بررسی رابطه متغیرهای اثرگذار بر توسعه علم، توسعه فناوری و رشد اقتصادی درایران با رویکرد پویایی سیستم

* هومن شبابی ** محمود یحیی زاده فر *** سعید راسخی **** میثم شیرخدایی
*استادیار گروه مدیریت مؤسسه آموزش عالی غیر انتفاعی- غیر دولتی راه دانش بابل
**استاد، گروه مدیریت بازرگانی، دانشگاه مازندران
***استاد، گروه اقتصاد بازرگانی، دانشگاه مازندران
****دانشیار، گروه مدیریت، دانشگاه مازندران
elahi@modares.ac.ir

چکیده

سهم خدمات دانش بنیان و صنایع مبتنی بر فناوری های پیشرفته در تولید ناخالص داخلی بسیاری از کشورها رو به افزایش است به طوری که در اقتصادهای توسعه یافته ای نظیر آمریکا این سهم به ۴۰ درصد می رسد. ورود عنصر دانش و فناوری در تابع تولید به معنای افزایش چشمگیر بازدهی هاست و غفلت از اهمیت روزافزون فناوری در رشد و توسعه اقتصادی، شکاف میان کشورهای پیشرو و عقب مانده تر را به صورت نمایی افزایش می دهد. پژوهش حاضر ضمن مطالعه عمیق ادبیات و مشخص کردن معیارهای اثرگذار بر سه حوزه توسعه علم، توسعه فناوری و رشد اقتصادی و تعیین روابط میان آنها، ۱۴ معیار مشترک در ارتباط این سه حوزه را شناسایی نموده و با بهره گیری از نظر خبرگان این حوزه ها (۱۳ خبره ایرانی ساکن داخل و خارج از ایران)، در قالب رویکرد پویایی سیستم و با استفاده از نرم افزار و نسیم، به بررسی رابطه میان متغیرهای این سه حوزه در ایران پرداخته است. با بررسی چهار سناریوی مختلف طی بازه زمانی ده ساله، نتایج پژوهش نشان می دهد سه حوزه مورد بررسی در شبکه ای از ارتباطات پیچیده با هم در تعامل بوده و نفش کلیدی همگرایی سیاسی- اقتصادی در این ارتباط، زمینه ساز توسعه علم، توسعه فناوری و رشد اقتصادی در ایران است. این پژوهش می تواند راهگشای سیاستگذاریهای بهتر در ایران در حوزه های مورد بررسی باشد.

واژه های کلیدی: توسعه علم، توسعه فناوری، رشد اقتصادی، پویایی سیستم، سناریو.

۱. مقدمه

هدف اقتصاد در علم، درک تأثیر علم بر پیشرفت فناوری، توضیح رفتار دانشمندان و درک کارآمدی یا ناکارآمدی نهادهای علمی است. آدام اسمیت[1] به عنوان پیشتاز "اقتصاد کلاسیک"، اولین اقتصاد دانی بود که نظریه خود را در این بحث ارائه داد. او در نظریه "عواطف اخلاق"، انگیزه نیوتن[2] را بیشتر نتیجه کنجکاوی او می داند تا میل به ثروت و شهرت. اقتصاد علم "مدرن"، از سه موضوع اصلی نشأت گرفته است.

مورد اول، بیان سهم پیشرفت های علمی در پیشرفتهای فناورانه و متعاقباً پیشرفت رشد و بهره وری است. مورد دوم که تا حد زیادی با مباحث تاریخ و فلسفه علم اشتراک دارد، بیان چگونگی پیشرفت علم است و مورد سوم، جمع آوری داده های تجربی و تحلیل اقتصادی منبع عرضه و تقاضا و بهره وری دانشمندان است (دایاموند[3]، ۲۰۰۸).

اهمیت فناوری به عنوان یک محرک رفاه و رشد اقتصادی از زمان انتشار اثر بزرگ آدام اسمیت "ثروت

[1] - Adam Smith
[2] - Newton
[3] - Diamond

ملل" در سال ۱۷۷۶ مورد توجه قرار گرفته است. اگر فرض بر این باشد که فناوری مهمترین محرک رشد اقتصادی است، حال باید مهمترین منبع فناوری را بررسی نمود. نظریات روزنبرگ[۴] برای سالهای زیادی توسط بسیاری از اقتصاد دانان مورد بررسی قرار گرفته است. وی، فناوریهای جدید را به صورت یک "جعبه سیاه[۵]" نام گذاری کرد (روزنبرگ، ۱۹۹۲). طی سالهای بعد، اقتصاد دانان و از جمله خود او تلاش کردند نقش علم را در آنچه درون این جعبه سیاه می رود توصیف کنند. بسیاری از اقتصاددانان مورخ، نقش علم را در پیشرفت فناوری و رشد اقتصادی در سالهای طولانی مورد بررسی قرار داده اند. برخی از آنها نظیر موکر[۶] (۱۹۹۲)، روزنبرگ[۷] (۱۹۹۲) و لندز[۸] (۱۹۶۹) بر این باورند که توسعه علمی برای پیشرفت سریع و قابل توجه فناوری و رشد اقتصادی لازم است ولی کافی نیست (موکر، ۱۹۹۲؛ روزنبرگ، ۱۹۹۲؛ لندز، ۱۹۶۹؛ دایاموند، ۱۹۹۶).

ارتقاء بهره وری از طریق رشد فناوری، یکی از اهداف اصلی اقتصاد هر کشور است. زیرا با منابع تولیدی موجود، تنها عاملی که می تواند منحنی امکانات تولید را به سمت بیرون انتقال دهد، ارتقاء بهره وری و فناوری است. واردات فناوری از خارج و سرمایه گذاری در سرمایه انسانی و فعالیتهای تحقیق و توسعه، به صورت مستقیم و غیر مستقیم بر سطح فناوری و بهره وری عوامل تأثیر می گذارند (تیکسیرا و فورچونا[۹]، ۲۰۱۰)، اثر مستقیم آن به راحتی قابل درک است اما اثر غیر مستقیم آن را باید در برخورد و تعامل با متغیرهای علمی جامعه جستجو کرد. به عبارت دیگر، بزرگی اثر غیر مستقیم واردات فناوری بر پیشرفت فناوری، به میزان توانایی جامعه (میزان سرمایه انسانی و تحقیق و توسعه) بستگی دارد (آبراموویتز[۱۰]، ۱۹۸۶).

سرمایه گذاری در سرمایه انسانی و فعالیتهای تحقیق و توسعه (فعالیتهای ظرفیت ساز) نیز اثرات مستقیم و غیر مستقیم بر ارتقاء فناوری و بهره وری خواهد داشت. اثر مستقیم سرمایه های ظرفیت ساز از اینجا ناشی می شود که توان جامعه را در ابتکارات و شکل دادن به ایده های نو بالا می برد و بدین ترتیب، تولید فناوری و ارتقاء بهره وری را موجب می شود. اما اثر غیر مستقیم آن، این است که وقتی فناوری خارجی وارد می شود، جامعه داخلی می تواند با میزان سرمایه انسانی و فعالیتهای تحقیق و توسعه موجود، به یادگیری فنون و علوم نهفته در فناوری خارجی پرداخته و در حد توان علمی کشور، آنها را به دایره فناوری داخل کشور اضافه نماید. این تعریف و ساز و کار فرضیه جذب فناوری در ادبیات اقتصاد فناوری است (سلمانی و همکاران، ۱۳۹۳).

هر چه زیر بنای علمی کشوری قویتر باشد، در شناسایی فناوری و استفاده از دامنه و حیطه علمی فناوری خارجی موفقتر عمل می نماید و قدرت جذب فناوری بالایی خواهد داشت (ساویدس و زاخاریادیس[۱۱]، ۲۰۰۵). به طور معکوس، کشور ضعیف نمی تواند فناوری را به خوبی جذب نماید و از منافع غیر مستقیم فناوریهای وارداتی بهره مند شود.

بیش از پیش مشخص است که ایجاد و نشر دانش فناورانه در درون مرزهای یک کشور، برای رسیدن به رشد اقتصادی، اهمیت بسیاری دارد. همچنین توجه به ارتباط دانشگاه- صنعت- دولت و مشکلات و موانع موجود بر سر راه آنها هم نباید در این بررسی، فراموش گردد (شفیعی و موسوی، ۱۳۹۲؛ تاج گردون و همکاران، ۱۳۹۳؛ حقی و صباحی، ۱۳۹۳). در ایران، در سالیان اخیر نهادهای سیاستگذار تلاش نموده اند تا زمینه توسعه علم و فناوری را در راستای رشد اقتصادی در ابعاد مختلف فراهم آورند. اما مسأله ای که در اینجا وجود دارد این است که این نهادها، هماهنگی های لازم را با یکدیگر نداشته و همچنین اتفاق نظری بر سر عوامل اثر گذار بر توسعه علم و فناوری که بتواند رشد اقتصادی را به دنبال داشته

[4] - Rosenberg
[5] - Black Box
[6] - Mokyr
[7] - Rosenberg
[8] - Landes
[9] - Teixeira & Fortuna
[10] - Abramovitz
[11] - Savvides & Zachariadis

باشد، با وجود تصریح برخی از این عوامل در سند چشم انداز ۱۴۰۴، وجود ندارد. علاوه بر این، پژوهشی که به صورت کامل همه این ابعاد را از دید خبرگان و دست اندرکاران حوزه های علم و فناوری و همچنین اقتصاد مورد بررسی قرار دهد، در کشور انجام نشده و عمده تحقیقات به صورت صرفاً فلسفی (تقوی، ۱۳۸۷) و یا صرفاً کمی انجام شده است (پژویان و فقیه نصیری، ۱۳۸۸؛ نوروزی چاکلی و مددی، ۱۳۹۴). ضمناً پژوهشی که به بررسی ارتباط میان توسعه علم و رشد اقتصادی در ایران بپردازد، تا کنون مشاهده نشده است.

بر این اساس، پژوهش حاضر درصدد است ارتباط میان متغیرهای اثرگذار بر توسعه علم، توسعه فناوری و رشد اقتصادی در ایران را مورد بررسی قرار دهد که برای این منظور، در ابتدا، ضمن مطالعه عمیق پیشیمه تجربی و استخراج متغیرهای اثرگذار بر سه حوزه در ایران و جهان، مدل دیماتل مبتنی بر فرآیند تحلیل شبکه با نظر سنجی از خبرگان ترسیم شده و سپس از رویکرد پویایی سیستم استفاده خواهد شد. سوال اصلی که در این پژوهش مطرح می شود این است که به جهت سیاستگذاری مناسب علمی و فناورانه در راستای رشد اقتصادی در ایران، چه اولویتهایی باید مد نظر قرار گیرند؟ به همین منظور ابتدا نظر خبرگان در خصوص عوامل موثر بر هر سه بخش توسعه علم، توسعه فناوری و رشد اقتصادی ارزیابی می گردد و سپس مدلی پویا از این ارتباط برای ایران ارائه و رفتار مدل در بازه زمانی ده ساله بررسی می گردد. این مدل می تواند راهگشای سیاستگذاریهای بهتر در زمینه علم و فناوری و از طرف دیگر راهگشای سیاستگذاریهای اقتصادی باشد.

در بخش دوم این پژوهش به مبانی نظری و پیشینه، در بخش سوم به روش شناسی، در بخش چهارم به یافته های پژوهش و نهایتاً در بخش پنجم به بحث و نتیجه گیری پرداخته می شود.

۲. مبانی نظری و پیشینه

توسعه علمی عبارت است از رشد همراه با افزایش ظرفیت‌های علمی اعم از ظرفیت‌های فیزیکی، انسانی و اجتماعی (شاهین و مهبد، ۱۳۸۵). توسعه فناوری نیز عبارت است از خلق فناوری جدید و متناسب با نیازهای جامعه با استفاده از دانش انتقال دهنده فناوری و مهارت و تجربیات کسب شده در روند انتقال فناوری و همچنین تحقیق و توسعه داخلی. توسعه فناوری به دنبال ایجاد و ارتقاء سطح فناوری در یک بنگاه و یا یک جامعه است (مهدوی، ۱۳۸۰). با توجه به تعاریف مذکور، از دیر باز اندیشمندان مختلفی به دنبال بررسی تعامل این دو حوزه مهم با بخشهای مختلف زندگی انسان از جمله حوزه اقتصاد و مفهوم رشد اقتصادی بوده اند. برای اینکه بتوان از توسعه علمی و توسعه فناوری در راستای رشد اقتصادی استفاده نمود، در ابتدا باید عوامل اثر گذار بر توسعه علم و توسعه فناوری و همچنین تعامل این عوامل با عوامل اثر گذار بر رشد اقتصادی را مورد بررسی قرار داد.

توسعه علمی دارای نماینده ای[12] (پروکسی) به نام تعداد مقالات منتشر شده در نشریات علمی و تخصصی است که در پژوهشهای متعددی مد نظر قرار گرفته و ارتباط آن با رشد اقتصادی مورد بررسی قرار گرفته است. بامول[13] (۱۹۸۶) با مطالعه مروری داده های مربوط به امور پژوهشی بکار گرفته شده در صنعت مربوط به دانشگاه مدیسون[14] طی سالهای ۱۸۷۰-۱۹۷۹ میلادی در ۱۶ کشور توسعه یافته دریافت که رشد ادواری بهره وری، سرانه تولید ناخالص داخلی و صادرات این کشورها بسیار به این پژوهشها وابسته است. البته وی اذعان داشت که این پژوهش باید در کشورهای در حال توسعه و کمتر توسعه یافته نیز آزمون گردد تا صحت این ادعا بهتر مورد بررسی قرار گیرد (بامول، ۱۹۸۶). آبرامو‌ویتز[15] (۱۹۸۶) نیز در پیروی از پژوهش بامول (۱۹۸۶) با مطالعه مروری داده های مربوط به امور پژوهشی بکار

[12] - Proxy
[13] - Baumol
[14] - Maddison
[15] - Abramovitz

گرفته شده در صنعت مربوط به دانشگاه مدیسون طی سالهای ۱۹۷۹-۱۸۷۰ میلادی در ۱۶ کشور توسعه یافته، دریافت که همگرایی میان وضعیت سیاسی-اقتصادی این کشورها به تحقیقات دانشگاهی آنها وابسته است (آبرامو‌ویتز، ۱۹۸۶). به پیروی از پژوهشهای باومول (۱۹۸۶) و آبرامو‌ویتز (۱۹۸۶)، جف[16] (۱۹۸۹)، وینکلر[17] (۲۰۰۸)، لی و همکاران[18] (۲۰۱۱)، اینگلزی-لوتز و پوریس[19] (۲۰۱۳)، اینگلزی-لوتز و همکاران (۲۰۱۴)، انتولی و همکاران[20] (۲۰۱۵) و اینگلزی-لوتز و همکاران (۲۰۱۵) نیز پژوهشهای مشابهی را در ارتباط با نقش پژوهشهای دانشگاهی در رشد اقتصادی و بالعکس در کشورهای مختلف جهان انجام داده و ارتباط دوسویه میان این دو حوزه را تأیید کردند (جف، ۱۹۸۹؛ وینکلر، ۲۰۰۸؛ لی و همکاران، ۲۰۱۱؛ اینگلزی- لوتز و پوریس، ۲۰۱۳؛ اینگلزی-لوتز و همکاران، ۲۰۱۴؛ انتولی و همکاران، ۲۰۱۵؛ اینگلزی-لوتز و همکاران، ۲۰۱۵). البته اگر این پژوهشها به صورت کاربردی در آیند و در صنعت بکار روند، می توانند زمینه ساز توسعه فناوری نیز باشند (کوهن و همکاران[21]، ۲۰۰۲؛ مازولنی و نلسون[22]، ۲۰۰۷).

غیر از تعداد مقالات منتشر شده در نشریات علمی و تخصصی، عوامل دیگری نیز به عنوان عوامل اثر گذار بر توسعه علمی در پژو هشهای مختلفی مد نظر قرار گرفتند. آگیون و همکاران[23] (۲۰۰۹) به بررسی مطالعات انجام شده در زمینه پویاییهای علم، فناوری و نوآوری در عرصه رشد اقتصادی پرداختند. به عقیده آنها عواملی نظیر تحصیلات و علم گرایی جامعه، رقابت، عوامل اقتصاد کلان و بازار نیروی کار بر علم و فناوری و نهایتاً رشد اقتصادی اثر گذارند (آگیون و همکاران، ۲۰۰۹). توفیقی و فراستخواه (۱۳۸۱) نیز در تحقیقی مشابه در ایران عواملی نظیر توسعه فرهنگ علم گرایی، رشد نیروی انسانی متخصص، بودجه، هماهنگی نهادهای سیاستگذار، توسعه محیط حقوقی و توسعه زیرساختها را در توسعه علمی مؤثر تشخیص دادند (توفیقی و فراستخواه، ۱۳۸۱). در تحقیقی مشابه، ذاکر صالحی (۱۳۹۰) به تحلیل محتوای حوزه علم و فناوری در ایران در راستای توسعه آموزش عالی پرداخت و علاوه بر تأیید لزوم انسجام میان واحدهای سیاستگذاری علم و فناوری، به نقش استقلال نهادهای علمی در توسعه علم نیز اشاره نمود (ذاکر صالحی، ۱۳۹۰).

لیچنگ[24] (۲۰۱۱) به مقایسه رابطه میان نقش ورودیهای علم و فناوری و رشد اقتصادی در سه منطقه ساحلی چین در دوره زمانی ۲۰۰۸-۱۹۹۴ میلادی با بهره گیری از داده های تابلویی پویا پرداخت. او برای این منظور، از تولید ناخالص داخلی واقعی به عنوان نماینده رشد اقتصادی و از نیروی انسانی و بودجه تحقیق و توسعه به عنوان نماینده ورودیهای علم و فناوری بهره گرفت. نتایج حاصله حاکی از ارتباط مثبت و معنادار میان ورودیهای علم و فناوری و رشد اقتصادی بود (لیچنگ، ۲۰۱۱).

نوروزی چاکلی و مددی (۱۳۹۴) در قالب یک پژوهش علم سنجی و با بهره گیری از آزمون همبستگی اسپیرمن[25]، تأثیر قدرت اقتصادی (تولید ناخالص داخلی) را بر جایگاه علم و فناوری ۳۸ کشور دارای شاخص هرش[26] بالای ۱۰۰ در دوره زمانی ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۰ میلادی مورد بررسی قرار دادند و دریافتند که میان دو دسته شاخص های قدرت اقتصادی و شاخص های جایگاه علم و فناوری کشورها همبستگی مثبتی وجود دارد. همچنین میان میزان سرمایه گذاری در علوم و فناوری و سطح توسعه یافتگی علوم کشورها نیز ارتباطی مستقیم برقرار است. علاوه بر این، آنها دریافتند که کشورهایی که از قدرت اقتصادی مناسبی برخوردارند، از نظر علم و فناوری نیز

16 - Jaffe
17 - Vinkler
18 - Lee et al
19 - Inglesi-Lotz & Pouris
20 - Ntuli et al
21 - Cohen et al
22 - Mazzoleni & Nelson
23 - Aghion et al
24 - Licheng
25 - Spearman Correlation test
26 - Hirsch Index

در جایگاه مطلوبی قرار دارند (نوروزی چاکلی و مددی، ۱۳۹۴).

توسعه فناوری نیز دارای نماینده ای به نام حق ثبت اختراع (پتنت) است.گرشنکران[۲۷] (۱۹۶۲) در کتاب خود تحت عنوان "بازنگری اقتصاد در منظر تاریخ[۲۸]" اولین کسی بود که ضمن بررسی سیر تاریخی اثر علم و فناوری بر رشد اقتصادی، تعداد حق ثبت اختراع موجود در بخش خصوصی را به عنوان معیار و نماینده ای[۲۹] مناسب برای اندازه گیری توسعه فناوری در نظر گرفت (گرشنکران، ۱۹۶۲). علاوه بر این، عواملی غیر از عوامل مذکور در فوق نیز بر توسعه فناوری موثرند که از آن جمله می توان به بودجه تحقیق و توسعه (لیچنگ، ۲۰۱۱؛ پرادان و همکاران[۳۰]، ۲۰۱۵؛ ونگ و لیو[۳۱]، ۲۰۱۵؛ محمودزاده و محسنی، ۱۳۸۴؛ شاه آبادی و سجادی، ۱۳۹۰)، تولید ناخالص داخلی (ژائو و های ژینگ[۳۲]، ۲۰۱۲؛ نوروزی چاکلی و مددی، ۱۳۹۴)، بهبود سیاست صنعتی و نظام تجاری و نظام حقوقی فناوری (حاجی حسینی، ۱۳۸۷) و توسعه زیر ساختها (نیم و حسین[۳۳]، ۲۰۱۶) اشاره نمود.

بسیاری از عوامل اثر گذار بر توسعه علم و فناوری که پیش از این اشاره شد بر رشد اقتصادی اثر گذار بوده و از آن تأثیر می پذیرند. به هر حال، با بررسی ادبیات، ۸ عامل نرخ رشد جمعیت (ارو[۳۴]، ۱۹۶۲؛ دلالی اصفهانی و همکاران، ۱۳۹۱)، رشد سرانه تولید ناخالص داخلی (باومول، ۱۹۸۶؛ دلالی اصفهانی و همکاران، ۱۳۹۱)، همگرایی سیاسی- اقتصادی (آبراموویتز، ۱۹۸۶؛ آگیون و همکاران، ۲۰۰۹)، سرمایه گذاری در تحقیق و توسعه (انباشت سرمایه آموزشی و پژوهشی شامل مقالات و پتنت) (پلوسیلا[۳۵]، ۲۰۰۴؛ آگیون و همکاران، ۲۰۰۹؛ لی و همکاران، ۲۰۱۱؛ اینگلزی- لوتز و همکاران، ۲۰۱۴؛ انتولی و همکاران، ۲۰۱۵؛ مارکوویچ و همکاران[۳۶]، ۲۰۱۷؛ واعظ و قنبری، ۱۳۸۷؛ شاه آبادی و سجادی، ۱۳۹۰؛ آل عمران . همکاران، ۱۳۹۲؛ محمودزاده و محسنی، ۱۳۸۴؛ عزیز محمدلو، ۱۳۹۶)، کیفیت نیروی کار (انباشت سرمایه انسانی) (آگیون و همکاران، ۲۰۰۹؛ تکسیرا و کیروش[۳۷]، ۲۰۱۶؛ شاه آبادی و سجادی، ۱۳۹۰؛ مهرگان و همکاران، ۱۳۹۱؛ دلالی اصفهانی و همکاران، ۱۳۹۱)، حقوق مالکیت فکری (نیکومرام و همکاران، ۱۳۹۲)، سایر عوامل مربوط به اقتصاد کلان (نرخ ارز، نرخ تورم، نرخ بهره و ...) (کمیجانی و محمودزاده، ۱۳۸۷) و توسعه زیر ساختها، امکانات و تجهیزات علمی و صنعتی (نیم و حسین، ۲۰۱۶؛ توفیقی و فراستخواه، ۱۳۸۱) نیز به عنوان عوامل (معیارهای) اثر گذار بر رشد اقتصادی تشخیص داده شدند.

در یکی از جدیدترین پژوهشهای انجام شده نیز، مارکوویچ و همکاران (۲۰۱۷) نرخ رشد تولید ناخالص داخلی ۲۸ کشور عضو اتحادیه اروپا را بر اساس ده عامل مربوط به علم و فناوری یعنی مخارج تحقیق و توسعه در تولید ناخالص داخلی، مقالات مجلات علمی و فنی، حق ثبت اختراع افراد مقیم و غیر مقیم، ثبت مارک تجاری توسط افراد مقیم و غیر مقیم، کل مارکهای تجاری ثبت شده، تعداد پژوهشگران شاغل در بخش تحقیق و توسعه، تعداد متصدیان فنی شاغل در بخش تحقیق و توسعه و صادرات فناوریهای برتر سنجیدند و دریافتند که این عوامل سهم قابل توجهی در رشد تولید ناخالص داخلی داشته اند. برای این منظور، پژوهشگران از ماشین یادگیری شدید[۳۸]، برنامه ریزی ژنتیک[۳۹]، شبکه های عصبی مصنوعی[۴۰] و منطق فازی[۴۱] بهره گرفتند و نتایج حاصل از هر کدام از آنها را باهم مقایسه نمودند. نتایج، حاکی از قدرت پیش بینی کنندگی قویتر ماشین یادگیری شدید نسبت به

[27] - Gerschenkron
[28] - Economic Backwardness in Historical Perspective: A Book of Essays
[29] - Proxy
[30] - Pradhan et al
[31] - Wang & Liu
[32] - Zhao & Hai Qing
[33] - Naym & Hossain
[34] - Arrow
[35] - Plosila
[36] - Marković et al
[37] - Teixeira & Queirós
[38] - Extreme Learning Machine (ELM)
[39] - Genetic Programming (GP)
[40] - Artificial Neural Network (ANN)
[41] - Fuzzy Logic

سایر روشهای پیش بینی و شبیه سازی، در الگوسازی رشد اقتصادی بر پایه علم و فناوری، دارد (مارکوویچ و همکاران، ۲۰۱۷).

بیش از پیش مشخص است که تعامل میان حوزه های توسعه علم، توسعه فناوری و رشد اقتصادی بسیار حائز اهمیت بوده و چه بسا زمینه ساز توسعه فرهنگی و اجتماعی نیز خواهد بود به همین خاطر، با بهره گیری از ادبیات موجود، سعی شده است تا اهمیت این عوامل در ایران و نحوه تعامل آنها با همدیگر، به جهت اولویت بندی سیاستگذاری، در این پژوهش مورد بررسی قرار گیرد. این مهم، تا کنون در پژوهشی مستقل در ایران صورت نگرفته است.

۳. روش شناسی

به جهت سنجش وجود یا عدم وجود رابطه میان متغیرها در سه حوزه مورد بررسی در ایران، باید این متغیرها را در پرسشنامه وارد نمود تا خبرگان به آنها پاسخ دهند. به دلیل وجود متغیرهای مشترک میان این سه حوزه و همچنین احتمال اثر گذاری غیر مستقیم برخی متغیرهای اختصاصی حوزه ها بر روی همدیگر، متغیرها یکپارچه شده تا پرسشنامه خبرگان مناسبتری طراحی گردد. در مجموع، ۱۴ متغیر به جهت تشکیل پرسشنامه خبرگان تشخیص داده شدند که در جدول (۱) نمایش داده شده اند. لازم به ذکر است که به دلیل حجم بالای متغیرهای اثر گذار، متغیرها یکپارچه سازی شدند تا بتوان روابط میان آنها را بهتر مورد بررسی قرار داد.

پژوهش حاضر در ارائه مدل نظری است اما در سطح کلان، کاربردی می باشد. این پژوهش استقرایی-قیاسی بوده و ترکیبی از روشهای کمی و کیفی را بکار می گیرد و رویکرد اصلی آن روش ترکیبی اکتشافی است. در روش ترکیبی اکتشافی، ابتدا داده های کیفی به صورت دقیق گردآوری می شوند و سپس با گردآوری و تحلیل داده های کمی، نوع روابط میان متغیرها تعیین می گردد (تشکری و تدلی[۴۲]، ۲۰۰۳). برای این منظور، در ابتدا طیف وسیعی از عوامل اثر گذار بر توسعه علم، توسعه فناوری و رشد اقتصادی، به صورت کیفی و از طریق بررسی ادبیات مشخص گردید و سپس از طریق روش دلفی[۴۳] و فن دیماتل مبتنی بر فرآیند تحلیل شبکه[۴۴]، روابط عوامل مربوط به سه حوزه مورد مطالعه بررسی شد و مدل حاصل شد. در این پژوهش از نرم افزارهای اکسل[۴۵] و متلب[۴۶] استفاده شده است.

جامعه آماری پژوهش حاضر در بخش تشخیص عوامل اثر گذار بر توسعه علم، توسعه فناوری و رشد اقتصادی، خبرگان حوزه های اقتصاد و مدیریت ایرانی شاغل در بخشهای آموزشی، تحقیقاتی یا اجرایی در سطح ایران و جهان (بر اساس حوزه تخصصیشان و فعال در زمینه مسائل ایران) می باشند که از میان آنها ۱۳ نفر از اعضای هیأت علمی دانشگاهها و مراکز آموزش عالی (مقیم داخل یا خارج) و مدیران اجرایی سیاستگذاری علم و فناوری کشور انتخاب شده اند. به دلیل اینکه در پژوهشهای کیفی، هدف تعمیم یافته ها نیست، نیاز به محاسبه حجم نمونه در بخش کیفی نیست. در منابع مختلف، کفایت تعداد مناسب خبرگان در فن دلفی و دیماتل مبتنی بر فرآیند تحلیل شبکه ۱۰ تا ۱۲ نفر (اصغر پور، ۱۳۸۲، ص ۱۳۱) و یا ۴ الی ۱۴ نفر (باتاچاریا و مومایا[۴۷]، ۲۰۰۹) ذکر شده است.

معیارهایی که در انتخاب خبرگان در این پژوهش مد نظر قرار گرفتند شامل حضور خبرگان دانشگاهی در کنار خبرگان حرفه ای و تجربی، وجود حداقل یک خبره که در این زمینه ها پیشرو و صاحبنظر باشد؛ وجود خبرگانی که دیدگاههای سیاستگذاری متفاوت دارند؛ وجود خبرگانی که دارای سوابق مدیریتی سطح کلان بوده اند یا دارند و وجود خبرگانی که خود نقشی را در فرآیند توسعه علم، توسعه فناوری یا رشد اقتصادی ایران ایفا کرده اند، می باشد.

در ادامه، مدل ارتباطی بدست آمده در دیماتل مبتنی بر فرآیند تحلیل شبکه، با استفاده از فن پویایی

[42] - Tashakkori & Teddlie

[43] - Delphi
[44] - DEMATEL
[45] - Excel
[46] - MATLAB
[47] - Bhattacharya & Momaya

سیستم و بهره گیری از نرم افزار ونسیم[۴۸] به مدل پویا تبدیل گردید و رفتار مدل در بازه زمانی ۱۰ ساله مورد بررسی قرار گرفت.

۴. یافته های پژوهش

۴-۱- ترسیم مدل ایستا

پس از طراحی پرسشنامه دیماتل مبتنی بر فرآیند تحلیل شبکه، نظر خبرگان در مورد مناسب بودن روایی، اخذ و اعمال شد. در این پژوهش از روایی محتوایی استفاده گردید، بدین صورت که پرسشنامه به صورت آزمایشی در اختیار دو تن از خبرگان قرار گرفت و نظرات اصلاحی آنها به جهت افزایش روایی اعمال گردید. در مورد پایایی نیز از پایایی آزمون- پس آزمون استفاده شد و دو هفته بعد از ارسال پرسشنامه، مجدداً برای دو نفر از خبرگان مشارکت کننده در پژوهش ارسال گردید تا این اطمینان حاصل شود که همبستگی پاسخها حداقل از هفتاد درصد بیشتر است. در نهایت، پرسشنامه در اختیار خبرگان منتخب در دو مرحله قرار گرفت تا اجماع بر سر نتایج بدست آمده حاصل گردد.

در این بخش از پژوهش، با استفاده از ۱۴ معیاری که در مرحله قبل مشخص شدند، پرسشنامه دیماتل مبتنی بر فرآیند تحلیل شبکه طراحی شده، در اختیار ۱۳ خبره منتخب قرار گرفت تا ارتباط میان عوامل (معیارهای) اثر گذار بر حوزه های توسعه علم، توسعه فناوری و رشد اقتصادی در ایران مشخص گردد. به عبارت دیگر، در این گام از خبرگان خواسته شد تا میزان تأثیرگذاری معیار i بر معیار j در بازه ۰ تا ۴ (از ضعیف به قوی) را نشان دهند. ماتریس ارتباط مستقیم حاصل میانگین ساده پاسخهای خبرگان در ارتباط میان متغیرها می باشد. پس از تشکیل ماتریسهای ارتباط مستقیم و غیر مستقیم و همچنین ماتریس روابط کامل، شدت و جهت تأثیر هر یک از متغیرهای ارتباطی سه حوزه مورد بررسی، تعیین گردید. به دلیل اینکه در این پژوهش، هدف توضیح روش دیماتل مبتنی بر فرآیند تحلیل شبکه نیست، صرفاً نتایج نهایی مدل در قالب جدول (۲) و شکل (۱) ارائه شده است[۴۹].

مدل بدست آمده به جهت ارزیابی در اختیار همان ۱۳ خبره پژوهش قرار گرفت و به صورت کلی و با اصلاحات جزیی تأیید شد. این اصلاحات شامل ارتباط دو سویه عوامل ۲ و ۵ و همچنین عوامل ۳ و ۷ بود که در مدل به صورت نقطه چین ترسیم شدند.

۴-۲- ترسیم مدل پویا

پویایی سیستم یکی از مناسبترین روشهایی است که برای درک سیستمهای پیچیده، با بهره گیری از فنون رایانه ای، توانمندی ویژه ای داشته و با توجه به تعاملات درونی میان بخشها و پارامترها، اقدام به حل مسأله می نماید و حالت تعادل را در سیستم برقرار می کند. به بیانی دیگر، مدل پویایی سیستم، یک مدل فراگیر است که حل معادلات همزمان آن، وضعیت تعادل عمومی را در تمامی چرخه ها نشان می دهد (طلوعی، ۱۳۹۰).

مهمترین هدف مدلسازی پویا، بررسی سیاستهای بالقوه مختلف برای بهبود عملکرد سیستم است. از میان این سیاستها، سیاستی که بهترین نتیجه را ارائه نماید، در عمل بکار گرفته می شود. برای مدلسازی سیستمهای پویا نرم افزارهای متعددی پیشنهاد شده اند که البته نرم افزار ونسیم در مقایسه با سایر نرم افزارهای مشابه عملکرد قابل قبول تری دارد. لذا، در پژوهش حاضر از این نرم افزار بهره گرفته شده است. در نرم افزار ونسیم نحوه تعامل میان متغیرها از طریق داده های موجود به همراه فرمولهای متعارف تعیین می شود. با نوشتن اولین معادله، آزمون شروع می شود. البته بخشی از آزمون، مقایسه رفتار شبیه سازی شده با رفتار واقعی سیستم است. اما آزمون، بیشتر در برگیرنده تکرار و انعکاس رفتار گذشته است. هر

[48] - Vensim

[۴۹] – برای توضیح مفصل تر مدل بدست آمده رجوع شود به مقاله شبابی، هومن؛ یحیی زاده فر، محمود؛ راسخی، سعید؛ شیر خدایی، میثم. (۱۳۹۷). تبیین ارتباط توسعه علم، توسعه فناوری و رشد اقتصادی درایران با رویکرد دیماتل مبتنی بر فرآیند تحلیل شبکه. مدیریت توسعه فناوری، در دست چاپ.

متغیری باید با یک مفهوم معنی دار در دنیای واقعـی مطابقت داشته باشد، همچنین هر معادله بـه منظـور سازگاری ابعادی، بایستی بررسی گردد.

جدول (۱): یکپارچه سازی متغیرهای اثر گذار بر توسعه علم، توسعه فناوری و رشد اقتصادی به جهت تشکیل پرسشنامه دیماتل مبتنی بر فرآیند تحلیل شبکه برای ایران

حوزه های مورد بررسی	متغیرهای اثرگذار بر هر حوزه مورد بررسی	یکپارچه سازی متغیرهای اثر گذار بر هر حوزه مورد بررسی	یکپارچه سازی متغیرهای سه حوزه مورد بررسی
توسعه علم	۱- افزایش تعداد مقالات منتشر شده در نشریات علمی و تخصصی ۲- افزایش سطح تحصیلات جامعه و توجه به علم و عالم ۳- رشد نیروی انسانی متخصص (توسعه منابع انسانی) ۴- افزایش بودجه تحقیقات دانشگاهی (توسعه منابع مالی و اعتباری) ۵- رشد تولید ناخالص داخلی ۶- هماهنگی و انسجام نهادهای سیاستگذاری علم ۷- ایجاد رابطه میان رشد علم و تولید علم ۸- توسعه فرهنگ علم گرایی ۹- توسعه ساختارهای مدیریت و برنامه ریزی علمی ۱۰- توسعه محیط حقوقی علم (حقوق مالکیت فکری حوزه علم) ۱۱- توسعه استاندارد و ارزیابی و نظام اعتبار سنجی و نظارت ملی بر علم ۱۲- توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات ۱۳- توسعه زیر ساختها، امکانات و تجهیزات علمی ۱۴- توسعه نهادهای علمی و استقلال آنها	۱- افزایش تعداد مقالات منتشر شده در نشریات علمی و تخصصی ۲- افزایش سطح تحصیلات جامعه و توجه به علم و عالم (توسعه فرهنگ علم گرایی) ۳- رشد نیروی انسانی متخصص (توسعه نیروی انسانی) ۴- افزایش بودجه تحقیقات دانشگاهی (توسعه منابع مالی و اعتباری) ۵- رشد تولید ناخالص داخلی ۶- هماهنگی و انسجام نهادهای سیاستگذاری علم ۷- توسعه نهادهای علمی و استقلال آنها ۸- توسعه محیط حقوقی علم (حقوق مالکیت فکری حوزه علم) ۹- توسعه زیر ساختها، امکانات و تجهیزات علمی	۱- افزایش تعداد مقالات منتشر شده در نشریات علمی و تخصصی (بند ۱ توسعه علم و بند ۲ توسعه فناوری) ۲- توسعه فرهنگ علم گرایی (بند ۲ توسعه علم) ۳- افزایش رشد و کیفیت نیروی انسانی متخصص (تلفیق بند ۳ توسعه علم، بند ۳ توسعه فناوری و بند ۵ رشد اقتصادی) ۴- افزایش بودجه و سرمایه گذاری در پژوهشهای دانشگاهی و تحقیق و توسعه صنعتی (تلفیق بند ۴ توسعه علم، بند ۴ توسعه فناوری و بند ۴ رشد اقتصادی) ۵- رشد تولید ناخالص داخلی (تلفیق بند ۵ توسعه علم، بند ۵ توسعه فناوری و بند ۲ رشد اقتصادی) ۶- هماهنگی، بهبود و انسجام نهادهای

توسعه فناوری	۱- افزایش تعداد حق ثبت اختراع (پتنت) ۲- رشد پژوهشهای پایه ۳- رشد نیروی انسانی متخصص (تعداد شاغلین و متصدیان بخش تحقیق و توسعه) ۴- افزایش بودجه تحقیق و توسعه ۵- رشد تولید ناخالص داخلی ۶- توسعه مالی ۷- توسعه خوشه های صنعتی ۸- انتقال فناوری از خارج ۹- بهبود سیاست صنعتی ۱۰- بهبود نظام تجاری ۱۱- قیمت عوامل تولید ۱۲- بهبود نظام حقوقی فناوری ۱۳- بهبود نظام مدیریت فناوری و هماهنگی واحدهای سیاستگذاری صنعتی ۱۴- توسعه زیر ساختها، امکانات و تجهیزات صنعتی	۱- افزایش تعداد حق ثبت اختراع (پتنت) ۲- افزایش رشد پژوهشهای پایه و کاربردی ۳- رشد نیروی انسانی متخصص (توسعه منابع انسانی) ۴- افزایش بودجه تحقیق و توسعه صنعتی (توسعه مالی و اعتباری صنعتی) ۵- رشد تولید ناخالص داخلی ۶- بهبود سیاست صنعتی ۷- بهبود نظام تجاری ۸- بهبود نظام حقوقی فناوری ۹- توسعه زیر ساختها، امکانات و تجهیزات صنعتی	سیاستگذاری علم و فناوری (تلقیق بند ۶ توسعه علم و بند ۶ توسعه فناوری) ۷- توسعه نهادهای علمی و استقلال آنها (بند ۷ توسعه علم) ۸- توسعه محیط حقوقی علم و فناوری (تلفیق بند ۸ توسعه علم، بند ۸ توسعه فناوری و بند ۶ رشد اقتصادی) ۹- توسعه زیر ساختها، امکانات و تجهیزات علمی و صنعتی (تلفیق بند ۹ توسعه علم، بند ۹ توسعه فناوری و بند ۸ رشد اقتصادی) ۱۰- افزایش تعداد حق ثبت اختراع (پتنت) (بند ۱ توسعه فناوری) ۱۱- بهبود نظام تجاری (بند ۷ توسعه فناوری) ۱۲- نرخ رشد جمعیت (بند ۱ رشد اقتصادی) ۱۳- همگرایی سیاسی- اقتصادی (بند ۳ رشد اقتصادی) ۱۴- سایر عوامل مربوط به اقتصاد کلان (بند ۷ رشد اقتصادی)
رشد اقتصادی	۱- نرخ رشد جمعیت ۲- رشد بهره وری ۳- رشد سرانه تولید ناخالص داخلی ۴- رشد صادرات (نفتی و غیر نفتی) ۵- رشد تولید ناخالص ملی ۶- همگرایی سیاسی- اقتصادی ۷- رشد نوآوری تجاری ۸- هزینه های مربوط به انجام پروژه های علمی ۹- رشد تعداد پژوهشهای دانشگاهی ۱۰- تحولات فناورانه (نوآوری فناورانه) ۱۱- کیفیت حکمرانی ۱۲- ویژگیهای سیستم سیاسی ۱۳- آزادی اقتصادی و درجه آزادی تجارت خارجی ۱۴- کیفیت نیروی کار (انباشت سرمایه انسانی) ۱۵- رشد رقابت اقتصادی ۱۶- دانش فناورانه ۱۷- رشد زیر ساخت فناوری اطلاعات و ارتباطات ۱۸- توسعه مالی ۱۹- سرمایه گذاری در تحقیق و توسعه (انباشت سرمایه پژوهشی)	۱- نرخ رشد جمعیت ۲- رشد سرانه تولید ناخالص داخلی ۳- همگرایی سیاسی- اقتصادی ۴- سرمایه گذاری در تحقیق و توسعه (انباشت سرمایه آموزشی و پژوهشی) ۵- کیفیت نیروی کار (انباشت سرمایه انسانی) ۶- حقوق مالکیت فکری ۷- سایر عوامل مربوط به اقتصاد کلان ۸- توسعه زیر ساختها، امکانات و تجهیزات علمی و صنعتی	

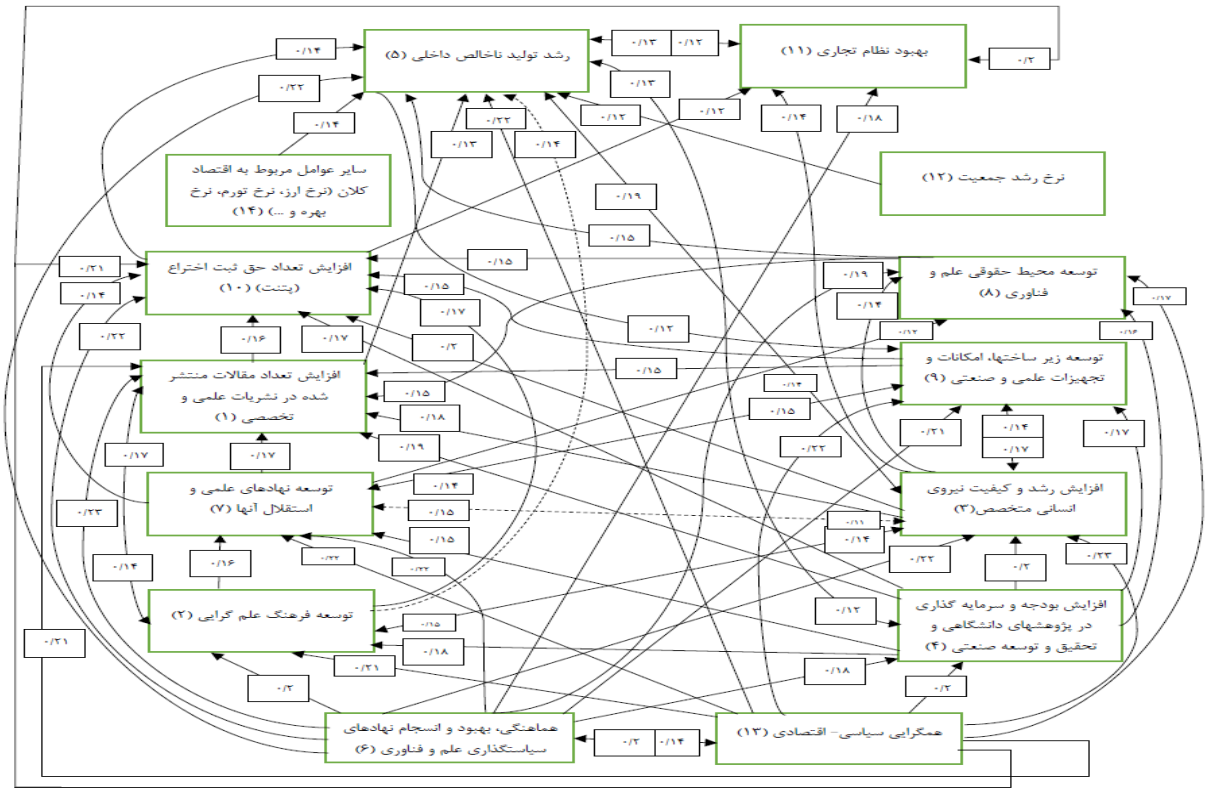
	۲۰- افزایش تعداد حق ثبت اختراع (پتنت) ۲۱- افزایش تعداد ثبتهای مربوط به مارکهای تجاری ۲۲- تعداد پژوهشگران و متصدیان شاغل در بخش تحقیق و توسعه ۲۳-صادرات فناوریهای برتر ۲۴- فناوری وارداتی (در قالب واردات واسطه ای و سرمایه ای) ۲۵- نرخ تورم ۲۶- توسعه گردشگری ۲۷- انباشت سرمایه فیزیکی ۲۸- حقوق مالکیت فکری ۲۹- سرمایه گذاری مستقیم خارجی ۳۰- توسعه خوشه های صنعتی ۳۱- انباشت سرمایه آموزشی		

منبع: یافته های پژوهشگر

جدول (۲): شدت و جهت تأثیر هر یک از متغیرهای ارتباطی سه حوزه مورد بررسی در دیماتل مبتنی بر فرآیند تحلیل شبکه

عوامل	r_i	c_j	r_i+c_j	r_i-c_j	اثر گذاری یا اثر پذیری
۱	۱/۲۶	۱/۹۷	۳/۲۳	-۰/۷۱	اثر پذیر
۲	۱/۴۹	۱/۶۸	۳/۱۷	-۰/۱۹	اثر پذیر
۳	۱/۸۵	۱/۸۰	۳/۶۵	۰/۰۵	اثر گذار
۴	۱/۸۹	۱/۵۰	۳/۳۹	۰/۳۹	اثر گذار
۵	۱/۴۲	۱/۹۶	۳/۳۸	-۰/۵۴	اثر پذیر
۶	۲/۴۹	۱/۳۴	۳/۸۳	۱/۱۵	اثر گذار
۷	۱/۴۶	۱/۷۵	۳/۲۱	-۰/۲۹	اثر پذیر
۸	۱/۴۲	۱/۵۱	۲/۹۳	-۰/۰۹	اثر پذیر
۹	۱/۵۶	۱/۶۷	۳/۲۳	-۰/۱۱	اثر پذیر
۱۰	۱/۳۰	۲/۰۰	۳/۳۰	-۰/۷۰	اثر پذیر
۱۱	۱/۱۶	۱/۴۸	۲/۶۴	-۰/۳۲	اثر پذیر
۱۲	۰/۸۳	۰/۹۸	۱/۸۱	۱/۴۲	اثر گذار
۱۳	۲/۵۸	۱/۱۶	۳/۷۴	۱/۷۶	اثر گذار
۱۴	۱/۶۰	۰/۹۷	۲/۵۷	۰/۶۳	اثر گذار

منبع: یافته های پژوهشگر



شکل (۱): مدل دیماتل مبتنی بر فرآیند تحلیل شبکه ارتباط توسعه علم، توسعه فناوری و رشد اقتصادی در ایران
(منبع: یافته های پژوهشگر)

۴-۲-۱- نمودار علی- معلولی و نمودار جریان مسأله

در تفکر سیستمی از ابزارهایی استفاده می شود تا ساختار یک سیستم نمایش داده شده و بهتر درک گردد. دو ابزار مهم برای این منظور، نمودار حلقه های علی و نمودار جریان هستند. لازم است برای توسعه یک مدل پویایی سیستم که در عمل هم قابل استفاده باشد، ابتدا نمودارهای علی جریان خاص آن مسأله را تهیه نمود (دایسون و چانگ[1]، ۲۰۰۵).

در این پژوهش، نمودار علی- معلولی بر پایه یافته های بخش قبلی پژوهش (مدل دیماتل حاصل از مطالعه ادبیات و نظر خبرگان) تهیه شده است و بر پایه آن در مرحله بعد نمودار جریان ارائه شده است. شکلهای (۲) و (۳) به ترتیب، نمودارهای علی- معلولی و جریان ارتباط توسعه علم، توسعه فناوری و رشد اقتصادی در ایران را نشان می دهند. اعتبار مدل پویای این پژوهش وابسته به اعتبار مدل ایستای بدست آمده در این پژوهش در مرحله قبل است که توسط خبرگان تأیید شده است. در این پژوهش به جهت بررسی پویایی مدل بدست آمده در مرحله قبل، چهار سناریوی تغییرات توسعه علم، تغییرات توسعه فناوری، تغییرات رشد اقتصادی و تغییرات همگرایی سیاسی- اقتصادی در ایران و اثر این تغییرات بر روی همدیگر و رفتار مدل طی بازه ده ساله مورد بررسی و شبیه سازی قرار گرفت تا صحت مدل ایستای بدست آمده در مرحله قبل، به صورت پویا نیز واکاوی گردد.

۴-۲-۲- شبیه سازی مدل رابطه تولید علم، توسعه فناوری و رشد اقتصادی در ایران

در این مرحله، آزمونهای متعددی با هدف ایجاد اطمینان از اعتبار و قابلیت اعتماد مدل صورت پذیرفت. از جمله آزمونهای مهم در خصوص اعتبارسنجی مدل که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفتند عبارتند از: آزمون مرز مدل، آزمون ساختار مدل، آزمون تناسب ابعاد، آزمون

[1] - Dyson & Chang

وضعیت حدی و آزمون باز تولید رفتار. آزمون مرز مدل به این مسأله می پردازد که آیا مفاهیم و متغیرهای مهم مرتبط با موضوع، در داخل مرز مدل قرار گرفته اند و نسبت به مدل درونزا هستند یا خیر و آزمون ساختار مدل نیز به این مسأله توجه دارد که آیا ساختار مدل با دانش موجود در خصوص سیستم همخوانی دارد یا خیر. اعتبار مرز و ساختار مدل پویای این پژوهش وابسته به اعتبار مدل ایستای بدست آمده در این پژوهش در مرحله قبل است که توسط خبرگان و پیشینه پژوهش تأیید شده اند. آزمون تناسب ابعاد با تناسب ابعاد تعریف شده در معادلات و آزمون وضعیت حدی با معنادار بودن مدل در صورت تغییر قابل توجه در ورودیهای مدل ارتباط دارد که توسط نرم افزار ونسیم تأیید گردید.

آزمون باز تولید رفتار نیز به این مسأله می پردازد که آیا مدل، رفتار سیستم واقعی را به خوبی باز تولید نماید یا خیر. به عبارت دیگر، این آزمون، میزان انحراف داده های واقعی از داده های شبیه سازی شده را نشان می دهد. به جهت آزمون باز تولید رفتار از آزمون حداقل خطای پیش بینی (RMSPE) و به جهت تعیین منابع انحراف از آزمون ضریبهای نابرابر تیل در نرم افزار ونسیم استفاده شد که معادلات آنها به شرح ذیل هستند:

(فرمولهای ۱ تا ۴)

$$RMSPE = \sqrt{\frac{1}{\theta}\sum_{i=1}^{\theta}\left(\frac{y_{T+i}^{s} - y_{T+i}^{a}}{y_{T+i}^{a}}\right)^2} * 100$$

$$U^{m} = (\bar{Y}^{s} - \bar{Y}^{a})^2 \Big/ \left[\frac{1}{\theta}\sum_{i=1}^{\theta}(Y_{T+i}^{s} - Y_{T+i}^{a})^2\right]$$

$$U^{s} = (SDS - SDA)^2 \Big/ \left[\frac{1}{\theta}\sum_{i=1}^{\theta}(Y_{T+i}^{s} - Y_{T+i}^{a})^2\right]$$

$$U^{c} = [2*(1-r)*(SDS*SDA)\ ] \Big/ \left[\frac{1}{\theta}\sum_{i=1}^{\theta}(Y_{T+i}^{s} - Y_{T+i}^{a})^2\right]$$

که در آن RMSPE مربع حداقل خطای پیش بینی، θ تعداد داده ها، y^a داده های واقعی، y^s داده های شبیه سازی شده، $\bar{Y}^a$ میانگین داده های واقعی، $\bar{Y}^s$ میانگین داده های شبیه سازی شده، SDS انحراف معیار داده های شبیه سازی شده و SDA انحراف معیار داده های واقعی می باشند.

آزمون نابرابری تیل[1] بیان می نماید که همواره میان انحرافها (U^m)، واریانسهای نابرابر (U^s) و کوواریانسهای نابرابر (U^c) باید رابطه ذیل برقرار باشد:

$$U^m + U^s + U^c = 1 \qquad \text{(فرمول ۵)}$$

خروجیهای آزمون باز تولید رفتار به شرح جدول (۳) می باشد. میزان انحراف ۵ درصد بود که بیانگر انطباق مناسب مدل با داده های واقعی است.

جدول (۳): نتایج آزمون باز تولید رفتار

RMSPE	U^m	U^s	U^c
۰/۰۵	۰/۳۸	۰/۱۵	۰/۴۷

منبع: یافته های پژوهش

علاوه بر این تحلیل حساسیت نیز با کاهش و افزایش دادن متغیرهای سیستم انجام شد که رفتار مدل با ثبات تشخیص داده شد.

در مدل بدست آمده در مرحله قبلی، حوزه های توسعه علم، توسعه فناوری و رشد اقتصادی بر روی همدیگر اثر متقابل داشته و در شبکه ای پیچیده به هم وابسته هستند. برای بررسی پوباییهای این روابط، همانگونه که پیش از این اشاره شد، رفتار سیستم طی بازه زمانی تعریف شده با در نظر گرفتن چهار سناریوی مختلف مورد بررسی قرار گرفت که به تفصیل به آنها پرداخته خواهد شد.

۴-۲-۲-۱- سناریوی اول: تغییرات توسعه علم و اثر آن بر روی رفتار مدل

در این سناریو، متغیر تعداد مقالات در نشریات علمی و تخصصی را که نماینده توسعه علم معرفی شده است، با فرض ثابت نگهداشتن سایر عوامل، افزایش یا کاهش داده شد و اثر آن را طی بازه زمانی تعریف شده بر روی توسعه فناوری و رشد اقتصادی در ایران سنجیده شد.

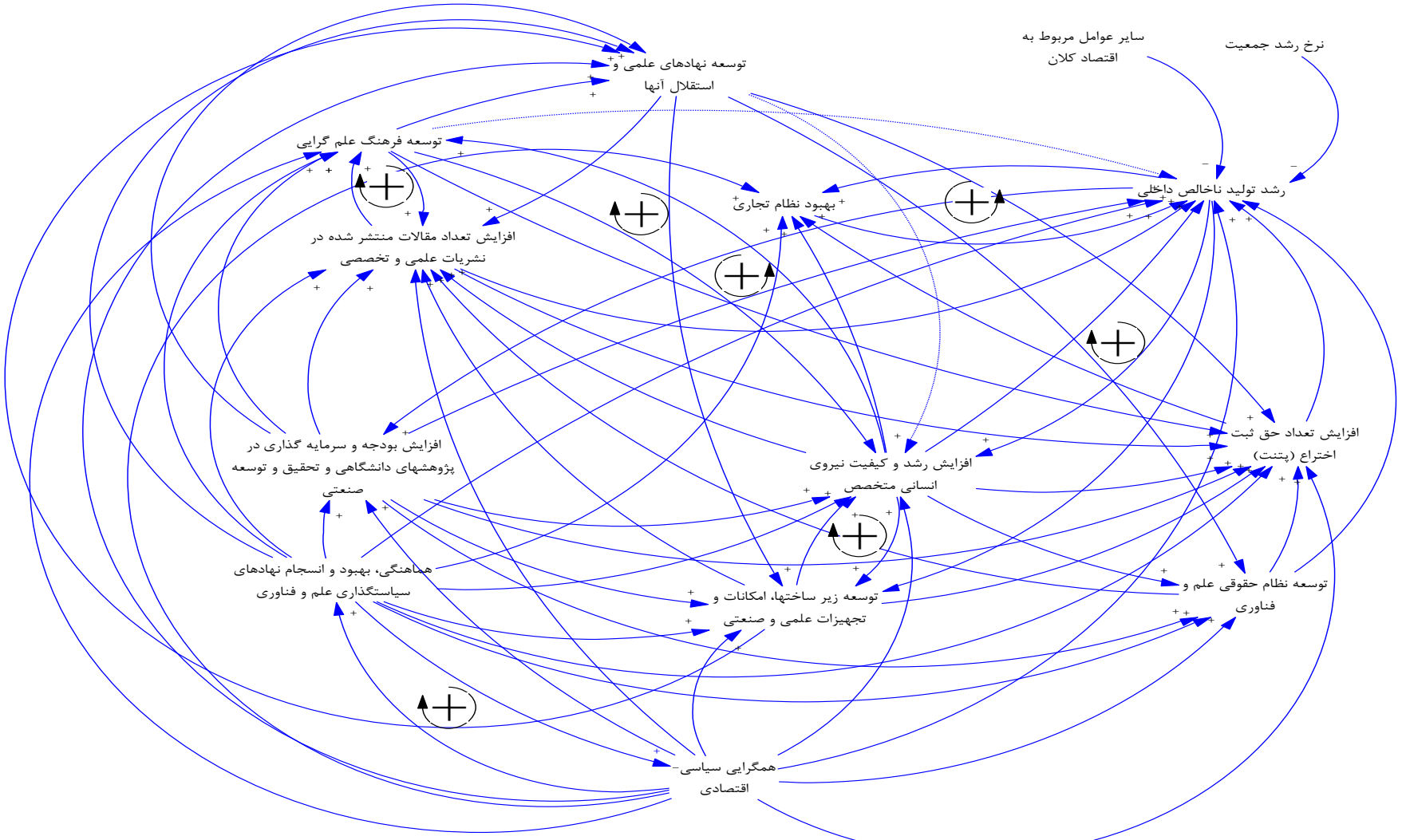
[1] - Theil

همانگونه که در شکل (۴) نمایش داده شده است، افـزایش یک درصدی تعداد مقالات منشر شده در نشریات علمـی و تخصصی در سـال در ایـران، بـا فـرض ثابـت بـودن سـایر عوامل، در سالهای ابتدایی بازه ده ساله، تغییر محسوسی را در توسعه فناوری ایران ایجاد نمی کند، امـا رفتـه رفتـه از سال چهارم به بعد سـیر صـعودی و فزاینـده ای بـه خـود گرفته، به گونه ایکه در پایان سال دهم منجـر بـه افـزایش حدود صد درصدی توسـعه فنـاوری نسـبت بـه سـال اول (افزایش حدود یک برابری نسبت به سال اول) خواهد شد. همچنین، افزایش پنج درصدی تعداد مقالات منتشر شـده در نشریات علمی و تخصصی در سـال در ایـران، بـا فـرض ثابت بودن سایر عوامل، نیز از سـال چهـارم بـه بعـد سـیر صعودی به خود گرفته ودر پایان سال دهم افزایش حـدود سیصد درصدی توسعه فناوری نسبت به سال اول (افزایش حدود سه برابری نسبت به سال اول) را تجربه خواهد کرد.

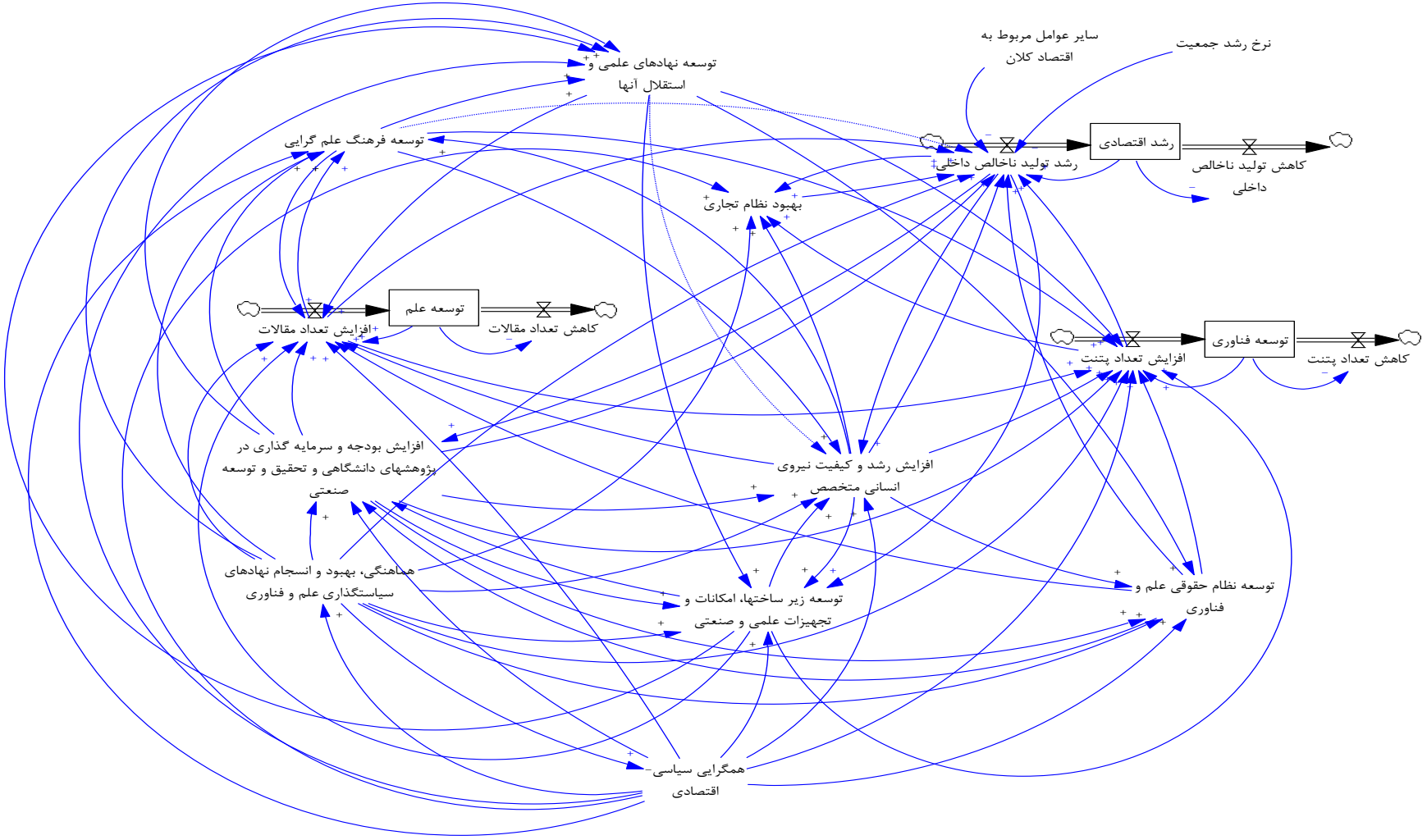
در نقطه مقابل، همانگونه که در شکل (۵) مشـاهده مـی شود، کاهش یک درصدی در تعداد مقالات منتشر شده در نشریات علمی و تخصصی در سال در ایران، با فـرض ثابـت بودن سایر عوامل، منجر می شود تا در طول بازه زمانی ده ساله تعیین شـده، تغییـری در توسـعه فنـاوری کشـور رخ ندهد و می توان گفت نـرخ توسـعه فنـاوری حـدود صـفر درصد خواهد بود. همچنین، کـاهش پـنج درصـدی تعـداد مقالات منتشر شده در نشریات علمی و تخصصی، با فـرض ثابت بودن سایر عوامل، منجر به کاهش توسعه فنـاوری در طول بازه ده ساله شده، به گونه ایکه از سال چهارم به بعد، سیر نزولی آغاز گردیده و در پایان سال دهم این کاهش به حدود ۲۰۰ درصد نسبت به سـال اول (کـاهش دو برابـری توسعه فناوری نسبت به سـال اول) خواهـد رسـید. نتـایج حاکی از اثر گذاری توسعه علم بر توسعه فناوری داشـته و یافته های حاصل از مدل ایستای مرحله قبل این پـژوهش را تأیید می نماید.

همانگونه که در شکل (۵) نمایش داده شده است، افـزایش یک درصدی تعداد مقالات منشر شده در نشریات علمـی و تخصصی در سـال در ایـران، بـا فـرض ثابـت بـودن سـایر عوامل، در سالهای ابتدایی بازه ده ساله، تغییر محسوسی را در رشد اقتصادی ایران ایجاد نمی کند، امـا رفتـه رفتـه از سال چهارم به بعد سـیر صـعودی و فزاینـده ای بـه خـود گرفته، به گونه ایکه در پایان سال دهم منجـر بـه افـزایش حدود صد درصـدی رشـد اقتصـادی نسـبت بـه سـال اول (افزایش حدود یک برابری نسبت به سال اول) خواهد شد. همچنین، افزایش پنج درصدی تعداد مقالات منتشر شـده در نشریات علمی و تخصصی در سـال در ایـران، بـا فـرض ثابت بودن سایر عوامل، نیز از سـال چهـارم بـه بعـد سـیر صعودی به خود گرفته ودر پایان سال دهم افزایش حـدود نهصد درصدی رشد اقتصادی نسبت به سال اول (افـزایش حدود نه برابری نسبت به سال اول) را تجربه خواهد کرد.

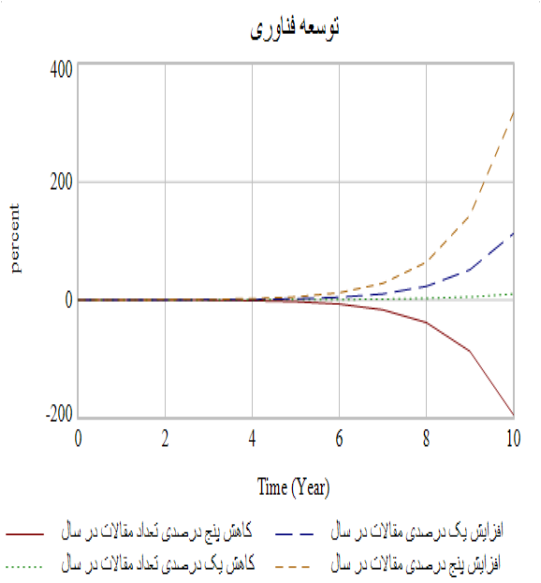
در نقطه مقابل، همانگونه که در شکل (۵) مشـاهده مـی شود، کاهش یک درصدی در تعداد مقالات منتشر شده در نشریات علمی و تخصصی در سال در ایران، با فـرض ثابـت بودن سایر عوامل، منجر می شود تا از سال پنجم بـه بعـد سیر نزولی رشد اقتصادی آغاز شده، بـه طوریکـه در پایـان سال دهم نزول حدود ۱۰۰ درصدی نسـبت بـه سـال اول (کاهش حدود یک برابری رشد اقتصادی نسـبت بـه سـال اول) را ایجاد می نماید. همچنـین، کـاهش پـنج درصـدی تعداد مقالات منتشر شده در نشریات علمی و تخصصی در سال، با فرض ثابت بودن سـایر عوامـل، منجـر بـه کـاهش شدید تر رشد اقتصادی در طول بازه ده ساله شده، به گونه ایکه از سال پنجم به بعد، سـیر نزولـی آغـاز گردیـده و در پایان سال دهم این کاهش به بالای ۱۱۰۰ درصـد نسـبت به سـال اول (کـاهش حـدود ۱۱ برابـری رشـد اقتصـادی نسبت به سال اول) خواهد رسید.



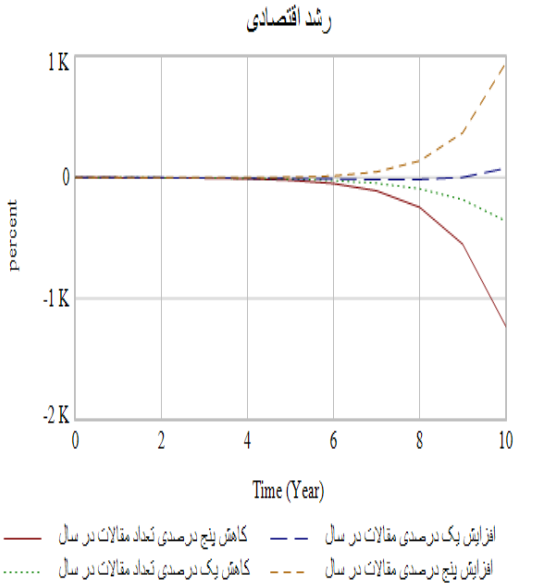
شکل (۲): نمودار علی- معلولی ارتباط توسعه علم، توسعه فناوری و رشد اقتصادی در ایران (منبع: یافته های پژوهشگر)



شکل (۳): نمودار جریان ارتباط توسعه علم، توسعه فناوری و رشد اقتصادی در ایران (منبع: یافته های پژوهشگر)



شکل (۴): اثر پویای تغییرات توسعه علم بر توسعه فناوری در ایران طی بازه زمانی تعریف شده (منبع: یافته های پژوهشگر)

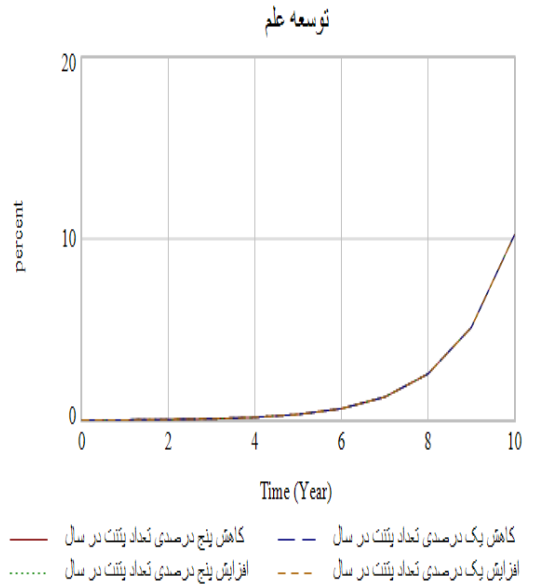


شکل (۵): اثر پویای تغییرات توسعه علم بر رشد اقتصادی در ایران طی بازه زمانی تعریف شده (منبع: یافته های پژوهشگر)

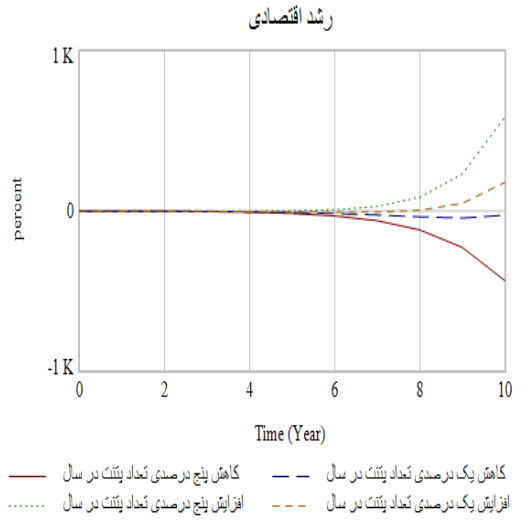
این نتایج نیز حاکی از ارتباط توسعه علم با رشد اقتصادی داشته و یافته های حاصل از مدل ایستای مرحله قبل این پژوهش را تأیید می نماید.

۴-۲-۲-۲- سناریوی دوم: تغییرات توسعه فناوری و اثر آن بر روی رفتار مدل

در این سناریو، متغیر تعداد حق ثبت اختراع (پتنت) را که نماینده توسعه فناوری معرفی شده است، با فرض ثابت نگهداشتن سایر عوامل، افزایش یا کاهش داده شد و اثر آن را طی بازه زمانی تعریف شده بر روی توسعه علم و رشد اقتصادی در ایران سنجیده شد.



شکل (۶): اثر پویای تغییرات توسعه فناوری بر توسعه علم در ایران طی بازه زمانی تعریف شده (منبع: یافته های پژوهشگر)



شکل (۷): اثر پویای تغییرات توسعه فناوری بر رشد اقتصادی در ایران طی بازه زمانی تعریف شده (منبع: یافته های پژوهشگر

همانگونه که در شکل (۶) دیده می شود، افزایش یا کاهش یک یا پنج درصدی تعداد پتنت در سال در ایران،

با فرض ثابت بودن سایر عوامل، اثر محسوسی را بر توسعه علم در بازه زمانی ده ساله تعیین شده نمی گذارد و توسعه علم با روندی عادی، رشدی ده درصدی را در شرایط مختلف توسعه فناوری تجربه خواهد کرد. دلیل این موضوع، همانطور که در مدل ایستای دیماتل نیز مشخص است، ارتباط و اثر گذاری یکسویه از سمت توسعه علم به سمت توسعه فناوری است. البته یکسویه بودن این ارتباط به معنای عدم ارتباط از سمت توسعه فناوری به سمت توسعه علم نیست، بلکه این ارتباط و اثرگذاری ناچیز است که از نتایج دیماتل کاملاً قابل درک است.

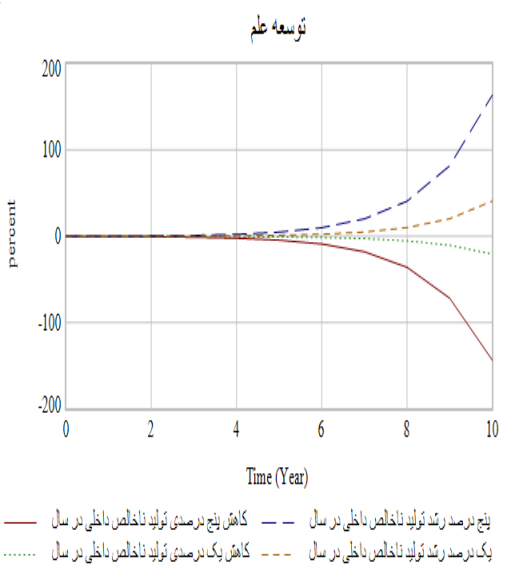
همانگونه که در شکل (۷) نمایش داده شده است، افزایش یک درصدی تعداد پتنت در سال در ایران، با فرض ثابت بودن سایر عوامل، در سالهای ابتدایی بازه ده ساله، تغییر محسوسی را در رشد اقتصادی ایران ایجاد نمی کند، اما رفته رفته از سال هشتم به بعد سیر صعودی و فزاینده ای به خود گرفته، به گونه ایکه در پایان سال دهم منجر به افزایش حدود صد درصدی رشد اقتصادی نسبت به سال اول (افزایش حدود یک برابری نسبت به سال اول) خواهد شد. همچنین، افزایش پنج درصدی تعداد پتنت در سال در ایران، با فرض ثابت بودن سایر عوامل، نیز از سال ششم به بعد سیر صعودی به خود گرفته ودر پایان سال دهم افزایش حدود پانصد درصدی رشد اقتصادی نسبت به سال اول (افزایش حدود پنج برابری نسبت به سال اول) را تجربه خواهد کرد.

در نقطه مقابل، همانگونه که در شکل (۷) مشاهده می شود، کاهش یک درصدی در تعداد پتنت در سال در ایران، با فرض ثابت بودن سایر عوامل، منجر می شود تا از سال پنجم به بعد سیر نزولی رشد اقتصادی، به صورت بسیار نامحسوس آغاز شده و تا پایان سال دهم ادامه داشته باشد، به طوریکه در پایان سال دهم نزول حدود ده درصدی نسبت به سال اول را ایجاد می نماید. همچنین، کاهش پنج درصدی تعداد پتنت در سال، با فرض ثابت بودن سایر عوامل، منجر به کاهش شدید رشد اقتصادی در طول بازه ده ساله شده، به گونه ایکه از سال پنجم به بعد، سیر نزولی آغاز گردیده و در پایان سال دهم این کاهش به حدود پانصد درصد نسبت به سال اول (کاهش حدود پنج برابری رشد اقتصادی نسبت به سال اول) خواهد رسید.

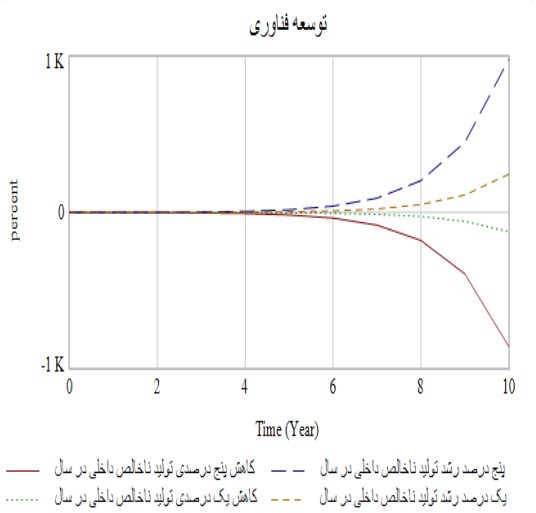
این نتایج نیز حاکی از ارتباط توسعه فناوری با رشد اقتصادی داشته و یافته های حاصل از مدل ایستای مرحله قبل این پژوهش را تأیید می نماید.

۴-۲-۲-۳- سناریوی سوم: تغییرات رشد اقتصادی و اثر آن بر روی رفتار مدل

در این سناریو، متغیر رشد تولید ناخالص داخلی را که نماینده توسعه فناوری معرفی شده است، با فرض ثابت نگهداشتن سایر عوامل، افزایش یا کاهش داده شد و اثر آن را طی بازه زمانی تعریف شده بر روی توسعه علم و توسعه فناوری در ایران سنجیده شد.



شکل (۸): اثر پویای تغییرات رشد اقتصادی بر توسعه علم در ایران طی بازه زمانی تعریف شده (منبع: یافته های پژوهشگر)



شکل (۹): اثر پویای تغییرات رشد اقتصادی بر توسعه فناوری در ایران طی بازه زمانی تعریف شده (منبع: یافته های پژوهشگر)

همانگونه که در شکل (۸) نمایش داده شده است، افزایش یک درصدی تولید ناخالص داخلی در سال در ایران، با فرض ثابت بودن سایر عوامل، در سالهای ابتدایی بازه ده ساله، تغییر محسوسی را در توسعه علم ایران ایجاد نمی کند، اما رفته رفته از سال چهارم به بعد سیر صعودی به خود گرفته، به گونه ایکه در پایان سال دهم منجر به افزایش حدود سی درصدی توسعه علم نسبت به سال اول خواهد شد. همچنین، افزایش پنج درصدی تولید ناخالص داخلی در سال در ایران، با فرض ثابت بودن سایر عوامل، نیز از سال چهارم به بعد سیر صعودی به خود گرفته ودر پایان سال دهم افزایش حدود ۱۵۰ درصدی توسعه علم نسبت به سال اول (افزایش حدود ۱/۵ برابری نسبت به سال اول) را تجربه خواهد کرد.

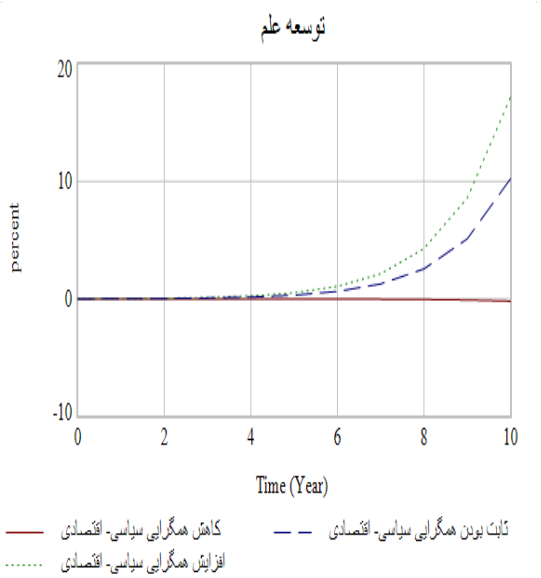
در نقطه مقابل، همانگونه که در شکل (۸) مشاهده می شود، کاهش یک درصدی در تولید ناخالص داخلی در سال در ایران، با فرض ثابت بودن سایر عوامل، منجر می شود تا از سال چهارم به بعد سیر نزولی توسعه علم آغاز شده و تا پایان سال دهم ادامه داشته باشد، به گونه ایکه در پایان سال دهم نزول حدود ۲۰ درصدی نسبت به سال اول را ایجاد می نماید. همچنین، کاهش پنج درصدی تولید ناخالص داخلی، با فرض ثابت بودن سایر عوامل، منجر به افت شدید توسعه علمی تا مرز حدود ۱۵۰ درصد نسبت به سال اول (کاهش حدود ۱/۵ برابری نسبت به سال اول) می گردد. این نتایج نیز حاکی از ارتباط رشد اقتصادی با توسعه علم داشته و یافته های حاصل از مدل ایستای مرحله قبل این پژوهش را تأیید می نماید.

از یافته های شکل (۹) نیز می توان اینگونه برداشت نمود که افزایش یک درصدی در تولید ناخالص داخلی در سال در ایران، با فرض ثابت بودن سایر عوامل، به رشد آرام توسعه فناوری در سالهای ابتدایی و رشد تصاعدی این توسعه در سالهای پایانی بازه تعریف شده می انجامد به گونه ایکه در پایان سال دهم، رشدی حدود ۲۰۰ درصد نسبت به سال اول (رشد دو برابری توسعه فناوری نسبت به سال اول) تجربه خواهد شد. همین روند در خصوص رشد پنج درصدی تولید ناخالص داخلی در سال در ایران نیز صدق می کند و در پایان سال دهم این روند تصاعدی توسعه تا مرز حدود نهصد درصد نسبت به سال اول (حدود نه برابر نسبت به سال اول) ادامه می یابد.

بر خلاف افزایش تولید ناخالص داخلی، کاهش یک درصدی تولید ناخالص داخلی در سال در ایران، با فرض ثابت بودن سایر عوامل، نزول تدریجی توسعه فناوری در طول بازه ده ساله را به دنبال دارد تا جاییکه این نزول در پایان سال دهم با افتی حدود ۱۰۰ درصد نسبت به سال اول (کاهش حدود یک برابر نسبت به سال اول) همراه خواهد بود. کاهش پنج درصدی در تولید ناخالص داخلی در سال در ایران، نیز افتی شدید را طی دوره تعریف شده ده ساله به دنبال خواهد داشت، به گونه ایکه این افت در پایان سال دهم در حدود ۸۰۰ درصد نسبت به سال اول (کاهش حدود هشت برابری نسبت به سال اول) خواهد بود. این نتایج نیز، همانگونه که در شکل (۹) قابل مشاهده است، منطبق بر یافته های مرحله قبلی پژوهش می باشد.

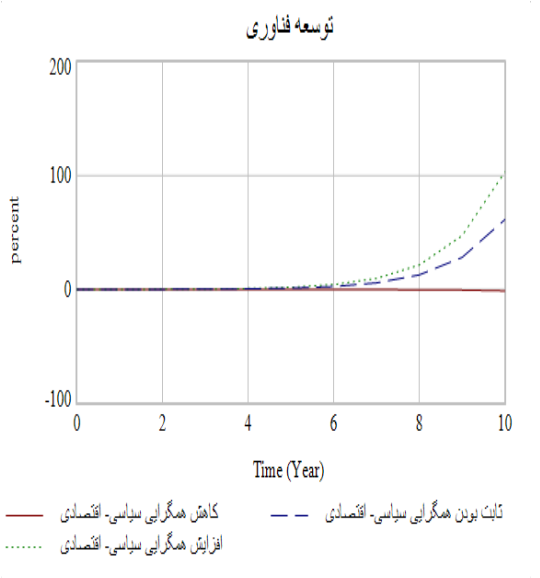
۴-۲-۲-۴- سناریوی چهارم: تغییرات همگرایی سیاسی- اقتصادی و اثر آن بر روی رفتار مدل

با توجه به اینکه عامل همگرایی سیاسی- اقتصادی، طبق یافته های مدل ساختاری تفسیری- دیماتل، اثر گذار ترین عامل بر کل مدل است، در این سناریو، متغیر همگرایی سیاسی- اقتصادی در سه وضعیت بدون تغییر، افزایش یافته و کاهش یافته نوسان داده شد و اثر آن طی بازه زمانی تعریف شده بر روی توسعه علم، توسعه فناوری و رشد اقتصادی در ایران سنجیده شد.

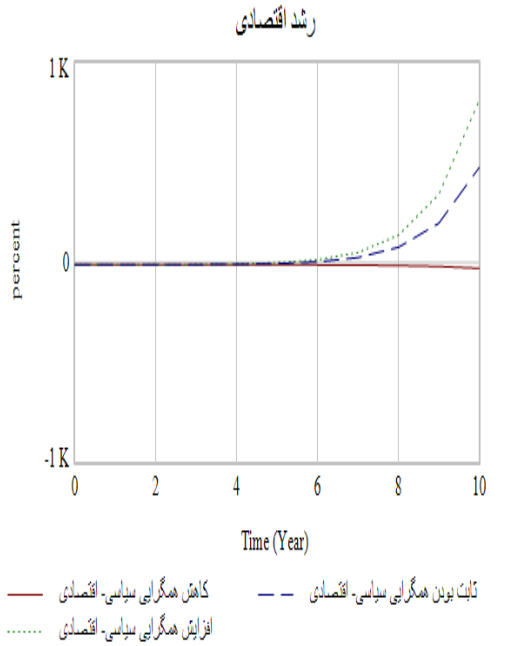


شکل (۱۰): اثر پویای تغییرات همگرایی سیاسی- اقتصادی بر توسعه علم در ایران طی بازه زمانی تعریف شده (منبع: یافته های پژوهشگر)

همانگونه که در شکل (۱۰) مشخص است، ثابت بودن (ثبات) وضعیت همگرایی سیاسی- اقتصادی در ایران، با فرض ثابت نگهداشتن سایر عوامل و حفظ روند فعلی توسعه علم و فناوری، می تواند رشد حدود ده درصدی توسعه علم طی بازه ده ساله را به دنبال داشته باشد. در عین حال، کاهش همگرایی سیاسی- اقتصادی در ایران مانع از توسعه علمی شده و آن را به حدود صفر درصد در سال می رساند. در نقطه مقابل، افزایش همگرایی سیاسی- اقتصادی در ایران موجب رشد توسعه علم در حدود ۱۸ درصد نسبت به سال اول خواهد شد.



شکل (۱۱): اثر پویای تغییرات همگرایی سیاسی- اقتصادی بر توسعه فناوری در ایران طی بازه زمانی تعریف شده (منبع: یافته های پژوهشگر)



شکل (۱۲): اثر پویای تغییرات همگرایی سیاسی- اقتصادی بر رشد اقتصادی در ایران طی بازه زمانی تعریف شده (منبع: یافته های پژوهشگر)

همانگونه که در شکل (۱۱) مشخص است، ثابت بودن (ثبات) وضعیت همگرایی سیاسی- اقتصادی در ایران، با فرض ثابت نگهداشتن سایر عوامل و حفظ روند فعلی توسعه علم و فناوری، می تواند رشد حدود ۵۰ درصدی

توسعه فناوری طی بازه ده ساله را به دنبال داشته باشد. در عین حال، کاهش همگرایی سیاسی- اقتصادی در ایران مانع از توسعه فناوری شده و آن را به حدود صفر درصد در سال می رساند. در نقطه مقابل، افزایش همگرایی سیاسی- اقتصادی در ایران موجب رشد توسعه فناوری در حدود ۱۰۰ درصد نسبت به سال اول (حدود یک برابر نسبت به سال اول) خواهد شد.

همانگونه که در شکل (۱۲) مشخص است، ثابت بودن (ثبات) وضعیت همگرایی سیاسی- اقتصادی در ایران، با فرض ثابت نگهداشتن سایر عوامل و حفظ روند فعلی توسعه علم و فناوری، می تواند رشد حدود ۵۰۰ درصدی رشد اقتصادی (حدود ۵ برابر نسبت به رشد اقتصادی در سال اول) طی بازه ده ساله را به دنبال داشته باشد. در عین حال، کاهش همگرایی سیاسی- اقتصادی در ایران مانع از توسعه فناوری شده و آن را در پایان سال دهم به میزانی کمتر از رشد اقتصادی سال اول خواهد رساند. به عبارت دیگر، رشد اقتصادی منفی در پایان سال دهم تجربه خواهد شد. در نقطه مقابل، افزایش همگرایی سیاسی- اقتصادی در ایران موجب رشد اقتصادی در حدود ۸۰۰ درصد نسبت به سال اول (حدود هشت برابر نسبت به سال اول) خواهد شد.

نتایج بدست آمده حاکی از تأیید یافته های مدل ساختاری تفسیری- دیماتل است و همگرایی سیاسی- اقتصادی در ایران در مدل پویا نیز، همانند مدل ایستا، اثر قابل توجهی را بر توسعه علم، توسعه فناوری و رشد اقتصادی، در بازه زمانی تعیین شده دارد.

۵. بحث و نتیجه گیری

توسعه علم و فناوری فرآیند کلی تقویت قابلیت ها، ایجاد علم و فناوری و نیز ارتقای سطح آنها در جامعه است. توسعه علم و فناوری ملی علاوه بر ایجاد رشد اقتصادی، دارای ارتباط قوی و مؤثری با بنیانهای فرهنگی و اجتماعی می باشد که از جمله آنها اثر بر وضعیت اشتغال، بهداشت و زندگی مردم می باشد. هدف پژوهش حاضر، بررسی ارتباط میان توسعه علم، توسعه فناوری و رشد اقتصادی در ایران با استفاده از پویایی سیستم بوده است. با مطالعه عمیق ادبیات و تعیین معیارهای اثر گذار بر هر کدام از حوزه ها و تعیین ۱۴ معیار اصلی اثر گذار بر ارتباط سه حوزه مورد بررسی، از خبرگان درخواست شد تا نظر تخصصی خود را در مورد ارتباط این عوامل با همدیگر بیان نمایند تا ترسیم مدل صورت گیرد. بر این اساس، ۱۳ خبره در حوزه های مربوطه انتخاب شدند و نظرات آنها در قالب پرسشنامه، به جهت طراحی مدل دیماتل مبتنی بر فرآیند تحلیل شبکه، استخراج گردید و با استفاده از داده های بدست آمده از خبرگان، با بهره گیری از روش دیماتل مبتنی بر فرآیند تحلیل شبکه، مدل ارتباط متغیرهای اثرگذار بر توسعه علم، توسعه فناوری و رشد اقتصادی در ایران ارائه گردید. نهایتاً، رفتار این مدل ایستا، درقالب رویکرد پویایی سیستم، در بازه ده ساله و در قالب چهار سناریوی مختلف در ایران مورد بررسی قرار گرفت.

بر اساس مدل پویای بدست آمده بدست آمده، مشخص شد که این حوزه ها بسیار در هم تنیده و وابسته به هم می باشند و همگرایی سیاسی- اقتصادی به عنوان کلیدی ترین عامل این شبکه می باشد. برای تحقق همگرایی سیاسی- اقتصادی می بایست به هر دو جنبه همگرایی یعنی همگرایی اقتصادی و همگرایی سیاسی و اهداف آنها توجه داشت. هدف از همگرایی اقتصادی، گسترش تولید جهانی و به تبع آن، تخصص در تولید داخلی، کسب درآمدهای ارزی، کاهش هزینه‌های تولید در سطح منطقه، افزایش تجارت، صرفه‌جویی در منابع کمیاب داخلی، توزیع بهینه درآمد، افزایش کارایی در تولید و تجارت، افزایش سرمایه‌گذاری‌های خارجی و استفاده از مزیت‌های نسبی می‌باشد. البته از جهتی دیگر همگرایی اقتصادی به دنبال آزادسازی تجاری است و در نهایت ایده "جهانی شدن اقتصاد" را در سر می‌پروراند. همگرایی سیاسی نیز، تعامل و ایجاد رابطه صلح آمیز میان اقشار مختلف جامعه و سیاستمداران و احزاب مختلف در یک کشور و روابط بین المللی دولت با سایر کشورها را مد نظر قرار می دهد. بسیاری از مسائل از جمله مسائل اجتماعی، اقتصادی و سیاسی، زمینه‌ساز اختلافاتی است که مانع از همگرایی احزاب، رجال سیاسی و قوای سه گانه است که باید با نگاهی ملی به مسائل از بروز این اختلافات جهت رسیدن به همگرایی سیاسی و اقتصادی جلوگیری نمود. بعد از همگرایی سیاسی- اقتصادی، عامل نرخ رشد جمعیت بیشترین اثر را البته تنها بر روی رشد تولید ناخالص

داخلی می گذارد که البته بررسی اثر گذاری مثبت یا منفی آن پژوهشی مجزا را طلب می نماید.

عامل اثر گذار مهم بعدی هماهنگی، بهبود و انسجام نهادهای سیاستگذاری علم و فناوری می باشد. این مهم از طریق ایجاد هماهنگی و انسجام مناسب میان نهادهای سیاستگذاری علم و فناوری در ایران یعنی شورای عالی انقلاب فرهنگی، معاونت علمی ریاست جمهوری، معاونت برنامه ریزی راهبردی، شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری، کمیسیون آموزش و تحقیقات مجلس، مجمع تشخیص مصلحت نظام، شورای عالی برنامه ریزی، شورای مرکزی دانشگاهها و شورای گسترش حاصل می گردد. بعد از هماهنگی، بهبود و انسجام نهادهای سیاستگذاری علم و فناوری، اثر گذار ترین عامل، سایر عوامل مربوط به اقتصاد کلان (نرخ تورم، نرخ ارز، نرخ بهره و ...) می باشند که تنها بر روی رشد تولید ناخالص داخلی اثر مثبت یا منفی می گذارند که اثرگذاری آنها باید در پژوهشهای جداگانه ای بررسی گردند.

عامل اثرگذار بعدی، افزایش بودجه و سرمایه گذاری در پژوهشهای دانشگاهی و تحقیق و توسعه صنعتی می باشد. سرمایه گذاری مناسب در پژوهشهای دانشگاهی، خصوصاً از نوع کاربردی و تلاش در انتقال این دانش به صنعت از طریق سرمایه گذاری صحیح، به برقراری ارتباط اثربخش میان دانشگاه و صنعت خواهد انجامید. عامل اثر گذار بعدی، افزایش رشد و کیفیت نیروی انسانی متخصص می باشد که البته این اثرگذاری محدود است. سایر عناصر مدل نیز اثر پذیر می باشند.

نتایج پژوهش حاضر، مشابه پژوهش آبراموویتز (۱۹۸۶) و آگیون و همکاران (۲۰۰۹) می باشد و هم راستای پژوهش مقصودی و فراستخواه (۱۳۸۱) می باشد. از نتایج بدست آمده اینگونه می توان برداشت نمود که کلید توسعه از ابعاد مختلف علمی، فناورانه و اقتصادی در دست اتحاد و یکپارچگی نهادهای سیاستگذار کشور می باشد که اگر این مهم مورد توجه قرار گیرد می تواند سایر عوامل را در سیستمی از بازیگران منسجم و در ارتباط سالم با یکدیگر به سمت جلو هدایت نماید. بودجه ریزی و اولویت بندی صحیح در سرمایه گذاریهای توسعه ای، تأمین زیر ساختهای لازم، علم گستری در جامعه، توجه به استقلال نهادهای علمی، تربیت نیروی انسانی متخصص و تأمین نیازمندیهای علمی و رفاهی آنها، توجه به حقوق مالکیت فکری متخصصین، ایجاد تعامل میان متخصصین و سیاستگذاران و توجه به اولویتهای علمی و پژوهشی متخصصین می تواند توسعه علمی و به دنبال آن توسعه فناورانه و نهایتاً رشد اقتصادی در ایران را به دنبال داشته باشد.

این مدل، تحت تأثیر عواملی فراتر از متغیرهای درنظر گرفته شده در این ارتباط هم قرار دارد که البته همانند سایر مدلها، محدودیت این مدل تلقی می گردد. ضمناً این مدل تحت تأثیر نظرات خبرگان نیز قرار دارد و اگر در کشورهای دیگر آزمون گردد ممکن است نتایج متفاوتی حاصل گردد. علاوه بر این، صحت مدل باید به صورت عملی و در دنیای واقعی مورد آزمون قرار گیرد که البته به دلیل گستردگی عوامل درگیر مدل، کاری دشوار و زمانبر است. در پایان، باید اشاره نمود که این مدل سطح بندی نشده و پیشنهاد می گردد که با استفاده از مدلسازی ساختاری تفسیری سطح بندی گردد.

۶. منابع و مآخذ

اصغرپور، محمد جواد. (۱۳۸۲). *تصمیم گیری گروهی و نظریه بازیها با نگرش تحقیق در عملیات، تصمیمات گروهی، چند شاخصه و قضاوت*. تهران، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول.

آل عمران، رویا؛ کسمائی پور، وحیده؛ آل عمران، سید علی. (۱۳۹۲). مقایسه تأثیر تحقیق و توسعه فناوری نانو بر رشد اقتصادی کشورهای درحال توسعه و توسعه یافته. *اقتصاد کاربردی*، ۴ (۱۲)، ۳۶-۲۵.

پژویان، جمشید؛ فقیه نصیری، مرجان. (۱۳۸۸). اثر رقابت‌مندی بر رشد اقتصادی با رویکرد الگوی رشد درون‌زا. *پژوهشهای اقتصادی ایران*، ۱۳ (۳۸)، ۱۳۲-۹۷.

تاج گردون، محمد قائم؛ منظوری شلمانی، محمد تقی؛ حبیبی، جعفر. (۱۳۹۳). طراحی چارچوب مدل سازی جریان دانش صنعت و دانشگاه. *نوآوری و ارزش آفرینی*، ۳ (۶)، ۹۰-۷۵.

تقوی، مصطفی. (۱۳۸۷). درآمدی مبنایی و راهبردی بر الگوی اسلامی- ایرانی توسعه علم و فناوری. *روش شناسی علوم انسانی، ۱۴* (۵۶)، ۹۸-۷۳.

توفیقی، جعفر؛ فراستخواه، مقصود. (۱۳۸۱). لوازم ساختاری توسعه علمی در ایران. *پژوهش و برنامه ریزی در آموزش عالی*، ۸ (۳)، ۱-۳۶.

حاجی حسینی، حجت الله. (۱۳۸۷). *چالشهای نظام علم و فناوری کشور. جزوه تک نگاشت*، تهران، مؤسسه مطالعات و تحقیقات فناوری.

حقی، سید رضا؛ صباحی، احمد. (۱۳۹۳). بررسی تعاملات دانشگاه، صنعت و دولت به عنوان ارکان اصلی نظام نوآوری کشور (مورد مطالعه: استان خراسان رضوی). *نوآوری و ارزش آفرینی*، ۳ (۶)، ۲۳-۱۳.

دلالی اصفهانی، رحیم؛ مویدی، مجید؛ حسینی، عظیمه سادات. (۱۳۹۱). تأثیرات تغییرات جمعیت، مقیاس اقتصاد و فناوری بر فرآیند رشد اقتصادی. *معرفت فرهنگی اجتماعی*، ۴ (۱)، ۸۰-۶۳.

ذاکر صالحی، غلامرضا. (۱۳۹۰). بررسی وضعیت موجود علم و فناوری در ایران و جایگاه آن در برنامه های توسعه. *برنامه ریزی و بودجه، ۱۶* (۴)، ۴۷-۳.

سلمانی، بهزاد؛ فلاحی، فیروز؛ محمد زاده، پرویز؛ انرجانی خسروشاهی، اکبر. (۱۳۹۳). بررسی توان جذب فناوری در اقتصاد ایران. *رشد فناوری*، ۱۰ (۳۹)، ۶۸-۵۹.

شاه آبادی، ابوالفضل؛ سجادی، حسن. (۱۳۹۰). منابع انتقال فناوری و رشد اقتصادی ایران. *پژوهشها و سیاست های اقتصادی*. ۱۹ (۵۹)، ۵۲-۳۳.

شاهین، آرش؛ مهبد، محمد علی. (۱۳۸۵). مدیریت فرآیند ترسیم نقشه جامع علمی کشور: رویکردی نظام مند و متوازن به رشته های علمی دانشگاه ها. *کنگره ملی علوم انسانی*، تهران، پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی.

شفیعی، مسعود؛ موسوی، سید عبدالرضا. (۱۳۹۲). تحلیل محتوای موانع، فرصت ها و راهکارهای توسعه ارتباط صنعت و دانشگاه در پانزده کنگره ی سه جانبه . *نوآوری و ارزش آفرینی*، ۱ (۳)، ۱۹-۵.

طلوعی، پدرام. (۱۳۹۰). ارائه مدل پویایی سیستم برای ارزیابی تأثیر ابزارهای ارتباط با مشتری بر سودآوری شرکت. *پژوهشنامه بازرگانی*، ۶۱، ۲۰-۱.

عزیزمحمدلو، حمید. (۱۳۹۶). سازو کارهای تأثیر خوشه های صنعتی بر رشد اقتصاد منطقه ای ایران: رویکرد داده های تابلویی. *پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی*، ۷ (۲۶)، ۳۴-۱۷.

کمیجانی، اکبر؛ محمود زاده، محمود. (۱۳۸۷). اثرات زیر ساخت، کاربری و سر ریز فناوری اطلاعات و ارتباطات بر رشد اقتصادی در کشورهای در حال توسعه. *پژوهشنامه بازرگانی*، ۱۳ (۴۹)، ۷۳-۳۱.

محمود زاده، محمود؛ محسنی، رضا. (۱۳۸۴). بررسی تأثیر تکنولوژی های وارداتی بر رشد اقتصادی در ایران. *پژوهشهای اقتصادی*، ۵ (۱۶)، ۱۳۰-۱۰۳.

مهدوی، محمد نقی. (۱۳۸۰). *فرهنگ توصیفی تکنولوژی*. تهران، انتشارات چاپار، چاپ اول.

مهرگان، نادر؛ سپهبان قره بابا، اصغر؛ لرستانی، الهام. (۱۳۹۱). تأثیر آموزش علم و فناوری بر رشد اقتصادی در ایران. *پژوهشهای رشد و توسعه اقتصادی*، ۲ (۶)، ۹۳-۷۱.

نوروزی چاکلی، عبدالرضا؛ مددی، زهرا. (۱۳۹۴). تأثیر قدرت اقتصادی بر جایگاه علم و فناوری کشورها و تحلیل رابطه متقابل آنها. *علم سنجی*، ۱ (۲)، ۱۴-۱.

نیکومرام، هاشم؛ رهنمای رود پشتی، فریدون؛ جوکار تنگ کرمی، ایمان. (۱۳۹۲). تبیین نقش تجارت خارجی و نوآوری از طریق دستیابی به تکنولوژی خارجی بر سرمایه گذاری و رشد اقتصادی کشور ایران. *دانش مالی تحلیل اوراق بهادار*، ۶ (۲۰)، ۱۰۸-۹۱.

واعظ، محمد؛ قنبری، عبدالله. (۱۳۸۷). دولت اسلامی، توسعه علوم و فناوری و رشد اقتصادی ایران. *همایش اقتصاد اسلامی و توسعه*، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم اداری و اقتصادی.

Abramovitz, M. (1986). Catching up, forging ahead, and falling behind. *The Journal of Economic History*, *46*(02), 385-406.

Aghion, P., David, P. A., & Foray, D. (2009). Science, technology and innovation for economic growth: linking policy research and practice in 'STIG Systems'. *Research policy*, *38*(4), 681-693.

Arrow, K. (1962). Economic welfare and the allocation of resources for invention. In *The rate and direction of inventive activity:*

Landes, D. S. (1969). *The Unbound Prometheus: Technological Change and Development in Western Europe from 1750 to the Present*. Cambridge University Press.

Lee, L. C., Lin, P. H., Chuang, Y. W., & Lee, Y. Y. (2011). Research output and economic productivity: A Granger causality test. *Scientometrics*, *89*(2), 465-478.

Licheng, W. (2011). Science & Technology Input and Economic Growth: An Empirical Analysis Based on the Three Major Coastal Economic Regions of China. *Energy Procedia*, *5*, 1779-1783.

Marković, D., Petković, D., Nikolić, V., Milovančević, M., & Petković, B. (2017). Soft computing prediction of economic growth based in science and technology factors. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, *465*, 217-220.

Mazzoleni, R., & Nelson, R. R. (2007). Public research institutions and economic catch-up. *Research policy*, *36*(10), 1512-1528.

Mokyr, J. (1992). *The lever of riches: Technological creativity and economic progress*. Oxford University Press.

Naym, J., & Hossain, M. A. (2016). Does Investment in Information and Communication Technology Lead to Higher Economic Growth: Evidence from Bangladesh. *International Journal of Business and Management*, *11*(6), 302-312.

Ntuli, H., Inglesi- Lotz, R., Chang, T., & Pouris, A. (2015). Does research output cause economic growth or vice versa? Evidence from 34 OECD countries. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, *66*(8), 1709-1716.

Plosila, W. H. (2004). State science-and technology-based economic development policy: History, trends and developments, and future directions. *Economic Development Quarterly*, *18*(2), 113-126.

Economic and social factors (pp. 609-626). Princeton University Press.

Baumol, W. J. (1986). Productivity growth, convergence, and welfare: what the long-run data show. *The American Economic Review*, 1072-1085.

Bhattacharya, S., & Momaya, K. (2009). Interpretive structural modeling of growth enablers in construction companies. *Singapore Management Review*, *31*(1), 73.

Cohen, W. M., Nelson, R. R., & Walsh, J. P. (2002). Links and impacts: the influence of public research on industrial R&D. *Management science*, *48*(1), 1-23.

Diamond, A. (2008). Economics of Science In Steven N. Durlauf and Lawrence E. Blume. *The New Palgrave Dictionary of Economics*, 328-334.

Diamond, A. M. (1996). The economics of science. *Knowledge and Policy*, *9*(2-3), 6-49.

Dyson, B. & Chang, N. B. (2005). Forecasting municipal solid waste generation in a fast-growing urban region with system dynamics modeling. *Waste management*. 25(7). 669-679.

Gerschenkron, A. (1962). *Economic backwardness in historical perspective: a book of essays*. Cambridge, MA: Belknap Press of Harvard University Press.

Inglesi-Lotz, R., & Pouris, A. (2013). The influence of scientific research output of academics on economic growth in South Africa: an autoregressive distributed lag (ARDL) application. *Scientometrics*, *95*(1), 129-139.

Inglesi-Lotz, R., Balcilar, M., & Gupta, R. (2014). Time-varying causality between research output and economic growth in US. *Scientometrics*, *100*(1), 203-216.

Inglesi-Lotz, R., Chang, T., & Gupta, R. (2015). Causality between research output and economic growth in BRICS. *Quality & Quantity*, *49*(1), 167-176.

Jaffe, A. B. (1989). Real effects of academic research. *The American Economic Review*, *79*(5), 957-970.

Pradhan, R. P., Arvin, M. B., & Norman, N. R. (2015). The dynamics of information and communications technologies infrastructure, economic growth, and financial development: Evidence from Asian countries. *Technology in Society*, *42*, 135-149.

Rosenberg, A. (1992). *Economics--Mathematical Politics or Science of Diminishing Returns?*. University of Chicago Press.

Savvides, A., & Zachariadis, M. (2005). International technology diffusion and the growth of TFP in the manufacturing sector of developing economies. *Review of development economics*, *9*(4), 482-501.

Tashakkori, A., & Teddlie, C. (2003). *Handbook of mixed methods in social & behavioral research*. Thousand Oaks, CA: Sage.

Teixeira, A. A., & Fortuna, N. (2010). Human capital, R&D, trade, and long-run productivity. Testing the technological absorption hypothesis for the Portuguese economy, 1960–2001. *Research Policy*, *39*(3), 335-350.

Teixeira, A. A., & Queirós, A. S. (2016). Economic growth, human capital and structural change: A dynamic panel data analysis. *Research Policy*, *45*(8), 1636-1648.

Vinkler, P. (2008). Correlation between the structure of scientific research, scientometric indicators and GDP in EU and non-EU countries. *Scientometrics*, *74*(2), 237-254.

WANG, W. G., & LIU, X. (2015). Research on the Nonlinear Relationship Between Investment in Agricultural Science and Technology and Agricultural Economic Growth. *Mathematics in Practice and Theory*, *4*, 015.

Zhao, S. K., & Yu, H. Q. (2012, September). An empirical study on the dynamic relationship between technology standard, technological innovation and economic growth. In *Management Science and Engineering (ICMSE), 2012 International Conference on* (pp. 1646-1650). IEEE.