

## Europe's Reaction to the US Withdrawal from the Paris Environment Agreement: A Game Theory Approach

*Alireza Shakibaei\**

*Mehdi Nejati\*\**

*Maryam Hosseinzadeh \*\*\**

### Abstract

**Objective:** Environmental security is a significant part of human and national security. Today, attention to environmental issues and sustainable development is one of necessities of economic development and the problem of climate changes or global warming in the environmental domain has turned to one of the most important human concerns, since it will have long-term effects on future generations welfare. Solving the created environmental challenges requires international cooperation for the countries' just and logical exploitation of human resources without damage to other countries. The Paris Agreement or the paris agreement is a treaty within the framework of the United Nations Convention on Climate Change. The text of the agreement was approved by the delegates of 195 countries at the 21st United Nations Conference on Climate Change in Paris and was ratified on December 21, 2015. This agreement has been in force since November 4, 2016. According to the text of the agreement, the agreement was to enter into force when 55 countries, which produce at least 55% of the world's greenhouse gases, ratify, accept or sign the agreement. Among the goals of the Paris Agreement is to try to prevent a 1.5 degree rise in temperature compared to the pre-industrial era in order to reduce the risks and effects of climate change, increase the ability to adapt to the severe effects of climate change and create climate resistance, conditions to reduce greenhouse gas emissions. The United States withdrew on June 1, 2017. American exit has challenged this problem. This study addresses cooperation or non-cooperation of European Union and United States in Paris Agreement using game theory.

**Method:** Play is a description of the economic, social and political activities of individuals. Each of these activities or games has a structure and rules according to which players play the game to achieve their goals. The purpose of this theory is to provide a way to express the facts of human life that expresses contradiction and alignment. A game is a situation in which each person's

---

Journal of Development and Capital, Vol. 6, No.1, Ser. 10, 209-230.

\* **Corresponding Author**, Associate Professor of Economics, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran. (Email: ashakibai@uk.ac.ir).

\*\* Associate Professor of Economics, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran. (Email: mnejati@uk.ac.ir).

\*\*\* M.A. of Economics, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran. (Email: m.hosseinzadeh@aem.uk.ac.ir).

**Submitted:** 12 May 2021

**Accepted:** 3 July 2021

**Publisher:** Faculty of Management & Economics, Shahid Bahonar University of Kerman.

**DOI:** 10.22103/jdc.2021.17577.1135

©The Authors.



## Abstract

---

decision affects another person's decision and all the people in that situation are aware of this. Game theory can be used in many cases, the most important of which is to explain the reality, predict the results and recommend, and in this way can show the right way to the players of a game. The method used in this study is game theory, through which the strategy of each member country can be examined.

**Findings:** The result of the Nash equilibrium of the US-Europe game in terms of carbon emissions according to the NDC target and two degrees of decrease in air temperature, US and European exit, Nash equilibrium of the US-Europe game in terms of carbon prices, no US-European exit, Also, the Nash equilibrium of the US-Europe game in terms of macroeconomic effects is the non-exit of the US and Europe, because at this point, none of the players is motivated to violate.

**Conclusion:** If carbon emission considerations are considered together with economic considerations (carbon prices and macroeconomic effects) by the two groups of the country; The two groups of countries will abide by the agreement and follow the strategy of not leaving. So the United States comes to an agreement.

**Keywords:** *Paris Agreement, Game Theory, Environmental.*

**JEL Classification:** F02, C70, Q27.

**Paper Type:** *Research Paper.*

**Citation:** Shakibaei, A., Nejati, M., Hosseinzadeh, M. (2020). Europe's reaction to the US withdrawal from the Paris environment agreement: A game theory approach. *Journal of Development and Capital*, 6(1), 209-230 [In Persian].



## واکنش اروپا در برابر خروج آمریکا از توافق نامه زیست محیطی پاریس: رویکرد نظریه بازی ها

علیرضا شکیبایی\*

مهدی نجاتی\*\*

مریم حسین زاده\*\*\*

## چکیده

هدف: امنیت زیست محیطی بخش مهمی از امنیت ملی و انسانی است. امروزه توجه به مسائل زیست محیطی و توسعه پایدار از ضرورت های توسعه اقتصادی است که مساله تغییرات آب و هوا و یا گرمای جهانی در حوزه زیست محیطی به یکی از مهم ترین دغدغه های بشر تبدیل شده است چرا که تاثیرات بلندمدتی را بر رفاه نسل های آتی خواهد گذاشت. حل چالش های ایجاد شده محیط زیستی نیازمند همکاری های بین المللی برای بهره برداری منصفانه و منطقی کشورها از منابع طبیعی بدون آسیب رسانی به کشورهای دیگر است. توافق پاریس یا پیمان پاریس، قراردادی در چارچوب کنوانسیون سازمان ملل تغییرات اقلیمی است. متن این توافق نامه میان نمایندگان ۱۹۵ کشور جهان در بیست و یکمین کنفرانس تغییرات اقلیمی سازمان ملل متحد در پاریس تصویب شد و در ۲۱ دسامبر سال ۲۰۱۵، به تایید عمومی رسید. این توافق نامه از چهارم نوامبر سال ۲۰۱۶، به اجرا در آمده است. براساس متن این توافق قرار بود، زمانی که ۵۵ کشور جهان که عامل تولید حداقل ۵۵ درصد از گازهای گلخانه ای جهان هستند، این توافق نامه را تصویب، پذیرش یا امضا کنند، پیمان وارد فاز اجرایی شود. از جمله اهداف پیمان پاریس، تلاش برای جلوگیری از افزایش ۱/۵ درجه ای دما نسبت به دوران پیش صنعتی به منظور کاهش خطرات و عوارض ناشی از تغییرات اقلیمی، افزایش توانایی سازگاری با عوارض شدید تغییرات اقلیمی و ایجاد مقاومت اقلیمی، شرایطی برای کاهش انتشار گازهای گلخانه ای است. آمریکا در تاریخ اول ژوئن ۲۰۱۷ خارج شده است. خروج آمریکا از توافق نامه این مسئله را به چالش کشیده است. این مطالعه به بررسی همکاری یا عدم همکاری اتحادیه اروپا و آمریکا در توافق نامه پاریس با استفاده از نظریه بازی می پردازد.

مجله توسعه و سرمایه، دوره ششم، شماره ۱، پیاپی ۱۰، صص. ۲۳۰-۲۰۹.

\* نویسنده مسئول، دانشیار گروه اقتصاد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران. (واپانامه: ashakibai@uk.ac.ir).

\*\* دانشیار گروه اقتصاد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران. (واپانامه: mnejati@uk.ac.ir).

\*\*\* دانشجوی کارشناسی ارشد گروه اقتصاد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران. (واپانامه: m.hosseinzadeh@aem.uk.ac.ir).

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۴/۱۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۲/۲۲

ناشر: دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

DOI: 10.22103/jdc.2021.17577.1135

©The Authors.



روش: بازی توصیفی از فعالیت‌های اقتصادی، اجتماعی و سیاسی افراد است. هریک از این فعالیت‌ها یا بازی‌ها دارای ساختار و قواعدی هستند که بازیکنان طبق آن به انجام بازی برای رسیدن به اهداف خود می‌پردازند. هدف این نظریه ارائه روشی برای بیان حقایق از زندگی انسان است که بیانگر تضاد و هم‌سویی است. بازی عبارت است از: شرایطی که در آن تصمیم هر فرد بر تصمیم فرد دیگری تاثیر بگذارد و تمام افرادی که در آن شرایط قرار دارند به این نکته واقف باشند. از نظریه بازی‌ها می‌توان در موارد زیادی استفاده کرد که مهمترین آن‌ها توضیح واقعیت، پیش‌بینی نتایج و توصیه است و از این طریق می‌توان راه درست را به بازیکنان یک بازی نشان داد. روش مورد استفاده در این مطالعه نظریه بازی‌ها است، تا از طریق آن راهبرد هر کشور عضو قابل بررسی شود.

یافته‌ها: نتیجه تعادل نش بازی آمریکا و اروپا بر حسب فضای انتشار کربن طبق هدف<sup>۱</sup> NDC و دودرجه کاهش دمای هوا، خروج آمریکا و اروپا، تعادل‌نش بازی آمریکا و اروپا برحسب قیمت کربن، عدم خروج آمریکا و اروپا، همچنین تعادل‌نش بازی آمریکا و اروپا برحسب اثرات کلان اقتصادی، عدم خروج آمریکا و اروپا است؛ چون در این نقطه هیچ‌یک از بازیکنان انگیزه تخطی ندارد.

نتیجه‌گیری: در صورتی که ملاحظات انتشار کربن با ملاحظات اقتصادی (قیمت کربن و اثرات کلان اقتصادی) از طرف دو گروه کشور باهم در نظر گرفته شوند؛ دو گروه کشور به توافق پایبند خواهند بود و راهبرد عدم خروج را دنبال می‌کنند. لذا آمریکا به توافق برمی‌گردد.

**واژه‌های کلیدی:** توافق‌نامه پاریس، نظریه بازی‌ها، زیست محیطی.

**طبقه‌بندی JEL:** Q27، C70، F02.

**استناد:** شکیبایی، علیرضا؛ نجاتی، مهدی؛ حسین‌زاده، مریم. (۱۴۰۰). واکنش اروپا در برابر خروج آمریکا از توافق نامه زیست محیطی پاریس: رویکرد نظریه بازی‌ها. *مجله توسعه و سرمایه*، ۶(۱)، ۲۳۰-۲۰۹.

#### مقدمه

امروزه جامعه صنعتی در راستای نیل به توسعه اقتصادی، روند فزاینده استفاده از انرژی‌های تجدیدناپذیر را اتخاذ کرده‌است. در نتیجه انتشار گاز دی‌اکسید کربن، ناشی از استفاده گسترده از این منابع انرژی، به تدریج دمای هوای کره زمین به دلیل انباشت ذرات معلق در جو زمین افزایش می‌یابد. گرمایش جهانی به نوبه خود منجر به تغییرات آب‌وهوایی می‌شود که در بلندمدت شرایط زیست در روی کره‌زمین را با مشکل مواجه می‌سازد (سلیمی ترکمانی، ۱۳۹۷). مهم‌ترین مبنای گرمای جهانی به لحاظ علمی، مصرف سوخت‌های فسیلی متشکل از کربن مانند زغال‌سنگ و نفت و گاز طبیعی است که منجر به تولید گازهای گلخانه‌ای مانند دی‌اکسید کربن می‌شود، این گازها حدود ۱۰۰ سال در سطح اتمسفر تجمع می‌یابند و در بلندمدت رفاه بشر را به خطر می‌اندازند. (نورد هاوس<sup>۲</sup>، ۱۹۹۲) برای حل این مشکل، جامعه بین‌المللی از دهه ۱۹۹۰ رژیم حقوقی تغییرات آب‌وهوایی را در قالب اتخاذ یک سری معاهدات بین‌المللی شکل داده‌است که تعهداتی برای کشورها در زمینه کاهش، تثبیت و کنترل سطح انتشار گازهای گلخانه‌ای ایجاد می‌کند. در این راستا کنوانسیون تغییرات آب‌وهوایی<sup>۳</sup> (۱۹۹۲) و پروتکل کیوتو<sup>۴</sup> (۱۹۹۷) پاسخ جهانی به مسئله تغییرات آب‌وهوایی در قرن بیستم قلمداد می‌شوند که متعاقباً توسط توافق پاریس<sup>۵</sup> (۲۰۱۵) تکمیل شدند.

در ۱۲ دسامبر ۲۰۱۵، ۲۱ امین کنفرانس چارچوب اعضای سازمان ملل متحد پیرامون تغییرات اقلیمی<sup>۶</sup> موافقت‌نامه اقلیمی پاریس را تصویب نمود و برای امضا و تصویب کشورها باز گذاشته شد. دولت‌های جهان بعد از ۲۵ سال از کنوانسیون چارچوب تغییرات اقلیمی بر روی معاهده‌ای توافق نمودند که متضمن انجام اقدامات مشترکی از سوی کشورهای عضو است و این موضوع به دهه‌ها کشمکش میان کشورهای توسعه یافته (از جمله آمریکا) و در حال توسعه (از جمله چین، برزیل و هند) در پذیرش تعهدات مشترک پایان داد. زیرا پروتکل کیوتو از سال ۱۹۹۷ کشورهای جهان را در انجام تعهدات خود برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای به دو دسته صنعتی و غیرصنعتی تقسیم کرده بود. در کنفرانس دوربان در سال ۲۰۱۱ کارگروه تخصصی ایجاد شد که هدف آن الزام به مذاکره برای یک توافق اقلیمی جدید بود که بر همه اعضا حاکم باشد. متن توافق از سوی نمایندگان ۱۹۵ کشور در کنفرانس تغییر اقلیم ۲۰۱۵ سازمان ملل متحد در پاریس مذاکره و با اجماع در ۱۲ دسامبر ۲۰۱۵ تصویب شد. ایران این توافق‌نامه را در ۸ دسامبر ۲۰۱۶ با ۱/۳۰٪ گازهای گلخانه‌ای مورد تصویب، امضا کرده است. هدف بلندمدت توافق پاریس این است که دمای کره زمین تا پایان قرن به جای دو درجه به ۱/۵ درجه افزایش یابد (امینی و همکاران، ۱۳۹۷).

در اول ژوئن ۲۰۱۷ رئیس جمهور آمریکا دونالد ترامپ اعلام کرد که آمریکا از توافق پاریس خارج می‌شود و فوراً اجرای توافق شامل اجرای کمک‌های تعیین شده در سطح ملی<sup>۷</sup> و کمک‌های مالی را متوقف کرد. تصمیم ترامپ برای عقب‌نشینی با انتقادات شدید، ناامیدی و اعتراض در داخل و خارج کشور، رهبران جهان، سازمان‌های بین‌المللی، جامعه مدنی و رسانه‌ها مواجه شد. این مسئله از این جهت حائز اهمیت است که اول، خروج آمریکا به عنوان مذاکره‌کننده کلیدی اقلیم به‌طور قابل توجهی عمومیت توافق پاریس را کاهش می‌دهد. دوم، خروج آمریکا از مسئولیت‌ها، کمبود رهبری در حاکمیت اقلیمی جهانی را تشدید می‌کند. سوم، خروج آمریکا سابقه بدی برای همکاری اقلیمی جهانی ایجاد می‌کند، آمریکا در صورت عدم دستیابی به اهداف کاهش انتشار خود، اساساً از تلاش‌های کاهش انتشار کشورهای دیگر به رایگان استفاده می‌کند. چهارم، آمریکا با خروج از توافق پاریس فضای انتشار بیشتر و هزینه‌های کاهش انتشار پایین تری به دست می‌آورد و در عین حال فضای انتشار کشورهای دیگر را کاهش داده و هزینه‌های انتشار آن‌ها را افزایش می‌دهد و این امر به نوبه خود دستیابی به هدف دو درجه توافق پاریس را دشوارتر می‌سازد. پنجم، قطع کمک اقلیمی آمریکا کاهش تغییر اقلیمی و تطبیق با آن را برای کشورهای در حال توسعه دشوارتر خواهد کرد و دستیابی به هدف دو درجه توافق پاریس برای این کشورها کمتر محتمل است. ششم، قطع ناگهانی بودجه تحقیقات اقلیمی توسط دولت ترامپ کیفیت گزارشات<sup>۸</sup> IPCC را کاهش خواهد داد و نهایتاً قدرت مذاکرات اقلیمی آینده را تحلیل خواهد برد. به طور خلاصه، خروج آمریکا به میزان قابل توجهی احتمال دستیابی به هدف توافق پاریس را تضعیف می‌کند و حتی ممکن است هدف را دست‌نیافتنی سازد. خروج اساس حاکمیت اقلیمی جهانی را تضعیف کرده و فرآیند همکاری اقلیم جهانی را مختل می‌سازد. هدف از این مقاله، بررسی رفتار آمریکا و اتحادیه اروپا در توافق‌نامه پاریس با استفاده از نظریه بازی‌ها است.

## ادبیات موضوع

**نوربخش و همکاران (۱۳۹۴)** در مطالعه‌ای تحت عنوان «به کارگیری نظریه بازی‌ها در تحلیل منازعه ایران و آمریکا با محوریت برنامه هسته‌ای ایران» از نظریه بازی‌ها برای تحلیل این منازعه ۱۳ ساله استفاده کرده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که چگونه تغییر در ترکیب بازیگران اصلی نظیر ایران، آمریکا، روسیه، چین، اروپا و اسرائیل، در هر یک از مقاطع زمانی و تثبیت و یا تغییر در اولویت‌های آن‌ها منجر به نتایج متفاوتی شده‌است.

**رضوی نژاد (۱۳۹۵)** در مقاله خود با عنوان «بررسی استراتژی‌های ایران و آمریکا در پسابرجام براساس نظریه بازی‌ها» این موضوع را مورد بررسی قرار می‌دهد که پس از مذاکرات و رایزنی‌های طولانی برای حل و فصل مسئله هسته‌ای ایران، طرفین مذاکرات، برنامه‌های جامع اقدام مشترک را تصویب کردند. نتایج نشان می‌دهد که دیپلماسی هسته‌ای پسابرجام میان ایران و آمریکا یک بازی پویا با اطلاعات کامل است و می‌تواند به صورت حاصل جمع مثبت و بازی برد-برد باشد و همچنین درخت بازی دیپلماسی هسته‌ای پسابرجام میان ایران و آمریکا ترسیم شد و گزینه‌های پیش روی هر یک از آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت و برای یافتن پاسخ و حل بازی از روش برآیند برگشت به عقب استفاده شد که نتیجه و تعادل نش بازی عبارت بود از اینکه منطقی‌ترین و «مناسب‌ترین» استراتژی در پسابرجام «رفع تحریم‌ها و پایبندی متقابل به تعهدات برجام» خواهد بود.

**شکیبایی و خاتمی (۱۳۹۶)** در پژوهشی پیرامون «تحلیل نظریه بازی‌های تکاملی در سیستم‌های محاسباتی مبتنی بر عامل: کشورهای نفتی اوپک»، مدلی جدید از جستجوی استراتژی‌های بهینه در بازی معمای زندانی تکراری با استفاده از الگوریتم‌های تکاملی به خصوص الگوریتم ژنتیک ارائه کرده‌اند. نتایج حاکی از این است که استراتژی «عمل متقابل» حائز بالاترین بازدهی متوسط در هر دو رقابت بوده‌است و در رتبه‌های بعدی استراتژی‌های «اکثریت موافق»، «ماشه» جای گرفتند. استراتژی «همیشه عدم همکاری» نیز در رقابت‌ها با کمترین بازدهی به عنوان ناکارترین استراتژی شناخته گردید.

**سلیمی ترکمانی (۱۳۹۷)** در نوشته‌ای با عنوان «از مسئولیت حقوقی دولت‌ها تا مسئولیت اخلاقی آن‌ها در زمینه مقابله با تغییرات آب‌وهوایی» بیان می‌کند که امروزه برای حل مشکل انتشار گازهای گلخانه‌ای، رژیم حقوقی تغییرات آب‌وهوایی، شامل کنوانسیون ساختاری، پروتکل کیوتو و توافق پاریس با تعهداتی در راستای کاهش تدریجی انتشار این گازها شکل گرفته‌است. این نوشتار نشان می‌دهد نظام مذکور به دلیل خروج موضوعی مسئله خسارت از معاهدات مربوطه، بالاخص در توافق پاریس، قادر به حل مسئله جبران خسارت نیز نیست. لذا مسئولیت بین‌المللی دولت در زمینه تغییرات آب‌وهوایی با ناکارآمدی در ایفاء کارکردهای خود مواجه است برای جبران این ناکارآمدی، روندهای اخیر به سمتی است که در کنار مسئولیت حقوقی دولت‌ها، به تدریج مسئولیت اخلاقی آن‌ها با محوریت کاهش مصرف انرژی نیز مورد توجه واقع می‌شود.

**محمدی (۱۳۹۸)** به «بررسی کنوانسیون ۲۰۱۵ پاریس در مورد تغییرات اقلیمی» پرداخته‌اند. در این مقاله گفته شده‌است، که همه کشورها باید تلاش خود را برای کاهش گازهای گلخانه‌ای به‌ویژه محدود کردن تأثیرات انسان در تولید آن به کار برند. به هر تقدیر اقدامات موجود بین‌المللی تنها توانسته مقدار کمی از این انتشار را کاهش دهد و جامعه بین‌المللی برای نیل به هدف مقابله با پدیده تغییرات اقلیمی نیازمند اراده‌ای مستحکم‌تر در راستای اجرای تعهدات کنوانسیون ۲۰۱۵ پاریس است.

**دایی و همکاران<sup>۹</sup> (۲۰۱۷)** به مقاله‌ای تحت عنوان «خروج آمریکا از توافق‌نامه پاریس، دلایل، اثرات و واکنش چین» پرداخته‌اند. این مقاله با اعمال روش‌های کمی و کیفی نیروهای محرک پشت تصمیم رئیس‌جمهور آمریکا دونالد ترامپ برای خروج از توافق پاریس و این که چرا ترامپ تصمیم گرفت از توافق‌نامه پاریس خارج شود را توضیح می‌دهد و اثرات این کناره‌گیری را بر چشم‌اندازهای پذیرش توافق ارزیابی می‌کند و پیشنهاد می‌کند چین باید چگونه واکنش نشان دهد. این مقاله بیان می‌کند که چین باید از طریق کمک‌های تعیین‌شده داخلی به بالاترین سطح اهداف اقلیمی داخلی دست یابد، از نظر بین‌المللی چین باید بازسازی رهبری اقلیمی به اشتراک گذاشته شده را تسهیل کند و G2 را با G5 جایگزین کند و همچنین چین باید آمریکا را در همکاری اقلیمی متعهد نگه دارد.

**ژانگ و همکاران<sup>۱۱</sup> (۲۰۱۷)** پژوهشی تحت عنوان «اثرات خروج آمریکا از توافق پاریس بر فضای انتشار کربن و هزینه کاهش انتشار در چین، اتحادیه اروپا و ژاپن تحت محدودیت‌های فضای انتشار کربن جهانی» انجام داده‌اند. در این نوشتار گفته شده است در دسامبر ۲۰۱۵، توافق پاریس توسط ۱۹۵ کشور در پیمان‌نامه چارچوب ملل متحد در زمینه تغییر اقلیم (UNFCCC) امضا شد. هدف از توافق پاریس پرداختن به تغییر اقلیمی برای اجتناب از افزایش دمای جهانی در این کشور تا ۲ درجه بالای سطوح پیش‌صنعتی و تلاش برای کنترل افزایش در محدوده ۱/۵ درجه بود. در این مقاله بر اساس مدل تعادل عمومی قابل محاسبه<sup>۱۱</sup> و تحلیل سناریو، اثرات خروج آمریکا از توافق پاریس بر فضای انتشار کربن و هزینه کاهش انتشار در چین، اتحادیه اروپا و ژاپن بموجب سناریوهای مشارکت‌های تعیین‌شده ملی و ۲ درجه کاهش دمای هوا به دلیل تغییر مسیر انتشار آمریکا مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تحت شرایط انتشار کربن یک جای جهانی دائمی و یک طرح تقسیم بار ثابت در میان کشورها، قصور آمریکا در انجام تعهدات NDC در درجات مختلف فضای انتشار کربن آمریکا را افزایش و هزینه کاهش انتشار آن را کاهش خواهد داد. اما فضای انتشار کربن سایر طرفین از جمله چین، اتحادیه اروپا و ژاپن کاهش و هزینه‌های کاهش انتشار آن‌ها افزایش خواهد یافت. در سال ۲۰۳۰، بر اساس هدف ۲ درجه، قیمت کربن ۴/۴-۱۴/۶ دلار در چین، ۳۵/۴-۹/۷ دلار در اتحادیه اروپا و ۵۳/۵-۱۶ دلار در ژاپن افزایش خواهد یافت. بعلاوه چین، اتحادیه اروپا و ژاپن متحمل ضرر تولید ناخالص داخلی<sup>۱۲</sup> خواهند شد. تحت هدف ۲ درجه، ضرر GDP چین تا ۲۲ میلیارد دلار، ضرر اتحادیه اروپا ۳۲/۱-۹/۴ میلیارد دلار و ضرر ژاپن ۱۳/۵-۴/۱ میلیارد دلار افزایش خواهد یافت.

**لژانو و لی<sup>۱۳</sup> (۲۰۱۸)**، پژوهشی تحت عنوان «دیدگاه‌های نظری بازی‌همکارانه در زمینه اقدامات جهانی آب‌وهوا: ارزیابی توافق‌نامه‌های بین‌المللی کاهش کربن» انجام داده‌اند. در این مقاله از یک بازی ساده برای نشان دادن مشکل تخصیص کاهش کربن استفاده شده و راه‌حل‌های نظری را با استفاده از یک مفهوم معروف در نظریه بازی به نام هسته به دست آورند. در این نوشتار ذکر شده که راه‌حل بازی درصد نسبی کاهش کربن کشورها را به صورت ایده‌آل تعیین می‌کند و همچنین نتایج نظری با تعهدات واقعی تعیین‌شده در توافق‌نامه پاریس ۲۰۱۵ مقایسه می‌شود و در مورد پیامدهای نتایج نظری بازی، از جمله تعهد ملل مانند ایالات متحده بحث می‌کند.

**فردلا و همکاران**<sup>۱۴</sup> (۲۰۲۰) در مقاله‌ای با عنوان «بازی‌های مشارکتی برای پایداری محیط زیست» یک مدل همکاری با هدف کاهش خطر تغییرات آب‌وهوایی و اثرات فاجعه‌بار آن ارائه کرده‌اند. مدل تعاملی چندبعدی، استراتژی‌های همکاری ممکن را به منظور بهبود کارایی و قدرت اقدامات اعمال شده توسط کشورها، برای کاهش خطر فاجعه‌بار تغییر اقلیم پیشنهاد می‌کند. پس از تصمیم ترامپ برای عقب‌نشینی از توافق‌نامه، یک راه‌حل همکاری برای بازی (برای ادامه سناریوهای احتمالی جهانی) گفته شده که می‌تواند رشد اقتصادی را تحریک کند و به طور موثرتری با تغییرات آب‌وهوا مقابله کند. از ابزار اقتصادسنجی برای بدست آوردن شاخص ترکیبی رشد سبز  $m_c$  برای هر کشور  $c$  استفاده شده و پارامتر  $a_{II}$  که نمایه شاخص مشارکت ایالات متحده در توافق پاریس است تعیین شده است. همچنین گفته شده که چگونه همکاری در توسعه فن‌آوری‌های جدید سبز، منافع را برای همه کشورها و محیط زیست تعیین می‌کند.

**سلن و همکاران**<sup>۱۵</sup> (۲۰۲۰) مقاله‌ای با عنوان خروج آمریکا چگونه می‌تواند بر همکاری توافق‌نامه اقلیمی پاریس اثر بگذارد، انجام داده‌اند. در این تحقیق از یک مدل جدید مبتنی بر عامل استفاده شده است که به بررسی اثر گذاری خروج آمریکا بر فرآیند سیاسی ایجاد شده توسط توافق‌نامه پاریس و چشم‌اندازهای دستیابی به هدف جمعی محدود کردن دما زیر دو درجه می‌پردازد. این مدل نشان می‌دهد با کناره‌گیری آمریکا تا چه حد الزامات سخت‌گیرانه‌تری بر دیگر عناصر اصلی در فرآیند همکاری پاریس تحمیل می‌شود. اثر کناره‌گیری آمریکا به میزان جبران وعده‌ها و تلاش‌های دیگر کشورهای عضو بستگی دارد. در هر صورت هدف دو درجه که احتمالاً فقط تحت مجموعه خیلی محدودی از شرایط حاصل می‌شود، خروج آمریکا نیز این شرایط را به میزان زیادی محدودتر خواهد کرد. خروج آمریکا اصولاً بر انتشار کربن‌دی‌اکسید ایالات متحده اثر خواهد گذاشت، نهایتاً این امر برای انتشار در کشورهای دیگر زیان‌آورتر است.

**بودانسکی**<sup>۱۶</sup> (۲۰۲۱) در مقاله خود با عنوان تغییر اقلیم: برگرداندن گذشته و پیشبرد آینده، بیان کرده‌است به عنوان یک شروع، دولت بایدن باید کارهایی را که ترامپ انجام داد، لغو کند؛ که با پیوستن مجدد به پیمان پاریس در این مسیر گام برداشت. اما بازگرداندن وضعیت موجود، به وضعیت قبل از دولت ترامپ کافی نیست، ایالات متحده همچنین باید تلاش کند تا اقدامات جهانی بلندپروازانه‌تری انجام دهد. این امر تا حدودی مستلزم تقویت کمک‌های تعیین شده ملی احزاب تحت توافق‌نامه پاریس است، اما همچنین نیاز به اقداماتی است که سوئیناز و کیل سابق تغییرات آب‌وهوایی در وزارت امور خارجه، که دوست دارد آن را توافق بزرگ متروپولیتن پاریس بنامد؛ یعنی مجموعه‌ای از دیگر بازیگران بین‌المللی که به پیشبرد اهداف پاریس کمک می‌کند از جمله نهادهای جهانی مانند سازمان بین‌المللی دریانوردی، پروتکل مونترال، بانک جهانی و همچنین سازمان‌های منطقه‌ای. اگرچه دولت بایدن می‌تواند برخی از این ابتکارات بین‌المللی را مستقیماً از طریق اقدامات اجرایی دنبال کند، اما ابتکارات قانونی جدید، با سرنوشت نامشخصی در دادگاه عالی کشور مواجه خواهد شد. اینکه دولت بایدن در سطح بین‌المللی چقدر قادر به انجام دادن است تا حدود قابل توجهی به میزان توانایی انجام کار در داخل کشور بستگی دارد. برای موفقیت لازم است با دولت‌های ایالتی و محلی، گروه‌های زیست‌محیطی و همچنین کنگره همکاری کند تا بتواند سیاست‌های عملی و ماندگاری را تدوین کند.



## روش تحقیق نظریه بازی

بازی‌ها دارای ابعاد زیادی هستند و به خاطر این ابعاد طبقه‌بندی‌های مختلفی از آن می‌توان ارائه داد. مهم‌ترین طبقه‌بندی از نظریه بازی‌ها به شرح ذیل است:

الف) ایستایی یا پویایی بازی

بازی ایستا، بازی است که در آن حرکات بازیکنان، همزمان است. در این بازی‌ها، برای بازیکنان شرایط به گونه‌ای توصیف می‌شود که گویا همه آن‌ها در یک لحظه اقدام به تصمیم‌گیری می‌کنند. در بازی پویا، حرکات بازیکنان به صورت متوالی است، یعنی یک بازیکن با مشاهده حرکت بازیکن اول، اقدام به حرکت می‌کند. اگر در بازی پویا، بازیکن دوم نتواند حرکت بازیکن اول را مشاهده نماید، این بازی تفاوت چندانی با بازی ایستا ندارد (سوری، ۱۳۹۷: ۸).

ب) تعارض منافع یا امکان تشریک مساعی و همکاری

در بسیاری از بازی‌ها مقدار برد یک بازیکن دقیقاً برابر مقدار باخت حریف است که اصطلاحاً به آن بازی با جمع صفر و یا بازی با جمع ثابت می‌گویند. به عبارت دیگر جمع جبری برد و باخت، تمام ترکیب عمل بازیکنان صفر یا عدد ثابت است. در چنین بازی‌هایی تعارض و تضاد منافع کامل است. بازی‌ها در عرصه تجارت و فعالیت‌های اقتصادی، بازی با جمع غیرصفر هستند، زیرا عوامل زیادی در نتیجه بازی موثرند. به عنوان مثال امکان دارد یک فعالیت مشترک که متشکل از همکاری چند نفر با مهارت‌های مختلف است منجر به نتیجه بهتری شود تا اینکه تک تک افراد به تنهایی آن فعالیت را اداره کنند. این در حالی است که منافع آن‌ها کاملاً در راستای یکدیگر نیست ولی بازیکنان ممکن است باهم همکاری کنند تا نتیجه بهتری به دست آورند، با این وجود هنگامی که زمان تقسیم نتیجه همکاری فرا می‌رسد، تعارض منافع آشکار می‌شود (عبدلی، ۱۳۹۸: ۶).

ج) تعداد دفعات انجام بازی

یک بازی ممکن است یک بار انجام و تمام شود یا ممکن است چندین بار تکرار شود. یک بازی تکراری ممکن است با همان بازیکن و یا با بازیکنان دیگر تکرار شود. در بازی‌هایی که یک بار انجام می‌شود، فرد نسبت به رفتار طرف دیگر اطلاعات زیادی ندارد. یعنی بازیکنان نسبت به توانایی‌ها و پیشینه یکدیگر اطلاعات زیادی ندارند، ولی در بازی‌هایی که تکرار می‌شود، بازیکن فرصت کسب اعتبار، جلب اعتماد و به طور کلی کسب اطلاعات بیشتر از طرف مقابل را دارد. بنابراین می‌توان گفت که یک بازی در کوتاه مدت ممکن است بازی با جمع صفر باشد، ولی در بلندمدت می‌تواند یک بازی به نفع دوطرف و با جمع غیرثابت باشد (اصغری، ۱۳۹۸).

د) تقسیم‌بندی بازی‌ها از نظر اطلاعات

تقسیم‌بندی دیگری از بازی‌ها وجود دارد که بر مبنای میزان اطلاعات بازیکنان از وضعیت بازی است. اگر هر بازیکن، تعداد بازیکنان، استراتژی‌های هریک از آن‌ها و همچنین میزان برد و باخت در پایان بازی را بداند، آن را بازی با «اطلاعات کامل» می‌گویند. اما در یک بازی ممکن است بازیکنان شناخت کاملی از استراتژی‌های رقبای خود یا تعداد آن‌ها و یا برد و باخت بازی نداشته باشند که به آن بازی با «اطلاعات ناقص» می‌گویند (احمدی کلهری، ۱۳۹۲).

ه) ثابت یا متغیر بودن قواعد بازی

بازی‌هایی مثل شطرنج، بازی کارت و بازی‌های ورزشی براساس یک قانون شروع و خاتمه پیدا می‌کند که همان قاعده بازی است و هر بازیکن در موقعیت خود باید از آن قواعد پیروی کند. پیروی از این قواعد هیچ ربطی به قدرت و ظاهر طرف ندارد. ولی در بازی تجارت، سیاست، زندگی و نظایر آن، قاعده بازی قابل تغییر است. انجام بازی در چارچوب قاعده ثابت و متغیر به این دلیل مهم است که به بازیکنان کمک می‌کند تا بفهمند در کجا تهدیدها و قول‌های حریف را باور کنند و در کجا باور نکنند (جفائی، ۱۳۹۴).

و) همکاری یا غیرهمکارانه بودن بازی

یکی از ملاک‌های مهم در تقسیم‌بندی بازی‌ها این است که آیا پیش از انجام بازی بین بازیکنان مذاکره‌ای صورت می‌گیرد یا نه. اگر بین بازیکنان مذاکره‌ای صورت گیرد و توافقی هم به وجود بیاید و اجرا گردد، اصطلاحاً به آن «بازی همکاری» می‌گویند. اما اگر چنین مذاکراتی وجود نداشته باشد و یا به یک توافق قابل اجرا منجر نشود، آن را بازی «غیرهمکارانه» می‌گویند. در واقع در بازی توافقی، بازیکنان این امکان را دارند تا با هم ارتباط برقرار کرده و باهم مذاکره نمایند تا به یک قرارداد قابل اجرا برسند (سوری، ۱۳۹۷: ۷). بازی‌های غیرهمکارانه به تصمیم‌گیرندگان این امکان را می‌دهد تا بدون هماهنگی و ارتباط با دیگران و بصورت خودخواهانه و مستقل در پی بهینه کردن خواسته خویش باشند، در بازی‌های همکاری، ممکن است که بازیکنان به منظور برخورداری از سود باهم رقابت نکنند، بلکه به منظور دستیابی به منافع بیشتر بر سر انتخاب برخی از استراتژی‌ها باهم توافق کنند (متین فر و همکاران، ۱۳۹۸).

بازی همکاری یک مدل ریاضی است. از آنجا که لوزانو<sup>۱۷</sup> و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند ماهیت بازی همکاری یافتن یک روش توزیع سودمند است که همکاری را میان شرکت کنندگان اولیه ارتقا می‌بخشد و همچنین رسیدن به یک توافق درست و منصفانه با منطق جمعی است.

### فرم‌های نمایش بازی

الف) نمایش بازی در فرم استراتژیک: در یک بازی که در آن دو بازیکن وجود دارد می‌توان فرم استراتژیک آن را به صورت ماتریسی نوشت که تعداد بازیکنان، عمل و عایدی آن‌ها را نشان می‌دهد:

- ۱- ردیف‌های ماتریس: هر ردیف نشان‌دهنده یکی از عمل‌های بازیکن اول است.
- ۲- ستون‌های ماتریس: هر ستون نشان‌دهنده یکی از عمل‌های بازیکن دوم است.

۳- درایه‌های ماتریس: هر درایه ماتریس از دو عدد تشکیل می‌شود که اولین عدد (سمت چپ) عایدی بازیکن اول و دومین عدد (سمت راست) عایدی بازیکن دوم را نشان می‌دهد.

-مجموعه بازیکنان  $N = \{1, 2, \dots, n\}$

-مجموعه عمل‌های هر بازیکن  $i \in N$

$$A_i = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$$

-ترجیحات و عایدی هر بازیکن  $U_i: S \rightarrow R$

$$A = A_1 \times A_2 \times \dots \times A_n = \{(a_1, a_1, \dots, a_1), \dots, (a_n, a_n, \dots, a_n)\}$$

(نوروز نیا، ۱۳۹۵).

ب) نمایش بازی در فرم بسط یافته: برای نشان دادن یک بازی پویا با هر نوع مشخصه اطلاعاتی (تمام و ناتمام) بکار

می‌رود و باید نمایانگر موارد ذیل باشد:

۱- مجموعه بازیکنان

۲- هر بازیکن چه موقع حرکت می‌کند.

۳- در هر موقع حرکت دارای چه اطلاعاتی است.

۴- هر بازیکن در هر موقع حرکت چه می‌تواند انجام دهد.

۵- پیامد بازیکنان برای هر دنباله حرکت آن‌ها چه مقدار است.

ابزار نمایشی که بتواند عناصر فرم بسط یافته بازی را نشان دهد درخت بازی<sup>۱۸</sup> است اجزا درخت بازی که نشان‌دهنده

عناصر فرم بسط یافته بازی است به صورت زیر است:

۱- گره اولیه<sup>۱۹</sup> ۲- گره‌های تصمیم‌گیری<sup>۲۰</sup> ۳- گره‌های نهایی<sup>۲۱</sup> ۴- شاخه‌ها<sup>۲۲</sup> (عبدلی، ۱۳۹۸: ۲۵۸).

فرم بسط یافته بیشتر در بازی‌های پویا به کار گرفته می‌شود و فرم نرمال یا استراتژیک در بازی‌های ایستا، با اینحال هر

بازی (ایستا و پویا) را به هر دو صورت می‌توان نشان داد (همان، ۱۳۹۸: ۲۳).

این مقاله با پیش فرض عدم مذاکره، رویکرد بازی را غیرهمکارانه و از لحاظ هم‌زمانی (ایستا) و توالی (پویا) حرکات،

آن را پویا با اطلاعات کامل در نظر می‌گیرد.

قواعد بازی شامل موارد زیر است:

تعداد بازیکنان، مجموعه استراتژی‌های آن‌ها و بردهای آن، عناصر یک بازی است که قواعد بازی نامیده می‌شود. این

قواعد توصیف رسمی نظریه پردازان از یک بازی است که از یک محیط ساختاری که در آن بازی انجام می‌شود استخراج

می‌گردند نظریه بازی‌ها شامل فرض دانش عمومی است بدین معنی که تمام بازیکنان این قواعد را می‌دانند و هر بازیکن

می‌داند که دیگران نیز این را می‌دانند و اینکه دیگران نیز می‌دانند که او این قواعد را می‌داند. تمام بازیکنان آگاه هستند که

آن‌ها با رقبای عقلایی مواجه‌اند و تمام بازیکنان به صورت استراتژیک فکر می‌کنند. بدین معنی که وقتی یک بازیکن در

حال تصمیم گیری راجع به انتخاب استراتژی خود است، وی هر دانش یا انتظاراتی را که او ممکن است راجع به رفتار رقبایش بداند به حساب می آورد.

تعداد بازیکنان: به هر کدام از تصمیم گیران در محیط بازی یک «بازیگر» گفته می شود.

تعداد بازیکنان در این مقاله ۲ بازیگر است، که عبارتند از: آمریکا و اتحادیه اروپا

بنابراین، مجموعه بازیکنان عبارت است از:  $N = \{A, EU\}$ ، در این مجموعه،  $N$  مجموعه بازیگران،  $A$  معرف آمریکا و  $EU$  معرف اتحادیه اروپا است. در این بازی، آمریکا و اتحادیه اروپا برای خروج یا ماندن در توافق پاریس با یکدیگر بازی می کنند.

استراتژی: اگر یک بازی ایستا باشد، استراتژی هر بازیکن عبارت از آن مجموعه عمل هایی است که بازیکن می تواند از میان آن ها یکی را برای یک بار انتخاب کند. به عبارت دیگر استراتژی عبارت است از: «انتخاب های موجود و پیش روی یک بازیکن» ولی اگر بازی پویا باشد، عمل بازیکنی که دیرتر عمل خود را انتخاب می کند، می تواند پاسخ به بازیکنی باشد که زودتر از او عملی را انتخاب کرده است (عبدلی، ۱۳۹۸: ۱۰).

راهبردهای بازیکنان (انتخاب های ممکن) عبارت است از: همکاری و عدم همکاری.

که برای هر کشور، به این صورت است:

$S_{EU} = \{C, NC\}$ ،  $S_A = \{C, NC\}$  که در این عبارات،  $S$  نشان دهنده راهبردی است که برای هر کشور به صورت

جداگانه تعریف شده است و  $C$  راهبرد همکاری و  $NC$  راهبرد عدم همکاری است.

برای این بازی، مجموع ترکیب استراتژی بازیکنان به صورت زیر است:

$$S = S_A \times S_{EU} = \{(C, C), (C, NC), (NC, C), (NC, NC)\}$$

این مجموعه بیان می کند، اگر بازی شروع شود، در عمل یکی از ترکیب های یاد شده رخ می دهد.

پیامد بازیکنان: پیامد هر بازیکن در بازی، یکی از عناصر اصلی بازی و تابع راهبرد انتخابی آن بازیکن و بازیکنان حریف

است (بیاتی و همکاران، ۱۳۹۸).

### روش های حل بازی

مقصود از پیدا کردن جواب و حل بازی عبارت است از پیش بینی یا تبیین و توضیح نحوه رفتار بازیکنان در یک بازی است.

#### حل به روش تابع بهترین جواب (پاسخ)

در این روش برای پیدا کردن تعادل نش باید هر یک از سلول های ماتریس بازی را مورد بررسی قرار داد که تعادل نش است یا خیر. در این روش ابتدا هر یک از عمل های بازیکن حریف را داده شده فرض می کنیم و بهترین پاسخ را به آن عمل ها به دست می آوریم. این کار را برای تمام بازیکنان تکرار می کنیم. آن ترکیب عمل تعادل نش خواهد بود که بهترین پاسخ متقابل بازیکنان به یکدیگر را نشان دهد (نوروزیا، ۱۳۹۵). در روش بهترین پاسخ، بازیکن  $A$  بهترین پاسخ خود را نسبت به

تک استراتژی‌های دیگر بازیکنان مشخص می‌کند، اگر این کار برای همه بازیکنان انجام شود، نقطه اشتراک بهترین پاسخ‌ها، نقطه تعادل است. بهترین پاسخ بازیکن  $i$  در فرم استراتژیک به این صورت تعریف می‌شود:

$$B_i(s_{-i}) = \{s_i \in S_i, u_i(s_i, s_{-i}) \geq u_i(s_i^*, s_{-i}) \quad \forall s_i^* \in S_i\}$$

که در آن  $s_i^*$  یعنی هر استراتژی غیر از استراتژی  $i$  و  $s_i$  یعنی استراتژی بازیکنان غیر از بازیکن  $i$ . تعریف نقطه تعادل نش طبق شرط مذکور عبارتست از: بهترین پاسخ بازیکن  $i$  به بهترین پاسخ بقیه بازیکنان. در صورت ثابت کردن استراتژی‌های بقیه بازیکنان، بهترین پاسخ بازیکن  $i$  باید پیامد بیشتر یا مساوی سایر استراتژی‌هایش داشته باشد (عاشوری، ۱۳۹۶).

### حل به روش استراتژی غالب و مغلوب

حذف استراتژی‌های مغلوب، یکی از روش‌های حل یک بازی برای انتخاب استراتژی بهینه بازیکنان است. به طور کلی استراتژی مغلوب، استراتژی است که در هر شرایطی، وضعیت بازیکن مورد نظر را بدتر می‌کند. هر بازیکن بهترین واکنش را به رقیب خود نشان می‌دهد که بیانگر «عقلانیت فردی» است. اگر برای هر بازیکن بهترین واکنشها را در نظر بگیریم، در نهایت منجر به این می‌شود که استراتژی‌های مغلوب حذف می‌شوند، زیرا استراتژی‌های مغلوب قطعاً در داخل مجموعه «بهترین واکنش‌ها» نیستند. این «عقلانیت فردی» که طبق آن، هر بازیکن بهترین واکنش را نشان می‌دهد و به دنبال حداکثر نمودن برد فردی خودش است ممکن است با حداکثر نمودن برد مشترک یا جمعی همراه نباشد. می‌توان استراتژی اکیداً مغلوب را به صورت عمومی‌تر، تعریف کرد:

در یک بازی  $n$  نفره استراتژی  $i$  برای بازیکن  $i$  ام «اکیداً مغلوب» است، اگر استراتژی دیگری مانند  $S_i''$  وجود داشته باشد، که شرط زیر را تأمین نماید:

$$u_i(S_1, S_2, \dots, S_i'', \dots, S_n) > u_i(S_1, S_2, \dots, S_i', \dots, S_n)$$

تعریف بدین معنی است که هر استراتژی که سایر بازیکنان انتخاب کنند، برای بازیکن  $i$  یک استراتژی مانند  $S_i''$  وجود دارد که برد بالاتری نسبت به هر استراتژی دیگری مانند  $S_i'$  به دنبال دارد و لذا  $S_i'$  اکیداً مغلوب  $S_i''$  است. با توجه به اینکه یک بازیکن عقلایی، هیچ‌گاه استراتژی مغلوب را انتخاب نمی‌کند، می‌توان با حذف استراتژی‌های مغلوب، تعادل بازی را به دست آورد. منظور از تعادل بازی، یافتن «استراتژی بهینه» برای هر بازیکن است (سوری، ۱۳۹۷: ۳۹).

### روش نقطه زینی

نقطه‌ای است که در آن کمینه ارزش‌های موجود در سطر و بیشینه ارزش‌های موجود در ستون، در یک ارزش واحد به هم می‌گریند یا برعکس - نقطه‌ای است که بیشینه ارزش‌های موجود در سطر و کمینه ارزش‌های موجود در ستون در آن نقطه بر هم منطبق می‌شوند. این نقطه همگرایی به ارزش کمترین بیشینه معروف است از جمله اصول اولیه و مسلم نظریه بازی‌ها این است که در یک بازی دو نفره با حاصل جمع صفر، استراتژی عقلایی بر اصل کمترین بیشینه استوار است. هر بازیکن باید در پی بیشینه ساختن کمتری امتیازی که می‌تواند مطمئن از حصول آن باشد یا در پی کمینه کردن بیشترین

ضروری که تحمل آن اجتناب پذیر است باشد. چنانچه هر دو طرف بدین گونه عمل کنند استراتژی‌های آن‌ها ممکن است در یک نقطه زینی باهم تلاقی کند (راستگو و همکاران، ۱۳۹۹).

### حل بازی از طریق تعادل نش

یکی دیگر از روش‌ها «تعادل نش» است. نقطه‌ای است که در آن هیچ بازیکنی انگیزه‌ای برای تغییر استراتژی خود نداشته باشد. در نظریه بازی‌ها فرض این است که بازیکنان عاقل هستند، یعنی، راهبرد انتخابی آن‌ها در راستای منافعشان است. تعادل نش موقعی حاصل می‌شود که: اول، هر بازیکن با توجه به باوری که نسبت به انتخاب حریف دارد، راهبردی را انتخاب کند که بیشترین پیامد را عایدش کند؛ دوم، باور بازیکن در خصوص راهبرد حریف صحیح باشد. راهبرد تعادلی نش به استراتژی‌هایی که بازیکنان با این روش انتخاب می‌کنند، شکل می‌دهد (بیاتی و همکاران، ۱۳۹۸).

به طور کلی برش استراتژی  $(S_1^*, S_2^*, \dots, S_n^*)$  را تعادل نش گوئیم، هرگاه با ثابت بودن استراتژی‌های انتخابی سایر بازیکنان، هیچ بازیکنی انگیزه‌ای برای تغییر استراتژی خود نداشته باشد. فرض کنید بردار  $(S_1^*, S_2^*, \dots, S_n^*)$  بیانگر برش خاصی از استراتژی‌های بازیکنان باشد. این استراتژی‌ها را تعادل نش گوئیم اگر برای هر بازیکن و برای هر استراتژی  $S_i$  شرط زیر برقرار باشد:

$$u_i(S_1^*, S_2^*, \dots, S_i^*, \dots, S_n^*) \geq u_i(S_1^*, S_2^*, \dots, S_i', \dots, S_n^*)$$

بنابراین در تعادل نش بازیکن  $i$  هیچ انگیزه‌ای برای تغییر استراتژی  $S_i^*$  ندارد، زیرا  $S_i^*$  به خوبی یا بهتر از هر استراتژی دیگری است. به عبارت دیگر اگر سایر بازیکنان استراتژی‌های  $S_1^*, S_2^*, \dots, S_n^*$  را انتخاب کنند، بهترین واکنش بازیکن  $i$  این است که استراتژی  $S_i^*$  را انتخاب کند. بنابراین تعادل نش به معنی بهترین واکنش است و لذا مفهوم تعادل از طریق حذف استراتژی‌های مغلوب را نیز در بردارد (سوری، ۱۳۹۷: ۵۰).

### تجزیه و تحلیل

اعداد مورد استفاده در این مقاله از، مطالعه ژانگ و همکاران (۲۰۱۷) با عنوان «اثرات کناره‌گیری آمریکا از توافق پاریس بر فضای انتشار کربن و هزینه کاهش انتشار در چین، اتحادیه اروپا و ژاپن تحت محدودیت‌های فضای انتشار کربن جهانی» به دست آمده است که مسأله اصلی این مطالعه ارزیابی اثرات بر فضای انتشار کربن، قیمت کربن و زیان اقتصادی کلان در چین، اتحادیه اروپا و ژاپن به خروج آمریکا از توافق پاریس است. بنابراین، این مطالعه چهار سناریوی شبیه‌سازی که حدود متفاوت خروج آمریکا از توافق پاریس را توصیف می‌کنند، ارائه می‌کند که عبارتند از:

- سناریوی عدم خروج (۲۷): آمریکا به‌عنوان یک قدرت اصلی تعهدات خود را برای کاهش انتشار کربن اجرا خواهد کرد. بموجب قانون NDC، انتشار کربن کشور خود را در سال ۲۰۲۵ تا ۲۷ درصد (میانگین ۲۶-۲۸ درصد) از سطوح ۲۰۰۵ کاهش خواهد داد. در سال ۲۰۳۰، انتشار آن  $Gt^{۱۱} ۴$  خواهد بود و همه کشورهای دیگر هم تعهد NDC خود را اجرا خواهند کرد. بموجب هدف ۲ درجه کاهش دمای هوا، آمریکا به کاهش انتشار الزامی نشان داده شده در جدول (۱) دست خواهد یافت.

۲) سناریوی خروج ۲۰: با فرض اینکه انتشارهای آمریکا در سال ۲۰۲۵ تنها ۲۰ درصد در مقایسه با سطح ۲۰۰۵ کاهش یافت و به ۴/۶۸ Gt در ۲۰۳۰ رسید. اما کشورهای دیگر باید تلاش کنند انتشار بیشتر را کاهش دهند تا انتشار اضافی آمریکا را توجیه کنند. انتشارات اضافی توسط آمریکا به عنوان یک بار کاهش انتشار اضافی بر کشورهای دیگر بر اساس جمعیت اختصاص داده می‌شوند.

۳) سناریوی خروج ۱۳: با فرض این که آمریکا فقط به ۵۰ درصد هدف NDC دست می‌یابد یا انتشارها را تا ۱۳/۵ درصد در ۲۰۲۵ در مقایسه با ۲۰۰۵ کاهش می‌دهد و انتشارها در ۲۰۳۰ به ۵/۲۵ Gt می‌رسد.

۴) سناریوی خروج ۰: فرض می‌شود که از آنجا که رئیس‌جمهور ترامپ سعی می‌کند بخش‌های تأمین انرژی را با رفع محدودیت‌های استخراج ذغال، استخراج ذغال خام و گاز طبیعی و سرمایه‌گذاری اساسی در ساخت زیر ساخت از سر بگیرد. در نتیجه، انتشارهای آمریکا با انتشارهای سطح ۲۰۰۵ یکسان خواهد بود.

جدول ۱. میزان انتشار چین، اتحادیه اروپا، ژاپن و آمریکا در ۲۰۳۰ و انتشارهای جهانی در طول ۲۰۱۰-۲۰۳۰

هدف	سناریو	۲۰۱۰-۲۰۳۰				
		چین	اتحادیه اروپا	ژاپن	آمریکا	
NDC	NDC <sub>27</sub>	۱۱/۰۱	۵/۵۵	۲/۷۶	۴/۱۱	۹۸۵/۶۳
	NDC <sub>20</sub>	۱۰/۹۲	۵/۵۰	۲/۷۳	۴/۶۸	
	NDC <sub>13</sub>	۱۰/۸۳	۵/۴۶	۲/۷۱	۵/۲۵	
	NDC <sub>00</sub>	۱۰/۶۶	۵/۳۷	۲/۶۷	۶/۳۳	
2°C	2°C <sub>27</sub>	۷/۷۵	۱/۹۳	۲/۳۸	۳/۱۷	۷۰۰/۲۱
	2°C <sub>20</sub>	۷/۶۲	۱/۸۹	۲/۳۴	۴/۶۸	
	2°C <sub>13</sub>	۷/۵۳	۱/۸۷	۲/۳۱	۵/۲۵	
	2°C <sub>00</sub>	۷/۳۶	۱/۸۳	۲/۲۵	۶/۳۳	

منبع: ژانگ و همکاران (۲۰۱۷)

به‌علاوه، سناریوهای کاهش را بسته به شدت هدف کاهش به گروه NDC و گروه ۲ درجه کاهش دمای هوا طبقه‌بندی می‌کند.

#### فضای انتشار کربن

اثرات متراکم‌کننده خروج آمریکا بر فضاهاى انتشار آمریکا، اتحادیه اروپا قابل توجه است. بموجب هدف NDC، خروج آمریکا به افزایش فضای انتشار خود تا ۱۴، ۲۸ و ۵۴ درصد در سناریوهای ۲۰، ۱۳ و ۰ می‌شود. از سوی دیگر، بموجب سناریوهای NDC ۲۰، ۱۳ و ۰ در ۲۰۳۰ به کاهش اساسی فضای انتشار CO<sub>2</sub> تا ۱/۱، ۱/۸ و ۳/۳ درصد در اتحادیه اروپا منجر می‌شود. بموجب هدف ۲ درجه، آمریکا می‌تواند با اجرای کامل تعهدش در سناریوی ۲۷ دو درجه تا ۴۸، ۶۶ و ۱۰۰ درصد فضای انتشار اضافی به دست آورد. اما این به زیان مناطق دیگر است. نرخ کاهش ۱/۷، ۲/۹ و ۵/۵ درصد در اتحادیه اروپا خواهد بود.

جدول ۲. ماتریس بازی آمریکا و اروپا طبق فضای انتشار کربن بر حسب هدف NDC

		اروپا	
		خروج (NC)	عدم خروج (تعهد اروپا در صورت عدم خروج آمریکا) (C)
آمریکا	عدم خروج (C)	(۴/۱۱, ۷/۷۷)	(۴/۱۱, ۵/۵۵)
	خروج (NC)	(۶/۳۳, ۷/۷۷)	(۶/۳۳, ۵/۵۵)

منبع: مطالعه ژانگ و همکاران (۲۰۱۷) و یافته‌های پژوهش

اعداد مورد استفاده:

هدف NDC: آمریکا: NDC<sub>27</sub>: ۴/۱۱، NDC<sub>00</sub>: ۶/۳۳؛ اروپا: NDC<sub>27</sub>: ۵/۵۵، NDC<sub>00</sub>: ۵/۳۷ (ژانگ و همکاران،

۲۰۱۷).

در این بازی عدم خروج، همکاری و خروج، عدم همکاری را نشان می‌دهد. در این ماتریس بازیکن اول آمریکا و بازیکن دوم اروپا است. در این قسمت طبق اعداد جدول، عدد عدم خروج آمریکا ۴/۱۱ است و عدد تعهد اروپا در صورت عدم خروج آمریکا ۵/۵۵ است. اگر آمریکا تصمیم به خروج بگیرد فضای انتشار کربن از ۴/۱۱ به ۶/۳۳ می‌رسد و در واقع ۲/۲۲ واحد انتشار کربن آمریکا افزایش می‌یابد. اما برای به دست آوردن سناریو خروج اروپا فرض می‌شود در حالت اول آمریکا به تعهد خود پایبند است (عدم خروج) ولی اروپا خارج می‌شود، بنابراین به همان اندازه که به انتشار کربن آمریکا در صورت خارج شدن اضافه شد به انتشار کربن اروپا هم اضافه می‌شود و عدد ۷/۷۷ به دست می‌آید. و در حالت دوم اگر هم اروپا و هم آمریکا خارج شود اعداد برای آمریکا ۶/۳۳ و برای اروپا ۷/۷۷ است.

در این قسمت بازی بین آمریکا و اروپا طبق فضای انتشار کربن بر حسب هدف دودرجه و ماتریس بازی به صورت زیر است:

جدول ۳. ماتریس بازی بین آمریکا و اروپا طبق فضای انتشار کربن بر حسب هدف دودرجه

		اروپا	
		خروج (NC)	عدم خروج (تعهد اروپا در صورت عدم خروج آمریکا) (C)
آمریکا	عدم خروج (C)	(۳/۱۷, ۵/۰۹)	(۳/۱۷, ۱/۹۳)
	خروج (NC)	(۶/۳۳, ۵/۰۹)	(۶/۳۳, ۱/۹۳)

منبع: مطالعه ژانگ و همکاران (۲۰۱۷) و یافته‌های پژوهش

هدف دو درجه

آمریکا: NDC<sub>27</sub>: ۳/۱۷، NDC<sub>00</sub>: ۶/۳۳؛ اروپا: NDC<sub>27</sub>: ۱/۹۳، NDC<sub>00</sub>: ۱/۸۳ (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۷).

مجدد در این قسمت هم برای به دست آوردن سناریوی خروج اروپا فرض شد که به همان اندازه که به انتشار کربن آمریکا در صورت خارج شدن اضافه شد به انتشار کربن اروپا هم اضافه شود و عدد ۵/۰۹ به دست می‌آید.

اثر بر قیمت کربن

تلاش‌های آمریکا در کاهش کربن به طور معنی‌داری بر قیمت کربن طرفین دیگر برای دستیابی به اهداف NDC و دو درجه اثر خواهد گذاشت. بموجب هدف NDC، قیمت کربن آمریکا در سناریوی NDC<sub>27</sub> بالاترین است و در سال ۲۰۳۰ به ۱۳۶/۲ دلار می‌رسد در حالیکه تحت سناریوی NDC 20، NDC13 و NDC00، قیمت کربن تا ۹۰/۲، ۵۸/۵ و ۲۰/۴ دلار



کاهش خواهد یافت. بنابراین، کناره‌گیری آمریکا به کاهش قابل توجه قیمت کربن خودش منجر می‌شود. اتحادیه اروپا از هزینه‌های اضافی رنج خواهند برد. قیمت کربن اتحادیه اروپا در سال ۲۰۳۰ از ۱۲۷/۱ دلار در سناریوی NDC27 به ۱۳۰/۷ دلار، ۱۳۴/۴ دلار و ۱۴۲ دلار در سناریوهای NDC20، NDC113 و NDC00 افزایش خواهد یافت. که برابر است با هزینه کربن اضافی ۹/۶ میلیارد، ۱۹/۸ میلیارد و ۳۹/۸ میلیارد دلاری.

بموجب هدف دو درجه، فضای انتشار کربن برای هر کشور کمتر هم می‌شود. بنابراین، اگرچه کناره‌گیری آمریکا قیمت کربن خودش را کاهش خواهد داد، به فشار بالاتر به سایر کشورها منجر خواهد شد. برای آمریکا قیمت کربن در سال ۲۰۳۰ از ۲۷۶/۶ دلار به ۲۱ دلار در سناریوی ۰۰ افت خواهد کرد. نرخ کاهش قابل توجه است، معادل هزینه کربن کمتر ۲/۶۲ تریلیونی. از این دیدگاه، توضیح این که چرا رئیس جمهور ترامپ مشتاق کناره‌گیری از توافق پاریس است، ساده است. اما برای مناطق دیگر، قیمت‌ها و هزینه‌های کربن به طور اساسی افزایش خواهد یافت. مثلاً قیمت کربن اتحادیه اروپا در سال ۲۰۳۰ به میزان زیادی از ۲۱۶/۶ دلار به ۲۵۲ دلار در سناریوی ۰۰ افزایش خواهد یافت که با هزینه کربن بیشتر تا ۷۹۹ میلیارد دلار متناظر است. به طور خلاصه، کناره‌گیری آمریکا قیمت و هزینه‌های کربن را به طرفین دیگر منتقل می‌کند.

جدول ۴. ماتریس بازی آمریکا و اروپا طبق اثر بر قیمت کربن بر حسب هدف NDC

		اروپا	
		عدم خروج (تعهد اروپا در صورت عدم خروج آمریکا) (C)	خروج (NC)
آمریکا	عدم خروج (C)	(۱۳۶/۲, ۱۲۷/۱)	(۱۳۶/۲, ۱۱/۳)
	خروج (NC)	(۲۰/۴, ۱۲۷/۱)	(۲۰/۴, ۱۱/۳)

منبع: مطالعه ژانگ و همکاران (۲۰۱۷) و یافته‌های پژوهش

اعداد مورد استفاده: هدف NDC: آمریکا: NDC27: ۱۳۶/۲ دلار، NDC00: ۲۰/۴ دلار؛ اروپا: NDC27: ۱۲۷/۱ دلار، NDC00: ۱۴۲ دلار (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۷).

در این قسمت قیمت آمریکا طبق سناریوی NDC27 (عدم خروج) ۱۳۶/۲ است و اگر خارج شود (سناریوی NDC00) قیمت ۲۰/۴ است یعنی در صورت خروج معادل ۱۱۵/۸ قیمت کم می‌شود. همچنین برای به دست آوردن سناریوی خروج اروپا فرض می‌شود قیمت اروپا به همان اندازه که از قیمت آمریکا در صورت خارج شدن کاسته شد از قیمت اروپا هم کاسته شود و عدد ۱۱/۳ به دست می‌آید.

در این قسمت بازی بین آمریکا و اروپا طبق قیمت کربن بر حسب هدف دو درجه و ماتریس بازی به صورت زیر است:

جدول ۵. ماتریس بازی آمریکا و اروپا طبق اثر بر قیمت کربن بر حسب هدف دو درجه

		اروپا	
		عدم خروج (تعهد اروپا در صورت عدم خروج آمریکا) (C)	خروج (NC)
آمریکا	عدم خروج (C)	(۲۷۶/۶, ۲۱۶/۶)	(۲۷۶/۶, -۳۹)
	خروج (NC)	(۲۱, ۲۱۶/۶)	(۲۱, -۳۹)

منبع: مطالعه ژانگ و همکاران (۲۰۱۷) و یافته‌های پژوهش

هدف دو درجه: آمریکا: 2°C27: ۲۷۶/۶ دلار، 2°C00: ۲۱ دلار؛ اروپا: 2°C27: ۲۱۶/۶ دلار، 2°C00: ۲۵۲ دلار (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۷).

### اثرات کلان اقتصادی

قسمت قبل نشان می دهد که اگر آمریکا از توافق پاریس کناره گیری کند، سایر مناطق با قیمت بالاتر کربن مواجه خواهند شد زیرا آن ها باید تلاش های کاهش کربن خود را برای دستیابی به اهداف جهانی تقویت کنند. بعلاوه، سایر کشورها از زیان GDP اضافی در دستیابی به اهداف اقلیمی رنج خواهند برد. زیان GDP آمریکا در سناریوهای NDC13، NDC20 و NDC00، ۴۰/۶۸، ۶۷/۳۸ و ۹۳/۳۱ میلیارد دلار کاهش خواهد یافت که معادل ۱۱۲/۷، ۱۸۶/۶ و ۲۵۸/۴ دلار GDP سرانه است.

از سوی دیگر، زیان GDP مناطق دیگر افزایش خواهد یافت. زیان GDP اتحادیه اروپا در سال ۲۰۳۰ بموجب سناریوی NDC27، ۱۱۲ میلیارد دلار معادل زیان GDP سرانه ۰/۸۷ درصد است. در حالی که در سناریوی NDC00، زیان اضافی ۱۳/۲۲ میلیارد خواهد بود.

برای دستیابی به هدف دو درجه، زیان GDP خیلی بالاتر از هدف NDC خواهد بود. نتایج نشان می دهد که زیان GDP آمریکا در هدف ۰۰ دو درجه ۲۱۰ میلیارد دلار خواهد بود که ۱/۲۳ درصد GDP را شامل می شود در حالی که بموجب سناریوهای ۲۰، ۱۳ و ۰۰، زیان تا ۵۳/۲، ۲۶/۱، ۰/۸۷- میلیارد دلار کاهش خواهد یافت که صرفاً ۰/۳۱، ۰/۱۵ و ۰/۰۱- درصد GDP را توجیه می کند. توجه داشته باشید که GDP در سناریوی ۰۰ دو درجه حتی کمی افزایش می یابد زیرا قیمت پایین تر کربن در آمریکا آن محصولات صنعتی آن را در بازار جهانی رقابتی می سازد. در نتیجه، صادرات افزایش خواهد یافت و به رشد GDP بالاتر منجر می شود. اما بخش بعد نشان می دهد چگونه کشورهای دیگر زیان بیشتر را تجربه خواهند کرد. زیان GDP اروپا در سال ۲۰۳۰ از ۱۷۹ بیلیون دلار در سناریوی ۲۷ به ۳۲/۱۴ میلیارد دلار در سناریوی ۰۰ افزایش می یابد که معادل زیان GDP سرانه ۷۱/۱ دلاری است.

جدول ۶. ماتریس بازی آمریکا و اروپا طبق اثرات کلان اقتصادی بر حسب هدف NDC

		اروپا	
آمریکا	عدم خروج (C)	عدم خروج (تعهد اروپا در صورت عدم خروج آمریکا) (C)	خروج (NC)
			(۱۰۲/۸، ۱۱۲)
	خروج (NC)	(۹۳/۳۱، ۱۱۲)	(۹۳/۳۱، ۱۰۲/۵۱)

منبع: مطالعه ژانگ و همکاران (۲۰۱۷) و یافته های پژوهش

هدف NDC: آمریکا: NDC27: ۱۰۲/۸، NDC00: ۹۳/۳۱؛ اروپا: NDC27: ۱۱۲،

NDC00: ۱۲۵/۲۲ = ۱۱۲ + ۱۳/۲۲ (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۷).

در این قسمت زیان GDP آمریکا طبق سناریوی NDC27 (عدم خروج) ۱۰۲/۸ است و اگر خارج شود (سناریوی

NDC00) زیان به ۹۳/۳۱ کاهش می یابد یعنی در صورت خروج معادل ۹/۴۹ سود به دست می آورد.

همچنین برای به دست آوردن سناریوی خروج اروپا فرض می‌شود زیان GDP اروپا به همان اندازه که از زیان آمریکا در صورت خارج شدن، کاسته شد از زیان اروپا هم کاسته شود و عدد ۱۰۲/۵۱ به دست می‌آید.

جدول ۷. ماتریس بازی آمریکا و اروپا طبق اثرات کلان اقتصادی بر حسب هدف دو درجه

		اروپا	
		خروج (NC)	عدم خروج (تعهد اروپا در صورت عدم خروج آمریکا) (C)
آمریکا	عدم خروج (C)	(۲۱۰/۸۷, ۱۷۸/۱۳)	(۲۱۰/۸۷, ۱۷۹)
	خروج (NC)	(۲۱۰, ۱۷۸/۱۳)	(۲۱۰, ۱۷۹)

منبع: مطالعه ژانگ و همکاران (۲۰۱۷) و یافته‌های پژوهش

هدف دو درجه: آمریکا: ۲۱۰/۸۷: ۲°C27، اروپا: ۲۱۰: ۲°C00، ۱۷۹:

۲°C00: ۲۱۱/۱۴ = ۱۷۹ + ۳۲/۱۴ (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۷).

### نتیجه‌گیری

نتیجه تعادل نش بازی آمریکا و اروپا بر حسب فضای انتشار کربن طبق هدف NDC و دودرجه کاهش دمای هوا، خروج آمریکا و اروپا است. تعادل نش بازی آمریکا و اروپا بر حسب قیمت کربن طبق هدف NDC و دودرجه، عدم خروج آمریکا و اروپا است چون در این نقطه هیچ یک از بازیکنان انگیزه تخطی ندارد، همچنین تعادل نش بازی آمریکا و اروپا بر حسب اثرات کلان اقتصادی طبق هدف NDC و دودرجه، عدم خروج آمریکا و اروپا است چون در این نقطه هیچ یک از بازیکنان انگیزه تخطی ندارد. به عبارت دیگر در صورتی که ملاحظات انتشار کربن با ملاحظات اقتصادی (قیمت کربن و اثرات کلان اقتصادی) از طرف دو گروه کشور باهم در نظر گرفته شوند؛ دو گروه کشور به توافق پایبند خواهند بود و راهبرد عدم خروج را دنبال می‌کنند. لذا آمریکا به توافق برمی‌گردد. سیاست‌هایی که پیشنهاد می‌شود:

تصمیم دولت ترامپ مبنی بر خروج از پیمان پاریس، بی‌اعتنایی به تلاش جامعه بین‌المللی در مدیریت یکی از مهم‌ترین رویدادهای مخاطره آمیز برای حیات سیاره زمین است که از سوی ابرقدرت‌هایی چون خود آمریکا ایجاد شده‌است، نقش کشورهای صنعتی از جمله آمریکا در تغییرات آب‌وهوایی و گرم شدن کره زمین به مراتب بیشتر از کشورهای جهان سومی است که نقش چندانی در بروز و ظهور این فجایع زیست محیطی نداشته‌اند. آمریکا دومین تولیدکننده گازهای گلخانه‌ای در جهان است و اگر اراده‌ای مبنی بر کمک به حیات کره زمین نداشته باشد، نمی‌توان نسبت به اصلاح فجایع زیست محیطی ابراز امیدواری کرد، همچنین با توجه به اینکه قصور آمریکا در انجام تعهدات NDC در درجات مختلف فضای انتشار کربن آمریکا را افزایش و هزینه کاهش انتشار آن را کاهش خواهد داد. اما فضای انتشار کربن سایر طرفین از جمله چین، اتحادیه اروپا و ژاپن کاهش و هزینه‌های کاهش انتشار آن‌ها افزایش خواهد یافت، برای آمریکا وضع قوانین سختگیرانه و رعایت مفاد توافق نامه پاریس بهتر است که کشورها در مذاکره مطمئن باشند آمریکا از توافق خارج نمی‌شود.

یکجانبه‌گرایی دولت دونالد ترامپ و تلاش برای تحکیم سلطه خود در نظام بین‌الملل عامل انجام اقداماتی خسارت‌بار شده است. روسای جمهوری آمریکا تا قبل از دونالد ترامپ با بهره‌گیری از دیپلماسی مشارکتی و با همکاری جامعه بین

الملل در راستای اهداف خود گام برمی‌داشتند. اما ترامپ و سیاست‌های او نقطه عطفی در تاریخ روابط خارجی آمریکا و نظم بین‌الملل به شمار می‌رود به طوری که می‌توان ادعا کرد سیاست‌های دولت دونالد ترامپ سقوط آزاد به سوی یک جانبه‌گرایی بوده است.

سیاست دیگر تمرکز بر روی چندجانبه‌گرایی و تقویت چندجانبه‌گرایی خواهد بود. لازم است کشورها مبنای دیپلماسی و مبنای چندجانبه‌گرایی را مورد توجه قرار دهند. چندجانبه‌گرایی رویکردی در جهت تقویت همکاری‌های سیاسی، اقتصادی و امنیتی در جهان نخستین بار در قرن بیستم به عنوان یکی از الگوهای دیپلماسی مطرح شد. در مفهومی ساده چندجانبه‌گرایی به معنای همکاری گروهی متشکل از چند دولت است. در واقع چندجانبه‌گرایی فرایند نهادینه کردن همکاری بین‌المللی توسط نرم‌ها و اصول بین چند بازیگر فعال به صورت داوطلبانه و با قوانین اعمالی برابر برای همه آنها است. لذا دستاوردهایی که می‌تواند برای ایران داشته باشد:

ایران می‌تواند در مذاکرات به اطمینان از اینکه آمریکا از توافق خارج نمی‌شود سیاست زیست محیطی خود را تنظیم کند و در پروژه مشترک بهبود محیط زیست وارد شود و چون یک بازی است وقتی ایران وارد می‌شود طبق اصول و قواعد تعریف شده برای بازی، بایستی از قواعد پیروی کند.

نتایج مطالعات نشان داده که بر اساس برنامه‌های مدون و مصوب دستگاه‌ها در برنامه ششم توسعه و برنامه‌های افق ۱۴۰۹ پتانسیل کاهش انتشار کشور حدود ۱۸ درصد در سال ۲۰۳۰ (۱۴۰۹) نسبت به سناریوی وضع موجود است. بنابراین تعهدات مندرج در اهداف مشارکت ملی معین کشور یک چهارم پتانسیل موجود در اقدامات دستگاه‌ها در سال‌های آتی است. آیا متوسط رشد اقتصادی ایران می‌خواهد بیش از ۸ درصد در سال باشد که الحاق به توافق‌نامه پاریس مانع آن شود در حالی که در ۴۰ سال گذشته، هیچ‌وقت دو سال پشت سر هم متوسط رشد اقتصادی کشور بالای ۵ درصد نبوده است. بنابراین اجرای تعهدات کاهش انتشار تحت توافق‌نامه پاریس نه تنها مانع رشد و توسعه صنعتی کشور نمی‌شود، بلکه منافع بسیاری برای کشور دارد که نمونه‌هایی از آنها عبارتند از:

- خروج از انزوا از طریق دیپلماسی زیست محیطی و مشارکت فعال در شکل‌گیری کنوانسیون‌های بین‌المللی زیست محیطی و دفاع از منافع ملی کشور
- جلوگیری از فرصت‌سوزی اقدامات داوطلبانه زیست محیطی انجام شده و در حال انجام در کشور نظیر توسعه حمل و نقل عمومی، گسترش استفاده از گاز طبیعی، بهبود راندمان نیروگاه‌های کشور، بهبود استاندارد خودروهای تولیدی کشور از طریق ثبت در مجامع بین‌المللی
- استفاده از پتانسیل‌های مالی و فنی موجود و انتقال دانش فنی تحت کنوانسیون‌های بین‌المللی زیست محیطی
- کاهش آلاینده‌های زیست محیطی در محیط‌های شهری از طریق کاهش مصرف انرژی در بخش حمل و نقل، واحدهای مسکونی و تجاری و واحدهای صنعتی و نیروگاهی نزدیک مناطق شهری

• استفاده پایدار از منابع انرژی و حفظ آن برای نسل‌های آتی از طریق اجرای اقدامات بهره‌وری انرژی و توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر و استفاده از منابع آزاد شده از این محل در سایر برنامه‌های توسعه کشور با توجه به اینکه بیش از ۸۰ درصد انتشار گازهای گلخانه‌ای کشور در بخش انرژی و احتراق سوخت صورت می‌گیرد، عمده سیاست‌های کاهش انتشار نیز معطوف به اجرای اقدامات بهینه‌سازی و افزایش کارایی انرژی در سیستم‌های احتراقی و نیز جلوگیری از هدر روی نهاده‌ها و منابع انرژی در بخش‌های مختلف و استفاده بهینه و پایدار از منابع انرژی کشور از طریق جمع‌آوری گازهای همراه و ارسالی به فلر، کاهش نشتی در سیستم‌های انتقال و توزیع گاز و کاهش تلفات خطوط انتقال برق به‌دست خواهد آمد که همگی برگرفته از سیاست‌های ابلاغی مقام معظم رهبری در اصلاح الگوی مصرف و نیز اقتصاد مقاومتی به خصوص در بهره‌برداری صیانتی از منابع نفت و گاز کشور است. بر اساس قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی، دولت باید اقدامات لازم در کاهش شدت مصرف انرژی به دو سوم در انتهای برنامه پنجم و نصف در انتهای برنامه ششم را به انجام برساند. در تدوین اهداف مشارکت ملی معین دولت جمهوری اسلامی ایران جهت ارائه به دبیرخانه کنوانسیون، این استراتژی به منظور شناسایی پتانسیل کاهش انتشار بر اساس راهبردهای کلان کشور، ابلاغی مقام معظم رهبری با فرض اینکه یک تأخیر ۱۰ ساله در حصول به اهداف آن به‌وجود آید، در مدل وارد شد. نتایج نشان می‌دهد که اگر شدت انرژی در کشور در انتهای برنامه هشتم (۱۴۰۹) به نصف کاهش یابد، میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای کشور در بخش انرژی ۵۴ درصد کمتر از انتشار سناریوی ادامه وضع موجود خواهد بود، بنابراین مشاهده می‌شود که تعهدات داوطلبانه کشور در اهداف مشارکت ملی معین تنها ۴ درصد از پتانسیل ۵۴ درصد کاهش انتشار موجود بر اساس سیاست‌های ابلاغی مقام معظم رهبری در اصلاح الگوی مصرف است. بنابراین مشارکت داوطلبانه ایران تحت توافق‌نامه پاریس نه تنها در تغایر با سیاست‌های ابلاغی نیست، بلکه برگرفته از آن بوده و چه بسا به دلیل بین‌المللی بودن آن بتواند هم‌افزایی بیشتری بر اجرای آنها در کشور ایجاد کند.

همچنین آمریکا در دوره ریاست جمهوری اوباما تعهد کرده بود که افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای را تا سال ۲۰۲۵ به زیر میزان آن در سال ۲۰۰۵ کاهش خواهد داد، اما در دوره ترامپ این امر محقق نشد و بسیاری از مقرراتی که برای هدف فوق تدوین شده بود، متوقف شد. براساس این طرح بایدن برای انرژی‌های پاک و بازگشت به توافق پاریس، لازم است آمریکا حدود ۲ میلیارد دلار برای انرژی‌های پاک و اجرای تعهدات خود در ۱۰ سال آینده سرمایه‌گذاری کند. با این سرمایه‌گذاری احتمال دارد آمریکا به میزان ۷۵ میلیارد تن انتشار گازهای گلخانه‌ای را در ۳۰ سال آینده کاهش دهد که منجر به کاهش یک دهم درجه سانتی‌گراد از میزان دمای کره زمین بشود. بازگشت آمریکا به توافق و متعاقب آن اجرای تعهدات مبنی بر کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، علاوه بر تأثیر مستقیم بر بحران تغییرات آب‌وهوایی، موجب تشویق و هدایت دیگر کشورها نیز خواهد شد و قاعدتاً بر سیاست‌های چین به عنوان بزرگ‌ترین انتشاردهنده گازهای گلخانه‌ای جهان نیز تأثیرگذار خواهد بود. با تصمیم آمریکا به بازگشت به پیمان پاریس، انتظار می‌رود دولت بایدن برنامه‌ریزی‌های جدیدی را برای تحقق اهداف پیمان در نظر بگیرد و ایالت‌های مختلف نحوه مشارکت خود برای تحقق اهداف کاهش گازهای

گلخانه‌ای را تدوین کنند. در عین حال گروهی از شرکت‌های عظیم مانند اپل، گوگل، گلدمن و ساچ پیش از این نیز اعلامیه‌ای را امضا کرده بودند که حضور آمریکا در پیمان پاریس، قدرت رقابت آن‌ها را در بازار جهانی تقویت خواهد کرد و به آمریکا اجازه می‌دهد که در عرصه توسعه تکنولوژی‌های کاهش انتشار کربن در جهان پیشرو باشد. در مجموع باید گفت بایدن که اعلام کرده در نخستین روز آغازین دوره ریاست جمهوری خود به توافق پاریس بر می‌گردد، انتشار صفر درصد گازهای گلخانه‌ای را برای سال ۲۰۵۰ هدف گذاری کرده است. بدیهی است برنامه‌ریزی برای هدف ۳۰ سال آینده مستلزم برنامه‌های کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت از جمله تخصیص بودجه است، اما نباید فراموش کرد که حتی تعیین هدف برای سال ۲۰۳۰ به معنای برنامه‌ریزی و تخصیص بودجه برای ۱۰ سال آینده، امر ساده و بی‌چالشی برای بایدن نخواهد بود. در عین حال باید توجه داشت، درحالی که بسیاری از دانشمندان محیط زیست با خرسندی از بازگشت آمریکا به توافق پاریس، ابراز امیدواری می‌کنند که آمریکا هرچه سریع‌تر این هدف را عملی کرده و با برنامه‌ریزی‌های هوشمندانه و سنجیده، نقش مسئولانه خود را در عرصه تغییرات آب‌وهوایی اجرا کند، در آن سوی کره زمین، چین با برنامه‌ریزی‌های دوراندیشانه و در سوی دیگر اتحادیه اروپا در تلاش بی‌وقفه برای رهبری آرمان کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و پیش افتادن در عرصه علم و تکنولوژی احیاناً گرفتن انحصار بازار فناوری در این زمینه، در تلاش‌اند و انتظار می‌رود این امر از چالش‌های مهم آمریکا در آینده باشد چرا که تا به امروز حداقل ۴ سال در میدان رقابت از رقیب عقب افتاده است.

### یادداشت‌ها

۱. سند تعهدات ملی (Nationally Determined Contributions) در واقع نشان‌دهنده راهبرد هر کشوری در عمل به توافق پاریس برای کاستن از تولید گازهای گلخانه‌ای یا همان منابع انرژی مانند نفت و گاز است؛ از سوی دیگر، سند تعهدات ملی شامل منابع مالی اجرای این تعهدات و نیز چگونگی اجرای تعهدات هر کشوری است.

- |  |  |
|--|--|
| 2. Nordhaus  | 3. Convention on Climate Change        |
| 4. Kyoto Protocol  | 5. Paris Agreement                     |
| 6. United Nations Framework Convention on Climate Change | 7. Nationally Determined Contributions |

۸. هیئت بین‌دولتی تغییر اقلیم (Intergovernmental Panel On Climate Change) یک ارگان بین‌دولتی علمی است که اقدام به ارزیابی جامع از اطلاعات علمی، فنی و اجتماعی - اقتصادی جاری در مورد مخاطرات تغییرات آب‌وهوایی بر اثر فعالیت‌های انسانی در سراسر جهان می‌کند. ارزیابی پیامدهای بالقوه این تغییرات و گزینه‌های احتمالی سازگار شدن با این پیامدها و کاستن از عواقب آن، از کوشش‌های این نهاد است. هیئت بین‌دولتی تغییر اقلیم، بدنه سازمان ملل متحد در زمینه ارزیابی علوم مربوط به تغییر اقلیم است. این هیئت توسط برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد (UNEP) و سازمان هواشناسی جهانی (WMO) در سال ۱۹۸۸ میلادی تأسیس شد تا ارزیابی‌های علمی دوره‌ای در زمینه تغییر اقلیم و آثار و خطرات آن را در اختیار سران سیاسی کشورها قرار دهد و استراتژی‌های کاهش و سازگاری را ارائه کند.

- |                                    |                            |
|------------------------------------|----------------------------|
| 9. Dai                             | 10. Zhange                 |
| 11. Computable General Equilibrium | 12. Gross Domestic Product |
| 13. Lejano and Li                  | 14. Feredila               |
| 15. Seale                          | 16. Bodansky               |
| 17. Lozano                         | 18. Game Trees             |
| 19. Initial Node                   | 20. Decision Nodes         |
| 21. Terminal Nodes                 | 22. Branches               |

## منابع

- احمدی کلهری، اشرف. (۱۳۹۲). نقش ایران در فرآورده‌های GTL با رویکرد نظریه بازی‌ها. *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*، گروه اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس.
- اصغری، نادر. (۱۳۹۸). تأثیر بازی‌ها روی هم در نظریه بازی‌ها. *پایان‌نامه دکترای ریاضی محض (آنالیز)*. گروه ریاضی، آمار و علوم کامپیوتر، دانشگاه سمنان.
- امینی، اعظم؛ میان‌آبادی، حجت؛ ناداف، ناصر. (۱۳۹۷). نقش دیپلماسی در موافقت‌نامه اقلیمی پاریس. *ژئوپلیتیک*، ۱۴(۱)، ۱۷۵-۱۴۸.
- بیاتی، المیرا؛ صفوی، بیژن؛ جعفرزاده، امیر. (۱۳۹۸). همکاری ایران و قطر در برداشت از ذخایر مشترک گازی پارس جنوبی (گنبد شمالی) با تأکید بر نظریه بازی‌ها. *مدلسازی اقتصادی*، ۱۳(۱)، ۷۲-۴۷.
- جفائی، رؤیا. (۱۳۹۴). یک مدل نظریه بازی‌ها برای گروه‌های همکاری در برنامه‌های اجتماعی. *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*، گروه ریاضی، دانشگاه شاهد.
- راستگو، محمدزمان؛ شیراوند، صارم؛ عمرانی، ابوذری؛ دیده‌ورا، ذوالفقار. (۱۳۹۹). تحلیل رقابت ایران و عربستان در عراق بر اساس نظریه بازی‌ها (همکاری و منازعه). *مطالعات آسیای جنوب غربی*، ۳(۹)، ۶۵-۲۹.
- رضوی نژاد، سیدامین. (۱۳۹۵). بررسی استراتژی‌های ایران و آمریکا در پسابرجام براساس نظریه بازی‌ها. *پژوهشنامه علوم سیاسی*، ۱۱(۳)، ۱۲۵-۱۴۸.
- سلیمی ترکمانی، حجت. (۱۳۹۷). از مسئولیت حقوقی دولت‌ها تا مسئولیت اخلاقی آن‌ها در زمینه مقابله با تغییرات آب و هوایی. *مجله مطالعات حقوقی دانشگاه شیراز*، ۱۰(۲)، ۱۰۵-۱۳۳.
- سوری، علی. (۱۳۹۷). نظریه بازی‌ها و کاربردهای اقتصادی. انتشارات نورعلم.
- شکیبایی، علیرضا؛ خاتمی، سمانه. (۱۳۹۶). تحلیل نظریه بازی‌های تکاملی در سیستم‌های محاسباتی مبتنی بر عامل: کشورهای نفتی اوپک. *مدلسازی اقتصادی*، ۱۱(۲)، ۵۵-۲۹.
- عاشوری، فاطمه. (۱۳۹۶). نظریه کوانتومی بازی‌ها. *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*، گروه فیزیک ذرات بنیادی، دانشگاه فردوسی مشهد.
- عبدلی، قهرمان. (۱۳۹۸). *نظریه بازی‌ها و کاربردهای آن (بازی‌های ایستا و پویا با اطلاعات کامل)*. انتشارات سازمان جهاد دانشگاهی تهران.
- متین فر، فرزام؛ آزادی‌پرنده، فرشته؛ لونی، عبدالله. (۱۳۹۸). مروری بر رویکردهای نظریه بازی در شبکه توزیع هوشمند با تأکید بر بازی‌های همکاری. *صنایع الکترونیک*، ۱۰(۳)، ۲۹-۱۷.
- محمدی، علیرضا. (۱۳۹۸). بررسی کنوانسیون ۲۰۱۵ پاریس در مورد تغییرات اقلیمی. *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*، گروه حقوق بین‌الملل، مؤسسه آموزش عالی عمران و توسعه همدان.
- نوربخش، سیدهادی؛ غفوری، سیدمحمدحسین؛ ملکی، عباس. (۱۳۹۴). به کارگیری نظریه بازی‌ها در تحلیل منازعه ایران و آمریکا با محوریت برنامه هسته‌ای ایران. *راهبرد*، ۲۴(۷۴)، ۱۳۲-۸۹.
- نوروزنیا، محمد. (۱۳۹۵). نظریه بازی‌ها و کاربردهایی از بازی‌های بیزی. *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*، گروه ریاضی، آمار و کامپیوتر، دانشگاه سمنان.

## References

- Abdoli, G.H. (2019). Game theory and its applications (static and dynamic games with complete information). *University Jihad Organization Publications. Tehran* [In Persian].
- Ahmadi Kalhori, A. (2013). Iran's role in GTL products with a game theory approach. *Master Thesis. Department of Economics. Trabiati Modares University* [In Persian].
- Amini, A., Mianabadi, H., Naddaf, N. (2018). The role of diplomacy in the Paris Agreement. *Journal of Geopolitics*, 14(1), 175-148 [In Persian].
- Asghari, N. (2019). The effect of games on each other in game theory. *PhD Thesis in Pure Mathematics (Analysis). Department of Mathematics, Statistics and Computer Science. Semnan University* [In Persian].

- Ashuri, F. (2018). Quantum game theory. *Master Thesis. Stem Particle Physics Group, Mashhad Ferdowsi University* [In Persian].
- Bayati, E., Safavi, B., Jafarzadeh, A. (2019). Cooperation between Iran and Qatar in extracting common gas reserves of South Pars (North Gonbad) with emphasis on game theory. *Quarterly Journal of Economic Modeling*, 13(1), 72-47 [In Persian].
- Bodansky, D.(2021). Climate Change: Reversing the Past and Advancing the Future. *Published Online by Cambridge University Press, Volume*, 115, 80-85.
- Dai, H.CH., Zhang, H.B., & Wang, W.T. (2017). The impacts of U.S. withdrawal from the Paris Agreement on the carbon emission space and mitigation cost of China, EU, and Japan under the constraints of the global carbon emission space. *Advances in Climate Change Research*, 8, 226-234.
- Fredella, M.I., Carfi, D., Donato, A., Squillante, M. (2020). Coopetitive games for environmental sustainability: Climate change and decision global policies. *Socio-Economic Planning Sciences*.
- Jafaei, R. (2016). A game theoretical model for collaborative groups in social programs. *A Thesis presented for the Degree of Master of Science in Applied Mathematic. Department of Mathematics, Shahed University*.
- Lejano, R.P., Li, L. (2019). Cooperative game- theoretic perspectives on global climate action: Evaluating international carbon reduction agreements. *Journal of Environmental Economics and Policy*, 8(1), 79-89.
- Lozano, S., Moreno, P., Adenso-Díaz, B., Algaba, E. (2013). Cooperative game theory approach to allocating benefits of horizontal cooperation. *European Journal of Operational Research*, 229(2), 444-452.
- Matin Far, F., Azadi Parand, F., Loni, A. (2019). An overview of game theory approaches in the smart distribution network with an emphasis on Cooperative Games. *Electronic Industries Quarterly*, 10(3), 17-29 [In Persian].
- Mohamadi, A. (2019). Review of the 2015 Paris Convention on Climate Change. Master Thesis. International Law Group. *Hamadan Institute of Higher Education for Development and Development* [In Persian].
- Noorbakhsh, S.H., Ghafoori, S.M.H., Maleki, A. (2015). Applying game theory to the analysis of the Iran-US conflict with a focus on Iran's nuclear program. *Strategy Quarterly*, 24(74), 132-89 [In Persian].
- Nordhaus, W.D. (1992). An optimal transition path for controlling greenhouse gases. *Science-New York Then Washington, Vol. 258, No. 5086, pp. 1315-1319*.
- Nowruznia, M. (2016). Game theory and applications of byzantine games. *Master Thesis. Math, Statistics and Computer Group. Semnan University* [In Persian].
- Rastgoo, M. Z., Shiravand, S., Omrani, A., Didevara, Z. (2020). Analysis of Iran-Saudi Arabia competition in Iraq Based on Game Theory (Cooperation and Conflict). *Quarterly Journal of Southwest Asian Studies*, 3(9), 29-65 [In Persian].
- Razavi Nazhsd, S.A. (2016). A review of Iran-US strategies in the aftermath based on game theory. *Journal of Political Science*, 11(3), 148-125 [In Persian].
- Saelen, H., Hovi, J., Sprinz, D., Underdal, A. (2020). How US Withdrawal might influence cooperation under the Paris Climate agreement. *Environmental Science and Policy*, 108, 121-132.
- Salimi Turkamani, H. (2018). From legal responsibility of states to their ethical responsibility in the context of climate change. *Journal of Legal Studies, Shiraz University*, 10(2), 133-105 [In Persian].
- Shakibae, A.R., Khatami, S. (2017). Analysis of the theory of evolutionary games in factor-based computing systems: OPEC oil countries. *Journal of Economic Modeling*, 11(2), 55-29 [In Persian].
- Souri, A. (2018). Game theory and economic applications. *Noor Elm Publications* [In Persian].
- Zhang, H.B., Dai, H.CH., Hua-xia, L., Wang, W.T. (2017). U.S. withdrawal from the Paris Agreement: Reasons, impacts, and China's Response. *Advances in Climate Change Research*, 8, 220-225.