmqvist, T., Andersson, E., Frantzeskaki, N., McPhearson, T., Olsson, P., Gaffney, O., ... & Folke, C. (2019). Sustainability and resilience for transformation in the urban century. *Nature Sustainability*, 2(4), 267-273.
- Fiksel, J. (2006). Sustainability and resilience: toward a systems approach. *Sustainability: Science, Practice and Policy*, 2(2), 14-21.

dimensions of social change. *Ecosystems*, 7(2), 161-171.

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin III, F. S., Lambin, E. F., ... & Foley, J. A. (2009). A safe operating space for humanity. *nature*, 461(7263), 472-475.

Rogers, P. (1996). *Beyond Growth: The economics of sustainable development*.

Sen, A. (1999). *Development as freedom* Oxford University press shaw TM & Heard. *The Politics of Africa: Dependence and Development*.

Sharifi, A. (2023). Resilience of urban social-ecological-technological systems (SETS): A review. *Sustainable Cities and Society*, 99, 104910.

Srivastava, J. (2011). 'Norm' of sustainable development: Predicament and the problematique. *India Quarterly*, 67(2), 93-110.

United Nations (2015). *Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development*.

Walker, B., & Salt, D. (2012). *Resilience thinking: sustaining ecosystems and people in a changing world*. Island press.

Walker, B., Holling, C. S., Carpenter, S. R., & Kinzig, A. (2004). Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems. *Ecology and society*, 9(2).

Weber, M. M. (2023). The relationship between resilience and sustainability in the organizational context—A systematic review. *Sustainability*, 15(22), 15970.

Wu, T., Rocha, J. C., Berry, K., Chaigneau, T., Hamann, M., Lindkvist, E., ... & Folke, C. (2024). Triple bottom line or trilemma? Global tradeoffs between prosperity, inequality, and the environment. *World Development*, 178, 106595.

Xu, L., & Kajikawa, Y. (2018). An integrated framework for resilience research: a systematic review based on citation network analysis. *Sustainability Science*, 13(1), 235-254.

Lade, S. J., Walker, B. H., & Haider, L. J. (2019). Resilience as pathway diversity: Linking systems, individual and temporal perspectives on resilience. *arXiv preprint arXiv:1911.02294*.

Leopold, A. (1949). *A Sand County Almanac*: Oxford University Press. *New York*.

Marchese, D., Reynolds, E., Bates, M. E., Morgan, H., Clark, S. S., & Linkov, I. (2018). Resilience and sustainability: Similarities and differences in environmental management applications. *Science of the total environment*, 613, 1275-1283.

Marchese, D., Reynolds, E., Bates, M. E., Morgan, H., Clark, S. S., & Linkov, I. (2018). Resilience and sustainability: Similarities and differences in environmental management applications. *Science of the total environment*, 613, 1275-1283.

McDowell, M. A. (1991). *Green Development: Environment and Sustainability in the Third World*. By WM Adams. New York: Routledge, 1990. *The Journal of Asian Studies*, 50(2), 361-362.

Neumayer, E. (2010). Weak versus strong sustainability: exploring the limits of two opposing paradigms. In *Weak versus strong sustainability*. Edward Elgar Publishing.

OECD (2024). *Twin Transition – integration of green and digital transition processes*.

Ostrom, E. (2009). A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science*, 325(5939), 419-422.

Ostrom, E. (2010). Beyond markets and states: polycentric governance of complex economic systems. *American economic review*, 100(3), 641-672.

Redclift, M. (2002). *Sustainable development: Exploring the contradictions*. Routledge.

Redman, C. L., Grove, J. M., & Kuby, L. H. (2004). Integrating social science into the long-term ecological research (LTER) network: social dimensions of ecological change and ecological

Resilience & Sustainability

Hannaneh Sadat Sadat Mousavi¹, Majid Rahimi², Mehdi Ghorbani^{3*}

1- Ph.D. student, Department of Natural Environment, Faculty of Natural Resources, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

2- Researcher, Social Business Institute, University of Tehran, Tehran, Iran

3- Professor, Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Natural Resources, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

*Corresponding Author's E-mail: mehghorbani@ut.ac.ir

Abstract

Over the past five decades, the concepts of resilience and sustainability have emerged as two influential theoretical frameworks in environmental studies. This paper provides a comprehensive review of the foundational literature that has shaped these concepts, examining their intellectual roots, theoretical development, and conceptual evolution. Resilience, initially introduced by Holling in the 1970s as ecological resilience, has now evolved into a multidimensional framework encompassing socio-ecological systems thinking. Sustainability, rooted in development studies and environmental ethics, offers a normative guide for long-term environmental management. By reviewing seminal works and key theoretical contributions, this review demonstrates that, despite originating from different intellectual traditions, these concepts provide complementary yet distinct approaches to understanding complex environmental systems. The analysis clarifies ongoing theoretical debates regarding definitions, assessment methods, and practical applications, highlighting recent advances in integrative frameworks that combine descriptive understanding with normative objectives. This foundational review contributes to a clearer conceptual understanding and delineates pathways for future theoretical development in environmental studies.

Keywords: Environmental Management, Systems Resilience, Sustainable Development, Governance and Policy, Social-Ecological Systems

Sadat Mousavi, H. S; Rahimi, M; Ghorbani, M. (2026). Resilience & Sustainability. *Zist Sepehr Student Magazine*, 18(4), 77-90.