

بررسی تطبیقی پویایی تعاملات دانشگاه-صنعت-دولت در

پژوهش‌های فناوری نانو ایران و سوئیس

حمیدرضا ضراغمی^{۱*}

مصطفی جعفری^۲

پیمان اخوان^۳

چکیده

این پژوهش به دنبال شناسایی تفاوت‌های ساختاری حاکم بر نتایج پژوهش‌های علمی (مقالات ISI) مرتبط با فناوری نانو در ایران و سوئیس می‌باشد. ایران جزء پیشگامان تولید مقالات نانو در بین کشورهای در حال توسعه و رتبه ۷ دنیا است. در شرایطی که سوئیس رتبه اول شاخص نوآوری جهانی بوده و هر چند در تولید مقالات نانو در جایگاه‌های پایین‌تر از ایران قرار دارد ولیکن تفاوت این کشور با ایران در شاخص نوآوری و ثبت اختراع بسیار زیاد است. با استخراج داده‌های مرتبط با مقالات ISI نانو دو کشور از پایگاه وب‌آف‌ساینس^۴ (WOS)، در این پژوهش با استفاده از رویکرد و متدلوژی تریپل‌هلیکس و روش‌های آماری، به تعیین سهم مشارکت ارکان دانشگاه-صنعت-دولت و همکاری‌های بین‌المللی دو کشور و تحلیل آماری این نوع ارتباطات پرداخته می‌شود. نتایج پژوهش نشان‌دهنده تفاوت زیاد ساختار تولید علم و پژوهش‌های علمی دو کشور بوده و نشان می‌دهد که با وجود توجه بالای دولت ایران به توسعه فناوری نانو، برخلاف کشور سوئیس که نقش صنعت در آن پررنگ است، مشارکت صنعت در ایران به صفر میل می‌کند. نتایج پژوهش با نمایش تفاوت‌های ایران با کشور سوئیس، ضمن فراهم‌سازی زمینه مشاهده نتایج ساختار حاضر پژوهش و نوآوری در کشور، به ارائه توصیه‌هایی جهت تقویت مشارکت بخش صنعت در پژوهش‌های علمی و کاربست آن‌ها می‌پردازد.

کلمات کلیدی:

مدل تریپل‌هلیکس^۵، فناوری نانو، مقالات، اطلاعات متقابل^۶، تعاملات بین‌المللی.

۱. عضو هیات علمی دانشگاه علوم و فنون هوایی شهید ستاری

* نویسنده عهده دار مکاتبات: Zarghami@iust.ac.ir

۲. عضو هیات علمی دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه علم و صنعت ایران

۳. عضو هیات علمی دانشکده مهندسی پیشرفت دانشگاه علم و صنعت ایران

4 . Web of Science

5 . Triple Helix Model

6 . Mutual Information

۱- مقدمه

در شرایط حاضر، نوآوری عاملی اساسی در توسعه و رقابت‌پذیری کشورها و سازمان‌ها قلمداد می‌شود (ناتاریو و همکاران، ۲۰۱۲؛ پارک و همکاران، ۲۰۰۵؛ لیدسدورف و اتزکویتز، ۲۰۰۳؛ اتزکویتز و لیدسدورف، ۲۰۰۰) و تقویت تعاملات و اشتراکات بین بازیگران مرتبط با فرایند نوآوری، یکی از مهم‌ترین زمینه‌های رونق فضای کسب‌وکار و فرایندهای مرتبط با نوآوری و توسعه دانش‌بنیان است. سه نهاد دانشگاه-صنعت-دولت (UIG) به‌عنوان ارکان و بازیگران اصلی در این فرایند قلمداد می‌شوند، به‌نحوی که تعامل هم‌افزای آن‌ها، جریان تولید دانش و نوآوری را به‌طور مستمر تسهیل کرده و زمینه ایجاد پویایی در نوآوری را فراهم می‌سازد (اتزکوویتز و لیدسدورف، ۱۹۹۵؛ لیدسدورف و اتزکوویتز، ۱۹۹۶).

در این روزگار که رقابت‌پذیری کشورها تنها به موهبت‌ها و منابع سنتی موجود (همچون سرمایه، نیروی کار و مواد اولیه) وابسته نبوده و بیش‌تر تابع اقدامات نوآورانه‌شان است، اقلیم‌ها و کشورهای که سیاست‌های هوشمندانه‌ای در نوآوری دارند و از منابع نامشهود^۱ (همچون دانش) بیشتر استفاده می‌کنند، دارای توانایی بالاتری در کسب برتری هستند (ناتاریو و همکاران، ۲۰۱۲).

از سوی دیگر، در اقتصاد کنونی شرکت‌ها و صنایع مرتبط با فناوری‌های پیشرفته^۲ دارای سهم بسیار بالا در کشورهای توسعه‌یافته هستند به‌طوری که محصولات مبتنی بر این فناوری‌ها بیشترین نرخ رشد را در معاملات بین‌المللی دارند. با این وجود در کشورهای در حال توسعه و کمتر توسعه‌یافته توجه کافی به فناوری‌های نوظهور نشده‌است (هَری و همکاران، ۲۰۰۹). براین اساس بهره‌برداری بهینه و مناسب از علوم و فناوری‌های نوین و از جمله نانوفناوری یکی از شروط لازم برای حرکت و تعالی در مسیر اقتصاد و جامعه دانش‌بنیان می‌باشد (بحرینی و همکاران، ۱۳۹۱؛ منگماتین و ولش^۳، ۲۰۱۲؛ میازاکی و اسلام^۴، ۲۰۰۷).

آمارهای جهانی نشان می‌دهد که ۲۱،۳۹٪ از مجموع مقالات ISI ایران در سال ۲۰۱۵، مربوط به نانو بوده و ایران رتبه ۷ دنیا را در تولید مقالات ISI نانو به خود اختصاص داده‌است (استت نانو، ۲۰۱۶). برخلاف رتبه مناسب ایران در تولید مقالات، به لحاظ برخی شاخص‌های عمومی نوآوری (همچون

-
- 1 . Intangible Resources
 - 2 . high-tech
 - 3 . Mangematin & Walsh
 - 4 . Miyazaki & Islam

شاخص جهانی نوآوری) و برخی شاخص‌های اختصاصی مرتبط با نانو (همچون ثبت اختراعات نانو)، با حد مطلوب بسیار فاصله داشته و جایگاه کشور در این خصوص با تعداد تولیدات علمی آن قابل مقایسه نیست. پژوهش اخیر جعفری و زرغامی (۲۰۱۶) که به تحلیل شاخص‌های علمی و نوآوری کشورهای مختلف فعال در عرصه فناوری نانو (از شروع‌کننده تا برترین‌ها) بر مبنای سطح توسعه‌یافتگی کشورها پرداخته‌است، درباره ایران و سایر کشورهای در حال توسعه می‌باشد. در سوی دیگر، برخی کشورهای توسعه‌یافته با رتبه‌های ضعیف‌تر یا وضعیت مشابه با ایران در تولیدات علمی، در نوآوری و ثبت اختراعات نانو، موقعیت و جایگاه بسیار متفاوتی با ایران داشته و دارای بیشترین تعداد اختراعات گرن‌ت‌شده^۱ در دنیا می‌باشند. سوئیس یکی از این کشورهاست که برخلاف رتبه ۲۰ در تعداد مقالات نانویی، در زمینه شاخص‌های مربوط به نوآوری (پتنت) و ارجاعات (کیفیت) مقالات در رتبه‌های بسیار مناسب و جالب توجهی قرار دارد (جعفری و زرغامی، ۲۰۱۶).

تاکنون پژوهش‌های متعددی در دنیا، از مدل تریپل هلیکس (THM) به‌عنوان چارچوب و متدولوژی‌ای برای تعدیل ارتباطات دانشگاه-صنعت-دولت داخلی (پارک و لیدسدورف، ۲۰۱۰؛ لیدسدورف و سان، ۲۰۰۹)، مقایسه سطح پویایی تولیدات علمی دو کشور (کیم و همکاران، ۲۰۱۲؛ پارک و همکاران، ۲۰۰۵) و مقایسه کشورهای در حال توسعه و توسعه‌یافته (چوی و همکاران، ۲۰۱۵) استفاده کرده‌اند. هر چند این مدل‌ها به قدر کافی قابلیت این مدل در سنجش هم‌افزایی تعاملات علمی و نوآوری را تشریح و تبیین نموده‌اند، ولی تاکنون مطالعات تطبیقی اندکی بین وضعیت کشورها صورت پذیرفته‌است (کیم و همکاران، ۲۰۱۲) و نیاز است تا با انجام مطالعات طولی^۲ جهت بررسی تطبیقی وضعیت ایران با کشورهای توسعه‌یافته، درک شفاف‌تری از تفاوت‌های ساختاری با این کشورها ایجاد شود. علاوه بر این، این قبیل مطالعات به کشف چرایی توفیقات و جایگاه کشورهای توسعه‌یافته در زمینه علم، فناوری و نوآوری منجر شده و می‌تواند راه‌های میان‌بر برای حصول موفقیت بیشتر در این عرصه‌ها را نمایان سازد.

با توجه به فقدان مطالعات کافی جهت بررسی تفاوت‌های کشور با کشورهای توسعه‌یافته مبتنی بر THM و به‌منظور رفع شکاف پژوهشی مربوط به فقدان تحلیل‌های طولی و اکتشافی جهت مقایسه ایران با کشورهای توسعه‌یافته مبتنی بر این مدل، در این پژوهش دو کشور ایران (با وضعیت مناسب

1 . Granted Patents

2 . Longitudinal

در تعداد مقالات نانو و وضعیت نه چندان جالب توجه در شاخص‌های مربوط به ارجاع مقالات و ثبت اختراع و نوآوری در این زمینه) و کشور سوئیس (به‌عنوان یک کشور توسعه‌یافته با وضعیت اندکی پایین‌تر از ایران در تولید مقالات نانو در سال‌های اخیر ولیکن دارای جایگاه بسیار جالب توجه و مناسب در نوآوری و ثبت اختراعات نانو در دنیا) از منظر سهم مشارکت ارکان سه‌گانه و همکاری‌های بین‌المللی بررسی می‌شود. براین اساس تلاش می‌شود تا به سؤالات زیر پاسخ داده شود:

۱- سهم مشارکت ارکان داخلی و همکاری‌های بین‌المللی ایران و سوئیس در تولید مقالات ISI نانو به چه صورت است؟

۲- سهم تولیدات بخشی و ارتباطات دو، سه و چهارجانبه در مقالات ایران و سوئیس چگونه است؟

۳- وضعیت خلق هم‌افزایی در تعاملات ارکان سه‌گانه دو کشور چگونه تفسیر می‌شود؟
در ادامه پس از مروری بر مبانی نظری THM و معرفی روش پژوهش (شامل روش جمع‌آوری داده‌ها، THM به‌عنوان یک متدولوژی و بیان روش تحلیل‌های آماری) به تشریح نتایج پژوهش و بحث و بررسی روی یافته‌ها و کاربردهای آن‌ها پرداخته می‌شود.

۲- مبانی نظری پژوهش

THM در سال ۱۹۹۵ توسط اترکوویتز و لیدسدورف^۱ جهت توصیف و تبیین تعاملات بین ارکان سه‌گانه (UIG) در فرایند نوآوری و توسعه ایجاد شده‌است. هم‌راستا با رویکرد سیستمی نوآوری (نظام‌های ملی نوآوری لوندوال^۲ (۱۹۹۲) و ادکوئیست^۳ (۱۹۹۷)) و سیستم‌های نوآوری منطقه‌ای (کوک^۴ و همکاران، ۱۹۹۷؛ براکزیک^۵ و همکاران، ۱۹۹۸)، این مدل به بررسی تعاملات نهادهای مختلف مرتبط با نوآوری می‌پردازد و تعامل بین سه‌رکن کلیدی را پررنگ‌تر می‌کند. برخلاف مدل‌های خطی مربوط به دهه ۶۰ و ۷۰ که یک‌سویه بودند و ارتباطات و بازخوردهای متعدد را به حساب نمی‌آوردند، این مدل بر تعاملات و کنش متقابل ارکان بنا شده‌است (اتزکوویتز و لیدسدورف، ۱۹۹۵). برخلاف مدل‌های خطی نوآوری و تولید دانش، در مدل مارپیچ سه‌جانبه، تمایز شفافیت بین تولیدکنندگان و استفاده‌کنندگان از دانش وجود ندارد و هر از یک سه نهاد، هم‌زمان با نقش‌های سنتی

1 . Leydesdorff & Etzkowitz

2 . Lundvall

3 . Edquist

4 . Cooke

5 . Braczyk

خود در حوزه وظایف مرسوم سایر بخش‌ها نیز ایفای نقش نموده و پرسنل، دانش و خروجی مشترک بین آن‌ها وجود دارد (اتزکوویتز و دزيساح^۱، ۲۰۰۸).

مدل مارپیچ سه‌جانبه بر چهار پایه اساسی زیر بنا شده‌است (دزيساح و اتزکوویتز، ۲۰۰۸):

- ۱- حرکت از جامعه صنعتی به جامعه دانش‌بنیان
- ۲- حرکت از فناوری‌های فیزیکی به فناوری‌های پیشرفته منعطف با مقیاس کوچکتر
- ۳- ظهور دانش چندبنيانی و میان‌رشته‌ای در زمینه‌هایی از جمله زیست‌فناوری، علوم کامپیوتری و نانوفناوری
- ۴- ایجاد مدل دانشگاه کارآفرین با فرهنگ کارآفرینی، نوآوری و انتقال فناوری.

با این وجود، غالباً تمایل به حرکت انفرادی و درون بخشی در بین ارکان وجود دارد. دلیل اصلی این تمایلات وجود نظام‌های ارزشی، اهداف و سیستم‌های انگیزشی متفاوت در بین این ارکان می‌باشد (فرِنکِن و همکاران، ۲۰۰۹؛ پُندز و همکاران، ۲۰۰۷). بنابراین کشورهای مختلف رویکردها و سبک‌های متفاوتی را برای پر کردن این شکاف بین نهادهای خود جهت تشویق و ترغیب تعاملات سه‌جانبه دنبال می‌نمایند. در کشورهای دولت-محور، دولت محرک‌هایی را به‌وسیله اعمال سیاست‌هایی هم‌چون ایجاد سازمان‌های میانجی بین بخش‌ها، تشکیل مراکز پژوهشی، حمایت مالی از پروژه‌های تحقیقاتی با مداخله مستقیم ایجاد می‌نماید. در این قبیل کشورها، ارتباطات UIG به‌وسیله دولت هدایت شده و تمرکز بسیار بالایی در آن‌ها وجود دارد و دانشگاه‌ها نیز آموزش‌محور هستند. در حالی که در جهت مقابل در کشورهای بدون مداخله مستقیم دولت^۲، دانشگاه‌ها نقش محوری در ارتباطات سه رکن ایفا می‌نمایند و دولت تعاملات غیرمستقیمی به‌منظور تسهیل فرایندهای مرتبط با تولید دانش، نوآوری و کارآفرینی اعمال می‌نمایند. علاوه‌براین سیستم کنترلی و اجرایی غیرمتمرکز بوده و دانشگاه‌ها تابع سازوکارهای دانشگاه کارآفرین هستند (اتزکوویتز و دزيساح، ۲۰۰۸). برای این اساس برخی از محققان (چوی و همکاران، ۲۰۱۵؛ اتزکوویتز و دزيساح، ۲۰۰۸) معتقدند که روابط سه‌جانبه دولت‌محور، با توجه به محدودیت‌هایش، یکی از موانع نوآوری ملی است و معتقدند که توسعه خودکفا^۳ از طریق تعاملات سه‌جانبه دانشگاه-محور دست‌یافتنی‌تر است.

1 . Dzisah

2 . Laissez-faire

3 . self-sustaining

در پژوهش چوی و همکاران (۲۰۱۵)، شواهدی از به‌کارگیری این مدل در توسعه ارتباطات ارکان و جریان تولیدات علمی، نوآوری و فناوری در برخی کشورهای در حال توسعه ارائه شده است. تاکنون پژوهش‌های متعددی به منظور بررسی وضعیت تعاملات ارکان سه‌گانه در کشورهای مختلف انجام شده است (به‌عنوان مثال: تجزیه و تحلیل نظام ملی نوآوری سوئد (دِنل و پرسون، ۲۰۰۳)، بررسی نقش دانشگاه‌های مالزی در توسعه فرهنگ شبکه نوآوری (رازک و سد، ۲۰۰۷)، تحلیل روابط ارکان سه‌گانه در نوآوری سلول‌های خورشید حساس رنگی^۱ در چین (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۴)، اندازه‌گیری هم‌افزایی سیستم‌های ملی، استانی و محلی نوآوری روسیه (لیدسدورف و همکاران، ۲۰۱۵)، بررسی تولیدات علمی ژاپن (لیدسدورف و همکاران، ۲۰۰۹؛ سان و نگیشی^۲، ۲۰۱۰) و پرتغال (فارینها و همکاران، ۲۰۱۴). پژوهش‌هایی نیز به منظور مقایسه بین سیستم‌های نوآوری و تولید دانش در جوامع مختلف انجام شده است (کیم و همکاران، ۲۰۱۲؛ پارک و همکاران، ۲۰۰۵). چوی و همکارانش (۲۰۱۵)، اخیراً با بررسی آماری تولیدات علمی حدود ۱۳۰ کشور در سال ۲۰۱۱ مبتنی بر THM، به تشریح و تبیین تفاوت تعاملات و سهم مشارکت ارکان کشورهای در حال توسعه و توسعه‌یافته پرداخته‌اند. یکی از محدودیت‌های عنوان شده در پژوهش آن‌ها به اعتقاد خود محققین، محدودیت استفاده از داده‌های یک سال (۲۰۱۱) جهت مقایسه بوده است، در حالی که روند رایج بررسی‌های مبتنی بر اطلاعات متقابل^۳ و THM، استفاده از داده‌های طولی سال‌های مختلف می‌باشد (کیم و همکاران، ۲۰۱۲؛ پارک و همکاران، ۲۰۰۵)، پژوهش حاضر این شکاف را نیز رفع کرده و با استفاده از رویکرد طولی به بررسی تولیدات علمی دو کشور می‌پردازد.

نتایج پژوهش‌های اخیر مبتنی بر THM نشان می‌دهد که کشورهای توسعه‌یافته بیش از کشورهای در حال توسعه به بخش صنعتی توجه داشته و انسجام بسیار بالاتری بین ارکان در آن‌ها وجود دارد (چوی و همکاران، ۲۰۱۵).

جوکار و عصاره (۱۳۹۲) نیز در پژوهشی با عنوان «جریان انتشار مقالات علمی در کشور ایران طی سال‌های ۲۰۰۷-۲۰۱۱» با بهره‌گیری از این مدل، به بررسی وضعیت جریان تولید علم در کشور ایران در بازه زمانی مذکور پرداخته‌اند.

1 . dye-sensitized solar cell

2 . Sun & Negisghi

3 . mutual information

یکی دیگر از نکاتی که به نظر می‌رسد در بررسی‌های علمی این عرصه مغفول مانده، تحلیل تعاملات با در نظر گرفتن سهم مشارکتی برای بخش حامی اجرای پژوهش که در قسمت «حامیان مالی» عنوان می‌شود، بوده‌است (در این خصوص، در بخش روش پژوهش بیشتر توضیح داده خواهد شد). لذا در این پژوهش تلاش می‌شود تا هم‌راستا با برخی از پژوهش‌های اخیر داخل کشور (جعفری و همکاران، ۱۳۹۴) کدگذاری و تخصیص مقالات علمی به بخش‌ها به‌طور هم‌زمان با توجه به مشارکت در نویسندگی و حمایت از اجرای پژوهش، صورت پذیرد. و با این رویکرد به بررسی تطبیقی روند حاکم بر تولیدات علمی نانو در ایران و سوئیس پرداخته می‌شود.

۳- مقایسه اولیه آمار تولید مقالات و اختراعات نانو در سوئیس و ایران

در بین فناوری‌های پیشرفته، توجه خاص و ویژه‌ای از سوی دولت ایران به فناوری نانو وجود داشته و در چشم‌انداز بیست ساله کشور و برنامه‌های پنج ساله توسعه نیز، همواره تأکیدات زیادی بر توسعه و ترویج فناوری‌های نوظهور و از جمله نانوفناوری وجود داشته‌است. ستاد ویژه توسعه فناوری نانو از سال ۱۳۸۲ با هدف سیاست‌گذاری، ایجاد هماهنگی و تقسیم وظایف کلی دستگاه‌ها و نظارت بر تحقق اهداف تشکیل شده‌است. سند راهبرد آینده نانو فناوری نیز، به‌منظور توسعه فناوری نانو در مسیر تولید ثروت و ارتقای کیفیت زندگی مردم، در سال ۱۳۸۴ تصویب شده‌است (ستاد ویژه توسعه فناوری نانو، ۱۳۸۴).

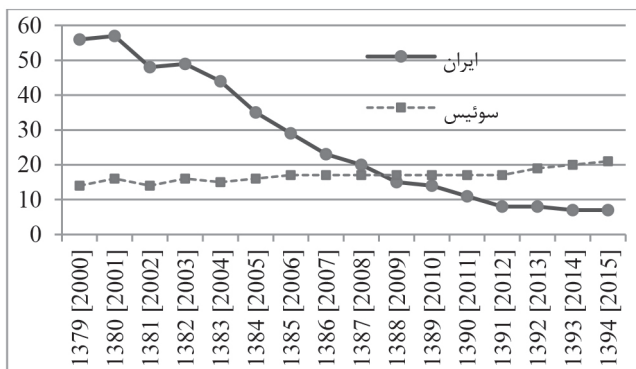
از سال ۲۰۰۸ بدین سو، ایران همواره جزء یکی از ۲۰ کشور برتر در تولید مقالات علمی نانو در دنیا و برترین در بین کشورهای خاورمیانه و جایگاه حائز اهمیت در بین کشورهای در حال توسعه بوده‌است. همچنین براساس گزارشات مستخرج از داده‌های پایگاه WOS، ۲۱،۳۹٪ از کل مقالات ISI ایرانی در سال ۲۰۱۵، مرتبط با فناوری نانو بوده‌است که از این لحاظ ایران در رتبه اول دنیا قرار دارد (استت نانو، ۲۰۱۶a).

در شرایطی که ایران، در جایگاه ۶ تولید مقالات علمی نانو در دنیا است، سوئیس در حال حاضر در رتبه ۲۱ قرار دارد (استت نانو، ۲۰۱۶b)، سوئیس در ثبت اختراعات نانو در EPO و USPTO به ترتیب در جایگاه پنجم و دهم دنیا است. این در حالی است که رتبه ایران در ثبت اختراعات نانو در دو پایگاه یادشده به ترتیب ۵۵ و ۳۰ است (استت نانو، ۲۰۱۵a؛ ۲۰۱۵b) که سبب می‌شود ایران در

شاخص نسبت تعداد اختراعات به مقالات نانو در رتبه ۵۴ قرار گرفته^۱ در حالی که سوئیس در جایگاه ۷ دنیا قرار دارد (جعفری و زرغامی، ۲۰۱۶). نکته جالب اینکه در شاخص تعداد مقالات نانو به ازای GDP (مقاله به میلیارد دلار)، ایران و سوئیس به ترتیب در جایگاه ۳ و ۴ دنیا قرار گرفته‌اند (استت نانو، ۲۰۱۵c). سوئیس به لحاظ سرانه مقاله نانو به میلیون نفر بعد از کشور سنگاپور در جایگاه دوم دنیاست در حالی که ایران در این خصوص در جایگاه ۲۷ قرار دارد (استت نانو، ۲۰۱۵d). همچنین در شاخص میانگین ارجاع به ازای هر مقاله، سوئیس و ایران به ترتیب در رتبه ۲ و ۴۰ دنیا قرار دارند (استت نانو، ۲۰۱۵e).

به نظر می‌رسد هر چند ایران در شاخص‌های کمی تولید علم، نسبت به سوئیس در جایگاه بالاتر یا مشابهی قرار دارد ولیکن سهم سوئیس از اختراعات و شاخص‌های کیفی دیگر بسیار بالاتر و غیرقابل مقایسه با ایران است (جعفری و زرغامی، ۲۰۱۶). البته مشهود است که رتبه جالب توجه در تولید مقالات علمی، نشان‌دهنده ظرفیت‌های بالقوه بسیار بالای ایران جهت نوآوری، کارآفرینی و پویایی بیشتر در این عرصه است.

نمودار ۱ با نمایش روند تغییر رتبه دو کشور در تولید مقالات نانو، ثابت رتبه سوئیس را نشان می‌دهد، در حالی که ایران پیوسته در این شاخص در حال رشد بوده، به گونه‌ای که از رتبه بسیار ضعیف در سال ۲۰۰۰ به رتبه زیر ۱۰ در سال‌های اخیر رسیده است (استت نانو، ۲۰۱۶b) و به نظر می‌رسد که این رتبه برای ایران در حال تثبیت شدن است.



نمودار ۱- روند تغییرات رتبه مقالات علمی نانو

۱. کشورهای رومانی، مصر و پاکستان که مجموع کل تولیدات علمی نانوی تمامی آن‌ها، حدوداً نصف ایران است و در تولید مقالات نانو به ترتیب در جایگاه‌های ۳۲، ۲۶ و ۳۷ دنیا هستند، در این شاخص بالاتر از ایران قرار گرفته‌اند!

درک چرایی این شکاف عمیق در تولیدات علمی و شاخص‌های مرتبط با نوآوری و اختراعات، نیازمند بررسی‌هایی است که یکی از انواع این بررسی‌ها، بررسی تطبیقی هم‌افزایی تولیدات علمی و اختراعات ایران با کشورهای توسعه‌یافته می‌باشد (جعفری و زرغامی، ۲۰۱۶). بنابراین با توجه به جایگاه حائز توجه فناوری نانو در تولیدات علمی، اسناد بالادستی کشور و اولویت‌های ملی ایران، این پژوهش به بررسی فرضیات زیر می‌پردازد:

۱- تفاوت معناداری بین ایران و سوئیس به لحاظ سهم مشارکت ارکان سه‌گانه (UIG) و همکاری‌های بین‌المللی (خارجی) در مقالات (تولیدات علمی) نانوفناوری وجود دارد.

۱-۱- سهم بخش دانشگاهی ایران و سوئیس در تولیدات علمی به لحاظ آماری متفاوت است.

۲-۱- سهم بخش صنعت ایران و سوئیس در تولیدات علمی به لحاظ آماری متفاوت است.

۳-۱- سهم بخش دولتی ایران و سوئیس در تولیدات علمی به لحاظ آماری متفاوت است.

۴-۱- سهم همکاری‌های بین‌المللی ایران و سوئیس در تولیدات علمی به لحاظ آماری متفاوت است.

۲- تفاوت معناداری بین ایران و سوئیس به لحاظ سهم تعاملات دوجانبه و سه‌جانبه داخلی در تولیدات علمی نانوفناوری وجود دارد.

۱-۲- سهم تعاملات داخلی دانشگاه-صنعت ایران و سوئیس در تولیدات علمی به لحاظ آماری متفاوت است.

۲-۲- سهم تعاملات داخلی دانشگاه-دولت ایران و سوئیس در تولیدات علمی به لحاظ آماری متفاوت است.

۳-۲- سهم تعاملات داخلی صنعت-دولت ایران و سوئیس در تولیدات علمی به لحاظ آماری متفاوت است.

۴-۲- سهم تعاملات سه‌جانبه دانشگاه-صنعت-دولت ایران و سوئیس در تولیدات علمی به لحاظ آماری متفاوت است.

۳- تفاوت معناداری بین ایران و سوئیس به لحاظ سهم تعاملات دو، سه و چهارجانبه بین‌المللی در تولیدات علمی نانوفناوری وجود دارد.

۳-۱- سهم تعاملات تک‌بخشی ارکان سه‌گانه در تعاملات بین‌المللی تولیدات علمی ایران و سوئیس

به لحاظ آماری متفاوت است.

۳-۲- سهم تعاملات بین‌المللی دانشگاه-صنعت ایران و سوئیس در تولیدات علمی به لحاظ آماری متفاوت است.

۳-۳- سهم تعاملات بین‌المللی دانشگاه-دولت ایران و سوئیس در تولیدات علمی به لحاظ آماری متفاوت است.

۳-۴- سهم تعاملات بین‌المللی صنعت-دولت ایران و سوئیس در تولیدات علمی به لحاظ آماری متفاوت است.

۳-۵- سهم تعاملات دانشگاه-صنعت-دولت ایران و سوئیس با همکاران بین‌المللی در تولیدات علمی به لحاظ آماری متفاوت است.

۴- تفاوت معناداری بین میزان هم‌افزایی دو و سه‌بعدی ارکان سه‌جانبه داخلی در تولیدات علمی نانوفناوری ایران و سوئیس وجود دارد.

۴-۱- تفاوت معناداری بین میزان هم‌افزایی دانشگاه-صنعت در تولیدات علمی ایران و سوئیس وجود دارد.

۴-۲- تفاوت معناداری بین میزان هم‌افزایی دانشگاه-دولت در تولیدات علمی ایران و سوئیس وجود دارد.

۴-۳- تفاوت معناداری بین میزان هم‌افزایی صنعت-دولت در تولیدات علمی ایران و سوئیس وجود دارد.

۴-۴- تفاوت معناداری بین میزان هم‌افزایی دانشگاه-صنعت-دولت در تولیدات علمی ایران و سوئیس وجود دارد.

۴- روش پژوهش

۴-۱- جمع‌آوری داده‌ها

در این پژوهش جمع‌آوری داده‌ها از پایگاه WOS انجام شده است. این پایگاه که توسط مؤسسه اطلاعات علمی^۱ (ISI) به منظور تحلیل شاخص‌های علمی ایجاد شده است و خدمات جستجوی تولیدات

علمی موجود در نمایه استنادی توسعه یافته علوم^۱ (SCIE)، علوم اجتماعی^۲ (SSCI) و هنر و علوم انسانی^۳ (A&HCI) را فراهم می‌کند.

باتوجه به تمرکز این مطالعه بر بررسی تطبیقی وضعیت تعاملات UIG در تولیدات علمی نانوفناوری ایران و سوئیس، در ابتدا کلیه مقالات مرتبط با «نانو» با حداقل آدرس یک نویسنده ایرانی و سوئیسی (به‌طور جداگانه) بازیابی شدند. به جهت افزایش اثربخشی جستجو و دستیابی به تمام مقالات مرتبط با بخش نانو در دو کشور و ممانعت از ورود مقالات نامرتب، از رویکرد و کلیدواژه‌های پیشنهادی مغربی و همکارانش (مغربی و همکاران، ۲۰۱۱) استفاده شد. تعداد کل مقالات مستخرج با انتخاب بازه زمانی سال ۲۰۰۸ تا پایان سال ۲۰۱۵، شامل ۲۷۷۲۴ مقاله منتشر شده توسط پژوهشگران با آدرس ایرانی و ۱۱۶۴۰ مقاله مربوط به نویسندگان سوئیسی بود.

دلایل انتخاب بازه زمانی ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۵ شامل موارد زیر است:

۱- عدم جایگاه جالب توجه ایران در تولید مقالات علمی حوزه نانو در سال‌های قبل از ۲۰۰۸ و دو برابر شدن تقریبی تعداد مقالات بعد از سال ۲۰۰۷ و کسب رتبه‌های کمتر از ۲۰ تولید علم نانو پس از سال ۲۰۰۸ تاکنون؛ هر چند که سوئیس از همان ابتدای شروع توجه به تحقیقات مرتبط با نانو در دنیا، در رتبه‌های زیر ۲۰ تولید علم این حوزه قرار داشته‌است ولیکن قرارگیری در رتبه‌های جالب توجه تولید علم نانو در دنیا برای ایران از سال ۲۰۰۸ به وقوع پیوسته است.

۲- بخش حامیان مالی^۴ به پایگاه WOS از سال ۲۰۰۸ اضافه شده‌است (تامسون رویترز^۵، ۲۰۱۵).

لازم به ذکر است که مهم‌ترین و اصلی‌ترین دلیل، همان دلیل اول است و دلیل دوم، دلیل فرعی انتخاب بازه مورد بررسی است.

۴-۲- مدل تریپل هلیکس به عنوان یک متدولوژی

بعد از استخراج داده‌ها، با بررسی اطلاعات آدرس تمامی مقالات، تعلق آن‌ها به «دانشگاه»، «صنعت»، «دولت» و «همکاری‌های بین‌المللی» با کدهای U، I، G و F مشخص شد. لازم به ذکر است که در این پژوهش، تعلق نویسندگان به هر یک از بخش‌های مربوطه بر مبنای حضور نویسندگان از آن بخش

- 1 . Science Citation Index Expanded
- 2 . Social Science Citation Index
- 3 . Art and Humanities Citation Index
- 4 . Funding
- 5 . Thomson Reuters

یا ذکر نام بخش در حامیان مالی مقالات، تعیین و کدگذاری شده است. دلیل آن نیز این است که این پژوهش و پژوهش‌های مرتبط، به دنبال سنجش تعاملات، هم‌افزایی و پویایی ارتباطات بین ارکان می‌باشند (چوی و همکاران، ۲۰۱۶؛ لیدسدورف و همکاران، ۲۰۱۴) و هدف صرفاً اندازه‌گیری روابط بین نویسندگان مقالات نیست. براین اساس کدگذاری هم‌زمان براساس این دو عامل، نتایج کامل‌تر و قابل‌اتکاتری از هم‌افزایی و پویایی تعاملات بخش‌ها به‌دست می‌دهد، چراکه به‌طور قطع و یقین می‌توان گفت که اگر نهادی مرتبط با هر یک از سه رکن و یا همکار بین‌المللی از اجرای پژوهش یا تولید مقاله‌ای حمایت کرده باشند، حتی در صورت عدم حضور نویسنده مرتبط با آن بخش، در تولید مربوطه تعامل داشته‌اند. جزئیات کدگذاری در مقالات قبلی تبیین شده است (جعفری و همکاران، ۱۳۹۴؛ زرغامی و همکاران، ۱۳۹۴).

تاکنون تعداد زیادی از پژوهش‌های حوزه علم‌سنجی و سیاست‌گذاری علم، فناوری و نوآوری، همچون پژوهش حاضر، از THM به‌عنوان رویکرد محوری و متدولوژی پژوهش خود بهره‌برداری کرده‌اند (چوی و همکاران ۲۰۱۵؛ ژانگ و همکاران، ۲۰۱۴؛ حسین و همکاران، ۲۰۱۲؛ شین^۱ و همکاران، ۲۰۱۲؛ سان و نگیشی، ۲۰۱۰).

به‌منظور آزمون فرضیه اول و تعیین سهم مشارکت هر بخش، سهم هر بخش داخلی با جمع مشارکت آن در ارتباطات انفرادی، دو بعدی و سه‌بعدی داخلی تعیین می‌شود. جهت تعیین سهم همکاری‌های بین‌المللی نیز، مجموع سهم این همکاری‌ها در ارتباطات دو، سه و چهاربعدی داخلی محاسبه می‌شود.

در آزمون فرضیه‌های دوم و سوم نیز، هر یک از تولیدات به یکی از دسته‌های تک، دو یا سه بعدی داخلی و یکی از دسته‌های دو، سه یا چهاربعدی خارجی (در صورت حضور همکاری بین‌المللی) تخصیص داده می‌شوند.

برای تعیین میزان هم‌افزایی ارتباطات دو و سه بعدی داخلی و آزمون فرضیه ۴، هم‌راستا با پژوهش‌های مرتبط با اندازه‌گیری پویایی و هم‌افزایی ارکان مارپیچ سه‌جانبه از رویکرد اطلاعات متقابل استفاده شده است.

این رویکرد براساس مفهوم آنتروپی^۲ که اولین بار در تئوری اطلاعات شانون^۳ (۱۹۴۸) مطرح شد،

1 . Shin

2 . entropy

3 . shanon's information theory

استوار می‌باشد. آنتروپی به منظور سنجش عدم قطعیت^۱ یا بی‌نظمی^۲ و پراکندگی در مجموعه‌ای از عناصر و اجزا مورد استفاده قرار می‌گیرد (گروپ^۳، ۱۹۹۰). اگر نظم و ترتیب عناصر کم باشد، بر این اساس مقدار آنتروپی می‌بایست کوچک باشد و برعکس. در منطق طراحی شده توسط بولتزمن^۴، آنتروپی به صورت رابطه ۱ تعریف می‌شود (کیم و همکاران، ۲۰۱۲):

$$H = - \sum_i^n P_i \log_2 P_i \quad (1)$$

در این رابطه، H معادل آنتروپی بوده و به میانگین مقدار اطلاعات مربوط می‌شود، P_i نیز احتمال انتخاب پیام i ام است. بر این اساس ماکزیمم مقدار آنتروپی H در حالتی محقق می‌شود که احتمال انتخاب تمام پیام‌ها وجود داشته باشد. به عنوان مثال، عدم قطعیت احتمال حضور دانشگاه (H_u) با استفاده از رابطه ۲ محاسبه می‌شود:

$$H_u = - \sum_u^1 P_u \log_2 P_u \quad (2)$$

آنتروپی ترکیبی در روابط دوسویه (برای مثال در تعامل UI)، از طریق رابطه ۳ محاسبه می‌شود (حسین و همکاران، ۲۰۱۲):

$$H_{ui} = - \sum_u^1 \sum_i^1 P_{ui} \log_2 P_{ui} = P_{1.} \log_2 \frac{1}{P_{1.}} + P_{.1} \log_2 \frac{1}{P_{.1}} + P_{11} \log_2 \frac{1}{P_{11}} \quad (3)$$

سپس بر اساس رابطه ۴، میزان رسانش عدم قطعیت^۵ (T) محاسبه می‌شود (شین و همکاران، ۲۰۱۲):

$$T_{ui} = H_u + H_i - H_{ui} \quad (4)$$

مقدار T ، همچون تئوری اطلاعات شانون، اطلاعاتی را درباره عدم قطعیت در شبکه اطلاعاتی بین ارکان سه‌گانه فراهم می‌نماید. میزان بالاتر T در روابط دویعدی، نشان‌دهنده روابط پویاتر و هدفمندتر در بین ارکان مربوطه می‌باشد. بر این اساس، مقدار مطلوب T در این نوع روابط، مقادیر مثبت و بزرگ

1 . uncertainty

2 . disorder

3 . Grupp

4 . Bultzman

5 . Transmission of uncertainty

است (لیدسدورف و همکاران، ۲۰۱۴).

در روابط سه بعدی نیز، مقدار آنتروپی، به عنوان مثال در تعامل $UIG(H_{uig})$ ، بر اساس رابطه ۵ تعیین می شود (کیم و همکاران، ۲۰۱۲):

$$H_{uig} = - \sum_{u=..}^1 \cdot \sum_{i=..}^1 \cdot \sum_{g=..}^1 \cdot P_{uig} \log_2 P_{uig} = P_{1..} \log_2 \frac{1}{P_{1..}} + P_{.1.} \log_2 \frac{1}{P_{.1.}} + P_{..1} \log_2 \frac{1}{P_{..1}} + P_{11.} \log_2 \frac{1}{P_{11.}} + P_{.11} \log_2 \frac{1}{P_{.11}} + P_{111} \log_2 \frac{1}{P_{111}} \quad (5)$$

میزان رسانش عدم قطعیت سه بعدی (T_{uig}) نیز، با استفاده از رابطه ۶ محاسبه می شود (لیدسدورف و همکاران، ۲۰۱۴):

$$T_{uig} = H_u + H_i + H_g - H_{ui} - H_{ug} - H_{ig} + H_{uig} \quad (6)$$

بر عکس روابط دوجانبه، در خصوص سه بعد (T_{uig})، مقادیر کمتر (منفی) نشان گر تعاملات پویاتر و هدفمندتر است (کیم و همکاران، ۲۰۱۲).

همچنین از نرم افزارهای `th.exe` و `th4.exe` به منظور محاسبات رسانش عدم قطعیت تعاملات بخش ها و سنجش صحت محاسبات انجام شده در نرم افزار اکسل، بهره برداری شد (لیدسدورف و همکاران، ۲۰۱۴۷).

۴-۳- تجزیه و تحلیل آماری

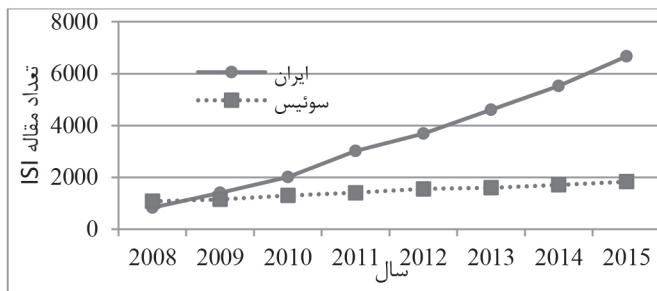
به منظور تحلیل فرضیات ۱ تا ۳، از درصد به جای داده های خام استفاده شد چراکه درصدها، فارغ از تفاوت تعداد داده های مربوط به هر کشور، مقادیر نرمالیزه شده و قابل مقایسه تری هستند. همچنین هم راستا با پژوهش چوی و همکارانش (۲۰۱۵) در بررسی آماری تفاوت کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته، جهت تحلیل آماری و بررسی تفاوت وضعیت سهم مشارکت از کان و شاخص ها در دو کشور از آزمون من-ویتنی یو^۱ (U)، آزمون ناپارامتریک معادل تی مستقل^۲ به وسیله نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ استفاده شد.

1 . Mann-Whitney U test

2 . Independent samples t-test

۵- یافته‌ها و نتایج

نمودار ۲ تعداد کل تولیدات علمی نانوی ایران و سوئیس (مستخرج از پایگاه WOS) را در بازه ابتدای سال ۲۰۰۸ تا پایان سال ۲۰۱۵ نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که تولیدات ایرانی در سال‌های ماقبل ۲۰۰۸ در برابر سوئیس، بسیار ناچیز بوده است^۱ در حالی که رتبه تولیدات علمی سوئیس از همان سال ۲۰۰۰ تاکنون تقریباً ثابت بوده است (همانگونه که در نمودار ۱ نیز مشاهده می‌شود). لازم به ذکر است که ۱۳۸ مورد از مقالات این دو کشور به طور مشترک با حضور نویسندگان ایرانی و سوئیسی تولید شده است.



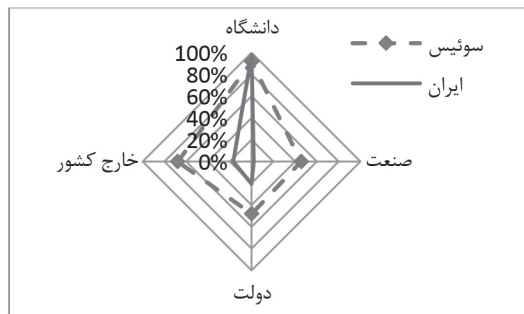
نمودار ۲- مقایسه تعداد کل مقالات علمی نانوی ایران و سوئیس

۵-۱- مشارکت بخشی در تولیدات علمی

به منظور محاسبه مجموع سهم مشارکت سه رکن داخلی و همکاری خارجی، سهم هر یک از این ۴ بخش در تولیدات علمی نانوی دو کشور محاسبه شد. میانگین سهم بخش‌های مختلف، در نمودار ۳ مقایسه شده است. به جز در خصوص سهم دانشگاه که به ترتیب برای ایران و سوئیس ۹۷,۲۴٪ و ۹۱,۷۲٪ است، سهم سایر بخش‌ها در تولیدات علمی دو کشور با یکدیگر تفاوت زیادی دارد به نحوی که سهم صنعت در ایران تنها ۱,۹۱٪ و برای سوئیس ۴۵,۴۷٪ و سهم دولت در ایران ۲۰,۷٪ و در سوئیس ۴۸,۰۷٪ و سهم همکاری‌های بین‌المللی در ایران ۱۷,۰۰٪ و در سوئیس ۶۷,۸۹٪ بدست آمد. به منظور تعیین اینکه آیا تفاوت معناداری به لحاظ آماری بین دو جامعه (مقالات علمی ایران و سوئیس) در سال‌های مختلف وجود دارد یا خیر؟، از آزمون «U» استفاده شد که نتایج در جدول ۱ نشان داده شده است. بر این اساس مشخص می‌شود که تفاوتی قوی و معنادار (با سطح اطمینان بیش از

۱. کل تولیدات نانوی ایران و سوئیس در بازه ۲۰۰۸ تا ۲۰۰۰ به ترتیب ۱۰۳۰ و ۵۰۵۹ مقاله بوده است.

۹۹٪) بین سهم مشارکت ارکان در مقالات علمی نانوی دو کشور وجود دارد. با توجه به میانگین رتبه بدست آمده، تنها بخش دانشگاهی ایران نسبت به بخش دانشگاهی سوئیس دارای سهم بالاتری بوده است و سایر بخش‌های سوئیس نسبت به ایران سهم بالاتری را به خود اختصاص داده‌اند. بنابراین فرضیه‌های ۱-۱ تا ۴-۱ تأیید می‌شوند. به نظر می‌رسد نتایج این بخش با برخی پژوهش‌های قبلی (چوی و همکاران، ۲۰۱۵؛ چانگ، ۲۰۱۴؛ کیم و همکاران، ۲۰۱۲؛ یون^۲ و همکاران، ۲۰۰۶) اندکی متفاوت است چراکه در پژوهش‌های یادشده، سهم دولت در کشورهای توسعه یافته نسبت به در حال توسعه کمتر بوده است (البته لازم است به تفاوت در شیوه کدگذاری نیز توجه شود). بدیهی است که شیوه حاضر کدگذاری که به تفصیل در پژوهش‌های قبلی نگارندگان (جعفری و همکاران، ۱۳۹۴؛ ضرغامی و همکاران، ۱۳۹۴) بحث شده است، با حقیقت مشارکت و تعامل بخش‌ها، انطباق بیشتری دارد.



نمودار ۳- مقایسه مجموع سهم ارکان دو کشور (بر حسب درصد)

جدول ۱- نتایج آزمون U درباره سهم مشارکت چهار رکن در سال‌های مختلف

خارج	دولت	صنعت	دانشگاه		
۴,۵۰	۴,۵۰	۴,۵۰	۱۲	ایران	میانگین رتبه
۱۲,۵۰	۱۲,۵۰	۱۲,۵۰	۵	سوئیس	
۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۴,۰۰۰	آماره U	
-۳,۳۶۱***	-۳,۳۶۱***	-۳,۳۶۱***	-۲,۹۴۱***	آماره Z	
*** $p\text{-value} < 0,005$					

۱ . Chung

۲ . Eun

۵-۲- تعاملات دو و سه جانبه داخلی بر حسب درصد تولیدات علمی

درصد کل تولیدات علمی تک‌بخشی، ارتباط دویبعدی و سه بعدی در جدول ۲، نشان‌دهنده اختلاف زیاد شرایط حاکم بر ارتباطات بخش‌های داخلی ایران و سوئیس در پژوهش‌های علمی مرتبط با نانو است. در حالی که در کل ۱۹،۲۸٪ از تولیدات مرتبط با ایران حاصل ارتباطات دو و سه بخشی است، ۵۸،۶۹٪ از تولیدات علمی نانو در سوئیس، مستخرج از پژوهش‌هایی است که در اثر تعامل دو یا سه‌بخشی بین ارکان سه‌گانه این کشور بدست آمده‌است. همچنین مشاهده می‌شود که ۱۷،۴۱٪ از تولیدات تعاملی ایران، صرفاً در تعامل دوسویه دانشگاه-دولت انتشار یافته‌است که با حذف این مقدار مشخص می‌شود که تنها ۱،۸۷٪ از کل تولیدات با حضور صنعت بوده‌است در شرایطی که ۴۱،۸۷٪ از تعاملات دو و سه‌جانبه در کشور سوئیس با حضور صنعت بوده‌است. نکته جالب توجه این‌که در تعاملات بین‌بخشی، صرفاً درصد سهم تعامل دانشگاه-دولت، در ایران کمی بیشتر از سوئیس است و در بقیه موارد فاصله زیادی در سهم کل تولیدات دو کشور وجود دارد که هم‌راستا با نتایج چوی و همکاران (۲۰۱۵) و چانگ (۲۰۱۴) مشخص می‌کند که بیشترین اختلاف بین کشورهای در حال توسعه و توسعه‌یافته مرتبط با تعامل بخش صنعت است و تأییدی بر محور بودن نقش دولت در کشورهای در حال توسعه است.

جدول ۲- سهم بخش‌ها و ترکیبات دو و سه بعدی در مقالات علمی نانو

تعداد کل تولیدات	سه بخشی	دو بخشی				بدون ارتباط (تک بخشی)			کشور
		UIG	IG	UG	UI	دولت G /	صنعت I /	دانشگاه / U	
۲۴۷۶۷	۰،۵۷	۰،۱۳	۱۷،۴۱	۱،۱۸	۲،۶۰	۰،۰۴	۷۸،۰۹	ایران (%)	
۱۰۷۷۴	۲۶،۵۷	۱،۳۲	۱۶،۸۲	۱۳،۹۸	۳،۳۶	۳،۶۰	۳۴،۳۵	سوئیس (%)	

نتایج آزمون U نیز در جدول ۳ نشان می‌دهد که تنها در سهم مشارکت تک‌بخشی دولت و دویبعشی دانشگاه-دولت تفاوت معناداری بین ایران و سوئیس در تولیدات علمی نانو در سال‌های مختلف مورد بررسی وجود ندارد و در بقیه موارد، به لحاظ آماری، تفاوت معناداری در سهم مشارکت بخشی و ترکیبی ارکان داخلی وجود دارد. به‌نحوی که تنها سهم تولیداتی که صرفاً با حضور نویسندگان یا حامیان دانشگاهی (به صورت تک‌بخشی و ایزوله) تولید شده‌است در ایران بیش از سوئیس است

ولیکن می‌توان گفت که سهم تولیدات تک‌بخشی صنعت، تولیدات دوبعدی دانشگاه-صنعت و صنعت-دولت و تولیدات سه‌بخشی دانشگاه-صنعت-دولت در کلیه سال‌های مورد بررسی در سوئیس بالاتر از ایران است. براین اساس، با توجه به تفاوت معنادار و قوی کلیه ارتباطات دو و سه بعدی دو کشور که با حضور صنعت در این سال‌ها شکل گرفته‌است، در راستای نتایج فرضیه قبلی و پژوهش‌های پیشین (چوی و همکاران، ۲۰۱۵) مشخص می‌شود که یکی از مهم‌ترین وجه تمایزهای کشورهای توسعه‌یافته با کشورهای در حال توسعه، مرتبط با ارتباط هوشمندانه بخش‌ها با این بخش حیاتی در توسعه علم، فناوری و نوآوری می‌باشد. بنابراین فرضیه ۲-۲ رد شده و فرضیه‌های ۲-۱، ۲-۳ و ۲-۴ تأیید شدند.

جدول ۳- بررسی تفاوت سهم تولیدات بخشی و دو و سه‌جانبه داخلی

سه بخشی	دو بخشی			بدون ارتباط (تک بخشی)			کشور دانشگاه	
	UIG	IG	UG	UI	دولت	صنعت		
۴,۵	۵,۳۸	۸,۷۵	۴,۵	۸	۴,۵	۱۲,۵	ایران	میانگین رتبه
۱۲,۵	۱۱,۶۳	۸,۲۵	۱۲,۵	۹	۱۲,۵	۴,۵	سوئیس	
۰,۰۰۰	۷,۰۰۰	۳۰	۰,۰۰۰	۲۸	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	آماره U	
-۳,۳۶۱*	-۲,۶۳۳*	-۰,۲۱۰	-۳,۳۶۱*	-۰,۴۲۰	-۳,۴۱۱*	-۳,۳۶۱*	آماره Z	
* $p < 0,01$								

۳-۵- سهم تعاملات بین‌المللی

جدول ۴ نشان‌دهنده نتایج آزمون بررسی معناداری تفاوت سهم تولیدات بخشی، دو و سه‌بعدی در تعاملات بین‌المللی دو کشور است. علاوه بر اینکه با قاطعیت می‌توان گفت سهم تولیدات علمی سوئیس که در تعامل همکاران بین‌المللی با UIG داخلی تولید شده‌است، بیشتر از ایران است، برخلاف اینکه تعداد مقالات ایران در بازه مورد بررسی بیش از ۲ برابر سوئیس است، مشخص می‌شود که به لحاظ آماری می‌توان گفت که حتی تعداد تولیدات علمی‌ای هم که حاصل همکاری پژوهشگران سوئیسی با همکاران بین‌المللی آن‌ها در سال‌های مورد بررسی است، بیشتر از ایران است. که نشان از توجه و تمرکز پژوهشگران سوئیسی به پژوهش‌های مشترک بین‌المللی دارد. مشخص می‌شود در تمامی انواع همکاری‌های بین‌المللی در سال‌های مختلف، سهم تولیدات مربوطه در سوئیس بیش از ایران است. بنابراین تمامی فرضیات ۳-۱ تا ۳-۵ پذیرفته می‌شود.

جدول ۴- بررسی تفاوت سهم تولیدات بخشی و دو و سه جانبه داخلی در همکاری‌های بین‌المللی

تعداد کل تعاملات بین‌المللی	سهم کل تعاملات بین‌المللی	چهار بخشی (با خارج)	سه بخشی (با خارج)			دو بخشی (با خارج)			کشور دانشگاه	
			UIG	IG	UG	UI	دولت	صنعت		
۵,۶۳	۴,۵	۴,۵	۵,۵	۴,۵	۴,۵	۴,۸۸	۵	۴,۵	ایران	میانگین
۱۱,۳۸	۱۲,۵	۱۲,۵	۱۱,۵	۱۲,۵	۱۲,۵	۱۲,۱۳	۱۲	۱۲,۵	سوئیس	رتبه
۹	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۸	۲	۰,۰۰۰	۳	۴,۰۰۰	۰,۰۰۰	U	آماره
-۲,۴۱۵*	-۳,۳۶۱**	-۳,۳۸۶**	-۲,۸۹۶**	-۳,۳۶۱**	-۳,۳۶۱**	-۳,۰۴۶**	-۳,۲۴۰**	-۳,۳۶۱**	Z	آماره

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

۴-۵- تعیین پویایی تعاملات ارکان سه‌گانه

بعد از مشخص شدن تفاوت بسیار زیاد سهم ارتباطات ارکان سه‌گانه دو کشور در تعاملات دو، سه و چهارجانبه، به‌منظور بررسی پویایی و هم‌افزایی ارتباطات ارکان سه‌گانه براساس رسانش عدم قطعیت، مقادیر رسانش عدم قطعیت ارتباطات دو و سه بعدی ارکان داخلی در جدول ۵ تصویر شده‌است.

جدول ۵- مقایسه مقادیر رسانش در ارتباطات ارکان سه‌جانبه

Tuig	Tig	Tug	Tui	کشور	سال
۰,۴۶	۰,۹۹	۴۰,۱۱	۱,۰۱	ایران	۲۰۱۵
-۵۸,۴۲	۲۵,۱۳	۴,۱۸	۱۴,۷۱	سوئیس	
۱,۵۲	۳,۱۶	۶۳,۳۳	۲,۴۶	ایران	۲۰۱۴
-۵۷,۵۶	۳۲,۰۴	۰,۰۱	۲,۰۳	سوئیس	
-۳,۲۳	۰,۵۹	۳۷,۴۳	۰,۰۱	ایران	۲۰۱۳
-۳۶,۹۲	۵۰,۹۵	۰,۲۰	۰,۳۶	سوئیس	
-۰,۳۸	۰,۸۷	۵۲,۷۷	۰,۶۷	ایران	۲۰۱۲
-۸۴,۵۹	۹۲,۵۵	۰,۹۴	۱,۱۰	سوئیس	

Tuig	Tig	Tug	Tui	کشور	سال
۱,۰۱	۱,۰۲	۶۶,۶۴	۳,۹۹	ایران	۲۰۱۱
-۱۱۱,۸۸	۳۷,۳۸	۶,۲۲	۸۶,۳۹	سوئیس	
-۱۱,۶۶	۷,۹۱	۹۰,۳۹	۳,۳۶	ایران	۲۰۱۰
-۴۹,۷۸	۵۴,۶۹	۰,۰۱	۶,۹۵	سوئیس	
-۰,۴۶	۵,۱۴	۱۳۵,۸۸	۰,۰۹	ایران	۲۰۰۹
-۵۲,۶۱	۲,۳۲	۶۰,۴۶	۳,۵۹	سوئیس	
-۱۰,۷۴	۰,۰۰	۸۹,۸۵	۱۰,۵۲	ایران	۲۰۰۸
-۵۰,۲۳	۲۷,۴۳	۱۶,۳۷	۱,۵۳	سوئیس	
-۲,۹۳ ± ۵,۳۰	۲,۴۶ ± ۲,۷۷	۷۲,۰۹ ± ۳۲,۵۵	۲,۷۶ ± ۳,۴۷	ایران	میانگین
-۶۲,۷۴ ± ۲۴,۰۰	۴۰,۳۱ ± ۲۶,۶۴	۱۱,۰۵ ± ۲۰,۷۱	۱۴,۵۸ ± ۲۹,۳۹	سوئیس	

به منظور بررسی معناداری تفاوت بین مقادیر T در تعاملات دو کشور، نتایج آزمون U در جدول ۶ نشان داده شده است.

بررسی اولیه نتایج این فرضیه نشان می دهد که به لحاظ آماری تفاوت معناداری بین هم افزایی تعاملات دانشگاه-صنعت وجود ندارد. هم افزایی تعاملات دانشگاه-دولت در ایران بالاتر از سوئیس است و در نهایت میزان این شاخص در تعاملات صنعت-دولت و دانشگاه-صنعت-دولت در سوئیس مطلوب تر از ایران است. یادآوری می شود که در روابط دوجانبه، مطلوب میزان T مقادیر مثبت و بزرگ تر است و در روابط سه بعدی، مطلوب T مقادیر منفی (کوچک تر) است. بر این اساس فرضیه ۴-۱ رد شده و فرضیات ۴-۲ تا ۴-۴ پذیرفته می شوند.

با توجه به نتایج جالب توجه و در ظاهر متناقض این فرضیه با فرضیات مربوط به سهم مشارکت بخشی و دوبخشی (فرضیه اول و دوم)، نیاز به بررسی بیشتر نتایج قبلی و تحلیل دقیق مبانی علمی حاکم بر رویکرد «اطلاعات متقابل» وجود دارد. لذا در ادامه به تشریح و بررسی بیشتر نتایج پرداخته می شود.

جدول ۶- بررسی تفاوت آماری مقادیر رسانش دو و سه بعدی دو کشور

Tuig	Tig	Tug	Tui		
۱۲,۵	۴,۸۸	۱۲,۱۳	۷,۱۳	ایران	میانگین رتبه
۴,۵	۱۲,۱۳	۴,۸۸	۹,۸۸	سوئیس	
۰,۰۰۰	۳,۰۰۰	۳,۰۰۰	۲۱,۰۰۰	آماره U	
-۳,۳۶۱*	-۳,۰۴۶*	-۳,۰۴۶*	-۱,۱۵۵	آماره Z	
$*p < 0,01$					

در ابتدا لازم است که به منظور تحلیل صحیح، منطقی و جامع فرضیات این بخش، ساختار بسیار متفاوت سهم مشارکت بخش‌های مختلف در تولیدات علمی دو کشور، یادآوری گردد (جدول ۲ و نمودار ۲). براین اساس نکات جالب توجه و موردنیاز در دستیابی به مقایسه‌ای جامع جهت درک بهتر شرایط حاکم بر نتایج این فرضیه، شامل موارد زیر است:

الف) سهم بسیار متفاوت مشارکت کلی بخش‌ها در تولیدات علمی نانو در دو کشور: شامل سهم بالاتر دانشگاه در ایران نسبت به سوئیس، سهم بسیار ناچیز و متمایل به صفر صنعت ایران (۱,۹۱٪) در برابر سهم جالب توجه (۴۵,۴۷٪) مشارکت صنعت سوئیس و سهم بیش از ۲ برابری دولت سوئیس (۴۸,۰۷٪) نسبت به دولت ایران.

ب) وضعیت بسیار متفاوت تعاملات ارکان دو کشور: به نحوی که مشارکت تک بخشی (بدون ارتباط) سوئیس تقریباً نصف ایران است (به ترتیب ۸۰,۷۳٪ و ۴۱,۳۱٪ پژوهش‌های نانوی ایران و سوئیس در فضای ایزوله و با مشارکت تک بخشی انجام شده است) و در نتیجه سهم بسیار متفاوت تولیدات علمی با مشارکت دو و سه بخشی در دو کشور (در ایران کمتر از ۲۰٪ و سوئیس حدود ۵۹٪).

ج) سهم بسیار متفاوت بخش صنعت در تعاملات دو و سه بعدی: به نحوی که صنعت ایران در کمتر از ۲٪ کل تعاملات مشارکت داشته، در حالی که ۴۱,۸۷٪ از کل تولیدات سوئیس با مشارکت دو و سه بعدی صنعت با سایر بخش‌ها انجام شده است.

د) سهم نزدیک و بی تفاوت تولیدات علمی دانشگاه-دولت در دو کشور: در حالی که سهم مشارکت بخش دولتی ایران ۲۰,۷٪ و در سوئیس ۴۸,۰۷٪ است.

ه) سهم بسیار متفاوت تولیدات سه‌بعدی دو کشور: به صورتی که مجموع مقدار این نوع تولیدات در ایران ۰٫۵۷٪ و در سوئیس ۲۶٫۵۷٪ بوده‌است.

براین اساس مشهود است که هم‌راستا با نتایج تحقیقات قبلی درباره مقایسه شرایط حاکم بر پژوهش‌ها و تولیدات علمی کشورهای در حال توسعه و توسعه‌یافته (چوی و همکاران، ۲۰۱۵؛ چانگ، ۲۰۱۴)، صنعت ایران تقریباً نقش قابل‌بیانی در تولیدات علمی و پژوهش‌های منتشرشده نداشته‌است. درحالی‌که صنعت سوئیس مشارکت بسیار فعالی در تولیدات علمی نانو ایفا کرده‌است.

براین اساس نتیجه به‌دست‌آمده در خصوص فرضیات ۴-۳ و ۴-۴ دور از انتظار نبوده ولیکن نتیجه اولیه و ظاهری فرضیه ۴-۱ بسیار دور از انتظار است و نتیجه فرضیه ۴-۲ نیز با انتظارات منطقی از شواهد موجود مقداری متفاوت است. بدیهی است که در نگاه اول و بدون در نظر گرفتن سایر شرایط و مقادیر توصیف‌شده، و با مشاهده نتایج آزمون، ممکن است چنین تصور شود که میزان هم‌افزایی تعاملات دانشگاه-صنعت ایران و سوئیس با یکدیگر برابر و دارای اثر هم‌افزایی یکسان است، در صورتی‌که براساس آمارهای ارائه‌شده از فرضیات قبل، مشخص می‌شود که درحقیقت اینگونه نیست.

براین اساس، با توجه به روابط تشریح شده در خصوص محاسبه میزان رسانش دو، سه و چهاربعدی و مقادیر عدم قطعیت مرتبط با ارکان، مشخص می‌شود که مقادیر رسانش در تعاملات دوعبده، ملاک مناسبی جهت مقایسه آماری نیست، چراکه به توزیع احتمالی و شرایط ساختاری سهم مشارکت تک‌بخشی، دوبخشی و سه‌بخشی خاص آن کشور بستگی دارد و با توجه به ساختار بسیار متفاوت سهم بخش‌ها در ایران و سوئیس که بدان اشاره شد، هرچند فرضیه ۴-۱ در این پژوهش به لحاظ آماری رد می‌شود ولیکن درحقیقت منطقی و صحیح نیست که میزان هم‌افزایی دو کشور را با هم یکسان تلقی نماییم، چراکه مهم‌تر از اینکه میانگین و انحراف معیار مقادیر رسانش این شاخص در دو کشور با یکدیگر متفاوت است، علاوه بر سهم مشارکت دانشگاه-صنعت، سایر عوامل شکل‌دهنده مقدار رسانش عدم قطعیت دوعبده (در محاسبات و فرمول‌های مربوطه) نیز در ساختار تولیدات علمی دو کشور دارای سهم متفاوت هستند. شاخص رسانش دانشگاه-صنعت (و سایر شاخص‌های دوعبده) به‌طور نسبی به سایر انواع ارتباطات دو کشور بستگی دارد و این شاخص بیشتر برای نمایش و درک تغییرات هم‌افزایی طولی (در طول سال‌های مختلف یک دوره مورد بررسی) برای یک اقتصاد و کشور مستقل مناسب‌تر است تا بررسی مقایسه‌ای آماری بین دو یا چند کشور. البته در برخی از پژوهش‌های محققین (کیم و همکاران، ۲۰۱۲)، به بررسی مقایسه‌ای مقادیر رسانش دوعبده دو کشور با روش گرافیکی پرداخته

شده است که در خصوص این شاخص از بررسی آماری مستحکم تر و قابل اتکاتر است. براین اساس نیاز است که جهت تحلیل و ارزیابی مقایسه‌ای تعاملات به سایر شاخص‌ها و از جمله شاخص مهم و جامع رسانش سه‌بعدی (T_{uig})، بیشتر تمرکز شود. لازم به ذکر است که در تعداد زیادی از پژوهش‌های قبلی نیز با استفاده از شاخص رسانش سه‌بعدی به مقایسه شرایط حاکم بر تولیدات علمی دو یا چند کشور پرداخته شده است (چوی و همکاران، ۲۰۱۵؛ پارک و همکاران، ۲۰۰۵).

در همین راستا، برخلاف اینکه در فرضیه دوم مشخص شد که تفاوت معناداری بین سهم تعاملات دانشگاه-دولت در دو کشور وجود ندارد، دلیل اینکه وضعیت تعامل دانشگاه-دولت ایران به لحاظ آماری در این شاخص مناسب‌تر از سوئیس به دست آمده است، همانند شاخص دانشگاه-صنعت مرتبط با مقادیر متفاوت سهم سایر انواع ارتباطات در ساختار تولیدات علمی نانو دو کشور است. هر چند وزن این دسته ارتباطات در ساختار تولیدات علمی ایران به قدری زیاد است که با قاطعیت می‌توان گفت، محور اصلی تعاملات دو و سه بعدی ایران، ارتباطات دانشگاه-دولت است، ولیکن با وجود تفاوت آماری میزان رسانش عدم قطعیت در این شاخص، نمی‌توان وضعیت هم‌افزایی ارتباطات دانشگاه-دولت ایران را مناسب‌تر از سوئیس تلقی کرد. با این وجود می‌توان گفت که پویاترین و بیشترین هم‌افزایی در ساختار تولیدات علمی و پژوهش‌های نانو در ایران، مربوط به تعاملات دانشگاه-دولت است. و بخش دولتی در ایران نقش و جایگاهی بسیار حیاتی در شکل‌دهی و جریان تولید دانش ایفا می‌کند که این مقوله در پژوهش‌های پیشین محققان نیز به‌عنوان یکی از ویژگی پژوهش‌های علمی در کشورهای در حال توسعه عنوان شده است (چانگ، ۲۰۱۴؛ یون و همکاران، ۲۰۰۶).

با توجه به نتایج قبلی و نقش محدود تولیدات بخش صنعت و سهم بسیار بالاتر تولیدات صنعت-دولت سوئیس، پویایی و هم‌افزایی بالاتر این نوع ارتباطات در سوئیس دور از انتظار نبود. در نهایت، شاخص رسانش سه‌بعدی به‌عنوان شاخصی حائز اهمیت و مؤثر در تعیین پویایی و اثرات هم‌افزایی ارتباطات ارکان مارپیچ سه‌جانبه در پژوهش‌ها و انتشارات علمی، نشان‌دهنده تفاوت اساسی و یکی از نقاط تمایز ایران و سوئیس است. مقدار بیش از ۲۰ برابری رسانش سه‌بعدی سوئیس، نشان‌دهنده تفاوت آشکار روند جاری پژوهش‌ها و تولیدات علمی نانو در دو کشور است که در نتیجه تفاوت در سهم تولیدات تک‌بخشی، دو و سه‌بعدی حاصل شده است.

با توجه به اهمیت این شاخص از حیث جامعیت و انطباق با بررسی‌های تطبیقی در پژوهش‌های قبلی (چوی و همکاران، ۲۰۱۵؛ پارک و همکاران، ۲۰۰۵)، تفاوت بسیار زیاد ایران و سوئیس در میزان

این شاخص، نشان‌دهنده تک‌بعدی بودن تولیدات علمی نانو در ایران است و در جهت مقابل نشان می‌دهد که یکی از دلایل عمده هم‌سطحی و فراتر بودن سطح اختراعات و نوآوری‌ها در سوئیس، وجود پویایی و اثرات هم‌افزا در ارتباطات ارکان سه‌گانه است. بدیهی است که در شرایطی که محور پژوهش و تولید علم دانشگاه باشد، فاصله زیادی بین نیازهای صنعتی و اجتماعی کشور و تولیدات علمی وجود خواهد داشت و در زمانی که محور اصلی تولیدات علمی و پژوهش‌ها، نیازهای فضای کسب‌وکار و صنعت باشد، خودبه‌خود زمینه توسعه نوآوری، اختراع و کارآفرینی در سطح جامعه و در نتیجه روند حرکت از سمت تولید علم خطی به سمت تحقیقات و تولید علم مسئله‌محور و تقاضا محور تسهیل شده و شتاب بیشتری خواهد گرفت.

۶- نتیجه‌گیری

در این پژوهش با استفاده از قابلیت‌های مدل تریپل هلیکس، به بررسی تطبیقی پویایی، هم‌افزایی و سهم مشارکت ارکان مارپیچ سه‌جانبه ایران و سوئیس در تولیدات علمی نانو پرداخته شد. نتایج پژوهش، از رشد مقالات علمی ایرانیان و رتبه چشمگیر ایران در تولید مقالات ISI نانو در سال‌های اخیر حکایت دارد و نشان می‌دهد که با تأخیر زمانی اندک نسبت به کشورهای توسعه‌یافته، توجه به نانوفناوری در ایران آغاز شده است. در جهت مقابل، سوئیس با مقداری فاصله در رتبه‌های بعد از ایران در تولید مقالات نانو قرار داشته ولیکن وضعیت بسیار بهتر و غیرقابل قیاسی با ایران در ارجاع مقالات، اختراع و نوآوری این عرصه دارد. با استفاده از تحلیل‌های صورت‌گرفته، مشخص شد که برعکس مشارکت بالای ارکان سه‌گانه در تولیدات علمی نانو در سوئیس، وضعیت چندان مناسبی بر تولیدات ارکان سه‌گانه ایران حاکم نیست و مشارکت و هم‌افزایی چندانی در تعاملات دو و سه‌جانبه ایران وجود ندارد. از سوی دیگر عدم مشارکت بخش صنعت ایران در پژوهش‌ها، به‌طور هم‌زمان با تعامل کم بین دانشگاه-صنعت و دانشگاه-صنعت-دولت، توصیف‌گر فاصله کشور با کشورهای توسعه‌یافته در پویایی نوآوری در تولیدات علمی نانو است.

یکی از نکات بسیار مشهود در این پژوهش، حضور نسبتاً پررنگ بخش دولتی ایران پس از دانشگاه، در همراهی پژوهش‌های منتشرشده یا حمایت از پژوهش‌ها می‌باشد. براین اساس هم‌راستا با توصیه‌های سیاستی پژوهش‌های قبلی در خصوص نقش پررنگ دولت در توسعه علم، فناوری و نوآوری در کشورهای در حال توسعه (چوی و همکاران، ۲۰۱۵؛ یون و همکاران، ۲۰۰۶) و با توجه به شرایط

خاص حاکم بر تولیدات علمی کشور، جایگاه حمایت های دولتی و انگیزاننده های هوشمندانه ای که از طریق این بخش به فضای علمی تزریق می شود، در هدایت و توسعه اقدامات پژوهشی و تسریع تولید علم و نوآوری در کشور مشخص می شود و با این وجود شفاف می شود که یکی از راهکارهای اهتمام بیشتر به توسعه فناوری و تعامل بیشتر دو رکن دانشگاه-صنعت نیز سیاست گذاری و نقش آفرینی هوشمندانه و مؤثر و هدایتی دولت است که با توجه به پتانسیل های بالای پژوهشگران کشور، در صورت وجود هوشمندی بیشتر می تواند زمینه ساز ارتقای نوآوری و توسعه فناوری در بخش صنعت و افزایش بهره برداری از سرمایه های فراوان بخش دانشگاهی کشور را از طریق افزایش ظرفیت جذب صنعت و سایر ابتکارات و اقدامات مورد نیاز، فراهم سازد.

علاوه بر تحلیل و سنجش تطبیقی تعاملات علمی نانوفناوری در ایران و سوئیس براساس مدل تریپل هلیکس، یکی از مشارکت های دیگر این پژوهش، کدگذاری مقالات براساس ۲ عامل هم زمان «وابستگی نویسندگان مقالات» و «حمایت مالی انجام پژوهش توسط هر یک از سه نهاد یا بخش خارجی» است.

پیشنهاد می شود مسئولین ستاد توسعه فناوری نانو، دفتر همکاری های فناوری ریاست جمهوری، معاونت علم و فناوری و سایر سیاست گذاران مرتبط با توسعه نانو، با دقت نظر به تحلیل نتایج ارائه شده در پژوهش و استفاده در سیاست های آتی و اجرای بهینه سیاست های معین شده، جهت دسترسی به اهداف توسعه نانو بپردازند و همچنین با توجه به نتایج جذاب این پژوهش در بررسی تطبیقی تولیدات علمی نانو ایران و سوئیس، پیشنهاد می شود به تحلیل و بررسی تطبیقی وضعیت حاکم بر سایر بخش های فناورانه در کشور با کشورهای توسعه یافته پرداخته شود و هم راستا با کشورهای پیشرو، از قوت های موجود در این رویکرد به منظور بهبود سیاست گذاری در کشور بهره برداری شود. علاوه بر این محققین آتی می توانند با بررسی وضعیت حاکم بر اسناد ثبت اختراع حوزه نانو و سایر بخش های فناورانه، به تحلیل هم زمان تعاملات ارکان سه گانه براساس «تولیدات علمی» و «نوآوری و اختراعات» بپردازند.

یکی از بخش های حائز اهمیت که در تولیدات علمی دو کشور مشارکت بالایی داشت، همکاری های بین المللی بود. با نظر به اینکه این نوع همکاری ها در سوئیس در جایگاه دوم (قبل از صنعت و دولت) قرار گرفته است، پیشنهاد می شود پژوهش های آتی به بررسی مقایسه ای سهم این قبیل همکاری ها در ثبت اختراعات، نوآوری و مشارکت های کسب و کار و کارآفرینی ایران و کشورهای توسعه یافته (همچون

سوئیس) بپردازند تا سهم این نوع همکاری‌ها و هم‌افزایی ایجادشده بر روی عوامل یادشده (به‌عنوان عواملی مهم و سرنوشت‌ساز در توسعه علمی، فناوری و اقتصادی)، مشخص گردد. همچنین با توجه به محدودیت و جامع نبودن جستجو در پایگاه‌های داده مقالات علمی داخلی، پیشنهاد می‌شود محققین حوزه فناوری اطلاعات، مهندسی نرم‌افزار، هوش مصنوعی و سایر زمینه‌های مرتبط، با الگوبری از پایگاه‌های معتبر (هم‌چون WOS) به بسترسازی جهت تحلیل بهتر تولیدات علمی فارسی توسط محققین این عرصه بپردازند تا زمینه بررسی‌های بیشتر علمی بر روی منابع داخلی نیز فراهم و هموارتر گردد.

منابع

- بحرینی، محمد علی؛ صالحی یزدی، فاطمه؛ ابوالحسنی، زهرا (۱۳۹۱). بررسی و مطالعه توصیفی وضعیت زنجیره ارزش شرکت‌های نانوفناوری ایرانی. *سیاست علم و فناوری*، شماره ۳، ۷۱-۸۶.
- جعفری، مصطفی؛ اخوان، پیمان؛ ضرغامی، حمیدرضا (۱۳۹۴). سنجش تعاملات دانشگاه، صنعت و دولت در مقالات علمی بخش نانو با رویکرد مدل تریپل هلیکس. *فصلنامه تحقیقات کتابداری و اطلاع‌رسانی دانشگاهی*، ۴۹(۳)، ۳۹۳-۴۱۱.
- جوکار طاهره، عصاره فریده (۱۳۹۲). جریان انتشار مقالات علمی در کشور ایران طی سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۱ براساس مدل مارپیچ سه‌گانه دانشگاه، صنعت و دولت. *پژوهشنامه پردازش و مدیریت اطلاعات*، ۲۹(۲)، ۵۰۵-۵۳۳.
- ستاد ویژه توسعه فناوری نانو (۱۳۸۴). سند راهبرد آینده: برنامه ده‌ساله توسعه فناوری نانو در ایران.
- ضرغامی، حمیدرضا؛ اخوان، پیمان؛ جعفری، مصطفی (۱۳۹۴). سنجش تعاملات و همکاری‌های فناورانه و دانشی با سازوکارها و ابزارهای مدل تریپل هلیکس (بررسی موردی: مقالات ISI نانو ایران). پنجمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت فناوری، تهران. ایران.
- Braczyk, H., Cooke, P. and Heidenrich, R. (Eds) (1998). *Regional Innovation Systems*, UCL Press, London.
- 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.
- Chung, C. (2014). An analysis of the status of the Triple Helix and university-industry-government relationships in Asia, *Scientometrics*, 99(1), 139-149.

- Cooke, P., Uranga, M. and Etzebarria, G. (1997). Regional innovation systems: institutional and organizational dimensions, *Research Policy*, Vol. 26 Nos 4/5, pp. 475-91.
- Danell, R., & O. Persson. (2003). Regional R&D activities and interaction in the Swedish Triple Helix, *Scientometrics* 58(2): 205-218.
- Dzisah, J., & Etzkowitz, H. (2008). The renewal of the African university: towards a triple helix development model for Ethiopia. Paper presented at the Transforming University-Industry-Government Relations in Ethiopia”, *Proceedings of Ethiopia Triple Helix Conference*, IKED, Addis Ababa.
- Edquist, C. (1997). Systems of innovation approaches – their emergence and characteristics, in Edquist, C. (Ed.), *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*, Chapter 1, Printer, London, pp. 1-35.
- Etzkowitz, H., & Dzisah, J. (2008). Rethinking development: circulation in the triple helix, *Technology Analysis & Strategic Management*, 20(6), 653-666.
- Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (1995). The Triple Helix--University-industry-government relations: A laboratory for knowledge based economic development, *Easst Review*, 14(1), 14-19.
- 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.
- Eun, J.-H., Lee, K., & Wu, G. (2006). Explaining the “University-run enterprises” in China: A theoretical framework for university–industry relationship in developing countries and its application to China, *Research Policy*, 35(9), 1329-1346.
- Farinha, L., Ferreira, J., & Gouveia, B. (2014). Networks of Innovation and Competitiveness: A Triple Helix Case Study, *Journal of the Knowledge Economy*, 1-17.
- Frenken, K., Hardeman, S., & Hoekman, J. (2009). Spatial scientometrics: Towards a cumulative research program, *Journal of Informetrics*, 3(3), 222-232.
- Grupp, H. (1990). The concept of entropy in scientometrics and innovation research, *Scientometrics*, 18(3), 219–239.
- Harbi, S., et al. (2009). Establishing high-tech industry: The Tunisian ICT experience, *Technovation*, 29 (6–7), 465-480.
- Hossain, M. D., 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.

- Jafari Mostafa, and Zarghami Hamid Reza. (2016). Measuring nanotechnology development through the study of the dividing pattern between developed and developing countries during 2000–2014, *Journal of Nanoparticle Research* no. 18 (7):1-21.
- Kim, H., Huang, M., Jin, F., Bodoff, D., Moon, J., & Choe, Y. (2012). Triple helix in the agricultural sector of Northeast Asian countries: a comparative study between Korea and China, *Scientometrics*, 90(1), 101-120.
- Leydesdorff, L., & Etzkowitz, H. (1996). Emergence of a Triple Helix of university–industry–government relations, *Science and Public Policy*, 23(5), 279-286.
- Leydesdorff, L., & Etzkowitz, H. (2003). Can ‘the public’ be considered as a fourth helix in university-industry-government relations?, *Science and Public Policy*, 30(1), 55-61.
- 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.
- Leydesdorff, L., Park, H., & Lengyel, B. (2014). A routine for measuring synergy in university–industry–government relations: mutual information as a Triple-Helix and Quadruple-Helix indicator, *Scientometrics*, 99(1), 27-35.
- Leydesdorff, L., Perevodchikov, E., & Uvarov, A. (2015). Measuring triple-helix synergy in the Russian innovation systems at regional, provincial, and national levels, *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 66(6), 1229-1238.
- Lundvall, B.A. (1992). *National Systems of Innovation – Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, Printer, London.
- Maghrebi, M., Abbasi, A., Amiri, S., Monsefi, R., & Harati, A. (2011). A collective and abridged lexical query for delineation of nanotechnology publications, *Scientometrics*, 86(1), 15-25.
- Mangematin, V., & Walsh, S. (2012). The future of nanotechnologies, *Technovation*, 32(3–4), 157-160.
- Miyazaki, K., & Islam, N. (2007). Nanotechnology systems of innovation—An analysis of industry and academia research activities, *Technovation*, 27(11), 661-675.

- Natário, M. M., Couto, J. P. A., & Almeida, C. F. R. d. (2012). The triple helix model and dynamics of innovation: a case study, *Journal of Knowledge-based Innovation in China*, 4(1), 36-54.
- Park, H. W., & Leydesdorff, L. (2010). Longitudinal trends in networks of university-industry-government relations in South Korea: The role of programmatic incentives, *Research Policy*, 39(5), 640-649.
- Park, H. W., Hong, H. D., & Leydesdorff, 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.
- Ponds, R., Van Oort, F., & Frenken, K. (2007). The geographical and institutional proximity of research collaboration, *Papers in Regional Science*, 86(3), 423-443.
- Razak, A. A., & Saad, M. (2007). The role of universities in the evolution of the Triple Helix culture of innovation network: The case of Malaysia, *International Journal of Technology Management & Sustainable Development*, 6(3), 211-225.
- Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication, *Bell System Technical Journal*, 27(379), 623.
- Shin, J., Lee, S., & Kim, Y. (2012). Knowledge-based innovation and collaboration: a triple-helix approach in Saudi Arabia, *Scientometrics*, 90(1), 311-326.
- Stat Nano (2015). Average citation per nano-article (citation per article), <http://statnano.com/report/s55>. Accessed August 26, 2015.
- Stat Nano (2015). Nanotechnology patents in EPO, <http://statnano.com/report/s95>. Accessed July 25, 2015.
- Stat Nano (2015). Nanotechnology patents in USPTO, <http://statnano.com/report/s89>. Accessed July 25, 2015.
- Stat Nano (2015). Number of nano-articles per GDP(ppp) (Article per billion \$), <http://statnano.com/report/s81>. Accessed August 26, 2015.
- Stat Nano (2015). Number of nano-articles per Million people (Article per million people), <http://statnano.com/report/s33>. Accessed August 26, 2015.
- Stat Nano (2016). Local Share in Nanoscience generation. <http://statnano.com/report/s75>. Accessed 10 August 2016.
- Stat Nano (2016). Number of nanotechnology articles indexed in ISI (Web of Science), <http://statnano.com/report/s29>. Accessed 3 September 2016.

- 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*, 82(3), 677-685.
- Thomson Reuters (2015). Funding Acknowledgements, http://wokinfo.com/products_tools/multidisciplinary/webofscience/fundingsearch/, Accessed July 01, 2015.
- Zhang, Y., Zhou, X., Porter, A., Gomila, J. V., & Yan, A. (2014). Triple Helix innovation in China's dye-sensitized solar cell industry: hybrid methods with semantic TRIZ and technology roadmapping, *Scientometrics*, 99(1), 55-75.