

# Predicting Iran's Scientific Collaboration Trend in the Light of Joining International Treaties: Simulating Possible Scenarios Using an Agent-based Modeling Approach

**Mahsa Sadeghinezhad**

PhD Candidate in Economic Sociology and Development; Department of Social Sciences; Faculty of Literature and Humanities; Ferdowsi University of Mashhad; Mashhad, Iran; Email: m.sadeghinezhad@stu.um.ac.ir

**Mohsen Noghani Dokht Bahmani\***

PhD in Sociology; Associate Professor of Sociology; Department of Social Sciences; Faculty of Literature and Humanities; Ferdowsi University of Mashhad; Mashhad, Iran Email: noghani@um.ac.ir

**Ahmadreza Asgharpourmasouleh**

PhD in Economic Sociology and Development; Assistant Professor of Sociology; Department of Social Sciences; Faculty of Literature and Humanities; Ferdowsi University of Mashhad; Mashhad, Iran; Email: asgharpour@um.ac.ir

Received: 30, Jan. 2023 Accepted: 24, Apr. 2023

**Abstract:** During the last two decades, some international treaties have played a decisive role in facilitating scientific collaboration between member countries. For this reason, this study aims to predict the effect of Iran's membership in these treaties on three things: first, the amount of scientific collaboration between Iran and the members of each treaty; second, the total amount of Iran's international scientific collaboration; third, the extent of Iran's dependence on scientific collaboration with the USA as the most key actor in the international scientific collaboration network. According to the background, the treaties that have a significant impact on international scientific collaboration are G7, G20, EU, OECD, OPEC, APEC, and BRICS. This study is based on the simulation method (with an agent-based modeling approach). This method was used to simulate the network of scientific collaboration between independent countries with more than one million people in the period of 2023-2042. The secondary data required for the simulation were collected from the Web of Science database and the United Nations database. Hypotheses

Iranian Journal of  
**Information  
Processing and  
Management**

Iranian Research Institute  
for Information Science and Technology  
(IranDoc)

ISSN 2251-8223

eISSN 2251-8231

Indexed by SCOPUS, ISC, & LISTA

Vol. 39 | No. 1 | pp. 31-62

Autumn 2023

<https://doi.org/jipm.39.1>



\* Corresponding Author

related to possible scenarios were tested based on difference-in-difference statistical model. All calculations, including network simulation and hypothesis testing, were performed in the R software environment. The findings showed that Iran's joining G20, OECD, and APEC will significantly increase Iran's scientific collaboration with the members of each treaty. However, Iran's membership in the BRICS will not have a significant effect on its collaboration with the BRICS members. Also, Iran's joining each of these four treaties will significantly increase the total amount of Iran's international scientific collaboration. However, the increase in the G20 scenario is higher, and in the BRICS scenario is lower than other treaties. At the same time, Iran's membership in G20 and BRICS will lead to a significant increase in Iran's dependence on collaboration with the USA. In return, Iran's membership in OECD and APEC will play a significant role in reducing Iran's dependence on collaboration with the USA. Another advantage of Iran's membership in the OECD is strengthening its collaboration with two of the key players in Europe (France and Italy). One of the side benefits of Iran's joining APEC is the significant increase in its collaboration with the key player in East Asia (China). The results indicated that Iran's joining OECD and APEC will help to increase Iran's visibility in the international scientific collaboration network and reduce Iran's dependence on collaboration with the USA.

**Keywords:** Scientific Collaboration, International Treaty, Simulation, Agent-based Modeling, Iran

# پیش‌بینی روند همکاری‌های علمی ایران در پرتو پیوستن به معاهدات بین‌المللی: شبیه‌سازی سناریوهای محتمل با رویکرد مدل‌سازی عامل‌محور

مهسا صادقی‌نژاد

دانشجوی دکتری جامعه‌شناسی اقتصادی و توسعه؛  
دانشکده ادبیات و علوم انسانی؛  
دانشگاه فردوسی مشهد؛ مشهد، ایران؛  
m.sadeghinezhad@stu.um.ac.ir

محسن نوغانی دخت‌بهمنی

دکتری جامعه‌شناسی؛ دانشیار؛ دانشکده ادبیات و علوم  
انسانی؛ دانشگاه فردوسی مشهد؛ مشهد، ایران؛  
noghani@um.ac.ir

احمدرضا اصغرپور ماسوله

دکتری جامعه‌شناسی اقتصادی و توسعه؛ استادیار؛  
دانشکده ادبیات و علوم انسانی؛ دانشگاه فردوسی  
مشهد؛ مشهد، ایران asgharpour@um.ac.ir



مقاله برای اصلاح به مدت ۳ روز نزد پدیدآوران بوده است.

پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۰۴

دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۱۰

نشریه علمی | رتبه بین‌المللی  
پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران  
(ایرانداک)

شاپا (جایی) ۲۲۵۱-۸۲۲۳

شاپا (الکترونیکی) ۲۲۵۱-۸۲۳۱

نمایه در SCOPUS، و ISC، LISTA

jipm.irandoc.ac.ir

دوره ۳۹ | شماره ۱ | صص ۳۱-۲۲

پاییز ۱۴۰۲

<https://doi.org/jipm.39.1>

چکیده: طی دو دهه اخیر، برخی از معاهدات بین‌المللی نقش تعیین‌کننده‌ای در تسهیل همکاری علمی بین کشورهای عضو ایفا نموده‌اند. به همین جهت مطالعه حاضر در صدد پیش‌بینی اثر عضویت ایران در این نوع معاهدات بر سه مورد است: اول، میزان همکاری علمی ایران با اعضای هر معاهده، دوم، میزان کل همکاری‌های علمی بین‌المللی ایران، و سوم، میزان وابستگی ایران به همکاری علمی با آمریکا به عنوان کلیدی‌ترین کنشگر شبکه همکاری علمی بین‌المللی. بر اساس پیشینه پژوهش، معاهداتی که تأثیر معناداری بر روابط همکاری علمی بین کشورها دارند عبارت‌اند از: «جی هفت»، «جی بیست»، «اتحادیه اروپا»، «سازمان همکاری و توسعه اقتصادی»، «اوپک»، «آپک» و «بریکس». این مطالعه مبتنی بر روش شبیه‌سازی (با رویکرد مدل‌سازی عامل‌محور) است. از این روش برای شبیه‌سازی شبکه همکاری‌های علمی بین کشورهای مستقل دارای بیش از یک میلیون نفر جمعیت در بازه ۲۰۲۳-۲۰۴۲ استفاده شد. داده‌های



ثانویه مورد نیاز برای شبیه‌سازی از پایگاه «وب‌آوساینس» و پایگاه داده «سازمان ملل» گردآوری شد. فرضیات مرتبط با سناریوهای محتمل بر مبنای مدل آماری «تفاوت در تفاوت» آزمون شدند. کلیه محاسبات اعم از شبیه‌سازی شبکه و آزمون فرضیات در محیط نرم‌افزار R انجام شد. یافته‌های پژوهش نشان داد که پیوستن ایران به «جی بیست»، «سازمان همکاری و توسعه اقتصادی» و «آپک» سبب افزایش معنادار همکاری علمی ایران با اعضای هر کدام از این معاهدات خواهد شد. اما عضویت در «بریکس» تأثیر معناداری بر همکاری ایران با اعضای این معاهده ندارد. همچنین، پیوستن ایران به هر کدام از این چهار معاهده موجب افزایش معنادار میزان کل همکاری‌های علمی بین‌المللی ایران خواهد شد. با وجود این، میزان افزایش حاصل در سناریوی «جی بیست» بیشتر و در سناریوی «بریکس» کمتر از سایر معاهدات است. در همان حال، عضویت ایران در «جی بیست» و «بریکس» منجر به افزایش معنادار وابستگی ایران به همکاری علمی با آمریکا خواهد شد. در مقابل، عضویت ایران در «سازمان همکاری و توسعه اقتصادی» و «آپک» نقش بارزی در کاهش وابستگی ایران به همکاری علمی با آمریکا خواهد داشت. مزیت دیگر عضویت ایران در «سازمان همکاری و توسعه اقتصادی»، تقویت همکاری‌هایش با دو مورد از کنشگران کلیدی اروپا (فرانسه و ایتالیا) است. از مزایای فرعی پیوستن ایران به «آپک» نیز افزایش معنادار همکاری‌های علمی ایران با کنشگر کلیدی شرق آسیا (چین) است. نتایج حاکی از این است که پیوستن ایران به «آپک» و «سازمان همکاری و توسعه اقتصادی»، هم به افزایش رؤیت‌پذیری آن در شبکه همکاری علمی بین‌المللی و هم به کاهش وابستگی‌اش به همکاری علمی با آمریکا کمک خواهد نمود.

کلیدواژه‌ها: همکاری علمی، معاهده بین‌المللی، شبیه‌سازی، مدل‌سازی عامل‌محور، ایران

## ۱. مقدمه

معاهدات بین‌المللی<sup>۱</sup> - در ادبیات روابط بین‌الملل - به‌عنوان سازمان‌های بین‌دولتی<sup>۲</sup> نیز شناخته می‌شوند. سازمان بین‌دولتی به نهادی اطلاق می‌شود که بر اساس معاهده‌ای متشکل از دو یا چند ملت ایجاد شده و هدفش کار کردن روی مسائل و موضوعات مورد نظر ملت‌هاست (مانند گروه جی هشت). این سازمان‌ها در غیاب معاهدات وجود خارجی ندارند. سازمان‌های بین‌دولتی که بر مبنای معاهدات تشکیل می‌شوند، در مقایسه با یک گروه‌بندی صرف از ملت‌ها مزایای بیشتری دارند؛ چرا که این سازمان‌ها تابع قوانین بین‌المللی بوده و قادر به انعقاد توافقنامه‌های لازم‌الاجرا بین خود یا با دولت‌ها هستند (Hofman 2020).

سه دیدگاه رایج درباره نقش سازمان‌های بین‌دولتی در همکاری‌های بین‌المللی

1. international treaties

2. intergovernmental organizations (IGOs)

عبارت‌اند از: (۱) دیدگاه نئولیبرالیسم (اعم از نهادگرا و غیرنهادگرا)، (۲) دیدگاه برساخت‌گرایی<sup>۱</sup>، و (۳) دیدگاه شبکه. هدف اصلی نهادگرایی نئولیبرال<sup>۲</sup> رد ادعای نئولیبرالیسم مبنی بر دشواری شکل‌گیری همکاری بین‌المللی به‌واسطه سازمان‌های بین‌دولتی بود. ادعای اصلی نئولیبرالیسم این بود که اعتماد و همکاری بین‌المللی میسر نیست، چون کشورها نمی‌توانند به مقاصدی که طرف مقابل از همکاری دارد، پی ببرند؛ حال آنکه نئولیبرالیسم نهادگرا مدعی است حتی اگر سیاست‌های بین‌المللی آنارشیک باشد و کشورها بازیگران منطقی باشند، امکان همکاری بین‌المللی به کمک نهادهای بین‌المللی وجود دارد. سازمان‌های بین‌دولتی با برعهده گرفتن وظایفی از قبیل میزبانی انجمن‌هایی که مقاصد کشورها در آن‌ها آشکار می‌شود، می‌توانند بر تبعیت از قواعد توافقنامه‌ها یا نقض آن‌ها نظارت نمایند (Fujita 2010). در واقع، سازمان‌های بین‌دولتی با شفاف‌سازی نیات طرفین احتمال پیش‌بینی‌پذیری رفتارها و در نتیجه، همکاری برای دستیابی به منافع مشترک را افزایش می‌دهند. مطابق با دیدگاه نئولیبرالیسم نهادگرا، دولت‌ها به‌مثابه کنشگران عقلانی صرفاً در صدد کسب منافع خودشان هستند و نسبت به منافع طرف مقابل بی‌تفاوت‌اند. در مقابل، سازمان‌های بین‌دولتی با کنترل رفتار کنشگران و ممانعت از رفتارهایی مانند فریبکاری امکان دستیابی اعضا به منافعشان را تسهیل می‌نمایند (دهشیری و بهرامی ۱۳۹۴).

در دیدگاه برساخت‌گرایی به‌جای منافع، بر تأثیرات هنجاری تأکید می‌شود. برساخت‌گرایان معتقدند که سازمان‌های بین‌دولتی از طریق تغییر هنجارهای اعضا و ایجاد هنجارهای مشترک در میان آن‌ها همکاری بین‌المللی را ترویج می‌نمایند. از آنجا که چنین تغییرات هنجاری سبب تغییر ترجیح از جنگ‌طلبی به صلح‌طلبی در برابر طرف مقابل می‌شود، کشورهای عضو بدون ترس از فریبکاری طرف مقابل وارد همکاری می‌شوند. در دیدگاه شبکه فرض می‌شود که سازمان‌های بین‌دولتی به‌واسطه کاهش هزینه‌های نقل و انتقال و فراهم‌ساختن کانال‌های ارتباطی بین کشورهای عضو، همکاری بین‌المللی را تسهیل می‌کنند. طبق این دیدگاه، دو کشور زمانی می‌توانند با هم همکاری کنند که هر دو عضو سازمان‌های بین‌دولتی مشترکی باشند. هر اندازه تعداد سازمان‌های بین‌دولتی که دو کشور به‌طور هم‌زمان عضوشان هستند بیشتر باشد، احتمال همکاری بین

1. constructivism

2. neoliberal institutionalism

آن‌ها نیز بیشتر خواهد شد. در واقع، تعلق به شبکه‌ای از سازمان‌های بین دولتی منجر به خلق سرمایه اجتماعی برای کشورهای عضو و اعتمادسازی در بین آن‌ها خواهد شد (Fujita 2010). به طور کلی، دیدگاه‌های نئولیبرالیسم نهادگرا، بر ساخت‌گرایی و شبکه بر این باورند که معاهدات بین‌المللی نقش تسهیل‌کننده‌ای در روابط همکاری علمی بین کشورها دارند.

از ابتدای قرن بیست‌ویکم و با ادغام هرچه بیشتر کشورها در معاهدات بین‌المللی، این نوع سازمان‌های بین دولتی نقش فزاینده‌ای در تسهیل روابط بین کشورها (از جمله روابط علمی آن‌ها) ایفا نموده‌اند. در این میان، معاهدات بین اقتصادهای قدرتمند و اقتصادهای در حال ظهور، نقش پررنگ‌تری در همکاری‌های بین‌المللی دارند (Hou, Pan and Zhu 2021). بنا بر قاعده، همکاری علمی بین‌المللی<sup>۱</sup> - که رایج‌ترین نوع رابطه علمی بین ملت‌هاست - از تأثیر معاهدات بین‌المللی مستثنا نبوده است. دو نمونه شناخته‌شده این تأثیر، «استراتژی لیسبون»<sup>۲</sup> و «بیانیه کیپ‌تاون»<sup>۳</sup> است. «اتحادیه اروپا» در قالب استراتژی «لیسبون» دو هدف مهم را برای تبدیل شدن به یک جامعه پیشرو از حیث نوآوری در مقیاس جهانی دنبال می‌کرد. هدف اول، کاهش شکافی بود که از نظر هزینه‌ها و خروجی‌های نوآوری بین اتحادیه اروپا و ایالات متحده آمریکا و ژاپن وجود داشت. هدف دوم، جلوگیری از انجام تحقیقات تکراری بود (Makkonen and Mitze 2016). «بیانیه کیپ‌تاون» در «معاهده بریکس» نیز منجر به امضای تفاهم‌نامه‌ای به منظور توسعه همکاری در علم، فناوری و نوآوری بین کشورهای عضو شد؛ چرا که تولید دانش علمی و فناوری‌های جدید محرک مهمی برای نوآوری و توسعه اقتصادی محسوب می‌شد (Finardi and Buratti 2016).

نقش اتحادیه اروپا در شکل‌گیری روابط همکاری علمی قوی بین اعضای قدیم و جدید آن در تحقیقات اخیر (Makkonen and Mitze 2016) و Kato and Ando (2017) کاملاً مشهود است. این امر به وضوح حاکی از موفقیت سیاست‌های علمی اتحادیه اروپا برای دستیابی به یک بازار داخلی مشترک در حیطه پژوهش است (Makkonen and Mitze 2016). با وجود این، اهمیت معاهدات بین‌المللی در روند همکاری‌های علمی بین‌المللی ایران کمتر مورد توجه بوده است. به همین جهت، مسئله پژوهش حاضر این است که عضویت ایران در مهم‌ترین معاهدات بین‌المللی چگونه سبب تغییر روند همکاری‌های علمی‌اش خواهد شد.

1. international scientific collaboration

2. Lisbon strategy

3. Cape Town

در این پژوهش، مقصود از مهم‌ترین معاهدات بین‌المللی عضویت در «جی هفت»، «جی بیست»، «اتحادیه اروپا»، «سازمان همکاری و توسعه اقتصادی»، «آپک»، «اوپک» و «بریکس» است؛ چرا که عضویت در آنها تأثیر به‌سزایی بر همکاری‌های علمی کشورهای عضو داشته است (Hou, Pan and Zhu 2021). سناریوهای محتمل در مورد ایران (با توجه به توضیحات بخش ۳-۳) عبارت‌اند از: پیوستن به «جی بیست»، «سازمان همکاری و توسعه اقتصادی»، «آپک» و «بریکس». با توجه به نقش معاهدات بین‌المللی در نظام علمی، سیاسی و اقتصادی داخلی کشورها و بهبود روابط بین کشورهای عضو در ابعاد مختلف (Makkonen and Mitze 2016)، بررسی اینکه عضویت ایران در معاهدات مذکور تا چه اندازه می‌تواند به افزایش همکاری‌های علمی آن کمک کند، ضروری به نظر می‌رسد.

همچنین، با توجه به اینکه طی دو دهه اخیر همواره آمریکا اولین همکار علمی ایران بوده، مطلوب است بدانیم عضویت ایران در معاهدات بین‌المللی تا چه اندازه می‌تواند در کاهش وابستگی علمی‌اش به آمریکا مؤثر باشد. پاسخ به این سؤال از این جهت اهمیت دارد که وابستگی شدید به همکاری با یک کشور خاص در صورتی که روابط بین آن دو کشور به دلیل مسائل دیگر (برای مثال، تحریم) تضعیف بشود، امکان دارد به ضرر طرفی تمام بشود که به شدت وابسته به این رابطه بوده است. از این رو، پژوهش حاضر در صدد پاسخگویی به دو پرسش با روش شبیه‌سازی است. از آنجا که هدف شبیه‌سازی‌ها به‌طور عمده پیش‌بینی است، نتایج به‌دست آمده می‌تواند در حیطه سیاست‌گذاری‌های علمی به کار گرفته شود. با توجه به نتایج شبیه‌سازی پاسخ به پرسش‌های زیر مد نظر است. همچنین، در راستای سؤال اول و بر مبنای دیدگاه شبکه، دو فرضیه طراحی شده که به شرح زیر هستند:

### سوالات پژوهش

۱. روند همکاری‌های علمی ایران پس از پیوستن به معاهدات «جی بیست»، «سازمان همکاری و توسعه اقتصادی»، «آپک» و «بریکس» چگونه پیش‌بینی می‌شود؟
۲. روند وابستگی ایران به همکاری علمی با آمریکا پس از پیوستن به معاهدات «جی بیست»، «سازمان همکاری و توسعه اقتصادی»، «آپک» و «بریکس» چگونه پیش‌بینی می‌شود؟

## فرضیات پژوهش

۱. پیوستن ایران به معاهدات «جی بیست»، «سازمان همکاری و توسعه اقتصادی»، «آپک» و «بریکس» موجب افزایش میزان همکاری‌های علمی ایران با اعضای هر معاهده در بلندمدت خواهد شد؛
۲. پیوستن ایران به معاهدات «جی بیست»، «سازمان همکاری و توسعه اقتصادی»، «آپک» و «بریکس» موجب افزایش میزان کل همکاری‌های علمی ایران در بلندمدت خواهد شد.

## ۲. پیشینه پژوهش

بیشتر پژوهش‌هایی که اثر عضویت در معاهدات بین‌المللی بر شبکه روابط همکاری علمی بین‌المللی را بررسی نموده‌اند، به یک دهه اخیر مربوط هستند. در ادامه، برخی از آن‌ها مرور خواهند شد. لازم به ذکر است پژوهش‌هایی که صرفاً افزایش / کاهش میزان همکاری علمی اعضای یک معاهده را با یک کشور غیر عضو گزارش نموده‌اند (مانند مطالعه «ریاحی و قانعی‌راد» (۱۳۹۱)) در اینجا مورد نظر نیستند؛ چرا که هدف مطالعه حاضر بررسی تغییر میزان همکاری به واسطه عضویت در یک معاهده است.

«هو، پان و ژو» در مطالعه‌ای که به منظور شناسایی تأثیر عوامل علمی، اقتصادی، ژئوپلیتیکی و فرهنگی بر شدت همکاری علمی بین‌المللی طی بازه ۲۰۱۹-۱۹۸۰ انجام دادند، ذیل عوامل ژئوپلیتیکی به بررسی اثر عضویت کشورها در معاهدات مشترک پرداخته و نشان دادند که عضویت در معاهدات مشترک تأثیر مستقیم و معناداری بر شدت همکاری علمی بین‌المللی دارد و هر اندازه دو کشور عضو معاهدات مشترک بیشتری باشند، احتمال شکل‌گیری روابط قوی همکاری علمی بین آن‌ها بیشتر است. نتایج این پژوهش حاکی از این است که عضویت در «جی هفت»، «جی بیست»، «اتحادیه اروپا»، «سازمان همکاری و توسعه اقتصادی» و «آپک» در همه رشته‌ها سبب تسهیل همکاری علمی کشورهای عضو شده است؛ حال آنکه عضویت در «اوپک» و «بریکس» در اکثر رشته‌ها منجر به تقویت همکاری علمی بین اعضا نشده است (Hou, Pan and Zhu 2021).

«فیناردی و بوراتی» روابط همکاری علمی اعضای «بریکس» را بررسی نموده و نشان دادند که شدت این همکاری‌ها بسیار ضعیف بوده و به احتمال، در آینده نزدیک همین روابط ضعیف نیز محو خواهد شد. محققان بر مبنای نتیجه به‌دست آمده، تأکید بر اشتراکات تاریخی، فرهنگی و مواردی از این قبیل را به‌منظور تقویت روابط همکاری



علمی و تأثیرات مستقیم آن بر توسعه اقتصادی و اجتماعی کشورهای عضو پیشنهاد نموده‌اند (Finardi and Buratti 2016).

«ماکونن و میتزه» پژوهشی انجام دادند که نشان دهد آیا شدت همکاری علمی بین اعضای قدیم و جدید اتحادیه اروپا - که طی دو موج در سال‌های ۲۰۰۴ و ۲۰۰۷ به این معاهده پیوستند - به‌طور معناداری افزایش یافته است یا خیر. یافته‌های این پژوهش نشان داد که پیوستن به اتحادیه اروپا نه تنها موجب تقویت همکاری بین اعضای قدیم و جدید می‌شود، بلکه بر شدت همکاری بین اعضای جدید نیز به‌طور معناداری می‌افزاید (Makkonen and Mitze 2016). پژوهش‌های دیگری نیز هستند که بر این یافته صحنه می‌گذارند. برای مثال، «کاتو و آندو» نیز به‌وضوح نشان می‌دهند که عضویت در اتحادیه اروپا تأثیر مستقیم و معناداری بر روابط همکاری علمی کشورهای عضو دارد. آن‌ها معتقدند که اتحادیه اروپا به مثابه یک چارچوب منطقه‌ای نقش مهمی در تشویق همکاری‌های علمی اعضا دارد (Kato and Ando 2017).

با این همه، «دوسو، کاسی و مشبا» در مطالعه‌ای با هدف شناسایی عوامل تعیین‌کننده ادغام علمی منطقه‌ای در آفریقا به این نتیجه رسیدند که در مناطق دارای جوامع فاقد تأثیر قابل توجه بر روابط همکاری علمی، صرف عضویت در یک معاهده برای تقویت همکاری علمی اعضا کافی نیست. در حقیقت، این عامل باید با عواملی نظیر اشتراکات زبانی و حضور یک همکار مشترک اروپایی (طرف سوم) ترکیب شود تا نتیجه مطلوب حاصل شود (Dosso, Cassi and Mescheba 2023).

مطابق با پژوهش «دیده‌گاه، عرفان‌منش و پرتو»، به‌رغم وجود اشتراکات پرشمار بین ایران و کشورهای اسلامی تنها یک درصد از تولیدات علمی ایران طی سال‌های ۲۰۰۸-۱۹۰۰ حاصل همکاری با این کشورها بوده است. با این حال، یافته‌های این پژوهش از رشد صعودی همکاری‌های علمی ایران با کشورهای عضو «سازمان کنفرانس اسلامی» طی دوره مذکور حکایت دارد. همچنین، ترکیه، مالزی و پاکستان اصلی‌ترین شرکای ایران در این سازمان هستند (۱۳۹۰).

جمع‌بندی پیشینه پژوهش حاکی از این است که بیشتر مطالعات انجام‌شده صرفاً روی یک معاهده خاص تمرکز داشته و کمتر به مقایسه ظرفیت معاهدات مختلف در ایجاد روابط همکاری علمی توجه شده است. همچنین، برخی از معاهدات (مانند اتحادیه اروپا) بیشتر مورد توجه بوده‌اند. افزون بر این، کلیه تحقیقات انجام‌شده در صدد توصیف یا

تیین نقش معاهدات در همکاری‌های علمی بوده و تاکنون پیش‌بینی روند همکاری‌ها به واسطه این عامل مد نظر نبوده است. نکته آخر اینکه تحقیقات داخلی بسیار اندکی درباره اثر عضویت ایران در معاهدات بین‌المللی بر شدت همکاری‌های علمی‌اش با سایر کشورها موجود است.

### ۳. روش پژوهش

روش پژوهش حاضر عبارت است از شبیه‌سازی اجتماعی<sup>۱</sup> با رویکرد مدل‌سازی عامل‌محور<sup>۲</sup>. جامعه پژوهش را کلیه کشورهای مستقل دارای بیش از یک میلیون نفر جمعیت در فاصله سال‌های ۲۰۰۲-۲۰۲۲ تشکیل می‌دهند. با توجه به کلان بودن سطح تحلیل، داده‌ها از نوع ثانویه بوده و از پایگاه‌های داده مختلف (مانند «وب‌آوساینس»<sup>۳</sup> و «سازمان ملل») گردآوری شدند. دلیل انتخاب پایگاه‌های مذکور و جزئیات مربوط به داده‌های اخذشده از آن‌ها در بخش ۳-۲ شرح داده شده است. برخی دیگر از داده‌های پژوهش نیز مبتنی بر محاسبه شاخص‌های جدید بر مبنای داده‌های به‌دست‌آمده از پایگاه «وب‌آوساینس» هستند.

روایی (اعتبار) و پایایی داده‌های به‌دست‌آمده از پایگاه‌ها به‌طور معمول، به‌ترتیب از طریق بررسی میزان کاربردشان در سایر مقاله‌های معتبر و نیز بررسی میزان همپوشی داده‌هایشان با داده‌های موجود در سایر پایگاه‌ها تعیین می‌شود. داده‌های «وب‌آوساینس» -به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین و جامع‌ترین پایگاه‌ها برای جمع‌آوری داده‌های همکاری علمی بین‌المللی- در بخش قابل توجهی از مطالعات مرتبط با این حیطه مورد استفاده قرار گرفته است (Gui, Liu and Du 2019). بنابراین، به‌دلیل کاربرد گسترده آن در اجتماع علمی مربوط می‌توان گفت که از اعتبار کافی برخوردار است. همچنین، از آنجا که بین داده‌های این پایگاه با پایگاه «اسکوپوس»<sup>۴</sup> -به‌عنوان یکی دیگر از بزرگ‌ترین پایگاه‌های جمع‌آوری داده در حیطه همکاری علمی بین‌المللی- همپوشی زیادی وجود دارد (Lee & Haupt 2021)، می‌توان گفت که از پایایی کافی نیز برخوردار است. در مورد داده‌های «سازمان ملل» (به‌طور خاص، شاخص توسعه انسانی) نیز باید گفت که از آنجا که داده‌های این شاخص فقط توسط سازمان ملل منتشر می‌شود، تمامی مقاله‌هایی که مبتنی

1. social simulation

2. agent-based modeling

3. Web of Science

4. Scopus

بر کاربرد این شاخص‌اند، از داده‌های منتشر شده توسط این سازمان استفاده نموده‌اند. بنابراین، داده‌های این شاخص نیز از روایی لازم برخوردار است. افزون بر این، به عقیده Duan et al. (2021) این شاخص معیار دقیقی برای اندازه‌گیری توسعه اقتصادی محسوب می‌شود. در نتیجه، از پایایی نیز برخوردار است.

با توجه به اینکه هدف اصلی پژوهش حاضر، پیش‌بینی اثر نوعی مداخله<sup>۱</sup> (عضویت در معاهدات بین‌المللی) بر تغییر شدت همکاری‌های علمی ایران با سایر کشورهاست، مدل‌سازی عامل‌محور با بهره‌گیری از عامل‌ها، محیط و قواعد تعامل ابزار سودمندی برای پیش‌بینی سناریوهای تدوین شده در راستای هدف مطالعه فراهم می‌کند. این سه مورد (یعنی عامل‌ها، محیط و قواعد تعامل) اجزای اصلی مدل عامل‌محور را تشکیل می‌دهند که در بخش ۳-۱ تشریح شده‌اند. در این پژوهش، پس از اجرای مدل و اعتبارسنجی آن، فرضیات تحقیق با استفاده از مدل آماری «تفاوت-در-تفاوت»<sup>۲</sup> آزمون شدند. جزئیات مربوط به این آزمون آماری و نحوه تعیین اثر مداخله بر مبنای آن در بخش ۳-۵ تشریح شده است. برای برآورد اثرات مدل از نرم‌افزار R استفاده شد.

### ۳-۱. مدل عامل‌محور

**عامل‌ها:** در این مدل، عامل‌ها عبارت‌اند از کشورهای مستقل. دلیل انتخاب کشورهای مستقل به‌عنوان عامل این بود که در بازه زمانی مذکور به ازای پارامترهای مورد نظر این مطالعه فاقد داده مفقوده بودند. به‌طور میانگین در هر سال ۱۶۵ عامل وجود دارد. شایان ذکر است که پیش‌بینی دقیق میزان همکاری‌های علمی بین‌المللی ایران منوط به شبیه‌سازی شبکه همکاری علمی بین‌المللی به مثابه یک شبکه کامل است. به گفته دیگر، چنین پیش‌بینی نیازمند حضور کلیه عامل‌ها و روابطشان است. به همین جهت، نه تنها کشورهای دارای روابط همکاری علمی با ایران، بلکه کشورهای فاقد این روابط نیز به‌عنوان عامل وارد مدل شدند.

**محیط:**<sup>۳</sup> اگرچه تعاملات عامل‌ها در شبکه همکاری علمی بین‌المللی رخ می‌دهد، اما این تعاملات نمی‌توانند فارغ از تأثیر سایر انواع تعاملات موجود بین عامل‌ها و نیز شرایط داخلی آن‌ها باشند. به گفته دیگر، شرایط درونی/ روابط سیاسی، اقتصادی، اجتماعی

1. intervention

2. difference-in-difference (DiD)

3. environment

و فرهنگی بین عامل‌ها و حتی موقعیت جغرافیایی آن‌ها نسبت به هم می‌تواند روابط علمی‌شان را تحت تأثیر قرار دهد. مطالعات بسیاری در زمینه شناسایی عوامل تعیین‌کننده همکاری علمی بین‌المللی انجام شده که از میان آن‌ها مطالعه «صادقی‌نژاد» (۱۴۰۱) حاکی از تأثیر قوی، معنادار و پیوسته چهار عامل توسعه انسانی<sup>۱</sup>، مشابهت اجتماعی<sup>۲</sup>، موقعیت شبکه‌ای<sup>۳</sup> و فاصله علمی<sup>۴</sup> بین عامل‌ها بر شدت روابط همکاری علمی آن‌ها در خلال زمان است. تأثیر توسعه انسانی در مطالعه (Parreira et al. (2017)، تأثیر مشابهت اجتماعی و موقعیت شبکه‌ای در مطالعه (Gui, Liu and Du (2019) و تأثیر فاصله علمی در مطالعه (Hou, Pan and Zhu (2021) نیز تصریح شده است. نحوه تأثیرگذاری این عوامل بر افزایش / کاهش شدت روابط بین عامل‌ها، قواعد همکاری علمی را تشکیل می‌دهند.

**قواعد همکاری علمی:** جزئیات مربوط به شرایط و میزان تغییر شدت همکاری‌های علمی بین‌المللی در جدول ۱، تشریح شده است (برای ملاحظه معادل فارسی پارامترهای جدول ۱، رجوع شود به پانوش‌تجداد (۱۴۰۲)). این قواعد مربوط به تغییر شدت روابط از پیش موجود است (به گفته‌ای، همکاری‌های وقوع‌یافته در زمان  $t-1$ ). خلاصه قواعد مدل به شرح زیر است:

**الف.** بیشتر عامل‌ها گرایش به تقویت رابطه با عامل‌هایی دارند که در موقعیتی برتر از خودشان باشند. این گرایش نسبتاً عام همسو با قاعده مدل (Castellani et al. (2015) است. در واقع، همکاری بین عامل‌های دارای موقعیت نیمه‌پیرامونی<sup>۵</sup> - مرکزی<sup>۶</sup> یا پیرامونی<sup>۷</sup> - نیمه‌پیرامونی یا پیرامونی - مرکزی تقویت یا در حالت بدبینانه، تثبیت می‌شود (قواعد ۵-۷؛ ۱۲-۱۳)؛ مگر در حالتی که طرفین همکاری در موقعیت‌های پیرامونی - مرکزی قرار داشته و عضو هیچ معاهده مشترکی نباشند و هیچ همکار مشترکی نداشته یا بسیار اندک باشند (قاعده ۲۰). گرایش به تقویت همکاری بین عامل‌هایی که هر دو در موقعیت مرکزی هستند نیز صادق است (قاعده ۱). اما در مورد عامل‌هایی که هر دو در موقعیت نیمه‌پیرامونی یا هر دو در موقعیت پیرامونی هستند، الزاماً صادق نیست.

**ب.** همکاری بین عامل‌هایی که هر دو در موقعیت نیمه‌پیرامونی هستند، در صورتی تقویت

1. human development

2. social similarity

3. network position

4. scientific distance

5. semi-peripheral

6. central

7. peripheral

می‌شود که یا همکاران مشترک زیادی داشته باشند یا حداقل یکی از طرفین توسعه انسانی بالایی داشته باشد (قواعد ۲؛ ۸-۱۱). در غیر این صورت، رابطه آن‌ها تضعیف یا در خوش‌بینانه‌ترین حالت، در وضع موجود تثبیت می‌شود (قواعد ۱۶-۱۹).

جدول ۱. قواعد تغییر شدت روابط همکاری علمی بین‌المللی

شماره قاعده	شرایط تغییر شدت همکاری $i$ و $j$	وضعیت همکاری در زمان $t-1$	دامنه تغییر شدت همکاری
(۱)	$if(CP_{i,j}^t = 1)$	تقویت	[1.06, 1.15]
(۲)	$if(SP_{i,j}^t = 1 \wedge CI_{i,j}^t > 0 \wedge SIM_{i,j}^t > 0.59)$	تقویت	[1.03, 1.32]
(۳)	$if(PP_{i,j}^t = 1 \wedge CI_{i,j}^t > 0 \wedge SIM_{i,j}^t > 0.48)$	تقویت	[1.10, 1.49]
(۴)	$if(PP_{i,j}^t = 1 \wedge CI_{i,j}^t = 0 \wedge SIM_{i,j}^t > 0.59)$	تقویت	[1.05, 1.50]
(۵)	$if(CP_i^t = 1 \wedge SP_j^t = 1)$	تقویت	[1.05, 1.24]
(۶)	$if(SP_i^t = 1 \wedge PP_j^t = 1 \wedge SIM_{i,j}^t > 0.17)$	تقویت	[1.03, 1.41]
(۷)	$if(CP_i^t = 1 \wedge PP_j^t = 1 \wedge CI_{i,j}^t = 0 \wedge SIM_{i,j}^t > 0.59)$	تقویت	[1.02, 1.41]
(۸)	$if(SP_{i,j}^t = 1 \wedge CI_{i,j}^t = 0 \wedge SIM_{i,j}^t > 0.59)$	تقویت یا تثبیت	[1, 1.37]
(۹)	$if(SP_{i,j}^t = 1 \wedge CI_{i,j}^t > 0 \wedge SIM_{i,j}^t < 0.60 \wedge HDI_{i,j}^t > 0.77)$	تقویت یا تثبیت	[1, 1.37]
(۱۰)	$if(SP_{i,j}^t = 1 \wedge CI_{i,j}^t > 1 \wedge SIM_{i,j}^t < 0.60 \wedge HDI_i^t > 0.77 \wedge HDI_j^t < 0.78)$	تقویت یا تثبیت	[1, 1.33]
(۱۱)	$if(SP_{i,j}^t = 1 \wedge CI_{i,j}^t = 0 \wedge 0.52 < SIM_{i,j}^t < 0.60)$	تقویت یا تثبیت	[1, 1.50]
(۱۲)	$if(CP_i^t = 1 \wedge PP_j^t = 1 \wedge CI_{i,j}^t > 0)$	تقویت یا تثبیت	[1, 1.32]
(۱۳)	$if(CP_i^t = 1 \wedge PP_j^t = 1 \wedge CI_{i,j}^t = 0 \wedge 0.06 < SIM_{i,j}^t < 0.60)$	تقویت یا تثبیت	[1, 1.37]
(۱۴)	$if(PP_{i,j}^t = 1 \wedge CI_{i,j}^t > 0 \wedge SIM_{i,j}^t < 0.49)$	تثبیت یا تضعیف	[0.60, 1]
(۱۵)	$if(PP_{i,j}^t = 1 \wedge CI_{i,j}^t = 0 \wedge SIM_{i,j}^t < 0.60)$	تثبیت یا تضعیف	[0.60, 1]
(۱۶)	$if(SP_i^t = 1 \wedge PP_j^t = 1 \wedge SIM_{i,j}^t < 0.18)$	تثبیت یا تضعیف	[0.67, 1]
(۱۷)	$if(SP_{i,j}^t = 1 \wedge CI_{i,j}^t > 0 \wedge SIM_{i,j}^t < 0.60 \wedge HDI_{i,j}^t < 0.78)$	تضعیف	[0.63, 0.84]
(۱۸)	$if(SP_{i,j}^t = 1 \wedge CI_{i,j}^t = 1 \wedge SIM_{i,j}^t < 0.60 \wedge HDI_i^t > 0.77 \wedge HDI_j^t < 0.78)$	تضعیف	[0.75, 0.99]
(۱۹)	$if(SP_{i,j}^t = 1 \wedge CI_{i,j}^t = 0 \wedge SIM_{i,j}^t < 0.53)$	تضعیف	[0.84, 0.99]
(۲۰)	$if(CP_i^t = 1 \wedge PP_j^t = 1 \wedge CI_{i,j}^t = 0 \wedge SIM_{i,j}^t < 0.07)$	تضعیف	[0.50, 0.99]

$CP_{i,j}^t = 1$ : موقعیت  $i$  و  $j$  در زمان  $t$  مرکزی باشد  
 $SP_i^t = 1$ : موقعیت  $i$  و  $j$  در زمان  $t$  نیمه پیرامونی باشد  
 $PP_j^t = 1$ : موقعیت  $i$  و  $j$  در زمان  $t$  پیرامونی باشد  
 $CI_{i,j}^t$ : تعداد معاهدات مشترک بین  $i$  و  $j$  در زمان  $t$   
 $SIM_{i,j}^t$ : مشابهت اجتماعی  $i$  و  $j$  در زمان  $t$   
 $HDI_i^t$ : توسعه انسانی  $i$  در زمان  $t$

تصوره: تقویت همکاری مستلزم این است که طرفین، عضو بیش از یک معاهده مشترک باشند.

ج. همکاری بین عامل‌هایی که هر دو در موقعیت پیرامونی هستند، صرفاً در صورتی تقویت می‌شود که همکاران مشترک زیادی داشته باشند (قواعد ۳-۴). در غیر این صورت، رابطه آن‌ها تضعیف یا در نهایت، تثبیت می‌شود (قواعد ۱۴-۱۵).

تبصره: زمانی که طرفین همکاری عضو هیچ معاهده مشترکی نیستند، تقویت رابطه مستلزم داشتن همکاران مشترک بیشتری است تا زمانی که حداقل عضو یک معاهده مشترک هستند.

د. شکل‌گیری همکاری‌های جدید منوط به وجود فاصله علمی بسیار زیاد ( $SD_{ij}^t \geq 0.92$ ) بین عامل‌هاست. این قاعده همسو با قاعده معروف پیوستگی ترجیحی<sup>۱</sup> است که سبب اتصال تازه‌واردها به اعضای پُرکار شبکه می‌شود.

احتمال انتخاب یک ضریب از دامنه تغییر شدت همکاری (جدول ۱: ستون چهارم) بستگی به فاصله موقعیت (نمره وزنی مرکزیت درجه‌ای<sup>۲</sup> ( $S_i$ )) طرفین همکاری دارد (برای ملاحظه جزئیات این شاخص رجوع شود به بخش ۳-۲). به میزانی که این فاصله کمتر باشد، احتمال انتخاب ضرایب بزرگ‌تر بیشتر است. شدت همکاری عامل‌ها در زمان  $t+1$  برابر است با حاصل ضرب مقدار منتخب از دامنه در شدت همکاری آن‌ها در زمان  $t$ . نکته‌ای که لازم است در اینجا خاطر نشان سازیم، این است که در جدول ۱، مقادیر دامنه تغییر شدت همکاری (ستون چهارم) و مقادیر ارائه‌شده به ازای پارامترهای  $HDI$ ،  $SIM$ ،  $CI$  (ستون دوم) و همچنین مقدار ذکر شده برای پارامتر  $SD$  مبتنی بر انجام تحلیل‌های توصیفی شبکه پیش از ساخت مدل بود که چون ارائه آن‌ها حجم زیادی را به خود اختصاص می‌داد، برای جلوگیری از اطاله کلام از بیان آن‌ها صرف نظر شد.

برابر با نظر (Su et al. (2014) مدل ۵۰ دور تکرار شد و میانگین وزن روابط در همه دوره‌ها به‌عنوان خروجی نهایی ثبت شد. پیش‌بینی‌ها برای بازه ۲۰۲۳-۲۰۴۲ صورت گرفت. از آنجا که دوره مشاهده‌شده به استثنای سال پایه شبیه‌سازی (۲۰۰۲) یک بازه بیست‌ساله بود (۲۰۰۳-۲۰۲۲)، برای پیش‌بینی نیز یک بازه زمانی بیست‌ساله انتخاب شد.

### ۳-۲. پارامترهای مدل: منابع داده‌ها و نحوه محاسبه

شدت همکاری: بارزترین معرف همکاری علمی، روابط هم‌تألیفی<sup>۳</sup> است (Glanzel and Schubert 2005; Choi 2012). در این مطالعه، شدت (یا در اصطلاح شبکه، وزن) روابط همکاری علمی بین عامل‌ها بر مبنای تعداد تألیفات مشترکشان سنجیده شد. این تألیفات از نوع مقاله هستند که داده‌هایشان بنا به توصیه (Gui, Liu and Du (2019) از پایگاه

1. preferential attachment

2. weighted degree centrality score

3. co-authored relations

«وب‌آوساینس» استخراج شد. شایان ذکر است که این مقاله‌ها مربوط به کلیه رشته‌ها و زبان‌ها هستند.

موقعیت در شبکه: موقعیت عامل‌ها در شبکه بر حسب نمرات وزنی مرکزیت درجه‌ای ( $S_i$ ) معین شد (Borgatti and Everett 2000; Chang et al. 2017; Falzon et al. 2018). این نمرات، مجموع تعداد روابط هم‌تألفی هر عامل با سایر عامل‌ها را نشان می‌دهند و با استفاده از بسته *igraph* نرم‌افزار *R* محاسبه شدند. مشابه مطالعه Schubert and Sooryamoorthy (2010) سه نوع موقعیت تعریف شد: مرکزی، نیمه‌پیرامونی و پیرامونی. عامل‌های دارای  $S_i$  بالا، متوسط و پایین به ترتیب دارای موقعیت مرکزی، نیمه‌پیرامونی و پیرامونی در شبکه هستند. برای تعیین مرز موقعیت‌ها مطابق با روش (Chang et al. 2017) عامل‌ها در سه خوشه طبقه‌بندی شدند و مرز خوشه‌ها به‌عنوان مرز موقعیت‌ها در نظر گرفته شد. در این خوشه‌بندی که به روش *K-means* انجام شد، عامل‌های متناسب به خوشه‌های اول تا سوم به ترتیب دارای موقعیت مرکزی، نیمه‌پیرامونی و پیرامونی محسوب می‌شوند. لازم به ذکر است که چون این روش خوشه‌بندی به موردهای دورافتاده<sup>۱</sup> حساس است، عامل‌های متعلق به صدک ۹۹ام نمرات  $S_i$  که دارای بالاترین نمرات بوده و همواره در خوشه جداگانه‌ای قرار می‌گرفتند، به‌عنوان موردهای دورافتاده در نظر گرفته شدند. پس از حذف دورافتاده‌ها، فرایند خوشه‌بندی مجدداً تکرار شد. در نهایت، موردهای دورافتاده به خوشه اول (موقعیت مرکزی) اضافه شدند. طبق نتایج حاصل از تعیین موقعیت عامل‌ها، کنشگران کلیدی (همواره مرکزی) شبکه همکاری علمی بین‌المللی در فاصله سال‌های ۲۰۰۲-۲۰۲۲ عبارت بودند از: آمریکا، انگلیس، آلمان، چین، فرانسه و ایتالیا.

مشابهت اجتماعی: برای نشان‌دادن درجه همپوشانی شرکای دو عامل از شاخص مشابهت اجتماعی استفاده شد (Granovetter 1973). در واقع، این شاخص حاکی از این است که تا چه اندازه دو عامل با شرکای همدیگر همکاری می‌کنند. نمرات این شاخص با استفاده از ضریب شباهت «جکارد»<sup>۲</sup> در بسته *igraph* نرم‌افزار *R* محاسبه شد. نحوه محاسبه ضریب شباهت «جکارد» به‌صورت زیر است:

$$Sim_{Jaccard}(X, Y) = \frac{|n_X \cap n_Y|}{|n_X \cup n_Y|} \quad (1)$$

در معادله (۱)،  $|n_X \cap n_Y|$  تعداد همکاران مشترک  $X$  و  $Y$  بوده و  $|n_X \cup n_Y|$  تعداد کل همکاران  $X$  و  $Y$  است (Huynh, Hoang and Lam 2013). مقادیر این شاخص در بازه صفر تا

1. outlier

2. Jaccard similarity coefficient

یک قرار دارد و مقادیر نزدیک به یک نشان‌دهنده شباهت بیشتر دو عامل به یکدیگر یا به تعبیری، وجود همکاران مشترک بیشتر بین آن‌هاست. برعکس، مقادیر نزدیک به صفر نشان‌دهنده شباهت کمتر (اشتراک کمتر در همکاران) دو عامل است.

**عضویت در معاهدات بین‌المللی:** وضعیت عضویت عامل‌ها در کلیدی‌ترین معاهدات بین‌المللی (جی‌هفت، جی‌بیست، اتحادیه اروپا، سازمان همکاری و توسعه اقتصادی، آپک، اوپک و بریکس) با مراجعه به وبسایت رسمی این معاهدات تعیین شد. سپس، متغیری طراحی شد که بیانگر تعداد معاهدات مشترکی است که هر جفت عامل در آن‌ها عضویت دارند. مقادیر این متغیر بین صفر تا هفت قرار می‌گیرد. صفر به معنای عدم عضویت مشترک دو عامل و هفت به معنای عضویت مشترک دو عامل در هر هفت معاهده است. به منظور تعیین وضعیت عضویت عامل‌ها در معاهدات هفت‌گانه طی دوره شبیه‌سازی پنج سناریو طراحی شد که در بخش ۳-۳ توضیح داده شده است.

**توسعه انسانی:** سازمان ملل، شاخص توسعه انسانی را بر مبنای سه شاخص امید زندگی، آموزش و درآمد ناخالص ملی محاسبه نموده و این سه بعد (برخورداری از زندگی سالم و طولانی، دانش و استاندارد یک زندگی مناسب) را به مثابه ابعاد اساسی توسعه انسانی می‌داند.<sup>۱</sup> مقادیر این شاخص در بازه صفر تا یک قرار دارد و مقادیر نزدیک به یک به معنای برخورداری از توسعه انسانی بالاتر است. داده‌های این شاخص از پایگاه داده «سازمان ملل» استخراج شد و برای تعیین مقادیر این شاخص به ازای هر عامل طی دوره شبیه‌سازی از تحلیل سری زمانی<sup>۲</sup> استفاده شد. این تحلیل با استفاده از بسته *forecast* در نرم‌افزار *R* انجام شد (برای ملاحظه مقادیر شاخص توسعه انسانی ایران طی دوره شبیه‌سازی رجوع شود به پیوست «الف»، سمت راست).

**فاصله علمی:** برابر با نظر (Hou, Pan and Zhu (2021) فاصله علمی بین دو عامل عبارت است از حاصل تقسیم قدر مطلق تفاضل اندازه علمی دو کشور بر ماکزیمم اندازه علمی. یعنی:

$$DiffSize_{ijt} = \frac{|S_{it} - S_{jt}|}{\max(S_{it}, S_{jt})} \quad (2)$$

در معادله (۲)،  $S_{jt}$  تعداد انتشارات (مقاله‌های) بین‌المللی عامل  $t$  در زمان  $t$  و  $S_{it}$  تعداد انتشارات (مقاله‌های) بین‌المللی عامل  $j$  در زمان  $t$  است. داده‌های مربوط به تعداد انتشارات

1. <https://hdr.undp.org/data-center/human-development-index#/indicies/HDI>

2. time series analysis



بین‌المللی عامل‌ها از پایگاه «وب‌آوساینس» استخراج شد. به‌منظور تعیین مقادیر این شاخص طی دوره شبیه‌سازی مشابه شاخص توسعه انسانی از تحلیل سری زمانی استفاده شد (برای ملاحظه تعداد انتشارات بین‌المللی ایران طی دوره شبیه‌سازی رجوع شود به پیوست «الف»، سمت چپ).

جدول ۲. پارامترهای مدل: انواع و منابع داده‌ها

پارامتر	نوع	توصیف	منبع داده‌ها
شدت همکاری	خصوصیت روابط	تعداد روابط هم‌تألفی هر جفت عامل	وب‌آوساینس
موقعیت در شبکه	خصوصیت عامل‌ها	جایگاه مرکزی/نیمه‌پیرامونی/پیرامونی عامل در شبکه از نظر میزان روابط هم‌تألفی با سایر عامل‌ها	پژوهش حاضر
مشابهت اجتماعی	خصوصیت عامل‌ها	درجه همپوشانی شرکای هر جفت عامل	پژوهش حاضر
عضویت در معاهدات بین‌المللی	خصوصیت عامل‌ها	تعداد معاهدات بین‌المللی مشترکی که هر جفت عامل عضو آن‌ها هستند.	وب‌سایت رسمی معاهدات مربوطه
توسعه انسانی	خصوصیت عامل‌ها	میزان برخورداری ساکنین عامل‌ها از زندگی سالم و طولانی، دانش و استاندارد زندگی مناسب	سازمان ملل
فاصله علمی	خصوصیت عامل‌ها	حاصل تقسیم قدر مطلق تفاضل اندازه علمی دو کشور بر ماکزیمم اندازه علمی	وب‌آوساینس

لازم به ذکر است که قوی یا ضعیف بودن همکاری و ویژگی رابطه است؛ حال آنکه، وضعیت عضویت در معاهدات، میزان توسعه‌یافتگی، موقعیت مرکزی-نیمه‌پیرامونی-پیرامونی و میزان شباهت اجتماعی از دیگری و یا فاصله علمی با دیگری در زمره ویژگی‌های عامل قرار می‌گیرند. خلاصه‌ای از اطلاعات مربوط به پارامترهای مدل در جدول ۲، ارائه شده است.

### ۳-۳. سناریوهای محتمل

چهار سناریوی پیوستن ایران به «جی بیست» و «سازمان همکاری و توسعه اقتصادی» و «آپک» و «بریکس» به‌عنوان سناریوهای منتخب در نظر گرفته شدند. هدف، مقایسه میزان همکاری‌های علمی بین‌المللی ایران در سناریوهای چهارگانه با سناریوی پایه است.

الف. سناریوی پایه: این سناریو نماد وضع موجود است. در حال حاضر، از بین هفت معاهده بین‌المللی مؤثر بر همکاری‌های علمی بین عامل‌ها ایران صرفاً عضو «اوپک» است. در این سناریو روند همکاری‌های علمی ایران برای حالتی پیش‌بینی می‌شود که

وضعیت عضویت عامل‌ها در معاهدات هفت‌گانه مشابه آخرین سال مشاهده‌شده (سال ۲۰۲۲) است. بنابراین، مقادیر پارامتر مذکور در خلال دوره شبه‌سازی تغییر نمی‌کند. طبق این سناریو، ایران در آینده همچنان عضو «اوپک» باقی می‌ماند و به عضویت هیچ‌کدام از معاهدات هفت‌گانه در نمی‌آید. هدف از طراحی این سناریو، مقایسه وضع موجود ایران با زمانی است که حداقل به عضویت یکی از معاهدات هفت‌گانه درآمده باشد.

ب. سناریوی عضویت ایران در «جی بیست»: سناریویی که فرض می‌کند ایران افزون بر «اوپک» عضو «جی بیست» نیز باشد. «جی بیست» تداوم «جی هفت» محسوب می‌شود و متشکل از اقتصادهای پیشرفته جهانی است. مقایسه شاخص‌های اقتصادی ایران با کشورهای «جی بیست» گویای اینکه ایران در برخی شاخص‌ها نسبت به برخی اعضای کنونی «جی بیست» (مانند آرژانتین) عملکرد بهتری دارد و با توجه به اینکه از قدرتمندترین اقتصادهای خاورمیانه محسوب می‌شود، در صورت رفع موانع احتمال پیوستن آن به «جی بیست» در آینده منتفی نیست.

ج. سناریوی عضویت ایران در سازمان همکاری و توسعه اقتصادی: سناریویی که فرض می‌کند ایران افزون بر «اوپک» عضو سازمان همکاری و توسعه اقتصادی نیز باشد. «شاه‌آبادی» و همکاران استدلال می‌کنند که در دوره‌هایی که شرایط اقتصادی لازم (مانند کارایی بازار کار، عدم انحصار و غیره) مهیا بوده، تجارت ایران با کشورهای عضو سازمان همکاری و توسعه اقتصادی روندی صعودی را طی نموده است (۱۳۹۹). برخورداری از قدرت اقتصادی و شبکه گسترده تجارت خارجی از شرایط مهم پیوستن به این معاهده است که گذشته ایران نشان می‌دهد قادر به فراهم‌سازی شرایط اولیه آن بوده است. د. سناریوی عضویت ایران در «اوپک»: سناریویی که فرض می‌کند ایران افزون بر «اوپک»، عضو «اوپک» نیز باشد. یکی از مهم‌ترین شرایط لازم برای پیوستن به این معاهده، داشتن حجم بالای روابط تجاری با اعضای سابق است که طبق مطالعه «طیبی و زمانی» (۱۳۸۸) روند تجارت ایران با کشورهای آسیا-پاسفیک صعودی است.

ه. سناریوی عضویت ایران در «بریکس»: سناریویی که فرض می‌کند ایران افزون بر «اوپک»، عضو «بریکس» نیز باشد. «سعیدی، سعیدی، و دهقانی» (۱۳۹۳) اذعان می‌دارند که ایران به لحاظ اقتصادی امکان پیوستن به «بریکس» و تعمیق روابط در عرصه علمی و فناوری با اعضای این گروه را دارد.

برای تعیین نحوه عضویت سایر عامل‌ها در معاهدات هفت‌گانه طی دوره شبیه‌سازی بنا بر نظر (2007) Damodaran یک سناریوی خوش‌بینانه طراحی شد. بر این اساس، در سناریوهای چهارگانه اخیر فرض شد که غیر از ایران بقیه عامل‌ها حتی‌المقدور به عضویت همه معاهداتی که به‌طور بالقوه امکان پیوستن به آن‌ها را دارند، درآمده‌اند. برای تشخیص این امر به وب‌سایت رسمی معاهدات هفت‌گانه مراجعه شد و فهرست اسامی عامل‌هایی که در آینده از اعضای احتمالی معاهدات مربوطه خواهند بود، استخراج گردید. در مورد «اتحادیه اروپا» و «آپک» فرض شد کلیه عامل‌هایی که در محدوده جغرافیایی هر معاهده قرار می‌گیرند، به آن‌ها پیوندند. مطابق با سناریوی خوش‌بینانه، هدف این است که بدانیم اگر ایران غیر از «آپک» به یک معاهده جدید پیوندد، میزان همکاری‌های علمی بین‌المللی‌اش تا چه اندازه تغییر می‌کند. از حیث شاخص توسعه انسانی و تعداد انتشارات بین‌المللی، مقادیر مربوطه هم در سناریوهای چهارگانه و هم در سناریوی پایه تابع مقادیر حاصل از تحلیل سری زمانی به ازای هر عامل هستند.

### ۳-۴. اعتبارسنجی مدل بر مبنای ضریب کارایی مدل‌نش و ساتکلیف<sup>۱</sup>

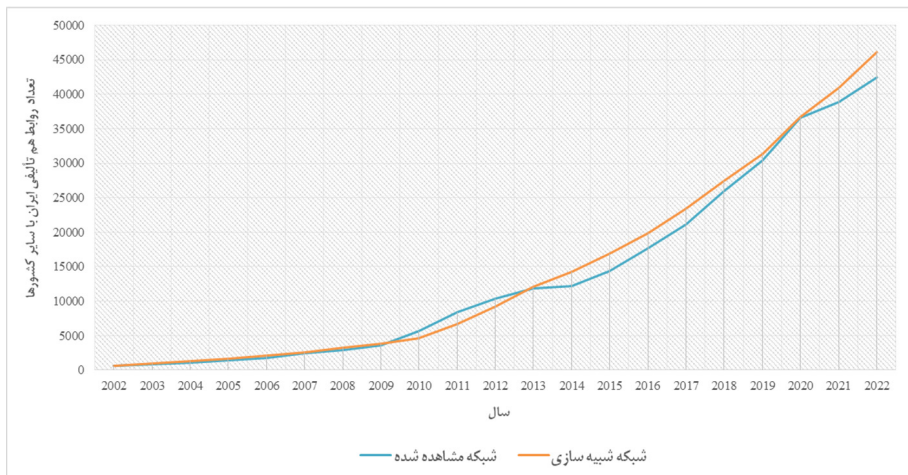
مدل‌های عامل‌محور زمانی معتبرند که رفتار پدیده مورد نظر را مشابه با رفتار واقعی آن‌ها پیش‌بینی نموده باشند. به گفته دیگر، مدل (مقادیر پیش‌بینی شده) تا حد امکان نزدیک به واقعیت (مقادیر مشاهده‌شده) باشد. روش‌های متعددی برای بررسی میزان شباهت مدل با واقعیت وجود دارد که برخی از آن‌ها عبارت‌اند از: ضریب کارایی مدل «نش و ساتکلیف» (NSE)، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)، و ضریب تعیین ( $R^2$ ) تعدیل‌شده. در این مطالعه از ضریب کارایی مدل «نش و ساتکلیف» استفاده شد، چون این ضریب یک آماره نرمال‌شده است که قدر نسبت واریانس باقی‌مانده را در مقایسه با واریانس مقادیر مشاهده‌شده تعیین می‌کند (Nash and Sutcliffe 1970) و در مورد پارامترهایی که به سمت  $+\infty$  میل می‌کنند، نسبت به RMSE عملکرد بهتری دارد. همچنین، در قیاس با  $R^2$  تعدیل‌شده که معمولاً برای مدل‌های آماری به کار می‌رود، ضریب NSE برای بررسی کارایی مدل‌های شبیه‌سازی توصیه می‌شود. ضریب مذکور به شیوه زیر قابل محاسبه است:

1. Nash-Sutcliffe model efficiency (NSE)

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{t=1}^T (Q_o^t - Q_m^t)^2}{\sum_{t=1}^T (Q_o^t - \bar{Q}_o)^2} \quad (3)$$

در معادله (۳)،  $Q_o^t$  مقدار مشاهده شده در زمان  $t$ ،  $Q_m^t$  مقدار پیش‌بینی شده در زمان  $t$  و  $\bar{Q}_o$  میانگین مقادیر واقعی است. به میزانی که مقدار NSE به یک نزدیک‌تر باشد، پیش‌بینی مدل دقیق‌تر است. مقدار ضریب NSE به ازای مدل مطالعه حاضر در ادامه محاسبه شده است.

$$NSE = 1 - \frac{32887018}{2719033544.11} = 0.98$$



نمودار ۱. مقایسه میزان همکاری‌های علمی بین‌المللی ایران بین شبکه مشاهده شده و شبکه شبیه‌سازی

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، مقدار NSE به دست آمده تا حد زیادی نزدیک به یک است که حاکی از دقت بالای مدل است. میزان همکاری‌های پیش‌بینی شده توسط مدل در مقایسه با میزان واقعی آن در نمودار ۱، قابل رؤیت است.

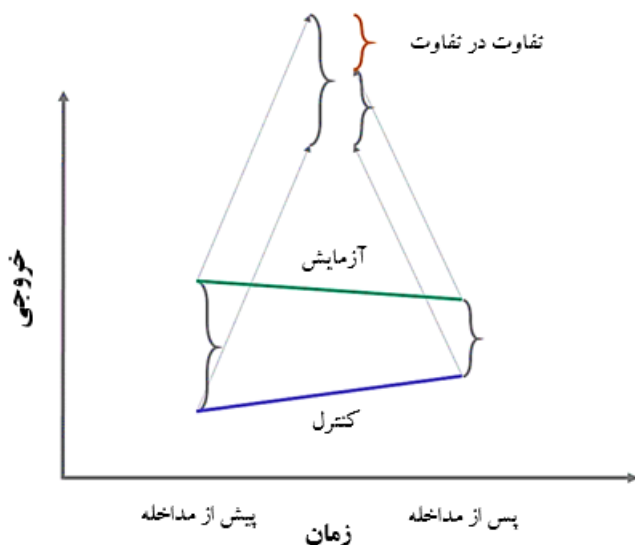
### ۳-۵. تعیین اثر مداخله

پس از اجرای مدل و ثبت روند همکاری‌های علمی ایران در سناریوهای مختلف، به منظور مقایسه خروجی‌های هر سناریو با سناریوی پایه از مدل «DiD» استفاده شد. این مدل اغلب زمانی به کار می‌رود که محقق در صدد پاسخ به این پرسش باشد که آیا اجرای سیاست جدید نسبت به سیاست قبلی منجر به ایجاد تفاوت معناداری در پیامد شده

یا خیر، و به‌طور خلاصه، این مدل نشان می‌دهد که آیا اثر مداخله معنادار بوده یا خیر. در مطالعه حاضر، مقصود از مداخله، عضویت ایران در معاهدات بین‌المللی جدید است. نتایج این مدل بیان خواهد کرد که آیا عضویت ایران در هر معاهده جدید سبب تغییر معنادار روند همکاری‌های علمی ایران خواهد شد یا خیر.

در نمودار ۲، فرایند تعیین اثر مداخله با مدل DiD نمایش داده شده است. برابر این مدل، افراد (واحد‌های مشاهده) در دو گروه آزمایش<sup>۱</sup> و کنترل<sup>۲</sup> قرار می‌گیرند و میانگین نمرات هر گروه در متغیر خروجی<sup>۳</sup> قبل و بعد از مداخله<sup>۴</sup> ثبت می‌شود. اثر مداخله عبارت است:

$$DiD = (T_{Post} - T_{Pre}) - (C_{Post} - C_{Pre}) \quad (4)$$



نمودار ۲. نحوه تعیین اثر مداخله بر مبنای مدل DiD<sup>۵</sup>

در فرمول (۴)،  $T_{Post}$  و  $T_{Pre}$  به ترتیب میانگین نمره گروه آزمایش قبل و بعد از مداخله و  $C_{Post}$  و  $C_{Pre}$  به ترتیب میانگین نمره گروه کنترل قبل و بعد از مداخله است. در مطالعه حاضر، بازه زمانی قبل از مداخله معادل بازه زمانی مشاهده‌شده (۲۰۲۲-۲۰۲۰) است که

1. treated

2. control

3. outcome

4. pre and post-intervention

5. <https://diff.healthpolicydatascience.org/#acknowledgments>

در آن نمرات همکاری علمی ایران به ازای گروه آزمایش (ایران در سناریوی پیوستن به یک معاهده جدید) و گروه کنترل (ایران در سناریوی پایه) یکسان است. آغاز بازه زمانی مداخله سال ۲۰۲۳ است که فرض شده ایران به عضویت یک معاهده جدید درآمده است. میانگین نمرات گروه آزمایش و کنترل، نمرات همکاری علمی ایران در دو سناریوی مورد مقایسه است. اثر مداخله نیز عبارت است از میانگین  $(T_{Post} - C_{Post})$  در خلال دوره شبیه‌سازی. از مدل DiD به شیوه‌ای مشابه در مطالعه (Makkonen and Mitze (2016) استفاده شده است.

در این مطالعه، برآورد اثر مداخله با استفاده از بسته  $did$  در نرم‌افزار  $R$  انجام شد. در این بسته، میانگین اثر مداخله طبق معادله زیر برآورد می‌شود:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 D_i^* + \beta_2 P_t + \beta_{DD} D_i^* \times P_t + q_{it} \quad (5)$$

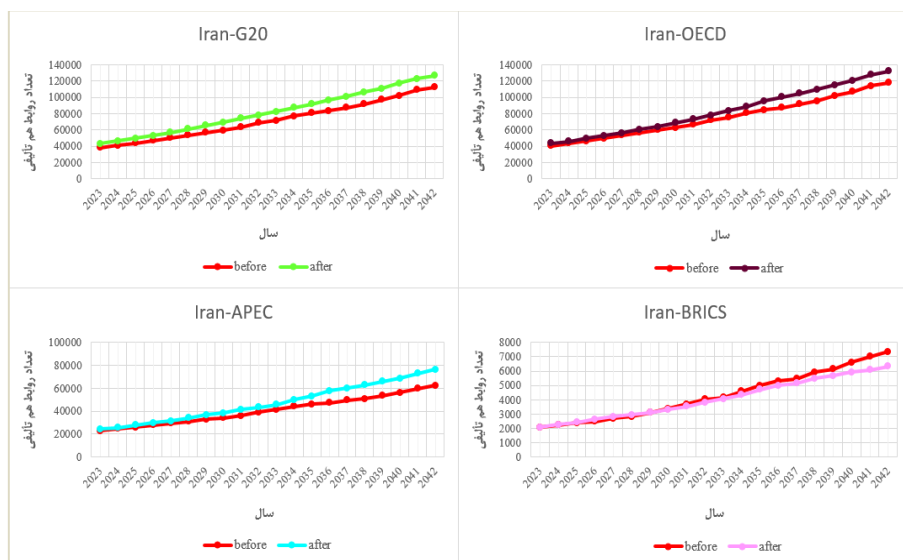
در معادله (۵)،  $D_i^*$  بیانگر حضور/عدم حضور فرد  $i$ ام در گروه آزمایش است (این کمیت به ازای حضور فرد در گروه آزمایش برابر با یک و به ازای عدم حضور برابر با صفر است).  $P_t$  نشان‌دهنده نقطه زمانی است (این کمیت به ازای نقاط زمانی قبل از مداخله برابر با صفر و به ازای نقاط زمانی بعد از مداخله برابر با یک است).  $D_i^* \times P_t$  کمیت اصلی معادله (تفاوت-در-تفاوت) هاست و مقدار آن فقط برای افرادی که بعد از مداخله در گروه آزمایش قرار داشتند، یک و برای سایر افراد صفر است.  $q_{it}$  کمیت خطاست و ضرایب  $\beta$  به وسیله نرم‌افزار محاسبه می‌شوند. در معادله (۵) تفسیر ضریب  $\beta_{DD}$  اهمیت دارد و در بخش یافته‌ها نیز صرفاً همین ضریب گزارش شده است. اگر این ضریب در سطح  $0.05/0$  معنادار باشد ( $p - value < 0.05$ )، بدین معناست که سناریوی مورد بررسی می‌تواند تغییر معناداری در روند همکاری‌های علمی ایران ایجاد کند.

#### ۴. یافته‌ها

۴-۱. سؤال اول: روند همکاری‌های علمی ایران پس از پیوستن به معاهدات جی بیست، سازمان همکاری و توسعه اقتصادی، آپک و بریکس چگونه پیش‌بینی می‌شود؟

همان‌گونه که پیش از این ذکر شد، برای تعیین معاهداتی که منجر به افزایش همکاری‌های علمی ایران می‌شوند، دو فرضیه طراحی شد. در فرضیه اول، افزایش همکاری‌های ایران صرفاً با کشورهای عضو معاهده‌ای که فرض شده ایران به آن می‌پیوندد، بررسی می‌شود؛ در حالی که در فرضیه دوم، افزایش میزان همکاری‌های ایران

به‌طور کلی مدنظر است. شایان ذکر است که پیش‌فرض استفاده از مدل آماری DiD جهت آزمون فرضیات مذکور برقرار بوده است. برابر با پیش‌فرض این آزمون آماری که «فرض روندهای برابر»<sup>۱</sup> نام دارد، اگر روند تغییرات تعداد روابط هم‌تألفی ایران به ازای دو گروه آزمایش و کنترل قبل از اعمال مداخله یکسان (هر دو صعودی یا هر دو نزولی یا هر دو تثبیت‌شده) باشد، قادر به استفاده از این آزمون خواهیم بود. در این مطالعه گروه کنترل عبارت است از تداوم وضعیت فعلی ایران و گروه آزمایش عبارت است از ایران در وضعیت پیوستن به یک معاهده جدید. پس، شرایط قبل از اعمال مداخله همان شرایط فعلی است که در آن تعداد روابط هم‌تألفی ایران به ازای هر دو گروه آزمایش و کنترل یکسان و طبق نمودار ۱، دارای روند صعودی است. یافته‌های حاصل از آزمون فرضیات در ادامه مورد بحث قرار گرفته است.



نمودار ۳. شبیه‌سازی اثر سناریوهای عضویت ایران در معاهدات بین‌المللی بر میزان همکاری‌های علمی ایران با اعضای هر معاهده

۴-۱-۱. فرضیه ۱: پیوستن ایران به معاهدات جی بیست، سازمان همکاری و توسعه اقتصادی، آپک و بریکس موجب افزایش میزان همکاری‌های علمی ایران با کشورهای عضو هر معاهده در بلندمدت خواهد شد.

1. equal trends assumption

در نمودار ۳، میزان همکاری‌های علمی ایران با اعضای معاهدات چهارگانه «جی بیست»، «سازمان همکاری و توسعه اقتصادی»، «آپک» و «بریکس» قبل و بعد از پیوستن به هر معاهده نمایش داده شده است. در هر چهار نمودار، منحنی قرمز رنگ نشان‌دهنده میزان همکاری‌های علمی ایران با اعضای معاهده مربوطه قبل از پیوستن به آن است (سناریوی پایه<sup>۱</sup>) و منحنی دیگر نشان‌دهنده میزان همکاری‌های علمی ایران با اعضای معاهده مربوطه بعد از پیوستن به آن است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، عضویت ایران در «جی بیست»، «سازمان همکاری و توسعه اقتصادی» و «آپک» موجب افزایش تدریجی همکاری‌های علمی ایران با اعضای این سه معاهده نسبت به سناریوی پایه می‌شود. این در حالی است که عضویت ایران در «بریکس» نه تنها موجب افزایش همکاری‌های ایران با برزیل، روسیه، هند، چین و آفریقای جنوبی نمی‌شود، بلکه به کاهش همکاری با این کشورها نیز خواهد انجامید. با این حال، یافته‌های حاصل از آزمون فرضیه ۱، نشان می‌دهد که کاهش برآورد شده همکاری‌های علمی ایران با اعضای «بریکس» طی دوره شبیه‌سازی (۳/۲۳۳-) در سطح ۰/۰۵ معنادار نیست (جدول ۳). به گفته دیگر، عضویت ایران در «بریکس» تغییر معناداری در میزان همکاری‌های ایران با اعضای «بریکس» ایجاد نخواهد کرد. در مقابل، عضویت ایران در «جی بیست»، «سازمان همکاری و توسعه اقتصادی» و «آپک» باعث افزایش معنادار همکاری‌های ایران با اعضای این سه معاهده خواهد شد؛ چرا که میزان افزایش برآورد شده در مورد هر سه معاهده در سطح ۰/۰۵ معنادار است (جدول ۳). بنابراین، فرضیه ۱، به غیر از معاهده «بریکس» در مورد بقیه معاهدات رد نمی‌شود.

### جدول ۳. اثر سناریوهای عضویت ایران در معاهدات بین‌المللی بر میزان همکاری‌هایش با کشورهای عضو

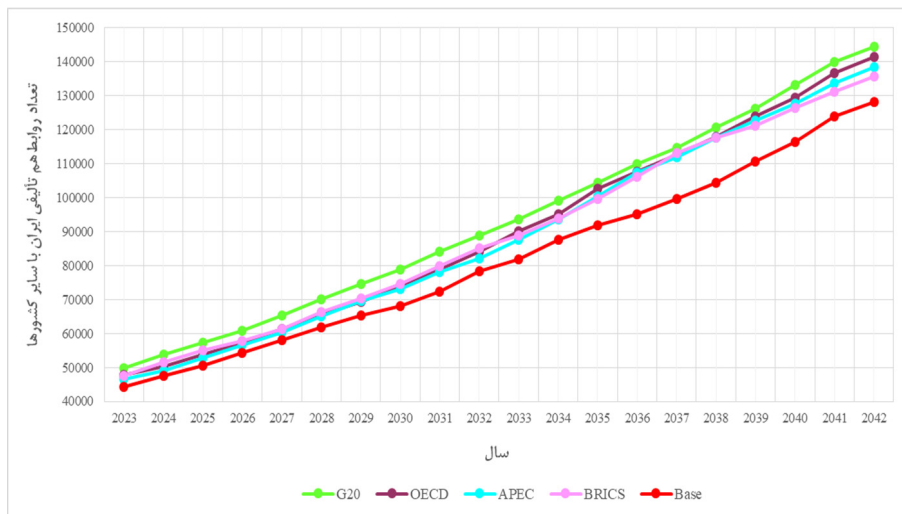
<i>p-value</i>	مقدار آماره <i>t</i>	برآورد $\beta_{DD}$	ایران قبل و بعد از عضویت در جی بیست
۰/۰۲	۱/۲۱	۱۰۳۳۰	ایران قبل و بعد از عضویت در جی بیست
۰/۰۳	۰/۹۱	۸۲۵۰	ایران قبل و بعد از عضویت در سازمان همکاری و توسعه اقتصادی
۰/۰۱	۱/۳۱	۶۶۰۶	ایران قبل و بعد از عضویت در آپک
۰/۶۵	-۰/۴۵	-۲۳۳/۳	ایران قبل و بعد از عضویت در بریکس

۴-۱-۲. فرضیه ۲: پیوستن ایران به معاهدات جی بیست، سازمان همکاری و توسعه اقتصادی، آپک و بریکس موجب افزایش میزان کل همکاری‌های علمی ایران در بلندمدت خواهد شد. طبق نمودار ۴، پیوستن ایران به «جی بیست» بیش از سه معاهده دیگر بر میزان کل

1. base



همکاری‌های علمی بین‌المللی آن خواهد افزود. با این حال، پیوستن ایران به «سازمان همکاری و توسعه اقتصادی» یا «آپک» یا «بریکس» نیز در مقایسه با سناریوی پایه بر میزان کل همکاری‌های علمی بین‌المللی ایران می‌افزاید، اما میزان افزایش در این سناریوها تقریباً به یک اندازه و اندکی کمتر از سناریوی «جی بیست» است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، در ابتدای دوره شبیه‌سازی میزان همکاری‌های ایران به‌واسطه عضویت در «بریکس» قدری بیشتر از میزان افزایش در سناریوی «سازمان همکاری و توسعه اقتصادی» و سناریوی «آپک» است. اما در انتهای دوره شبیه‌سازی روند افزایش همکاری‌های ایران به‌واسطه عضویت در «بریکس» به تدریج کاهش پیدا می‌کند. در مقابل، عضویت در «سازمان همکاری و توسعه اقتصادی» و «آپک» در بلندمدت بیشتر موجب افزایش همکاری‌های علمی بین‌المللی ایران خواهند شد. در همان حال، یافته‌های حاصل از آزمون فرضیه ۲، حاکی از این است که عضویت ایران در هر چهار معاهده تأثیر معناداری بر افزایش میزان کل همکاری‌های علمی بین‌المللی ایران خواهد داشت (جدول ۴). در نتیجه، فرضیه ۲، به ازای هیچ‌یک از معاهدات چهارگانه رد نمی‌شود.



نمودار ۴. شبیه‌سازی اثر سناریوهای عضویت ایران در معاهدات بین‌المللی بر میزان کل همکاری‌های علمی بین‌المللی ایران

۴-۲. سؤال دوم: روند وابستگی ایران به همکاری علمی با آمریکا پس از پیوستن به معاهدات جی بیست، سازمان همکاری و توسعه اقتصادی، آپک و بریکس چگونه پیش‌بینی

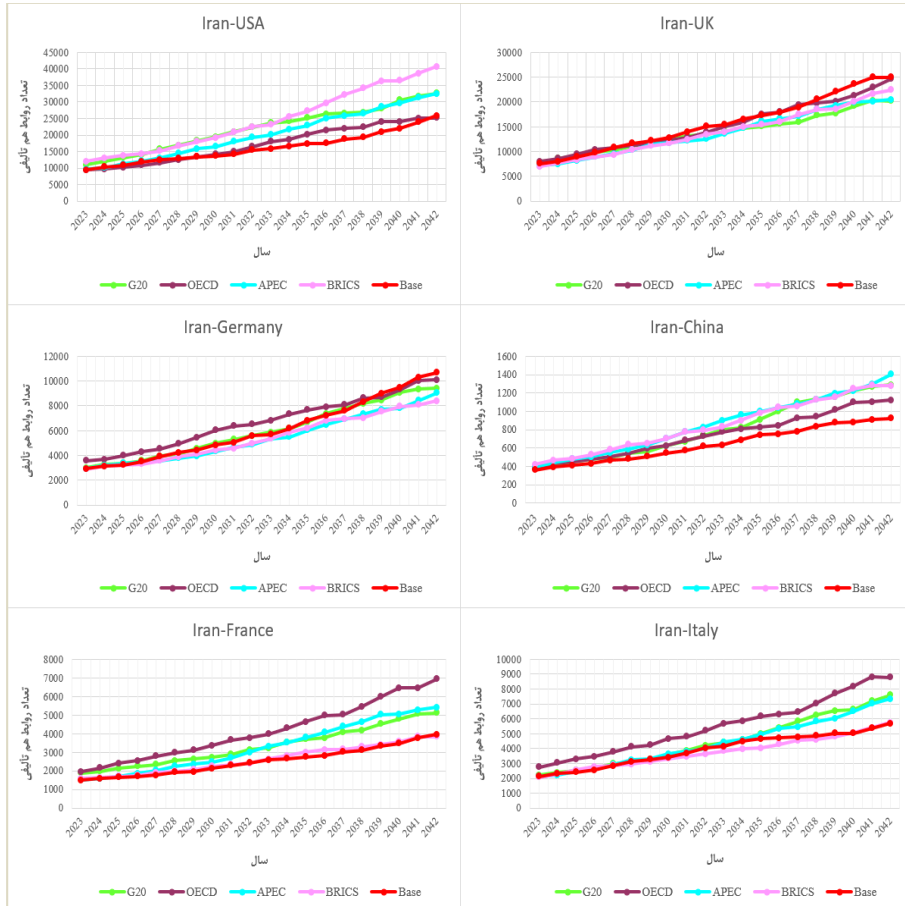
## می‌شود؟

در بخش ۳-۲ (موقعیت در شبکه) ذکر شد که کنشگران کلیدی شبکه همکاری علمی بین‌المللی عبارت‌اند از: آمریکا، انگلیس، آلمان، چین، فرانسه و ایتالیا. برای پاسخ به پرسش دوم، میزان همکاری‌های علمی ایران با کشورهای مزبور در هر سناریو بررسی شده است. طبق شواهد نمودار ۵، عضویت ایران در «بریکس» فقط موجب افزایش همکاری‌های ایران با آمریکا و چین خواهد شد. این عضویت در مقابل، از همکاری ایران با انگلیس و آلمان نسبت به وضع موجود کاسته و همکاری ایران با فرانسه و ایتالیا را صرفاً در وضع موجود تثبیت می‌نماید. ملاحظه می‌شود که همکاری ایران با آمریکا در سناریوی «بریکس» بیش از سه سناریوی دیگر افزایش می‌یابد که افزایش مذکور طبق جدول ۵، در سطح ۰/۰۵ معنادار نیز هست.

جدول ۴. اثر سناریوهای عضویت ایران در معاهدات بین‌المللی بر میزان کل همکاری‌ها

	مقدار آماره $t$	برآورد $\beta_{DD}$	$p$ -value
ایران قبل و بعد از عضویت در جی بیست	۱/۴۸	۱۰۳۶۰	۰/۰۱
ایران قبل و بعد از عضویت در سازمان همکاری و توسعه اقتصادی	۱/۰۱	۷۱۰۶	۰/۰۳
ایران قبل و بعد از عضویت در آپک	۰/۸۸	۶۲۰۰	۰/۰۴
ایران قبل و بعد از عضویت در بریکس	۰/۹۹	۶۹۲۶	۰/۰۳

در نتیجه، عضویت ایران در «بریکس» نه تنها کمکی به کاهش وابستگی‌اش به آمریکا نمی‌کند، بلکه ایران را به آمریکا وابسته‌تر نیز می‌کند. برعکس، عضویت ایران در «سازمان همکاری و توسعه اقتصادی» کمتر از سه معاهده دیگر سبب افزایش همکاری ایران با آمریکا می‌شود و در بلندمدت نیز میزان این همکاری را در وضع موجود تثبیت خواهد نمود. همچنین، بیش از سه سناریوی دیگر موجب افزایش همکاری ایران با فرانسه و ایتالیا خواهد شد که برابر با جدول ۵، افزایش مزبور هم در مورد فرانسه و هم در مورد ایتالیا در سطح ۰/۰۵ معنادار است. پیوستن ایران به این معاهده کمک می‌کند همکاری ایران با انگلیس و آلمان حداقل در بلندمدت در وضع موجود تثبیت شود.



نمودار ۵. شبیه‌سازی اثر سناریوهای عضویت ایران در معاهدات بین‌المللی بر میزان همکاری‌های علمی ایران با کنشگران کلیدی شبکه

جدول ۵. اثر سناریوهای عضویت ایران در معاهدات بین‌المللی بر میزان همکاری‌هایش با کنشگران کلیدی

	G20		OECD		APEC		BRICS	
	$\beta_{DD}$	p-value	$\beta_{DD}$	p-value	$\beta_{DD}$	p-value	$\beta_{DD}$	p-value
ایران - آمریکا	۵۸۴۵	۰/۰۱	۱۰۸۵	۰/۵۶	۴۰۷۸	۰/۰۶	۸۳۴۳	۰/۰۰
ایران - انگلیس	-۱۷۸۲	۰/۲۸	-۴۷۰/۴	۰/۷۹	-۱۸۵۵	۰/۲۸	-۱۶۸۲	۰/۳۴
ایران - آلمان	-۱۰۷/۹	۰/۸۹	۵۹۲/۲	۰/۴۴	-۶۷۱	۰/۳۷	-۶۸۹/۶	۰/۳۵
ایران - چین	۱۶۲/۵	۰/۰۷	۱۰۳/۸	۰/۱۷	۲۱۴/۸	۰/۰۲	۲۰۶/۷	۰/۰۱
ایران - فرانسه	۸۰۱/۶	۰/۰۱	۱۶۲۲	۰/۰۰	۷۷۵/۹	۰/۰۴	۹۲/۱۶	۰/۷۴
ایران - ایتالیا	۵۸۵/۴	۰/۲۴	۱۵۹۴	۰/۰۰	۴۷۰/۷	۰/۳۳	-۱۵۹/۹	۰/۶۹

بقیه معاهدات در نهایت، سبب کاهش همکاری ایران با انگلیس و آلمان خواهند شد. اگرچه این معاهده در بلندمدت به افزایش همکاری ایران با چین کمک خواهد کرد، اما میزان این افزایش کمتر از افزایش حاصل از معاهدات «آپک» و «بریکس» خواهد بود. در حقیقت، عضویت ایران در «سازمان همکاری و توسعه اقتصادی» به نفع کاهش وابستگی اش به آمریکاست و در جهت تقویت همکاری‌های ایران با کنشگران کلیدی اروپایی (خصوصاً فرانسه و ایتالیا) عمل می‌کند. با این حال، تأثیر معناداری بر تقویت رابطه ایران با کنشگر کلیدی شرق آسیا (چین) ندارد. سناریوهای «جی بیست» و «آپک» روندهای به نسبت مشابهی را در رابطه با همکاری ایران با کنشگران کلیدی شبکه به نمایش می‌گذارند (نمودار ۵). عضویت در «جی بیست» منجر به افزایش معنادار همکاری ایران با آمریکا و عضویت در «آپک» منجر به افزایش معنادار همکاری ایران با چین خواهد شد. افزون بر این، هر دو معاهده تأثیر معناداری بر تقویت همکاری ایران با فرانسه دارند. با این همه، پیوستن ایران به «جی بیست» و «آپک» تأثیر معناداری بر همکاری‌هایش با انگلیس، آلمان و ایتالیا ندارد (جدول ۵).

##### ۵. بحث و نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر به کمک شبیه‌سازی با رویکرد مدل‌سازی عامل محور در صدد بررسی تأثیر عضویت ایران در معاهدات بین‌المللی (جی بیست، سازمان همکاری و توسعه اقتصادی، آپک و بریکس) بر سه مورد بود: اول، میزان همکاری علمی ایران با اعضای هر معاهده؛ دوم، میزان کل همکاری‌های علمی بین‌المللی ایران؛ سوم، میزان وابستگی ایران به کلیدی‌ترین کنشگر شبکه همکاری علمی بین‌المللی (آمریکا).

به‌طور کلی، نتایج مطالعه نشان داد که عضویت ایران در برخی معاهدات بین‌المللی -نسبت به حالت عدم عضویت- تفاوت معناداری در میزان همکاری‌های علمی اش ایجاد می‌کند. به گفته دیگر، عضویت در معاهدات بین‌المللی بر همکاری‌های علمی ایران تأثیر دارد. همان‌گونه که (Finardi and Buratti 2016) در مورد برزیل، روسیه، هند، چین و آفریقای جنوبی نشان دادند همکاری‌های علمی میان این کشورها پس از تشکیل «بریکس» افزایش یافته است. این امر در رابطه با اعضای اتحادیه اروپا نیز صادق است (Makkonen and Mitze 2016; Kato and Ando 2017).

به‌طور خاص، نتایج حکایت از آن دارند که عضویت ایران در «جی بیست»، «سازمان

همکاری و توسعه اقتصادی» و «آپک» منجر به افزایش معنادار همکاری‌های علمی آن با اعضای هر معاهده خواهد شد. این در حالی است که عضویت ایران در «بریکس» تأثیر معناداری بر همکاری ایران با اعضای این معاهده ندارد. افزون بر این، نتایج حاکی از این بود که پیوستن ایران به هر کدام از این چهار معاهده سبب افزایش معنادار میزان کل همکاری‌های علمی آن خواهد شد. با این توضیح که میزان افزایش حاصل از هر معاهده در بلندمدت متغیر است، به‌طوری که عضویت در «جی بیست» بیشتر از بقیه معاهدات و عضویت در «بریکس» کمتر از بقیه معاهدات بر میزان همکاری‌های علمی ایران می‌افزاید. شواهد مطالعه (Hou, Pan and Zhu (2021 نیز تأیید می‌کند که «جی بیست»، «سازمان همکاری و توسعه اقتصادی» و «آپک» همکاری قوی بین کشورهای عضو را در همه رشته‌ها تسهیل می‌نمایند؛ در حالی که «بریکس» فاقد چنین پتانسیلی است.

در رابطه با معاهداتی که وابستگی ایران به همکاری با آمریکا را تشدید و یا تضعیف می‌نمایند، نتایج نشان داد که عضویت در «آپک» و «سازمان همکاری و توسعه اقتصادی» بیش از دو معاهده دیگر در کاهش وابستگی ایران به همکاری با آمریکا نقش دارند. افزون بر این، پیوستن ایران به «آپک» تأثیر معناداری بر تقویت همکاری ایران با کشنگر کلیدی شرق آسیا (چین) و فرانسه نیز دارد. از دیگر مزایای عضویت ایران در «سازمان همکاری و توسعه اقتصادی»، تقویت روابطش با برخی کشنگران کلیدی اروپایی (فرانسه و ایتالیا) است. این در حالی است که عضویت ایران در «جی بیست» و به‌ویژه «بریکس» صرفاً سبب وابستگی بیشتر ایران به آمریکا خواهد شد. دلیل وابستگی بیشتر ایران به آمریکا در صورت پیوستن به «بریکس» این است که آمریکا همواره نخستین و اصلی‌ترین همکار همه اعضای «بریکس» بوده است. در نتیجه، همکاری ایران با اعضای «بریکس» منجر به تقویت رابطه ایران-آمریکا به‌واسطه همکاری قوی با طرف سوم خواهد شد. این نتیجه تا حد زیادی همسو با مطالعه «خرمدندان» و همکاران است که اذعان می‌دارند «بریکس» منابع کافی برای کاهش اثر تحریم‌های آمریکا علیه ایران را ندارد (۱۳۹۹).

پیشنهاد سیاست‌گذارانه پژوهش حاضر در راستای تسریع روند بهبود میزان همکاری‌های علمی بین‌المللی ایران و افزایش احتمال رؤیت‌پذیری آن در شبکه جهانی علم، مهیا ساختن زمینه‌های لازم برای پیوستن ایران به دو معاهده «آپک» و «سازمان همکاری و توسعه اقتصادی» است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که پیوستن ایران به یک معاهده نمی‌تواند همزمان هر دو هدف ایران (افزایش رؤیت‌پذیری در سطح شبکه

و کاهش وابستگی به همکاری با آمریکا) را محقق کند. ایران حداقل باید به عضویت دو معاهده (آپک و سازمان همکاری و توسعه اقتصادی) دربیاید تا هر دو مهم محقق شوند. همان‌طور که مطالعه «طیبی و زمانی» (۱۳۸۸) نیز نشان می‌دهد، به نظر می‌رسد که از بین این دو معاهده ایران فعلاً از پتانسیل‌های اقتصادی بیشتری برای پیوستن به «آپک» برخوردار است. عضویت در «آپک» نه تنها منجر به افزایش وابستگی ایران به آمریکا نمی‌شود، بلکه روابطش با چین و فرانسه را نیز تقویت خواهد کرد.

محدودیت پژوهش حاضر، فقدان داده در برخی شاخص‌ها به ازای کشورهای عمدتاً کم‌جمعیت در بعضی دوره‌های زمانی بود. این محدودیت موجب تحدید بازه زمانی مشاهده و موردهای مطالعه شد. محققان بر اساس ملاحظه وابستگی بیش از حد عمده کشورها به همکاری علمی با یک کشنگر کلیدی خاص پیشنهاد شبیه‌سازی روابط همکاری علمی در شرایط اعمال خصومت سیاسی (مانند جنگ، تحریم و غیره) را برای پژوهش آینده ارائه نموده و پاسخ به پرسش‌های زیر را مطلوب می‌دانند: ۱- کشورهای وابسته برای حفظ و یا ارتقای موقعیتشان در شبکه به کدام راهبردها متوسل می‌شوند. ۲- آیا در چنین شرایطی اساساً امکان حفظ و یا ارتقای موقعیت وجود دارد یا اینکه حفظ و یا ارتقای موقعیت صرفاً منوط به حفظ رابطه با (وابستگی به) کشنگران کلیدی است. ۳- در صورتی که کشورهای وابسته به‌طور دسته‌جمعی اقدام به توزیع همکاری‌هایشان در بین کشنگران کلیدی شبکه نمایند، آیا احتمال دارد که شبکه از حالت شبکه مرکزیت یافته به حالت شبکه‌ای با خوشه‌ها و مراکز متکثر تغییر ساختار دهد؟

## قدردانی

مقاله حاضر مستخرج از طرح پژوهشی شماره ۳ (رساله دکتری خانم مهسا صادقی‌نژاد) به شماره ۵۵۷۶۳ دانشگاه فردوسی مشهد است. از این رو، از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد به‌خاطر همکاری در اجرای پژوهش حاضر سپاسگزاری می‌شود. همچنین، نگارندگان بر خود لازم می‌دانند از داوران محترم به‌خاطر مطالعه متن مقاله و ارائه نظرهای ارزشمند تشکر و قدردانی نمایند.

## فهرست منابع

- خردمندان، آرزو، بهرام یوسفی، روح‌اله شهابی، و شیوا جلال‌پور. ۱۳۹۹. بررسی روابط گروه بریکس و سیاست خارجی جمهوری اسلامی ایران. *سپهر سیاست* ۷(۲۶): ۹۷-۱۲۰.
- دهشیری، محمدرضا، و زهرا بهرامی. ۱۳۹۴. نگاه استراتژیک چین به بریکس. *آسیای مرکزی و قفقاز* ۲۱(۸۹): ۳۳-۶۳.
- دیده‌گاه، فرشته، محمدامین عرفان‌منش، و پردیس پرتو. ۱۳۹۰. کارنامه همکاری علمی ایران و کشورهای عضو کنفرانس اسلامی طی سال‌های ۱۹۰۰ تا ۲۰۰۸. *مطالعات ایرانی کتابداری و اطلاع‌رسانی* ۲۲(۲): ۹۴-۱۰۸.
- ریاحی، عارف، و محمدامین قانع‌راد. ۱۳۹۱. تعاملات و ارتباطات علمی ایران و کشورهای جی هشت. *سیاست خارجی* ۲۶(۳): ۶۴۷-۶۶۲.
- سعیدی، رضا، خلیل سعیدی، و علی دهقانی. ۱۳۹۳. امکان‌سنجی ایجاد موافقتنامه تجارت ترجیحی ایران با کشورهای گروه بریکس. *پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی* ۲۲(۶۹): ۱۰۷-۱۳۰.
- شاه‌آبادی، ابوالفضل، بهناز خوش‌طینت، امیرعلی اصغر‌نژاد، و علی مرادی. ۱۳۹۹. تأثیر کارایی بازارهای اقتصادی بر تجارت دوجانبه ایران و کشورهای منتخب سازمان همکاری اقتصادی و توسعه. *مطالعات و سیاست‌های اقتصادی* ۱۷(۱): ۳-۲۹.
- صادقی‌نژاد، مهسا. ۱۴۰۱. تبیین و پیش‌بینی شبکه همکاری‌های علمی بین‌المللی با تأکید بر موقعیت ایران. رساله دکتری. دانشگاه فردوسی مشهد.
- طیعی، کمیل، و زهرا زمانی. ۱۳۸۸. برون‌سپاری بین‌المللی، توسعه منابع انسانی و رشد اقتصادی در کشورهای آسیا - اقیانوسیه. *مجله دانش و توسعه* ۱۷(۲۹): ۱-۲۰.

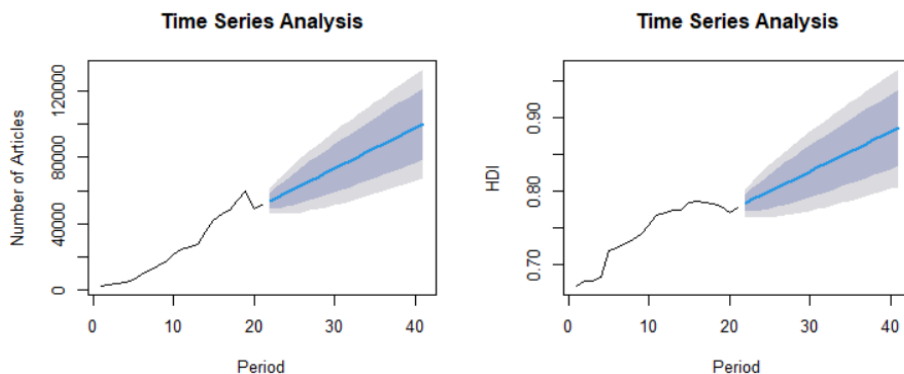
## References

- Borgatti, S. P., and M. G. Everett. 2000. Models of core/ periphery structures. *Social networks* 21 (4): 375-395.
- Castellani, B., R. Rajaram, J. G. Buckwalter, M. Ball, and F. Hafferty. 2015. *Place and health as complex systems: A case study and empirical test*. Switzerland: Springer.
- Chang, Y. H., K. K. Lai, C. Y. Lin, F. P. Su, and M. C. Yang. 2017. A hybrid clustering approach to identify network positions and roles through social network and multivariate analysis. *Scientometrics* 113 (3): 1733-1755.
- Choi, S. 2012. Core-periphery, new clusters, or rising stars?: International research collaboration among 'advanced' countries in the era of globalization. *Scientometrics* 90 (1): 25-41.
- Damodaran, A. 2007. Probabilistic approaches: Scenario analysis, *decision trees and simulations*. Teaching paper available on the Internet at: <http://people.stern.nyu.edu/adamodar/pdfiles/papers/probabilistic.pdf> (accessed Nov. 15, 2011).
- Dosso, M., L. Cassi, and W. Mescheba. 2023. Towards regional scientific integration in Africa? Evidence from co-publications. *Research Policy* 52 (1): 104630.

- Duan, Y., E. Dietzenbacher, B. Los, & C. Yang. 2021. How much did China's emergence as "the world's factory" contribute to its national income?. *China Economic Review* 69: 101658.
- Falzon, L., E. Quintane, J. Dunn, and G. Robins. 2018. Embedding time in positions: Temporal measures of centrality for social network analysis. *Social Networks* 54: 168-178.
- Finardi, U., and A. Buratti. 2016. Scientific collaboration framework of BRICS countries: an analysis of international coauthorship. *Scientometrics* 109 (1): 433-446.
- Fujita, T. 2010. Mechanisms of international trust and cooperation under overlapping informal institutions: A theoretical consideration. *AGLOS: journal of area-based global studies* 1: 19-31.
- Glanzel, W., and A. Schubert. 2005. Analyzing scientific networks through co-authorship. In H. F. Moed et al. (Eds.), *Handbook of quantitative science and technology research* (pp. 257–276). MA: Kluwer Academic Publishers.
- Granovetter, M. S. 1973. The strength of weak ties. *American journal of sociology* 78 (6): 1360-1380.
- Gui, Q., C. Liu, and D. Du. 2019. Globalization of science and international research collaboration: A network perspective. *Geoforum* 105: 1-12.
- Hofman, D. L. 2020. Extraterritoriality and international organizations 1. In *Recordkeeping in International Organizations* (pp. 91-115). New York: Routledge.
- Hou, L., Y. Pan, and J. J. Zhu. 2021. Impact of scientific, economic, geopolitical, and cultural factors on international research collaboration. *Journal of Informetrics* 15 (3): 101194.
- Huynh, T., K. Hoang, and D. Lam. 2013, September. Trend based vertex similarity for academic collaboration recommendation. In *international conference on computational collective intelligence* (pp. 11-20). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Kato, M., and A. Ando. 2017. National ties of international scientific collaboration and researcher mobility found in Nature and Science. *Scientometrics* 110 (2): 673-694.
- Lee, J. J., & J. P. Haupt. 2021. Scientific Globalism during a Global Crisis: Research Collaboration and Open Access Publications on COVID-19. *Higher Education* 81 (5): 949-966.
- Makkonen, T., and T. Mitze. 2016. Scientific collaboration between 'old' and 'new' member states: Did joining the European Union make a difference?. *Scientometrics* 106 (3): 1193-1215.
- Nash, J. E., and J. V. Sutcliffe. 1970. River flow forecasting through conceptual models: Part 1. A discussion of principles. *J. Hydrology* 10 (3): 282-290.
- Parreira, M. R., K. B. Machado, R. Logares, J. A. F. Diniz-Filho, and J. C. Nabout. 2017. The roles of geographic distance and socioeconomic factors on international collaboration among ecologists. *Scientometrics* 113 (3): 1539-1550.
- Schubert, T., and R. Sooryamoorthy. 2010. Can the centre–periphery model explain patterns of international research collaboration among threshold and industrialised countries? The case of South Africa and Germany. *Scientometrics* 83 (1): 181-203.
- Su, J., B. Liu, Q. Li, and H. Ma. 2014. Coevolution of opinions and directed adaptive networks in a social group. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 17 (2): 4.



## پیوست الف:



روند شاخص توسعه انسانی ایران (راست) و روند انتشار مقالات بین‌المللی ایران (چپ) طی دوره شبیه‌سازی

### مهسا صادقی‌نژاد

متولد سال ۱۳۷۰، دارای مدرک کارشناسی ارشد در رشته پژوهش علوم اجتماعی از دانشگاه فردوسی مشهد است. ایشان هم‌اکنون دانشجوی دکتری جامعه‌شناسی اقتصادی و توسعه دانشگاه فردوسی مشهد است. جامعه‌شناسی محاسباتی (به‌ویژه تحلیل شبکه اجتماعی)، جامعه‌شناسی علم و جامعه‌شناسی توسعه از جمله علایق پژوهشی وی است.



### محسن نوغانی دخت‌بهمنی

متولد سال ۱۳۴۴، دارای مدرک دکتری در رشته جامعه‌شناسی از دانشگاه تربیت مدرس تهران است. ایشان هم‌اکنون دانشیار گروه علوم اجتماعی دانشگاه فردوسی مشهد است. روش تحقیق در علوم اجتماعی (به‌ویژه تحلیل شبکه اجتماعی و نظریه زمینه‌ای) و جامعه‌شناسی آموزش و پرورش از جمله علایق پژوهشی وی است.



### احمد رضا اصغرپور ماسوله

متولد سال ۱۳۵۸، دارای مدرک دکتری در رشته جامعه‌شناسی اقتصادی و توسعه از دانشگاه فردوسی مشهد است. ایشان هم‌اکنون استادیار گروه علوم اجتماعی دانشگاه فردوسی مشهد است. شبیه‌سازی اجتماعی (به‌ویژه مدل‌سازی عامل‌محور)، جامعه‌شناسی اقتصادی و شبکه‌های روابط اجتماعی از جمله علایق پژوهشی وی است.



پژوهش نامه  
پردازش و  
مدیریت  
اطلاعات