

پژوهشی

فن آوری‌های نوپدید حوزه سلامت و چشم‌انداز آینده: فرصت‌ها و چالش‌ها

مصطفی قانعی^۱، ایرج نبی‌پور^۲، حمیدرضا خانکه^۳، رضا دهنوبیه^۴، فاطمه اخوان انوری^۵، حسین رستگار^{۶*}

۱. عضو پیوسته فرهنگستان علوم پزشکی، رئیس گروه آینده‌نگری فرهنگستان علوم پزشکی، تهران، ایران، استاد دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله العظیم(ع)، دبیر ستاد توسعه زیست فناوری
۲. عضو پیوسته فرهنگستان علوم پزشکی، عضو گروه آینده‌نگری فرهنگستان علوم پزشکی، مرکز تحقیقات زیست فن آوری دریابی 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 بلايا، انشگاه علوم توانبخشی و سلامت اجتماعی، تهران، ایران
۴. عضو گروه آینده‌نگری فرهنگستان علوم پزشکی، رئیس مرکز تحقیقات آینده‌نگری و نوواری در سلامت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی کرمان، کرمان، ایران
۵. کارشناس ارشد ویروس‌شناسی، گروه آینده‌نگری، نظریه پردازی و رصد کلان سلامت فرهنگستان علوم پزشکی، تهران، ایران
۶. نویسنده مسئول: عضو گروه آینده‌نگری فرهنگستان علوم پزشکی ، استاد مرکز تحقیقات فراورده‌های آرایشی و بهداشتی سازمان غذا و دارو وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی، تهران، ایران، ihrastegar2@yahoo.com

پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۸/۰۹

دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۰۳/۳۱

چکیده

زمینه و هدف: از اواخر سده بیستم، مفهوم فن آوری‌های نوپدید، شبکه دانشی و حکمرانی آن‌ها، مورد توجه دانشگاه‌های رسانه‌ها و سیاست‌گذاران قرار گرفته‌اند. فن آوری‌های نوپدید، توسعه‌های علمی فن آورانه 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 و فن آوری (پانل خبرگان) به ثبت دیدگاه‌های آنها در زمینه فن آوری‌های نوپدید پرداخته شد. سپس فهرست حاصل از این ذهن انگیزی در پانل خبرگان، به شیوه پیشنهادی ام. سی. روکو و دبلیو اس. بین بریج، در قالب زیر حوزه‌های علوم و فن آوری‌های بنیادی گروه‌بندی شد.

یافته‌ها: فرسته‌های چشمگیری در علوم و فن آوری‌های نوپدید مانند هوش مصنوعی، پزشکی از راه دور و سلامت دیجیتالی، مهندسی بافت و پزشکی بازآفرینشی، بیولوژی سینتیک، ویرایش ژن، فن آوری‌های عصبی، زیست حس‌گرها، چاپ سه بعدی و رباتیک برای کسب مرجعیت علمی، ارتقای عدالت و خلق امنیت اجتماعی وجود دارند. ماهیت عمدۀ این فن آوری‌های نوپدید آن است که در گستره فن آوری‌های همگرا قرار می‌گیرند. از این رو، با خود چالش‌های بحرانی در زمینه‌های اینمی زیستی و امنیت زیستی می‌آفیندند.

نتیجه‌گیری: فرسته‌های راهبردی در سامانه فن آوری‌های بنیادی علم و فن آوری یافت می‌شوند که با مدد این فن آوری‌های نوپدید می‌توان به پیشرفت‌های شگفت‌انگیز در گستره سلامت، توسعه دارو و درمان، استقرار عدالت و امنیت اجتماعی دست یافت. از این‌رو، راهکارهای دستیابی به فن آوری‌های همگرا برای کسب مرجعیت علمی می‌باشد مدنظر قرار گیرند.

کلیدواژه‌ها: چشم‌انداز آینده، فرصت‌ها و چالش‌ها، فن آوری‌های نوپدید، همگرایی

مقدمه

فن آوری‌های نوپدید با انقلاب صنعتی چهارم نزدیکی یافته است. انقلاب

صنعتی چهارم را می‌توان با گستره‌ای از فن آوری‌های نوپدید تعریف کرد.

این انقلاب، جهان‌های 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.

گرچه هنوز تعریفی که مورد پذیرش عموم باشد برای فن آوری‌های

نوپدید در دست نیست؛ اما 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 بر جسته اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی نیز داشته باشند (۱). امروزه بیش از هر زمانی، مفهوم



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

اطلاعات و علوم شناختی و هوش مصنوعی می‌توان بسیاری از نیازهای حوزه علوم داروسازی و پزشکی را مرتفع کرد. در جایی که این فن‌آوری‌ها با ابزارها و روش‌هایی مانند ژن‌تراپی، سلول‌های بنیادی و سلول درمانی، مهندسی بافت، چاپ‌گر سه بعدی، هوش مصنوعی، بیانفورماتیک، پزشکی فردی، داروهای با فن‌آوری بالا مانند فرآوردهای نوترکیب، مونوکلونال آنتی‌بادی، داروهای آنکارا mRNA، آپتامر، پیتیدهای نوین، رادیوداروها و واکسن‌های اسید نوکلئیکی و پروتئینی یا واکسن‌های خوارکی، رفع نایابوری و کلونینگ، فرآوردهای نانو، فرآوردهای 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، دریابی 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 می‌توان 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 روپرتو نبوده‌اند. این فضایی است که

بی‌شک، انقلاب صنعتی چهارم با خود انباستی 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) آشناشی داریم که مدعی بود افت حجمی ترازنی‌سیستورها بر روی یک مدار یکپارچه، اجازه ظهور دو برابر عملکرد مشبت 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 تکنیگی 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 برونو رفت از این دشواری‌ها است. در حال حاضر به نظر می‌رسد با بهره‌گیری از فن‌آوری‌های همگرا و پیشرفت‌های مانند بیوتکنولوژی، نانوتکنولوژی، فن‌آوری

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 سطح ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی؛
۲. عدم واپسگی 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 سطح 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 شرکت کننده 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 (ریستی، شناختی، اطلاعاتی و نانوی) 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.

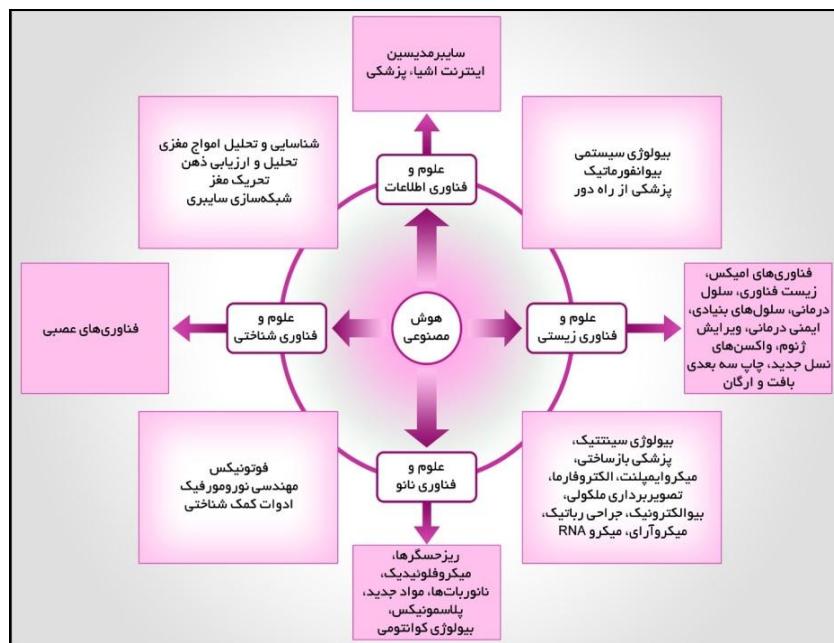
پانل خبرگان به چالش‌های حرکت به سوی فن‌آوری‌های نوپدید به شرح ذیل نیز پرداختند:

پژوههای 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 روی خواهیم شد که مفاهیم و رهیافت‌های کنسونی موجود در دانش و عملکرد طبّ جاری، دیگر پاسخ‌گوی آن نخواهد بود و پزشکی به سوی پزشکی فرادقيق سوق می‌یابد.

پزشکی فرادقيق، رهیافتی در پزشکی است که تفاوت‌های زی افراد، محیط زیست و شیوه زندگی آن‌ها را مدنظر قرار می‌دهد و این هدف را با بازتعريف 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 فرادقيق را امکان‌پذیر کرده‌اند. برای نیل به چنین هدفی، در پزشکی فرادقيق 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 می‌باشد (۳). چنین است که حکمرانی 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 این 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 و فن‌آوری (پانل خبرگان) به ثبت دیدگاه‌های آنها با چشم انداز آینده در زمینه فن‌آوری‌های نوپدید پرداخته شد. آن‌گاه فهرست حاصل از این ذهن انتگری در پانل خبرگان، به شیوه ام. سی. روکو و دبلیو اس. بین بریج (۵)، در قالب زیر حوزه‌های علوم و فن‌آوری‌های بنیادی سوم، راهبردهای عملیاتی در دستیابی به توسعه و بکارگیری مدیرانه فن‌آوری‌های نوپدید و نوین حوزه سلامت ارائه شد.



شکل ۱- علوم و فن آوری های کلیدی و نوپدید در حال توسعه در حوزه های علوم پزشکی

تهدیدها و چالش های بالقوه در کسب و دستیابی به فن آوری های نوظهور و نوین

- ﴿ عدم حفظ اسرار بیماران و امنیت اجتماعی آنها؛
 - ﴿ عدم امکان عدم دسترسی و بهره مندی همگانی از خدمات فن آورانه و خدشه بر عدالت اجتماعی بیماران؛
 - ﴿ کاهش شدید ارتباطات حضوری خانوادگی و اجتماعی با توجه به گسترش خدمات مجازی و فن آورانه؛
 - ﴿ تخریب محیط زیست و فجایع طبیعی ناشی از توسعه فن آوری؛
 - ﴿ دستکاری های ژنتیکی و فجایع غیر قابل کنترل در سطوح مختلف اجتماعی؛
 - ﴿ گسترش حوزه تروریسم و بیوتوریسم با بکارگیری ناصحیح و غیر متعارف از فن آوری های نوین؛
 - ﴿ دور شدن از اهداف متعالی انسانی با بکارگیری ناصحیح و مخرب از فن آوری های نوین.
- در فاز نهایی، خبرگان در پانل به راهبردهای عملیاتی در دستیابی به توسعه و به کارگیری فن آوری های نوپدید و نوین در حوزه سلامت نیز اشاره کردند که این راهبردها شامل موارد ذیل می باشند:
- راهبردهای عملیاتی در دستیابی به توسعه و به کارگیری فن آوری های نوظهور و نوین حوزه سلامت:
 ۱. برنامه ریزی و مدیریت هدفمند در توسعه و بکارگیری فن آوری های نوظهور و نوین حوزه سلامت؛
 ۲. ایجاد یا گسترش زیرساخت های دانشگاهی، تحقیقاتی و صنعتی در حوزه فن آوری های نوظهور و نوین؛

بحث

از اواخر سده بیستم، مفهوم فن آوری‌های نوپدید، گسترهای موردنظر و حکمرانی آن‌ها، مورد توجه دانشگاهیان، رسانه‌ها و سیاست‌گذاران قرار گرفته‌اند. این مفهوم همچنین نیرومندانه به گستره میان رشته‌ای ارزیابی فن آوری (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 فرسته‌های حاصل از فن آوری‌های 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 تجاری موفق، افزایش سبک زندگی آمریکایی و حفاظت از آن است (۶).

شورای نوآوری اروپایی (European Innovation Council; EIC) در سال ۲۰۲۲ نیز به شناسایی فن آوری‌های نوپدید و نوآوری‌های مرزشکن پرداخته و رویکرد خود را در این سال انتشار داده است (۷). توجه به این فن آوری‌ها 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 فراغیر 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 فن آوری‌های نوپدید و نوآوری‌های مرزشکن را مورد شناسایی قرار داده است که از پژوهش‌های نوین در حوزه مهندسی بافت و پزشکی بازآفرینشی «کاردیوزنومیک (Regenerative medicine)» کارهایی را که درمان را با توان هوش مصنوعی، ادوات تشخیصی همراه سلطان، سلول درمانی، ژن درمانی، بیولوژی سینتیک، درمان‌های 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 آوردهیم نشان‌دهنده یک همسانی و هم پوشانی منحصر به فرد میان آن دو می‌باشد.

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

۱۲. افزایش امکان و تسهیل فرایند به کارگیری دانش‌آموختگان در حوزه‌های فن آوری، آموزشی و تحقیقاتی؛
۱۳. افزایش حمایت اجتماعی از جوانان، زنان و زوج‌های جوان با گسترش و بکارگیری علوم و فن آوری‌های نوین؛
۱۴. توسعه ارتباطات بین‌المللی به منظور شکل‌گیری شبکه‌های تحقیقاتی کاربردی و فن آورانه با مشارکت نخبگان؛
۱۵. افزایش شفافیت در فرآیندها و جلب مشارکت مردم با بهره‌مندی از فن آوری‌های نوین در تمامی امور به منظور افزایش اعتماد و سرمایه اجتماعی؛
۱۶. مبارزه همه جانبی با فساد، تضاد منافع و رانت و تقویت شایسته‌سالاری با کمک ساختارهای فن آورانه 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 و مشارک شرکت‌های دانش‌بنیان و هسته‌های فن آور در برنامه‌های مربوطه؛
۱۸. آسیب‌شناسی و تقویت نظام نوآوری فن آوری‌های سلامت در سطح ملی و مناطق آمایشی کشور با مشارکت همه بازیگران این نظام؛
۱۹. رصد مدام فن آوری‌های نوظهور و افق‌بایی فن آوری‌های نوظهور؛
۲۰. انجام مطالعات آینده‌نگر در خصوص اثرات فن آوری‌های کلیدی بر نظام سلامت و تدوین نقشه راه مواجهه با این فن آوری‌ها؛
۲۱. تقویت جایگاه ارزیابی فن آوری سلامت در نظام سیاست‌گذاری حوزه سلامت و ایجاد زیرساخت‌های لازم برای آن؛
۲۲. تدوین قوانین و مقررات لازم برای حوزه‌های مغفول واقع شده فن آوری‌های سلامت؛
۲۳. آموزش و اطلاع‌رسانی فراغیر برای ارتقای فرهنگ استفاده از فن آوری‌های نوین در ذینفعان مختلف اعم از سیاست‌گذاران، ارایه‌دهنگان و جامعه؛
۲۴. تقویت ساختار کل نگر در علوم پزشکی کشور برای رشد متوازن فن آوری در حوزه‌های مختلف؛
۲۵. فراهم سازی امکان استفاده عادلانه از فن آوری‌ها و برنامه‌ریزی مناسب برای توسعه و توزیع فن آوری‌های سلامت در کشور؛
۲۶. تدوین مکانیزم‌های نظارتی مناسب برای استفاده منطقی و هدفمند از فن آوری‌ها توسط ارایه دهنگان خدمت و جلوگیری از تقاضای القایی؛
۲۷. تقویت ارتباطات بین مراکز، دانشگاه‌ها و مناطق آمایشی و دیدن بخش خصوصی در کنار بخش دولتی برای استفاده منطقی تر از فن آوری‌های نوظهور.

انسان ایجاد کند که او بتواند فضاهای مجازی را با شدت هر چه بیشتر تجربه کند. از این‌رو، این فن آوری‌های همگرا می‌توانند از مرزهای حس انسان گذره کرده و برای انسان در برخورد با محیط فیزیکی، سطح ارتباط جدیدی را خلق کنند. این اندیشه‌ها درباره دستاوردهای فن آوری‌های همگرا NBIC (نانو، بیو، انفو و شناختی Cogno) را انجار کوچک (Little Bang) نام نهاد. زیرا عناصر و بلوک‌های ساختمانی مانند بیت‌ها، اتم‌ها، نرون‌ها و زن‌ها، چنان با یکدیگر در هم آمیختگی می‌یابند که شگفتی‌های برخاسته از مهبانگ (Big Bang) را در ذهن نقش می‌بنند (۱۳-۱۵).

فن آوری‌های همگرا که حاصل گذار از مرز رشتهدی و یکپارچه‌سازی ابزارها و روش‌های علمی در گستره‌ای از علوم سلامت، فیزیک، ریاضیات، علوم محاسبه‌ای و رشتهدی مهندسی است، نقش بی‌همتای در رشد و توسعه پزشکی نوین و خلق رشتهدی‌های جدید فراهم آورده‌اند. بی‌شک، پیشگامی در فن آوری‌های همگرا می‌تواند دانشگاه‌های علوم پزشکی کشور را در راه کسب مرجعیت علمی شتاب دهد. همان‌گونه که شکل ۱ نشان می‌دهد، فن آوری‌های نوپدید مورد اشاره از سوی خبرگان در پژوهش ما نیز بیشتر از جنس همگرا می‌باشند و لذا برای دستیابی به این فن آوری‌های نوپدید همگرا می‌بایست به تدوین طرح عملیاتی و راهکارهای عملکردی اقدام کرد. ما در پیش از این، در پیش‌نویس نقشه راه فن آوری‌های همگرا در دانشگاه‌های علوم پزشکی برای کسب مرجعیت علمی، به این طرح عملیاتی پرداخته بودیم (۱۶).

در این طرح عملیاتی، به ده راهکار برای توسعه و گسترش همگرایی علم و فن آوری در سطح کشور اشاره شده است (جدول ۲). در این طرح عملیاتی تشکیل گروه‌های میان رشتهدی، کمیته همگرایی، آزمایشگاه‌های میان رشتهدی، مرکز دیده‌بانی فن آوری‌های همگرا، ایجاد پلاتفورم (سکو) فن آوری‌های همگرا، جایزه همگرایی، تدوین پروژه‌های کلان پیشاپنگ در زمینه همگرایی، آموزش همگرایی و تربیت نسل جوان پژوهشگر میان رشتهدی و سرمایه گذاری بر پایه گستره‌های فن آوری‌های همگرا، مورد تأکید قرار گرفته اند (۱۶).

اکثر فن آوری‌های نوپدید مورد اشاره در پژوهش ما را می‌توان در یکی از پنج پارادایم همگرایی عملکردی در حوزه پزشکی که مورد توجه 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 افزوده در حوزه تشخیص و درمان‌های دیجیتالی، ردیابی ژئومیک، نشانگرهای زیستی، چاپ سه بعدی و رباتیک در حوزه درمان‌های فردگرایانه و اقدامات با پزشکی فرادقیق، ژئومیک، تصویربرداری ملکولی، زیست حس‌گرها و یادگیری ماشین در حوزه حمایت‌های تصمیمی (Decision support)، پزشکی راه دور با استفاده از ویدئو، پایش در خانه و ادوات تشخیصی خانگی در حوزه پیشگیری و تشخیص زودرس، می‌باشند (۱۷).

نوآوری‌ها در چهارچوب زمانی یک دوره ده ساله است که پژوهشکی از راه دور، درمان‌های بر پایه میکروبیوم، شیوه‌های تشخیصی بر پایه حس‌گرهای زیستی، درمان فاز مهندسی شده ژنتیکی (Genetically engineered phage therapy)، تا سلامت دیجیتالی و سامانه‌های حمایت منطقی بالینی توأم‌مند یافته با هوش مصنوعی را پوشش می‌دهد (۸).

форم اقتصادی جهان (World Economic Forum) نیز به‌تازگی ده فن آوری نوپدید برتر جهان در سال ۲۰۲۱ را انتشار داده است (۹). در میان این ده فن آوری برتر چهار فن آوری نوپدید در حوزه پژوهشکی و داروسازی می‌باشند که شامل: حس‌گرهای تنفسی برای تشخیص بیماری‌ها، ساخت دارو بر پایه تقاضا، مهندسی سالخوردگی بهتر و ادوات نشانگر زیستی به صورت بی‌سیمی می‌شوند (۹).

خدمات ملی سلامت (NHS) انگلستان نیز چهار گستره فن آورانه بزرگ را که با خود فن آوری‌های نوپدیدی برای خدمات سلامت و پزشکی به ارungan آورده‌اند مورد شناسایی قرار داده است که در حوزه‌های ژئومیک، پزشکی فرادقیق، مراقبت‌های از راه دور و هوش مصنوعی قرار می‌گیرند (۱۰).

دیده‌بانی کلان فن آوری‌های نوپدید در گستره سلامت و پزشکی توسط پژوهشگران، بر نقش هوش مصنوعی و فن آوری‌های دیجیتال، واقعیت افروده و مجازی (VR/AR)، اینترنت اشیاء پزشکی، رباتیک و دستاوردهای انقلاب صنعتی چهارم صحه می‌گذارند (۱۱، ۱۲). ارزیابی ماهیت فن آوری‌های مرزشکن نوپدید حاکی از آن است که ماهیت این فن آوری‌ها بیشتر از حوزه‌های بنیادی چهارگانه (زیستی، شناختی، اطلاعاتی و نانویی) گذره کرده و به سامانه فن آوری‌های همگرا بنیادی علم و فن آوری به اختصار (NBICA) میل کرده است. این سامانه از یکپارچه‌سازی میان حوزه‌ای و سلسله مراتبی بلوک‌های ساختمانی گوناگون بنیادی (بیت‌ها، نرون‌ها، زن‌ها، اتم‌ها و کیوبیت‌ها) ساخته می‌شود (۵). خلق این سامانه فن آوری‌های همگرا بنیادی علم و فن آوری که از آن با عنوان انقلاب همگرایی یاد می‌کنند، یک جایگایی پارادایمی است.

شاید نخستین بار توجه جامعه علمی براساس یافته‌های همایش ژوئن ۲۰۰۲ میلادی که توسط برنامه پیشاپنگ نانوفن آوری ملی آمریکا برگزار شد و نتایج آن به صورت گزارشی تحت عنوان «فن آوری‌های همگرا برای بهبودی کارایی انسان» درباره همگرایی فن آوری‌های نانویی، زیستی، اطلاعات و علوم شناختی (NBIC) توسط روکو و بین برج (Roco & Bainbridge) در سال ۲۰۰۳ میلادی انتشار یافت، به سوی این فن آوری‌ها جاذب شد. در این گزارش، از پردازندۀ‌های زیست نانویی، خود پایشی تدریستی فیزیولوژیک و اختلال عملکردی، با به کارگیری ادوات کاشت نانویی، روبوت‌های نانویی، گونه‌های گوناگون ارتباط شنیداری و بنیابی برپایه سکوهای چندنامایی، همچنین ایجاد سطح تماس (واسطه) مغز با مغز، مغز با ماشین، خلق محیط‌های مجازی به صورت جغرافیا و محیط‌های مجازی رئالیستیک، به تفصیل بحث شده است. برای مثال، فن آوری زیستی در پناه علوم شناختی می‌تواند سطح تماس برای



جدول ۲- راهکارهایی برای رهیافت همگرایی علم و فن آوری

با فن آوری‌های نوپدید انقلابی عظیم را در نوآوری باز و اقتصاد دانش بنیان خلق کنند (۲۴).

همان‌گونه که در پژوهش ما آشکار شد، در رویارویی با فن آوری‌های نوپدید چالش‌هایی وجود دارند که طیفی را از موضوعات از جمله: برابری و عدالت، در برگیرنده‌گی احاد 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 فن آورانه ایجاد کنند؛ زیرا این فن آوری‌های نوپدید نمی‌باشد نابرابری‌های اقتصادی-اجتماعی موجود را تشديد کنند و بر تخریب محیط زیست بیفزایند (۲۵). این چالش‌ها با خود نه تنها مسایل فن آورانه در پیوست با فن آوری‌های خلق می‌کنند؛ بلکه چالش‌های انسانی بسیار مهمی را نیز مطرح می‌کنند (۲۶، ۲۷).

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

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

در پروژه پژوهشی هدایت شده توسط فرهنگستان علوم پزشکی جمهوری اسلامی ایران برای ترسیم سناریو پزشکی آینده و تدوین نقشه راه فن آوری 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 فرآگستر فن آوری 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 «تندرنستی» تمرکز یافته‌اند. همانند دیگر بخش‌های کسب‌وکار و جهان تجارت، در سلامت دیجیتالی نیز شهر وندان 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) همانگ با شیوه‌های زندگی تمرکز کرده و امکان پیوند یافتنی 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 بلاذرنگ سلامت، برای هر بیمار، امکان تصمیم‌سازی برای بهبود عملکرد (PHC) را به ویژه اگر از فضای فن آوری ابر (cloud) برای داده‌های سلامت استفاده شود، امکان پذیر می‌کند (۲۱، ۲۲ و ۲۳).

با بررسی پارادایم‌های آینده آشکار می‌شود که چگونه اینترنت اشیاء (IoT)، داده‌های بزرگ (Big data) و هوش مصنوعی می‌توانند در همگرایی

حوزه‌های ده گانه کلان مناطق طرح تحول آموزش پزشکی وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی می‌بایست به صورت هوشمند به سوی گروههای گروههای ویژه‌ای از فن آوری‌های نوپدید و همگرا بر پایه توانمندی خود سوق یابند و آن گاه در یک همکاری متقطع و فرا سرزمه‌نی به گفتمان فن آورانه و تقسیم کار مشترک بپردازند. در این میان پیاده‌سازی نقشه علمی کشور در حوزه سلامت بر پایه آمایش سرزمه‌نی می‌تواند بسیار راه گشا باشد. در گروه راهبردهای عملکردی می‌توان همانند شورای نوآوری اروپایی (EIC)، سه فاز را در رویارویی با فن آوری‌های نوپدید مدنظر قرار داد. در فاز «پیشگامی» از دانش لبه مرزی میان رشته‌ای با خطر بالا حمایت می‌شود که امکان مرزشکنی فن آورانه را در خود نهفته دارد؛ در فاز «گذار» بر شکاف میان مرحله پژوهش و کاربردهای تجاری احتمالی برای فن آوری‌های، پل زده می‌شود و این در حالی است که در فاز شتاب دهنده‌ی، از استارت‌اپ‌ها و شرکت‌های کوچک و متوسط (SMEs) در مسیر رشد و توسعه و تجاری‌سازی فن آوری‌های مرزشکن نوپدید و نوآوری‌ها، حمایت می‌شود (۷). در هر کدامیک از این فازها، گستره‌ای از فرست‌ها و چالش‌ها وجود دارند که می‌بایست از آن‌ها استفاده کرد و بر چالش‌های موجود نیز چیرگی یافت.

تقدیر و تشکر

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

محصولات بیولوژیک سینتیک 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 به کارگیری فن آوری‌های نوپدید و نوین در حوزه سلامت پرداختیم. این راهبردها را می‌توان در گروههای الف/زیرساختی، ب/رویکردی، ج/آمایش سرزمه‌نی و د/عملکردی تقسیم‌بندی کرد. در گروه «زیرساختی» 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 فن آوری‌های 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 فن آوری‌های 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 سرزمه‌نی» به مقوله تخصص گرایی هوشمندانه بر پایه ظرفیت‌های سرزمه‌نی در حوزه عملکردی هر دانشگاه در کریدور علم و فن آوری مربوطه می‌بایست نگریسته شود. این بدان معنا است که هر کلان منطقه آمایشی در حوزه علوم پزشکی از

منابع

- König H, Baumann MF, Coenen C. Emerging Technologies and Innovation—Hopes for and Obstacles to Inclusive Societal Co-Construction. Sustainability 2021; 13(23): 13197.
- Schwab K. The Fourth Industrial Revolution. Translation by Dr Iraj Nabipour. Bushehr University of Medical Sciences; 1396: pp1-2.
- Topal E, Colis P. Precision Medicine. Translation and Authoring by Dr Iraj Nabipour. Bushehr University of Medical Sciences; 1395.
- Rastegar H, et.al. Top New Medical and Pharmaceutical Technologies; Perspective to 2050. Rouyan pajooh publication.; 1401.
- 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.
- 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>
- Eic working paper 1/2022 identification of emerging technologies and breakthrough innovations Available at: https://www.horizonteurope.cz/files_public/elfinder/2382/EIC-Emerging-Tech-and-Breakthrough-Innov-report-2022.pdf
- 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>
- World Economic Forum. Top 10 Emerging Technologies of 2021 insight report novomber 202 Available at: https://www.weforum.org/docs/WEF_Top_10_Emerging_Technologies_of_2021.pdf
- 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
- 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.
- Reznick RK. Artificial intelligence (AI) and emerging digital technologies; 2020. Available at: <https://www.royalconlege.ca/rscsite/health-policy/initiatives/ai-task-force-e>
- Parsons L, Watson J, Connolly P, et al. Improving Human Health and Physical Capabilities. In: Roco MC, Bainbridge WS, editors. Converging Technologies for Improving Human Performance Dordrecht: pringer; 2003. P179-273.
- Doorn M. Converging Technologies. Study Centre for Technology Trends, STT 2006;71.
- Roco MC, Bainbridge WS. Converging Technologies for Improving Human Performance: Integrating From the Nanoscale. JNR 2002; 4: 281-95.
- Nabipour I. Draft of convergent technologies Roadmap on medical universities for scientific reference; 1398.
- Deloitte. Is it time for life sciences organizations to pivot? 2021.

- 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 Ghanei¹, Iraj Nabipour², Hamid Reza Khankeh³, Reza Dehnavieh⁴, Fatemeh akhavan anvari⁵, 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