

مروری بر الگوهای توسعه روابط دانشگاه، صنعت و دولت در جهت ارتقای نوآوری

حمیدرضا ضرغامی^۱

چکیده

با توجه به اهمیت چشمگیر تعاملات منسجم و هم‌افزایی ارکان سه گانه دانشگاه-صنعت-دولت، در این پژوهش الگوهای توسعه ارتباطات این سه رکن، به‌عنوان هسته نوآوری در سیستم ملی نوآوری، بررسی شده است. بدین منظور، ضمن بررسی پژوهش‌های معتبر ملی و بین‌المللی، تلاش شده است که با پرداختن به مفاهیم اصلی و سیر تاریخی موضوع پژوهش زمینه‌آشنایی بیشتر پژوهشگران حوزه سیاست علم، فناوری و نوآوری با این مقولات فراهم شود. بر این اساس ابتدا گونه‌های مختلف ماریپیچ سه‌جانبه، چهارجانبه، پنج و چندجانبه تبیین شده و علاوه بر معرفی پژوهش‌های شاخص از آستانه مباحث و ادبیات پژوهشی این حوزه گزارشی به دست داده شده است. از آنجا که در حوزه مطالعات تریپل هلیکس دورویکرد کمی و کیفی وجود دارد و با توجه به امکان انتشار بیشتر پژوهش‌های کمی در مجلات معتبر بین‌المللی، بررسی کیفی این عرصه از زاویه الگوی تریپل هلیکس کمتر مدنظر قرار گرفته است؛ از همین رو، نظر به وجود منابع کافی برای یادگیری رویکردهای کمی و محاسباتی این حوزه، در پژوهش حاضر بر توصیف پژوهش‌ها و مطالعات کیفی تمرکز شده و در پایان پیشنهادهایی برای پژوهشگران ارائه شده است. واژگان کلیدی: تعامل ارکان ماریپیچ سه‌جانبه،^۲ چهار و پنج جانبه،^۳ نوآوری،^۴ تولید دانش،^۵ تعامل دانشگاه-صنعت-دولت.

مقدمه

نوآوری عاملی بنیادی در توسعه و رقابت‌پذیری کشورها و سازمان‌ها است ((Natário, Couto, and Almeida, 2012). تقویت تعاملات و اشتراکات بین سه نهاد دانشگاه، صنعت و دولت از مهم‌ترین عوامل رونق فضای کسب‌وکار و فرایندهای مرتبط با نوآوری است، به‌نحوی که تعامل پویا بین این سه نهاد، جریان دانش را به‌طور مستمر تسهیل می‌کند و امکان ایجاد پویایی را در عرصه

۱. استادیار مهندسی صنایع - مدیریت سیستم و بهره‌وری دانشگاه علوم و فنون هوایی شهید ستاری؛ Zarghami@ssau.ac.ir.

2. Triple Helix

3. Quadruple, Quintuple and N-Tuple Helix

4. Innovation

5. Knowledge Production / Creation

6. Triple Helix Actors

به عبارتی این سه نهاد به مثابه اجزاء یا مؤلفه‌های اصلی نظام مذکور محیط‌های علمی، سیاست‌گذاری و تولیدی را پدید می‌آورند و هر یک جایگاهی ویژه و بی‌بدیل دارند.

۵. الگوی ماریپچ سه جانبه دانشگاه، صنعت و دولت^۵ (و سایر الگوهای توسعه‌یافته ناشی از آن): الگوی ماریپچ سه جانبه ایده لیدسدرورف و اتزکویتر (1995, 1996)، در جهت توصیف و تبیین تعامل ارکان سه‌گانه (دانشگاه، صنعت و دولت) در فرایند نوآوری و توسعه است. هم‌راستا با رویکرد سیستمی نوآوری (سیستم‌های ملی نوآوری مطرح‌شده لوندوال (1992) و ادکونیست (1997) و سیستم‌های نوآوری منطقه‌ای)، در این الگو نیز به بررسی تعاملات نهادهای مختلف فعال در فرایند نوآوری، خاصه سه نهاد بنیادی دانشگاه، صنعت و دولت پرداخته می‌شود. برخلاف الگوهای خطی مربوط به دهه‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ که، به سبب یک‌سویه بودن، روابط و و بازخوردهای مختلف نادیده گرفته می‌شود، این الگو بر اساس تعامل و پویایی این سه نهاد اساسی بنا شده است و کارایی آن، با به انجام رساندن پژوهش‌های متعدد مفهومی و کاربردی در جوامع مختلف، در مسیر توسعه پایدار و نیل به اهداف اقتصاد دانشی و جامعه دانش‌بنیان ثابت شده است. لذا در پژوهش حاضر، با بررسی مروری و تحلیلی مراجع مختلف و معتبر این حوزه، الگوهای مطرح ماریپچ سه‌جانبه و توسعه آن (در قالب الگوهای ماریپچ چهار، پنج و چند جانبه) تحلیل و تبیین می‌شود و، با کندوکاو در ادبیات روز دنیا در زمینه مورد بحث، پیشنهادهای پژوهشی و کاربردی در جهت استفاده از ظرفیت‌های این مقوله در حوزه‌های تحقیقاتی و عملی مرتبط با توسعه، سیاست‌گذاری و کاربری علم، فناوری و نوآوری در کشور ارائه می‌شود.

با توجه به اینکه الگوهای کمی ناظر به سنجش تعاملات ماریپچ سه‌جانبه، در دیگر مراجع فارسی منتشر و مراحل اجرایی شدن آن تشریح شده است (برای نمونه: جعفری و همکاران (۱۳۹۴)، در این مقاله، روند کلی شکل‌گیری و رشد مبانی نظری این حوزه و نیز روند حاکم بر پژوهش‌ها، برجسته و الگوها و مراجع مربوط به آن‌ها به اختصار بیان می‌شود.

۱. توسعه تاریخی الگوهای تولید دانش (از الگوهای خطی تا الگوهای توسعه یافته)

دانش پدیده‌ای چندوجهی است، از همین رو محققان حوزه‌های مختلف از دیدگاه‌های متفاوتی به آن پرداخته‌اند. این ویژگی دامنه تعریف دانش را گسترش داده است. در این بین به دست دادن تعریفی جامع و معرفت‌شناسانه از دانش در گرو توجه به چهار مؤلفه کلیدی (خاستگاه دانش، فرایند دانش، خروجی دانش و ماهیت دانش)

توصیف روابط، سنجش و بهبود تعاملات بین این سه رکن ایجاد و بهره‌برداری می‌شوند.

تاکنون الگوهای گوناگونی برای تحلیل تعاملات و ارتباطات صنعت و دانشگاه در فرایند نوآوری و تولید دانش ارائه شده است که مهم‌ترین آن‌ها به شرح زیر است:

۱. الگوی خطی فشار علم: بر اساس این الگو، نوآوری با یک پرسش پژوهشی در دانشگاه شروع و در نهایت زمینه توسعه محصولات جدید و نوآوری فراهم می‌شود؛

۲. الگوی خطی کشش بازار: در این الگو که در جهت مقابل فشار علم مطرح می‌شود، نوآوری از حل یک مسئله و پاسخ به تقاضای صنعت و بازار شروع می‌شود و پاسخ آن در صنعت یا دانشگاه بسط می‌یابد؛

۳. الگوی تعاملی فشار علم - کشش بازار: این الگو با جریان و حرکت غیرخطی فشار علم به کشش بازار و برعکس ایجاد می‌شود؛

۴. سیستم ملی نوآوری (NSI): در هر جامعه توسعه فناوری و نوآوری به‌ندرت حاصل فعالیت انفرادی نهادی خاص است، بلکه در بیشتر موارد برآیند همکاری و فعالیت اجزای متعددی است که روابط اثربخشی با یکدیگر دارند. هر کشوری، با توجه به نهادهای متفاوتی که در آن وجود دارد و نیز روابط میان آنها، نظامی را پدید می‌آورد که برای داشتن عملکرد مناسب و برخوردار از امکان رقابت به‌ناچار باید در مسیر توسعه فناوری و تقویت نوآوری حرکت کند. پر واضح است که موفقیت در عرصه توسعه فناوری، به این نظام و ویژگی‌های آن وابسته است. چنین نظامی را در اصطلاح سیستم ملی نوآوری می‌نامند (باقری، ۱۳۸۲). «لوندوال»، برای اولین بار، مفهوم سیستم ملی نوآوری را به عنوان نظامی متناسب بر پایه تعاملات کاربران و تولیدکنندگان مانند دانشگاه و صنعت معرفی کرد (Lundvall, 1992).

این نظام زنجیره خلق، انتشار و به‌کارگیری دانش مبتنی بر فناوری را در بر می‌گیرد و برای اثربخش بودن کارکرد زنجیره‌های آن، اجزای سازنده و اجرایی باید به‌درستی و با دقت انتخاب شوند و فعالیت کنند. راه‌اندازی سیستم ملی نوآوری در بسیاری از کشورها معلول تبادل ایده‌ها، مهارت‌ها و نیروی انسانی میان دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی و بخش‌های اقتصادی جامعه است و تعامل میان این مراکز و توسعه فرهنگ نوآوری و توسعه اقتصادی امکان‌پذیر شده است. در سیستم ملی نوآوری توجه به ایجاد ارتباط میان دانشگاه، دولت و صنعت از اهمیت فراوانی برخوردار است (کریمیان اقبال، ۱۳۸۲).

1. Science Push

2. Market Pull

3. Push-Pull

4. National System of Innovation

5. Triple Helix Model of University- Industry - Government

است. در گذشته، ترویج، نشر و تولید علم و دانش کند و محدود به مکان‌هایی خاص بود، ولی در شرایط حاضر با بروز و ظهور گسترده فناوری‌های پیشرفته و روند جهانی شدن، روند تغییرات بسیار سریع‌تر، گسترده‌تر و جهشی‌تر شده است (حاجی خواجه‌لو و حسام‌پور، ۱۳۹۰).

برخلاف الگوی اول، که متخصصان رشته‌ها نیازهای علمی را تعیین می‌کردند، در الگوی نوع دوم، شکل‌بخشی به تعیین نیازهای علمی، ابتدا از طریق متقاضیان، برنامه‌ریزان، تصمیم‌گیران سیاسی، اقتصادی، علمی و... کاربران و مصرف‌کنندگان و اجتماعات بازار و صنعت صورت می‌گیرد (همان). در حقیقت در این الگو، جایگاه تعیین اولویت و تولید علم از اجتماعات علمی به فضای بازار و صنعت منتقل شده است و علم بر اساس سفارشات، سلاقی و نیازهای بازار تولید می‌شود. بدین ترتیب مطابق دیدگاه گیونز و همکارانش، علم در الگوی دوم در بافت کاربردی خود تولید و کاربردهای آن در این بافت تعیین می‌شود و از همین رو کاملاً مبتنی بر پاسخ به نیازها در بافت کاربرد خواهد بود و نقش دانشگاه، با آنچه در گذشته بوده، تفاوت خواهد داشت (Nowotny, 2006).

براین اساس، تسلط دانشگاه بر فرایند تولید علم نیز ربه زوال خواهد گذاشت (حاجی خواجه‌لو و حسام‌پور، ۱۳۹۰) و بر طبق پیش‌بینی دراکر در سال ۱۹۹۷، سی سال دیگر، از محیط‌های دانشگاهی بزرگ کنونی جز آثار اندکی باقی نخواهد ماند (هیرش و وبر، ۱۳۸۱).

رشید حاجی خواجه‌لو و حسام‌پور (۱۳۹۰)، در پژوهشی با رویکرد انتقادی به الگوی دوم تولید علم بر این نظرند که استفاده از این الگو و گرایش به آن، نباید موجب دوری از زیست بومی، ملی، فرهنگی و درعین حال جهانی شود و به تجاری شدن مفرط و توجه صرف به جنبه‌های تجاری بینجامد؛ زیرا توجه افراطی به بعد انتفاعی، کوتاه‌مدت و سودآوری شخصی و همچنین نگاه ابزاری به تولید دانش، احتمال دوری از منافع کلان سیاسی، اقتصادی، فناورانه، اجتماعی و فرهنگی معطوف به کسب اقتدار ملی را تقویت می‌کند.

شیوه اول تولید دانش، بیشتر بر خلاقیت فردی مبتنی است و روند تحقیقات تخصصی در رشته‌های دانشگاهی، غالباً تابع شمار محدودی از متخصصان هر حوزه است (Gray, 2008).

پس از طرح الگوی نوع دوم در کنار مزایای این روش و بیان نقاط قوت، محققان ضعف‌هایی نیز برای آن برشمرده‌اند؛ از آن جمله است: نداشتن اعتبار تجربی (Etzkowitz and Leydesdorff, 2000)، و انسجام نظری (Rip, 2002)، توجه بیش از حد به جنبه‌های سیاسی (خوراسگانی و همکاران، ۱۳۹۰؛ به نقل از تعدادی از محققان بین‌المللی)، توجه نداشتن به قواعد منسجم و دقیق ارزیابی علمی (Gulbrandsen and Langfeldt, 2004). گیونز و همکارانش، حدود شش سال پس از ارائه الگوی دوم و در

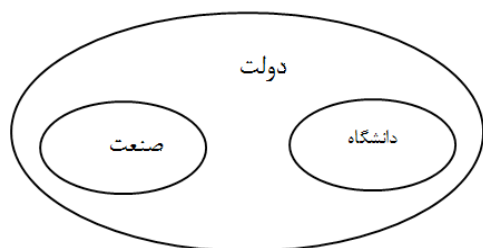
است. در بیشتر تعاریف، خاستگاه دانش، «اطلاعات»^۱ معرفی شده است و با ارتقای ارزش اطلاعات، دانش تولید می‌شود. افزایش ارزش در اطلاعات نتیجه پردازش، سامان‌دهی، درک هوشمندانه و تفسیر اطلاعات است. خروجی دانش نیز، قابلیت‌هایی نظیر توانمندی حل مسئله، اقدام‌های مؤثر و استفاده از اطلاعات جدید را در بر می‌گیرد (خوراسگانی و همکاران، ۱۳۹۰).

خوراسگانی و همکاران (۱۳۹۰) تعریف تلفیقی و جامع‌تری از تولید دانش را در سطح ملی ارائه کرده‌اند: «تولید دانش در سطح ملی، فرایندی است که در آن حداقل یکی از این شاخص‌ها وجود داشته باشد: پژوهش‌های بنیادی، مقالات بین‌المللی بکر، پژوهش‌های کاربردی، اختراع بین‌المللی، کتاب (تألیفی)، مقاله مستخرج از کار گروهی علمی در سطح جهانی، انتشار مجلات نمایه‌شده در مراکز معتبر بین‌المللی، تولید آثار علمی و هنری منحصربه‌فرد، گزارش‌های علمی و فنی معتبر، کارآفرینی و نوآوری، تولید آثار ادبی جهانی، ایجاد بینش و بصیرت تازه و تولید نظریه، تولید تصمیم الگو، حل مسئله با روش ضابطه‌مند و ترجیحاً تعمیم‌پذیر».

برخی از پژوهشگران، تولید دانش را «پژوهش» و فعالیت‌های کنشگران، نهادها و تعاملاتی قلمداد کرده‌اند که در فرایندهای پژوهشی سهیم‌اند (Gray, 2008; Kjørstad, 2008).

تا قبل از سال ۱۹۹۴ و انتشار کتاب شیوه جدید تولید دانش (الگوی ۲) نوشته گیونز و همکاران، الگوی رایج مرتونی در آن زمان- که گیونز آن را الگوی ۱ نامیده بود و از آن پس با همین نام مرسوم شد- جریان تولید علم را شکل می‌داد. مطابق الگوی نوع اول (مد ۱) تولید علم فعالیت مستقل است که در نتیجه تعامل و برهم‌کنش عقاید و تعاریف گروه محدودی از اندیشمندان در فضایی ویژه پدید می‌آید. برعکس در شیوه جدید (الگوی نوع دوم) گیونز و همکارانش بر این باور بودند که دانش در فضاهای کاربردی، تعریف مسائل با استفاده از بینش غیرهمگرا و نامتجانس گروه‌های گسترده‌تر و همچنین استفاده بیشتر از رویکرد پایین به بالا به جای رویکرد سلسله‌مراتبی (بالا به پایین) در الگوی نوع اول مرتون، پدید می‌آید (Gibbons et al, 1994).

بر پایه الگوی نوع اول، علم بر اساس یک کنجکاوی مستقل علمی تولید و در دانشگاه‌ها و مراکز مشابه از طریق اجتماعات خودگردان مدیریت می‌شود، برعکس در الگوی نوع دوم (مد ۲)، تولید علم و دانش در زمینه‌ای کاربردی و فضایی بسیار بازتر و گسترده‌تر محقق می‌شود، مشارکت وسیعی از کنشگران محیط‌های مختلف چند تخصصی را به دنبال دارد و با سیستم‌های هدایتی و نظارتی بسیار پیچیده‌ای ارزیابی و مدیریت می‌شود (برتون و لامبرت، ۱۳۸۷). علاوه بر تغییر و تحول در جایگاه و ماهیت علم از الگوی اول به دوم، تغییرات و تحولات در علم به لحاظ نشر و ترویج نیز در خور توجه



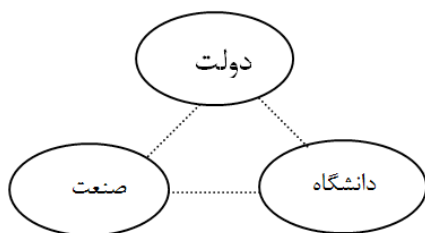
شکل ۱: گونه اول الگوی ماریپیچ سه‌جانبه روابط دانشگاه، صنعت و دولت (Etzkowitz and Leydesdorff, 2000, p. 111)

ماریپیچ سه‌جانبه، نقش دولت کنترل‌کردن و برقراری ارتباط بین دانشگاه و صنعت است. این وضعیت الگویی را تصویر می‌کند که در آن یک رکن (دولت) بر دو رکن دیگر مسلط است و روابط آنها را کنترل می‌کند. نمونه بارز این حالت در شوروی سابق و کشورهای کمونیستی اروپای غربی و نمونه ضعیف‌تر در سیاست‌های بسیاری از کشورهای آمریکای لاتین و برخی کشورهای اروپایی نظیر نروژ قابل مشاهده است (Etzkowitz and Leydesdorff, 2000, p. 111)؛ امیری‌نیا و بی‌تعب، ۱۳۸۸، ص ۲۶؛ صمدی میارکلائی و صمدی میارکلائی، ۱۳۹۲، ص ۶۲).

۲-۲ نسل دوم الگوی ماریپیچ سه‌جانبه:

الگوی نسل دوم، شامل نهادهایی مستقل با مرزهایی روشن است که ارکان سه‌گانه را از یکدیگر تفکیک می‌کند. این الگو، که به الگوی «عدم مداخله دولت» نیز معروف است، راهکاری برای کاهش نقش دولت در گونه اول به‌شمار می‌رود.

در این الگو، تدریس و تحقیق در دانشگاه به انجام می‌رسد و نتایج تحقیقات به کالاهای و خدمات جدید تبدیل می‌شود؛ دولت نیز با حمایت از دانشگاه و صنایع، زیرساخت‌های لازم را برای اجرایی شدن آنها فراهم می‌سازد. نظام دانشگاهی موجب انتقال جریان اطلاعات علمی و فناوریانه با کمترین هزینه به صنعت می‌شود و سبب جذب آثار جانبی فناوریانه در سیستم اقتصادی می‌شود (باقری‌نژاد، ۱۳۸۴، ص ۲۰۳). در مقاله پایه‌ای اترکوییتز و لیدسدورف (2000, p. 111) کشورهای سوئد و آمریکا نمونه‌های این سبک معرفی شده‌اند. شکل ۲ الگوی نوع دوم ماریپیچ سه‌جانبه را نشان می‌دهد.



شکل ۲: گونه دوم (الگوی عدم مداخله دولت در روابط دانشگاه، صنعت و دولت) (Etzkowitz and Leydesdorff, 2000, p. 111)

سال ۲۰۰۳، در کتاب جدیدشان، بازنگری در شیوه دوم تولید دانش، بر موضع خود مبنی بر بروز تغییر اساسی در پارادایم تولید دانش پای فشردند و پارادایم غالب را «حرکت به سمت شیوه‌های بازتر و اجتماعی‌تر در فضای نسبی و حرکت از تک‌تخصصی و تکرارشیته‌ای بودن فرایندهای تولید دانش به سمت چندرشته‌ای، میان‌رشته‌ای و چندتخصصی بودن فرایندهای مرتبط با تولید علم و دانش» دانستند. در کتاب مذکور بر استفاده از خرد و خلاقیت جمعی و فضاهای بازتر تأکید بیشتری شده است (Nowotny, Scott, and Gibbons, 2003). پس از طرح این نظریه، کتاب الگوی دوم تولید دانش، بیش از نُه بار بازنشر شده است و موضوعات مرتبط با آن همچنان در محافل علمی محل نقد و نظر است (خوراسگانی و همکاران، ۱۳۹۰).

اتکزکوییتز و لیدسدورف (2000) بر اساس برخی خلأها و ضعف‌های نظریه الگوی ۲ نیز، نظریه ماریپیچ سه‌جانبه را، در پاسخ به بررسی روابط سه نهاد اساسی دانشگاه، صنعت و دولت در ارتقای نوآوری، مطرح کردند.

الگوی سوم تولید دانش نیز با نتایج پژوهش‌ها و آرای اصلاح‌شده گیبونز (2001)، که به الگویی ترکیبی از نوع ۱ و ۲ پرداخت (خوراسگانی و همکاران، ۱۳۹۰)، شیوه پیشنهادی هاگن (Hagen, 2002) و دستاوردهای پژوهشی برخی دیگر از محققان در ترکیب شبکه‌های نوآوری، نظریه سیستم‌ها و خوشه‌های دانش مرتبط است (Carayannis and Campbell, 2006).

همچنین موراوک (2007) در بررسی خود، از طریق پرسش به روش دلفی در بین بیست عضو هیئت علمی خبره، متوجه شد که آنها از ابداع الگوی سوم دانش عمیقاً استقبال می‌کنند.

۲. الگوهای ماریپیچ سه‌جانبه

الگوی ماریپیچ سه‌جانبه را اترکوییتز و لیدسدورف در سال ۱۹۹۶ با هدف توصیف و تبیین تعاملات ارکان سه‌گانه (دولت، صنعت و دانشگاه) در فرایند نوآوری و توسعه مطرح کردند. در این الگو، همراستا با رویکرد سیستمی نوآوری (سیستم‌های ملی نوآوری لوندوال (1992) و ادکویست (1997) و سیستم‌های نوآوری منطقه‌ای (Cooke et al, 1997; Braczyk et al., 1998)، به بررسی تعاملات نهادهای مختلف درگیر در فرایند نوآوری پرداخته و تعامل سه رکن پیشگفته پررنگ‌تر می‌شود. برخلاف الگوهای خطی مربوط به دهه‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ که روابط در آنها یک‌سویه بود و بازخوردهای متعدد نادیده گرفته می‌شد، این الگو بر تعاملات سه رکن دولت-صنعت و دانشگاه بنا شده است. در ادامه سه نسل (گونه) از روند توسعه الگوی ماریپیچ سه‌جانبه معرفی می‌شود:

۱-۲ نسل اول الگوی ماریپیچ سه‌جانبه

همان‌گونه که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، در نسل اول الگوی

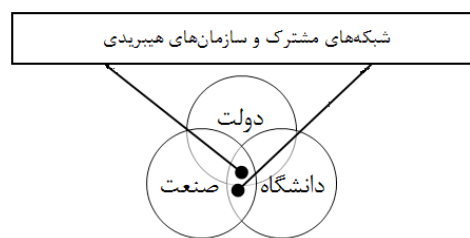
همان‌گونه که در شکل ۴ شمایی پویا از گونه سوم الگوی ماریپیچ سه‌جانبه مشاهده می‌شود، در این حالت و در برخی موارد در دانشگاه، به‌مثابه بنگاه‌های دانش‌بنیان، کارآفرینی مبتنی بر دانش ترویج و توسعه می‌یابد، همچنین عمده فعالیت‌های بنگاه نیز بر دانش مبتنی می‌شود و در پرتو تعامل دانشگاه و صنعت، بازار سرمایه ریسک‌پذیر و بازارهای فناوری و سرمایه‌های انسانی موردنیاز تأمین می‌شود. در دولت نیز، در کنار وظایف سنتی نظیر تولید و تأمین کالای عمومی و سیاست‌گذاری، نوآوری و تولید دانش و کالاها و خدمات در حوزه‌های با ریسک بالا در دستور کار قرار می‌گیرد (امیری‌نیا و بی‌تعب، ۱۳۸۸).

الگوی ماریپیچ سه‌جانبه بر چهار رکن بنا شده است (Dzisah and Etzkowitz, 2008):

- 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 الگوی دانشگاه کارآفرین با فرهنگ کارآفرینی، نوآوری و انتقال فناوری.
- پس از طرح الگوی ماریپیچ سه‌جانبه، به‌منظور توسعه و بسط ابعاد جدیدتر و بیشتر به ماریپیچ سه‌جانبه و انطباق بیشتر آن با نیازهای اجتماعی، فرهنگی و محیطی، متخصصان حوزه‌های مختلف تلاش‌هایی را آغاز کردند و الگوهای ماریپیچ چهارجانبه، پنج‌جانبه و n-جانبه توسعه یافت (Leydesdorff, 2012). در ادامه این الگوها را، که بر الگوی اولیه ماریپیچ سه‌جانبه بنا شده‌اند، به اختصار معرفی می‌کنیم.

۳. الگوی ماریپیچ چهارجانبه

هدف اصلی توسعه الگوی ماریپیچ چهارجانبه، سفارشی‌سازی تولیدات علمی و محصولات متناسب با نیازها و خواسته‌های جامعه بیان می‌شود (Leydesdorff, 2012). نقطه آغاز این الگو انتشار مقاله‌ای از مبدعان نظریه تریپل هلیکس (Leydesdorff and Etzkowitz, 2003) در خصوص درک قابلیت افزودن «جامعه» به‌عنوان حلقه چهارم الگو است. برخی از پژوهشگران مصادیق «جامعه» را مواردی نظیر «جامعه مدنی»^۱، «اجتماع رسانه بنیان و فرهنگ بنیان»^۲ دانسته‌اند. مهم‌ترین قابلیت الگوهای ماریپیچ چهارجانبه تولید دانش، تحقیقات و نوآوری کاربرمحور^۳



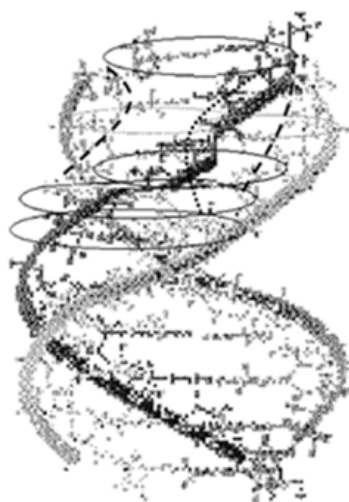
شکل ۳: الگوی نوع سوم ماریپیچ سه‌جانبه روابط دولت، دانشگاه و صنعت

۲-۳. نسل سوم الگوی ماریپیچ سه‌جانبه:

گونه سوم THM، همپوشانی نقش ارکان سه‌گانه را در فرایند نوآوری و تولید دانش تصویر می‌کند. در این همپوشانی، هر یک از ارکان با دورکن دیگر و همچنین سازمان‌های ترکیبی، که در نواحی مشترک ایجاد شده است، همکاری می‌کنند. شکل ۳، الگوی نوع سوم تریپل هلیکس را نشان می‌دهد.

در این حالت، فعالیت‌های نوآورانه از طریق شرکت‌های زایشی دانشگاهی، همکاری‌های سه‌جانبه، ائتلاف راهبردی (استراتژیک) بنگاه‌های کوچک و بزرگ، پژوهشگاه‌های دولتی و گروه‌های پژوهشی دانشگاه محقق می‌شود.

در این الگو، هر یک از سه نهاد دولت و صنعت و دانشگاه، برخلاف نقش‌های سنتی در حوزه وظایف مرسوم سایر بخش‌ها نیز نقش‌آفرینی می‌کنند. دانشگاه‌ها از طریق خوشه‌های نوآوری منطقه‌ای، کمک شایانی به ارتقای ظرفیت توسعه اقتصادی و به‌تبع، تحکیم سیستم ملی نوآوری می‌کنند و سرانجام گروه‌های پژوهش دانشگاهی، ضمن توسعه ذیل عنوان «شبکه شرکت‌ها»، زمینه توسعه و شکل‌گیری گونه‌های جدید از دانشگاه، موسوم به دانشگاه کارآفرین را فراهم می‌سازد. (Etzkowitz, 2003)؛ خوراسگانی و همکاران، ۱۳۹۰.



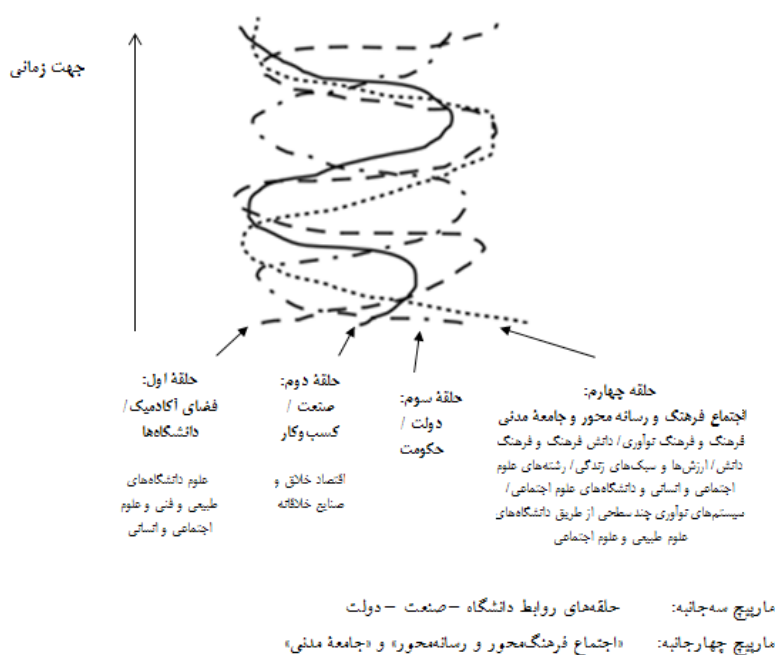
شکل ۴: نمایی پویا از گونه سوم، الگوی ماریپیچ سه‌جانبه روابط دولت، دانشگاه و صنعت

(Etzkowitz and Leydesdorff, 2000, p. 111)

1. Civil Society

2. Media-based and Culture-based Public

3. User-driven Innovation



شکل ۵: مفهوم‌سازی سیستم نوآوری «مارپیچ چهارجانبه» (Carayannis and Campbell, 2012)

سیستم‌های نوآوری مارپیچ چهارجانبه به‌شمار می‌رود. بعد از تحلیل‌های کارایانیس و کمپل، لیدسدورف (2012) در مقام یکی از مبدعان الگوی مارپیچ سه‌جانبه، قابلیت افزوده شدن حلقه‌ها و ارکان دیگری به مارپیچ سه‌جانبه را بررسی کرده است. در این پژوهش از این نظریه دفاع می‌شود که قابلیت ارتقای ارکان برحسب شرایط خاص اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و بومی هر کشور متفاوت است و بیش از حتی ۲۰ حلقه و به تعبیر پژوهشگران، تا N بعد وجود دارد. بر این اساس، یکی از مبدعان و مروجان اصلی الگوی تریپل هلیکس، یعنی پروفیسور لیدسدورف، این ادعا را نمی‌پذیرد که «یگانه الگوی مطلوب و نهایی معتبر در تمامی شرایط، الگوی مارپیچ سه‌جانبه است»؛ درعین حال تلاش دارد، با اتکا به بررسی‌های پژوهشگران پیش‌گفته، از نظریه‌های مارپیچ چهار، پنج و N-جانبه دفاع کند.

۵. جمع‌بندی، بحث و تحلیل

با توجه به مباحث مطرح‌شده در این مقاله، که بر اساس شماری از آخرین دستاوردها و یافته‌های مندرج در مراجع معتبر بین‌المللی تدوین شده است، به‌نظر می‌رسد که مرجع اصلی و مورد اجماع صاحب‌نظران حوزه نوآوری و تولید دانش، الگوی اولیه «مارپیچ سه‌جانبه» است که اتزکوئیر و لیدسدورف آن را به‌منزله الگویی مرجع در جهت ارزیابی، توسعه و بهبود تعاملات سه رکن مؤثر در تولید دانش و نوآوری در اقتصاد دانش‌بنیان ارائه کرده‌اند. پژوهشگران بعدی نیز این الگو و سه رکن مذکور را «هسته نوآوری»^۵ نامیده‌اند.

و خلق دانش کاربردی^۱ از طریق توجه به مسائل، خواسته‌ها و نیازهای واقعی کاربران و اجتماع است. (Carayannis and Campbell, 2012). شکل ۵ طرح‌واره‌ای از مارپیچ چهارجانبه را نشان می‌دهد.

۴. الگوی مارپیچ پنج و چندجانبه

در الگوی مارپیچ پنج‌جانبه با رویکرد توجه به «محیط‌های طبیعی»^۲، «محیط» نیز به‌عنوان رکن پنجم به الگوی مارپیچ چهار (و سه) جانبه افزوده می‌شود. همچنین الگوی مارپیچ پنج‌جانبه می‌تواند چارچوبی برای تجزیه و تحلیل چندرشته‌ای و میان‌رشته‌ای ناشی از توسعه پایدار^۳ و بوم‌شناسی اجتماعی^۴ قلمداد شود (Carayannis and Campbell, 2010, p. 61). دلیل اهتمام به این مهم، نیاز اساسی به برقراری توازن پایدار بین توسعه اقتصادی - اجتماعی و محیط طبیعی آن‌ها در جهت حفظ تمدن بشری است. بر این اساس، در الگوی مارپیچ سه‌جانبه بر توجه ویژه به قابلیت محرک بودن محیط‌های طبیعی و اهمیت آن در توسعه و پیشرفت آتی تولید دانش و سیستم‌های نوآوری تأکید شده است (Carayannis and Campbell, 2012, p. 17). بدین ترتیب، همان‌گونه که در شکل ۶ مشاهده می‌شود، جامعه بستر سیستم‌های نوآوری مارپیچ سه‌جانبه و محیط طبیعی بستر

1. User Knowledge
2. Natural Environments
3. Sustainable Development
4. Social Ecology

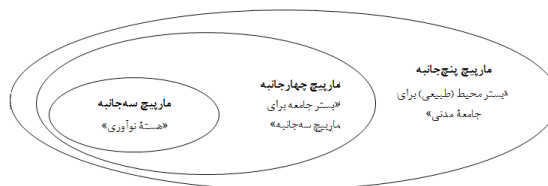
اجتماعی، سیاسی، اقتصادی، جغرافیایی و بافت حاکمیتی جوامع وجود دارد. از این رو نیاز است که، ضمن تحلیل دقیق و بررسی ابعاد مختلف الگوهای مطرح شده در اقتصادهای نوآور، الگوی جاری سیستم‌های نوآوری در کشور تدوین، انطباق و بهبود یابد و از طریق آن، ضمن استفاده از ظرفیت‌های موجود در الگوهای یادشده، زمینه بهبود تعاملات و مناسبات ارکان فعال نوآوری فراهم شود تا بتوان از ظرفیت‌های سه رکن «دانشگاه و فضاهای آموزشی»، «صنعت و فضای کسب‌وکار» و «دولت و نهاد حاکمیتی» به‌نحو احسن در توسعه نوآوری در مقیاس ملی استفاده کرد.

خلاصه و نتیجه‌گیری

اهمیت وجود خط‌مشی‌ها و زیرساخت‌های حاکمیتی (که از طریق دولت ایجاد می‌شود) در توسعه اقدامات صنعت و دانشگاه تا آنجا است که از دید برخی صاحب‌نظران، بدون وجود خط‌مشی‌های مستحکم و زیرساخت‌های لازم، عملکرد سایر نهادها مانند عقربه ساعت بدون موتور از حرکت عاجز است (پورعزت و حیدری، ۱۳۹۰، ص ۵۹). لذا، برای بهبود و تسهیل زمینه روابط اثربخش دانشگاه و صنعت، بهتر است از الگوها و ابزارهایی استفاده شود که در آن‌ها به نقش نهاد حاکمیتی (دولت) و دیگر ابعاد مؤثر در اقتصاد دانش‌بنیان در مسیر نوآوری و افزایش توان سیستم ملی نوآوری نیز توجه شده باشد.

در این مقاله، با هدف فراهم‌آوردن درک و دریافتی مشترک در جهت زمینه‌سازی برای هم‌افزایی عملکرد سه رکن محوری دانشگاه، صنعت و دولت در فرایند توسعه نوآوری، فناوری و تولید دانش، الگوهای مارپیچ سه، چهار و پنج‌جانبه با محوریت مقالات معتبر مرجع و بین‌المللی تبیین و بررسی شد. بررسی مقالات متعدد منتشرشده در مجامع بین‌المللی، که ناظر به وضعیت کشورهای مختلف نیز هست، نشان می‌دهد که قابلیت استفاده از ابزارهای مختلف الگوهای پیش‌گفته در کشور ایران نیز وجود دارد، به‌نحوی که می‌توان از این طریق زمینه تحلیل‌های بهتر را برای توسعه هم‌افزایی سه رکن مذکور در مسیر توسعه کشور فراهم کرد.

لذا پیشنهاد می‌شود، ضمن حمایت از مطالعات جامع و راهبردی، امکان استفاده از ظرفیت الگوهای یادشده و توسعه الگوهای کاربردی و بومی در جهت ارتقای هوشمندی در سیستم نوآوری در سطح ملی فراهم شود. این مهم باید در نهادهای مختلف به‌ویژه وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، معاونت علم و فناوری ریاست جمهوری، مجلس شورای اسلامی، دانشگاه‌ها و مؤسسه‌های آموزش عالی و دیگر نهادهای تصمیم‌ساز در عرصه توسعه فضاهای صنعتی و نوآوری به جد دنبال شود تا از طریق آن توسعه پایدار و فراگیر کشور و نیز اهداف مرتبط با دسترسی به



شکل ۶: جامعه بستر سیستم‌های نوآوری مارپیچ سه‌جانبه و محیط طبیعی بستر سیستم‌های نوآوری مارپیچ چهارجانبه (Carayannis and Campbell, 2012, p.18).

به‌طور طبیعی، بعد از توسعه الگوی مذکور، تلاش‌های متعددی برای افزایش شمار ارکان و حلقه‌های مؤثر در فرایند نوآوری و تولید دانش از منظرهای گوناگون آغاز و الگوهای بعدی در قالب الگوهای مارپیچ چهار و پنج‌جانبه ارائه شد. در ابتدا «جامعه» به‌عنوان رکن چهارم الگوی مارپیچ چهارجانبه و بستر مارپیچ سه‌جانبه مطرح شد. در این الگو، هدف اصلی «توجه به نیازهای جامعه در فرایند تولید دانش و نوآوری» بود. فرض اساسی در الگو-چنان‌که پیش‌تر توضیح داده شد- ضرورت توجه به بستر اصلی تولید دانش و نوآوری، «جامعه رسانه‌بنیان و فرهنگ‌بنیان» و نیز «جامعه مدنی» محور فعالیت‌های علمی است تا از محوریت کاربران و نیازهای کاربری جامعه در پیچ‌وخم فرایندهای مرتبط با نوآوری و ذهنیت محققان، نوآوران و سیستم‌های نوآوری محافظت شود.

با توجه به دغدغه و رویکرد توجه به «محیط طبیعی» در فرایند توسعه، که در سال ۲۰۰۹ در اتحادیه اروپا نیز به یکی از دغدغه‌های اصلی فرایند توسعه نوآوری و فناوری تبدیل شده است، حلقه پنجم با عنوان «محیط» و «محیط طبیعی» بستر مارپیچ چهار (و سه) جانبه قلمداد شد. از این الگو برای پوشش نگرانی‌های محیطی مختلف نظیر ایجاد محیط و شرایط برد-برد برای توجه متوازن به کیفیت محیط طبیعی و هم‌افزایی نوآوری، تولید دانش، اقتصاد، دموکراسی و نیازمندی‌های توسعه محیط استفاده می‌شود. برای مثال، مبدعان و طراحان نظریه مارپیچ پنج‌جانبه، در یکی از پژوهش‌های خود در سال ۲۰۱۲، به تبیین قابلیت استفاده از الگوی مارپیچ پنج‌جانبه در رفع نگرانی درباره گرمایش زمین به‌مثابه چالش و نیز محرکی برای نوآوری پرداختند و درنهایت به این نتیجه رسیدند که الگوی مارپیچ پنج‌جانبه به رویکرد و عملکردی مناسب در خصوص این موضوع منجر می‌شود و، با توجه به اینکه در «محیط» در نقش محرک تولید دانش و نوآوری ظاهر می‌شود، شرایط مناسبی را برای به‌کارگرفته‌شدن در اقتصاد و جامعه دانش‌بنیان فراهم می‌سازد (Carayannis, et al., 2012).

با توجه به بررسی‌ها و تحلیل‌های صاحب‌نظران به‌ویژه لیدسدورف، از مهم‌ترین نظریه‌پردازان بحث مفهوم‌سازی و توسعه الگوهای اولیه و مبنایی، به‌نظر می‌رسد قابلیت توسعه ابعاد الگو و افزایش ارکان برحسب شرایط و محیط فرهنگی،

نوآوری چهار و پنج جانبه (Carayannis and Campbell, 2015).

- استفاده ترکیبی از الگوهای ماریپچ سه‌جانبه و ابزارهای فناوری اطلاعات و هوش مصنوعی در جهت تحلیل و توسعه الگوهای بهبود یافته روابط ارکان ماریپچ سه‌جانبه (Leydesdorff et al., 2014; Mègnigbèto, 2014; Zhang et al., 2014; Zhang et al., 2014).

- توجه به مفهوم نوین دموکراسی دانش و نوآوری^۴ (Carayannis and Campbell, 2012; Prainsack, 2012).

- استفاده هم‌زمان از رویکردهای عمیق کیفی و بررسی‌های کمی (Ryan et al. 2018; Liu et al. 2018).

مرور عناوین و تأمل بر مقوله‌های یادشده نشان می‌دهد که پرداختن به این موضوعات و بررسی دقیق و موشکافانه آن‌ها نیز، در کنار مبانی نظری الگوهای بررسی شده در این مطالعه، می‌تواند به بهبود درک و تقویت پژوهش‌های محققان کشور در زمینه ارتباط دانشگاه و صنعت منجر شود. همچنین پیشنهاد می‌شود مسئولان و فعالان حوزه سیاست‌گذاری علم، فناوری و نوآوری، به منظور تقویت هوشمندی در سیاست‌گذاری علم، فناوری و نوآوری، علاوه بر بررسی مفاهیم مطرح شده در این بخش و بررسی مقالات و مفاهیم یادشده، به شناسایی ظرفیت‌های مطلوب در سطح کشور اهتمام ورزند.

منابع

باقری، سید کامران (۱۳۸۲). «بررسی حلقه‌های مفقوده ارتباط دولت، دانشگاه و صنعت در ایران بر اساس رویکرد سیستم نوآوری». منتشر شده در مجموعه مقالات هفتمین کنگره سراسری همکاری‌های دولت، دانشگاه و صنعت: برای توسعه ملی، اصفهان: دانش‌پژوهان برین. ص ۸۷-۱۰۰.

باقری‌نژاد، جعفر (۱۳۸۲). «سیستم نوآوری ملی، بستر مناسب توسعه فناوری». منتشر شده در مجموعه مقالات هفتمین کنگره سراسری همکاری‌های دولت، دانشگاه و صنعت: برای توسعه ملی، اصفهان: دانش‌پژوهان برین. ص ۲۵۱-۲۶۴.

جعفری، مصطفی، اخوان، پیمان، ضرغامی، حمیدرضا (۱۳۹۴). «سنجش تعاملات دانشگاه، صنعت و دولت در مقالات علمی بخش نانو با رویکرد مدل تریپل هلیکس». تحقیقات کتابداری و اطلاع‌رسانی دانشگاهی. ۴۹(۳): ۳۹۳-۴۱۱.

خوراسگانی، ع. ر.، قاسمی، و.، ربانی، ر.، سده، م. ا. و افقی، ن. (۱۳۹۰). «تحلیل جامعه‌شناختی شیوه‌های تولید علم؛ تأملی در رویکردهای نوین». تحقیقات فرهنگی، ۱۶(۴).

رشید حاجی خواجه‌لو، صالح و حسام‌پور، ابودر (۱۳۹۰). «به‌سوی پارادایمی جدید از علم: تأملی انتقادی در باب ماهیت فراعلمی الگوی دوم تولید علم»،

جامعه و اقتصاد دانش‌بنیان تثبیت و تقویت شود.

گفتنی است که، همگام با روند غالب پژوهش‌های این حوزه در سطح بین‌المللی، غالب پژوهش‌های به‌انجام‌رسیده در حوزه تریپل هلیکس در ایران پویایی ارتباط دانشگاه-صنعت-دولت را به‌صورت کمی بررسی کرده‌اند؛ اما به‌تازگی ضرغامی (۱۳۹۵)، در رساله دکتری خود، با ترکیبی از تحلیل‌های کمی و کیفی بر اساس یکی از رویکردهای کشف و حل ابداعی مسئله (TRIZ) الگویی نوآورانه را برای انسجام ارکان ماریپچ سه‌جانبه در فرایند نوآوری در ایران ارائه داده است.

با توجه به تأکیدهای موجود در پژوهش‌های بین‌المللی و رویکردهای اخیر، امکان مطالعات کیفی^۱ در این عرصه در تمامی کشورها وجود دارد (Ryan et al. 2018; Liu et al. 2018)؛ زیرا مطالعات متعددی بر مبنای آنتروپی شانون و رویکرد اطلاعات متقابل برای کشف و مدل‌سازی پویایی و هم‌افزایی روابط دانشگاه-صنعت-دولت به انجام رسیده است (برای مطالعه بیشتر ر. ک: جعفری و همکاران، ۱۳۹۴). ازسوی دیگر، مطالعات کمی در سال ۲۰۱۴ نشان داده که اجرای الگوی ماریپچ سه‌جانبه در هر کشور و حتی منطقه‌ای نیازمند توجه به بسترهای بومی است و، مانند سیستم ملی نوآوری، برای آن نیز الگوی جهان‌شمول در جهت ارتقای انسجام سه رکن وجود ندارد و براین اساس نیاز به مطالعات بومی برحسب شرایط کشورها و بخش‌ها و مناطق مختلف امری بدیهی است. در همین زمینه، برای کشور ایران نیز ظرفیت مطالعات عمیق کیفی در حوزه تعاملات ارکان سه، چهار، پنج و چندجانبه وجود دارد.

پیشنهادهایی برای پژوهش‌های آتی

مباحث روزآمدتری نیز در حوزه تولید دانش و نوآوری در سطح ملی و با مطالعات موردی در مجلات معتبر بین‌المللی منتشر شده است که قابلیت بررسی‌های موشکافانه و استفاده کاربردی و پژوهشی در عرصه تعاملات ارکان ماریپچ سه‌جانبه خاصه تعاملات مرتبط با نوآوری و تولید دانش در سطح دانشگاه و صنعت را دارد. با توجه به محدودیت بررسی حاضر در تحلیل دقیق این موارد و بسترسازی برای پژوهش‌های آتی، در این بخش عنوان، هدف یا دستاورد پژوهش‌های منتخب در زمینه مذکور به‌اختصار بیان می‌شود:

- معرفی الگوی نوآوری باز جهانی^۲ برای تعاملات بین‌المللی و بسترسازی محیط کلان قانونی و سیاسی در تولید دانش و نوآوری (Villarreal and Calvo, 2015).

- بررسی تأثیر پژوهش‌های هنری و زیبایی‌شناختی^۳ در سیستم‌های

1. Qualitative

2. Global Open Innovation Model

3. Art and Artistic Research

4. Democracy of Knowledge and Innovation

- sustainable development and social ecology." *International Journal of Social Ecology and Sustainable Development*, 1(1), 41-69.
- Cooke, P., Uranga, M. and Etxebarria, G. (1997), "Regional innovation systems: institutional and organizational dimensions", *Research Policy*, Vol. 26 Nos 4/5, pp. 475-91.
- Dzisah, J., and Etkowitz, 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.
- Etkowitz, H. (2003). "Innovation in innovation: The triple helix of university-industry-government relations". *Social science information*, 42(3), 293-337.
- Etkowitz, H., and Leydesdorff, L. (1995). "The Triple Helix--University-industry-government relations: A laboratory for knowledge based economic development." *Easst Review*, 14(1), 14-19.
- Etkowitz, H., and 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. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00055-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00055-4).
- Gibbons, M. Camille, L and Helga Nowotny. (1994). *The New Production of Knowledge: The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies*. London. Sage Publications.
- Gray, M. (2008). "Knowledge production in social work: The 'gold standard' of mode 2?" Paper presented at the 34th Biannual Congress of the International Association of Schools of Social Work (IASSW) *Transcending Global-Local Divides*, Durban, South Africa.
- Gulbrandsen, M., and Langfeldt, L. (2004). In search of 'Mode 2': The nature of knowledge production in Norway. *Minerva*, 42(3), 237-250.
- دوفصلنامه راهبرد فرهنگ، تابستان و پاییز، شماره ۱۴ و ۱۵، ص ۱۶۵-۱۸۱.
- صمدی میارکلانی، حمزه و صمدی میارکلانی، حسین (۱۳۹۲). «نظریه‌ها و الگوهای ارتباط میان دانشگاه‌ها و صنعت در اقتصاد دانش‌بنیان»، مجله رشد فناوری، شماره ۲۵، ص ۵۹-۶۹.
- ضرغامی، حمیدرضا (۱۳۹۵). «ارائه مدل انسجام ارکان ماریپیج سه‌جانبه در فرایند نوآوری مبتنی بر TRIZ (مطالعه موردی: فناوری نانو)». رساله دکتری مهندسی صنایع - مدیریت سیستم و بهره‌وری، دانشگاه علم و صنعت 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)»، فصلنامه مدیریت توسعه فناوری، دوره ۳، شماره ۲، پاییز، ص ۵۵-۷۹.
- کریمیان اقبال، مصطفی (۱۳۸۲). «ایجاد پارک‌های فناوری در مجاورت دانشگاه‌ها، فرصت‌ها و چالش‌ها». منتشرشده در مجموعه مقالات هفتمین کنفرانس سراسری همکاری‌های دولت، دانشگاه و صنعت: برای توسعه ملی، اصفهان: دانش‌پژوهان برین. ص ۵۷-۷۲.
- هیرش، ورنر زد، وبر، لوک ای (۱۳۸۱). چالش‌های فراروی آموزش عالی در هزاره سوم، ترجمه رضا یوسفیان املشی، تهران: انتشارات دانشگاه امام حسین (ع)، چاپ اول.
- Carayannis, E. G. and Campbell, D. F. (2006). *Knowledge creation, diffusion, and use in innovation networks and knowledge clusters: a comparative systems approach across the United States, Europe, and Asia*. Greenwood Publishing Group.
- Carayannis, E.G, and Campbell, D. J. (2012). *Mode 3 Knowledge Production in Quadruple Helix Innovation Systems Mode 3 Knowledge Production in Quadruple Helix Innovation Systems* (Vol. 7, pp. 1-63). Springer New York.
- Carayannis, E., and Campbell, D. J. (2015). Art and Artistic Research in Quadruple and Quintuple Helix Innovation Systems. In G. Bast, E. G. Carayannis and D. F. J. Campbell (Eds.), *Arts, Research, Innovation and Society* (pp. 29-51): Springer International Publishing.
- Carayannis, E., Barth, T., and Campbell, D. (2012). "The Quintuple Helix innovation model: global warming as a challenge and driver for innovation". *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 1(1), 1-12. doi: 10.1186/2192-5372-1-2
- Carayannis, EG, and Campbell, DFJ (2010). "Triple Helix, Quadruple Helix and Quintuple Helix and how do knowledge, innovation and the environment relate to each other? A proposed framework for a trans-disciplinary analysis of

- Hagen, R. (2002). "Globalization, university transformation and economic regeneration: a UK case study of public/private sector partnership". *International Journal of Public Sector Management*, 15(3), 204-218.
- Kjørstad, M. (2008). Opening the Black Box—Mobilizing Practical Knowledge in Social Research Methodological Reflections based on a Study of Social Work Practice. *Qualitative Social Work*, 7(2), 143-161.
- Kuratko, Donald F. and Hodgetts, Richard M. (2001). *Entrepreneurship: A contemporary approach*, 5th Ed., Harcourt College Publisher
- 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. doi: 10.1007/s13132-011-0049-4
- Leydesdorff, L., and Etzkowitz, H. (1996). Emergence of a Triple Helix of university—industry—government relations. *Science and Public Policy*, 23(5), 279-286.
- Leydesdorff, L., and Etzkowitz, H. (2003). Can 'the public' be considered as a fourth helix in university-industry-government relations? *Report on the Fourth Triple Helix Conference, 2002. Science and Public Policy*, 30(1), 55-61.
- Leydesdorff, L., Perevodchikov, E., and Uvarov, A. (2014). 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. doi: 10.1002/asi.23258
- Liu, Y. and Q. Huang, University capability as a micro-foundation for the Triple Helix model: The case of China. *Technovation*, 2018.
- Lundvall, B.-A. (1992), *National Systems of Innovation – Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, London: Printer
- Mêgnigbêto, E. (2014). Efficiency, unused capacity and transmission power as indicators of the Triple Helix of university—industry—government relationships. *Journal of Informetrics*, 8(1), 284-294. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joi.2013.12.009>
- Moravec, J. W. (2007). *A new paradigm of knowledge production in Minnesota Higher Education: A Delphi study: ProQuest*.
- Natário, M. M., Couto, J. P. A., and 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. doi: 10.1108/17561411211208758
- Nowotny, H. (2006). "Real science is excellent science—how to interpret post-academic science, Mode 2 and the ERC". *Journal of Science Communication*, 5(4), 1-3.
- Nowotny, H., Scott, P., and Gibbons, M. (2003). Introduction: Mode 2 revisited: The new production of knowledge. *Minerva*, 41(3), 179-194.
- Prainsack, B. (2012). Elias G. Carayannis and David F. J. Campbell, Mode 3 Knowledge Production in Quadruple Helix Innovation Systems: 21st-Century Democracy, Innovation, and Entrepreneurship for Development. *Minerva*, 50(1), 139-142. doi: 10.1007/s11024-012-9194-6
- Ryan, P., W. Geoghegan, and R. Hilliard (2018). The microfoundations of firms' explorative innovation capabilities within the triple helix framework. *Technovation*.
- Villarreal, O., and Calvo, N. (2015). "From the Triple Helix model to the Global Open Innovation model: A case study based on international cooperation for innovation in Dominican Republic". *Journal of Engineering and Technology Management*, 35(0), 71-92. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jengtecman.2014.10.002>.
- Zhang, Y., Zhou, X., Porter, A., and Vicente Gomila, J. (2014). How to combine term clumping and technology roadmapping for newly emerging science & technology competitive intelligence: "problem & solution" pattern based semantic TRIZ tool and case study. *Scientometrics*, 1-15. doi: 10.1007/s11192-014-1262-2
- Zhang, Y., Zhou, X., Porter, A., Gomila, J. V., and 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. doi: 10.1007/s11192-013-1090-9