



Analysis of economic and environmental policies for global climate change and suggestions for Iran

Nima Shamsapour¹ | Mahshid Noorollahi^{2*} | Mojtaba Rezaeifard³

1. Faculty of Energy Engineering and Sustainable Resources, Collage of interdisciplinary sciences and technologies, University of Tehran, Tehran, Iran. Email: nshamsapour@ut.ac.ir

2. Corresponding Author, Faculty of Economics, University of Tehran, Tehran, Iran. Email: m.noorollahi@ut.ac.ir

3. Faculty of Energy Engineering and Sustainable Resources, Collage of interdisciplinary sciences and technologies, University of Tehran, Tehran, Iran. Email: m.rezaeifard@ut.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:

Research Paper

Article History:

Received 21 May 2023

Revised 21 June 2023

Accepted 21 July 2023

Published Online 12 June 2024

Keywords:

*Energy policy,
climate change,
Paris agreement,
Micmac method,
Delphi method.*

ABSTRACT

According to the forecasts, the highest amount of greenhouse gas emissions will be between 2025 and 2035. Global climate change policies to reach the goals of the Paris Agreement (not to increase the global temperature by 2 degrees), quickly affect countries, affect the economic growth of countries, shake the position of fossil energy and shape new trends in future energy technologies; Therefore, paying attention to the future of policies to deal with climate change is particularly important. In this article, the method of structural analysis with the Micmac method has been used for future research in this field, and the Delphi method has been used to collect experts' opinions about the influence of variables on each other. In this research, 22 factors were identified as key variables and the mutual influence of the factors on each other in different sections was investigated using Micmac software. Based on the analytical results, political factors will have the most impact in the future of climate change policies. In the next stage, it is the turn of scenario planning, and then the optimal strategies for Iran have been explained considering possible futures.

Cite this article: Shamsapour, N.; Noorollahi, M. & Rezaeifard, M. (2023). Analysis of economic and environmental policies for global climate change and suggestions for Iran. *Journal of Sustainable Energy Systems*, 2 (4), 389-404. DOI: <http://doi.org/10.22059/ses.2024.373927.1058>



© Nima Shamsapour, Mahshid Noorollahi, Mojtaba Rezaeifard. **Publisher:** University of Tehran Press.

DOI: <http://doi.org/10.22059/ses.2024.373927.1058>

1. Introduction

In this research, future climate change policies will be described and Iran's possible strategies will be explained considering different scenarios. The International Conference on Climate Change presented its first assessment report in 1990. This assembly was obliged to evaluate the existing scientific situation about the climate system and its changes such as the environmental, economic and social effects of climate change and the possible strategies to reduce the adverse effects and make policies in this field, but in case of non-implementation of environmental policies, Oil consumption in the world will grow by 30% until 2040 and will experience a growing trend after that. However, the success of policies to deal with climate change has greatly affected the oil-producing countries, and due to the dependence of these countries' income on oil, the economic growth of these countries faces problems. According to the stated method, defining the issue and recognizing the key factors and evaluating the mutual impact of these factors is one of the most important stages of scenario-based planning.

2. Materials and methods

In this research, 22 factors were identified as key variables and the mutual influence of these factors on each other in the economic, political, social, energy system and policy making sectors were investigated using Micmac software. Since the level of stability or instability of the system is determined according to the way the factors are distributed, in general there are two types of system, the stable and unstable systems. In stable systems, the distribution is such that some factors are highly influential. In the unstable system, the factors are scattered around the diagonal axis and in most cases they show an intermediate state of influence. According to the mentioned considerations, global climate change policies have a stable state.

3. Results

The cooperation of global powers and the cooperation of fossil energy beneficiaries have been identified as two independent and key factors, these scenarios has been written based on it. From the studied scenarios, it can be mentioned the success of policies to combat climate change by eliminating the fossil energy system, the success of policies to combat climate change by maintaining the fossil energy system, the failure of policies to combat global climate change, and suggestions for how to carry out these policies in Iran was defeated Considering that Iran is one of the largest holders of fossil resources. The occurrence of the first scenario will cause a sharp decrease in growth. Although the first scenario is not in the direction of Iran's national interests, It should be noted that the occurrence of the third scenario has caused a sharp decrease in water and energy resources in the world, stops the growth of human societies and destroys cultural diversity.

4. Discussion and Conclusion

Considering cases one and two, the occurrence of the second scenario is not only in favor of Iran; Rather, he must strive for it. Such an effort should be made in cooperation with other oil-exporting countries that have common interests with Iran and invest in greenhouse gas removal technologies. Even though the institutional mechanisms in Iran have always caused high oil prices to be the government's desire, the oil price policy should be such that the new energy system in the world does not replace oil in the short term. In this field, there are common interests with oil exporting countries. Anticipate this common interest, more cooperation with these countries should be created. As a result, the optimization of energy production and consumption should be considered as one of the executive measures to reduce the production of greenhouse gases.



بررسی سیاست‌های اقتصادی و زیست‌محیطی مؤثر بر تغییرات اقلیمی در دنیا و پیشنهادهایی برای ایران

نیما شمس‌پور^۱ | مهشید نوراللهی^{۲*} | مجتبی رضائی فرد^۳

۱. فارغ التحصیل دکتری مهندسی سیستم‌های انرژی، دانشکده انرژی و منابع پایدار، دانشگاه تهران. رایانامه: nshamsapour@ut.ac.ir

۲. نویسنده مسئول، دانشجوی دانشکده اقتصاد، دانشگاه تهران. رایانامه: m.noorollahi@ut.ac.ir

۳. دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی سیستم‌های انرژی و دانشکده انرژی و منابع پایدار، دانشگاه تهران. رایانامه: m.rezaeifard@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله:

پژوهشی

تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۳۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۳/۳۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۳۰

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۲/۲۹

کلیدواژه:

پیمان پاریس،

تغییرات اقلیمی،

سیاست‌گذاری انرژی،

روش میک‌مک،

روش دلفی.

با توجه به پیش‌بینی‌های انجام‌شده، بیشترین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای بین سال‌های ۲۰۲۵ تا ۲۰۳۵ خواهد بود. سیاست‌های جهانی تغییر اقلیم برای رسیدن به اهداف پیمان پاریس (عدم افزایش ۲ درجه‌ای دمای کره زمین)، به سرعت کشورها را تحت‌تأثیر قرار داده، بر رشد اقتصادی کشورها تأثیر گذاشته، جایگاه انرژی‌های فسیلی را متزلزل کرده و روندهای جدیدی در فناوری‌های آینده انرژی شکل می‌دهد؛ بنابراین توجه به آینده سیاست‌های مقابله با تغییر اقلیم اهمیت ویژه‌ای دارد. در این مقاله از روش تحلیل ساختاری با روش میک‌مک برای آینده‌پژوهی در این حوزه و از روش دلفی برای جمع‌آوری نظرات خبرگان در مورد تأثیرگذاری متغیرها نسبت به یکدیگر، استفاده شده است. در این پژوهش ۲۲ عامل به عنوان متغیرهای کلیدی شناسایی و با استفاده از نرم‌افزار میک‌مک تأثیر متقابل عوامل بر یکدیگر در بخش‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج تحلیلی، عوامل سیاسی بیشترین اثرگذاری را در آینده سیاست‌های تغییر اقلیم خواهند داشت. در مرحله بعد نوبت به سناریوپردازی می‌رسد و سپس راهبردهای بهینه برای ایران با در نظر گرفتن آینده‌های محتمل تشریح شده است.

استناد: شمس‌پور، نیما؛ نوراللهی، مهشید و رضائی فرد، مجتبی. (۱۴۰۲). بررسی سیاست‌های اقتصادی و زیست‌محیطی مؤثر بر تغییرات اقلیمی در دنیا و پیشنهادهایی برای ایران. فصلنامه

سیستم‌های انرژی پایدار، ۲ (۴) ۳۸۹-۴۰۴. DOI: <http://doi.org/10.22059/ses.2024.373927.1058>

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نیما شمس‌پور، مهشید نوراللهی، مجتبی رضائی فرد.

DOI: <http://doi.org/10.22059/ses.2024.373927.1058>



۱. مقدمه

پیدایش و گسترش نظریه تغییر اقلیم، ابتدا در محافل علمی و با هدف افزایش دانسته‌ها در مورد جو و پدیده گلخانه‌ای آغاز شد. اندازه‌گیری‌های دقیق در نقاط دورافتاده زمین در هاوایی، نشان داد غلظت دی‌اکسید کربن (مهم‌ترین گاز گلخانه‌ای) در حال افزایش است. در دهه‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰، دانشمندان توانستند مدل‌های کامپیوتری کامل‌تری از اتمسفر بسازند، هرچند هنوز مورد تردید بود، اما اعتماد عمومی نسبت به گرم شدن زمین و پیامدهای آن را بالا برد. در سال ۱۹۷۹ تلاش برگزارکنندگان نخستین کنفرانس اقلیم جهان برای جلب مشارکت سیاست‌گذاران به شکست انجامید. در اواخر دهه ۱۹۸۰ کنگره آمریکا جلسه‌های متعددی را در ارتباط با گرم شدن زمین تشکیل داد و به تدریج اجلاس‌های ملی و بین‌المللی زیادی در این زمینه تشکیل شد.

آکادمی علوم آمریکا در سال ۱۹۷۹ پس از بازنگری این مدل‌ها اعلام کرد که در صورت افزایش دی‌اکسید کربن در جو، تردیدی نیست که اقلیم جهان دچار دگرگونی خواهد شد و این دگرگونی نباید به هیچ‌وجه دست‌کم گرفته شود. در اولین کنفرانس جهانی اقلیم در سال ۱۹۷۹، تغییر آب‌وهوا به عنوان یک مشکل جدی مطرح شد.

مجمع بین‌المللی تغییرات آب‌وهوایی^۱، اولین گزارش ارزیابی خود را در سال ۱۹۹۰ ارائه کرد. این مجمع موظف شد وضعیت علمی موجود درباره سیستم اقلیم و تغییر آن، اثرات زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی تغییر اقلیم و استراتژی‌های ممکن جهت کاهش اثرات سوء را ارزیابی کند. این مجمع، دستاوردهای خود را همراه با یک ممیزی دقیق از ادبیات تکنیکی و علمی در سطح جهانی منتشر کرد. اولین گزارش ارزیابی پس از بررسی توسط متخصصان و کارشناسان دولتی، شواهد علمی را درباره تغییر اقلیم مورد تأیید قرار داد و به دولتمردان کمک کرد تا سیاست‌گذاری‌های خود را براساس جدیدترین اطلاعات موجود انجام دهند. این امر تأثیر مهمی بر سیاست‌گذاران و افکار عمومی داشت و زمینه مناسبی را برای مذاکره‌کنندگان در کنوانسیون تغییر آب‌وهوا فراهم کرد. همچنین این مجمع تصمیمات لازم برای تعیین یک برنامه جهانی اقلیمی تحت نظارت سازمان جهانی هواشناسی، برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد و شورای بین‌المللی انجمن‌های علمی را تأیید می‌کند.

کنوانسیون تغییر آب‌وهوا در سال ۱۹۹۲ در ریودوژانیرو توسط ۱۵۴ کشور امضا شد. اجلاس جهانی ریو، ۲۰ سال پس از اجلاس استکهلم (۱۹۷۲) که لزوم ایجاد یک خط‌مشی زیست‌محیطی هم‌زمان در کشورها را مطرح کرد، بزرگ‌ترین گردهمایی سران کشورها در زمینه حفظ محیط زیست و توسعه پایدار به شمار می‌آید. دستور کار ۲۱، اعلامیه ریو و کنوانسیون تنوع زیستی از دیگر دستاوردهای این اجلاس بودند. این کنوانسیون در سال ۱۹۹۲ در اجلاس ریو با هدف تثبیت غلظت گازهای گلخانه‌ای ناشی از فعالیت‌های صنعتی در سطحی که از آسیب‌های ناشی از تغییرات اقلیمی بر زندگی انسان و حیات روی زمین بکاهد تدوین شده و از سال ۱۹۹۴ اجرایی شد.

در سومین کنفرانس اعضا در دسامبر ۱۹۹۷ در کیوتو ژاپن، پیمان یا پروتکل کیوتو در مورد تعهدات کشورهای صنعتی و نیز کشورهایی که اقتصاد آن‌ها در حال گذار به اقتصاد بازار است، جهت دستیابی به اهداف کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای تنظیم شد. هریک از اعضا به طور مستقل یا مشترک توسط پروتکل کیوتو متعهد شدند که انتشار گازهای گلخانه‌ای را حذف و یا کاهش دهند، به طوری که میزان انتشار شش گاز گلخانه‌ای کشورهای توسعه‌یافته در محدوده سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۲ به ۵ درصد زیر سطح انتشار سال ۱۹۹۰ کاهش یابد. با توجه به عدم موفقیت قرارداد کیوتو برای جمع کردن همه ذی‌نفعان و بزرگ‌ترین تولیدکنندگان گازهای گلخانه‌ای (چین و ایالات متحده)، توافق پاریس با سازوکار جدیدی تهیه شده است. برای رسیدن به هدف‌گذاری پیمان پاریس (دمای کره زمین بیش از ۲ درجه افزایش نیابد) بیشترین میزان تولید گازهای گلخانه‌ای بین سال‌های ۲۰۲۵ تا ۲۰۳۵ خواهد بود [۱]. با توجه به هدف‌گذاری انجام‌شده، سیاست‌های جهانی تغییر اقلیم به سرعت کشورها را تحت تأثیر قرار خواهند داد. در این مقاله آینده‌های محتمل برای سیاست‌های تغییر اقلیم معین خواهد شد و راهبردهای ایران با

1. Intergovernmental panel on climate change (IPCC)

در نظر گرفتن سناریوهای احتمالی تشریح خواهد شد. برای رسیدن به این مهم ابتدا باید به چند سؤال اصلی که در ادامه مطرح می‌شود، پاسخ داد.

سناریوهای آینده سیاست‌های جهانی تغییر اقلیم چگونه خواهد بود؟ متغیرهای مؤثر در شکل‌دهی این آینده کدام‌اند؟ روندهای شکل‌دهی آینده کدام‌اند؟

در صورت عدم اعمال سیاست‌های زیست‌محیطی، مصرف نفت در جهان تا سال ۲۰۴۰ حدود ۳۰ درصد رشد خواهد کرد و پس از آن نیز روند رو به رشدی تجربه خواهد کرد [۲]. در این حال موفقیت سیاست‌های مقابله با تغییر اقلیم، کشورهای نفتی را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد و با توجه به وابستگی درآمد این کشورها به نفت، رشد اقتصادی این کشورها با مشکل مواجه می‌شود [۳]. با توجه به سناریوهای آینده تغییر اقلیم، ایران به عنوان یک کشور نفتی چه راهبردهایی داشته باشد؟

از طرفی استفاده از فناوری هسته‌ای، انرژی‌های تجدیدپذیر، فناوری جمع‌آوری و ذخیره کربن^۱ و استفاده از زیست‌سوخت^۲ در آینده نقش مهمی در کاهش گازهای گلخانه‌ای ایفا خواهند کرد [۴]. با توجه به آینده‌های محتمل سیاست‌گذاری بهینه برای ایران در بخش سیاست‌گذاری فناوری‌های انرژی چیست؟

در بیانیه کنفرانس علمی (آینده مشترک ما بر اثر تغییرات اقلیمی) آمده است که جامعه علمی یکصد معتقد است که عدم توجه به مسئله تغییر اقلیم باعث ایجاد تهدید امنیت غذایی و آبی شده، تنوع زیستی و اکوسیستم را تخریب کرده، سلامتی و تندرستی انسان را با مخاطرات جدی روبه‌رو می‌کند. همچنین موجب تشدید نابرابری و فقر می‌شود، خرده‌فرهنگ‌ها را از بین می‌برد و به فعالیت‌های اقتصادی و زیرساختی آسیب جدی وارد می‌کند. بر اساس پیش‌بینی دانشمندان در کنفرانس علمی (آینده مشترک ما بر اثر تغییرات اقلیمی) برای اینکه افزایش دمای کره زمین بیشتر از ۲ درجه سانتی‌گراد نباشد؛ میزان تولید گازهای گلخانه‌ای باید کمتر از ۹۰۰ میلیارد تن باشد [۵].

مدل‌های بالا به پایین اقتصادی نشان می‌دهند کاهش تقاضای انرژی و تولید انرژی از منابعی که کمترین میزان گازهای گلخانه‌ای را تولید می‌کنند؛ مهم‌ترین عامل کنترل تولید گازهای گلخانه‌ای است [۶]. اگر به تاریخ تحولات انرژی بنگریم، دهه‌ها و حتی قرن‌ها طول خواهد کشید تا به صورت طبیعی به هدف‌گذاری تولید گازهای گلخانه‌ای برسیم. تفاوت گذار انرژی برای مقابله با تغییرات اقلیم با گذار انرژی که در تاریخ می‌شناسیم؛ این است که اداره آن به صورت آگاهانه است [۷]. انرژی یکی از پایه‌های رشد رفاه و امنیت ملت‌هاست. نسل آینده انرژی نه تنها آینده سیستم اقتصاد جهانی را مشخص خواهد کرد، بلکه نقش تأثیرگذاری در انتقال قدرت در سیستم جهانی ایفا می‌کند. انرژی جدید ساختار قدرت در آینده را تعیین می‌کند [۴].

ساختار جدید منافع در مورد سیاست‌های تغییر اقلیم در حال شکل‌گیری است؛ دو دلیل عمده شکل‌گیری ساختار جدید؛ آشکار شدن آثار تغییر اقلیم و تأثیر سیاست‌ها بر منافع جدید است [۸]. کاهش تولید کربن در بخش خانگی، صنعتی، تولید توان و حمل‌ونقل اتفاق خواهد افتاد، بنابراین نقش مهمی در شکل‌دهی آینده ایفا می‌کند [۹]. علاوه بر عوامل فنی، تصمیم‌گیری سیاسی، پذیرش اجتماعی و عوامل نهادی نقش عمده‌ای در آینده سیاست‌های تغییر اقلیم ایفا می‌کنند [۱].

۲. مواد و روش‌ها

در این مقاله از تلفیق روش تحلیل ساختاری و روش دلفی برای سناریونویسی بهره گرفته شده است. تحلیل ساختاری روشی سیستمی و نظام‌مند است که امکان تعیین متغیرهای اصلی را فراهم می‌آورد. منظور از هسته متغیرهای اصلی آن دسته از متغیرهایی هستند که بیشتر از اینکه تأثیرپذیر باشند؛ تأثیرگذارند. با شناسایی متغیرهای اصلی، روندها ساخته می‌شوند. روندها از متغیرهای تأثیرگذاری که همدیگر را تقویت می‌کنند به وجود می‌آیند. در مرحله بعد نوبت به سناریوپردازی می‌رسد. سناریو مجموعه‌ای از فرضیه‌های امکان‌پذیر و مرتبط با پرسش کلیدی است.

1. Carbon Capture and storage (CCS)
2. Biofuel

تحلیل ساختاری ابزاری است که ارتباط متقابل ایده‌ها را مورد بررسی قرار می‌دهد. همه ایده‌ها در یک ماتریس قرار می‌گیرند و در ارتباط با یکدیگر سنجیده می‌شوند. تحلیل ساختاری و سناریوپردازی دارای پنج مرحله اصلی است: ۱. شناسایی متغیرها؛ ۲. یافتن روابط شبکه‌ای بین متغیرها؛ ۳. تشخیص متغیرهای کلیدی؛ ۴. تشکیل روندها با استفاده از متغیرهای کلیدی؛ ۵. نوشتن سناریو. گام اول شامل تعیین مرزهای سیستمی است که مورد مطالعه قرار می‌گیرد. در این مرحله فهرستی از تمام متغیرهای کلیدی آماده می‌شود. چنین فهرستی باید در حد امکان جامع باشد. برای یافتن متغیرها از مطالعات کتابخانه‌ای و توفان ذهنی با کمک کارشناسان و متخصصان استفاده شده است. بعد از تهیه فهرست نوبت به تشکیل ماتریس ارتباط متغیرها می‌رسد. سطر و ستون این ماتریس شامل متغیرهای مرحله اول است.

برای تکمیل این ماتریس و جمع‌آوری داده‌ها از روش دلفی استفاده شده است. روش دلفی یک روش شناخته‌شده و پرکاربرد است که برای جمع‌آوری داده‌ها از خبرگان استفاده می‌شود. این روش در حوزه‌های مختلفی مانند برنامه‌ریزی برنامه، ارزیابی نیازها، تعیین سیاست‌ها، یکپارچه‌سازی نظرات برای توسعه طیف وسیعی از جایگزین‌ها و پدیده‌ها و گسترش آن‌ها تحت فرضیاتی، آینده‌پژوهی و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرد.

روش دلفی در اصل توسط دالکی^۱ و هلمر^۲ در شرکت رند^۳ در دهه ۱۹۵۰ توسعه داده شده و همان‌طور که مطرح شد، روشی برای رسیدن به یک نظر همگرا در مورد یک مسئله با استفاده از نظر خبرگان مربوط به مسئله است. به طور نظری، روش دلفی می‌تواند تا زمانی که اجماع جمعی در مورد مسئله مورد نظر اتفاق نیفتاده، به صورت ادامه‌دار تکرار شود. مراحل فرایند به‌اختصار در ادامه توضیح داده شده است.

مرحله اول: فرایند دلفی با ارائه پرسش‌نامه‌هایی به خبرگان آغاز می‌شود. در این مرحله خبرگان به صورت آزاد می‌توانند نظرات خود و دلایل آن را بیان کنند. بعد از دریافت پاسخ‌ها، اطلاعات جمع‌آوری‌شده، به یک پرسش‌نامه ساختاریافته تبدیل می‌شود. این پرسش‌نامه در مرحله دوم به‌عنوان ابزار نظرخواهی ارائه می‌شود. درخور یادآوری است که اگر اطلاعات کافی از ادبیات موضوع وجود داشته باشد می‌توان پرسش‌نامه ساختاریافته را در مرحله اول ارائه کرد.

مرحله دوم: در مرحله دوم خبرگان پرسش‌نامه دوم را دریافت می‌کنند و از آن‌ها خواسته می‌شود که نظرات خود را با توجه به اطلاعات به‌دست‌آمده از مرحله اول بازبینی کنند. به بیان دیگر، در این مرحله هر کارشناس، با توجه به پاسخ‌های کارشناسان دیگر در مرحله اول، در صورت نیاز نظر خود را اصلاح می‌کند. در اصل در این مرحله، حوزه‌هایی که کارشناسان با هم اختلاف نظر دارند یا باهم موافق‌اند مشخص می‌شود.

مرحله سوم: در سومین مرحله هر خبره یک پرسش‌نامه دریافت می‌کند که شامل نتایج به‌دست‌آمده از مرحله دوم است و از آن‌ها خواسته می‌شود که نظر خود را بازبینی کنند یا دلایل خاص نظر خود را که خارج از اجماع جمعی است ارائه کنند. این مرحله به خبرگان فرصت بیشتری می‌دهد تا اطلاعات و نظرات خود را واضح‌تر و روشن‌تر کنند. گرچه این مرحله در مقایسه با مرحله دوم در همگرا کردن نظرات خبرگان تأثیر کمتری دارد.

مرحله چهارم: این مرحله معمولاً مرحله نهایی روش دلفی است. در این مرحله، لیست موضوعاتی که به اجماع نرسیدند، رتبه‌بندی آن‌ها، نظرات اقلیت و موضوعاتی که به اجماع رسیدند، در بین خبرگان توزیع می‌شود. این مرحله آخرین فرصت را برای خبرگان به منظور بازبینی قضاوت‌های خود ارائه می‌کند. درخور یادآوری است که تعداد تکرار مراحل بستگی به میزان همگرایی نظرات دارد و اغلب بین سه تا پنج مرحله است.

در این تحقیق بعد از ایجاد ماتریس به روش میک‌مک، این ماتریس بین ۱۷ خبره و کارشناس حوزه‌های سیاست‌گذاری انرژی، آینده‌پژوهی، محیط زیست، اقتصاد و جامعه‌شناسی توزیع شد و برای همگرایی نظرات خبرگان، سازوکار بازخوردی، در سه مرحله تکرار شد.

1. Dalkey
2. Helmer
3. RAND Corporation

۳. مبانی نظری و شناسایی متغیرها

همان‌طور که مطرح شد، متغیرهای بسیاری بر آینده سیاست‌های مقابله با تغییرات اقلیم تأثیرگذار هستند که حوزه‌های مختلفی را شامل می‌شوند که به شرح زیر است؛ متغیرها به پنج دسته اقتصادی، سیاسی، اجتماعی، سیاست‌گذاری و سیستم انرژی تقسیم شده‌اند. خلاصه متغیرها و توضیحات آن‌ها در جدول ۱ آورده شده است. در ادامه به معرفی هر یک از متغیرها پرداخته می‌شود.

جدول ۱. خلاصه متغیرهای تأثیرگذار در آینده سیاست‌های مقابله با تغییرات آب‌وهوایی و توضیحات آن‌ها

ردیف	نوع متغیر	اسم متغیر	توضیحات
۱		محدود شدن رشد اقتصادی کشورها در نتیجه اجرای سیاست‌های تغییر اقلیم	رابطه مستقیم بین رشد اقتصادی و رشد انتشار دی‌اکسید کربن
۲	اقتصادی	منافع جنبی اجرای سیاست‌ها برای کشورها	کاهش انتشار کربن باعث کاهش انتشار آلاینده‌ها می‌شود
۳		ایجاد بازار بین‌المللی گازهای گلخانه‌ای به عنوان کالای عمومی	نقش پراهمیت ایجاد بازار بین‌المللی برای گازهای گلخانه‌ای به عنوان کالای عمومی در موفقیت سیاست‌ها
۴		گسترش بهره‌برداری از منابع انرژی نامتعارف	اهمیت گسترش بهره‌برداری از منابع انرژی غیرمتعارف هیدروکربوری برای مسائل تغییرات اقلیم؛ امکان حفظ سیستم انرژی در صورت گسترش این منابع و انتشار زیاد کربن در این صنعت
۵		گسترش نفوذ انرژی‌های تجدیدپذیر	نقش اثرگذاری انرژی‌های تجدیدپذیر در موفقیت سیاست‌های مقابله با تغییرات اقلیم با عدم انتشار گازهای گلخانه‌ای
۶	سیستم انرژی	گسترش نفوذ فناوری‌های حذف گازهای گلخانه‌ای	فناوری جمع‌آوری و ذخیره کربن؛ یک راه حل کوتاه‌مدت و میان‌مدت برای کنترل گازهای گلخانه‌ای
۷		کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای در بخش حمل‌ونقل	سهم بیشتر بخش حمل‌ونقل در انتشار گازهای گلخانه‌ای؛ رشد پایین کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای در بخش حمل‌ونقل به دلیل هزینه بالای تغییر سیستم و نبود حامیان سیاسی قدرتمند
۸		بهینه‌سازی انرژی و فرهنگ‌سازی کاهش مصرف سوخت	کاهش هزینه تغییر سیستم انرژی و ریسک موفقیت سیاست‌های مقابله با تغییرات اقلیمی در نتیجه بهینه‌سازی مصرف انرژی
۹		توقف مصرف زغال‌سنگ	لزوم توقف مصرف زغال‌سنگ برای رسیدن به هدف کنفرانس پاریس
۱۰		پایبندی قدرت‌های جهانی به اجرای توافق‌های بین‌المللی (چین و آمریکا)	متأثر شدن ساختار مذاکرات جهانی تغییر اقلیم از سیاست قدرت‌های بزرگ
۱۱	سیاسی	همکاری راهبردی کشورهای صادرکننده نفت	استراتژی‌های کشورهای نفتی در صورت کاهش مصرف انرژی؛ سهمیه‌بندی فروش نفت، جنگ قیمتی، بالا بردن بهره‌وری، درخواست غرامت و ایجاد تنوع اقتصادی
۱۲		تضاد منافع از نظر آسیب‌پذیری از تغییرات اقلیم	اعمال سیاست‌های مختلف کشورها در نتیجه تأثیرات متفاوت تغییرات آب‌وهوایی روی کشورها و بهره‌مندی غیریکسان کشورها از سیاست‌های کاهش انتشار کربن
۱۳		تضاد منافع اقتصادهای نوظهور و توسعه‌یافته	نقش مهم و کلیدی کشورهای نوظهور در مذاکرات تغییرات اقلیم
۱۴		افزایش مهاجرت درون‌کشوری و برون‌کشوری در نتیجه تغییر اقلیم	افزایش مهاجرت درون‌کشوری و برون‌کشوری در نتیجه تغییرات اقلیمی
۱۵	اجتماعی	تأثیرپذیری از کشورهای پیشرو	تأثیرگذاری کشورهای پیشرو در سیاست‌های جهانی
۱۶		پذیرش اجتماعی فناوری‌های نوین تغییر اقلیم	امکان استفاده از حمایت غیردولتی‌ها و استفاده بیشتر از سرمایه عمومی در نتیجه پذیرش عمومی یک فناوری انرژی نو یا حذف گازهای گلخانه‌ای
۱۷		به‌کارگیری راهبردهای سازگاری با تغییرات اقلیم	اهمیت به‌کارگیری راهبردهای سازگاری با تغییر اقلیم به دلیل نقش آن در موفقیت سیاست‌های کاهش انتشار کربن
۱۸		موفقیت سیاست‌ها در کوتاه‌مدت (تا ۲۰۳۰)	بالا رفتن امکان‌پذیری سیاسی، رفع موانع نهادی و غلبه بر مشکلات فنی برنامه در بلندمدت در نتیجه موفقیت سیاست‌ها در کوتاه‌مدت
۱۹	سیاست‌گذاری	ایجاد چارچوب بین‌المللی مبتنی بر پاداش و جریمه	امکان ایجاد چارچوب پاداش و جریمه از نظر سیاسی، حقوقی و فنی؛ یکی از متغیرها در موفقیت سیاست‌های مقابله با تغییر اقلیمی
۲۰		توانایی نهادی کشورهای درحال توسعه برای اجرای سیاست‌های تغییر اقلیم	تأثیر ساختار اداری کشورها بر اتخاذ سیاست‌های مالی یا تجاری برای اعمال سیاست‌ها
۲۱		مشارکت در برنامه تغییر اقلیم به عنوان ابزاری برای ارائه تصویر بهتر از کشور	پیرنگ شدن تصویر ملی کشورها در نتیجه مشارکت در برنامه‌های بین‌المللی
۲۲		کشورهایی با دموکراسی شکننده	امکان نبود توانایی نهادی اجرای برنامه‌های تغییر اقلیم در دموکراسی‌های شکننده

۱.۳. تحلیل اقتصادی

متغیرهای اقتصادی شامل متغیرهای «محدود شدن رشد اقتصادی کشورهای در نتیجه اجرای سیاست‌های تغییر اقلیم»، «منافع جنبی اجرای سیاست‌ها برای کشورها» و «ایجاد بازار بین‌المللی گازهای گلخانه‌ای به عنوان کالای عمومی» است. در ادامه این متغیرها به صورت مشروح توضیح داده شده‌اند.

۱.۱.۳. محدود شدن رشد اقتصادی کشورها در نتیجه اجرای سیاست‌های تغییر اقلیم

تحقیقات نشان می‌دهد رابطه مستقیمی بین رشد اقتصادی و رشد انتشار دی‌اکسید کربن در تمام بخش‌های اقتصادی وجود دارد. سیاست‌های تغییر اقلیم به صورت مستقیم باعث کاهش رشد تولید ناخالص کشورها می‌شود، اما به صورت غیرمستقیم باعث جلوگیری از افزایش دما و در نتیجه رشد تولید ناخالص ملی می‌شود [۱۰].

به بیان دیگر، با توجه به اینکه رشد اقتصادی در گرو رشد مصرف انرژی و موفقیت سیاست‌های کاهش انتشار کربن در گرو کاهش مصرف انرژی است در نتیجه بین کاهش انتشار کربن و رشد اقتصادی رابطه‌ای معکوس وجود دارد و سیاست‌های کاهش انتشار کربن به کاهش و محدود شدن رشد اقتصادی منجر خواهد شد؛ بنابراین متغیر رشد اقتصادی در آینده سیاست‌های تغییر اقلیم ایفای نقش می‌کند.

۲.۱.۳. منافع جنبی اجرای سیاست‌ها برای کشورها

توافقنامه‌های بین‌المللی محیط زیستی کالاهای عمومی را ارائه می‌کند و کاهش تغییرات آب‌وهوایی به عنوان یک کالای عمومی در این توافقنامه‌ها محسوب می‌شود. موفقیت این توافقنامه‌ها در گرو تعداد کشورهای شرکت‌کننده و ارائه کالاهای عمومی است. اجرای سیاست‌های کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و مقابله با تغییرات آب‌وهوایی که نتیجه آن حفاظت از محیط زیست است علاوه بر داشتن منافع عمومی برای همه کشورها، برای تک‌تک کشورها نیز منافع خصوصی یا جنبی دارد؛ زیرا حفاظت از محیط زیست به عنوان کالای عمومی غیرخالص شناخته می‌شود که ضمن داشتن منافع عمومی، منافع خصوصی یا جنبی را نیز به دنبال دارد. به عنوان مثال مقابله با تغییرات آب‌وهوایی نه تنها انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش می‌دهد؛ بلکه باعث کاهش انتشار گازهای دی‌اکسید سولفور، اکسید نیتروژن و ذرات معلق نیز می‌شود؛ بنابراین، منافع جنبی این سیاست‌های تمایل مشارکت کشورها در توافقنامه‌های بین‌المللی زیست‌محیطی را افزایش می‌دهد و یک متغیر در موفقیت سیاست‌های بین‌المللی زیست‌محیطی به حساب می‌آید [۱۱].

۳.۱.۳. ایجاد بازار بین‌المللی گازهای گلخانه‌ای به عنوان کالای عمومی

ایجاد بازار بین‌المللی برای گازهای گلخانه‌ای به عنوان کالای عمومی نقش مهمی در موفقیت سیاست‌ها خواهد داشت [۱۱].

۲.۳. بررسی سیستم‌های انرژی

متغیرهای «گسترش بهره‌برداری از منابع انرژی نامتعارف»، «گسترش نفوذ انرژی‌های تجدیدپذیر»، «گسترش نفوذ فناوری‌های حذف گازهای گلخانه‌ای»، «کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای در بخش حمل‌ونقل»، «بهبودسازی انرژی و فرهنگ‌سازی کاهش مصرف سوخت» و «توقف مصرف زغال‌سنگ» جزء متغیرهای سیستم انرژی هستند که در ادامه توضیح داده می‌شوند.

۱.۲.۳. گسترش بهره‌برداری از منابع انرژی نامتعارف

گسترش بهره‌برداری از منابع انرژی غیرمتعارف هیدروکربوری که شامل شیل‌های نفتی و شیل‌های گازی است از دو جهت برای مسائل تغییرات اقلیم حائز اهمیت است. نخست اینکه در مراحل استخراج و بهره‌برداری از این منابع نامتعارف مقدار قابل توجهی گاز گلخانه‌ای تولید می‌شود. مورد دوم و اساسی‌تر امکان حفظ سیستم انرژی بر مبنای سوخت فسیلی در صورت رشد تولید از این منابع نامتعارف است.

۳.۲.۳. گسترش نفوذ انرژی‌های تجدیدپذیر

نفوذ فناوری‌های انرژی‌های تجدیدپذیر به وضعیت این فناوری‌ها از لحاظ کارایی و توجیه اقتصادی داشتن بستگی دارد. دولت‌ها برای گسترش این نوع منابع با توجه خاص به توسعه پایدار و مدل عرضه و تقاضای انرژی به منظور کمک به تمرکز روی اهداف بلندمدت، برنامه‌ریزی می‌کنند [۱۲]. حدود دو سوم یارانه‌های اتحادیه اروپا [۱۳] برای انرژی‌های نو در بخش انرژی‌های تجدیدپذیر صرف می‌شود [۱۴]. کاهش قیمت انرژی‌های تجدیدپذیر متغیر اثرگذاری در آینده سیاست‌های مقابله با تغییرات اقلیم است [۹].

۳.۲.۳. گسترش نفوذ فناوری‌های حذف گازهای گلخانه‌ای

فناوری جمع‌آوری و ذخیره کربن یک راه‌حل کوتاه‌مدت و میان‌مدت برای کنترل گازهای گلخانه‌ای است. این فناوری امکان استخراج بیشتر از منابع فسیلی را فراهم می‌کند [۱۵]. سهم فناوری جمع‌آوری و ذخیره کربن در بخش تولید الکتریسیته در سناریوهای مختلف، بین ۸ تا ۳۲ درصد خواهد بود. اقتصادهای نوظهور و کشورهای درحال توسعه شدت کربن بسیار بالایی دارند و دستیابی به اهداف مرتبط با سیاست‌های تغییر اقلیم بدون استفاده از فناوری جمع‌آوری و ذخیره کربن برای این کشورها غیرممکن است. اصلی‌ترین مانع رشد فناوری جمع‌آوری و ذخیره کربن، اقتصادی نبودن آن است. هزینه تولید گازهای گلخانه‌ای بسیار کمتر از هزینه فناوری یادشده است [۱۵].

با در نظر گرفتن هدف‌گذاری کنفرانس پاریس تنها در صورتی که فناوری‌های حذف گازهای گلخانه‌ای گسترش یابد؛ ممکن است قله تولید گازهای گلخانه‌ای پس از ۲۰۳۵ باشد. بیوفیول و جمع‌آوری و ذخیره کربن از جمله فناوری‌های حذف گازهای گلخانه‌ای هستند؛ بنابراین فناوری‌های حذف گازهای گلخانه‌ای نقش مهمی در شکل‌دهی به آینده سیاست‌های تغییر اقلیم ایفا خواهند کرد.

۳.۲.۴. کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای در بخش حمل‌ونقل

کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای در بخش حمل‌ونقل به دلیل هزینه بالای تغییر سیستم و نبود حامیان سیاسی قدرتمند رشد چشمگیری نداشته است با این حال، با توجه به محدودیت‌های جهانی کربن و رقابت بین‌المللی در بازار خودروهای الکتریکی، سیاست‌گذاران آلمانی اخیراً از کاهش گازهای گلخانه‌ای در بخش حمل‌ونقل حمایت می‌کنند (مانند ایجاد انگیزه‌هایی برای خرید خودروهای الکتریکی) و در هلند و نروژ ممکن است تا سال ۲۰۲۵ سیاست‌هایی اتخاذ شود که به موجب آن واردات خودروهای با سوخت فسیلی ممنوع شود [۷]. بنابراین یکی از متغیرهای کلیدی در موفقیت سیاست‌ها است.

۳.۲.۵. بهینه‌سازی انرژی و فرهنگ‌سازی کاهش مصرف سوخت

بهینه‌سازی به عنوان یکی از عوامل اصلی اجرا و موفقیت سیاست‌های مقابله با تغییرات اقلیمی به شمار می‌رود. این عامل مدت‌زمان طولانی است که به عنوان اجزای کلیدی در سیاست‌های انرژی مورد بحث است و با جدی‌تر شدن چالش‌های تغییرات آب‌وهوایی بسیاری، طرفدار کاهش مصرف انرژی با بهینه‌سازی آن هستند. بهینه‌سازی انرژی و فرهنگ‌سازی برای کاهش مصرف آن علاوه بر اینکه هزینه تغییر سیستم انرژی را کاهش می‌دهد؛ به طور قابل ملاحظه‌ای ریسک برنامه کنترل افزایش دما را کاهش می‌دهد [۱۶]. بنابراین موفقیت برنامه‌های بهینه‌سازی به‌خصوص در کشورهای درحال توسعه نقش مهمی در آینده سیاست‌های مقابله با تغییر اقلیم ایفا می‌کند.

۳.۲.۶. توقف مصرف زغال‌سنگ

برای رسیدن به هدف پیمان پاریس، حتی در صورت رشد نفوذ فناوری جداسازی و ذخیره‌سازی کربن، مصرف زغال‌سنگ باید به‌سرعت متوقف شود [۱]. چین به عنوان بزرگ‌ترین تولیدکننده گازهای گلخانه‌ای ۶۰ درصد از انرژی الکتریکی خود را از زغال‌سنگ تولید می‌کند [۱۷]. همچنین ایالات متحده از این حامل انرژی در مقیاس وسیعی استفاده می‌کند [۱۸]. گسترده‌گی

مصرف این حامل انرژی، میزان بالای تولید کربن توسط آن و کشورهای عمده مصرف‌کننده آن؛ توقف مصرف زغال‌سنگ را به عنوان یک متغیر مهم مطرح می‌کنند.

۳.۳. اثرات سیاسی

متغیرهای سیاسی که بر موفقیت سیاست‌های مقابله با تغییرات آب‌وهوایی تأثیرگذار هستند عبارت‌اند از: «پایندی قدرت‌های جهانی به اجرای توافق‌های بین‌المللی»، «همکاری راهبردی کشورهای صادرکننده نفت»، «تضاد منافع از نظر آسیب‌پذیری از تغییرات اقلیم» و «تضاد منافع اقتصادهای نوظهور و توسعه‌یافته».

۳.۳.۱. پایندی قدرت‌های جهانی به اجرای توافق‌های بین‌المللی (چین و آمریکا)

ساختار مذاکرات جهانی تغییر اقلیم از سیاست قدرت‌های بزرگ تأثیر می‌پذیرد [۴]. علاوه بر اینکه چین و ایالات متحده روی هم‌رفته ۴۰ درصد از کربن دنیا را تولید می‌کنند [۱۴]. اقتصاد بزرگ این کشورها و تأثیرگذاری آن‌ها در فضای سیاسی جهان باعث می‌شود نقش این کشورها به عنوان یک متغیر مهم مطرح باشد. ایالات متحده و اتحادیه اروپا سیاست تغییر اقلیم خود را در جهت کاهش رشد تولید گازهای گلخانه‌ای در چین و هند دنبال می‌کنند. این دو کشور حدود یک سوم گازهای گلخانه‌ای را در جهان تولید می‌کنند. علاوه بر این ایالات متحده، چین و اتحادیه اروپا به عنوان قدرت‌های دارنده منابع تجدیدپذیر نقش رهبری در سیاست‌گذاری تغییرات اقلیم ایفا خواهند کرد. کشورهایی نظیر برزیل و شمال اروپا با منابع تجدیدپذیر فراوان نقش برجسته‌ای خواهند داشت [۴].

۳.۳.۲. همکاری راهبردی کشورهای صادرکننده نفت

در صورت اجرای سیاست‌های جهانی تغییرات اقلیم، کشورهای صادرکننده حامل‌های انرژی فسیلی با کاهش درآمد مواجه خواهند شد [۱]. نتایج مدل‌های انرژی نشان می‌دهد در صورت موفقیت سیاست‌های تغییر اقلیم؛ یک سوم ذخایر نفت، نصف ذخایر گاز و ۸۰ درصد منابع زغال‌سنگ بدون استفاده باقی خواهند ماند [۱۹]. شواهد بسیاری وجود دارد که قله تقاضای نفتی جهان بین سال‌های ۲۰۲۰ و ۲۰۴۰ اتفاق خواهد افتاد [۲].

کشورهای نفتی برای مقابله با کاهش درآمد نفتی‌شان که در نتیجه قله تقاضای نفتی جهان اتفاق می‌افتد چند استراتژی می‌توانند انتخاب کنند؛ سهمیه‌بندی فروش نفت، جنگ قیمتی، بالا بردن بهره‌وری، درخواست گرامت و ایجاد تنوع اقتصادی [۲]. به‌کارگیری هریک از استراتژی‌های یادشده تأثیراتی بر سیاست‌های تغییر اقلیم خواهد داشت.

۳.۳.۳. تضاد منافع از نظر آسیب‌پذیری از تغییرات اقلیم

به صورت عمومی کشورهای بزرگ‌تر از سیاست‌های تغییر اقلیم نفع بیشتری می‌برند. چون به دلیل وسعت کشور تغییرات اقلیم خسارت‌های بیشتری به کشور وارد می‌کند [۱۰]. همچنین کشورهایی که در معرض کمبود منابع آب یا بالا آمدن سطوح دریا قرار دارند، نسبت به کشورهای دیگر نفع بیشتری از این سیاست‌ها می‌برند.

۳.۳.۴. تضاد منافع اقتصادهای نوظهور و توسعه‌یافته

کشورهای نوظهور نقش مهم و کلیدی در مذاکرات تغییرات اقلیم ایفا می‌کنند. این کشورها در دوره زمانی رشد سریع اقتصادی قرار دارند. بر اثر سیاست‌های جهانی تغییرات اقلیم روند رشد این کشورها با آسیب‌های جدی مواجه خواهد شد [۴].

۳.۴. اثرات اجتماعی

متغیرهای اجتماعی نیز در اجرا و موفقیت سیاست‌های مقابله با تغییرات آب‌وهوایی تأثیرگذار هستند. این متغیرها شامل «افزایش مهاجرت درون‌کشوری و برون‌کشوری در نتیجه تغییر اقلیم»، «تأثیرپذیری از کشورهای پیشرو» و «پذیرش اجتماعی فناوری‌های نوین تغییر اقلیم» هستند.

۳.۴.۱. افزایش مهاجرت درون‌شهری و برون‌کشوری در نتیجه تغییر اقلیم

بانکی مون، دبیرکل سابق سازمان ملل، معتقد است که تغییرات اقلیم باعث مهاجرت درون‌کشوری و بین‌کشوری می‌شود [۴]: بنابراین مهاجرت و تبعات سیاسی ناشی از آن به عنوان یک متغیر مطرح می‌شود.

۳.۴.۲. تأثیرپذیری از کشورهای پیشرو (سیستم سوبسید به انرژی خورشیدی در آلمان)

سرعت انتقال نوآوری در دنیای جهانی‌شده کنونی بسیار بالاست؛ به عنوان مثال سیاست ارائه سوبسید به بهره‌برداری از طریق انرژی خورشید در آلمان آغاز شد و به سرعت همه اتحادیه اروپا را درنوردید. همچنین باعث سرمایه‌گذاری در مقیاس فراوان در چین شد [۷]. این تأثیرپذیری از کشورهای پیشرو به عنوان یک متغیر مطرح است.

۳.۴.۳. پذیرش اجتماعی فناوری‌های نوین تغییر اقلیم

پذیرش عمومی یک فناوری انرژی نو یا حذف گازهای گلخانه‌ای، امکان استفاده از حمایت غیردولتی‌ها و استفاده بیشتر از سرمایه عمومی را باعث می‌شود. به این ترتیب بر موفقیت یا عدم موفقیت آن تأثیرگذار است.

۳.۵. اثرات سیاست‌گذاری

متغیرهای «به‌کارگیری راهبردهای سازگاری با تغییرات اقلیم»، «موفقیت سیاست‌ها در کوتاه‌مدت»، «ایجاد چارچوب بین‌المللی مبتنی بر پاداش و جریمه»، «توانایی نهادی کشورهای در حال توسعه برای اجرای سیاست‌های تغییر اقلیم»، «مشارکت در برنامه تغییر اقلیم به عنوان ابزاری برای ارائه تصویر بهتر از کشور» و «کشورهایی با دموکراسی شکننده» جزء متغیرهای سیاست‌گذاری هستند که روی اجرای سیاست‌های کاهش انتشار کربن تأثیرگذار هستند.

۳.۵.۱. به‌کارگیری راهبردهای سازگاری با تغییرات اقلیم

راهبردهای سازگاری با تغییر اقلیم عبارت‌اند از: مدیریت منابع آب، اعمال نظارت شدیدتر و هم‌رسانی بیشتر اطلاعات، اختصاص بودجه بیشتر برای سازگاری و کمک به کشورهای در معرض خطر برای ساختن زیرساخت‌های مناسب (مانند بنگلادش) [۱۴]. این عامل هم به عنوان یک متغیر مطرح است.

۳.۵.۲. موفقیت سیاست‌ها در کوتاه‌مدت (تا ۲۰۳۰)

موفقیت سیاست‌ها در کوتاه‌مدت باعث بالا رفتن امکان‌پذیری سیاسی، رفع موانع نهادی و غلبه بر مشکلات فنی برنامه در بلندمدت می‌شود؛ بنابراین موفقیت کوتاه‌مدت سیاست‌ها نقش مهمی در سناریوهای آینده سیاست‌ها ایفا می‌کند.

۳.۵.۳. ایجاد چارچوب بین‌المللی مبتنی بر پاداش و جریمه (کشورها انگیزه دارند از تلاش سایرین بهره ببرند)

با توجه به اینکه تولید گازهای گلخانه‌ای توسط هریک از کشورها باعث زیان زیست‌محیطی همه کشورها می‌شود و همچنین پایبندی به قواعد و تولید کمتر گازهای گلخانه‌ای توسط یک کشور به سود همه است و همه کشورها به صورت غیرانحصاری و غیرقابلی از آن نفع می‌برند. بنابراین همه کشورها انگیزه دارند که به صورت رایگان از تلاش سایرین بهره ببرند [۱۱]. یکی از راهبردهای مهم برای اجرای سیاست‌های تغییر اقلیم، اعمال محدودیت تجاری برای کشورهایی است که الزامات را رعایت نمی‌کنند [۱۰]. در این صورت کشورها با اعمال مالیات برای محصولات انرژی‌بر (سیمان، فولاد و مواد شیمیایی) [۱۴] و همچنین با کاهش سوبسیدهای مربوط به سوخت‌های فسیلی به سرعت برنامه‌های کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای خواهند افزود [۲۰]. امکان ایجاد چنین چارچوبی از نظر سیاسی، حقوقی و فنی یکی از متغیرها در موفقیت سیاست‌های مقابله با تغییر اقلیم است.

۳.۵.۴. توانایی نهادی کشورهای در حال توسعه برای اجرای سیاست‌های تغییر اقلیم

با وجود اهمیت پارامترهای تکنواکونومیک، ساختارهای اداری سیاست‌های تغییرات اقلیم به همان اندازه یا بیشتر، مهم هستند [۲۱]. ساختار اداری کشورها ممکن است امکان اتخاذ سیاست‌های مالی یا تجاری برای اعمال سیاست‌ها را فراهم نکند.

۳.۵.۵. مشارکت در برنامه تغییر اقلیم به عنوان ابزاری برای ارائه تصویر بهتر از کشور (به عنوان ابزار قدرت نرم)

با گسترش بحران زیست‌محیطی در جهان، مسئولیت‌پذیری کشورها نقش حیاتی در تصویر ملی ارائه‌شده از سوی کشور ایفا خواهد کرد. تصویر ملی منعکس‌کننده قدرت ملی کشورهاست و رشد آن باعث رشد قدرت نرم است [۴]. به عنوان مثال، کشور چین سعی می‌کند نقشی به عنوان یک قدرت جهانی مسئولیت‌پذیر و پایبند به توسعه پایدار ایفا کند [۲۲]. بنابراین ارائه تصویر بین‌المللی به عنوان یک متغیر در آینده سیاست‌های تغییر اقلیم مطرح است.

۳.۵.۶. کشورهای با دموکراسی شکننده (از نظر آسیب‌پذیری)

بسیاری از دموکراسی‌ها در کشورهای درحال توسعه و دموکراسی‌های شکننده در برابر سیاست‌های تغییر اقلیم آسیب‌پذیرتر از حکومت‌های اقتدارگرا یا نیمه‌اقتدارگرا عمل می‌کنند. (در هند بسیاری از مردم به الکترونیسته دسترسی ندارند) [۲۳]. به بیان دیگر، این دموکراسی‌های شکننده ممکن است توانایی نهادی اجرای برنامه‌های تغییر اقلیم را نداشته باشند.

۴. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

۴.۱. نتایج مدل‌سازی

با توجه به روش تحقیق بیان‌شده، تعریف موضوع و شناخت عوامل کلیدی و ارزیابی تأثیر متقابل این عوامل، یکی از مراحل مهم برنامه‌ریزی بر پایه سناریو است. در این پژوهش ۲۲ عامل به عنوان متغیرهای کلیدی شناسایی و با استفاده از نرم‌افزار میک‌مک تأثیر متقابل عوامل بر یکدیگر در بخش‌های اقتصادی، سیاسی، اجتماعی، سیستم انرژی و سیاست‌گذاری مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج، درجهٔ پرشدگی ماتریس ۷۰/۵ درصد است. به این معنا که عوامل انتخاب‌شده در بیش از ۷۰ درصد موارد بر یکدیگر تأثیر داشته‌اند. در ۱۴۲ مورد عدد صفر وارد شده است؛ یعنی عوامل تأثیری بر یکدیگر نداشته‌اند. از نظر شاخص آماری با دو بار چرخش داده‌ای از مطلوبیت و بهینگی ۱۰۰ درصدی برخوردار است.

در ماتریس متقاطع جمع اعداد سطرهای مربوط به هر عامل میزان تأثیرگذاری و جمع ستونی هر عامل میزان تأثیرپذیری آن عامل از عوامل دیگر را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج تحلیلی، عوامل سیاسی بیشترین تأثیرگذاری را در آینده سیاست‌های تغییر اقلیم ایفا خواهند کرد.

از آنجا که میزان پایداری یا ناپایداری سیستم با توجه به نحوه توزیع و پراکنش عوامل مشخص می‌شود، به طور کلی دو نوع سیستم پایدار و ناپایدار وجود دارد. در سیستم‌های پایدار پراکنش به صورتی است که برخی عوامل دارای تأثیرگذاری بالا، عوامل کلیدی و مستقل هستند. در سیستم ناپایدار عوامل حول محور قطری پراکنده شده‌اند و در بیشتر موارد حالتی بینابینی از تأثیرگذاری و تأثیرپذیری را نشان می‌دهند. با توجه به ملاحظات یادشده، سیاست‌های جهانی تغییر اقلیم حالتی پایدار دارد. همکاری قدرت‌های جهانی و همکاری ذی‌نفعان انرژی فسیلی به عنوان دو عامل مستقل و کلیدی شناسایی شده‌اند و سناریونویسی بر پایه آن انجام شده است.

۴.۲. سناریوهای مورد مطالعه

در ادامه سه سناریوی بررسی‌شده در این مقاله، به اختصار توضیح داده می‌شوند.

۴.۲.۱. موفقیت سیاست‌های مقابله با تغییر اقلیم با حذف سیستم انرژی فسیلی

مهم‌ترین روندهای رقم‌زندهٔ این سناریو با توجه به نتایج آینده‌پژوهی، پایداری قدرت‌های جهانی به اجرای توافق‌های بین‌المللی و عدم همکاری کشورهای صادرکننده نفت و شرکت‌های نفتی است. طبق این سناریو قدرت‌های جهانی به اجرای توافق‌های بین‌المللی تغییر اقلیم متعهد می‌شوند. این کشورها تأمین مالی کمک‌های بین‌المللی را برای اجرای سیاست‌ها به عهده دارند. کمک‌های بین‌المللی باعث بالا رفتن سرعت اجرای برنامه می‌شود و موانع اقتصادی کشورهای درحال توسعه را از بین می‌برد. علاوه بر این قدرت‌های جهانی به کشورهایی که ظرفیت نهادی پایینی برای اجرای برنامه دارند کمک خواهند کرد تا نهادسازی

کنند. «در نتیجه این سیاست‌ها سطح امنیت عرضه انرژی بالا می‌رود. چون سیاست‌ها باعث کاهش واردات، افزایش تنوع انرژی و کاهش منابع تخلیه شده می‌شود.»

در این سناریو بازار بین‌المللی گازهای گلخانه‌ای ایجاد می‌شود و انگیزه کشورهای در حال توسعه و اقتصادهای نوظهور برای ایجاد محدودیت‌هایی برای گازهای گلخانه‌ای به شدت افزایش می‌یابد. طبق این سناریو، کشورها سعی خواهند کرد برای ارائه تصویر جهانی بهتر از خودشان مشارکت بیشتر و مؤثرتری در اجرای برنامه‌های تغییر اقلیم داشته باشند. «در این سناریو دستیابی به اهداف سیاست‌های تغییر اقلیم محصول سیاست‌گذاری‌های ملی و محلی خواهد بود.» علاوه بر این یک سیستم جریمه برای کشورهایی که از سهم خود در تولید کربن عدول می‌کنند وضع خواهد شد.

در بخش حامل‌های انرژی شاهد توقف مصرف زغال‌سنگ در کوتاه‌مدت و کاهش تولید از منابع انرژی نامتعارف خواهیم بود. طبق این سناریو نفوذ انرژی‌های تجدیدپذیر به شدت افزایش پیدا می‌کند. کشورهای در حال توسعه و اقتصادهای نوظهور با تبعیت از اقتصادهای بزرگ‌تر به سمت انرژی‌های تجدیدپذیر حرکت خواهند کرد و قیمت آن‌ها به میزان قابل رقابت با انرژی‌های فسیلی کاهش می‌یابد. «سیستم نوآوری جهانی به فرایندهای کاهش قیمت انرژی‌های نو سرعت خواهد بخشید.»

در این سناریو با توجه به اینکه حامل انرژی تمامی انرژی‌های نو به جز بیوفیول جریان برق است؛ «شبکه‌های انتقال قدرت به مهم‌ترین حامل انرژی تبدیل می‌شوند و سیستم‌های ذخیره‌سازی نقش مهمی ایفا خواهند کرد.» با توجه به کاهش اهمیت سیستم انرژی فسیلی، فناوری‌های حذف گازهای گلخانه‌ای رشد قابل توجهی نخواهد داشت. (فناوری جمع‌آوری و ذخیره کربن و بیودیزل)

«مدل‌های بالا به پایین اقتصادی نشان می‌دهند در این سناریو نیروی کار از صنایع انرژی‌بر به بخش‌های خدماتی که تولید کربن کمی دارند؛ منتقل خواهند شد.» در این حالت کشورهای نفتی با کاهش شدید رشد مواجه خواهند شد. قسمت مهمی از نفت این کشورها غیر قابل استفاده می‌شود و در نتیجه روندهای اقتصادی این کشورها با تغییرات سیاسی مواجه می‌شوند.

۲.۲.۴. موفقیت سیاست‌های مقابله با تغییر اقلیم با حفظ سیستم انرژی فسیلی

مهم‌ترین روندهای رقم‌زنده این سناریو با توجه به نتایج آینده‌پژوهی پایبندی قدرت‌های جهانی به اجرای توافق‌های بین‌المللی و همکاری کشورها و شرکت‌های نفتی است. در این سناریو همانند سناریوی اول قدرت‌های جهانی به اجرای توافق‌های زیست‌محیطی متعهد می‌شوند، اما به خلاف سناریو اول کشورهای نفتی و شرکت‌های نفتی نیز به همکاری با یکدیگر می‌پردازند. همکاری دارندگان نفت باعث می‌شود قیمت سوخت‌های فسیلی در حدود معقول و قابل اعتماد برای اقتصاد جهانی حفظ شود. قیمت مناسب سوخت‌های فسیلی مانع گسترش نفوذ فزاینده انرژی‌های تجدیدپذیر می‌شود و تولید از منابع انرژی نامتعارف با توجه به حفظ سیستم انرژی فسیلی ادامه می‌یابد. همچنین زغال‌سنگ به عنوان یک حامل انرژی، مدت بیشتری در سیستم انرژی جهانی اهمیت خود را حفظ می‌کند.

طبق این سناریو، فناوری‌های حذف کربن به سرعت توسعه می‌یابند و اقتصادی می‌شوند. کشورها و شرکت‌های نفتی سرمایه‌گذاری متناسبی در جمع‌آوری و ذخیره کربن و بیودیزل انجام می‌دهند. طبق این سناریو، کمک‌های بین‌المللی ادامه می‌یابند، اما بخشی از آن‌ها صرف گسترش فناوری حذف کربن می‌شوند.

در این سناریو همانند سناریو قبلی بازار بین‌المللی کربن شکل می‌گیرد؛ اما کشورها سرمایه‌گذاری خود را در فناوری‌های جمع‌آوری و ذخیره کربن و بیودیزل برای کنترل تولید کربن متمرکز می‌کنند. «در این سناریو محاسبه کربن بر پایه مصرف به جای محاسبه بر پایه تولید که روشی منصفانه‌تر است و از نظر سیاسی امکان‌پذیری بیشتری دارد برای اعمال سیاست‌های تغییرات اقلیم انجام می‌شود.» همچنین یک سیستم جریمه برای کشورهای عدول‌کننده از برنامه و سهم تولید کربن تعیین خواهد شد.

۳.۲.۴. شکست سیاست‌های مقابله با تغییر اقلیم جهانی

عدم همکاری قدرت‌های جهانی باعث گسترش سیستم انرژی فسیلی در کوتاه‌مدت می‌شود. این وضعیت باعث رقابت بر منابع انرژی فسیلی قطب شمال، مهاجرت درون‌کشوری و برون‌کشوری شده و باعث بالا آمدن سطح آب دریاها می‌شود. تغییرات اقلیم باعث کاهش منابع در دسترس آب شیرین شده و علاوه بر رقابت بر سر منابع انرژی، رقابت بر سر دستیابی به منابع آب هم به ریسک ژئوپلیتیکی کشورها می‌افزاید.

بالا رفتن قیمت آب و انرژی باعث محدود شدن رشد اقتصادی کشورها شده و در نتیجه ابتدا کشورهای که دموکراسی ضعیف و شکننده‌ای دارند، در نتیجه ضعف نهادهای دموکراتیک تبدیل به رژیم‌های هرمی می‌شوند. در مرحله بعدی در نتیجه رشد درگیری‌ها و تنش‌ها و ترس‌ها در تمام جهان تمام کشورها با چنین سرنوشتی روبه‌رو خواهند بود. طبق این سناریو، به دلیل عدم تخصیص بودجه متناسب و به‌موقع تقریباً هیچ‌یک از فناوری‌های انرژی نو رشد مطلوبی نخواهند داشت و ایده‌هایی مانند ایجاد بازار بین‌المللی گازهای گلخانه‌ای با شکست مواجه خواهد شد. همچنین با محدود شدن منابع انرژی فسیلی ریسک ژئوپلیتیکی کشورهای دارنده انرژی فسیلی به شکل قابل ملاحظه‌ای افزایش خواهد یافت.

۳.۴. پیشنهادهایی برای سیاست‌گذاری در ایران

با توجه به آنچه گفته شد، موضوع تغییر اقلیم نه تنها موضوعی علمی، بلکه موضوعی سیاسی و توسعه‌ای است. مسئله تغییرات اقلیمی و برنامه‌های مقابله با آن تأثیر گسترده‌ای بر سیستم انرژی جهانی، رشد و توسعه انرژی‌های پاک و همچنین عرضه و تقاضای سوخت‌های فسیلی در بلندمدت خواهد داشت. داشتن دیدگاه کلان به موضوع، برنامه‌ریزی و استفاده و فرصت‌ها و آگاهی از تهدیدها باید مورد توجه سیاست‌گذاران و صاحبان کسب‌وکارهای بزرگ باشد.

- با توجه به سناریوهای مطرح‌شده و اینکه ایران یکی از دارندگان بزرگ منابع فسیلی است، وقوع سناریو اول باعث کاهش رشد شدید خواهد شد. قسمت مهمی از نفت این کشورها غیرقابل استفاده می‌شود که نتیجه آن بی‌ثباتی سیاسی روندهای اقتصادی این کشورها است.
- با وجود اینکه سناریو اول در جهت منافع ملی ایران نیست، باید توجه کرد که وقوع سناریو سوم باعث کاهش شدید منابع آب و انرژی در جهان می‌شود، رشد جوامع بشری را متوقف می‌کند و تنوع فرهنگی را از بین می‌برد. در این سناریو ریسک ژئوپلیتیکی کشورهای دارای منابع فسیلی به شدت افزایش می‌یابد.
- با توجه به موارد اول و دوم، وقوع سناریو دوم نه تنها به نفع ایران است، بلکه باید برای آن تلاش کند. چنین تلاشی با همکاری سایر کشورهای صادرکننده نفت که منافع مشترکی با ایران دارند و سرمایه‌گذاری روی فناوری‌های حذف گازهای گلخانه‌ای انجام دهد.
- با توجه به موارد گفته‌شده، سیاست‌گذاری ایران در جهت سیاست‌های تغییر اقلیم جهانی به عنوان یک بازیگر فعال باشد؛ به این مفهوم که با وجود همراهی با سیاست‌ها سعی کند با توجه به مزیت رقابتی خود، به عنوان بازیگر فعال عمل کند.
- با وجود اینکه سازوکارهای نهادی در ایران همیشه باعث شده است که قیمت‌های بالای نفت خواسته دولت‌ها باشد، سیاست‌گذاری قیمتی نفت باید به گونه‌ای باشد که سیستم انرژی‌های نو در دنیا در کوتاه‌مدت جایگزین نفت نشود. در این زمینه منافع مشترکی با کشورهای صادرکننده نفت وجود دارد. با توجه به این منفعت مشترک باید زمینه همکاری بیشتر با این کشورها ایجاد شود.
- باید توجه کنیم که در صورت وقوع هریک از سناریوهای اول یا دوم، در بلندمدت از اهمیت سوخت‌های فسیلی کاسته خواهد شد؛ بنابراین فرصت سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری از این منابع بی‌نهایت نیست.
- توجه و سرمایه‌گذاری در فناوری‌های حذف گازهای گلخانه‌ای با مشارکت کشورهای نفتی و شرکت‌های نفتی انجام شود. فناوری جداسازی کربن و ذخیره آن و همچنین فناوری بیودیزل به‌عنوان مهم‌ترین فناوری‌های حذف گازهای گلخانه‌ای شناخته می‌شوند.
- در سال‌های آینده شاهد افزایش نقش گاز طبیعی در سیستم انرژی جهانی خواهیم بود. گاز طبیعی در مقایسه با سایر انرژی‌های فسیلی گازهای گلخانه‌ای به مراتب کمتری تولید می‌کند. به عنوان مثال بریتانیا با تعویض سوخت خود از زغال‌سنگ به گاز طبیعی، سالانه ۲ درصد رشد منفی تولید گازهای گلخانه‌ای را تجربه کرد. ایران به عنوان یکی از دارندگان بزرگ گاز طبیعی در دنیا باید با جذب سرمایه‌گذاری در زمان صحیح از این فرصت به نحوی مطلوب استفاده کند.

- با توجه به اینکه در بلندمدت جایگزینی انرژی‌های نو با انرژی فسیلی اجتناب‌ناپذیر است؛ ایران به عنوان یک کشور دارنده منابع بادی و خورشیدی، باید هم در جهت رشد و توسعه نیروگاه‌های تولید پراکنده بادی و خورشیدی گام بردارد و هم در بخش تحقیق و توسعه این فناوری‌ها را در اولویت قرار دهد.
- بهینه‌سازی تولید و مصرف انرژی به عنوان یکی از اقدامات اجرایی کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای مورد توجه قرار گیرد. پیشنهاد می‌شود بهینه‌سازی از بخش‌هایی که تأثیرگذاری بیشتری دارد شروع شود. بخش حمل و نقل و بخش تولید و انتقال توان در مرحله اول و بخش صنعت باید در الویت بهینه‌سازی قرار بگیرند.
- احداث نیروگاه‌های تولید توان هسته‌ای یکی از روش‌های جلوگیری از افزایش تولید گازهای گلخانه‌ای است. فرانسه در دهه ۱۹۸۰ میلادی سالانه ۳ درصد تولید گازهای گلخانه‌ای را با احداث نیروگاه‌های هسته‌ای کاهش داد. با توجه به سرمایه‌گذاری‌هایی که تا کنون در این بخش در کشور انجام شده است، پیشنهاد می‌شود در برنامه‌های آینده انرژی و محیط زیست کشور به نقش این نیروگاه‌ها بیشتر توجه شود.
- پیشنهاد می‌شود با توجه به همگرایی و تأثیر متقابل سیاست‌های کنترل تولید کربن، کنترل آلاینده‌ها و مدیریت منابع آب سیاست‌گذاری در این مسائل به شکل یکپارچه انجام شود. به عنوان مثال، کشور چین پویش محیطی و سیاست‌گذاری در مورد شاخص‌های یادشده را به صورت یکپارچه انجام می‌دهد.

منابع

1. Dessens O, Anandarajah G, Gambhir A. Limiting global warming to 2 C : What do the latest mitigation studies tell us about costs , technologies and other impacts of Energy Strateg Rev. 2016;13-14:67-76.
2. Graaf T Van De, Verbruggen A. Environmental Science & Policy The oil endgame: Strategies of oil exporters in a carbon-constrained world. Environ Sci Policy. 2015;54:456-62.
3. Graaf T Van De. Is OPEC dead? Oil exporters, the Paris agreement and the transition to a post-carbon world. Chem Phys Lett. 2016;(September).
4. Hong-yuan YU, Song-li ZHU. ScienceDirect Toward Paris: China and climate change negotiations. Adv Clim Chang Res. 2015;6(1):56-66.
5. Smith P. Outcomes from “ Our common future under climate change ” , Paris 6 – 10 July 2015. 2015;16:4645.
6. Vandyck T, Keramidis K, Saveyn B, Kitous A, Vrontisi Z. A global stocktake of the Paris pledges: Implications for energy systems and economy. Vol. 41, Global Environmental Change. 2016. p. 46-63.
7. Kern F, Rogge KS. The pace of governed energy transitions: Agency, international dynamics and the global Paris agreement accelerating decarbonisation processes? Vol. 22, Energy Research and Social Science. 2016. p. 13-7.
8. Oberthür S. Where to go from Paris? The European Union in climate geopolitics. Vol. 0460, Global Affairs. 2016. p. 1-12.
9. Sys- E. A review of developments in technologies and research that have had a direct measurable impact on sustainability considering the Paris agreement on climate change. 2017;68:835-9.
10. Cai Y, Riezman R, Whalley J. International trade and the negotiability of global climate change agreements. Econ Model. 2013;33:421-7.
11. Takashima N. International environmental agreements with ancillary bene fi ts : Repeated. Econ Model. 2016;(x):1-9.
12. Kumar R. Renewable Energy Technology Diffusion to Mitigate Climate Change Impact. 2013;3(9):1233-42.
13. Wang Z, Chen F, Fujiyama T. Carbon emission from urban passenger transportation in Beijing. Transp Res Part D Transp Environ. 2015;41(3):217-27.
14. Wang Q, Chen X. Rethinking and reshaping the climate policy: Literature review and proposed guidelines. Vol. 21, Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2013. p. 469-77.
15. Wennersten R, Sun Q, Li H. The future potential for Carbon Capture and Storage in climate change mitigation e an overview from perspectives of technology , economy and risk. J Clean Prod. 2014;1-13.
16. Riahi K, Kriegler E, Johnson N, Bertram C, Elzen M Den, Eom J, et al. Technological Forecasting & Social Change Locked into Copenhagen pledges — Implications of short-term emission targets for the cost and feasibility of long-term climate goals. Technol Forecast Soc Chang. 2013;
17. Tambo E, Duo-quan W, Zhou XN. Tackling air pollution and extreme climate changes in China: Implementing the Paris climate change agreement. Vol. 95, Environment International. 2016. p. 152-6.
18. Derail WT, Accord TP. Electricity Currents: A Survey of Current Industry News and Developments Will Trump Derail. 2018;29(2016):56-8.
19. McGlade C, Ekins P. The geographical distribution of fossil fuels unused when limiting global warming to 2??C. Vol. 517, Nature. 2015. p. 187-90.
20. Wang Q, Li R. Cheaper oil: A turning point in Paris climate talk? Vol. 52, Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2015. p. 1186-92.
21. Cooper M. Energy Research & Social Science Renewable and distributed resources in a post-Paris low carbon future: The key role and political economy of sustainable electricity. Chem Phys Lett. 2016;19:66-93.
22. Yun GAO. Key words: Paris Climate Change Conference; the Paris Agreement; Rationality of climate. Adv Clim Chang Res. 2016;
23. Burnell P. Democracy , democratization and climate change: complex relationships. 2017;0347(January).