نشریه فرهنگ و ارتقای سلامت فرهنگستان علوم پزشکی
دوره ششم، پاییز ۱۴۰۱، شماره سوم، صفحات ۵۰۴ تا ۵۱۲

پژوهشی

فن‌آوری‌های نوپدید حوزه سلامت و چشم‌انداز آینده: فرصت‌ها و چالش‌ها

مصطفی قانعی[۱]، ایرج نبی‌پور[۲]، حمیدرضا خانکه[۳]، رضا دهنویه[۴]، فاطمه اخوان انوری[۵]، حسین رستگار[۶*]

۱. عضو پیوسته فرهنگستان علوم پزشکی، رییس گروه آینده‌نگری فرهنگستان علوم پزشکی، تهران، ایران، استاد دانشگاه علوم پزشکی بقیه‌الله الاعظم(عج)، دبیر ستاد توسعه زیست فناوری
۲. عضو پیوسته فرهنگستان علوم پزشکی، عضو گروه آینده‌نگری فرهنگستان علوم پزشکی، مرکز تحقیقات زیست فن‌آوری دریایی خلیج فارس، پژوهشکده علوم زیست پزشکی خلیج فارس، دانشگاه علوم پزشکی بوشهر، بوشهر، ایران
۳. عضو پیوسته فرهنگستان علوم پزشکی، استاد، عضو گروه آینده‌نگری فرهنگستان علوم پزشکی، مرکز تحقیقات سلامت در حوادث و بلایا، انشگاه علوم توانبخشی و سلامت اجتماعی، تهران، ایران
۴. عضو گروه آینده‌نگری فرهنگستان علوم پزشکی، رییس مرکز تحقیقات آینده‌نگری و نواوری در سلامت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی کرمان، کرمان، ایران
۵. کارشناس ارشد ویروس‌شناسی، گروه آینده‌نگری، نظریه‌پردازی و رصد کلان سلامت فرهنگستان علوم پزشکی، تهران، ایران
۶. *نویسنده مسئول: عضو گروه آینده‌نگری فرهنگستان علوم پزشکی ، استاد مرکز تحقیقات فرآورده های آرایشی و بهداشتی سازمان غذا و دارو وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی، تهران، ایران، mhrastegar2@yahoo.com

دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۰۳/۳۱ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۸/۰۹

چکیده

زمینه و هدف: از اواخر سده بیستم، مفهوم فن‌آوری‌های نوپدید، شبکه دانشی و حکمروایی آن‌ها، مورد توجه دانشگاهیان، رسانه‌ها و سیاست‌گذاران قرار گرفته‌اند. فن‌آوری‌های نوپدید، توسعه‌های علمی-فن‌آورانه نوین رادیکال، مرزشکن و کمابیش با شتاب تندی می‌باشند که ممکن است اثرات چشمگیر اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی به همراه داشته باشند.

روش: در بحث‌های گروهی با حضور متخصصان حوزه‌های علوم وفن‌آوری (پانل خبرگان) به ثبت دیدگاه‌های آنها در زمینه فن‌آوری‌های نوپدید پرداخته شد. سپس فهرست حاصل از این ذهن انگیزی در پانل خبرگان، به شیوه پیشنهادی ام. سی. روکو ودبلیو اس. بین بریج، در قالب زیر حوزه‌های علوم و فن‌آوری‌های بنیادی گروه‌بندی شد.

یافته‌ها: فرصت‌های چشمگیری درعلوم و فن‌آوری‌های نوپدید مانند هوش مصنوعی، پزشکی از راه دور و سلامت دیجیتالی، مهندسی بافت و پزشکی بازآفرینشی، بیولوژی سینتتیک، ویرایش ژن، فن‌آوری‌های عصبی، زیست حس‌گرها، چاپ سه بعدی و رباتیک برای کسب مرجعیت علمی، ارتقای عدالت و خلق امنیت اجتماعی وجود دارند. ماهیت عمده این فن‌آوری‌های نوپدید آن است که در گستره فن‌آوری‌های همگرا قرار می‌گیرند. از این رو، با خود چالش‌های بحرانی در زمینه‌های ایمنی زیستی و امنیت زیستی می‌آفرینند.

نتیجه‌گیری: فرصت‌های راهبردی در سامانه فن‌آوری‌های بنیادی علم و فن‌آوری یافت می‌شوند که با مدد این فن‌آوری‌های نوپدید می‌توان به پیشرفت‌های شگفت انگیز در گستره سلامت، توسعه دارو و درمان، استقرار عدالت و امنیت اجتماعی دست یافت. از اینرو، راهکارهای دستیابی به فن‌آوری‌های همگرا برای کسب مرجعیت علمی می‌بایست مد نظر قرار گیرند.

کلیدواژه‌ها: چشم‌انداز آینده، فرصت‌ها و چالش‌ها، فن‌آوری‌های نوپدید، همگرایی

مقدمه

گرچه هنوز تعریفی که مورد پذیرش عموم باشد برای فن‌آوری‌های نوپدید در دست نیست؛ امّا این اصطلاح با توسعه‌های علمی-فناورانه نوین رادیکال، مرزشکن و کمابیش با شتاب تند ولی هنوز در حال تولد توأمان می‌باشد که ممکن است اثرات برجسته اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی نیز داشته باشند (۱). امروزه بیش از هر زمانی، مفهوم فن‌آوری‌های نوپدید با انقلاب صنعتی چهارم نزدیکی یافته است. انقلاب صنعتی چهارم را می‌توان با گستره‌ای از فن‌آوری‌های نوپدید تعریف کرد. این انقلاب، جهان های فیزیکی، دیجیتالی و زیستی را به یکدیگر پیوند داده و بر همه رشته‌ها، اقتصاد و صنایع، اثر خود را فرود می‌آورد (۲).

جدول ۱، ویژگی‌های انقلاب صنعتی چهارم در حوزه‌های گوناگون علوم و فنون را نشان می‌دهد.

[Downloaded from ijhp.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.22034/6.3.18]



جدول ۱- ویژگی‌های انقلاب صنعتی چهارم در حوزه‌های گوناگون علوم و فنون

بی‌شک، انقلاب صنعتی چهارم با خود انباشتی بی‌انتها از خلق فن‌آوری‌های نوپدید به ارمغان خواهد آورد که موجب می‌شود رشد و توسعه فن‌آوری‌های نوین از رشد نمایی (Exponential) پیروی کنند. همگی با قانون مور (Moore's Law) آشنایی داریم که مدعی بود افت حجمی ترانزیستورها بر روی یک مدار یکپارچه، اجازه ظهور دو برابر عملکرد مثبت ادوات الکترونیک را در هر سال فراهم می‌آورد؛ اما پیشرفت‌های فناورانه دو دهه اخیر حاکی از آن است که رشد فن‌آوری از آنچه که مور نیز پیش بینی کرده بود فزونی یافته و با نرخ نمایی (Exponential rate) رشد می‌یابد. پیش‌تر دیامندس که بنیانگذار دانشگاه تکینگی و نیز جایزه ایکس است با مشاهده پیشرفت‌های موجود در داده‌های بزرگ (Big data)، پزشکی فردگرایانه (Personalized medicine)، چاپ سه بعدی و هوش مصنوعی، معتقد است که فن‌آوری وارد دوره رشد نمایی خود شده است به گونه‌ای که سرعت آن به اندازه‌ای تند شده است که از قانون مور نیز پیشی جسته است و این خود موجب ایجاد تحولات بنیان برافکن در گستره مراقبت‌های سلامت خواهد شد (۳).

رشد علم و فن‌آوری با نرخ نمایی، انقلاب صنعتی و خلق فن‌آوری‌های نوپدید با یکدیگر چنان آمیختگی مفهومی یافته‌اند که بدون اندیشه پیرامون آن‌ها امکان درک حرکت علم و فن‌آوری در هزاره جدید میسر نخواهد بود. از سوی دیگر، در سی سال آینده، مهمترین مشکلات بشر در حوزه انرژی، آب، غذا، محیط زیست، فقر، تروریسم(جنگ)، بیماری، آموزش، دموکراسی و جمعیت خواهد بود و بهره‌گیری از فن‌آوری‌های نوپدید تنها راه برون رفت از این دشواری‌ها است. درحال حاضر به نظر می‌رسد با بهره‌گیری از فن‌آوری‌های همگرا و پیشرفته مانند بیوتکنولوژی، نانوتکنولوژی، فن‌آوری اطلاعات و علوم شناختی و هوش مصنوعی می‌توان بسیاری از نیازهای حوزه علوم داروسازی و پزشکی را مرتفع کرد. در جایی که این فن‌آروی‌ها با ابزارها و روش‌هایی مانند ژن‌تراپی، سلول‌های بنیادی وسلول درمانی، مهندسی بافت، چاپگر سه بعدی، هوش مصنوعی، بیوانفورماتیک، پزشکی فردی، داروهای با فن‌آوری بالا مانند فرآورده‌های نوترکیب، مونوکلونال آنتی بادی، micro_RNA، mRNA، آپتامر، پپتیدهای نوین، رادیوداروها و واکسن‌های اسید نوکلئیکی و پروتئینی یا واکسن‌های خوراکی، رفع ناباروری و کلونینگ، فرآورده‌های نانو، فرآورده‌های بیومتریال‌های هوشمند، مواد و روش‌های نوین دندانپزشکی و فن‌آوری‌های نوین تشخیصی و آزمایشگاهی بالینی و فن‌آوری بیورزونانس، تصویربرداری، تجهیزات پزشکی و سیستم‌های مبتنی بر میکروفلوئیدیک و حسگرهای زیستی و همچنین محصولات فناورانه غذایی ، دریایی و آرایشی و بهداشتی و بطور کلی در یک جبهه وسیع با بهره‌گیری از فن‌آوری اطلاعات می‌توانیم انقلاب بزرگی را در حوزه پزشکی و داروسازی به همراه داشته باشیم که تمام این فن‌آوری‌ها را امروزه به نام فن‌آوری‌های نوین یا ابرروندهای بنیان برافکن در حوزه‌های علوم و فن‌آوری می‌شناسند؛ چنانچه در سال ۲۰۵۰ می توان شاهد شکوفایی غیر قابل تصور و حداکثری این علوم و فن‌آوری‌های نوین و همگرا و تغییرات غیر قابل باور در حوزه پزشکی و داروسازی باشیم به طوری که علوم پزشکی و داروسازی فعلی در آینده ۲۰۵۰ از جهاتی علوم سنتی شناخته خواهد شد (۴).

در چنین پارادایم فن‌آورانه‌ای است که انسان‌ها افزایش طول زندگی و توان مغزی و فیزیکی خود را به گونه‌ای تجربه خواهند کرد که پیش از این در طول تاریخ تکامل خود با آن روبرو نبوده‌اند. این فضایی است که

[Downloaded from ijhp.ir on 2026-11-15]
[DOI: 10.22034/6.3.18]

پرتوهای آن از سال ۲۰۳۰ خواهد درخشید و در سال ۲۰۵۰ نیز جهان بیولوژیک و فیزیکی ما را دگرگون خواهد کرد و با شکلی از پزشکی و طبابت روبرو خواهیم شد که مفاهیم و رهیافت‌های کنونی موجود در دانش و عملکرد طبّ جاری، دیگر پاسخ‌گوی آن نخواهند بود و پزشکی به سوی پزشکی فرادقیق سوق می‌یابد.

پزشکی فرادقیق، رهیافتی در پزشکی است که تفاوت‌های ژنی افراد، محیط زیست و شیوه زندگی آن‌ها را مدنظر قرار می‌دهد و این هدف را با بازتعریف آگاهی ما از آغاز و پیشرفت، پاسخ درمانی و پیامدهای سلامت، از طریق اندازه‌گیری‌های دقیق ملکولی و عوامل محیط زیست و رفتاری که در سلامت و بیماری نقش دارند، فراهم می‌آورد. بدون تردید، پیشرفت‌های فن‌آوری‌های امیکس مانند ژنومیکس، فن‌آوری‌های گردآوری داده‌ها و ذخیره‌سازی آن‌ها، آنالیز رایانه‌ای و کاربردهای سلامت فن‌آوری تلفن هوشمند طی دهه گذشته، رشد بی‌امان پزشکی فرادقیق را امکان‌پذیر کرده‌اند. برای نیل به چنین هدفی، در پزشکی فرادقیق آینده تلاش می‌شود که الگوی سلامت و بیماری هر انسان بر اساس چندین لایه اطلاعات ترسیم شود. این لایه‌های اطلاعاتی از همه فن‌آوری‌های امیکس دهگانه که می‌شناسیم از ژنومیکس تا فیزیوم، اکسپوزوم، فنوم و ترسیم نگار اجتماعی Social graph برگرفته می‌شوند. در قلب این فن‌آوری‌ها، فن‌آوری‌های بسیار پیچیده، همگرا و نوپدیدی نهفته‌اند که ظهور و پیدایی آن‌ها با فرصت‌ها و چالش‌های فراوانی همراه می‌باشند (۳). چنین است که حکمروایی فن‌آوری‌های نوپدید خود به یک مقوله جذاب و بسیار فزاینده از دید رقابتی در سیاست علم و فن‌آوری کشورها تبدیل شده است. پرداختن به چالش‌ها در این زمینه از منظر عدم قطعیت‌ها درباره فرصت‌ها و خطرات شامل ایمنی درازمدت این فن‌آوری‌ها و اثرات زیست محیطی و اقتصادی-اجتماعی آن‌ها، موضوع کنکاش قرار گرفته‌اند.

روش

مطالعه مربوط به این پژوهش از نوع تحلیلی و توصیفی است که در فاز اول از طریق جمع‌آوری اطلاعات از پایگاه‌های داده‌های اطلاعات الکترونیکی تحت وب و PubMed با کلید واژه فن‌آوری‌های نوپدید در حوزه‌های علوم پزشکی و زیست پزشکی صورت پذیرفت. در فاز دوم با طرح موضوع و ارایه نتایج فاز اول در بحث‌های گروهی با حضور متخصصان حوزه‌های علوم وفن‌آوری (پانل خبرگان) به ثبت دیدگاه‌های آنها با چشم انداز آینده در زمینه فن‌آوری‌های نوپدید پرداخته شد. آن‌گاه فهرست حاصل از این ذهن انگیزی در پانل خبرگان، به شیوه ام. سی. روکو ودبلیو اس. بین بریج (۵)، در قالب زیر حوزه‌های علوم و فن‌آوری‌های بنیادی (Foundational Science and Technology)، گروه‌بندی شد. درنهایت در فاز سوم، راهبردهای عملیاتی در دستیابی به توسعه و بکارگیری مدبرانه فن‌آوری‌های نوپدید و نوین حوزه سلامت ارائه شد.

نتایج

افراد شرکت کننده در پانل خبرگان به مزایا و فرصت‌های در پیوست با فن‌آوری‌های نوپدید به شرح ذیل اشاره کردند:

مزایا و فرصت‌های ملی در کسب و دستیابی به فن‌آوری‌های نوظهور و نوین

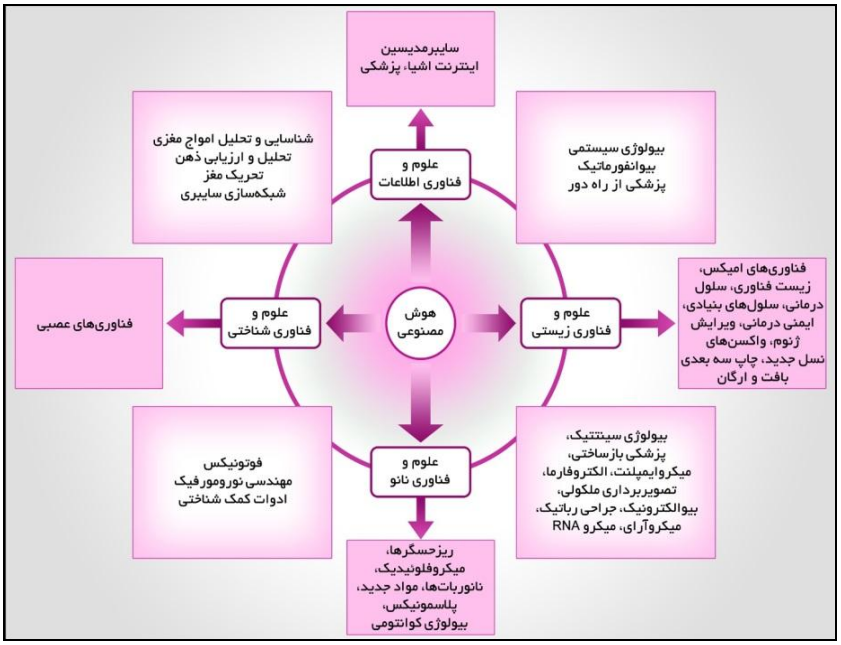
۱. کسب جایگاه مناسب و شایسته در سطوح ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی؛
۲. عدم وابستگی به سایر کشورها برای بهره‌مندی از محصولات و خدمات فن‌آوری نوین؛
۳. دستیابی به جدیدترین و بروزترین فن‌آوری‌های جدید در داخل کشور؛
۴. امکان مشارکت و اجرای طرح‌های مشترک با سایر مراکز فن‌آوری دنیا؛
۵. کسب بازارهای منطقه‌ای و جهانی و ارتقای GDP کشور؛
۶. ارتقای توریست سلامت و ممانعت از خروج بیماران برای درمان به خارج کشور؛
۷. حفظ نخبگان و ممانعت از مهاجرت آنها به خارج از کشور؛
۸. امکان کسب مرجعیت فن‌آوری در سطوح ملی، بین‌المللی و منطقه‌ای؛
۹. رونق بازار و کسب و کار سلامت در داخل کشور و صادرات خدمات و کالاهای فن‌آورانه به خارج از کشور؛
۱۰. رقابت با کشورهای معتبر و مطرح در حوزه فن‌آوری؛
۱۱. امکان آموزش‌های لازم در حوزه فن‌آوری و ایجاد مرجعیت فن‌آوری در داخل کشور؛
۱۲. ارتقای امنیت ملی حوزه سلامت و گسترش عدالت اجتماعی در سطح جامعه.

افراد شرکت‌کننده در پانل خبرگان، فهرست اولیه علوم و فن‌آوری‌های نوپدید در گستره علوم پزشکی را اولویت سنجی کرده و به شیوه طوفان فکری آن‌ها را در زیر حوزه‌های علوم و فن‌آوری‌های بنیادی (زیستی، شناختی، اطلاعاتی و نانویی) و سامانه فن‌آوری‌های همگرا بنیادی علم و فن‌آوری (به اختصار (NBICA)، گروه‌بندی کردند. همان‌گونه که در شکل ۱ مشاهده می‌شود پاره‌ای از این علوم و فن‌آوری‌ها در بخش علوم و فن‌آوری‌های بنیادی و برخی دیگر نیز در حد فاصل همگرایی متقاطع علوم و فن‌آوری‌های بنیادی قرار گرفتند.

نکته حائز اهمیت در این فاز از مطالعه این است که بسیاری از این علوم و فن‌آوری‌های نوپدید، در مدار چرخشی در میان این حوزه‌های چهارگانه علوم و فن‌آوری‌های بنیادی، جای گرفتند؛ به زبان دیگر، چنین به نظر می‌رسد که این علوم و فن‌آوری‌های نوپدید بیشتر ماهیت علوم و فن‌آوری‌های همگرا NBICA دارا می‌باشند.

پانل خبرگان به چالش‌های حرکت به سوی فن‌آوری‌های نوپدید به شرح ذیل نیز پرداختند:

[Downloaded from ijhp.ir on 2026-11-15]
[DOI: 10.22034/6.3.18]



شکل ۱- علوم و فن‌آوری‌های کلیدی و نوپدید در حال توسعه در حوزه‌های علوم پزشکی

تهدیدها و چالش‌های بالقوه در کسب و دستیابی به فن‌آوری‌های نوظهور و نوین

- عدم حفظ اسرار بیماران و امنیت اجتماعی آن‌ها؛
- عدم امکان عدم دسترسی و بهره‌مندی همگانی ازخدمات فن‌آورانه و خدشه بر عدالت اجتماعی بیماران؛
- کاهش شدید ارتباطات حضوری خانوادگی و اجتماعی با توجه به گسترش خدمات مجازی و فن‌آورانه؛
- تخریب محیط زیست و فجایع طبیعی ناشی از توسعه فن‌آوری؛
- دستکاری‌های ژنتیکی و فجایع غیر قابل کنترل در سطوح مختلف اجتماعی؛
- گسترش حوزه تروریسم و بیوتروریسم با بکارگیری ناصحیح و غیرمتعارف از فن‌آوری‌های نوین؛
- دور شدن از اهداف متعالی انسانی با بکارگیری ناصحیح و مخرب از فن‌آوری‌های نوین.

در فاز نهایی، خبرگان در پانل به راهبردهای عملیاتی در دستیابی به توسعه و به کارگیری فن‌آوری‌های نوپدید و نوین در حوزه سلامت نیز اشاره کردند که این راهبردها شامل موارد ذیل می‌باشند:

راهبردهای عملیاتی در دستیابی به توسعه و به‌کارگیری فن‌آوری‌های نوظهور و نوین حوزه سلامت:

۱. برنامه‌ریزی و مدیریت هدفمند در توسعه و بکارگیری فن‌آوری‌های نوظهور و نوین حوزه سلامت؛
۲. ایجاد یا گسترش زیرساخت‌های دانشگاهی، تحقیقاتی و صنعتی در حوزه فن‌آوری‌های نوظهور و نوین؛
۳. همگرایی ظرفیت‌های مختلف موجود در حوزه‌های مختلف کشور برای دستیابی به فن‌آوری‌های نوین؛
۴. تقویت و توسعه مراکز حمایتی از استارتاپ‌ها، شتاب‌دهنده‌ها، مراکز تولیدی در حوزه‌های فن‌آوری‌های نوین؛
۵. پیاده‌سازی راهبردهای همگرایی علم، فن‌آوری و جامعه در کشور به منظور هدفمندسازی تحقیقات پایه و کاربردی به سمت تجاری سازی دستاوردهای حاصل تحقیقات همگرا و خروجی‌های میان رشته‌ای در حوزه فن‌آوری‌های نوین و نوظهور؛
۶. گسترش رهیافت های میان رشته‌ای برای مشارکت حوزه‌های علوم پزشکی و غیر علوم پزشکی در دستیابی و بهره‌مندی حداکثری از فن‌آوری‌های نوین برای حرکت به سمت پزشکی فرادقیق و حوزه سلامت دیجیتالی و هوش مصنوعی؛
۷. گذار از بیولوژی سیستمی به پزشکی سیستمی و پیاده‌سازی پزشکی فرا دقیق و بیولوژی سینتتیک در کشور؛
۸. اجرایی‌سازی کامل سندهای ملی و مستندات کاربردی در حوزه فن‌آوری‌های نوین؛
۹. تحولات بنیادی در سطوح دانشگاهی، صنایع و سیستم‌های نظارتی در حوزه‌های فن‌آوری‌های نوین و نوظهور و الزام به مسئولیت‌پذیری آنها؛
۱۰. حمایت عملی و ملموس از نخبگان، متخصصان و استادان فن در توسعه و گسترش فن‌آوری‌های نوین و اجرای برنامه‌های مؤثر و کارآمد در ممانعت از مهاجرت آن‌ها؛
۱۱. فراهم آوردن امکان جذب نخبگان ایرانی مقیم خارج از کشور توسط دانشگاه‌ها و مراکز علمی؛

[Downloaded from ijhp.ir on 2026-11-15]
[DOI: 10.22034/6.3.18]

۱۲. افزایش امکان و تسهیل فرایند به‌کارگیری دانش‌آموختگان در حوزه‌های فن‌آوری، آموزشی و تحقیقاتی؛
۱۳. افزایش حمایت اجتماعی از جوانان، زنان و زوج‌های جوان با گسترش و بکارگیری علوم و فن‌آوری‌های نوین؛
۱۴. توسعه ارتباطات بین‌المللی به منظور شکل‌گیری شبکه‌های تحقیقاتی کاربردی و فن‌آورانه با مشارکت نخبگان؛
۱۵. افزایش شفافیت در فرآیندها و جلب مشارکت مردم با بهره‌مندی از فن‌آوری‌های نوین در تمامی امور به منظور افزایش اعتماد و سرمایه اجتماعی؛
۱۶. مبارزه همه جانبه با فساد، تضاد منافع و رانت و تقویت شایسته‌سالاری با کمک ساختارهای فن‌آورانه برای دستیابی عدالت در جامعه؛
۱۷. جلب سرمایه‌گذاری داخلی و خارجی در مناطق محروم با راهکارهای تشویقی و معافیت‌های مرتبط به منظور تسهیل توسعه و اشتغال‌زایی جوانان و تقویت ومشارک شرکت‌های دانش بنیان و هسته‌های فن‌آور در برنامه‌های مربوطه؛
۱۸. آسیب‌شناسی و تقویت نظام نوآوری فن‌آوری‌های سلامت در سطح ملی و مناطق آمایشی کشور با مشارکت همه بازیگران این نظام؛
۱۹. رصد مداوم فن‌آوری‌های نوظهور و افق‌یابی فن‌آوری‌های سلامت برای افزایش هوشیاری نظام سلامت در حوزه فن‌آوری‌های نوظهور؛
۲۰. انجام مطالعات آینده‌نگر در خصوص اثرات فن‌آوری‌های کلیدی بر نظام سلامت و تدوین نقشه راه مواجهه با این فن‌آوری‌ها؛
۲۱. تقویت جایگاه ارزیابی فن‌آوری سلامت در نظام سیاست‌گذاری حوزه سلامت و ایجاد زیرساخت‌های لازم برای آن؛
۲۲. تدوین قوانین و مقررات لازم برای حوزه‌های مغفول واقع شده فن‌آوری‌های سلامت؛
۲۳. آموزش و اطلاع‌رسانی فراگیر برای ارتقای فرهنگ استفاده از فن‌آوری‌های نوین در ذینفعان مختلف اعم از سیاست‌گذاران، ارایه‌دهندگان و جامعه؛
۲۴. تقویت ساختار کل نگر در علوم پزشکی کشور برای رشد متوازن فن‌آوری در حوزه‌های مختلف؛
۲۵. فراهم سازی امکان استفاده عادلانه از فن‌آوری‌ها و برنامه‌ریزی مناسب برای توسعه و توزیع فن‌آوری‌های سلامت در کشور؛
۲۶. تدوین مکانیزم‌های نظارتی مناسب برای استفاده منطقی و هدفمند از فن‌آوری‌ها توسط ارایه دهندگان خدمت و جلوگیری از تقاضای القایی؛
۲۷. تقویت ارتباطات بین مراکز، دانشگاه‌ها و مناطق آمایشی و دیدن بخش خصوصی درکنار بخش دولتی برای استفاده منطقی‌تر از فن‌آوری‌های نوظهور.

بحث

از اواخر سده بیستم، مفهوم فن‌آوری‌های نوپدید، گستره‌های موردنظر و حکمروایی آن‌ها، مورد توجه دانشگاهیان، رسانه‌ها و سیاست‌گذاران قرار گرفته‌اند. این مفهوم همچنین نیرومندانه به گستره میان رشته‌ای ارزیابی فن‌آوری (Technology assessment) ، پژوهش‌های در پیوست با پایداری (Sustainability Research) و فعالیت‌ها و بحث‌ها درباره پژوهش و نوآوری (Responsible Research and Innovation) چنگ می‌اندازد (۱). ایالات متحده آمریکا، شناسایی فرصت‌های حاصل از فن‌آوری‌های نوپدید را برای امنیت و رشد اقتصادی بحرانی محسوب کرده است. پایگاه نوآوری امنیت ملی ایالات متحده آمریکا United States National Security Innovation Base (NSIB) در ذیل استراتژی امنیت ملی این کشور به صورت شبکه دانش، توانمندی‌ها و مردم (شامل دانشگاهیان، آزمایشگاه‌های ملی و بخش خصوصی) تعریف شده است که هدف این پایگاه تبدیل ایده‌ها به نوآوری‌ها، کشفیات به محصولات و شرکت‌های تجارتی موفق، افزایش سبک زندگی آمریکایی و حفاظت از آن است (۶).

شورای نوآوری اروپایی (European Innovation Council; EIC) در سال ۲۰۲۲ نیز به شناسایی فن‌آوری‌های نوپدید و نوآوری‌های مرزشکن پرداخته و رویکرد خود را در این سال انتشار داده است (۷). توجه به این فن‌آوری‌ها به ویژه طی دو سال گذشته که جهان با همه‌گیری ویروس کرونا روبرو بوده است بسیار مورد توجه شورای نوآوری اروپایی قرار گرفته است و از دیدگاه این شورا، برای رویارویی با چالش‌های روز افزون جهان معاصر به همکاری‌های فراگیر اروپایی و بین‌المللی در بخش سلامت و بخش‌های وابسته نزدیک به آن نیاز است. شورای نوآوری اروپایی در گستره پیچیده سلامت و مراقبت‌های مربوطه، گستره‌ای از فن‌آوری‌های نوپدید و نوآوری‌های مرزشکن را مورد شناسایی قرار داده است که از پژوهش‌های نوین در حوزه مهندسی بافت و پزشکی بازآفرینشی (Regenerative medicine)، کاردیوژنومیک (Cardiogenomics)، کشف دارو با توان هوش مصنوعی، ادوات تشخیصی همراه سرطان، سلول درمانی، ژن درمانی، بیولوژی سینتتیک، درمان های وابسته به RNA، تا نقشه‌های داده‌های بزرگ چند مارکری را پوشش می‌دهد (۷). مقایسه فهرست مورد توجه شورای نوآوری اروپایی با فهرست به دست آمده از طریق پانل خبرگانی ایرانی که ما در این پژوهش به دست آوردیم نشان‌دهنده یک همسانی و هم پوشانی منحصر به فرد میان آن دو می‌باشد.

در سال ۲۰۲۲ نیز سازمان بهداشت جهانی (WHO) نیز به فن‌آوری‌های نوپدید توجه نشان داده و یک پیمایش ویژه در گستره سلامت عمومی را ارائه کرد که حاصل آن شناسایی ۱۵ فن‌آوری نوین و نوپدید و پیشرفت‌های علمی است که آن‌ها اثر چشمگیری را طی دو دهه آینده بر حوزه سلامت فرود می‌آوردند (۸). بررسی در اولویت‌های مورد نظر سازمان بهداشت جهانی در گستره فن‌آوری‌های نوپدید نشانگر رویکرد این سازمان به این فن‌آوری‌ها و

[Downloaded from ijhp.ir on 2026-11-15]
[DOI: 10.22034/6.3.18]

نوآوری‌ها در چهارچوب زمانی یک دوره ده ساله است کـه پزشـکی از راه دور، درمان‌های بر پایه میکروبیوم، شیوه‌های تشخیصی بر پایه حس‌گرهای زیستی، درمان فاژ مهندسـی شـده ژنتیکـی (Geneticaly engineered phage therapy)، تـا سلامت دیجیتالی و سامانه‌های حمایت منطقی بالینی توانمند یافته بـا هـوش مصنوعی را پوشش می‌دهد (۸).

فـورم اقتصـادی جهـان (World Econmic Forum) نیـز بـه‌تـازگی ده فن‌آوری نوپدید برتر جهان در سـال ۲۰۲۱ را انتشـار داده اسـت (۹). در میان این ده فن‌آوری برتـر چهـار فـن‌آوری نوپدیـد در حـوزه پزشـکی و داروسازی می‌باشند کـه شـامل: حـس‌گرهـای تنفسـی بـرای تشـخیص بیماری‌ها، ساخت دارو بر پایه تقاضا، مهندسی سالخوردگی بهتـر و ادوات نشانگر زیستی به صورت بی‌سیمی می‌شوند (۹).

خدمات ملّی سلامت (NHS) انگلستان نیز چهار گستره فن‌آورانه بـزرگ را که با خود فن‌آوری‌های نوپدیدی برای خدمات سلامت و پزشـکی بـه ارمغـان آورده‌اند مورد شناسایی قرار داده است کـه در حـوزه‌هـای ژنومیـک، پزشـکی فرادقیق، مراقبت‌های از راه دور و هوش مصنوعی قرار می‌گیرند (۱۰).

دیده‌بانی کلان فن‌آوری‌های نوپدید در گستره سلامت و پزشکی توسط پژوهشگران، بر نقش هوش مصـنوعی و فـن‌آوری‌هـای دیجیتـال، واقعیـت افزوده و مجازی (VR/AR)، اینترنت اشیاء پزشـکی، رباتیـک و دسـتاوردهای انقـلاب صـنعتی چهـارم صـحه مـی‌گذارنـد (۱۱، ۱۲). ارزیـابی ماهیـت فن‌آوری‌های مرزشکن نوپدید حاکی از آن است که ماهیت این فـن‌آوری‌هـا بیشتر از حوزه‌های بنیادی چهارگانه (زیستی، شناختی، اطلاعاتی و نـانویی) گذر کرده و به سامانه فـن‌آوری‌هـای همگـرا بنیـادی علـم و فـن‌آوری (بـه اختصار NBICA) (Nano-Bio-Info Cogno-AI) میل کرده است. ایـن سـامانه از یکپارچه‌سازی میان حوزه‌ای و سلسله مراتبی بلوک‌های ساختمانی گوناگون بنیادی (بیت‌ها، نرون‌ها، ژن‌ها، اتم‌ها و کیوبیت‌ها) ساخته می‌شود (۵). خلق این سامانه فن‌آوری‌های همگرا بنیادی علم و فـن‌آوری کـه از آن بـا عنـوان انقلاب همگرایی یاد می‌کنند، یک جابجایی پارادایمی است.

شاید نخستین بار توجه جامعه علمی براساس یافتـه‌هـای همـایش ژوئـن ۲۰۰۲ میلادی که توسط برنامه پیشاهنگ نانوفن‌آوری ملی آمریکا برگزار شـد و نتایج آن به صورت گزارشی تحت عنوان «فن‌آوری‌های همگرا برای بهبـودی کارایی انسان» درباره همگرایی فن‌آوری‌های نانویی، زیستی، اطلاعـات و علـوم شـناختی (NBIC) توسـط روکـو و بـین بـریج (Roco & Bainbridge) در سـال ۲۰۰۳ میلادی انتشار یافت، به سوی این فن‌آوری‌هاجلب شد. در این گـزارش، از پردازنده‌های زیست نانویی، خود پایشـی تندرسـتی فیزیولوژیـک و اخـتلال عملکردی، با به کارگیری ادوات کاشت نانویی، روبوت‌هـای نـانویی، گونـه‌هـای گوناگون ارتباط شنیداری و بینایی برپایه سکوهای چندنمایی، همچنین ایجـاد سطح تماس (واسط) مغز با مغز، مغز با ماشین، خلق محیط‌هـای مجـازی بـه صورت جغرافیا و محیط‌های مجازی رئالیستیک، به تفصیل بحث شـده اسـت. برای مثال، فن‌آوری زیستی در پناه علوم شناختی می‌تواند سطح تماس بـرای انسان ایجاد کند که او بتواند فضاهای مجازی را با شدت هر چه بیشـتر تجربـه کند. از اینرو، این فن‌آوری‌های همگرا می‌توانند از مرزهای حـس انسـان گـذر کرده و برای انسان در برخورد با محیط فیزیکی، سطح ارتباط جدیدی را خلـق کنند. این اندیشه‌ها درباره دستاوردهای فن‌آوری‌های همگـرا چنـان انقلابـی و شگفت آور بود که گروه ETC، بسته فن‌آوری‌های همگرا NBIC (نانو، بیـو، انفـو و شـناختی Cogno) را انفجـار کوچـک (Little Bang) نـام نهـاد. زیـرا عناصـر و بلوک‌های ساختمانی مانند بیت‌ها، اتم‌ها، نرون‌ها و ژن‌ها، چنان بـا یکـدیگر در هم آمیختگی می‌یابند که شگفتی‌های برخاسـته از مهبانـگ (Big Bang) را در ذهن نقش می‌بندند (۱۳-۱۵).

فن‌آوری‌های همگرا که حاصل گذار از مرز رشته‌ای و یکپارچه‌سازی ابزارها و روش‌های علمی در گسـتره‌ای از علـوم سـلامت، فیزیـک، ریاضـیات، علـوم محاسبه‌ای و رشته های مهندسی است، نقش بـی‌همتـایی در رشـد و توسـعه پزشکی نوین و خلق رشته‌های جدید فراهم آورده‌اند. بـی‌شـک، پیشـگامی در فن‌آوری‌های همگرا می‌تواند دانشگاه‌های علوم پزشکی کشـور را در راه کسـب مرجعیت علمی شتاب دهد. همان‌گونه که شکل ۱ نشان می‌دهد، فن‌آوری‌های نوپدید مورد اشاره از سوی خبرگان در پژوهش ما نیز بیشتر از جـنس همگـرا می‌باشند و لذا برای دستیابی به این فن‌آوری‌های نوپدید همگرا می‌بایسـت بـه تدوین طرح عملیاتی و راهکارهای عملکردی اقدام کرد. ما در پیش از ایـن، در پیش نویس نقشه راه فن‌آوری‌های همگرا در دانشگاه‌های علوم پزشـکی بـرای کسب مرجعیت علمی، به این طرح عملیاتی پرداخته بودیم (۱۶).

در این طرح عملیاتی، به ده راهکار برای توسعه و گسترش همگرایـی علم و فن‌آوری در سطح کشور اشاره شده است (جدول ۲). در این طـرح عملیاتی تشکیل گروه‌های میان رشته‌ای، کمیته همگرایی، آزمایشگاه‌های میان رشته‌ای، مرکز دیده‌بانی فن‌آوری‌های همگرا، ایجاد پلاتفورم (سـکو) فن‌آوری‌های همگرا، جایزه همگرایی، تدوین پروژه‌های کلان پیشاهنگ در زمینـه همگرایـی، آمـوزش همگرایـی و تربیـت نسـل جـوان پژوهشـگر میان‌رشته‌ای و سرمایه گذاری بر پایه گستره‌های فـن‌آوری‌هـای همگـرا، مورد تأکید قرار گرفته اند (۱۶).

اکثر فن‌آوری‌های نوپدید مورد اشاره در پژوهش ما را می‌توان در یکی از پنج پارادایم همگرایی عملکـردی در حـوزه پزشـکی کـه مـورد توجـه اندیشکده‌های مطرح جهان قرار گرفته‌اند (۱۷)، جای داد. این پنج پارادایم آینده شامل یادگیری ماشین و هوش مصنوعی در حوزه توسعه و غربالگری دارو، آنالیز داده‌ها و بازی‌سازی (gamification) و واقعیت افـزوده در حـوزه تشخیص و درمان‌های دیجیتالی، ردیابی ژنومیـک، نشـانگرهای زیسـتی، چاپ سه بعدی و رباتیک در حوزه درمـان‌هـای فردگرایانـه و اقـدامات بـا پزشکی فرادقیق، ژنومیک، تصـویربرداری ملکـولی، زیسـت حـس‌گرهـا و یـادگیری ماشـین در حـوزه حمایـت‌هـای تصـمیمی (Decision support)، پزشکی راه دور با اسـتفاده از ویـدئو، پـایش در خانـه و ادوات تشخیصـی خانگی در حوزه پیشگیری و تشخیص زودرس، می‌باشند (۱۷).

[Downloaded from ijhp.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.22034/6.3.18]



جدول ۲- راهکارهایی برای رهیافت همگرایی علم و فن‌آوری

در پروژه پژوهشی هدایت شده توسط فرهنگستان علوم پزشکی جمهوری اسلامی ایران برای ترسیم سناریو پزشکی آینده و تدوین نقشه راه فن‌آوری در حوزه پزشکی و جهت گیری به سوی سلامت دیجیتالی همراه با کاربرد هوش مصنوعی در گستره نظام سلامت تاکید شده است (۱۸). چشم‌انداز سلامت دیجیتالی را می‌توان در کاربرد فراگستر فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات در جوامع دیجیتالی با کاربرد هوش مصنوعی، ربات‌ها، یادگیری ماشین، اینترنت اشیاء، برنامه‌های کاربردی سلامت، واقعیت مجازی و سامانه‌های آنالیتیک دانست که بر «تندرستی» تمرکز یافته‌اند. همانند دیگر بخش‌های کسب‌وکار و جهان تجارت، در سلامت دیجیتالی نیز شهروندان انتظار دارند که خدمات سلامت خود را در هر زمان و مکان که نیاز داشته باشند، دریافت کنند. سلامت دیجیتالی در این منظر بر مشتری‌مداری (در مرکز قرار دادن بیمار در سطح مراقبت‌های سلامت) هماهنگ با شیوه‌های زندگی تمرکز کرده و امکان پیوند یافتگی منابع جدید اطلاعاتی (مانند داده‌های شبکه‌های اجتماعی، زیست حس‌گرها و حس‌گرهای پوشیدنی) را به سامانه‌های سلامت، فراهم می‌سازد(۱۹). هم اکنون سلامت دیجیتالی،غنایی از امکانات را برای شکل دهی به آینده ارایه مراقبت‌های اولیه سلامت (PHC) و تضمین عملکرد کارآمد آن در گستره سلامت عمومی ارایه کرده است که شامل حوزه‌های آموزش، سیاست‌گذاری سلامت و همچنین الگوهای جدید ارتباط با بیماران، توانمندسازی و درگیر کردن آن‌ها در فرآیند سلامت است (۲۰). پرونده الکترونیک سلامت برای اهداف (PHC) ضروری است و ضمن ارایه اطلاعات بلادرنگ سلامت، برای هر بیمار، امکان تصمیم‌سازی برای بهبود عملکرد (PHC) را به ویژه اگر از فضای فن‌آوری ابر (cloud) برای داده‌های سلامت استفاده شود، امکان پذیر می‌کند (۲۱،۲۲ و۲۳).

با بررسی پارادایم‌های آینده آشکار می‌شود که چگونه اینترنت اشیاء (IoT)، داده‌های بزرگ (Big data) و هوش مصنوعی می‌توانند در همگرایی با فن‌آوری‌های نوپدید انقلابی عظیم را در نوآوری باز و اقتصاد دانش بنیان خلق کنند (۲۴).

همان‌گونه که در پژوهش ما آشکار شد، در رویارویی با فن‌آوری‌های نوپدید چالش‌هایی وجود دارند که طیفی را از موضوعات از جمله: برابری و عدالت، در برگیرندگی آحاد جامعه، مسئولیت‌پذیری، شفافیت و پاسخ‌گویی را شامل می‌شوند که یک مجموعه ارزشی را سامان می‌دهند. عدم رعایت این ارزش‌ها ممکن است اثرات منفی را بر توسعه فن‌آورانه ایجاد کنند؛ زیرا این فن‌آوری‌های نوپدید نمی‌بایست نابرابری‌های اقتصادی-اجتماعی موجود را تشدید کنند و بر تخریب محیط زیست بیفزایند (۲۵). این چالش‌ها با خود نه تنها مسایل فن‌آورانه در پیوست با فن‌آوری‌های خلق می‌کنند؛ بلکه چالش‌های انسانی بسیار مهمی را نیز مطرح می‌کنند (۲۶، ۲۷).

در بعد انسانی این چالش‌ها، مسئله پذیرش فن‌آوری‌های نوپدید و یکپارچه کردن آن در سامانه‌های جاری مطرح می‌باشد. امّا شاید مهم‌ترین مسئله همان طور که خبرگان در این پژوهش اشاره کردند حفظ محرمیت شخصی، حفظ اسرار بیماران و امنیت اجتماعی است. این مقوله به ویژه با کاربرد روزافزون و گسترده بانک‌های اطلاعاتی و شکل‌گیری داده‌های بزرگ و تجزیه و تحلیل آن‌ها با هوش مصنوعی به صورت فزاینده‌ای خودنمایی می‌کند؛ زیرا محرمیت، حفاظت از اطلاعات شخصی و ایمنی داده‌ها از چالش‌های برجسته در کاربرد هوش مصنوعی در گستره سلامت می‌باشند (۲۸).

از چالش‌های دیگر در مواجه با فن‌آوری‌های نوپدید در حوزه فن‌آوری‌های زیستی، بحث ایمنی زیستی و امنیت زیستی، به ویژه در بیولوژی سینتتیک است. ایمنی زیستی به شیوه بازداری و دیگر اقداماتی می‌پردازد که کارکردن ایمن یا کاربرد عوامل بیولوژیک بالقوه خطرناک را تضمین می‌کنند. منطق اخلاقی کلیدی در ایمنی زیستی، حفاظت از زیان و ضرر است و از این رو بسیار مهم است که این اقدامات، تضمین کنند که

[Downloaded from ijhp.ir on 2026-11-15]
[DOI: 10.22034/6.3.18]

محصولات بیولوژیک سینتتیک برای جمعیت‌های انسانی یا محیط زیست، خطرآفرین نمی‌باشند. امنیت زیستی به پیشگیری از استفاده نادرست مانند از دست دادن، سرقت، انحراف یا رهاسازی عمدی پاتوژن‌ها، توکسین‌ها و دیگر مواد زیستی نظر دارد (۲۹).

در بخش انتهایی این پژوهش، ما به راهبردهای عملیاتی در دستیابی به توسعه و به‌کارگیری فن‌آوری‌های نوپدید و نوین در حوزه سلامت پرداختیم. این راهبردها را می‌توان در گروه‌های الف/ زیرساختی، ب/ رویکردی، ج/ آمایش سرزمینی و د/ عملکردی تقسیم‌بندی کرد. در گروه «زیر ساختی» چنین به نظر می‌رسد که می‌بایست به نیروی انسانی بسان سرمایه « سرمایه انسانی » نگریسته شود که می‌تواند به عنوان نیروی محرکه دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی و صنعتی نقش ایفا کند (۲۷). حرکت دانشگاه‌ها به سوی دانشگاه‌های نسل سوم همراه با پذیرش انقلاب صنعتی چهارم به عنوان یک بستر مناسب برای دیده‌بانی فن‌آوری‌های نوپدید و برتر و پیاده سازی ایده‌های نوآورانه می‌تواند یک راهبرد اصلی در گروه زیرساختی قلمداد شود (۳۰). در گروه راهبردی «رویکردی»، میل به سوی پژوهش‌های میان رشته‌ای و فرارشته‌ای و توجه به فن‌آوری‌های همگرا در حوزه زیست پزشکی باید مدنظر قرار داده شود که به پاره‌ای از راهکارهای این راهبرد مهم در پیش از این اشاره شد (جدول ۲). در گروه راهبردهای «آمایش سرزمینی» به مقوله تخصص‌گرایی هوشمندانه بر پایه ظرفیت‌های سرزمینی در حوزه عملکردی هر دانشگاه در کریدور علم و فن‌آوری مربوطه می‌بایست نگریسته شود. این بدان معنا است که هر کلان منطقه آمایشی در حوزه علوم پزشکی از حوزه‌های ده گانه کلان مناطق طرح تحول آموزش پزشکی وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی می‌بایست به صورت هوشمند به سوی گروه یا گروه‌های ویژه‌ای از فن‌آوری‌های نوپدید و همگرا بر پایه توانمندی خود سوق یابند و آن‌گاه در یک همکاری متقاطع و فرا سرزمینی به گفتمان فن‌آورانه و تقسیم کار مشترک بپردازند. در این میان پیاده‌سازی نقشه علمی کشور در حوزه سلامت بر پایه آمایش سرزمینی می‌تواند بسیار راه گشا باشد. در گروه راهبردهای عملکردی می‌توان همانند شورای نوآوری اروپایی (EIC)، سه فاز را در رویارویی با فن‌آوری‌های نوپدید مدنظر قرار داد. در فاز «پیشگامی» از دانش لبه مرزی میان رشته‌ای با خطر بالا حمایت می‌شود که امکان مرزشکنی فن‌آورانه را در خود نهفته دارد؛ در فاز «گذار» بر شکاف میان مرحله پژوهش و کاربردهای تجاری احتمالی برای فن‌آوری‌های، پل زده می‌شود و این در حالی است که در فاز شتاب دهندگی، از استارتاپ‌ها و شرکت‌های کوچک و متوسط (SMEs) در مسیر رشد و توسعه و تجاری‌سازی فن‌آوری‌های مرزشکن نوپدید و نوآوری‌ها، حمایت می‌شود (۷). در هر کدامیک از این فازها،گستره‌ای از فرصت‌ها و چالش‌ها وجود دارند که می‌بایست از آن ها استفاده کرد و بر چالش‌های موجود نیز چیرگی یافت.

تقدیر و تشکر

ازهمکاری صمیمانه گروه آینده‌نگری، نظریه‌پردازی و رصد کلان سلامت و کارشناس محترم علمی گروه سرکار خانم فاطمه اخوان انوری برای همکاری در تهیه و تألیف این مقاله کمال تشکر می‌شود.

منابع

1. König H, Baumann MF, Coenen C. Emerging Technologies and Innovation—Hopes for and Obstacles to Inclusive Societal Co-Construction. Sustainability 2021; 13(23): 13197.
2. Schwab K. The Fourth Industrial Revolution. Translation by Dr Iraj Nabipour. Bushehr University of Medical Sciences; 1396: pp1-2.
3. Topal E, Colis P. Precision Medicine. Translation and Authoring by Dr Iraj Nabipour. Bushehr University of Medical Sciences; 1395.
4. Rastegar H, et.al. Top New Medical and Pharmaceutical Technologies; Perspective to 2050. Rouyan pajooh publication.; 1401.
5. Roco MC. Principles of convergence in nature and society and their application: from nanoscale, digits, and logic steps to global progress. J Nanopart Res 2020; 22(11): 321.
6. The National Strategy for Critical and Emerging Technologies was issued by the White House on 15 October 2020. Available at: https://www.hsdl.org/?view&did=845571
7. Eic working paper 1/2022 identification of emerging technologies and breakthrough inovations Available at: https://www.horizontevropa.cz/files_public/elfinder/2382/EIC-Emerging-Tech-and-Breakthrough-Innov-report-2022.pdf
8. World Health Organization. Emerging trends and technologies: a horizon scan for global public health. World Health Organization; 2022. Available at: https://apps.who.int/iris/ handle/ 10665/352385
9. World Economic Forum. Top 10 Emerging Technologies of 2021 insight report novomber 202 Available at: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Top_10_Emerging_Technologies_of_2021 .pdf
10. Castle-Clarke S. What will new technology mean for the NHS and its patients? Four big technological trends; 2018. Available at: https://www.kingsfund.org.uk/sites/default/files/2018-06/NHS_at_70_what_will_new_technology_mean_for_the_NHS_0.pdf
11. Dac-Nhuong Le, Chung Van Le, Jolanda G. Tromp, Gia Nhu Nguyen. Emerging Technologies for Health and Medicine: Virtual Reality, Augmented Reality, Artificial Intelligence, Internet of Things, Robotics and Industry 4.0; 2018. Wiley Online Library.
12. Reznick RK. Artificial intelligence (AI) and emerging digital technologies; 2020. Available at: https://www.royalcollege.ca/rcsite/health-policy/initiatives/ai-task-force-e
13. Parsons L, Watson J, Connolly P, et al. Improving Human Health and Physical Capabilities. In: Roco MC, Bainbndge WS, editors. Converging Technologies for Improving Human Performance Dordrecht: pringer; 2003. P179-273.
14. Doorn M. Converging Technologies. Study Centre for Technology Trends, STT 2006;71.
15. Roco MC, Bainbridge WS. Converging Technologies for Improving Human Performance: Integrating From the Nanoscale. JNR 2002; 4: 281-95.
16. Nabipour I. Draft of convergent technologies Roadmap on medical universities for scientific reference; 1398.
17. Deloitte. Is it time for life sciences organizations to pivot? 2021.

[Downloaded from ijhp.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.22034/6.3.18]

Available at: https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/life-sciences-health-care/us-lshc-convergence-in-life-sciences.pdf
18. Jorjani M., Moghadamnia H., Asadi M., Ghanbari H., Fasihi-Harandi M., Nabipour I. Strategies for future of Iran Medicine. South Medicine 2022: 25(1): 7.
19. World Health Organization. Global strategy on digital health 2020-2025. World Health Organization; 2021. Available at: https://apps.who.int/iris/handle/10665/344249. License: CC BY-NC-SA 3. 0 IGO
20. WHO Headquarters. Digital technologies: shaping the future of primary health care. Geneva: Technical Series on Primary Health Care; 2018.
21. Cilliers L, Wright G. Electronic Health Records in the Cloud: Improving Primary Health Care Delivery in South Africa. Stud Health Technol Inform 2017; 245: 35-39.
22. Barigela R, Kodali PB, Hense S. What is Stopping Primary Health Centers to Go Digital? Findings of a Mixed-method Study at a District Level Health System in Southern India. Indian J Community Med 2021; 46(1): 97-101.
23. Rodriguez Llorian E, Mason G. Electronic medical records and primary care quality: Evidence from Manitoba. Health Econ 2021; 30(5): 1124-1138.
24. Park, H.S. Technology convergence, open innovation, and dynamic economy. J. open innov 2017; 3: 24.
25. Kavanagh C. New Tech, New Threats, and New Governance Challenges: An Opportunity to Craft Smarter Responses? 2019. Available at: https://carnegieendowment.org/2019/08/28/new-tech-new-threats-and-new-governance-challenges-opportunity-to-craft-smarter-responses-pub-79736.
26. El Haj AJ. The Grand Challenges of Medical Technology. Front Med Technol. 2020; 2: 1.
27. Bashir S, Dahlman CJ, Kanehira N, Tilmes K. The Converging Technology Revolution and Human Capital : Potential and Implications for South Asia. Washington, DC: South Asia Development Forum; 2021.
28. Murdoch B. Privacy and artificial intelligence: challenges for protecting health information in a new era. BMC Med Ethics 2021; 22(1): 122.
29. Nabipour I. Philosophy of Synthetic Biology. Iran South Med J 2018; 21(1): 1-18. [In Persian]
30. Nabipour I. The Third Generation of University in the Fourth Industrial Revolution. Bushehr University of Medical Sciences; 2018.

Original

Health Newfound Technologies and Future Perspective: Opportunities and Challenges

Mostafa Ghanei[1], Iraj Nabipour[2], Hamid Reza Khankeh[3], Reza Dehnavieh[4], Fatemeh akhavan anvari[5], Hossein Rastegar[6]*

1. Future Studies Group the Academy of Medical Sciences of the I.R. Iran, General Director of Biotechnology Development Council, Vice-Presidency for Science and Technology, Professor in Baqiyatallah University of Medical Sciences (BMSU), Tehran, Iran
2. 2-Future Studies Group, The Academy of Medical Sciences of the I.R. Iran, The Persian Gulf Marine Biotechnology Research Center, The Persian Gulf Biomedical Sciences Research Institute, Bushehr University of Medical Sciences, Bushehr, Iran
3. Professor of Emergency and Disaster Health, Department of Health in Emergency and Disaster, University of Social Welfare and Rehabilitation Science, Tehran, Iran
4. Professor of Health Services Management, Health Foresight and Innovation Research Center, Institute for Future Studies in Health, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, Iran
5. Future Studies Group, The Academy of Medical Sciences of the I.R. I, Tehran, Iran
6. ∗**Corresponding Author:** Cosmetic products Research center, Iran Food and Drug Administration, MOHE, Tehran, Iran Future studies Group, the Academy of medical sciences of The I.R. Iran, Tehran, Iran, mhrastegar2@yahoo.com

Abstract

Background: Since the end of the twentieth century, the concept of emerging technologies and their science network and governance have been considered by academia, media and policy makers. The emerging technologies are "radically novel or disruptive and relatively fast-developing, but still nascent, scientific-technological developments that may have prominent economic, environment or social impacts".

Methods: In focus group discussions with the presence of experts in science and technology (expert panel), their opinions about the emerging technologies were recorded. Subsequently, a list of these technologies that were determined by brain storming in the expert panel, was categorized in subsectors of the Roco and Bainbridge convergence foundational science and technology system (Nano-Bio-Info-Cogno-AI, in brief NBICA).

Results: There is considerable opportunity in the emerging science and technologies (e.g., artificial intelligence, telemedicine and digital health, tissue engineering and regenerative medicine, synthetic biology, gene editing, neurotechnology, biosensors, 3D printing and robotics) for achieving scientific authority, promotion of justice and creation of social security. The majority of these emerging technologies were revealed to be converging technologies in nature. Therefore, they produce significant challenges in the biosafety and biosecurity domains.

Conclusion: There is a strategic opportunity in the convergence foundational science and technology system (NBICA). Wonderful advancements can be achieved in health sector, therapeutic and drug development, social security and justice with the help of these emerging technologies. Hence, a particular attention should be paid to approaches for achieving scientific authority in converging technologies.

Keywords: Convergence, Future Perspective, Newfound Technologies, Opportunities and Challenges

[Downloaded from ijhp.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.22034/6.3.18]