شـــنـاســـایی عوامل و رتبه بندی بازیگران تاثیرگذار تحقیق و توســعه باز در اکتســاب فنــاوری نوظهور نــانوی ایران : بــا رویکرد زیست بوم

■ سیما اسدی[1]
گروه مدیریت تکنولوژی، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
■ منوچهر منطقی *+
گروه مدیریت و صنایع، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران
■ عباس طلوعی اشلقی[2]
گروه مدیریت صنعتی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

10.22034/jtd.2025.2050170.1980

چکیده

پویا کردن صنایع و اقتصاد در گرو تحقیق و توسعه است فعالیت های تحقیق و توسعه حوزه فناوری نوظهور می بایست با هدف کاهش زمان و هزینه و عدم قطعیت مدیریت شوند که لازمه اش استفاده از ابزارهای همکاری در تحقیق و توسعه است. رویکرد نوین تحقیق و توسعه باز چنانچه با سیاست گذاری مناسب و اجرای درست همراه گردد می تواند زمینه دستیابی به فناورهای نوظهور همانند نانو را فراهم آورده و شکاف بین تولید علم تا محصول فناورانه نانویی را کاهش دهد.

پژوهش حاضر با هدف شناسایی عوامل تاثیرگذار تحقیق و توسعه باز در فناوری نوظهور نانوی ایران با رویکرد زیست بوم انجام شده که در همین راستا بازیگران زیست بوم شناسایی و رتبه بندی شدند. ابتدا با استفاده از مرور سیستماتیک ادبیات سی و یک عامل تاثیرگذار در پنج بعد (تحلیل راهبردی، انتخاب همکار و شکل گیری همکاری، پیاده سازی، ارزیابی و خروجی) استخراج گردید که با روش دلفی فازی طی سه مرحله نظرسنجی از ۱۲ خبره، به بیست و پنج عامل تقلیل یافت و سپس عوامل استخراجی با روش آنتروپی شانون وزن دهی شد. نتایج نشان داد که عوامل استراتژی پایش، ظرفیت جذب، ایجاد نمونه دارای بیشترین وزن یا تغییرپذیری بوده و عوامل فرهنگ باز، ایجاد ارزش پایدار و حقوق مالکیت فکری دارای کمترین وزن یا بیشترین توافق است. با توجه به اینکه رویکرد تحقیق و توسعه باز موفق در یک محیط زیست بوم شکل می یابد لذا بازیگران زیست بوم با مطالعات داخلی و خارجی در راستای ارائه مدل مفهومی شناسایی شد و سپس طی پرسش نامه ای از ۲۲ خبره و با استفاده روش ویکور فازی، بازیگران نسبت به عوامل استخراجی رتبه بندی شدند. نتایج تحلیل ویکور فازی نشان داد که دانشگاه ها به عنوان تاثیرگذارترین بازیگر و به ترتیب نقش و رتبه نیز شرکت های کوچک علم محور، نهادهای واسطه ای، موسسات تحقیقاتی، شرکت های بزرگ قرار گرفتند.

واژگان کلیدی: نوآوری باز، همکاری در تحقیق و توسعه، تحلیل راهبردی، شبکه سازی، ویکور فازی، آنتروپی شانون.

[1] شماره نمابر: ... و آدرس پست الکترونیکی: Sima_asadi587@yahoo.com
* عهده دار مکاتبات
+ شماره نمابر: ... و آدرس پست الکترونیکی سازمانی: manteghi@guest.ut.ac.ir
[2] شماره نمابر: ... و آدرس پست الکترونیکی سازمانی: toloie@gmail.com

۱- مقدمه

فناوری های نوظهور نقش غیر قابل انکاری در روند توسعه روزافزون تحولات فناورانه و پیشرفت تحقیق و توسعه در کلیه صنایع را داراست. فناوری نوظهور نانو نیازمند تخصص‌های چندرشته‌ای بوده که موجب رشد صنعت و ارتقای سریع سایر فناوری ها می شود و علیرغم نوپا بودن توجه بسیاری از سرمایه گذاران را به خود جلب کرده است (یوتیو[3] و همکاران،۲۰۲۱). در کشور ما نیز فناوری نانو مطابق با نقشه جامع علمی کشور، حوزه اولویت دار تعیین و سندی هم برای گسترش آن تنظیم شده است.

از طرفی مطابق گزارش داده‌های منتشر شده در استت نانو سال ۲۰۲۳، ایران در زمینه تولید مقالات علمی مرتبط با نانو فناوری در کنار چهارکشور چین، آمریکا و هند،کره رتبه پنجم جهان (باتعداد ۱۱،۱۷۹ مقاله نمایه شده) را به خود اختصاص داده است و همچنین در زمینه ثبت پتنت‌های نانو فناوری در اداره ثبت پتنت‌های ایالات متحده[4] با ثبت ۸ پتنت در رتبه ۲۷ قرار گرفته و ۷ پتنت نیز در مرحله انتشار دارد که این دستاوردها نشان‌دهنده پیشرفت‌های قابل توجه ایران در زمینه تحقیقات و رشد علم نانو فناوری است(گزارش خبرگذاری ایسنا[5]،۱۴۰۳). از طرف دیگر مطابق با آمار منتشر شده توسط پایگاه خبری فناوری نانو ایران[6]، هزار و چهارصد بیست و هشت گواهی نانومقیاس به محصولات و تجهیزات نانویی ساخت داخل اعطا شده (تا پایان سال ۱۴۰۱) که در مقایسه با سهم بازار جهانی درصد بسیار ناچیزی (کمتر از یک درصد) است (گزارش ماهنامه اردیبهشت ماه ستاد توسعه نانو،۱۴۰۲). حال نتایج وجود شکافی عمیق مابین تولید علم تا ارائه و جذب محصول فناورانه در حوزه نانو را نشان می دهد.

در کشور بر اساس سیاست گذاری انجام شده در حوزه توسعه فناوری نانو، بیش از دویست و پنجاه شرکت دانش بنیان راه اندازی شده و همچنین برنامه های حمایتی در قالب نگارش مقالات، پایان نامه ها، ثبت اختراعات، حمایت از مراکز رشد و شرکت های مستقر در آنها و برنامه های ترویجی و آموزشی هزینه شده است(صنیع اجلال و حسینی مقدم،۱۳۹۹). حال با وجود رشد چشمگیر علم نانو، چرا تحقیق و توسعه ضعیف عمل نموده است؟ تولید و عرضه به بازار محصول فناورانه در این حوزه در سطح پایینی قرار دارد؟

از یک سو ویژگی های فناوری نوظهور شامل تازگی، رادیکالی بودن، رشد نسبتاً سریع، تأثیر برجسته در آینده بوده و اکتساب آن نیازمند دانش خارج سازمان و همراه با ریسک و هزینه بالای تحقیق و توسعه است(گارنر[7] و همکاران، ۲۰۱۷) و از سویی دیگر، حوزه فناوری نوظهور نانو با چالش های ازجمله کمبود امکانات و تجهیزات آزمایشگاهی، مقدار محدود اعتبارات و عدم دانش منسجم برای اکتساب فناوری های سیستمی و تا حدودی پایه مواجه است (خالدی و همکاران،۲۰۲۲). حال چگونه می توان عمق شکاف مابین تولید علم تا ارائه محصول را کاهش داد؟

باظهور رویکرد نوآوری باز، شرکت ها مرز تحقیق و توسعه خود را باز نموده و امکان دستیابی به تحقیقات در سطوح مختلف را می دهند. یکی از اشکال نوآوری باز، رویکرد نوین درحال رشد تحقیق و توسعه باز است که شبکه ای از بازیگران مختلف را جهت همکاری در تحقیق و توسعه گردهم آورده که بتواند دانش بازیگران جهت خلق یا توسعه فناوری یا محصول نوآورانه ترکیب نمایند(چسبرو[8] و همکاران، ۲۰۱۷). لذا این پژوهش جهت رفع چالش های مذکور، رویکرد زیست بوم تحقیق و توسعه باز را به عنوان ابزاری قدرتمند جهت اکتساب فناوری نوظهور نانو در ایران پیشنهاد می نماید.

از طرفی مزایای عمده رویکرد تحقیق و توسعه باز شامل دسترسی به منابع و دانش خارجی، مشارکت نهادها و سازمان های فعال، تقویت همکاری بین صنعت و دانشگاه، کاهش هزینه های تحقیق و توسعه، به حداقل رساندن ریسک و هزینه های معامله و افزایش توانمندی شرکت ها و سرعت اکتساب فناوری نوظهور است(آلانصاری، ۲۰۱۳). از طرف دیگر فناوری نانو، که یک حوزه پیچیده و میان‌رشته‌ای است، با توجه به زیرساخت و پتانسیل علمی ایران، استفاده از تحقیق و توسعه باز می‌تواند به عنوان یک استراتژی مؤثر برای دسترسی به فناوری‌های نوظهور و پیشرفت در این زمینه عمل نماید.

مطالعاتی پراکنده ای حول موضوع همکاری فناورانه در نانو با محورهایی شامل: سیاست گذاری و ابزارها (سادات رسول،۱۴۰۱؛ سلطانی،۱۴۰۱؛ فرتاش،۱۴۰۰)، عوامل موفقیت و چالش ها و پیشران ها(پوکراجاک و همکاران، ۲۰۲۱؛ برگرسون و همکاران، ۲۰۱۹؛ یوتیو و همکاران،۲۰۲۱؛ فرتاش،۱۳۹۹؛ خالدی، ۱۳۹۹ ؛ اسدی فرد، ۱۳۹۸؛ دهقان و حسینی، ۱۳۹۶) انجام شده است.

پژوهشی که بطور همزمان به موضوع نوآوری باز و نانو فناوری اشاره شده باشد یافت نگردید ولی چندین مطالعه مرتبط وجود دارد که به جنبه های مختلف نوآوری باز در حوزه نانو پرداخته اند ازجمله، نقش واسطه ها در نوآوری باز (مشیری و همکاران، ۲۰۱۳)، استراتژی و حاکمیت در نوآوری باز (آنجلا هالمن[9]، ۲۰۰۷)، رویه های سازمانی و پذیرش نوآوری باز (جان یوتی[10]و همکاران،۲۰۱۲)، نقش دانشگاه در زیست بوم نوآوری باز (نوکی و

[3] Youtie
[4] USPTO
[5] https://www.isna.ir/news/1403041913460 (isna.ir/xdRtfc لینک کوتاه)
[6] https://news.nano.ir (خبر ۱۶ فروردین ۱۴۰۲)
[7] Garner J.
[8] Chesbrough, H.
[9] Angela Hullmann
[10] Jan Youtie

شاپیرا[11]،۲۰۱۱) و مدیریت نوآوری باز (لینک و اسکات[12]،۲۰۱۳). مطالعات اندکی به موضوع نوآوری باز و تحقیق و توسعه باز در حوزه نانو پرداخته که نشانگر شکاف تحقیقاتی در این حوزه است.

مقالات علمی در حوزه تحقیق و توسعه باز بیشتر در حوزه صنایع شیمیایی و هواو فضا و مخابرات و دارویی انجام شده و به موضوعاتی همانند مفهوم پدیده تحقیق و توسعه باز(انگل و همکاران،۲۰۰۹)، گذار به سیستم آن (لوکابریچی،۲۰۱۳) و فرآیندش (آل انصاری، ۲۰۱۳)، ارزیابی بهره وری (روسی و مهنز،۲۰۱۳)، اثرات استراتژی طولی(جون مون آهن[13]،۲۰۱۴)، پایداری (حکاکی و همکاران، ۱۴۰۲) پرداخته اند. مطالعات موجود معمولا بخشی از فرایند تحقیق و توسعه باز مانند استراتژی، ارزیابی،... بررسی نموده ولی هیچ کدام با نگرش جامع و کلان تر به فرآیند اجرای تحقیق و توسعه باز جهت اکتساب فناوری نوظهور نانو اشاره نکرده اند.

عباسی و همکاران در سال ۱۴۰۰، عناصر ساختار زیست بوم تحقیق و توسعه باز شناسایی نموده و اسدی و همکاران در سال ۱۴۰۱ ، چالش های اجرایی تحقیق و توسعه باز در بخش نانو مطالعه نمودند.

با توجه به خلاء موجود، هدف اصلی پژوهش شناسایی عوامل موثر بر فرآیند اجرای تحقیق و توسعه باز جهت اکتساب فناوری نوظهور در حوزه نانوی ایران با رویکرد زیست بوم و همچنین رتبه بندی بازیگران آن در راستای ارائه یک چارچوب مفهومی است.

پژوهش حاضر از دو منظر دارای نوآوری است اول آنکه به دو مفهوم تحقیق و توسعه باز و فناوری نوظهور نانو همزمان توجه می کند و همچنین نگاهی با رویکرد زیست بوم به مسئله دارد و نیز ارائه چارچوب مفهومی جامع تحقیق و توسعه باز در فناوری نوظهور نانو با رویکرد زیست بوم خود نوآوری دیگری است.

دوم، اکثر مطالعات همکاری فناورانه در حوزه نانو، همکاری مابین شرکت های کوچک و بزرگ و یا در بعضی موارد همکاری با دانشگاه مورد بررسی قرار داده اند. مطالعه ای که همکاری گسترده ای در زمینه تحقیق و توسعه مابین بازیگران مختلف همانند (دانشگاه ها و موسسات پژوهشی، شرکت های بزرگ و شرکت های علم محور کوچک و واسطه ها) باهم بررسی نموده باشد بسیار اندک بوده که این پژوهش از این جنبه نیز دارای نوآوری است.

سهم مشارکت پژوهش، ارائه چارچوبی مفهومی جامعی در جهت کمک به مدیران شرکت هایی نانویی فعال در تحقیق و توسعه و سیاست گذاران ستاد ویژه توسعه نانو و بهره مندی دانشگاه ها و موسسات پژوهشی است که مرزهای سازمان را باز نموده و منابع و جریان های دانشی خود را به منظور همکاری در تحقیق و توسعه و یادگیری و انتقال دانش بین شرکاء مدیریت نمایند.

این پژوهش در پی پاسخ به سوالات، عوامل موثر تحقیق و توسعه باز جهت اکتساب فناوری نوظهور در حوزه نانوی ایران با رویکرد زیست بوم کدامند؟ وزن دهی این عوامل استخراجی چگونه است؟ بازیگران این زیست بوم در راستای ارائه یک چارچوب مفهومی کدامند و چه نقشی ایفا می نمایند؟ و رتبه بندی بازیگران نسبت به این عوامل استخراجی چگونه می باشد؟

۲- مبانی نظری و پیشینه تحقیق

جاده ابریشم حدود دوهزار سال پیش شبکه ای از مسیرهای تجاری شرق و غرب ایجاد نمود که باعث تبادل متقابل دانش و تحریک، انتشار نوآوری های بزرگی همانند چاپ، منسوجات گردید. امروزه نیز رویکرد نوآوری باز و در پی آن تحقیق و توسعه باز باعث انتشار دانش در مناطق مختلف شده و همکاری شبکه های تحقیق و توسعه در حال تبدیل شدن به یکی از حوزه های اصلی این ابتکار عمل می باشد(جین چین[14]و همکاران،۲۰۲۱).

نوآوری حاصل از تحقیق و توسعه باز می‌تواند منجر به خلق فناوری های نوظهور، محصولات و خدمات جدید، افزایش نوآوری و رشد اقتصادی و ایجاد آینده‌ای بهتر گردد. حال به مطالعه ادبیات و پیشینه دو حوزه تحقیق و توسعه باز و فناوری نوظهور نانو می پردازیم.

۲-۱-مبانی نظری و پیشینه تحقیق و توسعه باز

با شروع پارادایم نوآوری باز در سال ۲۰۰۳ توسط چسبرو، مدیریت تحقیق و توسعه از بسته به باز تغییر یافت. پیش‌تر، کلیه فعالیت‌های تحقیق و توسعه در یک سیستم بسته انجام شده و آزمایشگاه به‌عنوان یک دارایی استراتژیک سازمان شناخته می‌شد. انگل[15] و همکاران در سال ۲۰۰۹، با بررسی ۱۰۷ شرکت کوچک و متوسط[16] اروپایی، به کشف پدیده تحقیق و توسعه باز رسیدند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد بازبودن به‌عنوان مفهومی کلیدی در تحقیق و توسعه است و در این زمینه ریسک‌هایی نظیر از دست رفتن دانش، هزینه‌های هماهنگی بیشتر، و موانعی مانند مشکلات یافتن شریک مناسب و زمان ناکافی وجود دارد (انگل و همکاران،۲۰۰۹).

تحقیق و توسعه باز نوعی روش همکاری در تحقیق و توسعه،

[11] Luciano Kay and Philip Shapira

[12] Albert N. Link and John T. Scott

[13] Ahn, J.

[14] Jin chen

[15] Enkel

[16] SME

مبتنی بر پارادایم نوآوری باز است که همخوانی زیادی با نسل ششم تحقیق و توسعه دارد. این رویکرد نوین به دنبال شکستن دیوارهای سنتی بین سازمان و دنیای خارج است که منابع داخل و خارج سازمان را از طریق همکاری با ذینفعان خارجی مانند دانشگاه‌ها، موسسات تحقیقاتی، شرکت‌های دیگر، مشتریان و حتی عموم مردم ترکیب نموده و منجر به بهبود عملکرد، کاهش هزینه‌ها و ریسک، خلق و توسعه فناوری گردد (چسبرو و همکاران، ۲۰۱۷).

لوکابریچی[17] در سال ۲۰۱۳ نشان داد شرکت‌هایی که ظرفیت تحقیق و توسعه داخلی بالاتری دارند، در فرآیند تحقیق و توسعه باز عملکرد بهتری داشته ولی هماهنگی با تعداد زیادی از بازیگران کاری زمان‌بر و پرهزینه است. مهم ترین وظیفه مدیران، برقراری تعادل بین فعالیت های تحقیق و توسعه داخلی و خارجی برای کسب منافع فناوری نوظهور است(لوکابریچی ،۲۰۱۳).

فرآیندهای تحقیق و توسعه باز و تأثیرات پیکربندی آن بر روی عملکرد شرکت های مهندسی شیمی، آل انصاری مطالعه نمود که براساس یافته های تحقیق همبستگی بین فعالیت های تحقیق و توسعه داخلی و خارجی تاثیر مثبت در افزایش ظرفیت و تجربه نوآوری داشته و در طولانی مدت باعث اعتماد متقابل بین شرکاء می گردد(آل انصاری، ۲۰۱۳).

روسی و مهنز[18]در سال ۲۰۱۳ تأثیر بهره‌وری تحقیق و توسعه باز را در شرکت‌های کانادایی بررسی و با شبیه سازی نشان دادند که این روش می‌تواند ترکیبی از استراتژی‌های ساخت، خرید و فروش باشد (روسی و مهنز، ۲۰۱۳). همچنین، جون مون آهن و همکاران در سال ۲۰۱۴ اثرات استراتژی تحقیق و توسعه باز را در شرکت‌های بریتانیایی و کره‌ای ارزیابی نموده و شاخص‌هایی مانند عمق همکاری و گستردگی جستجوی خارجی را مؤثر دانستند(جون مون آهن و همکاران،۲۰۱۴).

پژوهش حکاکی و همکاران در سال ۱۴۰۲ ، با هدف مطالعه اقدامات لازم برای دستیابی به تحقیق و توسعه باز پایدار، ۱۵ مؤلفه در ۶ بعد شناسایی نمودند که مهمترین آنها عبارتند از: ایجاد سیستم های اطلاعاتی، در دسترس بودن تأمین کنندگان، برآورده سازی نیاز مشتریان، آلودگی زیست محیطی، تدوین استراتژی کلان. نتایج نشان می دهد که استفاده از مواد اولیه تجدیدپذیر، شبکه سازی از طریق فعالیت مشترک با دانشگاهها و مؤسسات تحقیقاتی میتواند اثرات مخرب زیست محیطی را کاهش دهند(حکاکی و همکاران،۱۴۰۲).

مطالعات اغلب بخشی از فرآیند اجرای تحقیق و توسعه باز (مانند استراتژی، پایداری و...) مورد بررسی قرارداده اند. با توجه به جوان بودن ادبیات موجود در حوزه تحقیق و توسعه باز، کمتر پژوهشی دراین زمینه انجام شده است تحقیق و توسعه باز، از مفهوم نوآوری باز نشات گرفته و یکی از روش های همکاری در تحقیق و توسعه محسوب می شود(چسبرو و همکاران،۲۰۱۷)، لذا حوزه های مذکور مورد مطالعه قرار گرفت.

میرلس و آزورو[19] در سال ۲۰۲۲، مروری نظام‌مند در بستر همکاری های نوآوری باز انجام دادند که بر اساس بنیان های نظری همکاری ها را به سطوح مختلف فردی، سازمانی، کلان و چندسطحی طبقه بندی کردند. نتایج نشانگر این است که مطالعات موجود تمرکز بیشتری بر سطح درون‌سازمانی دارند و کمتر به نقش شبکه‌ها و تأثیرات بیرونی در نوآوری باز پرداخته‌اند (میرلس و آزورو ،۲۰۲۲). باربورسا[20] و همکاران در سال ۲۰۲۱ شیوه های مدیریت پروژه برای تقویت عملکرد نوآوری باز در ۵۰ پروژه تحقیق و توسعه مورد پژوهش قراردادند. نتیجه این تحلیل منجر به ارایه مدلی با ابعاد و شاخص هایی ازجمله، جستجو برای شریک (نوع شریک)، برنامه ریزی (فرآیند برنامه ریزی، نظارت و کنترل، رویکرد ارتباطی)، شیوه های مدیریت پروژه (تعریف تیم و مدیر، فرآیند مناسب، درجه سختی)، ادغام شرکا و یکپارچه سازی گردید(باربورسا و همکاران،۲۰۲۱).

رابرتسون و آروندل در سال ۲۰۱۳، وضعیت تحقیق و توسعه در ۳۸۰۰ شرکت اتحادیه اروپا از روش نوآوری باز و بسته جهت توسعه محصول، فرآیند و سازمان بررسی کردند. عوامل درگیرشدن در تحقیق و توسعه باز را شامل فعالیت تحقیق و توسعه داخلی، اجرا و ظرفیت جذب و دانش خارجی و جستجو دانش نوآورانه (کاربر، تامین کننده، ارتباطات) شناسایی و مراحلش را انطباق، تغییر یا اصلاح و همکاری و داخلی شدن مطرح نمودند(رابرتسون و آروندل،۲۰۱۳).

باهاتنگار[21] و همکاران در سال ۲۰۲۳، چارچوب یکپارچه برای پذیرش نوآوری باز در تحقیق و توسعه دارویی (با مطالعه هشت شرکت) ارائه دادند. چارچوب پیشنهادی، راهبردهایی را برای مدیریت این تنش‌ها و دستورالعمل‌هایی برای بهبود و تسریع پذیرش نوآوری باز در بخش داروسازی کشورهای در حال توسعه ارائه می دهد(باهاتنگار و همکاران،۲۰۲۳).

سامول انکاراش و اومرال تابا[22] درسال ۲۰۱۵، مرور سیستماتیک همکاری صنعت و دانشگاه و اثر نیروهای بیرونی و

[17] Berchicci, L.
[18] Rosay and Mohnenz
[19] Meireles and Azevedo
[20] Barbosa
[21] Bhatnagar
[22] Samuel Ankrah, Omar AL-Tabbaa

شکل گیری درونی و نگهداشت روابط بررسی نمودند. این همکاری به چهار دسته شامل همکاری تحقیقاتی، پشتیبانی تحقیقاتی، انتقال دانش، انتقال فناوری طبقه بندی شده که فرآیند شکل گیری شامل مراحل شناسایی شرکاء، برقراری ارتباط، ارزیابی و انتخاب شریک، مذاکره برای مشارکت، امضای توافق نامه می باشد(سامول انکاراش و اومرال تابا ،۲۰۱۵).

یونگ-یونگ هوانگ[۲۳] و همکاران در سال ۲۰۲۱، کارایی سازمان های مدیریت تحقیق و توسعه عمومی با رویکرد نوآوری باز ارزیابی نمودند. در این زمینه پیشنهاد ایجاد نهاد پایه مانند آژانس های مدیریت تحقیق و توسعه باعث بهبود روند بودجه شده و نقش کلیدی در زیست بوم ملی تحقیق و توسعه بر عهده دارد (بیونگ-یونگ هوانگ و همکاران،۲۰۲۱).

مطالعات اخیر در حوزه تحقیق و توسعه باز نشان می دهد که کمتر پژوهشی به شناسایی عوامل تاثیرگذار بر انجام تحقیق و توسعه باز در حوزه فناوری نوظهور پرداخته است.

۲-۲-مبانی نظری و پیشینه فناوری نوظهور(نانو)

نوظهور بودن، فرآیندی پویا و مهم ترین شکل پیش بینی فناوری است. به فناوری هایی در حال ظهور گویند که تاثیر قابل توجهی بر حوزه های اجتماعی اقتصادی داشته و دارای پتانسیل رشد سریع بوده، با درجه خاصی از انسجام در طول زمان باقی می ماند. فناوری نوظهور به سه سطح متفاوت "پیش از ظهور، ظهور و پس از ظهور"تقسیم بندی می شوند (روتلو[۲۴] و همکاران، ۲۰۱۶).

ویژگی های فناوری های نوظهور شامل عدم اطمینان، تاثیر شبکه، نگرانی های اجتماعی و اخلاقی ناشناخته، هزینه ها، محدودیت های خاص کشورها و کمبود سرمایه گذاری در تحقیقات می باشد(حالاوه[۲۵]،۲۰۱۳).

استفاده از فناوری های نوظهور، آینده ای جدید برای تحقیق و توسعه را رقم می زند. مقالات، پتنت یا اختراعات غنی، بازیکنان پیشرو سازمان های تحقیقاتی یا افراد مشارکت کننده در تولید محتوای فناوری در حال ظهور، و حوزه های جدید بعنوان شاخص های ظهور تعیین شده اند شاخص ها به کسانی که اولویت های تحقیق و توسعه را تعیین می کنند اطلاعات ارزشمندی می دهند (روتلو و همکاران،۲۰۱۶). جان گرنر و همکاران در سال ۲۰۱۷، الگوریتمی جهت پیاده سازی محاسبه امتیاز ظهورفناوری بااستفاده از اطلاعات گذشته ارائه نمودند ابتدا محتوای سوابق (مقالات یا پتنت ها) غنی در فناوری نوظهور جمع آوری نموده و سپس آنها را بر اساس میزان نسبی ظهورشان اولویت بندی نمودند (جان گرنر و همکاران،۲۰۱۷).

تروجیلو و همکاران در سال ۲۰۱۶ همکاری در تحقیق و توسعه نانو فناوری مابین کشورهای آسیایی و آمریکای لاتین[۲۶] مطالعه نمودند و عوامل تاثیرگذار شامل ۱) تعیین اولویت های همکاری در کشورهای درون هر دو منطقه و بین آنها؛ ۲) اشتراک دانش و مدیریت مالکیت معنوی؛ ۳) ظرفیت سازی برای تحقیق و نوآوری؛ ۴) بودجه فعالیتهای علم و فناوری و نوآوری[۲۷] استخراج نمودند(تروجیلو و همکاران،۲۰۱۶).

لو و همکاران درسال۲۰۲۰، به بررسی تأثیر همکاری‌های جهانی تحقیق و توسعه برای نوآوری پایدار در نانوفناوری پرداخته اند. نتایج نشان می‌دهد که مشارکت‌های بین‌المللی و چندرشته‌ای باعث ارتقاء کیفیت پتنت‌ها می‌شود، در حالی که همکاری‌های دانشگاه و صنعت ممکن است به دلیل اختلاف در اهداف و پذیرش ریسک نتایج متفاوتی داشته باشند. همچنین، پژوهش بر لزوم ایجاد سیاست‌ها و چارچوب‌های حمایتی برای بهره‌برداری از این همکاری‌ها تأکید می‌کند(لو و همکاران،۲۰۲۰).

پوکراجاک و همکاران در سال ۲۰۲۱، موضوع پایداری شبکه بین المللی نانو فناوری را مورد بررسی قرار داد. مهم ترین عوامل چالشی شامل یکپارچگی سیستماتیک، مشکلات محیط زیست و ایمنی و مدیریت منابع پایدار، شناسایی موانع ارزیابی و رشد، ریسک ها و استانداردسازی، توسعه ابزارهای تصمیم گیری مبتنی بر هوش مصنوعی استخراج نمودند(پوکراجاک و همکاران،۲۰۲۱).

یکی از ضروری ترین مسائل در مورد فعالیت های تحقیق و توسعه فناوری نوظهور، برقراری ارتباط بین سطوح مختلف تحقیق و توسعه است. دهقانی و همکاران در سال ۱۴۰۰، پژوهشی با هدف تعیین میزان تاثیر نانو فب ها در حوزه نانو فناوری در برقراری ارتباط بین سطوح مختلف تحقیق و توسعه انجام دادند. نتایج، نشانگر آن است که تعدیل گر نانو فب تاثیر معنا دار و مثبتی بر خلق ارزشِ فعالیت های همکاری تحقیق و توسعه ای دارد (دهقانی و همکاران،۱۴۰۰).

همکاری فناورانه را شامل دامنه ای از اتحادهای بین سازمانی است که دو یا چند همکار یا شریک بر اساس اهداف مکمل مورد توافق متعهد شده تا دانش، فناوری و منابع مختلف را باهم به اشتراک گذارند. تحقیق و توسعه مشترک، سرمایه گذاری مشترک، سرمایه گذاری در سهام و اتحاد راهبردی مدل هایی از همکاری فناورانه هستند(خالدی و همکاران،۲۰۲۲). فرتاش و همکاران در سال ۱۳۹۹ با استفاده از روش مطالعه چندموردی، ۹

[23] Halaweh

[24] Rotolo

[26] The Forum for East Asia-Latin America Cooperation (FEALAC)

[27] STI: Science technology innovation

همکاری فناورانه بین شرکت بزرگ و کوچک فناور در حوزه فناوری نانو در ایران مورد بررسی قرار دادند. بر اساس نتایج، عوامل چالشی در همکاری ها می توان به رویه های پیچیده اداری شرکت های بزرگ و عدم آشنایی شرکت های فناور با قواعد کسب و کار اشاره کرد. همچنین تسلط شرکت های فناور بر دانش فنی و دسترسی شرکت های بزرگ به بازار نیز از پیشران های اصلی همکاری ها می باشد(فرتاش و همکاران،۱۳۹۹).

در سال ۱۳۹۲ باقری و بوشهری نیز عوامل موثر بر دستاوردهای همکاری های فناورانه درنانو فناوری به چهار دسته فردی، سازمانی، نهادی و تعاملات طبقه بندی نمودند. نتایج نشان می دهد که عوامل مرتبط با ارتباطات و تعاملات شامل تعاملات فردی، تعاملات سازمانی، شبکه اجتماعی و شبکه های فناوری تاثیر مستقیم و مثبتی بر دستاوردهای همکاری های فناورانه دارد(باقری و بوشهری،۱۳۹۲).

خالدی و همکاران در سال ۱۳۹۹، شناسایی عوامل موفقیت همکاری های فناورانه نامتقارن بین شرکت های بزرگ و کوچک پرداختند. بامطالعه ۸ مورد تجربه همکاری در بخش نانو فناوری ایران، یک گونه شناسی با ۱۶ عامل تاثیرگذار ارائه دادند. مهمترین آنها می توان به شفافیت اهداف و وظایف طرفین همکاری، همراستایی فناوری با نیاز متقاضی و تقارن اطلاعات اشاره کرد(خالدی و همکاران، ۱۳۹۹).

پژوهش هایی با موضوع ابزارهای سیاستی برای توسعه همکاریهای فناورانه شرکتهای بزرگ صنعتی با شرکت های دانش بنیان حوزه نانو انجام گرفته است. سادات رسول و همکاران در سال ۱۴۰۱، این ابزارها را در سه دسته ابزارهای تحریک عرضه و تقاضا، مقوله تأمین مالی و توانمندسازی، ابزار بهبود زیرساخت همکاری دسته بندی نمودند(سادات رسول و همکاران،۱۴۰۱). فرتاش و همکاران در سال ۱۴۰۰، حمایتهای مالی در قالب ارائه وام و یارانه ازپرکاربردترین ابزارها ی سیاستی در همکاری های فناورانه دانسته و به علاوه، ابزارهای سیاستی دیگر همانند خرید تضمینی، اعطای تسهیلات، سرمایه گذاری خطرپذیر، مشوق صادراتی، تعرفه واردات، انحصار در تولید، میانجی گری را ارائه نمودند(فرتاش و همکاران،۱۴۰۰). همچنین مطالعه پایایی سیاستگذاری فناوری نانو در ایران توسط سلطانی و صاحبی نژاد در سال ۱۴۰۱ صورت گرفت که با تحلیل محتوای داده ها براساس مدل چرخه سیاست (تدوین، اجرا و ارزیابی)، فرایند سیاستگذاری فناوری نانو در کشور توصیف و عوامل کلیدی مؤثر در آن تبیین شد و از نتایج آن می توان ایجاد شبکه (مانند شبکه سازی آزمایشگاه های فناوری نانو) برای حداکثر استفاده از منابع و هم افزایی ذکر نمود (سلطانی و صاحبی نژاد،۱۴۰۱).

قاضی نوری و همکاران در سال ۱۴۰۰، به بررسی و تحلیل همزمان عناصر ساختاری و کارکردی نظام نوآوری فناوری نانو در ایران پرداختند. یافته های نشان دهنده ایجاد مشروعیت کم و ضعف تعاملات بین بازیگران نظام نوآوری نانو است که نیازمند تقویت و حمایت بوده و کارکرد بسیج منابع در وضعیت مناسب تر قرار دارد(قاضی نوری و همکاران، ۱۴۰۰).

اسدی و همکاران در سال ۱۴۰۱، چالش های اجرای تحقیق و توسعه باز در حوزه فناوری نانوی ایران در سه بعد داخلی و خارجی و تلفیقی شناسایی و راهکارهایی برای هر چالش ارائه دادند. چالش‌هایی مانند عدم حفاظت از مالکیت فکری و ناتوانی در کنترل از جمله مهم‌ترین موارد بود (اسدی و همکاران، ۱۴۰۱). این پژوهش در پی شناسایی عوامل تاثیرگذار بر فرآیند اجرایی تحقیق و توسعه باز جهت اکتساب فناوری نوظهور نانو، با دیدگاه زیست بوم می باشد. با توجه به این که، رویکرد تحقیق و توسعه باز موفق در یک محیط زیست بوم شکل می یابد. در واقع از این طریق ایده ها از منابع مختلف اخذ شده، امکان تحقیق و توسعه و نوآوری باز افزایش می یابد(چسبرو و همکاران،۲۰۱۷) لذا رویکرد اکوسیستم و بازیگران آن مورد مطالعه قرار گرفت.

۳-۲-مبانی نظری و پیشینه زیست بوم و بازیگران آن

زیست بوم از دیدگاه رابلو و برنز[28] در سال ۲۰۱۵، شبکه‌ای باز و پویاست که با سرمایه و دانش بازیگران ناهمگون[29] و زیرساخت-هایی که توسط سیاست‌ها، قوانین، دولت و فرهنگ شکل گرفته، حمایت می شود تا ایده‌ها را به خروجی‌های ارزشمند تبدیل نماید (رابلو و برنز، ۲۰۱۵). همچنین از دیدگاه والراو[30] و همکاران در سال ۲۰۱۷، شبکه‌ای از بازیگران با وابستگی متقابل است که قابلیت‌های تخصصی یا منابع (ترجیحاً مکمل) خود را با یکدیگر ترکیب نموده تا به هدف خلق مشترک و ارائه ارزش پیشنهادی به مشتریان و کسب درآمد دست یابند(والراو و همکاران،۲۰۱۷).

الیزابت آلتمن[31] در سال ۲۰۱۷ تحقیقی درباره پلتفرم نوآوری باز و استراتژی های زیست بوم انجام شد. چهار شیوه مرتبط با انتقال استراتژیک جهت فعال سازی تعامل با نهادهای خارجی شناسایی گردید که شامل: ۱) افزایش تمرکز خارجی ۲) حرکت به باز بودن بیشتر ۳) تمرکز بر توانایی تعاملات و ۴) اتخاذ معیارهای تعامل محور می باشد(الیزابت آلتمن، ۲۰۱۷).

[28] Rabelo and Bernus
[29] heterogeneous actors
[30] Walrave
[31] Elizabeth J. Altman

هامانو[32] در سال ۲۰۱۷، بر ضرورت افزایش ظرفیت در حوزه‌هایی مانند زیرساخت‌ها، فرآیندها، توسعه منابع انسانی، همکاری قوی میان دانشگاه و صنعت، ایجاد زنجیره ارزش پایدار، مالکیت فکری و تعامل مؤثر میان بازیگران مختلف برای ایجاد یک زیست بوم تمرکز کرده است(هامانو، ۲۰۱۷). بومر[33] در سال ۲۰۱۵، به مطالعه زیست بوم نوآوری باز پرداخته و جنبه‌های مختلفی از ادغام نوآوری باز و ناب با آزمایشگاه‌های نوآوری می‌توانند باعث تقویت زیست بوم شوند(بومر،۲۰۱۵).

کریستینا اوبرگ و آلن الکساندرا[34] در سال ۲۰۱۹ فرصت نوآوری باز در زیست بوم و چگونگی ارتباط آن با مدیریت دانش را بررسی نمودند و نتایج بیانگر این است که گشودگی در ارتباطات بین بازیگران به عوامل وسعت، عمق، آزادی، عدم رسمی شدن، تعدادفازها، تعداد بازیگران وابسته است(اوبرگ و الکساندرا،۲۰۱۹). فریا[35] و همکاران در سال ۲۰۱۹ پژوهشی با عنوان نوآوری باز و دانش برای پرورش زیست بوم انجام دادند. در این راستا عوامل تاثیرگذار بر شبکه بازیگران جهت ایجاد و اشتراک دانش شناسایی نمودند(فریا و همکاران،۲۰۱۹).

عباسی و همکاران در سال ۱۴۰۱، ساختار زیست بوم تحقیق و توسعه باز را در حوزه نانو فناوری ایران متشکل از: منابع انسانی، زیرساخت، منابع مالی و حکمرانی بعد عملکردی، متشکل از تجاری سازی، تولیدات علمی و ثبت اختراع دانستند که بهترین گزینه در پایش مرزهای تحقیق و توسعه باز در حوزه نانو فناوری بعد عملکردی و زیرمعیار تجاری سازی است(عباسی و همکاران، ۱۴۰۱). این پژوهش تنها مطالعه نزدیک به پژوهش حاضر می باشد و پژوهش عباسی و همکاران، فقط ساختار یک زیست بوم را بصورت کلان مورد مطالعه قرار داده است در حالی که پژوهش حاضر فرآیند اجرایی تحقیق و توسعه باز در فناوری نوظهور نانو با رویکرد زیست بوم و شناسایی بازیگران زیست بوم و نقش بین آنها را مورد مطالعه قرار می دهد.

زیست بوم سیستمی متشکل از عناصری شامل بازیگران،سرمایه، زیرساخت، مقررات، دانش، ایده ها، تعامل، فرهنگ، اصول معماری است که مهم ترین عنصر تشکیل دهنده زیست بوم بازیگران و نقش آنها در این سیستم می باشد. در جدول شماره ۱ خلاصه ای از دیدگاه مختلف بازیگران زیست بوم در حوزه های مربوطه شناسایی شده است.

خواجه نایینی و همکاران در سال ۱۳۹۴ وضعیت تبادل اطلاعات میان بازیگران حوزه نانوفناوری در ایران با استفاده از روش تحلیل شبکه بررسی نمود. آشکار شدن بازیگران اصلی و نقاط قوت و ضعف جایگاه و ارتباطات میان بازیگران این عرصه نتیجه این پژوهش بود همچنین مرکزیت بالای ستاد توسعه نانو به عنوان قدرتمند ترین بازیگر شبکه داراست و قوی ترین ارتباطات شبکه نیز میان شرکت های تولید محصولات نانو و نهادهای تنظیم کننده و سیاست گذار وجود دارد(خواجه نایینی و همکاران، ۱۳۹۴).

ددهییر و همکاران در سال ۲۰۱۶، با تعریف نقش[36] به عنوان مجموعه‌ای مشخص از رفتارها یا فعالیت‌های انجام شده توسط بازیگران زیست بوم، نقش‌های موجود در یک زیست بوم نوآوری را به چهار دسته تقسیم کرده است. نقش رهبری[37]، نقش ایجاد ارزش مستقیم[38]، نقش حمایت از ایجاد ارزش[39] و نقش حامی مالی و تنظیم کننده (ددهییر و همکاران،۲۰۱۶). همچنین تعامل میان بازیگران از طریق شبکه های همکاری تحقیق و توسعه انجام می گردد (آرموس و همکاران،۲۰۱۸؛ کاپون و همکاران، ۲۰۱۸؛ میچل کونگ،۲۰۱۶؛جین چین، ۲۰۲۱).

جدول ۱- خلاصه دیدگاه مختلف از بازیگران زیست بوم

	نویسندگان	موضوع	بازیگران
۱	بریچی(۲۰۱۳)	تحقیق و توسعه باز	شرکتها، دانشگاه ها، مراکز تحقیقاتی و دولت
۲	آرموس و همکاران(۲۰۱۸)	شبکه همکاری تحقیق و توسعه	کنسرسیوم بین شرکتها، دانشگاه ها، مراکز تحقیقاتی و نهادهای دولتی
۳	باربورسا و همکاران(۲۰۲۰)	مدیریت تحقیق و توسعه در نوآوری باز	شرکاء مبتنی برعلم(دانشگاه ها و موسسات تحقیقاتی) و شرکاء مبتنی بربازار(تامین کننده ها، رقبا)
۴	جین چین و همکاران(۲۰۲۱)	شبکه تحقیق و توسعه و نوآوری باز (چین)	همکاری صنعت و دانشگاه و دولت ارکسترنوآوری باز در میان شرکت های خصوصی، دولتی و خارجی
۵	هوانگ و همکاران (۲۰۲۲)	مدیریت تحقیق و توسعه در نوآوری باز	صنعت،دانشگاه، موسسات تحقیقاتی و دولت شامل وزاتخانه ها و سازمانهای حامی(آژانس مدیریت تحقیق و توسعه)
۶	خواجه نایینی و همکاران (۱۳۹۴)	شبکه تبادل میان بازیگران فعال نانو فناوری ایران (گروه های ۱۵ گانه)	شرکت های تولید محصولات و تجهیزات و خدمات توسعه محصول و بازار، پتنت، دانشگاه ها، مراکز رشدو مراکز پژوهشی و پژوهشکده و آزمایشگاه ، نهادهای مالی و ترویجی و تنظیم کننده و رسانه ها و انجمن

[32] Hamano
[33] Böhmer
[34] Christina Öberg , Allen T. Alexander
[35] J. Ferreira
[36] role
[37] Leadership roles
[38] direct value creation roles,
[39] value creation support roles

۳- روش شناسی پژوهش

این پژوهش از لحاظ هدف، کاربردی و برای دستیابی به نتایج از هر دو رویکرد کیفی و کمّی استفاده و از نوع مطالعه موردی است. ابتدا در گام اول، به‌منظور بررسی ابعاد و مؤلفه‌های مؤثر بر تحقیق و توسعه باز در فناوری نوظهور نانوی از روش فراترکیب هفت مرحله‌ای سندلوسکی و باروسو [40] درسال ۲۰۰۷ استفاده شد. فرآیند جستجو در سامانه های گوگل اسکالر و اسکوپوس و پایگاه مجلات تخصصی نور[41]، بانک جامع مقالات کنفرانس و همایش‌های سیویلیکا[42] مقالات در بازه زمانی از سال ۲۰۰۹ تا سال ۲۰۲۴ می باشد. برای شناسایی مطالعات مرتبط کلمات کلیدی مبنای جستجو قرار گرفت. کلمات کلیدی " تحقیق و توسعه باز"، " فناوری نوظهور"، فناوری نانو"، " نوآوری باز"، "همکاری در تحقیق و توسعه"، "اکوسیستم" انتخاب گردید. در مرحله آخر۵۴ مطالعه انتخاب شدند و با پایان مراحل روش مرورسیستماتیک و فراترکیب، ۳۱ عامل تاثیرگذار در پنج بعد شامل تحلیل راهبردی، انتخاب همکار، شکل گیری همکاری، پیاده سازی، ارزیابی و خروجی شناسایی گردید(اسدی و همکاران،۱۴۰۴).

جامعه آماری در این بخش از پژوهش، دوازده نفر از خبرگان شامل مدیران صنایع نانو فناوری و مدرسان دانشگاهی (دارای تجربه پژوهش و عملیاتی در حوزه نانوفناوری) و شاغل در ستاد توسعه نانو بودند که با استفاده از روش نمونه گیری غیرتصادفی (نوع قضاوتی) انتخاب شدند لازم به ذکر است که تمامی خبرگان ضمن برخورداری از دانش مرتبط با مفهوم نوآوری باز و روش های همکاری در تحقیق و توسعه، از سطح تحصیلات مقطع دکتری و یا دانش آموختگی دکتری با حداقل پنج سال تجربه کاری درحوزه نانوفناوری برخوردار بودند. ابزار جمع آوری اطلاعات، آمیزه ای از روش های کتابخانه ای و میدانی (پرسش نامه) بود.

در این پژوهش برای غربال سازی عوامل تاثیرگذار از روش دلفی با رویکرد فازی استفاده شد. کاربرد این روش به منظورتصمیم گیری و اجماع بر مسائلی که اهداف و پارامترها به صراحت مشخص نیستند، منجر به نتایج بسیار ارزنده ای می شود(میرسپاسی و همکاران، ۲۰۱۰). به دلیل جدید بودن موضوع پژوهش و پیچیدگی و عدم قطعیت بالا از رویکرد فازی استفاده شد (آذر و فرجی، ۲۰۰۲).

ابتدا موضوع در پرسشنامه ای بصورت باز شرح داده و توسط جدولی از خبرگان خواسته شد که میزان اهمیت هر ۳۱ عامل تاثیرگذار (شناسایی شده از روش کتابخانه ای) را در مقیاس لیکرت ۵ تایی تعیین نمایند. به منظور برآورد میزان روایی پرسش نامه، نظر سه نفر از خبرگان (کارشناس و اساتید مسلط به موضوع پژوهش) استفاده شد (روایی محتوایی). سپس ۳۱ عامل استخراجی درپنج بعد، طی سه مرحله اجرای روش دلفی فازی به ۲۵ عامل تاثیرگذار تقلیل و نهایی گردید (مطابق جدول شماره ۳).

پایایی همان سازگاری و متناقض نبودن پاسخ خبرگان است. فرآیند دلفی تا زمانی ادامه می یابد که اختلاف میانگین اعداد فازی در دو مرحله ی متوالی برای تمام مولفه های پرسش نامه، کمتر از حد آستانه شود(چنگ و لین، ۲۰۰۲). در این پژوهش نظر سنجی در مرحله سوم به سازگاری و ثبات کافی رسیده و متوقف شد. پس نتایج حاصله از پایایی کافی برخوردار است. روایی یک مطالعه دلفی فازی در راستای ترکیبی از خبرگان است که دو عامل مهم مطرح شده شامل اندازه گروه خبرگان و شایستگی های خبرگان می باشد. **روایی** و اعتبار روش دلفی بیشتر به خبرگی گروه شرکت کننده در مطالعه برمی گردد تا تعداد خبرگان. بنابراین اگر اعضای شرکت کننده در مطالعه نماینده گروه یا حوزه دانش مورد نظر باشند، اعتبار روش دلفی فازی تایید می شود (یزدی مقدم و همکاران، ۲۰۱۹).

در این پژوهش، برای توافق خبرگان در دلفی فازی از ضریب کاپای کوهن بهره گرفته شده که مطابق با رابطه (۱) محاسبه می‌شود. در این رابطه، مقدار Po نشانگر میزان توافق مشاهده شده و مقدار Pe نشانگر میزان توافق مورد انتظار است.

$$kappa = \frac{Po - Pe}{1 - Pe}$$ رابطه ۱

هرچه مقدار کاپا به عدد یک نزدیک‌تر باشد، نمایانگر توافق بیشتری بین مرورگران است (رافی و همکاران[43]،۲۰۰۵). در این پژوهش، شاخص کاپا به میزان ۰/۷۲ محاسبه شد که نشان‌دهنده توافق بالا میان خبرگان است.

در گام دوم با توجه به این که عوامل استخراجی دارای وزن های متفاوتی بوده لذا جهت وزن دهی عوامل از روش آنتروپی شانون استفاده گردید. هر ۲۵ عامل تاثیرگذار با این روش وزن دهی شدند. مزیت این روش نسبت به سایر روش های وزن دهی در این است که برگرفته از تئوری سیستم بوده و نگاه جدیدی به بحث پردازش داده ها در مبحث تحلیل محتوا داشته که بسیار قوی تر و معتبرتر نسبت به روش های دیگر وزن دهی (مانند لینمپ، ...) عمل می کند. مفهوم آنتروپی بیان کننده مقدار عدم اطمینان در یک توزیع احتمال پیوسته است، هر چقدر پراکندگی

[40] Sandelowski & Barroso

[41] www.noormags.com

[42] www.civilica.com

[43] Riffe et al.

بین داده ها برای یک عامل بیشتر باشد، آن عامل از اهمیت بیشتری برخوردار بوده یا به عبارتی، شاخصی که حداقل تغییرپذیری را در بین گزینه ها دارد، حداقل نقش را ایفا می کند(عماد الدین و همکاران، ۲۰۱۹).

بعد از شناسایی و وزن دهی عوامل موثر بر تحقیق و توسعه باز در فناوری نوظهور نانو، می بایست چارچوب مفهومی آن را بارویکرد زیست بوم تدوین گردد ابتدا نیاز به شناسایی بازیگران تاثیرگذار بوده که با استفاده از روش مرور سیستماتیک مطالعات داخلی و خارجی پیشینه پژوهش شناسایی و در پنج گروه طبقه بندی شدند. با توجه به این که بازیگران زیست بوم نقش های متفاوتی دارند لذا بازیگران با روش ویکورفازی رتبه بندی شدند(مطابق جدول ۷).

جامعه آماری در این گام از پژوهش، بیست و دو نفر از خبرگان بوده که با استفاده از روش نمونه گیری هدفمند انتخاب شدند.

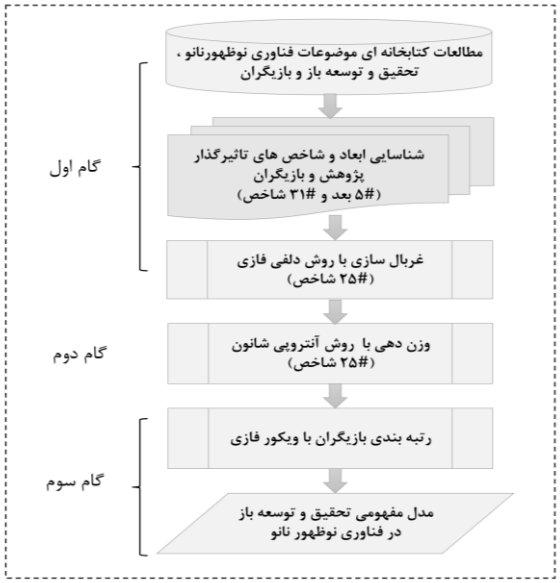
- اساتید دانشگاهی با سابقه پژوهشی حوزه نانو(۶ نفر)
- شاغل در موسسات پژوهشی مرتبط با نانو(۵ نفر)
- مدیران یا کارشناسان شرکت های علم محورحوزه نانو مستقر در پارک علم و فناوری و مرکز رشد (۶ نفر)
- مدیران یا کارشناسان شرکت های بزرگ حوزه نانو (۵ نفر)
- شاغل در ستاد توسعه نانو (۵ نفر)

پرسش نامه ای با ۳۳ سوال درباره ۲۵ عامل تاثیرگذار استخراجی تنظیم و بین خبرگان توزیع و جمع آوری شد و با استفاده از تکنیک ویکور فازی بازیگران رتبه بندی شدند.

روایی محتوای پرسش نامه با استفاده از نظر خبرگان تایید شد و برای پایایی از آلفای کرونباخ استفاده گردید، مقدار آن ۰/۷۸۹ است که حاکی از پایایی پرسش نامه است.

روش ویکور فازی، یکی از روش‌های حل مسأله چندمعیاره می‌باشد. مسائلی با معیارهای نامتناسب و ناسازگار به‌طوری که تصمیم‌گیرنده نیاز دارد به راه‌حلی که نزدیک به راه حل ایده‌ال باشد و تمام گزینه‌ها مطابق با معیارها مورد ارزیابی قرار می گیرند. این روش روی دسته بندی و انتخاب از یک مجموعه گزینه ها تمرکز دارد و جواب های سازشی را برای حل یک مسئله با معیارهای متضاد تعیین می کند، به طوریکه قادر است تصمیم گیرندگان را برای دستیابی به یک تصمیم نهایی یاری دهد. در اینجا جواب سازشی، نزدیکترین جواب موجه به جواب ایده آل است و کلمه ی سازش به یک توافق متقابل اطلاق میشود. این جواب سازشی یک شاخص رتبه بندی چندمعیاره بر اساس نزدیکی به جواب ایده آل را مطرح می سازد(صناعی و همکاران،۲۰۱۰).

روش تحقیق پژوهش را می توان در شکل شماره ۱ مشاهده نمود.



شکل ۱- روش تحقیق پژوهش

در شرایطی که فرد تصمیم‌گیرنده قادر به شناسایی و بیان برتری‌های یک مسئله در زمان شروع و طراحی آن نیست. این روش می‌تواند به عنوان ابزار موثری برای تصمیم گیری مطرح شود.

در این روش گزینه با بالاترین رتبه، نزدیک‌ترین گزینه به ایده‌ال است ولی در روش تاپسیس گزینه با بالاترین رتبه، همواره نزدیک‌ترین به حالت ایده‌آل نیست. همچنین روش پرامیتی بر پایه ماکسیمم مطلوبیت گروه است اما روش ویکور رضایت نسبی اکثریت معیارها از نزدیکی به ایده‌آل را تامین می نماید.

۴-تجزیه و تحلیل یافته ها

۴-۱) شناسایی عوامل تاثیرگذار تحقیق و توسعه باز دراکتساب فناوری نوظهور حوزه نانو با تکنیک دلفی فازی

حال جهت تحقق سوال اول پژوهش، مروری نظامند از ادبیات پیشینه پژوهش در حوزه تحقیق و توسعه باز و فناوری نوظهور نانو انجام گرفت که از روش فراترکیب هفت مرحله‌ای سندلوسکی و باروسو (مطابق مراحل مذکور در بخش روش شناسی) استفاده گردید. نتایج منجر به شناسایی عوامل تاثیرگذار در تحقیق و توسعه باز در فناوری نوظهور نانو درپنج بعد و ۳۱مولفه گردید.

ابعاد استخراجی برگرفته از نظریه های فرآیند همکاری در تحقیق و توسعه که در مرور پیشنیه به آن اشاره شده، اقتباس شده است (ساموال انکاراش و اومرال تابا، ۲۰۱۵؛ سالرنور آلبالا،۲۰۲۱؛پل لورنس رابرتسون و آنتونی آروندل،۲۰۱۳؛ جون مون آهن و همکاران،۲۰۱۴).

بر اساس مشترکات نظریه های مطرح شده، عوامل تاثیرگذار در تحقیق و توسعه باز در فناوری نوظهور نانو درپنج بعد شامل تحلیل راهبردی، انتخاب همکار، شکل گیری همکاری، پیاده

سازی، ارزیابی و خروجی طبقه بندی گردید(مطابق جدول ۲). جهت غربال سازی ۳۱ عامل تاثیرگذار در تحقیق و توسعه باز در فناوری نوظهور نانو با رویکرد زیست بوم از روش دلفی فازی استفاده گردید.

جدول ۲ - ابعاد استخراجی تحقیق و توسعه باز در فناوری نوظهور نانو

	ابعاد	تعریف ابعاد	منابع
۱	تحلیل راهبردی	اهداف و سیاست ها، قواعد و مقررات مرتبط همکاری، باتوجه به توانمندی واحدهای تحقیق و توسعه و ویژگی فناوری نوظهور بررسی نموده، درباره زمان و هزینه در سطح راهبردی تصمیم گیری می شود.	جون مون آهن و همکاران (۲۰۱۴)، حکاکی و همکاران (۱۴۰۲)، سالرنو و آلبالا (۲۰۲۱) و عباسی و همکاران (۱۴۰۱)
۲	انتخاب همکار	با مشخص شدن قصد همکاری می بایست جستجو و شناسایی شرکای محتمل بر اساس شاخص های منتخب، ارزیابی شده و شرکاء انتخاب و مذاکره صورت می گیرد.	ساموال انکاراش و اومرال تابا (۲۰۱۵)، سالرنو و آلبالا(۲۰۲۱) ، استیفن هوف (۲۰۰۹)، کوپیر و پیر(۲۰۱۴)
۳	شکل گیری همکاری	همکاری مبتنی بر دانش با هریک از بازیگران، در قالب شبکه انجام شده و انتخاب روش مناسب همکاری جهت انعقاد قرارداد، مدیریت ارتباطات در شبکه، ارزیابی توانمندی بازیگران قابل انجام می گردد.	سلطان زاده و منطقی (۱۳۹۴)، سالرنو و آلبالا (۲۰۲۱)، رابرتسون و آروندل (۲۰۱۳)، جون مون آهن(۲۰۱۴)
۴	پیاده سازی	همکاری در شبکه نیازمندسیستم های موثر برای جمع آوری، ذخیره سازی و به اشتراک گذاری دانش میان بازیگران بوده که دراین مرحله نمونه آزمایشی پیاده سازی و تست های مربوطه انجام می شود.	عباسی و همکاران (۱۴۰۱)، رابرتسون و آروندل (۲۰۱۳)، سلطان زاده و منطقی (۱۳۹۴)، کوپیر و پیر(۲۰۱۴)
۵	ارزیابی و خروجی	موفقیت مشارکت در راستای اهداف شبکه ارزیابی شده و خروجی های ملموس فعالیتهای مشترک به نمایش گذاشته می شود و از نتایج و دستاوردهای شبکه بهره برداری می گردد.	حکاکی و همکاران (۱۴۰۲)، ساموال انکاراش و اومرال تابا (۲۰۱۵)،بوتیلر و همکاران(۲۰۱۲)، کوپیر و پیر(۲۰۱۴)

در الگوریتم اجرای روش دلفی فازی برای غربالگری، نخست طیف فازی مناسبی برای فازی سازی عبارات کلامی پاسخ دهندگان در قالب متغیرهای زبانی پژوهش تعریف شد. خبرگان نظریات خود را در قالب حداقل، ممکن ترین و بیشترین مقدار(اعداد فازی مثلثی) ارائه دادند. متغیرهای کیفی به صورت اعداد فازی مثلثی تعریف و تابع عضویت متغیرهای زبانی (چانگ[44] و همکاران،۲۰۰۰) ایجاد شد(مطابق جدول شماره۳).

جدول ۳- متغیرهای اعداد فازی مثلثی (چانگ و همکاران، ۲۰۰۰)

متغیرهای کلامی	عددفازی مثلثی	فازی قطعی شده
خیلی زیاد	(۰و۰/۲۵و ۱)	۰/۹۳۷۵
زیاد	(۰/۱۵و ۰/۱۵و۰/۷۵)	۰/۷۵
متوسط	(۰/۲۵و۰/۲۵و۰/۵)	۰/۵
کم	(۰/۱۵و۰/۱۵و۰/۲۵)	۰/۲۵
خیلی کم	(۰/۲۵و۰و۰)	۰/۶۲۵

مراحل اجرایی روش دلفی فازی در واقع ترکیبی از اجرای روش دلفی و انجام تحلیل ها بر روی اطلاعات با استفاده از تعاریف نظریه مجموعه های فازی است. ابتدا خبرگان انتخاب و در خصوص موضوع و تشریح مسئله توجیه شدند(میرسپاسی و همکاران، ۲۰۱۰). پرسشنامه ای بر اساس سی و یک عامل تاثیرگذار استخراجی، به اعضای گروه خبره ارسال شد. سپس پرسشنامه های ارسالی جمع آوری، میزان موافقت آنها با هرکدام از مولفه‌ها اخذ گردید و همچنین نقطه نظرات پیشنهادی و اصلاحی نیز جمع‌بندی شد. با توجه به سؤالات و متغیرهای زبانی تعریف شده در پرسشنامه، میانگین فازی هرکدام از مؤلفه‌ها با توجه به روابط (۱) و (۲) محاسبه شد(چنگ و لین[45]، ۲۰۰۲). نتایج مراحل محاسبات دلفی فازی در جدول شماره ۴ آمده است.

$$A^i = (a_1^{(i)}, a_2^{(i)}, a_3^{(i)}) \quad i = 1,2,3,\ldots,n$$

$$A_{ave} = (m_1, m_2, m_3)$$

رابطه(۱):
$$= \left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} a_1^{(i)}, \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} a_2^{(i)}, \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} a_3^{(i)}\right)$$

a_1, a_2, a_3 نشانگر عدد فازی مثلثی و A^i بیانگر دیدگاه خبره iام بوده، A_{ave} بیانگر میانگین دیدگاه های خبرگان است که با استفاده از رابطه (شماره ۱) محاسبه می گردد (تبدیل اعدادفازی به قطعی استفاده از فرمول مینکووسکی[46]).

رابطه (۲) : فرمول مینکووسکی(β حد بالا، α حد پایین، M حد وسط).

$$X = M + \frac{\beta - \alpha}{4}$$

میانگین فازی دور اول از رابطه شماره ۱ محاسبه (ستون سوم جدول شماره ۴) و با استفاده از رابطه (شماره ۲) به اعداد قطعی(ستون چهارم جدول شماره ۴) تبدیل شده اند که نشانگر این است که بیشترین موافقت خبرگان با عوامل "فرهنگ باز"، "مشارکت کاربر" (دارای میانگین فازی بالای۰/۸) بوده، که هردو عامل در دور اول تایید شدند و کمترین موافقت با عامل "بستر فنی مناسب" (دارای میانگین فازی کمتر از ۰/۲) بود که منجر به حذف عامل گردید.

[44] Chang

[45] Cheng & Lin

[46] Minkowski

۲۸ عامل باقیمانده با میانگین فازی بین ۰/۲ تا ۰/۸ به دور دوم ورود نمودند (اعدادقطعی ۰/۲ و ۰/۸ توسط چنگ و لین تعیین شده اند). در این مرحله مجدداً پرسشنامه ای جهت عوامل تاثیرگذار باقیمانده تنظیم و برای خبرگان ارسال شد لازم به ذکر است که ابتدا نقطه نظر قبلی هر فرد و میزان اختلاف با میانگین دیدگاه سایرین، طبق رابطه (شماره ۳) محاسبه شده (چنگ و لین، ۲۰۰۲) و به همراه پرسشنامه برای خبرگان ارسال گردید. در حقیقت بر اساس این رابطه هر یک از خبرگان می توانند نظر خود را با میانگین نظرات سنجیده و در صورت تمایل نظرات قبلی خود را تعدیل نمایند. رابطه (۳):

$$e = \left(a_{m1} - a_1^{(i)}, a_{m2} - a_2^{(i)}, a_{m3} - a_3^{(i)}\right)$$
$$= \left(1/n \sum a_1^{(i)} - a_1^i, 1/n \sum a_2^{(i)} - a_2^i, 1/n \sum a_3^{(i)} - a_3^i\right)$$

پس از اجرای نظرسنجی دور جدید (مطابق جدول شماره ۴) و با توجه به دیدگاه‌های ارائه شده در مرحله اول و مقایسه آنها با نتایج دور جدید، چنانچه اختلاف بین دو مرحله کمتر از حد آستانه ۰/۱ بود، فرآیند نظرسنجی متوقف وعامل تاثیرگذار تایید می شود و در غیر اینصورت عامل مورد نظر وارد دور جدیدی از فرآیند دلفی می گردد(حد آستانه از رابطه شماره ۴ محاسبه شد).رابطه(۴):

$$s(A_{m2}, A_{m1}) = \left|\frac{1}{4}\left[(a_{m21} + a_{m22} + a_{m23}) - (a_{m11} + a_{m12} + a_{m13})\right]\right|$$

پس از جمع آوری و انجام محاسبات مربوط به دور دوم، عوامل تاثیرگذار شامل:" سیاست ها و قوانین، حقوق مالکیت فکری، استراتژی پایش، تجربه همکاری، شهرت و اعتبار، شدت تحقیق و توسعه، ساختار (توافق نامه)، ظرفیت جذب، انعطاف پذیری، ذخیره و بازیابی دانش، انتقال دانش، ایجاد ارزش پایدار، ایجاد پتنت، انگیزه" مورد تایید قرارگرفتند(به دلیل برقراری رابطه شماره ۴) و عوامل "هوشمندی فناوری" و "رضایت از همکاری" که دارای میانگین فازی کمتر از (۰/۲) و اختلاف بین دو مرحله از حد آستانه کمتر بوده، حذف گردید.

چنانچه اختلاف از حد آستانه کمتر باشد، فرآیند دلفی فازی خاتمه و در غیر اینصورت فرآیند ادامه می یابد. عوامل تاثیرگذار باقیمانده درطی پرسش نامه ای برای دور سوم، مجددا به خبرگان ارسال شد (نتایج در جدول شماره ۴). در دور سوم عوامل " چشم انداز و اهداف، نزدیکی جغرافیایی، زیرساخت و مالی، آموزش و یادگیری، اعتماد متقابل، ایجاد و اکتشاف دانش، انتشار دانش، ایجاد نمونه و تست، مستندسازی نتایج" مطابق روال قبل مورد تایید قرار گرفته و عوامل "مدل کسب و کار، تعهد اعضاء و گشودگی یا باز بودن" که دارای میانگین فازی کمتر از (۰/۲) و اختلاف بین دو مرحله از حد آستانه کمتر بوده، حذف و فرآیند خاتمه یافت. بعد از اجرای فرآیند دلفی، ۲۵ عامل تاثیرگذار تحقیق و توسعه باز در فناوری نوظهور (حوزه نانو) انتخاب و نهایی شدند(مطابق جدول شماره ۴).

جدول ۴ - عوامل شناسایی شده تحقیق و توسعه باز در فناوری نوظهور (حوزه نانو) با رویکرد دلفی فازی

ابعاد	شاخص ها	میانگین فازی دور اول	دور اول	میانگین فازی دور دوم	دور دوم	اختلاف وراول و دوم	میانگین فازی دور سوم	دور سوم	اختلاف دوردوم و سوم
تحلیل راهبردی	سیاست ها و قوانین	(۰,۸۱،۰,۲۲،۰,۱)	۰,۷۸	(۰,۸۳،۰,۱۹،۰,۹)	۰,۸	۰,۰۲	تایید		
	چشم انداز و اهداف	(۰,۷۰،۰,۱۹،۰,۱۳)	۰,۶۸	(۰,۶۰،۰,۱۷،۰,۱۳)	۰,۵۹	۰,۱۱	(۰,۶۲،۰,۱۹،۰,۱۷)	۰,۶۱	۰,۰۲
	مدل کسب وکار باز	(۰,۴۱،۰,۱۳،۰,۱۸)	۰,۴۲	(۰,۲۲،۰,۱۳،۰,۱۹)	۰,۲۳	۰,۱۹	(۰,۱۴،۰,۰۸،۰,۲)	۰,۱۷	۰,۰۶
	حقوق مالکیت فکری	(۰,۷۷،۰,۲،۰,۱۲)	۰,۷۵	(۰,۸۵،۰,۲۲،۰,۰۵)	۰,۸۱	۰,۰۶	تایید		
	زیرساخت و مالی	(۰,۶۴،۰,۲،۰,۱۴)	۰,۶۲۵	(۰,۸۱،۰,۲۲،۰,۱)	۰,۷۸	۰,۱۵۵	(۰,۸۳،۰,۱۹،۰,۹)	۰,۸	۰,۰۲
	هوشمندی فناوری	(۰,۱۸،۰,۰۷،۰,۲۲)	۰,۲۱	(۰,۱۴،۰,۰۸،۰,۲)	۰,۱۷	۰,۰۵	عدم تایید		
	استراتژی پایش	(۰,۴۸،۰,۱۸،۰,۲)	۰,۴۸	(۰,۵۶،۰,۱۶،۰,۱۶)	۰,۵۶	۰,۰۸	تایید		
	بستر فنی مناسب	(۰,۱۴،۰,۰۸،۰,۲)	۰,۱۷	عدم تایید					
انتخاب همکار	تجربه همکاری	(۰,۷۰،۰,۲۱،۰,۱۵)	۰,۶۸	(۰,۷۵،۰,۲،۰,۱۳)	۰,۷۳	۰,۰۵	تایید		
	نزدیکی جغرافیایی	(۰,۶۲،۰,۱۹،۰,۱۷)	۰,۶۱۵	(۰,۷۷،۰,۲۲،۰,۱)	۰,۷۴	۰,۱۳	(۰,۸۱،۰,۲۲،۰,۱)	۰,۷۸	۰,۰۴
	شهرت و اعتبار	(۰,۶۴،۰,۲،۰,۱۴)	۰,۶۲۵	(۰,۷،۰,۲،۰,۱۳)	۰,۶۸۴	۰,۰۶	تایید		
	تعهد اعضاء	(۰,۴۸،۰,۱۸،۰,۲)	۰,۴۸	(۰,۱۸،۰,۰۷،۰,۲۲)	۰,۲۱	۰,۲۷	(۰,۱۴،۰,۰۸،۰,۲)	۰,۱۷	۰,۰۴
	شدت تحقیق توسعه	(۰,۶،۰,۱۷،۰,۱۳)	۰,۵۹	(۰,۶۸،۰,۱۹،۰,۱۲)	۰,۶۶	۰,۰۷	تایید		
شکل گیری آینده	ساختار (توافق نامه)	(۰,۵۶،۰,۱۶،۰,۱۶)	۰,۵۶	(۰,۶۲،۰,۱۹،۰,۱۷)	۰,۶۱	۰,۰۵	تایید		
	ظرفیت جذب	(۰,۶،۰,۱۸،۰,۱۶)	۰,۵۹۵	(۰,۶،۰,۱۷،۰,۱۳)	۰,۵۹	۰,۰۰۵	تایید		
	آموزش و یادگیری	(۰,۶،۰,۱۷،۰,۱۷)	۰,۶۰	(۰,۷۷،۰,۲۲،۰,۱)	۰,۷۴	۰,۱۴	(۰,۷۵،۰,۲،۰,۱۳)	۰,۷۳	۰,۰۱
	اعتماد متقابل	(۰,۵،۰,۳،۰,۱۹)	۰,۴۷	(۰,۶۶،۰,۲۱،۰,۱۳)	۰,۶۴	۰,۱۷	(۰,۶۸،۰,۱۹،۰,۱۲)	۰,۶۶	۰,۰۲

ابعاد	شاخص ها	میانگین فازی دور اول	دور اول	میانگین فازی دور دوم	دور دوم	اختلاف وراول و دوم	میانگین فازی دور سوم	دور سوم	اختلاف دوردوم و سوم
	انعطاف پذیری	(۰,۶۲،۰,۱۸،۰,۱۶)	۰,۶۱۵	(۰,۶،۰,۱۷،۰,۱۳)	۰,۵۹	۰,۰۲۵	تایید		
	گشودگی یا باز بودن	(۰,۳۱،۰,۱۲،۰,۲)	۰,۳۳	(۰,۲۲،۰,۱۳،۰,۱۹)	۰,۲۳	۰,۱۱	(۰,۱۴،۰,۰۸،۰,۲)	۰,۱۷	۰,۰۶
پیاده	اکتشاف دانش	(۰,۷۵،۰,۲،۰,۱۳)	۰,۷۳	(۰,۵۶،۰,۱۶،۰,۱۶)	۰,۵۶	۰,۱۷	(۰,۶،۰,۱۷،۰,۱۳)	۰,۵۹	۰,۰۳
	ذخیره دانش	(۰,۷،۰,۲،۰,۱۳)	۰,۶۸۴	(۰,۷۷،۰,۲،۰,۱۲)	۰,۷۵	۰,۰۷	تایید		
	ایجاد نمونه و تست	(۰,۶۲،۰,۱۷،۰,۱۵)	۰,۶۱	(۰,۸۳،۰,۱۹،۰,۹)	۰,۸	۰,۱۹	(۰,۸۱،۰,۲۲،۰,۱)	۰,۷۸	۰,۰۲
ارزیابی و خروجی	انتقال دانش	(۰,۷۷،۰,۲۲،۰,۱)	۰,۷۴	(۰,۷۷،۰,۲،۰,۱۲)	۰,۷۵	۰,۰۱	تایید		
	انتشار دانش	(۰,۴۱،۰,۱۳،۰,۱۸)	۰,۴۲	(۰,۷،۰,۲۱،۰,۱۵)	۰,۶۸	۰,۲۶	(۰,۶۸،۰,۱۹،۰,۱۲)	۰,۶۶	۰,۰۲
	ایجاد ارزش پایدار	(۰,۵۸،۰,۱۸،۰,۱۸)	۰,۵۸	(۰,۶،۰,۱۷،۰,۱۳)	۰,۵۹	۰,۰۱	تایید		
	مستند سازی نتایج	(۰,۶۶،۰,۲۱،۰,۱۳)	۰,۶۴	(۰,۷۷،۰,۲۲،۰,۱)	۰,۷۴	۰,۱	(۰,۸۱،۰,۲۲،۰,۱)	۰,۷۸	۰,۰۴
	ایجاد پتنت	(۰,۵۶،۰,۱۶،۰,۱۶)	۰,۵۶	(۰,۶،۰,۱۸،۰,۱۶)	۰,۵۹۵	۰,۰۳۵	تایید		
	رضایت از همکاری	(۰,۲۲،۰,۱۳،۰,۱۹)	۰,۲۳	(۰,۱۴،۰,۰۸،۰,۲)	۰,۱۷	۰,۰۶	عدم تایید		
مشترک	انگیزه	(۰,۶۸،۰,۱۹،۰,۱۲)	۰,۶۶	(۰,۶۲،۰,۱۸،۰,۱۶)	۰,۶۱۵	۰,۰۴۵	تایید		
	فرهنگ باز	(۰,۸۳،۰,۱۹،۰,۹)	۰,۸	تایید					
	مشارکت کاربر	(۰,۸۵،۰,۲۲،۰,۰۵)	۰,۸۱	تایید					

جهت تحقق سوال دوم پژوهش، وزن دهی عوامل موثر تحقیق و توسعه باز در فناوری های نوظهور حوزه نانوی ایران بود از روش آنتروپی شانون برای وزن دهی به عامل ها استفاده شد. طی پرسش نامه ای از خبرگان، نسبت به اهمیت مولفه های پژوهش نظرسنجی انجام شد و ماتریس تصمیم گیری ایجاد و طبق رابطه (۵) هر درایه ماتریس نرمال گردید. سپس آنتروپی هرشاخص مطابق رابطه (۷) و مقادیر درجه انحراف با توجه به آنتروپی محاسبه شده و در نهایت اوزان مولفه ها بدست آمد. در آخر هم چون جمع جبری وزن ها برابر یک شد پس صحت عملیات تایید گردید(حاج ملک و توکلی، ۲۰۱۶).

۲-۴) وزن دهی عوامل موثر تحقیق و توسعه باز در فناوری نوظهور حوزه نانو(آنتروپی شانون)

یکی از معروفترین روش های محاسبه اوزان شاخص ها، روش آنتروپی شانون است که در سال ۱۹۷۴ توسط شانون و ویور ارائه شد.

در این پژوهش برای وزن دهی به شاخص ها از روش آنتروپی شانون طی گام های زیر استفاده شد(حاج ملک و توکلی، ۲۰۱۶).

درگام اول، ابتدا ماتریس تصمیم گیری (ستون ها همان معیار یا شاخص ها و سطرها همان گزینه ها یا پاسخ دهنده ها) را تشکیل داده و با استفاده از عبارات کلامی، هر گزینه نسبت به هر معیار ارزیابی گردید. در **گام دوم** ماتریس تصمیم گیری، طبق رابطه (شماره ۵) نرمال شده و هر درایه نرمال شده را P_{ij} نام گذاری گردید.

$$P_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} a_{ij}} \quad ; \forall_{i,j} \qquad \text{رابطه (۵)}$$

گام سوم، مقدار پارامتر K جهت کاربرد در مقدار آنتروپی E_j (مطابق رابطه شماره ۶) محاسبه شد (m تعداد خبرگان است).

$$k = \frac{1}{\ln(m)} \qquad \text{رابطه(۶)}$$

گام چهارم، آنتروپی هر شاخص E_j با استفاده از فرمول (رابطه شماره ۷) محاسبه گردید(ستون دهم در جدول شماره ۵).

رابطه (۷)

$$E_j = -k \sum_{i=1}^{m} P_{ij} \times \ln P_{ij} \quad (i = 1,2, \dots, m)$$

گام پنجم، مقدار درجه انحراف (d_j) بوسیله رابطه ($d_j = 1 - E_j$) محاسبه شد(ستون یازدهم جدول شماره ۵). درجه انحراف بیان کننده آن است که شاخص مربوطه، چه میزان اطلاعات مفید برای تصمیم گیری در اختیار تصمیم گیرنده قرارداده است و هرچه مقادیرشاخص های اندازه گیری شده به هم نزدیکتر باشند نشان دهنده آن است که گزینه های (داده های) رقیب ازنظر آن شاخص، تفاوت چندانی با یکدیگر ندارند. لذا نقش آن عامل در تصمیم گیری باید به همان اندازه کاهش یابد (حاج ملک و توکلی، ۲۰۱۶). **در گام ششم** اوزان شاخص ها، به کمک رابطه ($W_i = d_i / \sum d$)محاسبه شد(ستون دوازدهم در جدول شماره ۵). لازم بذکر است که W_i بیانگر وزن آنتروپی شانون و W_aبیانگر میانگین وزنی هر عامل می باشد. **گام هفتم،** بعد از آنکه وزن هر شاخص بدست آمد می توان آنها را وزن دهی یا اولویت بندی وزنی نمود(ستون آخر جدول شماره ۵).

جدول ۵ – وزن دهی عوامل موثر تحقیق و توسعه باز در فناوری های نوظهور حوزه نانوی ایران (آنتروپی شانون)

ابعاد	نام اختصاری	شاخص ها	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد	فراوانی	مقدار آنتروپی E_j	درجه انحراف d_j	وزن آنتروپی شانون W_i	اولویت وزنی
تحلیل راهبردی	I_1	سیاست ها و قوانین	۰	۰	۳	۳	۶	۵۱	۰,۹۲۳۲	۰,۰۷۶۷	۰,۰۴۴	۵
	I_2	چشم انداز و اهداف	۱	۰	۳	۴	۴	۴۶	۰,۹۲۵۵	۰,۰۷۴۵	۰,۰۴۲	۷
	I_3	حقوق مالکیت فکری	۰	۰	۳	۵	۴	۴۹	۰,۹۷۴۹	۰,۰۲۵۱	۰,۰۱۴	۱۹
	I_4	زیرساخت و تامین مالی	۱	۱	۴	۲	۴	۴۳	۰,۹۱۴۷	۰,۰۸۵۳	۰,۰۴۸	۴
	I_5	استراتژی پایش	۱	۲	۶	۳	۰	۳۵	۰,۶۶۵۰	۰,۳۳۵۰	۰,۱۸۹	۱
انتخاب همکار	I_6	تجربه همکاری	۰	۰	۵	۴	۳	۴۶	۰,۹۳۷۲	۰,۰۶۲۸	۰,۰۳۵	۱۲
	I_7	نزدیکی جغرافیایی	۱	۱	۴	۳	۳	۴۲	۰,۹۳۲۰	۰,۰۶۸۰	۰,۰۳۹	۹
	I_8	شهرت و اعتبار	۱	۱	۴	۲	۴	۴۳	۰,۹۱۴۷	۰,۰۸۵۳	۰,۰۴۸	۴
	I_9	شدت تحقیق و توسعه	۱	۲	۲	۵	۲	۴۱	۰,۹۶۱۴	۰,۰۳۸۶	۰,۰۲۲	۱۵
شکل گیری همکاری	I_{10}	ساختار (توافق نامه)	۲	۱	۳	۴	۲	۳۹	۰,۹۳۶۰	۰,۰۶۴	۰,۰۳۶	۱۱
	I_{11}	ظرفیت جذب	۲	۰	۴	۳	۳	۴۱	۰,۸۲۰۰	۰,۱۸۰۰	۰,۱۰۲	۲
	I_{12}	آموزش و یادگیری	۱	۱	۳	۶	۱	۳۶	۰,۹۲۴۱	۰,۰۷۵۹	۰,۰۴۳	۶
	I_{13}	اعتماد متقابل	۲	۱	۵	۳	۱	۴۱	۰,۹۲۸۰	۰,۰۷۲۰	۰,۰۴۱	۸
	I_{14}	انعطاف پذیری	۱	۱	۳	۵	۲	۴۲	۰,۹۶۲۹	۰,۰۳۷۱	۰,۰۲۱	۱۶
پیاده سازی	I_{15}	ایجاد و اکتشاف دانش	۰	۰	۳	۶	۳	۴۸	۰,۹۶۳۸	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱	۱۶
	I_{16}	ذخیره و بازیابی دانش	۰	۱	۳	۵	۳	۴۶	۰,۹۳۴۵	۰,۰۶۵۵	۰,۰۳۷	۱۰
	I_{17}	ایجاد نمونه و تست	۲	۰	۳	۴	۳	۴۲	۰,۸۹۲۸	۰,۱۰۷۲	۰,۰۶۰	۳
ارزیابی و خروجی	I_{18}	انتقال و کاربرد دانش	۰	۱	۳	۲	۶	۴۹	۰,۹۶۸۳	۰,۰۳۱۷	۰,۰۱۸	۱۸
	I_{19}	انتشار دانش	۳	۱	۲	۵	۱	۳۶	۰,۹۵۷۹	۰,۰۴۲۱	۰,۰۲۳	۱۴
	I_{20}	ایجاد ارزش پایدار	۰	۲	۴	۶	۰	۴۰	۰,۹۸۳۳	۰,۰۱۶۷	۰,۰۰۹	۲۱
	I_{21}	مستند سازی نتایج	۰	۲	۴	۲	۴	۴۴	۰,۹۶۶۰	۰,۰۳۴۰	۰,۰۱۹	۱۷
	I_{22}	ایجاد پتنت	۲	۱	۳	۴	۲	۳۹	۰,۹۴۷۶	۰,۰۵۲۴	۰,۰۲۹	۱۳
مشترک	I_{23}	انگیزه	۰	۲	۲	۵	۳	۴۵	۰,۹۳۳۵	۰,۰۶۶۵	۰,۰۳۷	۱۰
	I_{24}	فرهنگ باز	۰	۰	۱	۶	۵	۵۲	۰,۹۸۵۳	۰,۰۱۴۷	۰,۰۰۸	۲۲
	I_{25}	مشارکت کاربر	۰	۱	۱	۲	۸	۵۳	۰,۹۸۰۰	۰,۰۲۰	۰,۰۱۱	۲۰
										∑d=1/7639	∑wi=1	

۳-۴) رتبه بندی بازیگران نسبت به عوامل موثر تحقیق و توسعه باز در اکتساب فناوری نوظهور حوزه نانو بارویکرد زیست بوم (روش ویکور فازی)

با استفاده از دانش خارجی و به اشتراک‌گذاری تخصص داخلی بین بازیگران متنوع، تحقیق و توسعه باز محیطی مناسب برای خلق و توسعه فناوری نوظهور ایجاد می‌کند(چسبرو و بوگرز، ۲۰۱۴). برای طراحی فرآیند تحقیق و توسعه باز در فناوری نوظهور نانو با رویکرد زیست بوم نیاز به شناسایی بازیگران و تعیین نقش و اهمیت آنها در زیست بوم داریم بازیگران، مهم ترین عنصر یک زیست بوم می باشند (رابلو و برنز، ۲۰۱۵).

بازیگران، ذی نفعانی هستند که در زیست بوم تحقیق و توسعه باز جهت اکتساب فناوری نوظهور نانو مشارکت می کنند شامل دانشگاه ها، موسسات تحقیقاتی، نهادهای واسطه ای، شرکت های بزرگ و کوچک و متوسط و تامین کنندگان بوده و حتی می توانند عموم مردم باشند. برای شناسایی بازیگران زیست بوم، مرورسیستماتیک مطالعات داخلی و خارجی و فراترکیب استفاده شد و بازیگران زیست بوم تحقیق و توسعه باز در حوزه نانوفناوری ایران (مطابق جدول شماره ۶) شناسایی شدند.

جدول۶- شناسایی بازیگران تحقیق و توسعه باز در حوزه فناوری نوظهور نانو (با تاکید بر پژوهش خواجه نایینی و همکاران،۱۳۹۴)

علامت اختصاری	بازیگران	نقش	خروجی	توضیحات
C_1	دانشگاه ها	ارائه دانش پایه و تحقیقات بنیادی غیر جهت دار	تولید دانش و مقالات علمی	زیربنای فناوری نوظهور و مهم ترین منبع دانش در مراحل اولیه مثال: دانشگاه های حوزه نانو، آزمایشگاه نانو فناوری داخل دانشگاه، شتاب دهنده ها و پژوهشکده های وابسته به دانشگاه در حوزه نانو
C_2	موسسات تحقیقاتی	ارائه دانش بنیادی جهت دار و کاربردی	تولید دانش و مقالات علمی	منبع دانش بعد از مفهوم سازی فناوری نوظهور مثال: پژوهشکده های اختصاصی نانو، آزمایشگاه های نانو فناوری، موسسات تحقیقاتی یا مراکز پژوهشی خصوصی یا دولتی (مانند کفا)
C_3	شرکت های کوچک (علم محور)	ارائه دانش توسعه فناوری	پتنت، مقالات علمی، نمونه اولیه	تبدیل دانش کاربردی به محصولات یا خدمات فناورانه مثال:شرکت های دانش بنیان، شرکت های مستقر در مراکز رشد ، استارت آپ ها، شرکت های کوچک تولید محصولات یا تجهیزات نانو، شرکت های زایشی
C_4	شرکت های بزرگ (بازارمحور)	ارائه نمایش فناوری	پتنت، نمونه اولیه	سرمایه گذاری در تحقیق و توسعه، مقیاس دهی و تولید انبوه،مرحله اولیه ورود به بازار. مثال: شرکت های بزرگ تولید محصولات و تجهیزات نانو، شرکت های صنعتی یا خدمات توسعه بازار
C_5	نهادهای واسطه گر	سیاست گذاری، ارائه تسهیلات مالی	پرکردن شکاف بین دانشگاه و صنعت	نقش قدرتمند دولت در حوزه نانو تحت عنوان ستاد توسعه نانو نام دارد که اصلی ترین ستاد در معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری محسوب می شود ونقش حمایت از حضور دیگر بازیگران (شرکت های دانش بنیان، دانشگاه ها و مراکز تحقیقاتی) داراست و سایر نهادهای شامل: سرمایه گذار خطرپذیر، شرکت های خدمات پتنت، انجمن غیر دولتی

پس از شناسایی بازیگران، نوبت رتبه بندی بازیگران در زیست بوم تحقیق و توسعه باز فناوری نوظهور نانو می رسد که با روش ویکور فازی به آن پاسخ داده شد.

ابتدا خبرگان انتخاب و پرسشنامه دوم به اعضای گروه خبره ارسال شد. سپس ۲۲ پرسشنامه های ارسالی جمع آوری، میزان موافقت آنها با هرکدام از مولفه‌ها در گروه خودش اخذ گردید (بطور مثال : میانگین فازی شش خبره دانشگاهی برای هر مولفه محاسبه گردید). با توجه به سؤالات و متغیرهای زبانی تعریف شده در پرسشنامه، میانگین فازی هرکدام از مؤلفه‌ها در هرگروه بازیگران، با توجه به روابط (۱) و (۲) محاسبه شد (چنگ و لین[47]، ۲۰۰۲).

مراحل این روش به منظور انتخاب بهترین گزینه به شرح ذیل می باشد(تزنگ و اوپریکویچ[48]،۲۰۰۷):

تشکیل ماتریس تصمیم: در این مرحله پرسشنامه دوم ، به اعضای گروه های بازیگران ارسال و میزان موافقت آنها با هرکدام از عوامل تاثیرگذار استخراجی اخذ شد. به جهت سهولت در انجام محاسبات از علامت اختصاری (I_{25}) تا (I_1) برای ۲۵ عوامل تاثیرگذار و(C_1) تا (C_5) برای پنج گروه بازیگر زیست بوم تحقیق و توسعه باز در فناوری نوظهور نانو استفاده شد.

متغیرهای کلامی و اعداد فازی متناسب با آن مطابق جدول شماره ۳ مشخص شده و میانگین فازی میزان موافقت هر گروه از پاسخ دهندگان (بازیگران) نسبت به شاخص ها (عوامل تاثیرگذار استخراجی) مطابق روابط ۱و ۲ محاسبه شد(چین و لین[49]،۲۰۰۲).

تعیین ماتریس وزن معیارها:(W_1) تا (W_{25}) وزن عوامل تاثیرگذار رویکرد تحقیق و توسعه باز فناوری نوظهور نانو ،که ازروش آنتروپی شانون در مرحله قبل حاصل شد.

$$\tilde{D} = \begin{array}{c} \\ C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_m \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} I1_1 & I2_1 & \cdots & I_n \end{array} \\ \begin{bmatrix} \tilde{X}'_{11} & \tilde{X}'_{12} & \cdots & \tilde{X}'_{1n} \\ \tilde{X}'_{21} & \tilde{X}'_{22} & \cdots & \tilde{X}'_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{X}'_{m1} & \tilde{X}'_{m2} & \cdots & \tilde{X}'_{mn} \end{bmatrix} \end{array}$$

$$W'_i = \{W'_1, W'_2, W'_3 \ldots, W'_m\}$$

تعیین بهترین و بدترین مقدار: درهر ستون بهترین یا بیشترین مقدار $F_i^{*(max)}$ و کمترین یا بدترین مقدار $F_i^{-(min)}$ از از میان مقادیر موجود برای هر معیار در ماتریس تصمیم تعیین می شود.

بی مقیاس کردن ماتریس تصمیم: در ادامه جهت مقایسه با یکدیگر بایستی اعداد موجود در جدول بی مقیاس شوند. حال ماتریس تصمیم فازی بی مقیاس شده را تشکیل می دهیم (به علت تعدادزیاد عوامل ، مقدار قطعی شده در ماتریس آمده است).

محاسبه مقادیر S و R:

مقادیر S و R با توجه به روابط شماره (۸) و (۹) محاسبه می‌شوند که W_i مقدار وزن مورد نظر برای معیار iام است.

[47] Cheng & Lin
[48] Tzeng & Opricovic
[49] Cheng & Lin

$$\tilde{S}_i = \sum_{i=1}^{k} \frac{\tilde{w}_j (\tilde{f}_j^* - \tilde{x}_{ij})}{(\tilde{f}_j^* - \tilde{f}_j^-)}$$ رابطه ۸

$$\tilde{R}_i = \max_j \left[\frac{\tilde{w}_j (\tilde{f}_j^* - \tilde{x}_{ij})}{(\tilde{f}_j^* - \tilde{f}_j^-)} \right]$$ رابطه ۹

محاسبه مقدار Q: با توجه به رابطه شماره (۱۰) محاسبه می شود.

$$Q_i = v \frac{(S_j - S^*)}{(S^- - S^*)} + (1-v) \frac{(R_j - R^*)}{(R^- - R^*)}$$ رابطه ۱۰

از آنجا که داده های نهایی فازی می باشد، به منظور رتبه بندی آنها می بایست، ابتدا داده های فازی به داده های قطعی مبدل گردد و سپس بر اساس کمترین ارزش Q، آلترناتیوها را رتبه بندی نمود. تبدیل داده های فازی به داده های قطعی از طریق فرمول مینکووسکی صورت می گیرد.

پارامترV با توجه به میزان توافق گروه تصمیم‌گیرنده انتخاب می شود به‌طوری‌که در صورت توافق بالا مقدار آن بیش از ۰/۵، در صورت توافق با اکثریت آراء مقدار آن مساوی ۰/۵ و در صورت توافق پایین مقدار آن کمتر از ۰/۵ خواهد بود.

رتبه بندی گزینه ها بر اساس مقادیر S ، R و Q در جدول شماره ۷ نمایش داده شده است. نتایج نشان می دهد که با به بکارگیری تحقیق و توسعه باز در اکتساب فناوری نوظهور نانو می توان بازیگران زیست بوم را رتبه بندی نمود: دانشگاه (رتبه اول) و شرکت علم محور (رتبه دوم) و نهاد واسطه بویژه ستاد توسعه نانو (رتبه سوم) و موسسات پژوهشی (رتبه چهارم) و شرکت های بزرگ بازار محور (رتبه آخر).

جدول ۷- رتبه بندی بازیگران زیست بوم تحقیق و توسعه باز فناوری نوظهور نانو با روش ویکور فازی

بازیگران	S	رتبه	R	رتبه	Q	رتبه
شرکت های علم محور	۰/۴۷۳۵	۲	۰/۰۹۲۶	۲	۰/۵۰۷	۲
نهاد واسطه	۰/۵۱۵۶	۳	۰/۱۴۸	۳	۰/۷	۳
موسسات پژوهشی	۰/۷۷۱۵	۵	۰/۱۶۱	۴	۰/۹۱۸	۴
دانشگاه ها	۰/۰۷۳۹	۱	۰/۰۱۸۸	۱	۰	۱
شرکت های بزرگ	۰/۷۳۴۲	۴	۰/۱۸۹	۵	۰/۹۸۷	۵
۰/۷۷۱۵	S*= min Sj		۰/۱۸۹	R*= min Rj		
۰/۰۷۳۹	S-= max Sj		۰/۰۱۸	R-= maxRj		

انتخاب بهترین گزینه یا جواب سازشی : انتخاب بهترین گزینه با کمترین Qi تحت شرایطی محقق خواهد شد که دو شرط زیر برقرار شوند که برای تست روش ویکور فازی استفاده می شود:

شرط اول (ویژگی پذیرش)

$Q(A^2) - Q(A^1) >= 1/(m-1)$

۰/۵۰۷ − ۰ = ۰/۵۰۷ > ۱ /(۵-۱)=۰/۲۵

A^1رتبه اول یا بهترین گزینه با کمترین مقدار Q و A^2 گزینه مورد نظر در جایگاه دوم قرار دارد. (m) برابر تعداد گروه بازیگران است می بایست اختلاف Q رتبه اول ودوم آن از ۰/۲۵ بزرگتر باشد که در اینجا شرط اول برقرار است(هوانگ[50] و همکاران،۲۰۰۹). شرط دوم ثبات پذیرش در تصمیم گیری است که گزینه A^1 باید همچنین بهترین رتبه را در S یا R داشته باشد.

تحلیل حساسیت: در روش ویکور به معنای آن است که آیا تغییر پارامترهای روش باعث تغییر رتبه بندی گزینه ها می شود یا خیر؟ یکی از مهم ترین پارامترهای این روش وزن معیارها و ضریب استراتژی سازسی است.

نتایج تحلیل حساسیت مطابق جدول شماره ۸ نشان می‌دهد که تغییر مقدارV تأثیر چندانی بر رتبه‌بندی نهایی ندارد و ترتیب گزینه‌ها تقریباً ثابت باقی می‌ماند .دانشگاه‌ها در تمامی حالات بهترین گزینه هستند و مؤسسات پژوهشی ضعیف‌ترین عملکرد را دارند. این پایداری در رتبه‌بندی نشان می‌دهد که روش ویکور فازی در این مسئله نسبت به تغییر وزن استراتژی حداکثری حساسیت کمی دارد.

انجام همکاری در تحقیق و توسعه مانند دیگر فعالیت های مدیریتی نیازمند طراحی فرآیند مناسبی است. زیست بوم یک سیستم پیچیده دارد که برای درک بهتر عملکرد آن به دو لایه هسته و ذی نفعان یا همان بازیگران تقسیم می شود: هسته مسئول تعریف چشم انداز، ایجاد زیرساخت، توسعه و مدیریت فرآیند است و لایه ذی نفعان شامل بازیگران زیست بوم ازجمله دانشگاه و شرکت علم محور و شرکت های بزرگ(بازار محور) و موسسات پژوهشی، نهادهای واسطه ای می باشد(رابلو و برنز، ۲۰۱۵).

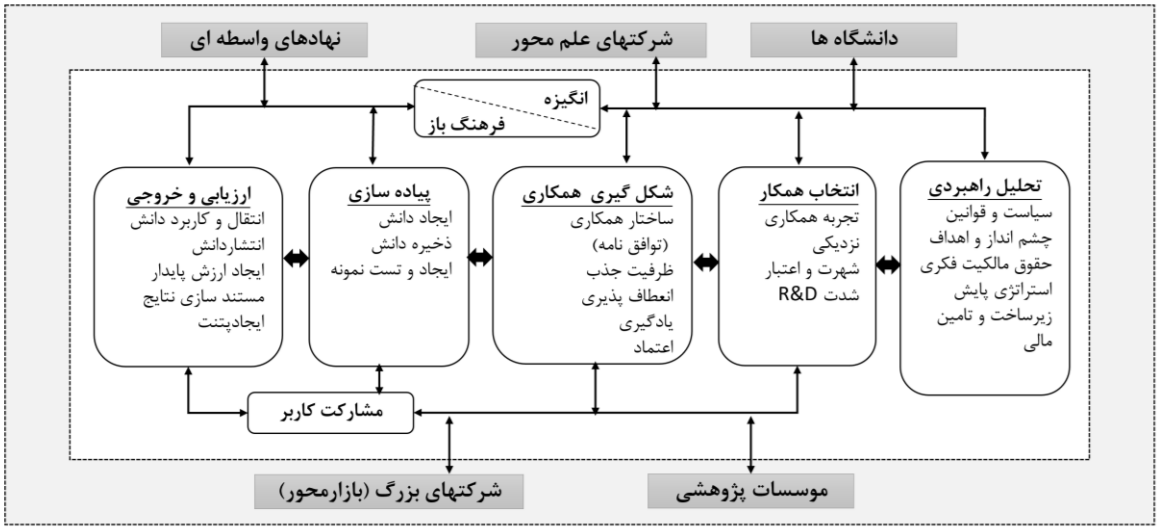
جهت ارتباطات چارچوب مفهومی از مدل فرآیند همکاری دانشگاه و صنعت (سامول انکاراش و اومرال تابا ،۲۰۱۵) و مدل پیکربندی تحقیق و توسعه در نوآوری باز(باربورسا و همکاران، ۲۰۲۱) استفاده شد و همچنین رابرتسون و آروندل درسال ۲۰۱۳ مراحل درگیرشدن در تحقیق و توسعه باز را شامل انطباق، تغییر یا اصلاح و همکاری و داخلی شدن دانسته و از دیدگاه چیه زا در سال ۲۰۰۰ فرآیند همکاری شامل (ایجاد همکاری، اکتشاف،

[50] Huang

آزمایش و ارزیابی) مطرح نمودند به کار گرفته شد. در آخر چارچوب مفهومی زیست بوم تحقیق و توسعه باز در فناوری نوظهور با رویکرد زیست بوم طراحی شد(شکل شماره ۲).

جدول -۸ : نتایج تحلیل حساسیت ویکور فازی (محاسبه Q)

میزان V	دانشگاه‌ها	شرکت علم‌محور	نهادهای واسطه	شرکت‌های بزرگ	مؤسسات پژوهشی
0.1	0.000	0.448	0.747	0.852	0.995
0.2	0.000	0.461	0.734	0.868	0.989
0.3	0.000	0.475	0.721	0.885	0.984
0.4	0.000	0.489	0.709	0.901	0.979
0.5	0.000	0.503	0.696	0.918	0.973
0.6	0.000	0.517	0.684	0.934	0.968
0.7	0.000	0.531	0.671	0.951	0.963
0.8	0.000	0.545	0.658	0.957	0.967
0.9	0.000	0.559	0.646	0.952	0.984



شکل ۲- چارچوب مفهومی تحقیق و توسعه باز در فناوری نوظهور نانوی ایران با رویکرد زیست بوم

۵-بحث و نتیجه گیری

امروزه کشورما در زمینه تحقیقات و رشد علم نانو فناوری دستاوردهای قابل توجه ای داشته ولی متاسفانه سهم بازار جهانی محصولات فناورانه در حوزه نانو درصد بسیار ناچیزی (کمتر از یک درصد) است که نتایج وجود شکافی عمیق مابین تولید علم تا فناوری و محصولات جدید را نشان می دهد. این پژوهش رویکرد تحقیق و توسعه باز را به عنوان ابزاری قدرتمند جهت اکتساب فناوری نوظهور نانو در ایران در جهت رفع این شکاف عمیق پیشنهاد نموده است.

مقالات علمی در حوزه تحقیق و توسعه باز بیشتر در حوزه صنایع شیمیایی و هواو فضا و مخابرات و دارویی انجام شده(آل انصاری، ۲۰۱۳؛ روسی و مهنز،۲۰۱۳؛ استیفن هوف و برور، ۲۰۰۹؛ باهاتنکار و همکاران، ۲۰۲۳) و مطالعات در دسترس معمولا به مفهوم یا بخشی از فرآیند تحقیق و توسعه باز همانند اثرات استراتژی طولی(جون مون آهن،۲۰۱۴)، پایداری (حکاکی و همکاران، ۱۴۰۲)، پذیرش آن (لوکابریچی،۲۰۱۳) پرداخته اند. از طرفی مطالعاتی پراکنده ای حول موضوع همکاری فناورانه در نانو با موضوعات سیاست گذاری (سادات رسول،۱۴۰۱؛ فرتاش،۱۴۰۰)، عوامل موفقیت و چالش ها و پیشران ها(پوکراجاک و همکاران، ۲۰۲۱؛ ؛ خالدی و همکاران، ۱۳۹۹) انجام شده است و که کمتر مطالعه ای به موضوع نوآوری باز و تحقیق و توسعه باز در حوزه نانو پرداخته که نشانگر شکاف تحقیقاتی در این حوزه است. البته دو مطالعه نزدیک به موضوع تشخیص داده شد مطالعات عباسی و همکاران(۱۴۰۰)، به بررسی عناصر ساختار زیست بوم تحقیق و توسعه باز در سطح کلان پرداخته ارائه نموده و همچنین اسدی و همکاران(۱۴۰۱)، فقط چالش های اجرایی تحقیق و توسعه باز در بخش نانو مطالعه نمودند.

از طرفی فناوری نانو جزو حوزه اولویت دار کشور بوده و سه دوره سند گسترش برای آن تنظیم و اجرایی شده است و از طرف دیگر با توجه به خلاء تحقیقاتی موجود، این پژوهش چارچوبی

مفهومی جامعی برای فرآیند اجرای تحقیق و توسعه باز جهت اکتساب فناوری نوظهور در حوزه نانوی ایران با رویکرد زیست بوم ارائه داده و بازیگران آن را شناسایی و رتبه بندی نموده است. حال با توجه به خلاء موجود، تاکنون هدف اصلی پژوهش شناسایی عوامل موثر بر فرآیند اجرای تحقیق و توسعه باز جهت اکتساب فناوری نوظهور در حوزه نانوی ایران با رویکرد زیست بوم و همچنین رتبه بندی بازیگران آن در راستای ارائه یک چارچوب مفهومی است.

بر همین اساس جنبه نوآورانه پژوهش حاضر می توان به ارائه چارچوبی جامع در این زمینه و در نظر گرفتن دو مفهوم تحقیق و توسعه باز و فناوری نوظهور نانو با دیدگاه زیست بوم اشاره نمود. مطالعه همکاری گسترده مابین پنج گروه بازیگر (دانشگاه و موسسات پژوهشی، شرکت های بزرگ و علم محور کوچک و نهاد های واسطه ای) خود نوآوری دیگری است. همچنین در این حوزه شاخص های جدید "استراتژی پایش، تجربه همکاری، مشارکت کاربر و شدت تحقیق و توسعه" شناسایی شد که کمتر پژوهشی در این حوزه به آن پرداخته است.

در پی رسیدن به اهداف پژوهش، ابتدا در گام اول با استفاده ازمرورسیستماتیک ادبیات با موضوعات تحقیق و توسعه باز با رویکرد زیست بوم و فناوری نوظهور نانو بررسی و سپس سی و یک عامل تاثیرگذار در رویکرد تحقیق و توسعه باز جهت اکتساب فناوری نوظهور در حوزه نانوی ایران(مطابق جدول شماره ۴) استخراج شد. با روش دلفی فازی طی سه مرحله نظرسنجی از خبرگان، شش مولفه مدل کسب کار باز، بسترفنی مناسب، هوشمندی فناوری، تعهد اعضاء، میزان گشودگی یابازبودن، رضایت از همکاری حذف شدند. عوامل تاثیرگذار به بیست و پنج شاخص در پنج بعد شامل تحلیل راهبردی، انتخاب همکار و شکل گیری همکاری، پیاده سازی، ارزیابی و خروجی (مطابق جدول شماره ۲) تقلیل یافت که به ترتیب اولویت در ادامه به بحث و تفسیر آنها پرداخته می شود.

اولین بعد تحلیل راهبردی با مولفه های ایجاد سیاست ها و قوانین، چشم انداز و اهداف، زیرساخت و تامین مالی، استراتژی پایش و حقوق مالکیت فکری شناسایی شد. این بعد همسو با پژوهش حکاکی و همکاران (۱۴۰۲) با موضوع پایداری تحقیق و توسعه باز و پژوهش خالدی و همکاران (۱۳۹۹) با موضوع همکاری فناورانه بود. همچنین این بعد نیز در تحقیقات سالرنووالبالا(۲۰۲۱)، با موضوع مدیریت پروژه تحقیق و توسعه باز با عنوان "برنامه ریزی" مشاهده شد.

تحقیق و توسعه باز رویکردی است که از مشارکت فعال ذینفعان خارجی مانند دانشگاه‌ها، موسسات پژوهشی و شرکت‌ها و حتی افراد عادی برای تکمیل تحقیقات و توسعه در جهت حداکثرسازی دانش و کاهش ریسک استفاده می‌کند(چسبرو و همکاران، ۲۰۱۷) و بدون یک استراتژی روشن و منسجم می‌تواند بی‌ثمر باشد. لذا نیازمند یک راهبردی موثر بوده که با تدوین چارچوب حقوقی جامع با در نظر گرفتن قوانین مالکیت فکری باعث ترویج و تسهیل همکاری تحقیق و توسعه در راستای اهداف و چشم انداز فناوری نوظهور نانو شود. این دو مولفه نیز در مطالعات خالدی و همکاران(۱۳۹۹) و پژوهش عباسی و همکاران(۱۴۰۱) در نانوفناوری اشاره شده است. توصیه می شود نقشه راه مشترک برای بازیگران با تعریف اهداف کوتاه‌مدت و بلندمدت تدوین شود.

پروژه های تحقیق و توسعه فناوری های نوظهور، اغلب پرهزینه وپرخطر هستند لذا زیرساخت و تامین مالی نقش حیاتی ایفا نموده و تشویق به اشتراک گذاری منابع می تواند به کاهش هزینه و افزایش کارایی منجر گردد. پیشنهاد می شود که از طیف وسیع زیرساخت‌های مالی موجود که می‌توانند از شبکه همکاری تحقیق و توسعه باز در حوزه نانو پشتیبانی کنند، ازجمله صندوق ها و برنامه های دولتی، سرمایه گذاری خطرپذیر و فرشتگان سرمایه گذار و مشوق های مالیاتی و یارانه استفاده شود. زیرساخت و تامین مالی در مطالعات خالدی و همکاران(۱۳۹۹)، عباسی و همکاران(۱۴۰۱) و حکاکی و همکاران (۱۴۰۲) تاکید شده است.

تجزیه و تحلیل فناوری نوظهور برای تعیین پتانسیل و تناسب آن با اهداف، تحت عنوان استراتژی پایش می نامند. پایش مستمر محیط فناوری نوظهور به منظور شناسایی فرصت ها وروندهای جدید فناوری نانو مفید بوده و باعث ارزیابی و شناسایی خطرات بالقوه مرتبط قبل از سرمایه گذاری می گردد. توسعه سیستم‌های دیده‌بانی فناوری، ایجاد پایگاه‌های داده مشترک برای تقویت این بخش پیشنهاد می شود.

همچنین ماهیت بازبودن تحقیق و توسعه مستلزم اشتراک گذاری آزادانه دانش و اطلاعات میان بازیگران است که تعیین مالکیت و نحوه استفاده از آن فناوری را پیچیده و مشکل می سازد که در ابتدای امر می بایست به حقوق مالکیت فکری توجه ویژه ای شود. حقوق مالکیت فکری توسط عباسی و همکاران(۱۴۰۱) نیز اشاره شده است.

بعد دوم، انتخاب همکار هم راستا با مطالعات استیفن هوف و برور(۲۰۰۹) با موضوع تحقیق و توسعه باز در صنعت مخابرات و تحقیقات سالرنووالبالا(۲۰۲۱) که بصورت خیلی کلی مطرح شده است. در حالی که در این پژوهش برای این بعد، مولفه هایی شامل تجربه همکاری، نزدیکی جغرافیایی، شهرت و اعتبار و شدت تحقیق و توسعه استخراج نمود.

این بعد به عوامل مؤثر در انتخاب شرکای مناسب برای همکاری در شبکه اشاره دارد شرکایی که تجربه همکاری را دارند،

احتمالاً شانس بیشتری برای موفقیت در پروژه‌های جدید تحقیق و توسعه باز خواهند داشت. زیرا آنها قبلاً روابط با شرکای بالقوه ایجاد کرده‌اند و می‌دانند که چگونه می‌توانند از منابع و تخصص خود برای دستیابی به اهداف مشترک استفاده کنند. نزدیکی جغرافیایی شرکا نیز می‌تواند مزایای متعددی مانندداشتراک گذاری منابع و ارتباطات آسان تر، ایجاد همکاری های خودجوش و غیر رسمی داشته باشد. شرکایی با شهرت و اعتبار بالا، اعتماد سایر بازیگران در شبکه تحقیق و توسعه باز را جلب نموده و این امر می تواند به تسهیل اشتراک گذاری منابع و دانش، همکاری موثرتر، کاهش خطر سوء استفاده از مالکیت فکری و ارتقای اعتبار نتایج کمک نماید. شدت تحقیق و توسعه در شکل‌گیری همکاری می تواند بسته به نوع فناوری نوظهور، متفاوت باشد. از طرفی می‌تواند باعث افزایش منابع و قابلیت‌ها، دانش و تخصص عمیق‌تر، پذیرش ریسک شود ولی از طرف دیگر تاثیر منفی داشته و نگران به اشتراک گذاشتن دانش و ایده‌های اختصاصی خود با شرکای خارجی بوده و بر تحقیق و توسعه داخلی خود متمرکز گردد.

جهت تقویت این بعد، برگزاری رویدادهای شبکه‌سازی برای شناسایی شرکای بالقوه، شروع همکاری از طریق ایجاد خوشه های صنعتی، ایجاد سامانه‌های ارزیابی شرکاء بر اساس سابقه موفقیت در پروژه‌های مشابه پیشنهاد می شود.

بعد سوم، شکل گیری همکاری است که به سبک و ساختارهمکاری مابین بازیگران از جمله اتحاد، تحقیق و توسعه مشترک، سرمایه گذاری مشترک، کنسرسیوم تحقیقاتی، منبع باز یا غیره اشاره دارد که تاحدودی با مطالعات آرموس و همکاران(۲۰۱۸) همسو است. مولفه هایی شامل توافق نامه، ظرفیت جذب، انعطاف پذیری، یادگیری، اعتماد متقابل برای این بعد استخراج شد. مولفه توافق نامه، سندی است که حقوق و تعهدات بازیگران در مورد اهداف، انتظارات، نحوه مدیریت حقوق مالکیت فکری مشخص نموده و در مطالعات جین چین و همکاران (۲۰۲۱) اشاره شده است. ظرفیت جذب به توانایی شرکاء برای شناسایی، درک و استفاده از دانش و فناوری نوظهور از منابع خارجی اشاره دارد. شرکائی با ظرفیت جذب بالا به احتمال زیاد در فعالیت‌های تحقیق و توسعه باز مشارکت کرده و از این طریق به مزایای متعددی همانند دسترسی به دانش و فناوری نوظهور، کاهش ریسک و هزینه‌ها، افزایش سرعت نوآوری و کارآفرینی دست می‌یابند. این مولفه توسط خالدی و همکاران(۱۳۹۹) و پل لورنس (۲۰۱۳)نیز اشاره شده است.

ایجاد تعادل بین تشویق به تحقیق و توسعه باز و حفاظت از مالکیت معنوی می‌تواند یک چالش باشد. قوانین مالکیت معنوی که بیش از حد سختگیرانه باشند می‌توانند مانع از اشتراک‌گذاری دانش و فناوری شوند، در حالی که قوانین مالکیت معنوی که بیش از حد ضعیف باشند می‌توانند انگیزه تحقیق و توسعه باز را کاهش دهند ایجاد ساختاری انعطاف پذیر عاملی برای حفظ این تعادل بوده که همسو با مطالعات خالدی و همکاران(۱۳۹۹) است. ایجاد سازوکارهایی برای بازبینی و اصلاح قراردادها در شرایط تغییر پیشنهاد می شود.

یادگیری در یک شبکه تحقیق و توسعه باز منبع ارزشمندی است که به دنبال افزایش نوآوری، سطح مهارت و توانمندی، کاهش ریسک، بهبود عملکرد و ظرفیت سازی برای تحقیق و توسعه می شود که در پژوهش حکاکی و همکاران (۱۴۰۲) مشاهده شد. تشویق به همکاری در پروژه‌های تحقیقاتی بین‌المللی برای یادگیری از تجربیات جهانی توصیه می شود. اعتماد متقابل بین شرکا نقشی حیاتی در موفقیت تحقیق و توسعه باز برای اکتساب فناوری نوظهور نانو ایفا می‌کند. ایجاد اعتماد متقابل باعث افزایش روابط شفاف و همکاری فی مابین شرکاء، تعهد و صداقت و احترام بین بازیگران شده که در نهایت کیفیت نتایج خروجی این همکاری را ارتقا می دهد و در مطالعات جین چین و همکاران (۲۰۲۱) اشاره شده است. توصیه می شود با ایجاد توافق نامه‌های روشن و مدیریت موثر تعارضات می توان سطح اعتماد را بین شرکا افزایش داد.

اجرا یا پیاده سازی فرآیند تحقیق و توسعه باز در اکتساب فناوری نوظهور نانو چهارمین بعد است که با مطالعات استیفن هوف و برور(۲۰۰۹)، سالرنووالبالا(۲۰۲۱) همسو بوده و همچنین با تحقیقات عباسی و همکاران(۱۴۰۱) در حالت کلی به نام عملکرد تاکید شده است. در این مرحله از همکاری تحقیق و توسعه باز، یک شبکه دانشی شکل می یابد که این شبکه نیازمند سیستم های موثر برای جمع آوری، ذخیره سازی و به اشتراک گذاری دانش میان بازیگران یا مفهوم مدیریت دانش است که با پژوهش حکاکی و همکاران (۱۴۰۲) همسو است.

جستجوی دانش در بین بازیگران مختلف شبکه دانشی و بر پایه شناخت ارزش ها و اهداف، اکتشاف دانش انجام می شود که می بایست توانایی ذخیره و اشتراک دانش داخلی و خارجی بازیگران را داشته باشد. دانش مبادله شده باید در شبکه با دسترسی به مواد اولیه و امکانات و تجهیزات لازم، عملی و اجرایی شده و نمونه اولیه یا آزمایشگاهی از فناوری نوظهور نانو شکل یابد. به دلیل پیچیدگی فنی لازم است روی نمونه ها تست های کیفیت انجام شود. ایجاد ایجاد مراکز هم‌آفرینی برای ترکیب دانش و آزمایشگاه‌های مشترک با امکانات پیشرفته برای توسعه نمونه‌های اولیه و تدوین پروتکل‌های استاندارد برای ارزیابی نمونه‌ها در این بعد پیشنهاد می شود.

آخرین بعد ارزیابی خروجی موفقیت و دستاوردهای شبکه تحقیق و توسعه باز در فناوری نوظهور نانو است. بدون ارزیابی

دقیق، خروجی فرآیند تحقیق و توسعه باز در فناوری نانو ممکن است به هدررفت منابع، تصمیم‌گیری‌های اشتباه و عدم تحقق اهداف استراتژیک منجر شود که تا حدودی همسو بامطالعات آرموس و همکاران(۲۰۱۸) و استیفن هوف و برور(۲۰۰۹) است. مولفه های آن شامل انتقال و کاربرد دانش، انتشار دانش، ایجاد ارزش پایدار، مستندسازی نتایج، ایجاد پتنت است.

فناوری‌های نوظهور نانو، اغلب از ترکیب دانش‌های موجود حاصل می‌شود این دانش می بایست در شبکه تحقیق و توسعه باز انتقال یافته و دانش تبدیل به نقدینگی شده و به اصطلاح به کاربرد برسد. انتقال و به‌کارگیری دانش منجر به تدوین استانداردها و دستورالعمل هایی برای محصول خروجی نیز می شود.

انتشار دانش ایجادشده در شبکه تحقیق و توسعه باز در فناوری نوظهور نانو، یک محرک کلیدی برای پیشرفت نوآوری و تسریع توسعه فناوری است. این انتشار، از طریق تقویت همکاری‌ها، تسریع چرخه نوآوری و ایجاد اعتماد، به شبکه‌ها کمک می‌کند تا به اهداف استراتژیک خود دست یابند. ایجاد بانک‌های دانش قابل دسترس برای جامعه علمی و صنعتی و ترویج دانش از طریق سمینار و کارگاه ها، استفاده از ابزارهای دیجیتال برای افزایش گستره انتشار دانش در این زمینه توصیه می شود. خروجی مهم دیگر شبکه تحقیق و توسعه باز، ثبت پتنت‌ها بوده، تأثیرات چشمگیری بر پیشرفت علم و فناوری، توسعه بازار، حفظ رقابت‌پذیری و ایجاد نوآوری و تقویت تعاملات علمی و صنعتی دارد. مطالعات عباسی و همکاران(۱۴۰۱) نیز بر این دومولفه تاکید کرده اند. تسهیل سازی فرآیند ثبت اختراع از طریق کاهش هزینه‌ها و مراحل اداری پیشنهاد می گردد.

ایجاد ارزش پایدار خروجی دیگر این شبکه همکاری است که کسب شایستگی و مزایای اقتصادی، اجتماعی، زیست محیطی با توجه به اهداف استراتژیک شبکه و نوع خروجی مورد نظر مورد ارزیابی قرارمی گیرد ابزارها و روش‌های مختلف ارزیابی، امکان تحلیل دقیق و ارائه بازخوردهای مؤثر برای بهبود عملکرد شبکه را فراهم می‌کنند. این موضوع در تحقیقات حکاکی و همکاران (۱۴۰۲) تحت عنوان توجه به خواستگاه اجتماعی تاکید شده است. پیشنهاد می شود حمایت از حمایت از توسعه فناوری‌های دوستدار محیط‌زیست و پایدار در زیست‌بوم انجام شود. مستندسازی نتایج، فرآیندی کلیدی برای تضمین حفظ دانش، اشتراک‌گذاری کارآمد، و تسهیل همکاری‌های آینده شبکه تحقیق و توسعه باز است. این مستندسازی باید جامع، دقیق و به گونه‌ای باشد که برای پژوهشگران، صنعتگران، و سایر ذی‌نفعان قابل‌فهم و کاربردی باشد.

استفاده از نرم‌افزارهای مدیریت پروژه و استانداردهای بین‌المللی برای ثبت و گزارش‌دهی اطلاعات و مستندسازی نتایج توصیه می شود.

در گام دوم عوامل استخراجی با روش آنتروپی شانون، وزن دهی شدند (مطابق جدول شماره ۵). مفهوم آنتروپی یعنی هر چقدر پراکندگی بین داده ها برای یک عامل بیشتر باشد، آن عامل از اهمیت بیشتری برخوردار بوده یا به عبارتی، شاخصی که حداقل تغییرپذیری را در بین گزینه ها دارد، حداقل نقش را ایفا می کند(عماد الدین و همکاران، ۲۰۱۹). اولویت وزنی مولفه ها به ترتیب شامل: استراتژی پایش، ظرفیت جذب، ایجاد و تست نمونه، شهرت و اعتبار و زیرساخت و تامین مالی، سیاست ها و قوانین، یادگیری، چشم انداز و اهداف، اعتماد، نزدیکی، ذخیره دانش و انگیزه، ساختار همکاری(توافق نامه)، تجربه همکاری، ایجاد پتنت، انتشار دانش، شدت تحقیق و توسعه، انعطاف پذیری و ایجاد دانش، مستندسازی نتایج، انتقال و کاربرد دانش، حقوق مالکیت فکری، مشارکت کاربر، ایجاد ارزش پایدار، فرهنگ باز حاصل شد.

رویکرد تحقیق و توسعه باز موفق در یک محیط زیست بوم شکل می یابد. در واقع از این طریق ایده ها جدید از منابع مختلف اخذ شده، امکان تحقیق و توسعه و نوآوری باز افزایش می یابد(عباسی و همکاران، ۱۴۰۱). لذا در گام سوم، بازیگران این زیست بوم شناسایی و نسبت به عوامل استخراجی رتبه بندی شدند که می تواند احتمال موفقیت اکتساب فناوری نوظهور بطور محسوسی افزایش دهد.

این رتبه بندی نشان دهنده نقش و قابلیت های هر یک از بازیگران در مراحل مختلف زیست بوم تحقیق و توسعه باز حوزه فناوری نانوی ایران می باشد.

رتبه اول دانشگاه ها، منبع اصلی تحقیقات پایه و تولید دانش بنیادی فناوری های نوظهور ازجمله نانو هستند. از طرفی چون جنس دانش فناوری نوظهور از نوع بنیادی است بعضی از دانشگاه ها در کشور ما، بطور گسترده با پروژه های تحقیقاتی و تربیت پژوهشگران حرفه ای درگیرند همانند مرکز تحقیقات نانو دانشگاه صنعتی شریف که مرکز تحقیقات در دل دانشگاه قرار دارد و از طرف دیگر با ایجاد مراکز رشد و پارک علم و فناوری، ارتباط میان دانشگاه‌ها و سایر بازیگران (مانند نهادهای واسطه‌ای و شرکت‌های دانش‌بنیان) به‌صورت مؤثر برقرار شده است که این امر موجب شده دانشگاه‌ها نقشی برجسته در تحقیق و توسعه باز ایفا کنند. جهت تقویت در این زمینه، ایجاد آزمایشگاه‌های مشترک توصیه می شود که دانشگاه‌ها بتوانند با همکاری شرکت‌های دانش‌بنیان و صنایع بزرگ، آزمایشگاه‌های تحقیقاتی مشترکی ایجاد کرده و به طور مستقیم روی مسائل کاربردی متمرکز باشند.

شرکت‌های دانش‌بنیان و نوپای علم محور رتبه دوم کسب نمودند زیرا این شرکتها پل ارتباطی بین صنعت و دانشگاه بوده و دانش کاربردی یا فناوری تولید شده را به محصول یا خدمات بازار

پسند تبدیل و نقش مهمی هم در تجاری سازی فناوری نوظهور دارند. طی سال‌های اخیر با سیاست‌گذاری‌های حمایتی(مانند حمایت‌های معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری)، رشد چشمگیری در تعداد و فعالیت شرکت‌های دانش‌بنیان داشته ایم. افزایش تعداد صندوق های سرمایه گذار خطرپذیر و یا راه اندازی برنامه های مشترک با دانشگاه (مانند برنامه های شتاب دهنده) توصیه می شود.

رتبه سوم نهادهای واسطه ای، بویژه ستاد ویژه توسعه فناوری نانو است که به عنوان سیاست‌گذار، تسهیل‌کننده، و حمایت‌گر مالی، نقش بسیار مهمی در هماهنگی و ایجاد تعامل بین بازیگران ایفا می‌کنند. این نهادها در کشور با ایجاد برنامه‌های حمایتی، تسهیل فرآیند مالکیت فکری، و فراهم کردن بستر برای انتقال دانش، می توانند تحقیق و توسعه باز را به سمت همکاری بیشتر سوق دهند؛ اما با وجود اهمیت زیاد آن‌ها، تأثیرگذاری عملی آن‌ها در مقایسه با دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان کمتر است، زیرا نقش آن‌ها به‌طور مستقیم به تولید دانش یا تجاری‌سازی مربوط نمی‌شود ولی به بهبود بهره‌وری تحقیق و توسعه باز در حوزه نانو کمک می‌نمایند. پیشنهاداتی جهت تقویت این بازیگر ارائه شده است که شامل: طراحی و اجرای پلتفرم‌های دیجیتال برای اتصال بازیگران مختلف اکوسیستم، تنظیم سیاست‌های مالیاتی تشویقی، سازماندهی کنفرانس‌ها، نمایشگاه‌ها و کارگاه‌های تخصصی برای تبادل ایده‌ها و همکاری .

مؤسسات پژوهشی دولتی و خصوصی با رتبه چهارم، در انجام تحقیقات کاربردی و پیشرفته نقش دارند، بسیاری از این مؤسسات در ایران به دلایل مالی یا ساختاری نمی‌توانند به‌اندازه دانشگاه‌ها یا شرکت‌های دانش‌بنیان در تحقیق و توسعه باز موثر باشند. همچنین، تمرکز محدود آن‌ها بر پروژه‌های خاص موجب کاهش تأثیرگذاری کلی آن‌ها در اکوسیستم شده است. پیشنهاد می شود که حمایت های دولتی و تشویقی به آزمایشگاه و مراکز تحقیقاتی همانند پژوهشکده های اختصاصی نانو، پژوهشکده مواد و انرژی، کفا و غیره افزایش یابد و همچنین این مراکز می توانند دوره‌های آموزشی مرتبط با نیازهای صنعت نانو برگزار کرده تا فاصله بین تئوری و عمل کاهش یابد.

رتبه پنجم به شرکت‌های بزرگ (عمدتاً بازارمحور) اختصاص یافت این شرکت‌ها به دلایل ساختاری معمولاً به دنبال استفاده از فناوری‌های تثبیت‌شده و آماده تجاری‌سازی هستند و نقش کمتری در مراحل اولیه تحقیق و توسعه باز ایفا می‌کنند.

این امر می‌تواند ناشی از ضعف زیرساخت‌ها یا نبود انگیزه‌های مالی و قانونی کافی برای این شرکت‌ها باشد. جهت تقویت مواردی همانند سرمایه‌گذاری در تحقیقات مشترک برای توسعه فناوری‌های کاربردی حوزه نانو پیشنهاد می شود.

با توجه به اینکه دانشگاه بازیگر رتبه اول کسب نمود توصیه می شود که رهبری و هدایت زیست بوم عهده دار گردد. همچنین برای سنجش وضعیت فناوری نوظهور نانودر طی فرآیند اجرایی، استفاده از ابزار سطح آمادگی فناوری پیشنهاد می شود.

با توجه به نتایج پژوهش، با تنوع متفاوتی از بازیگران در همکاری تحقیق و توسعه باز جهت اکتساب فناوری نوظهور روبرو شده لذا جهت هم افزایی بیشتر در امر شبکه سازی، توصیه می شود که ابتدا شبکه سازی بین اعضای هر گروه از بازیگران شکل یافته (بطور مثال: شبکه دانشگاهی، شبکه شرکت های علم محور) سپس یکپارچگی بین شبکه ها ایجاد گردد.

در آخر چارچوب مفهومی زیست بوم تحقیق و توسعه باز در فناوری نوظهوردر دولایه هسته و بازیگران شکل یافت در لایه داخلی، ابعاد و مولفه ها قرار گرفته و درلایه بیرونی بازیگران شناسایی شده قرارگرفتند.

فناوری نوظهور به دلیل ماهیت دانشی که دارد ابتدا همکاری مابین بازیگران دانشگاه و موسسات پژوهشی شکل یافته و با یکپارچگی این دو بازیگر، سطح آمادگی فناوری نوظهور می تواند بین ۱الی ۳ افزایش یابد. حال بازیگر سوم یا همان شرکت های علم محور وارد همکاری شده که با ایجاد نمونه اولیه و تست از فناوری نوظهور و ثبت پتنت مربوطه می توانند سطح آمادگی فناوری را به۴ یا ۵ ارتقاء دهند. همچنین کم کم شرکت های بزرگ حوزه نانو ورود کرده و یکپارچگی این همکاری می تواند سطح آمادگی فناوری را به ۶ یا۷ ارتقاء دهد. لازم بذکر است که بازیگر نهادهای واسطه بعنوان تسهیلگر در کلیه مراحل همکاری حضور خواهند داشت.

ازجمله محدودیت های این پژوهش، چارچوب مفهومی تحقیق و توسعه باز جهت اکتساب فناوری نوظهور نانو با سطح آمادگی فناوری[51]حداکثر شش یا هفت انجام شده و به حوزه تجاری سازی نپرداخته است لذا ورود به حوزه تجاری سازی زمینه ای مناسب برای پژوهش های آتی است.

کمبود اطلاعات منسجم و تعداد اندک خبرگان در حوزه تحقیق و توسعه باز در کشور محدودیت دیگری است لذا به پژوهشگران آتی، سایر حوزه های فناوری های نوظهور پیشنهاد می شود.

از آن جای که تحقیق و توسعه باز رویکرد نوینی است لذا نمونه اجرایی در کشور ما یافت نشد لذا داده هایی جهت مقایسه وجود

[51] Technology Readiness Level (TRL)

نداشته و ازجمله محدودیت های پژوهش محسوب می شود. مطالعه تطبیقی زیست‌بوم تحقیق و توسعه باز در نانو فناوری میان ایران و کشورهای پیشرو پیشنهاد می گردد.

به پژوهشگران آتی، استفاده از ابزارهای شبیه سازی عامل‌محور برای تحلیل پویایی‌های بازیگران در زیست‌بوم نانو فناوری ایران و همچنین تحلیل شبکه‌ای از روابط بازیگران کلیدی زیست‌بوم نانو با استفاده از تحلیل شبکه‌های اجتماعی(SNA) و یا طراحی مدل خلق ارزش مشترک[52] در زیست بوم نوآوری باز نانو با محوریت ذی‌نفعان برای پژوهش های بعدی پیشنهاد می شود.

فهرست منابع

اسدی, منطقی, طلوعی اشلقی, & عباس. (۲۰۲۲). **شناسایی و وزن‌دهی چالش‌های تحقیق و توسعه باز در حوزه فناورهای نوظهور (مطالعه موردی: فناوری نانو در ایران)**. *مدیریت توسعه فناوری, ۱۰*(۲), ۹-۵۰.

باقری, ابوالفضل & ,بوشهری, علیرضا. (۱۳۹۲). **مدل سازی عوامل موثر بر دستاوردهای همکاری های فناورانه: مورد کاوی همکاری های فناورانه نانوفناوری در ایران** .*مدیریت نوآوری*.140-113 ,(1)2 ,

حکاکی, شفیعی نیک آبادی, محسن, امیری, مقصود, & مقدم. (۲۰۲۳). **زنجیره اقدامات لازم برای دستیابی به تحقیق و توسعه باز پایدار در شرکت های تولیدی کوچک و متوسط**. *پژوهشنامه مدیریت اجرایی, ۱۵*(۲۹), ۱۳۳-۱۶۵.

خالدی, آرمان, الهی, شعبان, & اسدی فرد. (۲۰۲۲). **همکاری فناورانه نامتقارن بین شرکت‌های بزرگ و کوچک دانش‌بنیان در بخش فناوری نانو ایران در بسترزیست‌بوم نوآوری**. *مدیریت توسعه فناوری, ۱۰*(۲), ۱۲۳-۱۵۲.
:DOI10.22104/JTDM.2023.5412.2945

خالدی, آ., آرمان, الهی, شعبان, مجیدپور, & اسدی فرد. (۲۰۲۰). **عوامل ضروری برای موفقیت همکاری فناورانه نامتقارن بین شرکت‌های بزرگ و کوچک در بخش نانوفناوری ایران**. *مدیریت نوآوری, ۹*(۱), ۱۳۹-۱۶۸.

خواجه نایینی علی, اشتریان کیومرث, محمدی کنگرانی حنانه, & غنچه پور دیبا. (۲۰۱۵). **مطالعه و بررسی شبکه تبادل اطلاعات میان بازیگران حوزه نانو فناوری در ایران**، *پژوهش های مدیریت در ایران*، دوره ۱۹،شماره ۳، پاییز .

دهقانی‌سانیج, امراله, ترابی, تقی, خمسه, & بوشهری. (۲۰۲۱). **تاثیر نانو فب ها با نگاهی به آیندهٔ خلق ارزش و یکپارچگی سطوح تحقیق و توسعهٔ نانو تکنولوژی**. *آینده پژوهی مدیریت, ۱۲۵*(۳۲), ۴۲-۵۴.

سادات رسول سیدمهدی, اسدی فرد رضا, شکری حمیدرضا, & حسنی سیدحمزه. (۲۰۲۲). **شناسایی ابزارهای سیاستی برای توسعه همکاری های فناورانه شرکت های بزرگ صنعتی با شرکت های دانش بنیان.**

سلطانی, & صاحبی‌نژاد. (۲۰۲۲). **پایایی سیاستگذاری فناوری نانو در ایران**؛ تحلیل کیفی چرخه سیاست. *سیاستگذاری عمومی, ۸*(۲), ۸۳-۹۹.

عباسی, پوریا, رادفر, طلوعی, عباس, & پیله وری سلماسی. (۲۰۲۲). **یک رویکرد ترکیبی از زیست‌بوم تحقیق و توسعه باز، موردمطالعه: نانو فناوری ایران**. *تصمیم گیری و تحقیق در عملیات, ۶*(شماره ویژه), ۱-۱۹.

فرتاش, کیارش, محسنی کیاسری, مسماع خسروشاهی, & سعدآبادی. (۲۰۲۱). **تحلیل عوامل مؤثر بر همکاری فناورانه شرکت‌های بزرگ و شرکت‌های فناور در حوزه‌های فناوری زیستی و نانو**. *بهبود مدیریت, ۱۵*(۱), ۳۹-۶۷.

قاضی نوری, سید سپهر, خالدی, آرمان, نصری, حسینی, & هادی. (۲۰۲۱). **نظام نوآوری فناوری نانو در ایران بر اساس عناصر کارکردی و ساختاری**. *مدیریت نوآوری در سازمان های دفاعی, ۴*(۱), ۲۵-۵۲.

کاشی, منطقی, والمحمدی, چنگیز, & جلالی فراهانی. (۲۰۲۳). **الگوی نظری افزایش بهره‌وری تحقیق و توسعه در فضای نوآوری باز مبتنی بر سکوی مشترک**. *مدیریت نوآوری, ۱۲*(۱), ۱۳۵-۱۶۴.

مسیبی, باقری مقدم, ناصر, مستعدی, & میثم تراب. (۲۰۲۳). **ارائه الگویی جهت توسعه اکوسیستم نوآوری در حوزه کاربرد پرتوها و ارائه دلالتهای سیاستی**. *سیاست نامه علم و فناوری, ۱۳*(۱), ۲۶-۳۹.

[52] co-creation

Ahn, J., Minshall, T., & Mortara, L. (2014). Longitudinal effects of open R&D strategy on firm performance: Comparative study of the UK and Korea. In *2014 R&D Management Association Conference* (pp. 1-10).

Ankrah, S., & Omar, A. T. (2015). Universities–industry collaboration: A systematic review. *Scandinavian journal of management*, *31*(3), 387-408.

Ansari, M. S. A. (2013). Open and Closed R&D Processes: Internal Versus External Knowledge. *European Journal of Sustainable Development*, *2*(1), 1-1. https://doi.org/10.14207/ejsd.2013.v2n1p1

Altman, E. J., & Tushman, M. L. (2017). Platforms, open/user innovation, and ecosystems: A strategic leadership perspective. In *Entrepreneurship, innovation, and platforms* (pp. 177-207). Emerald Publishing Limited.

Barbosa, A. P. F. P. L., Salerno, M. S., de Souza Nascimento, P. T., Albala, A., Maranzato, F. P., & Tamoschus, D. (2021). Configurations of project management practices to enhance the performance of open innovation R&D projects. *International Journal of Project Management*, *39*(2), 128-138.

Berchicci, L. (2013). Towards an open R&D system: Internal R&D investment, external knowledge acquisition and innovative performance. *Research Policy*, 42, (pp. 117– 127). https://doi.org/10.1016/j.respol.2012.04.017

Beumer, k. , Bhattacharya, s. (2013). Emerging technologies in India: Developments, debates and silences about nanotechnology. *Science and Public Policy*. 40, pp. 628–643. https://doi.org/10.1093/scipol/sct016

Bergerson, J. A., Brandt, A., Cresko, J., Carbajales-Dale, M., Heather, L., MacLean. (2019). Life cycle assessment of emerging technologies. *Journal of Industrial Ecology*,(pp. 1–15). wileyonlinelibrary.com/journal/jiec. https://doi.org/10.1111/jiec.12954

Bhatnagar, B., Dörfler, V., & MacBryde, J. (2023). Navigating the open innovation paradox: an integrative framework for adopting open innovation in pharmaceutical R&D in developing countries. *The Journal of Technology Transfer*, *48*(6), 2204-2248

Capone, F., Zampi, V., & Innocenti, N. (2018). How do R&D project networks support the adoption of open innovation practice?. *Sinergie Italian Journal of Management*, *36*(May-Aug).

Chang, P. T, Huang, L. C. & Lin, H. J. (2000). The Fuzzy Delphi Via Fuzzy Statistics and Membership Function Fitting and an Application to the Human Resources. *Fuzzy; Sets and Systems*,Vol.112, p.511. https://doi.org/10.1016/S0165-0114(98)00067-0

Cheng, C.H., Lin, Y. (2002). Evaluating the best main battle tank using fuzzy decision theory with linguistic criteria evaluation. *European journal of operational research*, 142(1), pp.174-186.
https://doi.org/10.1016/S0377-2217(01)00280-6

Chesbrough, H., & Brunswicker, S. (2013). Managing open innovation in large firms. *Garwood Center for Corporate Innovation at California University, Berkeley in US & Fraunhofer Society in Germany*.

Chesbrough, H. (2017). The future of open innovation. *Research Technology Management*, *60*(1), 35–38.
https://doi.org/10.1080/08956308.2017.1255054

Enkel, E., Gassmann, O., Chesbrough, H. (2009). Open R&D and open innovation: exploring the phenomenon.*R&D Management* ,39, 4. https://doi.org/abs/10.1111/j.1467-9310.2009.00570.x

Garner, J., Carley, S., Porter, A.L., Newman, N.C. (2017). Technological emergence indicators using emergence scoring. *Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET)*. Portland, OR. https://doi.org/10.23919/PICMET.2017.8125288

Haj Malek, M., Tavakoli, A. (2016). Assessing the level of security in e-commerce using Shannon entropy And Dempster Schaefer Theory [In Persian]. *Information Technology Management (Faculty of Management, University of Tehran)*, Volume 8, Number 1. https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=318656

Hwang, B. Y., Park, S. H., & Kim, D. C. (2021). Efficiency of public r&d management agency and its improvement toward open innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, *7*(3), 200.

Pokrajac, L., Abbas, A., Chrzanowski, W., Dias, G. M., Eggleton, B. J., Maguire, S., ... & Mitra, S. (2021). Nanotechnology for a sustainable future: Addressing global challenges with the international network4sustainable nanotechnology.

Korber, M., & Paier, M. (2014). Simulating the effects of public funding on research in life sciences: direct research funds versus tax incentives. In *Simulating knowledge dynamics in innovation networks* (pp. 99-130). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Mohnen, P. (2013). *Doing R&D in a closed or open mode: dynamics and impacts on productivity* (No. 2013-060). United Nations University-Maastricht Economic and Social Research Institute on Innovation and Technology (MERIT).

Öberg, C., & Alexander, A. T. (2019). The openness of open innovation in ecosystems–Integrating innovation and management literature on knowledge linkages. *Journal of Innovation & Knowledge*, *4*(4), 211-218. Rotolo, D., Hicks, D., Martin, B. R. (2016). What Is an Emerging Technology?. *Research Policy*.
https://doi.org/10.1016/j.respol.2015.06.006

Robertson, P. L., & Arundel, A. (2013). The role of R&D in open and closed innovation. In *35th DRUID Celebration Conference, Barcelona, Spain, June* (pp. 17-19).

Silva, A. R. D., Ferreira, F. A., Carayannis, E. G., & Ferreira, J. J. (2019). Measuring SMEs' propensity for open innovation using cognitive mapping and MCDA. *IEEE Transactions on Engineering Management*, *68*(2), 396-407.

Soltanzadeh, J., Manteghi, M. (2015). R&D Collaboration: Why and How? [In Persian]. *Bi- Quarterly journal of*

Industrial Technology Development, 12(24), 15-24. http://jtd.iranjournals.ir/article_13643.html

Trujillo, I. M., Jiménez, E. G., & Ospina, M. B. (2016). Opportunities for Joint Cooperation in R&D for FEALAC Countries: On Nanotechnology and Biotechnology. *STI Policy Review*, vol.7, No, 2, pp.106-131 https://doi.org/10.22675/STIPR.2016.7.2.106

Yazdi moghaddam, J., Saleh Owlia, M., Bandarian, R. (2019). Identifying and Prioritizing Technology commercialize-tion success factors using Fuzzy Delphi and Analytic Network Process[In Persian]. *Sharif Journal of Industrial Engineering & Management*, 34.1(2.2), 89-106. https://doi.org/10.24200/j65.2018.20097

Youtie, J., Ward, R., Shapira, P., Porter, A. L., & Newman, N. (2021). Corporate engagement with nanotechnology through research publications. *Journal of Nanoparticle Research*, *23*(4), 85.