

The Role of Emerging Technologies in Countering Military and Security Threats of Climate Change

Dr. Ali Hanafi¹

5

Year 3
Spring 1405

Research paper

:Date received
1405/01/27
:Date accepted
1405/02/16
Pages: 75-98

Abstract

Background: Due to its specific geopolitical location, the Islamic Republic of Iran is facing an increasing concentration of interconnected modern threats that require a fundamental redefinition of traditional security doctrines. This research is conducted in the context of the fact that increasing urban development (especially in metropolises), the intensity of natural hazards caused by climate change and geological subsidence, and the increasing dependence on risky technological infrastructure are emerging threats that severely challenge security survival at the national and micro levels. This, which can be seen as an objective crystallization of the gradual erosion of security structures in the face of multifaceted threats, turns ignoring preventive solutions into a direct factor in reducing national security. location in the volatile Middle East, climate change can directly impact national stability, military missions, and border security. Adverse weather conditions can damage training programs, supply chains, and critical equipment. Drought, fire, and high temperatures can affect many training activities, and the supply chain may be affected. Climate change has broad military and security implications. Most climate models that simulate future climate conditions point to a more critical scenario. So far, human activities have caused about 1°C of global warming above pre-industrial levels, and if current emissions rates continue, global temperatures are likely to rise by 1.5°C by 2030–2050. This article reviews the main climate change mitigation strategies, e.g., conventional mitigation, capture technologies, Negative and radioactive vibration engineering. Conventional mitigation technologies focus on reducing fossil-based CO₂ emissions. Negative capture technologies seek to capture and store atmospheric carbon to reduce carbon dioxide levels. Finally, radioactive vibration engineering techniques make changes to the Earth's radiative energy budget in order to stabilize or reduce global temperatures. It is clear that conventional mitigation measures alone are not sufficient to achieve the goals set by the Paris Agreement; therefore, the use of alternative pathways seems essential.

Keywords: climate change mitigation, negative carbon emission technologies, climate and security threats, climate change.

1. Associate Professor of Climatology, Department of Geography, Imam Ali University, Tehran, Iran.

دور التقنيات الناشئة في مواجهة التهديدات العسكرية والأمنية لتغير المناخ

على حنفى^١

ملخص

يُعدّ تغير المناخ، بوصفه أحد أكبر تحديات القرن الحادى والعشرين، تهديدًا متعدد الأبعاد للأمن البيئى والاقتصادى، بل وحتى العسكرى للدول. وتواجه إيران أيضًا الجفاف والعواصف الرملية ونضوب موارد المياه والاحترار الشديد. فى ظل هذه الظروف، يمكن أن تكون التقنيات الناشئة أداة فعالة لرصد آثار تغير المناخ والوقاية منها وإدارتها والتكيف معها. لم يعد تغير المناخ مجرد قضية بيئية فحسب، بل أصبح يُعرف أيضًا بأنه تهديد أمنى متعدد الأبعاد. فى إيران، ونظرًا لموقعها الجغرافى القاحل، ومواردها المائية المحدودة، وموقعها فى منطقة الشرق الأوسط المضطربة، يُمكن أن يُؤثر تغير المناخ بشكل مباشر على الاستقرار الوطنى، والعمليات العسكرية، وأمن الحدود. فقد تُلحق الظروف الجوية السيئة أضرارًا ببرامج التدريب، وسلاسل الإمداد، والمعدات الحيوية. كما يُمكن أن يُؤثر الجفاف والحرائق وارتفاع درجات الحرارة على العديد من الأنشطة التدريبية، وقد تتأثر سلاسل الإمداد. ولتغير المناخ تداعيات عسكرية وأمنية واسعة النطاق. تشير معظم نماذج المناخ التى تحاكي الظروف المناخية المستقبلية إلى سيناريو أكثر خطورة. حتى الآن، تسببت الأنشطة البشرية فى ارتفاع درجة حرارة الأرض بنحو درجة مئوية واحدة فوق مستويات ما قبل الثورة الصناعية، وإذا استمرت معدلات الانبعاثات الحالية، فمن المرجح أن ترتفع درجات الحرارة العالمية بمقدار ١.٥ درجة مئوية بحلول عامى ٢٠٣٠-٢٠٥٠. تستعرض هذه المقالة استراتيجيات التخفيف الرئيسية لتغير المناخ، مثل التخفيف التقليدى وتقنيات احتجاز الكربون. الهندسة الاهتزازية السلبية والإشعاعية. تركز تقنيات التخفيف التقليدية على خفض انبعاثات ثانى أكسيد الكربون الناتجة عن الوقود الأحفورى. وتسعى تقنيات الاحتجاز السلبى إلى احتجاز وتخزين الكربون الجوى لخفض مستويات ثانى أكسيد الكربون. وأخيرًا، تُجرى تقنيات الهندسة الاهتزازية الإشعاعية تغييرات على ميزانية الطاقة الإشعاعية للأرض بهدف تثبيت أو خفض درجات الحرارة العالمية. من الواضح أن تدابير التخفيف التقليدية وحدها لا تكفى لتحقيق الأهداف التى حددها اتفاق باريس؛ لذا، يبدو استخدام مسارات بديلة أمرًا ضروريًا.

الكلمات المفتاحية: التخفيف من آثار تغير المناخ، تقنيات خفض انبعاثات الكربون، التهديدات المناخية والأمنية، تغير المناخ.

السنة الرابعة و
خامسة
الربيع ١٤٠٥

ورقة بحثية

تاريخ الاستلام:
١٤٠٥/٠١/٢٧

تاريخ القبول:
١٤٠٥/٠٢/١٦

الصفحات: ٩٨-٧٥

نقش فناوری‌های نوظهور در مقابله با تهدیدات نظامی و امنیتی تغییر اقلیم

دکتر علی حنفی^۱

چکیده

تغییر اقلیم به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های قرن ۲۱، تهدیدی چندبعدی برای امنیت زیست‌محیطی، اقتصادی و حتی نظامی کشورهاست. ایران نیز با خشکسالی، طوفان‌های گرد و غبار، کاهش منابع آب و گرمایش شدید مواجه است. در چنین شرایطی، فناوری‌های نوظهور (Emerging Technologies) می‌تواند ابزاری مؤثر برای پیش، پیشگیری، مدیریت و سازگاری با پیامدهای اقلیمی باشند. تغییر اقلیم، دیگر صرفاً یک مسئله زیست‌محیطی نیست؛ بلکه به‌عنوان یک تهدید امنیتی چندبعدی (Multi-dimensional Security Threat) شناخته می‌شود. در ایران، با توجه به موقعیت جغرافیایی خشک، منابع محدود آب، و قرارگیری در منطقه‌ی ناپایدار خاورمیانه، تغییر اقلیم می‌تواند بر ثبات ملی، مأموریت‌های نظامی، و امنیت مرزها تأثیر مستقیم بگذارد. شرایط آب و هوایی نامطلوب می‌تواند به برنامه‌های آموزشی، زنجیره‌های آمادی و تجهیزات مهم آسیب برساند. خشکسالی، آتش سوزی و دمای بالای هوا می‌تواند بسیاری از فعالیتهای آموزشی را تحت تأثیر قرار دهد و زنجیره آمادی ممکن است تحت تأثیر قرار بگیرد. تغییرات اقلیمی تبعات و پیامدهای نظامی و امنیتی گسترده‌ای را به همراه دارد. در اکثر مدل‌های اقلیمی که شرایط اقلیمی آینده را شبیه‌سازی می‌کنند به بحرانی‌تر شدن شرایط اشاره دارد تاکنون، فعالیت‌های انسانی حدود ۱ درجه سانتی‌گراد افزایش دمای جهانی را نسبت به سطح پیش از صنعتی ایجاد کرده‌اند و اگر نرخ فعلی انتشارات ادامه یابد، احتمالاً تا سال‌های ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ دمای جهانی به ۱.۵ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت. این مقاله به بررسی استراتژی‌های اصلی کاهش تغییرات آب و هوا می‌پردازد، به عنوان مثال، کاهش معمولی، فناوری‌های جذب منفی و مهندسی اترعاشات رادیواکتیو. فناوری‌های کاهش معمولی بر روی کاهش انتشار CO₂ مبتنی بر فسیلی‌ها تمرکز دارند. فناوری‌های جذب منفی به دنبال گرفتن و ذخیره‌سازی کربن جوی برای کاهش سطح دی‌اکسید کربن هستند. در نهایت، تکنیک‌های مهندسی اترعاشات رادیواکتیو برای تغییر بودجه انرژی تابشی زمین به منظور استحکام بخشی یا کاهش دمای جهانی تغییرات ایجاد می‌کنند. آشکار است که اقدامات کاهش معمولی به تنهایی برای دستیابی به اهداف تعیین شده توسط توافق پاریس کافی نیست؛ بنابراین، استفاده از مسیرهای جایگزین ضروری به نظر می‌رسد.

کلیدواژه‌ها: کاهش تغییرات آب و هوا، فن‌آوری‌های منفی انتشار کربن، تهدیدات اقلیمی و امنیتی، تغییر اقلیم.

5

سال سوم

بهار ۱۴۰۵

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:

۱۴۰۵/۰۱/۲۷

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۵/۰۲/۱۶

صص: ۷۵-۹۸

مقدمه

تغییرات آب و هوایی چالشی اساسی برای جامعه بشری و محیط طبیعی است. شهود نشان از نقش فعالیت‌های انسانی در افزایش دما در مقیاس‌های گوناگون زمانی و مکانی دارد (ایرینگ و همکاران، ۲۰۱۶). مطابق آخرین گزارش هیئت بین دول تغییرات اقلیمی (IPCC)، میانگین دمای جهانی تا پایان قرن حاضر ۱/۵ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت (آلن و همکاران، ۲۰۱۹). هرگونه تغییر در دمای هوا به تغییرات جدی در بودجه انرژی سطحی، تشدید چرخه هیدرولوژیکی، جریان تبخیز و تعرق، افزایش سطح آب دریاها و فرین‌های آب و هوایی منجر می‌شود و خطرهای ناشی از آن مشکلات مرتبط با سلامت عمومی را افزایش می‌دهد (زرین و داداشی، ۱۴۰۰). تغییر اقلیم یکی از ۱۵ چالش هزاره آینده جهان و یکی از هفت چالش اصلی ایران است. گرمایش جهانی ناشی از افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای و تغییر کاربری اراضی، موجب تغییر آشکاری در فراسنج‌های اقلیمی ایران شده است (زارعی و رضایان قیه‌باشی، ۱۴۰۰). گازهای گلخانه‌ای که به طور گسترده در ادبیات مورد بحث قرار می‌گیرند و توسط پروتکل کیوتو تعریف شده‌اند، شامل دی‌اکسید کربن (CO_2)، متان (CH_4)، اکسید نیتروژن (N_2O)، هیدروفلوروکربن‌ها (HFCs)، پرفلوروکربن‌ها (PFCs) و هگزاfluorید سولفور (SF_6) هستند (UNFCCC, 2008). درک اثرات شدید تغییرات آب و هوا بر سیستم‌های طبیعی و انسانی، همچنین خطرات و آسیب‌پذیری‌های مرتبط، نقطه شروع مهمی در درک وضعیت فعلی اضطراب آب و هوایی است. تغییرات در نشانگرهای آب و هوا، به ویژه دما، بارش، افزایش سطح دریا، اسیدی شدن اقیانوس‌ها و رخدادهای شدید آب و هوایی در یک گزارش اخیر از دبیرخانه تغییرات آب و هوایی سازمان ملل متحد (UNCCS) مورد توجه قرار گرفته‌اند. براساس مرکز تحقیقات اپیدمیولوژی بلایا، جهان در سال ۲۰۱۸ با ۳۱۵ حادثه بلایای طبیعی روبرو شد که اصلی‌ترین آن‌ها با آب و هوا ارتباط داشتند. این حوادث شامل ۱۶ حادثه خشکسالی، ۲۶ حادثه دمای فرین، ۱۲۷ حادثه سیلاب، ۱۳ حادثه بهمن، ۹۵ حادثه طوفان و ۱۰ حادثه آتش‌سوزی بود. تعداد افراد تحت تأثیر بلایای طبیعی در سال ۲۰۱۸، ۶۸.۵ میلیون نفر بود، که سیلاب‌ها، طوفان‌ها و خشکسالی‌ها ۹۴٪ از کل افراد تحت تأثیر را تشکیل می‌دهند. از نظر خسارات اقتصادی، در سال ۲۰۱۸، مجموعاً ۱۳۱.۷ میلیارد دلار به دلیل بلایای طبیعی از دست رفت، که توفان‌ها (۷۰.۸ میلیارد

دلار)، سیلاب‌ها (۱۹.۷ میلیارد دلار)، آتش‌سوزی‌های جنگلی (۲۲.۸ میلیارد دلار) و خشکسالی‌ها (۹.۷ میلیارد دلار) حدود ۹۳٪ از کل هزینه‌ها را تشکیل می‌دهند. خسارات اقتصادی مربوط به آتش‌سوزی‌های جنگلی در سال ۲۰۱۸ به تنهایی تقریباً برابر با خسارات تمام آتش‌سوزی‌های جنگلی در دهه گذشته است (CRED، ۲۰۱۹).

براساس ارزیابی دانشمندان پانل بین دولتی تغییر اقلیم سازمان ملل (IPCC) پیش بینی شده است غرب آسیا و شمال آفریقا هم‌اکنون در حال تبدیل شدن به منطقه‌ای خشک‌تر و گرم‌تر از آنچه تاکنون بوده است. افزایش دما و کمبود بارندگی و خشکسالی‌های متوالی در این منطقه شدت گرفته و تخمین زده شده تا سال ۲۰۵۰ میلادی ۸۰ تا صد میلیون نفر در معرض تنش شدید آبی قرار خواهند گرفت و منابع آب زیرزمینی با کاهش چشمگیری مواجه خواهد شد. علاوه بر این میزان تولید محصولات کشاورزی به دلیل کمبود منابع آب با کاهش چشمگیری مواجه خواهد شد. مطالعات نشان می‌دهد که تغییر اقلیم تا سال ۲۰۵۰ اثرات منفی روی عملکرد محصول زمین‌های زراعی در غرب آسیا و شمال آفریقا به‌جا خواهد گذاشت. تا سال ۲۰۵۰ تولید محصول برنج در این منطقه ۳۰ درصد، ذرت ۴۷ درصد و گندم با ۲۰ درصد کاهش مواجه خواهند شد. این در حالی است که انتظار می‌رود کالری مورد نیاز در این فاصله زمانی از ۲۸۴۶ به ۳۱۱۹ به ازای هر نفر در روز افزایش یابد که در صورت بروز تبعات تغییر اقلیم نه تنها ۵۰۰ کالری تأمین نخواهد شد که سقف کالری دریافتی ساکنان از میزان فعلی هم کمتر خواهد شد. در یک سناریوی بدون تغییر اقلیم پیش‌بینی شده شمار کودکان دچار سوء تغذیه در این منطقه از ۳/۵ میلیون نفر به یک میلیون نفر کاهش یابد اما تغییر اقلیم شمار این کودکان را تا سال ۲۰۵۰ عملاً به دو میلیون نفر خواهد رساند. از این‌رو برای مقابله با اثرات تغییرات اقلیم در تغذیه در منطقه شمال آفریقا و غرب آسیا لازم است هر ساله ۲۴۱ تا ۲۷۱ میلیون دلار سرمایه‌گذاری اضافی توسط کشورها صورت گیرد و بهتر است این هزینه‌ها صرف تحقیقات کشاورزی و مدیریت بهینه منابع آب شود (لیلیوید و همکاران^۱، ۲۰۱۲). بسیاری از فناوری‌های مرتبط با طیف گسترده‌ای از بخش‌های اقتصادی فرصت‌های قابل ملاحظه‌ای برای کاهش انتشارات و سازگاری با تغییرات آب و هوا ارائه می‌دهند. در عین حال، توسعه بیشتر و انتقال فناوری‌های جدید یا در حال حاضر ناموفق همچنین ضروری

^۱ Lelieveld and etal

است تا اهداف صفر کربنی به طور کامل دست یافته شود. بنابراین، توسعه و انتقال فناوری به طور موثر و شتاب زده امری کلیدی است، به همین دلیل این گزارش بر روی چه اقداماتی می تواند برای پیشبرد در این زمینه انجام شود، تمرکز دارد.

روش شناسی تحقیق

پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی است و با رویکرد توصیفی - سیستمی به دنبال تحلیل نقش فناوری های نوظهور در مقابله با تهدیدات نظامی و امنیتی تغییر اقلیم می باشد. مهمترین فناوری های مطرح شده عبارتند از: کاهش معمولی، فناوری های جذب منفی و مهندسی اترعاشات رادیواکتیو.

یافته های تحقیق

تهدیدات نظامی و امنیتی تغییر اقلیم

با وقوع تغییرات اقلیمی، بسیاری از فعالیتها و تصمیمات مرتبط با محیطهای عملیاتی، آمادگی نظامی، استقرار، سازگاری با محیط و طراحی و نگهداری زیرساختها را در آینده تحت تأثیر قرار خواهند گرفت، کشور ایران در کمربند خشک و نیمه خشک جهان قرار دارد و این مناطق بی از سایر اقلیم ها نسبت به تغییرات اقلیمی حساس بوده و آسیب پذیری است. شرایط آب وهوایی نامطلوب میتواند به برنامه های آموزشی، زنجیره های آمادی و تجهیزات مهم آسیب برساند. خشکسالی، آتش سوزی و دمای بالای هوا میتواند بسیاری از فعالیتهای آموزشی را تحت تأثیر قرار دهد و زنجیره آمادی ممکن است تحت تأثیر قرار بگیرد. جمهوری اسلامی ایران که یک واحد سیاسی فضایی در جنوب غرب آسیاست، بدون شک در آینده نزدیک با پیامدهای تغییر اقلیم که جهانی است، مواجه خواهد شد. تغییرات اقلیمی تبعات و پیامدهای نظامی و امنیتی گستردهای را به همراه دارد. عدم توجه به تبعات تغییرات اقلیمی میتواند ضربات جبران ناپذیری بر نیروهای مسلح، تجهیزات و ادوات همراهشان در موقعیتهای مختلف جغرافیایی تحمیل نماید. لیکن عدم رصد ابعاد ویرانگر تغییرات اقلیمی با دید آینده نگرانه فرایند تدوین طرحها و برنامه های عملیاتی از سوی فرماندهان و برنامه ریزان نظامی را با چالش های جدی مواجه خواهد کرد. در جدول (۱) به تأثیرات تغییر اقلیم در فعالیت های نظامی آینده پرداخته شده است.

جدول شماره (۱): تأثیرات تغییر اقلیم بر مأموریت های نظامی فناوری های نوظهور مقابله با تهدیدات اقلیمی
فناوی های معمول در کاهش انتشار دی اکسید کربن

نام عملیات	تأثیرات تغییر اقلیم بر مأموریت های نظامی
عملیات زمینی	افزایش دما و رطوبت موجب کاهش کارایی سربازان در عملیات های روزانه می شود. افزایش طوفان های گرد و غبار باعث کاهش دید افقی، اختلال در پرواز پهپادها و هواپیماهای نظامی و کاهش دقت سامانه های اپتیکی می گردد. کمبود منابع آب در مناطق بیابانی عملیات های طولانی را دشوار می کند. خطوط تدارکاتی زمینی در هنگام سیلاب های کوتاه مدت یا طوفان های ماسه ای قطع می شود.
زیرساخت ها و تجهیزات	گرما و رطوبت بالا باعث فرسایش سریع تر تجهیزات فلزی و الکترونیکی می شود. بالا آمدن سطح دریا در سواحل مکران تهدیدی برای پایگاه های دریایی، اسکله های نظامی و زیرساخت های لجستیکی ساحلی است. در مناطق مرزی مانند سراوان و میرجاوه، بی ثباتی اقلیمی موجب افزایش مهاجرت و قاچاق می شود که کنترل مرز را دشوارتر می کند. نیاز به انبارهای مقاوم در برابر رطوبت و خوردگی افزایش می یابد.
	نیاز به آموزش نظامیان در شرایط اقلیمی سخت تر (گرما، طوفان، کم آبی) افزایش می یابد. تمرکز بر توسعه پایگاه های سازگار با اقلیم (دارای سامانه های خنک کننده، انرژی خورشیدی و ذخیره آب) ضروری است. ضرورت استفاده از تجهیزات محافظتی، لباس های سبک، و سامانه های خنک کننده ضرورت تدوین برنامه های چرخش نیرو برای جلوگیری از گرمزدگی و کم آبی ضرورت آموزش نیروها برای عملیات در شرایط گرمای شدید و رطوبت بالا

امنیت منطقه‌ای	فشار اقلیمی بر منابع آب و معیشت محلی ممکن است باعث ناامنی اجتماعی و مهاجرت‌های مرزی شود.
	افزایش رقابت برای منابع آبی در مرزهای شرقی، به‌ویژه در حوضه هیرمند، جنبه‌های نظامی و سیاسی جدیدی پیدا می‌کند.

انتشارات مرتبط با انرژی، عامل اصلی افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای در جو هستند؛ بنابراین، فناوری‌ها و تلاش‌های کاهش معمولی باید بر روی هر دو طرف عرضه و تقاضای انرژی متمرکز داشته باشند. فناوری‌های معمول شامل بخش تأمین انرژی و صنعت و حمل و نقل و ساختمان‌ها در بخش تقاضا می‌باشد. در بخش تأمین انرژی، از طریق معرفی انرژی‌های تجدیدپذیر، انرژی اتمی، ذخیره‌سازی و ذخیره کربن و همچنین تعویض سوخت‌ها و در طرف عرضه به سوخت‌های کم کربن مانند گاز طبیعی و سوخت‌های تجدیدپذیر، می‌توان اشاره کرد. علاوه بر این، تلاش‌های کاهش در طرف تقاضا شامل بهره‌وری بالا و کاهش مصرف انرژی، به همراه تعویض سوخت از سوخت‌های مبتنی بر فسیلی به سوخت‌های تجدیدپذیر از فناوری‌های معمول اقلیمی می‌باشند.

بر اساس گزارش جدیدی در مورد وضعیت جهانی انرژی‌های تجدیدپذیر، در سال ۲۰۱۷، درصد انرژی تجدیدپذیر از کل مصرف نهایی انرژی به طور جهانی به ۱۸.۱٪ تخمین زده شده است. (REN21 2019) یک آرایه از فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر مدرن در ادبیات مورد بحث قرار می‌گیرد. مهم‌ترین فناوری‌ها شامل نیروی خورشیدی فتوولتائیک، نیروی خورشیدی متمرکز، نیروی حرارتی خورشیدی برای کاربردهای گرمایش و سرمایش، نیروی بادی در زمینی و دریایی، نیروی آبی، نیروی دریایی، نیروی زمین‌گرمای، نیروی بیومس و سوخت‌های زیستی. در زمینه تولید برق، تا سال ۲۰۱۸، انرژی‌های تجدیدپذیر حدود ۲۶.۲٪ از تولید برق جهان را تشکیل می‌دادند. نیروی آبی ۱۵.۸٪ را تشکیل می‌دهد، در حالی که سهم نیروی بادی ۵.۵٪، نیروی خورشیدی فتوولتائیک ۲.۴٪، بیوپاور ۲.۲٪ و نیروی زمین‌گرمایی، نیروی خورشیدی متمرکز و نیروی دریایی ۰.۴۶٪ از برق تولید شده را تأمین می‌کنند. (REN21 2019) در حالی که نیروی آبی در زمینه ظرفیت تولید و همچنین تولید برتری دارد، در دهه گذشته، افزایش قابل توجهی در ظرفیت تولید نیروی خورشیدی فتوولتائیک و نیروی بادی در زمین ایجاد شده است. تا پایان سال ۲۰۱۸، کل

ظرفیت نصب شده جهانی برای نیروی خورشیدی فتوولتائیک به مقدار ۵۰۵ گیگاوات افزایش یافته است. در مورد نیروی بادی، ظرفیت نصب شده جهانی در سال ۲۰۱۸ به مقدار ۵۹۱ گیگاوات ثبت شده است ظرفیت جهانی بیوپاور نیز در سال ۲۰۱۸ به میزان ۱۳۰ گیگاوات تخمین زده شده است. علاوه بر بخش تولید برق، انرژی های تجدیدپذیر می توانند در صنعت، حمل و نقل و بخش ساختمان نیز مورد استفاده قرار گیرند. انرژی خورشیدی فتوولتائیک و حرارتی به همراه تعویض سوخت های مصرفی صنعتی به سوخت های تجدیدپذیر مانند سوخت های زیستی جامد، مایع و گازی برای تولید ترکیبی حرارتی و برق، مثال هایی از تلاش های کاهش کربن از طریق انرژی های تجدیدپذیر هستند. ساختمان ها همچنین می توانند از فناوری های خورشیدی و مبتنی بر زیست توده برای نیازهای برق، گرمایش و سرمایش بهره برداری کنند. از دیدگاه بخش حمل و نقل، تعویض سوخت های مصرفی عامل تعیین کننده ای برای کاهش کربن در این بخش است. (سریواستاوا و همکاران ۲۰۲۰). انرژی های تجدیدپذیر متغیر مانند خورشید و باد، فناوری های کلیدی با پتانسیل کاهش قابل توجه کربن زایی هستند. یکی از چالش های فناوری ای اصلی مرتبط با طبیعت متقطع/متغیر در تولید برق است. این چالش توسط ادغام اینگونه فناوری ها با ذخیره سازی و همچنین فناوری های پایه مجدد تجدیدپذیر و شبکه حل شده است. سینسل و همکاران چهار حوزه چالش مشخص مرتبط با انرژی های تجدیدپذیر متغیر را مورد بررسی قرار می دهند، به عنوان مثال کیفیت، جریان، پایداری و تعادل. علاوه بر این، آن ها چندین راه حل را ارائه می دهند که عمدتاً بر پایداری و فناوری های شبکه برای سیستم های توزیع شده و متمرکز تمرکز دارند (سینسل و همکاران ۲۰۲۰).

نیروی اتمی

بر اساس گزارش جدیدی که توسط سازمان انرژی اتمی بین المللی (IAEA) تهیه شده است، تا سال ۲۰۱۸، ۴۵۰ نیروگاه انرژی اتمی با ظرفیت نصب شده جهانی کلی ۳۹۶.۴ گیگاوات در حال فعالیت بوده اند. پیش بینی می شود که تا سال ۲۰۳۰، افزایشی حدود ۳۰٪ در ظرفیت نصب شده ایجاد شود. در سناریوی پیش بینی موارد پایین، تخمین زده می شود که تا سال ۲۰۳۰ ممکن است یک کاهش ۱۰٪ بر اساس اعداد سال ۲۰۱۷ رخ دهد. در بلندمدت، پیش بینی می شود که ظرفیت جهانی ممکن است تا سال ۲۰۵۰ به ۷۴۸ گیگاوات برسد. پراوالی و همکاران بررسی جالبی از

وضعیت نیروی اتمی ارائه می‌دهند. این بررسی نقش مهمی که نیروی اتمی در تولید انرژی جهانی ایفا کرده است و همچنین پتانسیل کاهش کربن‌زایی در سیستم انرژی جهانی را نشان می‌دهد. این مطالعه برآوردی حدود ۱.۲-۲.۴ گیگاتون از انتشار CO₂ را که به طور جایگزین از نیروی اتمی جلوگیری می‌شود، سالانه ارائه می‌دهد، زیرا در غیر این صورت انرژی از سوخت و گاز طبیعی تولید می‌شد. مقاله توصیه می‌کند که برای تطابق با هدف ۲ درجه سلسله مراتبی معین شده توسط توافق پاریس، ظرفیت نیروگاه‌های اتمی باید تا سال ۲۰۵۰ به حدود ۹۳۰ گیگاوات افزایش یابد، با سرمایه‌گذاری کلی حدود ۴ تریلیون دلار (پراوالی و باندوک ۲۰۱۸).

گرفتن، ذخیره‌سازی و استفاده از کربن

گرفتن و ذخیره‌سازی کربن یک فناوری امیدبخش است که در ادبیات به عنوان یک رویکرد پتانسیل‌دار در کاهش کربن‌زایی برای بخش‌های تولید انرژی و صنعت مورد بحث قرار گرفته است. این فناوری شامل جدا کردن و گرفتن گازهای CO₂ از فرآیندهایی است که بر سوخت‌های فسیلی مانند زغال‌سنگ، نفت یا گاز تکیه دارند. دی اکسید کربن گرفته شده سپس به محفظه‌های زمین‌شناسی برای مدت‌های بسیار طولانی انتقال داده و ذخیره می‌شود. هدف اصلی کاهش سطوح انتشار در حالی است که از منابع فسیلی استفاده می‌شود. در ادبیات، سه فناوری گرفتن مورد بحث قرار می‌گیرند: گرمایش قبل از سوخت‌سوزی، گرمایش پس از سوخت‌سوزی و گرمایش اکسی-سوخت. هر فناوری فرآیند خاصی برای استخراج و گرفتن CO₂ دارد. با این حال، فناوری‌های گرفتن پس از سوخت‌سوزی مناسب‌ترین گزینه برای پروژه‌های بازسازی هستند و دارای پتانسیل کاربرد وسیعی هستند. هنگامی که CO₂ با موفقیت گرفته شده‌است، آن مایع شده و از طریق لوله‌های یا کشتی‌ها به مکان‌های مناسب ذخیره‌سازی انتقال داده می‌شود. بر اساس ادبیات، گزینه‌های ذخیره‌سازی شامل مخازن نفت و گاز خالی شده، لایه‌های زغال‌سنگ و منافذ زیرزمینی شوراب از آب نامصرف (وینکا و همکاران ۲۰۱۸).

فناوری‌های جذب منفی

شامل یک مجموعه جدید از فناوری‌ها و روش‌هایی است که به تازگی پیشنهاد شده‌اند. این تکنیک‌ها به طور پتانسیل برای به دست آوردن و ذخیره کربن از جو واکنش‌گرا هستند و به عنوان فناوری‌های امیسیون‌های منفی شناخته می‌شوند، همچنین به عنوان روش‌های حذف دی‌اکسید

کربن نیز معروفند (ریکه و همکاران ۲۰۱۷). اصلی ترین تکنیک های امیسیون های منفی که به طور گسترده در ادبیات بحث می شوند شامل کربن اسمپری بیوانرژی و ذخیره سازی، بایوچار، واکنش گرایی بهبود یافته، ذخیره و ذخیره سازی مستقیم هوا، کوددهی اقیانوس، افزایش قلیائیت اقیانوس، ذخیره سازی کربن خاک، افراشت و باز کردن باغچه ها و جنگل زایی، ساخت و بازسازی مرطوبات، و همچنین روش های دیگر استفاده و ذخیره سازی امیسیون های منفی مانند کربناسیون معدنی و استفاده از زیست جمع در ساخت و ساز (لارنس و همکاران ۲۰۱۸).

سرانجام، مسیر سوم بر پایه اصل تغییر توازن تابش زمین از طریق مدیریت تابش خورشیدی و زمینی می چرخد. چنین تکنیک هایی به عنوان فناوری های جیواینجینیرینگ نیروی تابشی شناخته می شوند و هدف اصلی آن کاهش یا استحکام دما است. بر خلاف فناوری های امیسیون های منفی، این کار بدون تغییر غلظت گازهای گلخانه ای در جو انجام می شود. اصلی ترین تکنیک های جیواینجینیرینگ نیروی تابشی که در ادبیات بحث می شوند، شامل تزریق اروزل های استراتوسفری، روشنایی آسمان دریایی، نازک کردن ابرهای سیرس، آینه های مبتنی بر فضا، روشن کردن بستر و انواع تکنیک های مدیریت تابش هستند. همه این تکنیک ها هنوز در مراحل نظری یا در مراحل آزمایشی ابتدایی قرار دارند و در ارتباط با استقرار عملی در مقیاس بزرگ، شامل ابهامات و ریسک های زیادی را دارند. در حال حاضر، تکنیک های جیواینجینیرینگ نیروی تابشی به چارچوب های سیاستی اضافه نشده اند (لارنس و همکاران ۲۰۱۸؛ لاکلی و همکاران ۲۰۱۹). بیشتر مسیرهای اقلیمی که توسط هیات بین المللی تغییرات اقلیمی (IPCC) مورد بررسی قرار گرفتند، شامل استفاده از فناوری های آمیزش منفی به همراه فناوری های معمول کاهش کربن برای ارزیابی امکانات دستیابی به اهداف مورد نیاز توافق پاریس بود. تنها دو فناوری آمیزش منفی تاکنون در ارزیابی های IPCC شامل گرفتن و ذخیره کربن از بیوانرژی و احیای جنگل ها و جنگل زدایی است. (IPCC 2018) گاسر و همکاران به طور تجربی پتانسیل انتقالات منفی مورد نیاز برای محدود کردن گرمایش جهانی به کمتر از ۲ درجه سانتیگراد را مورد بررسی قرار دادند. این تحلیل از یک مسیر بین المللی انجام شده است که احتمالاً تا نگه داشتن گرمایش در این سطح را دارد و بر اساس فرضیات کاهش معمولی سعی شده است تا تلاش های پتانسیل انتقالات منفی مورد نیاز را اندازه گیری کند. نتایج نشان داد که در حالت بهترین حالت، به این معنا که زیر

فرضیات بهترین درباره تلاش‌های کاهش معمولی، انتقالات منفی ۰.۵ تا ۳ گیگاتون کربن در سال و ۵۰ تا ۲۵۰ گیگاتون کربن ظرفیت ذخیره‌سازی مورد نیاز است. بر اساس یک حالت بدترین حالت، انتقالات منفی ۷ تا ۱۱ گیگاتون کربن در سال و ۱۰۰۰ تا ۱۶۰۰ گیگاتون کربن ظرفیت ذخیره‌سازی مورد نیاز است. (۱ گیگاتون کربن = ۳.۶۶۷ گیگاتون CO₂e) نتایج نشان می‌دهد که نیاز به انتقالات منفی بدون توجه به نرخ بسیار بالای تلاش‌های کاهش معمولی است. علاوه بر این، مطالعه نشان می‌دهد که فقط به انتقالات منفی برای دستیابی به هدف ۲ درجه سانتیگراد اعتماد نباید شود.

بایوانرژی با ذخیره‌سازی کربن

بایوانرژی با ذخیره‌سازی کربن، معروف به BECCS، یکی از فناوری‌های برجسته انتقالات منفی مورد بحث گسترده در ادبیات است. گروه کارشناسی بین‌المللی برای تغییرات اقلیمی (IPCC) به طور قابل توجهی بر بایوانرژی با ذخیره‌سازی کربن در ارزیابی‌های خود به عنوان یک مسیر پتانسیلی برای دستیابی به اهداف دمای اعتماد داشتند. (IPCC 2018) این فناوری به طور ساده یک ادغام از بایوانرژی و فناوری‌های ذخیره‌سازی کربن است که قبلاً بحث شده‌اند. اصل اساسی این فناوری بسیار مستقیم است. بیومس به صورت بیولوژیکی دی اکسید کربن جو را از طریق فتوسنتز در طول رشد جذب کرده، که سپس برای تولید انرژی از طریق سوخت‌سوزی مورد استفاده قرار می‌گیرد. گازهای دی اکسید کربن متولد شده در زمان سوخت‌سوزی سپس گرفته و در مخازن زمینی مناسب ذخیره می‌شوند. این فناوری می‌تواند غلظت گازهای گلخانه‌ای را با حذف دی اکسید کربن از جوامعها به طور قابل توجهی کاهش دهد. پتانسیل حذف دی اکسید کربن این فناوری در ادبیات متفاوت است؛ با این حال، یک ارزیابی محتاطانه انجام شده توسط فوس و همکاران یک محدوده تخمین زده شده از ۰.۵ تا ۵ گیگاتون دی اکسید کربن در سال تا سال ۲۰۵۰ ارائه می‌دهد. از نظر برآوردهای جهانی برای ظرفیت ذخیره‌سازی، ادبیات یک محدوده گسترده از ۲۰۰ تا ۵۰,۰۰۰ گیگاتون دی اکسید کربن ارائه می‌دهد. برآوردهای هزینه برای حذف دی اکسید کربن از طریق بایوانرژی با ذخیره‌سازی کربن در محدوده ۱۰۰ تا ۲۰۰ دلار بر تن دی اکسید کربن است. منابع تغذیه‌ای بیومس مورد استفاده برای این رویکرد می‌تواند یا محصولات کشاورزی یا جنگلی اختصاصی یا پسماندهای متنوع از منابع کشاورزی یا جنگلی باشد. علاوه بر

این، چنین منابع تغذیه ای می توانند یا به عنوان منابع تغذیه ای بیوماس اختصاصی استفاده شوند یا می توانند با سوخت های مبتنی بر فسیلی در نیروگاه های ترکیبی سوخت شوند. علاوه بر مسیر احتراق استاندارد، ادبیات نشان می دهد که دی اکسید کربن می تواند در برنامه های بیوماس غیر قدرتمند مانند در فرآیند تخمیر در تولید اتانول یا گازسازی پسماندهای حاصل از چوب، به عنوان مثال لیکور سیاه، در تولید خمیر چوب ذخیره شود.

ذخیره سازی کربن

ذخیره سازی کربن خاکی فرآیندی است که با تغییر روش های مدیریت زمین به منظور افزایش محتوای کربن در خاک، دی اکسید کربن جو را از طریق آن برداشت می کند. سطح غلظت کربن درون خاک توسط تعادل ورودی ها مانند زیاله ها، برگ افته، ریشه ها و کود، و از دست دادن کربن که از طریق تنفس است، تعیین می شود که عمدتاً توسط اختلالات خاک تحت تأثیر قرار می گیرد. روش هایی که ورودی ها را افزایش می دهند و/یا از دست دادن ها را کاهش می دهند، فرآیند ذخیره سازی کربن خاکی را محرک می کنند. روش های مختلف مدیریت زمین که انباشت کربن خاکی را ترویج می کنند در ادبیات مورد بحث قرار گرفته اند که شامل شدت و نوع چرخه ی کشاورزی، روش های کشت بدون تاشیه و حفظ تاشیه، مدیریت مواد غذایی، پوشش خاک و استفاده از باقیمانده های محصول و کود، درآوردن بایوکاربن، استفاده از کودهای آلی و مدیریت آب می باشند. علاوه بر این، تأثیر سیستم های کشت دائمی بر انباشت کربن خاکی در ادبیات به خوبی مستند است. آگوستینی و همکاران تأثیر سیستم های کشت دائمی علفی و چوبی بر کربن آلی خاک را بررسی کرده و افزایش سطوح کربن آلی خاک را برای محصولات علفی به میزان ۱۰۱۴-۱۸۸ تن کربن در هکتار در سال و برای محصولات چوبی به میزان ۰۶۳-۰۷۲ تن کربن در هکتار در سال تأیید کردند. گزارش شده است که این ارقام به طور قابل توجهی بیشتر از نیاز ذخیره سازی پیشنهادی (۰۲۵ تن کربن در هکتار در سال) برای تبدیل محصول به سوخت های زیستی و متعادل کردن کربن آن است.

جذب و ذخیره دی اکسید کربن از هوا

در ادبیات به این فناوری با نام جذب و ذخیره دی اکسید کربن از هوا (DACCS) اشاره می شود که به عنوان یک فناوری پتانسیل دار برای حذف مصنوعی دی اکسید کربن شناخته

می‌شود. اصل اساسی این فناوری استفاده از اتصال شیمیایی برای حذف دی‌اکسید کربن از هوا می‌باشد و سپس ذخیره آن در مخازن زمینی یا استفاده از آن برای اهداف دیگر مانند تولید مواد شیمیایی یا کربنات معدنی است. دی‌اکسید کربن از هوا توسط اجازه دادن به هوای محیط برای تماس با مواد شیمیایی موسوم به جاذب‌ها گرفته می‌شود. علاوه بر این، جاذب‌ها سپس با استفاده از گرما یا آب بازیابی می‌شوند تا دی‌اکسید کربن برای ذخیره یا استفاده آزاد شود. اصولاً دو روش وجود دارد که جاذب‌ها کار می‌کنند: ابتدا از طریق جذب، که در آن دی‌اکسید کربن در ماده جاذب حل می‌شود، معمولاً با استفاده از جاذب‌های مایع مانند هیدروکسید پتاسیم یا هیدروکسید سدیم؛ دوم از طریق جذب، که در آن دی‌اکسید کربن به جاذب چسبیده و آن را ذخیره می‌کند، معمولاً با استفاده از مواد جامد مانند آمین‌ها. هر دو فرآیند نیاز به انرژی حرارتی برای بازیابی جاذب و آزاد سازی دی‌اکسید کربن دارند؛ با این حال، مهم است به یاد داشت که در مسیر جذب، کمترین انرژی مورد نیاز است.

افزایش الکالینیته اقیانوس

در ادبیات به عنوان یک مسیر پتانسیلی برای جذب و ذخیره کربن غیر آلی در اقیانوس مورد بحث قرار گرفته است. اقیانوس هر ساله مقدار قابل توجهی از دی‌اکسید کربن جو را جذب می‌کند، اصولاً از طریق دو مسیر. اول، از طریق پخش دی‌اکسید کربن از جو به آب، براساس تفاوت فشار جزئی دی‌اکسید کربن بین جو و اقیانوس. دومین مسیر از طریق فتوسنتز فیتوپلانکتون است که قبلاً بحث شد. این بخش به طور اصلی بر جذب دی‌اکسید کربن اقیانوس از طریق پخش که توسط فشار جزئی دی‌اکسید کربن اقیانوسی کنترل می‌شود تمرکز دارد. هنگامی که دی‌اکسید کربن از جو به اقیانوس حرکت می‌کند، گاز با آب واکنش داده و اسید کربنیک را تشکیل می‌دهد، که به بیکربنات و یون‌های کربنات تجزیه می‌شود و کربنات‌های غیر آلی را ذخیره می‌کند. این واکنش همچنین یون‌های هیدروژن را آزاد می‌کند که اسیدیته اقیانوس را افزایش می‌دهد. در ادبیات بحث شده است که pH اقیانوس تأثیر قابل توجهی بر فشار جزئی دی‌اکسید کربن برای مقدار کربن غیر آلی دارد که مجموع آن در اسید کربنیک، کربنات و یون‌های بیکربنات است. افزایش الکالینیته اقیانوس می‌تواند با کاهش فشار جزئی سطحی اقیانوس، جذب بیشتری از دی‌اکسید کربن اقیانوس را ترویج دهد و باعث کاهش اسیدیته اقیانوس شود. هرچه

الکالینته بیشتر شود، مقدار بیشتری از اسید کربنیک به یون های بیکربنات و کربنات تبدیل می شود و مقادیر بیشتری از کربن به شکل غیر آلی ذخیره می شود.

جدول شماره (۲): فناوری های نوظهور اقلیمی

چالش های کلیدی	تأثیر بالقوه بر کاهش انتشار	سطح بلوغ فناوری	فناوری نوظهور	حوزه کاربرد
پایداری طولانی مدت، مقیاس پذیری تولید	بالا	تحقیق و توسعه (R&D) تا تجاری سازی اولیه	سلول های خورشیدی پروسکایتی (Perovskite PV)	انرژی پاک
هزینه های زیرساخت و نصب، فناوری نگهداری	بالا	تجاری سازی اولیه	توربین های بادی شناور (Floating Offshore Wind)	
ریسک های زمین شناسی، هزینه های حفاری بالا	متوسط تا بالا	نمایشی (Demonstration)	سیستم های زمین گرمایی بهبود یافته (EGS)	
مشکلات تولید انبوه، هزینه های فعلی بالا	بالا	تحقیق و توسعه تا نمایشی	باتری های حالت جامد (Solid-State)	ذخیره سازی انرژی
چگالی انرژی نسبتاً پایین، هزینه های اولیه	متوسط	نمایشی تا تجاری سازی اولیه	باتری های جریان (Flow Batteries)	
مصرف انرژی بسیار بالا، هزینه بر واحد کربن	بسیار بالا	نمایشی تا تجاری سازی اولیه	جذب مستقیم کربن از هوا (DAC)	جذب و حذف کربن
هزینه های سرمایه ای بالا، زیرساخت حمل و نقل CO ₂	بالا	تجاری سازی اولیه	جذب و ذخیره کربن (CCS) در صنایع	
هزینه تولید فعلی	بالا	تجاری سازی اولیه	هیدروژن سبز (از هیدروژن)	

پاک حمل و نقل	الکترولیز با برق (تجدیدپذیر)			بالا، زیرساخت‌های حمل و نقل و ذخیره
	هواپیماهای برقی/هیدروژنی	تحقیق و توسعه	بالا	چگالی انرژی باتری‌ها، ایمنی هیدروژن
	سوخت‌های هوایی پایدار (SAF)	تجاری‌سازی اولیه	بالا	هزینه تولید، محدودیت منابع زیست‌توده پایدار
کشاورزی و غذا	گوشت کشت‌شده (Cultivated Meat)	تجاری‌سازی اولیه	متوسط	مقررات، کاهش هزینه‌های تولید، پذیرش مصرف‌کننده
سیستم‌های یکپارچه	شبکه‌های برق هوشمند (Smart Grids)	بلوغ و گسترش	بالا	امنیت سایبری، سرمایه‌گذاری کلان
	همجوشی هسته‌ای (Fusion Energy)	تحقیق و توسعه	بسیار بالا	چالش‌های فنی بسیار پیچیده، زمان‌بر بودن

نتیجه گیری

با وقوع تغییرات اقلیمی، بسیاری از فعالیتها و تصمیمات مرتبط با محیطهای عملیاتی، آمادگی نظامی، استقرار، سازگاری با محیط و طراحی و نگهداری زیرساختها را در آینده تحت تأثیر قرار خواهند گرفت، کشور ایران در کمر بند خشک و نیمه خشک جهان قرار دارد و این مناطق بی از سایر اقلیم ها نسبت به تغییرات اقلیمی حساس بوده و آسیب پذیری است. شرایط آب وهوایی نامطلوب میتواند به برنامه های آموزشی، زنجیره های آمادی و تجهیزات مهم آسیب برساند. براساس وضعیت فعلی بحران اقلیمی، توسعه فوری مکانیسم های مطمئن برای کاهش و تطابق با تغییرات آب و هوا بسیار حیاتی است. بررسی جامع ادبیات شامل سه استراتژی اصلی برای مقابله با تغییرات آب و هوا، تکنولوژی های معمولی کاهنده، تکنولوژی های انتشار منفی کربن، و همچنین تکنولوژی های مهندسی تابش نیروی فعال می شود. مهم است که روشن شود که هیچ راه حل قطعی برای مقابله با تغییرات آب و هوا وجود ندارد و همه تکنولوژی ها و تکنیک های مورد بحث در این بررسی، اگر فنی و اقتصادی قابل قبول باشند، باید اجرا شوند. با این حال، فن آوری های قابل استفاده هنوز باید توسعه یافته و آزمایش شوند و اثرات جانبی به طور مناسب پوشش داده شوند که ممکن است یک فرآیند طولانی باشد. تکنولوژی های انتشار منفی کربن، از طرف دیگر، با تلاش های کنونی برای دی کربنیزاسیون، راه حل محکمی را ارائه می دهند. در حالی که برخی از تکنولوژی های انتشار منفی کربن معرفی شده در بررسی ادبیات هنوز در مرحله اولیه توسعه قرار دارند، تکنیک های ذخیره سازی بیولوژیک تا حدودی بالغ هستند و می توانند بلافاصله مورد استفاده قرار گیرند. برای تشویق به پروژه های حذف کربن به شدت، سیاست گذاران و دولت ها باید سیاست های مناسب و چارچوب های حمایتی مناسب با تمرکز ویژه بر قیمت گذاری کربن ابداع کنند. علاوه بر این، صنعت مالی باید حمایت مالی و دسترسی بهتری را فراهم کند و مکانیسم های بازاری کارآمد را معرفی کند تا توسعه دهندگان پروژه را به ایجاد پروژه های حذف کربن تشویق دهد. نتایج حاصل از این پژوهش و مطالعات پیشین صورت گرفته توسط رضایان قیه باشی و همکاران (۱۳۹۷) و حنفی و همکاران (۱۴۰۰) نشان می دهند که عملیات و فعالیت های نظامی در سال های آینده در سطح کشور می توانند با چالش هایی به شرح زیر مواجه شوند که می بایست در برنامه ریزی عملیات نظامی و تصمیم گیری فرماندهان مورد توجه قرار گیرند.

افزایش دما و غیرقابل تحمل شدن آن برای انسان‌ها و سخت‌تر شدن عملیات و فعالیت‌های نظامی و آموزش‌هایی مانند رزم در کویر

افزایش دما و کاهش سطح پوشش برف در مناطق کوهستانی کشور و محدودیت جهت آموزش‌های رزم در کوهستان و رزم در برف در منطقه امامزاده هاشم.

افزایش شدت و تکرار طوفان‌های تندری و وقوع سیل در منطقه امامزاده هاشم و تاثیرگذاری آن بر برنامه‌ها و آموزش‌های نظامی مشابه بارش‌های شدید در تابستان ۱۴۰۱.

افزایش سطح آب‌ها و ارتفاع امواج و تشدید جزر و مدها می‌تواند منجر به زیر آب رفتن سواحل و جزایر گردیده و باعث آثار زیان‌بار بر سواحل و تأسیسات نیروی دریایی در سواحل جنوبی کشور گردد.

رقابت بر سر کاهش منابع آبی و افزایش درگیری میان کشورهای همسایه و حتی بین حوضه‌ای و استانی در داخل کشور و لزوم دخالت نیروهای نظامی جهت برقراری امنیت در کشور چالش‌های امنیتی بر سر منابع آبی، رودخانه‌های مرزی، چشمه‌های گردوغبار و تالاب‌های واقع در محدوده نوار مرزی (مانند هورالعظیم) می‌تواند موجب بروز تنش بین کشور ایران و عراق گردد و از این طریق نیروهای نظامی و امنیتی را با چالش مواجه سازد.

به‌طور کلی افزایش دما، گردوخاک و افزایش مخاطرات جوی، اقلیمی و اقیانوسی می‌تواند روی توان نیروهای دفاعی کشورها تأثیر منفی گذاشته و قدرت آن‌ها در جنگ احتمالی را کاهش دهد.

با شرایط اقلیمی جدید، مهاجرت از مناطق آسیب‌پذیر اقلیمی کشور به سمت مناطق با اقلیم نسبتاً مناسب افزایش یافته و جمعیت مناطق مرزی کاهش می‌یابد. از آن جمله می‌توان به افزایش احتمالی مهاجرت از استان‌های سیستان و بلوچستان، خراسان جنوبی، خوزستان، کرمانشاه، ایلام و ... اشاره کرد. این شرایط می‌تواند به تهدیدی برای امنیت کشور در مناطق مرزی تبدیل گردد.

اثرگذاری‌های زیان‌بار تغییر اقلیم بر محصولات استراتژیک کشور و به‌ویژه گندم به علت گستردگی کشت آن بیشتر از دیگر محصولات خواهد بود. به‌طور کلی به علت کمبود آب، افزایش دمای هوا و کاهش وسعت زمین‌های مناسب کشت، مقدار تولید برخی محصولات کاهش خواهد یافت و از این‌روی با مقوله امنیت غذایی روبرو خواهیم بود که با در نظر گرفتن احتمال

تشدید نارضایتی و ناامنی در مرزها برای قاچاق مواد غذایی یا محصولات کشاورزی، هزینه تأمین امنیت مرزی برای نیروهای نظامی افزایش خواهد یافت.

امروزه مقابله با تغییرات اقلیمی نه یک انتخاب، بلکه یک ضرورت اجتناب‌ناپذیر برای حفظ تمدن انسانی و اکوسیستم‌های طبیعی است. این مبارزه نیازمند رویکردی یکپارچه، فراگیر و عاجل در سطوح محلی، ملی و بین‌المللی است؛ رویکردی که هم بر کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و هم بر سازگاری با پیامدهای اجتناب‌ناپذیر متمرکز باشد. در این مسیر، همکاری همه‌جانبه حکومت‌ها، بخش خصوصی، نهادهای علمی و جامعه مدنی، همراه با تعهد اخلاقی به نسل‌های آینده و کشورهای آسیب‌پذیر، کلید تحقق آینده‌ای مقاوم و پایدار است. پیشنهادات زیر با در نظر گرفتن این ضرورت‌ها و با هدف ارائه راهکارهای عملی در حوزه‌های مختلف ارائه شده‌اند.



منابع و مآخذ

۱. افضل‌ی، رسول، ذکی، یاشار، کاویانی راد، مراد، محمدخانی، عماد. (۱۳۹۹). مطالعه تطبیقی تغییر اقلیم و چالش‌های امنیتی بحران آب در شهرهای دو حوضه آبریز مرکزی و دریاچه ارومیه، جغرافیای اجتماعی شهری، ۷(۱)، صص ۱۸۹-۱۶۷.
۲. افراشته، رضا؛ سعیدی، علی؛ مختاری، داود (۱۳۹۱) نقش عناصر آب و هوایی بر فعالیت نیروهای نظامی استان آذربایجان شرقی با استفاده از شاخص دمای فیزیولوژی (PET)، پنجمین کنگره بین‌المللی جغرافیدانان جهان اسلام، تبریز.
۳. امینی، داود؛ رضایی، حسن. (۱۴۰۱). تحلیلی بر اثرات تغییر اقلیم بر فعالیت‌های نظامی در استان اصفهان بر مبنای شاخص میسنارد و سناریوهای آینده پژوهانه. علوم و فنون نظامی ۱۶۲۴.۱۵۴۳۶۱۵.۲۰۲۲/qjmst.۱۰.۲۲۰۳۴/doi: ۲۶-۵، (۶۱)، ۱۸.
۴. حنفی، علی (۱۴۰۲) تغییر اقلیم و بحران آب در منطقه غرب آسیا، فصلنامه آماد و فناوری دفاعی، ۶(۳)، ۱۷۸-۱۵۳.
۵. حنفی، علی؛ خوشحال دستجردی، جواد (۱۳۹۳) ارزیابی و پهنه بندی تقویم اقلیم نظامی مناطق مرزی هم‌جوار با کشور عراق، فصلنامه مدیریت نظامی، سال چهارم، شماره ۵۴، صص ۱۷۸-۱۵۵.
۶. حنفی، علی؛ منیری کامل. (۱۳۹۸). آمایش اقلیم دفاعی منطقه جنوب شرق کشور و اهمیت آن در سناریوهای طرح‌ریزی عملیات نظامی، فصلنامه آینده‌پژوهی دفاعی، سال چهارم، شماره ۱۴.
۷. عبدالعلی زاده، فیروز، محمد خورشید دوست، علی & جهان‌بخش اصل، سعید. (۱۴۰۱). ارزیابی دقت مدل‌های CMIP6 برای شبیه‌سازی دما و بارش حوضه آبریز دریاچه ارومیه. پژوهش‌های تغییرات آب و هوایی doi: ۳۰-۱۷، (۱۱)، ۳، ۱۰.۳۰۴۸۸/CCF.۲۰۲۲.۳۶۱۲۳۳.۱۰۹۳

۸. کاویانی راد مراد، کریمی پور یدالله، فهمی هدایت، کرمی صادق. (۱۳۹۶) تبیین پیامدهای امنیتی تغییر اقلیم نمونه موردی: حوضه آبریز مرکزی ایران. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی؛ ۱۷ (۴۶): ۹۲-۷۳.

9. Abdulla A et al (2019) Limits to deployment of nuclear power for decarbonization: insights from public opinion. *Energy Policy* 129:1339–1346. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.03.039>
10. Agostini F et al (2015) Carbon sequestration by perennial energy crops: is the jury still out? *BioEnergy Res* 8:1057–1080. <https://doi.org/10.1007/s12155-014-9571-0>
11. Akalın MK et al (2017) Supercritical fluid extraction of biofuels from biomass. *Environ Chem Lett* 15:29–41. <https://doi.org/10.1007/s10311-016-0593-z>
12. Samer F et al (2020) Strategies for mitigation of climate change: a review, *Environmental Chemistry Letters* (2020) 18:2069–2094.
13. Aresta M et al (2005) Biotechnology to develop innovative syntheses using CO₂. *Environ Chem Lett* 3:113–117. <https://doi.org/10.1007/s10311-005-0009-y>
14. Arning K et al (2019) Same or different? Insights on public perception and acceptance of carbon capture and storage or utilization in Germany. *Energy Policy* 125:235–249. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.10.039>
15. Bach LT et al (2019) CO₂ removal with enhanced weathering and ocean alkalinity enhancement: potential risks and co-benefits for marine pelagic ecosystems. *Front Clim.* <https://doi.org/10.3389/fclim.2019.00007> *Environmental Chemistry Letters* (2020) 18:2069–2094 2091 1 3
16. Bataille C et al (2018) A review of technology and policy deep decarbonization pathway options for making energy-intensive industry production consistent with the Paris Agreement. *J*

Clean Prod 187:960–973.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.107>
17. Bustreo C et al (2019) How fusion power can contribute to a
fully decarbonized European power mix after 2050. Fusion Eng
Des 146:2189–2193.
<https://doi.org/10.1016/j.fusengdes.2019.03.150>