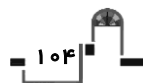


فصل ششم

پزشکی P4 و مراقبت‌های سلامت



زیرا پزشکی سیستمی این توان را دارد که با پرداختن به فناوری‌های نوینی همچون ژنومیکس، مارکرهای زیستی بیماری‌های مزمن، به بیماری‌های در هنگامه‌ی پیش‌نشانگانی^۱ نگریسته و با تغییر سیمای آنها، تندرستی را حاکم نماید و از این رو پزشکی P4 قادر است که اکوسیستم مراقبت‌های سلامت^۲ را دچار تغییرات بنیادین کند.

طی ۱۰ سال آینده، ترجمان دانش بیولوژی سیستمی در صفحه‌ی کارزار بالینی و ارائه خدمات سلامت، سیستمی از ارائه‌ی خدمات سلامت را فراهم می‌آورد که تصور آن در هم اکنون نیز دشوار است. از این رو سیستم‌های قانون‌گذاری و سیاست‌گذاری سلامت هنوز آمادگی لازم را برای رویارویی با تغییرات

تبلور همگرایی پزشکی سیستمی، انقلاب دیجیتال و شبکه‌های اجتماعی را می‌توان در پزشکی P4 مشاهده کرد. از این رو چتر گسترده‌ی پزشکی P4 نه تنها در سطح پزشکی ملکولی بلکه در سطح جامعه و ارائه‌ی خدمات سلامت نیز برافراشته شده است. پزشکی P4 فرصت‌های بی‌همتایی را نیز در سطح طرح‌های کسب و کار حوزه‌ی سلامت و بخش‌های متنوع اقتصاد سلامت فراهم خواهد آورد.

دیجیتال کردن پزشکی برای هر فرد بیمار، کاهش هزینه‌های خدمات سلامت و خلق ثروت چشمگیر از طریق صنایع تندرستی، منظره‌هایی هستند که پزشکی سیستمی (P4) می‌تواند به صورت عمیقی، بر پیکره‌ی ارائه‌ی خدمات سلامت اثری شگرف بگذارد.

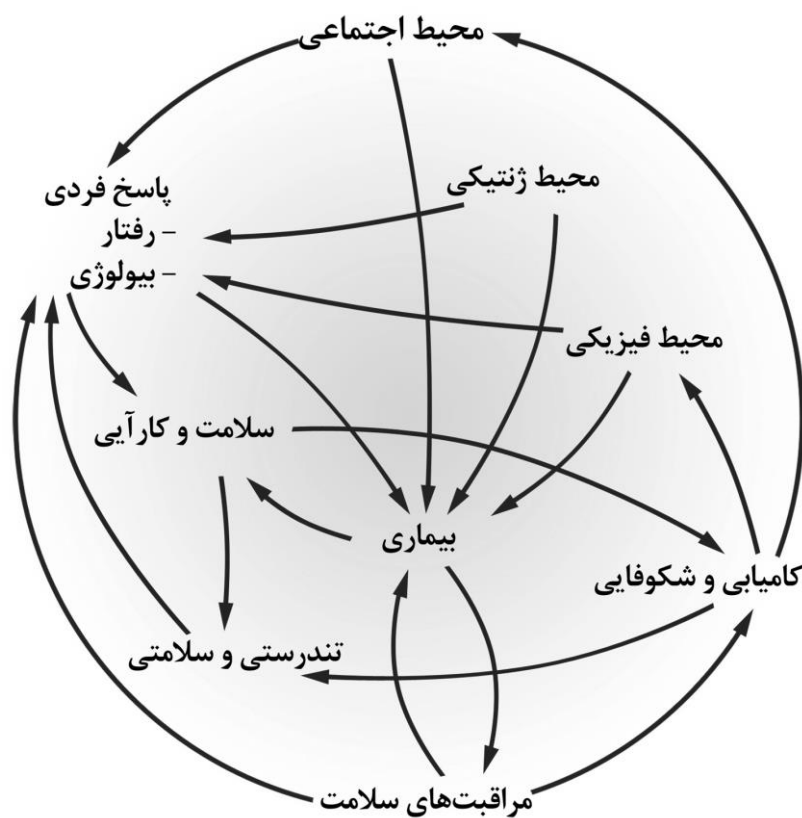
¹ Presymptomatic

² Health Care Ecosystem

انقلابی پزشکی ندارند و از سوی دیگر نیز پزشکان نیز با رویکردهای پزشکی ملکولی در تشخیص و درمان، بسیار بیگانه‌اند (برای مثال هنوز از کارکردها و سودمندی‌های آزمایش فارماکوژنومیک آگاهی کافی ندارند). این‌ها بخشی از چالش‌هایی است که پزشکی سیستمی جهت

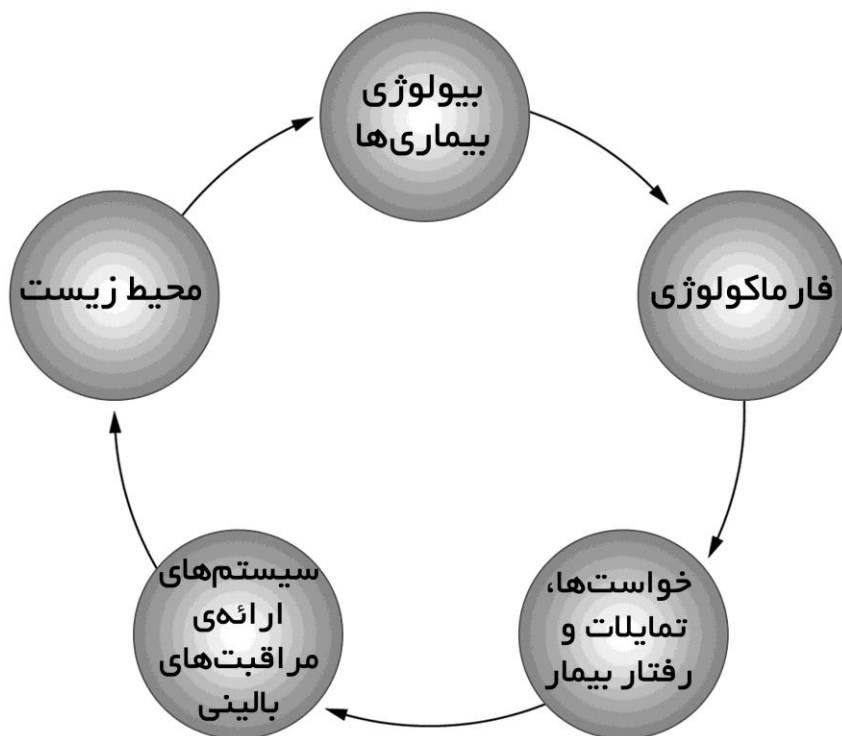
پیشبرد خود با آنها روبه‌رو است. برای پذیرش دستاوردهای پزشکی سیستمی (P4)، بخش اقتصاد سلامت و شرکت‌های درگیر کسب و کار سلامت نیز باید چالاکي خود را نشان دهند؛ زیرا عدم پذیرش تغییر در پارادایم رو در روی آینده که از پزشکی سیستمی بر می‌خیزد و عدم بازنویشت برنامه‌ها و طرح‌های کسب و کار بر پایه‌ی پزشکی سیستمی می‌تواند در آینده‌ای نزدیک متلاشی شدن این شرکت‌ها و گستره‌های پذیرفتن پزشکی سیستمی برای سیستم‌های مراقبت سلامت می‌تواند خلق ثروت کند.

چنین به نظر می‌رسد که صنایع وابسته به سلامت کنونی که همچون پزشکی معاصر بیماری محور هستند، طی ۱۰ تا ۱۵ ساله آینده به صنعت تندرستی^۱ تغییر خط دهند. در حقیقت سیمای تندرستی توسط شرکت‌هایی



شکل ۳۶- بینش پویای سیستم مراقبت‌های سلامت

^۱ Wellness Industry



تصویر ۳۷ - چرخه‌ی بیولوژی بیماری‌ها در پیوند با سیستم‌های ارائه‌ی مراقبت‌های بالینی

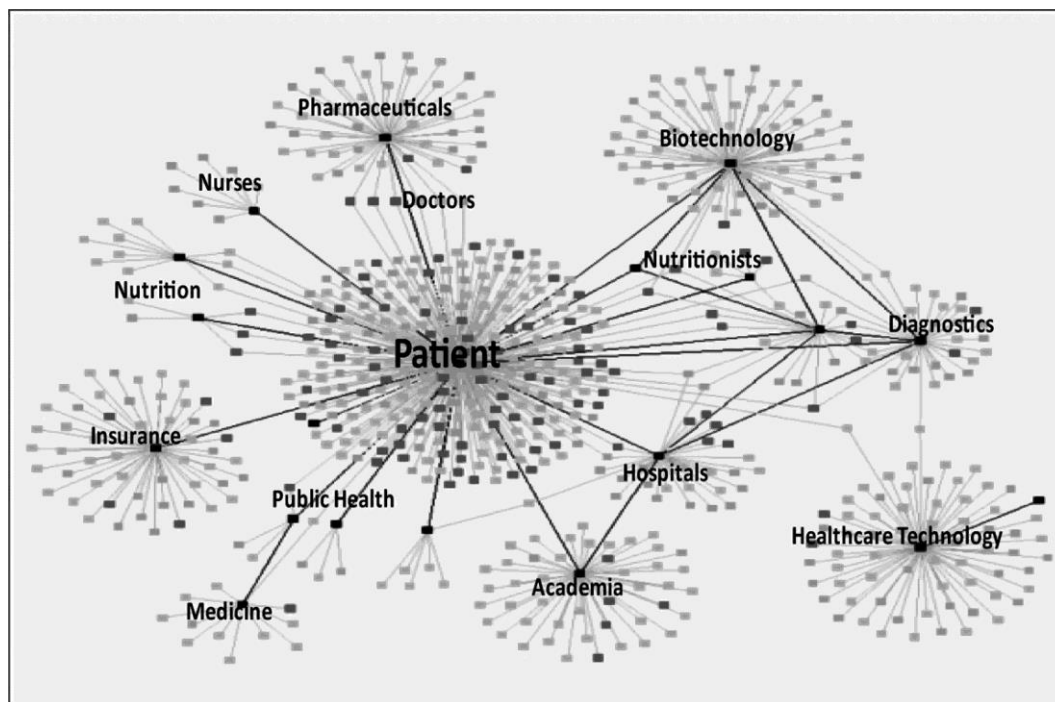
بنیان و توسعه داده خواهد شد که با بسیاری از شرکت‌های کنونی متفاوت خواهند بود. از سوی دیگر پزشکی P4 می‌تواند با کاهش هزینه‌ها، امکان انتقال دانش پزشکی سیستمی و فناوری‌های وابسته را با هزینه‌ای بسیار پایین به کشورهای در حال توسعه فراهم آورده و از این رو به سوی دموکراتیزه کردن صنعت تندرستی گام بردارد.

اکنون این باور در حال شکل‌گیری است که پزشکی P4 یک تغییر بنیادین پارادایمی را در مراقبت‌های سلامت، ایجاد خواهد کرد. پرواضح است که همیشه تغییر پارادایمی با یک بدبینی توأم است.

برای اینکه پزشکی سیستمی بتواند این تغییرات بنیادین را در خدمات سلامت خلق کند نیاز است که بدبینی پزشکان، ارائه دهندگان خدمات سلامت و پرداخت کنندگان هزینه‌های سلامت با چالش‌های رو در روی نهادینه کردن پزشکی P4 (شامل

چالش‌های اجتماعی، اخلاقی، حفظ حریم خصوصی، اعتماد پذیری، حقوقی و قانونی، مقرراتی، سیاسی و اقتصادی) پیوند یافته و با شیوه‌ی سیستمی آشنا شوند.

یک مدل عملی برای نشان دادن نقش بی‌همتای P4 در چیرگی بر این چالش‌ها و نیز ایجاد تغییرات



تصویر ۳۸ - یک شبکه که اجزاء بر هم کنش سیستم مراقبت‌های سلامت را ترسیم کرده و نقش برجسته‌ای که بیماران در توسعه‌ی پزشکی P4 توسط شبکه‌های اجتماعی که خودشان تصویر می‌دهند به انجام می‌رسانند را نشان می‌دهد. شبکه‌ها این امکان را فراهم می‌آورند تا بتوان با سازماندهی و مدل‌سازی داده‌ها، بر مسئله‌ی پیام به صدا (Signal to Noise) که در مجموعه‌ی داده‌های عظیم روی می‌دهد، غالب آمد.

برای مثال، هم اکنون انستیتو بیولوژی سیستمی آمریکا با همکاری دانشگاه لوگزامبورگ، طرح یک مشارکت را با تمرکز بر بیماری‌های دژنراسیون عصبی و بیماری پارکینسون فراهم دیده است که به عنوان هسته‌ی مرکزی رشد پزشکی سیستمی در قلب اروپا نقش ایفا خواهد کرد.

سودمند در سطح مراقبت‌های سلامت، انجام پروژه‌های چند مرکزی، میان رشته‌ای فراگیر و جامع، به شکل پروژه‌های پیشاهنگ و انجام پروژه‌ی پایلوت در سطح یک کشور کوچک، ایالت و یا یک منطقه است تا نشان داده شود که چگونه پزشکی P4 می‌تواند با سیستم‌های مراقبت سلامت سازگار شده و آنها را دچار تحول سازد.

بنیان‌گذاران پزشکی P4 یک بنیاد غیرانتفاعی تحت عنوان "انستیتو پزشکی P4"^۱ با همکاری دانشکده‌ی پزشکی ایالتی اوهایو تأسیس نموده‌اند که هدف آن کمک به خلق شبکه‌ای شامل ۵ تا ۶ مرکز بالینی و انستیتو بیولوژی سیستمی است تا بتوانند آزمون‌ها و آزمایش‌های رایج و بالینی طراحی شده در انستیتو بیولوژی سیستمی را در پروژه‌های پایلوت به کار برده و توان پزشکی P4 را نمایان کنند. همچنین در یک همکاری نزدیک با دانشکده‌ی پزشکی دانشگاه لوگزامبورگ، اصول سیستمی را در برنامه‌های آموزشی پیاده می‌سازند و در نهایت یک کنسرسیوم پزشکی فردگرا را با شرکای بالینی منطقه‌ای و بین‌المللی شکل می‌دهند.

پس از انجام موفقیت‌آمیز این پروژه‌های پایلوت، چگونگی ایجاد نظام تحول در سیستم مراقبت‌ها، طراحی و در یک مقیاس ملی، منطقه‌ای و یا ایالتی پیاده می‌گردد.

اجرای این پروژه‌های پایلوت می‌توانند در توانمندسازی بیماران و گنجاندن و درگیر کردن تمام

ذی‌نفع‌های سیستم مراقبت‌های سلامت مؤثر آیند. برای برقراری چنین رهیافتی نیاز به زیر ساخت‌های مناسب فناوری اطلاعات، تربیت مربیان تندرستی و ارائه دهندگان خدمات سلامت، خلق سکوهایی کارآمد و تولید داده‌های یکپارچه و پیشگامی در ابزارهای تجزیه و تحلیل است. از این رو پروژه‌های پایلوت و پیشاهنگ، برای الحاق بیماران، پزشکان، مشتریان و دیگر دست‌اندرکاران سیستم خدمات سلامت، ایده آل می‌باشند. مشارکت این ذی‌نفع‌های سلامت در چرخه‌ی پزشکی سیستمی (P4)، در قالب "شبکه‌های اجتماعی فعال شده توسط بیماران (یا مشتریان)" در پذیرش و ادغام پزشکی P4 در اندرون سیستم مراقبت‌های سلامت، نقش اساسی ایفا می‌کند.

آموزش و فناوری اطلاعات؛ دو چالش بزرگ

فراروی مراقبت‌های سلامت

برای پزشکی P4 آموزش مشتریان، بیماران، پزشکان و اعضاء گسترده‌تر جامعه‌ی پزشکی شامل ذی‌نفع‌های اصلی در صنعت مراقبت‌های سلامت یک

¹ P4 Medicine Institute (P4 MI)

چالش بزرگ است. بدین سان حقیقتاً آموزش یک چالش عظیم خواهد بود. برای چیرگی بر این چالش به شبکه‌های اجتماعی کارآمد توأمان با راهبردهای آموزشی فناوری اطلاعات کارآمد نیاز است. در ابتدا بسیاری از افراد تمایل دارند که همان بیمار سنتی باشند و اجازه بدهند تا پزشک به آنها بگوید که چه بهتر است. اما هنگامی که این افراد از توان پزشکی پیش‌ران شده توسط مشتری¹ در جهت بهبودی سلامت خود آگاهی یابند، به صورت اجتناب‌ناپذیری این شکل نوین مراقبت‌های سلامت را پذیرا می‌شوند. انسیتیتو بیولوژی سیستمی (ISB) به صورت موفقیت‌آمیزی مدول‌های بیولوژی سیستمی را جهت گنجاندن بیولوژی مرزشکن در دروس دبیرستان‌ها توسعه داده است و هم‌اکنون نیز مدل‌های همسانی را برای پزشکی P4 طراحی نموده است. آموزش زود هنگام بیماران و مشتریان، نکته‌ی کلیدی است. ایده‌ی جالب دیگر راه‌اندازی شبکه‌ی تلویزیونی تجاری با پوشش گسترده است که بتواند دانش پزشکی P4 را در حد یک بیننده‌ی متوسط عرضه

نماید. ایده‌ای دیگر کاربرد راهبردهایی مانند بازی‌های رایانه‌ای است که بتوانند اصول پزشکی P4 را به بیماران، پزشکان و اعضای جامعه‌ی خدمات سلامت ارائه دهند.

چالش دیگر چگونگی تولید فناوری اطلاعات برای مراقبت‌های سلامت است؛ به گونه‌ای که بتواند به ابعاد داده‌های چند مقیاس و چند لایه‌ی عظیم برآمده از پزشکی P4 بپردازد. در پایان پزشکی P4 را می‌توان به صورت "شبکه‌ی شبکه‌های" به هم تنیده تعریف نمود (شبکه‌های ژنتیکی پیوند یافته با شبکه‌های ملکولی، پیوند یافته با شبکه‌های سلولی، پیوند یافته با شبکه‌های ارگانی، پیوند یافته با شبکه‌های افراد در جامعه که هر کدامیک از این‌ها، نگرش‌های منحصر به فردی را پیرامون پیچیدگی‌های بیماری‌ها ارائه می‌دهند). ما باید فرد را در متن و زمینه‌ی تمام این شبکه‌های در هم تنیده درک نماییم، زیرا این تنها راهی است که می‌توان به اطلاعات دیجیتالی ژنوم و همچنین به پیام‌های محیطی متنوعی که بر فرد از منابع گوناگون بسیار اثر می‌گذارند، دستیابی نمود. این نیاز، تقاضای عظیمی را

¹ Consumer-Driven Medicine

برای توسعه‌ی یک ساختار فناوری اطلاعات (IT) مراقبت‌های سلامت ایجاد می‌کند. ساختار فناوری اطلاعات مراقبت‌های سلامت، باید جامع، سازگارمند، پیش‌ران شده با داده‌ها (برای مثال از پایین به بالا) و پیش‌ران شده با بیولوژی بوده و به صورت بنیادی نیز ساختار باز متن^۱ داشته باشد. احتمالاً، این تقاضا فراتر از توان هر سازمان واحدی است که IT جامع را برای مراقبت‌های سلامت سامان‌دهی کند؛ به گونه‌ای که در فراتر از مدارک پزشکی، همه‌ی داده‌های ناهمگن را که (قلب پزشکی P4 است) گردآوری و پخش و انتشار دهد. اما این همان چیزی است که مورد نیاز پزشکی P4 است و یک رهیافت با باز متن هدایت شده به صورت کارآمد می‌تواند IT را برای مراقبت‌های سلامت آینده دگرگون سازد. در این گذار بایستی از بینش‌های ژرف برآمده از قلب شبکه‌های اجتماعی نیز بهره جست.^۲

اثر پزشکی سیستمی (P4) بر جامعه

پزشکی سیستمی (P4) اثر عظیمی را بر جامعه و

مراقبت‌های سلامت خواهد گذاشت.

۱/ پزشکی P4 عملکرد مراقبت‌های سلامت را در هر مسیری دگرگون خواهد ساخت. تصویر ۳۹ چکیده‌ای از راهبردهای اثرگذار نوین و فناوری‌های پزشکی P4 را که در آینده خلق خواهند شد، ارائه می‌دهد.

۲/ پزشکی P4 نیاز به این دارد که تمام شرکت‌های وابسته به مراقبت‌های سلامت، طرح‌های کسب و کار خود را در ۱۰ سال آینده و یا در سالیان آینده بازنویسی نمایند. بسیاری نمی‌توانند چنین کنند و از این رو به دایناسورهای صنعتی تبدیل خواهند شد؛ این در حالی است که فرصت‌های اقتصادی بسیار چشمگیری برای پدیدار شدن شرکت‌های نوینی که به نیازمندی‌ها و فرصت‌های پزشکی P4 چشم دوخته باشند، وجود دارد.

۳/ در زمانی در آینده، پزشکی P4 بر هزینه‌های خزانده‌ی مراقبت‌های سلامت چیرگی یافته و در حقیقت این هزینه‌ها را به گونه‌ای کاهش می‌دهد که می‌تواند پزشکی P4 را به کشورهای در حال توسعه انتقال داده و

¹ Open Source

² Hood L, Flores M. A personal view on systems medicine and the emergence of proactive P4 medicine: predictive, preventive, personalized and participatory. N Biotechnol 2012; 29: 613-24



- ♦ رهیافت‌های سیستمی، بینش‌هایی نوین و اساسی نسبت به مکانیسم‌های بیماری فراهم می‌آورد.
- ♦ ژنوم انسانی از طریق واریان‌های ژن‌های کنش پذیر (*actionable variant genes*)، شیوه‌ای را جهت بهینه‌سازی سلامت انسان و پرداختن به بیماری فراهم می‌سازد.
- ♦ خون نقش یک پنجره را در سلامت و بیماری خواهد داشت. تست‌های تشخیصی بیماری، ارزیابی سمیت دارویی، ارزیابی تندرستی و بسیاری از چندگانه‌های دیگر از طریق بررسی خون انجام خواهد پذیرفت.
- ♦ دسته‌بندی بیماری‌ها به زیر تیپ‌ها برای همسان‌سازی شرایط بیماری‌ها و کشف داروهای مناسب‌تر، امکان پذیر می‌شود.
- ♦ ارزیابی پاسخ چندگانه‌ی ارگانی در یک بیماری امکان پذیر می‌گردد.
- ♦ رهیافت نوین به سوی کشف هدفمند دارویی. مهندسی مجدد شبکه‌های آشوب زاده با بیماری و برگشت به حالت طبیعی با داروها
- ♦ دیجیتال کردن پارامترهای انسانی هر فرد، فرصت تمرکز بر تندرستی و بهینه‌سازی درمان‌های خود بیماری را فراهم آورده و کنکاش جهت یافت طب پیش‌گویی‌کننده‌ی آینده (*Predictive medicine*) می‌تواند در خلق مقیاس اندازه‌گیری‌ها (*metrics*) جهت ارزیابی و بهینه‌سازی سلامت مؤثر واقع شود.

تصویر ۳۹ - چکیده‌ای از فرصت‌های اصولی که پزشکی P4 به دانش پزشکی و مراقبت‌های سلامت عرضه می‌دارد.

هر فرد بیمار هویدا نماید؛ توانایی شناسایی تنوع‌های ژنتیکی که موجب می‌شوند داروها به شیوه‌ای خطرناک در بیمار متابولیزه شوند (این حالت را به نام فارماکوژنومیکس می‌نامند و بیش از ۵۰ نوع چنین تنوعی ژنتیکی تاکنون شناسایی و اعتبار سنجی شده‌اند)؛ توانایی مهندسی مجدد با دارو، "شبکه‌های آشوب زده شده با بیماری" جهت گزینش منطقی دارو

از این رو در دموکراتیزه کردن مراقبت‌های سلامت گام برداشت؛ تصویری که تا پنج سال پیش تصور آن ناممکن بود. این پس‌اندازها، از تشخیص زودرس و بنابراین درمان کارآمدتر بیماری‌ها؛ طبقه‌بندی هر بیماری عمده‌ای (مانند سرطان سینه) به زیر تیپ‌های عمده‌ی دیگر در پزشکی سیستمی که می‌تواند درمان‌های کارآمد "فردگرایانه" را جهت زیر تیپ بیماری

بر پایه‌ی هزینه‌ی کمتر و توان بیشتر؛ تأکید فزاینده بر روی تندرستی برای هر فرد؛ و پدیداری پیشرفت‌های تکان دهنده در پزشکی مدرن، حاصل می‌آیند. توانایی فزاینده برای پرداختن مؤثر به سرطان، کاربرد سلول‌های بنیادی جهت درمان‌های جایگزین و نیز رهیافت‌های نوین در تشخیص‌های پزشکی و درک مکانیسم‌های بیماری‌ها، درک پیری (که این اجازه را به افراد می‌دهد تا سلامت روحی و فیزیکی مؤثر خودشان را به صورت عادی در دهه‌های ۸۰ و ۹۰ سالگی بهینه و گسترش دهند)، درک متاژنوم^۱ (برای مثال جمعیت میکروبی) روده‌ها و دیگر سطوح بدن و در نهایت پدیداری درک ژرف از دژنراسیون عصبی (که می‌تواند در اجتناب از تراژدی‌های فردی و اجتماعی بیماری‌هایی همچون بیماری آلزایمر و پارکینسون مؤثر آیند)، شامل این پیشرفت‌ها هستند.

۴/ پزشکی P4 از طریق به پیش‌راندن پدیداری فناوری‌های نوین و تکنیک‌های محاسباتی در دیجیتال‌سازی کردن پزشکی پیشگام است. مفهوم "خود کمی شده"^۲ داده‌هایی را فراهم آورد که هر فرد

را برای بهینه‌سازی سلامت خودش توانمند می‌سازد. این دیجیتال‌سازی شدن پزشکی، داده‌هایی را فراهم خواهد آورد که پزشکی P4 را توانمند می‌سازد تا مراقبت‌های سلامت را از طریق "شبکه‌های اجتماعی پیش‌ران شده توسط مشتری" متحول سازد. دیجیتال‌سازی شدن پزشکی از طریق تولید "مجموعه داده‌های بزرگ برای هر فرد"، یکی از منظرهای دگرگون‌کننده‌ی پزشکی P4 است و از این گذرگاه هر کس می‌تواند به شکلی نفیس و بسیار دقیق، تندرستی و پاسخ‌های مناسب برای بیماری‌های پدید آمده را پیکرتراشی نماید.

کارکرد مهم دیگر که از دیجیتال‌سازی کردن پزشکی در قالب پزشکی P4 بر می‌خیزد آن است که خلق داده‌های فردی به صورت باور نکردنی ارزان تمام می‌شود (برای مثال، اولین هزینه‌ی توالی‌یابی ژنوم انسانی حدود یک میلیارد دلار بود و امروزه هزینه‌ی آن چند هزار دلار است و در چند سال آینده، توالی‌یابی ژنوم احتمالاً ۱۰۰ دلار هزینه خواهد داشت)؛ از این رو فناوری‌های دیجیتال و روند کاهش یابنده‌ی هزینه‌های آنها بر برگشت سیر خزنده‌ی

¹ Metagenome

² Quantified Self



شناسایی و تشخیص بیماری در مرحله‌ی اولیه، در زمانی که می‌توان آن را به صورت مؤثر کنترل نمود.

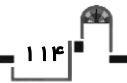
دسته بندی بیماران به گروه‌هایی که امکان گزینش درمان بهینه فراهم می‌شود.

کاهش واکنش‌های دارویی ناخواسته از طریق ارزیابی‌های زودرس و پیشگویانه پاسخ‌های دارویی منفرد و ارزیابی ژن‌هایی که به متابولیسم دارویی غیرمؤثر منتهی می‌شوند.

بهبودی در گزینش هدف‌های بیوشیمیایی نوین جهت کشف دارو

کاهش زمان، هزینه و میزان شکست کارآزمایی‌های بالینی درمان‌های نوین

جابه‌جایی تأکید بر پزشکی به صورت واکنشی به پیشگیری و از بیماری به تندرستی



تصویر ۴۰ - سودمندی‌های پیاده‌سازی پزشکی P4 در سطح جامعه و فرد در جهت پیشگیری از رخداد بیماری‌های غیرواگیر

طریق دگرگون‌سازی صنعت سلامت خلق خواهند شد. افزون بر این پیش بینی می‌شود که طی ۱۰ تا ۱۵ سال، یک صنعت تندرستی^۱ بر پایه‌ی علم، پدیدار خواهد آمد که در زمانی، اندازه‌ی آن از صنعت مراقبت‌های سلامت فزونی خواهد یافت. در حقیقت پزشکی P4 یک گستره‌ی انباشته از فرصت‌های اقتصادی است.

صعودی مراقبت‌های سلامت، اثر چشمگیری خواهد داشت. ۵/ پزشکی P4 ثروت فزاینده‌ای را برای سیستم‌های مراقبت‌های از سلامت، جوامع و ملت‌هایی که از آن استفاده می‌کنند، خلق خواهد نمود. کاهش هزینه‌های خدمات سلامت را یادآور شدیم. همچنین فرصت‌های اقتصادی بسیاری از دانش پزشکی P4 از

¹ Wellness Industry

۶/ بیمار (مشتری) از طریق شبکه‌های اجتماعی، پدیداری پزشکی P4 را به پیش می‌راند. به دلیل محافظه کاری و سیستم‌های بوروکراتیک، پزشکان، خبرگان مراقبت‌های سلامت و صنعت خدمات سلامت، از توان "شبکه‌های اجتماعی به پیش‌ران شده توسط بیماران"، در ایجاد تغییر در سیستم مراقبت‌های سلامت عقب خواهند ماند. در حقیقت بیماران ممکن است تنها نیروی پیش‌ران توانا در تغییرات حقیقی سیستم مراقبت‌های سلامت کنونی باشند تا پزشکی را از سیمای واکنشی^۱ به سیمای کنش‌گرای^۲ پزشکی P4 سوق دهند.^{۳،۴}

پزشکی مشارکتی^۵: یک نیروی پیش‌ران

برای ایجاد انقلاب در مراقبت‌های سلامت پیاده‌سازی پزشکی سیستمی (P4) بر دو هدف استوار است: نخست منظرهای تکنیکی پزشکی سیستمی (شامل راهبردها، فناوری‌ها، ابزارهای

آنالیتیک) باید به گونه‌ای توسعه یابند تا بتوانند داده‌های بزرگ را تولید و تجزیه و تحلیل کرده تا دینامیک شبکه‌ها برای هر فرد بیمار آشکار گردد. راه حل‌های تکنیکی این چالش‌ها به صورت کارآمدی در حال پیشرفت هستند. دومین هدف چالش‌های اجتماعی پزشکی P4 است که بایستی چاره‌گشایی شوند. این چالش‌های دومی، مانع بزرگی جهت پذیرش پزشکی P4 در سیستم‌های مراقبت‌های سلامت هستند. این چالش‌های اجتماعی به هشت شکل زیر می‌باشند:

۱/ پرسش‌های آشکاری پیرامون منظرهای اخلاقی، قانونی، اجتماعی، امنیتی، حفظ حریم خصوصی، سیاستی و مقرراتی اقتصاد پزشکی P4 برای افراد بیمار وجود دارد.

۲/ پرسش سحرانگیز و دشوار آن است که چه کسانی را باید در تعریف "مشارکتی" منظور نمود. به صورت آشکار "بیماران" بایستی گنجانده شوند؛ زیرا

¹ Passive

² Proactive

³ Hood L, Balling R, Auffray C. Revolutionizing medicine in the 21st century through systems approaches. *Biotechnol J* 2012; 7: 992-1001.

⁴ Hood L, Flores M. A personal view on systems medicine and the emergence of proactive P4 medicine: predictive, preventive, personalized and participatory. *N Biotechnol* 2012; 29: 613-24.

⁵ Participatory Medicine

ایده‌ی مرکزی پزشکی “فردگرا” بیمارانی هستند که به صورت فزاینده‌ای کنترل سلامت خود را به دست می‌گیرند. اما برای اینکه پزشکی P4 در اندرون سیستم‌های مراقبت سلامت گنجانده شود باید پزشکان و دیگر کارکنان مراقبت‌های سلامت، دیگر اعضاء سیستم مراقبت سلامت (پرداخت کنندگان و ارائه دهندگان خدمات سلامت)، کسانی که با سیاست و پیاده‌سازی مراقبت‌های سلامت سر و کار دارند و کسانی که درگیر آموزش دانش آموزان و جامعه‌ی عمومی هستند نیز لحاظ شوند. گرد آوردن همه‌ی این شرکت کنندگان در زیر چتر پزشکی P4 خود یک چالش عظیم است.

۳/ در نهایت گرد آوردن همه‌ی این شرکت کنندگان در زیر چتر پزشکی P4 نیاز به تغییر در سیستم آموزش و بازخورد مشتری دارد. به زبانی دیگر اما چگونه درک مناسبی را از پزشکی P4 جهت همه‌ی شرکت کنندگان در سیستم مراقبت از سلامت ارائه دهیم و چگونه ما به صورت نظام وار بازخورد آنها را برای تدوین خدمات و محصولات تندرستی نوین به دست آوریم؟

این چالش‌های عظیم را با کاربست ابزارهای IT نیرومند مانند برقراری دروس آزاد آنلاین به صورت

انبوه که آموزش عالی را دگرگون ساخته و پزشکی P4 را در دسترس تعداد بیشتری از افراد قرار می‌دهد، می‌توان رویارویی نمود. در حقیقت فناوری اطلاعات برای مراقبت‌های سلامت آینده، باید شیوه‌های آموزش همگانی را ارائه دهد.

۴/ بسیار ضروری است که بیماران را در مورد ارزش داده‌هایشان آموزش دهیم؛ که چگونه این داده‌ها می‌توانند دانش زیست پزشکی را بدون صدمه به آنها پیشرفت دهند. یک نکته‌ی کلیدی در توسعه‌ی مداوم پزشکی P4، داده کاوی مستمر در ابری از داده‌های هر فرد از میلیاردها انسان است. زیرا این رهیافت، امکان پیشرفت پرشتاب در درک ما از پیچیدگی‌های بیماری‌ها و تندرستی را فراهم آورده و به صورتی شگرف، مراقبت‌های سلامت را تغییر می‌دهد. بسیار ضروری است که داده‌های هر بیماری برای “داده کاوی” و جهت “پزشکی پیشگویی کننده‌ی آینده” در دسترس قرار گیرد. سیاست‌های محدود کننده‌ی کمیته‌های اخلاق دانشگاه‌ها باید با سیاست در دسترس قرار دادن آزاد داده‌ها برای خبرگان سلامت، با حفظ حریم خصوصی افراد جایگزین شود.

پزشکی سیستمی	پیامد مراقبت‌های سلامت
نگرش‌های اساسی به دینامیک شبکه‌های آشوب زده با بیماری (Disease-perturbed networks) در ارگانسیم‌های مدل فراهم می‌کند.	نگرش‌های مکانیستیک، تشخیص، درمان و پیشگیری را برای هر فرد بیمار امکان پذیر می‌سازد.
پیشگام در توالی یابی ژنوم خانوادگی بوده و ژن‌های بیماری را به صورت ارزان و کارآمد شناسایی می‌نماید.	بیماری، تندرستی و محصولات ژنی حساس دارویی را شناسایی کرده و افرادی که یک یا بیشتر از ۳۰۰ تنوع ژنی کنش پذیر (actionable gene variants) را دارند مورد شناسایی قرار می‌دهد.
خون را به پنجره‌ای جهت افتراق میان سلامت و بیماری تبدیل می‌کند.	تست‌های تشخیصی بیماری‌ها، ارزیابی مسمومیت دارویی و سلامت؛ برای مثال سرطان ریه، بیماری استرس پس از تروما (PTSD)، توکسیستی کبد و هیپاتیت
دسته بندی بیماری‌ها به زیرتیپ‌های مشخص	برای گزینش داروهای ویژه‌ی مؤثر برای هر زیرتیپ
دسته بندی بیماران - واکنش‌های ناخواسته‌ی دارویی، تعدیل کننده‌ی ژن‌ها به مکانیسم‌های بیماری، برای مثال بیماری زودرس و دیررس هانتینگتون، ژن‌های واریانت که حساسیت به جیوه را در بچه‌ها افزایش می‌دهند.	دسته بندی کردن بیماران برای درمان‌های مناسب
امکان رهیافت چند ارگانی جهت مطالعه‌ی بیماری	آشکار سازی پیچیدگی بیماری فرد و چگونه یک بیماری منفرد بر چندین ارگان اثر می‌گذارد.
رهیافت‌های محاسبه گرایانه جهت پیشگامی در دوباره استفاده کردن دارو (drug reuse) و کشف هدف دارو	مهندسی مجدد شبکه‌های آشوب زده با بیماری به سوی روند طبیعی با داروها و دوباره هدفمند کردن داروها. توسعه‌ی تند و ارزان داورهایی که از ایجاد آشوب زدگی با بیماری (disease-perturbed) در شبکه‌ها جلوگیری می‌کنند.
تمرکز بر تندرستی	تندرستی یک پیش ران برای پزشکی P4 در آینده است.
با خلق کارآزمایی‌های بالینی بزرگ مقیاس و چند متغیری مانند فرامینگهام، امکان آنالیز طولی بیمار و یا حالات تندرستی را فراهم می‌نماید.	چنین مطالعاتی، نگرش‌های ژرفی را نسبت به مکانیسم‌های بیماری در مراحل اولیه فراهم آورده و رهیافت‌های نوینی را جهت تشخیص و درمان عرضه خواهند نمود.

۵/ "شبکه‌های اجتماعی فعال شده توسط بیمار (مشتری)" نقش‌های مهمی را در شرکت دادن فعالان، در گستره‌ی پزشکی P4 ایفا می‌کنند. هم‌اکنون چندین شبکه وجود دارند که در حال ایجاد دگرگونی در پزشکی و سلامت هستند. برای مثال افراد شبکه‌های "خودکمی شده" که هم‌اکنون در سراسر ایالات متحده‌ی آمریکا گسترده شده‌اند، از ابزارهای دیجیتالی برای سنجش پارامترهای فیزیکی خود (وزن، ضربان، تنفس، کیفیت خواب، استرس و غیره) و کاربرد آنها جهت بهینه‌سازی سلامت خودشان استفاده می‌کنند. همچنین شبکه‌های اجتماعی بیماری نگر (برای مثال PatientsLikeMe، اتحاد سرطان سینه^۱، بنیاد پژوهش مالیتیل میلوما) وجود دارند که هم‌اکنون تغییر در چگونگی انجام کارآزمایی‌های بالینی را آغاز کرده‌اند.

این شبکه‌های اجتماعی نشان می‌دهند که مراقبت‌های سلامت و تندرستی می‌توانند از بیمارستان‌ها به سوی بنیاد و حتی خانه‌ها میل نمایند. چنین عدم تمرکز زدایی پزشکی، یک منظر مهم در

پدیداری پزشکی P4 است که بر تندرستی تمرکز دارد. ۶/ باور بر این است که "شبکه‌های اجتماعی فعال شده با بیمار" یکی از قوی‌ترین نیروهایی هستند که پذیرش پزشکی P4 را به پیش می‌رانند. بیماران، حرکت به سوی پزشکانی که اخیراً تربیت شده‌اند و دانش فناوری‌های نو و راهبردهایی که کاربرد پزشکی را متحول می‌سازند، آغاز نموده‌اند. یک پرسش چالش‌آور آن است که چگونه "شبکه‌های اجتماعی فعال شده توسط بیمار" را به گونه‌ای خلق نمود که سیستم‌های مراقبت از سلامت را برای پذیرش پزشکی P4 برانگیخته نمایند.

۷/ پرواضح است که منظر مشارکتی پزشکی P4، بسیار به فناوری اطلاعات روزآمد و با کلاس برتر برای مدیریت و یکپارچه‌سازی میلیون‌ها میلیارد داده‌ی فردی بستگی دارد. به زبان دیگر پزشکی P4 به در هم آمیزی، داده کاوی، یکپارچه‌سازی داده‌ها و در نهایت تولید مدل‌هایی برای هر بیمار که پیشگویی کننده و کارکرد پذیر باشند، وابسته است. افزون بر این بسیار ضروری است که یک بخش سوم قابل اعتمادی وجود داشته باشد که حاوی اطلاعات دقیق و روزآمد

¹ Breast Cancer Allia

پزشکی سیستمی و پزشکی P4 باشد. اغلب اوقات بیماران با اطلاعات نادرستی که از اینترنت به دست آورده‌اند به نزد پزشکان خود می‌آیند. از این رو وجود یک منبع قابل اعتماد اطلاعاتی برای بیماران، پزشکان و کارکنان مراقبت‌های سلامت به خوبی حس می‌شود. ۸/ آشکار است که اگر اطلاعات از داده‌های بیماران بایستی به صورت کارآمد جهت بهینه‌سازی تندرستی آنها و کاهش بیماری به کار برده شوند، به مفسری قابل اعتماد، برای آنالیز داده‌ها برای هر فرد نیازمند است.

در چشم‌انداز آینده، به وجود خبرگان مراقبت‌های سلامت جدید (که در ترمینولوژی پزشکی سیستمی آنها را "مربی‌های تندرستی و مراقبت سلامت" می‌نامند) نیاز است. این خبرگان در داده‌های هر فرد بیمار نگریسته و سپس این داده‌ها را به شیوه‌ای ارائه می‌دهند که تشویق‌کننده‌ی بیماران به استفاده از آنها جهت بهبودی در سلامت‌شان است.

در یک فراگرد کلی وجود "شبکه‌های بیماران رانده شده توسط بیمار (مشرتی)" یکی از نیروهای پیش‌ران نیرومند برای ایجاد تغییرات بنیادین در نظام سلامت کنونی است و از این رو می‌بینیم که عنصر

مشارکت، از عناصر تحول برانگیز در سیستم مراقبت‌های سلامت محسوب می‌شود.

پزشکی P4 و سیستم خدمات سلامت در کشورهای در حال توسعه

بنیان پزشکی سیستمی که پیشگویی‌کننده، پیشگیری‌کننده، فردگرا و مشارکت‌جویانه (P4) است، بیولوژی سیستمی می‌باشد و برای عملکرد خود از اجزاء گوناگون سیستم مراقبت‌های سلامت بهره می‌جوید. پزشکی P4، پیامدهای بیماری که توسط خود بیماران گزارش می‌شوند و سازمان‌های دولتی و خصوصی درگیر در مدیریت خدمات سلامت را نیز در برمی‌گیرد. افزون بر بیولوژی سیستمی و ژنومیکس، مدل‌سازی پاتوفیزیولوژی بیماری‌ها در یک زمینه‌ی کاربردی - بالینی، تصویربرداری ملکولی و بانک‌های زیستی، از اجزاء کلیدی هستند که توسعه‌ی موفقیت‌آمیز پزشکی سیستمی را تضمین می‌کنند. این تلاش میان‌رشته‌ای که قلب تپنده‌ی پزشکی سیستمی است به شبکه‌ای از دانشمندان از تمام رشته‌ها، با توجه منحصراً به فرد به تجربه‌ی بالینی و آموزش‌های پیشرفته مبتنی بر رفتارهای پیشرفته‌ی اطلاعات نیاز دارد. برای پیاده‌سازی چنین چشم‌اندازی

از پزشکی سیستمی، بخش صنعت و دانشگاه باید در یک فضای منسجم، با دسترسی به منابع باز و دسترس پذیر داده‌ها، در یک فاز پیش رقابتی در فرایند کشف داروهای جدید با یکدیگر کار کنند. این روند به توسعه‌ی بعدی مالکیت فکری و رهیافت‌های کارآمدتر تشخیصی و درمانی منتهی خواهد شد. چنین نقشه‌ی راه توسعه‌ی علم و فناوری که پزشکی سیستمی (P4) به آن نیاز دارد بسیار فراتر از اولویت‌های مراقبت‌های سلامت کشورهای در حال توسعه است که اکثریت جمعیت آنها محروم از سطح قابل قبول مراقبت‌های پزشکی و بهداشتی هستند و مهمترین چالش‌های آنها مبارزه با بیماری‌های عفونی و سوء تغذیه است که با عدم دسترسی به آب سالم نیز تشدید می‌گردد.

هر چند در آینده‌ای نه چندان دور هزینه‌های تولید خدمات پزشکی P4 بسیار کاهش خواهند یافت و انتقال فناوری‌های پیشرفته وابسته به پزشکی P4 به کشورهای در حال توسعه و جنوب امکان پذیر می‌شود و شاهد رخنمایی دموکراتیزاسیون پزشکی سیستمی خواهیم بود ولی رهبران کشورهای در حال توسعه نیز

می‌بایست به بیولوژی سیستمی یکپارچه و پزشکی سیستمی (P4) و مراکز پزشکی نوینی که به ارائه خدمات سلامت بر پایه‌ی پزشکی سیستمی ارائه می‌دهند نظر کرده و این مراکز را با مراکز مراقبت‌های سلامت پزشکی سیستمی در کشورهای توسعه یافته پیوند دهند و با شبکه سازی، تلاش نمایند که مراکز مراقبت‌های سلامت پزشکی سیستمی خود را در قلب زیرساخت خدمات سلامت ضروری‌تر جاری خود بگنجانند. این در هم تنیدگی این مراکز نوین در قلب شبکه‌های سنتی خدمات سلامت، می‌تواند دسترسی بلافاصله را به فناوری‌های پیچیده و پیشرفته‌تر فراهم آورده و اجازه می‌دهد تا این کشورها از دانش و توان علمی کشورهای توسعه یافته بهره جویند. چنین مراکز پزشکی سیستمی که مراحل تکاملی خود را در قلب شبکه‌ی سنتی خدمات سلامت طی می‌کنند، راهی را جهت دسترسی به سطح قابل قبول خدمات سلامت باز گشوده و موجب کاهش شکاف فزاینده میان کشورهای توسعه یافته و کشورهای در حال توسعه، در ارائه‌ی خدمات سلامت، خواهند شد.^۱

¹ Auffray C, Chen Z, Hood L. systems medicine: the future of medical genomics and healthcare. Genome Med 2009; 1: 2.

² Hood L, Auffray C. Participatory medicine: a driving force for revolutionizing healthcare. Genome Med 2013; 5: 110.