Nanomeghyas
www.nanomeghyas.ir
نانومقیاس

رصد فناوری‌های نوظهور: شناسایی، ارزیابی و انتخاب برای ورود هوشمندانه به حوزه‌های آینده‌ساز

صابر آزاد شهرکی[1]، مریم لطفی‌زاده[2]، سیدمهدی رضایت سرخ‌آبادی[3] و علیرضا عسکری[4و*]

۱- ستاد توسعه فناوری‌های نانو و میکرو، تهران، ایران
۲- دانشگاه صنعتی امیرکبیر تهران، ایران
۳- گروه داروشناسی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۴- مرکز تحقیقات بازسازی استخوان و مفاصل، بیمارستان ارتوپدی شفا، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

چکیده: در این مقاله فرآیند رصد فناوری‌های نوظهور و آینده‌ساز با هدف شناسایی و ارزیابی فرصت‌ها و تهدیدهای آن‌ها بررسی شده است. در مرحله اول، پایش ۳۶۰ درجه‌ای از منابع مختلف از جمله نهادهای تحلیلی، کتاب‌های آینده‌پژوهی، استارت‌آپ‌ها و نهادهای توسعه‌ای صورت گرفت که به شناسایی بیش از ۳۰۰ موضوع نوظهور انجامید. سپس با استفاده از ماتریس اولویت گارتنر و تحلیل وضعیت انباشت دانش، جایگاه ۱۴ حوزه نوظهور در سطح جهانی و وضعیت انباشت دانش آنها در ایران و میزان همگرایی آنها با فناوری نانو، ارزیابی شد. حوزه‌های نوظهور و آینده‌ساز شناسایی شده، محصولات تقویت‌شده با هوش مصنوعی، باتری‌های نسل جدید، چاپ زیستی سه بعدی، نانوحسگرهای نوظهور، پلیمرهای زیست تخریب‌پذیر، محصولات مبتنی بر گرافن و مواد دوبعدی و محصولات مبتنی بر چارچوبهای فلز-آلی هستند. نتایج نشان داد که در برخی از این حوزه‌ها مانند شخصی‌سازی درمان و اینترنت نسل پنجم/ششم، ایران نسبت به دنیا فاصله قابل توجهی دارد و نیاز به سرمایه‌گذاری ویژه دارد. در مقابل، حوزه‌هایی مانند چاپ زیستی سه‌بعدی و نانوحسگرها در ایران وضعیت مطلوب‌تری دارند و امکان پیشرفت در این زمینه‌ها وجود دارد.

واژگان کلیدی: رصد فناوری، حوزه‌های نوظهور و آینده‌ساز، فناوری‌های بدیع، فناوری نانو

aaskari60@yahoo.com

۱- مقدمه

زمانی که نوآوری یا کشف علمی جدیدی مطرح می‌شود، بسته به اهمیت آن، مراکز مختلف توجه خود را به آن جلب خواهند کرد. معرفی یک فناوری نوظهور، فرصت‌ها و تهدیدهایی را در پی خواهد داشت. بدترین حالت برای کشورها یا سازمان‌های پیشرو، غفلت از یک فناوری نوظهور است. در مقابل، برخی از سازمان‌ها ممکن است نتوانند ارزیابی درستی از آن فناوری داشته و با اقدامات عجولانه و تحت تاثیر رسانه‌ها، متضرر شوند. اقدام هوشمندانه آن است که بتوان به موقع یک فناوری را شناسایی و برنامه‌های متناسب با آن را اتخاذ کرد. بر این اساس، هدف از

تاریخ دریافت : ۱۴۰۳/۱۱/۸
تاریخ بازنگری ۱۴۰۳/۱۱/۲۸
تاریخ پذیرش۱۴۰۳/۱۲/۴

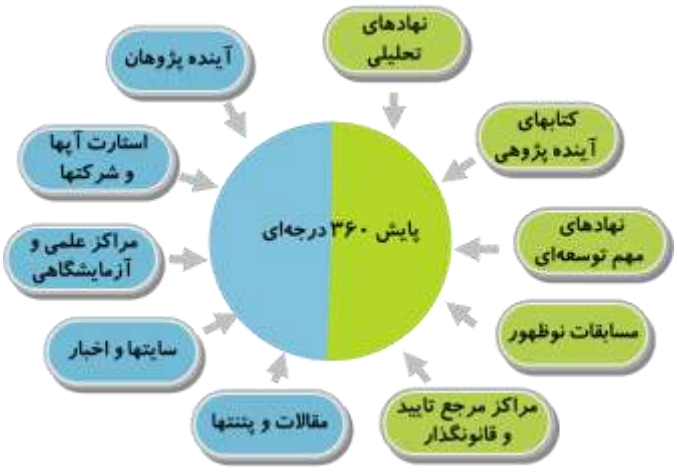
رصد فناوری شناسایی و ارزیابی به موقع فناوری‌های نوظهور در حوزه فناوری نانو، به‌منظور ورود هوشمندانه به آن‌ها و جلوگیری از غافل‌گیری فناورانه است.

برای انجام یک فعالیت منسجم و ساختارمند در حوزه رصد فناوری، مطالعات گسترده‌ای شامل کتاب‌ها و مقالات مختلف در این حوزه انجام شد. پس از تکمیل اطلاعات و درک مناسب از این حوزه و همچنین مشورت با خبرگان، فرآیند رصد فناوری در سه مرحله کلیدی شامل «شناسایی»، «ارزیابی» و «انتخاب» ساختار یافته است. در این گزارش، شرح مختصری از اقدامات انجام‌شده در هر یک از این مراحل آورده شده و در نهایت، حوزه‌های نوظهور و آینده‌ساز منتخب به سیاست‌گذاران فناوری نانو معرفی شده است تا تصمیمات مبتنی بر داده و آگاهانه اتخاذ شود.

۲- روش تحقیق

۲-۱- شناسایی تحولات فناوری

به منظور شناسایی تحولات فناوری از داده‌های مختلف منابع متنوع برای تحلیل و بررسی فناوری‌ها استفاده شده است. این رویکرد شامل استفاده از داده‌های مختلف از منابع متنوع است که در واقع یک پایش ۳۶۰ درجه‌ای از منابع مختلف است. این پایش ۳۶۰ درجه‌ای در شکل ۱ نشان شده است.



شکل ۱: نمایی از یک پایش ۳۶۰ درجه‌ای

از بین منابع اشاره شده، ۴ منبعی که اولویت بالاتری دارند و به نوعی در آنها از خبرگی جمعی نیز استفاده شده است، انتخاب و پایش شدند. این منابع شامل نهادهای تحلیلی، کتاب‌های آینده‌پژوهی، نهادهای توسعه‌ای و همچنین استارت‌آپ‌های برتر است .

۱- نهادهای تحلیلی: فناوری‌های نوظهور ، غیرمنتظره و تحول‌آفرین (برافکن) از نگاه بیش از ۱۰ نهاد تحلیلی بررسی و شناسایی شد. برخی از نهادها مانند اتحادیه‌ی بین‌المللی شیمی [۳۵] و کاربردی اخیراً به تعیین فناوری‌های نوظهور و برخی مانند موسسه رند [۲]حداقل دو دهه است که در این زمینه فعالیت دارند. در مجموع بیش از ۱۵۰ حوزه مهم از نگاه نهادهای تحلیلی استخراج گردید.

۲-کتاب‌های آینده پژوهی: در این راستا از کتاب‌های آینده‌پژوهی [۳] و [۴] بالغ بر ۴۰ موضوع مهم آینده و به خصوص مرتبط با فناوری شناسایی و استخراج شد.

۳- نهادهای مهم حوزه فناوری در سطح جهان: برای تعیین حوزه‌های نوظهور و تعیین حوزه‌های مورد تمرکز کشورها، نهادهای مهم فناوری در سطح جهان به ویژه در حوزه فناوری نانو نانو بررسی و شناسایی شدند. مهمترین کشورهای مورد مطالعه، آمریکا ، چین، هند، مالزی و اتحادیه اروپا هستند که در مجموع ۶۰ موضوع از این نهادها استخراج گردید.

٤- استارت‌آپ‌های برتر: بیش از ۱۴۰۰ استارت‌آپ حوزه فناوری نانو از پایگاه داده کرانچ-بیس [۵] استخراج و بر مبنای حجم سرمایه‌گذاری (به‌صورت تجمیعی و همچنین به‌صورت مجزا در سال‌های اخیر) تحلیل شدند. از این منبع نیز بیش از ۵۰ موضوع شناسایی شد.

در مجموع می‌توان بیان نمود که با بررسی این منابع بیش از ۳۰۰ موضوع نوظهور شناسایی شد که با سه آنالیز ابر کلمات، ادبیات کلان روند و همچنین ارتباط با فناوری نانو، در نهایت به ۱۲ حوزه تقلیل یافت. این حوزه‌ها برخی کاملاً در حوزه فناوری نانو بوده و برخی از آن‌ها با فناوری نانو مرتبط هستند (شکل ۲).

۱۲ حوزه شناسایی شده به ترتیب تعدد تکرار عبارتند از: نانوحسگر، گرافن، پرینتر سه بعدی زیستی، بازیافت پلاستیک پیشرفته/پلیمرهای زیست تخریب‌پذیر، باتری حالت جامد/آند سیلیکونی، ترانزیستورهای نسل جدید، شخصی‌سازی درمان، کوانتوم، پروتئین‌های جدید، نانوآفت‌کش‌ها، کوانتوم‌دات، چارچوب‌های فلزآلی.

همچنین کلان روند انقلاب صنعتی چهارم به عنوان یک کلان روند اصلی در دستور کار قرار گرفت تا در مرحله بعد همگرایی حوزه‌های نانو با این کلان روند مشخص شود. به غیر از برخی موضوعات، از ۱۲ موضوع اشاره شده مانند حسگر، موضوعات هوش مصنوعی و همچنین اینترنت نسل ششم (G۶) از این کلان روند به موضوعات اضافه شدند. بنابراین می‌توان گفت در مجموع ۱۴ موضوع، حوزه‌های نوظهور و آینده‌ساز طی یک دهه آتی هستند.

شکل ۲- آنالیز حوزه‌های شناسایی شده برتر و ارتباط آنها با کلان روندهای انقلاب صنعتی چهارم، اقتصاد چرخشی، شخصی سازی و تمرکززدایی

۲-۲- مرحله ارزیابی و انتخاب

در ابتدای این مرحله لازم بود تا روشی برای ارزیابی حوزه‌های نوظهور تعیین شود. بدین منظور از چندین منبع آینده پژوهی استفاده شد که مهمترین آنها چرخه هایپ موسسه گارتنر [۶]، گزارش فناوری‌های پیشرفته ۲۰۳۰ در آسیا از موسسه ایتری [۷] (موسسه توسعه تحقیقات صنعتی کشور تایوان)، گزارش روندهای علم و فناوری تا سال ۲۰۴۰ از ناتو [۸] و گزارش ۲۰ فناوری برتر از موسسه تحقیقاتی لوکس] ۹ [است.

مطالعه شیوه ارزیابی فناوری‌های نوظهور این نهادها نشان داد که دو شاخص میزان تاثیرگذاری و همچنین سطح بلوغ، بین تمامی نهادها مشترک و به بیان‌های مختلف لحاظ شده است. همچنین شیوه ارزیابی موسسه گارتنر و ماتریس اولویت آن توسط برخی نهادهای دیگر نیز استفاده شده است. به همین دلیل برای ارزیابی و تعیین نوع استراتژی ورود به فناوری‌ها، ماتریس اولویت گارتنر [۶] و مراحل چرخه هایپ آن انتخاب شد.

برای آنکه جایگاه حوزه‌های شناسایی شده در مرحله قبل در ۳۶ ولویت تعیین شود، اقدام به بررسی بیشتر موضوعات از قبیل مطالعه بازار، تحلیل پتنت، و نظر مراکز بین‌المللی به خصوص گزارش‌های گارتنر درباره این موضوعات نیز بررسی شد. در نهایت با بررسی این حوزه‌ها، ماتریس اولویت زیر برای آنها تعیین گردید.

جدول ۱ – ماتریس اولویت برای ۱۴ حوزه شناسایی‌شده

		زمان ورود به جریان اصلی (بر حسب سال)			
		کمتر از ۲	بین ۲ تا ۵	بین ۵ تا ۱۰	بیش از ۱۰
میزان تاثیرگذاری	تحول آفرین	–	شخصی‌سازی درمان	اینترنت 6G هوش مصنوعی	پروتئین‌های جدید چارچوب‌های فلز-آلی محاسبات کوانتومی باتری حالت جامد چاپ زیستی سه بعدی
	زیاد	–		گرافن کوانتوم‌دات نانوحسگر ترانزیستورهای مبتنی بر کربن باتری آند سیلیکونی	
	متوسط	–			نانو آفت‌کش

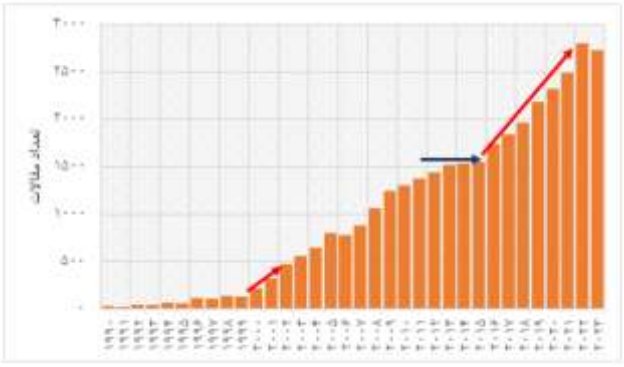
لازم به ذکر است که از بین ۱۴ موضوع اشاره شده، تنها موضوع پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر در جریان اصلی قرار دارد و بنابراین ماتریس اولویت گارتنر برای آن تعریف نمی‌شود. با این وجود بسیاری از زیرشاخه‌های این حوزه نوظهور بوده که از جمله آن می‌توان به کاربردهایی مانند رهایش آهسته دارو و مکمل اشاره کرد. با بررسی عمیق‌تر می‌توان وضعیت ماتریس اولویت این زیرشاخه‌ها را تعیین نمود.

۳-۲- وضعیت انباشت دانش و میزان همگرایی با فناوری نانو

به منظور ارزیابی دقیق‌تر وضعیت حوزه‌های با سطح تاثیرگذاری بالا و تحول‌آفرین در ایران و مقایسه آن با جهان، در درجه اول وضعیت انباشت دانش در برخی از حوزه‌های اشاره شده در ایران و جهان بررسی و مقایسه شد. برای این منظور شاخص تعداد مقالات، به‌عنوان نمودی از دستاوردها در این حوزه‌ها و رسوخ دانش در نظر گرفته شده است. نتایج این ارزیابی به صورت خلاصه عبارتست از:

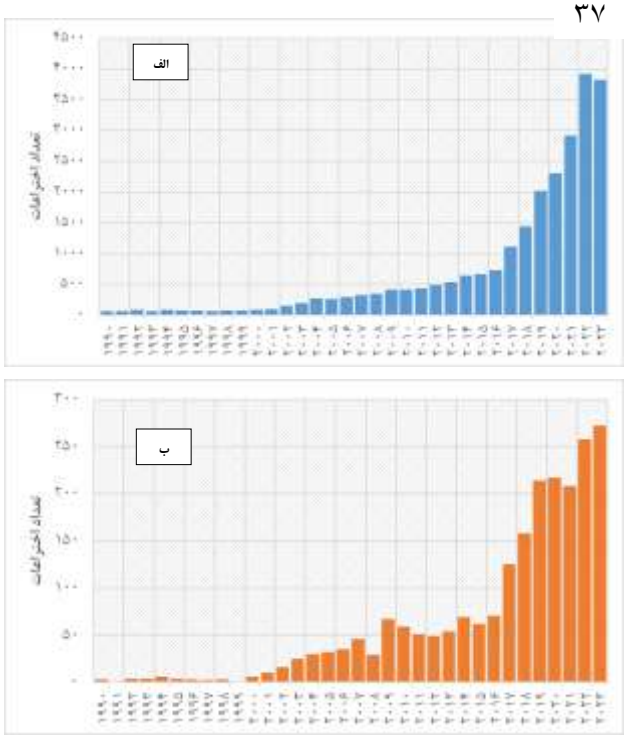
۱-۳-۲-کوانتوم

در حوزه کوانتوم سیر مقالات چاپ شده و اختراعات ثبت شده در حوزه علوم و فناوری‌های کوانتومی و حوزه مشترک نانو با فناوری‌های کوانتومی یا به اختصار حوزه کوانتوم-نانو بررسی شدند. در بخش مقالات، مشخص شد که تا پایان سال ۲۰۲۳ حدود ۲۱۳۰۰۰ مقاله در حوزه علوم و فناوری‌های کوانتومی به چاپ رسیده است که سهم علوم کوانتوم-نانو از این تعداد، ۳۵۰۰۰ مورد است (حدود ۱۶ درصد). بررسی تعداد مقالات این دو حوزه بر حسب سال نیز نشان می‌دهد که در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۶ جهش‌هایی در تعداد مقالات هر دو حوزه صورت گرفته است.



شکل ۴- نمودار تعداد مقالات کوانتوم-نانو بر حسب سال

کشورهای آمریکا ، چین و آلمان در رتبه‌های اول تا سوم بیشترین سهم در هر دو حوزه قرار دارند. ایران نیز با ۲۶۰۰ مقاله در حوزه کوانتوم سهم ۱/۲ درصدی از مقالات این حوزه دارد و در رتبه ۲۳ قرار دارد. در حوزه کوانتوم-نانو نیز ایران با ۶۰۰ مقاله و ۱/۷ درصد از مقالات در رتبه ۲۲ قرار دارد. نکته قابل توجه در این بررسی، همراهی ایران در جهش اول تعداد مقالات (حدود ۲۰۰۲) و جا ماندن آن از جهش دوم (سال ۲۰۱۷) بود. به طوری که به عنوان مثال ایران در چاپ مقالات سالانه در کوانتوم-نانو در سال ۲۰۱۷ در رتبه ۱۴ دنیا بوده و در سال ۲۰۲۳ به رتبه ۲۶م رسیده است. از آنجایی که حمایت‌های تشویقی ستاد توسعه فناوری نانو در سال ۲۰۱۷ قطع شد و به طور کلی سرعت انتشار مقالات نانو از آن به بعد کاهش یافت، لذا ممکن است علت جاماندگی در جهش دوم این موضوع باشد.



شکل ۵- نمودار تعداد اختراعات کوانتوم(الف) و کوانتوم-نانو(ب) بر حسب سال

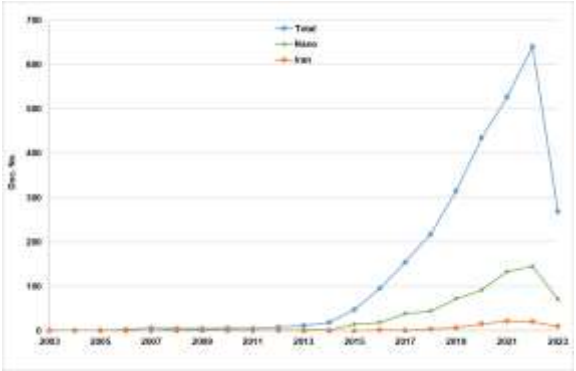
در بخش اختراعات ثبت شده بر اساس پایگاه لنز، تعداد کل اختراعات حوزه کوانتوم ۲۵۰۰۰ مورد و در حوزه کوانتوم-نانو ۲۲۰۰ مورد است. در هر دو حوزه حدود ۷۰ درصد اختراعات مربوط به سال ۲۰۱۷ و بعد از آن است که سرعت بالای تحولات در این حوزه را نشان می‌دهد. کشورهای آمریکا ، ژاپن و چین در بخش اختراعات کوانتوم و آمریکا ، هلند و انگلیس در بخش کوانتوم-نانو رتبه‌های برتر را دارند که فاصله آمریکا از سایر کشورها در هر دو حوزه بسیار زیاد است. همچنین با بررسی اختراعات ثبت شده توسط مخترعین ایرانی در حوزه فناوری‌های

کوانتومی در پایگاه لنز، تنها چهار اختراع یافت شد و در حوزه کوانتوم–نانو از ایران اختراعی در این پایگاه به ثبت نرسیده است.

۲-۳-۲-چاپ زیستی سه بعدی

اولین مقاله منتشرشده در زمینه جوهر زیستی در سال ۲۰۰۳ بوده و به‌صورت افزایشی مجموع کل مقالات این حوزه تا سال ۲۰۲۳ به ۲۷۷۷ مقاله رسیده است. ایران از سال ۲۰۱۶ با انتشار ۲ مقاله به این حوزه ورود کرده است که با یک شیب نسبتاً آرامی تعداد کل مقالات ایران در این حوزه به ۸۴ عدد رسیده است. با توجه به این اعداد، سهم ایران در این حوزه حدود ۳٪ و رتبه ایران در بین همه کشورها دوازدهم است. کشورهای آمریکا، چین و کره‌جنوبی رتبه‌های اول تا سوم را در اختیار دارند که در این بین آمریکا و چین تا حد زیادی از دیگر کشورها فاصله گرفته‌اند .

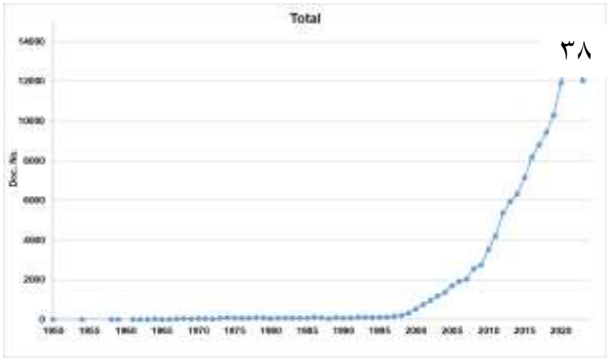
بررسی مقالات همگرا با نانو نشان داد که مجموع مقالات جوهرهای زیستی نانویی در کل دنیا، ۶۴۵ عدد است. در نتیجه می‌توان بیان نمود که حدود ۲۰٪ از مقالات جوهرهای زیستی مرتبط با حوزه نانو است که این امر به طور نسبی نقطه همگرایی بالایی محسوب می‌شود. همچنین جایگاه ایران در حوزه جوهرهای زیستی نانویی، ۹ ام است که رتبه بهتر آن (در مقایسه با جایگاه ۱۲ ام در کل حوزه جوهرهای زیستی)، می‌تواند به علت حمایت‌های عمومی در حوزه فناوری نانو باشد. لازم به ذکر است که اگرچه جایگاه ایران در حوزه چاپ زیستی سه بعدی از کشورهای همسایه مانند ترکیه و عربستان صعودی بهتر است اما اگر چنانچه سرمایه‌گذاری در این حوزه اتفاق نیفتد و با توجه به نرخ رشد دیگر کشورهای پیشرو، امکان عقب‌افتادگی در این حوزه نوظهور وجود دارد. اتفاقی که به طور مثال در حوزه کوانتوم افتاده و در بالا بدان اشاره شد.



شکل ۶– نمودار تعداد مقالات چاپ زیستی سه بعدی بر حسب سال

۳-۳-۲-شخصی‌سازی درمان

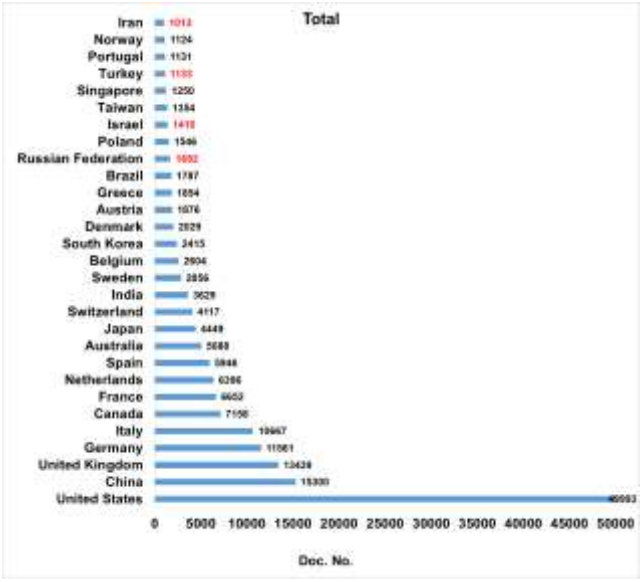
پایش مقالات این حوزه نشان داد بر خلاف حوزه قبلی، شروع این موضوع بسیار قدیمی‌تر بوده و اولین مقاله در این حوزه به قبل از سال ۱۹۶۰ برمی‌گردد. با این وجود تا قبل از سال ۲۰۰۰، مجموع مقالات در این حوزه به ۳۰۰۰ عدد رسیده است اما پس از این زمان و با رشد بیشتر، تنها در سال ۲۰۲۳ بیش از ۱۳۰۰۰ مقاله در این حوزه چاپ شده و مجموع مقالات به حدود ۱۴۰.۰۰۰ عدد رسیده است.



شکل ۷– نمودار تعداد مقالات شخصی سازی درمان بر حسب سال

اولین مقالات ایران در این زمینه از سال ۲۰۰۴ شروع شده و نهایتا تا امروز با مجموع حدود ۱۰ هزار مقاله، جایگاه ایران در این زمینه ۲۹ ام است!. در حالی که حتی رژیم غاصب صهیونیستی و ترکیه جایگاه‌شان از ایران بهتر است (به ترتیب رتبه ۲۳ و ۲۶). این آمار نشان می‌دهد که در زمینه شخصی سازی درمان، کشور ما متاسفانه بسیار عقب افتاده است. کشور آمریکا در این زمینه کاملا پیشرو است به طوری که حدود ۳۸ درصد مقالات (حدود ۵۰ هزار عدد) مربوط به این کشور است و به همین دلیل از دیگر کشورها فاصله بسیاری دارد. حتی کشور چین نیز علیرغم داتشن جایگاه دوم، حدود ۱۵۰۰۰ مقاله دارد که این مقدار حتی کمتر از یک–سوم مقالات کشور آمریکا است!. با توجه به جایگاه کشورها می‌توان گفت این حوزه اساسا در آمریکا و اروپا گسترش یافته و کشور چین نیز با چند دهه تاخیر و پس از سرمایه‌گذاری سنگین از سال ۲۰۰۴ توانسته به جایگاه دوم برسد. حتی کره جنوبی نیز در این زمینه رتبه هفدهم را دارد.

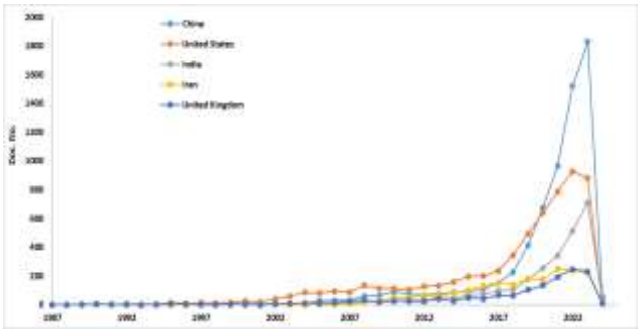
پایش مقالات مرتبط با فناوری نانو نشان داد که مجموع مقالات نانویی در حوزه شخصی‌سازی درمان، ۵۵۷۵ عدد است که این مقدار کمتر از ۵٪ کل است. در نتیجه می‌توان گفت که همگرایی نانو با این حوزه (حداقل در مقایسه با حوزه قبلی) اندک است. همچنین رتبه ایران در نقاط همگرایی بین نانو و شخصی‌سازی درمان، دوازدهم است که این امر نشان می‌دهد حمایت‌های عمومی از فناوری نانو منجر به بهبود جایگاه ایران در این زمینه شده است. با توجه به پایش کلیدواژه‌های مرتبط با حوزه نانو، شاخه تشخیص و درمان همزمان (Theranostics) مهمترین شاخه ذیل این موضوع شناخته شد که بایستی مورد توجه ویژه قرار بگیرد.



شکل ۸- مقایسه تعداد مقالات کشورهای مختلف و جایگاه ایران

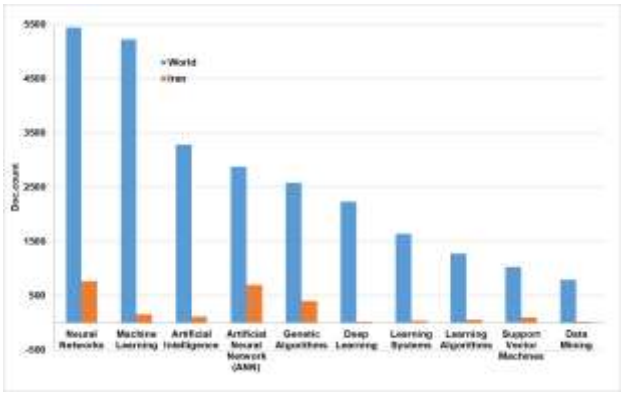
٤-۳-۲-هوش مصنوعی

در حوزه هوش مصنوعی بر خلاف دو حوزه قبل و به علت حجم بالای مقالات در این حوزه، صرفاً پایش مقالات در نقاط همگرایی بین هوش مصنوعی و نانو انجام شد. با توجه به پایش انجام‌شده، حدود ۲۷۰۰۰ مقاله در حوزه نانو-هوش مصنوعی وجود دارد که سهم ایران از این عدد، ۱۸۸۶ مقاله و در نتیجه در حدود ۷ درصد از کل است. کشورهای چین، آمریکا و هند رتبه‌های اول تا سوم را در اختیار دارند و جالب است که رتبه چهارم به کشور ایران اختصاص دارد. این امر نشان می‌دهد که در این حوزه، تعداد مقالات ایران از جایگاه بسیار مطلوبی برخوردار است. نتایج نشان داد روند کشورهای چین و هند شیب تندتری از دیگر کشورها دارد و به همین دلیل احتمالاً در سال‌های آتی اختلاف این دو کشور با دیگر کشورها زیاد خواهد شد.



شکل ۹- مقایسه روند تعداد مقالات کشورهای برتر و ایران

جایگاه مناسب ایران در این حوزه نیاز به پایش عمیق‌تر بود که این امر تا حدی نیز انجام شد. نتایج نشان داد که اصلی‌ترین فعالیت ایران در حوزه شبکه‌های عصبی است. در حالی که در دیگر کشورهای دنیا علاوه بر شبکه‌های عصبی، دو حوزه یادگیری ماشین و یادگیری عمیق نیز به صورت جدی مورد توجه بوده است در حالی که در ایران از این حوزه‌ها غفلت شده است. در نتیجه لازم است تا این دو حوزه در ایران تقویت شوند.



شکل ۱۰- مقایسه تعداد مقالات ایران و جهان در زیرشاخه‌های مختلف

۵-۳-۲-اینترنت نسل پنجم و ششم

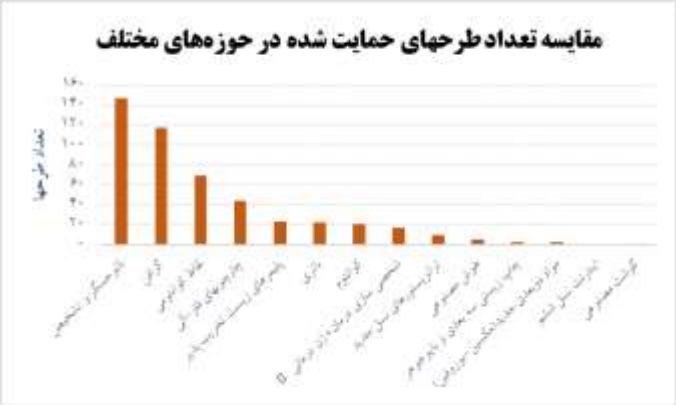
پایش مقالات مرتبط با اینترنت نسل پنجم نشان داد که اولین مقاله مرتبط با این زمینه در سال ۱۹۸۰ منتشر شده و مجموع مقالات این حوزه تاکنون به بیش از ۷۰ هزار عدد رسیده است. جالب است که کشورهای چین و هند رتبه‌های اول و دوم و کشور آمریکا رتبه سوم مقالات را کسب کرده است. این امر در

حالی است که کشور ایران با حدود سه دهه تاخیر، اولین مقاله خود را در سال ۲۰۱۲ به چاپ رسانده که تعداد مقالات ایران تا کنون به ۶۶۰ عدد رسیده است. مقایسه تعداد مقالات ایران و جهان نشان می‌دهد که سهم ایران از کل مقالات دنیا کمتر از ۱ درصد و جایگاه ایران نیز بین کشورهای دنیا، ۳۰ ام است که این آمار در مجموع نمایانگر یک وضعیت نامطلوب و عقب افتادگی برای کشور ایران است. همچنین وضعیت مقالات همگرا بین اینترنت نسل پنجم و نانو نشان داد که مجموع مقالات همگرای منتشرشده در دنیا، ۸۹۰ عدد و سهم ایران از این بخش نیز ۸ عدد است. لذا می‌توان گفت که نه تنها همگرایی بین این دو حوزه بسیار اندک است بلکه تعداد مقالات ایران نیز بسیار ناچیز است .

همچنین ارزیابی مقالات حوزه اینترنت نسل ششم نشان داد، اگرچه در سال ۱۹۸۳ اولین مقاله مرتبط با این حوزه به چاپ رسیده اما تا قبل از سال ۲۰۱۵، مجموعا ۴ مقاله در این حوزه به چاپ رسیده است و عملا می‌توان گفت شروع مقالات این حوزه از سال ۲۰۱۵ بوده و با رشد بالایی به ۱۲۳۴۰ عدد رسیده است. کشور ایران نیز از سال ۲۰۲۰ با انتشار ۶ مقاله به این حوزه ورود کرده است و با انتشار مجموعا ۹۸ مقاله، رتبه ۳۲ ام این حوزه را به خود اختصاص داده است. کشورهای چین و آمریکا رتبه اول این حوزه و کشور هند رتبه سوم حوزه اینترنت نسل ششم را به خود اختصاص داده است. همچنین پایش حوزه‌های همگرا بین نانو و اینترنت نسل ششم نشان داد که مجموع مقالات این بخش، ۲۹۴ مقاله است که حدود ۲ درصد از کل مقالات بوده و همگرایی پایینی محسوب می‌شود. کشور ایران با انتشار ۶ مقاله نیز جایگاه هجدهم را به خود اختصاص داده است.

٤-۲- وضعیت حمایت‌های انجام‌شده در کشور

حمایت‌های بنیاد ملی علم ایران [10] به عنوان اصلی‌ترین نهاد حمایت پژوهشی در سال‌های گذشته از این موضوعات بررسی شد. با توجه به اطلاعات موجود در سامانه این بنیاد، تعداد کل طرح‌های حمایت شده تا زمان پایش این گزارش حدود ۴۸۰۰ عدد بوده است. با استفاده از کلیدواژه‌های اصلی مرتبط با موضوعات شناسایی شده، تعداد طرح‌های حمایت شده در حوزه‌های مختلف مطابق شکل ۱۱ است.



شکل۱۱- مقایسه تعداد طرح‌های حمایت‌شده صندوق از موضوعات منتخب

با توجه به شکل ۱۱ مشاهده می‌شود که موضوعات نانوحسگر، گرافن، نقاط کوانتومی و چارچوب‌های فلز-آلی، به صورت گسترده‌تری نسبت به دیگر حوزه‌ها مورد حمایت قرار گرفته است. همچنین در مقابل حمایت از موضوعات پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر، باتری، کوانتوم و شخصی سازی درمان، گوشت مصنوعی، اینترنت نسل ششم، مواد دوبعدی جدید (از قبیل گرافن و مکسین)، چاپ زیستی سه بعدی و هوش مصنوعی کمتر و بعضاً بسیار اندک و ناچیز بوده است.

۳- نتایج و بحث

جهت تعیین دقیق ماتریس اولویت، تعیین وضعیت سازمان‌ها بین A تا C ضروری است. از طرفی این امر تابع عوامل زیادی بوده که خود نیاز به یک بررسی عمیق‌تر از جمله نگاه به اسناد بالادستی کشور یا موضوعاتی مانند ظرفیت‌های مختلف از جمله انباشت علمی و زیرساخت‌های موجود در کشور را دارد. در نتیجه بدون درنظر گرفتن این موضوع و صرفاً از زاویه دو شاخص دیگر ماتریس اولویت، حوزه‌های زیر جهت توسعه فناوری به ترتیب پیشنهاد می‌شود. بدیهی است که با درنظر گرفتن شرایط جامع جهت تعیین وضعیت نوع ورود به این حوزه‌ها، ترتیب این موضوعات نیز تغییر خواهد کرد.

- شخصی‌سازی درمان (حمایت از بخش‌های مختلف از زنجیره این حوزه)
- محصولات تقویت شده با هوش مصنوعی
- اینترنت نسل پنجم (G۵) و ششم (G۶)

• فناوری‌های کوانتومی

• چاپ زیستی سه بعدی (با تمرکز بر بخش جوهرهای زیستی از زنجیره)

• گوشت‌های مصنوعی

• باتری‌های نسل جدید

• نانوحسگرهای نوظهورمحصولات مبتنی بر پلیمرهای زیست تخریب‌پذیر

• محصولات مبتنی بر گرافن و مواد دوبعدی

• محصولات مبتنی بر چارچوب‌های فلز-آلی (به‌طور خاص در حوزه جذب، جداسازی و خالص‌سازی)

با توجه به پایش مقالات و نتایج آن، اگر چنانچه میزان همگرایی با فناوری نانو در راستای اهداف ستاد توسعه فناوری‌های نانو و میکرو در نظر گرفته شود آنگاه از تعداد موضوعات کاسته شده و به حوزه‌های محصولات تقویت‌شده با هوش مصنوعی، باتری‌های نسل جدید، چاپ زیستی سه بعدی، نانوحسگرهای نوظهور، پلیمرهای زیست تخریب‌پذیر، محصولات مبتنی بر گرافن و مواد دوبعدی و محصولات مبتنی بر چارچوبهای فلز-آلی کاهش خواهد یافت. پایش مقالات برخی از این حوزه‌ها نشان داد که خوشبختانه انباشت دانش خوبی برای این حوزه‌ها در کشور وجود دارد که به موجب آن می‌توان نسبت به توسعه محصولات در این حوزه‌ها خوش‌بین بود.

لازم به ذکر است که با توجه به جایگاه علمی ایران در دو حوزه شخصی‌سازی درمان و اینترنت نسل پنجم/ششم که بسیار از دنیا عقب است، اگر چنانچه قرار باشد به این حوزه ها به صورت تهاجمی ورود شود، برای این امر نیاز به سرمایه گذاری به نسبت سنگین‌تری در مقایسه با دیگر بخش‌ها (صرفاً برای جبران عقب ماندگی) خواهد بود. علاوه بر این، با توجه به شرایط بلوغ فناوری، بخش‌هایی از این حوزه‌ها و پیشرفت‌های دیگر کشورها در زمینه تجاری‌سازی، حتی در صورت سرمایه‌گذاری در نهایت می‌توان به اکتساب بازار ایران و منطقه امیدوار بود و اکتساب بازارهای بین‌المللی تقریبا دور از دسترس است.

با حفظ روند فعلی، فناوری‌های کوانتومی نیز در آینده نزدیک به سرنوشت دو فناوری فوق دچار خواهد شد و تصمیم گیری هرچه سریعتر درباره ورود کلان به این حوزه اهمیت دارد.

بر خلاف موضوعات دیگر، فعلا وضعیت حوزه چاپ زیستی سه بعدی ایران در بین کشورهای جهان، نسبتاً امن است که اگر از اکنون مورد توجه ویزه قرار بگیرد آنگاه کشور ایران می‌تواند در یک دهه آتی در بین کشورهای مطرح باشد.

٤- نتیجه گیری

• بر اساس مطالعات انجام شده در این پژوهش، حوزه‌های نوظهور و آینده‌ساز شناسایی شده در حوزه فناوری نانو، حوزه‌های محصولات تقویت‌شده با هوش مصنوعی، باتری‌های نسل جدید، چاپ زیستی سه بعدی، نانوحسگرهای نوظهور، پلیمرهای زیست تخریب‌پذیر، محصولات مبتنی بر گرافن و مواد دوبعدی و محصولات مبتنی بر چارچوبهای فلز-آلی هستند.

• ایران در دو حوزه شخصی‌سازی درمان و اینترنت نسل پنجم/ششم از دنیا عقب افتاده است و برای جبران این عقب‌ماندگی، سرمایه‌گذاری به نسبت سنگین‌تری در مقایسه با دیگر بخش‌ها نیاز دارد که درآن صورت می‌توان به اکتساب بازار ایران و منطقه امیدوار بود و دستیابی بازارهای بین‌المللی تقریباً دور از دسترس است.

• حفظ روند فعلی در فناوری‌های کوانتومی، منجر به عقب ماندن در این حوزه خواهد شد و تصمیم‌گیری هرچه سریعتر درباره ورود کلان به این حوزه اهمیت دارد.

• با توجه به مطالعه انجام شده، وضعیت حوزه چاپ زیستی سه بعدی ایران در بین کشورهای جهان، به نسبت مناسب است و در صورت توجه ویژه به آن می‌تواند در یک دهه آتی در بین کشورهای مطرح باشد.

مراجع

1. Nazari Zadeh AB-F. Identification, evaluation, and selection of technology in organizations. Defense Industries

Educational and Research Institute Publications; 2012.
2. Available from: https://iupac.org/.
3. Available from: https://www.rand.org/.
4. Pour Ebrahimi A. 20 major technology changes by 2050. Chamber of Commerce; 2017.
5. Macro monitoring of science and technology. Tetra Institute; 2015.
6. Available from: https://www.crunchbase.com/.
7. Understanding Gartner's Hype Cycles. Gartner; 2018.
8. 2030 Advanced Technology from an Asian Perspective. Industrial Technology Research Institute; 2019.
9. Science & Technology Trends 2020-2040. NATO Science & Technology Organization; 2020.
10. The Top 20 Transformational Technologies for 2020. Lux Research; 2020.
11. Available from: https://insf.org/fa.

Nanomeghyas
www.nanomeghyas.ir
نانومقیاس

Emerging Technologies Monitoring: Identification, Evaluation, and Selection for Intelligent Entry into Future-Making Domains

S. Azad Shahraki[1], M. Lotfi Zadeh[2], S.M. Rezayat and A. Askari*

1. Iran Nanotechnology Innovation Council (INIC), Iran, Tehran
2. Amirkabir University of Technology, Iran, Tehran
3. Department of Pharmacology, School of Medicine, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
4. Bone and Joint Reconstruction Research Center, Shafa Orthopedics Hospital, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Abstract: This study presents a comprehensive process for monitoring emerging technologies to identify, evaluate, and select them for intelligent entry into future-making domains. In the first phase, diverse sources, including research institutions, books, and start-ups, were analyzed using a 360-degree approach to identify over 300 emerging topics. Subsequently, Gartner's hype cycle and advanced analytical tools were utilized to evaluate the global and domestic positioning of these technologies. The analysis identified 14 key domains with significant innovation and market potential, such as AI-enhanced systems, advanced batteries, 3D bioprinting, graphene-based products, nanotechnology-driven sensors, and frameworks like metal-organic materials. Furthermore, challenges and opportunities for the adoption and development of these technologies in Iran were highlighted, emphasizing the necessity for targeted investment, policy-making, and fostering R&D ecosystems to bridge existing gaps. The study underscores the importance of structured monitoring and decision-making frameworks to leverage technological advancements and ensure global competitiveness.

Keywords: Technology Monitoring, Emerging and future-oriented fields, Innovative Technologies, Nanotechnology

* aaskari60@yahoo.com