



اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی یزد

Yazd Chamber of Commerce,
Industries, Mines and Agriculture



هشدار سیاستی : ابعاد و آثار اقتصادی تغییر اقلیم بر صنایع

۴

سلسله گزارش‌های سیاستی

مرکز پژوهش‌های اقتصادی اتاق بازرگانی یزد

بهار ۱۴۰۴



مرکز پژوهش‌های اقتصادی اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی یزد

خلاصه سیاستی:

هشدار سیاستی : ابعاد و آثار اقتصادی تغییر اقلیم بر صنایع

سفارش و نظارت:

مرکز پژوهش‌های اقتصادی اتاق بازرگانی یزد

گردآوری:

طاها ربانی، محمد شریفی پیچون

نوع گزارش:

- ☐ مروری
- ☒ سیاستی
- ☐ راهبردی
- ☐ حقوقی

علاقه‌مندان می‌توانند از طریق پست الکترونیک زیر نظرات خود را به مرکز پژوهش‌های اقتصادی اتاق بازرگانی یزد منعکس نمایند.

Res.center@yazdccima.com

آدرس: یزد، بلوار ۱۷ شهرپور، روبروی ۵۲ متری امامشهر

کدپستی: ۸۹۱۶۹۵۹۱۱

وبسایت: www.yazdccima.com

اردیبهشت ۱۴۰۴



فهرست

خلاصه اجرایی

۱. مقدمه

۲. مسئله چیست ؟

۳. گزینه های سیاستی مستخرج از تجارب

۴. گزینه های سیاستی سازگاری صنایع کلیدی استان یزد با تغییر اقلیم

۵. منابع

۴

۵

۶

۲۲

۲۷

۳۱



خلاصه اجرایی

تغییرات اقلیمی، ناشی از فعالیت‌های انسانی و افزایش گازهای گلخانه‌ای، به بحرانی جهانی تبدیل شده که تأثیرات عمیقی بر اقتصاد و صنایع دارد. گزارش‌های IPCC نشان می‌دهند که افزایش ۱/۱ درجه سانتی‌گرادی دمای جهانی نسبت به دوره پیشاصنعتی، رویدادهای شدید اقلیمی مانند خشکسالی، سیل و موج‌های گرما را تشدید کرده است. این تغییرات، همراه با فشارهای گذار به اقتصاد کم‌کربن، صنایع را با ریسک‌های فیزیکی و ریسک‌های انتقالی مواجه کرده است. استان یزد، با اقلیم خشک و وابستگی به صنایع آب‌بر و انرژی‌بر مانند فولاد، کاشی و سرامیکی و... به شدت در برابر این تهدیدات آسیب‌پذیر است. این هشدار سیاستی، آثار اقتصادی تغییرات اقلیمی بر صنایع یزد و گزینه‌های سیاستی برای سازگاری را بررسی می‌کند.

تغییرات اقلیمی از طریق رویدادهای شدید اقلیمی، خسارات اقتصادی قابل توجهی ایجاد می‌کند. گزارش (NOAA, 2023) خسارات جهانی ناشی از بلایای اقلیمی را ۹۱۲ میلیارد دلار در سال‌های اخیر برآورد کرده است. در یزد، کاهش بارندگی، افزایش دما و تنش آبی، زنجیره تأمین، زیرساخت‌ها و بهره‌وری صنایع را تهدید می‌کند. مدل‌های IPCC (۲۰۲۲) پیش‌بینی می‌کنند که تا سال ۲۰۵۰، در سناریوی RCP ۶/۰، تولید صنعتی یزد برای کالاهای مصرفی با دوام ممکن است ۲/۲ تا ۵/۹ درصد کاهش یابد. این اثرات از اختلال در زنجیره تأمین، افزایش هزینه‌های تولید و کاهش بهره‌وری نیروی کار به دلیل گرمای شدید ناشی می‌شود. افزایش گرد و غبار و بیماری‌های ناشی از آنها نیز به طور چشمگیری افزایش پیدا خواهد کرد.

دروغله‌ی اول ریسک‌های فیزیکی تغییر اقلیم شامل خشکسالی‌ها و افزایش دما است که تولید فولاد و کاشی را به دلیل وابستگی به آب مختل می‌کند، طوفان‌های گرد و غبار زیرساخت‌های صنعتی را تهدید می‌کند و با کاهش آب‌های سطحی و افت سفره‌های زیرزمینی فرونشست را به بمبی ساعت برای شهروندان، تأسیسات و صنایع تبدیل می‌نماید و افزایش دما علاوه بر تشدید خشکی‌ها، با افزایش تبخیر و تخریب کارایی نیروی کار را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. به طور خاص، ۴۰ درصد تأسیسات صنعتی در مناطق با تنش آبی قرار دارند (WRI, 2020). این تنش‌ها در ایران مرکزی و استان یزد بسیار بیشتر این اعداد و ارقام بوده که به صورت سالانه شتاب بیشتری به خود می‌گیرد. ریسک‌های انتقالی از سیاست‌های کم‌کربن مانند مالیات کربن و استانداردهای زیست‌محیطی ناشی می‌شوند که هزینه‌های عملیاتی صنایع پراشتار (کربن‌زا) را افزایش می‌دهند. برای مثال، سیستم تجارت انتشار اتحادیه اروپا (ETS) تا سال ۲۰۳۰ انتشار را ۳۵ درصد کاهش داده، اما هزینه‌های انطباق را ۱۵ درصد افزایش داده است (European Commission, 2020).

برای مدیریت ریسک‌های انتقالی، سیاست‌های پیشنهادی عبارتند از:

جمع‌آوری داده: ایجاد پایگاه داده استانی برای پایش انتشار کربن و مصرف انرژی، با الگوبرداری از EU ETS و همکاری سازمان محیط زیست و سازمان‌های مربوطه.

فناوری‌های کم‌کربن: ارائه وام‌های کم‌بهره برای سرمایه‌گذاری در فولاد سبز و بازیافت آب، با الهام از مکانیزم حفاظتی استرالیا.

آموزش: برگزاری کارگاه‌های آموزشی برای مدیران و کارگران، مشابه برنامه Net Zero ۲۰۵۰ امارات.

برنامه کربن صفر: تدوین استراتژی کربن صفر تا ۲۰۵۰، با الزام گزارش‌های پایداری، مشابه چشم‌انداز ۲۰۴۰ عمان.

برای ریسک‌های فیزیکی، سیاست‌های پیشنهادی شامل موارد زیر است:

نقشه‌برداری ریسک: ایجاد نقشه‌های ریسک اقلیمی با همکاری دانشگاه یزد، با الگوبرداری از سیستم‌های GIS استرالیا.

زیرساخت مقاوم: تدوین استانداردهای ساختمانی مقاوم در برابر گرما و ارائه وام برای مقاوم‌سازی، با الهام از امارات.

بیمه: توسعه بیمه‌های پارامتری برای خشکسالی، مشابه هند.

برنامه‌های تاب‌آوری: ترویج برنامه‌های مدیریت بحران با تمرکز بر بازیافت منابع، مشابه عمان.

تغییر استراتژی صنعتی: توسعه صنایع جایگزین و سازگار با تغییرات اقلیمی

ادغام این سیاست‌ها در برنامه‌های استانی، تقویت همکاری‌ها، جذب سرمایه‌گذاری سبز و آموزش پایداری می‌تواند صنایع یزد را به سوی تاب‌آوری هدایت کند و الگویی برای مناطق خشک ارائه دهد.

۱. مقدمه

تغییرات اقلیمی که با سرعت زیادی در حال انجام است و امروزه در محافل علمی و عمومی از آن صحبت می‌شود؛ از فعالیت‌های انسانی ناشی می‌شود؛ با افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای از زمان انقلاب صنعتی تشدید شده و بحرانی جهانی ایجاد کرده است. گزارش‌های هیئت بین‌دولتی تغییرات اقلیمی (IPCC) نشان می‌دهد که تأثیر فعالیت‌های انسان بر گرمایش جو، اقیانوس‌ها و خشکی‌ها بی‌سابقه بوده و تغییرات اخیر در سیستم اقلیمی در مقیاس و ابعاد مختلف بی‌نظیر است. این تغییرات با افزایش رویدادهای شدید اقلیمی مانند موج‌های گرما، بارش‌های سنگین و به تبع آن سیل‌های شدید، خشکسالی‌ها و طوفان‌های گرمسیری، ذوب یخ‌های زمینی همراه با بالا آمدن آب سطح دریاها، کاهش تنوع زیستی همراه بوده که حیات زیست سیاره زمین را با تهدید جدی مواجه نموده است. تغییرات اقلیمی به‌عنوان یک چالش سیاره‌ای، با تأثیرات گسترده بر اقتصاد جهانی، به تهدیدی راهبردی برای پایداری صنایع تبدیل شده است. در کنار بحرانهای دهه گذشته نظیر همه‌گیری کووید-۱۹، تنش‌های ژئوپلیتیکی، اختلالات زنجیره تأمین، بحران انرژی و تورم بالا، تغییرات اقلیمی با تشدید رویدادهای حدی (شدید اقلیمی) مانند خشکسالی، سیل، طوفان و گرمای شدید، این چالش‌ها را پیچیده‌تر کرده است. گزارش‌های جهانی نشان می‌دهند که خسارات اقتصادی ناشی از بلایای اقلیمی در سال‌های اخیر به حدود ۹۱۲ میلیارد دلار رسیده که ایالات متحده به‌تنهایی ۶۰۲ میلیارد دلار از آن را متحمل شده است. (NOAA, ۲۰۲۳) این وضعیت برای کشورهای کمتر توسعه یافته نیز با مقادیر کم و بیش وجود دارد که به نظر ارزیابی‌های درست و دقیقی تا به حال از آن صورت نگرفته است. این روند، زنگ خطری برای اقتصادهای وابسته به صنایع حساس به اقلیم است. در ایران، بویژه مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران مرکزی از جمله استان یزد به دلیل رشد سریع جمعیت در سالهای اخیر و افزایش سطح رفاه این جمعیت و به تبع آن نیاز به آب بسیار بیشتر از قبل، وجود و توسعه صنایع آب‌بر، خالی شدن سفره آبهای زیرزمینی مورد استفاده، افزایش خشکسالی‌ها، تنش آبی و مشکلات و چالش‌های ناشی از آن بیشتر و آسیب‌پذیری آن در برابر تغییرات اقلیمی شدیدتر خواهد شد.

با توجه به اثرات گسترده و فزاینده تغییرات آب و هوایی که به آن‌ها اشاره شد، از جمله افزایش دما، تغییر الگوهای بارش، وقوع رویدادهای شدید آب و هوایی (مانند خشکسالی‌های طولانی و موج‌های گرما)، کاهش شدید منابع آب با وجود افزایش جمعیت و گسترش صنایع و همچنین فشارهای ناشی از گذار به اقتصاد کم‌کربن (مانند مقررات سختگیرانه‌تر و افزایش هزینه‌های تولید)، بررسی دقیق اثرات این تغییرات بر صنایع استان یزد امری ضروری و حیاتی است. استان یزد به دلیل موقعیت جغرافیایی خود و قرارگیری در منطقه خشک ایران، به طور ویژه‌ای در معرض اثرات منفی و زیان‌بار تغییر اقلیم قرار دارد. صنایعی مانند کشاورزی (به دلیل محدودیت منابع آبی و افزایش دما)، گردشگری (به دلیل تغییرات فصلی و تخریب احتمالی جاذبه‌های طبیعی و تاریخی)، و صنعت (به دلیل افزایش تنش آبی و نیاز به انطباق با مقررات زیست‌محیطی جدید) می‌توانند به شدت تحت تأثیر این تغییرات قرار بگیرند. مخاطرات و بلایای محیطی و آثار آنها را نیز می‌توان به موارد مذکور اضافه نمود. ارزیابی دقیق این اثرات به شناسایی آسیب‌پذیری‌های موجود، پیش‌بینی چالش‌های آتی و تدوین استراتژی‌های سازگاری و کاهش اثرات منفی برای حفظ و توسعه پایدار صنایع استان کمک خواهد کرد. یزد با سهم ۳ تا ۴ درصدی از ارزش افزوده صنعتی کشور (سازمان صمت یزد، ۱۴۰۲)، به صنایعی نظیر فولاد، معدن، نساجی و کاشی و سرامیک وابسته است که به شدت تحت تأثیر کاهش منابع آبی ناشی از کاهش بارندگی، افزایش دما و افت کیفیت منابع آب و هزینه‌های زیادی انتقال آب قرار دارند. مدل‌های اقلیمی پیش‌بینی می‌کنند که تا سال ۲۰۵۰، در سناریوی RCP ۶٫۰، بخش تولید صنعتی ممکن است با کاهش ۲/۲ تا ۵/۹ درصدی در تولید کالاهای مصرفی بادوام و ۰/۴۱ تا ۲/۷۶ درصدی در حمل‌ونقل مواجه شود. (IPCC, ۲۰۲۲) این تأثیرات، از طریق اختلال در زنجیره تأمین، افزایش هزینه‌های تولید، افزایش مخاطرات محیطی از قبیل گرمای شدید، طوفانهای گرد و غبار، فرونشست زمین، افزایش سیل‌خیزی و به تبع آنها افزایش بیماری‌های نیروی انسانی و به تبع آنها کاهش بهره‌وری نیروی کار به صنایع یزد نیز تسری می‌یابد.



۲. مسئله چیست ؟

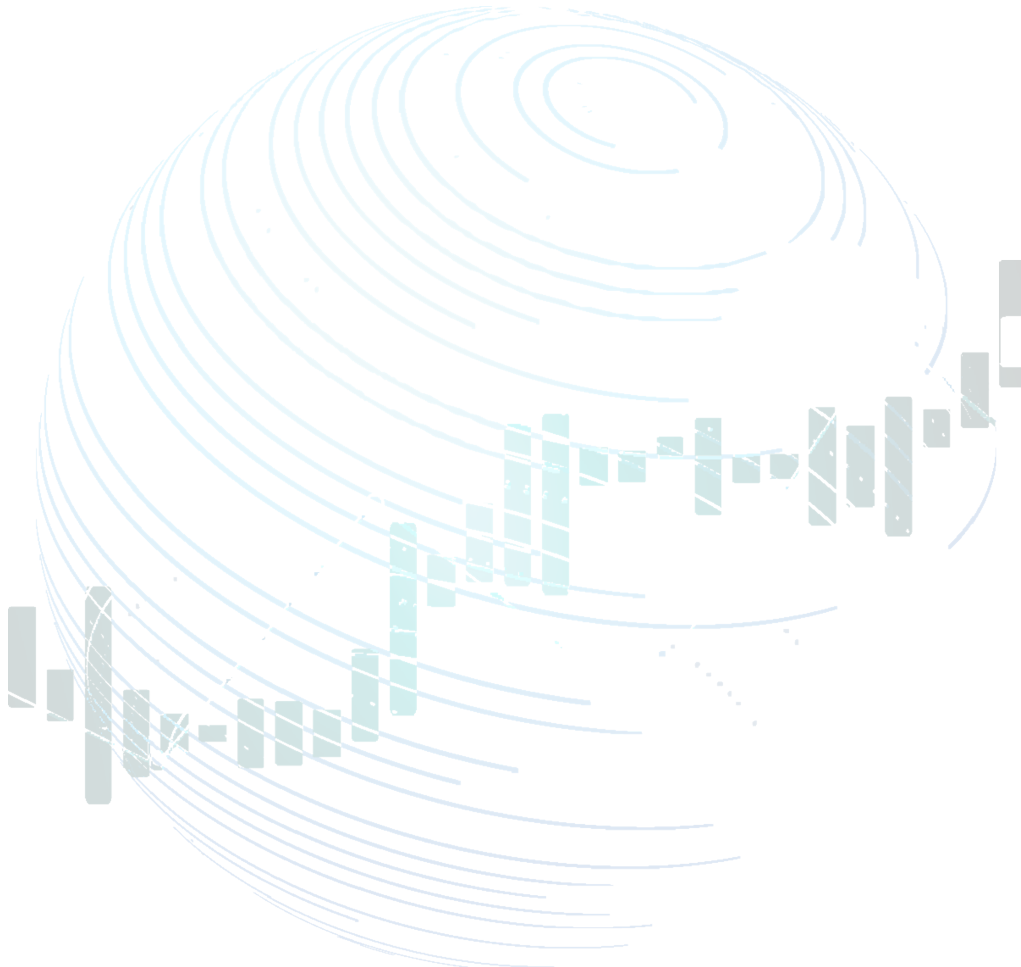
افزایش دمای زمین در دهه‌های اخیر، به دلیل فعالیت‌های انسانی به‌ویژه انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی، با اطمینان علمی بالا تأیید شده است. میانگین دمای سطح زمین در بازه ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰ حدود ۱.۱ درجه سانتی‌گراد نسبت به دوره پیشاصنعتی (۱۹۰۰-۱۸۵۰) بیشتر بوده و نرخ گرمایش در این دوره سریع‌ترین میزان در دو هزار سال گذشته بوده است (IPCC, 2021). عوامل طبیعی نقش ناچیزی در این تغییرات داشته‌اند و تقریباً تمام افزایش دما به فعالیت‌های انسانی نسبت داده می‌شود. از سال ۱۸۵۰ تا ۲۰۱۹، حدود ۲۴۰۰ گیگاتن دی‌اکسیدکربن ($GtCO_2$) به جو وارد شده که ۴۲ درصد آن در سه دهه اخیر (۲۰۱۹-۱۹۹۰) رخ داده است. در سال ۲۰۱۹، غلظت CO_2 در جو به ۴۱۰ ppm رسید، بالاترین سطح در دو میلیون سال گذشته. انتشار خالص گازهای گلخانه‌ای در سال ۲۰۱۹ حدود ۵۹ گیگاتن معادل CO_2 تخمین زده شد که نسبت به سال ۲۰۱۰ و ۱۹۹۰ به‌ترتیب ۱۲ و ۵۴ درصد افزایش نشان می‌دهد.

از سال ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۵، روند انتشار جهانی CO_2 همچنان صعودی بوده و در سال ۲۰۲۴ با ۰/۸ درصد افزایش به ۳۷/۸ گیگاتن رسید. بالاترین سطح این گاز در طول تاریخ (IEA, ۲۰۲۴). این افزایش عمدتاً ناشی از رشد مصرف سوخت‌های فسیلی در بخش‌های مختلف صنعتی از جمله حمل و نقل، صنایع پتروشیمی، تولید برق و ... است. در سال ۲۰۱۹، انتشار جهانی CO_2 حدود ۳۵/۵ گیگاتن بود که در سال ۲۰۲۰ به دلیل همه‌گیری کووید-۱۹ گزارش‌ها حاکی از کاهش انتشار به ۳۳/۶ گیگاتن بوده است. با بازگشت فعالیت‌های اقتصادی، این میزان در سال ۲۰۲۱ به ۳۶/۳ گیگاتن، در سال ۲۰۲۲ به ۳۶/۷ گیگاتن و در سال ۲۰۲۳ به ۳۷/۰۱ گیگاتن رسید. پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۲۵، انتشار جهانی به حدود ۳۸/۲ گیگاتن افزایش یابد. در سال ۲۰۲۴، غلظت CO_2 در جو به ۴۲۲.۵ ppm رسید، حدود ۵۰ درصد بالاتر از سطح پیشاصنعتی. چین با انتشار ۱۲ گیگاتن CO_2 بزرگ‌ترین منتشرکننده جهان است و هند با رشد ۴/۶ درصدی در انتشار این گاز نقش فزاینده‌ای دارد، در حالی که ایالات متحده و اتحادیه اروپا کاهش‌هایی را تولید آن گزارش کرده‌اند (Global Carbon Project, 2024).

روند کنونی انتشار گازهای گلخانه‌ای نشان‌دهنده شکاف عمیق بین تعهدات کشورها و اهداف توافق پاریس برای محدود کردن گرمایش جهانی به زیر ۲ درجه سانتی‌گراد است. دستیابی به این هدف نیازمند کاهش ۴۳ درصدی انتشار جهانی تا سال ۲۰۳۰ است. بخش‌های انرژی، صنعت، حمل‌ونقل و ساختمان‌ها ۷۹ درصد از کل انتشار جهانی را تشکیل می‌دهند. در حالی که کشاورزی، جنگلداری و تغییرات کاربری زمین ۲۲ درصد سهم دارند. نابرابری در انتشار سرانه نیز قابل توجه است: ۱۰ درصد پردرآمدترین خانوارها ۳۴ تا ۴۵ درصد از انتشار خانگی را تولید می‌کنند؛ در حالی که نیمی از جمعیت فقیر جهان تنها ۱۳ تا ۱۵ درصد سهم از تولید این گاز را دارند (UNEP, 2023).

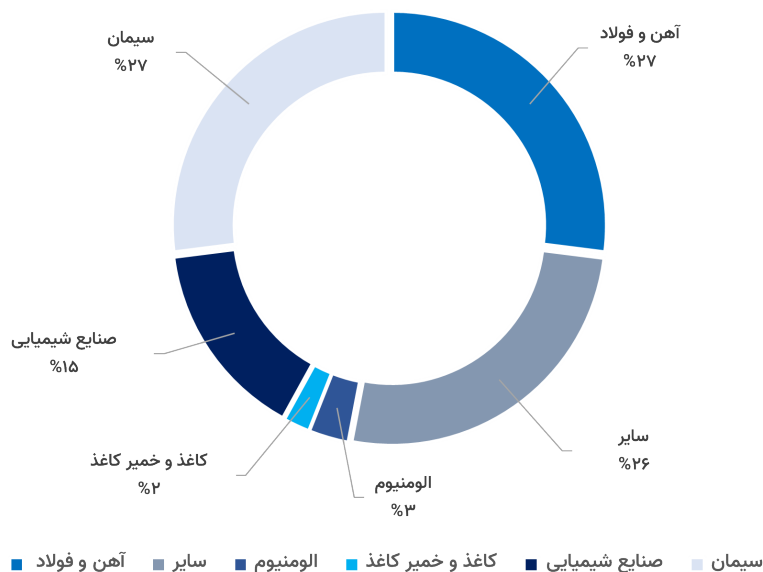
در این میان بخش صنعتی مسئول حدود ۲۵٪ از انتشار جهانی دی‌اکسید کربن (CO_2) است و زیرمجموعه‌هایی مانند تولید فولاد و آهن، پتروشیمی، داروسازی، پلاستیک، سیمان، ماشین‌آلات و صنایع چوب را در بر می‌گیرد. این بخش به‌ویژه در مسیر تحقق هدف جهانی رسیدن به کربن خنثی تا سال ۲۰۵۰، نقشی حیاتی در فرآیند کربن‌زدایی اقتصاد جهانی خواهد داشت. تولید سیمان - دومین ماده مصرفی جهانی به‌تنهایی ۷٪ و تولید فولاد ۱۱٪ از انتشار CO_2 را به خود اختصاص داده است. همچنین صنایع پلاستیک و تولید آمونیاک (به‌عنوان یکی از پرمصرف‌ترین ترکیبات شیمیایی کشاورزی) به‌ترتیب ۳.۴٪ و ۱.۸٪ از انتشار جهانی CO_2 را در بر می‌گیرند. بسیاری از فرآیندهای صنعتی به گرمای شدید نیاز دارند و یا به‌طور مستقیم CO_2 تولید می‌کنند؛ مانند فرآیند تولید آمونیاک یا کلینکر سیمان. با پیشروی جهان به‌سوی کاهش کربن، صنایع سنگینی مانند فولاد، سیمان، پلاستیک و آمونیاک با ریسک‌های گذار قابل‌توجهی روبرو خواهند شد. این ریسک‌ها شامل سیاست‌های سخت‌گیرانه زیست‌محیطی، قیمت‌گذاری کربن، تغییرات فناوری، و فشارهای اجتماعی و حقوقی است که بر تولیدکنندگان سنتی تأثیر می‌گذارد. از این‌رو، موسسات مالی باید نسبت به این ریسک‌ها هوشیار بوده و استراتژی‌های سرمایه‌گذاری خود را بازنگری کنند.

تغییرات اقلیمی ناشی از فعالیت‌های انسانی منجر به دگرگونی‌های سریع و گسترده در جو، اقیانوس‌ها، کرایوسفر و زیست‌کره شده و بسیاری از رویدادهای شدید اقلیمی و نوسانات آب‌وهوایی را در سراسر جهان تشدید کرده است. این تغییرات تأثیرات منفی عمیقی بر طبیعت و جوامع انسانی، به‌ویژه جمعیت‌های آسیب‌پذیر با کمترین نقش در ایجاد بحران اقلیمی داشته‌اند. به‌طور خاص افزایش دما، بالا آمدن سطح دریا، تشدید خشکسالی، افزایش سیلاب‌های عظیم و خسارت‌بار، فرونشست زمین، افزایش سطوح یابانی در سطح جهان، امواج گرمایی و طوفان‌ها باعث ناامنی غذایی و آبی، مرگ‌ومیر، بیماری‌های جسمی و روانی، مهاجرت اجباری و آسیب به معیشت مردم شده‌اند. حدود ۳.۳ تا ۳.۶ میلیارد نفر (بیش از یک سوم جمعیت جهان) در مناطقی زندگی می‌کنند که در برابر اثرات تغییرات اقلیمی آسیب‌پذیرند. اثرات این بحران بر اکوسیستم‌ها نیز شدید و گاه غیرقابل برگشت بوده و گونه‌های بسیاری از بین رفته‌اند یا در معرض نابودی قرار گرفته‌اند. علاوه بر این، در مناطق شهری، شدت گرمای هوا و فشار بر زیرساخت‌ها مانند حمل‌ونقل، انرژی و آب‌رسانی افزایش یافته و بیشترین فشار بر ساکنان کم‌درآمد وارد شده است. این شرایط تحقق اهداف توسعه پایدار را دشوار کرده و آسیب‌پذیری اجتماعی، اقتصادی، بهداشت جسم و روان و محیط‌زیستی را در سطوح مختلف تشدید نموده است.





نمودار ۱: سهم صنایع از انتشار کربن (سهم پرداخت هزینه کربن متناسب با آن)
Share of global direct CO₂ emissions by industry sub-sector (CSIS, 2020)



۱-۲. اثرات مشاهده شده از تغییرات اقلیمی:

۱. **گستره و شدت تغییرات اقلیمی:** تغییرات سریع و گسترده در جو، اقیانوس، کربانوسفر و زیست کره به واسطه فعالیت انسانی باعث افزایش رویدادهای شدید آب و هوا و به تبع آن افزایش مخاطرات محیطی و بلایای طبیعی از جمله خشکسالیهای شدید، بارشهای رگباری و سیل خیزی افزایش موجهای گرمایی، فرونشست زمین و غیره که همراه با تلفات انسانی و خسارتهای اقتصادی، گسترده، بهویژه در جوامع آسیبپذیر شدهاند (اطمینان بالا).

۲. **گرمایش جهانی و افزایش سطح دریاها:** انسان عامل اصلی گرمایش جو، اقیانوس و زمین و افزایش سطح دریاها در قرن گذشته بوده است. بنابراین بسیاری از جزایر، شهرها و سکونتگاههای ساحلی و زیرساختها زیر آب رفته است یا در معرض تهدید جدی قرار گرفتهاند (اطمینان بالا).

۳. **آسیبپذیری انسانی و اکوسیستمها:** حدود ۳.۳ تا ۳.۶ میلیارد نفر در مناطق با آسیبپذیری بالا زندگی می کنند. رویدادهای شدید، ناامنی غذایی و آبی را افزایش دادهاند، بهویژه در آفریقا، آسیا، آمریکای جنوبی و کشورهای کوچک جزیره ای؛ این امر سبب تورم بالای مواد غذایی، کاهش کیفیت و کمیت آب آشامیدنی، افزایش فقر و حاشیه نشینی در این مناطق شده است (اطمینان بالا).

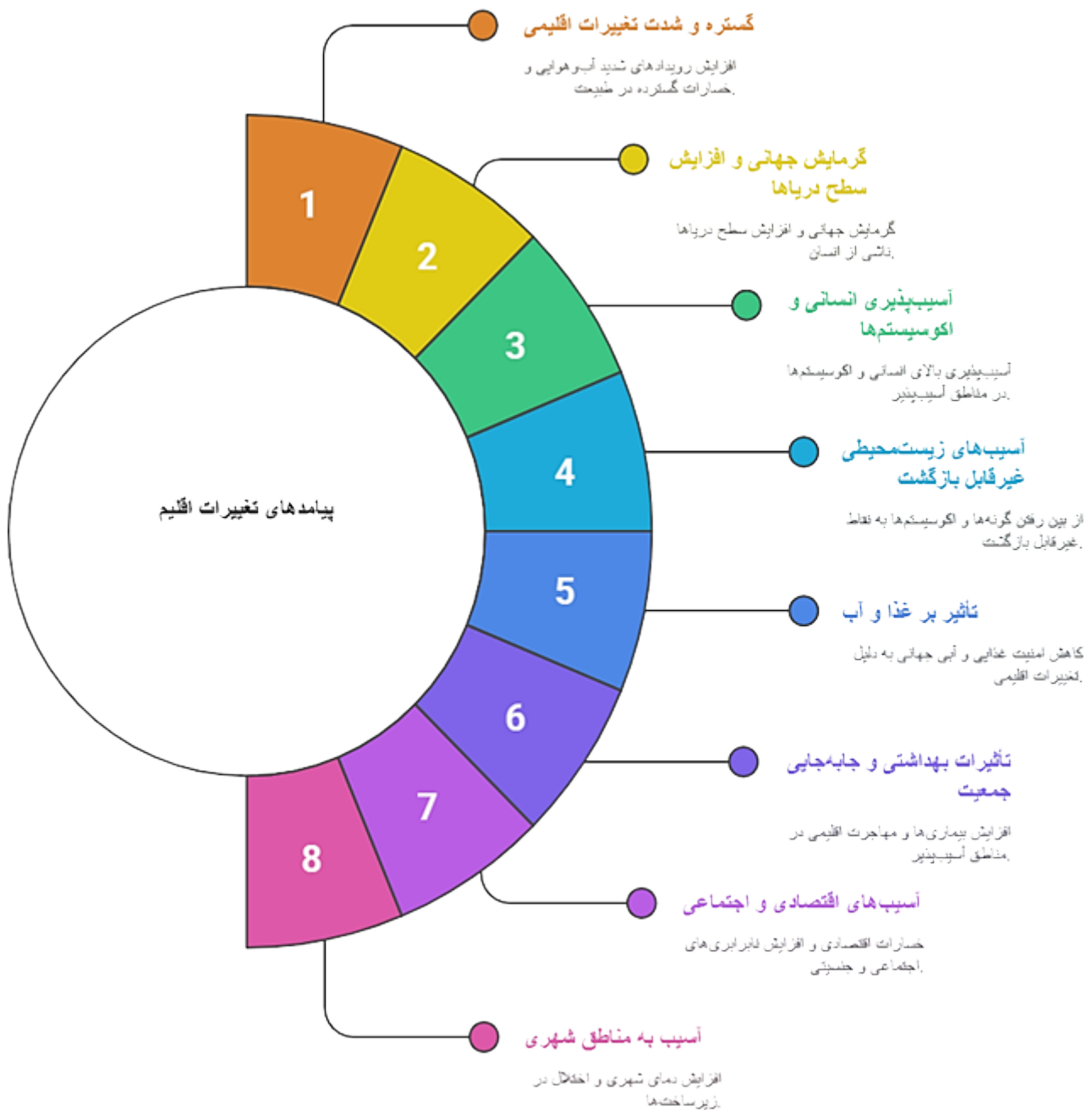
۴. **آسیبهای زیست محیطی غیر قابل بازگشت:** تغییرات اقلیمی منجر به از بین رفتن گونه های جانوری و گیاهی، مرگومیر جمعی زیستی، کاهش شدید پوشش های جنگلی و مرتعی، تخریب و فرسایش خاک، خشک شدن منابع آب سطحی از قبیل دریاچه ها، رودخانه ها، تالاب ها و باتلاق ها به عنوان زیستگاه های غنی و متنوع گیاهی و جانوری، پایین رفتن سفره های آب زیرزمینی و نزدیک شدن برخی اکوسیستم ها به نقاط غیر قابل بازگشت شده است (اطمینان بالا).

۵. **تأثیر بر غذا و آب:** کاهش امنیت غذایی و آبی جهانی، کند شدن رشد بهره وری کشاورزی و تأثیر منفی بر تولیدات شیلات از نتایج تغییرات اقلیمی اند (اطمینان بالا).

۶. **تأثیرات بهداشتی و جابه جایی جمعیت:** افزایش بیماری ها، مرگومیر ناشی از گرما و فشارهای روانی، همچنین مهاجرت اقلیمی و افزایش روزافزون پناهندگی های محیط زیستی بهویژه در کشورهای توسعه نیافته، مناطق خشک و نیمه خشک، جزایر و مناطق آسیبپذیر (اطمینان بالا).

۷. **آسیب‌های اقتصادی و اجتماعی:** خسارات اقتصادی در بخش‌های حساس به اقلیم (کشاورزی، انرژی، گردشگری)، نابودی معیشت‌ها و افزایش نابرابری‌های اجتماعی و جنسیتی (اطمینان بالا).

۸. **آسیب به مناطق شهری:** افزایش دمای شهری، افزایش آلودگی منابع زیستی شامل هوا، آب و خاک‌های شهری، اختلال در زیرساخت‌های کلیدی و تأثیرات منفی بر سلامت و رفاه شهروندان، به‌ویژه اقشار آسیب‌پذیر شهری (اطمینان بالا)



۲-۲. سطح آسیب پذیری جهان تا ۲۰۵۰ در دو خطر خشکسالی و بارش‌های شدید در اثر تغییرات اقلیمی

(۱) خشکسالی (Dry Conditions)

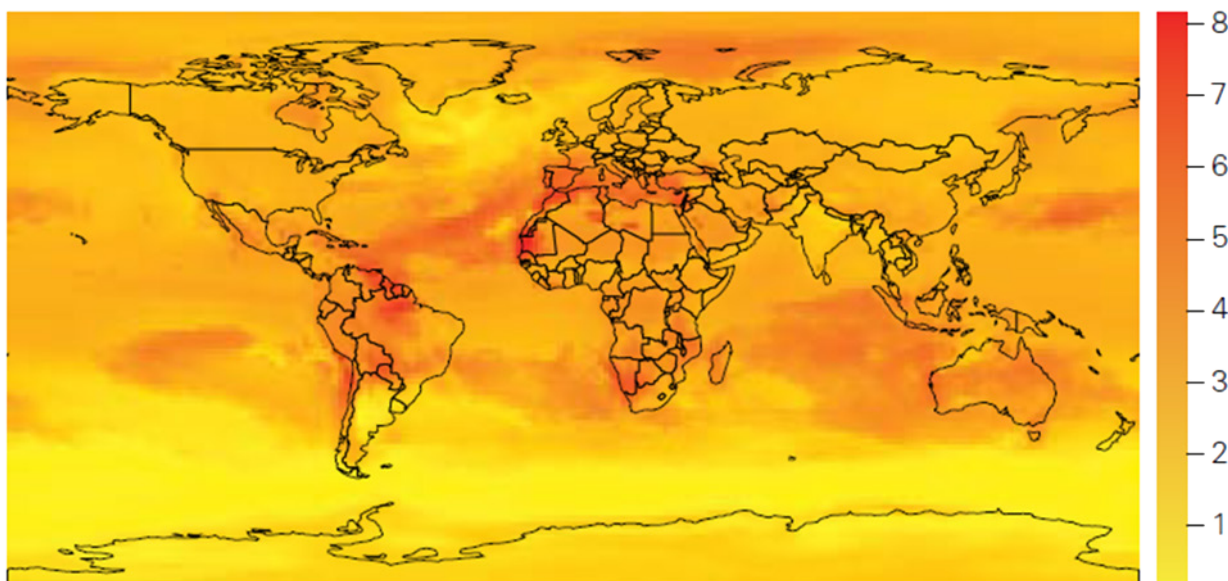
خشکسالی به‌عنوان یکی از پیامدهای اصلی تغییرات اقلیمی، از مکانیسم‌های متعددی ناشی می‌شود. افزایش دمای جهانی تبخیر را از خاک و پوشش گیاهی تسریع می‌کند و رطوبت خاک را به‌شدت کاهش می‌دهد. تغییر در الگوهای چرخش عمومی جواز جمله جابجایی کمربندهای آب‌وهوایی و ضعف جریان‌های جت‌استریم، منجر به کاهش بارندگی در مناطق استوایی و نیمه خشک مانند جنوب شرق آسیا و جنوب آفریقا می‌شود. این شرایط با اثرات بازخوردی مثبت تشدید می‌گردد؛ خاک خشک با افزایش آلودگی (انعکاس نور خورشید) گرمایش موضعی را تقویت می‌کند. پیامدهای این پدیده شامل کاهش تولید محصولات کشاورزی کلیدی مانند گندم و ذرت در مناطقی مثل آمریکای لاتین، کمبود آب شرب و تنش‌های اجتماعی بر سر منابع آبی در خاورمیانه، و افزایش آتش‌سوزی‌های جنگلی مشابه آنچه در استرالیا (۲۰۲۰-۲۰۱۹) رخ داد، است. این مخاطرات به‌ویژه در مناطقی با وابستگی به باران‌های موسمی، مانند اندونزی، یا مناطقی با سابقه خشکسالی مانند کیپ‌تاون، تهدیدی جدی محسوب می‌شوند. موقعیت جغرافیایی ایران مرکزی پتانسیل بسیار زیادی از نظر موقعیت جغرافیایی و آب و هوایی برای خشکسالی‌های شدید دارد.

(۲) بارش‌های شدید و سیل (Wet Conditions)

بارش‌های شدید و سیلاب‌های ناشی از آنها نتیجه تغییر جدی چرخه آب و هوایی در اثر گرمایش جهانی هستند. با افزایش هر ۱ درجه سانتی‌گراد دما، ظرفیت جو برای نگهداری رطوبت حدود ۷٪ افزایش می‌یابد، که به بارش‌های متمرکز و شدید و سیل‌آسایی در برخی مناطق کره زمین منجر می‌شود. تبخیر سریع‌تر از اقیانوس‌ها و تقویت سیستم‌های کم‌فشار، بارندگی‌های رگباری و حدی را در مناطق مختلف کره زمین از جمله اروپای شمالی و شرقی (آلمان، لهستان)، شمال استرالیا و بخش‌های وسیعی از آسیا را رقم می‌زند. این پدیده با ذوب یخ‌های قطبی و افزایش رطوبت جو در مناطق سردسیر و تقویت مونسون‌ها در مناطق گرمسیری تشدید می‌شود. پیامدهای اقتصادی-اجتماعی شامل تخریب زیرساخت‌ها (مانند سیل ۲۰۲۱ آلمان با ۴۰ میلیارد یورو خسارت و سیل‌های متعدد یک دهه اخیر ایران مانند یزد، شیراز، خوزستان، لرستان و)، شیوع بیماری‌های ناشی از آب راکد مانند مالاریا، و مهاجرت‌های اقلیمی از مناطق سیل‌زده مانند بنگلادش است. این خطرات به‌ویژه در مناطق ساحلی و پربارش، مانند ژاپن و کره جنوبی، چالشی فزاینده ایجاد می‌کند.

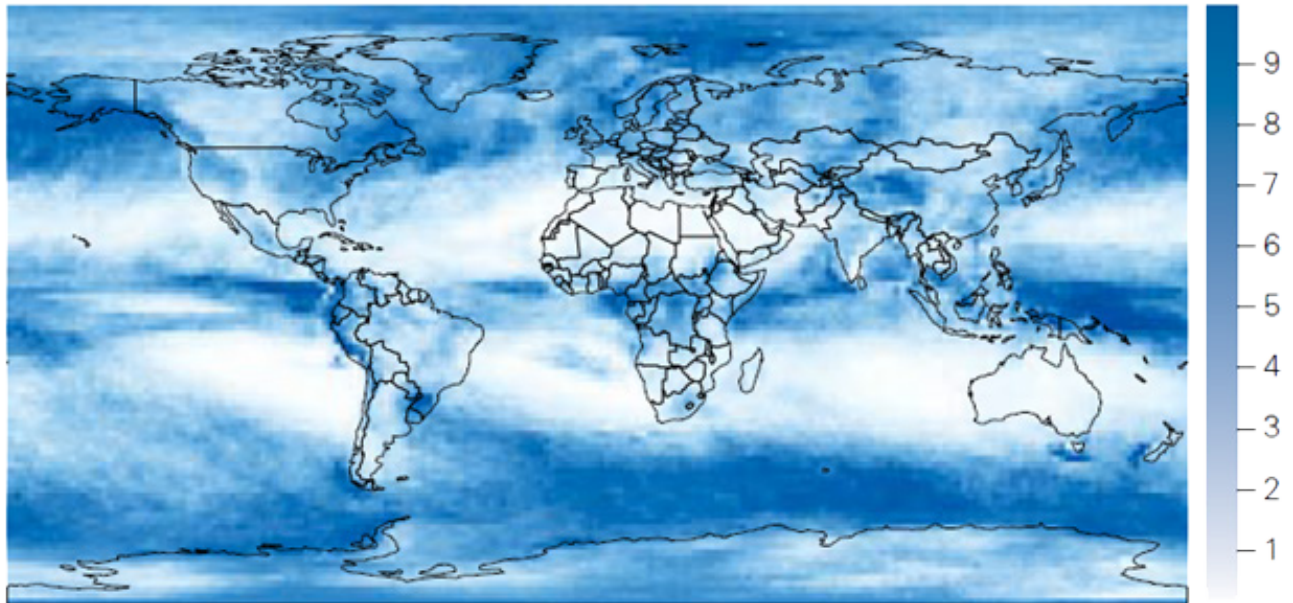
نقشه ۱- سطح آسیب پذیری جهان تا ۲۰۵۰ در برابر خطر خشکسالی

Dry score 2050, scenario RCP8.5



نقشه ۲- سطح آسیب پذیری جهان تا ۲۰۵۰ در برابر خطر سیل

Wet score 2050, scenario RCP8.5



Source: Swiss Re Institute

۳-۲. پیامدهای اقتصادی تغییر اقلیم

تغییرات آب‌وهوایی به یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های اقتصادی و اجتماعی قرن حاضر تبدیل شده است. افزایش دمای جهانی نه تنها اکوسیستم‌های طبیعی را تحت تأثیر قرار داده، بلکه پیامدهای عمیقی بر رشد اقتصادی کشورها در سراسر جهان دارد. مطالعات اخیر نشان می‌دهد که حتی افزایش اندک دما می‌تواند تأثیرات مخربی بر تولید ناخالص داخلی (GDP) کشورها داشته باشد و این تأثیرات در مناطق مختلف جهان به صورت نابرابر توزیع شده است. بر اساس گزارش موسسه Swiss Re (۲۰۲۱)، افزایش دمای جهانی حتی در حد ۲/۰ تا ۲/۶ درجه سانتی‌گراد تا اواسط قرن می‌تواند تولید ناخالص داخلی (GDP) جهانی را تا ۱۳/۹٪ نسبت به سناریوی بدون تغییرات اقلیمی کاهش دهد. این زیان‌ها در سناریوی شدید ۳/۲ درجه‌ای به ۱۸/۱٪ می‌رسد. کشورهای در حال توسعه، به ویژه در جنوب شرق آسیا (آسه‌آن)، خاورمیانه و آفریقا، به دلیل وابستگی به کشاورزی و زیرساخت‌های ضعیف، بیشترین آسیب را متحمل می‌شوند. تحقق اهداف توافق پاریس (محدودیت افزایش دما به کمتر از ۲ درجه) می‌تواند تا ۱۰٪ از این خسارات جهانی و تا ۲۵٪ در مناطق پرخطر مانند اندونزی و تایلند را کاهش دهد.

نابرابری منطقه‌ای در تأثیرات اقتصادی تغییرات اقلیمی آشکار است. نقشه‌های ارائه شده بر اساس سناریوهای RCP2.6-2SSP و RCP8.5-2SSP (تا سال ۲۰۴۹) نشان می‌دهند که مناطق استوایی مانند آفریقا، جنوب آسیا و بخش‌هایی از آمریکای جنوبی با کاهش درآمد سرانه تا ۳۰٪ مواجه خواهند شد. این کاهش عمدتاً ناشی از گرمای شدید، تغییرپذیری دمای روزانه و بارش‌های نامنظم است که کشاورزی و معیشت را مختل می‌کند. در مقابل، مناطق شمالی مانند شمال اروپا و کانادا ممکن است به دلیل بهبود شرایط کشاورزی و افزایش دمای مناسب، شاهد افزایش درآمد سرانه تا ۳۰٪ باشند. داده‌های استخراج شده از پایگاه GADM نشان‌دهنده اهمیت شناسایی ریسک‌های فیزیکی برای مؤسسات مالی و سیاست‌گذاران است تا استراتژی‌های سازگاری مؤثری طراحی کنند.



(۱) تأثیرات منفی بر GDP جهانی:

افزایش دمای جهانی تا ۲/۰-۲/۶ درجه سانتیگراد تا اواسط قرن (بر اساس تعهدات فعلی کاهش تغییرات آب‌وهوایی) می‌تواند تا ۱۰٪ بیشتر از سناریوی توافق پاریس (کمتر از ۲ درجه) به اقتصاد جهانی آسیب برساند.

در سناریوی شدید افزایش ۳/۲ درجه‌ای، خسارت GDP جهانی می‌تواند تا ۱۴٪ بیشتر از اهداف پاریس باشد.

(۲) مناطق پرخطر:

کشورهای جنوب شرق آسیا (ASEAN) بیشترین آسیب را خواهند دید.

در سناریوی ۲/۶ درجه‌ای، برخی اقتصادهای نوظهور مانند اندونزی، تایلند و عربستان سعودی می‌توانند تا ۲۵٪ از خسارات GDP خود را با تحقق اهداف پاریس کاهش دهند.

جدول ۱: شبیه‌سازی تأثیرات زیان‌های اقتصادی ناشی از افزایش دما بر تولید ناخالص داخلی (GDP) به درصد نسبت به دنیایی بدون تغییرات آب‌وهوایی (C°)

منطقه	افزایش کمتر از ۲ درجه (هدف پاریس)	افزایش ۲ درجه	افزایش ۲/۶ درجه	افزایش ۳/۲ درجه (سناریوی شدید)
جهان	-۴/۲٪	-۱۱/۰٪	-۱۳/۹٪	-۱۸/۱٪
OECD	-۳/۱٪	-۷/۶٪	-۸/۱٪	-۱۰/۶٪
آمریکای شمالی	-۳/۱٪	-۶/۹٪	-۷/۴٪	-۹/۵٪
آمریکای جنوبی	-۴/۱٪	-۱۰/۸٪	-۱۳/۰٪	-۱۷/۰٪
اروپا	-۲/۸٪	-۷/۷٪	-۸/۰٪	-۱۰/۵٪
خاورمیانه و آفریقا	-۴/۷٪	-۱۴/۰٪	-۲۱/۵٪	-۲۷/۶٪
آسیا	-۵/۵٪	-۱۴/۹٪	-۲۰/۴٪	-۲۶/۵٪
آسیای پیشرفته	-۳/۳٪	-۹/۵٪	-۱۱/۷٪	-۱۵/۴٪
آسه آن	-۴/۲٪	-۱۷/۰٪	-۲۹/۰٪	-۳۷/۴٪
اقیانوسیه	-۴/۳٪	-۱۱/۲٪	-۱۲/۳٪	-۱۶/۳٪

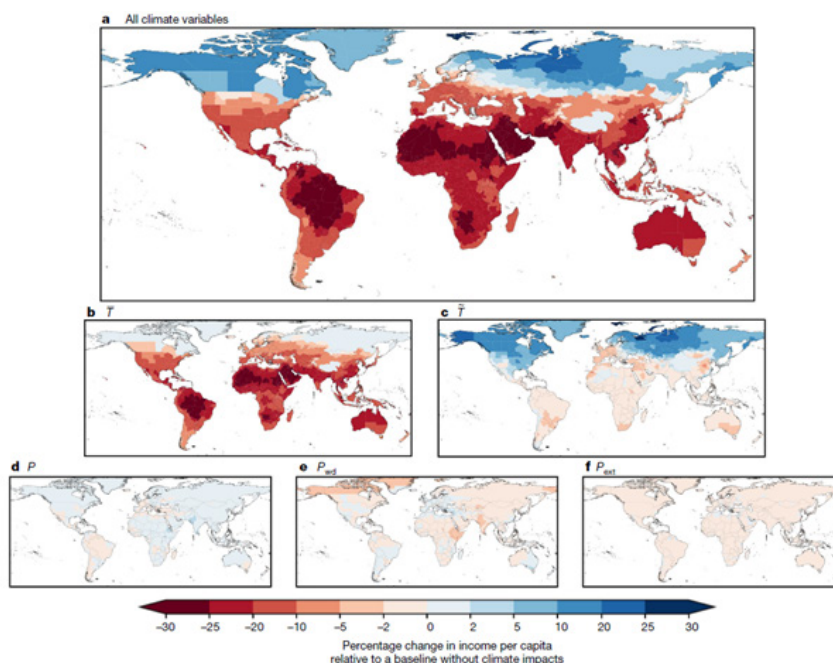
(Fernando,Liu,& McKibbin,2021)

۲-۴. آثار اقتصادی تغییر اقلیم به تفکیک پارامترهای اقلیمی

برخی مطالعات تأثیرات اقتصادی تغییرات اقلیمی بر درآمد سرانه در سطح زیرملی را تا سال ۲۰۴۹، تحت سناریوهای RCP2.6-2SSP و RCP8.5-2SSP، به تفکیک پارامترهای اقلیمی بررسی و برآورد کرده‌اند این برآوردها شامل تأثیر کلی متغیرهای اقلیمی (a) و اجزای خاص مانند دمای میانگین سالانه (b)، تغییرپذیری دمای روزانه (c)، بارش سالانه (d)، تعداد روزهای مرطوب (e) و بارش شدید (f) هستند (Kotz, Levermann, & Wenz, 2024). مقیاس رنگ‌ها از کاهش شدید درآمد (قرمز تیره، تا -۳۰٪) تا افزایش درآمد (آبی تیره، تا +۳۰٪) را نسبت به سناریوی بدون تغییرات اقلیمی نشان می‌دهد. مناطق استوایی مانند آفریقا، جنوب آسیا و بخش‌هایی از آمریکای جنوبی به دلیل گرما و بارش‌های شدید با کاهش درآمد تا ۳۰٪ مواجه هستند، در حالی که مناطق شمالی مانند شمال اروپا، کانادا و بخش‌هایی از سیبری به دلیل بهبود شرایط کشاورزی و دماهای مناسب‌تر، افزایش درآمد تا ۳۰٪ را تجربه می‌کنند. (OECD, 2015).

در قاره آسیا، تنوع اقلیمی منجر به الگوهای متفاوتی از تأثیرات اقتصادی می‌شود. جنوب آسیا، شامل کشورهایی مانند هند، بنگلادش و سریلانکا، در نقشه (a) با رنگ قرمز تیره مشخص شده و کاهش درآمد تا ۳۰-۲۵٪ را نشان می‌دهد، که عمدتاً ناشی از افزایش دمای میانگین (b) و بارش‌های شدید (f) است. این مناطق به دلیل وابستگی شدید به کشاورزی و تراکم بالای جمعیت، در برابر گرما و سیلاب‌ها آسیب‌پذیر هستند. در مقابل، بخش‌هایی از آسیای شرقی مانند شمال چین و مغولستان در نقشه (a) تأثیرات متعادلی (رنگ نارنجی روشن، کاهش ۱۰-۵٪) را نشان می‌دهند، اما تغییرپذیری دمای روزانه (c) می‌تواند بر تولید محصولات کشاورزی حساس مانند برنج تأثیر منفی بگذارد. ایران، واقع در غرب آسیا، نیز با چالش‌های جدی مواجه است. نقشه (a) کاهش درآمد ۲۵-۲۰٪ را برای ایران پیش‌بینی می‌کند، که عمدتاً به دلیل افزایش دمای میانگین (b) و کاهش بارش سالانه (d) است. این شرایط، همراه با خشکسالی‌های مکرر، منابع آبی و کشاورزی ایران را تحت فشار قرار داده و می‌تواند به کاهش تولید محصولات استراتژیک مانند گندم و افزایش ناامنی غذایی منجر شود.

این تحلیل، که داده‌های آن از پایگاه GADM استخراج شده، ابزار ارزشمندی برای مؤسسات مالی و سیاست‌گذاران فراهم می‌کند تا ریسک‌های فیزیکی ناشی از تغییرات اقلیمی را شناسایی و استراتژی‌های سازگاری مؤثری تدوین کنند. برای ایران و کشورهای جنوب آسیا، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های مقاوم در برابر گرما و سیل، بهبود مدیریت منابع آبی و توسعه کشاورزی پایدار ضروری است. در مقابل، مناطق شمالی آسیا و جهان می‌توانند از فرصت‌های اقتصادی ناشی از بهبود شرایط آب‌وهوایی بهره‌مند شوند، مشروط بر اینکه اثرات منفی جانبی مانند ذوب یخ‌های دائمی و تغییر اکوسیستم‌ها مدیریت شود. کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و پایبندی به توافقات بین‌المللی مانند توافق پاریس، برای کاهش این شکاف‌های اقتصادی و حفاظت از جوامع آسیب‌پذیر حیاتی است.



نقشه ۳- تأثیرات اقتصادی تغییرات اقلیمی بر درآمد سرانه تا سال ۲۰۴۹-منبع Kotz et al, ۲۰۲۴

جدول ۲، تفسیر و تحلیل شکل تأثیرات اقتصادی تغییرات اقلیمی بر درآمد سرانه تا سال ۲۰۴۹

نقشه	عنوان	تفسیر
a	تأثیرات ناشی از تمام متغیرهای اقلیمی	مناطق استوایی (آفریقا، جنوب آسیا، آمریکای جنوبی، استرالیا) با کاهش شدید درآمد (تا ۳۰٪-) به رنگ قرمز تیره.
		مناطق شمالی (شمال اروپا، کانادا، روسیه) با افزایش درآمد (تا ۳۰٪+) به رنگ آبی.
		تأثیرات اقلیمی در مناطق گرمسیری شدیدتر است.
b	دمای میانگین سالانه	تأثیر منفی شدید در مناطق استوایی (آفریقا، جنوب آسیا، بخش‌هایی از آمریکای جنوبی) با کاهش درآمد تا ۳۰٪-.
		مناطق شمالی (مانند شمال اروپا و روسیه) تأثیر خنثی یا مثبت دارند.
		افزایش دما در مناطق گرم تأثیر مخرب‌تری دارد.
c	تغییرپذیری دمای روزانه	تأثیر منفی در مناطق استوایی همچنان شدید است، اما در شمال اروپا و آسیا کمتر دیده می‌شود.
		تغییرپذیری دما می‌تواند بهره‌وری کشاورزی و سلامت را در مناطق گرمسیری مختل کند.
		مناطق سردتر از تغییرپذیری دما کمتر آسیب می‌بینند.
d	بارش سالانه کل	تأثیرات پراکنده‌تر و کمتر شدید نسبت به دما.
		کاهش درآمد در برخی مناطق (مانند بخش‌هایی از آفریقا) و افزایش در مناطق دیگر (مانند شمال اروپا).
		تغییرات بارش تأثیر متفاوتی بر کشاورزی و منابع آب دارد.
e	تعداد روزهای مرطوب سالانه	تأثیرات عمدتاً خنثی یا اندکی منفی در اکثر مناطق.
		تغییرات در تعداد روزهای بارانی تأثیر محدودی بر درآمد دارد.
		برخی مناطق ممکن است از افزایش روزهای مرطوب بهره‌مند شوند (مانند شمال).
f	بارش روزانه شدید	تأثیرات منفی محدودتر، اما در جنوب آسیا و بخش‌هایی از آفریقا قابل توجه است.
		بارش شدید می‌تواند باعث سیل و اختلال در زیرساخت‌ها شود.
		مناطق معتدل و سرد تأثیر کمتری از بارش شدید دارند.

ماخذ: Climate Risks in the (UNEP FI, 2023)-Industrials Sector-(2023)

۵-۲. تأثیرات تغییر اقلیم بر بخش صنایع

برآوردهای اقتصادی فعلی از پیامدهای تغییرات اقلیمی اغلب شدت این تأثیرات را که در یافته‌های جدید علوم اقلیمی و شواهد تجربی مطرح شده، بازتاب نمی‌دهند. این مشکل از شکاف میان علوم اقتصادی و فیزیکی ناشی می‌شود و بسیاری از ارزیابی‌ها اثرات رویدادهای شدید، خطرات زنجیره‌ای و نقاط آستانه را نادیده می‌گیرند. همچنین، استفاده از داده‌های تجمیع‌شده در مقیاس‌های بزرگ، اثرات شدید محلی را پنهان می‌کند و فقدان داده‌های محلی دقیق، تحلیل‌ها را ناکارآمد می‌سازد. همکاری میان اقتصاددانان و دانشمندان شمال و جنوب جهانی، همراه با رویکردهای نوین مانند "داستان‌پردازی" برای بررسی سناریوهای مختلف، می‌تواند تحلیل‌های دقیق‌تری ارائه دهد و سیاست‌گذاری مؤثرتری را برای کاهش و سازگاری با تغییرات اقلیمی تسهیل کند.

۱) تأثیرات تغییرات اقلیمی بر صنایع و ریسک‌های فیزیکی

بخش صنایع شامل زیربخش‌های انرژی بر مانند فولاد، سیمان، پتروشیمی، پلاستیک و داروسازی است که به‌طور قابل‌توجهی به انتشار جهانی CO_2 کمک می‌کنند. برای مثال، تولید سیمان ۷٪، تولید آهن و فولاد ۱۱٪، تولید پلاستیک در سال ۲۰۱۹ با ۸۵۰ میلیون تن گاز گلخانه‌ای معادل ۳/۴٪، و تولید آمونیاک (عمدتاً برای کودها) ۱/۸٪ از انتشار جهانی CO_2 را تشکیل می‌دهند. بسیاری از این فرایندها، مانند تولید سیمان و پتروشیمی، به گرمای زیاد نیاز دارند و CO_2 را به‌عنوان محصول جانبی تولید می‌کنند، که کاهش کربن در آن‌ها را چالش‌برانگیز می‌کند.

از سوی دیگر، ریسک‌های فیزیکی ناشی از تغییرات اقلیمی تأثیر مستقیمی بر شرکت‌ها دارند. افزایش شدت و فراوانی رویدادهای اقلیمی مانند خشکسالی، سیل، آتش‌سوزی و طوفان افزایش غلظت گرد و غبار در هوا، کاهش منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی، فرونشست زمین و مواردی از این دست تولید می‌کند، زیرساخت‌ها را فرسوده می‌سازد و عرضه و تقاضا را دچار نوسانات غیرقابل‌پیش‌بینی می‌کند. بخش‌هایی مانند کشاورزی-تولید مواد غذایی، به دلیل حساسیت به تغییرات دما و الگوهای بارش با کاهش تولید و افزایش آلودگی مواد غذایی مواجه هستند. خدمات شهری، بانکداری و بیمه نیز از خسارات ناشی از این رویدادها متأثر می‌شوند. برای نمونه، رویدادهای شدید می‌توانند دسترسی جوامع به برق را مختل کنند و خسارات مالی سنگینی برای شرکت‌های خدمات شهری به همراه داشته باشند.

۲) ریسک‌های گذار و سیاست‌های کاهش کربن

ریسک‌های گذار ناشی از حرکت به سمت اقتصاد کم‌کربن، از طریق تغییرات سیاستی و مقرراتی، هزینه‌های جدیدی به شرکت‌ها تحمیل می‌کنند و با مفهوم "دارایی‌های بی‌ارزش" ارتباط دارند. بخش‌هایی مانند سوخت‌های فسیلی و خودروسازی، که نقش مهمی در انتشار گازهای گلخانه‌ای دارند، با مقررات سخت‌گیرانه‌تر، مالیات‌های بالاتر، بازارهای کربن و محدودیت‌های تولید مواجه شده‌اند. برای مثال، بخش نفت و گاز، مسئول ۴۷٪ از انتشار CO_2 در سال ۲۰۲۰، با تغییر در تقاضای جهانی انرژی، کاهش قیمت نفت و افزایش دعاوی حقوقی روبه‌رو است. مقررات جدید مانند استانداردهای انتشار CO_2 در اروپا، NOx در آمریکا و مصرف سوخت در چین، هزینه‌های تحقیق و توسعه و جریمه‌ها را برای خودروسازان افزایش داده و سودآوری آن‌ها را کاهش می‌دهد. در مقابل، سیاست‌های حمایتی مانند برنامه "55Fit for" در اروپا و آمریکا، فرصت‌هایی برای سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر در بخش خدمات شهری ایجاد می‌کند، اما این گذار برای تولیدکنندگان برق نیز ریسک‌هایی به همراه دارد. افزایش جریمه انتشار و فشارهای نظارتی، فناوری‌های پاک را جذاب‌تر کرده و شرکت‌های نفت و گاز را به سمت منابع کم‌کربن سوق می‌دهد، اما این تغییرات ممکن است برخی از فعالان سنتی این صنایع را با چالش‌های جدی مواجه کند.



۳) ریسک‌های انتقالی و تأثیرات اقتصادی آن‌ها

ریسک‌های انتقالی از گذار به اقتصاد کم‌کربن ناشی می‌شوند و می‌توانند تأثیر قابل‌توجهی بر اقتصاد بخش صنایع داشته باشند. در زیر برخی از مهمترین این عوامل مورد اشاره قرار گرفته است:

◀ افزایش قیمت کربن افزایش هزینه برای تولید و انتشار کربن

اجرای مالیات کربن و سیستم‌های تجارت انتشار (ETS) هزینه‌های عملیاتی صنایع پراکنش مانند سیمان و فولاد را افزایش می‌دهد. در حال حاضر، سی مورد مالیات کربن و نه سیستم ETS در سطح ملی اجرا شده‌اند که قیمت‌ها در آن‌ها بسیار متفاوت است. مجمع جهانی اقتصاد (WEF) برآورد کرده است که برای رسیدن زیربخش‌های صنعتی به صفر خالص تا سال ۲۰۵۰،

قیمت کربن مشخصی لازم است. برای مثال، S&P Global نشان داد که جایگزین‌های کاهش کربن مانند هیدروژن سبز و جذب کربن برای تولید فولاد، مواد شیمیایی و سیمان در اروپا با قیمت کربن ۱۳۱ یورو به ازای هر تن یا بالاتر از نظر مالی مقرون‌به‌صرفه می‌شوند. افزایش سریع قیمت برای تولید و انتشار کربن می‌تواند به تخصیص مجدد قابل‌توجه منابع منجر شود و بخش‌های وابسته به سوخت‌های فسیلی مانند صنایع را تحت تأثیر قرار دهد. همان‌طور که در آزمون استرس اقلیمی بانک مرکزی اروپا (ECB) نشان داده شده است. این آزمون نشان داد که در سناریوی انتقال نامنظم کوتاه‌مدت، ارزش افزوده ناخالص زیربخش محصولات نفتی تصفیه‌شده ممکن است بین سال‌های ۲۰۲۴ تا ۲۰۲۲ تا ۱۵٪ کاهش یابد. زبان‌های تجمعی وام برای بانک‌ها در زیربخش مواد شیمیایی ممکن است در چنین سناریویی به حدود ۱۰۰ واحد پایه برسد. شرکت‌هایی مانند Chevron Phillips Chemical اذعان دارند که مکانیزم‌های قیمت‌گذاری کربن می‌توانند هزینه‌های عملیاتی آن‌ها را افزایش داده و تقاضای محصولات را تحت تأثیر قرار دهند. تجربه بریتانیا با ETS و پشتیبانی از افزایش قیمت کربن (CPS) نشان می‌دهد که قیمت‌گذاری کربن می‌تواند هزینه‌های تولید را افزایش دهد و به نشت کربن منجر شود، جایی که تولید داخلی کمتر رقابتی شده و واردات افزایش می‌یابد (Chevron Phillips Chemical, 2022).

◀ محدودیت‌های سیاست عمومی

دولت‌ها محدودیت‌های مختلفی بر فعالیت‌ها و محصولات صنعتی برای دستیابی به اهداف اقلیمی اعمال می‌کنند. این محدودیت‌ها شامل فرآیندهای سخت‌گیرانه‌تر صدور مجوز، محدودیت‌های آلودگی و ممنوعیت پروژه‌های جدید در مناطق حساس است؛ مانند برنامه چین برای ممنوعیت پروژه‌های جدید فولاد و سیمان در مناطق آلوده. محدودیت‌های مربوط به محصولات مانند پلاستیک‌های یک‌بار مصرف، که در بسیاری از کشورها اعمال شده می‌تواند تقاضا را کاهش داده و هزینه‌های صنعت پلاستیک را افزایش دهد. همان‌طور که در ممنوعیت موقت محصولات پلی‌استایرن در هند مشاهده شد. حذف یارانه‌های ناکارآمد سوخت‌های فسیلی، همان‌طور که در COP26 توافق شد، می‌تواند هزینه‌های انرژی را برای صنایعی که به شدت به این سوخت‌ها وابسته‌اند به‌طور قابل‌توجهی افزایش دهد. این امر ممکن است سود را کاهش داده و رقابت با شرکت‌های بین‌المللی را افزایش دهد. نهادهای نظارتی نیز به‌طور فزاینده‌ای عملیات پتروشیمی را به دلیل تخلقات زیست‌محیطی هدف قرار می‌دهند، که منجر به هزینه‌های قابل‌توجه برای ارتقا و جریمه‌ها می‌شود. همان‌طور که در مورد Chevron، Phillips 66 و Dow دیده شده است.

تغییر فناوری و پیشرفت فناوری‌های کم‌کربن

توسعه و پذیرش جایگزین‌های کمتر کربن‌بر، خطرانی را برای تولیدکنندگان سنتی پراکنش ایجاد می‌کند. آمونیاک سبز، که با استفاده از انرژی تجدیدپذیر تولید می‌شود، انتظار می‌رود رشد قابل توجهی پیدا کند و بازار جهانی آن تا سال ۲۰۳۰ به ۵/۵ میلیارد دلار برسد. این می‌تواند بار یارانه کود دولت هند را کاهش دهد. ظهور بیوپلاستیک‌ها، با ردپای کربن کمتر، رقابت را برای صنعت پلاستیک سنتی افزایش خواهد داد و بازار جهانی بیوپلاستیک‌ها و پلیمرها تا سال ۲۰۲۶ به ۲۹/۷ میلیارد دلار خواهد رسید همچنین انتظار می‌رود بیوتن، جایگزین پایدارتری برای بتن سنتی شده و رشد قابل توجهی در بازار داشته باشد. به‌طور مشابه، فولاد سبز، تولیدشده با استفاده از هیدروژن تجدیدپذیر در حال جلب توجه است و انتظار می‌رود با افزایش قیمت‌گذاری کربن، رقابت‌پذیری هزینه‌ای آن با فولاد سنتی بهبود یابد. سرمایه‌گذاری در تولید فولاد سبز در حال افزایش است و شرکت‌هایی مانند Salzgitter و ArcelorMittal تعهدات قابل توجهی در این زمینه دارند. کسب‌وکارهای سنتی ممکن است برای رقابت به جذب و ذخیره کربن (CCS) وابسته شوند، اما این فناوری با چالش‌هایی در توسعه، هزینه و استقرار گسترده مواجه است. تعداد محدودی از تأسیسات صنعتی با CCS در جهان وجود دارد، که بیشتر در بخش شیمیایی هستند و هیچ‌کدام برای تولید تجاری سیمان نیستند.

ریسک حقوقی نوظهور

شرکت‌های صنعتی با افزایش دعاوی حقوقی برای تخلفات زیست‌محیطی، از جمله دفع نامناسب زباله و تجاوز از محدودیت‌های انتشار مواجه هستند. پرونده‌هایی علیه تولیدکنندگان فولاد مانند United States Steel برای نقض قانون هوای پاک و علیه شرکت‌های سیمان مانند Lehigh Cement برای عدم کاهش انتشار مطرح شده است (Maplecroft, 2020). دعاوی همچنین تلاش کرده‌اند تا ساخت نیروگاه‌های جدید مبتنی بر سوخت فسیلی را به دلیل نگرانی‌های تأثیرات اقلیمی متوقف کنند، همان‌طور که در ژاپن دیده شده است. شرکت‌ها همچنین به دلیل انتشار گازهای گلخانه‌ای از زغال‌سنگ غیرقانونی و آلودگی هوا که مقررات زیست‌محیطی را نقض می‌کند، در برزیل و چین با اقدامات قانونی مواجه شده‌اند.

افزایش ریسک شهرت

شرکت‌های صنعتی در صورت کندی در پاسخ به تقاضاها برای شیوه‌های پایدارتر، با آسیب‌های فزاینده به شهرت از سوی مصرف‌کنندگان، سرمایه‌گذاران و سازمان‌های غیرانتفاعی مواجه هستند. کمپین‌ها و اعتراضات، کارخانه‌های سیمان (LafargeHolcim) و فولاد (ArcelorMittal) را به دلیل انتشار بالای کربن و عدم رعایت محیط‌زیست هدف قرار داده‌اند. ناآرامی عمومی همچنین می‌تواند از نگرانی‌ها در مورد آلودگی هوا از تأسیسات صنعتی ناشی شود، همان‌طور که در بوسنی دیده شد.

۴) ریسک‌های فیزیکی و تأثیرات اقتصادی آن‌ها

افزایش دفعات و شدت رویدادهای آب‌وهوایی شدید به دلیل تغییرات اقلیمی، ریسک‌های فیزیکی قابل توجهی را برای بخش صنایع ایجاد می‌کند:

خشکسالی و تنش آبی

بسیاری از فرآیندهای صنعتی به شدت به آب وابسته‌اند و در برابر خشکسالی آسیب‌پذیر هستند. بخش صنایع ۴۰٪ از آب مورد استفاده توسط انسان را مصرف می‌کند. خشکسالی‌ها می‌توانند ظرفیت تولید صنعتی را کاهش دهند، همان‌طور که در خشکسالی رودخانه راین مشاهده شده است که بهره‌وری تولید در آلمان و هلند را تحت تأثیر قرار داد. تولید نیمه‌هادی‌ها به‌ویژه آب‌بر و در برابر خشکسالی آسیب‌پذیر است (فرآیند ساخت نیمه‌هادی‌ها (مثل تراشه‌های کامپیوتری) نیاز زیادی به آب دارد). در چین، خشکسالی‌های شدید منجر به کمبود تولید برق آبی شده و بخش‌های انرژی‌بر مانند ذوب آلومینیوم و تولید فولاد را تحت تأثیر قرار داده و حتی باعث تعطیلی کارخانه‌ها شده است. تأسیسات پتروشیمی در خاورمیانه به دلیل تنش آبی موجود در منطقه بسیار آسیب‌پذیر هستند. تولید فولاد به آب قابل توجهی نیاز دارد و بخش بزرگی از ظرفیت جهانی فولاد در مناطق تحت تنش آبی، به‌ویژه در چین و هند، قرار دارد. تولید بتن نیز به آب زیادی نیاز دارد و بخش قابل توجهی از تقاضای آب آینده برای بتن در مناطق تحت تنش آبی پیش‌بینی می‌شود. تولیدکنندگان مواد شیمیایی نیز به شدت در معرض تنش آبی هستند و در طول رویدادهای خشکسالی تأثیرات





قابل توجهی بر تولید و سود دارند. خشکسالی در بخشهای زیادی از ایران مرکزی از جمله استان یزد که صنایع آب بر زیادی هم در آن توسعه پیدا کرده است، می تواند چالش های زیادی را برای تامین منابع آبی مورد نیاز آن ها بوجود بیاورد.

◀ افزایش دما

افزایش دمای جهانی می تواند بهره وری کارگران در محیط های صنعتی را کاهش دهد، فرآیندهای خنک کننده را تحت فشار قرار دهد و هزینه های انرژی را افزایش دهد. مطالعات همبستگی منفی بین دما و خروجی تولید را نشان داده اند. بعلاوه، دمای بیشتر با افزایش تبخیر و تعرق، خشکی ها را تشدید نموده و فشار بیشتری بر منابع آبی و صنایع آب بر وارد می کند. دماهای بسیار بالا همچنین می توانند حوادث صنعتی مانند آتش سوزی، انفجارها و نشت مواد شیمیایی را سبب شوند.

◀ طوفان ها و سیل های شدید

افزایش دفعات و شدت طوفان ها و سیل ها می تواند به تأسیسات تولیدی و زیرساختی مرتبط با آن ها آسیب برساند، زنجیره های تأمین را مختل نموده و منجر به حوادث ایمنی مانند نشت مواد شیمیایی شود. بعلاوه، درصد قابل توجهی از دارایی های صنعتی در آسیا در معرض سیل قرار دارند (Schiefelbein, 2022). تأسیسات تولید نیمه هادی به دلیل تجهیزات گران قیمت و حساس به آب آسیب پذیر هستند. طوفان هینامور باعث تعطیلی کارخانه های فولاد Posco در کره جنوبی شد و زیان های مالی قابل توجهی بر جای گذاشت. کارخانه های شیمیایی، که اغلب در مناطق ساحلی قرار دارند، در معرض خطر بالای آسیب و نشت مواد شیمیایی در طول طوفان های شدید هستند. همان طور که در طوفان هاروی در تگزاس دیده شد. طوفان های زمستانی شدید نیز می توانند عملیات کارخانه های پتروشیمی و زنجیره های تأمین جهانی را مختل کنند، اتفاقی که در تگزاس در سال ۲۰۲۱ رخ داد و منجر به کمبود مواد اولیه کلیدی مانند پلاستیک و نیمه هادی ها شد. تأسیسات تولیدی در چین نیز به دلیل سیل متحمل زیان های اقتصادی قابل توجهی شده اند. تغییرات اقلیمی در بخش های زیادی از دنیا از جمله ایران این سیل ها را تشدید نموده اند که سیل های یک دهه اخیر در مناطق زیادی از ایران از قبیل فارس، خوزستان، سیستان و بلوچستان، یزد و ... را می توان به همین امر نسبت داد.

◀ آتش سوزی جنگل ها

آتش سوزی های جنگلی تهدید فزاینده ای برای صنایعی مانند خمیر و کاغذ هستند و پیامدهای اقتصادی و اجتماعی قابل توجهی دارند. آتش سوزی های ۲۰۲۰-۲۰۱۹ استرالیا تا ۱۰٪ از مزارع چوب نرم مورد استفاده در صنعت خمیر و کاغذ را تحت تأثیر قرار داد. آتش سوزی های اروپا در سال ۲۰۲۲ نیز منجر به تعطیلی موقت تأسیسات تولیدی شد.

جدول ۳- انواع ریسک های ناشی از تغییر اقلیم برای صنایع

نوع ریسک	خلاصه ریسک	توضیحات
ریسک های انتقالي	افزایش قیمت کربن	انتشاردهندگان بزرگ در بخش صنایع، مانند سیمان و فولاد، به دلیل افزایش هزینه ها یا کاهش تقاضا ناشی از قیمت های بالاتر، تحت تأثیر منفی قیمت گذاری کربن قرار خواهند گرفت.
	محدودیت های سیاستی عمومی	الزامات نظارتی سخت گیرانه تر برای تأسیسات صنعتی، فشار نظارتی زیست محیطی را برای کاهش کربن و محدود کردن آلودگی صنعتی افزایش خواهد داد. برای تولیدکنندگان بین المللی، قوانین تنظیم کننده شدت کربن محصولات صنعتی وارداتی چالش های قابل توجهی ایجاد خواهد کرد.
	تغییر فناوری و پیشرفت فناوری های کم کربن	پیشرفت های فناوری در جایگزین های کم کربن، همراه با افزایش قیمت کربن و سایر محدودیت های نظارتی، باعث تغییر از محصولات صنعتی سنتی به جایگزین های کم کربن خواهد شد.
	ریسک های حقوقی نوظهور	در سال های اخیر، پرونده های قضایی متعددی علیه شرکت های صنعتی به دلیل عدم رعایت مقررات زیست محیطی ثبت شده است.
	افزایش ریسک شهرت	شرکت های بخش صنایع در صورت کندی در پاسخ به تغییر الگوهای تقاضا از سوی مصرف کنندگان و سهامداران برای مواد اولیه، فرآورده های تولید و افشاگری های پایدارتر، با آسیب به شهرت مواجه خواهند شد.
ریسک های فیزیکی	طوفان ها و سیل های شدید	طوفان ها و رویدادهای سیلاب با شدت و دفعات بیشتری رخ خواهند داد و خطر آسیب به تأسیسات تولیدی و اختلال در زنجیره های تأمین را افزایش خواهند داد.
	خشکسالی ها	شدت و دفعات بیشتر خشکسالی ها در مناطق خاص، شرکت های بخش صنایع با فرآورده های تولیدی آب بر را تحت تأثیر منفی قرار خواهد داد.
	افزایش دما	دماهای متوسط بالاتر، بهره وری کارگران را کاهش داده، فرآورده های خنک کننده صنعتی را مختل کرده و هزینه های تهویه مطبوع را افزایش خواهد داد.
	آتش سوزی های جنگلی	آتش سوزی های جنگلی تهدیدی برای آسیب به تأسیسات صنعتی، کاهش تأمین آب برای عملیات صنعتی و ایجاد شرایط کاری خطرناک برای کارکنان هستند.

Climate Risks in the (UNEP FI, 2023)-Industrials Sector



جدول ۴- جدول اثرات تغییر اقلیم بر صنایع (برآوردها و موارد عینی)

نوع	شرح	آمار و ارقام
ریسک‌های انتقالی	افزایش قیمت کربن: مالیات کربن و سیستم‌های تجارت انتشار (ETS) هزینه‌های تولید را برای صنایع پرانتشار مانند سیمان و فولاد افزایش می‌دهد.	- قیمت کربن ۳۰ یورو/تن CO ₂ : افزایش ۳/۴۹٪ قیمت کلینکر سیمان و ۲/۲۸٪ سیمان پرتلند. - قیمت کربن برای خالص صفر تا ۲۰۵۰: ۱۰۰-۲۷۰ دلار/تن CO ₂ - CBAM اتحادیه اروپا: افزایش ۲۰٪ هزینه‌های وارداتی فولاد و سیمان.
	محدودیت‌های سیاستی عمومی: مقررات زیست‌محیطی سختگیرانه هزینه‌های انطباق را افزایش می‌دهد.	- سیستم ETS چین تا ۲۰۲۵: پوشش ۵ گیگاتن CO ₂ (۷/۱ انتشار جهانی). - سیاست‌های اتحادیه اروپا تا ۲۰۳۰: کاهش ۵۵٪ انتشار نسبت به ۱۹۹۰، افزایش ۱۵٪ هزینه‌های انطباق.
	تغییرات فناوری: فناوری‌های کم کربن مانند هیدروژن سبز و آمونیاک سبز بازار را تغییر می‌دهند.	- هیدروژن سبز در فولاد: اقتصادی در ۱۳۱ یورو/تن CO ₂ ، کاهش ۳۰٪ انتشار. - آمونیاک سبز تا ۲۰۳۰: ۲۰٪ بازار جهانی. - خطر از دست دادن ۲۵٪ سهم بازار برای تولیدکنندگان سنتی.
	ریسک‌های قانونی و شهری: دعاوی قضایی و اعتراضات عمومی اعتماد سرمایه‌گذاران و بازار را کاهش می‌دهد.	- ۲۳۰۰ پرونده قضایی اقلیمی (۲۰۱۵-۲۰۲۳)، ۱۵٪ علیه صنایع. - اعتراضات علیه AMSA: کاهش ۱۰٪ ارزش سهام در ۲۰۲۲. - کاهش ۲۰٪ اعتماد سرمایه‌گذاران.
	خشکسالی و تنش آبی: محدودیت‌های آبی تولید را مختل می‌کند.	- خاورمیانه: کاهش ۱۵٪ ظرفیت تولید بتن. - چین ۲۰۲۲: کاهش ۱۰٪ تولید صنعتی، افزایش ۵٪ هزینه‌ها. - تا ۲۰۳۰: ۴۰٪ تأسیسات در مناطق با تنش آبی.
	افزایش دما: کاهش بهره‌وری و افزایش هزینه‌های خنک‌سازی.	- افزایش ۵/۰ درجه سانتی‌گراد: ۲ برابر زیان اقتصادی، کاهش ۳٪ بهره‌وری. - دماهای بالا: افزایش ۱۰٪ خرابی تجهیزات الکترونیک. - تا ۲۰۵۰: ۲۰٪ هزینه‌های انرژی برای خنک‌سازی.
	طوفان‌ها و سیل‌های شدید: اختلال در تولید و زنجیره تأمین.	- طوفان هینامور ۲۰۲۲: خسارت ۵۰۰ میلیون دلاری به پوسکو. - سیل‌های چین ۲۰۲۱: خسارت ۳۰ میلیارد دلاری (۲۲٪ خسارات جهانی). - تا ۲۰۵۰: ۲۵٪ تأسیسات در معرض سیل.
	آتش‌سوزی‌های جنگلی: آسیب به زیرساخت‌ها و کاهش منابع.	- آتش‌سوزی‌های استرالیا ۲۰۱۹-۲۰۲۰: خسارت ۲ میلیارد دلاری. - کانادا ۲۰۲۳: کاهش ۳/۷٪ تولید نفت و گاز. - تا ۲۰۴۰: ۱۵٪ تأسیسات در مناطق مستعد آتش‌سوزی.
Stede et al., 2021; WEF, 2022a; European Commission, 2021 -IEA, 2020a; European Commission, 2020- S&P Global, 2022a; IEA, 2021; WEF, 2022b- Climate Case Chart, 2023; CER, 2022-Miller et al., 2018; Schiefelbein, 2022; WRI, 2020- Lui et al., 2022; IPCC, 2022; IEA, 2023- Bloomberg, 2022a; SCMP, 2022; WEF, 2023- CWP, 2021; Reuters, 2023; IPCC, 2022		

۶-۲. خلاصه و دسته‌بندی اثرات اقتصادی تغییرات اقلیمی بر بخش صنعت

(۱) اثرات فیزیکی (شوکه‌های اقلیمی)

◀ اختلال در زنجیره تأمین و تولید:

- سیل در چین (۲۰۲۱): خسارت ۶,۶۲۷,۶۲۱ دلار، ۲۲٪ خسارات جهانی (SCMP, 2022).
- طوفان هینامور (۲۰۲۲): خسارت ۵۰۰ میلیون دلار به پوسکو (Blmberg, 2022a).
- تا ۲۰۵۰: ۲۵٪ تأسیسات صنعتی در معرض سیل (WEF, 2023).

◀ آسیب به زیرساخت‌ها و منابع:

- طوفان در آمریکا: خسارت ۵۱۲,۰۲۵,۹۲۳ دلار (منبع اصلی).
- آتش‌سوزی‌های استرالیا (۲۰۱۹-۲۰۲۰): خسارت ۲ میلیارد دلار (CWP, 2021).
- تا ۲۰۴۰: ۱۵٪ تأسیسات در مناطق مستعد آتش‌سوزی (IPCC, 2022).

◀ کاهش بهره‌وری و افزایش هزینه‌ها

- خشکسالی در هند: خسارت ۴,۲۵۰,۳۲۰ دلار (منبع اصلی).
- افزایش دما (۵/۰ درجه سانتی‌گراد): کاهش ۳٪ بهره‌وری، ۱۰٪ خرابی تجهیزات (Lui et al., 2022).
- تا ۲۰۵۰: ۲۰٪ افزایش هزینه‌های انرژی برای خنک‌سازی (IEA, 2023).

◀ تنش آبی

- خاورمیانه: کاهش ۱۵٪ ظرفیت تولید بتن (Miller et al., 2018).
- چین (۲۰۲۲): کاهش ۱۰٪ تولید صنعتی، ۵٪ افزایش هزینه‌ها (Schiefelbein, 2022).
- تا ۲۰۳۰: ۴۰٪ تأسیسات در مناطق با تنش آبی (WRI, 2020).

◀ تأثیرات غیرمستقیم

- کاهش تولید کشاورزی: اثر بر صنایع غذایی و فرآوری (منبع اصلی).
- بخش انرژی: کاهش ۱۲٪ تولید ناخالص جهانی (منبع اصلی).
- حمل‌ونقل: کاهش بازده ۴۱٪ - ۲۷۳٪ درصد.



۲) اثرات انتقالی (سیاست‌های اقلیمی)

◀ افزایش هزینه‌های تولید:

- قیمت کربن ۳۰ یورو/تن CO₂: افزایش ۳/۴۹٪ قیمت کلینکر سیمان، ۲/۲۸٪ سیمان پرتلند. (Stede et al., 2021)
- ETS اتحادیه اروپا (۲۰۰۵): کاهش ۳۵٪ انتشار، افزایش ۱۵٪ هزینه‌های انطباق تا ۲۰۳۰ (European Commission, 2020).
- ETS چین (۲۰۲۵): تولید ۵۵ گیگاتن CO₂، ۷/۱ گیگاتن انتشار جهانی (IEA, 2020a).

◀ فرار کربن و تنظیمات وارداتی:

- مالیات کربن بریتانیا (Carbon Price Support): افزایش واردات سیمان
- CBAM اتحادیه اروپا: ۲۰٪ افزایش هزینه‌های وارداتی فولاد و سیمان (European Commission, 2021).

◀ رقابت فناوری‌های کم‌کربن:

- هیدروژن سبز در فولاد: کاهش ۳۰٪ انتشار، اقتصادی در ۱۳۱ یورو/تن CO_p (S&P Global, 2022a).
- آمونیاک سبز: ۲۰٪ بازار جهانی تا ۲۰۳۰ (IEA, 2021).
- خطر از دست دادن ۲۵٪ سهم بازار تولیدکنندگان سنتی (WEF, 2022b).

◀ محدودیت‌های نظارتی:

- ◀ ممنوعیت پروژه‌های فولاد و سیمان در چین، حذف یارانه‌های سوخت‌های فسیلی (COP26)
- ◀ کاهش ۵۵٪ انتشار اتحادیه اروپا تا ۲۰۳۰ نسبت به ۱۹۹۰ (European Commission, 2020).

◀ ریسک‌های حقوقی و شهرتی:

- ۲۳۰۰ پرونده قضایی اقلیمی (۲۰۲۳-۲۰۱۵)، ۱۵٪ علیه صنایع (Climate Case Chart, 2023).
- اعتراضات علیه AMSA: کاهش ۱۰٪ ارزش سهام (CER, 2022).
- کاهش ۲۰٪ اعتماد سرمایه‌گذاران (CER, 2022).

۳) فشارهای اجتماعی و اقتصادی غیرمستقیم

◀ افزایش آگاهی عمومی:

- رویدادهای شدید (خسارت کل چین: ۸۹۶,۳۰۰ دلار) فشار برای کاهش انتشار را تشدید می‌کند.

◀ تغییر تقاضا:

- قیمت‌گذاری کربن تقاضای محصولات صنعتی را کاهش می‌دهد. (Chevron Phillips Chemical)

◀ تأثیرات منطقه‌ای:

- آتش‌سوزی‌های کانادا (۲۰۲۳): کاهش ۷/۳٪ تولید نفت و گاز (Reuters, 2023).

۳. گزینه های سیاستی مستخرج از تجارب

تغییرات اقلیمی، پدیده ای فراگیر و چندوجهی، با پیامدهای عمیق و گسترده بر ساختار و عملکرد بخش های مختلف اقتصادی، از جمله صنایع، سایه افکنده است. این اثرات نه تنها در قالب شوک های فیزیکی ناشی از رویدادهای شدید آب و هوایی نظیر خشکسالی های طولانی و به تبع آن تنش های شدید آبی، سیل های ویرانگر و افزایش دما بروز می یابند، بلکه در قالب ریسک های گذار ناشی از تلاش های جهانی برای حرکت به سوی اقتصاد کم کربن نیز نمود پیدا می کند. این ریسک های گذار، که عمدتاً از تغییرات در سیاست ها و مقررات زیست محیطی نشأت می گیرند، صنایع را با چالش های جدیدی در حوزه های هزینه های تولید، فناوری، رقابت پذیری و حتی ریسک های حقوقی و مالی مواجه ساخته اند. از این رو، تدوین و اجرای گزینه های سیاستی هوشمندانه و کارآمد، به منظور کاهش اثرات نامطلوب تغییرات اقلیمی بر صنایع و تسهیل گذار آن ها به سوی پایداری، از اهمیت استراتژیک برخوردار است. بخش پیش رو به بررسی طیف متنوعی از این گزینه های سیاستی می پردازد و بر رویکردهای مختلفی که دولت ها و نهادهای بین المللی در مواجهه با این چالش خطیر اتخاذ کرده اند؛ تاکید دارد. این بررسی، ضمن تبیین ابزارهای سیاستی کلیدی نظیر قیمت گذاری کربن، محدودیت های قانونی، حمایت های دولتی از فناوری های پاک و نقش نهادهای مالی، به ارزیابی اثربخشی و چالش های پیش روی هر یک از این گزینه ها نیز خواهد پرداخت، تا بستری برای درک عمیق تر و اتخاذ تصمیمات آگاهانه تر در مسیر مقابله با اثرات تغییر اقلیم بر صنایع فراهم آورد.

در مواجهه با تغییرات اقلیمی، بسیاری از دولت ها، به ویژه در کشورهای توسعه یافته، مجموعه ای از سیاست ها را با هدف کاهش کربن در بخش صنعت تدوین کرده اند که عمدتاً ذیل «ریسک های گذار» دسته بندی می شوند. یکی از مهم ترین این ابزارها، سیاست های قیمت گذاری کربن نظیر مالیات بر تولید کربن و سیستم های تجارت انتشار است که با افزایش هزینه های عملیاتی صنایع پراکنش مانند فولاد و سیمان، آن ها را به سمت کاهش آلایندهای سوق می دهد. تنوع در قیمت گذاری و پوشش انتشار گازهای گلخانه ای در کشورهای مختلف، به همراه سازوکارهایی مانند سازوکار حدی تعدیل کربن در اتحادیه اروپا، تلاش هایی برای مقابله با نشت کربن و تنظیم بازار جهانی صنایع پرکربن را نشان می دهد. همچنین، محدودیت های قانونی مانند ممنوعیت احداث پروژه های صنعتی در مناطق آلوده، حذف یارانه های ناکارآمد سوخت های فسیلی، تشدید مجوزها و مقررات زیست محیطی فشار مضاعفی بر صنایع وارد کرده اند.

۳-۱. توصیه های سیاستی برای مدیریت ریسک های انتقالی اثرات اقتصادی تغییر اقلیم

در کنار این محدودیت ها، دولت ها با حمایت های مستقیم و غیرمستقیم، مسیر توسعه فناوری های کم کربن را هموار کرده اند؛ از جمله سرمایه گذاری در فولاد و بتن سبز، تشویق به استفاده از بیوپلاستیک و آمونیاک سبز، و تسهیل در تحقیق و توسعه نوآوری های صنعتی. این سیاست ها ضمن افزایش رقابت پذیری فناوری های پایدار، تهدیدی برای صنایع سنتی محسوب می شوند. در همین راستا، ریسک های حقوقی ناشی از نقض مقررات زیست محیطی و طرح دعاوی قضایی علیه صنایع آلاینده در حال افزایش است. در سطح مالی نیز، نهادهای مالی باید با تحلیل سناریوهای مختلف، اثرات سیاست های اقلیمی را در ارزیابی ریسک های سرمایه گذاری و برنامه های گذار مشتریان خود لحاظ کرده و به طور فعال در فرآیند گذار به اقتصاد کم کربن مشارکت داشته باشند. این تحولات، نیازمند پاسخ های راهبردی، نوآوری و تطبیق پذیری بالا از سوی صنایع و نهادهای مالی است. در ادامه گزینه های سیاستی در دو بخش ۱- ریسک های انتقالی و ۲- ریسک های فیزیکی ارائه می شود.

مدیریت ریسک های انتقالی مستلزم جمع آوری دقیق و جامع اطلاعات در مورد اثرات استانداردهای دولتی جدید (بهبود کارایی انرژی، محدودیت سوخت های فسیلی، کنترل آلودگی) بر دارایی های پرتقوی و همچنین ارزیابی سرعت حرکت مشتریان به سوی اقتصاد کم کربن، کم آبر و کم خطر از نظر ریسک مخاطرات محیطی همراه با تحلیل هزینه های انرژی، تقاضا و کارایی آن ها است.

بررسی دقیق اطلاعات افشاشده توسط مشتریان در گزارش های مالی، پایداری و اقلیمی در خصوص ریسک های انتقالی، شناسایی مشتریان درگیر در دعاوی حقوقی مرتبط با فعالیت های صنعتی و مسائل زیست محیطی، و تعیین تعداد مشتریان دارای برنامه های انتقال با در نظر گرفتن ملاحظات انتقال عادلانه (مانند بازآموزی کارگران)، از جمله اقدامات ضروری در این راستا است. اطمینان از دسترسی به داده های انتشار گازهای گلخانه ای مشتریان برای ارزیابی دقیق ردپای کربن آن ها نیز از اهمیت بالایی برخوردار است.



پس از جمع‌آوری اطلاعات، ارزیابی دقیق ریسک‌ها از طریق تحلیل سناریوهای انتقال در کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت، ارزیابی میزان مواجهه با مشتریان پریسک و شرایط مالی آن‌ها، مقایسه شدت انتشار گازهای گلخانه‌ای و هزینه تولید مشتریان با میانگین‌های صنعت و منطقه، و بررسی میزان سرمایه‌گذاری مشتریان در عملیات کم‌کربن و تحقیق و توسعه فناوری‌های پایدار، گام‌های کلیدی در این مرحله محسوب می‌شوند.

جدول ۵- توصیه‌های سیاستی برای مدیریت ریسک‌های انتقالی اثرات اقتصادی تغییر اقلیم

جزئیات	زیر مجموعه
بررسی تأثیر استانداردهای جدید دولتی (کارایی انرژی، محدودیت سوخت فسیلی، کنترل آلودگی/زباله) بر دارایی‌های پرتقوی. ارزیابی سرعت انتقال به اقتصاد کم‌کربن در پرتقوی و تحلیل هزینه‌های انرژی، تقاضا و کارایی. ارزیابی میزان مصرف آبی صنایع مختلف و نحوه تهیه آب توسط آنها بررسی اطلاعات افشاشده توسط مشتریان در گزارش‌های مالی، پایداری و اقلیمی درباره ریسک‌های انتقال. شناسایی مشتریان درگیر در دعاوی حقوقی مرتبط با فعالیت‌های صنعتی، آلودگی یا مسائل زیست‌محیطی. تعیین تعداد مشتریان دارای برنامه‌های انتقال و بررسی ملاحظات انتقال عادلانه (مانند بازآموزی کارگران). اطمینان از دسترسی به داده‌های انتشار گازهای گلخانه‌ای مشتریان برای ارزیابی ردپای کربن.	جمع‌آوری اطلاعات
تحلیل سناریوهای انتقال برای بررسی ریسک‌ها در کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت. ارزیابی میزان مواجهه با مشتریان پریسک و شرایط رابطه مالی (بدهی/سهام، مدت‌زمان). مقایسه شدت انتشار گازهای گلخانه‌ای مشتریان با میانگین‌های صنعت و منطقه. تحلیل هزینه تولید مشتریان و مقایسه با میانگین‌های صنعت و منطقه. بررسی میزان سرمایه‌گذاری مشتریان در عملیات کم‌کربن و تحقیق و توسعه فناوری‌های پایدار.	ارزیابی ریسک‌ها
اطمینان از آگاهی مدیران ارشد از ریسک‌های انتقال مشتریان. حمایت از مشتریان برای انتقال به اقتصاد کم‌کربن و پشتیبانی از تلاش‌های انتقال عادلانه. تعیین تأثیر ریسک‌های شناسایی‌شده بر استراتژی در بخش صنعت. شناسایی تغییرات لازم در شیوه‌های مدیریت ریسک یا فعالیت‌های تجاری برای مدیریت ریسک‌های انتقال.	تعامل با مشتریان و به‌روزرسانی استراتژی

تعامل با مشتریان، به‌روزرسانی استراتژی و حمایت از گذار کم‌کربن

به منظور مدیریت موثر ریسک‌های انتقالی، تعامل فعال و آگاهانه با مشتریان و به‌روزرسانی مستمر استراتژی‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. اطمینان از آگاهی مدیران ارشد از ریسک‌های انتقالی مشتریان، حمایت از آن‌ها در مسیر انتقال به اقتصاد کم‌کربن و پشتیبانی از تلاش‌های انتقال عادلانه، تعیین تأثیر ریسک‌های شناسایی‌شده بر استراتژی‌های صنعتی، و شناسایی تغییرات لازم در شیوه‌های مدیریت ریسک و فعالیت‌های تجاری برای مدیریت این ریسک‌ها، از جمله اقدامات ضروری در این زمینه است. شناسایی آسیب‌پذیری‌های موجود در دارایی‌های سرمایه‌ای و مصرف انرژی مشتریان، با توجه به طراحی بلندمدت دارایی‌های صنعتی و آسیب‌پذیری عملیات انرژی بر در برابر نوسانات بازار و سیاست‌های دولتی، از دیگر جنبه‌های مهم مدیریت ریسک انتقالی است. حمایت از فناوری‌های کم‌کربن و افزایش کارایی منابع، از طریق ارزیابی پایداری برنامه‌های انتقال مشتریان با استفاده از چارچوب‌های معتبر، تمرکز بر بهینه‌سازی زنجیره تأمین و تولید انرژی تجدیدپذیر، و همکاری با تیم‌های ریسک اقلیمی برای اطمینان از انطباق سرمایه‌گذاری‌ها با تغییرات مقرراتی و فناوری، نقش کلیدی در تسهیل گذار به سوی اقتصاد کم‌کربن ایفا می‌کند. در نهایت، هم‌راستایی با هدف کم‌کربن صفر از طریق تعامل با مشتریان برای حمایت از انتقال کم‌کربن و کاهش انتشارات مالی‌شده، سرمایه‌گذاری در مدل‌های عملیاتی کم‌کربن و اولویت‌دهی به مدیریت زیست‌محیطی و اجتماعی، از جمله اقدامات بنیادین برای مدیریت جامع ریسک‌های انتقالی و دستیابی به اهداف پایداری بلندمدت محسوب می‌شوند.

جدول ۶- خلاصه توصیه های سیاستی برای مدیریت ریسک های انتقالی

زیر مجموعه	جزئیات
شناسایی آسیب پذیری ها در دارایی های سرمایه ای و مصرف انرژی	دارایی های صنعتی به دلیل سرمایه بر بودن برای دهه ها طراحی شده اند؛ تغییرات در مقررات، فناوری یا تقاضا می تواند باعث تعطیلی زود هنگام و زیان های مالی شود.
	عملیات صنعتی به دلیل انرژی بر بودن در برابر نوسانات بازار انرژی (مانند بحران ۲۰۲۲) آسیب پذیر هستند.
	سیاست های دولتی (مالیات کربن، استانداردهای کارایی) می توانند سودآوری را کاهش دهند، به ویژه در زیربخش های کربن بر (مانند فولاد، سیمان).
حمایت از فناوری های کم کربن و کارایی	مؤسسات مالی باید ریسک های دارایی های بزرگ و آسیب پذیری مشتریان به هزینه های انرژی را ارزیابی کنند.
	شرکت های پیشرو برنامه های انتقال با سرمایه گذاری در انرژی تجدیدپذیر، فولاد سبز، آمونیاک سبز و بیوتن توسعه داده اند.
	مؤسسات مالی باید با استفاده از چارچوب های CDP یا TCFD پایداری برنامه های انتقال مشتریان را ارزیابی کنند.
	تمرکز بر کارایی منابع، بهینه سازی زنجیره تأمین و تولید انرژی تجدیدپذیر برای آینده نگری سرمایه گذاری ها. همکاری با تیم های ریسک اقلیمی برای اطمینان از انطباق سرمایه گذاری ها با تغییرات مقرراتی و فناوری.
هم راستایی با هدف کربن صفر	تعامل با مشتریان برای حمایت از انتقال کم کربن، اما تکمیل آن با استراتژی کاهش انتشارات مالی شده.
	بسیاری از مؤسسات به کربن صفر تا ۲۰۵۰ متعهد شده اند و به اتحادیه های مانند Net-Zero Banking Alliance پیوسته اند.
	تعهد کربن صفر شامل ارزیابی انتشارات پایه، تعیین اهداف علمی برای پرتفوی و بخش صنعت، و تدوین استراتژی های جامع است.
	برنامه های انتقال شفاف برای نشان دادن تعهد به کربن صفر و کاهش ریسک های انتقال به ذینفعان.
سرمایه گذاری در مدل های عملیاتی کم کربن	انتقال به منابع انرژی کم کربن، سرمایه گذاری در کارایی و توسعه فرآیندهای کم انتشار.
	نیاز به سرمایه گذاری در دارایی های سرمایه ای و سیستم های تحقیق و توسعه برای منابع انرژی کم کربن.
	نتایج شامل کاهش شدت انتشارات و افزایش سهم مصرف انرژی تجدیدپذیر.
	تدوین برنامه های انتقال برای تشریح مسیر به عملیات کم کربن و تکامل بخش های مختلف کسب و کار.
مدیریت زیست محیطی و اجتماعی	اولویت دهی به مدیریت زیست محیطی و اجتماعی به دلیل مشکلات تاریخی و جاری صنعت (آلودگی هوا، نشت مواد خطرناک).
	ترویج راه حل های بدون زباله برای کاهش آلودگی و حفاظت از اکوسیستم های مجاور.
	استفاده از راه حل های مبتنی بر طبیعت (تالاب ها برای حفاظت از سیل، پوشش درختی برای کاهش هزینه های گرمایش / سرمایش).
	طراحی ساخت و سازهای جدید برای بهبود معیشت جوامع و ایجاد منافع اجتماعی.

۲-۳. گزینه‌های سیاستی برای مدیریت ریسک‌های فیزیکی ناشی از اثرات اقتصادی تغییر اقلیم

ریسک‌های فیزیکی ناشی از تغییرات اقلیمی، شامل رویدادهای شدید آب و هوایی مانند سیل، خشکسالی، طوفان، آتش‌سوزی و افزایش دما، تأثیرات مخربی بر صنایع دارند. این تأثیرات می‌توانند منجر به اختلال در زنجیره تامین، آسیب به زیرساخت‌ها و دارایی‌ها، کاهش بهره‌وری، افزایش هزینه‌های عملیاتی و بیمه، و حتی توقف کامل فعالیت‌های صنعتی شوند. برای مثال، صنایع کشاورزی و غذایی به شدت در معرض خطر خشکسالی و تغییر الگوهای بارندگی قرار دارند، در حالی که صنایع با زیرساخت‌های ساحلی یا واقع در مناطق مستعد سیل، با تهدید مستقیم افزایش سطح دریا و سیلاب مواجه هستند. صنایع انرژی نیز در معرض خطراتی نظیر طوفان‌های شدید که می‌توانند به تاسیسات تولید و انتقال آسیب برسانند، قرار دارند. این ریسک‌های فیزیکی نه تنها عملکرد و سودآوری صنایع را تهدید می‌کنند، بلکه می‌توانند ثبات اقتصادی مناطق و کشورها را نیز به خطر اندازند. بنابراین، اتخاذ رویکردهای سیاستی فعالانه و هدفمند برای مدیریت و کاهش این ریسک‌ها از اهمیت حیاتی برخوردار است. دولت‌ها و نهادهای سیاست‌گذار نقش حیاتی در مدیریت ریسک‌های فیزیکی ناشی از تغییرات اقلیمی بر صنایع دارند. این نقش از طریق تسهیل دسترسی به اطلاعات دقیق، تنظیم چارچوب‌های بیمه‌ای و تاب‌آوری، و تشویق اقدامات سازگاری و کاهش اثرات، محقق می‌شود.

در حوزه توصیه‌های مدیریت ریسک، سیاست‌ها می‌توانند بر موارد زیر تمرکز کنند:

◀ **توسعه و انتشار داده‌های مکانی دقیق و قابل دسترس:** دولت‌ها می‌توانند با سرمایه‌گذاری در جمع‌آوری و انتشار داده‌های دقیق مکانی در مورد دارایی‌ها و خطرات فیزیکی بالقوه (مانند نقشه‌های پهنه‌بندی سیل، داده‌های مربوط به دما و بارش با تفکیک مکانی بالا) به موسسات مالی و صنایع کمک کنند تا ارزیابی دقیق‌تری از ریسک‌ها داشته باشند. همچنین، تسهیل دسترسی به ابزارهای تحلیل سناریوهای اقلیمی می‌تواند در برنامه‌ریزی بلندمدت موثر باشد.

◀ **تقویت چارچوب‌های بیمه‌ای و تاب‌آوری:** سیاست‌ها می‌توانند با هدف بهبود پوشش بیمه‌ای در برابر خطرات فیزیکی اقلیمی، از طریق تنظیم بازار بیمه، ارائه مشوق‌های بیمه‌ای برای صنایع آسیب‌پذیر، و توسعه راهکارهای بیمه اتکایی برای پوشش ریسک‌های سیستماتیک، عمل کنند. همچنین، تشویق و استانداردسازی برنامه‌های تاب‌آوری کسب‌وکار در صنایع مختلف از طریق ارائه راهنماها، مشوق‌ها و حتی الزامات قانونی می‌تواند به افزایش آمادگی در برابر اختلالات ناشی از رویدادهای شدید آب و هوایی کمک کند.

◀ **ادغام ملاحظات ریسک فیزیکی در ارزیابی‌های مالی:** سیاست‌گذاران می‌توانند نهادهای مالی را ملزم به در نظر گرفتن ریسک‌های فیزیکی اقلیمی در ارزیابی‌های مالی و اعتباری خود کنند. این امر می‌تواند از طریق وضع دستورالعمل‌ها، ارائه راهنماهای ارزیابی ریسک و تشویق به استفاده از تحلیل سناریوهای اقلیمی در فرآیندهای تصمیم‌گیری مالی صورت پذیرد.

در زمینه اقدامات تطبیقی و کاهش‌ی مشتریان، سیاست‌ها می‌توانند مشوق‌ها و چارچوب‌هایی را برای موارد زیر ایجاد کنند:

◀ **توسعه و اجرای برنامه‌های تاب‌آوری:** دولت‌ها می‌توانند با ارائه مشوق‌های مالی و فنی، تدوین استانداردها و راهنماها، و تسهیل تبادل دانش و تجربیات، صنایع را به توسعه و اجرای برنامه‌های جامع تاب‌آوری و تطبیق با تغییرات اقلیمی تشویق کنند. این برنامه‌ها باید شامل ارزیابی ریسک‌ها، شناسایی آسیب‌پذیری‌ها، و تدوین اقدامات مشخص برای کاهش اثرات خطرات اقلیمی باشند.

◀ **سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های آماده برای آب و هوا:** سیاست‌ها می‌توانند از طریق ارائه تسهیلات مالی، مشوق‌های مالیاتی و تدوین استانداردهای ساختمانی و زیرساختی مقاوم در برابر خطرات اقلیمی، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های جدید و مقاوم‌سازی زیرساخت‌های موجود را تشویق کنند. همچنین، حمایت از پروژه‌هایی که ضمن افزایش تاب‌آوری، مزایای زیست‌محیطی مشترک نیز ارائه می‌دهند (مانند راهکارهای مبتنی بر طبیعت)، می‌تواند در اولویت قرار گیرد.

◀ **ترویج ابزارهای مالی نوآورانه:** دولت‌ها می‌توانند با حمایت از توسعه و انتشار ابزارهای مالی نوآورانه (مانند اوراق قرضه سبز با هدف تاب‌آوری، بیمه‌های پارامتری مبتنی بر شاخص‌های آب و هوایی) که شرکت‌های تاب‌آور و سرمایه‌گذاری‌های سازگار با اقلیم را پاداش می‌دهند، به تسریع اقدامات تطبیقی در بخش صنعت کمک کنند.

◀ **به طور خلاصه، مدیریت ریسک‌های فیزیکی ناشی از تغییرات اقلیمی بر صنایع نیازمند رویکردی جامع و چندجانبه است که در آن دولت‌ها با تسهیل دسترسی به اطلاعات، تنظیم چارچوب‌های حمایتی و تشویقی، و ادغام ملاحظات اقلیمی در سیاست‌های مالی و توسعه‌ای، نقش کلیدی ایفا می‌کنند. این اقدامات به صنایع کمک خواهد کرد تا با آگاهی بیشتر از ریسک‌ها، آمادگی لازم برای مقابله با اثرات تغییرات اقلیمی را کسب کرده و در مسیر پایداری حرکت کنند.**

جدول ۷- خلاصه توصیه های سیاستی برای مدیریت ریسک فیزیکی

دسته بندی	اقدامات کلیدی	توضیحات خلاصه
توصیه های مدیریت ریسک	۱. استفاده از داده های مکانی دقیق برای شناسایی خطرات فیزیکی	- دسترسی موسسات مالی به داده های سطح دارایی (نوع، عمر، ظرفیت، موقعیت، قیمت، تاب آوری) -
		- لزوم شناخت دارایی های سرمایه ای مشتریان صنعتی (مکان، خطرات، پوشش بیمه، عوامل کاهنده/تشدید کننده)
		- انجام تحلیل دوره ای دارایی ها و نظارت مستمر بر بزرگی و تغییرات ریسک- ترکیب اطلاعات دارایی با عوامل کاهنده/تشدید کننده و انجام تحلیل سناریو.
	۲. درک پوشش بیمه و بررسی برنامه های تاب آوری	- بررسی گزارش های مشتریان در مورد ریسک های فیزیکی و تاب آوری- درخواست اطلاعات در مورد اقدامات تطبیقی برای دارایی ها و مشتری به طور کلی
		- مقایسه برنامه ها با برنامه های ملی تطبیق و سایر پیشنهادات- آشنایی با بازارهای بیمه و میزان پوشش دارایی ها-
		آگاهی از تحولات بازار بیمه و شناسایی خطرات عدم بیمه پذیری
اقدامات تطبیقی و کاهش مشتریان	۱. برنامه ریزی تاب آوری	- توجه به ارتباط پوشش بیمه با سیاست های دولتی.
		- توسعه برنامه های تاب آوری و تطبیق برای سایت های مهم و زنجیره های تامین
		- ارزیابی ریسک های آب و هوایی فعلی و آسیب پذیری های دارایی- بررسی سناریوهای مختلف آب و هوایی و تغییرات ریسک در طول زمان
		- ایجاد رویه های پاسخگویی به اختلالات عرضه و مصرف
	۲. زیرساخت های آماده برای آب و هوا	- تمرکز بر توسعه زیرساخت های سبز و پرداخت برای خدمات اکوسیستم- تقویت هم افزایی بین اقدامات تطبیقی و مسائل زیست محیطی.
		- سرمایه گذاری در دارایی های مقاوم در برابر خطرات آب و هوایی، اعمال استانداردهای ساختمانی مناسب برای شرایط فعلی و آینده در برنامه ریزی دارایی های جدید
		- در نظر گرفتن مقاومت سازی و دفاع های آب و هوایی برای زیرساخت های موجود
		- اولویت دهی به سرمایه گذاری هایی با مزایای زیست محیطی مشترک (مانند احیای جنگل های مانگرو و تالاب ها)
		- ترویج ابزارهای مالی برای پاداش دادن به شرکت های تاب آور.



۴. گزینه های سیاستی سازگاری صنایع کلیدی استان یزد با تغییر اقلیم

استان یزد به دلیل اقلیم خشک، کمبود منابع آبی، و وابستگی صنایع به انرژی و آب، با چالش های جدی ناشی از تغییرات اقلیمی مواجه است. این توصیه ها با هدف کاهش ریسک های فیزیکی و انتقالی، تقویت تاب آوری صنایع، و هم راستایی با اهداف توسعه پایدار ارائه شده اند. این سیاست ها از تجارب موفق جهانی (مانند اتحادیه اروپا و استرالیا) و منطقه ای (مانند امارات متحده عربی و عمان) الهام گرفته شده اند.

۱-۴. مدیریت ریسک های انتقالی

ریسک های انتقالی ناشی از سیاست ها و مقررات جدید برای کاهش انتشار کربن، مانند مالیات کربن یا استانداردهای کارایی انرژی، می توانند هزینه های عملیاتی صنایع یزد را افزایش دهند. برای مدیریت این ریسک ها، سیاست های زیر پیشنهاد می شود:

(۱) جمع آوری و تحلیل داده های اقلیمی و صنعتی

اقدام: ایجاد یک پایگاه داده جامع استانی برای رصد انتشار گازهای گلخانه ای صنایع، مصرف انرژی، و میزان تطبیق با استانداردهای زیست محیطی.

تجربه مشابه: اتحادیه اروپا از طریق سیستم EU ETS (تجارت انتشار کربن) داده های دقیق انتشار صنایع را جمع آوری کرده و برای سیاست گذاری استفاده می کند.

جزئیات اجرایی:

- ◀ همکاری با سازمان محیط زیست و اتاق بازرگانی یزد برای گردآوری داده های سالانه از صنایع فولاد، کاشی، و نساجی.
- ◀ استفاده از ابزارهای دیجیتال برای تحلیل سناریوهای کوتاه مدت و بلندمدت انتقال به اقتصاد کم کربن.
- ◀ انتشار گزارش های شفاف برای آگاهی بخشی به صنایع و سرمایه گذاران.

(۲) حمایت از فناوری های کم کربن

اقدام: ارائه مشوق های مالی (مانند معافیت های مالیاتی و وام های کم بهره) برای سرمایه گذاری در فناوری های سبز مانند فولاد سبز و سیستم های بازیافت آب.

تجربه مشابه: استرالیا از طریق برنامه "Safeguard Mechanism" صنایع را به کاهش انتشار کربن تشویق کرده و حمایت های مالی برای فناوری های پاک ارائه می دهد.

جزئیات اجرایی:

- ◀ تخصیص بودجه استانی برای حمایت از پروژه های تحقیق و توسعه در زمینه کاشی های کم کربن و فرایندهای تولید نساجی پایدار.
- ◀ ایجاد مراکز نوآوری صنعتی در یزد برای انتقال دانش و فناوری های سبز.
- ◀ همکاری با دانشگاه های یزد برای توسعه فناوری های بومی سازگار با اقلیم.

(۳) تعامل با صنایع و آموزش

اقدام: برگزاری دوره های آموزشی برای مدیران صنایع در زمینه مدیریت ریسک های انتقالی و انتقال عادلانه (مانند بازآموزی کارگران).

تجربه مشابه: امارات متحده عربی با برنامه "Net Zero 2050" کارگاه های آموزشی برای صنایع برگزار کرده تا آن ها را با الزامات اقتصاد کم کربن آشنا کند.

جزئیات اجرایی:

- ◀ سازماندهی کارگاه‌های مشترک با اتاق بازرگانی و سازمان فنی و حرفه‌ای یزد.
- ◀ ترویج برنامه‌های انتقال عادلانه برای کارگران صنایع سنتی با آموزش مهارت‌های مرتبط با فناوری‌های سبز.
- ◀ ایجاد پلتفرم‌های دیجیتال برای تبادل تجربیات بین صنایع یزد و سایر مناطق.

۴) هم‌راستایی با هدف کربن صفر

اقدام: تدوین برنامه استانی برای رسیدن به کربن صفر تا سال ۲۰۵۰، با تمرکز بر صنایع پرمصرف انرژی.

تجربه مشابه: عمان با استراتژی Oman Vision 2040 برنامه‌های کاهش کربن را با توسعه صنعتی ادغام کرده است.

جزئیات اجرایی:

- ◀ الزام صنایع به ارائه گزارش‌های سالانه پایداری و برنامه‌های کاهش انتشار.
- ◀ پیوستن به اتحادیه‌های بین‌المللی مانند Net-Zero Banking Alliance برای جذب سرمایه‌گذاری‌های سبز.
- ◀ تشویق صنایع به استفاده از انرژی تجدیدپذیر (مانند نیروگاه‌های خورشیدی) با یارانه‌های هدفمند.

۲-۴. مدیریت ریسک‌های فیزیکی

ریسک‌های فیزیکی مانند خشکسالی، سیل خیزی، فرونشست زمین، افزایش دما، و طوفان‌های گرد و غبار، زنجیره تأمین، زیرساخت‌ها، و بهره‌وری صنایع یزد را تهدید می‌کنند. سیاست‌های زیر برای کاهش این ریسک‌ها پیشنهاد می‌شود:

۱) توسعه داده‌های مکانی و تحلیل ریسک

اقدام: ایجاد نقشه‌های ریسک اقلیمی با تمرکز بر مناطق صنعتی یزد برای شناسایی آسیب‌پذیری‌ها (مانند مناطق مستعد خشکسالی، سیل خیزی، فرونشست و طوفان گرد و غبار).

تجربه مشابه: استرالیا از سیستم‌های GIS برای نقشه‌برداری ریسک‌های اقلیمی در مناطق صنعتی استفاده کرده و داده‌ها را در اختیار صنایع قرار داده است.

جزئیات اجرایی:

- ◀ همکاری با سازمان هواشناسی و دانشگاه یزد برای تولید داده‌های مکانی با دقت بالا.
- ◀ ارائه ابزارهای تحلیل سناریو به صنایع برای ارزیابی ریسک‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت.
- ◀ انتشار داده‌ها در پلتفرم‌های عمومی برای دسترسی آسان صنایع و سرمایه‌گذاران.

۲) تقویت زیرساخت‌های مقاوم

اقدام: سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های مقاوم در برابر اقلیم، مانند سیستم‌های خنک‌کننده پیشرفته و بازسازی واحدهای صنعتی قدیمی.

تجربه مشابه: امارات متحده عربی با استانداردهای ساختمانی مقاوم در برابر گرما و طوفان، تاب‌آوری زیرساخت‌های صنعتی را افزایش داده است.

جزئیات اجرایی:

- ◀ تدوین استانداردهای ساختمانی جدید برای واحدهای صنعتی با تأکید بر مقاومت در برابر گرما و کم‌آبی.
- ◀ ارائه وام‌های کم‌بهره برای مقاوم‌سازی کارخانه‌های قدیمی در برابر طوفان‌های گرد و غبار.
- ◀ اجرای پروژه‌های مبتنی بر طبیعت، مانند ایجاد کمربندهای سبز اطراف مناطق صنعتی برای کاهش گرد و غبار.





۳) تقویت چارچوب‌های بیمه‌ای

اقدام: توسعه محصولات بیمه‌ای متناسب با ریسک‌های اقلیمی برای صنایع یزد، مانند بیمه‌های پارامتری برای خشکسالی.

تجربه مشابه: هند از بیمه‌های پارامتری برای حمایت از صنایع کشاورزی در برابر خشکسالی استفاده کرده است.

جزئیات اجرایی:

- ◀ همکاری با شرکت‌های بیمه برای طراحی محصولات متناسب با نیازهای صنایع یزد.
- ◀ ارائه مشوق‌های دولتی برای کاهش هزینه‌های بیمه صنایع کوچک و متوسط.
- ◀ ترویج بیمه اتکایی برای پوشش ریسک‌های سیستماتیک ناشی از رویدادهای شدید اقلیمی.

۴) ترویج برنامه‌های تاب‌آوری

اقدام: تشویق صنایع به تدوین برنامه‌های تاب‌آوری با تمرکز بر مدیریت منابع آب و انرژی و مخاطرات محیطی.

تجربه مشابه: عمان با برنامه‌های تاب‌آوری صنعتی، زنجیره تأمین را در برابر خشکسالی مقاوم کرده است.

جزئیات اجرایی:

- ◀ ارائه مشوق‌های مالی برای صنایعی که برنامه‌های جامع تاب‌آوری تدوین کنند.
- ◀ برگزاری کارگاه‌های آموزشی برای تدوین برنامه‌های مدیریت بحران اقلیمی.
- ◀ ترویج استفاده از سیستم‌های بازیافت آب و انرژی در صنایع کاشی و سرامیک.

۵) جایگزینی صنایع آب‌بر با فعالیتهای اقتصادی کم‌مصرف آبی کم

اقدام: ترویج جایگزینی صنایع آب‌بر با فعالیتهای اقتصادی کم‌مصرف آب که با شرایط اقلیمی، اجتماعی، جمعیتی و زیست‌محیطی یزد سازگار باشند.

تجربه مشابه: سنگاپور با موفقیت به سمت صنایع کم‌مصرف آب مانند الکترونیک و بیوتکنولوژی حرکت کرده و وابستگی به آب را کاهش داده، در حالی که رشد اقتصادی را تقویت کرده است.

جزئیات اجرایی:

- ◀ انجام مطالعات امکان‌سنجی برای شناسایی صنایع کم‌مصرف آب مانند الکترونیک، فناوری اطلاعات، داروسازی، گردشگری، صنایع دستی فرهنگی، انرژی‌های تجدیدپذیر (خورشیدی، بادی) و بازیافت، متناسب با شرایط یزد.
- ◀ ارائه مشوق‌های مالیاتی و یارانه برای کسب‌وکارهایی که در صنایع کم‌آب مانند انرژی خورشیدی و بازیافت سرمایه‌گذاری کنند.
- ◀ ایجاد مراکز نوآوری و برنامه‌های آموزشی برای انتقال نیروی کار به صنایع پایدار و پیشرفته مانند بیوتکنولوژی و فناوری اطلاعات.

۶) مکان‌یابی جدید صنایع به منظور کاهش آلودگی

اقدام: انتقال صنایع آلاینده از مجاورت مناطق مسکونی پرجمعیت به منظور کاهش خطرات بهداشتی و آلودگی زیست‌محیطی.

تجربه مشابه: برنامه‌های جابه‌جایی صنعتی کره جنوبی، مانند انتقال کارخانه‌های شیمیایی از مناطق شهری به مناطق صنعتی تعیین شده، آلودگی شهری و خطرات بهداشتی را کاهش داده است.

جزئیات اجرایی:

- ◀ انجام ارزیابی‌های زیست‌محیطی و بهداشتی برای شناسایی صنایع پرریسک در یزد، به‌ویژه آن‌هایی که در نزدیکی مناطق مسکونی یزد، میبد، اردکان، رضوان‌شهر و زارچ قرار دارند.
- ◀ توسعه مناطق صنعتی تعیین‌شده در نواحی کم‌ریسک و کم‌جمعیت با حداقل پراکندگی آلاینده‌ها توسط باد، با حمایت از سرمایه‌گذاری‌های زیرساختی.
- ◀ ارائه مشوق‌های مالی مانند وام‌های کم‌بهره و معافیت‌های مالیاتی به صنایعی که به مناطق جدید منتقل می‌شوند، همراه با استانداردهای سخت‌گیرانه انطباق زیست‌محیطی.

۷) توصیه‌های تکمیلی

- ◀ **ادغام سیاست‌ها در برنامه‌های توسعه استانی:** سیاست‌های اقلیمی باید در برنامه‌های توسعه اقتصادی یزد، مانند طرح‌های آمایش سرزمین، ادغام شوند.
- ◀ **تقویت همکاری‌های بین‌نهادی:** ایجاد کمیته‌ای متشکل از نمایندگان دولت، صنعت، و دانشگاه برای نظارت بر اجرای سیاست‌ها.
- ◀ **جذب سرمایه‌گذاری خارجی:** استفاده از ابزارهای مالی سبز، مانند اوراق قرضه سبز، برای تأمین مالی پروژه‌های پایدار صنعتی.
- ◀ **آموزش و فرهنگ‌سازی:** ترویج فرهنگ پایداری در میان کارگران و مدیران صنایع از طریق رسانه‌ها و برنامه‌های آموزشی.



- 1.S&P Global (2021). German steel outlets impacted by heavy rainfall, cold-roller Bilstein declares force majeure. July 2021. spglobal.com/commodityinsights/en/market-insights/latest-news/metals/071521-german-steel-outlets-impacted-by-heavy-rainfallcold-roller-bilstein-declares-force-majeure.
- 2.S&P Global (2022a). Forecasting how today's energy mix evolves into the energy mix of tomorrow. spglobal.com/commodityinsights/en/campaigns/energy-transition-service.
- 3.S&P Global (2022b). Singapore's carbon tax increase of up to 16-fold will make low carbon technologies and power imports cost competitive. 8 March. spglobal.com/commodityinsights/en/ci/research-analysis/singapores-carbon-tax-increase-of-up-to-16fold-will-make-low-carbon-competitive.html#:~:text=This%20aggressive%20increase%20in%20carbon,%2FMWh%20to%20%2422%2FMWh.
- 4.Climate Case Chart. (2023). Global climate litigation report: 2023 status review. Sabin Center for Climate Change Law.
- 5.United Nations Environment Programme. (2023). Global climate litigation report: 2023 status review. United Nations Environment Programme. <https://doi.org/10.59117/20.500.11822/43008>
- 6.CWP (ClimateWorks Foundation). (2021). Economic impacts of the 2019-2020 Australian wildfires on industrial infrastructure. ClimateWorks Foundation.
- 7.European Commission. (2020). A European green deal: Striving to be the first climate-neutral continent. European Commission. https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
- 8.European Commission. (2021). Carbon border adjustment mechanism (CBAM). European Commission. https://ec.europa.eu/taxation_customs/green-taxation-0/carbon-border-adjustment-mechanism_en
- 9.IEA (International Energy Agency). (2020a). China's emissions trading scheme: Design and implementation. International Energy Agency. <https://www.iea.org/reports/chinas-emissions-trading-scheme>
- 10.IEA (International Energy Agency). (2021). Ammonia technology roadmap. International Energy Agency. <https://www.iea.org/reports/ammonia-technology-roadmap>
- 11.IEA (International Energy Agency). (2022b). Energy technology perspectives 2022: Industry. International Energy Agency. <https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2022>
- 12.IEA (International Energy Agency). (2023). Cooling in a warming world: Energy demand and costs. International Energy Agency. <https://www.iea.org/reports/cooling>
- 13.IPCC, 2022: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., doi:10.1017/9781009325844.
- 14.Miller, S. A., Horvath, A., & Monteiro, P. J. M. (2018). Impacts of water scarcity on concrete production in the Middle East. *Nature Sustainability*, 1(6), 286–293. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0076-8>
- 15.Reuters. (2023). Canada wildfires disrupt oil and gas production. Reuters. <https://www.reuters.com/business/energy/canada-wildfires-disrupt-oil-gas-production-2023-05-10/>

16. SCMP (South China Morning Post). (2022). China's 2021 floods caused \$30 billion in industrial losses. South China Morning Post. <https://www.scmp.com/economy/china-economy/article/3191234/chinas-2021-floods-caused-30-billion-industrial-losses>
17. Schiefelbein, M. (2022). Economic impacts of the 2022 China drought on industrial production. <https://www.manufacturing.net/supply-chain/news/22392999/chinas-drought-disrupts-industry>
18. Stede, J., Pauliuk, S., & Neuhoff, K. (2021). Carbon pricing and its impact on cement production costs. *Energy Policy*, 157, 112485.
19. WEF (World Economic Forum). (2022a). Net-zero industry tracker 2022. World Economic Forum. https://www3.weforum.org/docs/WEF_NetZero_Industry_Tracker_2022_Edition.pdf
20. WEF (World Economic Forum). (2022b). Advancing low-carbon technologies for industrial decarbonization. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/publications/advancing-low-carbon-technologies/>
21. WEF (World Economic Forum). (2023). Global risks report 2023. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/publications/global-risks-report-2023/>
22. WRI (World Resources Institute). (2020). Aqueduct water risk atlas: Industrial exposure to water stress. World Resources Institute. https://www.wri.org/applications/aqueduct/water-risk-atlas/#/?advanced=false&base-map=hydro&indicator=w_awr_def_tot_cat&lat=30&lng=-80&mapMode=view&month=1&opacity=0.5&ponderation=DEF&predefined=false&projection=absolute&scenario=optimistic&scope=baseline&threshold&timeScale=annual&year=baseline&zoom=3
23. Chevron Phillips Chemical. (2022). 2022 climate risk report. <https://www.cpchem.com/sustainability/reports>
24. United Nations Environment Programme Finance Initiative (UNEP FI). (2023, April). Climate risks in the industrials sector: Sectoral risk briefings – Insights for financial institutions. <https://www.unepfi.org/publications/climate-risks-in-the-industrials-sector/>
25. Maplecroft. (2020, February 27). China's manufacturing heartland most at risk from rising seas. *Environmental Risk Outlook 2020*. <https://www.maplecroft.com/insights/analysis/chinas-manufacturing-heartland-most-at-risk-from-rising-seas/>
26. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2015). The economic consequences of climate change. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264235410-en>
27. Kotz, M., Levermann, A., & Wenz, L. (2024). The economic commitment of climate change. *Nature*, 629(8012), 301–308. <https://doi.org/10.1038/s41586-024-07219-0>
28. Fernando, R., Liu, W., & McKibbin, W. J. (2021, March 27). Global economic impacts of climate shocks, climate policy and changes in climate risk assessment. Brookings Institution. <https://www.brookings.edu/articles/global-economic-impacts-of-climate-shocks-climate-policy-and-changes-in-climate-risk-assessment/>