

# اساتید و محقینی که در تألیف این کتاب نقش داشته‌اند

## (به ترتیب فصول)

فصل ۱	دکتر حسین رستگار، مهدی طاهریان، فاطمه رستگار
فصل ۲	دکتر حسین رستگار، دکتر امید رنجبران، مهدی طاهریان، فاطمه رستگار
فصل ۳	دکتر ایرج نبی پور
فصل ۴	دکتر ایرج نبی پور
فصل ۵	دکتر رضا دهنویه، دکتر سمیه نوری حکمت، آتوسا پورشیخعلی، علی مسعود، فاطمه دهنویه، منیره بلوچی
فصل ۶	دکتر ایرج نبی پور، دکتر حسین رستگار
فصل ۷	دکتر سید حسن مقدم نیا، دکتر مسلم بهادری، دکتر ایرج نبی پور، دکتر حمید مقدسی، دکتر پریسا جهانگشای آبرس
فصل ۸	دکتر سروش سرداری، دکتر غزاله قوامی
فصل ۹	دکتر حسین رستگار، مهدی طاهریان، دکتر محمد علی صارمی، دکتر فاطمه یزدی، مهندس عبدالناصر آزاد بخت سید سجاد مروچی، دکتر رویا خسرو خاور، دکتر صغری انجرائی
فصل ۱۰	دکتر سید عباس شجاع الساداتی
فصل ۱۱	دکتر محمد ناصحی، دکتر محسن افتاده حال
فصل ۱۲	دکتر عبدالحسین عباسیان
فصل ۱۳	مهدیه خانگی، دکتر سید مهدی خلیق رضوی
فصل ۱۴	دکتر جواد ملکوتی خواه، دکتر حسین رستگار، فرح ناز بهزاد، دکتر مهدی آدابی، دکتر بابک نگاهداری دکتر زیبا ویسی ملکشاهی، پریسا شیرزاده
فصل ۱۵	ملیحه رضوی، پدram ابراهیم نژاد، دکتر رسول دیناروند
فصل ۱۶	دکتر حسین رستگار، دکتر صغری انجرائی، مهدی طاهریان، دکتر فاطمه یزدی، محمد مجیدی، دکتر مریم سلیمی
فصل ۱۷	مهدی طاهریان، دکتر حسین رستگار، دکتر امیر هوشنگ احسانی، دکتر ناصر اقدمی، دکتر فاطمه یزدی، دکتر صغری انجرائی
فصل ۱۸	دکتر فریدون مهبودی، دکتر سمیرا احمدی، دکتر احمد عادل
فصل ۱۹	نسترن الیاسی فر، دکتر لیلا رضا خانی، دکتر مرتضی علیزاده
فصل ۲۰	دکتر حسین نادری منش، دکتر زهرا واعظی، راشین محمدی
فصل ۲۱	نیما بهشتی زاده، دکتر منوچهر دادگر نژاد، دکتر علی فرزین
فصل ۲۲	دکتر محمود تولایی، سید مصطفی حسینی، محمد محبوب کنفی، احمد معظمی، مهدی طاهریان، دکتر حسین رستگار
فصل ۲۳	مهدی طاهریان، دکتر حسین رستگار، دکتر هاله حامدی فر، دکتر فاطمه یزدی، دکتر صغری انجرائی، دکتر اسماعیل صدرالدینی، دکتر فرید باقری، فاطمه اخوان انوری
فصل ۲۴	دکتر رضا ملک زاده، دکتر ناصر احمد بیگی، منیره ترابی، دکتر وحید منصوری
فصل ۲۵	دکتر عبدالحسین شاهرودی، دکتر روح الله فتح، دکتر مریم هزاوه‌ای
فصل ۲۶	دکتر محمد حسین نصر اصفهانی، دکتر مهدی حاجیان، دکتر فرنوش جعفرپور

فصل ۲۷	دکتر علیرضا فیروز، دکتر ترانه یزدانپرست
فصل ۲۸	دکتر هانیه احمدزاده کرمانی، دکتر جواد ملکوتی خواه، دکتر بابک نگاهداری، دکتر رضا طاهریان، دکتر حسین قناعتی
فصل ۲۹	دکتر سیده سارا اثنی عشری، فرح ناز بهزاد، دکتر مهدی آدابی، دکتر حسین رستگار
فصل ۳۰	دکتر رضا مسائلی
فصل ۳۱	کاوش زند سلیمی، دکتر رضا مسائلی
فصل ۳۲	دکتر حسین دارآفرین، دکتر سیدمحمدحسین میردامادی تهرانی، دکتر مهدی منتظر
فصل ۳۳	مهتاب شکری، دکتر سمیه مجتبیوی، خشایار وجدانی طلب، دکتر حسین رستگار، دکتر محمدعلی فرامرزی
فصل ۳۴	دکتر شیوا گلشنی، دکتر سمیه مجتبیوی، دکتر حسین جعفری ندوشن، دکتر حسین رستگار، دکتر محمدعلی فرامرزی
فصل ۳۵	دکتر محمود جدی تهرانی، دکتر مهدی شعبانی، دکتر محمد مهدی امیری
فصل ۳۶	دکتر محمد شریف زاده، دکتر نگار متقی دستجردی، دکتر محمد سلطانی رضایی راد
فصل ۳۷	دکتر قاسم آهنگری
فصل ۳۸	دکتر افسانه آقائی، دکتر سعید محمدی، مهندس محمد عاقل، دکتر محمود آل بویه، دکتر علی واشقانی
فصل ۳۹	دکتر حسین جعفری ندوشن، دکتر سمیه مجتبیوی، دکتر شیوا گلشنی، دکتر حسین رستگار، دکتر محمدعلی فرامرزی
فصل ۴۰	دکتر محمدحسین یزدی، پریا مهین صمدی
فصل ۴۱	دکتر طلوع بامدادی
فصل ۴۲	دکتر سید عباس شجاع الساداتی، امیرحسین محمدی
فصل ۴۳	دکتر سیروس زینلی، دکتر بهرام محمدسلطانی، دکتر معصومه عزیزی
فصل ۴۴	دکتر قاسم آهنگری
فصل ۴۵	فاطمه ابراهیم، عظیمه حجت، فریده رضوان، سارا روستایی، راضیه گنجی، دکتر عباس کبریایی زاده
فصل ۴۶	دکتر فاطمه ایمان پرست، دکتر حسین رستگار
فصل ۴۷	دکتر حمید رضا احمدی آشتیانی، پریسا بیشه، ناصرالدین لشگری، دکتر محمودرضا جعفری، محمد مشرفی
فصل ۴۸	دکتر بهمن ابراهیمی حسین زاده، دکتر اشرف السادات حاتمیان زارمی
فصل ۴۹	دکتر اسماعیل حریریان، سمیه هندالی
فصل ۵۰	دکتر سید مهدی رضایت، فرح ناز بهزاد، دکتر محسن آدابی
فصل ۵۱	دکتر عباس کبریایی زاده، دکتر علیرضا یکتادوست، دکتر هادی عباسیان، دکتر محمد صادق خرمی راد
فصل ۵۲	دکتر هدایت حسینی، دکتر سحر جزایری، دکتر احسان حجازی
فصل ۵۳	دکتر سمیرا تراشی، دکتر ارفع مشیری، دکتر سید داور سیادت
فصل ۵۴	دکتر مریم ابراهیمی تاج آبادی
فصل ۵۵	فرنوش رضای عراقی، نسترن هادی زاده، مهتاب شکری، دکتر حسین رستگار، دکتر محمدعلی فرامرزی
فصل ۵۶	دکتر سمیه مجتبیوی، دکتر حسین جعفری ندوشن، فرنوش رضای عراقی، نسترن هادی زاده، دکتر حسین رستگار دکتر محمدعلی فرامرزی
فصل ۵۷	دکتر سید علیرضا مرتضوی، دکتر سیده مریم مرتضوی

پیشگفتار..... ۱۱

## **بخش اول: کلیات فناوری‌های نوین کاربردی حوزه سلامت..... ۲۱**

فصل ۱: ابر روندهای بنیان برافکن در حوزه‌های علوم پزشکی و افق‌های فناوری در آینده ۲۰۵۰..... ۲۳

فصل ۲: آینده صنعت فناوری‌های سلامت در سایه انقلاب صنعتی چهارم..... ۴۱

فصل ۳: دانشگاه‌های نسل سوم و چهارم و همگرایی علم، فناوری و جامعه (CKTS) در چشم انداز ۲۰۵۰..... ۶۷

فصل ۴: دانشگاه نسل پنجم: سکوی گفتمان نوآوری با محیط زیست واکولوژی..... ۸۷

فصل ۵: اهمیت و کاربردهای دانش آینده پژوهی و سواد آینده..... ۱۰۷

فصل ۶: فناوری‌های همگرا و افق آینده..... ۱۲۵

فصل ۷: زیست‌شناسی سامانه‌ای و کاربردهای آن در عرصه سلامت؛ و چشم انداز آینده..... ۱۵۹

فصل ۸: کاربردهای نوین بیوانفورماتیک در علوم زیست پزشکی..... ۱۷۳

فصل ۹: کاربردها و افق‌های فناوری اطلاعات در حوزه‌های علوم پزشکی..... ۲۱۱

## **بخش دوم: فناوری‌های نوین حوزه پزشکی..... ۲۵۹**

فصل ۱۰: پزشکی فردی..... ۲۶۱

فصل ۱۱: کاربردهای فناوری‌های نوین علوم شناختی..... ۲۷۵

فصل ۱۲: چشم انداز علوم اعصاب شناختی در ۲۰۵۰..... ۳۰۱

فصل ۱۳: کارکرد هوش مصنوعی در پزشکی نوین با چشم انداز ۲۰۵۰..... ۳۱۵

فصل ۱۴: نانوپزشکی و کاربردهای نانو تکنولوژی در حوزه‌های سلامت با چشم انداز آینده..... ۳۲۳

فصل ۱۵: پیشرفت‌های نانوفناوری در درمان سرطان..... ۳۵۹

فصل ۱۶: سلول‌های بنیادی..... ۳۹۳

فصل ۱۷: سلول درمانی..... ۴۱۵

- فصل ۱۸: فناوری کارتیسل و کاربردهای نوین پزشکی..... ۴۶۱
- فصل ۱۹: کاربرد فناوری مهندسی بافت در حوزه سلامت با چشم انداز ۲۰۵۰..... ۴۷۳
- فصل ۲۰: بیومتریال‌های هوشمند: پیشرفت‌های اخیر و مسیرهای آینده..... ۵۰۷
- فصل ۲۱: کاربرد فناوری‌های نوین پرینتر سه‌بعدی در حوزه سلامت با چشم انداز ۲۰۵۰..... ۵۲۷
- فصل ۲۲: علوم و فناوری‌های نوین در حوزه‌های ژنوم و ژنتیک پزشکی..... ۵۴۳
- فصل ۲۳: ژن درمانی..... ۵۷۳
- فصل ۲۴: فناوری ویرایش ژنومیک..... ۵۹۳
- فصل ۲۵: مروری بر علل ناباروری و چشم اندازهای نوین درمانی..... ۶۱۷
- فصل ۲۶: شبیه‌سازی در پستانداران (CLONING)..... ۶۴۳
- فصل ۲۷: فناوری‌های نوین کاربردی در حوزه بالینی درماتولوژی با چشم انداز آینده ۲۰۵۰..... ۶۵۹
- فصل ۲۸: تصویربرداری پزشکی و چشم انداز آینده..... ۶۶۹
- فصل ۲۹: فناوری بیورزونانس در تشخیص و درمان بیماری‌ها با چشم انداز آینده..... ۶۸۱
- فصل ۳۰: تجهیزات پزشکی در چشم انداز ۲۰۵۰..... ۶۸۷
- فصل ۳۱: فن آوری‌های نوین دندانپزشکی..... ۶۹۳
- فصل ۳۲: چشم اندازی از فناوری‌های نوین در طب آزمایشگاه..... ۷۰۳
- بخش سوم: فناوری‌های نوین حوزه داروسازی..... ۷۱۱**
- فصل ۳۳: تولید داروهای نو ترکیب با استفاده از تکنیک‌های زیست فناوری..... ۷۱۳
- فصل ۳۴: بیوسیمیلارها: تحولی نوین در صنعت داروسازی..... ۷۳۱
- فصل ۳۵: فراورده‌های آنتی‌بادی مونوکلونال تشخیصی و درمانی: وضعیت کنونی و دورنمای آینده..... ۷۴۱
- فصل ۳۶: داروهای پپتیدی..... ۷۷۱
- فصل ۳۷: آنتی‌بیوتیک‌های طبیعی یا پپتیدهای ضد میکروبی و کاربرد دارویی آن در افق ۲۰۵۰..... ۷۸۹
- فصل ۳۸: فناوری‌های کاربردی در پالایش پلاسما و تولید فرآورده‌های مشتق از آن..... ۸۰۳
- فصل ۳۹: تکنولوژی‌های مدرن تولید واکسن..... ۸۳۵
- فصل ۴۰: Edible واکسن‌ها، مروری بر واکسن‌های خوراکی و مصونیت حاصل از آن‌ها..... ۸۴۵
- فصل ۴۱: ویروس‌های انکولیتیک و مکانیزم ضد توموری آنها..... ۸۵۳
- فصل ۴۲: فناوری ام آر آن ای (mRNA)..... ۸۶۱
- فصل ۴۳: میکرو RNAها و کاربردهای نوین درمانی آنها..... ۸۷۵

فصل ۴۴: رویکرد آینده نگر جهانی در تشخیص و درمان بیماریها و صنایع دارویی با استفاده از فناوری آپتامر.. ۸۸۳

فصل ۴۵: چشم انداز فناوری رادیوداروها در حوزه سلامت در افق ۲۰۵۰..... ۸۹۷

فصل ۴۶: سیستم‌های نوین داروسازی..... ۹۰۷

فصل ۴۷: انواع لیپوزوم و کاربرد آن در داروسازی..... ۹۲۵

فصل ۴۸: فناوری‌های نوین در پیچ‌های پوستی..... ۹۴۵

فصل ۴۹: کاربرد سیستم میکروفلوئیدیک در زیست مواد..... ۹۵۹

فصل ۵۰: بیوسنسورهای پزشکی و چشم انداز آینده..... ۹۶۷

فصل ۵۱: چشم انداز اقتصادی درمانی بازار دارویی در افق ۲۰۵۰..... ۹۷۹

### **بخش چهارم: فناوری‌های نوین حوزه‌های صنایع غذایی، دریایی و آرایشی و بهداشتی..... ۱۰۰۱**

فصل ۵۲: فناوری‌های نوین در علوم صنایع غذایی و تغذیه با چشم اندازهای آینده..... ۱۰۰۳

فصل ۵۳: میکروبیوم انسان: چشم‌اندازی نوین در پیش‌آگهی، پیشگیری، تشخیص و درمان بیماری‌ها..... ۱۰۴۹

فصل ۵۴: کاربرد پروبیوتیک‌ها در حوزه سلامت با چشم‌انداز ۲۰۵۰..... ۱۰۶۹

فصل ۵۵: فناوری محصولات زیست فناوری دریایی..... ۱۰۸۱

فصل ۵۶: کاربردهای جلبک‌ها در صنایع دارویی و غذایی..... ۱۰۹۵

فصل ۵۷: فناوری‌های نوین کاربردی در حوزه محصولات آرایشی و بهداشتی با چشم انداز آینده ۲۰۵۰..... ۱۱۱۳

### **واژه‌یاب..... ۱۱۳۳**

# پیشگفتار ۱

با سپاس از گروه آینده‌نگری، نظریه‌پردازی و رصد کلان سلامت فرهنگستان علوم پزشکی با همکاری ستاد توسعه زیست فناوری معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری و معاونت‌های آموزشی و تحقیقات و فناوری وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، مبادرت به چاپ دوم کتاب «برترین فناوری‌های پزشکی و داروسازی، با چشم اندازهایی از آینده ۲۰۵۰» نموده‌اند. در چاپ جدید که با همت برادر ارجمند جناب آقای دکتر حسین رستگار و مشارکت تعداد قابل توجهی از مولفین ارزشمند، تعداد فصل‌ها و نیز صفحات کتاب به صورت چشمگیری افزایش یافته است، مطالعه کنندگان محترم را با شمه‌ای از پیشرفت‌های علوم سلامت در سه دهه آینده آشنا می‌کند.

سرعت بعضاً جهش گونه پیشرفت در ابعاد مختلف علوم و از جمله علوم پزشکی در ظرف سده‌ها و به ویژه دهه‌های اخیر و چشم انداز دهه‌های آینده، بیش از هر چیز حاکی از توان و ظرفیت‌های انسان خلیفه الهی است که خداوند کریم به وی عنایت کرده است. کشورهای اسلامی، روزی مهد علم و عالم پروری در همه زمینه‌ها و از جمله و به خصوص علوم سلامت و پزشکی بوده و کتاب‌ها و محصولات فکری و تجربی دانشمندان بزرگ این کشورها حتی تا سده‌های اخیر، چراغ راه کشورهای غربی بوده و حتی در دانشگاه‌های آنها تدریس می‌شد. به تدریج دنیای غرب توانست با دست اندازی بر ثروت و سرمایه سایر کشورها، اعم از منابع مادی و نیروی انسانی ماهر آنها و با به کارگیری مغزهای متفکری که از اقصی نقاط جهان جذب کرده بود، به پیشرفت‌های روزافزون در همه زمینه‌های پزشکی و صنعتی و از جمله صنایع مهم حوزه‌های پزشکی و داروسازی و تجهیزات پزشکی دست یافته و با سرعت غیر قابل تصویری ثروت اندوزی کند.

کشورهای جهان سوم که غالباً از داشتن حاکمان و دولت‌های ضعیف و دست نشانده رنج می‌برند، به آسانی به دام این کمپانی‌های چندملیتی و سودجو افتاده و نظام سلامتشان، محلی برای تاخت و تاز و تاراج آنچه از اقتصاد نیمه ورشکسته آنان باقی مانده است قرار می‌گیرد. این قبیل جوامع که هنوز با مسائل و مشکلات اولیه و حل نشده سلامت دست به گریبان هستند، منابع مالی محدود خود را با گشاده دستی، مصروف افلامی می‌کنند که مردم محروم آن کشورها هرگز امکان برخورداری از آنها را ندارند. باید اذعان کرد که در طی چهار دهه بعد از پیروزی انقلاب اسلامی، میهن اسلامی و عزیز ما هم همیشه عملکرد کاملاً مطلوبی از خود نشان نداده و گاهی به دلیل غفلت و ناآگاهی و گاهی متأسفانه به دلیل تعارض منافع پاره‌ای از مسئولان، به جای حمایت هرچه بیشتر از تولیدات و محصولات داخلی اعم از داروها، تجهیزات پزشکی و امثال آن و نیز اعمال کمک‌های بی‌دریغ به محققان، نخبگان، نوآوران، فناوران و اساتید فن و نیز به جوانان شیفته تلاش‌ها و اقدامات انقلابی و جهادی، خواسته یا ناخواسته به اقتصاد کمپانی‌ها و شرکت‌های خارجی کمک شده است. اما در عین حال، امید بسیار زیادی است که دانشمندان و جوانان عزیز ما که در زمینه‌های مختلف، از جمله در علوم پزشکی و داروسازی، تولید انواع فراورده‌های پزشکی، واکسن‌ها، تجهیزات و ملزومات پزشکی، پیشرفت‌های ارزشمند و چشمگیری داشته‌اند، با تلاش بیشتر، بتوانند کشور را از گزند شرکت‌های خارجی مصون داشته و علاوه بر نیل به خودکفایی در همه زمینه‌ها، میهن اسلامی را به کانونی برای کمک به سایر کشورهای اسلامی و نیازمند تبدیل نمایند.

مجدداً از برادر ارجمند جناب آقای دکتر رستگار و همه اساتید بزرگوار که در تالیف این کتاب ارزشمند مشارکت نموده‌اند، سپاسگزاری می‌نمایم و برای آنان آرزوی سلامت و توفیق روز افزون در خدمت به نظام مقدس جمهوری اسلامی ایران را دارم.

**دکتر سیدعلیرضا مرندی**

رئیس فرهنگستان علوم پزشکی

## پیشگفتار ۲

کتاب برترین فن‌آوری‌های نوین در حوزه پزشکی و داروسازی با چشم‌اندازهایی از آینده ۲۰۵۰ توسط گروهی از بهترین متخصصین حوزه‌های مختلف بالینی و داروسازی و علوم پایه تهیه شده است. علم به آینده باعث می‌شود تا اساتید حوزه‌های علوم پزشکی، دانشجویان خود را برای زمان خودشان تربیت کنند. امروزه ما شاهد هستیم که محتویات ارائه شده در آموزش‌های علوم پزشکی تغییر چندانی نسبت به یک دهه قبل نکرده است در حالیکه شیوه‌های جدید تشخیصی و درمانی تغییر قابل ملاحظه‌ای نسبت به یک دهه قبل کرده است. لازم بود که دانشجوی ورودی هفت سال قبل به گونه‌ای تربیت می‌شد که از دانش امروز عقب نباشد.

امروزه با ورود فن‌آوری‌های نوین مرزهای دانش در رشته‌های مختلف کمرنگ گردیده و در مقابل ارتباط بین رشته‌های مختلف علمی و در هم تنیدگی بین آنها افزایش یافته است و در حوزه‌های مختلف علوم پزشکی با ورود علوم همگرا به‌ویژه علم بیوتکنولوژی، نانوتکنولوژی، علوم شناختی و هوش مصنوعی و فن‌آوری اطلاعات در آینده می‌توان شاهد تحولاتی شگرف در حوزه‌های مختلف علم، دانش و فن‌آوری باشیم.

در آینده با گسترش فن‌آوری‌های نوین مسیرهای درمانی، دارویی، بهداشتی، آموزشی و پژوهشی با تغییرات اساسی و باورنکردنی همراه خواهد بود و کلیه دانشمندان و محققین شاهد حضور فن‌آوری‌های بسیار پیشرفته و ابزارهای بسیار کارآمد در دستیابی به اهداف خود در حوزه علم و فن‌آوری خواهند بود. اگر امروز این دانش‌ها را وارد برنامه‌های درسی نکنیم فارغ‌التحصیلان دهه آینده به نوعی کم سواد تلقی خواهند شد که قادر نیستند از دانش روز برای سلامت بهره‌برداری کنند.

از طرفی اگر مدیران سلامت امروز از این موضوع غفلت کنند در آینده مجبور به واردات انواع محصولات و علوم و فناوری خواهند شد. همکاری اعضای هیات علمی و متخصصین برای تدوین این کتاب گامی است برای آشنایی بیشتر اساتید و دانشجویان با فن‌آوری‌های نوین پزشکی و دارویی و آنچه که در آینده در این حوزه‌ها با آن روبه‌رو خواهد گردید، بنابراین امیدواریم که بهره کافی از این مجموعه ببرید.

### دکتر مصطفی قانعی

رئیس گروه آینده‌نگری، نظریه پردازی و رصد کلان سلامت فرهنگستان علوم پزشکی ایران

دبیر ستاد توسعه زیست فن‌آوری معاونت علمی و فن‌آوری ریاست جمهوری

## پیشگفتار ۳

پیشرفت علم و فناوری در دهه‌ها و سال‌های اخیر، بسیار سریع همراه با جهش‌ها و نقاط عطف متعددی بوده است. علوم پزشکی و رشته‌های وابسته به آن نیز از بهداشت تا درمان و از آموزش تا پژوهش دستخوش این تغییرات و پیشرفت‌های سریع و شگرف بوده‌اند امروزه مرزهای بین علوم شکسته شده و خصوصاً علوم پزشکی با همگرایی و هم‌افزایی سایر علوم، توانسته‌اند افق جدید را بسوی آینده باز نمایند که نتیجه آن دستیابی به تمام شئون سلامت خواهد بود.

چاپ دوم کتاب اخیر (برترین فناوری‌های پزشکی و داروسازی با چشم‌اندازی از آینده ۲۰۵۰) که به همت جناب آقای دکتر حسین رستگار و اساتید بزرگ دانشگاه‌ها و مراکز علمی کشور تدوین گردیده، حاکی از آینده‌نگری و اهمیت شناخت حوزه‌های جدید علوم پزشکی می‌باشد. سال‌های آتی، جولانگاه تکنولوژی و فناوری‌های مختلف در تمام حوزه‌های علوم پزشکی بوده و قطعاً دگرگونی اساسی در نگرش سیاست‌گذاران و خدمت‌گیرندگان عرصه سلامت بوجود خواهد آمد.

ضمن تشکر از گردآوردندگان این مجموعه نفیس، بر نقش آموزش و آشناسازی فراگیران علوم پزشکی با فناوری‌های جدید مرتبط، تاکید می‌نمایم. برای حضور فعال و حرکت در مرزهای دانش، به شناخت و بکارگیری این تکنولوژی‌ها و فناوری‌های نوین نیازمندیم.

### دکتر ابوالفضل باقری فرد

معاون آموزشی وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی  
معاون آموزشی و دبیر شورای آموزش پزشکی و تخصصی



## پیشگفتار ۴

کتاب ارزشمند برترین فناوری‌های پزشکی و داروسازی با چشم‌اندازهایی از آینده ۲۰۵۰، توسط جمعی از بهترین اساتید متخصص بالینی و داروسازی و علوم پایه کشور گردآوری شده است. با توجه به شیوع بیماری‌های عفونی نوظهور و بازپدید در قرن بیست و یکم، شناخت کامل از علوم نوین بیوتکنولوژی، علوم شناختی، هوش مصنوعی و فناوری اطلاعات در حوزه‌ی درمان، کنترل و پیشگیری، این کتاب به اساتید پزشکی، داروسازی و علوم پایه این امکان را می‌دهد که شناخت کافی از روش‌های نوین درمانی و تشخیصی بهره ببرند. با توجه به اینکه در سالهای اخیر ما شاهد رشد چشمگیر علوم پزشکی و دارویی کشور هم‌پای کشورهای پیشرفته جهان بودیم، ارائه‌ی فناوری‌های نوین تشخیصی و درمانی مرتبط با رشته‌های مختلف می‌تواند در آینده سبب تحولات شگرف در حوزه‌های مختلف دانش، فناوری و پژوهش‌های محصول محور باشد.

شیوع بیماری واگیردار کووید ۱۹ در دو سال اخیر، ضرورت آموزش و پژوهش در حوزه‌ی فناوری‌های نوین درمانی، دارویی و بهداشتی را بر همگان ثابت کرد. امروزه کلیه‌ی دانشمندان و محققین حوزه‌های بیوتکنولوژی، دارویی، پزشکی و علوم زیستی به دنبال فناوری‌های پیشرفته و ابزارهای بسیار کارآمد در حوزه‌ی علم و فناوری هستند و این کتاب می‌تواند نقش موثری در بهره‌وری از این علوم داشته باشد. حال که تعدادی از اعضای هیئت علمی و متخصصین برای تدوین این کتاب قدم مهمی برداشته‌اند تا اساتید و دانشجویان حوزه‌های علوم پزشکی و زیستی با فناوری‌های نوین پزشکی و دارویی در آینده آشنا شوند، امید است اطلاعات این کتاب بتواند برای پژوهشگران و فناوران کشور و اعتلای ایران عزیزمان موثر باشد.

### دکتر یونس پناهی

معاون تحقیقات و فناوری وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی

## پیشگفتار ۵

امروزه با ورود فناوری‌های نوین و نوظهور در عرصه‌های مختلف علوم پزشکی کشور در آینده نزدیک شاهد تغییرات بنیادین و زیربنایی در حوزه‌های مختلف سلامت خواهیم بود و در صورت عقب ماندن از کسب و توسعه فناوری‌های نوین حوزه‌های علوم پزشکی با محرومیت‌های جدی در حوزه سلامت مواجه خواهیم شد.

در آینده نه چندان دور با توسعه شتابان فناوری‌های نوظهور عرصه سلامت مرزهای بین رشته‌های مختلف کمرنگ و وابستگی آنها به همدیگر بطور ملموسی گره خواهد خورد و بسیاری از بیماریها قبل از بروز با بکارگیری فناوری‌های نوین در مراحل اولیه تشخیص داده خواهد شد و درمانهای هدفمند فناورانه با بهره‌مندی از پزشکی فردی یا شخصی برای آنها منظور خواهد گردید. بسیاری از دستگاه‌های تشخیصی پزشکی بصورت پرتابل با خدمات از راه دور جایگزین دستگاه‌های بزرگ فعلی خواهد گردید و تعداد زیادی از بیماری‌های خاص با فناوری‌های ژنتیکی و ویرایش ژنومی ریشه‌کن خواهد شد. همینطور با بهره‌مندی از فناوری‌های نوین در حوزه‌های داروسازی شرایط برای تولید داروهای جدید با تکنولوژی‌های پیشرفته بویژه داروهای بیولوژیک خواهد توانست مسیرهای درمانی و راهنماهای جدید درمانی را تغییر دهد. همچنین با ورود بسیاری از تجهیزات و ملزومات پزشکی، دندانپزشکی و آزمایشگاهی و فناوری‌های نوین مربوط به سایر زیرگروه‌های حوزه‌های علوم پزشکی با روش‌های تشخیصی و درمانی جدید شاهد تحولات عظیمی در حوزه‌های تشخیص و درمان خواهیم بود که همگی اینها به ما نوید حرکت سریعتر برای ورود، دستیابی و تجهیز به این فناوری‌های نوین و نوظهور با بینش آینده‌نگرانه و کسب جایگاه‌های شایسته جهانی و بهره‌مندی از خدمات تشخیصی درمانی، تولیدی و خدماتی در عرصه‌های مختلف علوم پزشکی را می‌دهد.

در همین راستا کتاب برترین فناوری‌های نوظهور پزشکی و داروسازی با چشم اندازهایی از آینده ۲۰۵۰ که توسط بهترین متخصصین دانشگاهی و مراکز علمی کشور تدوین گردیده ضمن معرفی جدیدترین فناوری‌های نوظهور آینده‌نگرانه می‌تواند بعنوان دایره‌المعارفی مفید مشتمل بر فناوری‌های نوظهور در گستره علوم پزشکی در اختیار علاقمندان و اعضای محترم سازمان نظام پزشکی کشور قرار گیرد.

### دکتر محمد رئیس زاده

رئیس کل سازمان نظام پزشکی ایران

## پیشگفتار ۶

فن‌آوری‌های نوین باعث تغییرات قابل توجهی در بخش‌های آموزشی، پژوهشی و بویژه تولید و اقتصاد گردیده است. از آنجا که حوزه پزشکی جزء عرصه‌های راهبردی محسوب می‌گردد لذا تاثیر فن‌آوری‌های نوین در مقوله‌هایی نظیر زیست‌فن‌آوری، فن‌آوری اطلاعات، علوم‌شناختی و نانوفن‌آوری بسیار تاثیر گذار بوده است.

در موضوع نانوفن‌آوری بخش پزشکی آن یعنی نانوفن‌آوری پزشکی منجر به باز شدن دریچه‌های جدیدی گردیده است که در قالب ارائه محصولات پیچیده‌ای نظیر داروهای هوشمند، روش‌های تشخیص دقیق و سریع، انواع تجهیزات و پروتزهای زیست‌سازگار سبک خود را نشان می‌دهد. درمان بیماری‌های صعب‌العلاج، سهولت، دقت و سرعت در تشخیص بیماری‌هایی نظیر انواع بدخیمی‌ها که تصور می‌رود همراه با کاهش هزینه‌های هنگفت درمان خواهد بود، آینده نانوفن‌آوری را در بخش اجتماعی و سلامت بسیار امیدوار کننده و تاثیر گذار نشان می‌دهد. در کتاب حاضر سعی شده است تاثیر گذاری فن‌آوری‌های نوین در وضعیت موجود و آینده بخش سلامت به صورت عام و تاثیر نانوفن‌آوری پزشکی به صورت خاص نشان داده شود. ضمن تشکر از همکاران پرتلاش تهیه کننده این مجموعه، امید است این کتاب مورد اقبال خوانندگان که پیش‌بینی می‌شود بیشتر شامل متخصصین، دانشجویان و دست‌اندرکاران عرصه فن‌آوری‌های نوین باشد، قرار گیرد.

### دکتر سید مهدی رضایت

مدیر کارگروه توسعه منابع انسانی ستاد توسعه فن‌آوری نانو

معاونت علمی و فن‌آوری ریاست جمهوری و رئیس انجمن نانوفن‌آوری پزشکی ایران

## پیشگفتار ۷

قرن بیستم با حضور چند تکنولوژی پیشرفته مانند هوافضا، الکترونیک، IT و بیوتکنولوژی به پایان رسید. قرن بیست و یکم توانست قدرت‌های بالقوه این تکنولوژی‌ها را بالفعل کند و در دسترس مردم قرار دهد. نتیجه‌ی آن، رفاه اجتماعی بیشتر، افزایش طول عمر، افزایش امید به زندگی و نهایتاً جامعه‌ی سالم‌تر می‌باشد.

در اوایل دهه ۱۹۸۰ که داروهای انسولین و هورمون رشد به بازار آمد هیچ‌وقت نمی‌توانستیم به این فکر باشیم که سی سال بعد سیستم هوشمند می‌تواند مدیریت تزریق این داروها را به عهده بگیرد. امروزه با بکارگیری پمپ‌های هوشمند خطرات ناشی از کمبود انسولین در بدن، به حداقل رسیده است. همچنین با همگرا شدن IT با بیوتکنولوژی و الکترونیک تحت عنوان تکنولوژی‌های همگرا محصولاتی با کمترین تداخل انسانی به بازار عرضه می‌گردد.

در آینده‌ی نه چندان دور، درمان از مطب به منزل انتقال خواهد یافت و بهره‌مندی از خدمات پزشکی و پیشرفت‌های درمانی کشورهای پیشرو در صنعت دارو و پزشکان حاذق در عرصه بین‌المللی، بدون سفر و نوبت‌دهی بدون مرز از طریق فضای مجازی برای هر انسانی در هر گوش‌های از جهان میسر خواهد شد.

با برخورداری از هوش مصنوعی امکان پیش‌گیری و درمان زود هنگام اکثر بیماری‌های وراثتی و یا بیماری‌هایی که ژن مخصوص و یا ژن‌های مخصوصی درگیر هستند فراهم می‌گردد. هزینه دولت‌ها و مردم، برای درمان با بکارگیری هوش مصنوعی و داده‌های بیوانفورماتیک به شدت کاهش پیدا می‌کند.

آنچه به آن باید عمل کرد حرکت سریع در راستای بکارگیری IT و الکترونیک در خدمت سلامت است. بدون شک سرمایه‌گذاری برای زیر ساختار هوش مصنوعی و ترغیب سرمایه‌گذاری در شرکت‌های دانش بنیان می‌تواند دولت‌ها را در کاهش هزینه سلامت کمک کند.

آنچه انتظار می‌رود ورود به بازار داروهای بسیار گران قیمت، که بطور اختصاصی برای افراد تحت عنوان Individual Medicine تجویز می‌گردد می‌باشد. بی‌شک بدون ترغیب حضور شرکت‌های دانش بنیان با مبداء دانشگاهی نمی‌توان از این مسیر صعب‌العبور گذر کرد.

آینده از آن درمان بدون مسافرت و درمان در منزل خواهد بود.

### دکتر فریدون مهبودی

رئیس شبکه بیوتکنولوژی کشور

## پیشگفتار ۸

امروزه فناوری نوین در حوزه‌های مختلف علوم با حرکتی شتابان و غیر قابل تصور، دنیایی جدید و سرشار از محصولات و خدمات فناورانه را برای بشر نوید می‌دهد. رشد علوم از حالت خطی در قرون گذشته بصورت حرکت نمایی در آمده و بشر با گذشت هر چند سال در قرن ۲۱ در حال دستیابی به فناوری‌های به مراتب پیچیده‌تر و پیشرفته‌تر از چند قرن گذشته می‌باشد و حتی می‌توان گفت دستاوردهای بشر در قرن ۲۱ بیش از تمامی تجربیات کسب شده در تمامی قرنهای گذشته خواهد بود.

با رشد سریع جمعیت جهانی از ۵/۳ میلیارد نفر در سال ۱۹۹۰ به ۹/۲ میلیارد نفر در سال ۲۰۵۰ و ۱۱/۲ میلیارد نفر در سال ۲۱۰۰ و افزایش شدید نیازهای انسانی و جهانی شدن و تغییرات اقلیمی، امکان رفع نیازهای آینده بشری با شرایط و منابع فعلی به هیچ وجه مرتفع نخواهد گردید و انسان باید با معضلات و مشکلات متعدد دست به گریبان و برای آنها راه حل‌های اساسی ارائه نماید.

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 نوین تنها راه برون رفت از معضلات مذکور می‌باشد. روند انقلاب‌های صنعتی اول با توسعه صنعت مکانیک و تولید ماشین‌های بخار و وسایل مکانیکی در صده ۱۹ و انقلاب صنعتی دوم با ورود صنعت الکترونیک در صده ۲۰ و انقلاب صنعتی سوم با صنعت فن‌آوری دیجیتال پیشرفته، امروز ما را وارد انقلاب صنعتی چهارم با ورود فن‌آوری‌های نوین پیشرفته به عنوان تنها راه برون رفت از معضلات افزایش شدید جمعیت و نیازهای فراوان انسانی در قرن ۲۱ نموده است.

در حال حاضر به نظر میرسد با بهره‌گیری از فن‌آوری‌های همگرا و پیشرفته مانند بیوتکنولوژی، نانو تکنولوژی، فن‌آوری اطلاعات و علوم شناختی و هوش مصنوعی می‌توان بسیاری از نیازهای حوزه علوم داروسازی و پزشکی را مرتفع نمود. در جایی که این فناوری‌ها با ابزارها و روش‌هایی مانند ژن تراپی، سلول‌های بنیادی و سل تراپی، مهندسی بافت، پرینتر 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 نوکلئیک و پروتئینی یا واکسن‌های خوراکی، رفع نابروری و کلونینگ، فرآورده‌های نانو، فرآورده‌های بیومتریال‌های هوشمند، مواد و روش‌های نوین دندانپزشکی و فن‌آوری‌های نوین تشخیصی و آزمایشگاهی بالینی و فناوری بیورزونانس، تصویربرداری، تجهیزات پزشکی و سیستم‌های مبتنی بر میکروفلوئیدیک و بیوسنسور 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 ابرونده‌های بنیان برافکن در حوزه‌های علوم و فناوری می‌شناسند و 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.

جهان آینده، جهانی همراه با تغییرات ژنوم و حتی فراتر از آن خواهد بود و امیکسها پنجره وسیعی در حوزه درمان و داروسازی برای ما باز خواهد نمود و یک نسخه برای یک نفر جای یک نسخه برای همه را خواهد گرفت و در آینده شاهد درمان و حتی ریشه‌کنی بسیاری از بیماری‌های لاعلاج ژنتیکی با بهره‌مندی از فن‌آوری ویرایش ژنومی خواهیم بود و یا با استفاده از فناوری اطلاعات می‌توانیم بگوئیم پزشکی در دستمان خواهد بود به این مفهوم که با سنجش و پایش و ارزیابی تمام علائم و شاخص‌های حیاتی، بیوشیمیایی، فیزیولوژیکی و بیولوژیکی مربوط به بدن از طریق استقرار و بکارگیری تراشه‌های هوشمند کاشته شده یا در تماس یا در دسترس با بدن و انتقال اطلاعات مربوط به آن

به موبایل می‌توان با آنالیز داده‌ها، ارائه راهکارهای درمانی برای شخص ارائه کرد و در نتیجه با بهره‌مندی و بکارگیری فناوری دیجیتال سلامت بطور خلاصه می‌توان گفت که پزشکی در دستان شماسست. همچنین با ارسال این داده‌های درمانی به سیستم‌های هوشمند سایر مراکز درمانی یا متخصصین می‌توان در حداقل زمان خدمات درمانی را دریافت نمود و یابا بهره‌مندی از فناوری اطلاعات می‌توان تمام فرآیندهای بیمارستانی، بهداشتی و درمانی و مدیریتی و حتی انجام جراحی‌های کاملاً اتوماتیک را به انجام رساند. همینطور با شناختی که از علوم اعصاب و مدارهای مغزی و استقرار هوشهای مصنوعی با چندین برابر قدرت مغز انسانی حاصل خواهد گردید بسیاری از وظایف انسان و مغز بشر توسط این هوشهای مصنوعی ما را در اهداف درمانی، داروسازی، پزشکی و سایر علوم مرتبط با علوم پزشکی هدایت خواهد نمود و فن‌آوری نانو با ذرات یک میلیارد برابر کوچکتر و خواص فیزیکی و شیمیایی انفجاری خود تمام فرآیندها و ابزارها در حوزه علوم پزشکی را متحول خواهد ساخت. در نتیجه در ۲۰۵۰ جهان علوم پزشکی و داروسازی را با چشم دیگر و به صورت مهیج احساس خواهیم کرد.

بنابراین با تغییرات وسیع در حوزه فناوری‌های نوین و بروز کلان روندها و شکوفائی انقلاب صنعتی چهارم در قرن ۲۱ با ویژگی‌های منحصر بفرد خود شاهد این امر خواهیم بود که تمامی سازمان‌ها و نهادهای متأثر از آن مجبورند تا توانمندی خود را در کشف تغییرات و تحولات عدم قطعیت‌ها و پیشران‌ها ارتقاء دهند تا نه تنها در مقابل تغییرات بنیادی دچار غافلگیری نشده بلکه با سرمایه‌گذاری هوشمندانه بتوانند بعنوان بازیگران اصلی حوزه علم و فناوری و نوآوری ایفای نقش نمایند.

در آینده مهمترین پایه‌های کسب و کار در حوزه‌های بهداشت و درمان بر محور و کانون بیمار و خدمات به بیماران و مصرف کنندگان خدمات سلامت متمرکز خواهد شد و ارائه خدمات بهداشتی و درمانی و مشارکت بیماران با بکارگیری و توسعه فناوری‌های نوظهوری مانند نانو تکنولوژی، محاسبات کوانتومی، رباتیک، مهندسی پزشکی، هوش مصنوعی، داده‌های بزرگ، قابلیت اتصال، امنیت افزوده، پرنتر سه بعدی، ژنومیکس و امیکس‌ها، فناوری اطلاعات و بیوسنسورها و ابزارهای ارتباطی و بسیاری دیگر از فناوری‌های نوظهور حرکت کرده و به تبع آن حوزه‌های مختلف علوم پزشکی دچار تحولات بنیادی و بنیان برافکن خواهد شد.

در آینده نه چندان دور اکثر بودجه‌های مربوط به حوزه‌های پزشکی به حفظ سلامتی مردم و پیشگیری از بیماری‌ها بجای درمان بیمار بها اختصاص خواهد یافت و این امر با شناسائی زود هنگام و مداخله پیشگیرانه و پیگیری تاثیرات این مداخلات بویژه با بهره‌مندی از فناوری‌های ژنومیکس و امیکس‌ها و به کارگیری داده‌های بزرگ و مفید و مدیریت هوش مصنوعی صورت خواهد پذیرفت. با انجام اقدامات پیشگیرانه می‌توانیم بطور قابل ملاحظه‌ای شاهد کاهش هزینه‌های درمانی باشیم و در این میان بیمار نقش محوری را در زنجیره بهداشتی و درمانی بعهدده خواهد داشت. لذا ضروری است از هم اکنون ذینفعان کسب و کارهای حوزه سلامت بیشتری تلاش خود را در جهت جلب اعتماد مصرف کنندگان خدمات سلامت یا بیماران بعنوان مهمترین پایه کسب و کارهای سلامت متمرکز نمایند. در این رابطه می‌توان به ارائه خدمات پیشگیرانه و خدمات سلامت از راه دور و بطور کلی مشارکت بیمار در تمام مراحل بیماری از پیشگیری تا درمان گرفته تا دریافت خدمات سلامت و توانمند سازی بیماران در منزل بویژه برای سالمندان اشاره نمود که این موضوع باید بصورت جدی مورد توجه کسب و کارهای سلامت قرار گیرد. البته نباید فراموش کرد که برای رضایت مصرف کنندگان خدمات سلامت و بیماران، توجه به دریافت راحت و آسان خدمات و شفافیت در خدمات دریافتی دارای اهمیت خاصی بوده و به طور کلی باید مدل کسب و کارهای سنتی که بر پایه کاهش بیماری و سود بیشتر متمرکز بوده به کسب و کارهای نوین بر پایه حفظ و ارتقای سلامت مصرف کنندگان خدمات سلامت و بیماران متمرکز گشته و فناوران و نوآوران به جای اینکه با ظرفیت‌های فعال موجود رقابت نمایند باید بدنبال ارتقاء تجربه مصرف کنندگان خدمات سلامت و تغییرات به سمت تجربیات بهینه برای آنها باشند. در حوزه‌های صنایع غذایی و تغذیه نیز کسب و کارها از مرحله‌های تولید گرفته تا فرآوری، عرضه، توزیع و مصرف کاملاً بر محور بکارگیری و بهره‌مندی از فناوری‌های نوین و روش‌های نوآورانه متمرکز بوده و در تمامی این مراحل با تمرکز بر ویژگی‌های درخواستی مصرف کننده مانند سلامتی و کیفیت محصول، راحتی استفاده، لذت مصرف، قیمت مناسب، دسترسی آسان با بهره‌مندی از سیستم‌های مجازی و دیجیتال، تامین شرایط تغذیه‌ای مورد نیاز مصرف کننده و سایر موارد اغناء کننده مشتری از شروط لازم برای موفقیت این کسب و کارها خواهد بود و عرضه کنندگان کالا و خدمات این حوزه باید به رقابت هوشمندانه، تغییر دیدگاه و متقاعد کردن مصرف کننده و ابداع و بکارگیری سیستم‌های فناورانه و نوآورانه در کسب و کار بویژه عرضه محصول سالم و باکیفیت و دارای ویژگی‌های مورد نیاز و لازم مصرف کننده خود اهتمام بورزند.

در مجموعه حاضر تلاش گردیده چشم‌اندازهایی از آینده ۲۰۵۰ در حوزه علوم پزشکی و داروسازی به تصور کشیده شود. هرچند برخی از فن‌آوری‌ها در مراحل تکامل نهایی و برخی بسیار زودتر از این تاریخ به نتیجه خواهد رسید و برخی نیز باید راه طولانی تری را برای رسیدن به

قله مقصود طی نمایند. در چندسال آینده فن‌آوری‌های جدیدتری نیز به علوم حوزه پزشکی اضافه خواهد گردید، اما به نظر می‌رسد در ۲۰۵۰ کلیه این علوم به حداکثر شکوفایی خود رسیده باشند و پس از آن ما باید منتظر به نتیجه رسیدن فناوری‌های جدید دیگری که در آن زمان در اول راه بوده و شاید هم در زمان حاضر هیچ نام‌ونشانی از آن‌ها نداشته باشیم.

لذا بر خود وظیفه می‌دانم از کلیه همکاران حوزه‌های پزشکی، داروسازی، دندانپزشکی، علوم پایه و فن‌آوری اطلاعات که با تلاش وافر خود در ۵۷ گروه با بازنگری مجدد این کتاب برای چاپ دوم توانسته باشند مجموعه‌ای شایسته را به جامعه پزشکی و داروسازی و رشته‌های مرتبط ارائه و پنجره‌هایی با چشم‌اندازهایی از آینده ۲۰۵۰ را فراهم نمایند. هر چند با توجه به وسعت کار و حجم بالای محتوی کتاب و هماهنگی بین ۵۷ گروه حوزه‌های مختلف علوم پزشکی امکان ایجاد یکنواختی کامل در تمام فصول میسر نبوده است و احتمالاً برخی از فصول نیز هم پوشانی و مطالب مشترک یا نواقصی را داشته باشند امید است با راهنمایی کلیه اساتید و همکاران در چاپ‌های بعدی بتوانیم آن را به حداقل برسانیم.

در کلیه فصول ارائه شده، نویسنده مسئول هر فصل که لوگوی محل خدمت ایشان در پشت جلد درج گردیده است مسئولیت علمی مربوط به محتوی فصل خود را به عهده خواهد داشت و همکاران می‌توانند از طریق اینجانب یا ارتباط با خود مسئول مربوطه در ارتقای آن، ایفای نقش نمایند.

امیدوارم مجموعه حاضر توانسته باشد در حد امکان اطلاع‌رسانی لازم در حوزه فن‌آوری‌های نوین پزشکی و داروسازی با چشم‌اندازهایی از آینده ۲۰۵۰ در یک مجموعه ۵۷ فصلی (۵۷ کتاب در یک کتاب) و راهکارهایی لازم برای کسب فن‌آوری‌های نوین در حوزه‌های پزشکی و داروسازی و سایر رشته‌های علوم پزشکی را برای همگی همکاران و علاقمندان این حوزه فراهم نموده باشد.

از خداوند متعال توفیق و ارتقای چاپ‌های بعدی با راهنمایی و ارشادات کلیه همکاران و خوانندگان محترم را خواستارم و از کلیه نویسندگان و اساتید برجسته این اثر و همچنین حمایت‌های مراکز و نهادهای علمی و دانشگاهی بویژه گروه آینده‌نگری و نظریه‌پردازی و رصد کلان سلامت فرهنگستان علوم پزشکی، ستاد توسعه زیست فناوری معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری، سازمان غذا و دارو و معاونت‌های آموزشی و تحقیقات و فناوری وزارت بهداشت و درمان و آموزش پزشکی و شبکه بیوتکنولوژی کشور در چاپ دوم این مجموعه علمی و فن‌آورانه تشکر ویژه و قدرانی لازم را دارم.

### دکتر حسین رستگار

سرپرست گروه پدیدآورندگان

عضو گروه آینده‌نگری و نظریه‌پردازی و رصد کلان سلامت فرهنگستان علوم پزشکی  
رئیس کارگروه سلامت ستاد توسعه زیست فناوری معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری

**بخش اول**

**کلیات فناوری‌های نوین کاربردی حوزه سلامت**







# ابر روندهای بنیان بر افکن در حوزه‌های علوم پزشکی و افق‌های فناوری در آینده ۲۰۵۰

نویسندگان:

- دکتر حسین رستگار\*
- مهدی طاهریان
- فاطمه رستگار

۳. ابر روندها خوی و منش جهان‌های دارند و منحصر به جغرافیا و کشور نیستند هر چند ممکن است اثر آنها در یک جغرافیای ویژه چشم‌گیرتر باشد. بر اساس این ویژگی‌ها می‌توان شاخص‌های زیر را برای شناخت ابر روندها تعریف کرد

- **چهار چوب زمانی:** تداوم توان پیش‌بینی شده حداقل برای ۱۵ سال آینده را دارند
- **جهان شمولی:** تقریباً بر تمام مناطق جهان اثر می‌گذارند.
- **دامنه و گستردگی:** بر جامعه از سطح ریز تا کلان اثر می‌کنند و دامنه‌های سیاسی، اقتصادی، علم و فناوری، سازمان‌های اجتماعی و افراد را در بر می‌گیرند.
- **اثرگذاری:** اثر چشم‌گیری بر روی حیات انسان داشته و تغییرات کیفی ایجاد می‌کند به گونه‌ای که فرار از این تغییرات بسیار دشوار و حتی ناممکن است.

## ویژگی‌های راهبردی ابر روندها

ابر روندها برای دستیابی به اهداف خود دارای راهبردها و ویژگی‌های مختلف می‌باشند.

۱. ابر روندها به هم پیوسته‌اند و به هم بافته‌اند و از این رو فرصت‌های هم‌افزایی میان آنها فراهم می‌شوند.
۲. بسیار مهم است که اکوسیستم مربوط به ابر روندها را درک

واژه‌ی ابر روند (کلان روند)<sup>۱</sup> توسط جان نیسبت در سال ۱۹۸۲ میلادی با انتشار کتاب ابر روند ابداع گردید. کتاب این مولف در ۵۷ کشور انتشار و رتبه پر فروش را به خود اختصاص داد. در این کتاب او چشم‌اندازی از هزاره‌ی سوم را، بر اساس این ابر روندها به تصویر کشید. با توجه به نظرات انقلابی وی، شیوه تحلیل روند<sup>۲</sup> در بخش صنعت، کسب و کار و مقولات پژوهشی جایگاه رفیعی یافت.

ابر روندها از نظر ماهیت به گونه‌ای فضای کسب و کار و جامعه را تغییر داده که اثرات آنها نه تنها در سال‌های جاری بلکه چندین دهه پا برجا می‌ماند. از سوی دیگر، اثر این ابر روندها بر هر فرد در جامعه انسانی موثر خواهد بود و فرصت‌ها و تهدیدات ویژه خود را بر فضای کسب و کار و جوامع انسانی فرود خواهد آورد. از این رو، نگرش به این ابر روندها در هر فعالیت آینده پژوهی و تدوین سیاست کلان (با برد زمانی طولانی) اجباری می‌باشد.

بر این اساس، ابر روندها را می‌توان بعنوان تغییرات بنیادی عمده در سطح جوامع، فناوری، عرصه اقتصاد و شرایط سیاسی برشمرد که از سه ویژگی اصلی زیر پیروی می‌کنند:

۱. ابر روندها توسعه‌ای آهسته دارند ولی در زمانی که به تبلور برسند اثر آنها حداقل برای ۱۵ تا ۲۵ سال پا برجا می‌ماند.
۲. ابر روندها بر گستره‌های گوناگون و متنوع از حیات انسان اثر می‌گذارند.

1. Mega Trend  
2. Trend Analysis

و پیامدهای سلامت از طریق اندازه‌گیری‌های مولوکولی و عوامل محیط زیست و رفتاری که در سلامت و بیماری نقش دارد فراهم می‌آورد. در پزشکی فرا دقیق از فناوری‌های امیکس<sup>۲</sup> در حد افراط استفاده می‌شود.

لذا با شکوفایی فناوری‌های هوش مصنوعی، رباتیک پیشرفته، اینترنت اشیا، چاپ سه بعدی، میانجی‌های انسان-ماشین، واقعیت افزوده و فناوری‌های داده‌های بزرگ به عنوان بخشی از ابر روندها چنان بر دانش آینده موسستولی خواهد شد که پزشکی سیمایی فناورانه خواهد یافت و در آینده ۲۰۵۰ ما شاهد مراقبت‌های سلامت شفاف و بدون شبهه، تصمیم‌گیری صحیح، محتوای درست آنلاین، بیمار توانمند شده، پزشکان با دانش وب بالا و نبود موانع همکاری‌های دسته جمعی خواهیم بود.

### پزشکی نمایی<sup>۳</sup> به سمت تکینگی<sup>۴</sup>

تکینگی واژه‌ای است که نخست در ریاضی روایی یافت و معنای آن نقطه‌ای است که یک معادله راه حلی ندارد. در جایی که مغز انسان برای برخی وقایع راه حل و توجیهی نمی‌یابد در این جا با ورود سیستم‌های جدید مغزی مانند هوش مصنوعی معادله حل گشته و در این نقطه است که تکینگی اتفاق می‌افتد و در این جا هوش مصنوعی فراتر از هوش انسانی حرکت می‌کند و آن چه که انسان نمی‌بیند را دیده و راه حل برای آن ارائه می‌کند.

تکینگی فناوری نیز یک رویداد فرضی است که هوش مصنوعی (برای مثال شامل رایانه هوشمند شبکه‌های رایانه‌ای یا روبات‌ها) می‌تواند به صورت هوشمندانه‌ای خود را باز طراحی نموده و ماشین‌های هوشمندانه‌تر و نیز نیرومندانه‌تر از خود ایجاد نمایند. در اینجا به نقطه انفجار هوشمندی می‌رسیم که در این نقطه به چنان پایه‌ای از هوشمندی دست خواهیم یافت که از تمام کنترل‌های رایج انسانی و درک او گذر می‌کند. از دیدگاه آقای ری کورزویل تکینگی فناوری در زمانی روی می‌دهد که توان هوش مصنوعی از توانمندی‌های انسان به عنوان هوشمندترین و توانمندترین گونه حیات روی زمین عبور نماید و بدین وسیله توسعه فناوری آینده توسط این ماشین‌ها روی خواهد داد. و از نظر ایشان برای رسیدن به سرمنزل تکینگی در سال ۲۰۴۵ باید مسیر فناوریهای نانو و روباتیک را طی نمائیم.

در قرن گذشته علوم دارای رشد خطی بوده و بر اساس قانون مور با گذر زمان رشد علوم دو برابر می‌شود اما در رشد نمایی ناگهان این

کرده و عناصر زنجیره ارزشی که بیشترین سوددهی را داشته بدست آورد.

۳. تمام ابر روندها خوی جهانی داشته و از این فرصت‌های قابل قیاس را ارائه می‌دهند.

۴. تمام نیروها با شتاب فراوان در حال تغییر هستند و شایستگی‌های نوینی را در نیمی از چرخه‌ی سرعت زمانی دهه گذشته به ارمغان می‌آورند.

۵. سازمان‌ها برای حیات خود نیاز به درک ابر روندها دارند و تیم‌های درون سازمانی آنها بایستی فرصت‌های شکوفایی حاصل از این ابر روندها را ترسیم کنند.

### پیشران‌های موثر در دستیابی به ابر روندها و پزشکی آینده

برای رسیدن به پزشکی آینده و دستیابی به ابر روندها، پیشران‌های متعددی را باید فراهم نماییم

**نخست:** همگرا شدن فناوری‌ها که از همگرا شدن فناوری‌های زیستی، نانویی، شناختی و اطلاعاتی شاهد، خلق رشته‌های نوین علوم و ابر فناوری‌های بنیان برافکن در گستره‌ی پزشکی حاصل خواهد شد.

**دوم:** حرکت میان رشته‌ای و در پاره‌ای از موارد فرا رشته‌ای برای کار در فضایی مملو از بیکرانگی و امتزاج و ائتلاف دانش‌ها و خلق علوم نوین.

**سوم:** ظهور انقلاب صنعتی چهارم که علوم زیستی، فیزیکی و دیجیتالی در مفهوم و عمل با همدیگر هم اغوشی می‌ابند و از یکپارچگی آنها، فناوری‌های نوین خلق می‌شوند که در آینده پزشکی اثری شگرف را ایجاد خواهند کرد.

**چهارم:** دیجیتالی‌سازی و فناورانه شدن علوم پزشکی، و به زبان دیگر جایگزینی گوشی (استتوسکوپ سکوپ) مولوکولی با گوشه‌های فعلی پزشکی.

**پنجم:** تبدیل پزشکی به دانش داده‌ها و خلق داده‌های بزرگ. **ششم:** شکل‌گیری مفهوم فلسفه‌ی پزشکی سیستمی، در فلسفه‌ی پزشکی سیستمی، به شبکه‌های پیچیده در سطح مولوکولی، بیماری‌ها، عوامل زیست محیطی، اقتصادی-اجتماعی نظر افکنده می‌شود.

**هفتم:** پزشکی فرا دقیق<sup>۱</sup>، رهیافتی در پزشکی است که تفاوت‌های ژنی، محیط زیست افراد، شیوه‌ی زندگی آنها را مد نظر قرار می‌دهد و این هدف را با باز تعریف آگاهی ما از آغاز و پیشرفت، پاسخ درمانی

2. Omics Technology

3. Exponential Medicine

4. singularity

1. Precision Medicine

## فناوریهای نمایی (تکنیکی) 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 یکپارچه‌سازی داده‌های طبی جهت فراهم آوردن توصیه‌های علمی بهتر برای بیماران و پزشکان، به صورت یکسان، استفاده می‌کنند. جانسون و جانسون، ابر کامپیوتر 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 ۳۷ 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 (درمقایسه 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 Vital Connect و Quanttus می‌توانند داده‌های نوار قلب، نشانگان حیاتی، سطوح وضعیتی و استرسی ما را در هر کجای سیاره انتقال دهند. شرکت گوگل، حس گرهای 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 میلیون جراحی در سراسر جهان با سامانه جراحی روبوتیک داونچی با کاربرد دید ۳D HD 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 امکان پذیر می‌نمایند. دانشجویان در دانشگاه واشنگتن، یک بازوی روبوتیک را با چاپ سه بعدی با هزینه دوپست دلاری فراهم کردند و این در حالی است که اعضای روبوتیک 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 اعضای کوچک را تولید می‌کنند.

### ژنومیک و داده‌های بزرگ

هزینه توالی‌یابی ژنومی ۱۰۰ هزار بار کاهش یافته است و به این صورت که از 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 سه برابر سرعت بوده است. در شرکت فزونی عمر انسان، مأموریت گردآوری عظیم‌ترین داده‌های مجموعه ژنومیک تعریف شده است. HLI یک میلیون ژنوم کامل انسانی را توالی‌یابی کرده و اطلاعات میکروبیوم، اسکن‌های تصویربرداری بدن با MRI، متابولوم‌ها و غیره... را گرد خواهد آورد. آنگاه با مجموعه چنین داده‌های بزرگی، HLI 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 ۲۰۵۰، 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 برخاسته از حمله قلبی را زدودند.

**سایر خدمات فناورانه**

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 بازآفرینی باشیم و دیگر نیازی به انتظار دهنده عضو نخواهد بود.

گونه‌گون بیماراران را بر اساس پروفایل ملکولی، اثرات رفتاری و محیط زیستی بر بیماری آنها طبقه‌بندی و بر اساس این طبقه‌بندی، راهبردهای درمانی فرد گرایانه را بکار برد به عبارت دیگر ما بیماراران را بر اساس ویژگی بیماری آنها در گروه‌های مختلف طبقه‌بندی کرده و راهبرد درمانی مشخص تعریف شده برای فرد بیمار بر اساس ویژگی‌های آن فرد اعمال خواهیم نمود.

**پزشکی سیستمی<sup>۱</sup>**

در پزشکی سیستمی تمام سیستم‌های دخیل در ایجاد بیماری مورد ارزیابی و تحلیل قرار گرفته و سپس این سیستم‌ها به صورت شبکه‌های به هم متصل جهت مداخله و راهبردهای درمانی مورد استفاده قرار می‌گیرند. پزشکی سیستمی بسیار نزدیک به پزشکی فرا دقیق است فقط در پزشکی سیستمی بیشترین تمرکز روی ارتباط شبکه‌های فیزیولوژیک، پاتولوژیک و ملکولی بیماری و تاثیر سایر شبکه‌ها مانند شبکه‌های زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی بر آن، جهت دستیابی به یک راهبرد درمانی موثر قرار گرفته است.

**ابزارهای پزشکی فرا دقیق**

برای دستیابی به اهداف پزشکی فرا دقیق نیاز است که از ابزارها و فناوری‌های نوین برای مطالعه و ارزیابی فاکتورهای موثر بر پزشکی فرا دقیق بهره مند گردیم. در این رابطه برخی از ابزارهایی که در قرن اخیر به صورت گسترده‌ای در حال گسترش و به کارگیری بوده را مطرح تا اهمیت پزشکی فرا دقیق و عمق کاربرد ابزارهای موثر بر آن را کسب نماییم.

حرکت رو به جلو به صورت پر شتاب و انفجاری چندین دهه یا صد برابر شده و در این مرحله با رشد نمایی روبرو هستیم و این رشد نهایی در حوزه علوم پزشکی منجر به تغییرات بنیان بر افکن با رشد بی‌همتای فناوری‌های وابسته به پزشکی یا تولید پزشکی نمای شده و دستاوردهای آن موجب شگفتی ما خواهد شد.

برای دستیابی به رشد نمایی فناوری از جمله در فناوری‌های پزشکی باید فرایندهایی مانند دیجیتالی شدن، فریبندگی، بنیان بر افکنی، حذف بیشتر سخت افزارها، از دست دادن هویت مادی و ارزش پولی اشیاء، دموکراتیزاسیون را باید طی نماییم.

**پزشکی فرادقیق**

پزشکی فرا دقیق رهیافتی در پزشکی است که تفاوت‌های ژنی، محیط زیست افراد و شیوه زندگی آنها را مد نظر قرار می‌دهد و این هدف را با باز تعریف آگاهی ما از آغاز و پیشرفت، پاسخ درمانی و پیامدهای سلامت از طریق اندازه‌گیری‌های دقیق معکوس و عوامل محیط زیست و رفتاری که در سلامت و بیماری نقشی دارند فراهم آورد، به عبارت دیگر چتر واژه پزشکی فرا دقیق به سه زیر دسته بیولوژی، رفتاری و محیط زیست سایه افکنده و فراتر از اطلاعات ملکولی و ژنومی برای جستجو و علت بیماری‌ها و درمان آن بر روی مباحث شیوه‌ی زندگی و محیطی که فرد در آن زیست می‌کند نیز نظر انداخته است. بنابراین در ترکیب اطلاعات مولکولی و ژنومی یا اطلاعات و داده‌های رفتاری و محیط زیستی فرد می‌توان گسترده‌ای از داده‌های بزرگ را خلق نمود و تبدیل این داده‌ها به دانش می‌تواند انقلابی حیرت‌انگیز را در پزشکی آینده رقم بزند.

بر اساس دستاوردهای پزشکی فرا دقیق می‌توان جمعیت‌های

### ۱- تلفن‌های هوشمند و GIS پزشکی

امروزه در جستجوگر گوگل برای مسیریابی سیستم GIS استفاده میکنیم مسیریابی به گونه‌ای سریع انجام شده که حکایت از وجود لایه‌های گوناگون اطلاعاتی مانند داده‌های ترافیکی، داده‌های ماهواره‌ای و سایر موارد مرتبط می‌باشد. الگوی GIS انسانی نیز می‌تواند شامل چندین لایه‌ی اطلاعاتی بوده که هر لایه یکی از ده امیکس که ما تاکنون شناخته‌ایم را به خود اختصاص می‌دهد. داده‌های خلق شده از هر امیکس، ویژی همان فرد بوده و بدین سان GIS آن فرد ظهور می‌یابد. این GIS فردی شامل موزائیکی غنی از اطلاعات شخصی فرد بوده که تا حدی می‌توان با آن خمیر مایع پزشکی آن فرد را طر ریزی نمود. از این رو با فراهم آمدن GIS میلیون‌ها فرد انسانی، سنگ بنای آینده پزشکی نهاده خواهد شد.

### ۲- آزمایشگاه تلفن هوشمند

فناوری امروز امکان حرکت به سوی یک تحول انقلابی را در آزمایش‌های طبی فراهم آورده است. این فناوری به صورت اتصالات تلفن همراه با تراشه‌ها و حس‌گرهای متصل به بدن به صورت آزمایشگاه بر روی تراشه<sup>۲</sup> مطرح می‌گردد. به صورت باور نکردنی در آینده، آزمایشگاه‌ها با به کارگیری ترکیب میکروالکترونیک و فناوری میکروفلوئیدی به همراه تلفن همراه هوشمند دارای ریزپردازنده و نمایش گر ویژه به اندازه کوچک و دارای کاربردهای اختصاصی در محل فعالیت و خانه می‌شوند و در آینده طب تشخیصی فعلی به شکل کاملاً متفاوت ظهور پیدا خواهند کرد. در آینده نزدیک آزمایشگاه روی تراشه و زیست حس‌گرها در ترکیب با تلفن همراه قادر به سنجش، آنالیز و ارزیابی گلوکز، هموگلوبین، پتاسیم، کلسترول، فاکتورهای عملکرد کلیه و کبد و تیروئید، اندازه‌گیری سطح پپتید در نارسایی قلبی، توکسین‌ها و فاکتورهای مربوط به پاتوژن‌های متنوع در خون خواهند بود. همچنین اندازه‌گیری البومین، HCG، تشخیص عفونت‌های ادراری در ادرار و سویه‌های استرپتوکوک و ویروس انفلوانزا در آزمایش بزاق گلو، اندازه‌گیری سطح لاکتات، الکل، تشخیص نارسایی قلبی، حساسیت به داروها و حتی تشخیص سرطان از طریق فاکتورهای تنفسی بیمار با استفاده از آزمایشگاه روی تراشه با ترکیب تلفن همراه هوشمند تحقق خواهد یافت. البته این تراشه‌ها می‌توانند روی تلفن همراه هوشمند یا روی بدن یا زیر پوست یا داخل بدن یا به صورت متحرک به صورت نانو ربات‌ها در جریان خون قرار گرفته و با ارسال داده‌ها و اطلاعات به تلفن‌های هوشمند نسبت به تشخیص و ارزیابی شاخص‌های فیزیولوژیک و پاتولوژیک و متعاقباً در اقدامات درمانی مداخله نمایند.

### ۳- معاینه‌ی فیزیکی با تلفن هوشمند

تبدیل تلفن‌های هوشمند به افتالموسکوپ جهت معاینه‌ی کامل چشم و ارزیابی تیز بینی‌ی چشم‌ها و یا تبدیل آنها به اوتوسکوپ جهت معاینه گوش‌ها از جمله کاربردهای تلفن همراه در حوزه‌های پزشکی می‌باشد. همچنین میکروفون‌های تلفن همراه هوشمند را می‌توان برای سنجش پارامترهای مهم عملکرد ریوی یا در اتصال تلفن هوشمند به یک میکروسکوپ دیجیتالی با توان بالا جهت تشخیص بیماری‌های عفونی مانند سل و مالاریا بکار برد. در هر صورت تبدیل تلفن‌های هوشمند جهت معاینات فیزیکی، خود تحولی بنیان برافکن را در پزشکی رقم خواهد زد. هم اکنون بیش از ۲۵ درصد از امریکایی‌ها حداقل یک پارامتر سلامت خود را با یکی از ادوات بیسیم (Wireless) پیگیری می‌کنند و صدها برنامه‌های کاربردی دیگر که به صورت تجاری در این حوزه توسعه یافته و یا در حال گسترش است و این همان گستره در حال انفجار است که تابش‌های آن نمایان شده است.

### ۴- انقلاب پزشکی با دانش داده‌ها

با ارائه‌ی داده‌های زیاد و بزرگ<sup>۳</sup> کاربردهای درمانی همانند شناسایی سرطان ریه با تلفن‌های هوشمند تا اندازه‌گیری پارامترهای عملکرد ریوی با نفس کشیدن در میکروفون این تلفن‌ها چنین به نظر می‌آید که پزشکی در حال تغییر به دانش داده‌ها است. در حقیقت آنچه پزشکی را متحول ساخته است ابزارهای تشخیصی برای شناخت بیماری‌های ناشناخته (مانند به کارگیری توالی‌یابی ژنومی جهت شناسایی بیماری‌های نادر) و تشخیص ملکولی نبوده بلکه فراهم آمدن بسته دیجیتال برای خلق داده‌ها و از آن بالاتر اتصال داده‌های فرد به ابر (Cloud) و ایجاد اتصال یافته‌گی (Connectivity) باشد. این اتصال یافتگی موجب می‌شود فرد در شبکه‌های اجتماعی، بیماران مشابه خود و همچنین در اتصال با ماشین‌های دیگر یک پیوند فزونی یافته‌ای که ما آن را ابر اتصال یافته یا Hyper connected Cloud می‌نامیم ارتباطات و اطلاعات درمانی گسترده‌ای را کسب کند. شاید هنوز راه فراوانی باشد تا بتوانیم از پتانسیل جامع سلامت آنلاین patient-like me یا cure together یا insight آگاهی یابیم.

در حال حاضر رشد اتصال یافتگی میان انسان و ماشین‌ها نشان گر وجود یک فناورانه سهمگین است که در حال شکل‌گیری بوده و پزشکی را با داده‌های بزرگ متحول خواهد ساخت و در حقیقت با اینترنت اشیا پزشکی (IOMT) و تلفن‌های هوشمند دسترسی به پایگاه داده‌های بزرگ را میسر نموده و در پناه توانمندی‌های یادگیری ماشینی و یادگیری ژرف

1. Geographic Information System

2. Lab On Chip (LOC)

3. Big Data