فصلنامه آینده پژوهی مدیریت
سال سی و یکم /شماره ۱۲۵ / تابستان ۱۴۰۰

# تاثیر نانو فب ها با نگاهی به آیندهٔ خلق ارزش و یکپارچگی سطوح تحقیق و توسعهٔ نانو تکنولوژی

**امراله دهقانی سانیج**
دانشجوی دکتری، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران

**تقی ترابی (مسئول مکاتبات)**
دانشیار، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
ttttorabi@gmail.com

**عباس خمسه**
دانشیار گروه مدیریت صنعتی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران

**علیرضا بوشهری**
استادیار، دانشکده مدیریت و فناوری های نرم، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران

**تاریخ دریافت:** ۱۳۹۸/۱۱/۲۴ **تاریخ پذیرش:** ۱۳۹۸/۱۲/۱۶

## چکیده

یکی از ضروری ترین مسائل در مورد فعالیت های تحقیق و توسعه برقراری ارتباط بین سطوح مختلف تحقیق و توسعه است. بدون این مهم نمی توان به تاثیر مثبت فعالیت های تحقیق و توسعه بر روی توسعه اقتصادی و نوآوری امیدوار بود. هدف از این پژوهش، تعیین میزان تاثیر نانو فب ها در حوزه نانو تکنولوژی در بر قراری ارتباط بین سطوح مختلف تحقیق و توسعه و نیز تاثیر این مراکز بر نتایج نهایی فعالیت های تحقیق و توسعه است. در این تحقیق گردآوری داده ها از روش مطالعات کتابخانه ای و مطالعات میدانی صورت گرفته است که طی آن عوامل تحقیق مشخص گردید. پس از آن پرسشنامه پژوهش طراحی و توزیع گردید. در نهایت پس از تکمیل پرسشنامه توسط ۳۲ نفر از مدیران و کارشناسان حوزه نانو تکنولوژی، داده های جمع آوری شده با استفاده از معادلات ساختاری و نرم افزار اسمارت پی ال اس تحلیل گردید و مدل پژوهش، مورد برازش قرار گرفت. و شاخص ها در ۵ عامل برای مدل طراحی شده پذیرفته شد. نتایج، نشانگر آن است که تعدیل گر نانو فب تاثیر معنا دار و مثبتی بر خلق ارزشِ فعالیت های تحقیق و توسعه همچنین حلقه آخر تحقیق و توسعه یعنی تحقیقات توسعه ای دارد. از این پژوهش می توان نتیجه گرفت بدون وجود مراکز نانوفب فعالیت های تحقیق و توسعه در سطوح بنیادی و کاربردی نمی توانند به راحتی به حلقه انتهایی یعنی صنعت متصل شوند و منجر به محصول نهایی و خلق ارزش شوند.

**واژه‌های کلیدی:** نانو فب، نانو تکنولوژی، تحقیق و توسعه، مدلسازی معادلات ساختاری

**مقدمه**

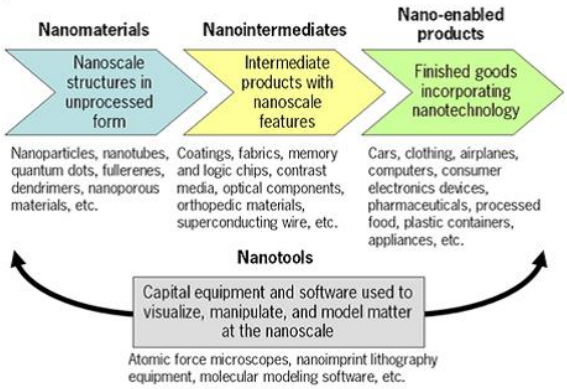
نانو تکنولوژی به عنوان یک موج تکنولوژی جدید از پتانسیل فراوانی برای متحول نمودن صنایع برخوردار است. بسیاری از صاحب نظران و دانشمندان از نانو تکنولوژی به عنوان انقلاب صنعتی آتی یاد می کنند که تمامی علوم را تحت تأثیر قرار خواهد داد (میلر و سنجن[۱]، ۲۰۰۸). و رشته های مختلف بدون گرایش به مباحث فنّاوری نانو در دهه های آینده فرصتی برای رشد نخواهند داشت (سلطانی، ۱۳۸۳).از طرفی نقش و اهمیت تحقیق و توسعه از نیمه دوم قرن بیستم به طور مداوم در حال افزایش بوده است. به طوریکه در طی ۵۰ سال اخیر تمامی کشورهای صنعتی و به تبع آن کشورهای در حال توسعه عمدهٔ توجه و اهتمام خود را در جهت تقویت و ارتقای سطح شاخص های مختلف تحقیقات مصروف ساخته اند. لذا بین تحقیقات و نوآوری و در نتیجه میزان پیشرفت حقیقی هر کشور، رابطه مستقیم وجود دارد (کشاورز و همکاران ۱۳۸۹). اما باید توجه داشت که تحقیق و توسعه فرآیندی پویا و مستمر از تحقیقات بنیادی، کاربردی و توسعه ای است که نتایج علمی هر مرحله به صورت ذخیره ای با ارزش به عنوان ورودی مرحله بعد باید مورد استفاده قرار گیرد، (یونسکو۲، ۱۹۸۲). دانشگاه ها با انجام تحقیقات بنیادی موجب افزایش و تقویت زیر بنای دانش می شوند. بنابراین، فعالیت اصلی دانشگاهها ایجاد پایه دانش ملی از طریق توجه بیشتر به تحقیقات بنیادی است (کشاورز و همکاران. ۱۳۸۹). بارنز و راجکان۳ (۲۰۱۹) شاخص ترین خروجی دانشگاه را مقالات چاپ شده بیان می کنند. ایوانسوویک و کوویک٤ (۲۰۱۸) ضمن پژوهشی در خصوص رتبه بندی دانشگاه ها، عواملی مانند تعداد مقالات، تعداد ارجاعات، اساتید و فارغ التحصیلان را از شاخص های عمده ارزیابی مراکز دانشگاهی معرفی نموده اند. همچنین زارعی و همکاران (۱۳۹۳) دانشگاهها، موسسات تحقیقاتی و بخش صنعت را متولی انجام فعالیت های تحقیق و توسعه دانسته و به ارزیابی کارایی نسبی عملکرد تحقیق و توسعهٔ ایران پرداخته اند. در این پژوهش نیز نتایج فعالیت های تحقیق و توسعه در دانشگاه ها را تعداد مقالات و شاخص های سازمان های تحقیقاتی را میزان هزینهٔ تحقیق و توسعه، توسعه محصول، توسعه فرآیند و یا تکنولوژی بیان نموده اند. همچنین خروجی تحقیق و توسعه در صنعت را ثبت پتت و توسعه بازار دانسته اند. مغفرتی و همکاران (۱۳۹۳) نیز شاخص های ارزیابی بخش تحقیق و توسعهٔ واحدهای صنعتی را توسعه محصول، فرآیند و تکنولوژی جدید، کاهش هزینه های تولید، ثبت پتنت و بهینه سازی محصولات موجود و توسعه بازار دانسته اند. در نانو تکنولوژی نیز فرض بر این است که بیشترِ تحقیقات بنیادی در دانشگاه ها و آزمایشگاه های ملی انجام خواهد شد (کارگروه بین المللی علوم نانو[۵]، ۲۰۰۱). میازاکی و ایسلام[٦] (۲۰۰۷) طی پژوهشی به مقایسه فعالیت های تحقیق و توسعه در سه بخش دانشگاهها، مراکز تحقیقاتی و صنعت پرداخته اند و ضمن مقایسه جایگاه کشورهای مختلف از نظر چاپ مقالات، و ثبت اختراع در حوزه نانو تکنولوژی، ایجاد آزمایشگاه های تحقیق و توسعه ملی و پارک های صنعتی را برای نتیجه بخش بودن فعالیت های تحقیق و توسعه پیشنهاد داده اند. از سوی دیگر ماتئوسی و همکاران[۷] (۲۰۱۸) بیان می دارند که به دلیل عدم ارتباط بین تحقیقات بنیادی و توسعهٔ صنعتی، در نانوتکنولوژی از نظر انتشارات نتایج چشمگیری به دست آمده است اما از نظر بهره برداری در بخش صنعت چنین نبوده است. لذا حمایت دولت برای ایجاد اکوسیستم نانو تکنولوژی در جهت نوآوری از طریق تهیه زیرساخت های لازم برای فعالیت های تحقیق و توسعه را ضروری می دانند. اغلب، تحقیقات در مراحل اولیهٔ توسعه، توسط دولت سرمایه گذاری می شود، در

حالی که صنعت به طور معمول در مراحل نهایی سرمایه گذاری می کند. در نتیجه، نوآوران برای به دست آوردن بودجه عمومی یا سرمایه گذاری خصوصی در مراحل میانی نوآوری که به آن دره مرگ می گویند با مشکل مواجه می شوند. برای نوآورانِ حوزه نانو تکنولوژی، این مرحله می تواند به صورت تلاش برای توسعه یک تکنولوژی یا محصول جدید و یا تلاش برای توسعه یک فرآیند تولید جدید بیان شود. در واقع دره مرگ نشانگر کمبود حمایت کافی از مراحل میانی توسعه یک محصول یا یک روش برای تولید محصول جدید است (دفتر مسئولیت پذیری دولت[۸]، ۲۰۱٤) در بسیاری از کشورها موسساتی به عنوان سازمان های پژوهش و فناوری[۹]، و یا سازمان های مشابه ایفا کننده نقش حلقهٔ واسط پژوهش و تکنولوژی بین دانشگاه، و صنعت بوده و بخش مهمی از زیرساخت های توسعهٔ علم، فناوری و نوآوری را تشکیل می دهند. نقش اصلی این سازمان ها واسط بودن بین تحقیقات و تولید می باشد (انصاری، طیبی، ۱۳۹۲). این مراکز حلقه های پیوند میان یافته های پژوهشی علمی از یک سو و کاربرد فنی از سوی دیگر بوده و در واقع حلقهٔ رابطی هستند که دانشگاه ها و مراکز پژوهشی را به صنعت پیوند می دهند. آنچه در این مراکز تولید می شوند تکنولوژی است (آذر پژوه، حامدزاده. ۱۳۷۸). در نانو تکنولوژی، نانوفب ها حلقه واسط بین تحقیقات دانشگاهی و صنعتی هستند و نقش سازمان های پژوهش و فناوری در این حوزه را بازی می کنند. نانو فب ها مراکز ملی، آموزشی، خدماتی و همکاری با دسترسی آزاد هستند که در برنامه های کاربردی دانشگاهی و صنعتی در ساخت و توصیف محصولات نانو تکنولوژی متمرکز هستند (آلبرتا[۱۰]، ۲۰۱۹). در واقع می توان گفت مسیر مستقیمی از نتایج تحقیق در دانشگاه ها به سوی کاربران بالقوه نهایی تعریف نشده است (نویکس و همکاران[۱۱]، ۲۰۱۷). هدف این پژوهش بررسی میزان تاثیر نانو فب ها بر خلق ارزش و یکپارچگی سطوح مختلف تحقیق و توسعه در حوزه نانو تکنولوژی می باشد. لذا سئوال اصلی این پژوهش بدین شکل مطرح می گردد که نقش تعدیل گری نانو فب ها بر رابطه سطوح مختلف تحقیق و توسعه و خلق ارزش در نانو تکنولوژی به چه میزان است؟

## پیشینه پژوهش

تحقیق بنیادی،کار تجربی یا نظری است که عمدتاً به منظور کسب آگاهی‌های جدید از منشأ پدیده‌ها و حقایق قابل مشاهده انجام می‌گیرد، بدون اینکه هیچ کاربرد و استفاده خاصی برای آن در نظر گرفته شود. تحقیق بنیادی، خواص، ساختارها و ارتباطات مختلف را به منظور پروراندن و آزمودن فرضیه‌ها، نظریه‌ها یا قوانین تحلیل می‌کند. نتایج تحقیق بنیادی معمولاً قابل فروش نیست بلکه در مجلات علمی منتشر می‌شوند یا به همکاران ذینفع منتقل می‌شود. تحقیق کاربردی، تحقیق اصیلی است که به منظور کسب آگاهی‌های جدید انجام می‌گیرد و چنین تحقیقی عمدتاً به طرف اهداف یا مقاصد عملی خاصی هدایت می‌شود و تحقیقات توسعه ای، کار نظام‌مندی است که با استفاده از آگاهی‌های حاصله از تحقیق یا تجربه عملی در جهت تولید مواد، فرآورده‌ها یا تمهیدات جدید، ابداع فرآیندها، نظامها یا خدمات جدید انجام می‌شود؛ یا در آنچه که تولید می‌شده یا معمول است اصلاحات اساسی به عمل می‌آورد (سازمان همکاری و توسعه اقتصادی[۱۲]، ۲۰۱۵). از طرف دیگر چگونگی ایجاد یک زیرساخت متعادل برای تحقیق و توسعه نانو تکنولوژی، پیشبرد زمینه های تحقیق و رشد نیروی علمی و فنی برای آینده را ممکن خواهد ساخت. در این راستا سه سطح متفاوت در زیرساخت های تحقیق و توسعه نانو تکنولوژی یعنی تحقیقات بنیادی، کاربردی و توسعه ای بایستی مورد توجه قرار گیرد (کارگروه بین المللی علوم نانو، ۲۰۰۱). شایان ذکر است، اصطلاح "نانو تکنولوژی" یک تکنولوژی منحصر به فرد را توصیف نمی‌کند، بلکه طیفی از تکنولوژی هایی را در برمی‌گیرد که در ساختمان مواد بیولوژیکی و غیر بیولوژیکی در "اندازه

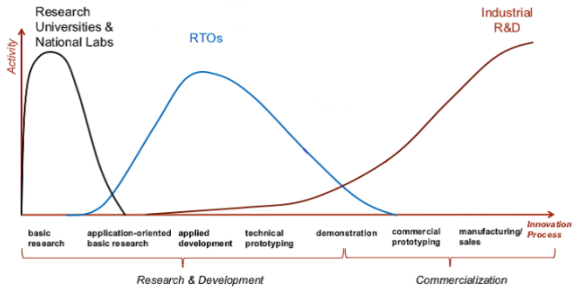
نانو" عمل می‌کنند. نانوتکنولوژی در رابطه با مواد، سیستم ها و فرآیندهایی که در مقیاس۱۰۰ نانومتر[۱۳] یا کمتر عمل می‌کنند، تعریف شده است (میلر و سنجن، ۲۰۰۸). نانوتکنولوژی، توانمندی تولید مواد، ابزارها و سیستمهای جدید با در دست گرفتن کنترل در سطوح ملکولی و اتمی و استفاده از خواصی است که در آن سطوح ظاهر میشود. کاربردهای وسیع این عرصه به همراه پیامدهای اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و حقوقی آن، این تکنولوژی را به عنوان یک زمینه فرا رشته ای و فرا بخشی مطرح نموده است. استفاده از این تکنولوژی در اغلب علوم از جمله علوم پزشکی، پتروشیمی، علوم مواد، صنایع دفاعی، الکترونیک و کامپیوترهای کوانتومی باعث شده است که تحقیقات در زمینه نانو به عنوان یک چالش اصلی علمی و صنعتی پیشروی جهانیان باشد (آل عمران و دیگران، ۱۳۹۲). موسسه تحقیقاتی لوکس[۱٤] چارچوبی را برای زنجیره ارزش نانو تکنولوژی معرفی کرده است، طبق این چارچوب می توان عملکرد شرکت های فعال در حوزه کاربرد و تجاری سازی نانو تکنولوژی را ارزیابی نمود (وانگ و گوآن[۱۵]، ۲۰۱۲). در این چارچوب، محصولات فناوری نانو را می توان به چهار دسته تقسیم کرد: نانومواد، مواد واسطه ایی نانویی، محصولات نانویی و نانو ابزار این طبقه بندی منطبق بر زنجیره ارزش بوده و نشانگر ارزش افزوده هر مرحله است. این تقسیم بندی ارزیابی جایگاه کشورها را از نظر پیشرفت نانو تکنولوژی بدون نیاز به جزییات مربوط به کسب و کارهای مختلف ممکن می سازد (آلنکار وهمکاران[۱٦]، ۲۰۰۷). شکل ۱ این زنجیره ارزش را نشان می دهد.




شکل ۱ زنجیره ارزش نانو تکنولوژی (موسسه تحقیقاتی لوکس، ۲۰۰٦)

علی و سینها[۱۷] (۲۰۱٤) ضمن بیان بهبود عملکرد و کاهش هزینه های تولید محصولات تجاری شده و همچنین ارائه محصولات جدید بعنوان دست آورد نانو تکنولوژی، فاصله بین تحقیقات بنیادی و کاربرد نانو تکنولوژی در صنعت را یکی از چالش های موجود در این زمینه عنوان کرده و بازیگران این حوزه را دانشگاه ها، موسسات تحقیقاتی و شرکت های خصوصی برشمرده اند. شمسی و نورمحمدی (۱۳۹۷) ضمن بررسی شاخص های معرفی شده از طرف سازمان هایی مانند یونسکو، سازمان همکاری اقتصادی و توسعه، مدل معرفی شده توسط مجمع جهانی اقتصاد و نظر خبرگان برای ارزیابی شرکت های دانش بنیان، عواملی مانند تعداد ثبت اختراع و میزان هزینه های تحقیق و توسعه را جزو شاخص های ارزیابی بخش صنعت ذکر نموده اند. چن و همکاران[۱۸] (۲۰۱۸) نیز در سطح ملی و بدون مشخص نمودن مراکز انجام فعالیت های تحقیق و توسعه، خروجی این فعالیت ها را تعداد مقالات و ثبت پتنت ذکر کرده اند. شاپیرا و همکاران[۱۹] (۲۰۱۱) طی پژوهشی جامع در مورد فعالیت های تحقیق و توسعه کشورهای مختلف از مرحله اکتشاف تا تجاری سازی، سهم آمریکا از محصولات تجاری شده نانویی را ٥٤ درصد عنوان می کنند، در این پژوهش نیز مقالات و ثبت پتنت را به ترتیب شاخص های تحقیق و توسعه در دانشگاه و مراکز صنعتی عنوان نموده و تعداد شرکت های نانویی را شاخصی برای توسعه نانو تکنولوژی دانسته اند. وانگ و گوآن (۲۰۱۲) با مقایسه

فعالیت های تحقیق و توسعه در نانوتکنولوژی بین کشورهای مختلف، ثبت پتنت را به عنوان شاخص خروجی دانشگاه ها، موسسات تحقیقاتی و بخش صنعت معرفی نموده اند و نتیجه گرفته اند در کشورهای صنعتی سهم بخش صنعت در ثبت پتنت نسبت به دو بخش دیگر بیشتر بوده است. در ایران ستاد ویژه توسعه فناوری نانو (۱۳۹۷) طی گزارش سالانه، ضمن ارائه فعالیت های یک ساله این ستاد، شاخص هایی از قبیل تعداد مقالات، ارجاعات مربوط به آن، تعداد شرکت ها و محصولات نانویی را به تفکیک حوزه های مختلف صنعتی ارائه نموده است. همچنین پایگاه آمار و اطلاعات استت نانو[۲۰] (۲۰۱۷) که از سال ۲۰۱۰ با استفاده از متدلوژی‌های علمی به استخراج آمار و اطلاعات نانو تکنولوژی پرداخته و مرجع محققان و سیاستگذاران در دنیا به حساب می‌آید شاخص هایی از قبیل میزان سرمایه گذاری، تعداد شرکت ها و محصولات نانویی را به تفکیک کشورهای مختلف آورده است. اصطلاح مهم دیگر، سازمان‌های پژوهش و فناوری است که گاهی مؤسسات پژوهش و فناوری[۲۱] هم نامیده می شوند، این سازمان ها خدمات تحقیق و توسعه، فناوری و نوآوری را برای دولت، صنعت، بازار و سایر مشتریان ارائه می‌کنند (جوزف[۲۲]، ۲۰۱۱). شریعتی و اردکانی (۱۳۹۵) طی پژوهشی به ارزیابی عملکرد سازمان های تحقیقاتی پرداخته اند و خروجی این سازمان ها را ثبت پتنت و فروش دانش فنی دانسته اند. سازمان‌های پژوهش و فناوری با جاگیری میان صنعت، دولت و دانشگاه و تنوع در محتوای فعالیت‌ها و قالب‌های ارائه خدمت، فرصت مناسبی برای سیاست‌گذاران مهیا می‌سازد تا بتوانند روابط مناسبی میان اجزای نظام ملی نوآوری ایجاد نمایند (انصاری، سلطانزاده. ۱۳۹۲). اگر ما بازیگران مختلف را در یک سیستم نوآوری که بین تحقیقات بنیادی و بازار در امتداد یک طیف قرار گرفته‌اند، در نظر بگیریم، این بازیگران مختلف در فعالیت‌ها و عملکردهای متفاوتی شرکت می‌کنند. همانطور که در نمودار ۱ نشان داده شده است، فعالیت‌های سازمان های پژوهش و فناوری به آنها اجازه می دهد تا تحقیقات بنیادی را به کاربرد و تجاری سازی تکنولوژی‌ها متصل کنند (مارتینز[۲۳]، ۲۰۱۶). در نانو تکنولوژی، نانوفب ها (مانند سازمان‌های پژوهش و فناوری) فعالیت های پژوهشی و تکنولوژیکی در حوزه نانو تکنولوژی را ترویج و هماهنگ کرده و طیف متنوعی از خدمات فن آوری سطح بالا را در پاسخ به خواسته های خاص و پیچیده شرکت ها ارائه می دهد. پروژه ها و تحقیقات کاربردی مربوط به نیازهای صنعتی را انجام می دهند و تجهیزات مورد نیاز برای تحقیقات نانو را با منابع و زیرساخت های اولیه ارائه می دهند (فرانکو، ۲۰۱۰).




نمودار ۱ RTO ها تحقیقات بنیادی را به کاربردهای تجاری و صنعتی وصل می‌کنند (یوگان۲۴، ۲۰۱۵)

ماموریت نانوفب ها انتقال دانش فنی و نتایج تحقیقات صنعتی به شرکت هایی است که می توانند از کاربرد نانو تکنولوژی بهره مند شوند. نانوفب ها با ساختارهای خود و با همکاری دانشگاه ها و دیگر بخش های عمومی و خصوصی، تجهیزات مورد نیاز برای تحقیقات نانو را فراهم می آورند (فرانکو[۲۵]، ۲۰۱۰). مراکز نانوفب به منظور تشویق و حمایت از فعالیتهای تحقیق و توسعه نانو تکنولوژی در دانشگاهها، مؤسسات تحقیقاتی و صنعت به عنوان یک مرکز عمومی متمرکز برای ارائه خدمات در حوزه نانو ایجاد شده اند. نانوفب ها مراکزی هستند که تمامی تجهیزات و امکانات مرتبط با تجزیه و تحلیل، ساخت، ارزیابی فرآیند و دیگر مواردی که برای انجام فعالیت های تحقیق و توسعه فناوری نانو لازم است را فراهم می نمایند (پارک و کیم[۲۶]، ۲۰۰۶). چانگ و

همکاران[۲۷] (۲۰۰۶) یکی از استراتژهای توسعه نانو تکنولوژی در کره جنوبی را افزایش هزینه های تحقیق و توسعه و توسعه زیرساخت های نانو تکنولوژی از جمله ایجاد دو مرکز نانو فب در سالهای ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۴ (مرکز ملی نانو فب[۲۸] و مرکز پیشرفته نانو فب[۲۹] کره) ذکر می کنند. همچنین در رابطه با نقش نانو فب ها در توسعه نانو تکنولوژی شورای تحقیقات ملی[۳۰] امریکا (۲۰۱۱) طی گزارشی به ارزیابی مرکز علوم و فناوری نانو[۳۱] به عنوان یکی از اصلی ترین نانو فب های امریکا پرداخته است. در این ارزیابی ضمن معرفی این نانو فب بعنوان سازمانی بی نظیر برای ارائه خدمات به کاربران همه بخش های صنعت، دانشگاه و دولت، از طریق قابلیت های چشمگیر ارائه تجهیزاتِ اندازه گیری و ساخت محصولات نانویی، توصیه می کند: با توجه به مأموریت این نانو فب برای افزایش رقابت ایالات متحده، همچنان تمرکز خود را روی صنعت به عنوان مشتری اصلی خود افزایش دهد. همچنین مرکز علوم و فناوری نانو (۲۰۱۰) طی گزارش دیگری ضمن برشمردن بسیاری از پروژه های تحقیق و توسعه که با صنعت های مختلف داشته است وظیفه این نانو فب را پشتیبانی و حمایت از شرکت های فعال در حوزه نانو تکنولوژی از مرحله کشف تا تولید محصول بیان می کند. این نانو فب امکان دسترسی به مدرن ترین ابزار های مورد نیاز برای بخش صنعت، دانشگاه و سایر سازمان های تحقیقاتی در رشته های مختلف، از جمله فیزیک، شیمی، علوم مواد، زیست شناسی مولکولی، رایانه، برق و مکانیک را فراهم نموده است. متغیرهای شناسایی شدهٔ حاصل از مرور ادبیات را می توان به صورت جدول ۱ خلاصه نمود.

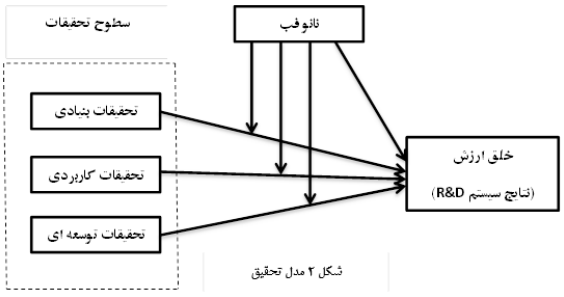
جدول ۱ شاخص های تعریف کننده متغیرهای شناسایی شده

| عامل | شاخص | نماد | منبع |
|---|---|---|---|
| تحقیقات بنیادی | تعداد مقالات چاپ شده در نشریات بین المللی | Bas1 | (بارنز و راجکان، ۲۰۱۹).(ایوانسوویک و کوویک، ۲۰۱۸). (زارعی و همکارن، ۱۳۹۳). ( چن و همکاران، ۲۰۱۸). (شاپیرا و همکاران، ۲۰۱۱). |
| | شاخص اچ- اندیکس مقالات | Bas2 | (ایوانسوویک و کوویک، ۲۰۱۸).(ستاد نانو، ۱۳۹۷). (استت نانو، ۲۰۱۷) |
| | چاپ شده | | |
| | تعداد اساتید دانشگاه حوزه نانو تکنولوژی | Bas3 | (ایوانسوویک و کوویک، ۲۰۱۸).(ستاد نانو، ۱۳۹۷). (استت نانو، ۲۰۱۷) |
| | تعداد رشته های نانو تکنولوژی در دانشگاهها | Bas4 | (ستاد نانو، ۱۳۹۷). (استت نانو، ۲۰۱۷) |
| | تعداد فارغ التحصیلان در حوزه نانو تکنولوژی | Bas5 | (ایوانسوویک و کوویک، ۲۰۱۸).(ستاد نانو، ۱۳۹۷). (استت نانو، ۲۰۱۷) |
| | آزمایشگاه ها و تجهیزات دانشگاهی | Bas6 | (ستاد نانو، ۱۳۹۷). (استت نانو، ۲۰۱۷) |
| تحقیقات کاربردی | تعریف پایان نامه های دانشگاهی بر مبنای نیاز صنعت | App1 | (ستاد نانو، ۱۳۹۷). (استت نانو، ۲۰۱۷) |
| | تولید نمونه اولیه ( پروتوتایپ) | App2 | (یوگان، ۲۰۱۵). (ستاد نانو، ۱۳۹۷). |
| | تعداد ثبت اختراع توسط مراکز تحقیقاتی | App3 | (وانگ و گوآن، ۲۰۱۲). (ستاد نانو، ۱۳۹۷). (استت نانو، ۲۰۱۷) |
| | شبیه سازی یک سیستم، محصول یا فرآیند | App4 | (وانگ و گوآن، ۲۰۱۲). (آلنکار وهمکاران، ۲۰۰۷). |
| تحقیقات توسعه ای | وجود واحد R&D در بخش صنعت | Dev1 | (زارعی و همکارن، ۱۳۹۳). (شمسی و نور محمدی، ۱۳۹۷). |
| | میزان هزینه R&D در بخش صنعت | Dev2 | (شمسی و نور محمدی، ۱۳۹۷). (استت نانو، ۲۰۱۷) |
| | تعداد ثبت اختراع توسط مراکز صنعتی | Dev3 | (زارعی و همکارن، ۱۳۹۳). (مغفرتی و همکاران، ۱۳۹۳). (شمسی و نور محمدی، ۱۳۹۷). ( چن و همکاران، ۲۰۱۸). (شاپیرا و همکاران، ۲۰۱۱). (وانگ و گوآن، ۲۰۱۲) |
| | کاهش هزینه تولید | Dev4 | (مغفرتی و همکاران، ۱۳۹۳). ( علی و سینها، ۲۰۱۴) |
| | تولید پایلوت(نمونه صنعتی محصول) | Dev5 | (زارعی و همکارن، ۱۳۹۳). (شورای تحقیقات ملی، ۲۰۱۱). |
| نانو فب ها | تولید پرتوتایپ برای یک محصول جدید مطابق با نیاز صنعت | Nan1 | (زارعی و همکارن، ۱۳۹۳). (شورای تحقیقات ملی، ۲۰۱۱). (مرکز علوم و فناوری نانو، ۲۰۱۰) |
| | ایجاد آزمایشگاههای تخصصی برای محصول نهایی | Nan2 | (میازاکی وایسلام، ۲۰۰۷). (ماتئوسی و همکاران، ۲۰۱۸). (چانگ و همکاران، ۲۰۰۶). (مرکز علوم و فناوری نانو، ۲۰۱۰). |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | تهیه استاندارد ها و اخذ تاییدیه های داخلی و بین المللی | Nan3 | (شورای تحقیقات ملی، ۲۰۱۱). (مرکز علوم و فناوری نانو، ۲۰۱۰). (ستاد نانو، ۱۳۹۷). (استت نانو، ۲۰۱۷)،(خمسه و همکاران، ۱۳۹۸) |
| | ایجاد تسهیلات R&D برای استارت آپ ها و شرکت های دانش بنیان | Nan4 | (ماتئوسی و همکاران، ۲۰۱۸). (چانگ و همکاران، ۲۰۰٦). (شورای تحقیقات ملی، ۲۰۱۱). (مرکز علوم و فناوری نانو، ۲۰۱۰) |
| | دسترسی به تجهیزات اندازه گیری | Nan5 | (ماتئوسی و همکاران، ۲۰۱۸). (چانگ و همکاران، ۲۰۰٦). (شورای تحقیقات ملی، ۲۰۱۱). (مرکز علوم و فناوری نانو، ۲۰۱۰) |
| | تجهیزات تولید و روش های تولید | Nan6 | (ماتئوسی و همکاران، ۲۰۱۸). (چانگ و همکاران، ۲۰۰٦). (شورای تحقیقات ملی، ۲۰۱۱). (مرکز علوم و فناوری نانو، ۲۰۱۰) |
| | تعداد محققین | Nan7 | (ستاد نانو، ۱۳۹۷). |
| خلق ارزش | افزایش سهم بازار | Cre1 | (مغفرتی و همکاران، ۱۳۹۳). (ستاد نانو، ۱۳۹۷). (استت نانو، ۲۰۱۷) |
| | تعداد محصولات تجاری شده | Cre2 | (مغفرتی و همکاران، ۱۳۹۳). ( علی و سینها، ۲۰۱٤)(ستاد نانو، ۱۳۹۷). (استت نانو، ۲۰۱۷). (وانگ و گوآن، ۲۰۱۲) (آلنکار وهمکاران، ۲۰۰۷).(موسسه تحقیقاتی لوکس، ۲۰۰٦) |
| | تولید نانو مواد | Cre3 | (ستاد نانو، ۱۳۹۷). (استت نانو، ۲۰۱۷).(وانگ و گوآن، ۲۰۱۲) (آلنکار وهمکاران، ۲۰۰۷).(موسسه تحقیقاتی لوکس، ۲۰۰٦) |
| | تولید مواد نانویی واسطه ای | Cre4 | (ستاد نانو، ۱۳۹۷). (استت نانو، ۲۰۱۷).(وانگ و گوآن، ۲۰۱۲) (آلنکار وهمکاران، ۲۰۰۷).(موسسه تحقیقاتی لوکس، ۲۰۰٦) |
| | تعداد شرکت های فعال در زمینه تولید محصولات نانویی | Cre5 | (شاپیرا و همکاران، ۲۰۱۱).(ستاد نانو، ۱۳۹۷). (استت نانو، ۲۰۱۷) (وانگ و گوآن، ۲۰۱۲). (آلنکار وهمکاران، ۲۰۰۷).(موسسه تحقیقاتی لوکس، ۲۰۰٦) |
| | طول عمر بیشتر محصولات | Cre6 | (مغفرتی و همکاران، ۱۳۹۳). ( علی و سینها، ۲۰۱٤) |
| | بهبود عملکرد محصولات موجود | Cre7 | (مغفرتی و همکاران، ۱۳۹۳). ( علی و سینها، ۲۰۱٤). (ستاد نانو، ۱۳۹۷). (استت نانو، ۲۰۱۷). |

## روش‌شناسی پژوهش

تحقیق حاضر، از نوع تحقیق پیمایشی است که به کمک ابزار پرسشنامه و روش مصاحبه حضوری و مکاتبه انجام شده است. و با توجه به اینکه نتایج این پژوهش قابلیت استفاده در شرکتهای پژوهش محور و همچنین ستاد توسعه فناوری نانو را دارد، لذا پژوهش از حیث هدف کاربردی می باشد در این پژوهش ضمن بررسی منابع گوناگونِ مربوط به موضوع تحقیق، مدل تحقیق با توجه به جدول ۱ به صورت شکل ۲ تهیه گردید. بر اساس این مدل سه سطحِ تحقیقات بنیادی، کاربردی و توسعه ای در حوزه فناوری نانو به منظور ایجاد ارزش و توسعه اقتصادی انجام می پذیرد و نانو فب ها نقش مثبت و بسزایی در برقرای ارتباط بین سطوح مختلف تحقیق و توسعه ونیز خروجی نهایی فعالیت های تحقیق و توسعه خواهند داشت. برای تأیید شاخص های به دست آمده از تحلیل عاملی تأییدی و معادلات ساختاری با استفاده از نرم افزار اسمارت پی ال اس استفاده شده است. جامعه آماری پژوهش ۳۲ نفر از مدیران و کارشناسان ستاد توسعه فناوری نانو و مدیران شرکت های نانویی در دسترس انتخاب شده اند تمامی این شرکت ها تجربه تحقیق و توسعه و توسعه محصول را داشته اند. با توجه به محدود بودن جامعه آماری، از روش تمام شماری استفاده شده است. درصد فراوانی گروه های تحصیلی جامعه آماری شامل ۳۱/۲۵ درصد دکتری، ٤٦/۸۷۵ درصد کارشناسی ارشد و ۲۱/۸۷۵ درصد کارشناسی میباشد.



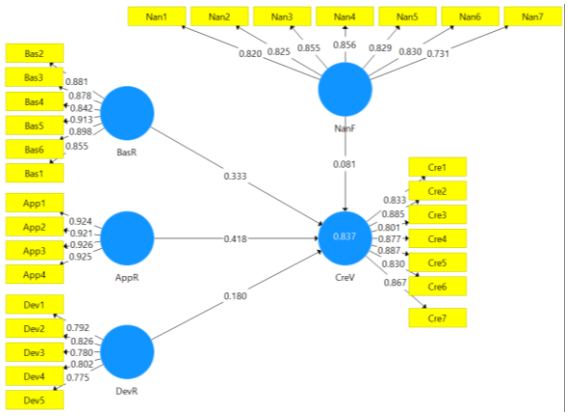
شکل ۲ مدل تحقیق

در این پژوهش روایی پرسشنامه ها با استفاده از قضاوت خبرگان مورد تایید قرارگرفته است. همچنین‌روایی واگرا و همگرا نیز با نرم افزار اسمارت پی ال اس انجام‌گردید.

مطابق با الگوریتم تحلیل داده ها در پی ال اس پس از سنجش بارهای عاملی شاخص ها، باید به محاسبه وگزارش پایایی آلفای کرونباخ[۳۲] بپردازیم با توجه به تعریف آلفای کرونباخ، هر قدر همبستگی مثبت بین سوالات بیشتر شود، میزان آلفای کرونباخ بیشتر خواهد شد و بالعکس، هرقدر واریانس میانگین سوالات بیشتر شود آلفای کرونباخ کاهش پیدا خواهد کرد. بدیهی است که هر قدر شاخص آلفای کرونباخ به ۱ نزدیکتر باشد، همبستگی درونی بین سوالات بیشتر و در نتیجه پرسش ها همگن تر خواهند بود. کرونباخ، ضریب پایایی ۰/۴۵را کم، ۰/۷ را متوسط وقابل قبول، و ۰/۹۵ را زیاد پیشنهاد کرده است. (کرونباخ،۱۹۵۱) برای‌سنجش پایایی پرسشنامه از آلفای‌کرونباخ استفاده شده است.

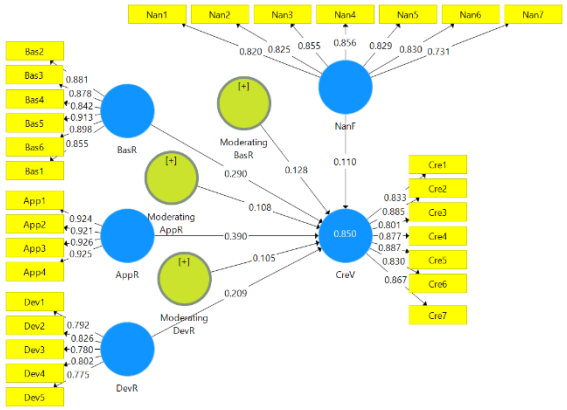
## یافته‌های پژوهش

در این پژوهش ابتدا با مرور ادبیات، تعداد ۲۹ شاخص موثر بر ۵ عاملِ تحقیقات بنیادی، تحقیقات کاربردی، تحقیقات توسعه ای، نانو فب ها و خلق ارزش در حوزه نانو فناوری مطابق جدول ۱ شناسایی گردید و بر اساس آن پرسشنامه پژوهش طراحی و بین جامعه آماری توزیع و جمع آوری گردید. سپس داده ها وارد نرم افزار اسمارت پی ال اس شده و تحلیل گردید. برای بررسی اثر تعدیل گر در این تحقیق، ابتدا مدل را بدون تعدیل گر اجرا کرده و پس از بررسی های مورد نیاز مدل را با تعدیل گر اجرا می نماییم. شکل ۲ مدل معادلات ساختاری همراه با ضرایب بارهای عاملی بدون تعدیل گر و شکل شماره ۳ مدل معادلات ساختاری همراه با ضرایب بارهای عاملی با تعدیل گر را نمایش می دهد. با توجه به اینکه ضریب هیچکدام از بارهای عاملی کمتر از ۰/۷ نبودند تمامی ۲۲ شاخص در مدل بدون تعدیل گر و همچنین تمامی ۲۹ شاخص در مدل با تعدیل گر باقی ماندند.




شکل ۲ مدل اندازه گیری اولیه در حالت تخمین ضرائب استاندارد(بار عاملی) مدل بدون تعدیل گر

بعد از اجرای مدل بدون تعدیل گر مدل را به صورت کلی و با تعدیل گر اجرا نموده و تست های مناسب را برای برازش مدل انجام دهیم.




شکل ۳ مدل اندازه گیری اولیه در حالت تخمین ضرائب استاندارد(بار عاملی) مدل با تعدیل گر

مقدار آلفای‌کرونباخ محاسبه شده برای تمامی‌عوامل بالاتر از ۰/۷ حاصل شد، لذا پرسشنامه پژوهش پایایی‌لازم را داراست. همچنین براساس نتایج حاصل از پایایی، روایی همگرا و کیفیت مدل، آزمون های اعتبار سنجی مدل اندازه گیری انعکاسی در جدول ۲ آمده است که با توجه به توضیحاتی که در ذیل آمده است مشاهده میشود که همگی در محدوده مجاز و مورد تأیید قرار گرفته اند. آزمون همگن بودن و برازش مدل های اندازه گیری: ملاک مناسب بودن مقادیر برای ضرایب بارهای عاملی در اسمارت پی ال اس ۰/۷، و بالاتر میباشد (هایر و همکارن[۳۳]، ۲۰۰۶). دراین‌نرم افزار هر چه بار عاملی بالاتر از ۰/۷ باشد

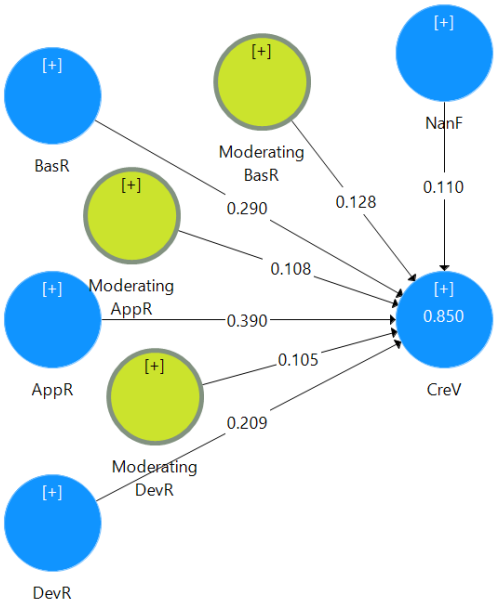
نشاندهنده دقت بیشتر مدل است. مطابق شکل ۳ همه شاخص ها دارای بار عاملی بالاتر از ۰/۷ بوده و مورد قبول واقع شدند. آزمون روایی همگرا و پایایی مدل اندازه گیری انعکاسی: معیار مناسب برای آلفای کرونباخ برای تمامی عوامل بالای۰/۷ است (آذر و همکاران،۱۳۹۱). مطابق با یافته های جدول ۲ پایایی ترکیبی و ضریب آلفای‌کرونباخ و پایایی اشتراکی به دست‌آمده برای متغیرها نشان میدهد که سازگاری درونی در حد مطلوب قرار دارد. همچنین در خصوص روایی همگرا با توجه به نتایج کلیه بارهای عاملی سؤالات، بعد از برازش معنادار میباشند. یعنی t-Value ازقدر مطلق ۱/۹۶ بزرگتر بوده و نیز کلیه بارهای عاملی بزرگتر از ۰/۷ می باشند. همچنین میانگین واریانس استخراج شده بزرگتر از ۰/۵ بوده و نیز در مقایسه پایایی ترکیبی با میانگین واریانس استخراج شده برای هر یک از عوامل CR>AVE میباشد. لذا می توان نتیجه گرفت که مدل پژوهش از روایی همگرای مناسبی برخوردار است.

بررسی بار تقاطعی شاخص ها: بارتقاطعی، بارعاملی هر یک از شاخص ها را بر عامل خود و دیگر عامل ها نشان میدهد. بار عاملی هر شاخص بر عامل خود باید حداقل ۰/۱ بیشتر از بار عاملی آن بر دیگر شاخص ها باشد (فورنل و لارکر[۳۴]، ۱۹۸۱). در کلیه موارد خروجی نرم افزار تایید کننده این موضوع است. تست فورنل و لاکر: در این تست به بررسی همبستگی مربوط به متغیرهای پنهان پرداخته میشود و باید تمامی اعداد قطر اصلی از اعداد زیر ستون خود بیشتر باشند که نشان دهنده همبستگی بین متغیرهای پنهان میباشد(فورنل و لارکر، ۱۹۸۱). خروجی های نرم افزار نشاندهنده تأیید این مطلب است. کیفیت مدل اندازه گیری و مدل ساختاری: اگر شاخص اعتبار اشتراک مدل اندازه گیری SSE/SS0 یاهمان CV-COM برای‌متغیرهای پنهان مثبت باشد، نشاندهنده این است که مدل اندازه گیری کیفیت مناسبی دارد (فورنل و لارکر، ۱۹۸۱). دراین پژوهش خروجی نرم افزار نشان دهنده اعداد مثبت بوده و کیفیت مدل اندازه گیری و ساختاری را تأیید می نماید.

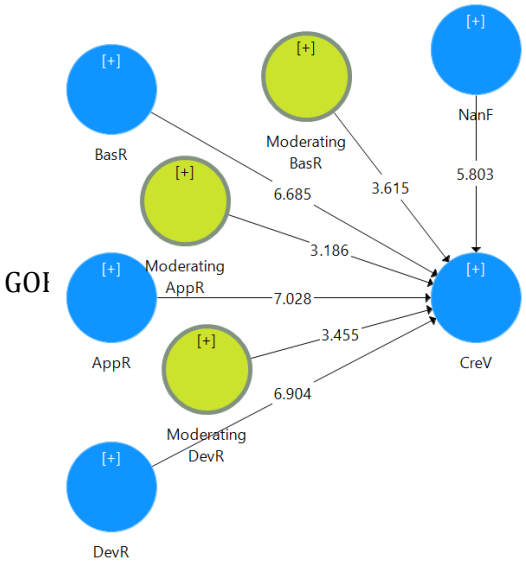
جدول ۲ نتایج پایایی، روایی همگرا و کیفیت مدل

| متغیرهای مکنون | پایایی | | | روایی همگرا | |
|---|---|---|---|---|---|
| | آلفای کرونباخ | پایایی اشتراکی (Community) | پایایی ترکیبی (CR) | میانگین واریانساستخراجی (AVE) | CR>AVE |
| تحقیقات بنیادی | ۰/۹۴۳ | ۰/۸۵٤ | /۹٤۹۰ | ۰/۸۵٤ | OK |
| تحقیقات کاربردی | ۰/۹٤۱ | ۰/۷۷۱ | /۹٤۳۰ | ۰/۷۷۱ | OK |
| تحقیقات توسعه ای | ۰/۹۳۸ | ۰/۷۳۱ | /۹۵۰۰ | ۰/۷۳۱ | OK |
| نانو فب ها | ۰/۸۵۵ | ۰/٦۳۲ | /۸۹٦۰ | ۰/٦۳۲ | OK |
| خلق ارزش | ۰/۹۱۹ | ۰/٦۷۵ | /۹۳٦۰ | ۰/٦۷۵ | OK |

بررسی مدل ساختاری پژوهش: برآوردهای روایی و پایایی مدل اندازه گیری اجازه ارزیابی مدل ساختاری را میسر می سازد. شکل ٤ مدل ساختاری درحالت تخمین ضرایب مسیر می باشد که نشان دهنده سهم هریک از عامل ها در مدل بوده و شکل ۵ مدل ساختاری در حالت معنا داری ضرایب مسیر می باشد که نشان دهنده معنادار بودن رابطه بین متغیر مستقل و وابسته می باشد.




شکل ٤ مدل ساختاری در حالت تخمین ضرائب مسیر با تعدیل گر




شکل ٥ مدل ساختاری در حالت معناداری ضرائب مسیر با تعدیل گر

برازش مدل ساختاری با استفاده ازضرایب معناداری بیانگر آن است که این ضرایب باید از ۱/۹۶ بالاتر باشند تا بتوان در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنادار بودن آنها را تایید کرد و این بدین معناست که متغیر مستقل با متغیر وابسته رابطه معناداری دارد (آذر و همکاران، ۱۳۹۱). مطابق شکل ۵ در کلیه موارد ضرایب معناداری بالاتر از ۱/۹۶ میباشد. همچنین جهت تعیین مناسب بودن متغیر ها برای مدل می توان به مقدار برآورد شده ضریب تعیین تعدیل شده یا $R^2$ اعتماد کرد. ضریب تعیین تعدیل شده معیاری است که نشان از ارتباط میان یک متغییر برون زا با یک متغییر درون زا دارد. سه مقدار ۰/۱۹ ، ۰/۳۳ و ۰/٦۷ به عنوان مقدار ملاک برای مقادیر ضعیف، متوسط و قوی $R^2$ در نظر گرفته می شود (هایر و همکاران، ۲۰۰٦). در این پژوهش مقدار $R^2$ ، ۰/۸۵ محاسبه شده است که قوی می باشد. از سوی دیگر معیار $Q^2$ ($Q^2$ =1-SSE.SSO) آزمون ارتباط پیش بین کیفیت مدل ساختاری را مورد سنجش قرار می دهد. که سه مقدار ۰/۰۲ (ضعیف) و ۰/۱۵ (متوسط) و ۰/۳۵ (قوی) ملاک های اندازه گیری این آزمون می باشند (هنسلر[۳۵]، ۲۰۱۱). در این پژوهش مقدار $Q^2$ برابر ۰/٥٦۲ شده است که نشان از قدرت پیش بینی مدل دارد. در نهایت برای بررسی کیفیت نهایی در یک مدل از معیار GOF استفاده می شود که سه مقدار ۰/۰۱، ۰/۲۵، و ۰/۳٦ به عنوان مقادیر ضعیف، متوسط و قوی برای GOF استفاده می شود (وینز و همکاران[۳٦]، ۲۰۱۰). این معیار از طریق فرمول زیر محاسبه می شود.

$$GOF = \sqrt{\overline{communalities} \times \overline{R^2}}$$

باتوجه به مقدار بدست آمده GOF که ۰/۷۸۸ میباشد کیفیت بسیار مناسب مدل کلی تایید می شود.

## بحث و نتیجه گیری

با بررسی شکل ۲ می توان دریافت که تاثیر عملکرد سطوح مختلف تحقیق و توسعه بر خلق ارزش از نتایج تحقیق و توسعه بدون نقش تعدیل گر نانو فب به میزان ۰/۸۳۷ می باشد. همچنین شکل ۳ نشان می دهد که تاثیر عملکرد سطوح مختلف تحقیق و توسعه بر خلق ارزش از نتایج تحقیق و توسعه با نقش تعدیل گر نانو فب به میزان ۰/۸۵۰ است. مقایسه این دو مقدار نشان دهنده آن است که تاثیر نانو فب بر ایجاد ارتباط بین سطوح مختلف تحقیق و توسعه و در نتیجه خلق ارزش از نتایج تحقیق و توسعه مثبت بوده و این روابط را تقویت می نماید. علاوه بر این، نانو فب ها بر تحقیقات توسعه ای نیز اثر مثبت داشته و

میزان تاثیر تحقیقات توسعه ای بر خلق ارزش را از ۰/۱۸۰ به ۰/۲۰۹ افزایش داده اند. و درنتیجه کل ضریب تعیین تعدیل شده ($R^2$) نیز افزایش یافته است. این موضوع موید موارد ذکر شده در بخش پیشینه پژوهش است. کشورهای امریکا و کره در کنار تقویت تحقیقات دانشگاهی در نانو تکنولوژی، برای برقراری ارتباط بین دانشگاه و صنعت مراکز متعدد نانو فب را تاسیس کرده اند و ماموریت اصلی آن را ارائه انواع خدمات در راستای تحقیق و توسعه نانو تکنولوژی در سه سطح تحقیق بنیادی، کاربردی و توسعه ای با تمرکز بر نیاز صنعت یعنی تحقیقات توسعه ای بیان کرده اند. به بیان دیگر نانو فب ها پلی هستند برای عبور از دره مرگ و فائق آمدن بر مشکلات فعالیت های تحقیق توسعه میانی و بهره برداری صنعت از نتایج تحقیق و توسعه، از این بحث می توان نتیجه گرفت بدون ایجاد مراکز نانو فب در آینده فعالیت های تحقیق و توسعه در سطوح بنیادی و کاربردی نمی توانند به راحتی به حلقه انتهایی یعنی صنعت متصل شوند و منجر به محصول نهایی و خلق ارزش شوند. در ایران ستاد ویژه توسعه فناوری نانو متولی توسعه فناوری نانو در ایران بوده و طی سال های اخیر با حمایت های این ستاد، ایران به جایگاه قابل توجهی از نظر شاخص های تولید علم نانو دست یافته است. لذا پیشنهاد می گردد جهت بهره مندی بخش صنعت از تحقیقات دانشگاهی اقدام به تاسیس نانو فب های تخصصی در رشته هایی مانند پتروشیمی و نفت که جزو صنایع اولویت دار ایران هستند نماید.

## منابع


۱. آذر، عادل. غلامزاده، رسول. قنواتی، مهدی. (۱۳۹۱). مدلسازی ساختاری مسیری در مدیریت: کاربرد نرم افزار . Smart PLSنگاه دانش. تهران. ۳۲

۲. آذر پژوه، الهام. حامدزاده، تکتم. (۱۳۷۸). بررسی نظام های تحقیق و توسعه در کشورهای پیشرفته و در حال توسعه. مجموعه مقالات همایش سراسری مراکز تحقیق و توسعه صنایع کشور

۳. آل عمران، رویا. کسمائی پور،وحیده. آل عمران، سیدعلی. (۱۳۹۲). مقایسه تاثیر تحقیق و توسعه فناوری نانو بر رشد اقتصادی کشورهای درحال توسعه و توسعه یافته. اقتصاد کاربردی. ٤ (۱۲)

٤. انصاری، رضا. سلطان زاده، جواد. (۱۳۹۲) مطالعه تطبیقی سازمان های پژوهش و فناوری منتخب و درس هایی برای ایران. راهبرد فرهنگ. ۲۱

۵ . انصاری، رضا. طیبی، حمیدرضا. (۱۳۹۲). بررسی و تبیین سازما نهای پژوهش و فناوری در نظام ملی نوآوری ایران مورد مطالعه :جهاد دانشگاهی. ، فصلنامه تخصصی پار کها و مراکز رشد فناوری.۱۰(۳۷)

٦ . زارعی محمودآبادی، محمد. طحاری مهرجردی، محمدحسین . مهدویان، علیرضا. (۱۳۹۳). ارزیابی فعالیت های تحقیق و توسعه در ایران: رویکرد تحلیل پوششی داده ها.مدیریت صنعتی. انتشارات دانشگاه تهران ٦. (۱). ۵۵– ٤۷

۷ . ستاد نانو. (۱۳۹۷). گزارش عملکرد سند گسترش کاربرد فناوری نانو در ایران. معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری. ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

سلطانی ,علی محمد .(۱۳۸۳). نانوتکنولوژی و جمهوری اسلامی ایران ,بایدها و نبایدها .دفتر همکاری های فنّاوری کمیته مطالعات .سیاست نانوتکنولوژی، ص ٤

۸ . شریعتی، رضا. افخمی اردکانی، مهدی .(۱۳۹۵). شناسایی و اولویت بندی شاخص های ارزیابی عملکرد مراکز تحقیق و توسعه براساس مدل کارت امتیازی متوازن.اکتشاف و تولید نفت و گاز. ۱۳۷ (۲۵)

۹ . شمسی، مهناز .نورمحمدی، حمزه علی.(۱۳۹۷). شناسایی مهم ترین مدل ها و شاخص ها در ارزیابی علم و فناوری در شرکت های دانش بنیان ایران. دوفصلنامه علمی پژوهشی دانشگاه شاهد. ٤ (۲)

۱۰ . کشاورز، محسن رحیمی، محسن. سلیمی، مجید.( ۱۳۸۹) نقش مراکز تحقیق و توسعه ی (R&D) در نظام نوآوری. صنعت و دانشگاه، ۳، ( ۷ و۸)

۱۱. مغفرتی، عمید. پیشگر، فروز. قراخانی، داود. (۱۳۹۳) . ارائه مدلی مفهومی جهت ارزیابی عملکرد واحدهای R&D شرکت های تولیدی با رویکرد DEA/AHP مورد کاوی : استان گیلان. مدیریت صنعتی دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی.واحد سنندج .۹

1. Alberta, (2019) nanoFAB, Fabrication & Characterization Centre online: https://www.nanofab.ualberta.ca

2. Alencar MSM, Porter AL, Antunes AMS (2007) Nanopatenting patterns in relation to product life cycle. Technol Forecast Soc Change 74(9):1661–1680

3. Ali, Azamat. Sinha, Kunal. (2014). Exploring the Opportunities and Challenges in Nanotechnology Innovation in India. Journal of Social Science for Policy Implications, Vol. 2, No. 2, pp. 227-251

4. Burns, Edgar. Rajcan, Adam. (2019). Publishing outputs of sociology PhD candidates at New Zealand universities, 2013-2017. New Zealand Sociology; Hamilton Vol. 34, Iss. 1. pp: 51-74.

5. Center for Nanoscale Science and Technology (CNST). (2010). Report marks the “end of the beginning”online: www.nist.gov/cnst.

6. Chen , Kaihua. Kou, Mingting. Fu, Xiaolan.(2018). Evaluation of multi-period regional R&D efÞciency: An application of dynamic DEA to ChinaÕs regional R&D systems. Omega-Volume 74, Pages 103-114

7. Chung, Bong Hyun. Park, Hyun Kyu. Jung, Yongwon.(2006). Nanobiotechnology R&D Strategy in the Republic of Korea. Korea

Research Institute of Bioscience and Biotechnology. Vol. 10 . No. 17
8. Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. Psychometrika. 16, 297-334.
9. Fornell, C. and Larcker, D.(1981); Evaluating Structural Equation Modeling with Unobserved ariables and Measurement Error; Journal of Marking Research,Vol.18, No.1, pp.39-50.
10. Franco, Raffaele. (2010). NanoFab: making nanotechnology work for industry Veneto. online: https://ec.europa.eu/regional_policy/en/projects/best-practices/italy/1367
11. GAO. (2014). Nanomanufacturing:Emergence and Implications for U.S. Competitiveness, the Environment, and Human HealthUnited States Government Accountability Office. (GAO) -14-181SP
12. Hair, J.F. Black, W.C, Babin, B.J., Anderson, R.E., Tatham, R. (2006). Multivariate Analysis (6th ed.), New Jersey: Pearson Education Inc
13. Henseler, J. Fassott, G. (2011). Testing moderating effects in PLS path models: An illustration of available procedures. In Handbook of partial least squares. Springer Berlin Heidelberg. pp. 713- 735
14. Ivanˇcevi´c, Vladimir. Lukovi´c, Ivan. (2018). National university rankings based on open data: A case study from Serbia. Elsevier Ltd. Procedia Computer Science 126. pp : 1516–1525
15. IWGN. (2001). Nanotechnology Research Directions:IWGN Workshop Report
National Science and Technology Council (NSTC). Committee on Technology (CT). Interagency Working Group on Nanoscience, Engineering and Technology
(IWGN) online: http://www.whitehouse.govIWHlEOP/OSTPINSTClhtmllNSTC Home.html
16. Joseph, Rue. (2011). Position on the next Generation of European Union Research and Innovation Programmes European Association of Research and Technology Organizations,“EARTO”, online: www.earto.org, 2011.
17. Khamseh,A., Goodarzi,M., Asghari,M., (2019).Identifying key factors for success in R&D collaborations with an approach to the future in the MAPNA Group supply chain, JOURNAL OF Future Studies Management, Volume 30.
18. Lux Research (2006). The Nanotech Report, vol. 1, 4th edition
19. Martínez, Vela. (2016). Benchmarking Research and Technology Organizations (RTOs): A Comparative Analysis. Accelerating innovation in Brazil, Working Paper 16-005June 2016
20. Matteucci, Francesco. Roberto, Giannantonio. Calabi ,Franco. Agostiano, Angela. Gigli, Giuseppe. Rossi, Marco. (2018). Deployment and exploitation of nanotechnology nanomaterials and nanomedicine. Cite as: AIP Conference Proceedings 1990, 020001. online: https://doi.org/10.1063/1.5047755
21. Miller, Georgia. & Senjen, Rye. (2008). Out of the laboratory and on to our plates: nanotechnology in food & agriculture. A report prepared for Friends of the Earth Australia, Friends of the Earth Europe and Friends of the Earth United States and supported by Friends of the Earth Germany,
online: http://www.foeeurope.org/activities/nanotechnology/index.htm
22. Miyazaki, Kumiko. Islam, Nazrul. (2007). Nanotechnology systems of innovation-An analysis of industry and academia research activities. Technovation . 27. pp 661–675
23. National Research Council (NRC). (2011). An assessment of the national institute of standards and technology center for nanoscale science and technology fisical year 2011. online: www.nap.edu
24. Novickis, Leonids. Mitasiunasb, Antanas. Ponomarenkoa, Viktorija. (2017) Information Technology Transfer Model as a Bridge between Science and Business Sector. Procedia Computer Science, 104 , 120 – 126
25. OECD, Organisation for Economic Co-operation and Development. (2015). Frascati manual proposed standard practice for surveys on research and experimental development. online:www.oecd-ilibrary.org › frascati-manual-2015_5jrxtjlv6bxx
26. Park, Jong Wan. Kim, Jeoung Woo. (2006). National NanoFab Center (NNFC): Nanofabrication Facility. Technical Application

Division National NanoFab Center. 53-3 Eoeun-dong, Yuseong-gu, Daejeon 305-806, Korea1-4244-0268-9/06 $20.00 ©2006 IEEE
27. Shapira, Philip. Youtie, Jan. Kay, Luciano. (2011). National innovation systems and the globalization of nanotechnology innovation. Technology Transfer. Volume 36, Issue 6, pp 587–604
28. Stat Nano (2017). Status of Nano-Science, Technology and innovation. Online: https://statnano.com/publications/4144/StatNano-2016-Status-of-Nano-science-Technology-and-Innovation
29. UNESCO. (1982). Guide for Collecting Statistics Relating to Science and Technology Activities, Report No. 2, 1982.
30. Uygun, Y (2015). The Fraunhofer System: A Critical Analysis. Unpublished. MIT Industrial Performance Center.
31. Vinzi, V. E, Chin, W. Henseler, J. & Wang, H. (2010). Handbook of Partial Leastmquares, Springer, Germany: Berlin

6- Miller & Senjen
2- UNESCO
8- Burns & Rajcan
*9- Ivancevic & Lukovi*
*10- Interagency Working Group on Nanoscience.(IWGN)*
*6- Miyazaki & Islam*
*7- Matteucci, & et al*
*8- United States Government Accountability Office (GAO)*
*9- Research & Technology Organizations (RTOs)*
*10- Alberta*
*11- Novickis et al*
*12- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)*

[۱۳]- یک نانومتر (*nm*) یک هزارم میکرومتر (*μm*) ، یک میلیونم میلیمتر (*mm*) و یک میلیاردم متر (*m*) است. برای درک بهتر از مقیاس نانو: یک رشته از *DNA* *2.5* نانومتر، مولکول پروتئین ۵ نانومتر، گلبول قرمز ۷۰۰۰ نانومتر و موی انسان ۸۰،۰۰۰ نانومتر پهنا دارند. اگر یک نانومتر معادل یک نفر در نظر گرفته شود، یک گلبول قرمز برابر با ۷ کیلومتر درازا دارد!

*14- Lux Research*
*20- Wang & Guan*
*16- Alencar et al*
*22- Ali& Sinha*
*23- Chen et al*

*24- Shapira & et al*
*25- Stat Nano*
*26- Research & Technology Institutes (RTIs)*
*27- Joseph*
*23- Martínez*
*24- Uygun*
*25- Franco*
*31- Park & Kim*
*32- Chung & et al*
*33- National Research Council (NRC)*
*34- Center for Nanoscale Science and Technology (CNST)*
*35- National Research Council (NRC)*
*36- Centre for Nanoscience and Nanotechnology (CNSNT)*
*37- Cronbach's alpha*
*33- Hair et al*
*34- Fornell & Larcker*
*35- Henseler*
*36- Vinz & et.al*