



ISMJ 2016; 18(6): 1287-1298

دوماهنامه طب جنوب

پژوهشکده زیست-پزشکی خلیج فارس

دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی بوشهر

سال هجدهم، شماره ۶، صفحه ۱۲۹۸-۱۲۸۷ (بهمن و اسفند ۱۳۹۴)

چشم‌انداز و سیاست علمی

تکنیکی فناوری و پزشکی نمایی

ایرج نبی پور^۱ و^{۲*} مجید اسدی^۳

^۱ عضو گروه آینده‌نگاری، نظریه‌پردازی و رصد کلان سلامت، فرهنگستان علوم پزشکی جمهوری اسلامی ایران

^۲ مرکز تحقیقات زیست فناوری دریایی خلیج فارس، پژوهشکده‌ی علوم زیست پزشکی خلیج فارس، دانشگاه علوم پزشکی بوشهر، بوشهر، ایران

^۳ مرکز تحقیقات پزشکی هسته‌ای، پژوهشکده‌ی علوم زیست پزشکی خلیج فارس، دانشگاه علوم پزشکی بوشهر، بوشهر، ایران

(دریافت مقاله: ۹۴/۹/۸ - پذیرش مقاله: ۹۴/۱۰/۱۰)

چکیده

تکنیکی فناوری (Singularity) که در سال ۲۰۴۵ روی می‌دهد، نقطه‌ای است که هوش مصنوعی و غیربیولوژیک از انسان‌ها هوشمندتر شده و این ماشین‌ها می‌توانند به صورت پیشرفت‌مندی خود را باز طراحی کرده و به صورت خودکار، ماشین‌های هوشمندتر از خود بسازند. در این نقطه، انسان‌ها با ماشین‌ها یکپارچه می‌شوند و این همزیستی انسان و ماشین، اثری شگرف بر گستره‌ی پزشکی خواهد گذاشت که طبعه‌های آن در صنعت مراقبت‌های سلامت و پزشکی آینده که از سال ۲۰۲۵ نمود می‌یابد، بسیار ژرف خواهد بود. از نظر آینده پژوه بزرگ، ری کورزویل، پیشرفت علم و فناوری در ژنتیک و علوم ملکولی، نانوفناوری و رباتیک (هوش مصنوعی) موجب گردیده است که پزشکی، رشد نمایی (Exponential) از خود نشان داده و موجب خلق فناوری‌های بنیان برافکن و مرز شکن شود. پزشکی نمایی، فلسفه طب را دچار تحول بنیادین کرده و بی شک بر سطح مراقبت‌های سلامت و ارتباط پزشک - بیمار اثرات غیرقابل انکاری را خواهد گذاشت.

واژگان کلیدی: پزشکی نمایی، پزشکی فردگرایانه، فناوری

* بوشهر، مرکز تحقیقات زیست فناوری دریایی خلیج فارس، پژوهشکده علوم زیست پزشکی خلیج فارس، دانشگاه علوم پزشکی بوشهر، بوشهر، ایران

مقدمه

چهارچوب منظر نگاه به آینده خود را بر پایه مفهوم تکینگی بنیان گذاشته‌اند، پرداختن به این مفهوم و بازتاب آن در پزشکی نمایی برای دانش‌پژوهان کشور بسیار حیاتی است. از این رو، نخست به معرفی مفهوم تکینگی فناورانه می‌پردازیم و نیم نگاهی نیز به تعاریف موجود در پشت پرده پزشکی نمایی خواهیم انداخت و سپس جهت پذیرش دوران پسا اطلاعات که دوران همزیستی انسان - ماشین و ورود به دوران تکینگی است، پیشنهاداتی مطرح می‌نماییم.

تکینگی چیست؟

تکینگی، واژه‌ای است که نخست در دانش ریاضیات روایی یافت و معنای آن نقطه‌ای است که یک معادله راه حلی ندارد. در فیزیک اثبات شده است که یک ستاره بزرگ در هنگامهٔ چروکیدگی در نهایت به سیاه چاله بدل خواهد شد و چگالی آن چنان زیاد است که گرانش آن موجب خواهد شد که تکینگی در فضا - زمان روی دهد که در آن نقطه هیچ‌کدام یک از معادلات استاندارد فیزیک، راه حلی ندارند. در فراتر از افق رویداد (event horizon) این سیاه چاله، ما جهان شناخته شده را داریم ولی در درون آن کسی نمی‌تواند تفاوت میان یک چیز با چیز دیگر را هویدا نماید. واژه تکینگی در هندسه، علوم طبیعی، علوم انسانی و ادبیات و نیز فناوری کاربرد دارد (۱ و ۳).

تکینگی فناوری نیز یک رویداد فرضی است که هوش عمومی مصنوعی (برای مثال شامل رایانه هوشمند، شبکه‌های رایانه‌ای یا روبات‌ها) می‌توانند به صورت پیشرفت‌مندان‌ای خود را باز طراحی کرده و یا به صورت خودکار ماشین‌هایی هوشمندانه‌تر و نیز نیرومندتر از خود را بسازند. در اینجا ما به نقطه انفجار

ری‌کورزویل، مخترع و آینده‌پژوه بسیار خیره‌ای است که با کتاب "تکینگی (Singularity) نزدیک است"، معروفیت جهانی یافت. او در این کتاب پیرامون هوش مصنوعی و آینده بشریت بحث کرده و پیش‌بینی نموده است که پیشرفت‌های فناورانه، به صورت غیر قابل بازگشتی، انسان‌ها را با فزونی در ذهن و بدن، با تغییرات ژنتیکی، نانوفناوری و هوش مصنوعی متحول خواهند ساخت و هوش ماشینی به صورت غیرمتعارفی، از هوش انسان‌ها برتری می‌یابد. او بنیان‌گذار مفهوم تکینگی فناوری (Technology Singularity) در مباحث حوزه آینده‌پژوهی و آینده‌نگاری است. از نظر او تکینگی فناورانه، یک همگرایی طرح‌ریزی شده میان انسان‌ها و ماشین‌ها است که به نظر وی در میانه قرن بیست‌ویکم در زمانی که هوش ماشین‌ها از انسان‌های خالق آن‌ها پیشی می‌گیرد، روی می‌دهد (۱).

نخستین درخشش‌های برجسته تکینگی از سال ۲۰۲۵ آغاز و در ۲۰۴۵ نمود می‌یابد و بر پزشکی و گستره سلامت و صنعت مراقبت‌های سلامت نیز اثر بسیار شگرفی خواهد گذاشت. در همین راستا است که چنین به نظر می‌آید که فناوری‌های وابسته به پزشکی، رشد خطی خود را به منحنی رشد نمایی (exponential) سوق داده و موجب انفجار داده‌ها، خلق داده‌های بزرگ (Big data) و زایش دستاوردهای بسیار شگرفی خواهند شد که پیش از این، انسان به عنوان هوشمندترین زیست‌مند کرهٔ خاکی، تجربه آن را نداشته است (۲).

از آنجا که مفهوم تکینگی فناوری از سال ۲۰۰۵ که کورزویل کتاب خود را نوشت مورد استفاده دانش‌پژوهان و آینده‌پژوهان قرار گرفته و آنان

با این وجود، همان‌گونه که ما می‌توانیم ماهیت سیاه چاله‌ها را از طریق تفکر مفهومی که دارند (با وجودی که هرگز تاکنون واقعاً در درون آن‌ها نبوده‌ایم) ترسیم کنیم، تفکر امروزی ما به اندازه کافی قوی است که بخواهد پیش‌بینی‌های معناداری را پیرامون دلالت‌های تکنیکی یافت نماید. این همان چیزی است که من تلاش کرده‌ام در کتابم بازگو کنم. (۵).

فناوری نمایی چیست؟

ما 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 مثبتی ادوات الکترونیک را در هر سال فراهم می‌آورد (۵)؛ اما پیشرفت‌های فناورانه دو دهه اخیر حاکی از آن است که رشد فناوری از آنچه که مور نیز پیش‌بینی کرده بود فزونی یافته و با نرخ نمایی (Exponential rate) رشد می‌یابد. پیتر دایماندس که بنیانگذار دانشگاه تکنیکی 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 فناوری وارد دوره رشد نمایی خود شده است 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 (۶).

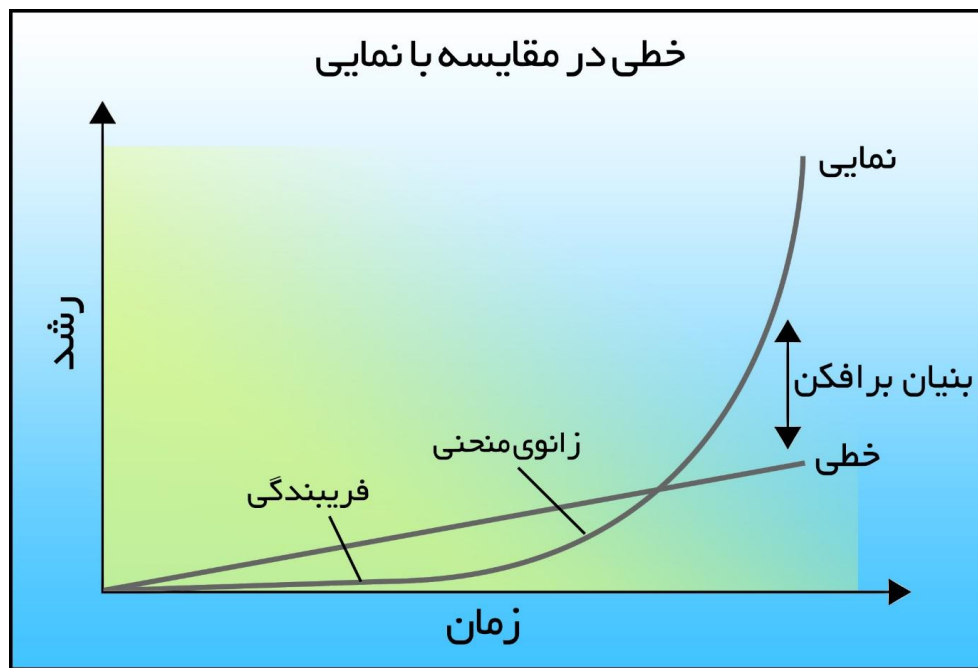
بر اساس منحنی ترسیم شده در شکل ۱ می‌توان مراحل رشد و تکامل فناوری‌های با رشد نمایی را تجسم کرد. نخست، فناوری‌ها با چنان نرخی رشد می‌نمایند که به نظر می‌رسد که خطی باشد و این هنگامه، دوران نهان رشد فناوری است که آن را

هوشمندی می‌رسیم که در این نقطه به چنان پایه‌ای از هوشمندی دست خواهیم یافت که از تمام کنترل رایج انسانی و درک او گذر می‌کند. از آنجا که هیچ انسانی، توانمندی‌های موجود در چنین هوشمندی‌ای که فراهوش انسانی است را نمی‌تواند درک نماید، از آن به عنوان تکنیکی فناوری یاد کرده‌اند که نقطه‌ای است که فراتر از آن رویدادها غیرقابل پیش‌بینی بوده و در حد هوش انسانی رویدادها غیر قابل ادراک خواهند بود (۴).

از دیدگاه ری کورزویل، تکنیکی فناوری در زمانی روی می‌دهد که هوش مصنوعی از توانمندی‌های انسان به عنوان هوشمندترین و توانمندترین گونه حیات روی زمین، عبور می‌نماید و توسعه فناورانه آینده توسط این ماشین‌ها روی خواهد داد. این ماشین‌ها می‌توانند فکر کرده، عمل کنند و به گونه‌ای تند ارتباط برقرار کرده که انسان‌های عادی نمی‌توانند آن چه روی می‌دهد را درک نمایند. این ماشین‌ها به یک واکنش مملو از چرخه‌های خود - بهبودی وارد می‌شوند؛ به گونه‌ای که هر نسل از هوش مصنوعی، از پیشینیان خود تندتر و تندتر خواهد بود. از این نقطه به بعد، توسعه فناوری، حالت انفجاری خواهد یافت که کنترل آن در دستان ماشین‌ها بوده و از این رو نمی‌توان آن را به صورت دقیق پیش‌بینی نمود. بدین‌سان، ری کورزویل از واژه تکنیکی در کتاب خود استفاده می‌کند (۱). او می‌نویسد: "واژه "تکنیکی" در کتاب من با کاربرد این اصطلاح در عالم فیزیک، قابل مقایسه است. همان‌گونه که برای ما دشوار است که فراتر از افق رویداد یک سیاه چاله را مشاهده کنیم، برای ما دشوار است که فراتر از افق رویداد تکنیکی تاریخی را نیز ببینیم. چگونه ما با مغزهای بیولوژیک محدود خود می‌توانیم تمدن آینده خود که هوش چند تریلیون برابر را دارد تصور کنیم که چگونه فکر و عمل می‌کند؟"

دموکراتیزاسیون می‌شود. برای مثال، فناوری سیلیکونی، تعداد بی‌شمار از سخت افزارها را از هویت مادی برانداخت و همه آن‌ها را در یک تلفن هوشمند جای داد و یا دوربین‌های دیجیتالی که هزینه یک عکس را به هیچ سوق دادند و فناوری شبکه موبایل، ارتباطات بی‌سیم گسترده، حتی در فقیرترین بخش‌های جهان را ایجاد کرد (۷).

هنگامه فریبندگی (deceptive) می‌نامند. در این دوران، پیشرفت ناچیز بوده و عملکرد نیز پایین‌تر از سطح انتظار است. اما هنگامی که کارایی به زانوی منحنی می‌رسد، وارد مرحله رشد بنیان برافکن می‌شود، بدین صورت آنچه آفریده می‌شود در فراتر از حد انتظار خواهد بود و این در هنگامه‌ای است که فناوری دچار از دست دادن هویت مادی (dematerialise)، افت ارزش پولی و



شکل (۱) مقایسه منحنی رشد خطی و رشد نمایی (Exponential)

دیگر، آنچه در انتهای قرن بیستم به دست آمده در تراز با بیست سال پیشرفت با نرخ سرعت پیشرفت در سال ۲۰۰۰ قابل مقایسه است. ما بیست سال پیشرفت بعدی را فقط تا سال ۲۰۱۴ تجربه کردیم و سپس همین میزان بیست سال پیشرفت را تنها در هفت سال آینده به دست خواهیم آورد. به زبان دیگر، ما یکصد سال پیشرفت فناورانه را در قرن بیست و یکم تجربه نخواهیم کرد بلکه بر اساس محاسبه نرخ پیشرفت در سال ۲۰۰۰، انتظار ما آن است که ۲۰ هزار سال

ری کورزویل، از این نرخ تغییرات فناورانه در کتاب خود "تکنیکی نزدیک است" به نام "قانون بازگشت‌های پرشتاب" یاد کرده است که در حقیقت استنتاجی از قانون مور می‌باشد (۱). خود او پیرامون رشد نمایی فناوری و روند تکامل آن چنین می‌نویسد: "مدل‌های من نشان می‌دهند که نرخ جابه‌جایی پارادایمی ما هر دهه دو برابر می‌شود. به این گونه که سرعت پیشرفت در سده بیستم تدریجاً افزایش یافت تا به نرخ پیشرفت خود در انتهای قرن رسید. به زبان

دیگر را به از کار افتاده تبدیل می‌کند. تصور این را داشته باشید که هم اکنون شما اجسامی را که هویت مادی خود را از دست داده‌اند دیگر بر دوش نمی‌کشید، مانند ادوات مکان‌یاب جغرافیایی (GPS)، نمایشگرهای CD، وسایل ضبط صوت، ماشین حساب، دوربین‌های ویدئویی که همه آن‌ها هم اکنون از کار افتاده به نظر می‌رسند؛ زیرا تمام آن‌ها را در گوشی هوشمند خود دارید.

۵/ افت ارزش پولی (Demonetize)

هنگامی که اشیاء هویت مادی خود را از دست می‌دهند، به صورت اصولی رایگان می‌شوند (مانند گوشی‌های هوشمند که دوربین‌ها و سامانه‌های مکان‌یاب جغرافیایی را از ارزش پولی انداختند و اسکایپ نیز هزینهٔ تلفن‌های راه دور را افت داد و غیره).

۶/ دموکراتیزاسیون (Democratize)

هنگامی که اشیاء هویت مادی خود را از دست می‌دهند و افت ارزش پولی پیدا می‌کنند، وارد فرایند دموکراتیزاسیون می‌شوند که معنای آن این است که تعداد زیادتری از افراد به آن‌ها دسترسی پیدا خواهند کرد. برای مثال، پیش‌بینی می‌شود که سه میلیارد ذهن جدید آنلاین خواهند شد که این سه میلیارد ذهن جدید، که آنلاین می‌شوند به معنای خلق جدید مشتریان و مخترعان است که به این فناوری‌های بنیان برافکن دسترسی خواهند داشت (۲).

پزشکی نمایی

پیتر دیامندیس فارغ‌التحصیل دانشکدهٔ پزشکی هاروارد در طب بوده و درجهٔ بیولوژی ملکولی و مهندسی هواضا را از MIT اخذ کرده و بنیانگذار چندین شرکت با فناوری برتر و کمپانی‌هایی است که در حوزهٔ فضا کار می‌کنند. او با دید یک آینده‌پژوه با گذار از تنگناهای طب کلاسیک به پزشکی آینده می‌نگرد و دستاوردها را در

پیشرفت و با حدود ۱۰۰۰ بار رشد بیش از آنکه در قرن بیستم به دست آوردیم را تجربه کنیم. رشد نمایی فناوری‌های اطلاعات حتی از این هم عظیم‌تر است؛ فناوری‌های اطلاعات را اگر بر اساس عملکرد قیمتی، پهنای باند، ظرفیت و بسیاری دیگر از اندازه‌گیری‌ها محاسبه کنیم، هر سال دو برابر می‌شود. این به معنای فاکتور هزار در ده سال، یک میلیون در بیست سال و یک میلیارد در سی سال است. این بیش از آن چیزی است که در قانون مور با آن روبرو بودیم.“ (۵).

اکنون با درک مفاهیم تفکر نمایی پیرامون فناوری‌ها، می‌توانیم پدیداری یک صنعت بنیان برافکن در پی صنعت دیگر را ترسیم کنیم. یک چهارچوب که به صورت شش D نشان داده می‌شود، فرایندهای رشد نمایی را در فناوری ترسیم می‌کند:

۱/ دیجیتالی شدن (Digitalized)

نخست هر فناوری که روند رشد نمایی را پیگیری می‌نماید، می‌بایست توان دیجیتالی شدن را داشته باشد (مانند: فناوری عکس برداری).

۲/ فریبندگی (Deceptive)

یک الگوی رشد که در نخست سیمای فریبندگی دارد آشکار می‌شود ولی در نهایت رشد، الگوی بنیان برافکنی را از خود نشان می‌دهد. به زبان دیگر، بعد از یک رشد خطی گول زننده، به رشد نمایی (برای مثال هر ۱/۵ تا ۲ سال دوبرابر شدن) دست می‌یابد.

۳/ بنیان برافکنی (Disruptive)

این در هنگامی است که الگوی رشد فناوری بر منحنی رشد نمایی مسلط می‌شود و اثر خود را هویدا می‌سازد.

۴/ از دست دادن هویت مادی (Dematerialize)

هنگامی روی می‌دهد که یک فناوری نوین، چیزهای

زمینه طب کلاسیک به پزشکی آینده متصل کرده است. او آن‌چنان در این زمینه موفق بوده است که آینده‌پژوهی مشهور همچون ری کورزویل به ستایش کتاب او "فراونی: آینده بهتر از آن است که شما فکر می‌کنید" پرداخته است. او بر اساس تفکر و مطالعات خود به این نتیجه رسیده است که به دلیل خوشه چینی صنعت مراقبت‌های سلامت از فناوری‌های بنیان افکن دیگر که

رشد نمایی دارند، صنعت مراقبت‌های سلامت از تمام دیگر فناوری‌ها بنیان برافکن‌تر بوده و این رشد بی‌همتای فناوری‌های وابسته به پزشکی موجب تولد پزشکی نمایی (Exponential medicine) شده است که دستاوردهای آن موجب شگفتی ما خواهند شد (۲، ۶ و ۷).

جدول ۱) فناوری‌های نمایی در گستره علوم پزشکی

هوش مصنوعی و مراقبت‌های سلامت

- هوش مصنوعی خواهد توانست پیشنهادات پزشکی فردگرایانه و تشخیص‌های بهتر طبی را ارائه دهد:
- شرکت‌هایی مانند انلیتیک (*Enlitic*) از هوش مصنوعی و یادگیری ژرف (*Deep Learning*) به منظور بهبودی در تصویربرداری تشخیص طبی و شناسایی تومور و نیز یکپارچه سازی داده‌های طبی جهت فراهم آوردن توصیه‌های علمی بهتر برای بیماران و پزشکان، به صورت یکسان، استفاده می‌کنند.
- جانسون و جانسون، ابرکامپیوتر *IBM* به نام واتسون را آموزش می‌دهند که می‌تواند مقالات علمی با جزئیات کارآزمایی‌های بالینی را خوانده و درک نماید. حتی شرکت اپل نیز با واتسون *IBM* مشارکت کرده تا امکان دسترسی به داده‌های سلامت از طرف برنامه‌های کاربردی تلفن همراه فراهم شود.
- با چنین روندی، سامانه واتسون شامل ۴ میلیون استناد است که به معنای هضم ۲۷ هزار سند در روز به صورت متوسط است که می‌تواند بینش‌های لازم را برای هزاران کاربر فراهم آورد. پس از یک سال، موفقیت تشخیص طبی واتسون برای سرطان سینه ۹۰ درصد است (در مقایسه با ۵۰ درصد برای پزشکان کنونی).

حس‌گرهای مراقبت‌های سلامت

- ادوات و برنامه‌های کاربردی خود کمی شده و به هم اتصال یافته و قابل پوشیدن (*Wearable*) به ما اجازه گردآوری مقادیر چشمگیری از اطلاعات سودمند را می‌دهند.
- ادوات پوشیدنی مانند مچ بند *Quanttus* و *Vital Connect* می‌توانند داده‌های نوار قلب، نشانگان حیاتی، سطوح وضعیت و استرسی ما را در هر کجای سیاره انتقال دهند.
- شرکت گوگل، حس‌گرهای درونی و بیرونی گسترده‌ای (مانند لنزهای تماسی هوشمند گوگل) را که داده‌های حیاتی شامل سطوح گلوکز تا مواد شیمیایی خون را پایش می‌نمایند، توسعه می‌دهد.
- تری کورد (*Tricorder*) مشهور فیلم پیشتازان فضا (*Star Trek*) نه تنها برای پزشکان یا پرستاران بلکه برای شما به عنوان مصرف کننده، به بازار خواهد آمد.

روبوتیک و مراقبت‌های سلامت

- روبوت‌های پزشکی با توان دقت، حساسیت و جا به جایی بالایی که دارند به ما اجازه خدمت به بیماران بیشتر را در سراسر جهان با سرعت بیشتر و هزینه کمتر را می‌دهند.
- تاکنون بیش از ۳ میلیون جراحی در سراسر جهان با سامانه جراحی روبوتیک *3D HD* با کاربرد دید در درون بدن با حرکات دقیق که فاقد لرزش‌های دست انسانی است، انجام گردیده است.
- یک نسل از روبوت‌های جراحی در حال توسعه هستند که به صورت خودکار و دقیق اعمال جراحی رایج را می‌توانند بدون خطای انسانی با هزینه کم انجام داده و بدین طریق جراحی را به دوران افت ارزش پول و

دموکراتیزاسیون هدایت نمایند.

- فناوری‌های حضور دور مانند فناوری مناسب *BEAM* و سلامت *In Touch* به پزشکان برجسته امکان حضور در سراسر مکان‌های جهان جهت مشاوره و راند بیمارستان‌ها را خواهند داد.

چاپ سه بعدی

ساخت ادوات ارزان و قابل دسترس که مورد تقاضای میلیون‌ها نفر می‌باشند، کمبود منابع برای پیوند اعضا را رفع می‌نمایند.

- سامانه‌های سه بعدی به چاپ دقیق مدل‌های آناتومیک و اندامی پرداخته و امکان جراحی‌ها، کاشت ادوات، اسکلت‌های بیرونی، ادوات کمک شنوایی، پروتزها، ادوات برای اسکولیوز و دیگر کاربردها بر اساس نیاز بیمار و شرایط فردی وی امکان‌پذیر می‌نمایند.
- دانشجویان در دانشگاه واشنگتن، یک بازوی رباتیک را با چاپ سه بعدی با هزینه دویست دلاری فراهم کردند و این در حالی است که اعضاء رباتیک سنتی هزینه ۵۰ تا ۷۰ هزار دلاری داشته و با رشد کودک نیز می‌بایست جایگزین شوند.
- شرکت‌هایی مانند *Organovo* و تیم دکتر آنتونی آتالا در حال چاپ زیستی سه بعدی با سلول‌ها هستند که بافت‌ها، عروق خونی و حتی اعضاء کوچک را تولید می‌کنند.

ژنومیک و داده‌های بزرگ

هزینه توالی یابی ژنومی ۱۰۰ هزار بار کاهش یافته است و به این صورت که از هزینه ۱۰۰ میلیون دلاری برای هر ژنوم در سال ۲۰۰۱ بود هم اکنون به یک هزار دلار سقوط یافته است که این به معنای درنوردیدن قانون مور با ۳ برابر سرعت بوده است.

- در شرکت فزونی عمر انسان، مأموریت گردآوری عظیم‌ترین داده‌های مجموعه ژنومیک تعریف شده است. *HLL* یک میلیون ژنوم کامل انسانی را توالی یابی کرده و اطلاعات میکروبیوم، اسکن‌های تصویربرداری بدن با *MRI*، متابولوم‌ها و غیره ... را گرد خواهد آورد.
- آنگاه با مجموعه چنین داده‌های بزرگی، *HLL* می‌تواند از رموز بیولوژی ما پرده برداری نماید. با یافت بینش‌های نوین خواهیم توانست سرطان، بیماری‌های قلبی و دژنراتیو عصبی را درمان و در نهایت طول عمر انسان را افزایش دهیم.

سلول‌های بنیادی

ما هم اکنون در مراحل آغازین توسعه درمان‌های بر پایه سلول‌های بنیادی هستیم. درمان‌های آینده، تحول برانگیز و حیرت‌آور، خواهند بود.

- درمان با سلول‌های بنیادی، بازآفرینش و نوسازی بافتی را نوید می‌دهد و می‌تواند هر چیزی را از کوری تا آسیب‌های نخاعی، دیابت تیپ یک، بیماری پارکینسون، آلزایمر، بیماری‌های قلبی، سکت‌های مغزی، سوختگی‌ها، سرطان و آرتروز را درمان کند.
- در سال ۲۰۱۲، پژوهشگران *Cedars-Sinai*، یکی از درمان‌های با سلول‌های بنیادی موفق خود را گزارش کردند. آن‌ها با استفاده از سلول‌های بنیادی خود بیمار، بافت قلبی را بازآفرینش کرده و آسیب برنخاسته از حمله قلبی را زدودند.

سه بعدی، ژنومیک و سلول‌های بنیادی. هم اکنون صنعت مراقبت‌های سلامت سه تریلیون دلاری در هنگامه فریبندگی (deceptive) منحنی رشد نمایی

امروزه، پزشکی در میانه راه تکاملی خود است و با فناوری‌های نمایی به پیش رانده می‌شود؛ فناوری‌هایی همچون هوش مصنوعی، حس‌گرها، ربات‌ها، چاپ

خود است؛ بدین‌سان، به سوی از دست دادن هویت مادی، افت ارزش پولی و دموکراتیزاسیون خود میل می‌کند؛ یعنی آنچه که ما آن را رشد نمایی نامیدیم و از ویژگی‌های فناوری‌های نمایی (مانند پزشکی نمایی) محسوب می‌گردد، بر اساس چنین برداشتی از پزشکی نمایی می‌توان آینده ده ساله آن را که از سال ۲۰۲۵ هویدا می‌شود، چنین تجسم کرد.

* اسکن‌های سلامت خودکار توانمند شده با هوش مصنوعی، بهترین شیوه‌های تشخیصی را برای فقیرترین و ثروتمندترین افراد روی زمین فراهم خواهند آورد.

* توالی‌یابی ژنومیک گسترده مقیاس و یادگیری ماشینی، ما را توانمند می‌سازند تا ریشه بیماری‌هایی همچون سرطان، بیماری‌های قلبی-عروقی و بیماری‌های دژنراتیو عصبی را درک کنیم.

* جراحان رباتیک اعمال دقیق را در هر مقیاس زمانی با هزینه ناچیز انجام خواهند داد.

ما می‌توانیم شاهد رشد قلب، کبد، ریه و کلیه با پزشکی بازآفرینشی باشیم و دیگر نیازی به انتظار دهنده عضو نخواهد بود.

این همه آینده‌پردازی، برخاسته از همگرایی فناوری‌های پرشتابی خواهد بود که در شکل ۱ ترسیم شده‌اند (۸).

هر چند امروزه، اثرات هوش مصنوعی، نانوفناوری و بیولوژی کوانتومی بر پزشکی در آغاز راه خود هستند و پیامدهای مستقیم شگرفی بر پزشکی کنونی نداشته‌اند ولی دستاورد آن‌ها بر پزشکی آینده، بنیان برافکن خواهد بود (۹). از نظر ری کورزویل، سه انقلاب عمده ما را به سرمنزل تکینگی در سال ۲۰۴۵ خواهند رساند؛ این سه انقلاب شامل انقلاب در ژنتیک، انقلاب در نانوفناوری و انقلاب در رباتیک

است (۱۰). این سه انقلاب همان سه انقلابی هستند که در مرز پیشرونده پزشکی نمایی جای دارند و موتور محرکه ایجاد رشد نمایی بوده و پیشرفت تند خارق‌العاده پزشکی آینده را رقم خواهند زد. شاید برترین آن‌ها همان انقلاب رباتیک (هوش مصنوعی نیرومند) باشد که معنای آن خلق رایانه‌هایی است که دارای توان تفکری هستند که از توان تفکر انسان‌ها پیشی می‌جوید و در نتیجه ما در تکینگی به جایی خواهیم رسید که دیگر انسان کنونی که ما به عنوان هوش غالب بر روی زمین می‌شناسیم دیگر هوش غالب بر زمین نخواهد بود و در پایان قرن بیست و یکم، هوش ماشینی و غیربیولوژیک یا محاسبه‌ای، تریلیون‌ها بار از قدرت مغز انسان‌ها، برتر خواهد بود (۱۰) و این همان نقطه تکینگی فناوری است که در آن قدرت ماشین‌های هوشمند از انسان‌ها پیشی می‌گیرند. بر پایه چنین تجسمی است که مفاهیم تکینگی و پزشکی نمایی درهم آمیخته شده‌اند و به عنوان مفاهیم تفکیک ناپذیر در حوزه آینده پژوهی پزشکی مطرح می‌شوند.

نشانگان پزشکی نمایی و تکینگی فناوری

دکتر جیمز کانتون یک آینده‌پژوه سرشناس جهانی است که مشاوره ۱۰۰ شرکت موفق و دولت پیرامون ابروندهای آینده و راهبردهای نوآوری را بر عهده دارد و مقالات وی در مجلات معتبر وال استریت، فورچون، فوربز و نیویورک تایمز به چاپ می‌رسد و اکنون به عنوان یک کارآفرین دیجیتال، در بخش مدیریت کاخ سفید، انجام وظیفه می‌نماید. او با رصد مفاهیم تکینگی فناوری ری کورزویل و خوشه چینی از افکار پیتر دیامندیس، در سال ۲۰۱۵ کتاب "هوشمندی آینده *Future smart*" را به چاپ رساند.

داده‌های ژنومیک به کار می‌آید و می‌تواند به عنوان یک پورتال، سطح گفت‌وگو را برای پزشک و بیمار جهت اطلاعات ژنتیکی و پزشکی فراهم آورد. ایلومینا، تجزیه و تحلیل گزارش موتاسیون در ۱۶۰۰ ژن شامل ۱۲۰۰ بیماری را برای بیماران که پزشکان آن‌ها TruGenome™ Predisposition screen را سفارش داده باشند، ارائه می‌دهد. این نشانگان، اولین گام‌ها به سوی «تکنیکی ژنومیک» است که در آن هنگامه افراد خواهند توانست به صورت روزانه در هر زمان که بخواهند، ژنوم خود را توالی‌یابی نموده و از اخبار روزانه DNA خود از طریق برنامه‌های کاربردی تلفن همراه آگاهی یافته و به درمان بیماری در پیش از ظهور نشانگان بالینی، اقدام نمایند (۱۲).

این نشانگان که طلیعه‌دار دوران تکنیکی فناوری و اوج پزشکی نمایی است خود تکنیکی در مراقبت‌های سلامت را به ارمغان خواهد آورد و از این نقطه به بعد دیگر فقط می‌توان با نظریه‌پردازی به دوران پسا تکنیکی در مراقبت‌های سلامت نگریست (۱۳). در این دوران است که تکامل همزمان همزیست انسان- ماشین- وب روی خواهد داد و پزشکان مجازی مستقر در وب و ربات‌ها (هوش‌های مصنوعی) در تارنماهای پیچیده، نبض بیماران را در دست خواهند گرفت (۱۳).

پیشنهاد

چنین می‌نماید که تکنیکی فناوری موجب پیش رانش پزشکی نمایی گردیده و حد فاصل دانش و کار بالینی را در خواهد نوردید و موجب زایش نسخه ۲/۰ پزشکی در آینده خواهد شد (۸ و ۱۴)؛ هر چند که نقدهای مهمی بر علیه نظریه تکنیکی فناوری از دیدگاه تجزیه و تحلیل فلسفی و علمی وجود دارد (۱۰، ۱۵ و

در بخش پزشکی این کتاب که به آینده پژوهی طب اختصاص دارد می‌توان مصادیق و نشانگان پزشکی نمایی و تکنیکی فناوری را یافت نمود. از نظر او هفت انقلاب در پزشکی به صورت رشد نمایی، پزشکی را به سوی پزشکی نمایی سوق می‌دهند. این انقلاب‌ها شامل فناوری DNA نوترکیب، ژنومیک و توالی‌یابی ژن، انقلاب در داده‌های بزرگ (Big data) و رشد پزشکی فردگرایانه با اساس قراردادن DNA فردی و دیگر شیوه‌های تشخیص پزشکی، انقلاب در مراقبت‌های سلامت دیجیتالی با ایجاد کارآمدی و ایمنی از طریق شبکه‌های مجازی، iPads، فناوری وب و فناوری پوشیدنی (wearable)، انقلاب در پزشکی بازآفرینشی (regenerative medicine)، انقلاب فزونی در سلامت با کاربرد پیش‌بینی، پیشگیری و سپس درمان با ارتقاء سیستم ایمنی جهت مقابله با بیماری، افزایش کارایی شناختی، بهینه سازی قدرت بدنی و عملکرد عضوی، طراوت بخشیدن به نرمینگی (Plasticity) عصبی، افزایش حافظه و چالاکتی قوای روانی و انقلاب در افزایش طول عمر و فناوری‌های ضد پیری و افزایش گستره زندگی سالم در فراتر از یکصد سال می‌باشند (۱۱).

چنین می‌نماید که فناوری‌های نانو، زیستی، شناختی و دیجیتالی، برای گسترش زندگی سالم و پرنشاط در گستره آینده‌نگاری (۲۰۲۰-۲۰۵۰ میلادی) به کار گرفته خواهند شد و ما را به مکان نقطه تکنیکی که حدس زده می‌شود در سال ۲۰۴۵ تجلی یابد، سوق می‌دهند. طلیعه‌دار پزشکی نمایی، پیشرفت‌های حاصله در پزشکی ژنومیک است که خود نیز نوید دهنده تابان شدن تکنیکی ژنومیک می‌باشد. هم اکنون کمپانی ایلومینا برنامه کاربردی «ژنوم من» را توسعه داده است که به صورت یک ابزار آموزشی برای مشاهده

۱۶). با وجود چنین فضاهاى پر تنش پیرامون شکل‌گیرى تکینگی فناوری در محافل علمى، پیشرفت‌هاى دههٔ اخیر همگی نشانگر خیزش تکینگی فناوری بوده و ما باید خود را برای آینده‌اى که تابش آن از ۲۰۲۵ در گسترهٔ پزشکی هویدا خواهد شد آماده سازیم؛ زیرا نه تنها حرفه پزشکی دچار تحولات بنیان برافکن می‌شود بلکه ارتباط پزشک و بیمار نیز دچار تغییرات دینامیک حیرت‌انگیزی خواهد شد (۱۷). با تمام این چالش‌ها، ما تنها نباید نظاره‌گر رخ‌نمایى پزشکی نمایی و تکینگی فناوری باشیم بلکه باید به صورت فعال و کنش‌گر با آن روبرو شده و خود نیز در خلق این آیندهٔ شگفت‌انگیز مشارکت نماییم.

در پذیرایی از این ابر روند حاکم بر فضای پزشکی، نخست لازم است یک ضرب‌آهنگ متوازن و همسان در میان تلاش‌های پراکنده که در نقشه علمى کشور در گسترهٔ سلامت، سیاست‌های کلان سلامت جمهوری اسلامی ایران و فعالیت‌های معاونت علمى ریاست جمهوری در پشتیبانی از علم و فناوری‌های نوین به ویژه زیست فناوری، فناوری اطلاعات، فناوری نانو و فناوری شناختی (NCBI) روی می‌دهد، ایجاد کرد.

این همگرایی واحد در سیاست علمى کشور در قالب شکل‌گیری یک بنیاد ملی علم که تدوین‌گر سیاست واحد برای گام نهادن در این گستره‌های نوین است، امکان‌پذیر می‌شود. به زبان دیگر، در راهبردهای تدوینی توسط بنیاد ملی علم که چارچوب آن از طریق تمام ذی‌نفع‌ها و کنش‌گران گسترهٔ علم و فناوری در فضای ملی فراهم می‌شود، می‌بایست یک پلاتفورم عملکردی را جهت اقدامات راهبردی در سطح ملی برای فناوری‌های نوین (NCBI) سامان دهی نمود.

این پلاتفورم می‌تواند ضمن برشمردن مأموریت‌های دانشگاه‌ها و پارک‌های علم و فناوری به شکل‌دهی خوشه‌های علوم نوین (NCBI) به شکل هوشمندانهٔ تخصص‌گرایانه (Smart Specialization) در قالب مناطق ویژهٔ علم و فناوری، بپردازد (۱۸). این به معنای آن است که شکل‌دهی به مناطق ویژه علم و فناوری با مأموریت تعریف شده در قالب تخصص‌گرایی برخاسته از نگرش به ابروندها به صورت هوشمندانه، می‌تواند راهبرد پسندیده‌ای برای گذار به دنیای فناوری‌های نوین باشد. همانند کشورهای پیشرو که خود را آمادهٔ پذیرایی از دستاوردهای پزشکی نمایی می‌نمایند، برگزاری دوره‌های آشنایی با مفاهیم آینده‌نگری در گسترهٔ پزشکی با تأکید بر تکینگی فناوری در قالب دوره‌های کوتاه مدت و مجازی و یا برگزاری همایش‌های سالانهٔ پزشکی نمایی، جهت نشان دادن مرزهای دانش، می‌تواند بسیار راه‌گشا باشد.

در هر صورت، می‌بایست مفاهیم پزشکی آینده و فلسفهٔ حاکم بر آن و فناوری‌های مرزשکن و بحرانی، با خوی و منش نمایی را برای جامعهٔ علمى به زبان ساده آموزش داد. از سوی دیگر، برای ساماندهی یک مرکز رصد علم و فناوری برای دیده‌بانی فناوری‌های مرزشکن و نمایی در سطح جهان و تدوین راهبردهای سنجیده برای انتقال، بومی‌سازی و رشد فناوری‌های نوپدید اهتمام ورزید. این رصدخانهٔ علم و فناوری می‌تواند چارچوب گفتمان علمى و چگونگی واکنش به پدیداری فناوری‌های نمایی و مرزشکن را سامان داده و نقاط بحرانی را برای رشد این فناوری‌ها در نقشه راه توسعهٔ علمى کشور بر مبنای آمایش سرزمین، ترسیم نماید.

References:

1. Kurzweil R. The singularity is near. New York: Penguin Books, 2005.

2. Exponential Medicine Conference Report. San Diego, California, USA. 2014. (Accessed Feb

- 8, 2016, at <http://robertoascione.com/wp-content/uploads/2015/07/Exponential-Medicine-Conference-Report-1.pdf>)
3. Singularity. (Accessed Feb 8, 2016, at <https://en.wikipedia.org/wiki/Singularity>)
 4. Technological singularity. (Accessed Feb 8, 2016, at https://en.wikipedia.org/wiki/Technological_singularity)
 5. Kurzweil R. (Accessed Feb 8, 2016, at <http://www.singularity.com/qanda.html>)
 6. Diamandis P, Kotler S. Abundance, The future is better than you think. New York: Free Press, 2012, 189-204.
 7. Popa S. Exponential Medicine Conference. San Diego, California, USA. 2014. (Accessed Feb 8, 2016, at <http://www.ipem.ac.uk/Portals/0/Documents/Conferences/Conference%20Reports/2014/Travel%20bursary%20-%20Popa%20-%20for%20web.pdf>)
 8. Diamandis P. Disrupting today's healthcare system. 2015. (Accessed Feb 8, 2016, at http://www.huffingtonpost.com/peter-diamandis/disrupting-todays-healthc_b_8512200.html.)
 9. Solez K, Bernier A, Crichton J, et al. Bridging the gap between the technological singularity and mainstream medicine: highlighting a course on technology and the future of medicine. *Glob J Health Sci* 2013; 5: 112-25.
 10. Tucker P. The Singularity and human destiny. 2006. (Accessed Feb 08, 2016, at <http://www.singularity.com/KurzweilFuturist.pdf>)
 11. Canton J. Future smart: Managing the game-changing trends that will transform your world. Philadelphia: Da Capo Press, 2015, 218-230.
 12. Marusina K. Genomic singularity is nar. 2014. *Genetic Engineering Biotechnol News* 2014; 34: 1: 38-40.
 13. Gillam M, Feied C, Handler J, et al. The Healthcare Singularity and the Age of Semantic Medicine. 2009. (Accessed Feb 8, 2016, at http://research.microsoft.com/en-us/collaboration/fourthparadigm/4th_paradigm_book_part2_gillam.pdf).
 14. Tobin MJ. Generalizability and singularity. The crossroads between science and clinical practice. *Am J Respir Crit Care Med* 2014; 189: 761-2.
 15. Chalmers D. The singularity: A philosophical analysis. *J Conscious Stud* 2010; 17: 7-65.
 16. Goertzel B. Human-level artificial general intelligence and the possibility of a technological singularity: A reaction to Ray Kurzweil's *The Singularity Is Near*, and McDermott's critique of Kurzweil. *Artificial Intelligence* 2007; 171: 1161-73.
 17. Amarasingham R. The Approaching singularity in medicine: When computers exceed physician performance. 2014. (Accessed Feb 8, 2016, at <https://repositories.tdl.org/utswmed-ir/handle/2152.5/1390>).
 18. Nabipour I. *The Knowledge region*. Bushehr: University and Medical Sciences Press, 2015.

Review Article

The technological singularity and exponential medicine

I. Nabipour^{1,2*}, *M. Assadi*³

¹ *Future Studies Group, The Academy of Medical Sciences of the I.R.Iran*

² *The Persian Gulf Marine Biotechnology Research Center, The Persian Gulf Biomedical Research Institute, Bushehr University of Medical Sciences, Bushehr, Iran*

³ *The Persian Gulf Nuclear Medicine Research Center, The Persian Gulf Biomedical Research Institute, Bushehr University of Medical Sciences, Bushehr, Iran*

(Received 29 Nov, 2015 Accepted 31 Dec, 2015)

Abstract

The "technological singularity" is forecasted to occur in 2045. It is a point when non-biological intelligence becomes more intelligent than humans and each generation of intelligent machines re-designs itself smarter. Beyond this point, there is a symbiosis between machines and humans. This co-existence will produce incredible impacts on medicine that its sparkles could be seen in healthcare industry and the future medicine since 2025. Ray Kurzweil, the great futurist, suggested that three revolutions in science and technology consisting genetic and molecular science, nanotechnology, and robotic (artificial intelligence) provided an exponential growth rate for medicine. The "exponential medicine" is going to create more disruptive technologies in healthcare industry. The exponential medicine shifts the paradigm of medical philosophy and produces significant impacts on the healthcare system and patient-physician relationship.

Keywords: singularity, exponential medicine, personalized medicine, technology

*Address for correspondence: The Persian Gulf Marine Biotechnology Research Center, The Persian Gulf Biomedical Research Institute, Bushehr University of Medical Sciences, Bushehr, Iran. E-mail: Inabipour@gmail.com

Website: <http://bpums.ac.ir>
Journal Address: <http://ismj.bpums.ac.ir>