فصلنامــه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گــذاری
سال دوم/ شماره هشتم/ زمستان ۱۳۹۲

ارائه مدل سرمایه‌گذاری مناسب جهت تعامل صنعت و دانشگاه با رویکرد پویایی شناسی سیستم ها

مهدی همایون فر
دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رشت، دانشکده علوم انسانی، گروه مدیریت صنعتی
homayoonfar_m@yahoo.com

عباس طلوعی اشلقی
دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشکده مدیریت و اقتصاد، گروه مدیریت صنعتی
toloei@gmail.com

مهدی فدایی اشکیکی
دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رشت، دانشکده علوم انسانی، گروه مدیریت صنعتی
mehdi_fadaei@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۱/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۲/۳/۱۲

چکیده

پویایی شناسی سیستم (SD) به عنوان رویکردی نوظهوری در مدلسازی و تجزیه و تحلیل سیستمهای پیچیده و بازخوردی مورد توجه قرار گرفته است. در این مقاله از این رویکرد در مدلسازی تعاملات صنعت و دانشگاه استفاده شده است. مطالعه بیش از ۲۰۰ مقاله ISI در کنار سایر منابع کتابخانه ای و اینترنتی و مصاحبه با اساتید دانشگاه و متخصصان به استخراج متغیرها و تنظیم فرضیات پویای مدل منجر شده است که بر اساس آنها به ترسیم نمودارهای علت و معلولی و موجودی و جریان پرداختیم. استخراج معادلات مربوط به روابط متغیرهای مدل و وارد ساختن آنها در نرم افزار Vensim منجر به شبیه سازی مدل گردید. نهایتاً جهت بررسی رفتار متغیرهای مهم مدل، آزمون مدل پیاده سازی شد که در تحقیق بطور مفصل مورد بررسی قرار گرفته است.

واژه‌های کلیدی: پویایی شناسی سیستم، مارپیچ سه گانه[1] ، نمودار علت- معلولی، تئوری بنیادی، صنعت و دانشگاه.

۱- مقدمه

توانایی کشورها در ایجاد ارزش، به طور قابل ملاحظه ای به سرمایه گذاری بر روی مثلث دانش بستگی دارد که مرکب از تحقیق، آموزش و نوآوری است (Abramoa et al., 2009). یکی از ایده های اساسی پشتیبان مفهوم سیستم های نوآوری[۲] این است که نوآوری هم در درون شرکت ها و هم از برخورد آژانسهای سازمانی همانند؛ دانشگاهها، صنایع و آژانسهای دولتی بوجود می آید. سیستم های نوآوری از این بعد که چگونه جریانات[۳] درون شبکه ها بهم پیوسته اند و چگونه جریانات درونزا (روابط تبادلی اقتصاد، تولیدات نوظهور و کنترل سازمانی) فرصتهای هم افزایی فراهم می سازند، با یکدیگر متفاوتند (Leydesdorff and Fritsch, 2006.a). دانشگاهها به عنوان تولید کنندگان و تبدیل کنندگان دانش، نقش حیاتی در جامعه ایفا می کنند (Mansfield, 1995). کشوری که در ایجاد زیر ساخت های قوی، ارتباط میان شرکتها، دانشگاه ها و دولت را تشویق می کند، حاشیه رقابتی مناسبی را از طریق توزیع اطلاعات و بهره برداری از تولیدات بدست می آورد (Marques et al., 2006). علیرغم تمایل روز افزون دانشگاهیان و سیاستگذاران به مشارکت، شکافهایی در شناخت ارتباط بین صنعت و دانشگاه وجود دارد (Shane, 2004). به عنوان یک الگوی مقایسه، شاید دانستن این مساله مفید باشد که هزینه های R&D در سال ۲۰۰۱ در MIT ، ۴۸۶ میلیون یورو، در Wisconsin ۶۷۵ میلیون یورو و ۴۴۱۸ میلیون یورو در تمام دانشگاه های ایتالیا بود (Istat, 2003) و این حاکی از اهمیت کاربردی کردن دانش در کشورهای غربی است.

امروزه علاقه روزافزونی به ترکیب مدلهای شبیه سازی کامپیوتری با سایر روشها در راستای کمک به یادگیری و درک مسائل به چشم می خورد. هنگام بکارگیری مدلهای شبیه سازی SD ثابت شده است که چنین محیطهای یادگیری تعاملی بطور ویژه ایجاد شده اند تا مبنایی را برای تجربیات یادگیری معنادار در مورد روابط میان ساختار و پویایی های حوزه های پیچیده در زمینه های مختلف فراهم سازند (Barnabe, 2008). مدلهای SD زمان را در نظر می گیرند و در این مدلها ، زمان متغیر مستقل مرکزی و اصل اساسی سازماندهی است. نقش مرکزی مدلهای SD هم در تئوری و هم در عمل در شبیه سازی، کاربرد آین دسته از مدلها را روز افزون ساخته است. بر اساس مطالعه انجام شده در بازه زمانی ۱۶ ساله از 01/01/1991 تا 31/12/2006 ، ۱۱۰۵ مقاله در رابطه با SD در Ebsco منتشر شده است (Miczka and Milling, 2008). در این مقاله، ضمن بررسی مفاهیم نظری تعاملات صنعت و دانشگاه و مفاهیم مدلسازی SD ، به ایجاد مدل پویای روابط صنعت و دانشگاه و اهمیت سرمایه‌گذاری در این بخش، می پردازیم.

۲- مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش

بیان روشن اهداف و الگوهای تحقیق که زمینه های خاصی را مشخص می کنند، دلیل ضروری برای درک اهمیت یا حتی ضرورت رابطه میان دانشگاه و صنعت است. یک مشارکت[۴] درمورد این مساله توسط Rosenberg and Nelson (1994) انجام شده که عنوان کرده اند؛ بخش عمده ای از رشته های علمی و مهندسی که در دوره تحصیلات دانشگاهی، توسعه یافته اند تا نیازهای دانش و آموزش موسسات را برآورده سازند. بعلاوه، محققان دانشگاهی در این زمینه های تحقیقاتی، باید آشنایی نزدیکی با تکنولوژی صنعتی داشته باشند (Klevornick, 1995) تا بتوانند طرحهای جدید، مفاهیم، متدها و مدلهای اولیه بیافرینند. با این وجود، برای مشارکت در پیشرفت تکنولوژی، نیاز به درک بنیادی و مشارکت در سایر مباحث مرتبط با تحقیقات اساسی دارند.

دانشگاه ها به عنوان تولید کنندگان و انتقال دهندگان دانش نقش حیاتی در جامعه بازی می کنند. در سال های اخیر بحث و گفتگو در مورد اینکه آیا دانشگاه ها می توانند ماموریت سوم توسعه اقتصادی را نیز علاوه بر تحقیق و آموزش بر عهده بگیرند، مورد توجه بیشتری قرار گرفته است (Leydesdorff andmeyer, 2003). بسیاری از محققان استدلال کرده اند که با توجه به ماموریت سوم، همکاریهای تحقیقاتی دانشگاه - صنعت و دولت مکانیزمهای بسیار مهمی برای ایجاد ساز و کارهای تکنولوژیک می باشند. چنین همکاریهایی در توضیح دلایل شکست بازار و کمک به تحقق بخشیدن بازده اجتماعی سرمایه گذاری های R&D اثر مثبتی دارند. علاوه بر این، ادبیات نظری تجربی رو به رشدی وجود دارد که نشان دهنده افزایش سطح فعالیت های دانشگاهی تجاری، از جمله اختراعات و صدور مجوز، و ایجاد شرکت های اسپین اوت است (Shane, 2004). این افزایش با سرمایه گذاری مشترک در پژوهش Hall et al. (2001) و انتشارات علمی مشترک Calvert and Patel (2003) همراه شده است. همزمان، بسیاری از دولت ها افزایش طیف وسیعی از سیاست های مشوق مشارکت دانشگاه ها در انتقال فناوری را معرفی کرده اند.

با وجود سرمایه‌گذاری قابل توجه در این خصوص و علاقه رو به رشد در میان دانشگاهیان و سیاستگذاران، شکافهایی در فهم ارتباط دانشگاه و صنعت وجود دارد. شکاف اول مربوط به کانالهای متنوعی است که انتقال دانش از طریق آن رخ می دهد. بخش عمده ای از ادبیات نظری در مورد انتقال تکنولوژی دانشگاه – صنعت بر ظرفیت دانشگاهی در تولید و بهره برداری از حقوق مالکیت معنوی (IPR) از طریق توافق نامه های ثبت مالکیت اختراع، Spin off های دانشگاهی (شرکت‌های دانش بنیان) و جریان درآمد حاصل از حق امتیازها و مجوزها متمرکز است (Shane, 2004).

گروهی از محققان عنوان کرده اند که دانشگاه ها باید رابطه مستقیم و نزدیکی را با صنعت ایجاد کنند تا "جمع آوری دانش[۵]" را حداکثر نمایند (Eun et al., 2006) و سرمایه‌گذاری در علم را توجیه‌پذیر نمایند. این نگرش به قضیه Triple Helix اشاره دارد. از سوی دیگر، گروه دیگری از محققان، از رابطه "بسیار" نزدیک یا بهم پیوستگی دانشگاه و صنعت سخن گفته اند. بطور برجسته تر، اصطلاح "اقتصاد جدید علم" توسط Dasgupta and David (1994) مطرح شده و بیان می کنند که سیاستهای کوتاه مدت که قصد دارد منابع را بسوی کاربردهای تجاری دانش علمی انتقال دهد، ممکن است بطور جدی توانایی یک کشور را در بهره برداری از پیشرفتهای علمی به مخاطره بیاندازد. آنها مشاهده کرده اند که علم باز[۶] (دانشگاه) و تکنولوژی اختصاصی[۷] (صنعت) بطور مجزا سازماندهی شده و از لحاظ کارکردی بطور متفاوتی حوزه بندی شده اند و اینکه تقسیم کار مناسب باید بین این دو انجام گیرد تا منافع اجتماعی حداکثر شود. سایرین فلسفه اقتصاد جدید دانش را دنبال می کنند (... Stephan, 1996; Mowery and Sampat, 2004; Lundvall, 2004). بعلاوه، برخی از افراد این گروه بیان کرده اند که یکی از مهمترین نقشهای دانشگاهها، تولید کارکنان با مهارت آموزش دیده دانشگاهی با سرمایه‌گذاری قابل توجیه است و این اصل مشاهداتی، شکل دهنده ایده وجود رابطه غیر مستقیم (رابطه طول بازو[۸]) میان دانشگاه و صنعت است که بخوبی عمل می کند (Eun et al., 2006).

مدل Triple Helix (TH) از یک کارگروه اقتصاد تحولی و تئوری آشوب به نام "دستورالعمل جدید در مطالعات اقتصادی" پدید آمد (Leydesdroff and Van den Besselaar, 1994) که با هدف تلاقی[۹] تجزیه و تحلیل رسمی زیر ساختهای دانش از یک سو و تجزیه و تحلیل بنیادی دانش محور یک اقتصاد از سوی دیگر، شکل گرفته است (Etzkowitz, 1994; Nelson, 1994). مدل Triple Helix روابط دانشگاه- صنعت- دولت، یک نگرش ابتکاری برای مطالعه پویایی های پیچیده در رابطه با توسعه شبکه های رسمی (سازمانی) میان متصدی ها[۱۰] فراهم می کند (Leydesdorff and Meyer, 2006. b).

در یک ترکیب پیچیده نمی توان انتظار داشت که کارکردها، در یک رابطه یک به یک رفتار کنند و مجموعه ای از مسائل باید مورد تجزیه و تحلیل قرار بگیرند. یک رودیکرد نهادی نسبت به Triple Helix را می توان به صورت زیر تصور کرد:

جدول ۱. نگرش نهادی و افزایش تکاملی Triple Helix (Leydesdorff and Meyer, 2006. b)

زیر پویایی ها			
کنترل اصولی	تولید مسائل جدید	ایجاد ارزش	کارکردها[۱۱]
صنعت- دانشگاه- دولت			متصدی ها

در سطح تحقیقاتی و در یک پروژه خاص، می توان پیچیدگی را با جعبه سیاه[۱۲] یک عدم قطعیت (مثلاً با ثابت بودن سایر شرایط جانبی[۱۳] / یا تمرکز بر بخش خاصی از تحقیق) کاهش داد. چارچوب Triple Helix فرصتی را برای مرتبط ساختن دیدگاه های مختلف فراهم می کنند. مدل Triple Helix به عنوان یک مدل تحلیلی، به توصیف ترکیبات مختلف سازمانی، مدلهای خط مشی و نیز توصیف پویایی های آنها می افزاید. Inzelt (2004) در مقاله ای انواع تعاملات، سطح آنها و الگوهای تعاملی را در جدولی آورده است:

جدول ۲. نوع، سطح و الگوهای تعامل (Inzalt, 2004)

الگوهای تعامل	سطح متعارف	نوع تعاملات
ایزوله (۵-۱)	بین افراد	۱. مشاوره خصوصی کارکنان موسسات در دانشگاه ها ۲. سخنرانی های برگزار شده کارکنان موسسات در دانشگاه ها ۳. سخنرانی برگزار شده اعضای دانشکده ها در موسسات ۴. مذاکرات منظم (غیر رسمی) بین اعضای دانشکده ها و کارکنان موسسات در نشستهای تخصصی، در کنفرانسها و سمینارها
عمودی (۱۱- ۶)، مسافت زیاد	فردی/ سازمانی	۵. خرید نتایج تحقیقات دانشگاهی (حق امتیاز) بطور اختصاصی
	فردی/ سازمانی	۶. استخدام منظم اعضای دانشکده ها به عنوان مشاور ۷. استخدام کارکنان موسسات توسط محققان دانشگاهی ۸. آموزش کارکنان موسسات توسط اساتید دانشگاه ها ۹. نشریات مشترک اساتید دانشگاه ها و کارکنان موسسات ۱۰. نظارت مشترک پایان نامه های فوق لیسانس و دکتری توسط اعضای موسسات و دانشگاه ها
طول بازو[۱۴]		۱۱. IPRs مشترک اساتید دانشگاه ها و کارکنان موسسات
بین طول بازو و Triple Helix افقی	سازمانی	۱۲. دسترسی به تجهیزات خاص دانشگاه/ صنعت با یا بدون کمک سازمانهای مالک ۱۳. سرمایه گذاری بر روی تسهیلات دانشگاهی ۱۴. انجام منظم تحقیقات دانشگاهی
Triple Helix افقی (۱۸-۱۲)		۱۵. مشارکت های رسمی R&D مانند تحقیقات قرارداد محور ۱۶. مشارکت های رسمی R&D مانند پروژه های تحقیقاتی مشترک ۱۷. جریان یافتن دانش از دانشگاه ها به موسسات از طریق پویایی دائم یا موقت ۱۸. جریان یافتن دانش از طریق آرایش Spin-off موسسات جدید

نوع، سطح و الگوهای تعامل Inzalt, 2004

در یک پژوهش Mueller (2006) اثر کارآفرینی عمومی و نیز کارآفرینی دانش محور و روابط دانشگاه – صنعت بر روی عملکرد اقتصاد منطقه ای را مورد بررسی قرار داده است. در تحقیقی Johnson (2008)، نقش ها، منابع و مزایای شرکتهای دارای سایز متوسط در مشارکتهای Triple Helix ذکر شده است. در مقاله دیگر Leydesddroff et al. (2006) دیدگاه اقتصادی منطقه ای و رابطه متقابل میان تکنولوژی سازمان و مملکت را با مدل Triple Helix ادغام کرده اند و اطلاعات متقابلی را در سه بعد، با عنوان مقیاس قالب بندی ارائه نموده اند. در این مقاله از ایده "تثلیث مقدس[۱۵] " (Storper, 1997) میان تکنولوژی، سازمان و مملکت از اقتصاد منطقه ای استفاده شده است و با دقت بر استفاده از تئوری اطلاعات در ساینتومتریک که توسط Leydesdroff (1995) انجام گرفته، تاکید گردیده است. به همین صورت Gulbrandsen and Smeby (2005) نشان داده اند که در این زمینه ها، همکاری و تعامل میان دانشگاهها و شرکتها باعث دو دسته جریان دانش شده است که سودمند بوده و منافع متقابل دارد. Azagra-Caro (2007) به این مساله پرداخته اند که کدام دسته از اعضای هیات علمی با کدام نوع از موسسات (دانشگاه ها) در تعامل هستند. در بررسی آنها به ویژگیهای نهادی و شخصی اعضای دانشکده اشاره شده است. آنها رابطه سه ویژگی موسسات یعنی: اندازه، منطقه جغرافیایی و سطح تکنولوژیکی را با تمایل بیشتر دانشگاهیان به تعامل با صنعت مورد آزمون قرار داده اند. Balconi and Laboranti (2006) در مقاله خود انواع دسته های تعامل را در قالب: فعالیت دانشجویان دکتری سال آخر بر روی رساله، تکنیسین های دانشگاه، کارکنان کانون ثبت اختراع و دیگر موسسات، نشان می دهند.Salter and Martin (2001) در بررسی خود با این ایده پرداخته اند که نگرش سنتی نسبت به تحقیقات اساسی دانشگاه، به اثرات مستقیم آن یعنی ارائه دانش عینی در شکل نتایج ملموس برای موسسات، اشاره دارد.

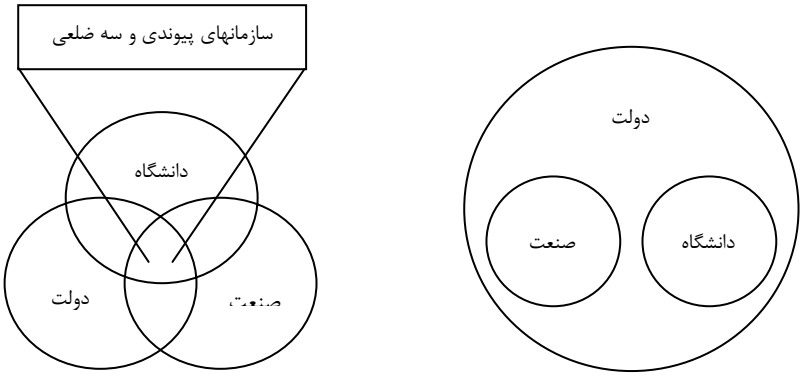
Sutz (2000) نیز در تحقیقی، روابط دانشگاه، صنعت و دولت را در آمریکای لاتین، از دو دیدگاه؛ "پایین به بالا" که از آزمون های پیوستگی[۱۶] روابط تولید کننده- کاربر دانش آغاز می شود و "بالا به پایین" که نتایج تلاشهای نهادینه سازی که اخیراً در منطقه آمریکای لاتین گسترش یافته را مطالعه کرده و تعاملات گروهی را در ۵ طبقه: نشست ها و کنفرانسها، تحقیقات قراردادی و مشاوره ای، ایجاد تسهیلات فیزیکی، آموزش و تحقیقات مشترک بررسی نموده است.

بسته به اهداف، روابط مختلفی در شکل انواع شرکتهای مولد، میان صنعت، دانشگاه و دولت وجود دارد (Almeida, 2004). شیوه های معمول شامل؛ اعطای پروژه های تحقیقاتی، بستن قراردادهای تحقیقاتی، اعطای گواهی نامه های چطور بدانیم[۱۷]، گواهینامه های تحت لیسانس، دسته بندی[۱۸]، سرویس های آموزشی و رفت و آمد شخصی است. مشاهده چنین شیوه هایی، مطالعات تجربی آنها و

آنالیز اصولی آنها می تواند مبنای شناختی مفیدی برای سیاستگذارانی که بدنبال تحریک[۱۹] آن هستند، باشد (Owen-Smith et al., 2002 ; Veugelers and Cassiman, 2005).

Howell et al. (1998) و D'Este et al. (2005) نشان داده اند که محققان دانشگاهی به مجموعه دلایل مختلفی با صنعت ارتباط برقرار می کنند. این دلایل شامل؛ دستیابی به درآمد اضافی تحقیقاتی، کاربردی کردن تحقیق، دسترسی به مهارتهای تخصصی و تسهیلات صنعت و نیز آشنایی با مشکلات صنعت است.

Etzkowitz and Leydesdroff (2000) در قالب نمودارهای زیر روابط سه بخش دانشگاه، صنعت و دولت را در دو نگرش ایستا و پویا بررسی کرده اند:



شکل ۱. مدل ایستا (راست) و پویای (چپ) روابط دانشگاه، صنعت و دولت (Etzkowitz and

هدف مشترک، ایجاد یک محیط نوآورانه است. این امر می تواند با پرورش و ایجاد یک جو کلی کارآفرینی، به عنوان مثال: (۱) راه اندازی شرکتهای اسپین آف از طرف دانشگاه ها، (۲) انجام طرح های سه جانبه مبتنی بر دانش برای توسعه اقتصادی، مانند پارک های علم و فناوری و مراکز رشد کسب و کار، (۳) تشکیل اتحادهای استراتژیک بین موسسات (بزرگ و کوچک، فعال در مناطق مختلف و دارای سطوح مختلفی از تکنولوژی)، (4) ایجاد نهادهای ترکیبی که به عنوان رابط و نه برای کسب سود فعالیت می کنند و (۵) امضای قراردادهای R&D با آزمایشگاه های دولتی و گروه های تحقیقاتی دانشگاهی. این ترکیبهای مختلف از ارتباط بین دانشگاه، صنعت و دولت، دینامیزمی را ایجاد خواهد کرد که باعث ارتقاء و ایجاد تعادل بین سیستم های مختلف خواهد شد (Leydesdorff, 2003).

با بررسی تحقیقاتی که تا کنون در زمینـه تعـاملات صـنعت، دانشـگاه و دولـت انجـام گرفتـه انـد، مشخص می شود که این تحقیقات جنبه کیفی داشته و به صورت توصیفی به بیـان کانـال هـا و شـیوه های ارتباط این مولفه ها پرداخته اند. در صورتیکه پژوهش حاضر، تعـاملات مـذکور را متـاثر از عوامـل بسیاری می داند که بصورت علت و معلولی بهم وابسته اند. اثرات متقابل و تعدد متغیرهای اثر گذار بـر سیستم در چنین مناسباتی، استفاده از پویایی شناسی سیستم را به عنوان بهترین ابزار تجزیه و تحلیل، لازم می دارد. با بررسی مبانی نظری مشخص شده است که روشهای پویایی شناسی سیستم در تبیـین تعاملات پیچیده صنعت، دانشگاه و دولت مورد استفاده قرار نگرفته است. در ایـن پـژوهش فرضـیات از پیش تعیین شده ای وجود ندارند، بلکه با جمع آوری داده ها به طراحی، شبیه سـازی و نهایتـاً آزمـون مدلها خواهیم پرداخت.

۳- روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر ترکیبی از روشهای تئوری بنیادی و پویایی شناسی سیستم است. این تحقیق، از نظر هدف کاربردی و از نظر روش پیمایشی است. در این بخش، نحوه انجـام و پیـاده سـازی رویکـرد هـای تئوری بنیادی و پویایی شناسی سیستم و کاربردهایشان، مدل کلی تحقیق، ملاحضات مربوط به روایـی و اعتبار ابزارها و چگونگی بکارگیری آنها مورد بررسی قرار می گیـرد. از آنجاییکـه روش اصـلی در ایـن پژوهش، پویایی شناسی سیستم است و استخراج متغیرهای مورد استفاده در مدلهای طراحـی شـده بـا استفاده از روش تئوری بنیادی صورت می گیرد، ابتدا به تشریح روش های مذکور و نحـوه اجـرای آنهـا می پردازیم.

رویکرد پویایی شناسی سیستم

رویکردهای گوناگونی برای شناسایی مفاهیم و مقولات تاثیر گذار بر پدیـده هـای مـورد بررسـی در رشته های علوم اجتماعی، روانشناسی و سایر زمینه های مشابه مورد استفاده قرار مـی گیرنـد. یکـی از بهترین رویکردها در بررسی و تحلیل روابط متغیرها و مقولات تاثیر گذار بر رفتار پدیده ها ، به ویژه در مدیریت، پویایی شناسی سیستم[1] است که می تواند در شبیه سازی رفتار پدیده ها خصوصـاً در هنگـام پیچیده بودن آنها مورد استفاده قرار گیرد. این رویکرد برای اولین بار در پویایی هـای صـنعتی توسـط Forrester (2000) مطرح گردید و سپس در سایر زمینه هـا بـه ویـژه علـوم اجتمـاعی و اقتصـاد مـورد استفاده قرار گرفته است . پویایی شناسی سیستم روشی است که نظریه بازخورد اطلاعات و کنترل را به منظور بررسی فرایندهای سازمانی بکار می گیرد. فرض زیربنایی در این روش آن اسـت کـه مـی تـوان

شرایط پیچیده دنیای واقعی را می توان بر اساس عوامل و جریان هایی از روابط بین آن عوامل تشریح کرد. تاکید اصلی روش بر ساختاری است که بر اساس روابط تعاملی میان عوامل شکل می گیرد، چنین ساختاری منجر به رفتاری پویا در سیستم می شود (Rodriguez and Paucar., 2004).

Rodriguez and Paucar (2004) عقیده دارند که اساساً مدلهای پویایی شناسی سیستم بدنبال پیش بینی رفتار سیستم هستند. به طور کلی دو هدف اصلی که روش پویایی شناسی سیستم دنبال می کند، عبارتند از:

۱) تشریح رفتار سیستم بر اساس ساختار و رفتار آن

۲) پیشنهاد در مورد ایجاد تغییرات در ساختارها، سیاست ها و یا هر دو به منظور ایجاد بهبود در رفتار سیستم (Coyle, 1998)

هدف مدلسازی به روش پویایی شناسی سیستم رسیدن به ادراکی در مورد نحوه رفتارهای سیستم می باشد که بتوان بوسیله آن نسبت به طراحی سیاست ها و استراتژی های بهبود عملکرد سیستم در گذر زمان اقدام کرد. برای اجرای روش پویایی شناسی سیستم دو رویکرد عمده وجود دارد. رویکرد بالا به پایین، نظریه محور است و هدف فرایند مدلسازی در این رویکرد، عمدتاً تحلیل برخی مسائل و آزمایش آنها است. رویکرد پایین به بالا، بیشتر متکی بر داده های جمع آوری شده و مسئله محور[۲۰] می باشد (Kopainsky, 2005).

تئوری بنیادی

اساس این روش بر شناسایی و طبقه بندی متغیرها (در سه مرحله کدگذاری باز، محوری و انتخابی) و روابط میان آنها استوار است. سپس با استفاده از این مقولات نظریه ها ساخته می شوند، به عبارت دیگر در روش مورد اشاره ابتدا بررسی انجام می شود و سپس نتیجه گیری و نظریه حاصل می شود. در این رویکرد، نحوه تجزیه و تحلیل به این صورت است که داده های جمع آوری شده با ابزارهایی مانند مصاحبه، کد بندی شده و سپس مقولات اصلی از کدها استخراج می گردند. کدبندی به معنای استخراج و دسته بندی پاسخ های مربوط به مقولات و روابط آنها می باشد. تحقیقات تئوری بنیادی بدنبال یافتن مقوله های اصلی[۲۱] و استخراج آنها از داده های جمع آوری شده هستند. هدف محقق در این روش آن است که با بررسی عمیق عقاید، نظرات و طرز فکرها به توضیح یک پدیده خاص دست پیدا کند.

در این پژوهش، به عنوان منابع داده ها در تئوری بنیادی، مطالعه منابع آرشیوی و کتابخانه ای مورد توجه قرار گرفته است. با این حال، ابزار اصلی برای جمع آوری داده ها در این تحقیق، مصاحبه

های نیمه ساختار یافته می باشد. در چنین مصاحبه هایی، مصاحبه گر حقایق مختلفـی را از مصـاحبه کننده در حین مذاکره و گفتگو دریافت می دارد. چنین مصاحبه هایی به مصـاحبه شـونده اجـازه مـی دهد تا عقاید و نظرات خویش را بدون تحت تاثیر قرار گرفتن از نظرات مصاحبه کننده بیان دارد (laws and Mcleod, 2004). مصاحبه های عمیق[۲۲] مهمترین ابزار برای جمع آوری اطلاعات در رویکرد تئوری بنیادی می باشد که از طریق آن می توان داده هـای مـرتبط را اسـتخراج کـرد (Laws and Mcleod, 2004). مصاحبه های هدایت شده[۲۳] ابزار دیگر جمع آوری اطلاعات در روش تئوری بنیادی می باشد.

در روش تئوری بنیادی، جمع آوری داده ها بوسیله نتیجه ای که حاصل می شود کنترل می شـود. با بررسی داده های جمع آوری شده و شناسایی خلاء های موجود در تشکیل نظریه نهـایی، محقـق بـه مراحل و منابع بعدی جمع آوری داده ها رهنمون گردد. نمونه کافی با توجه به ملاک اشباع در رویکـرد تئوری بنیادی مشخص گردیده است. اشباع به حالتی اطلاق می گـردد کـه در حـین کدگـذاری، هـیچ اطلاعات جدید و اضافه ای بدست نمی آید. در این تحقیق نیز در سطح ۲۳ نفر اشباع داده هـا رخ داده است و محقق متوجه شده که داده های جدیدی بدست نمی آید.

۴- گامهای ایجاد مدل پژوهش

با تعریف دقیق مساله می توان تبیین کرد که چرا چنین رفتاری از سیستم سر می زند. ابزارهایی مانند نمودارهای علت و معلولی و نمودار جریان برای ترسیم نقشه سلسله مفروضات مربوط به رفتار سیستم در وضعیت موجود بکار گرفته می شوند. گامهای اصلی در این کار با تاکید بر دیدگاهی حتی الامکان جامع، به شرح زیر می باشند:

الف) ابتدا متغیرهای اصلی سیستم که مستقیماً در تعاملات صنعت، دانشگاه و دولت ایفای نقش می کنند با اجرای روش تئوری بنیادی استخراج می شوند. متغیرهای بدست آمده در این مرحله، با استفاده از نمودارهای علت و معلولی به هم مرتبط می گردند. بر همین اساس، شدت رابطه، نوع رابطه و زمان تاثیرگذاری با استفاده از روش تئوری بنیادی و کمی سازی تاثیر متغیرها بر یکدیگر با نظر خواهی مجدد از خبرگان بدست آمده است.

ب) پس از تشکیل نمودارهای علت و معلول، حلقه های بازخورد (تعادلی و تقویتی) در آنها شناسایی می شوند و با برچسبهای مناسب مشخص می گردند. سپس نمودارهای موجودی و جریان از قابلیت های شبیه سازی در نرم افزار Vensim برخوردار است، بر مبنای این نمودارها معین می گردند.

ج) در گام بعد، شبیه سازی و تحلیل سیاستها، تحت سناریوهای مختلف مورد آنالیز قرار می گیرد. نکته حائز اهمیت در مورد مدلها آن است که ادعا نمی شود مدلها کامل و همه جانبه هستند، بلکه می

توان گفت: برای تشریح روابط و تعاملات صنعت، دانشگاه و دولت مفید بوده و در تقابل با واقعیت نیستند.

ایجاد فرضیه های پویا و نمودارهای علت - معلولی[۲۴]

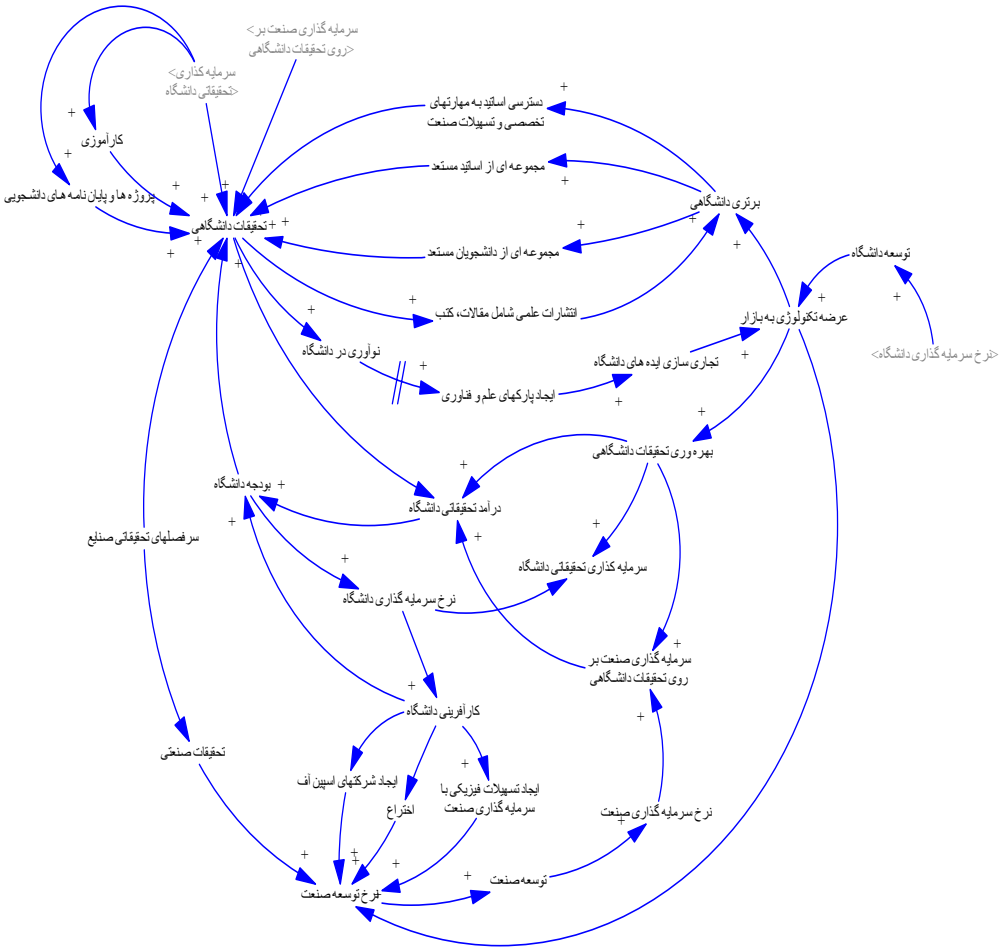
پس از استخراج متغیرهای اثرگذار بر سیستم، مدلسازی تعاملات موجود آغاز می شود. بدین صورت که متغیرهای استخراج شده و روابط آنها در قالب فرضیه های پویا بیان می شوند. هر فرضیه پویا اشاره به ترسیم گرافیکی روابط علت و معلولی میان عناصر مختلف دارد و حلقه های بازخور را به منظور تکرار ساختار اساسی سیستم، کامل می کند. فرموله کردن فرضیه پویا بر مبنای شواهد بدست آمده از داده های جمع آوری شده در رابطه با سیستم است که مدلساز را در تعیین اینکه چطور عناصر مختلف به هم وابسته اند، یاری می کند.

از آنجاییکه پس از ایجاد نمودار علت و معلولی مدل اصلی پژوهش و گزارش گیری از نرم افزار VENSIM، ۳۱۵ حلقه علت و معلولی (CLD) (کوچکترین حلقه دارای ۵ متغیر و بزرگترین حلقه دارای ۲۷ متغیر) مورد شناسایی قرار گرفت که نشاندهنده پیچیدگی تعاملات موجود میان متغیرهای مدل است، از بیان موردی حلقه ها چشم پوشی نموده و به جای ترسیم نمودار مربوط به هر یک از حلقه های علت و معلول، هر بخش اساسی از مدل به طور جداگانه در قالب فرضیه پویا و نمودار علت و معلول ارائه می شود.

هدف اصلی مدل این است که نشان دهد: تعامل صنعت و دانشگاه چه تاثیری بر سیستم های علمی و تکنولوژیکی کشور داشته و با چه مکانیزمی قادر به تقویت زیر سیستمهای آنها خواهیم بود. اطلاعات لازم در ایجاد مدل، بر اساس منابع کتابخانه ای و مصاحبه های ساختاریافته در قالب تئوری بنیادی ارائه شده است. بعلاوه، فرضیات پویا توسط خبرگان حوزه، اعتبار سنجی شده اند. بر اساس مطالعات انجام شده در توصیف مساله، نتایج تحقیقات پیشین و تئوری هایی موجود، خصوصاً Triple helix و مبانی نظری مربوط به آن، تعاملات موجود میان متغیرهای صنعت و دانشگاه را می توان در قالب فرضیه های زیر بیان نمود:

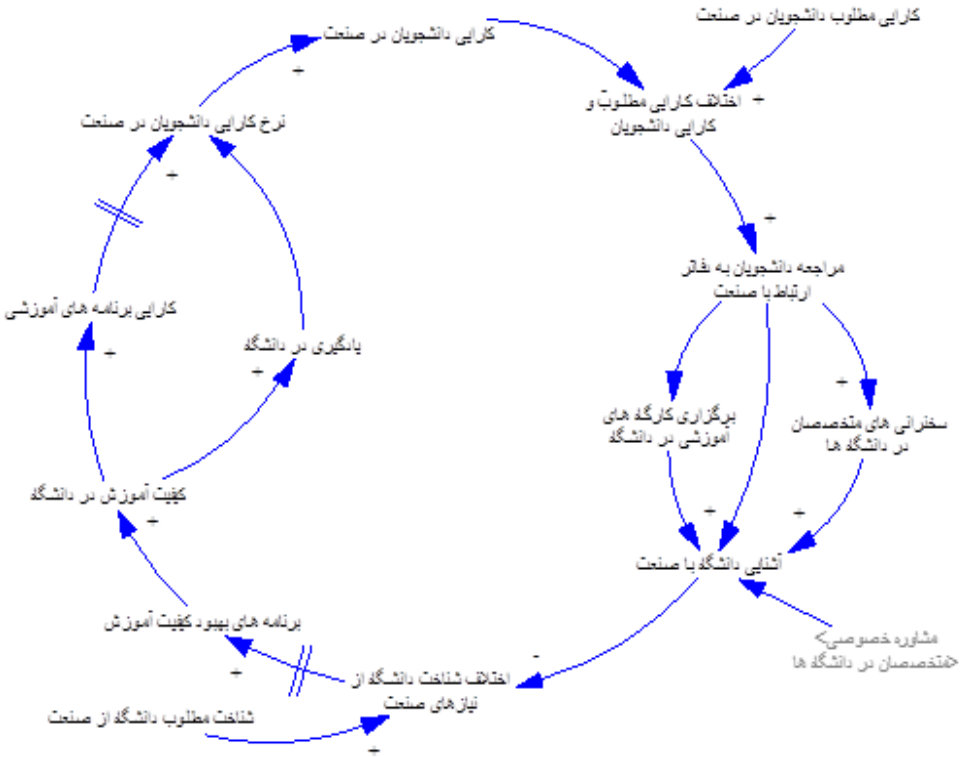
افزایش تحقیقات دانشگاهی موجب کسب درآمد تحقیقاتی بیشتر دانشگاه می گردد که با افزودن به بودجه دانشگاه، افزایش نرخ سرمایه گذاری دانشگاه را بدنبال خواهد داشت. این افزایش موجب سرمایه گذاری تحقیقاتی دانشگاه و موازی با آن کارآفرینی بیشتر دانشگاه می گردد که رشد روند ایجاد شرکتهای اسپین آف، افزایش اختراعات و ایجاد تسهیلات فیزیکی بیشتر را در پی دارد. این رشد به همراه افزایش تحقیقات صنعتی موجب توسعه بیشتر صنعت، سرمایه گذاری بیشتر صنعت بر روی

تحقیقات دانشگاهی و عرضه تکنولوژی های نوین به بازار می گردد. از سوی دیگر، تشکیل پارکهای علم و فناوری نیز با تلاش در جهت تجاری سازی ایده های نوآورانه دانشگاه باعث افزایش عرضه تکنولوژی های نوین به بازار می گردند. بدیهی است که هر چه توان سیستمهای دانشگاهی در عرضه تکنولوژی به بازار بالاتر باشد، برتری بیشتر آنها را بدنبال خواهد داشت. این برتری موجب افزایش دسترسی اساتید دانشگاه های ذیربط به مهارتهای تخصصی و تسهیلات صنعت، و در اختیار گرفتن مجموعه ای از اساتید و دانشجویان مستعد خواهد شد که همه این عوامل دست در دست هم به افزایش تحقیقات دانشگاهی و به تبع آن افزایش نوآوری، درآمدهای تحقیقاتی و توسعه صنعت خواهد انجامید.



شکل ۲. نمودار علت و معلولی تعامل تحقیقات دانشگاهی و توسعه صنعت

چنانچه در نمودار زیر مشخص است، کاهش کارایی فارغ التحصیلان در صنعت که تابعی از نرخ کارایی فارغ التحصیلان، یادگیری در دانشگاه و آموزش دانشجویان در صنعت است، باعث افزایش اختلاف میان کارایی مطلوب و کارایی موجود دانشجویان در صنعت خواهد شد. افزایش این شکاف مراجعه بیشتر دانشجویان به دفاتر ارتباط با صنعت را بدنبال خواهد داشت که منجر به اقداماتی همانند: درخواست از متخصصان برای سخنرانی در دانشگاه و نیز برگزاری کارگاه های آموزشی از سوی دانشگاه خواهد شد که نتیجه آن آشنایی بیشتر دانشجویان با مسایل صنعت و بروز شدن آنها خواهد بود. شناخت بیشتر دانشگاه از صنعت، کاهش خلاء های موجود در زمینه شناخت صحیح از نیازهای صنعت را بدنبال دارد که به نوبه خود باعث کاهش برنامه های بهبود کیفیت آموزش در دانشگاه می گردد. کاهش در اجرای این دسته از برنامه ها، کاهش کیفیت آموزشهای تئوریک و عملی را بدنبال دارد، بطوریکه یادگیری در دانشگاه ها و کارایی برنامه های آموزشی کاهش یافته و نرخ کارایی دانشجویان در صنعت تقلیل خواهد یافت.



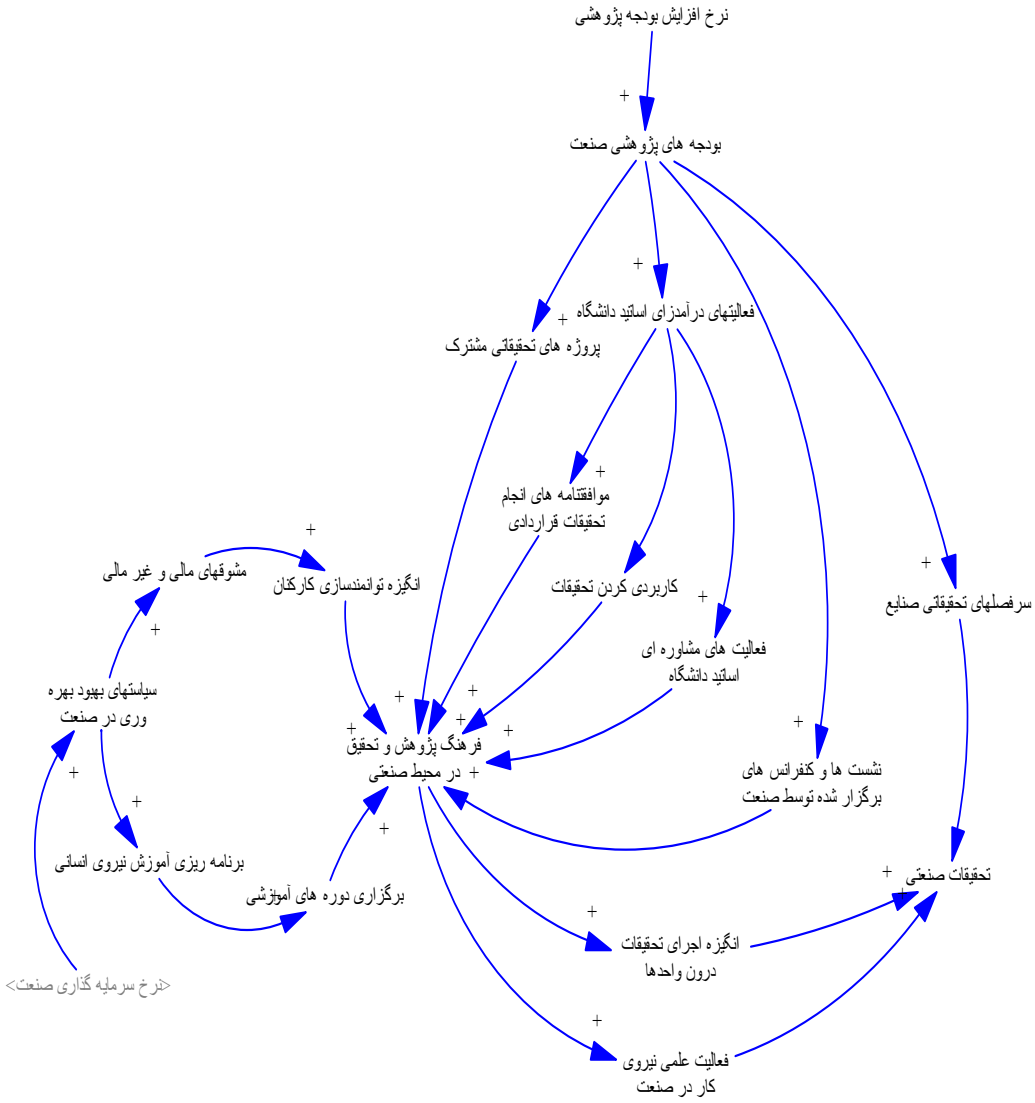
شکل ۳. نمودار علت و معلولی کارایی دانشجویان در صنعت

چنانچه مشخص است، افزایش نرخ سرمایه گذاری صنعت موجب افزایش بودجه های پژوهش می گردد. افزایش این قبیل بودجه ها، علاوه بر تعریف سرفصلهای تحقیقاتی بیشتر، نشست های برگزار شده توسط صنعت و افزایش پروژه های تحقیقاتی مشترکِ دانشگاهیان و متخصصان صنایع، باعث تمایل دانشگاهیان به کسب درآمد اضافی در قالب توافقنامه های اجرای تحقیقات قراردادی، کاربردی کردن تحقیقات و فعالیتهای مشاوره ای اساتید دانشگاه خواهد شد. همه فاکتورهای ذکر شده (در تعامل با یکدیگر) باعث ارتقاء فرهنگ پژوهش و تحقیق در محیط های صنعتی خواهند شد. فراگیر شدن چنین فرهنگی انگیزه بیشتری جهت اجرای تحقیقات درون بخشی و فعالیت علمی بیشتر نیروی کار در صنعت می گردد که پشتوانه تحقیقات صنعتی به شمار می آیند.

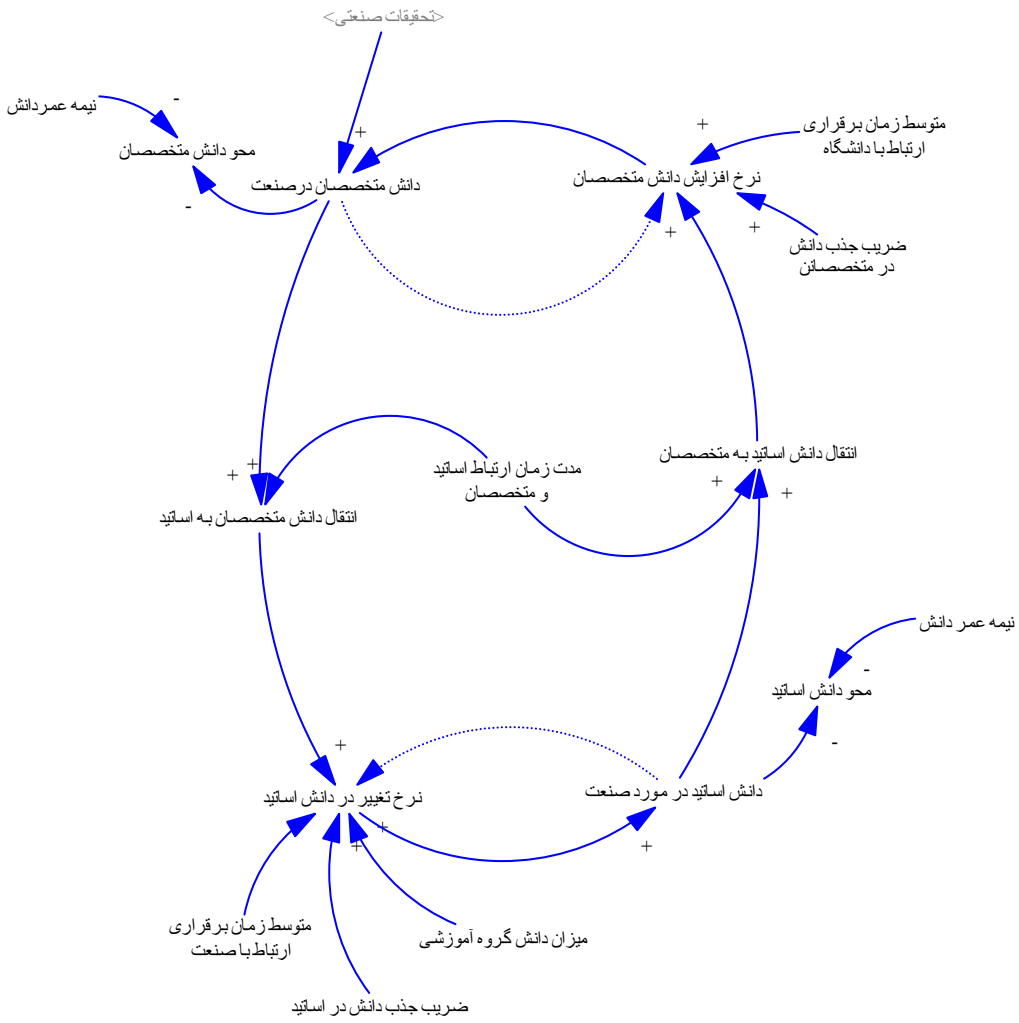
از سوی دیگر، افزایش نرخ سرمایه گذاری صنعت (RID) باعث ارتقاء سیاستهای بهبود بهره وری در صنایع خواهد شد. ارتقاء چنین سیاستهایی از یک سو اختصاص مشوقهای مالی و غیر مالی بیشتر و در نتیجه انگیزاننده های قوی تر توانمندسازی را بدنبال دارد و از سوی دیگر باعث برنامه ریزی های دقیق تر آموزش نیروی انسانی و در نتیجه برگزاری دوره های آموزشی در صنایع را ایجاب می نماید. هر دوی این عوامل از دلایل بهبود فرهنگ پژوهش و تحقیق در محیط های صنعتی بشمار می روند.

با افزایش تحقیقات صنعتی و ارتقاء فرهنگ پژوهش و تحقیق در محیط صنعتی، دانش متخصصان در صنعت افزایش می یابد که نتیجه آن، انتقال بیشترِ دانش متخصصان صنعت به اساتید دانشگاه است که این امر نیز افزایش دانش اساتید در خصوص صنایع را بدنبال دارد. هر چقدر این دانش افزایش پیدا کند، میزان دانش انتقالی از اساتید به متخصصان صنایع در تعاملات آنها بیشتر خواهد شد که به شکل افزایش دانش متخصصان صنعت، ظهور خواهد یافت. علاوه بر انتقال دانش اساتید به متخصصان، متوسط زمان ارتباط با صنعت و پویایی گروه آموزشی در دانشگاه نیز بر دانش اساتید اثرگذار است.

بعلاوه، مدت زمان ارتباط اساتید دانشگاه و متخصصان صنعت نیز بر روی انتقال دانش میان متخصصان و دانشگاهیان اثر مستقیمی دارد.



شکل ۴. نمودار علت و معلولی فرهنگ پژوهش و تحقیق در محیط صنعت



شکل ۵. نمودار علت و معلولی تعامل اساتید دانشگاه و متخصصان صنعت

نمودارهای موجودی و جریان[۲۵]

در بسیاری از وضعیتهای پیچیده تصمیم گیری، تعیین روابط علت و معلولی، فرایند بسیار پیچیده-ای است، زیرا در هر سازمانی، مدیریت به معنای تفسیر و واکنش نسبت به عقاید و حوادث انفعالی دنیای واقعی است(Checkland, 2001). مدل علت و معلول بررسی شده در این مطالعه، متغیرهای اصلی را که از بازنگری مبانی نظری و روش تئوری بنیادی استخراج گردیده اند، در خود دارد.

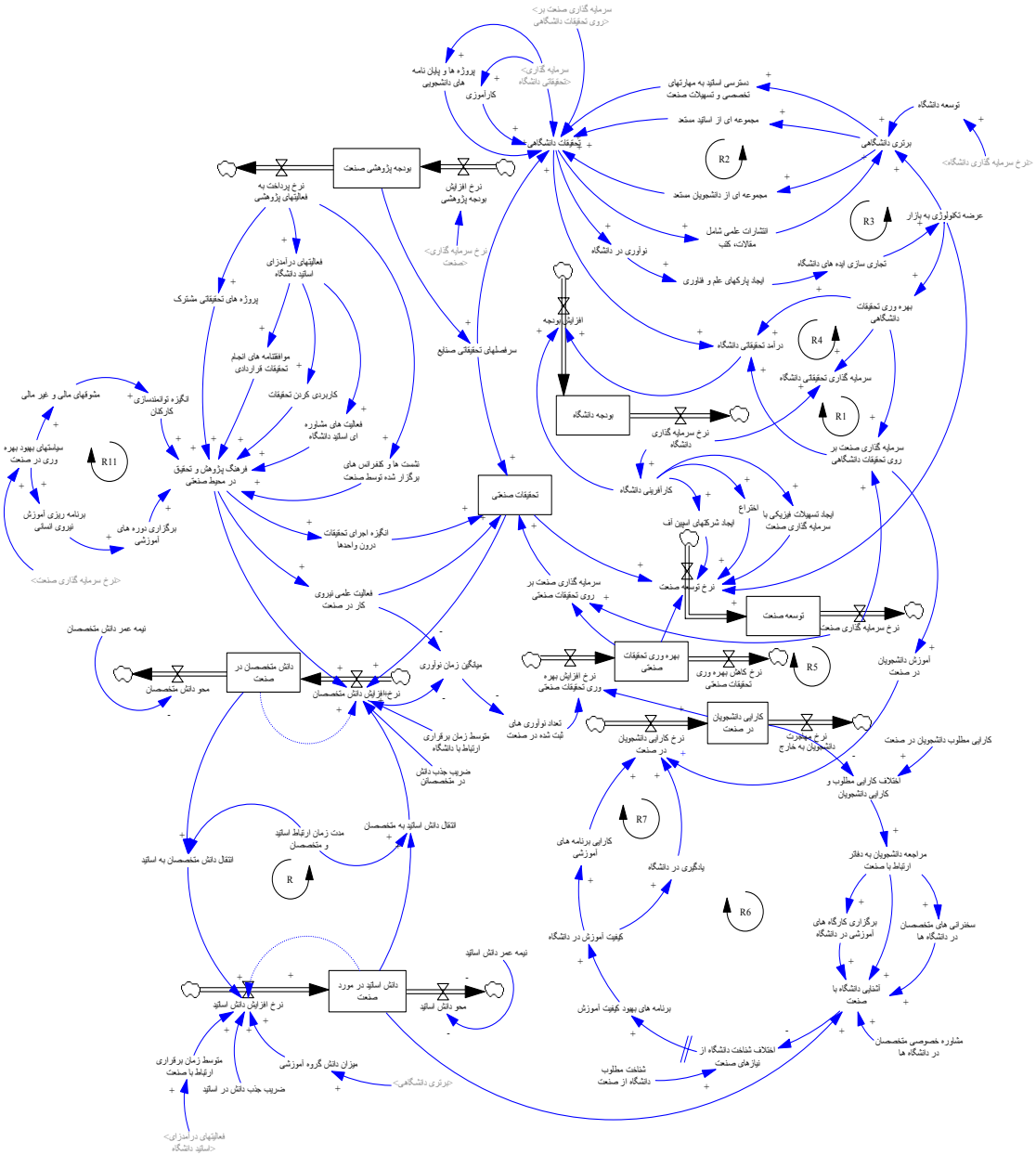
موضوعاتی که با فراوانی بیشتری در مبانی نظری به چشم می‌خورند و توسط متخصصان بیان شده‌اند، مبانی این مدل را شکل می‌دهند. نمودار علت و معلولی، نقطه شروع ایجاد یک نمودار موجودی و جریان است. "بلوک بندی[۲۶]" اصلی پویایی شناسی سیستم یا عناصری همانند سطح موجودی ها، جریانات، نرخ ها، متغیرهای کمکی و ثابت ها، همه برای ساخت و آنالیز عمقی مفهومی که رویه های جزئیات اسناد را در بر می گیرند، بکار می روند. لذا این مساله را ممکن می سازند که ، آنچه را که قبلاً در نقشه علت و معلولی شرح داده شده، بطور کمّی مستدل[۲۷] گردد (Edril and Emerson, 2008).

نمودار موجودی- جریان ترجمه متغیرهای بکار رفته در نمودارهای علت و معلولی به متغیرهای انباشتی (موجودی) و متغیرهای تغییر دهنده (نرخ) است. متغیرهای موجودی متغیرهایی هستند که در طول زمان، کم و زیاد می شوند و قابلیت ترسیم در طول زمان را دارند. رفتار این متغیرها بر این اساس قابل مشاهده است. در مرحله بعد، نمودارهای موجودی و نرخ به صورت معادلات تفاضلی دینامو مدلسازی شده و شبیه سازی رفتار سیستم در طول زمان، بر اساس آن صورت می گیرد. پیش از ترسیم مدل نهایی روابط صنعت و دانشگاه در قالب نمودارهای موجودی و جریان و نیز شبیه سازی آن در نرم افزار Vensim ، در ابتدا اجزاء مدل با ذکر نوع و جهت اثرگذاری یا اثر پذیری و نحوه آن در قالب معادلات دینامو، در جدول ۳ مورد بررسی قرار گرفته اند و در مرحله بعد مدل موجودی و جریان نمایش داده شده است. نهایتاً، رفتار متغیرهای اصلی مدل مورد تجزیه و تحلیل قرار خواهد گرفت.

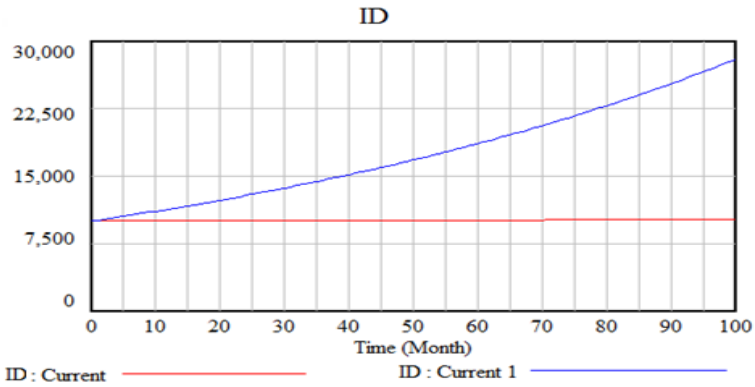
۵- نتایج شبیه سازی پژوهش

پس از ایجاد مدل موجودی- جریان و شبیه سازی آن بر اساس معادلات تفضیلی، مدل بر اساس حروف انگلیسی راه اندازی شد، زیرا امکان دریافت خروجی بر اساس اسامی فارسی وجود ندارد. سپس رفتار متغیرها در قالب نمودارهای زیر تبیین گردیدند.

مطابق رویکرد پویایی شناسی سیستم، توسعه صنعت در وضعیت موجود با توجه به تعامل عوامل مختلف که بر نرخ توسعه صنعت (RID) اثرگذارند ایجاد می گردد. افزایش این موجودی با توجه به ثابت بودن نرخ خروجی که ضریبی از مقدار موجودی است، تابعی از نرخ توسعه صنعت است. وضعیت کنونی توسعه صنعت با فرض میزان توسعه یافتگی آن (به طور فرضی ۱۰۰۰۰ واحد در نظر گرفته شده است) به صورت خط قرمز رنگ در بازه زمانی ۱۰۰ ماهه (حدوداً ۸ ساله) در شکل ۷ قابل نمایش است.



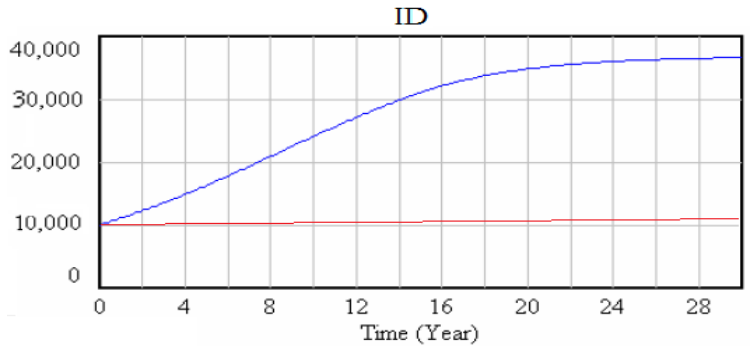
شکل ۶. نمودار موجودی و جریان روابط صنعت و دانشگاه



شکل ۷. نمودار توسعه صنعت در وضعیت حاضر (Current) **و پس از اجرای سناریو** (Current 1)

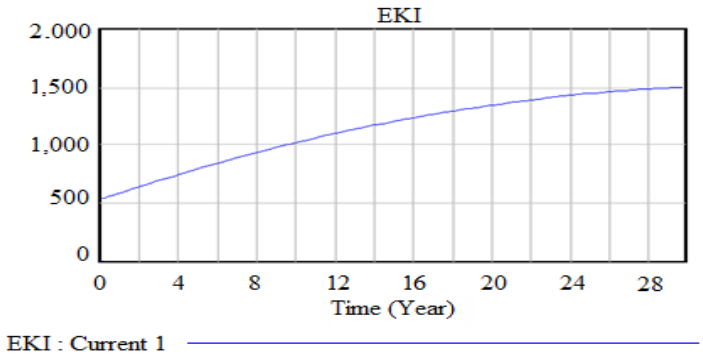
در سناریوی اول نمودار فوق و با تغییر در بهره وری تحقیقات صنعتی (PIR)، ایجادتسهیلات فیزیکی (EFII) و ... شاهد توسعه یافتگی صنعت در قالب منحنی دو هستیم. با در پیش گرفتن این سناریو، چنین به نظر می آید که در بازه زمانی ۱۰۰ ماهه صنعت با نرخ افزایشی در حال رشد است و پس از ۱۰۰ ماه حدوداً ۲.۸ برابر وضعیت موجود خواهد بود.

با افزایش افق زمانی توسعه صنعت (شکل ۸) چنانکه انتظار می رفت، (پس از حدود ۱۰ سال) شاهد ادامه رشد صنعت با نرخ کاهشی هستیم، و این رشد از سال ۳۰ به بعد با نرخ خزشی ادامه پیدا می کند، مگر اینکه شاهد وقوع شوکهای تکنولوژیکی در صنعت باشیم. به این رشد کاهشی به این صورت تفسیر می شود که با افزایش زمان؛ عوامل اثر گذار بر نرخ توسعه صنعت با آهنگ آهسته تری افزایش می یابند، بطوریکه بهبود در وضعیت موجود توسعه صنعت (ID) با توجه به ظرفیت ها محدود خواهد شد.



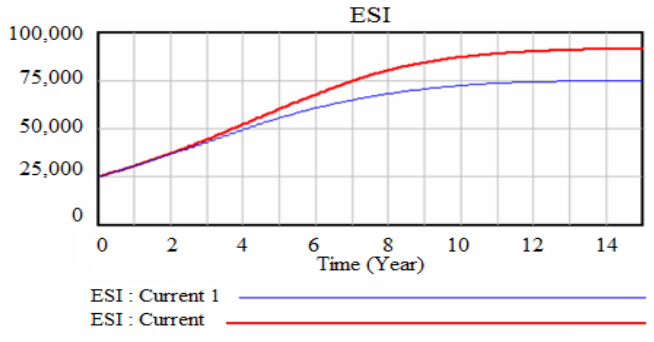
شکل ۸. نمودار توسعه صنعت در وضعیت حاضر (Current) **و پس از اجرای سناریو** (Current 1)

نمودار موجودی های: دانش متخصصان در صنعت (EKI) و دانش اساتید در مورد صنعت (MKI)، رفتار مشابهی را نمایش می دهند. با فرض حداقل موجودی ۵۰۰ واحد به عنوان وضعیت سیستم در زمان راه اندازی آن، شاهد افزایش دانش با نرخ کاهشی هستیم که وقوع چنین رفتاری به دلیل افزایشی بودن رفتار تک تک متغیرهای اثرگذار بر نرخ افزایش دانش و نیز ثابت بودن نیمه عمر دانش که عامل اصلی محو دانش است، انتظار می رفت. با پیاده سازی سناریوهای مختلفی مانند افزایشِ متوسط زمان برقراری ارتباط با دانشگاه (ACTU)، نیمه عمر دانش (HLEK) و ... امکان افزایش شیب نمودارها وجود دارد.



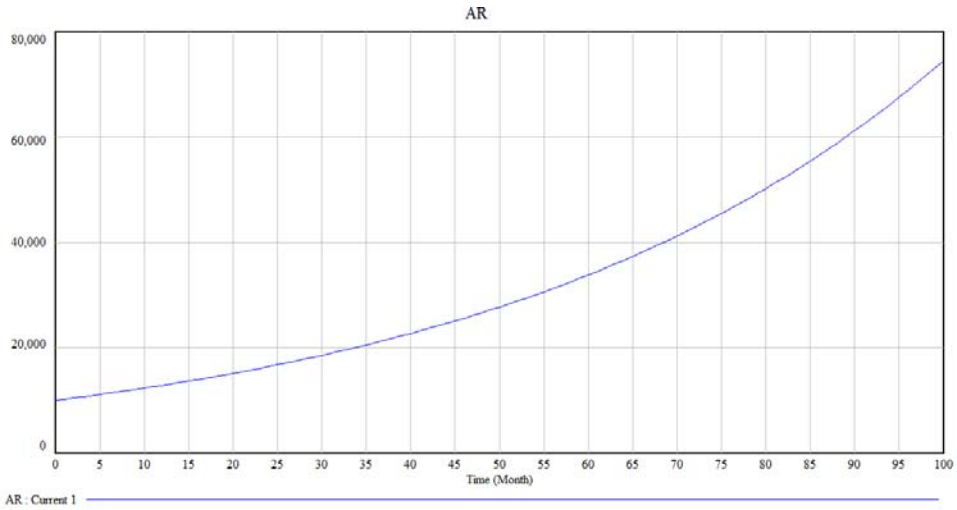
شکل ۹. نمودار دانش متخصصان در صنعت (EKI)

در نمودار موجودی جریانِ کارایی دانشجویان در صنعت (شکل ۱۰)، با فرض کارایی ۲۵ هزار واحدی (۲۵ درصدی) به عنوان حالت کنونی سیستم، با توجه به تعاملات موجود میان متغیرهای مدل-نمودار (Current 1) از رشد ۳۰۰ درصدی کارایی دانشجویان در طول ۱۲-۱۴ سال آینده خبر می دهد که این رشد در ۴ سال ابتدایی با نرخ صعودی و در ادامه با نرخ نزولی صورت خواهد گرفت. در پیش گرفتن سناریو (Current) که متاثر از سیاستهای آموزشی در صنعت و دانشگاه است، نرخ کارایی و در نتیجه آن کارایی دانشجویان در افق زمانی ۱۲-۱۴ ساله را حدود ۲۵ درصد بیشتر افزایش داده و به ۹۵ هزار واحد (۹۵ درصد) خواهد رساند.



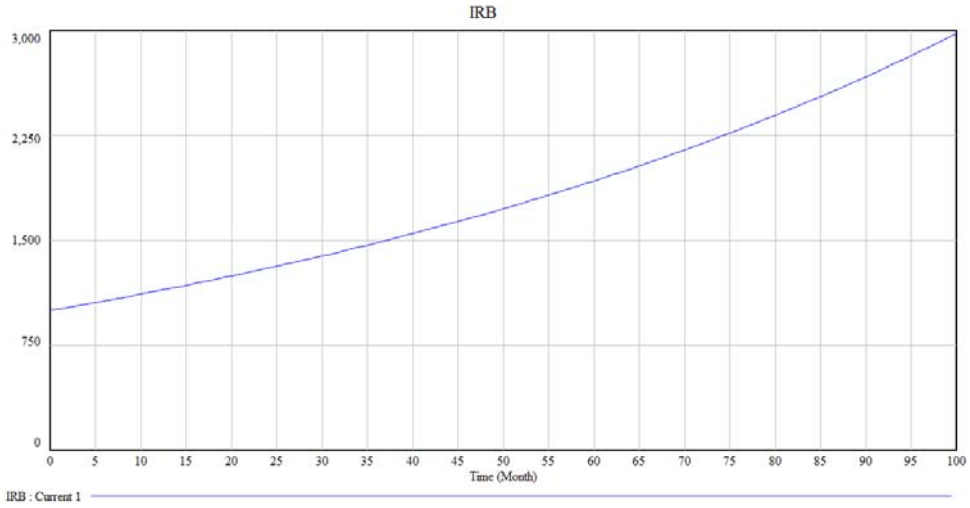
شکل ۱۰. نمودار کارایی دانشجویان در صنعت (ESI)

در بررسی رفتار متغیر موجودیِ تحقیقات دانشگاهی (AR) مشاهده می شود که این متغیر با نرخ افزایشی پایین در بازه زمانی ۱۰۰ ماهه در حال افزایش است. بطوریکه از ۱۰۰۰۰ واحد (مقدار موجودی اولیه) به حدوداً ۷۵۰۰۰ واحد افزایش یابد. با تقویت زیرساختهای همانند: سطح اساتید و دانشجویان و نیز تاکید بر فعالیتهای علمی و پژوهشی همانند: کارآموزی ها، پایان نامه های کارشناسی ارشد و دکتری، نشر کتب و مقالات و ... امکان تقویت این روند، دور از دسترس نیست.



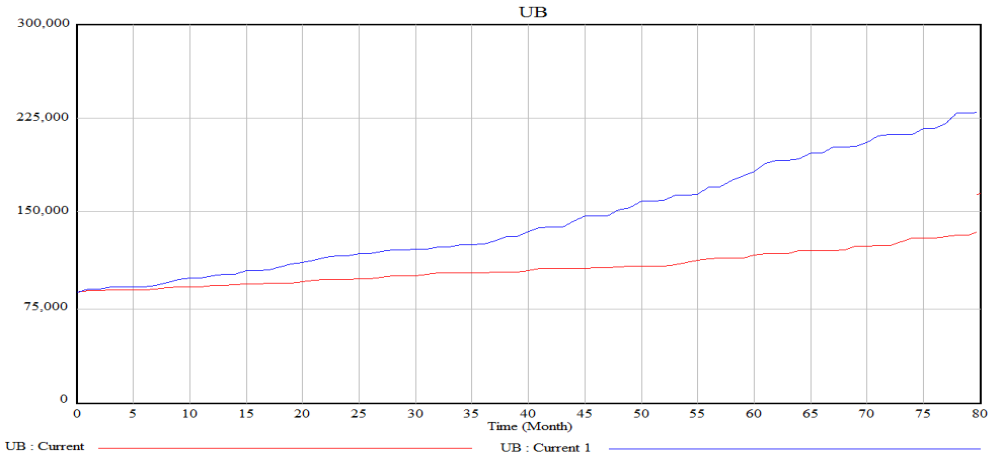
شکل ۱۱. رفتار متغیر موجودی تحقیقات دانشگاهی (AR)

در بررسی رفتار بودجه پژوهشی صنعت (IRB : شکل ۱۲) مشاهده می شود که رفتار این متغیر نیز در میان مدت مشابه با تحقیقات دانشگاهی است. این متغیر نیز با نرخ افزایشی در حال رشد است و بر اساس وضعیت موجود انتظار می رود که در دوره زمانی ۱۰۰ ماهه تا سه برابر افزایش پیدا کند.



شکل ۱۲. رفتار متغیر موجودی بودجه تحقیقاتی صنعت (IRB)

متغیر بودجه دانشگاه از دو بعد قابل بررسی است. نخست اینکه بخشی از بودجه مرتبط با رقمی است که سالانه توسط وزارت علوم، تحقیقات و فناوری به دانشگاه ها تعلق می گیرد و دوم مبلغی است که دانشگاه از کانالهای تحقیقات دانشگاهی، طرح های پژوهشی و قراردادهای آموزشی و پژوهشی توافق شده با موسسات دولتی و غیر دولتی کسب می نماید. روند وضعیت موجود بودجه دانشگاه که در شکل ۱۳ نمایش داده شده است، حاکی از رشد آهسته این بودجه در افق زمانی میان مدت است (Current) که انتظار می رود با در پیش گرفتن سناریو مرکب از تمرکز بر متغیرهای "افزایش بهره وری تحقیقات دانشگاهی و تمرکز بر کارآفرینی" روند صعودی تری را در پیش بگیرد (Current 1).



شکل ۱۳. رفتار متغیر بودجه دانشگاه (UB)

بررسی متغیرهای کمکی مدل شبیه سازی شده تحقیق نیز در سناریوهای مختلف و به صورت سیستماتیک قابل بررسی است. بعلاوه، مدل این توانایی را دارد که با اعمال تغییرات مربوط به مقادیر ثابت (Constant)، متغیرهای نرخ و کمکی، به طور پویا و سیستماتیک، رفتار متغیرهای اصلی مدل را مورد بررسی قرار دهیم و با توجه به سناریوهای چندگانه، اقدام به نتیجه گیری و تعیین خط مشی کنیم.

تعیین اعتبار مدل در روش پویایی شناسی سیستم

اعتبار در مدلهای پویایی شناسی سیستم به دو گونه اعتبار ساختاری[۲۸] و اعتبار رفتاری[۲۹] تقسیم شده است. اعتبار ساختاری به معنای ایجاد روابطی در مدل است که به گونه ای رسا و کافی، نشاندهنده روابط جهان واقعی (با در نظر گرفتن هدف مطالعه) باشند (Oliva, 2003). اعتبار رفتاری بدین معنی است که رفتار مدل به اندازه کافی نشاندهنده رفتار پدیده در جهان واقعی باشد. اعتبار رفتاری وجود نخواهد داشت مگر آنکه مدل از اعتبار ساختاری مناسبی برخوردار باشد. متداولترین تست ها شامل؛ مقایسه با نقاط مرجع، پایداری تحت شرایط حدی و آنالیز حساسیت می باشد. بر اساس Forrester and Senge (1980) از ۱۲ آزمون جهت تست مدل ها استفاده می شود که شامل؛ تست مناسب بودن مرز، ارزیابی ساختار، سازگاری ابعادی، ارزیابی پارامتر، شرایط حدی، خطای پیوستگی، باز آفرینی رفتاری، ناهنجاری رفتاری، اعضای خانواده، رفتار خاص، آنالیز حساسیت و نهایتاً توسعه سیستم است.. تست استفاده شده در این پژوهش با توجه به هدف تحقیق که مدلسازی روابط

میان صنعت و دانشگاه است از نوع آنالیز حساسیت و شرایط حدی اسـت. در تغییـر مقـادیر پارامترهـا، رفتار متغیرهای مدل تحت کنترل مشاهده گردید.

آزمایش سیاستهای مختلف (بهبود مدلهای ذهنی)

پس از اعتبارسنجی، با تغییر متغیرها در محیط شبیه سازی شده و بررسـی اثـرات آنهـا، سیاسـتها مختلف و واکنش سیستم به آنها مورد آزمایش قرار می گیـرد و رفتـار آن بررسـی مـی شـود. چنانچـه سیاستی به رفتار مطلوب منجر نگردد، مجموعه سیاستهای دیگر بررسی می شـوند (Forrester, 1998) تا استراتژی مطلوب شناسایی شود. رفتار متغیرهای موجودی در طـول زمـان و نیـز رفتـار آنهـا تحـت سناریوهایی پیاده شده در قالب نمودارهای Current و Current 1 قابل تفسیر است. بدین صورت که بـا در پیش گرفتن سیاستهای خاص، رفتار متغیرهای اصلی مدل در دوره زمانی میان مدت و بلنـد مـدت مشخص گردیده است که در بررسی نتایج شبیه سازی (شکلهای ۷-۱۳) قابل مشاهده است

۶- نتیجه گیری و بحث

با توجه به سرمایه‌گذاری قابل ملاحظه جهت تعاملات اثربخش و کارآمد دانشگاه و صنعت، این مقاله به بررسی این تعامل و مدلسازی پویای آن بر اساس بازنگری مبانی نظری Triple Helix و کسب نظر خبرگان صنعت و دانشگاه پرداخته است. در ابتدا ضمن مرور برخی از تحقیقات صورت گرفته در مبانی نظری به استخراج متغیرهای مدل پرداخته و فرضیات پویای مدل که بیانگر روابط علت و معلولی متغیرها هستند را شکل داده ایم. با توسعه ظرفیتهای تفکر سیستمی و مدلسازی فرضیه های پویا در نرم افزار Vensim مدل نهایی این پژوهش شکل گرفته است که جهت تبیین تعاملات دانشگاه و صنعت مورد استفاده قرار می گیرد. در نهایت، شبیه سازی روابط متغیرها در قالب معادلات تفاضلی دینامو و آزمون مدل به عنوان گامهای نهایی فرایند مدلسازی، صورت گرفتند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که نمودار علت و معلولی و موجودی و جریان این تعامل است طراحی گردید و رفتار متغیرهای مهم مدل آزمون و مدل پیاده‌سازی شده که یافته‌های آن به پویایی این روابط خواهد انجامید و سرمایه‌گذاری در این فرآیند را کارآمد و اثربخش و توجیه‌پذیر می‌نماید.

فهرست منابع

* Abramo, G., 2007. Il trasferimento tecnologico pubblico–privato: un’analisi integrata del sistema Italia. Rivista di Politica Economica, Vol. 3–4, Pages: 45–86.

* Abramoa. G., Angelo. C. A., D'Costa. F., Solazzi. M., 2009. University–industry collaboration in Italy: A bibliometric examination. Technovation: xx.xxx:xxx.
* Agarwa. A., Shankar. R., Mandal. P., 2008. Modelling Integration and Responsiveness for Supply Chain.
* Almeida, M.C., 2004. The evolution of the incubator movement in Brazil. Ph.D. Thesis,, COPPE, UFRJ.
* Armenia. S., Roma. L., 2008. A new system dynamics model for the analysis of the paper digitization processin the Italian Public Administration. 26th International System Dynamics Conference, Athens.
* Azagra-Caro, Joaquı´n M. 2007. What type of faculty member interacts with what type of firm? Some reasons for the delocalisation of university–industry interaction. Technovation, Vol. 27, Pages: 704–715.
* Azar. A. T., Wahba. Kh. M., 2008. Biofeedback Control Of Ultrafiltration For Prevention Of Hemodialysis-Induced Hypotension. 26th International System Dynamics Conference, Athens.
* Balconi. M., Laboranti. A., 2006. University–industry interactions in applied research: The case of microelectronics. Research Policy, Vol. 35, Pages: 1616–1630.
* Barnabè. F., 2008. Improving Strategic Thinking in Management Education with System Dynamics based ILEs: Reflections on a Case Study. 26th International System Dynamics Conference, Athens.
* Behrens. F., Cronrath. E. M., Zock. A., 2008. How to Approach New Industries and Gain Insights Into Their Development Dynamics - Examples of the German Aviation Industry. 26th International System Dynamics Conference, Athens.
* Bertsche, D., Crawford, C., Macada, S.E., 1996. Is simulation better than experience? The McKinsey Quarterly, Vol. 1, Pages: 50-58.
* Coyle, G., 1998. The practice of system dynamics: milestones, lessons and ideas from 30 years experience. System Dynamics Review. Vol. 14, pages: 343–365.
* Dasgupta, P., David, P.A., 1994. Toward a new economics of science. Research Policy, Vol. 23, Pages: 487–521.
* Díaz. F. A., 2008. RETHINKING THE CONFLICT TRAP: SYSTEMS DYNAMICS AS A TOOL TO UNDERSTANDING CIVIL WARS -THE CASE OF COLOMBIA. 26th International System Dynamics Conference, Athens.
* D'Este, P., Nesta, L., Patel, P., 2005 Analysis of University–Industry research collaborations in the UK: preliminary results of a survey of university researchers, SPRU Report, May 2005, http://www.sussex.ac.uk/spru/documents/deste report.pdf.
* D'Este. P., Patel. P., 2007. University–industry linkages in the UK: What are the factors underlying the variety of interactions with industry?. Research Policy,Vol. 36, Pages: 1295–1313.
* Erdil. N., Emerson. R., 2008. MODELING THE DYNAMICS OF ELECTRONIC HEALTH RECORDS ADOPTION IN THE U.S. HEALTHCARE SYSTEM. 26th International System Dynamics Conference, Athens.
* Etzkowitz, H., 1994. Academic–industry relations: a sociological paradigm for economic development. In: Leydesdorff, L., Van den Besselaar, P. (Eds.), Evolutionary

Economics and Chaos Theory: New Directions in Technology Studies. Pinter, London, Pages: 139–151.

* Etzkowitz. H., Leydesdorff. L., 2000. The dynamics of innovation: from National Systems and ‘‘Mode 2’’ to a Triple Helix of university–industry government relations. Research Policy, Vol. 29, Pages: 109–123.
* Eun. J. H., Lee. K., Wu. G., 2006. Explaining the “University-run enterprises” in China: A theoretical framework for university–industry relationship in developing countries and its application to China. Research Policy, Vol. 35, Pages: 1329–1 346.
* Forrester, J.W., 1998. Designing the future. At Universidad de Seville, Seville, Spain. December, 15, 1998.
* Fowler, A., 2003. Systems modeling, simulation and the dynamics of strategy. Journal of Business Research, Vol. 56, Pages: 135-144.
* Glaser, B. G., and Holton, J. (2004). Remodeling grounded theory: Article 4. Forum: Qualitative Social Research, Vol. pages: 1-17.
* Goulding, C., 1998. Grounded Theory: the Missing Methodology on The Interpretivist Agenda. Qualitative Marketing Research: An International Journal. Vol. 1, Pages: 50-70.
* Gulbrandsen, M., Smeby, J.C., 2005. Industry funding and university professors research performance. Research Policy, Vol. 34, Pages: 932–950.
* Howell, J., Nedevea, M., Georghiou, L., 1998. Industry-academic links in the UK. Report to HEFCE, PREST. University of Manchester, www.hefce.ac.uk/.
* Inzelt. A., 2004. The evolution of university–industry–government relationships during transition. Research Policy, Vol. 33, Pages: 975–995.
* Johnson. W. HA., 2008. Roles, resources and benefits of intermediate organizations supporting triple helix collaborative R&D: The case of Precarn. Technovation, Vol. 28, Pages: 495–505.
* Kim DH., 1993. The Link between Individual and Organizational Learning. Sloan Management Review, Vol. 35, Pages: 37–50.
* Klevorick, A., Levin, R.C., Nelson, R.R., Winter, S.G., 1995. On the sources and significance of interindustry differences in technological opportunities. Research Policy, Vol. 24, Pages: 185–205.
* Kolb DA., 1984. Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development. Prentice-Hall: Englewood Cliffs (New Jersey)
* Kopainsky, B., 2005. A system dynamics analysis of socio-economic development in lagging Swiss regions. Berichte aus der Volkswirtschaft. Aachen: Shaker-Verlag.
* Laws, K., McLeod, R., 2004. Case study and Grounded Theory: Sharing some alternative qualitative research methodologies with systems professionals. In M. Kennedy, G. W. Winch, R. S. Lager, J. I. Rowe & J. M. Yanni (Ed) Proceedings of 22nd International Conference of the Systems Dynamics Society. Page 78. Oxford, (25-29 July).
* Leydesdorff, L., Van den Besselaar, P., 1994. Evolutionary Economics and Chaos Theory: New Directions in Technology Studies. Pinter, London and New York.

* Leydesdorff, L., 1995. The Challenge of Scientometrics: The Development, Measurement, and Self-organization of Scientific Communications. DSWO Press, Leiden University, Leiden.
* Leydesdorff. L., Dolfsma. W., Van der Panne. G., 2006 c. Measuring the knowledge base of an economy in terms of triple-helix relations among 'technology, organization, and territory'. Research Policy, Vol. 35, Pages: 181–199.
* Leydesdorff. L., Fritsch. M. 2006 a. Measuring the knowledge base of regional innovation systems in Germany in terms of a Triple Helix dynamics. Research Policy, Vol. 35, Pages: 1538–1553.
* Leydesdorff. L., Meyer. M. 2006 b. Triple Helix indicators of knowledge-based innovation systems Introduction to the special issue. Research Policy, Vol. 35, Pages: 1441–1449.
* Luna-Reyes, L.F., Andersen, D.L., 2003. Collecting and analyzing qualitative data for system dynamics: methods and models. System Dynamics Review, Vol. 19, Pages: 271-296.
* Lundvall, B.A., 2004. The University and the Learning Economy, mimeo.
* Mansfield, E., 1995. Academic research underlying industrial innovations: sources, characteristics, and financing. The Review of Economics and Statistics, Vol. 77, Pages: 55–65.
* Mansourian, Y., 2006. Adoption of grounded theory in LIS research. Adoption of grounded theory in LIS research. New Library World, Vol. 107, Pages: 386 - 402.
* Marques. J.P.C., Caraca. J.M.G., Diz. H., 2006. How can university–industry–government interactions change the innovation scenario in Portugal?—the case of the University of Coimbra. Technovatin, Vol. 26, Pages: 534–542.
* Meadows Donella., 1980. The Unavoidable A Priori, en Elements of the system dynamics method, Productivity press, Cambridge Massachusetts.
* Miczka. S., Milling. P. M., 2008. The diffusion of System Dynamics in Academia. 26th International System Dynamics Conference, Athens.
* Mowery, D., Sampat, B.N., 2004. Universities in national innovation systems, paper Presented at the 1st Globelics Academy. Lisbon, Portugal, May.
* Mueller. P., 2006. Exploring the knowledge filter: How entrepreneurship and university–industry relationships drive economic growth. Research Policy, Vol. 35, Pages: 1499–1508.
* Nathaniel, A.K., 2004. A grounded theory of moral reckoning in nursing. The Grounded Theory Review, Vol. 4, Pages: 43-58.
* Nelson, R.R., 1994. Economic growth via the coevolution of technology and institutions. In: Leydesdorff, L., Van den Besselaar, P. (Eds.), Evolutionary Economic and Chaos Theory: New Directions in Technology Studies. Pinter, London/New York, Pages: 21–32.
* Oliva, R., 2003. Model calibration as a testing strategy for system dynamics models. European Journal of Operational Research. Vol. 151, Pages: 552-568.

* Orlikowski, W., 1993. CASE Tools as Organizational Change: Investigating Incremental and Radical Changes inSystems Development. MIS Quarterly, Vol. 17, Pages: 309-340.
* Owen-Smith, J., Powell, W.W., 2001. To patent or not: faculty decision and institutional success at technology transfer. Journal of Technology Transfer, Vol. 26, Pages: 99–114.
* Owen-Smith, J., Riccaboni, M., Pammolli, F., Powell, W.W., 2002. A comparison of US and European university–industry relations in the life sciences. Management Science, Vol. 48, Pages: 24–43.
* O'Regan, B., Moles, R., 2001. A System Dynamics Model of Mining Industry Investment Decisions within the coontext of Environmental Policy. In: Journal of Environmental Planning and Management. Vol. 44, Pages: 245-262.
* Randers, J., 1980. Guidelines for Model Conceptualization. In Jorgen Randers (ed.), Elements of the System Dynamics Method, Pages: 117-137. Portland, OR: Productivity Press.
* Richardson, G.P., and Alexander L.P., 1981. Introduction to System Dynamics Modeling with DYNAMO. Cambridge MA: Productivity Press.
* Roberts, N.D., Andersen, R., Garet, D.M., Shaffer, W., 1983. Introduction to Computer Simulation: A System Dynamics Modeling Approach. Portland, OR: Productivity Press.
* Rodríguez-Ulloa, R., Paucar-Caceres, A., 2004. Soft System Dynamics Methodology (SSDM): A Combination of Soft Systems Methodology (SSM) and System Dynamics (SD), Proceedings of the 22nd International Systems Dynamics Conference, 25–29 July 2004, Oxford, England.
* Salter, A.J., Martin, B.R., 2001. The economic benefits of publicly funded basic research: a critical review. Research Policy, Vol. 30, Pages: 509–532.
* Schwaninger. M., Groesser. S., 2008. Modeling as Theory-Building. 26th International System Dynamics Conference, Athens.
* Schein EH., 1992. Organizational Culture and Leadership (2nd ed.). Jossey-Bass Publishers: San Francisco.
* Senge PM., 1990. The Fifth Discipline. The Art and Practice of the Learning Organization. Doubleday- Currency: New York.
* Shane, S., 2004. Academic Entr epreneurship. University Spinoffs and Wealth Creation. Edwar Elgar, Cheltenham, UK.
* Stephan, P., 1996. The economics of science. Journal of Economic Literature, Vol. 34, Pages: 1199–1235.
* Sterman, J., 2000. Business Dynamics. Systems Thinking and Modeling for a Complex World. McGraw-Hill.
* Stillman, S., 2006. Grounded Theory and Grounded Action: Rooted in Systems Theory. World Futures. Vol. 62, Pages: 498-504
* Storper, M., 1997. The RegionalWorld—Territorial Development in a Global Economy. Guilford Press, New York.
* Sutz. J., 2000. The university–industry–government relations in Latin America. Research Policy, Vol. 29, Pages: 279–290.

* Vennix. J., 2000. Group model-building: tackling messy problems, System Dynamics Review, Vol. 15, Pages: 379-401.
* Wolstenholme. E.F., 1994. A Systematic Approach to Model Creation. In Modeling for Learning Organizations ed. by J. D. W. Morecroft and J. D. Sterman. Portland, OR: Productivity Press

یادداشت‌ها

[1] Triple Helix
[2] Innovation Systems
[3] Fluxes
[4] Contribution
[5] Knowledge Gathering
[6] Open Science
[7] Proprietary Technology
[8] Arm's Length Relationship
[9] Crossing
[10] Carriers
[11] Functions
[12] Black Boxing
[13] Ceteris Paribus Clause
[14] Arm's Length
[15] Holy Trinity
[16] Concrete Experiences
[17] awarding of know-how
[18] consulting
[19] Stimulate
[1] System Dynamics
[20] Problem Oriented
[21] Core Categories
[22] In- Depth Interviews
[23] Corridor interview
[24] Causal loop Diagrams
[25] Stock and Flow Diagrams
[26] Building Block
[27] Formalize
[28] Structural Validiation
[29] Behavior Validiation