



مدل سیستمی مدیریت تحقیق و توسعه در صنایع ساخت تجهیزات تولید انرژی برق

علی خمسه

گروه مهندسی صنایع، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران

حمیدرضا فیلی (نویسنده مسئول)

گروه مهندسی صنایع، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران
hrfeili@gmail.com

رحیم شیخی

گروه مهندسی صنایع، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۲۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۰۴

چکیده

با توجه به حوزه های فعالیت و تنوع بسیار بالای محصولات و خدمات در صنایع ساخت تجهیزات تولید انرژی برق، مدیریت تحقیق و توسعه در این صنعت نسبتاً پیچیده می باشد. یکی از تکنیک های نوین مدیریتی برای حوزه های با پیچیدگی بالا، سیستم دینامیک می باشد. در این مقاله مدل مربوط به تحقیق و توسعه در صنایع ساخت تجهیزات تولید انرژی برق با روش سیستم دینامیک و با هدف شناسایی و شناخت عوامل و شاخص های مؤثر بر آن طراحی و توسعه داده شده است. جامعه آماری برای تشکیل حلقه علی معلولی و مدل سازی، ۱۷ نفر از خبرگان شرکت های ساخت تجهیزات تولید انرژی برق بوده که به روش گلوله برفی انتخاب شدند. در این پژوهش ابتدا متغیرهای اصلی شناسایی و روابط آن ها در قالب حلقه علی معلولی تدوین گردیده است و سپس با طراحی مدل اصلی و در قالب نمودار انباشت جریان تکمیل و در نرم افزار ونسیم شبیه سازی شده است. در ادامه با تدوین ۳ سناریو، نسبت به تحلیل حساسیت های عوامل ورودی مدل پرداخته شد و در نهایت با بررسی خروجی های مدل، پیشنهادات اجرایی ارائه گردید. نتایج تحقیق نشان می دهد مدیریت تحقیق و توسعه در صنعت مذکور شامل ۵ عامل مؤثر: استراتژی، انسانی، زیرساخت، مدیریت و مالی و ۳۷ شاخص می شود. بررسی و ارزیابی سناریوها نشان دهنده آن است، سازمان های نیازمند مدیریت تحقیق و توسعه پویا، می بایست به رفع موانع تجاری سازی محصولات، بالا بردن کیفیت نیروی انسانی (افزایش بودجه آموزش و نرخ جذب نیرو) متناسب با افزایش پروژه ها و استفاده از ظرفیتهای خارج از سازمان توجه بیشتری نماید.

واژگان کلیدی: تحقیق و توسعه، مدیریت تحقیق و توسعه، تجهیزات تولید برق، سیستم دینامیک، ونسیم

مقدمه:

دارای اهمیت است (عباسی و همکاران، ۲۰۲۱) سرمایه گذاری‌های تحقیق و توسعه، فرصتی برای صنایع جهت کشف رویکردهای نوین و بالقوه افزایش تحقیق و توسعه است (فن^۲ و همکاران، ۲۰۲۰) و کشورهای پیشرفته صنعتی، نهادهای تحقیق و توسعه و سرمایه‌گذاری بر روی آن‌ها را به اندازه سرمایه‌گذاری مستقیم در صنایع مهم می‌دانند و این امر را به عنوان عامل مهم صنعتی شدن و یکی از ابزارها و ساز و کارهای مهم برای آفرینش محیطی که فعالیت‌های توسعه تکنولوژیکی را جامعه عمل می‌پوشانند، قلمداد می‌نمایند. با توجه به اهمیت موضوع، شورای مشاورین علم و تکنولوژی آمریکا پیش بینی می‌کند شرکت‌های آمریکایی تا سال ۲۰۲۵ سالانه بیش از ۱۰۰ میلیارد دلار بر روی تحقیق و توسعه هزینه خواهند کرد (NSTC, 2020).

صنعت برق در ایران نیز تحت تاثیر حضور سازندگان معتبر اروپایی و آمریکایی که دارای تکنولوژی برتر و با کیفیت هستند قرار گرفته است. در سال‌های اخیر شرکت‌های مذکور سهم قابل توجهی از بازارهای آسیای میانه و خاور میانه را به انحصار خود در آورده‌اند. در صنعتی که تا یک دهه گذشته سخت‌افزار و نرم‌افزار آن برای کشوری مثل ایران کاملاً وارداتی بود، از نیمه اول دهه هشتاد (۱۳۸۵-۱۳۸۱) چشم‌انداز جدیدی برای شرکت‌های درگیر در این صنعت ترسیم شد، که در آن شرکت‌ها می‌بایست فراتر از سازنده اصلی محصولات و تجهیزات، در قامت یک طراح محصولات تولید انرژی برق در نظر گرفته شوند تا با کسب توانمندی‌های علمی و تکنولوژیک برای توسعه محصولات جدید و بهبود محصولات فعلی تحقق یابند. لذا داشتن برنامه مدیریت تحقیق و توسعه مدون مورد نیاز شرکت‌های درگیر در این صنعت نسبتاً پیچیده می‌باشد. با توجه

بدون شک روزه روز بر شدت رقابت در بازارهای جهانی برای ارائه محصولات و خدمات توسط بخش‌های مختلف صنعت افزوده می‌شود و در دهه‌های آتی شاهد شدیدتر شدن نیز خواهیم بود (سردشتی و خمسه، ۱۳۹۷). افزایش رقابت و انگیزه بقاء بسیاری از سازمانها را بر آن داشته ه فعالیتهای خود را بر تولیدات اساسی و توانمندی‌های محوری متمرکز کنند که این امر مستلزم سرمایه‌گذاری در تحقیقات و ایجاد نوآوری‌های تکنولوژیک می‌باشد. انجام تحقیقات در سازمانها با هدف حمایت از نوآوری صورت می‌گیرد و فعالیت‌های تحقیق و توسعه باید فرصت‌های کسب و کار جدیدی خلق کرده و یا کسب و کار فعلی سازمان را متحول نماید (رادفر و خمسه، ۱۳۹۵). امروزه "تحقیق و توسعه" و "مدیریت" از ارکان ایجاد، توسعه و بهره‌برداری از تکنولوژی و از جمله ضروریات توسعه اقتصادی، اجتماعی در هر کشوری هستند و در کشورهای در حال توسعه که درصد خوداتکایی صنعتی و اقتصادی هستند، سیاست‌گذاری و طرح ریزی برنامه‌های تحقیق و توسعه و اعمال مدیریت اثربخشی بر این فعالیت‌ها در اولویت فعالیت‌های ملی، صنعتی و تولیدی قرار دارد. چرا که تحقیق و توسعه تأثیر مستقیمی بر نوآوری، بهره‌وری، کیفیت، سطح استاندارد زندگی و سهم بازار دارند (کلوسیا، ۲۰۲۰). واحدهای تحقیق و توسعه، هسته اولیه فعالیت‌های تحقیقاتی در بخش صنعت هستند و سازمان‌ها همواره به دنبال خلق فرآیندهایی هستند که منجر به ارائه محصولات و خدمات جدید می‌شوند (اصغری و همکاران، ۱۳۹۹). بر این اساس شناخت و درک بسیطی از مفهوم زیست بوم فعالیت‌های تحقیق و توسعه در انواع صنایع و اجزای تشکیل دهنده آن

² Fan¹Coluccia

تحقیق و توسعه در صنعت ساخت تجهیزات تولید انرژی برق با شاخص های بومی، استفاده شده است و با ترسیم حلقه های علی معلولی سعی شده با بهره‌مندی از دیدگاه-های خبرگان این عرصه، مدل ریاضی بهینه سازی شده همراه با سناریوها پیشنهاد گردد.

پویایی شناسی سیستم‌ها از رویکردهای بینابین میان طیف گسترده‌ی رویکردهای نرم و سخت در مدل‌سازی است که مهمترین ویژگی آن امکان ایجاد تغییر در عوامل و سیستم در گذر زمان است (فغفوری آذر و همکاران، ۱۳۹۸). این رویکرد از مدل‌سازی و شبیه‌سازی، بر اساس نظریه سیستم‌های بازخورد عمل نموده و یک رویکرد تحلیلی است که تفکر سیستمی را تکمیل می‌کند، که این ویژگی‌ها آن را نسبت به سایر روش‌ها متمایز می‌کند.

مبانی نظری پیشینه پژوهش

• تحقیق و توسعه:

تعریف یونسکو از تحقیق و توسعه چنین است: تحقیق و توسعه عبارت است از فرآیند پویای به هم پیوسته‌ای از تحقیقات پایه، تحقیقات کاربردی و تحقیقات توسعه‌ای است که نتایج علمی هر مرحله به صورت ذخیره‌ای از دانش در طول زمان گردآوری می‌گردند و این ذخایر به عنوان ورودی مهم و با ارزشی است که منشاء ایده و اختراعات جدیدی در مرحله عمل می‌شود. فرآیند تحقیق و توسعه عبارت از شناسایی نیاز یا استعداد، پیدایش اندیشه‌ها، آفرینش، طراحی، تولید و معرفی و انتشار یک محصول یا نظام تکنولوژیک تازه است (یونسکو،^۳ ۱۹۸۲). براساس دستورالعمل فراسکاتی^۴ سازمان همکاری اقتصادی و

به حوزه‌های فعالیت گروه‌های صنعتی ساخت تجهیزات تولید انرژی برق در ایران (از جمله گروه مپنا) و همچنین تنوع بسیار بالای محصولات و خدمات و شرکت‌های زیر مجموعه آنها در حوزه ساخت تجهیزات تولید انرژی برق، برای جهش و ارتقاء جایگاه فعلی خود ناچار به فعال‌تر کردن بخش تحقیقاتی و نیز توسعه محصولات نوآورانه خود دارد. این شرکت‌ها می‌بایست در نقشه راه تکنولوژی و نیز سبد پروژه‌های تحقیق و توسعه، هم به پروژه‌های کوشش تقاضا و هم پروژه‌های فشار علم و تکنولوژی توجه نمایند.

هدف و تمرکز این مقاله شناسایی عوامل موثر بر مدیریت تحقیق و توسعه، شناخت روابط علی و معلولی متغیرهای موثر بر مدیریت تحقیق و توسعه، طراحی مدل مدیریت تحقیق و توسعه با رویکرد سیستم دینامیک در صنعت ساخت تجهیزات تولید انرژی برق و در نهایت تعیین سناریوها بر اساس مدل طراحی شده در این صنایع می‌باشد.

نتایج بررسی پیشینه موضوع نشان داد که بیشتر مطالعات اخیر داخلی در حوزه مدیریت تحقیق و توسعه به جنبه‌های خاصی نظیر سیاست‌گذاری، راهبردها، توانایی‌های مورد نیاز و عوامل موفقیت آن در برخی صنایع از جمله خودروسازی، تجهیزات نیروگاهی و شرکت‌های دانش بنیان پرداخته شده (آچاک، ۱۴۰۱؛ علیزاده و همکاران ۱۴۰۱؛ عساری و همکاران ۱۴۰۰؛ خدابنده و خمسه ۱۳۹۹، اصغری و همکاران ۱۳۹۹، خمسه و همکاران ۱۳۹۸ و منطقی و علیزاده ۱۳۹۸) و در این تحقیق برای نخستین بار در کشور از شبیه‌سازی سیستم دینامیک جهت مدل‌سازی مدیریت

⁴ Frascati Manual

³ UNESCO

برق و ... (عبدالحمید ۱۹۸۴)، مدلسازی بیولوژیکی و پزشکی (هانسون و بای ۱۹۸۷)، فرهنگی اجتماعی همچون مدل های توسعه شهری، سیاستگذاری علوم و... (دیل ۱۹۹۷) را ارایه می دهد.

• مروری بر پژوهش های انجام شده

روزینسکا و پلینسکی^۵ (۲۰۲۳)، پژوهشی در زمینه مدیریت پروژه های تحقیق و توسعه در مراحل اولیه چرخه حیات پروژه انجام دادند. در این تحقیق یک مطالعه موردی جامع چندگانه انجام شد که جامعه آماری آن منتخب نمایندگان موسسات تحقیق و توسعه، شرکت های صنعتی و دانشگاه ها بودند. نتایج این تحقیق نشان داد که در عمل بهترین راه واحد برای مدیریت همه پروژه های تحقیق و توسعه وجود ندارد، زیرا همه چیز به ماهیت پروژه، اصول اعمال شده توسط سازمان و رویکرد مدیریت به پروژه بستگی دارد و تا حد زیادی مبتنی بر تجربه به دست آمده از پروژه های اجرا شده قبلی است. نتایج این تحقیق نشان داد، ایده گرفتن برای پروژه های تحقیق و توسعه می تواند به روش های مختلفی با استفاده از کارکنان داخل سازمان و تشویق مشتریان خارجی برای همکاری در حل یک مساله انجام شود. همچنین مکانیزم تصمیم گیری و تصویب پروژه های تحقیق و توسعه صرفا نباید توسط افراد و مدیریت ارشد انجام شود و نظرات متخصصان نیز در نظر گرفته شود. این فرایند کمک خواهد کرد که همه چیز در چشم انداز پروژه در نظر گرفته شود و احتمال یافتن موانع احتمالی بالقوه در یک پروژه تحقیق و توسعه افزایش یابد. همچنین این تیم است که تأثیر بسزایی در موفقیت اجرای پروژه های تحقیق و توسعه دارد، بنابراین ایجاد بهترین

توسعه، تحقیق و توسعه مجموعه ای از فعالیت های بدیع، خلاقانه، توأم با عدم قطعیت و نظام مند با قابلیت انتقال یا بازتولید هستند که به سه گروه تحقیقات بنیادی، تحقیقات کاربردی و توسعه تجربی تقسیم میشود (OECD, 2015).

• مدیریت تحقیق و توسعه:

نقطه شروع نوآوری صنعتی به شکل تحقیق و توسعه و برجسته شدن عنوان مدیریت تحقیق و توسعه از ربع آخر قرن ۱۹ میلادی بوده است (مووری^۶؛ ۲۰۰۳). در تعریفی جامع، مدیریت تحقیق و توسعه، مدیریت سیستمی است که خلق، کسب و به کارگیری تکنولوژی را ممکن می سازد و شامل مسئولیتی است که این فعالیت ها را در راستای خدمت به بشر و برآورده ساختن نیازهای مشتری قرار می دهد. تحقیق، اختراع و توسعه اساسی ترین مولفه های خلاق تکنولوژی و وقوع پیشرفت های تکنولوژیک هستند (مندوزا و سیلوا^۶؛ ۲۰۲۱)

• سیستم دینامیک:

سیستم دینامیک یا پویایی سیستم که در سال ۱۹۶۱ توسط فورستر^۷ مطرح گردید، با بهره گیری از نگرش سیستمی، مشکلات را بدرستی شناسایی و در جهت حل معضلات پیش آمده سریعترین و صحیح ترین واکنش را نشان می دهد. سیستم دینامیک روش های مناسبی برای شناسایی الگوی رفتاری سیستم در پرتو تفکر سیستمی، معرفی می نماید و بعلاوه کاربردهای متنوعی در تحلیل سیستم ها به خصوص سیستم های اجتماعی، اقتصادی همچون اقتصاد کلان، خرد و تورم (استرمن ۱۹۸۳، هامر و کالیر ۱۹۹۱)، فنی مهندسی همچون مکانیک سیالات،

⁷ Forrester

⁸ Agata Klaus-Rosińska & Wojciech Pliński

⁵ Mowery

⁶ Mendoza-Silva

تحقیق و توسعه، به تجزیه و تحلیل پروژه های تجاری سازی تحقیقاتی شامل همکاری بین موسسات تحقیقاتی عمومی و شرکت های خصوصی در سنگاپور می پردازد. در نهایت، تعیین میکند که چگونه منابع انسانی، مالی، شبکه ای و مدیران ارشد رابطه بین پیچیدگی تکنولوژی و عملکرد مالی پروژه ها را تعدیل می کنند. ورستهن و گستالتن^۱ (۲۰۱۸) تحولات و نقاط عطف در زمینه های کلیدی مدیریت تحقیق و توسعه را به عنوان پایه ای برای تجزیه و تحلیل عمیق تحولات احتمالی آینده بررسی می کنند. این زمینه های اقدام شامل راهبرد، سازمان، فرآیندها، روش ها، ابزارها و کارکنان میباشد. بلکبورن^۲ و همکاران (۲۰۱۷)، در یک مطالعه جامع، از طریق مباحثه های گسترده ماهیت کلان داده را تفکیک و درک مشترکی از آنچه کلان داده عرضه می کند به دست آوردند، سپس یک چارچوب تحقیقاتی برای تحلیل تاثیر کلان داده بر مدیریت تحقیق و توسعه از جنبه های راهبرد، افراد، تکنولوژی و یکپارچگی فرآیند تشکیل دادند. مرور مبانی نظری، مصاحبه با متخصصین، و مطالعات موردی چندین شرکت در استفاده از کلان داده نشان داد که این پدیده تاثیرات قابل توجهی روی مدیریت تحقیق و توسعه و نوآوری از نظر اطلاع رسانی، توانمندسازی، و تقویت یا تخریب دارد. همچنین ماهیت و دامنه این تاثیر تا حدودی در بین بخش های مختلف صنایع نابرابر است. از طرفی هررا^۳ و همکاران (۲۰۱۵) در پژوهش خود که به صورت توصیفی بوده است، در نهایت به اصولی که در طراحی مدل باید لحاظ گردد تمرکز می کند. هدف ایشان

شرایط کاری ممکن برای تیم سازی و حمایت از آنها در موفقیت پروژه های تحقیق و توسعه تاثیرگذار است. کاماکورا^۹ (۲۰۲۲)، در تحقیقی دیگر به بررسی عوامل موثر بر مدیریت تحقیق و توسعه جهانی شرکت های چندملیتی شیمیایی ژاپنی پرداختند. شرکت های چندملیتی شیمیایی ژاپن تمایل به گسترش تحقیق و توسعه خود در خارج از کشور، عمدتاً به سایر کشورهای آسیایی داشته اند. در این تحقیق، تجزیه و تحلیل داده ها و مصاحبه هایی با ۱۶ شرکت بزرگ شیمیایی ژاپنی بین سال های ۲۰۱۲ و ۲۰۱۵ انجام گردید. چهار توانمندی اصلی برای ایجاد تحقیق و توسعه و گسترش بازارها عبارتند از: (۱) پاسخ سریع به بازار محلی و خدمات مشتری، (۲) ادغام و اکتساب (۳) کسب استعداد، و (۴) جمع آوری اطلاعات فنی می باشد. لشگری و همکاران (۲۰۲۱) در پژوهش خود، مدلی برای بررسی رفتار یک سیستم تحقیق و توسعه در صنعت خودروسازی ارائه دادند. برای این منظور ابتدا متغیرهای موثر بر چرخه فعالیت های تحقیق و توسعه مورد مطالعه قرار گرفته و مدل سازی با استفاده از رویکرد پویایی ارائه شد. همچنین سیاست های مختلفی در مورد عملکرد چرخه تحقیق و توسعه بر اساس زمان کسب دانش و معرفی محصول تحلیل گردید. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که سهم ضعیف بودجه تحقیق و توسعه در کنار سهم کم و محدود بازار و عدم سرمایه گذاری مناسب، قابلیت تحقیق و توسعه را در بلند مدت در سطح نامطلوبی قرار می دهد. چیه^{۱۰} و همکاران (۲۰۲۰) در مقاله ای با عنوان تاثیر پیچیدگی تکنولوژی با عملکرد مالی پروژه های

¹ Blackburn

¹ Herrera

²

³

⁹ Kamakura

¹ Cheah

¹ Verstehen & Gestalten

0

1

ارائه یک رویکرد طراحی سیستم تحقیق و توسعه در سازمان با توجه به خصوصیات آن می باشد. پس از تجزیه و تحلیل انواع روش های برنامه ریزی (برنامه ریزی رسمی، عقلانیت محدود و سیستماتیک) و ویژگی های خروجی آن تدوین گردیده است و در نهایت بیان می کند که یکی از جنبه های مهم تحقیق و توسعه عدم قطعیت و خودانگیختگی نتایج می باشد. مطالعه انجام شده توسط گوپتا^{۱۴} و همکاران (۲۰۱۳)، یک لیست از رفتارهای مدیران که می تواند خلاقیت را در مشاغل مرتبط با تحقیق و توسعه بهبود بخشد را عنوان می کند. خصوصا یک مقیاس کمی طراحی کرده است که در گذشته به صورت کیفی طراحی شده بود. ۵۸۴ دانشمند در ۱۱ آزمایشگاه تحقیق و توسعه در هند را مورد ارزیابی قرار داده اند. مطالعات انجام شده توصیفی و فاکتورهای بررسی شده ۵ نوع رفتار را نشان داد: وظیفه شناسی، قدرشناسی و انگیزه بخش بودن، قدرت بخش بودن، قابلیت تشکیل کارهای گروهی و توسعه و الگو بودن آن. با توجه به شواهد موجود در همگرا بودن عوامل پیشنهاد شده است که در تحقیقات آینده در زمینه مدیریت خلاقیت در تحقیق و توسعه آزمایشگاه ها از این مقیاس استفاده شود.

آچاک و همکاران (۱۴۰۱)، تحقیقی با هدف شناسایی و اولویت بندی مولفه های مدیریت تحقیق و توسعه انجام دادند. این پژوهش با رویکرد ترکیبی (کیفی-کمی) انجام گرفت. در بخش کیفی، پس از مرور منسجم مبانی نظری، با ۱۲ نفر از خبرگان که به روش نمونه گیری هدفمند و گلوله برفی انتخاب شدند مصاحبه شد و نظرات آن ها جمع آوری و در قالب نظریه داده بنیاد، مورد تحلیل قرار گرفت.

در بخش کمی، نظرات ۸۵ نفر از متخصصین تحقیق و توسعه و فعالان حوزه هوش مصنوعی که به روش نمونه گیری قضاوتی انتخاب شده بودند از طریق پرسشنامه جمع آوری و پس از تحلیل آن به روش مدل معادلات ساختاری، روابط و اعتبار مولفه ها مورد تأیید قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد عوامل موثر بر مدیریت تحقیق و توسعه داده محور در شرکت ها و موسسات فعال در هوش مصنوعی به ترتیب اولویت عبارتند از: مدیریت نظام مند، تامین منابع، توانمندی بکارگیری تحلیل های کلان داده، سیاست های حمایتی، بسترها و زیرساخت ها، توسعه علم داده، عوامل سازمانی و منافع تجاری است. در پژوهشی دیگر اسدی و همکاران (۱۴۰۱). به شناسایی و وزن دهی چالش های تحقیق و توسعه باز در حوزه فناوری های نو ظهور در حوزه تکنولوژی نانو در ایران پرداختند. در این تحقیق با استفاده از مطالعات کتابخانه ای ۲۹ چالش از منابع داخلی و خارجی استخراج شد که در طی سه مرحله نظرسنجی خبرگان حوزه نانو که با روش دلفی فازی انجام گرفت، ۲۵ چالش در سه مقوله (داخلی، خارجی، تلفیقی) انتخاب و با روش آنتروپی شانون وزن دهی شدند. جهت صحت سنجی چالش ها، مقایسه ای با شش پژوهش مرتبط انجام و راهکارهای بهبود پیشنهاد شد. یافته های این پژوهش نمایان گر پُر اهمیت بودن چالش «عدم حفاظت از مالکیت فکری» و شناسایی چهار چالش «حفظ تعادل بین همکاری تحقیق و توسعه داخلی و خارجی»، «ناتوانی در کنترل»، «عدم همگرایی تحقیقات» و «ناهمسویی راهبرد» است.

اصغری و همکاران (۱۳۹۹)، در پژوهش خود مدل ارتقاء توانایی‌های تحقیق و توسعه با رویکرد کیفی در صنایع ساخت تجهیزات نیروگاهی و تأمین انرژی را ارائه دادند. جامعه آماری این پژوهش خبرگان تحقیق و توسعه صنایع ساخت تجهیزات نیروگاهی و تأمین انرژی گروه صنعتی مپنا تشکیل دادند. جهت شناسایی اجزاء تشکیل دهنده مدل ارتقاء توانایی‌های تحقیق و توسعه از تحلیل اکتشافی و نرم افزار مکس کیودا^{۱۵} و استراتژی داده بنیاد استفاده شد. بر اساس تحلیل داده‌های پژوهش، ۵۶ کد و ۸ مقوله تأمین مالی، منابع انسانی، تجاری‌سازی، مدیریت سبد پروژه تحقیق و توسعه، تأمین زیرساخت‌های تکنولوژیک، مدیریت پروژه‌های تحقیق و توسعه، شبکه سازی تحقیق و توسعه و حفاظت از مالکیت فکری به عنوان اجزاء مدل ارتقاء توانایی‌های تحقیق و توسعه شناسایی گردیدند و مدیران باید از طریق تنوع روش‌های تأمین مالی و تجاری‌سازی دستاوردهای پژوهش، بودجه مناسبی برای فعالیت‌های تحقیق و توسعه و نگهداشت سرمایه‌های انسانی دانشی فراهم نمایند. از سوی دیگر عابدی و همکاران (۱۳۹۴) به بررسی توانمندی‌های مدیریت تحقیق و توسعه در صنعت خودرو ایران پرداخته‌اند. علاوه بر آن یک مدل جهت ارزیابی سطح قابلیت تحقیق و توسعه ۱۲۵ شرکت در صنعت خودرو ارائه داده‌اند. با ارزیابی شاخص‌های قابلیت تحقیق و توسعه نتایج پژوهش نشان می‌دهد که نیمی از شرکت‌های مورد بررسی دارای قابلیت‌های تحقیق و توسعه در سطح بسیار پایین و سطح پایین می‌باشند و تنها ۱۲ درصد از شرکت‌های مذکور دارای قابلیت‌های در سطح بالا و متوسط می‌باشند. از

سوی دیگر قابلیت‌های شبیه‌سازی و مدل‌سازی، نمونه‌سازی سریع و نمونه‌سازی در محیط عملیاتی را مورد بررسی قرار داده است که طبق نتایج حاصل شده قابلیت‌های شبیه‌سازی و مدل‌سازی در سطح متوسط و بالا، قابلیت‌های نمونه‌سازی در محیط عملیاتی در سطح بسیار پایین و همچنین نمونه‌سازی سریع در سطح متوسط قرار دارند. همچنین پورغفارمغفرتی و همکاران (۱۳۹۳) در تحقیق‌شان سعی نموده‌اند تا با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)، و فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، پس از ارزیابی عملکرد واحدهای تحقیق و توسعه مربوط به شرکت‌های تولیدی استان گیلان به رتبه‌بندی آن‌ها بنمایند. در این مطالعه ابتدا ۱۳ واحد از واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های تولیدی استان گیلان پس از بررسی‌های لازم و متعدد به عنوان واحدهای تصمیم‌گیری (DMUs) انتخاب شده و با اقتباس از شرح وظایف محوله این واحدها توسط وزارت صنعت، معدن و تجارت و با استفاده از نظر خبرگان اقدام به تعیین شاخص‌های ورودی و خروجی تاثیرگذار شده است. شاخص‌های ورودی این تحقیق عبارتند از سطح دسترسی به امکانات، کیفیت نیروی انسانی، جنبه مالی و خروجی‌ها عبارتند از فرآیند/تکنولوژی/محصول جدید، میزان بهینه‌سازی، عملکرد پژوهشی و مشتری‌مداری. که هر کدام از این شاخص‌ها زیر شاخص‌هایی دارد. جنبه مالی با اهمیت وزنی ۰,۴۴۷ به عنوان بالاترین و تاثیرگذارترین شاخص توسط خبرگان انتخاب شد و عملکرد پژوهشی به عنوان پایین‌ترین شاخص برگزیده شد. در ادامه با استفاده از مدل DEA برای بررسی کارایی

واحدهای تحقیق و توسعه، ۳ واحد کارا و ۱۰ واحد دیگر ناکارا منتج شد.

در تحقیقی دیگر، نظری زاده (۱۳۹۲) پس از مرور ادبیات و دو تجربه بین المللی، اهداف و الویت های راهبردی و عملیاتی صنعت دفاعی از توسعه و استفاده از شبکه های تحقیق و توسعه، چالش های موجود بر سر به کارگیری شبکه های تحقیق و توسعه را احصاء و رتبه بندی نموده است و در نهایت نیز راهکارهای استفاده از این شبکه ها شناسایی و الویت بندی نموده است. متغیرهای تاثیر گذار بر روی طراحی مدل در بررسی ایشان عبارتند از: ۱- پیشرانده ها (اقتصادی، ماموریتی، دانشی) ۲- (هم افزایی، پاسخ به نیاز، فن آوری) ۳- اهداف عملیاتی (تسریع، نوآوری، تصدی، کیفیت، ظرفیت، انعطاف، آزادسازی، تسهیل) ۴- چالشهای احتمالی (هزینه، مدیریت، ناپایداری، پاسخگویی، افشاء، عدم تمایل) ۵- ساز و کارها و انواع همکاری شبکه ای.

طحاری مهرجردی و همکاران (۱۳۹۱)، در پژوهش خود ارزیابی کارایی نسبی عملکرد تحقیق و توسعه ایران در مقایسه با کشورهای منطقه با استفاده از سازوکار ترکیبی تحلیل پوششی داده ها و تاپسیس پرداخته است. بدین منظور، فعالیت های تحقیق و توسعه ۱۴ کشور منطقه گردآوری شده است. در این راستا برای ارزیابی کارایی نسبی این فعالیت ها از ورودی هایی چون، تعداد ثبت نام در رشته های علوم و مهندسی، تعداد محققان تحقیق و توسعه و هزینه تحقیق و توسعه استفاده شد و خروجی های آن نیز، تعداد مقاله های علمی و مهندسی، پتنت های دریافتی بین المللی و صادرات فناوری پیشرفته مد نظر قرار گرفت. برای محاسبه کارایی کشورها، با در نظر گرفتن تمام حالات ممکن، از ۴۹ ترکیب مختلف ورودی

ها و خروجی ها، استفاده شد و به دست آمد. در پایان از روش تاپسیس برای رتبه بندی کامل نتایج کارایی استفاده شد. نتایج رتبه بندی نشان داد که لبنان و قرقیزستان، به ترتیب بهترین عملکرد و ضعیف ترین عملکرد را در مجموع ترکیبات متفاوت ورودی ها و خروجی ها در بین کشورهای منتخب داشتند. از طرفی رفسنجانی اکبری آبادی (۱۳۹۲) تحقیقی با عنوان آسیب شناسی وضعیت تحقیق و توسعه در صنعت خودرو کشور و شکاف آن با نسل های جدید تحقیق و توسعه انجام دادند. با توجه به تقسیم بندی نسل های تحقیق و توسعه به شش دوره زمانی، به بررسی ویژگی های هر کدام از این نسل ها و تعیین شاخص های هر نسل با تجزیه و تحلیل پرسشنامه های توزیع شده و مصاحبه با خبرگان صنعت خودرو پرداخته و در نهایت مشخص می نماید که صنعت خودرو سازی در ایران محدوده نسل های سوم و چهارم قرار دارد و علل شکاف و راهکار های لازم برای بهبود را برشمرده و ارائه نموده است. قنبری نژاد و همکاران (۱۳۹۱) طی انجام یک مطالعه توصیفی نقش مدیریت تکنولوژی، تحقیق و توسعه، در راستای پیش بینی عملکردهای سازمان در حوزه های کیفیت و نوآوری، که به عنوان مهمترین منابع در کسب مزیت رقابتی برای سازمان ها مطرح هستند، مورد آزمون قرار می گیرد. بدین منظور شش فرضیه مطرح گردیده است و داده های مورد نیاز این پژوهش از ۲۳۶ مدیر شاغل در شرکتهای تولیدی دارای بیش از ۵۰۰ پرسنل، در محدوده استان گیلان جمع آوری شده است که با استفاده از مدل معادلات ساختاری مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. یافته های تحقیق نشان داد که مدیریت تکنولوژی، تحقیق و توسعه (مدیریت نوآوری جامع) دارای

قدرت پیش بینی برای عملکردهای کیفی سازمان است اما قدرت پیش بینی آن برای عملکرد های نوآوری سازمان، بالاتر است. مهمترین نتیجه پژوهش حاضر این است که به کارگیری مدیریت تکنولوژی و تحقیق و توسعه سبب ارتقای عملکردهای کیفیت و مهمتر از آن تقویت عملکردهای نوآوری در سازمان ها می شود. از سوی دیگر مطالعه توانگر و همکاران (۱۳۹۱) متمرکز بر ارائه مدلی برای ارزیابی عملکرد واحد های تحقیق و توسعه در یک ساختار هیبرید است به گونه ای که نتایج آن موجب مشخص شدن نقاط قوت و ضعف واحد های تحقیق و توسعه در تحقق اهداف استراتژیک حصول اطمینان از وجود توانمندی تحقیقاتی لازم، زمینه سازی برای ایجاد ساختار شبکه ای بین واحد های تحقیق و توسعه ای هولدینگ و ایجاد رقابت مثبت بین واحد ها می باشد. نکته کلیدی در اجرای موفق این ارزیابی، انتخاب صحیح معیار ها و تعیین شاخص های کمی است. همچنین خمسه و همکاران (۱۳۹۱)، ضمن معرفی توسعه محصولات جدید راهبردها الگوها و فرآیند آن به اهداف و دلایل اهمیت توسعه محصولات جدید، می پردازد. همچنین در ادامه به نقش نوآوری تحقیق و توسعه، تکنولوژی و مدیریت در فرآیند توسعه محصولات جدید پرداخته و عوامل حائز اهمیتی را که در شکست و موفقیت توسعه محصولات جدید نقش دارند را مورد بررسی قرار داده است. باقرزاده (۱۳۹۱) نشان می دهد که بهره وری کل عوامل تولید در بخش صنعت به مخارج تحقیق و توسعه داخلی، سرمایه گذاری تحقیق و توسعه توسط شرکای تجاری، سرمایه انسانی و درجه بازبودن اقتصاد بستگی دارد. نتایج حاکی است که اثر سرمایه گذاری در تحقیق و توسعه داخلی بر بهره وری صنعت ضعیف تر از

انباشت سرمایه تحقیق و توسعه شرکای تجاری در این بخش است. در ضمن متغیر های سرمایه انسانی و درجه بازی اقتصادی دارای تاثیر مثبت بر بهره وری کل صنعت است در نهایت توصیه می شود که سهم قابل توجهی از تولید ملی به هزینه های تحقیق و توسعه و آموزش نیرو انسانی اختصاص یابد. از طرفی قدیریان (۱۳۸۳) در بررسی خود، ابتدا تفاوت ماهوی فعالیت های تحقیق و توسعه و الگوهای مورد استفاده شرکت های معتبر بین المللی در زمینه نحوه سازماندهی واحد های تحقیق و توسعه تشریح نموده است و در ادامه چگونگی رقابت توام با همکاری بعنوان یکی از الزامات تولید تکنولوژیهای برتر را ارائه می دهد. در پایان مکانیزم های مدیریت موفق و موثر بر واحد های تحقیق و توسعه از طریق پیروی از الگو رقابت توام با همکاری در توسعه تکنولوژی های جدید بیان می کند. قریب پور و همکاران (۱۳۹۱) با بررسی مباحث مربوط به تحقیق و توسعه، علاوه بر ذکر اهمیت آن در سطح ملی و سازمانی، مشکلاتی که واحدهای تحقیق و توسعه سازمان ها با آن مواجه اند بررسی می شود. سپس به عنوان راهکاری مناسب، برونسپاری این واحدهای سازمانی مورد بحث قرار گرفته و تشریح می شود. با بررسی دقیق تر ساختار واحدهای تحقیق و توسعه و نیز جهت رفع موانع و معایب برونسپاری، چنین پیشنهاد می کند که این واحدها باید به شرکت های دانش بنیان برونسپاری شوند. نهایتاً به عنوان راهنمای عمل مدل جامع برونسپاری واحد های تحقیق و توسعه سازمان به شرکت های دانش بنیان با چهارچوبی سیستمی ارائه می گردد. این مدل می تواند توسط سازمان های بزرگ و متوسط دولتی و خصوصی بکار رود. از سوی دیگر محقر و همکاران (۱۳۹۱) بیان می کنند که دانش همواره به عنوان یک عامل تعیین کننده در

مقایسه بین وضعیت واقعی سازمان با عملکرد مطلوب اتخاذ گردد.

با مرور ادبیات و پیشینه موضوع و همچنین مطالعه تحقیقات انجام شده، ۸۴ شاخص به عنوان شاخص های اولیه استخراج و با تهیه و ارایه پرسشنامه به روش طیف لیکرت بین ۹ خبره حوزه تحقیق و توسعه به منظور دستیابی به عوامل و شاخص های موثر بر مسئله، توزیع گردید. پس از جمع آوری و تجمیع نظرات ایشان، تعداد شاخص های تاثیر گذار تا حد امکان غربالگری شده و ۳۷ شاخص به همراه دسته بندی عوامل اصلی: استراتژی، زیر ساخت، مدیریت، انسانی و مالی مطابق جدول شماره ۱ استخراج گردید. از این شاخص ها می توان به عنوان شاخص های موثر بر مدیریت تحقیق و توسعه نام برد.

همانطور که می دانیم مدل، تمامی عوامل موثر بر مسئله را نشان نمی دهد و فقط مهمترین این عوامل و فاکتورها در مدل مورد بررسی قرار می گیرند. از این رو در نهایت تعداد ۱۶ شاخص وارد نرم افزار ونسیم و مدل گردید و سعی نمودیم بهترین و مهمترین شاخصه های موثر را انتخاب نموده و مورد بررسی قرار دهیم.

فعالیت های تحقیق و توسعه و تولید محصولات نوآور اتفاق می افتد. علاوه بر این، همه فعالیت های تحقیق و توسعه منجر به نوع یکسانی از نوآوری نمی شوند، بلکه سرمایه گذاری بر روی فعالیت های پژوهشی می تواند محصولاتی با نوآوری رادیکال و سرمایه گذاری در فعالیت های توسعه، نوآوری تدریجی را برای سازمان به ارمغان آورد. حفظ توازن میان این دو نوآوری در محصولات برای کسب مزیت رقابتی سازمان ها بسیار حایز اهمیت است. برای بررسی ماهیت پویا و پیچیده رابطه بین خلق دانش و فعالیت های سرمایه گذاری در تحقیق و توسعه، ایشان سعی داشته است با نگاهی نظام مند به مطالعه اثر سیاست های مختلف سرمایه گذاری بر انباشت دانش سازمان بپردازد. بدین منظور، رویکرد پویایی های نظام مند به عنوان رویکردی برای مطالعه نظام های پیچیده، برای مدل سازی و شبیه سازی نظام مورد بحث، استفاده شده است. همچنین به منظور آزمون کاربردی بودن مدل ارایه شده، یک مطالعه موردی ارایه شده است. نتایج شبیه سازی نظام مورد مطالعه نشان داد سیاست های سرمایه گذاری سازمان در فرایندهای تحقیق و توسعه باید بر اساس

جدول ۱. متغیرهای مدیریت تحقیق و توسعه

ردیف	عوامل	متغیر	منابع	سال
۱	توسعه	تعریف سبد پروژه تحقیق و توسعه	Noemani Seighalan et all - خمسه و همکاران - اصغری و همکاران	۲۰۲۰ ۱۳۹۸ ۱۳۹۹
۲		فرآیند انتخاب پروژه های تحقیق و توسعه	Rosinska & Plinski - اصغری و همکاران	۲۰۲۳ ۱۳۹۹
۳		ارتباط استراتژی تحقیق و توسعه و استراتژی کسب و کار	Blackburn et all - Noemani Seighalan et all - نعمانی و همکاران	۲۰۱۷ ۲۰۲۰ ۱۳۹۹
۴		تدوین استراتژی تحقیق و توسعه	Blackburn et all - Verstehen & Gestalten	۲۰۱۷

۲۰۱۸ ۱۳۹۹	- نعمانی و همکاران			
۲۰۱۷ ۲۰۱۸ ۲۰۲۰	- Blackburn et all - Verstehen & Gestalten - Noemani Seighalan et all	وجود استراتژی کسب و کار		۵
۲۰۱۶ ۲۰۲۲	- Lifeng - Kamakura	میزان رقابت پذیری شرکت ها در صنعت		۶
۲۰۲۰ ۲۰۲۲ ۱۴۰۰ ۱۳۹۹	- Noemani Seighalan et all - Kamakura - فراهانی فر و همکاران - اصغری و همکاران	تجاری سازی دستاوردهای تحقیق و توسعه		۷
۱۳۹۹	- اصغری و همکاران	ارزیابی پروژه های تحقیق و توسعه		۸
۲۰۱۷ ۱۳۹۲	- Blackburn et all - زرگر	سطح تکنولوژی موجود		۹
۲۰۱۸	- Verstehen & Gestalten	بسترهای خلاقیت و نوآوری سازمانی		۱۰
۲۰۱۷ ۱۳۹۲	- Blackburn et all - زرگر	دسترسی به منابع تکنولوژیکی		۱۱
۱۴۰۰ ۱۴۰۱	- عساری و همکاران - اسدی و همکاران	رصد پیشرفت های تکنولوژیکی		۱۲
۲۰۲۲ ۱۳۹۹	- Kamakura - خدابنده و خمسه	توان پردازش اطلاعات و تبدیل به دانش		۱۳
۱۴۰۰	- عباسی و همکاران	امکانات و تجهیزات مورد نیاز آزمایشگاهی		۱۴
۱۳۹۸ ۱۳۹۹ ۱۴۰۱	- خمسه و همکاران - اصغری و همکاران - آچاک و همکاران	زیر ساخت تکنولوژی اطلاعات		۱۵
۲۰۲۳	- خمسه و همکاران	فرایند کنترل کیفیت محصول و قابلیت اطمینان		۱۶
۱۴۰۱	- آچاک و همکاران	بانک های اطلاعاتی مورد نیاز		۱۷
۱۳۹۱ ۱۳۹۹	- کاظمی - اصغری و همکاران	ارزیابی و کنترل فعالیت های R&D		۱۸
۱۳۹۷ ۲۰۲۳	- خمسه و صادقی مرزناکی - Rosinska & Plinski	فرهنگ کار تیمی		۱۹
۱۳۹۱	- کاظمی	روند ارزیابی عملکرد کارکنان R&D		۲۰
۱۳۹۹	- اصغری و همکاران	وجود مشوق های برای کارکنان R&D		۲۱
۱۴۰۱ ۲۰۲۳	- آچاک و همکاران - Rosinska & Plinski	نحوه مدیریت کارکنان R&D		۲۲
۲۰۱۳ ۲۰۱۱ ۱۳۹۹ ۱۴۰۱	- Mata & Woerter - Yaraghi, N., & Langhe - اصغری و همکاران - اسدی و همکاران	مدیریت ریسک R&D		۲۳
۲۰۱۷ ۲۰۲۰	- Yaghoubi et all - Cheah et all	حمایت مدیریت ارشد از فعالیت های R&D		۲۴

۱۴۰۱	- آچاک وهمکاران			
۲۰۱۳ ۱۳۹۶ ۱۳۹۹	- Gupta et all - صمدی مقدم و همکاران - اصغری و همکاران	مسئولیت پذیری و تعهد کاری	آسانسور	۲۵
۱۳۹۲	- زرگر	کیفیت آموزشی فارغ التحصیلان شاغل در واحد R&D		۲۶
۲۰۱۶ ۲۰۲۰	- Karaveg et all - Cheah et all	معلومات تخصصی کارکنان R&D		۲۷
۲۰۱۳ ۲۰۱۷ ۲۰۲۰ ۲۰۲۰	- Gupta et all - Blackburn et all - Noemani Seighalan et all - Cheah et all	شایستگی ها و ویژگی های کارکنان		۲۸
۲۰۱۶ ۱۳۹۸	- Karaveg et all - اصغری و همکاران	تجربه کارکنان R&D		۲۹
۲۰۱۳ ۱۳۹۲ ۱۳۹۹	- Gupta et all - زرگر - خمسه و خدابنده	تناسب دوره های آموزشی با نیازهای کارکنان R&D		۳۰
۲۰۱۳ ۲۰۲۰ ۲۰۲۳ ۱۴۰۰	- Gupta et all - Cheah et all - Rosinska & Plinski - عباسی و همکاران	توانمندی های تیم توسعه		۳۱
۲۰۱۳ ۱۳۹۸	- Gupta et all - اصغری و همکاران	انگیزش کارکنان شاغل در واحد R&D		۳۲
۲۰۱۷ ۲۰۲۳ ۱۳۹۸ ۱۴۰۰	- Khoshnevis & Teirlinck - Rosinska & Plinski - خمسه و همکاران - عباسی و همکاران	روشهای تامین منابع مالی		۳۳
۲۰۲۱ ۲۰۲۰	- Lashgari et all - Noemani Seighalan et all	تخصیص درصدی از فروش به پروژه های R&D		۳۴
۲۰۲۰ ۲۰۲۱ ۱۳۹۸ ۱۴۰۱	- Cheah et all - Lashgari et all - علیزاده و منطقی - آچاک وهمکاران	دسترسی به منابع مالی	}	۳۵
۲۰۲۰ ۲۰۲۰ ۱۳۹۸ ۱۳۹۸ ۱۳۹۹ ۱۴۰۰ ۱۴۰۱	- Noemani Seighalan et all - Cheah et all - علیزاده و منطقی - خمسه و همکاران - اصغری و همکاران - عباسی و همکاران - آچاک وهمکاران	تخصیص منابع مالی به فعالیت های R&D		۳۶
۲۰۲۲	- Sadeghi Marznaki et all	محاسبه نرخ بازگشت سرمایه		۳۷

✓ ارتباطات متغیر روند انتخاب پروژه های

تحقیق و توسعه:

این پژوهش از حیث هدف کاربردی بوده و با توجه به اینکه برای با مقایسه تکنولوژیهای کسب شده (سطح تکنولوژی مدلسازی از روش سیستم دینامیک استفاده گردیده، پژوهش از نوع موجود) که شامل محصولات تجاری شده می شود با وضع مدلسازی ریاضی است. جامعه آماری برای تشکیل حلقه علی معلولی مطلوب و میزان رقابت پذیری محصولات در بازار، نسبت و مدلسازی، ۱۷ نفر از خبرگان شرکت های ساخت تجهیزات تولید تکنولوژی های کسب شده را مشخص می نماید و این انرژی برق بودند که به روش گلوله برفی انتخاب شدند و دارای قیاس منجر به تعیین و گاه بازمینی الویت بندی پروژه تحصیلات کارشناسی و بالاتر بوده و نیز بیش از ۸ سال سابقه کار به انتخاب و توسعه پروژه های تحقیق و توسعه و تجاری سازی آن می گردد.

روش پژوهش

یافته ها:

یافته های پژوهش با توجه به مراحل مدلسازی سیستم دینامیک در ادامه آمده است.

• حلقه های علی و معلولی:

در این بخش، به بررسی و تشریح حلقه های پرداخته می شود که هدف آن شناسایی کلیدی ترین عوامل تاثیر گذار بر مدیریت تحقیق و توسعه در زمینه ساخت تجهیزات صنعت تولید انرژی برق است.

✓ ارتباطات متغیر حمایت مدیریت ارشد از

پروژه های تحقیق و توسعه:

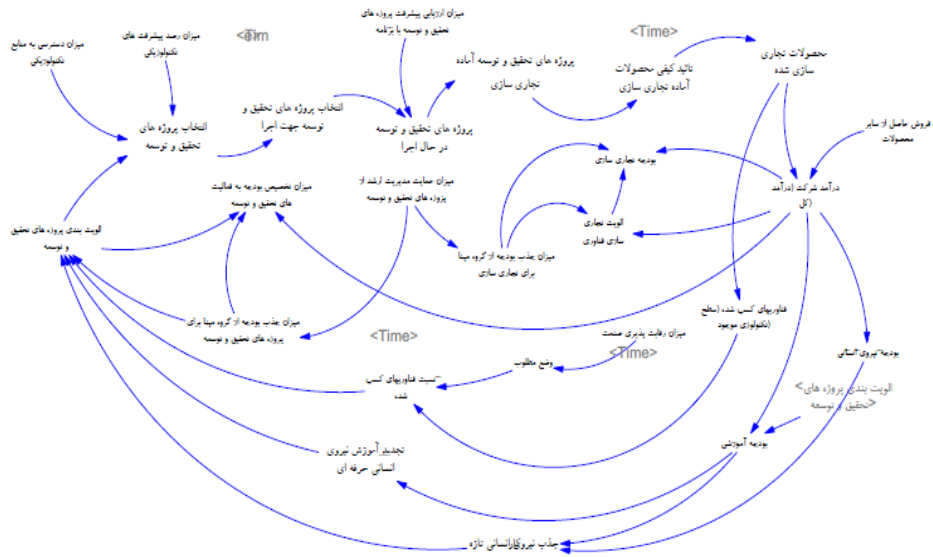
افزایش حمایت مدیریت ارشد از پروژه های تحقیق و توسعه منجر به الویت بندی، تخصیص بودجه و جذب آن در پروژه های تحقیق و توسعه شرکت می گردد. از طرفی این حمایت موجب تخصیص بودجه و تسریع در تجاری سازی پروژه های تحقیق و توسعه شرکت می گردد.

✓ ارتباطات متغیر درآمد شرکت و تخصیص

بودجه:

درآمد شرکت که از بخش فروش محصولات تجاری شده و سایر محصولات حاصل می گردد. از درآمد شرکت به میزان ۰,۰۰۲۳ مربوط به بودجه نیروی انسانی، ۰,۰۰۰۵ مربوط به آموزشی و ۰,۰۳ مربوط به تجاری سازی تخصیص می یابد. بودجه نیروی انسانی و آموزشی منجر به جذب نیروی انسانی و با تخصیص بودجه به پروژه های تحقیق و توسعه، آغاز انجام پروژه های تحقیق و توسعه محقق می گردد.

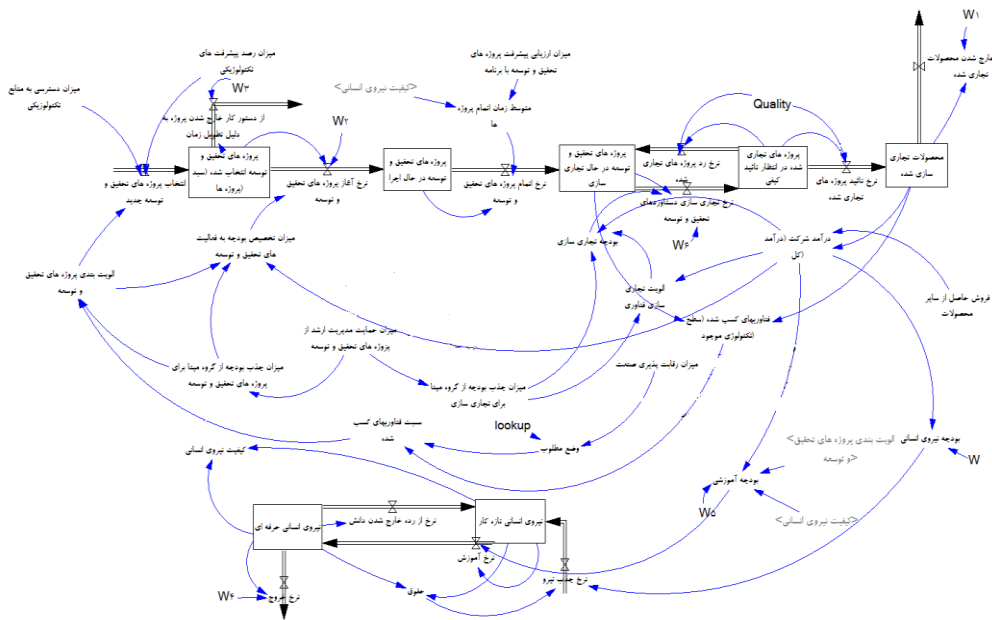
با توجه به موارد یاد شده، نمودار علی و معلولی کل بشرح نمودار شماره ۱ نمایش داده می شود.



شکل ۱. نمودار کلی علی و معلولی مدیریت تحقیق و توسعه

• مدل سیستم دینامیک:

با توجه به نمودار کلی علی معلولی، مدل نهایی سیستم دینامیک مدیریت تحقیق و توسعه مطابق شکل ۲ ترسیم گردید.



شکل ۲. مدل نهایی سیستم دینامیک مدیریت تحقیق و توسعه

• شبیه سازی:

✓ سناریوی ۱: حالت پایه ای (BAU)؛
در این سناریو حالت موجود و کنونی شاخص ها و متغیرهای انتخاب شده سازمان همچون: میزان دسترسی

با توجه به اینکه محیط سازمانی و اثرات متغیرهای مختلف، در محیط عدم قطعیت هستند، اعمال استراتژی ها در قالب تدوین سناریو معنا یافته و تحلیل خواهند شد.

زمینه برای دسترسی به منابع تکنولوژیکی با عقد قراردادهای جدید و تسهیل در دریافت منابع دانشی و تکنولوژیکی رشد مناسبی خواهد داشت. با افزایش دسترسی به منابع تکنولوژیکی انتخاب پروژه های تحقیق و توسعه جدید رشد خواهد یافت سبد محصول شرکت از ۲ واحد کنونی نزدیک به ۶ واحد خواهد رسید. با افزایش دسترسی به منابع تکنولوژیکی و همچنین رشد انتخاب پروژه ها تا سال ۱۴۰۲ نرخ اتمام پروژه ها کاهش خواهد بود ولیکن از ۱۴۰۲ تا ۱۴۰۴ به دلیل کاهش کیفیت نیروی انسانی شاهد افزایش نرخ اتمام پروژه ها هستیم. کاهش درآمد شرکت از محل پروژه های تحقیق و توسعه علیرغم رشد پروژه ها از سال ۱۴۰۱ به بعد قابل مشاهده است. دلیل این امر نیز محدودیت های موجود بر سر راه تجاری سازی پروژه های تحقیق و توسعه در شرکت است.

✓ سناریوی ۳: حالت بدبینانه (PES)؛^۱

در این سناریو برخلاف سناریوی ۲، فرض بر آنست که شاخص ها و متغیرهای سازمانی وضعیت صنعت و بازار و شرکای تجاری به واسطه تشدید تحریم ها و عدم امکان تبادل مناسب بین المللی با تامین کنندگان خارجی و گردش نامناسب پولی، وضعیت روند اجرای پروژه ها و تخصیص منابع با مشکلات عدیدی مواجه بوده و نسبت به وضعیت پایه، شرایط بدتری در نظر گرفته شده است. در این سناریو، وضعیت صنعت و رویکرد سیاسی دولت و همچنین وضعیت بازار و رقبا، را نسبت به وضعیت پایه، به واسطه ادامه تحریم ها بدبینانه در نظر گرفته شده است و این وضعیت، تبادل دانشی بین شرکت ها به سختی شکل می گیرد و دسترسی به منابع تکنولوژیکی در پایین ترین

به منابع تکنولوژیکی- میزان رصد پیشرفت های تکنولوژیکی- میزان ارزیابی پیشرفت پروژه های تحقیق و توسعه با برنامه- میزان رقابت پذیری صنعت و میزان حمایت مدیریت ارشد از پروژه های تحقیق و توسعه که نزدیک به واقعیت است را با فرض ثبات در شرایط کنونی در نظر گرفته شده است.

با توجه به نرخ افزایشی کسب تکنولوژی های جدید طی سال های گذشته توسط شرکت، میزان دسترسی به منابع تکنولوژیکی نیز افزایش را نشان می دهد. به سبب همین امر با شیب ملایمی پروژه های تحقیق و توسعه افزایش یافته و سبد محصولات که در حال حاضر به نسبت میانگین ۲ واحد پروژه در سال بوده است در سال ۱۴۰۴ به حدود ۵ واحد خواهد رسید. در این حالت نرخ اتمام پروژه های تحقیق و توسعه با شیب ملایمی کاهش یافته که بیانگر اینست که مدت زمان به نتیجه رسیدن پروژه های انتخاب شده تا حدی کاهش خواهد یافت. ولیکن با افزایش نسبی انتخاب پروژه ها و کاهش زمان اتمام پروژه ها به دلیل محدودیت های موجود بر سر راه تجاری سازی طی سال درآمد حاصل از پروژه های تحقیق و توسعه نداشته و جهت گیری آن رو به کاهش است.

✓ سناریوی ۲: حالت خوشبینانه (OPT)؛^۱

در این سناریو شاخص ها و متغیرهای سازمانی با فرض گشایش فضای کسب کار، تسهیل در روابط کاری و تعاملات بین المللی با شرکت های خارجی، بهبود وضعیت بازار، گردش مناسب ریالی و ارزی، وضعیت روند اجرای پروژه ها و تخصیص منابع مناسبتری نسبت به وضعیت پایه در نظر گرفته شده است. بر طبق سناریوی اجرا شده،

حد خود قرار دارد. متناسب با کاهش دسترسی ها انتخاب پروژه های تحقیق و توسعه نیز کاهش یافته تا حدی که تا سال ۱۴۰۴ میزان پروژه نزدیک به تعداد واحدی است که در حال حاضر انتخاب شده اند. بر اساس اجرای این سناریو، ملاحظه می شود نرخ اتمام پروژه ها در حالت بدبینانه تا سال ۱۴۰۲ افزایش یافته و از سال ۱۴۰۲ تا ۱۴۰۴ نرخ اتمام پروژه ها کاهش می یابد که با توجه به نتایج مشابه در حالت خوشبینانه کاهش زمان نرخ اتمام پروژه ها قابل پیش بینی بود. لذا درآمد حاصل از محل پروژه های تحقیق و توسعه تفاوت محسوسی نداشته و حتی از سال ۱۴۰۱ به بعد رشد جزئی در درآمد حاصل شده و قابل مشاهده است.

بحث و نتیجه گیری

با توجه به تنوع بسیار بالای محصولات و خدمات در حوزه ساخت تجهیزات تولید برق، شرکت های این حوزه برای جهش و ارتقا جایگاه فعلی خود در صنعت ساخت تجهیزات تولید انرژی برق نیاز به فعال تر شدن بخش تحقیق و توسعه در محصولات نوآورانه خود به عنوان یک ضرورت انکار ناپذیر دارد. لذا این پژوهش با هدف شناسایی عوامل موثر بر مدیریت تحقیق و توسعه، تلاش شد روابط علی و معلولی شاخص ها و عوامل موثر بر مدیریت تحقیق و توسعه را تعریف و تدوین نموده و با طراحی مدلی با رویکرد سیستم داینامیک برای مدیریت تحقیق و توسعه در صنعت ساخت تجهیزات تولید برق، به بررسی سناریوهای آن پرداخته شود و عارضه ها، موانع در این صنعت شناخته و در راستای بهبود و رفع آن پیشنهاداتی ارائه گردد.

با بررسی صورت گرفته شده سناریوی ۱، بر روی میزان دسترسی به منابع تکنولوژیکی، انتخاب پروژه های تحقیق

و توسعه با شیب ملایمی افزایش می یابد. مدت زمان اتمام پروژه با شیب ملایمی کاهش یافته و تجاری سازی محصولات با شیب تندی در حال کاهش است. در حالی که درآمد شرکت حاصل از تحقیق و توسعه از سال ۱۳۹۹ رو به کاهش است. از طرفی با بررسی صورت گرفته شده سناریوی ۲، بر روی میزان دسترسی به منابع تکنولوژیکی، انتخاب پروژه های تحقیق و توسعه جدید رشد بسیار خوبی خواهد یافت، سبد محصول شرکت پیشرفت مناسبی دارد، ولیکن به دلیل کاهش کیفیت نیروی انسانی از ۱۴۰۲ تا ۱۴۰۴ شاهد افزایش نرخ اتمام پروژه ها هستیم و در ادامه شاهد کاهش درآمد شرکت های این حوزه از محل پروژه های تحقیق و توسعه از سال ۱۴۰۱ به بعد به دلیل محدودیت های موجود بر سر راه تجاری سازی پروژه های تحقیق و توسعه در شرکت هستیم. از سوی دیگر با بررسی صورت گرفته شده سناریوی ۳، بر روی میزان دسترسی به منابع تکنولوژیکی، به دلیل محدودیت های اشاره شده و شرایط نامناسب اجرای پروژه ها، انتخاب پروژه های تحقیق و توسعه نیز کاهش یافته تا حدی که تا سال ۱۴۰۴ میزان پروژه به کمترین میزان خود می رسد و نرخ اتمام پروژه ها به دلیل موانع موجود بر سر راه تجاری سازی از سال ۱۴۰۲ تا ۱۴۰۴ کاهش می یابد و به همین دلیل درآمد حاصل از محل پروژه های تحقیق و توسعه تفاوت محسوسی نداشته و حتی از سال ۱۴۰۱ به بعد رشد جزئی در درآمد حاصل شده و قابل مشاهده است.

متناظر با نتایج فوق پیشنهاداتی در جهت تقویت مدیریت تحقیق و توسعه در شرکت های حوزه ساخت تجهیزات تولید انرژی برق قابل طرح می باشد. با تجمیع بررسی های صورت گرفته شده، به دلیل فضای کسب و کار، وجود رقبای مطرح در این صنعت و تا حدی باز شدن فضا برای

ورود تامین کنندگان معتبر خارجی به بازار داخل، برای پیشگیری از هدر رفت منابع سازمانی و به نتیجه رسیدن پروژه های قابل توجیه در حوزه تحقیق و توسعه، شرکت می بایست متناسب با افزایش پروژه های تحقیقاتی، جذب نیرو و کیفیت نیروی انسانی با بالا بردن بودجه آموزشی افزایش داده شود که عنایت به این موضوع در سال های گذشته مورد توجه کمی واقع شده است، که باعث بالا رفتن میانگین زمان اتمام پروژه های تعریف شده در تحقیق و توسعه شده است. از سوی دیگر با توجه به مشاهده نتایج حاصله و ترندهای خروجی های نرم افزار در هر سه حالت (پایه، خوشبینانه و بدبینانه)، شرکت می بایست با عنایت به اینکه مدیریت ارشد سازمان توجه ویژه ای به نسبت به پروژه های تحقیق و توسعه دارد، موانع و مشکلات بر سر راه تجاری سازی را برطرف نموده و ساز و کار اثربخش و کارا همچون جذب نیرو با سابقه، گماردن واحدی مستقل با این عنوان و با شرح وظایف دقیق و تخصصی و ارایه برنامه زمانبندی مطابق با برنامه و بودجه در حوزه تحقیق و توسعه برای بالا بردن نرخ تجاری سازی محصولات تحقیق و توسعه بنماید. همچنین یکی از ویژگی های مدیریت تحقیق و توسعه، بهره گیری از کارکنان دانشی و تحصیلکرده است. سیستم های انگیزشی مادی و معنوی در خصوص این قبیل کارکنان متفاوت است. لازم است به نیازهای کارکنان واحدهای تحقیق و توسعه توجه شود تا باعث رضایت، غرور و لذت نسبت به کار در آنها شده و در نتیجه، موجب ارتقای سطح کیفی محصولات نوآورانه و پیشگیری از خروج ناخواسته نیروهای دانشی می گردد. ضمن اینکه به دلیل اینکه به دلیل دانشی بودن حوزه تحقیق و توسعه و ضرورت مسئولیت پذیری و امانت داری در اجرای پروژه های

تحقیق و توسعه در انتخاب این کارکنان دانشی دقت بیشتری لحاظ گردد. از طرفی با عنایت به گستردگی فعالیت ها در حوزه تجهیزات تولید برق و عدم ضرورت اجرای همه این فعالیت ها در داخل برخی شرکت ها، پیشنهاد می گردد با انجام مطالعات امکان سنجی اقتصادی پروژه ها و رعایت مصلحت سازمان، موضوع برونسپاری بخشی از پروژه های تحقیقاتی (غیر استراتژیک) و بهره گیری از ظرفیت بیرون از سازمان در دستور کار مدیران امر قرار گرفته و اجرایی گردد. در نهایت با توجه به اینکه یکی از وظیفه اصلی مدیریت تحقیق و توسعه ایجاد ساز و کار مناسب و عملی برقراری ارتباط بین زیر سیستم های مرتبط با این امر هست پیشنهاد می گردد، تقویت بنیه فناوری های اطلاعات برای رصد پیشرفت های تکنولوژیکی و شناسایی نیاز اصلی مشتریان و تقویت ارتباط مدیریت تحقیق و توسعه با مدیریت تحقیقات توسعه بازار و فروش در زیر سیستم مدیریت تحقیق و توسعه مورد توجه قرار گرفته و بصورت دوره ای پایش گردد. در راستای تکمیل پژوهش حاضر می توان به پژوهشگران آتی توصیه نمود که پژوهش هایی در خصوص نحوه استقرار نظامند مدیریت تحقیق و توسعه در این صنایع پرداخته و همچنین نحوه تعریف سبد اثربخش و متعادل پروژه های تحقیق و توسعه را بررسی نمایند.

منابع:

- آچاک، صالح، رادفر، رضا، طلوعی اشلقی، عباس و خمسه، عباس. (۱۴۰۱). شناسایی و اولویت بندی مولفه های مدیریت تحقیق و توسعه داده محور در شرکت ها و موسسات فعال در هوش مصنوعی. بهبود مدیریت، (۴)۱۶، ۱۵۶-۱۲۵.

- اصغری، مریم، خمسه، عباس و پيله وری، نازنین. (۱۳۹۹). مدل ارتقاء توانایی‌های تحقیق و توسعه با رویکرد کیفی در صنایع ساخت تجهیزات نیروگاهی و تأمین انرژی. مدیریت نوآوری در سازمان های دفاعی، ۳(۴)، ۱۵۰-۱۲۵.
- اصغری، مریم، خمسه، عباس و پيله وری، نازنین. (۱۳۹۹). شناسایی و اولویت بندی مؤلفه های ارتقای بهره وری توانایی های تحقیق و توسعه در صنایع نیروگاهی و تأمین انرژی. مدیریت بهره‌وری، ((۵۵) زمستان) ۱۴، ۹۴-۱۱۸.
- اسدی، سیما، منطقی، منوچهر و طلوعی اشلقی، عباس. (۱۴۰۱). شناسایی و وزندهی چالش‌های تحقیق و توسعه باز در حوزه فناوریهای نوظهور (مطالعه موردی: فناوری نانو در ایران). فصلنامه مدیریت توسعه فناوری، ۱۰(۲)، ۵۰-۹.
- باقرزاده، علی. (۱۳۹۱). تحلیل ارتباط R&D، سرمایه انسانی و بهره وری کل عوامل تولید در بخش صنعت ایران، فصلنامه مدیریت صنعتی سندج، سال هفتم، شماره ۲۲.
- پورغفارمغفرتی، عمید، پیشگر فروز، قراخانی داوود. (۱۳۹۳). ارائه مدلی مفهومی جهت ارزیابی عملکرد واحدهای R&D شرکت های تولیدی با رویکرد DEA/AHP (مورد کاوی: استان گیلان)، نشریه مدیریت صنعتی، دوره ۹، ویژه نامه مدیریت و حسابداری، ۴۰-۲۵.
- توانگر، محسن و زهرا شرقی و همکاران. (۱۳۹۱) ارائه مدلی برای ارزیابی عملکرد و رتبه بندی واحدهای تحقیق و توسعه در توسعه داخلی تکنولوژی، اولین کنفرانس بین المللی پنجمین کنفرانس ملی مدیریت تکنولوژی.
- خداینده، فاطمه و خمسه، عباس. (۱۳۹۹). قابلیت‌های پویای تحقیق و توسعه و تأثیر آنها بر عملکرد نوآورانه‌ی شرکت‌های صنایع غذایی تولید کننده‌ی شیرینی و شکلات. فصلنامه توسعه تکنولوژی صنعتی، ۱۸(۴۰)، ۳۵-۵۴.
- خمسه، عباس، گودرزی، مریم و اصغری، مریم. (۱۳۹۸). شناسایی عوامل کلیدی موفقیت همکاری های R&D با رویکردی به آینده در زنجیره تامین گروه مینا. آینده پژوهی مدیریت ۳(۳) ۳۰ (پیاپی ۱۱۸)، ۸۱-۹۲.
- خمسه، عباس، صادقی مرزناکی، یداله(۱۳۹۷)، توسعه مدل مدیریت نوآوری در شرکت های پتروشیمی تولید کننده محصولات پلی اتیلنی و اولویت بندی عوامل با فرآیند تحلیل شبکه ای فاز، فصلنامه دانش حسابداری و حسابرسی مدیریت، شماره ۲۷.
- رفسنجانی اکبری آبادی، حسین. (۱۳۹۲). آسیب شناسی وضعیت R&D در صنعت خودرو کشور و شکاف آن با نسل های جدید R&D دومین کنفرانس بین المللی، ششمین کنفرانس ملی مدیریت فناوری.
- زرگر، سیدمحمد. (۱۳۹۲). تحلیل نقش ارتباط صنعت و دانشگاه در توسعه تکنولوژی با رویکرد سیستمی. چهارمین کنفرانس ملی مدیریت تکنولوژی ایران.
- سردشتی، گلناز، خمسه، عباس. (۱۳۹۷). مدل مدیریت نوآوری در صنایع ساخت تجهیزات نیروگاهی مینا با رویکردی آینده نگر، آینده پژوهی مدیریت، دوره ۲۹، شماره ۳، پیاپی ۱۱۴.
- صمدی مقدم، یحیی، هاشم زاده خوراسگانی، غلامرضا، رادفر، رضا، منطقی، منوچهر. (۱۳۹۶). بررسی اهمیت عوامل توانمندی مراکز تحقیق و توسعه بر روش های انتقال تکنولوژی در سرمایه گذاری مطالعه موردی: صنایع خودرو سازی ایران، فصلنامه آینده پژوهی مدیریت ۲(۲) ۶.
- طحاری مهرجردی، محمدحسین، موسوی بصری، سیدمسلم، فاضل یزدی، علی و زارعی محمود آبادی، محمد. (۱۳۹۱). ارزیابی کارایی و رتبه بندی عملکرد بخش تحقیق و توسعه ایران در مقایسه با کشورهای منطقه بر اساس رویکرد ناپارامتریک، نخستین اجلاس مدیران تحقیق، توسعه و فناوری، تهران، همایش تجارت پارسیان.
- علیزاده، سوده، نوربخش، سید کامران، قاسمی، بهروز. (۱۴۰۱). طراحی مدل عوامل موثر بر استراتژی های تحقیق و توسعه در شرکته ای خودرویی با تاکید بر رویکرد ساختاری -تفسیری (ISM) فصلنامه بهبود مدیریت.
- عباسی، پوریا، رادفر، رضا، طلوعی، عباس و پيله وری سلماسی، نازنین. (۱۴۰۰). یک رویکرد ترکیبی از زیست‌بوم تحقیق و

- Data and the Future of R&D Management, *Research-Technology Management*, 60:5, 43-51, DOI: 10.1080/08956308.2017.1348135
- Coluccia, D., Dabić, M., Del Giudice, M., Fontana, S., & Solimene, S. (2020). R&D innovation indicator and its effects on the market. An empirical assessment from a financial perspective. *Journal of Business Research*, 119, 259-271.
 - Chin, W., Cheah, J. H., Liu, Y., Ting, H., Lim, X. J., & Cham, T. H. (2020). Demystifying the role of causal-predictive modeling using partial least squares structural equation modeling in information systems research. *Industrial Management & Data Systems*, 120(12), 2161-2209.
 - Faghfour Azar, A., Bakouie, F., Mahdavi Adeli, M., Radfar, R., Afshar Kazemi, M., (2019). Designing a dynamic model to analyze social capital with system dynamics approach, *Journal of Social Capital Management*, Volume 6, Issue 4.
 - Fan, D., Rao-Nicholson, R., & Su, Y. (2020). When tough get going: Performance of R&D in the adverse economic conditions. *Long Range Planning*, 53(3), 101867.
 - Forrester, Jay W., (1997); "System Dynamics and K-12 Teachers", *Massachusetts Institute of Technology*.
 - Gupta, V., Singh, S., & Khatri, N. (2013). Creativity in research and development laboratories: A new scale for leader behaviours. *IIMB Management Review*, 25(2), 83-90.
 - Herrera, L., & Nieto, M. (2015). The determinants of firms' PhD recruitment to undertake R&D activities. *European Management Journal*, 33(2), 132-142.
 - توسعه باز، مورد مطالعه: نانو فناوری ایران. تصمیم گیری و تحقیق در عملیات، ۶ (شماره ویژه)، ۱-۱۹.
 - عصارى، محمدحسین، خمسه، عباس و رادفر، رضا. (۱۴۰۰). معرفی الگوی ارتقای توانمندی‌های تحقیق و توسعه در صنایع دفاعی ج.ا.ایران با فناوری پیشرفته هوافضا. راهبرد دفاعی، ۱۹(۳)، ۱۵۱-۱۲۱.
 - علیزاده، پریسا و منوچهر. (۱۳۹۸). سیاست‌های حمایت از تحقیق و توسعه در بخش کسب و کار. سیاست علم و فناوری، ۱۲(۲)، ۳۶۳-۳۷۸.
 - قریب پور، مهشید و رفعت حسینی، سیدروح الله. (۱۳۹۱). مدل جامع برونسپاری واحد تحقیق و توسعه به شرکت های دانش بنیان (با هدف آسیب زدایی از واحد های تحقیق و توسعه سازمانی)، نخستین اجلاس مدیران تحقیق، توسعه و فناوری، تهران، همایش تجارت پارسیان.
 - قدیریان، عباسعلی. (۱۳۸۳). الگوی اثر بخش مدیریت مراکز تحقیق و توسعه، دومین کنفرانس بین المللی مدیریت.
 - فراهانی فر، فروغ، خمسه، عباس، حسینی شکیب، مهرداد و حسنی آتسگاه، رضا. (۱۴۰۰). ارائه مدل راهبردی سرریز فناوری‌های دفاعی به کسب و کارهای تجاری. آینده پژوهی دفاعی، ۲۱(۶)، ۱۲۱-۱۵۳.
 - محقر، علی، میر کاظمی، محمد، رحمانی یوشانلوئی، حسین. (۱۳۹۱). مدل سازی رابطه بین فعالیت های تحقیق و توسعه با انباشت دانش سازمانی با استفاده از رویکرد پویایی نظام، فصلنامه علوم پژوهشی، ۲۸(۱).
 - نعمانی صیقلان، علی، خمسه، عباس و ترابی، تقی. (۱۳۹۹). مدل تدوین استراتژی تحقیق و توسعه در صنایع ساخت تجهیزات نیروگاهی با رویکرد تحقق اهداف کسب و کار. پژوهش های مدیریت راهبردی، ۲۶(۷۶)، ۸۱-۱۰۲.
 - نظری زاده، فرهاد. (۱۳۹۲). اهداف، چالش ها و راهکارهای بکارگیری شبکه های تحقیق و توسعه در صنعت دفاعی. چهارمین کنفرانس بین المللی و هشتمین کنفرانس ملی مدیریت فناوری.
 - Blackburn Michael, Alexander Jeffrey, J. Legan David & Klabjan Diego (2017) Big

- and development strategy in power plant equipment's manufacturing industries. *Journal of Energy Management and Technology*, 5(2), 32-44.
- NSTC (2016), Preparing for the Future of Artificial Intelligence. National science and Technology Council.
 - OECD (2015): Frascati manual 2015. Guidelines for collecting and reporting data on research and experimental development. Paris: OECD (The measurement of scientific, technological and innovation activities).
 - Radfar, R., Khamseh, A., *Technology Management*,(2016). scientific and cultural publications.
 - Ruegg, R., & Jordan, G. (2007). Overview of evaluation methods for R&D programs. A directory of evaluation methods relevant to technology development programs, prepared for US Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy.
 - Sadeghi Marznaki, Y., Khamseh, A., Hosseini Shakib, M., (2022), A system dynamics approach for investigating technology transfer capacities in Iranian polymer pipe and fittings industry, *Journal of Technology Analysis & Strategic Management*, doi.org/10.1080/09537325.2022.2037544 .
 - Serman, J.D. (2000); " Business Dynamics: systems thinking and modeling for a complex world", McGraw-Hill, Boston.
 - UNESCO. (1982). Guide for Collecting Statistics Relating to Science and Technology Activities. Report No. For Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development.
 - Verstehen,W; Gestalten, Z (2018); Impulse für die Zukunft der Innovation. Fraunhofer-Verbund Innovations forschung (Ed.); Available online at: <http://publica.fraunhofer.de/documents/N-491577.html>
 - Khamseh, A., kheradranjbar, M., & Khamseh, A. (2023). Identifying & Ranking the Key Factors Affecting the Quality Assurance(QA) of High-Tech Products in Turbine Engineering and Manufacturing Companies. *International Journal of Reliability, Risk and Safety: Theory and Application*
 - Klaus-Rosińska, A., & Pliński, W. (2023). Management of R&D projects in the early phases of the project life cycle—empirical research. *Procedia Computer Science*, 219, 1994-2002.
 - Kamakura, Natsuki. (2022). Management Issues in Global R&D of Japanese Chemical Companies. 10.1007/978-981-19-4403-1 4
 - Karaveg, C., Thawesaengkulthai, N., & Chandrachai, A. (2016). R&D commercialization capability criteria: implications for project selection. *Journal of Management Development*, 35(3), 304-325.
 - Kuchta, D., & Skowron, D. (2016). Classification of R&D projects and selection of R&D project management concept. *R&D Management*, 46(5), 831-841.
 - Lashgari, S., Abedi, S., & Iranban, S. (2021). Dynamic System Analysis of R&D Based on Localization Capabilities in the Commercial Auto Industry. *Journal of System Management*, 7(1), 101-120. doi: 10.30495/jsm.2021.1924528.1446
 - Lifeng, Gu (2016). Product market competition, R&D investment, and stock returns, *Journal of Financial Economics*, 119(2)
 - Mendoza-Silva, A. (2021). Innovation capability: A sociometric approach. *Social Networks*, 64, 72-82.
 - Mata, J., & Woerter, M. (2013). Risky innovation: The impact of internal and external R&D strategies upon the distribution of returns. *Research Policy*, 42(2), 495-501
 - Noemani Seighalan, A., Khamseh, A., & Torabi, T. (2021). Formulation of research

- Ventana Systems, Inc., (1998); "Vensim PLE Software Version 3.2." Ventana Systems, Inc., Massachusetts.
- Yaghoubi, M.; Teymourzadeh, E.; Bahadori, M.; Ghardashi, F.;(2017), "Conceptual Model of Innovation Capability in Industrial and Academic Research Centers: A Systematic Review", Iranian Journal of Management Studies, Vol. 10, Issue 3, pp. 609-640, Doi:10.22059/ijms.2017.238379.672756
- Yaraghi, N., & Langhe, R. G. (2011), Critical success factors for risk management systems. Journal of Risk Research, 14(5), 551-581.

A Systematic Model For R&D Management In The Equipment Manufacturing Industries Of Electrical Energy Production

Abstract

Research and Development (R&D) in the power generation equipment manufacturing industries is relatively complex due to areas of activity and completely high variety of the products and services. One of the new management techniques for highly complex areas is the Dynamic System. In this paper, the model related to R&D in the manufacturing industries of electrical energy production equipment has been designed and developed with the dynamic system method and with the aim of identifying and recognizing the factors and indicators affecting it. The statistical population for the cause and effect loop formation and modeling were 17 experts from equipment manufacturing companies of the electrical energy generation, who were selected by the snowball method. In this research, initially, the main variables are identified and their relationships have been formulated in the cause and effect loop format, then main model design is completed in the form of flow accumulation diagram and simulated by Vensim software. Subsequently, by formulating 3 scenarios through accomplishing the input factors sensitivity analysis and finally the outputs of the model examination, applicable suggestions were presented. The research results show that R&D management in the mentioned industry includes 5 effective factors: strategy, human, infrastructure, management and finance and 37 indicators. The scenarios review and evaluation depicts that, organizations requiring dynamic research and development management, should pay more attention to remove obstacles to products commercialization, raising the quality of human resources (increasing the training budget and recruitment rate) in accordance with the increase in projects and taking advantage of Capacities outside the organization.

Key words: Research and Development (R&D), Research and Development management, Power generation equipment, Dynamic system, Vensim