فصلنامه پژوهش و برنامه‌ریزی در آموزش عالی، دوره ۲۸، شماره ۴، ۱۴۰۱، صص.۱۴۱-۱۱۹

علمی- پژوهشی

سنجش تعاملات دانشگاه، صنعت، دولت و جامعه در مقالات علمی حوزۀ مهندسی برق و الکترونیک ایران با رویکرد مدل مارپیچ چهارگانه

افسانه حاضری[1*] و سحر زارع خورمیزی[2]

چکیده

راه‌اندازی نظام ملی نوآوری در بسیاری از کشورها از جریان ایده‌ها و مهارت‌ها میان دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی و بخش‌های اقتصادی جامعه حاصل می‌شود. توجه به ارتباط بین دانشگاه، دولت، صنعت و سایر ارکان در جریان تولید علم و فناوری به طرح الگوهای مارپیچ چندگانه منجر شده است؛ الگویی که بر اساس رهیافت اطلاعات متقابل و آنتروپی اطلاعات به‌دست آمده قادر به سنجش تعاملات دانشگاه، دولت، صنعت و سایر بخش‌ها و نهادها در سنجش میزان تبدیل علم به فناوری است. در این پژوهش تعاملات دانشگاه، صنعت، دولت و جامعه بین‌المللی در مقالات علمی حوزۀ مهندسی برق و الکترونیک در ایران با رویکرد مدل مارپیچ چهارگانه سنجیده شد. جامعۀ آماری مقالات حوزۀ مهندسی برق و الکترونیک در ایران بود که طی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۹ در پایگاه وب آو ساینس نمایه شده‌اند و تعداد ۱۹۸۰۲ رکورد را پوشش می‌داد. طبق یافته‌ها بالاترین شاخص T دانشگاه–صنعت–دولت–جامعه بین‌المللی در سال ۲۰۱۷ بوده و در سال ۲۰۱۱ این شاخص روندی منفی داشته است. نتایج پژوهش نشان داد که به‌طورکلی، تولیدات علمی حوزۀ مهندسی برق و الکترونیک در ایران از نظر همکاری و تعامل بین ارکان مدل در طول دوره ده‌ساله مورد مطالعه با نوسان زیادی همراه بوده است و وضعیت تعامل بین ارکان مدل چهارگانه مطلوب نیست. بر این اساس، تغییر سیاست‌های علم و فناوری و اتخاذ راهبردهای پژوهشی و صنعتی مناسب برای توسعه تعاملات بین ارکان مذکور در کشور ایران باید به‌عنوان ضرورت مورد بحث قرار گیرد.

کلیدواژگان: مدل مارپیچ چهارگانه، هم‌نویسندگی، مهندسی برق و الکترونیک، همکاری علمی، تعامل دانشگاه و صنعت.

---

۱. دانشیار دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

* نویسنده مسئول: af_hazeri@yahoo.com

۲. کارشناسی ارشد علم‌سنجی، دانشگاه یزد، یزد، ایران: biosa2020@gmail.com

دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۴/۹ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۴/۲۲

مقدمه

جهانی شدن اقتصاد، رقابت در بازارهای جهانی، توسعه و رشد فناوری و گسترش فعالیت‌های مبتنی بر دانش مرحله‌ای جدید از توسعه را با عنوان "اقتصاد دانش‌بنیان" شکل داده است که در آن عملکرد نوآورانه اقتصاد در تولید، انتشار و بهره‌برداری از نوآوری‌های فناورانه در چهارچوبی مفهومی با عنوان «نظام ملی نوآوری» ضامن توسعه فناورانه و اقتصاد کشورها خواهد بود (Sobhani & Tajli, 2012). نظام ملی نوآوری نظامی تکامل‌یافته در مدل‌های پیشین نوآوری است. در دهه ۱۹۴۰ مدل‌های خطی نوآوری یا نمونه فشار دانش مطرح بود. در دانشگاه‌ها بدون توجه به نیاز جامعه، علم تولید و حاصل کار با شکست در بازار مواجه می‌شد. این مسئله موجب شد که دولت در خصوص پژوهش و نوآوری در امتداد صنعت و دانشگاه سرمایه‌گذاری کند و در نتیجهٔ توجه به نیاز جامعه، رشد اجتماعی و اقتصادی کشور حاصل شود. پس از آن توجه به نوآوری در قالب نظامی پیچیده به‌صورت بافتی از بازخوردها و حلقه‌ها و روابط غیرخطی مطرح شد که به نام نظام ملی نوآوری شناخته می‌شود؛ فریدوم[۳] نظام ملی نوآوری را برای اولین بار در سال ۱۹۸۷ پیشنهاد کرد که شامل چند متغیر نهادی، عملکرد آنها و ارتباط‌های آنها در فرایند نوآوری است.

راه‌اندازی نظام ملی نوآوری در بسیاری از کشورها از جریان ایده‌ها و مهارت‌ها و نیروی انسانی میان دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی و بخش‌های اقتصادی جامعه حاصل می‌شود. از طریق تعامل میان این مراکز و توسعه فرهنگ نوآوری، توسعه اقتصادی در کشورها امکان‌پذیر و موجب توجه به ارتباط بین دانشگاه، دولت و صنعت شده است، چرا که این سه نهاد با یکدیگر محیط‌های علمی، سیاستگذاری و تولیدی را ایجاد می‌کنند(Sobhani, Ebrahimi & Jokar, 2017). در مطالعه رابطه میان دانشگاه، صنعت و دولت، اتسکویتز و لیدسرف[۴] اصطلاح « تریپل هلیکس»[۵] را برای اولین بار در اوایل دهه ۱۹۹۰ به‌کار بردند. بعدها مدل مارپیچ سه‌گانه در سه حالت زیر مطالعه شد:

- مارپیچ سه‌گانه ۱: دولت بر صنعت و دانشگاه کنترل قوی دارد که این امر در کشورهای کمونیستی بیشتر به چشم می‌خورد.
- مارپیچ سه‌گانه ۲: صنعت، دولت و دانشگاه در مرزهای جداگانه‌ای قرار دارند و با یکدیگر تعامل جزئی دارند.
- مارپیچ سه‌گانه ۳: ارکان مارپیچ سه‌گانه با یکدیگر تعامل زیادی دارند، به‌طوری که مرزهای بین آنها برداشته شده است، در صورتی‌که هرکدام در جای خود قرار دارند. دولت به سرمایه‌گذاری خطرپذیر در خصوص حوزه‌های خلق دانش، نوآوری، فناوری و تولید کالا و خدمات می‌پردازد. دانشگاه‌ها علاوه بر آموزش و پژوهش به کارآفرینی می‌پردازند و بخش صنعت هم در کنار تولید کالاها و خدمات به خلق و انتشار دانش می‌پردازد (Kim, Huang, Jin, Bodoff, Moon & Choe, 2012).

---

۳. Freeman

۴. Etzkowitz & Leydesdorff

۵. Triple Helix

بر اساس طبقه‌بندی سازمان همکاری اقتصادی و توسعه[۶]، دولت با بخش حکومتی همخوانی دارد، دانشگاه با بخش آموزش عالی و صنعت با بخش فعالیت‌های مربوط به کار و شغل سازگار است(Etzkowitz & Leydesdorff, 2000). این الگو بر اساس کنش متقابل، طرحی مدون برای توسعه اقتصادی دانش‌محور و پیشرفته فراهم می‌کند. درواقع، دولت می‌تواند با جلب اعتماد صنایع و دانشگاه و با وضع قوانین و سیاست‌های مناسب، آن دو را به هم نزدیک کند و باعث ایجاد دانشگاه کارآفرین شود که درنتیجه، اقتصادی کردن دانش جدید بر پایه مدل مارپیچ سه‌گانه میسر می‌شود. بر اساس این مدل دانشگاه‌ها تولیدکنندگان و انتقال‌دهندگان دانش و صنایع تولیدکنندگان خدمات و محصولات هستند، درحالی‌که دولت در میان آنها نقش کنترل کننده و تعدیل‌گر را بر عهده دارد (Liang, Chen, Wu, & Yuan, 2012).

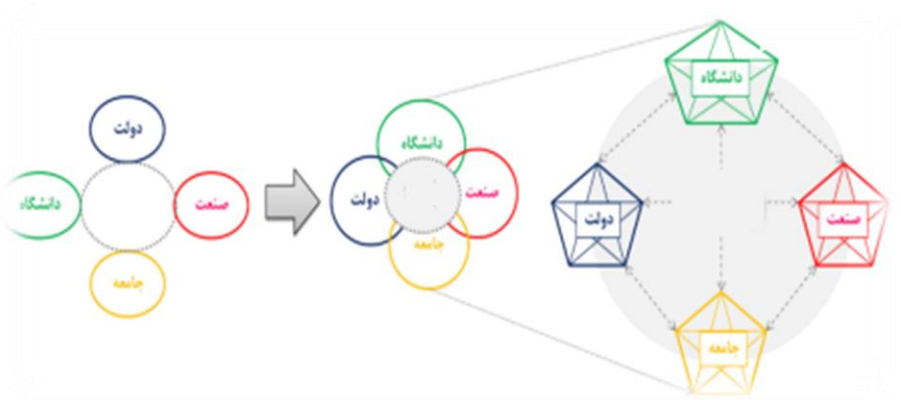
همچنین در بررسی تعاملات دانشگاه با دیگر واحدها ارتباط دانشگاه با جامعه به‌عنوان رکن چهارم در مدل مارپیچ مد نظر پژوهشگران قرار گرفت (Etzkowitz & Leydesdorff, 2002). مارپیچ چهارگانه[۷] علاوه بر تعامل دانشگاه، صنعت و دولت، عامل چهارمی را به نام جامعه یا عامه مردم دخیل می‌کند و رفع نیازهای آنان در طرح این مارپیچ مد نظر است. مارپیچ چهارگانه یکی از ضعف‌های مهم سه‌گانه؛ یعنی امکان ایجاد مشارکت مردم در تولید دانش، محصولات و قانون مناسب را جبران کرده و موجب توسعه و پایه‌گذاری مؤسسات و بنگاه‌های جدید به‌عنوان کارآفرینان مؤسس[۸] شده است. پیچش چهارم (جامعه) با رسانه، صنایع خلاق، فرهنگ، ارزش‌ها، سبک‌های زندگی، هنر و شاید با اندیشه طبقه خلاق مشارکت می‌کند. در نظریه کارایانس و کمپل (Carayannis & Vampbell, 2009) ساختار اقتصادی یک کشور بر چهار رکن یا پیچش شامل دانشگاه‌ها، شرکت‌ها، دولت و جامعه مدنی قرار گرفته است و رشد اقتصادی از طریق دسته‌بندی و تمرکز بر افراد مستعد و مولد ایجاد خواهد شد. برخی از محققان معتقدند که نقش جامعه مدنی در ضلع مصرف اقتصاد تعیین شده است، جایی که خانواده‌ها نوآوری، فناوری، محصولات و خدمات را در قالب کالای نهایی و مجموع خروجی اقتصاد مطالبه و مصرف می‌کنند. در کشورهای توسعه‌یافته ارتباط مستمر و پویا بین جامعه و دانشگاه سبب می‌شود که این دو نهاد به توسعه و رشد یکدیگر کمک کنند، ولی در کشورهای توسعه‌نیافته این ارتباط برقرار نیست و دانشگاه به‌طور عمده فقط به انتقال دانش به دانشجویان می‌پردازد و جامعه نیز کار خودش را انجام می‌دهد.

در شکل ۱ چهارچوب تحلیل تعامل بین دولت، دانشگاه، صنعت و جامعه در گذر از اقتصاد سنتی به اقتصاد دانش بنیان نشان داده شده است (Dastoom, Ramzani Nezhad & Sadeghi Boroujerdi, 2020).

۶. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)

۷. Quadruple Helix

۸. Entrepreneurial Initiatives



شکل ۱- چارچوب تحلیل مفهومی تعامل مارپیچ چهارگانه در گذر از اقتصاد سنتی به اقتصاد دانش‌بنیان (Dastoom et al., 2020)

در این میان، آنچه به‌عنوان متغیر برای ارزیابی اجرای نظام ملی نوآوری؛ یعنی تعامل بین دانشگاه، صنعت، دولت و جامعه بین‌المللی در نظر گرفته شده، همکاری است که به‌عنوان عامل پیش‌برنده برای نوآوری عمل می‌کند. همکاری علمی را می‌توان بازتاب فعالیت‌ها و رویکردهای جامعهٔ علمی به‌شمار آورد؛ مطالعه و بررسی این مقوله می‌تواند به جامعه‌شناسی علم کمک کند (Rahimi & Fattahi, 2008). یکی از نمودهای بارز همکاری علمی هم‌نویسندگی است؛ هم‌نویسندگی وسیع‌ترین شبکه اشتراک دانش و همکاری پژوهشگران در تولید علم است و زمانی شکل می‌گیرد که دو یا چند نویسنده با یکدیگر همکاری می‌کنند. این همکاری می‌تواند در مراحل تولید یک اثر علمی نظیر گردآوری داده‌ها، تحلیل اطلاعات، نتیجه‌گیری و ... صورت گیرد (Shahrabi Farahani, Skrochi, Mohaghegh & Hosseini, 2014).

رشته مهندسی برق به‌عنوان یکی از رشته‌های فنی مهندسی، دانش تحلیل و بررسی ریاضی پدیده‌های فیزیکی است که به نحوی با بارهای الکتریکی، حرکت و آثار آنها (از قبیل جریان الکتریکی، پتانسیل الکتریکی، میدان الکتریکی، میدان مغناطیسی، موج الکترومغناطیسی، نیروی الکتریکی، نیروی مغناطیسی و ...) مربوط می‌شود (مؤسسه آموزش عالی میرداماد گرگان، ۱۳۹۷). بررسی مدارک در پایگاه وب آو ساینس نشان می‌دهد که کشور ایران در فهرست سیزده کشور برتر دنیا در تولید مدارک علمی حوزهٔ مهندسی برق و الکترونیک قرار دارد و در میان کشورهای جنوب غرب آسیا حایز رتبه اول در تولید مدارک علمی این حوزه از ابتدا تا سال ۲۰۱۹ بوده است.

بررسی پیشینه نشان می‌دهد که سنجش تعاملات ارکان نوآوری در ابعاد سه‌گانه دانشگاه، صنعت و دولت در تحقیقات حوزه‌های مختلف لحاظ شده است. اما با روشن شدن اهمیت همکاری‌های جامعه بین‌المللی، شناخت دقیق وضعیت تعاملات بین ارکان مختلف مدل مارپیچ در ابعاد چهارگانه برای سیاستگذاری و برنامه‌ریزی‌های پژوهشی ضرورت یافته، حال آنکه جامعه علمی به این مسئله کمتر توجه کرده است. با

این الگو می‌توان ابعاد بیشتر را سنجید و مبدعان این روش بر این امر تأکید کرده‌اند. از طرف دیگر، در نظر گرفتن ابعاد بیشتر به افزایش دقت در نتیجه تحقیقات منجر خواهد شد. بنابراین، در پژوهش حاضر، همچون سایر پژوهش‌هایی که بر مبنای مدل مارپیچ چهارگانه در کشورهای در حال توسعه شکل گرفته است (Jafari, Akhavan & Zarghami, 2015)، جامعه بین‌المللی به‌عنوان بعد چهارم در نظر گرفته و جریان تعاملات بین‌المللی دانشگاه، دولت و صنعت علاوه بر تعاملات سه‌گانه و ملی به تصویر کشیده می‌شود. در حال حاضر، روشن نیست که آیا دولت در خصوص حوزه مهندسی برق و الکترونیک سرمایه‌گذاری می‌کند و این سرمایه‌گذاری موجب افزایش میزان تولیدات علمی در این حوزه شده است و آیا تولیدات علمی در حوزه یادشده را صنعت می‌پذیرد و اینکه جامعه بین‌المللی در این زمینه چه سهمی داشته است؟ به‌عبارتی، روشن نیست که در تولیدات علمی حوزۀ مهندسی برق و الکترونیک در ایران ارتباط بین بخش‌های دانشگاه، صنعت، دولت و جامعه بین‌المللی تا چه اندازه شکل گرفته و اینکه تعاملات بین کدام یک از ارکان مدل مارپیچ چهارگانه بیشتر در جریان بوده است. بر این اساس، در پژوهش حاضر سهم هر یک از ارکان چهارگانه در تولید مقالات علمی ایران در حوزه مهندسی برق و الکترونیک تعیین و تعامل ارکان مختلف در تولیدات علمی ایران در حوزۀ مهندسی برق و الکترونیک بر اساس مدل مارپیچ چهارگانه تحلیل و روابط معنادار بین هر یک از ارکان مدل مارپیچ چهارگانه در حوزه مهندسی برق و الکترونیک بررسی شد.

مبانی نظری و پیشینه

تعامل علمی[۹]: تعاملات قسمت مهمی از توانایی‌های ملی است و به‌طور گسترده با هدف اثرگذاری بر عملکرد نوآوری کشورها به‌کار گرفته می‌شود (Nelson, 1993). مطالعه میزان همکاری نقش‌آفرینان در تولید علم بین بخش عمومی شامل دانشگاه و دولت و بخش خصوصی شامل صنعت به‌عنوان مهم‌ترین عامل نه تنها برای تعیین خروجی نوآوری که برای تعیین تفاوت بین کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه به‌شمار می‌رود (Leydesdorff, & Zawdie, 2010). در پژوهش‌های تریپل هلیکس از تعامل به‌جای رابطه استفاده می‌شود. رابطه به معنای هر نوع تماس، پیوند، نسبت، قرارداد و پیمان بین دو پدیده اعم از انسانی یا شیء، قراردادهای میان دولت‌ها و حتی روابط ریاضی و نسبت‌هاست. رابطه فرایندی سطحی، ولی تعامل فرایندی عمقی و دارای کنش و واکنش است (Souzanchi Kashani & Zarghami, 2019).

۹. Scientific Interaction

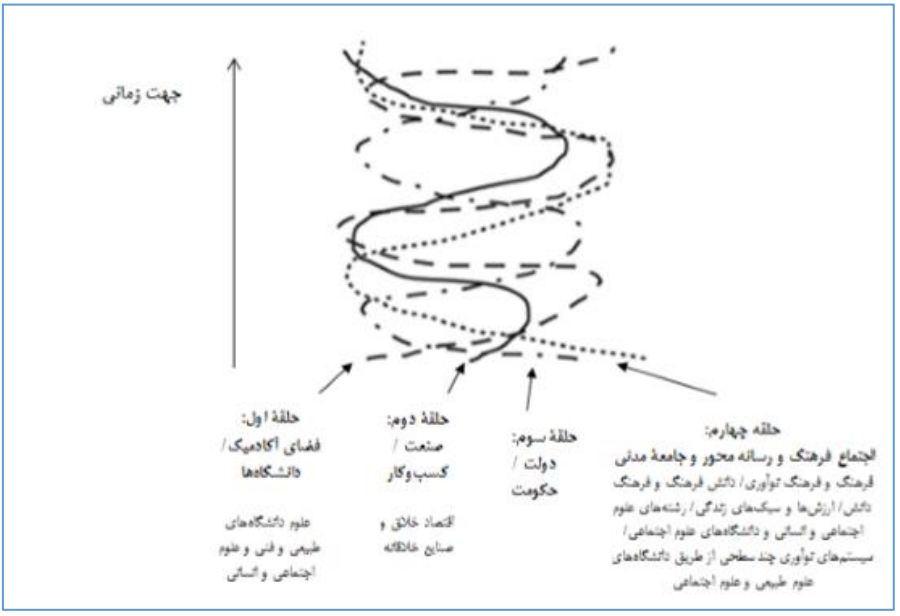
شاخص رسانش عدم قطعیت: برای محاسبه میزان تعامل در تولیدات علمی در ابعاد ملی و جامعه بین‌المللی، شاخص رسانش عدم قطعیت (T) که در متون مختلف با عبارات شاخص انتقال اطلاعات[۱۰]یا شاخص گذار اطلاعات[۱۱] نیز نامیده شده است، محاسبه می‌شود. مقادیر به‌دست آمده می‌تواند مثبت، منفی یا صفر باشد. مقادیر منفی در ابعاد سه‌گانه حاکی از افزایش تعاملات و مقادیر مثبت و صفر نشان‌دهنده نبود تعامل در میان ارکان مدل است. در ابعاد دوگانه و چهارگانه مقادیر مثبت مطلوب و نشان‌دهنده تعاملات در میان ارکان است (Jafari et al., 2015).

مدل مارپیچ چهارگانه و چندگانه: پس از طرح مدل مارپیچ سه‌گانه، به‌منظور توسعه و بسط ابعاد جدیدتر و سازگاری با نیازهای اجتماعی، فرهنگی و محیطی، متخصصان حوزه‌های مختلف تلاش‌هایی را آغاز کردند و مدل‌های مارپیچ چهارگانه، پنج‌گانه و N گانه توسعه یافت (Leydesdorff, 2012). هدف اصلی توسعه الگوی مارپیچ چهارگانه، سفارشی‌سازی تولیدات علمی و محصولات متناسب با نیازها و خواسته‌های جامعه بیان شده است (Leydesdorff, 2012). نقطه آغاز این مدل انتشار مقاله‌ای از مبدعان نظریه تریپل هلیکس (Etzkowitz & Leydesdorff, 2003) در خصوص درک قابلیت افزودن «جامعه» به‌عنوان حلقه چهارم مدل است. برخی از پژوهشگران مصادیق «جامعه» را مواردی نظیر «جامعه مدنی» و «اجتماع رسانه‌بنیان و فرهنگ‌بنیان» دانسته‌اند. در برخی از موارد نیز جامعه بین‌المللی به‌عنوان مصداق این بخش در نظر گرفته شده است. مهم‌ترین قابلیت مدل مارپیچ چهارگانه تولید دانش، تحقیقات و نوآوری کاربرمحور از طریق توجه به مسائل، خواسته‌ها و نیازهای واقعی کاربران و اجتماع است (Carayannis & Vampbell, 2009). شکل مارپیچی این عوامل دو دلیل دارد: اول آنکه وظایف همدیگر را انجام می‌دهند و دوم آنکه در طول زمان بر یکدیگر تأثیر می‌گذارند و موجب تغییر مسیر یکدیگر می‌شوند (Etzkowitz & Leydesdorff, 2000).

در مدل مارپیچ پنج‌گانه با رویکرد توجه به «محیط طبیعی[۱۲]»، محیط نیز به‌عنوان رکن پنجم به مدل مارپیچ چهارگانه افزوده می‌شود. همچنین مدل مارپیچ پنج‌گانه می‌تواند چارچوبی برای تجزیه‌وتحلیل چندرشته‌ای و میان‌رشته‌ای ناشی از توسعه پایدار[۱۳] و بوم‌شناسی اجتماعی[۱۴] قلمداد شود (Carayannis & Vampbell, 2009). بدین‌ترتیب، همان‌گونه که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، جامعه بستر سیستم‌های نوآوری مارپیچ سه‌گانه و محیط طبیعی بستر سیستم‌های نوآوری مارپیچ چهارگانه به‌شمار می‌رود. بعد از تحلیل‌های کارایانس و کمپل (Carayannis & Vampbell, 2009) که به آن اشاره شد، لیدسدورف (Leydesdorff, 2012) در مقام یکی از مبدعان مدل مارپیچ سه‌گانه، قابلیت افزوده شدن حلقه‌ها و

۱۰. Information Transfer Index
۱۱. Information Transition Index
۱۲. Natural Environments
۱۳. Sustainable Development
۱۴. Social Ecology

ارکان دیگری به مارپیچ سه‌گانه را بررسی و قابلیت ارتقای ارکان برحسب شرایط خاص اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و بومی در هر کشور را تأیید کرد تا جایی‌که بیش از حتی ۲۰ حلقه و به تعبیر پژوهشگران تا N بعد وجود دارد. بر این اساس، وی این ادعا را نمی‌پذیرد که «یگانه مدل مطلوب و نهایی معتبر در تمام شرایط، الگوی مارپیچ سه‌گانه است»؛ در عین حال، او تلاش دارد تا با اتکا به بررسی پژوهشگران پیشگفته، از نظریه‌های مارپیچ چهار، پنج و N گانه دفاع کند.



شکل۲- مفهوم سازی سیستم نوآوری مارپیچ چهارگانه (Carayannis & Vampbell, 2012)

کای و اتزکوییتز (Cai & Etzkowitz, 2020) در مقاله‌ای با عنوان «نظریه‌پردازان مدل مارپیچ سه‌گانه: گذشته، حال و آینده» به تجزیه و تحلیل ادبیات کلاسیک و تحقیقات اخیر پرداخته و راه حل‌هایی را برای توسعه نظری مارپیچ سه‌گانه پیشنهاد داده و نتیجه گرفته‌اند که مارپیچ سه‌گانه با مفاهیم علوم اجتماعی ترکیب و تقویت شده است و حوزه‌ای میان‌رشته‌ای است و دیگر رشته‌ها می‌توانند به این حوزه بپیوندند و بدین‌ترتیب، دیدگاه آنها یکپارچه و جهت‌گیری جدیدی برای حوزه مارپیچ سه‌گانه ایجاد می‌شود.

سوزنچی‌کاشانی و ضرغامی (Souzanchi Kashani & Zarghami, 2019) پژوهشی با عنوان «پویایی روابط دانشگاه–صنعت–دولت در علم نانو: بررسی تطبیقی روابط مدل مارپیچ سه‌گانه در ایران و سوئیس» انجام دادند و جامعه آماری آن شامل همه مقالات حوزه نانو در پایگاه وب آو ساینس با حداقل یک نویسنده ایرانی یا سوئیسی بود. به‌طور کلی، یافته‌ها نشان داد که حدود ۶۰ درصد تولیدات علمی کشور

سوئیس حاصل مشارکت دو یا سه‌گانه ارکان مدل مارپیچ است، درحالی‌که برای کشور ایران این عدد کمتر از ۲۰ درصد گزارش شد. مقدار کل مشارکت‌های سه‌گانه کشور ایران ۰/۵۷ و کشور سوئیس ۲۶/۵۷ به‌دست آمد.

چن و همکاران (Chen, Zhang & Fu, 2019) در خصوص همکاری پژوهشی بین‌المللی[۱۵]، به‌عنوان زمینه‌ای جدید برای مطالعات نوآورانه در بازه زمانی ۲۰۱۵-۱۹۵۷ بررسی کردند. در این پژوهش‌ها هم نویسندگی غالب‌ترین روش است و کل زمینه پژوهش‌های آی.آر.سی. را می‌توان به ۵ حوزه موضوعی مستقل با عناوین‌محرک‌ها، الگوها، تأثیرات، شبکه‌ها و اندازه‌گیری سنجش‌های آی.آر.سی طبقه‌بندی کرد.

نتیج پژوهش گوی و همکاران (Gui, Liu & Du., 2019) با موضوع جهانی‌سازی دانش و همکاری بین‌المللی علمی نشان داد که جهانی‌شدن علم به‌طور فزاینده برجسته می‌شود و تعداد گره‌ها و پیوندها در شبکه به مرور زمان افزایش می‌یابد. دنیای دوقطبی که زمانی آنگلوآمریکن آن را هدایت می‌کرد، به‌تدریج با جهان سه‌قطبی (اروپا، آمریکای شمالی و آسیا و اقیانوس آرام) جایگزین می‌شود. علاوه بر این، تجزیه و تحلیل روش تعیین چهارگانه[۱۶] نشان داد که پیوندهای پس از استعمار انگلیسی، نزدیکی اقتصادی، مجاورت توان علمی، نزدیکی اجتماعی و دانشجویی بین‌المللی در همکاری‌های بین‌المللی تأثیر مثبت، درحالی‌که مسافت جغرافیایی نقش منفی و ناچیزی دارد.

ایوانوا و همکاران (Ivanova, Strand & Leydesdorff, 2019) در پژوهشی اثرهای افزایش نسبی اطلاعات متقابل بین توزیع جغرافیایی، فناورانه و سازمانی نهادها را بر اساس افزایش نسبی گردش مالی از نظر هم‌افزایی تحلیل و تأثیرات افزایش همکاری‌های بین‌المللی بر گردش مالی منطقه را بررسی کردند. نتایج حاکی از نقش اصلی مؤسسات با مالکیت بین‌المللی نسبت به مؤسسات ملی در خوشه‌های هم‌افزایی و همچنین هم‌افزایی بیشتر در مؤسسات بخش شمالی کشور نروژ بود که از منابع دولتی بیشتری برخوردارند.

عزیزی و مرادی (Azizi & Moradi, 2019) درباره وضعیت زیرشاخص نوآوری به‌عنوان شاخصی برای اقتصاد دانش‌بنیان در کشور ایران و دستیابی به تعاملات دانشگاه، صنعت و دولت در نظام پژوهش و نوآوری بررسی کردند. نتایج شاخص‌های فرعی مربوط به ارکان چهارگانه اقتصاد دانش‌بنیان در کشور ایران نشان داد که هر چند این کشور از نظر شاخص نوآوری در سطح تقریباً خوب و در رکن آموزش و نیروی انسانی و زیرساخت ارتباطی و اطلاعاتی در سطح متوسط قرار دارد، اما از نظر مشوق‌های اقتصادی و رژیم نهادی در شرایط نامطلوبی بوده و نتوانسته است دانش نظری و علمی را به دانش کاربردی و تجاری تبدیل کند که تدوین و پیاده‌سازی راهبرد هدفمند و برنامه‌ریزی ویژه ضروری است.

جعفری و ضرغامی (Jafari & Zarghami, 2016) در پژوهشی به اندازه‌گیری توسعه نانوفناوری از طریق مطالعه الگوی تقسیم‌کننده کشورها به کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه در طول سال‌های

۱۵. International Research Collaboration

۱۶. Quadratic Assignment Procedure (QAP)

۲۰۰۰–۲۰۱۴ پرداختند. یافته‌ها نشان داد که به‌طور کلی، نرخ رشد کشور چین در انتشارات حوزه نانو فناوری از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۴ با اختصاص حدود ۲۵ درصد از انتشارات به خود، از کشور ایالات متحده پیشی گرفته است و در رتبه نخست قرار دارد. در حوزه نانوفناوری در خصوص پروانه‌های ثبت اختراع روند متفاوتی وجود داشت، بدین صورت که ایالات متحده با برخورداری از حدود ۵۰ درصد پروانه‌های ثبت شده اختراع برتری بلامنازع را از آن خود کرده است. یافته‌ها همچنین نشان داد که همکاری‌های حاصل در کشورهای توسعه‌یافته در مقایسه با سهم سایر کشورها در دو شاخص مورد بررسی ضعیف‌تر بوده است.

چانگ (Chung, 2014) در پژوهشی وضعیت تریپل هلیکس و روابط دانشگاه، صنعت و دولت در آسیا را تحلیل و نتایج برجسته‌ترین محققان را بر اساس حوزه تریپل هلیکس در مجلات، مقالات و روند تحقیقات در آسیا شناسایی کرده است که نیاز به تجزیه و تحلیل عمیق‌تر و خلاقانه‌تر از مدل تریپل هلیکس در منطقه و دوره‌های طولانی‌تر برای تجزیه و تحلیل‌های عمیق را نشان می‌دهد. درنهایت، وی پیشنهادهایی برای بهبود تعاملات ارائه کرده است.

در پژوهش لیدسدورف و پارک (Leydesdorff & Park, 2014) با عنوان روشی برای اندازه‌گیری هم‌افزایی بین ارتباطات دانشگاه، صنعت و دولت، نرم‌افزاری محاسباتی به‌عنوان ابزار اندازه‌گیری هم‌افزایی روابط به نام TH4.exe معرفی شد که در پژوهش حاضر نیز از آن بهره‌برداری شد. بر اساس نتایج پژوهش، اطلاعات متقابل در ابعاد سه‌گانه یا بیشتر را می‌توان به‌عنوان شاخصی از هم‌افزایی محتمل بین روابط دانشگاه، صنعت و دولت در نظر گرفت.

شین و همکاران (Shin, Lee & Kim, 2012) با مطالعه همکاری‌های بومی و بین‌المللی به بررسی تولیدات تحقیقاتی در کشور عربستان سعودی پرداختند. در این پژوهش نیز مدل مارپیچ سه‌گانه استفاده شد. یافته‌های پژوهش آنها نشان داد که همکاری مشاهده شده حالت باثباتی داشته است و تولیدات علمی نیز به‌خصوص در دهه اخیر رشد فزاینده‌ای را نشان داده‌اند. از نظر این پژوهشگران، این افزایش چشمگیر تا حد زیادی به تعداد فراوان مأخذ استفاده شده در پروانه‌های ثبت اختراع نیز وابسته بوده است. نتایج دیگر تحقیق نشان‌دهنده این نکته است که محققان خارجی در کشور عربستان بر افزایش همکاری‌های خارجی در این کشور اثرگذار بوده‌اند و بر این اساس، تفاوت میان همکاری‌های بومی و همکاری‌های بین‌المللی در این کشور بسیار اندک بوده است.

در پژوهش حسین و همکاران (Hossain, Moon, Kang, Lee & Choe, 2012) با کمک مارپیچ سه‌گانه، همکاری میان سه رکن دانشگاه، صنعت و دولت به‌منظور تعیین زیرساخت‌های ضروری برای شکل‌دهی به جریان نوآوری بر پایه دانش و روند تحقیق و توسعه[۱۷] در کشور بنگلادش بررسی شد و نتایج نشان داد که پویایی شبکه نوآوری در کشور بنگلادش به‌طور چشمگیر با توجه به سیاست‌های تحقیق و توسعه دولت متفاوت است. همچنین الگوی روابط هم‌نویسندگی در انتشارات نمایه استنادی در بازه ۱۹۹۶

۱۷. Research and Development (R&D)

تا ۲۰۰۶ روند صعودی داشته است. با این حال، همکاری درون‌سازمانی میان ارکان مارپیچ سه‌گانه در این کشور به‌طور منفی تحت تأثیر سیاست‌های پژوهشی ملی علوم و فناوری قرار گرفته و کمتر شده است.

کیم و همکاران (Kim et al., 2012) در پژوهشی با عنوان «مارپیچ سه‌گانه در حوزه کشاورزی کشورهای شمال شرق آسیا» به مقایسه وضعیت تولیدات علمی حوزه کشاورزی در دو کشور کره جنوبی و چین پرداختند و نتایج نشان داد که تولیدات علمی این حوزه به‌طورکلی، در هر دو کشور در بازه مورد بررسی رشد صعودی داشته، ولی کشور کره نسبت به کشور چین در تولید مقالات وضعیت مناسب‌تری داشته است. در بررسی وضعیت همکاری ارکان سه‌گانه، نتایج نشان داد که به‌طورکلی، هر دو کشور بیشترین تعداد مقالات را با همکاری دو رکن دانشگاه و دولت داشته‌اند. در بررسی مدل مارپیچ سه‌گانه مشخص شد که در کشور چین تعاملات بالای دولت و سایر نهادها بر این امر اثرگذار و تعاملات صنایع در این کشور به نسبت کشور کره کمتر بوده است.

روش پژوهش

پژوهش حاضر پژوهشی علم‌سنجی است که از نظر هدف کاربردی بود. در این پژوهش سنجش تعاملات دانشگاه، صنعت، دولت و جامعه بین‌المللی بر مبنای مدل مارپیچ چهارگانه صورت گرفت. به‌منظور تحلیل مناسب در این خصوص، ابتدا بر اساس روند مرسوم و متداول تحقیقات این حوزه (Leydesdorff & Park, 2014; Shin et al., 2012) دانشگاه با کد U، صنعت با کد I و دولت با کد G به‌عنوان سه رکن اول و جامعه بین‌المللی به‌عنوان رکن چهارم با کد F در نظر گرفته شد. در حالت کلی دو رویکرد متفاوت به‌منظور در نظر گرفتن جامعه بین‌المللی در محاسبات و تحلیل‌های این مدل وجود دارد؛ رویکرد اول در نظر گرفتن همکاری‌های جامعه بین‌المللی به‌عنوان مداخله‌گر در ارتباطات سه‌گانه است و رویکرد دوم مبتنی بر توسعه چهار رکن و در نظر گرفتن رکن چهارم به‌عنوان یک بعد مجزاست. برای مثال، در رویکرد اول اگر یک استاد در دانشگاه داخلی با یک استاد خارجی پژوهشی انجام بدهد، علاوه بر آنکه این ارتباط ارتباطی بین‌بخشی (دانشگاه خارجی–دانشگاه) تلقی می‌شود، ارتباط درون‌بخشی (دانشگاه) نیز به‌صورت مجزا در محاسبات وارد می‌شود(Shin et al., 2012).

در این پژوهش به‌دلیل تناسب بیشتر رویکرد دوم با شرایط کشور ایران و همچنین پژوهش‌های متعدد گزارش شده در مراجع علمی (Sun & Negishi, 2010; Leydesdorff & Sun, 2009; Kwon, Park, So, & Leydesdorff, 2012)، رکن خارجی به‌عنوان رکن مداخله‌گر چهارم در ارتباطات سه‌گانه وارد تحلیل شد. شایان ذکر است که حدود ۳۰ درصد از تولیدات علمی حوزۀ مهندسی برق و الکترونیک در ایران با تعامل همکاران خارجی تولید شده است. به‌منظور بررسی مشارکت پژوهشگران هر یک از ارکان چهارگانه در تولید علم حوزۀ مهندسی برق و الکترونیک در ایران، مقالات موجود در پایگاه وب آو ساینس در بازه زمانی ده‌ساله ۲۰۱۹–۲۰۱۰ به‌عنوان جامعه پژوهش در نظر گرفته شد. در

جست‌وجوی اولیه تعداد ۱۹۸۰۲ مقاله به‌دست آمد. برای بازیابی مدارک مرتبط با هر یک از ارکان، از ابزار جست‌وجوی پیشرفته پایگاه وب آو ساینس استفاده شد. ابتدا تعداد ۱۹ راهبرد جست‌وجو با الهام گرفتن از راهبردهای جست‌وجوی مدون و اعتباریابی شده در مقالات موجود طراحی و محدود شد. میزان همپوشانی مقالات نیز با استفاده از جست‌وجوهای ترکیبی و عملگرهای جبر بولی بررسی شد:

(1) (PY= 2018 AND AD=(“IRAN”) AND WC=(Engineering, Electrical & Electronic*))

مقالات با وابستگی دانشگاه (U) (ناخالص)

(2) (PY= 2018 AND AD=("IRAN") AND WC=(Engineering, Electrical & Electronic*) AND AD=("IRAN" SAME (UNIV* OR EDU* OR AC* OR TECH* OR ACER* OR UNVERS* OR SCH* OR ACRI* CALTECH* COLL* OR (DANESHGA*))

مقالات با وابستگی صنعت (I) (ناخالص)

(3) (PY= 2018 AND AD=("IRAN") AND WC=(Engineering, Electrical & Electronic*) AND AD=("IRAN" SAME (CO.* OR CO* OR COMPA* OR CORP* OR LCC* OR INC* OR GRID* OR GRP* OR GMBH* OR AB OR IND* OR LTD* OR AG*))

مقالات با وابستگی دولت (G) (ناخالص)

(4) (PY= 2018 AND AD=("IRAN") AND WC=(Engineering, Electrical & Electronic*) AND AD= ("IRAN" SAME (GOVT* OR GOVERN* OR GOV* OR NAZL* OR NACL* OR NIH OR ORG* OR MINIST* OR ACAD* OR (ORGANIZ* OR NATL*))

تا اینجا مدارک بازیابی شده با یکدیگر همپوشانی دارند و از آنجا که باید در بازیابی داده‌ها نهایت دقت به‌کار گرفته شود تا از بازیابی بیش از یک بار موارد دارای همپوشانی جلوگیری شود، نتایج با استفاده از عملگرهای بولی زیر محدود شد:

مقالات دانشگاه– صنعت– دولت	(5) #4 AND #3 AND #2
مقالات دانشگاه خالص	(6) #2 NOT #3 NOT #4 OR #5
مقالات صنعت خالص	(7) #3 NOT #2 NOT #4 OR #5
مقالات صنعت خالص	(8) #4 NOT #3 NOT #2 OR #5
مقالات خالص دانشگاه و صنعت	(9) #2 AND #3 NOT (UI) #5
مقالات خالص دانشگاه و دولت	(10) #2 AND #4 NOT (UG) #5

مقالات خالص صنعت و دولت (11) #3 AND #4 NOT (IG) #5

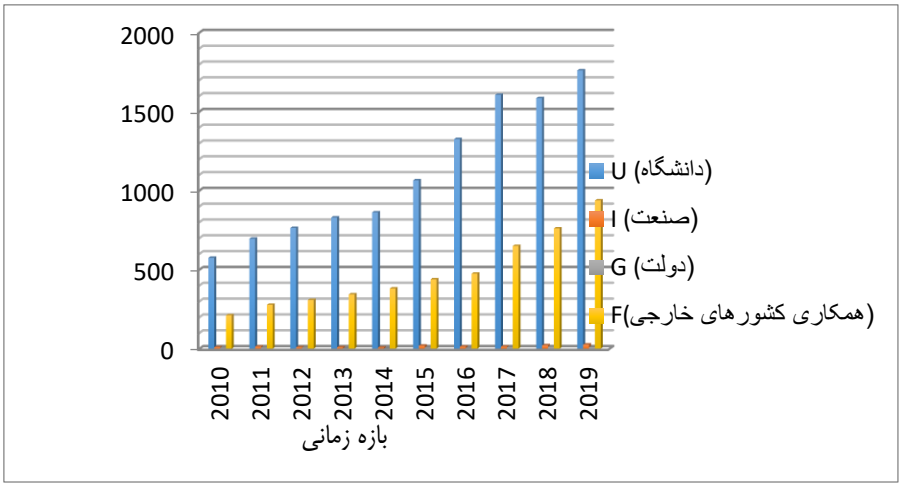
جست‌وجوی ۱۲ تا ۱۹: کل مقالاتی که در فرمول جست‌وجوی ۱ به‌دست آمده بود، با استفاده از گزینه فیلتر پایگاه وب آو ساینس و انتخاب گزینه مناطق و کشورها، به همه کشورها بجز ایران محدود شد و بدین ترتیب، مقالاتی که جزو جامعه بین‌المللی (F) بودند، به‌دست آمدند.

مقالات همکاری جامعه بین‌المللی و دانشگاه	#12 AND #6
مقالات همکاری جامعه بین‌المللی و صنعت	#12 AND #7
مقالات همکاری جامعه بین‌المللی و دولت	#12 AND #8
مقالات همکاری جامعه بین‌المللی، دانشگاه و صنعت	#12 AND #9
مقالات همکاری جامعه بین‌المللی، دانشگاه و دولت	#12 AND #10
مقالات همکاری جامعه بین‌المللی، صنعت و دولت	#12 AND #11
مقالات همکاری جامعه بین‌المللی، دانشگاه، صنعت و دولت	#12 AND #5

به‌منظور تحلیل تعاملات ارکان چهارگانه در ابعاد مختلف از نرم‌افزار TH4.exe استفاده و شاخص رسانش عدم قطعیت (شاخص T) بررسی شد. TH4.exe نرم‌افزار شناخته شده‌ای است که به کاربران این امکان را می‌دهد تا مقادیر شاخص رسانش عدم قطعیت اطلاعات متقابل در مدل مارپیچ چهارگانه را محاسبه کنند. این نرم‌افزار که در سال ۲۰۰۸ طراحی شده و از سایت شخصی لیدسدورف قابل بارگذاری است، کاربردهای بین‌المللی دارد و در پژوهش‌های این حوزه بسیار استفاده شده است (Hatami & Naghshine, 2014; Ye, Yu & Leydesdorff, 2013).

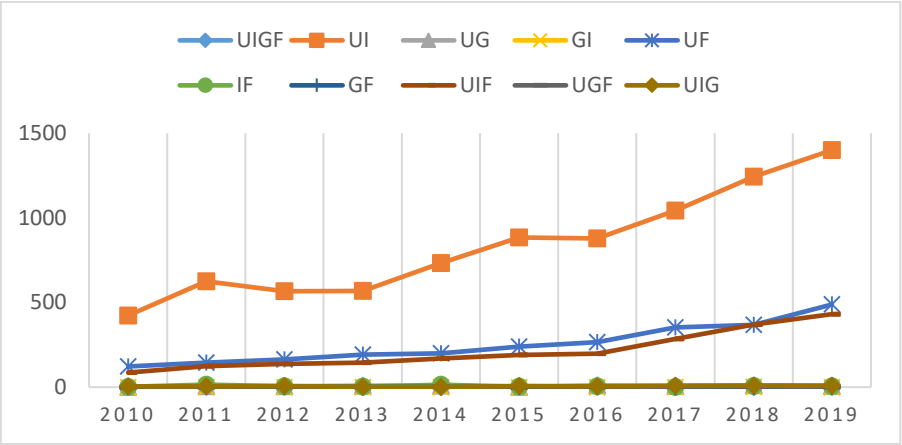
یافته‌ها و بحث

در نمودار ۱ توزیع فراوانی مقالات حوزهٔ مهندسی برق و الکترونیک در ایران، که در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۹ در وب آو ساینس نمایه شده و شامل ۱۹۸۰۲ مقاله است، به تفکیک هر یک از ارکان مدل مارپیچ چهارگانه نشان داده شده است. با توجه به این نمودار، بیشترین تعداد مقالات مربوط به دانشگاه و در سال ۲۰۱۹ و کمترین تعداد مقالات مربوط به دولت در سال ۲۰۱۴ است. یافته‌ها نشان می‌دهد که تولید مقالات در هر چهار رکن رشد صعودی داشته و ضریب رشد مقالات از سال ۲۰۱۰ تا سال ۲۰۱۹ برای دانشگاه ۲/۰۶ ، صنعت ۱/۸، دولت ۰/۸ و همکاری جامعه بین‌المللی ۳/۴۴ بوده است.



نمودار ۱- توزیع فراوانی مقالات حوزۀ مهندسی برق و الکترونیک در ایران که در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۹ در وب آو ساینس

نمودار ۲ نشان‌دهنده میزان مشارکت ارکان دوگانه، سه‌گانه و چهارگانه در تولید مقالات حوزۀ مهندسی برق و الکترونیک در ایران در مقایسه با سهم کلی هر یک از ارکان چهارگانه است. با توجه به این نمودار، میزان تولیدات علمی صنعت و دولت تقریباً به یک اندازه است. بیشترین تولیدات علمی مربوط به دانشگاه است و مشارکت رکن دانشگاه با هر کدام از ارکان موجب افزایش تولیدات علمی می‌شود، مثل دانشگاه و صنعت که بعد از دانشگاه بیشترین میزان تولیدات علمی را دارند و بعد به ترتیب جامعه بین‌المللی، دانشگاه- جامعه بین‌المللی و دانشگاه، صنعت و جامعه بین‌المللی و میزان مشارکت بقیه ارکان متمایل به صفر است. درمجموع، میزان مشارکت دولت بسیار پایین است و هرکدام از ارکان که با دولت مشارکت داشته‌اند، میزان تولیدات علمی آنها بسیار پایین آمده و میزان مشارکت صنعت و جامعه بین‌المللی هم نزدیک به صفر بوده است.



نمودار ۲- میزان مشارکت ارکان دوگانه، سه‌گانه و چهارگانه در تولید مقالات حوزهٔ مهندسی برق و الکترونیک در ایران در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۹

شاخص رسانش عدم قطعیت برای ارکان دوگانه، سه‌گانه و چهارگانه با استفاده از مقادیر اطلاعات و آنتروپی ترکیبی به‌دست آمده است. در جدول ۱ مقادیر رسانش عدم قطعیت برای ارکان مختلف نشان داده شده است.

جدول ۱- شاخص رسانش عدم قطعیت برای ارکان دوگانه، سه‌گانه و چهارگانه به تفکیک سال

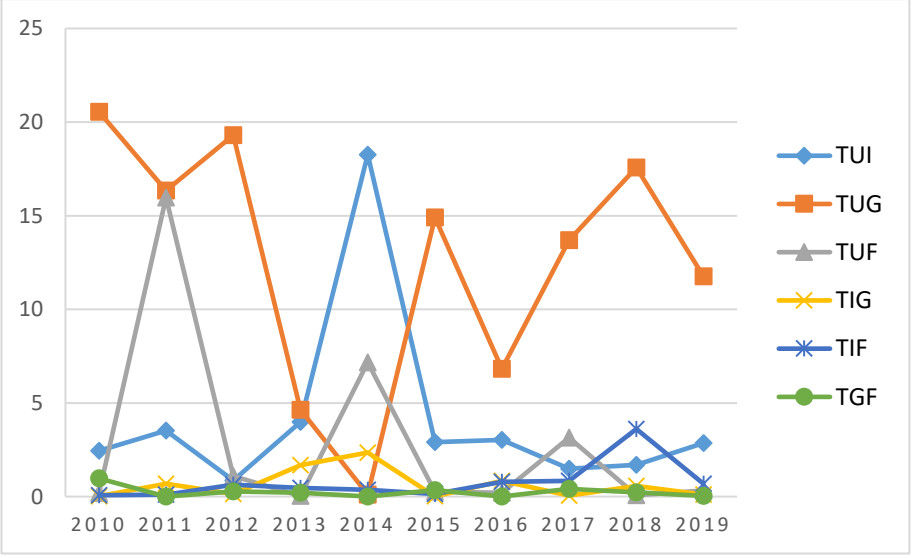
TUIGF	TIGF	TUGF	TUIF	TUIG	TGF	TIF	TIG	TUF	TUG	TUI	
۰/۱۶	−۰/۰۵	۰/۱۵	−۰/۴۴	−۱۶/۵۲	۰/۹۷	۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۱۹	۲۰/۵۵	۲/۴۴	۲۰۱۰
−۲/۷۴	۰/۰۰۰۵	−۳/۷۲	−۳/۴	−۱۳/۵۳	۰/۰۰۶	۰/۱	۰/۶۹	۱۵/۹۷	۱۶/۳۴	۳/۵۲	۲۰۱۱
−۰/۱۱	−۰/۰۱۲	۰/۰۴	۰/۰۰۶	−۱۱/۴۱	۰/۲۷	۰/۶۳	۰/۱۴	۱/۱	۱۹/۳	۰/۸۶	۲۰۱۲
−۰/۶	−۰/۴۲	−۰/۵۷	−۰/۶۵	−۴/۶۱	۰/۱۹۸	۰/۴۷	۱/۶۷	۰/۰۳	۴/۶۴	۳/۹۸	۲۰۱۳
−۰/۰۱	−۰/۲۵	۰/۰۰۳	−۰/۵۷	۰/۰۸	۰/۰۰۴	۰/۳۶	۲/۳۵	۷/۱۶	۰/۱۱	۱۸/۳	۲۰۱۴
۰/۱۶	−۰/۰۲۱	۰/۰۸	۰/۰۱۳	−۱۲/۴۳	۰/۳۴	۰/۱۳	۰/۰۱	۰/۲۶	۱۴/۹	۲/۹۱	۲۰۱۵
−۰/۰۱۷	−۰/۰۰۵	−۰/۰۱۲	۰/۰۴۷	−۵/۳۹	۰/۰۰۴	۰/۷۸	۰/۸۴	۰/۲۱	۶/۸۲	۳/۰۳	۲۰۱۶
۰/۸	−۰/۸۵	۰/۳۷۹	−۰/۱۲	−۸/۱۳	۰/۴۰۴	۰/۸۴	۰/۰۵	۳/۱۴	۱۳/۷	۱/۴۸	۲۰۱۷
۰/۰۶۵	−۱/۵۷	−۰/۱۴	−۰/۰۵	−۸/۲۲	۰/۲۳	۳/۶۱	۰/۵۷	۰/۰۷	۱۷/۵۷	۱/۷	۲۰۱۸
۰/۰۴۶	−۰/۰۲۹	۰/۰۲	−۰/۰۹	−۹/۱۸	۰/۰۴۳	۰/۶۸	۰/۱۱	۰/۳۳	۱۱/۷۶	۲/۸۶	۲۰۱۹

مقادیر بیشتر T در روابط دوگانه نشان‌دهنده تعامل بهتر بین ارکان دوگانه است. برای مثال، در سال ۲۰۱۴ بالاترین تعامل بین ارکان دوگانه مربوط به دانشگاه- صنعت صورت گرفته و در خصوص روابط سه‌گانه برعکس است. برای مثال، در سال ۲۰۱۰ بالاترین تعامل سه‌گانه بین ارکان دانشگاه- صنعت - دولت مشاهده می‌شود. و مقدار T برابر صفر نیز در تمام شرایط به معنای استقلال و نبود تعامل ارکان

است(Hossain et al., 2012; Leydesdorff & Etzkowitz, 2003). در تعاملات چهارگانه هرچه مقادیر T بیشتر باشد، تعامل بین ارکان بهتر است. برای مثال، در سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۶ نسبت به دیگر سال‌ها بالاترین تعامل بین ارکان صورت گرفته است.

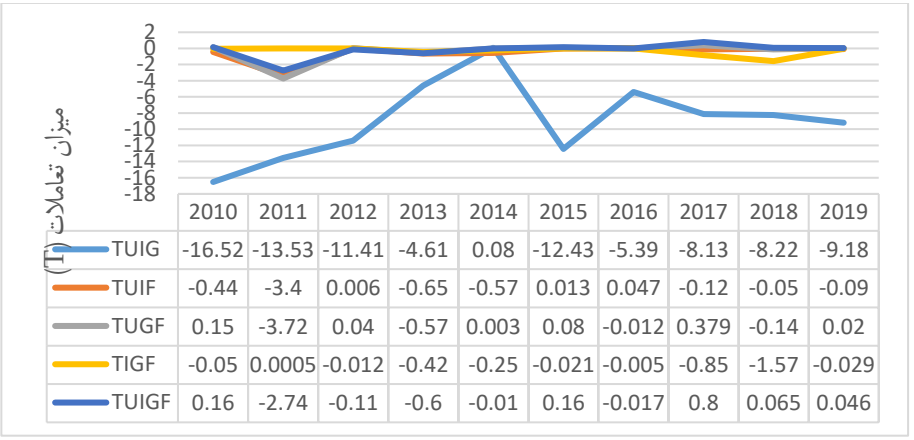
میزان شاخص رسانش عدم قطعیت در تعاملات دوگانه با توجه به نمودار ۳ به قرار زیر است:

- بالاترین میزان تعاملات مربوط به دانشگاه- دولت در سال ۲۰۱۰ و پایین‌ترین تعاملات مربوط به دولت- همکاری جامعه بین‌المللی است که در بیشتر سال‌ها برابر با صفر بوده و نشان‌دهنده استقلال و نبود ارتباط ارکان مذکور است.
- یکی از نتایج قابل توجه این است که در سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۷ تعامل بین دانشگاه- دولت در تضاد با تعامل دوگانه دانشگاه- صنعت بوده است.
- تعامل بین دانشگاه و جامعه بین‌المللی در طول سال‌های مختلف نوسانات زیادی داشته و در سال ۲۰۱۱ به بیشترین مقدار تعامل رسیده است. در سال‌های ۲۰۱۲، ۲۰۱۴، ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹ تعاملات صفر است که نشان می‌دهد تعامل بین این دو رکن رو به کاهش بوده است.
- از دیگر نتایج قابل توجه این است که وقتی تعامل دانشگاه- دولت زیاد می‌شود، تعامل دانشگاه- جامعه بین‌المللی کم می‌شود و این دو رکن در تضاد با یکدیگر بوده‌اند.



نمودار ۳- میزان تعاملات دوگانه حوزهٔ مهندسی برق و الکترونیک در ایران در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۹

با توجه به نمودار ۴، بهترین تعامل در مارپیچ سه‌گانه مربوط به سال و ضعیف‌ترین تعامل که تقریباً صفر بوده مربوط به سال ۲۰۱۴ است. تعاملات سه‌گانه با توجه به نمودار بجز در سال ۲۰۱۰ مطلوب به نظر می‌آید و ارتباط خوبی بین سه رکن را نشان می‌دهد. در تعامل چهارگانه پایین‌ترین تعامل ارکان مربوط به سال ۲۰۱۱ و بالاترین تعامل مربوط به سال ۲۰۱۷ است.



	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
TUIG	-16.52	-13.53	-11.41	-4.61	0.08	-12.43	-5.39	-8.13	-8.22	-9.18
TUIF	-0.44	-3.4	0.006	-0.65	-0.57	0.013	0.047	-0.12	-0.05	-0.09
TUGF	0.15	-3.72	0.04	-0.57	0.003	0.08	-0.012	0.379	-0.14	0.02
TIGF	-0.05	0.0005	-0.012	-0.42	-0.25	-0.021	-0.005	-0.85	-1.57	-0.029
TUIGF	0.16	-2.74	-0.11	-0.6	-0.01	0.16	-0.017	0.8	0.065	0.046

نمودار ۴- میزان تعاملات سه‌گانه و چهارگانه حوزهٔ مهندسی برق و الکترونیک در ایران در بازه زمانی ۲۰۱۰-۲۰۱۹

نتیجه‌گیری

در بررسی سهم ارکان چهارگانه در تولید مقالات علمی این حوزه مشخص شد که دانشگاه بیش از ۶۰ درصد در انتشار تولیدات علمی دوره ده‌سالهٔ مورد بررسی مشارکت داشته و پس از آن جامعه بین‌المللی با نوسانات ضعیف ۳۰ درصد تولید، صنعت با یک درصد تولید و دولت تقریباً با صفر درصد تولید مشارکت داشته است. باید یادآور شد که مقادیر به‌دست آمده با توجه به تولیدات داخلی است، وگرنه مقدار سهم تولید علمی در بخش صنعت و دولت در کشورهای دیگر بیشتر می‌شد. بر این اساس، به نظر می‌رسد که فاصله‌ای میان کشورهای توسعه‌یافته که پژوهش‌های نیازمحور و مسئله‌محور و مبتنی بر تقاضای صنعت از سوی آنها انجام می‌پذیرد، وجود دارد (Choi, Yang & Park, 2015).

در طول این سال‌ها سهم دانشگاه نسبت به مجموع تولیدات هر سه نهاد دیگر در حوزه علمی مد نظر بیش از ۶۹ درصد بوده است و سپس جامعه بین‌المللی با ۳۰ درصد و بخش صنعت با سهم کمتر از یک درصد در رتبه سوم و بخش دولتی با مقدار ناچیزی در رتبه چهارم قرار دارند. این یافته با نتایج پژوهش جعفری و همکاران (Jafari et al., 2015) که درباره سهم مشارکت تولیدات علمی ایران در حوزه نانوفناوری با رویکرد مدل سه‌گانه بررسی کردند و نتایج آن حاکی از سهم چشمگیر ۲۰ درصدی دولت و

سپس سهم اندک صنعت بود، همخوانی ندارد. در پژوهش یه و همکاران (Ye et al., 2013) بعد از نهاد دانشگاه، سهم بخش صنعت در خصوص کشورهای امریکا (حدود ۱۰ درصد)، آلمان (۸ درصد) و اتحادیه اروپا (۸ درصد) به‌دست آمد که با یافته یک درصدی این پژوهش برای بخش صنعت همخوانی دارد. همچنین این نتیجه با یافته‌های پژوهش کیم و همکاران (Kim et al., 2012) که سهم صنعت را بعد از دانشگاه و حدود ۹ درصد به‌دست آوردند، همسو است.

درخصوص تعاملات داخلی دوگانه، همواره شرایط تعامل دانشگاه- دولت بهتر از تعاملات دانشگاه- صنعت و صنعت- دولت بوده است که سیاست‌های حمایتی دولت و مؤسسات پژوهشی وابسته به دولت با دانشگاهیان از اصلی‌ترین دلایل آن است. این یافته با نتایج پژوهش جعفری و همکاران (Jafari et al., 2015) در سنجش تعاملات و همکاری‌های فناورانه و دانشی با سازوکارها و ابزارهای مدل مارپیچ سه‌گانه و با یافته‌های آنها در خصوص سنجش تعاملات دانشگاه، صنعت و دولت در مقالات علمی بخش نانو با رویکرد مدل مارپیچ سه‌گانه همخوانی دارد. به‌طور مشابه این نتیجه؛ یعنی وضعیت بهتر تعامل دانشگاه- دولت، در خصوص وضعیت حاکم بر پژوهش‌های بخش کشاورزی در کشورهای کره جنوبی و چین در مقاله کیم و همکاران(Kim et al., 2012)، تولیدات علمی کشور بنگلادش در پژوهش حسین و همکاران (Hossain et al., 2012) و تولیدات علمی کشورهای کره و هند در مقاله پارک و همکاران (Park, Hong & Leydosdorff, 2005) همخوانی دارد. البته، برخلاف نتایج به‌دست آمده در این قسمت، در پژوهش سان و نگیشی (Sun & Negishi, 2010) قطعیتی در خصوص تعاملات دوگانه در تولیدات علمی کشور ژاپن در زمینه برتری مطلق تعاملات دانشگاه- دولت در سال‌های۱۹۸۰ تا ۲۰۰۶ وجود ندارد، به‌گونه‌ای که در سال‌های اولیه تا حدود سال ۲۰۰۰ برخلاف نتایج این پژوهش، تعامل دانشگاه- صنعت وضعیتی بسیار مناسب‌تر داشته و سپس به‌طور نسبی وضعیت ارتباطات دوسویه دانشگاه- صنعت و دانشگاه- دولت مشابه شده و در انتها نیز تا سال پایانی مورد بررسی مقدار اندکی وضعیت تعامل دانشگاه- دولت بالاتر از دانشگاه- صنعت قرار گرفته است. همچنین با نتایج پژوهش جوکار و عصاره (Jowkar & Osareh, 2014) در بررسی هم‌نویسندگی مقالات ISI ایران در بازه زمانی ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۱ که قوت ارتباطات دوگانهٔ دانشگاه- دولت را نسبت به سایر انواع ارتباطات دوگانه نشان می‌دهد، همخوانی دارد.

در پژوهش حاضر بالاترین تعامل در سال ۲۰۱۰ متعلق به دانشگاه- دولت است که نشان‌دهندهٔ سرمایه‌گذاری دولت در خصوص دانشگاه و پایین‌ترین تعامل مربوط به دولت- جامعه بین‌المللی است که در بیشتر سال‌ها بر روی خط افقی صفر است و نشان می‌دهد که دولت در خصوص جامعه بین‌المللی سرمایه‌گذاری نکرده است. یافته‌ها همچنین حاکی از آن است که تعامل دانشگاه- دولت در تضاد با تعامل دانشگاه- جامعه بین‌المللی، صنعت- جامعه بین‌المللی و دانشگاه- صنعت است که با توجه به یافته‌های مذکور این نتیجه قابل انتظار است؛ چون دولت برای جامعه بین‌المللی و صنعت سرمایه‌گذاری نمی‌کند و هرکجا که نقش دولت کمرنگ‌تر می‌شود، نقش صنعت و جامعه بین‌المللی بیشتر می‌شود. این یافته با نتایج مطالعه جعفری و همکاران(Jafari et al., 2015) درباره سنجش تعاملات و همکاری‌های فناورانه و

دانشی با سازوکارها و ابزارهای مدل مارپیچ سه‌گانه و با یافته‌های آنها در خصوص سنجش تعاملات دانشگاه، صنعت و دولت در مقالات علمی بخش نانو، که مؤید بی‌توجهی به کاربست و نبود تقاضامحوری آشکار نتایج تحقیقات و اجرای پژوهش‌ها در فضایی دور از تعامل با صنعت کشور است، همخوانی ندارد. اما با نتایج چوی و همکارا ن(Choi et al., 2015) در بیشتر کشورهای توسعه‌یافته همسو است.

همچنین وضعیت مطلوب ارتباطات صنعت با سایر ارکان در تولیدات علمی حوزهٔ مهندسی برق و الکترونیک در ایران با نتایج پژوهش جوکار و عصاره (Jowkar & Osareh, 2014) که نشانه دیگری از پویا نبودن تعاملات دوگانه صنعت است، همخوانی ندارد. این بخش از نتایج با نتایج مرتبط بیشتر کشورهای توسعه‌یافته همخوانی دارد، برای مثال، در پژوهش سان و نگشی (Sun & Negishi, 2010) هر چند مماس بودن منحنی ارتباط صنعت- دولت با محور افقی در تولیدات علمی کشور ژاپن وجود داشته، برخلاف این پژوهش ارتباطات بسیار مستحکمی بین دانشگاه- صنعت به‌دست آمده است. این نتایج به نوعی لزوم توجه بیشتر به ارتباطات دانشگاه- صنعت نسبت به صنعت- دولت را آشکارتر می‌سازد و بر این نکته تأکید دارد که هرچند ضرورت همراستایی پژوهش‌های دانشگاهی با نیازهای صنعت و حل مسائل آن آشکار است، توسعه فناوری و نوآوری از طریق تولیدات علمی به حضور و تعامل مستقیم دولت با صنعت نیاز چندانی ندارد(Jafari et al., 2015).

بالاترین تعامل دانشگاه- صنعت- دولت در سال ۲۰۱۰ صورت گرفته است و در سال ۲۰۱۴ تعامل آنها به صفر می‌رسد. تعامل این بخش‌ها از سال ۲۰۱۰ تا سال ۲۰۱۴ با روند کاهشی همراه بوده، اما در سال ۲۰۱۵ افزایش یافته و دوباره در سال ۲۰۱۶ کاهش یافته و بعد تا سال ۲۰۱۹ دوباره روند افزایشی داشته است. مقادیر T محاسبه شده برای ارتباطات دانشگاه- صنعت- دولت بجز در سال ۲۰۱۴، در بیشتر سال‌ها مطلوب بوده است که نشان‌دهنده تعامل و ارتباط میان ارکان مذکور و وضعیت مطلوب ارتباطات صنعت با سایر ارکان در تولیدات علمی حوزهٔ مهندسی برق و الکترونیک در ایران است. این بخش از نتایج با نتایج مرتبط با بیشتر کشورهای توسعه‌یافته دنیا همسو است (Choi et al., 2015)، اما با یافته‌های جعفری و همکاران (Jafari et al., 2015) در خصوص سنجش تعاملات و همکاری‌های فناورانه و دانشی با سازوکارها و ابزارهای مدل مارپیچ سه‌گانه و با یافته‌های آنها درباره سنجش تعاملات دانشگاه، صنعت و دولت در مقالات علمی بخش نانو با رویکرد مدل مارپیچ سه‌گانه همخوانی ندارد. نقطه عطف نمودار در سال ۲۰۱۴ است که تقریباً تمام تعاملات صفر است؛ یعنی به احتمال زیاد همه ارکان به‌صورت مستقل به تولید علم پرداخته و با یکدیگر تعامل نداشته‌اند. در این خصوص باید عاملی که موجب کاهش تعامل شده است، بررسی شود.

از دیگر یافته‌های پژوهش آن است که تعاملات دانشگاه- دولت- جامعه بین‌المللی و دانشگاه- صنعت- جامعه بین‌المللی در نمودار، هر دو همسو و همراه یکدیگرند و اثر سوء بر تعاملات ارکان چهارگانه دارند. پایین‌ترین تعامل ارکان چهارگانه در سال ۲۰۱۱ صورت گرفته است، زمانی که ارکان سه‌گانه یادشده به بالاترین تعامل خود رسیده بودند. این یافته نشان می‌دهد هنگامی که دانشگاه و صنعت با یکدیگر و جامعه

بین‌المللی تعامل دارند و دانشگاه و دولت با یکدیگر و جامعه بین‌المللی تعامل دارند، دولت به هیچ‌وجه در خصوص صنعت سرمایه‌گذاری نکرده است. مقدار تعاملات ارکان چهارگانه بجز در سال ۲۰۱۷ تقریباً مماس بر خط افقی است. از این رو، با توجه به آنکه مطلوب T در تعاملات چهارگانه مقادیر بزرگ مثبت است، نبود تعاملات مؤثر این ارکان بجز در سال ۲۰۱۷ کاملاً مشهود است. این نتیجه با یافته‌های جعفری و همکاران(Jafari et al., 2015) در مقاله سنجش تعاملات و همکاری‌های فناورانه و دانشی با سازوکارها و ابزارهای مدل مارپیچ سه‌گانه و با یافته‌های آنها در خصوص سنجش تعاملات دانشگاه، صنعت و دولت در مقالات علمی بخش نانو با رویکرد مدل مارپیچ سه‌گانه همخوانی دارد.

تعامل صنعت- دولت- جامعه بین‌المللی با توجه به نمودار تقریباً مماس بر خط صفر نمودار است، بجز در سال‌های۲۰۱۷ و ۲۰۱۸ که روند افزایشی داشته است که می‌تواند نشان دهد در این سال‌ها دولت سرمایه‌گذاری بیشتری در بخش صنعت داشته و صنعت هم با توجه به ظرفیتی که داشته با جامعه بین‌المللی بیشتر در تعامل بوده است. باتوجه به یافته‌های پژوهش در سال ۲۰۱۴ میزان تولیدات علمی و تعاملات ارکان سه‌گانه و چهارگانه کاهش یافته و حتی به صفر تمایل داشته است. این کاهش در پژوهش‌های پیشین نیز گزارش شده است (Jafari et al., 2015; Dehghanisanij, Mostafavi, Zarghami & Soleimani, 2021) که می‌تواند حاکی از وجود داشتن برخی از عوامل احتمالی باشد که موجب کاهش تعاملات در این سال شده است. در حالی‌که در سال ۲۰۱۱ میزان تعاملات سه‌گانه حوزه‌های مختلف علمی افزایش یافته است که باید به سیاستگذاری در این سال بیشتر توجه شود و آن را الگو قرار داد تا میزان تعاملات افزایش یابد.

یکی از نکات بسیار مشهود این پژوهش، اهمیت حضور بخش دولتی است که با حمایت از ارکان علمی می‌تواند در تعاملات نقش مؤثری داشته باشد. همان‌طور که مشهود است، در سال‌های آغازین، این بخش نقش پررنگ‌تری نسبت به سال‌های بعد داشته است. بر این اساس و با توجه به شرایط خاص حاکم بر تولیدات علمی کشور، جایگاه حمایت‌های دولتی و انگیزش‌های موجود که از طریق این بخش به فضای علمی تزریق می‌شود، در هدایت و توسعه اقدامات پژوهشی و تسریع تولید علم در کشور مشخص می‌شود. همچنین آشکار می‌شود که یکی از راهکارهای اهتمام بیشتر به توسعه فناوری و تعامل بیشتر دو رکن دانشگاه- صنعت، سیاستگذاری‌های حمایتی و هدایتی دولت است که در صورت هوشمندی بیشتر شاید زمینه‌ساز تقاضامحوری و مسئله‌محوری پژوهش‌های دانشگاهی و ارتقای نوآوری و توسعه فناوری در بخش صنعت و افزایش بهره‌برداری از سرمایه‌های فراوان بخش دانشگاهی کشور باشد.

پیشنهادها

با توجه به نتایج پژوهش حاضر، پیشنهادهای زیر ارائه می‌شود:

۱. دفتر همکاری‌های فناوری ریاست جمهوری و مسئولان امر، سیاستگذاری‌ها و برنامه‌های داخلی و خارجی اجرایی لازم را به‌منظور افزایش مسئله‌محوری و ظرفیت جذب پژوهش‌های دانشگاهی در

بخش‌های مختلف صنعت، دولت و جامعه مد نظر داشته باشند و به بهبود تعاملات میان ارکان مختلف به‌منظور توسعه دستاوردهای علمی در جهت پیشرفت کشور بیش از پیش توجه کنند.

۲. مسئولان دولتی و خصوصی خلأهایی را که موجب کاهش همکاری صنعت و دولت با دیگر ارکان در حوزهٔ مهندسی برق و الکترونیک در ایران شده است، شناسایی و برطرف کنند تا شاهد پیشرفت روزافزون در این حوزه باشیم.

۳. با توجه به اثبات قابلیت‌های تحلیلی مدل مارپیچ چهارگانه برای پویایی تعاملات در این پژوهش و پژوهش‌های قبلی، پژوهشگران علاقه‌مند به این حوزه می‌توانند وضعیت حاکم بر سایر حوزه‌های علمی در کشور را بررسی و همسو با کشورهای پیشرو، از قوت‌های موجود در این رویکرد به‌منظور بهبود سیاستگذاری‌ها در کشور بهره‌برداری کنند.

۴. توسعه نرم‌افزار TH4.exe توسط پژوهشگران، تحلیلگران و مشاوران مدیریت فناوری در قالب نرم‌افزارهای دارای قابلیت صفحات گسترده و امکان فرمول‌نویسی پیشرفته نیز از دیگر پیشنهادهای این پژوهش است.

References

1. Azizi, F., & Moradi, F. (2019). Investigating the relation between the university, industry and government in the innovation system of the knowledge-based economy in Iran. International Journal of Information Science and Management (IJISM), 17(2).
2. Cai, Y., & Etzkowitz, H. (2020). Theorizing the Triple Helix model: Past, present, and future. Triple Helix, 1(aop), 1-38.
3. Carayannis, E., & Vampbell, D.F.J. (2009). Mode 3' and 'Quadruple Helix': Toward a 21st century fractal innovation ecosystem. International Journal of Technology Management, 46(3/4).
4. Chen, K., Zhang, Y., & Fu, X. (2019). International research collaboration: An emerging domain of innovation studies?. Research Policy, 48(1), 149-168.
5. Chung, C.J. (2014). An analysis of the status of the triple helix and university- industry- government relationships in Asia. Scientometrics, 99, 139-149.
6. Choi, S., Yang, J., & Park, H. (2015). Quantifying the Triple Helix relationship in scientific research: Statistical analyses on the dividing pattern between developed and developing countries. Quality & Quantity, 49(4), 1381-1396.

7. Dastoom, S., Ramzani Nezhad, R., & Sadeghi Boroujerdi, S. (2020). Designing a Quadruple Helix model of Government, University, Industry and Society for development of a knowledge-based economy in the Iran's sport. Iranian Journal of Management Sciences, 15(58), 81-107.

8. Dehghanisanij, S., Mostafavi, I., Zarghami, H., Soleimani, H. (2021). Measuring the interactions of university, industry and government of Iran in scientific articles of biomedical engineering field using the Triple Helix Model. Payavard, 14 (5), 454-464 [in Persian].

9. Etzkowitz, H. (2002). The Triple Helix of university - industry - government implications for policy and evaluation. Stockholm: Science Policy Institute.

10. Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation: From National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of university–industry– government relations. Research Policy, 29(2), 109-123

11. Gui, Q., Liu, C., & Du, D. (2019). Globalization of science and international scientific collaboration: A network perspective. Geoforum, 105, 1-12.

12. Hatami, M., & Naghshine, N. (2014). Quantitative study and visualization of inter organizational cooperation in the indexed documents of the Islamic Republic of Iran at the Scopus database: From the perspective of relationship between university, industry and government. Journal of Scientometric Research, 1, 127-150 [in Persian].

13. Hossain, M., Moon, J., Kang, H., Lee, S., & Choe, Y. (2012). Mapping the dynamics of knowledge base of innovations of R&D in Bangladesh: Triple helix perspective. Scientometrics, 90(1), 57-83.

14. Ivanova, I., Strand, & Leydesdorff, L. (2019). What is the effect of synergy provided by international collaborations on regional economies? Journal of the Knowledge Economy, 10(1), 18-34.

15. Jafari, M., & Zarghami, H.R. (2016). Measuring nanotechnology development through the study of the dividing pattern between developed and developing countries during 2000–2014. Journal of Nanoparticle Research, 18(7), 180 [in Persian].

16. Jafari, M., Akhavan, P., & Zarghami, H.R. (2015). Measuring the relationships among university, industry and government in Nano sector using Triple Helix model. Journal of Academic librarianship and Information Research, 49(3), 413-38 [in Persian].

17. Jowkar, T., & Osareh, F. (2014). Flow of scientific publications in Iran during 2007 to 2011, based on triple helix of university, industry and government. Iranian Journal of Information processing and Management, 29(2), 505-533 [in Persian].

18. Kim, H., Huang, M., Jin, F., Bodoff, D., Moon, J., & Choe, Y.C. (2012). Triple helix in the agricultural sector of Northeast Asian countries: A comparative study between Korea and China. Scientometrics, 90(1), 101-120.

19. Kwon, K.S., Park, H.W., So, M., & Leydesdorff, L. (2012). Has globalization strengthened South Korea's national research system? National and international dynamics of the Triple Helix of scientific co-authorship relationships in South Korea. Scientometrics, 90(1), 163-176.

20. Nelson, R.R. (Ed.). (1993). National innovation systems: A comparative analysis. Oxford University Press on Demand.

21. Leydesdorff, L., & Park, H.W. (2014). Can synergy in Triple Helix relations be quantified? A review of the development of the Triple Helix indicator. Triple Helix, 1(1), 1-18.

22. Leydesdorff, L. (2012). The Triple Helix, Quadruple Helix, and an N-tuple of Helices: Explanatory models for analyzing the knowledge-based economy? Journal of the Knowledge Economy, 3(1), 25-35.

23. Leydesdorff, L., & Sun, Y. (2009). National and international dimensions of the Triple Helix in Japan: University-industry-government versus international coauthorship relations. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 60(4), 778-788

24. Leydesdorff, L., & Etzkowitz, H. (2003). Can 'the public'be considered as a fourth helix in university-industry-government relations? Report on the Fourth Triple Helix Conference, 2002. Science and Public Policy, 30(1), 55-61.

25. Leydesdorff, L., & Zawdie, G. (2010). The triple helix perspective of innovation systems. Technology Analysis & Strategic Management, 22(7), 789-8.

26. Liang, L., Chen, L., Wu, Y., & Yuan, J. (2012). The role of Chinese universities in enterprise–university research collaboration. Scientometrics, 90(1), 253-269.

27. Rahimi, M., & Fattahi, R. (2008). A survey of scholarly collaborations among academic staff of ferdowsi University of Mashhad. Library and Information Science, 42 (1), 90-74 [in Persian].

28. Park, H., Hong, D., & Leydosdorff, L. (2005). A comparison of the knowledge-based innovation systems in the economies of South Korea and the Netherlands using triple helix indicators. Scientometrics, 65(1), 3-27.

29. Shin, J.C., Lee, S.J., & Kim, Y. (2012). Knowledge-based innovation and collaboration: A triple-helix approach in Saudi Arabia. Scientometrics, 90(1), 311-326.

30. Shahrabi Farahani, H., Skrochi, R., Mohaghegh, N., & Hosseini, A.F. (2014). A study of scientific collaboration in Iranian cardiovascular articles in web of science 2002–2011. Health Management, 17 (56), 46-55 [in Persian].

31. Sobhani, A.R., & Tajli, M.R. (2012). Utilizing comprehensive framework for strategy formulation to improve national innovation system of Iran. Educational Management Research, 6, 149-176 [in Persian].

32. Sobhani, F., Ebrahimi, S., & Jowkar, A. (2017). Scientific interactions between university, industry and government in the field of agriculture in Iran: Based on Triple Helix Model. Quarterly Journal of Research and Planning in Higher Education, 23(3), 21-41[in Persian].

33. Souzanchi Kashani, E., & Zarghami, H.R. (2019). The dynamics of university-industry-government relationships in Nanoscience: Investigating the Triple Helix differences between Iran and Switzerland. Technology Analysis & Strategic Management, 31(7), 817-832.

34. Sun, Y., & Negishi, M. (2010). Measuring the relationships among university, industry and other sectors in Japan's national innovation system: A comparison of new approaches with mutual information indicators. Scientometrics, 85(3), 677-685.

35. Ye, F.Y., Yu, S.S., & Leydesdorff, L. (2013). The Triple Helix of universityindustry-government relationsat the country level, and its dynamic evolution under the pressures of globalization. Journal of the American Society for Information Science and Technology.