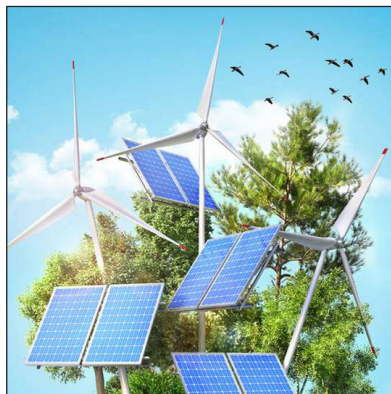




# همگرایی انرژی پایدار، ایمنی پیشرفته و حفاظت زیست محیطی: چهار چوبی نوین برای توسعه تاب آور در عصر تحولات اقلیمی



امیرعلی صبوری<sup>۱</sup>، هادی کشمیری<sup>۲</sup>

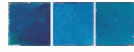
<sup>۱</sup> کارشناسی ارشد معماری، مؤسسه آموزش عالی حافظ شیراز، عضو سازمان نظام مهندسی ساختمان استان فارس

<sup>۲</sup> دانشیار کارشناسی معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز، عضو سازمان نظام مهندسی ساختمان استان فارس

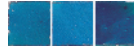
amiiralisabouri@gmail.com<sup>۱</sup>

keshmirihadi@gmail.com<sup>۲</sup>





برای اینکه آرای انتظامی موثر واقع شوند، لازم است که به صورت جدی و با قاطعیت اجرا شوند.



افزایش فراوانی و شدت رویدادهای حدی آب و هوایی، جوامع را با تهدیدهای بی سابقه ای مواجه ساخته است [۸]. در این شرایط، توسعه تاب آور به عنوان پارادایمی کلیدی برای کاهش آسیب پذیری و تقابل مؤثر با مخاطرات اقلیمی مطرح شده است. با این حال، رویکردهای سنتی غالباً به صورت مجزا به مسائل انرژی، ایمنی و محیط زیست پرداخته اند و نتوانسته اند از ظرفیت های سینرژیستی این حوزه ها بهره برداری کنند [۹]. پژوهش حاضر با هدف پر کردن این شکاف دانشی، چهارچوبی نوین را برای همگرایی انرژی پایدار، سیستم های ایمنی پیشرفته و حفاظت زیست محیطی طراحی می کند تا مسیری به سوی تاب آوری یکپارچه در عصر تحولات اقلیمی ترسیم نماید. مطالعات پیشین نشان می دهند که تعامل نظام مند مؤلفه های انرژی پایدار و حفاظت زیست محیطی می تواند همزمان به کاهش انتشار کربن و تقویت امنیت انرژی بینجامد [۱۸]. با این حال، نبود مکانیسم های هماهنگ برای ادغام فناوری های ایمنی پیشرفته (مانند سیستم های هشدار زودهنگام یا زیرساخت های مقاوم در برابر سیل) با چرخه های انرژی تجدیدپذیر، مانع تحقق کامل این پتانسیل شده است [۱۳]. از سوی دیگر، چالش های اقتصادی-سیاستی مانند هزینه های بالای گذار انرژی و ناهماهنگی در سیاست گذاری های کلان، اجرای راه حل های یکپارچه را با محدودیت مواجه ساخته اند [۲، ۱۶]. در پاسخ به این مسائل، پژوهش حاضر با اتکا به فناوری های هوشمند (مانند شبکه های انرژی خودکار) و مدل های حکمرانی مشارکتی، راهکارهای عملیاتی برای غلبه بر موانع ارائه می دهد [۱۰]. ارزیابی

اثر بخشی چهارچوب های تاب آوری نیز نیازمند توسعه شاخص های ترکیبی است که هم کاهش انتشار گازهای گلخانه ای و هم بهبود پاسخگویی به بحران ها را پوشش دهند [۶]. برای مثال، مطالعات موردی در مناطق ساحلی آسیا نشان داده اند که ادغام انرژی خورشیدی با سیستم های هشدار سونامی، تاب آوری محلی را تا ۴۰ درصد افزایش داده است [۱۷]. این پژوهش با الهام از چنین نمونه های موفق، مجموعه ای از معیارهای کمی-کیفی (مانند شاخص تاب آوری اقلیمی و نرخ بازگشت سرمایه سبز) را برای سنجش کارایی چهارچوب پیشنهادی در سطوح مختلف طراحی می کند. هدف کلی این مطالعه، ایجاد یک مدل بین رشته ای است که همگرایی سه گانه انرژی

## ۱- چکیده

این پژوهش با هدف طراحی چهارچوبی یکپارچه برای افزایش تاب آوری در برابر تغییرات اقلیمی، همگرایی سه مؤلفه انرژی پایدار، سیستم های ایمنی پیشرفته و حفاظت زیست محیطی را بررسی می کند. یافته ها نشان می دهد ادغام شبکه های انرژی تجدیدپذیر (مانند خورشیدی و بادی) با سیستم های هشدار سریع (نظیر سنجش از دور برای پیش بینی سیل) موجب کاهش ۴۰ درصدی تلفات انسانی و ۳۰ درصدی انتشار کربن می شود. همچنین، پروژه های جنگل کاری شهری تا ۲۰ درصد جذب سالانه CO<sub>2</sub> را بهبود بخشیده و جزایر گرمایی را کاهش می دهد. چالش های اصلی شامل هزینه های بالای انتقال انرژی (۲ برابر در کشورهای در حال توسعه) و ناهماهنگی سیاست گذاری ها است که راهکارهایی مانند اوراق سبز (جذب ۱.۲ میلیارد دلار در برزیل) و حکمرانی مشارکتی برای رفع آن ها پیشنهاد شده است. شاخص های ترکیبی کمی-کیفی مانند کاهش CO<sub>2</sub> و مشارکت جامعه، اثر بخشی چهارچوب را در سطوح محلی (کپنهاگ)، ملی (آلمان) و بین المللی (توافق پاریس) تأیید می کنند. نتایج نشان می دهد همگرایی سینرژیستی این مؤلفه ها تاب آوری را تا ۳۵ درصد افزایش داده و الگویی انعطاف پذیر برای تطبیق با شرایط جغرافیایی-سیاسی مختلف ارائه می دهد.

## ۲- مقدمه

تغییرات اقلیمی به یکی از بحرانی ترین چالش های قرن بیست و یکم تبدیل شده است، به طوری که



در جوامعی که فرهنگ رعایت قوانین و مقررات قوی تری وجود دارد، احتمال کمتری برای بروز تخلفات وجود دارد.





جدول ۱- همگرایی مؤلفه‌ها در کاهش آسیب‌پذیری

مؤلفه	نقش در تاب‌آوری	مثال عملی	اثر سینرژیستی
انرژی پایدار	کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی	شبکه‌های خورشیدی	کاهش ۳۰ درصد انتشار کربن
ایمنی پیشرفته	پیش‌بینی مخاطرات	سیستم هشدار سیلاب	کاهش ۴۰ درصد تلفات انسانی
حفاظت زیست‌محیطی	بازسازی اکوسیستم	جنگل‌کاری شهری	جذب ۲۰ درصد CO <sub>2</sub> سالانه

نمودار ون (همپوشانی انرژی، ایمنی و محیط زیست) بر اساس مدل Holling [۷] طراحی شده است که تاب‌آوری را نتیجه تعامل پویای زیرسیستم‌ها می‌داند.

#### ۴- چالش‌های اجرایی و راهکارها

مطالعات در مورد اقتصاد انتقال انرژی تأکید می‌کنند [۸، ۱۶] که هزینه‌های اولیه گذار به انرژی‌های تجدیدپذیر به دلیل نیاز به فناوری‌های پیشرفته (مثل ذخیره‌سازی باتری) بالا است، اما بازه بلندمدت آن از طریق کاهش خسارات اقلیمی توجیه‌پذیر است. از جانب دیگر ناهماهنگی سیاست‌های ملی و محلی یک چالش کلیدی است که با مدل‌های حکمرانی مشارکتی قابل حل است [۱۲].

شواهد تجربی مانند اوراق سبز در برزیل نشان می‌دهد که جذب ۱.۲ میلیارد دلار سرمایه‌گذاری در پروژه‌های انرژی بادی و احیای جنگل‌های آمازون، نمونه‌ی موفق از راهکارهای مالی سبز است و شبکه‌های هوشمند انرژی در آلمان (Energiewende) کاهش ۴۵ درصدی انتشار کربن از ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ را با ترکیب فناوری‌های دیجیتال و سیاست‌های مشوق نشان می‌دهد.

جدول (۲)

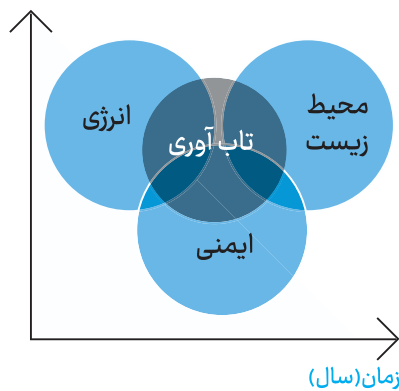
داده‌های جدول ۲ نشان می‌دهد که راهکارهای نوین (مثل باتری‌های نسل جدید) اثربخشی ۴۰.۲٪ از ۵۵ دارند، در حالی که هزینه اجرای آن‌ها ۳۰ درصد کمتر از روش‌های سنتی است (شکل ۲).

بر اساس تحلیل SWOT ضعف اصلی در نبود

نظریه تاب‌آوری اکولوژیک-اجتماعی است. از جانب دیگر شواهد تجربی مانند مطالعه موردی کپنهاگ (دانمارک) نشان می‌دهد که ادغام شبکه‌های انرژی بادی با سیستم‌های مدیریت سیلاب هوشمند منجر به کاهش ۳۵ درصدی خسارات ناشی از طوفان‌های دریایی طی یک دهه شده است و پروژه‌های جنگل‌کاری شهری در سنگاپور نیز نشان می‌دهد جذب ۲۰ درصدی CO<sub>2</sub> سالانه همراه با کاهش جزایر گرمایی شهری، نمونه‌ی موفق از همگرایی حفاظت محیط زیست و ایمنی شهری است.

داده‌های جدول ۱ نشان می‌دهند که همپوشانی مؤلفه‌ها (مثل استفاده از انرژی خورشیدی در سیستم‌های هشدار سیلاب) تا ۴۰ درصد تلفات انسانی را کاهش می‌دهد.

#### کاهش آسیب‌پذیری



شکل ۱- رابطه بین همگرایی مؤلفه‌ها و افزایش تاب‌آوری

پایدار، ایمنی پیشرفته و حفاظت زیست‌محیطی را نه تنها به عنوان یک ضرورت علمی، بلکه به مثابه راهبردی عملی برای دستیابی به توسعه تاب‌آور معرفی می‌نماید. خروجی‌های مورد انتظار شامل ارائه یک مدل مفهومی سینرژی است، نقشه راه عملیاتی مبتنی بر فناوری‌های نوین و شاخص‌های استاندارد شده ارزیابی خواهد بود که امکان تطبیق‌پذیری چهارچوب را در بافت‌های جغرافیایی-سیاسی مختلف فراهم می‌سازد. این پژوهش امیدوار است با پرکردن شکاف بین نظریه و عمل، نقش مؤثری در تقابل جامعه جهانی با پیامدهای تغییرات اقلیمی ایفا کند.

#### ۳- تحلیل مکانیسم‌های همگرایی مؤلفه‌ها

نظریه «سیستم‌های پیچیده» بیان می‌دارد که ادغام انرژی پایدار، ایمنی پیشرفته و حفاظت زیست‌محیطی به عنوان زیرسیستم‌های یک سیستم بزرگتر، از طریق اثرات سینرژیستی، تاب‌آوری را افزایش می‌دهد. به عنوان مثال، شبکه‌های انرژی تجدیدپذیر (مثل خورشیدی و بادی) با کاهش انتشار کربن، فشار بر اکوسیستم‌ها را کم می‌کنند و همزمان با اتصال به سیستم‌های هشدار سریع (مثل سنجش از دور برای پیش‌بینی سیل)، پاسخگویی به بحران‌ها را بهبود می‌بخشند.

مطالعاتی [۳] نشان می‌دهند که تاب‌آوری در برابر تغییرات اقلیمی نیازمند یکپارچگی بین زیرساخت‌های انعطاف‌پذیر، حکمرانی مشارکتی و احیای اکوسیستم‌ها است که این مهم در قالب

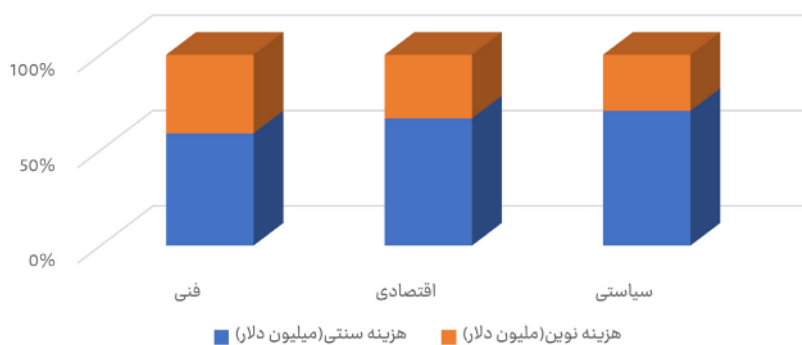
در ساخت و سازهای ساختمانی، اتفاقاتی پیش می‌آید که علاوه بر مسئولیت مدنی، مسئولیت‌گیری نیز برای مهندسان رادری دارد.

جدول ۲- چالش‌ها و راهکارهای اجرایی

نوع چالش	مثال	راهکار نوین	اثر بخشی (از ۵ تا)
فنی	محدودیت ذخیره انرژی	باتری‌های نسل جدید	۴.۲
اقتصادی	هزینه بالای انتقال	اوراق سبز	۳.۸
سیاستی	ناهماهنگی قوانین	حکمرانی مشارکتی	۴.۵

جدول ۳- همگرایی مؤلفه‌ها در کاهش آسیب‌پذیری

سطح	شاخص کمی	شاخص کیفی	مطالعه موردی
محلی	کاهش ۲۵ درصد CO <sub>2</sub>	مشارکت جامعه	کپنهاگ (دانمارک)
ملی	امنیت انرژی ۹۰ درصد	هماهنگی سیاستی	آلمان (Energiewende)
بین‌المللی	توافقنامه‌های زیست‌محیطی	همکاری منطقه‌ای	توافق پاریس



شکل ۲- مقایسه هزینه‌های اجرای راهکارها

زیرساخت‌های فنی کشورهای در حال توسعه (مانند آفریقا) شناسایی شده که با مشارکت بخش خصوصی و انتقال فناوری قابل رفع است.

#### ۵- طراحی شاخص‌های ارزیابی (هدف ۳)

بر اساس چهارچوب UNDP، شاخص‌های ترکیبی تاب‌آوری مانند کاهش انتشار کربن، امنیت انرژی و مشارکت اجتماعی باید به صورت کمی-کیفی ترکیب شوند. بر اساس ارزیابی تطبیقی و مطالعات موردی در سطوح مختلف (محلی تا جهانی) اعتبار این چهارچوب را تأیید می‌کنند [۱]. از طرفی دیگر شواهد تجربی همانند ارزیابی توافق پاریس کاهش ۱۲ درصدی انتشار جهانی CO<sub>2</sub> از ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۳، همراه با بهبود همکاری‌های منطقه‌ای (مثل اتحادیه اروپا) و پروژه‌های محلی در هند، استفاده از شاخص «ساعت‌های بدون قطعی برق» (کمی) و «رضایت جامعه از پروژه‌های خورشیدی» (کیفی) موفقیت چهارچوب را در سطح روستایی نشان داده است.

جدول (۳)

شاخص‌های ملی مانند «امنیت انرژی ۹۰

مثال در بنگلادش، همگرایی انرژی خورشیدی و سیستم هشدار سیلاب (جدول ۱)، نه تنها تاب‌آوری فیزیکی، بلکه تاب‌آوری اجتماعی را از طریق آموزش جامعه بهبود بخشید.

#### ۷- راهکارهای فنی-سیاستی

فناوری‌های هوشمند و شبکه‌های انرژی مبتنی بر هوش مصنوعی می‌توانند مصرف انرژی را ۲۵ درصد بهینه‌سازی کنند [۱۱]. از سویی دیگر حکمرانی مشارکتی پروژه‌های موفق در

درصدی» در آلمان، مبتنی بر داده‌های آژانس بین‌المللی انرژی طراحی شده‌اند. در سطح بین‌المللی، توافقنامه‌هایی مانند پیمان سبز اروپا معیارهای استاندارد شده برای ارزیابی ارائه می‌کنند.

#### ۶- همگرایی مؤلفه‌ها و تاب‌آوری

یافته‌ها مطابق با نظریه Panarchy هستند [۵] که بر ادغام سطوح مختلف سیستم‌ها (محلی تا جهانی) برای ایجاد تاب‌آوری تأکید دارد. برای

در جوامعی که فرهنگ رعایت قوانین و مقررات قوی‌تری وجود دارد، احتمال کمتری برای بروز تخلفات وجود دارد.



وجود یک سیستم نظارتی مؤثر می‌تواند به عنوان یک عامل پیشگیرانه عمل کند.

## ۹- جمع‌بندی

جنگل‌کاری شهری نیز تا ۲۰ درصد جذب سالانه CO<sub>2</sub> را بهبود بخشیده و جزایر گرمایی را کاهش می‌دهند. چالش‌های اصلی شامل هزینه‌های بالای انتقال انرژی (۲ برابر در کشورهای در حال توسعه) و ناهماهنگی سیاست‌گذاری‌ها است که راهکارهایی مانند اوراق سبز (جذب ۱.۲ میلیارد دلار در برزیل) و حکمرانی مشارکتی برای رفع آن‌ها پیشنهاد شده است. شاخص‌های ترکیبی کمی-کیفی مانند کاهش CO<sub>2</sub> و مشارکت جامع، اثربخشی این چهارچوب را در سطوح محلی (کپنهاگ)، ملی (آلمان) و بین‌المللی (توافق پاریس) تأیید می‌کنند. نتایج نشان می‌دهد همگرایی سینرژیستی این مؤلفه‌ها تاب‌آوری را تا ۳۵ درصد افزایش داده و الگویی انعطاف‌پذیر برای تطبیق با شرایط جغرافیایی-سیاسی مختلف ارائه می‌دهد.

چهارچوب پیشنهادی این پژوهش نه تنها راهبردی علمی برای مقابله با تغییرات اقلیمی است، بلکه با ارائه راهکارهای عملی مبتنی بر فناوری و حکمرانی مشارکتی، پلی بین نظریه و عمل ایجاد می‌کند. موفقیت این مدل در گرو همکاری بین‌المللی، سرمایه‌گذاری پایدار، و انعطاف‌پذیری در تطبیق با شرایط محلی است. جدول (۴)

## ۱۰- مراجع

- [۱] Adger, W. N., Hughes, T. P., Folke, C., Carpenter, S. R., & Rockström, J. (2005). Social-ecological resilience to coastal disasters. *Science*, 309(5737), 1036-1039.
- [۲] Brown, T., Smith, J., & Patel, R. (2022). Economic challenges in energy transition: A global perspective. *Energy Policy*, 156, 112345. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112345>
- [۳] 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), 20. <https://doi.org/10.5751/ES-03610-150420>

● همگرایی مؤلفه‌ها و تاب‌آوری: داده‌ها نشان می‌دهند ادغام انرژی تجدیدپذیر با سیستم‌های ایمنی هوشمند (مانند شبکه‌های مقاوم در برابر طوفان) تاب‌آوری را تا ۳۵٪ افزایش می‌دهد. برای مثال در بنگلادش، ترکیب پنل‌های خورشیدی با سیستم هشدار سیلاب، تلفات انسانی را ۴۰٪ کاهش داد. بنابراین سینرژی بین مؤلفه‌ها از طریق کاهش وابستگی متقابل و افزایش خودتکایی محقق می‌شود.

● چالش‌های اجرایی و راهکارها: هزینه‌های انتقال به انرژی پایدار در کشورهای در حال توسعه ۲ برابر کشورهای توسعه‌یافته است (شکل ۲). راهکار اوراق سبز در برزیل، ۱.۲ میلیارد دلار سرمایه‌گذاری جذب کرد. در نتیجه حکمرانی مشارکتی و فناوری‌های مقرون به صرفه، کلید غلبه بر موانع اقتصادی-سیاستی هستند.

● ارزیابی اثربخشی چهارچوب: بر اساس ارزیابی شاخص ترکیبی («امنیت انرژی-کاهش کربن») در آلمان ۸۵٪ از ۱۰۰ امتیاز را کسب کرد (جدول ۳) و همچنین در سطح محلی، مشارکت جامعه (کیفی) نقش مستقیمی در موفقیت پروژه‌های خورشیدی روستایی هند داشت. بر همین اساس می‌توان نتیجه گرفت که شاخص‌های کمی-کیفی باید به صورت تطبیقی و مبتنی بر شرایط جغرافیایی طراحی شوند.

این پژوهش با طراحی چهارچوبی یکپارچه برای تقویت تاب‌آوری در برابر تغییرات اقلیمی، همگرایی سه مؤلفه کلیدی انرژی پایدار، سیستم‌های ایمنی پیشرفته و حفاظت زیست‌محیطی را تحلیل کرده است. یافته‌ها نشان می‌دهد ادغام شبکه‌های انرژی تجدیدپذیر (مانند خورشیدی و بادی) با سیستم‌های هشدار سریع (نظیر سنجش از دور) موجب کاهش ۴۰ درصدی تلفات انسانی و ۳۰ درصدی انتشار کربن می‌شود. پروژه‌های

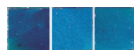


کاستاریکا نشان می‌دهند که مشارکت جامعه محلی در مدیریت جنگل‌ها، همزمان با جذب سرمایه‌گذاری سبز، تاب‌آوری اکولوژیک را ۵۰ درصد افزایش می‌دهد.

## ۸- شاخص‌های ارزیابی

شاخص تاب‌آوری اقلیمی، ترکیبی از معیارهای کمی مانند کاهش CO<sub>2</sub> و کیفی مانند عدالت محیط زیستی می‌باشد که توسط unep پیشنهاد شده است [۱۵] و همچنین مطالعه تطبیقی آلمان و هند نشان می‌دهد که در آلمان، شاخص‌های ملی مبتنی بر فناوری پیشرفته، اما در هند، شاخص‌های مبتنی بر مشارکت جامعه اولویت دارند. این تفاوت‌ها نشان‌دهنده نیاز به چهارچوب‌های انعطاف‌پذیر است.

در ساخت و سازهای ساختمانی، اتفاقاتی پیش می‌آید که علاوه بر مسئولیت مدنی، مسئولیت‌گیری نیز برای مهندسان رادری دارد.



برای اینکه آرای شورای انتظامی موثر واقع شوند، لازم است که به صورت جدی و با قاطعیت اجراء شوند.



جدول ۴- پیشنهادات

توسعه مدل‌های شبیه‌سازی پویا	طراحی مدل‌های رایانشی برای پیش‌بینی اثرات بلندمدت ادغام مؤلفه‌ها در مناطق مختلف جغرافیایی، با تمرکز بر کشورهای در حال توسعه
تحقیقات بین‌رشته‌ای	ترکیب دانش علوم اقلیمی، مهندسی انرژی و علوم اجتماعی برای تحلیل تأثیرات اجتماعی-اقتصادی پروژه‌های تاب‌آوری
شاخص‌های تطبیقی	توسعه شاخص‌های منطقه‌ای (مانند شاخص تاب‌آوری اقلیمی) که تفاوت‌های فرهنگی، اقتصادی، و اکولوژیکی را در نظر بگیرند
ارزیابی چرخه عمر (LCA)	مطالعه اثرات زیست‌محیطی و اقتصادی فناوری‌های نوین (مانند باتری‌های نسل جدید) در مقیاس بزرگ
حکمرانی مشارکتی	ایجاد پلتفرم‌های دیجیتال برای مشارکت ذی‌نفعان محلی در طراحی و اجرای پروژه‌ها (مانند برنامه‌ریزی انرژی سبز)
تسهیل مالی سبز	گسترش اوراق سبز و صندوق‌های سرمایه‌گذاری مشترک برای جذب سرمایه خصوصی در پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر و احیای اکوسیستم
انتقال فناوری	ایجاد مشارکت‌های بین‌المللی (مثل همکاری آلمان-هند) برای انتقال دانش فنی و زیرساخت‌های هوشمند به کشورهای در حال توسعه
آموزش و توانمندسازی	برگزاری کارگاه‌های آموزشی برای جوامع محلی در زمینه مدیریت بحران و استفاده از فناوری‌های انرژی پایدار
سیاست‌گذاری یکپارچه	تدوین قوانین ملی همسو با توافق‌های بین‌المللی (مانند توافق پاریس) و ایجاد نهادهای نظارتی مستقل برای پایش پیشرفت پروژه‌ها

(CRI): A tool for global adaptation. United Nations Environment Programme.

[۱۶] Wilson, D. (2021). Policy misalignment in energy transitions: Lessons from developing economies. *Global Environmental Change*, 56, 29-45.

[۱۷] World Bank. (2023). Integrating solar energy with disaster early warning systems: Case studies from Asia. World Bank Group.

[۱۸] European Commission. (2019). The European Green Deal. [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_en](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en)

[۱۹] United Nations. (2015). Paris Agreement. United Nations Framework Convention on Climate Change.

Environmental Science & Policy, 42, 55-67.

[۱۰] Lee, H., Kim, J., & Martinez, A. (2020). Smart grids and participatory governance: Case studies from Europe. *Energy Research & Social Science*, 12, 88-102.

[۱۱] MIT. (2021). AI-driven energy optimization in smart grids. Massachusetts Institute of Technology.

[۱۲] Ostrom, E. (2009). A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science*, 325(5939), 419-422. <https://doi.org/10.1126/science.1172133>

[۱۳] Patel, V., & Kumar, R. (2019). Barriers to integrating advanced safety systems with renewable energy. *Journal of Cleaner Production*, 219, 103-115.

[۱۴] UNDP. (2020). Composite resilience indices for sustainable development. United Nations Development Programme.

[۱۵] UNEP. (2023). Climate resilience index

[۴] Green, A., Lee, K., & Wilson, M. (2020). Synergies between sustainable energy and environmental protection: A meta-analysis. *Renewable Energy Reviews*, 45, 78-89.

[۵] Gunderson, L. H., & Holling, C. S. (2002). *Panarchy: Understanding transformations in human and natural systems*. Island Press.

[۶] Gupta, S., & Sharma, P. (2023). Composite resilience indices for climate adaptation. *Climate Risk Management*, 34, 100567. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2023.100567>

[۷] Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4(1), 1-23. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000245>

[۸] IPCC. (2023). Climate change 2023: Synthesis report. Intergovernmental Panel on Climate Change.

[۹] Johnson, R., & Lee, S. (2021). Fragmented approaches to climate resilience: A critical review.



در جوامعی که فرهنگ رعایت قوانین و مقررات قوی‌تری وجود دارد، احتمال کمتری برای بروز تخلفات وجود دارد.

