تحقیقات کتابداری و اطلاع‌رسانی دانشگاهی،
دورهٔ ٤٩، شمارهٔ ٣، پاییز ١٣٩٤، ص ٤١٣-٤٣٨

Academic Librarianship and
Information Research
Vol. 49, No. 3, Autumn 2015, pp. 413-438

سنجش تعاملات دانشگاه، صنعت و دولت در مقالات علمی بخش نانو با رویکرد مدل مارپیچ سه‌گانه

مصطفی جعفری[1]، پیمان اخوان[2]، حمیدرضا ضرغامی[3]*

تاریخ دریافت: ٩٤/٤/٢٢ تاریخ پذیرش: ٩٤/١٠/١٥

چکیده

هدف: هدف این پژوهش، بررسی و تحلیل پویایی تعاملات بین ارکان سه‌گانه در تولیدات علمی بخش نانوی ایران با استفاده از مدل تریپل هلیکس است.

روش: وضعیت تعاملات پویای سه رکن اساسی دانشگاه – صنعت – دولت، با استفاده از داده‌های مقالات آی.اس.آی. ایرانی در حوزهٔ نانو، سنجش و تحلیل شده است و با استفاده از رهیافت اطلاعات متقابل و بهره‌برداری از نرم‌افزارهای مربوط به مدل تریپل‌هلیکس (th.exe , th4.exe) به محاسبه و تعیین میزان رسانش عدم قطعیت تعاملات داخلی و بین‌المللی پرداخته شده است.

یافته‌ها: نتایج پژوهش قابلیت مدل تریپل هلیکس در بهبود سیاستگذاری علم، فناوری و نوآوری را به‌ویژه در بخش نانو و سایر بخش های فناورانه نشان می‌دهد. با وجود سرمایه‌گذاری زیاد دولتی و اولویت‌گذاری اسناد بالادستی کشور در بخش نانو، روند تولیدات علمی ایران در این زمینه وضعیت مناسبی برای ارتقای نوآوری در کشور ندارد و لازم است که سیاستگذاران امر، ضمن استفاده از نتایج پژوهش حاضر و مبتنی بر بررسی‌های دقیق علمی انجام‌گرفته، به اتخاذ تصمیمات لازم برای پویایی بیشتر تعاملات مربوط بپردازند.

اصالت پژوهش: با وجود تحقیقات متعدد کشورهای توسعه‌یافته در این زمینه، پژوهش‌های اندکی در کشورهای آسیایی انجام گرفته و تاکنون پژوهشی برای استفاده از ظرفیت این مدل در بخش نانوی ایران ثبت نشده است.

واژه‌های کلیدی: پویایی نوآوری[1]، تولیدات علمی[2]، رسانش عدم قطعیت[3]، مدل مارپیچ سه‌جانبه[4]، نانوفناوری[5].

۱. عضو هیأت علمی دانشکدهٔ مهندسی صنایع دانشگاه علم و صنعت ایران Jafari@iust.ac.ir
۲. عضو هیأت علمی دانشکدهٔ مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی مالک اشتر Akhavan@iust.ac.ir
۳. دانشجوی دکتری تخصصی مهندسی صنایع – مدیریت سیستم و بهره‌وری دانشگاه علم و صنعت ایران Zarghami@iust.ac.ir

مقدمه

در شرایط کنونی، نوآوری عاملی قطعی در توسعه و رقابت‌پذیری کشورها و سازمان‌ها قلمداد می‌شود (ناتاریو[٦] و همکاران، ٢٠١٢). تقویت تعاملات و اشتراک‌های بین سه نهاد دولت، صنعت و دانشگاه، یکی از مهم‌ترین زمینه‌های رونق فضای کسب و کار و فرایندهای مرتبط با نوآوری است، به‌نحوی که تعامل پویا بین این سه نهاد، جریان تولید دانش را به‌طور مستمر تسهیل و زمینهٔ ایجاد پویایی در زمینهٔ نوآوری را فراهم می‌کند (لیدسدورف و اتزکویتز[٧]، ١٩٩٦).

بدیهی است که امروزه، رقابت‌پذیری کشورها تنها به موهبت‌ها و منابع سنتی موجود (همچون سرمایه، نیروی کار و مواد اولیه) وابسته نیست و بیش از هر چیز، تابع اقدامات و ابتکارات نوآورانهٔ آنهاست. اقلیم‌ها و کشورهایی که رویکرد مناسبی در زمینهٔ نوآوری دارند و از منابع نامشهود[٨](همچون دانش) بیشتر استفاده می‌کنند، قابلیت بیشتری کسب برتری در این شرایط دارند (ناتاریو و همکاران، ٢٠١٢).

از سوی دیگر، در اقتصاد کنونی دنیا شرکت‌ها و صنایع مرتبط با فناوری‌های پیشرفته[٩] دارای سهم بسیار بیشتر و جایگاه شناخته‌شده‌ای در کشورهای توسعه‌یافته‌اند، به‌نحوی که محصولات مبتنی بر فناوری‌های پیشرفته دارای بیشترین نرخ رشد در معاملات بین‌المللی هستند. با وجود این در کشورهای در حال توسعه و کمتر توسعه‌یافته، توجه کافی و مطلوبی به فناوری‌های نوین و برتری‌ساز نشده است (هَربی و همکاران، ٢٠٠٩). بر این 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 جامعهٔ دانش‌بنیان در تمامی کشورها و از جمله کشور ایران است (بحرینی و همکاران، ١٣٩١).

آمارهای جهانی نشان می‌دهد که ٢١/١٥ درصد از مجموع تولیدات علمی ایران در سال ٢٠١٤، به نانو مربوط بوده و کشور ایران رتبهٔ ٧ دنیا را در تولیدات علمی نانو به خود اختصاص داده است (استیت نانو[١٠]، ٢٠١٥). علاوه بر این بر اساس آخرین آمارهای رسمی از مقالات آی.اس.آی منتشرشده در دنیا، ٢٢/٨٧ درصد از کل تولیدات علمی ایران در سال ٢٠١٥ در حوزهٔ نانوفناوری بوده که از این لحاظ کشور ایران در سال ٢٠١٥ در رتبهٔ اول در دنیا قرار گرفته است (استیت نانو، ٢٠١٦). بر این اساس می‌توان به جایگاه حیاتی نانوفناوری در توسعهٔ علمی و توجهات پژوهشگران و دولت ایران پی برد. تحقیقات قبلی مربوط به استفاده از ظرفیت‌های مدل تریپل‌هلیکس در تحلیل پویایی روابط بین ارکان فعال در تولیدات دانشی، لزوم بررسی‌های دقیق به‌منظور سیاستگذاری هوشمندانه در این حوزه را نشان می‌دهد. بنابراین در این پژوهش به بررسی و نگاشت پویای تولیدات علمی نانو و تحلیل تعاملات دانشگاه – صنعت - دولت بر اساس مدل مذکور پرداخته می‌شود. بنابراین در زمینهٔ سایر تحقیقات انجام‌گرفته با رویکرد مدل تریپل‌هلیکس،

در این پژوهش نیز با بررسی، تحلیل و ارزیابی وضعیت تعاملات تولیدات حوزهٔ نانوفناوری ایران تلاش داریم تا به شفاف‌سازی روند تعاملات بر اساس وضعیت گذشته و زمینه‌سازی برای بهبود سیاستگذاری و تصمیم‌سازی در روند توسعهٔ علم، فناوری و نوآوری در بخش نانو بپردازیم. همچنین سعی بر این است تا با بررسی دقیق شاخص‌های مرتبط با تعاملات بین‌المللی دانشگاه – صنعت – دولت ایران، به ارائهٔ توصیه‌هایی به‌منظور بهره‌برداری بهتر کشور از ظرفیت‌های این قبیل همکاری‌ها درمسیر تولید دانش، توسعهٔ فناوری و نوآوری در صنعت پرداخته شود.

مبانی نظری پژوهش

۱. مدل تریپل‌هلیکس

مدل تریپل‌هلیکس در سال ۱۹۹۶ توسط اتزکوویتز و لیدسدورف برای توصیف و تبیین تعاملات بین ارکان سه گانه (دولت، صنعت و دانشگاه) در فرایند نوآوری و توسعه ایجاد شده است. همراستا با رویکرد سیستمی نوآوری (نظام‌های ملی نوآوری لوندوال[11] (۱۹۹۲) و ادکویست[12] (۱۹۹۷)) و سیستم‌های نوآوری منطقه‌ای (کوک[13] و همکاران، ۱۹۹۷؛ براکزیک[14] و همکاران، ۱۹۹۸)، این مدل به بررسی تعاملات نهادهای مختلف مرتبط با نوآوری می‌پردازد و تعامل بین سه رکن کلیدی را پررنگ‌تر می‌کند. بر خلاف الگوهای خطی مربوط به دههٔ ۶۰ و ۷۰ که یک‌سویه بودند و ارتباطات و بازخوردهای متعدد را به‌حساب نمی‌آوردند، این مدل بر تعاملات و کنش متقابل ارکان بنا شده است.

در این مدل، هر یک از سه نهاد دولت، صنعت و دانشگاه، بر خلاف نقش‌های سنتی در حوزهٔ وظایف مرسوم بخش‌های دیگر نیز نقش ایفا می‌کنند. دانشگاه‌ها به‌وسیلهٔ خوشه‌های نوآوری منطقه‌ای، نقشی کلیدی را در ارتقای ظرفیت توسعهٔ اقتصادی ایفا می‌کنند که سبب‌ساز تحکیم نظام ملی نوآوری می‌شود و سرانجام گروه‌های پژوهش دانشگاهی، با ایجاد شبکه‌ای از شرکت‌های زایشی، زمینهٔ توسعه و شکل‌گیری گونهٔ جدیدی از دانشگاه، تحت عنوان دانشگاه کارآفرین می‌شوند (اتزکویتز، ۲۰۰۳؛ خوراسگانی و همکاران، ۱۳۹۰).

در این الگو، در برخی موارد دانشگاه به‌عنوان یک بنگاه دانش‌بنیان عمل و به کارآفرینی دانش‌بنیان اقدام می‌کند، همچنین اغلب فعالیت‌های بنگاه‌های اقتصادی دانش‌بنیان شده‌اند و دانشگاه و صنعت در تعامل مشترک، بازار سرمایهٔ ریسک‌پذیر و بازارهای فناوری و سرمایه‌های انسانی مورد نیاز را تأمین می‌کنند. دولت هم در کنار وظایف سنتی خود از قبیل تولید و تأمین کالای عمومی و سیاستگذاری، به سرمایه‌گذاری در زمینهٔ نوآوری، تولید دانش و کالاها و خدمات در حوزه‌های با ریسک زیاد اقدام می‌کند (امیری‌نیا و بی‌تعب، ۱۳۸۸).

مدل تریپل‌هلیکس بر چهار پایهٔ اساسی زیر بنا شده است (دزیساح[15] و اتزکویتز، ۲۰۰۸):

۱. حرکت از جامعهٔ صنعتی به جامعهٔ دانش‌بنیان.

۲. حرکت از فناوری‌های فیزیکی به فناورهای پیشرفتهٔ منعطف با مقیاس کوچک‌تر.

۳. ظهور دانش چندبنیانی و میان‌رشته‌ای در زمینه‌هایی از جمله زیست‌فناوری، علوم رایانه‌ای و نانوفناوری.

۴. ایجاد مدل دانشگاه کارآفرین با فرهنگ کارآفرینی، نوآوری و انتقال فناوری.

۲. روش‌شناسی سنجش پویایی در مدل تریپل‌هلیکس

پژوهش‌های پیشین از تریپل‌هلیکس به‌عنوان یک روش‌شناسی پژوهشی یاد کرده‌اند (چوی و همکاران، ۲۰۱۵). اندازه‌گیری پویایی در مدل تریپل‌هلیکس بر اساس مفهوم آنتروپی[16] (که اولین بار در نظریهٔ اطلاعات شانون[17] مطرح شد) صورت می پذیرد (نشاط، ۱۳۸۷؛ شانون، ۱۹۹۸). آنتروپی به‌منظور سنجش عدم قطعیت[18] یا بی‌نظمی[19] و پراکندگی در مجموعه‌ای از عناصر و اجزا استفاده می‌شود (گروپ، ۱۹۹۰). اگر نظم و ترتیب عناصر کم باشد، بر این اساس باید مقدار آنتروپی کوچک باشد و برعکس. در منطق طراحی‌شده توسط بولتزمن، به‌عنوان مثال، عدم قطعیت احتمال حضور نهاد دانشگاه (H_u) به‌صورت زیر محاسبه می‌شود (کیم[20] و همکاران، ۲۰۱۲):

$$H_u = -\sum_{u=0}^{1} P_u \log_2 P_u$$

در شرایطی که P_u، احتمال وابستگی و تعلق نویسندهٔ مقاله (همکار) به دانشگاه را نشان می‌دهد، به‌همین ترتیب P_i، P_g و P_f به‌ترتیب احتمال وابستگی و تعلق نویسندگان به صنعت، دولت و همکاران بین‌المللی و خارجی[21] اشاره دارد. بر این اساس، مدل تریپل‌هلیکس، امکان وجود همکاری‌ها و نویسندگان چندگانه را (که هر کدام وابستهٔ مخصوص به خودشان را دارند) نیز در نظر می‌گیرد و احتمالات حاشیه‌ای (کناری)[22] را (به‌عنوان مثال در حالتی که نویسندگانی که متعلق به دانشگاه نیستند، به صنعت وابسته باشند) به‌صورت زیر تعریف می‌کند (کیم و همکاران، ۲۰۱۲):

$$P_u = \sum_{u=0}^{1} P_{ui} \quad \text{و} \quad P_i = \sum_{i=0}^{1} P_{ui}$$

بعد از تعیین احتمالات حاشیه‌ای، به تعیین میزان آنتروپی حاشیه‌ای با استفاده از مقادیر H پرداخته می‌شود. آنتروپی ترکیبی در روابط دوسویه نیز از طریق رابطه زیر محاسبه می‌شود (حسین و همکاران، ۲۰۱۲):

$$H_{ui} = -\sum_{u=0}^{1}\sum_{i=0}^{1} P_{ui} \log_2 P_{ui} = P_{10} \log_2 \frac{1}{P_{10}} + P_{01} \log_2 \frac{1}{P_{01}} + P_{11} \log \frac{1}{P_{11}}$$

همچنین در روابط سه‌بعدی نیز، مقدار آنتروپی (H_{uig}) بر اساس رابطهٔ زیر تعیین می‌شود (کیم و همکاران، ۲۰۱۲):

$$H_{uig} = -\sum_{u=0}^{1}\sum_{i=0}^{1}\sum_{g=0}^{1} P_{uig}\log_2 P_{uig} = P_{1..}\log_2\frac{1}{P_{1..}} + P_{.1.}\log_2\frac{1}{P_{.1.}} + P_{..1}\log_2\frac{1}{P_{..1}} +$$

$$P_{11.}\log_2\frac{1}{P_{11.}} + P_{.11}\log_2\frac{1}{P_{.11}} + P_{1.1}\log_2\frac{1}{P_{1.1}} + P_{111}\log_2\frac{1}{P_{111}}$$

سپس اطلاعات متقابل[۲۳] بین دو بعد توزیع احتمال که مساوی رسانش عدم قطعیت (T) است (جوکار و عصاره، ۱۳۹۲)، به‌عنوان مثال دربارهٔ تعامل دانشگاه و دولت (ug) به‌صورت زیر محاسبه می‌شود (شین و همکاران، ۲۰۱۲):

$$T_{ug}=H_u + H_g - H_{ug}$$

میزان رسانش عدم قطعیت سه‌بعدی (T_{uig}) نیز به‌صورت زیر محاسبه خواهد شد (لیدسدورف و همکاران، ۲۰۱۴):

$$T_{uig} = H_u + H_i + H_g - H_{ui} - H_{ug} - H_{ig} + H_{uig}$$

رسانش عدم قطیت، همچون نظریهٔ اطلاعات شانون، اطلاعاتی را دربارهٔ عدم قطعیت در شبکهٔ اطلاعاتی بین ارکان مارپیچ سه‌گانه فراهم می‌کند. مقادیر بالاتر T دوبعدی (مانند T_{ug}) نشان‌دهندهٔ تعامل بیشتر بین ارکان است، در حالی‌که به‌طور عکس در زمینهٔ سه بعد (T_{uig}) نشانگر تعامل کمتر است (کیم و همکاران، ۲۰۱۲).

۳. مروری بر تحقیقات مرتبط با مدل تریپل‌هلیکس

پژوهش‌های متعددی به بررسی وضعیت تعاملات ارکان سه‌گانه در کشورها و شرایط مختلف پرداخته‌اند که در این بخش به تعدادی از تحقیقات مرتبط اشاره می‌شود.

دانل و پرسون[۲۴] (۲۰۰۳) در پژوهشی به تجزیه و تحلیل نظام نوآوری ملی سوئد، بر اساس این مدل پرداخته‌اند. در این پژوهش مناطق مؤثرتر در جریان تولید علم کشور سوئد شناسایی و تحلیل‌هایی در زمینهٔ تعیین مؤثرترین مناطق در رشد و توسعهٔ علمی انجام گرفته است.

رازک و سعد[۲۵] (۲۰۰۷)، در پژوهش دیگری با عنوان «نقش دانشگاه‌های مالزی در تکامل فرهنگ شبکهٔ نوآوری در مارپیچ سه‌جانبه» با استفاده از رویکرد کیفی و موردپژوهی، به بررسی نقش دانشگاه، دولت و صنعت با تأکید بر نقش دانشگاه در توسعهٔ نوآوری مالزی پرداخته‌اند و در نهایت بر مبنای نتایج به‌دست‌آمده و موانع شناسایی‌شده، به ارائهٔ پیشنهادهایی برای تقویت روابط ارکان مارپیچ سه‌جانبه در این کشور پرداخته‌اند.

ژانگ[۲۶] و همکاران، به ارائهٔ روشی ترکیبی از روش‌های کتاب‌سنجی و متن‌کاوی برای تحلیل بهتر روابط مارپیچ سه‌جانبه در فرایند نوآوری پرداخته‌اند. این پژوهش در حوزهٔ سلول‌های خورشیدی حساس رنگی در چین انجام گرفته است.

لیدسدورف و همکاران (۲۰۱۴a) به اندازه‌گیری هم‌افزایی بین سیستم‌های ملی، استانی و محلی نوآوری[۲۷] به‌منظور کاهش عدم قطعیت تبادل اطلاعات متقابل در روابط نهادهای مارپیچ سه‌جانبه در روسیه پرداخته‌اند.

فارینها[۲۸] و همکاران (۲۰۱۴) با موردکاوی در پرتغال، به بررسی زمینه‌های بهبود انتقال دانش و فناوری در تعامل مراکز دانشگاهی و صنعتی با تمرکز بر شبکه‌های نوآوری با نگرش بر تعاملات ارکان مارپیچ سه‌جانبه اقدام کرده‌اند. در این پژوهش بیشتر بر جنبهٔ ساخت شبکهٔ نوآوری در مارپیچ سه‌جانبه تأکید شده است.

گووی[۲۹] و همکاران، به بررسی زمینه‌های رسیدن به اهداف توسعهٔ پایدار در مارپیچ سه‌جانبه با استفاده از مواهب و نعمت‌های جغرافیایی پرداخته‌اند. در این پژوهش، توصیه‌هایی برای بهبود توسعهٔ محصولات و فناوری‌های سبز نیز ارائه شده است.

نتایج پژوهش‌های اخیر مبتنی بر مدل تریپل‌هلیکس نیز نشان می‌دهد که کشورهای توسعه‌یافته بیش از کشورهای توسعه‌یافته به بخش صنعتی توجه داشته‌اند و انسجام بسیار بیشتری بین ارکان در آنها وجود دارد (چوی و همکاران، ۲۰۱۵).

در حالت کلی و با وجود استفادهٔ بسیار زیاد از این رویکرد و الگو در کشورهای اروپایی، استفادهٔ بسیار اندکی از ظرفیت‌های این مدل در کشورهای آسیایی انجام گرفته است (چانگ[۳۰]، ۲۰۱۴). با وجود این، در سال‌های اخیر تحقیقات محدودی در این زمینه در آسیا انجام پذیرفته است. به‌عنوان مثال، تحلیل و ارزیابی تولیدات علمی و پژوهش‌های عربستان سعودی (شین و همکاران، ۲۰۱۲)، ژاپن (سان و نگیشی[۳۱]، ۲۰۱۰؛ لیدسدورف و سان، ۲۰۰۹)، بنگلادش (حسین و همکاران، ۲۰۱۲) و مقایسهٔ بین شرایط حاکم بر تولیدات علمی در کشورهای کرهٔ جنوبی و چین (کیم و همکاران، ۲۰۱۲) با استفاده از این الگو بود.

جوکار و عصاره (۱۳۹۲) در پژوهشی با عنوان «جریان انتشار مقالات علمی در کشور ایران طی سال‌های ۲۰۰۷ - ۲۰۱۱ بر اساس مدل مارپیچ سه‌گانهٔ دانشگاه، صنعت و دولت» به بررسی وضعیت جریان تولید علم در کشور ایران در بازهٔ زمانی مذکور پرداخته‌اند. در این پژوهش از مدل تریپل‌هلیکس برای سنجش روابط میان دانشگاه، صنعت و دولت در روند تولیدات علمی کشور استفاده شد.

با توجه به محدودیت تحلیل‌های مبتنی بر مدل تریپل‌هلیکس در کشور و فقدان تحلیل روابط کنشگران حوزهٔ نانوفناوری ایران، پژوهش حاضر در پی آن است که با استخراج دقیق داده‌های مربوط به مقالات آی.اس.آی. نانوی ایران به بررسی میزان مشارکت و روند تاریخی پویایی تعاملات سه رکن دانشگاه – صنعت – دولت در این مقالات بپردازد. از آنجا که در بررسی‌های قبلی، تحلیل تعاملات صرفاً بر اساس نویسندگی مقالات انجام گرفته است و به‌دلیل نزدیک‌تر کردن ارزیابی‌ها به واقعیتِ سنجش تعاملات بخش‌ها (و نه صرفاً تحلیل هم‌نویسندگی[۳۲]) در این پژوهش ضمن استفاده از روش‌های معتبر علمی پژوهش‌های گذشته، از روش کدگذاریِ منحصربه‌فردی نیز برای مداخلهٔ همزمان هم‌نویسندگی و حمایت مالی[۳۳] از اجرای پژوهش‌ها (به‌عنوان یکی از وجوه تعامل بخش‌ها در اجرای پژوهش) در کدگذاری مقالات استفاده شده است. جزییات مربوط به روند کدگذاری و نوآوری پژوهش حاضر از این حیث، در بخش‌های بعد (روش‌شناسی و یافته‌ها) بیان خواهد شد.

۴. جایگاه بخش نانو در اسناد بالادستی کشور

هرچند موج‌های علمی و فنی معمولاً با فاصلهٔ زمانی چند ده‌ساله به ایران می‌رسد، بر اساس شواهد معتبر موجود، فناوری نانو در ایران، مسیری غیر از دیگر فناوری‌ها را در پیش گرفته است (احمدوند، ۱۳۸۸). در شرایطی که اولین جرقه‌های توجه خاص کشورها و دولت‌ها به فناوری نانو در جهان در حدود سال ۲۰۰۰ زده شده است و تا قبل از این، فقط در برخی مراکز تحقیقاتی و دانشگاهی، آن هم به‌صورت پراکنده، تحقیقات در زمینهٔ فناوری نانو انجام می‌گرفت، در ایران نیز در همان سال (اسفند ۱۳۷۹) دفتر همکاری‌های فناوری ریاست جمهوری برای مطالعه و بررسی کَم و کیف موضوع بهره‌برداری از نانوفناوری مسئول و تلاش جدی در زمینهٔ حمایت حاکمیت و دولت از توسعهٔ فناوری نانو و بهره‌برداری از آن در توسعهٔ وضعیت کشور آغاز شد.

خوشبختانه، در بین فناوری‌های پیشرفته، توجه خاص و ویژه‌ای از سوی دولت به بخش نانو معطوف شده و در چشم‌انداز بیست‌سالهٔ کشور و برنامه‌های پنج‌سالهٔ توسعه نیز، همواره تأکیدات زیادی بر توسعه و ترویج فناوری‌های جدید و از جمله نانوفناوری وجود داشته است (مجمع تشخیص مصلحت نظام، ۱۳۸۲). ستاد ویژهٔ توسعهٔ فناوری نانو نیز از سال ۱۳۸۲ به‌منظور اهداف زیر تشکل شده است:

۱. تصویب اهداف، راهبردها و سیاست‌های کلان و برنامهٔ ملی توسعهٔ فناوری نانو.

۲. تقسیم وظایف کلی دستگاه‌ها و تعیین مأموریت‌های بخشی و هماهنگی آنها در قالب برنامهٔ بلندمدت ده‌ساله.

۳. نظارت عالی بر تحقق اهداف و برنامه‌ها.

سند راهبرد آینده در حوزهٔ نانوفناوری نیز، به‌منظور توسعهٔ فناوری نانو در مسیر تولید ثروت و ارتقای کیفیت زندگی مردم، تدوین و در سال ۱۳۸۴ تصویب شده است (ستاد ویژهٔ توسعهٔ فناوری نانو، ۱۳۸۴).

بر این اساس با تلاش‌های به‌عمل‌آمده، ایران عضو اکثر مراجع و فعالیت‌های بین‌المللی در این زمینه بوده و در بیشتر مجامع معتبر دنیا حضور داشته است و دارد، به‌نحوی که در سال ۱۳۸۷ (۲۰۰۸) مرکز تحقیقات فناوری نانو به‌وسیلهٔ یونیدو در ایران ایجاد شده است. موفقیت‌های مؤثر دیگری نیز در برخی از ابعاد فناوری نانو با توجه به تمرکز بر این موارد حاصل شده که در پژوهش‌های قبلی منتشر شده است (احمدوند، ۱۳۸۸).

هدف و سؤالات پژوهش

هدف این پژوهش بررسی روند و پویایی تولیدات علمی کشور ایران در بخش نانو بر مبنای مقالات علمی مرتبط با ایران در بازهٔ زمانی سال ۲۰۰۰ تا ۱۵ می ۲۰۱۵ مستخرج از پایگاه وب آو ساینس[۳۴] است. بر این اساس سؤالات پژوهش شامل موارد زیر خواهد بود.

- سهم هر یک از ارکان سه‌گانهٔ دانشگاه، صنعت و دولت در تولیدات علمی ایرانیان در بخش نانو به چه ترتیب است؟
- تعامل ارکان سه‌گانه در تولیدات علمی ایرانیان در بخش نانو بر اساس مدل تریپل‌هلیکس چگونه تحلیل می‌شود؟
- وضعیت همکاری‌های بین‌المللی و جایگاه این نوع ارتباطات در تولیدات علمی ایرانیان در بخش نانو به چه صورت است؟

روش‌شناسی و جمع‌آوری اطلاعات پژوهش

در این پژوهش که در زمرهٔ تحقیقات علم‌سنجی است، گردآوری داده‌ها از پایگاه وب آو ساینس انجام گرفته است. این پایگاه داده که به‌وسیلهٔ مؤسسهٔ اطلاعات علمی[۳۵] به‌منظور تحلیل شاخص‌های علمی ایجاد شده است، خدمات جست‌وجوی تولیدات علمی موجود در نمایهٔ استنادی توسعه‌یافتهٔ علوم[۳۶]، علوم اجتماعی[۳۷] و هنر و علوم انسانی[۳۸] را فراهم می‌کند.

با توجه به تمرکز این پژوهش بر تحلیل وضعیت تعاملات ارکان تریپل‌هلیکس ایران در تولیدات علمی نانوفناوری، در ابتدا تمامی مقالات مرتبط با «نانو» با حداقل آدرس یک نویسندهٔ ایرانی بازیابی شدند. تعداد کل مقالات مستخرج با انتخاب بازهٔ زمانی همهٔ سال‌های نمایه‌شده[۳۹]،

تعداد ۵۲۸۲ مورد بود که با توجه به پراکندگی و تعداد اندک تولیدات مرتبط با سال‌های قبل از ۲۰۰۰ و بی‌ارتباط بودن آنها با حوزهٔ نانو، تنها به تحلیل تعداد ۵۲۷۹ مورد از مقالات که در بازهٔ زمانی سال ۲۰۰۰ تا زمان استخراج داده‌ها (۲۶ اردیبهشت ۱۳۹۴)[۴۰] در این پایگاه نمایه شده بود، پرداخته می‌شود.

به‌منظور استفاده از داده‌ها در قالب مدل تریپل‌هلیکس، آدرس‌ها و وابستگی سازمانی، تمامی نویسندگان و حامیان مقالات بررسی شد و کدبندی بر این اساس انجام گرفت. با توجه به تشریح جزییات کدگذاری در بخش یافته‌ها و نتایج، در این قسمت به بیان جزییات فرایند کدگذاری پرداخته نمی‌شود. شایان ذکر است که با نگرش به لزوم سنجش تعاملات و تحلیل همکاری ارکان سه‌گانه و همکاری‌های بین‌المللی در پویایی نوآوری و تولیدات علمی در این الگو، یکی از مشارکت‌های اصلی این پژوهش، همزمان با تحلیل تعاملات تولیدات علمی نانوفناوری در ایران بر اساس مدل مرجع تریپل‌هلیکس، کدگذاری مقالات بر اساس ۲ عامل همزمان «وابستگی نویسندگان مقالات» و «حمایت مالی از انتشار مقاله توسط هر یک از نهادهای سه‌گانه و یا بخش خارجی» است. دلیل این کار نیز این بود که پژوهش‌های مرتبط با مدل تریپل‌هلیکس به‌منظور سنجش تعاملات، هم‌افزایی و پویایی ارکان مارپیچ سه‌جانبه در فرایند تولیدات علمی و نوآوری انجام می‌گیرند (چوی و همکاران، ۲۰۱۵؛ لیدسدورف و همکاران، ۲۰۱۴) و هدف تنها اندازه‌گیری روابط بین نویسندگان مقالات نیست. بر این اساس کدگذاری، صرفاً بر اساس تعلق نویسندگان به نهادها، هرچند دربارهٔ تعداد زیادی از مقالات منتشرشده کافی است، لزوماً نتایج کامل و اتکاشدنی از تعاملات و پویایی تعاملات ارکان به‌دست نمی‌دهد، چرا که به‌طور قطع و یقین اگر نهادی مرتبط با هر یک از سه رکن یا همکار بین‌المللی از اجرای پژوهش یا تولید مقاله‌ای حمایت کرده باشد، حتی در صورت نبود نویسندهٔ مرتبط با آن، در تولید مربوط تعامل و ارتباط مؤثر داشته است.

پس از استخراج داده‌های مربوط در ابتدا از نرم‌افزار آی.اِس.آی دات اِگزه[۴۱] به‌منظور بازیابی اطلاعات از داده‌های خام برگرفته از پایگاه وب آو ساینس و تبدیل به فرمت اکسل و نرم‌افزارهای اِس.پی.اِس.اِس ۲۲ و اِکسل نسخهٔ ۲۰۱۰، برای محاسبات مرتبط با آمار توصیفی و در نهایت از نرم‌افزارهای تی.اِچ و تی.اِچ ۴[۴۲] به‌منظور محاسبات رسانش و عدم قطعیت تعاملات ارکان (بر طبق شیوه و روابط تشریح‌شده در قسمت‌های قبل) بهره‌برداری شد[۴۳]. همچنین برای اطمینان از صحت محاسبات، علاوه بر مقایسهٔ نتایج محاسبات فرمول‌نویسی‌شده در اکسل با مقادیر مستخرج از نرم‌افزار تی.اِچ[۴]؛ با توجه به محاسبهٔ با دو نوع دادهٔ متفاوت در دو نرم‌افزار تی.اِچ و تی.اِچ[۴]، مقادیر به‌دست‌آمده برای T_{uig} در دو نرم‌افزار مقایسه شدند و هیچ‌گونه تفاوتی به‌جز تفاوت مرتبط با

مقیاس اندازه‌گیری دو نرم‌افزار مشاهده نشد و مقادیر به‌دست‌آمده در هر دو نرم‌افزار، دقیقاً در دو رقم اعشار و با مقیاس میلی بیت اطلاعات[۴۴]، یکسان بودند.

یافته‌ها و نتایج

با استخراج داده‌های مرتبط به مقالات حوزهٔ نانو با حداقل یک آدرس نویسنده با ارتباط ایرانی در بازهٔ زمانی از ابتدا (تمام سال‌های نمایه‌شده) تا روز استخراج داده‌ها (۲۶ اردیبهشت ۱۳۹۴ هجری شمسی معادل ۱۵ می ۲۰۱۵ میلادی) مشخص شد که تنها ۳ مقاله در بازهٔ زمانی قبل از سال ۲۰۰۰ نمایه شده است، پس با توجه به محدودیت مقالات منتشرشده در این سال‌ها، بازهٔ مورد بررسی از سال ۲۰۰۰ تا ۱۵ می ۲۰۱۵ (روز بازیابی داده‌ها) در نظرگرفته شد. تعداد کل مقالات منتشرشده در پایگاه وب آو ساینس در حوزهٔ نانو با حداقل یک نویسندهٔ ایرانی در بازهٔ مورد بررسی تعداد ۵۲۷۹ مورد بود. جدول ۱ توزیع فراوانی مقالات علمی ایرانیان در بخش نانو را نشان می‌دهد. شایان ذکر است که مقدار در نظر گرفته‌شده برای تولیدات علمی سال ۲۰۱۵ با توجه به پیش‌بینی حاصل از آمار ۴ و نیم ماه ابتدایی این سال (زمان استخراج داده‌ها) بود. رشد صعودی و شایان توجه تعداد مقالات، نشان از اهتمام پژوهشگران کشور به این حوزه دارد.

جدول ۱. فراوانی مقالات منتشرشده در پایگاه وب آو ساینس در بخش نانو

سال	۲۰۱۵*	۲۰۱۴	۲۰۱۳	۲۰۱۲	۲۰۱۱	۲۰۱۰	۲۰۰۹	۲۰۰۸	۲۰۰۷	۲۰۰۶	۲۰۰۵	۲۰۰۴	۲۰۰۳	۲۰۰۲	۲۰۰۱	۲۰۰۰	جمع کل
تعداد	۴۹۵	۱۱۳۲	۱۰۳۶	۸۹۰	۷۰۶	۴۵۳	۲۸۰	۱۲۸	۶۹	۴۸	۲۰	۷	۰	۲	۲	۳	۵۲۷۹

*علت کاهش تعداد مقالات در سال ۲۰۱۵ نسبت به سال ۲۰۱۴، آن است که مقالات صرفاً تا تاریخ بررسی (یعنی ۴ و نیم ماه ابتدای سال ۲۰۱۵) تحلیل شده‌اند، با روند موجود، پیش‌بینی می‌شود که تا پایان سال ۲۰۱۵ حدود ۱۳۲۰ مقاله منتشر شود.

به‌منظور آماده‌سازی داده‌های مرتبط با مقالات مستخرج برای انجام دادن تحلیل‌ها، در ابتدا مقالات در سه دستهٔ منفرد دانشگاهی (کد u)، صنعتی (کد I) و دولتی (کد G) طبقه‌بندی شدند. همچنین کد F برای نویسندگان و همکاران خارجی و بین‌المللی مقالات تخصیص یافت. سپس کدهای UI، UG، IG، UF، IF و GF برای ارتباطات دوسویه و کدهای UIG، UIF، UGF و IGF برای تعاملات سه‌گانه و کد UIGF برای تعاملات کامل و چهارجانبه در نظر گرفته شد و طی فرایند بسیار دقیق و زمان بری[۴۵]، کدهای مربوط، به هر یک از مقالات اختصاص داده شد.

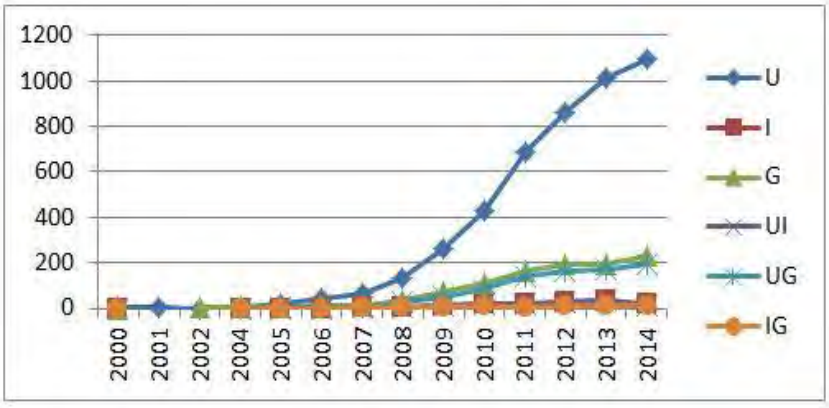
پاسخ سؤال اول: تعیین سهم هر یک از ارکان سه‌گانه در تولیدات علمی ایرانیان در بخش نانو

نمودار ۱ درصد مشارکت هر یک از سه رکن را در تولیدات علمی حوزهٔ نانوفناوری نشان می‌دهد. باید یادآوری کرد که مشارکت در این پژوهش صرفاً بر اساس وابستگی سازمانی نویسندگان لحاظ نشده است و علاوه بر این، درج نام مؤسسات، نهادها، شرکت‌ها با وابسته به هر یک از ارکان سه‌گانه نیز در بخش سرمایه‌گذاری و حمایت مالی نتایج پژوهش‌ها و مقالات منتشرشده، یکی دیگر از ملاک‌های تخصیص کد مربوط به هر یک از ارکان سه‌گانه بود. دلیلش هم این بود که کارکرد پژوهش حاضر و پژوهش‌های مشابه در حوزهٔ نگاشت تعاملات تریپل‌هلیکس، سنجش و بررسی میزان تعامل و مشارکت پویای بین نهادها در تولیدات علمی و نوآوری است (لیدسدورف و همکاران، ۲۰۱٤a؛ لیدسدورف، ۲۰۱۲؛ کیم و همکاران، ۲۰۱۲) و نه صرفاً تحلیل وابستگی سازمانی نویسندگان و ارتباط بین نویسندگان مقالات. بر این اساس شاید با کدگذاری مقالات بر حسب صرفاً وابستگی سازمانی نویسندگان، نتایج و تحلیل دقیقی از وضعیت حاکم بر تعاملات بین ارکان در زمینهٔ اهداف مذکور حاصل نشود.

همان‌گونه که در نمودار ۱ مشاهده می‌شود، در ابتدای بازهٔ مورد بررسی نوسان‌های شدیدی در توزیع سهم مشارکت ارکان سه‌گانه وجود دارد که با توجه به تعداد اندک تولیدات علمی در سال‌های ابتدایی (۲۰۰۰ تا ۲۰۰٤) نمی‌توان تحلیل خاصی در این زمینه ارائه کرد (در مجموع ۱۲ مقاله در این بازه منتشر شده است و در برخی سال‌ها، تنها یک مقاله بوده و حتی در سال‌هایی هیچ مقاله‌ای منتشر نشده است).

نمودار ۲ به‌طور همزمان مشارکت ارکان سه‌گانه و تعاملات دوسویهٔ بین ارکان را در تولید مقالات علمی حوزهٔ نانو در سال‌های ۲۰۰۰ – ۲۰۱۴ نشان می‌دهد[۴۶].

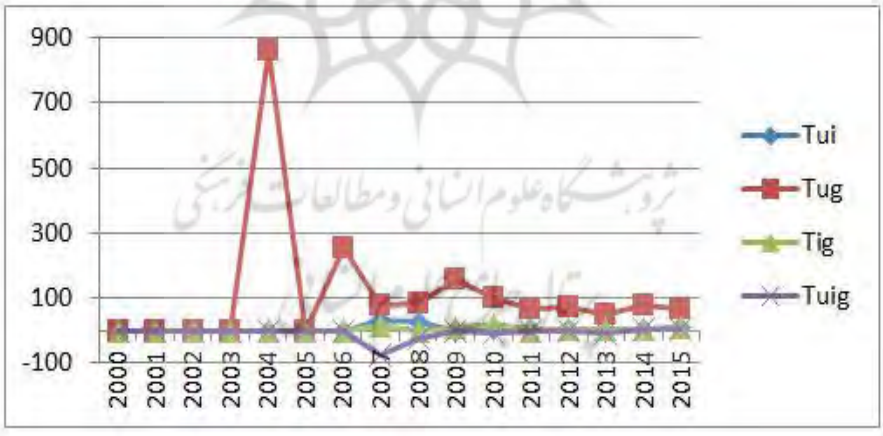
نمودار ۱. سهم مشارکت ارکان سه‌گانهٔ ایران در انتشار مقالات حوزهٔ نانو در بازهٔ ۲۰۰۰ – ۲۰۱۵



نمودار ٢. تعداد تولیدات علمی منتشرشده با همکاری دوسویهٔ ارکان مارپیچ سه‌جانبه

پاسخ سؤال دوم: تحلیل تعاملات ارکان سه‌گانه در تولیدات علمی بخش نانو

جدول پیوست ١، فراوانی و فروانی نسبی مشارکت ارکان سه‌گانه را در تولیدات علمی بخش نانو نشان می‌دهد. جدول ٢ نیز نشان‌دهندهٔ مقایر رسانش برای تعامل دو و سه‌جانبه در بین نهادهای اصلی تولید علم بخش نانو در کشور است. در نمودار ٣ نیز نمای ترسیمی و روند تغییرات مقادیر رسانش عدم قطعیت در روابط دو و سه‌جانبهٔ ارکان، به تصویر کشیده شده است.

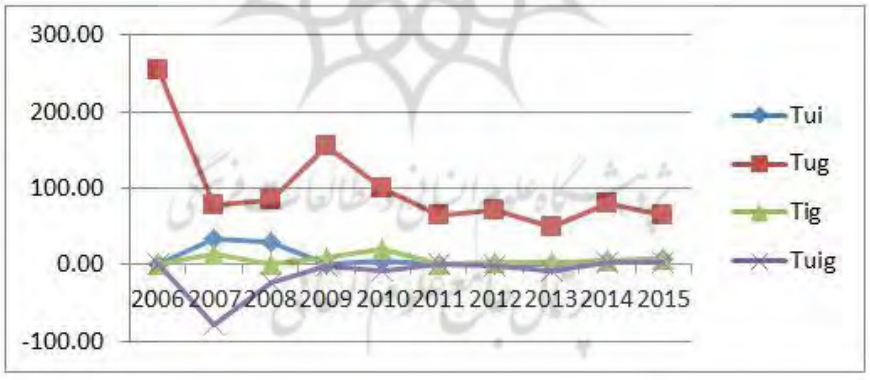


نمودار ٣. روند تغییرات مقدار T در روابط دو و سه‌جانبهٔ ارکان در تولیدات علمی بخش نانو

جدول ۲. مقادیر رسانش عدم قطعیت روابط ارکان دو و سه‌جانبه در تولیدات علمی نانو

سال	T_{ui}	T_{ug}	T_{ig}	T_{uig}
۲۰۱۵	۶/۵۸	۶۳/۹۱	۸/۳۳	۴/۱۲
۲۰۱۴	۵/۹۷	۷۹/۶۹	۴/۹۳	۳/۳۲
۲۰۱۳	۰/۰۲	۴۹/۴۰	۳/۰۵	-۷/۱۱
۲۰۱۲	۱/۵۳	۷۲/۳۷	۲/۱۴	-۱/۱۰
۲۰۱۱	۰/۴۱	۶۵/۱۵	۰/۳۸	۰/۲۰
۲۰۱۰	۴/۳۸	۹۹/۷۷	۲۰/۲۴	-۸/۱۴
۲۰۰۹	۰/۰۷	۱۵۵/۴۵	۹/۳۶	-۱/۲۳
۲۰۰۸	۲۸/۵۱	۸۴/۴۴	۰/۱۶	-۲۳/۶۴
۲۰۰۷	۳۴/۲۲	۷۸/۹۵	۱۳/۵۹	-۷۸/۴۵
۲۰۰۶	۰	۲۵۴/۲۷	۰	۰
۲۰۰۵	۰	۰	۰	۰
۲۰۰۴	۰	۸۶۳/۱۲	۰	۰

با توجه به مقدار بسیار متفاوت T_{ug} در سال ۲۰۰۴ و مقدار صفر تمامی شاخص‌ها در سال‌های قبل از ۲۰۰۵، به‌منظور تحلیل شفاف، دقیق و راحت‌تر، نمودار ۴ بر اساس داده‌های سال‌های بعد از ۲۰۰۶ که تعداد و مقدار رسانش تولیدات علمی باثبات‌تر و دارای تعداد بیشتری هستند، ترسیم شده است.



نمودار ٤. روند تغییرات مقدار T در روابط دو و سه‌جانبهٔ ارکان در تولیدات علمی نانو

با این یادآوری که مقادیر بیشتر T در روابط دوسویه نشان‌دهندهٔ تعامل بهتر و در خصوص روابط سه‌جانبه برعکس است و مقدار T برابر صفر نیز در تمام شرایط به‌معنای استقلال و عدم

تعامل ارکان خواهد بود (حسین و همکاران، ۲۰۱۲؛ لیدسدورف، ۲۰۰۳) و با تمرکز و مشاهدهٔ همزمان شرایط نمودارهای ۳ و ۴ مشخص می‌شود که:

۱. در زمینهٔ تعاملات دوسویه، همواره شرایط تعامل دانشگاه - دولت بهتر از تعاملات دانشگاه - صنعت و صنعت – دولت بوده است.

۲. تعامل دوسویهٔ دانشگاه - صنعت و صنعت - دولت به‌جز در سال‌های محدودی، در بیشتر سال‌ها، مماس بر محور افقی صفر است که نشان‌دهندهٔ شرایط استقلال و عدم ارتباط ارکان مذکور است.

۳. یکی از نتایج بسیار شایان توجه در سال‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ و تا حدودی ۲۰۱۰ و ۲۰۱۳ مشاهده می‌شود، به این ترتیب که تعامل دانشگاه - دولت در تضاد با تعامل دوسویهٔ دانشگاه - صنعت و تعامل سه‌گانهٔ دانشگاه - صنعت – دولت قرار گرفته است. به‌نحوی که همان‌گونه که در نمودار مشاهده می‌شود، کاهش تعامل دانشگاه - دولت، همزمان با افزایش تعاملات دوگانهٔ دانشگاه - صنعت و دانشگاه – صنعت - دولت اتفاق افتاده است.

۴. مقادیر T محاسبه‌شده برای ارتباطات دانشگاه - صنعت – دولت به‌جز در سال ۲۰۰۷، در بیشتر سال‌ها (با تفاوت بسیار کم) نزدیک و مماس بر محور افقی (صفر) است که نشان از نبود تعامل سه‌گانه در تولیدات علمی دارد.

پاسخ سؤال سوم: تحلیل وضعیت همکاری‌های بین‌المللی و جایگاه این نوع ارتباطات در تولیدات علمی بخش نانو

به‌منظور تحلیل و پاسخ مناسب به این سؤال، در ابتدا با توجه به روند مرسوم و متداول تحقیقات این حوزه (به‌عنوان مثال: لیدسدورف و همکاران، ۲۰۱۴؛ شین و همکاران، ۲۰۱۲)، بخش چهارم با کد f در تمامی سطرهای پایگاه دادهٔ استخراج‌شده در نظر گرفته شده است. در حالت کلی دو رویکرد متفاوت به‌منظور در نظر گرفتن بخش خارجی (همکاری‌های بین‌المللی) در محاسبات و تحلیل‌های این مدل وجود دارد، رویکرد اول در نظر گرفتن همکاری‌های بین‌المللی به‌عنوان رکن داخلی چهارم در ارتباطات سه‌گانه است؛ رویکرد دوم توسعهٔ ارکان به چهار رکن و در نظر گرفتن رکن چهارم به‌عنوان یک بعد مجزاست. به‌عنوان مثال در رویکرد اول اگر یک استاد دانشگاه داخلی، پژوهشی با یک استاد دانشگاه خارجی انجام دهد، علاوه بر اینکه ارتباط مذکور ارتباطی بین‌بخشی (دانشگاه خارجی – دانشگاه) تلقی می‌شود، ارتباطی درون‌بخشی (دانشگاهی) نیز به‌صورت مجزا در محاسبات وارد خواهد شد (شین و همکاران، ۲۰۱۲).

در این پژوهش، به‌دلیل تناسب بیشتر این رویکرد با کشور ایران و همچون پژوهش‌های متعدد گزارش‌شده در مراجع علمی، رکن خارجی به‌عنوان رکن مستقل چهارم در ارتباطات سه‌گانه وارد و تحلیل شده است (به‌عنوان مثال: اَون[۴۷] و همکاران، ۲۰۱۲؛ سان و نگیشی، ۲۰۱۰؛ لیدسدورف و سان، ۲۰۰۹).

قبل از ورود به تحلیل مقادیر T در حضور عامل بین‌المللی به نکته‌ای شایان توجه و تأمل‌برانگیز در زمینهٔ وضعیت کلی حاکم بر روابط خارجی می‌پردازیم. همان‌گونه که در جدول پیوست ۱ مشاهده می‌شود، در مجموع تعداد ۱۲۳۰ مورد از ۵۲۷۹ مقاله با حضور همکاران بین‌المللی انتشار یافته است (این تعداد شامل حمایت صنعت، دولت یا دانشگاه خارجی و حضور نویسندگان خارجی می‌شود[۴۸]) که نشان می‌دهد بیش از ۲۰ درصد (۲۳/۳ درصد) از تولیدات علمی نانوفناوری در کشور ایران، با تعامل با همکاران بین‌المللی انجام گرفته است. نکتهٔ جالب اینکه از این تعداد بیش از ۱۶ درصد آن (۱۹۷ مورد) با حمایت مستقیم (ذکر نام صنعت یا دولت‌های خارجی در بخش حامیان مالی[۴۹]) انجام گرفته که مقایسهٔ تطبیقی این وضعیت با تعامل کمتر از ۳ درصدی صنعت ایران در تولیدات علمی نانوفناوری در کشور در سال‌های مختلف، به‌نوعی نشان‌دهندهٔ تفاوت بین اهمیت کاربست نتایج در بخش داخلی و خارجی و نقش صنعت در تولیدات علمی است.

جدول ۳ مقادیر T محاسبه‌شده در ارتباطات دو، سه و چهاربعدی ارکان سه‌جانبهٔ ایران را در تعامل با همکاران و سازمان‌های بین‌المللی در تولیدات علمی حوزهٔ نانو در بازهٔ سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ نشان می‌دهد. همچنین نمودار ۵ روند کلی تغییرات T در تعاملات ارکان چهارگانه (دانشگاه – صنعت – دولت - همکاران بین‌المللی «بخش خارجی») را نشان می‌دهد. همچون بخش قبل و با توجه به ثبات بیشتر مقادیر از سال ۲۰۰۶ به بعد، روند تغییرات مقادیر T از سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۵ در قالب نمودار ۶ به‌صورت مجزا نشان داده می‌شود. بر این اساس، نتایج زیر در زمینهٔ وضعیت تعاملات ارکان سه‌گانهٔ ایران با همکاران بین‌المللی استنباط خواهند شد:

تعاملات کامل چهارگانه به‌تقریب مماس بر خط افقی (صفر) است که با توجه به اینکه مطلوب T در تعاملات چهارجانبه، مقادیر بزرگ مثبت است، نبود تعاملات مؤثر در بین چهار رکن مورد بررسی مشهود است.

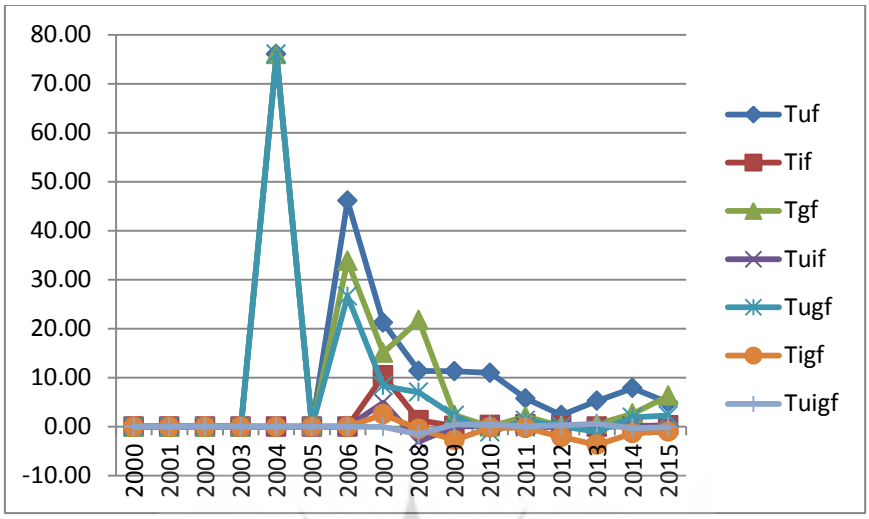
تحلیل تعاملات دوگانهٔ دانشگاهیان با بخش خارجی (uf) بر حسب مقادیر T، با چشم‌پوشی از نوسان‌های بسیار اندک، نشان‌دهندهٔ ارتباطات و تعامل بیشتر دانشگاه با همکاران بین‌المللی در تولیدات علمی نانو در سال‌های ابتدایی بازهٔ مورد بررسی است. سپس روند کاهشی این ارتباطات و

نزدیک شدن به مقدار صفر در سال‌های انتهایی بازهٔ مذکور در این ارتباطات وجود دارد. روند تغییرات T در زمینهٔ رابطهٔ دولت و بخش خارجی نیز به‌تقریب مشابه دانشگاه است. بر این اساس به‌نظر می‌رسد که در سال‌های ابتدایی با توجه به جدید بودن مباحث و دانش کمتر ارکان داخلی (دانشگاه و دولت) برای تحقیقات مستقل، ارتباطات با بخش خارجی به‌نسبت بیشتر بوده و به‌مرور با ایجاد ثبات در تولیدات علمی، استقلال بیشتری در بین این دو دسته از ارتباطات ایجاد شده است.

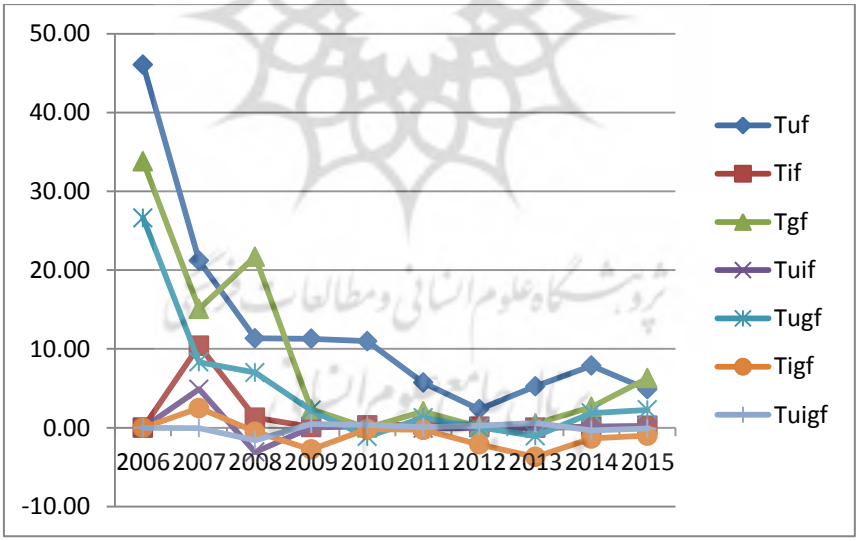
شباهت بسیار زیاد مقادیر T_{ug} و T_{uf} یکی از نکات بسیار شایان توجه در نمودارهای ۳ و ۵ است. هر دو نمودار به‌گونه‌ای نشان می‌دهد که تعامل دانشگاه - دولت و دانشگاه -بخش خارجی نسبت به سال‌های ابتدایی ظهور تحقیقات و تولیدات علمی بخش نانو کاهش یافته است. این نتیجه ضمن اینکه نشان‌دهندهٔ تمایل بخش دانشگاهی به پژوهش و تولیدات علمی مستقل بوده، حاکی از این است که در صورت نبود دلیل، نیاز یا سیاستگذاری دقیق و هدفمند در عرصهٔ تعاملات ارکان مارپیچ سه‌جانبه، روابط به‌سمت استقلال و عدم تعامل پیش می‌رود.

جدول ۳. مقادیر رسانش عدم قطعیت روابط ارکان داخلی و همکاران بین‌المللی

سال	T_{uf}	T_{if}	T_{gf}	T_{uif}	T_{ugf}	T_{igf}	T_{uigf}
۲۰۱۵	۴/۸۸	۰/۲۴	۶/۳۰	۰/۱۷	۲/۲۷	−۰/۹۹	−۰/۱۰
۲۰۱۴	۷/۸۷	۰/۱۳	۲/۶۴	۰/۱۳	۱/۸۷	−۱/۳۵	−۰/۳۲
۲۰۱۳	۵/۲۶	۰/۰۱	۰/۵۰	۰/۰۰	−۱/۰۶	−۳/۶۹	۰/۶۰
۲۰۱۲	۲/۳۵	۰/۱۳	۰/۰۹	−۰/۰۳	۰/۰۷	−۲/۱۱	۰/۲۵
۲۰۱۱	۵/۷۴	۰/۴۲	۲/۰۷	−۰/۰۷	۱/۲۸	−۰/۲۷	۰/۰۶
۲۰۱۰	۱۰/۹۸	۰/۲۹	۰,۰۰	۰/۱۹	−۱/۱۴	− ۰/۱۹	۰/۳۷
۲۰۰۹	۱۱/۲۹	۰/۱۰	۲/۳۳	۰/۰۱	۲/۳۳	−۲/۷۶	۰/۴۸
۲۰۰۸	۱۱/۳۵	۱/۲۹	۲۱/۷۰	−۳/۰۸	۷/۰۰	− ۰/۵۰	−۱/۵۹
۲۰۰۷	۲۱/۲۱	۱۰/۴۲	۱۵/۰۹	۴/۸۹	۸/۳۳	۲/۴۹	−۰/۰۴
۲۰۰۶	۴۶/۰۸	۰,۰۰	۳۳/۸۰	۰,۰۰	۲۶/۶۱	۰,۰۰	۰,۰۰
۲۰۰۵	۰,۰۰	۰,۰۰	۰/۱۶	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰
۲۰۰۴	۷۶/۰۱	۰,۰۰	۷۶/۰۱	۰,۰۰	۷۶/۰۱	۰,۰۰	۰,۰۰



نمودار ۵. روند تغییرات مقدار T در روابط ارکان داخلی و همکاران بین‌المللی تولیدات علمی بخش نانو



نمودار ٦. روند تغییرات مقدار T در روابط با همکاران بین‌المللی در بازهٔ ۲۰۰٦ – ۲۰۱۵

تحلیل یافته‌ها و نتایج

یکی از نکات شایان توجه در نمودار ۱، سهم به‌نسبت زیاد دولت، از همان سال‌های ابتدایی شروع رشد کمّی تولیدات علمی ایرانی است که به‌نظر می رسد دلیل اصلی آن اهتمام مسئولان ارشد دولتی به این زمینه از سال ۱۳۷۹ (حدود سال ۲۰۰۰) باشد (احمدوند، ۱۳۸۸). یکی از نکات جالب دیگر در نمودار ۱، میزان مشارکت به‌تقریب ثابت و یکنواخت سه رکن در تولیدات علمی از سال ۲۰۰۶ تا پایان بازهٔ مورد بررسی بود، به این‌ترتیب که دانشگاه همواره در انتشار بیش از ۹۰ درصد تولیدات تمامی سال‌ها مشارکت داشته و پس از آن دولت نیز به‌صورت یکنواخت و با نوسان‌های اندک در حدود ۲۰ درصد از تولیدات و در نهایت صنعت در درصد بسیار ناچیزی (حدود ۱ تا ۳ درصد) مشارکت داشته است. هرچند به‌طور طبیعی در بیشتر کشورهای دنیا سهم اصلی تولیدات علمی در اختیار نهادهای دانشگاهی است، سهم ناچیز صنعت که در مجموع ۲/۸۶ درصد بود، با مقادیر به‌دست‌آمده در کشورهای توسعه‌یافته همچون آمریکا (حدود ۱۰ درصد، در سال ۲۰۰۳)، آلمان (حدود ۸ درصد در سال ۲۰۰۳)، اتحادیهٔ اروپا (حدود ۸ درصد در سال ۲۰۰۳) (لیدسدورف، ۲۰۰۳) و کرهٔ جنوبی با سهم حدود ۹ درصد در سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۰ (کیم و همکاران، ۲۰۱۲) همخوانی ندارد. باید یادآوری کرد که مقادیر به‌دست‌آمده در پژوهش‌های قبلی، صرفاً بر اساس تحلیل‌های هم‌نویسندگی[۵۰] بوده و در صورتی‌که این پژوهش از رویکرد مذکور استفاده می‌کرد، مقدار سهم صنعت و دولت ایران در پژوهش‌ها از آمار گزارش‌شده کمتر می‌شد. بر این اساس به‌نظر می‌رسد فاصله از کشورهای توسعه‌یافته که پژوهش‌ها عموماً در آنها نیازمحور و مسئله‌محور+ و مبتنی بر تقاضای صنعت انجام می‌پذیرد (چوی و همکاران، ۲۰۱۵؛ لیدسدورف و استراند، ۲۰۱۳؛ لیدسدورف، ۲۰۱۲؛ لیدسدورف و فریتش[۵۲]، ۲۰۰۶) قدری بیشتر هم باشد. البته حضور و مشارکت به‌نسبت زیاد دولت و مؤسسات دولتی ایران در تولیدات علمی نانوفناوری در سال‌های ابتدایی شروع رشد نمودار تولیدات علمی ایران (از حدود ۲۰۰۴) نشان از تأثیرگذاری سیاست حمایتی و توجه دولت در تسریع توجه پژوهشگران به پژوهش و تولیدات علمی حوزهٔ نانوفناوری در ابتدای بازهٔ مورد بررسی دارد. شایان ذکر است که هر یک از نهادهای دانشگاه، صنعت و دولت ایران، در مجموع و به‌ترتیب در ۹۶/۴۴، ۲/۸۶ و ۲۱/۱۸ درصد تولیدات علمی بخش نانو در بازهٔ مورد بررسی مشارکت داشته‌اند.

علاوه بر نتایج قبلی، مماس بودن منحنی مربوط به تعداد مقالات مشارکتی بخش دانشگاهی و دولتی، با منحنی تجمعی تولیدات بخش دولتی (نمودار ۲) نشان می‌دهد که اغلب تولیدات علمی که توسط نویسندگان بخش دولتی یا با حمایت این بخش منتشر شده، در تعامل دوسویه با دانشگاه

بوده است. یکی از دلایل حصول این نتیجه، حمایت برخی از نهادهای دولتی از تحقیقات دانشگاهیان محسوب می‌شود. نکتهٔ بسیار تأمل‌برانگیز که از حیث کاربست نتایج تحقیقات تردید ایجاد می‌کند، سهم مشارکت بسیار کم (کمتر از ۳ درصدی) بخش صنعت در پژوهش‌های منتشرشده از سویی و از سوی دیگر مشارکت بسیار ضعیف و ۱ تا ۲ درصدی بخش صنعت در تعاملات دوسویه با دولت و دانشگاه است.

همچنین منحنی مربوط به تعاملات دانشگاه - صنعت و صنعت – دولت به‌تقریب مماس بر محور افقی (صفر) است که این نتیجه نیز، مؤید عدم توجه به کاربست و عدم تقاضامحوری آشکار نتایج تحقیقات و اجرای پژوهش‌ها در فضایی دور از تعامل با صنعت کشور خواهد بود.

اصلی‌ترین دلیل مناسب‌تر بودن پویایی تعاملات دانشگاه - دولت نسبت به سایر انواع تعاملات دوجانبه، به سیاست‌های حمایتی دولت از تحقیقات دانشگاهی و تعامل و همکاری تحقیقاتی و انتشاراتی پژوهشگران بخش نانوفناوری در مؤسسات پژوهشی وابسته به دولت با دانشگاهیان مربوط است. به‌طور مشابه این نتیجه (وضعیت بهتر تعامل دانشگاه – دولت) در زمینهٔ وضعیت حاکم بر پژوهش‌های بخش کشاورزی در کشورهای کره و چین (کیم و همکاران، ۲۰۱۲) تولیدات علمی کشور بنگلادش (حسین و همکاران، ۲۰۱۲) تولیدات علمی کره و هلند در سال ۲۰۰۰ و ۲۰۰۲ (پارک و همکاران، ۲۰۰۵) تکرار شده است. البته بر خلاف نتایج به‌دست‌آمده در این قسمت، قطعیتی در زمینهٔ تعاملات دوسویه در تولیدات علمی کشور ژاپن در خصوص برتری مطلق تعاملات دانشگاه - دولت در سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۶ وجود نداشته است، به‌گونه‌ای که در سال‌های اولیه تا حدود سال ۲۰۰۰، بر خلاف نتایج این پژوهش، تعامل دانشگاه - صنعت وضعیت بسیار مناسب‌تری داشته و سپس به‌طور نسبی وضعیت ارتباطات دوسویهٔ دانشگاه - صنعت و دانشگاه – دولت مشابه شده و در انتها نیز تا سال ۲۰۰۶ مقدار اندکی وضعیت این تعامل دانشگاه - دولت بالاتر از دانشگاه - صنعت قرار گرفته است (سان و نگیشی، ۲۰۱۰). در همین زمینه، پژوهش جوکار و عصاره (۱۳۹۲) نیز به‌گونهٔ دیگری، قوت ارتباطات دوسویهٔ دانشگاه - دولت را نسبت به سایر انواع ارتباطات دوگانه در بررسی هم‌نویسندگی مقالات آی.اس.آی ایرانی در سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۱ نشان می‌دهد.

وضعیت نامطلوب ارتباطات صنعت با سایر ارکان در تولیدات علمی نانو، همراستا با وضعیت گزارش‌شده در پژوهش جوکار و عصاره (۱۳۹۲) نشان دیگری از عدم پویایی تعاملات دوجانبهٔ صنعت است. این بخش از نتایج، با نتایج مرتبط با بیشتر کشورهای توسعه‌یافته همخوانی ندارد، به‌عنوان مثال در پژوهش سان و نگیشی (۲۰۱۰) هر چند مماس بودن منحنی ارتباط صنعت - دولت با محور افقی (صفر) در تولیدات علمی کشور ژاپن وجود داشته، بر خلاف این پژوهش ارتباطات

بسیار مستحکمی بین دانشگاه - صنعت به‌دست آمده است. این نتیجه به‌نوعی لزوم توجه بیشتر به ارتباطات دانشگاه – صنعت نسبت به صنعت - دولت (به‌منظور توسعهٔ فناوری و نوآوری در تولیدات علمی) را آشکارتر می‌کند و بر این نکته تأکید دارد که هرچند ضرورت همراستایی پژوهش‌های دانشگاهی با نیازهای صنعت و حل مسائل آن آشکار است، توسعهٔ فناوری و نوآوری از طریق تولیدات علمی، به حضور و تعامل مستقیم دولت با صنعت نیاز چندانی نداشته است.

مماس بودن مقادیر T در تعاملات سه‌جانبه، با نتایج کشورهای توسعه‌یافتهٔ دنیا همخوانی ندارد (لیدسدورف و همکاران، ۲۰۱۴a؛ کیم و همکاران، ۲۰۱۲؛ سان و نگیشی، ۲۰۱۰؛ پارک و همکاران، ۲۰۰۵؛ لیدسدورف و همکاران، ۲۰۰۳) و لازم است به‌منظور بهبود شرایط موجود در این زمینه، مطالعات، سیاستگذاری و بسترسازی‌های مورد نیاز صورت پذیرد.

بر اساس تحلیل‌های مربوط به روابط بین‌المللی، با توجه به اینکه تحقیقات معتبر در اکثر کشورهای توسعه‌یافته، حاکی از تعامل قوی دانشگاه - صنعت در تولیدات علمی است (چانگ، ۲۰۱۴؛ لیدسدورف و اِستراند، ۲۰۱۳؛ لیدسدورف، ۲۰۱۲؛ لیدسدورف و فریتش، ۲۰۰۶) پیش‌بینی می‌شود که درصد بسیاری از تحقیقات منتشرشده با حضور همکاران بین‌المللی، با محوریت نیازهای صنعتی کشورهای همکار تعریف شده باشد. نکتهٔ تأمل‌برانگیزتر اینکه در مجموع تنها ۴۳ مورد از این تولیدات علمی با حضور صنایع ایران (حمایت یا نویسنده) اتفاق افتاده است (۳,۵ درصد از تولیدات با همکاری بین‌المللی و کمتر از یک درصد کل تولیدات).

مقدار نزدیک به صفر T در روابط چهارجانبه (نمودارهای ۵ و ۶) بر اساس تحلیل‌های قبلی در زمینهٔ تعاملات سه‌جانبهٔ داخلی (بند ۴ پاسخ سؤال دوم) و مقادیر موجود در جدول پیوست ۱ دور از انتظار نیست.

جمع‌بندی و پیشنهادها

در این پژوهش با استفاده از قابلیت‌های مدل تریپل‌هلیکس، به بررسی، تحلیل و نگاشت پویایی نوآرانهٔ ارکان سه‌گانهٔ ایران در تولیدات علمی نانو از ابتدای انتشار مقالات تا تاریخ بازیابی داده‌ها (۲۶ اردیبهشت ۱۳۹۴ معادل ۱۵ می ۲۰۱۵) پرداخته شد. نتایج پژوهش، از رشد تولیدات علمی ایرانیان در حوزهٔ نانو، به‌ویژه از سال ۲۰۰۶ به این سو حکایت دارد و نشان می‌دهد که خوشبختانه با تأخیر زمانی بسیار اندکی نسبت به کشورهای توسعه‌یافته، توجه به حوزهٔ نانوفناوری در ایران آغاز شده است. با وجود این با استفاده از تحلیل‌های صورت‌گرفته با کمک الگوی تریپل‌هلیکس به‌منظور سنجش وضعیت پویایی ارتباطات ارکان سه‌گانه، مشخص شد که وضعیت چندان مناسبی

بر تولیدات ارکان سه‌گانه حاکم نیست و هم‌افزایی چندانی در بین ارکان دو و سه‌جانبه در تولیدات علمی ایرانی وجود ندارد. از سوی دیگر عدم مشارکت بخش صنعت در پژوهش‌های منتشرشده به‌طور همزمان با تعامل کم بین دانشگاه - صنعت و دانشگاه – صنعت - دولت، فاصلهٔ کشور با کشورهای توسعه‌یافته در پویایی نوآوریِ تولیدات علمی نانو را نشان می‌دهد.

یکی از نکات بسیار مشهود این پژوهش، حضور پررنگ بخش دولتی پس از دانشگاه، در همراهی پژوهش‌های منتشرشده یا حمایت از پژوهش‌هاست و بر اساس تحلیل‌های صورت‌گرفته در بخش قبل مشخص شد که 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 انگیزاننده‌های موجود که از طریق این بخش به فضای علمی تزریق می‌شود، در هدایت و توسعهٔ اقدامات پژوهشی و تسریع تولید علم در کشور مشخص می‌شود و با وجود این شفاف می‌شود که یکی از راهکارهای اهتمام بیشتر به توسعهٔ فناوری و تعامل بیشتر دو رکن دانشگاه - صنعت نیز سیاستگذاری‌های حمایتی و هدایتی دولت است که در صورت وجود هوشمندی بیشتر شاید زمینه‌ساز تقاضامحوری و مسئله‌محوری پژوهش‌های دانشگاهی و ارتقای نوآوری و توسعهٔ فناوری در بخش صنعت و افزایش بهره‌برداری از سرمایه‌های فراوان بخش دانشگاهی کشور باشد.

پیشنهاد می‌شود مسئولان ستاد توسعهٔ فناوری نانو، دفتر همکاری‌های فناوری ریاست جمهوری، معاونت علم و فناوری و سایر سیاستگذاران مرتبط با توسعهٔ نانو، با دقت نظر به تحلیل نتایج ارائه‌شده در پژوهش و استفاده در سیاست‌های آتی و اجرای بهینهٔ سیاست‌های معین‌شده، برای دسترسی به اهداف توسعهٔ نانو بپردازند. بر این اساس باید نهادهای یادشده، سیاست‌ها و برنامه‌های اجرایی لازم را به‌منظور افزایش مسئله‌محوری و ظرفیت جذب پژوهش‌های دانشگاهی در صنعت، ارتقای تعاملات دانشگاه و صنعت و افزایش استفاده از دستاوردهای علمی در جهت منافع جامعه اتخاذ کنند.

همچنین با توجه به اثبات قابلیت‌های تحلیلی الگوی تریپل‌هلیکس برای پویایی تعاملات در این پژوهش و پژوهش‌های قبلی، باید به بررسی وضعیت حاکم بر سایر بخش‌های فناورانه در کشور پرداخت و همراستا با کشورهای پیشرو، از قوت‌های موجود در این رویکرد به‌منظور بهبود سیاستگذاری در کشور بهره‌برداری کرد.

با توجه به محدودیت‌های این پژوهش و عدم تحلیل اسناد ثبت اختراع نانوفناوری، محققان آتی می‌توانند با بررسی وضعیت حاکم بر اسناد ثبت اختراع حوزهٔ نانو و سایر بخش‌های فناورانه، به تحلیل همزمان تعاملات ارکان سه‌گانه بر اساس «تولیدات علمی» و «نوآوری و اختراعات» بپردازند.

پی‌نوشت

٤٣. هر سه نرم‌افزار فوق به‌صورت رایگان در سایت پروفسور لیدسدورف به آدرس http://www.leydesdorff.net/index.htm منتشر شده است که پس از مکاتبات محققان با ایشان برای کسب اطمینان از صحت محاسبات، لینک دانلود نرم‌افزار در اختیار پژوهشگران قرار گرفت.

44. millibits of information

٤٥. با توجه به نام‌های خاص مؤسسات و مراکز آموزشی، شرکت‌ها و حتی برخی از دانشگاه‌ها، برای کدگذاری برخی از مقالات و تعیین وابستگی‌ها، به جست‌وجو و مشاهدهٔ تارنمای مراکز مربوط نیاز بود که در نهایت تلاش شد با توجه به اهمیت این مرحله، با حساسیت کافی و صرف زمان زیاد، کدهای مقالات تخصیص یابند.

٤٦. تنها در این نمودار، به‌دلیل نمایش بر حسب فراوانی مطلق، بازهٔ تحلیل و ارائه، مربوط به سال‌های ٢٠٠٠ الی ٢٠١٤ است، چرا که در زمینهٔ سایر موارد همچون درصد، میزان عدم قطعیت، T و ... می‌توان منحنی‌ها را تحلیل و قضاوت کرد، اما دربارهٔ فراوانی مطلق و به‌منظور نظم نمودار، نمایش بر حسب داده‌های قطعی و خاتمه‌یافتهٔ سال‌های قبل مناسب‌تر است. یادآوری می‌شود که صرفاً چهار و نیم ماه ابتدایی سال ٢٠١٥ در این مقاله تحلیل شده‌اند.

47. Kwon

٤٨. در بیشتر مقالاتی که با حمایت بخش خارجی انجام گرفته، حداقل یک نویسنده نیز از آن کشور وجود داشته است.

49. Funding
50. co-authorship
51. demand-oriented & problem-oriented
52. Fritsch

1. dynamics of innovation
2. scientific publications
3. transmission of uncertainty
4. Triple Helix Model (THM)
5. Nano technology
6. Natário
7. Leydesdorff & Etzkowitz
8. Intangible Resources
9. high-tech
10 .Stat Nano
11. Lundvall
12. Edquist
13. Cooke
14. Braczyk
15. Dzisah
16. entropy
17. shanon’s information theory
18. uncertainty
19. disorder
20.Kim
21. foreign
22. marginal probabilities
23. mutual information
24. Danell & Persson
25. Razak & Saad
26. Zhang
27. national, provincial, and regional innovation systems
28.Farinha
29. Gouvea
30. Chung
31. Sun & Negishi
32. Co-authorship
33. Funding
34.Web of Science (WoS)
35. Institute for Scientific Information
36. Science Citation Index Expanded
37. Social Science Citation Index
38. Art and Humanities Citation Index
39. All years
40. Friday, May 15, 2015
41. ISI.exe
42. th.exe ،th4.exe

منابع

۱. احمدوند، عماد (۱۳۸۸). گذری بر فناوری نانو در ایران از ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۸. *ماهنامهٔ فناوری نانو*، ۱۴۵ (۸)، ۲ – ۹.

۲. امیری‌نیا، حمید رضا؛ بی‌تعب، علی (۱۳۸۸). الگوی مطلوب ارتباط دولت، صنعت و دانشگاه موردپژوهی تجربه‌های دفتر همکاری‌های فناوری در کشور. *صنعت و دانشگاه*، ۲ (۵ – ۶)، ۲۵ – ۳۴.

۳. بحرینی، محمدعلی؛ صالحی یزدی، فاطمه؛ ابوالحسنی، زهرا (۱۳۹۱). بررسی و مطالعهٔ توصیفی وضعیت زنجیرهٔ ارزش شرکت‌های نانوفناوری ایرانی. *سیاست علم و فناوری*، ۴ (۳)، ۷۱ – ۸۶.

۴. جوکار، طاهره؛ عصاره، فریده (۱۳۹۲). جریان انتشار مقالات علمی در کشور ایران طی سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۱ بر اساس مدل مارپیچ سه‌گانهٔ دانشگاه، صنعت و دولت. *پژوهشنامهٔ پردازش و مدیریت اطلاعات*، ۲۹ (۲)، ۵۰۵ – ۵۳۳.

۵. خوراسگانی، علی؛ قاسمی، وحید؛ خوراسگانی، رسول؛ ادیبی سده، مهدی؛ افقی، نادر (۱۳۹۰). تحلیل جامعه‌شناختی شیوه‌های تولید علم؛ تأملی در رویکردهای نوین. *تحقیقات فرهنگی*، ۱۶ (۴)، ۱۱۷ – ۱۵۸.

۶. ستاد ویژهٔ توسعهٔ فناوری نانو (۱۳۸۴). *سند راهبرد آینده: برنامهٔ ده‌سالهٔ توسعهٔ فناوری نانو در ایران*.

۷. مجمع تشخیص مصلحت نظام (۱۳۸۲). *سند چشم‌انداز بیست‌سالهٔ توسعهٔ ایران*.

۸. نشاط، نرگس (۱۳۸۷). آنتروپی، آنتروپی منفی، و اطلاعات. *تحقیقات کتابداری و اطلاع‌رسانی دانشگاهی*، ۴۰ (۴۵)، ۶۳ – ۷۶.

9. Braczyk, H., Cooke, P. and Heidenrich, R. (Eds) (1998). Regional Innovation Systems, UCL Press, London.
10. 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.
11. Chung, C. (2014). An analysis of the status of the Triple Helix and university–industry–government relationships in Asia. Scientometrics, 99(1): 139-149.
12. Cooke, P., Uranga, M. and Etxebarria, G. (1997). "Regional innovation systems: institutional and organizational dimensions", Research Policy, 26 (4/5): 475-91.
13. Danell, R., & O. Persson. (2003). Regional R&D activities and interaction in the Swedish Triple Helix. Scientometrics 58(2): 205-218.

14. 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.
15. 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, 1-35.
16. Etzkowitz, H. (2003). Innovation in innovation: The triple helix of university-industry-government relations. Social science information, 42(3): 293-337.
17. 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
18. Farinha, L., Ferreira, J., & Gouveia, B. (2014). Networks of Innovation and Competitiveness: A Triple Helix Case Study. Journal of the Knowledge Economy, 1-17.
19. Gouvea, R., Kassicieh, S., & Montoya, M. J. R. (2013). Using the quadruple helix to design strategies for the green economy. Technological Forecasting and Social Change, 80(2): 221-230.
20. Grupp, H. (1990). The concept of entropy in scientometrics and innovation research. Scientometrics, 18(3): 219–239.
21. Harbi, S., et al. (2009). "Establishing high-tech industry: The Tunisian ICT experience." Technovation 29(6–7): 465-480.
22. 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.
23. 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.
24. Kwon, K.-S., Park, H., So, M., & Leydesdorff, L. (2012). Has globalization strengthened South Korea's national research system?. Scientometrics, 90(1): 163-176.
25. Leydesdorff, L. (2003). The mutual information of university-industry-government relations: An indicator of the Triple Helix dynamics. Scientometrics, 58(2), 445-467.
26. 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.
27. Leydesdorff, L., & Etzkowitz, H. (1996). Emergence of a Triple Helix of university—industry—government relations. Science and Public Policy, 23(5): 279-286.
28. Leydesdorff, L., & Fritsch, M. (2006). Measuring the knowledge base of regional innovation systems in Germany in terms of a Triple Helix dynamics. Research Policy, 35(10): 1538-1553.

29. Leydesdorff, L., & Strand, Ø. (2013). The Swedish system of innovation: Regional synergies in a knowledge-based economy. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 64(9): 1890-1902.
30. 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.
31. 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.
32. Leydesdorff, L., Perevodchikov, E., & Uvarov, A. (2014a). Measuring triple-helix synergy in the Russian innovation systems at regional, provincial, and national levels. Journal of the Association for Information Science and Technology, n/a-n/a.
33. Lundvall, B.-A ¨ . (1992), National Systems of Innovation – Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning, Printer, London.
34. Natário, M. M., Couto, J. P. A., & Almeida, C. F. R. d. (2012). The triple helix model and dynamics of innovation. Journal of Knowledge-based Innovation in China, 4(1): 36-54.
35. 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.
36. 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.
37. Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. Bell System Technical Journal, 27(379): 623.
38. Shin, J., Lee, S., & Kim, Y. (2012). Knowledge-based innovation and collaboration: a triple-helix approach in Saudi Arabia. Scientometrics, 90(1): 311-326.
39. Stat Nano (2015). Number of nanotechnology articles in 2015. Retrieved July 13, 2015 from http://statnano.com/report/r59.
40. Stat Nano (2016). StatNano Releases World Ranking of ISI Indexed Nano-Articles in 2015. Retrieved January 25, 2016 from http://statnano.com/news/52459.
41. 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.
42. 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.

پیوست ۱. توزیع فراوانی مقالات حوزهٔ نانوفناوری کشور ایران در بازهٔ زمانی مورد بررسی

سال	U	I	G	UI	UG	FF	UF	IG	IF	GF	UIG	UIF	GIF	UGF	UIGF	تعداد
۲۰۰۰	۳	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳
	۱۰۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۳۳.۳٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	
۲۰۰۱	۱						۱									۱
	۱۰۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۱۰۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	
۲۰۰۲	۰		۱							۱						۱
	۰.۰٪	۰.۰٪	۱۰۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۱۰۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	
۲۰۰۴	۵	۰	۲	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۷
	۷۱.۴٪	۰.۰٪	۲۸.۶٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۱۴.۳٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	
۲۰۰۵	۱۷	۰	۰	۰	۳	۱	۷	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۲۰
	۸۵.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۱۵.۰٪	۵.۰٪	۳۵.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۵.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۵.۰٪	۰.۰٪	
۲۰۰۶	۳۷	۰	۵	۰	۶	۱	۱۲	۰	۰	۳	۰	۰	۰	۱	۰	۴۸
	۷۷.۱٪	۰.۰٪	۱۰.۴٪	۰.۰٪	۱۲.۵٪	۲.۱٪	۲۵.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۶.۳٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۲.۱٪	۰.۰٪	
۲۰۰۷	۵۷	۱	۳	۰	۷	۰	۱۵	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۰	۶۹
	۸۲.۶٪	۱.۴٪	۴.۳٪	۰.۰٪	۱۰.۱٪	۰.۰٪	۲۱.۷٪	۰.۰٪	۱.۴٪	۱.۴٪	۱.۴٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۱.۴٪	۰.۰٪	
۲۰۰۸	۱۰۲	۱	۶	۲	۲۶	۲	۱۸	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۲	۰	۱۳۸
	۷۳.۹٪	۰.۷٪	۴.۳٪	۱.۴٪	۱۸.۸٪	۱.۴٪	۱۳۰٪	۰.۷٪	۰.۰٪	۰.۷٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۱.۴٪	۰.۰٪	
۲۰۰۹	۲۰۲	۰	۱۹	۶	۴۶	۶	۲۸	۲	۱	۷	۵	۱	۰	۵	۰	۲۸۰
	۷۲.۱٪	۰.۰٪	۶.۸٪	۲.۱٪	۱۶.۴٪	۲.۱٪	۱۰۰٪	۰.۷٪	۰.۴٪	۲.۵٪	۱.۸٪	۰.۴٪	۰.۰٪	۱.۸٪	۰.۰٪	
۲۰۱۰	۳۳۸	۱	۲۱	۷	۷۴	۱۴	۵۹	۲	۳	۳۰	۱۰	۲	۱	۱۴	۱	۴۵۳
	۷۴.۶٪	۰.۲٪	۴.۶٪	۱.۵٪	۱۶.۳٪	۳.۱٪	۱۳۰٪	۰.۴٪	۰.۷٪	۴.۴٪	۲.۲٪	۰.۴٪	۰.۲٪	۳.۱٪	۰.۲٪	
۲۰۱۱	۵۳۰	۰	۲۰	۱۳	۱۳۸	۲۵	۸۷	۱	۵	۱۶	۴	۴	۲	۱۴	۱	۷۰۶
	۷۵.۱٪	۰.۰٪	۲.۸٪	۱.۸٪	۱۹.۵٪	۳.۵٪	۱۲.۳٪	۰.۱٪	۰.۷٪	۲.۳٪	۰.۶٪	۰.۶٪	۰.۳٪	۲.۰٪	۰.۱٪	
۲۰۱۲	۶۷۹	۰	۲۸	۱۹	۱۵۴	۳۰	۱۱۳	۰	۳	۲۶	۱۰	۳	۰	۲۱	۰	۸۹۰
	۷۶.۳٪	۰.۰٪	۳.۱٪	۲.۱٪	۱۷.۳٪	۳.۴٪	۱۲.۷٪	۰.۰٪	۰.۳٪	۲.۹٪	۱.۱٪	۰.۳٪	۰.۰٪	۲.۴٪	۰.۰٪	
۲۰۱۳	۸۱۸	۱	۲۳	۲۳	۱۵۹	۴۷	۱۴۸	۰	۴	۳۳	۱۲	۵	۰	۳۰	۰	۱۰۳۶
	۷۹.۰٪	۰.۱٪	۲.۲٪	۲.۳٪	۱۵.۳٪	۴.۵٪	۱۴.۳٪	۰.۰٪	۰.۴٪	۳.۲٪	۱.۲٪	۰.۵٪	۰.۰٪	۲.۹٪	۰.۰٪	
۲۰۱۴	۸۸۹	۰	۳۴	۹	۱۹۱	۵۸	۱۶۸	۴	۲	۳۲	۵	۲	۰	۲۷	۰	۱۱۳۲
	۷۸.۵٪	۰.۰٪	۳.۰٪	۰.۸٪	۱۶.۹٪	۵.۱٪	۱۴.۸٪	۰.۴٪	۰.۲٪	۲.۸٪	۰.۴٪	۰.۲٪	۰.۰٪	۲.۴٪	۰.۰٪	
۲۰۱۵	۳۹۳	۰	۱۱	۶	۷۹	۱۳	۵۹	۲	۱	۹	۴	۱	۰	۷	۰	۴۹۵
	۷۹.۴٪	۰.۰٪	۲.۲٪	۱.۲٪	۱۶.۰٪	۲.۶٪	۱۱.۹٪	۰.۴٪	۰.۲٪	۱.۸٪	۰.۸٪	۰.۲٪	۰.۰٪	۱.۴٪	۰.۰٪	
جمع	۴۰۷۱	۴	۱۷۳	۸۵	۸۸۳	۱۹۷	۷۱۷	۱۲	۲۰	۱۵۰	۵۱	۱۸	۳	۱۲۳	۲	۵۲۷۹
	۷۷.۱٪	۰.۱٪	۳.۳٪	۱.۶٪	۱۶.۷٪	۳.۷٪	۱۳.۶٪	۰.۲٪	۰.۴٪	۲.۸٪	۱.۰٪	۰.۳٪	۰.۱٪	۲.۳٪	۰.۰٪	

تولیدات علمی با حمایت مالی صنعت یا دولت خارج =FF همکاری بین‌المللی =F