

تحلیل و نقد هوش مصنوعی در طبابت^۱ از منظر معرفت‌شناسی

الهه سرروش*

علیرضا منجمی**

چکیده

خطای پزشکی امری اجتناب‌ناپذیر در طبابت است که پدیده‌ای آسیب‌رسان است و در مواردی باعث مرگ بیماران می‌شود. در سالیان گذشته تلاش‌های بسیاری انجام شده است تا هوش مصنوعی جای‌گزین پزشک شود که تا حد ممکن از خطاهای پزشکی اجتناب شود. سیستم‌های هوشمند پزشکی سیستم‌هایی تشخیصی‌اند که پس از شناسایی بیماری به بیمار پیش‌نهاد درمان ارائه می‌کنند. سیستم‌های اولیه مانند MYCIN و INTERNIST-I به‌منظور مشاوره برای پزشکان طراحی شدند. اما با وجود این که کارایی خوبی از خود نشان دادند، به‌ندرت خارج از آزمایشگاه‌های تحقیقاتی به کار گرفته شدند. سیستم‌هایی هم که بعد از آن توسعه یافتند موفقیت کافی نیافتند تا جایی که علاقه‌مندی پژوهش‌گران در این حوزه کم‌کم رنگ باخت. بی‌توجهی به مسائل معرفت‌شناختی یکی از مهم‌ترین موانع برای رسیدن به موفقیت برای این سیستم‌ها بوده است. در این مقاله، به‌منظور جست‌وجوی این موانع، ابتدا خطاهای شناختی در پزشکی را که موجب روی آوردن به هوش مصنوعی شده است معرفی و سپس معرفت‌شناسی پزشکی را مرور می‌کنیم. تعدادی از سیستم‌های هوش مصنوعی در پزشکی با تأکید بر ساختار دانش آن‌ها را بررسی می‌کنیم. نهایتاً دلایل معرفت‌شناختی موفق نبودن سیستم‌های هوش مصنوعی در حوزه پزشکی را تشریح می‌کنیم که عبارت‌اند از: پیش‌فرض‌های نادرست در باب ماهیت دانش، جداسازی دانش از استراتژی‌های تصمیم‌گیری، بی‌توجهی به معرفت‌ضمنی، و جداپنداشتن دانش از زمینه.

کلیدواژه‌ها: هوش مصنوعی، معرفت‌شناسی پزشکی، خطاهای پزشکی، فلسفه پزشکی، سیستم خبره.

* دانشجوی دکتری فلسفه علم و فناوری، پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی (نویسنده مسئول)
el_soroush@yahoo.com

** استادیار گروه فلسفه علم و فناوری، پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی، monajemi@ihcs.ac.ir
تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۳/۰۱، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۵/۲۹

۱. مقدمه

خطاهای پزشکی یکی از عوامل بسیار مهم تشخیص و تدبیرهای نادرست و در نتیجه عامل مهمی در مرگ و میر بیماران است. اگرچه این عامل معمولاً در سیاهه عوامل منجر به مرگ آورده نمی‌شود، ولی از نظر آماری، پس از علل قلبی - عروقی و سرطان‌ها، سومین علت مرگ و میر است. در رتبه چهارم، مرگ و میر ناشی از سکنه‌های مغزی قرار دارد که از نظر آماری فاصله بسیار زیادی با عامل سوم، یعنی خطاهای پزشکی، دارد که با عبارت «مرگ به علت خود مراقبت پزشکی» به آن اشاره می‌شود. البته خطاهای پزشکی انواع مختلفی دارد که خطاهای شناختی در تشخیص یا قضاوت و تصمیم‌های درمانی تنها یکی از انواع آن‌هاست (Washington Post: 2016).

گروهی از پژوهش‌گران معتقدند پزشک بیماری را طی فرایندی منطقی تشخیص می‌دهد که در سیستم‌های خبره و هوش مصنوعی قابل مدل‌سازی است. آن‌ها بر این باورند که با بهره‌گیری از هوش مصنوعی در پزشکی می‌توان خطاهای شناختی را در فرایندهای تشخیصی و درمانی در پزشکی حذف کرد. پیشرفت‌های چشم‌گیر تکنولوژی امیدهای فراوانی برای رسیدن به این هدف ایجاد کرده است که در حوزه‌های فنی و پزشکی با جدیت دنبال می‌شوند. اما نداشتن توجه کافی به مسائل معرفت‌شناختی پزشکی و عدم بررسی فلسفی موانع موجود در این زمینه مانع از مشخص شدن محدودیت‌های این رویکرد تازه و جهت‌دهی مؤثر به آن شده است. این ایده به‌نحوی کم‌کم شکل گرفته است که آن‌چه روزی برچسبی جالب‌توجه و محترم بود درخشش خود را از دست داده است و هوش مصنوعی به‌سبب وعده‌های بزرگی که داده و در برآوردن آن‌ها شکست خورده است وارد دوران افول خود شده است. اما گروه دیگری معتقدند که موج جدیدی در هوش مصنوعی پزشکی آغاز شده است و این دوره افول به‌زودی پایان خواهد یافت (Patel et al. 2009). باید توجه داشت با وجود آن‌که امروزه بین پزشکی و انفورماتیک و تکنولوژی پیوند اجتناب‌ناپذیری برقرار شده و موفقیت‌های عمده‌ای از این هم‌کاری حاصل شده است، اما بیش‌تر آن‌ها ذیل عنوان «هوش مصنوعی» قرار نمی‌گیرند، چراکه بیش‌تر ابزارهایی برای جمع‌آوری داده‌ها و توان‌مندتر کردن پزشکان و جراحان‌اند و هوشمند محسوب نمی‌شوند. از روزهای اولیه ظهور هوش مصنوعی در پزشکی، بزرگ‌ترین چالش مدل‌کردن معرفت و تکنیک‌های استدلال برای اموری مانند تشخیص، درمان، و پایش بیماران بوده است. در حال حاضر انفجار اطلاعات به‌موجب اینترنت و اخیراً گسترش شبکه‌های اجتماعی

مبتنی بر اینترنت، محاسبات مبتنی بر ابر (cloud computing)، و بسترهای داده‌های عظیم (big-data platform) و موارد دیگر باعث تغییر شدید در تمرکز محققان از برنامه‌های دانش‌محور به برنامه‌های داده‌محور و از سیستم‌هایی که توصیه می‌کنند به سیستم‌هایی که اطلاعات موردی (ad hoc) فراهم می‌کنند شده است (Patel et al. 2009). بنابراین امروزه بهره‌برداری هوشمندانه از داده‌های غیرهمگون و نامتجانس یکی از چالش‌های اصلی است. نوع این داده‌ها، منشأ آن‌ها، و ساختار چنین داده‌هایی دائماً پیچیده‌تر می‌شود. چون در حال حاضر با داده‌های جمعیت‌شناسانه (demographic)، داده‌های ژنتیکی، داده‌های زیست‌مولکولی، داده‌های شبکه‌های اجتماعی، و انواع دیگر داده سروکار داریم. در نتیجه نحوه استفاده از این دانش و تغییر آن به شیوه‌ای که یک سیستم هوش مصنوعی بتواند از آن‌ها استفاده کند عنصری کلیدی در هر سیستم هوش مصنوعی است که بخواهد در امر تشخیص و درمان دخالت داشته باشد. بنابراین کماکان بررسی معرفت‌شناسانه دانش پزشکی و چالش‌های پیش روی آن یکی از مهم‌ترین قدم‌ها به سمت هوش مصنوعی موفق در پزشکی است.

زیرا یکی از دلایل اصلی موفق نبودن هوش مصنوعی در پزشکی بی‌توجهی به مسائل معرفت‌شناختی به‌ویژه از حیث استفاده از معرفت پزشکی در هوش مصنوعی بوده است. با وجود آن‌که در حال حاضر تاحدی معرفت‌شناسی پزشکی توجه شده است، ولی هنوز به اندازه کافی مدون نشده است و به موشکافی و تدقیق بیش‌تری نیاز دارد. در ادامه این مقاله ابتدا به اختصار انواع خطاهای شناختی در پزشکی آورده شده‌اند. در بخش سوم به معرفت‌شناسی پزشکی و تفاوت‌های آن با معرفت‌شناسی کلاسیک پرداخته‌ایم. پس از آن تعدادی از پروژه‌هایی که برای پیاده‌سازی هوش مصنوعی در پزشکی انجام شده است از نظر نحوه پیاده‌سازی ساختار دانش ذخیره‌شده در آن‌ها بررسی شده است. نهایتاً در بخش پنجم به شناسایی و تحلیل دلایل موفق نبودن سیستم‌های هوش مصنوعی پیاده‌سازی شده در حوزه پزشکی از منظر معرفت‌شناسی می‌پردازیم. مقاله با نتیجه‌گیری در بخش ششم خاتمه می‌یابد.

۲. خطاهای پزشکی

تصمیم‌گیری پزشکی فرایندی است که طی آن بیمار، پس از مراجعه به پزشک، نشانه‌ها و علائم و تجربه و دریافت خود از بیماری را در قالب شرح حال در اختیار پزشک قرار

می‌دهد و پزشک برای شناسایی بیماری با سؤالات هدایت‌شده‌ای اطلاعات تکمیلی را جمع‌آوری می‌کند و نهایتاً، پس از تشخیص بیماری، توصیه‌ها و تصمیم‌ها درمانی را برای کاهش عوارض و بهبود بیماری عرضه می‌کند. هدف اصلی در همهٔ مراحل این فرایند رسیدن به مطلوب‌ترین و اثرگذارترین تصمیم برای درمان بیمار است.

ایدهٔ اصلی رفتن به سمت سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی در پزشکی همواره امید برای کاهش خطاهای تشخیصی و درمانی بوده است. مطالعات متعدد در خطاهای پزشکی نشان داده است که اغلب این خطاها ناشی از خطاهای شناختی پزشک مسئول بوده است. هنگامی که ذهن به صورت ناخودآگاه فهم شهودی احتمالات را با فرایندهای شناختی ترکیب می‌کند میان‌برهایی (heuristics) برای حل مسئله تولید می‌کند که معمولاً با عناوین مختلفی مانند قانون سرانگشتی یا حدس براساس تجربه (educated guess) به آن‌ها اشاره می‌شود. میان‌بر به نوعی حدس زدن الگو براساس تجارب گذشته است که معمولاً ناخودآگاه و خطاپذیر است. مطالعات نشان می‌دهد که بیش‌تر خطاهای پزشکی ناشی از خطاهای شناختی است تا کمبود اطلاعات یا دانش (Singh et al. 2006).

خطاهای شناختی زیرمجموعه‌های زیادی دارند که عمدتاً مرزهای مشخصی ندارند و دارای هم‌پوشانی‌اند. تقسیم‌بندی خطاهای شناختی به دو زیرمجموعهٔ سوگیری‌های شناختی (cognitive biases) و تحریف‌های شناختی (cognitive distortions) رایج‌ترین تقسیم‌بندی است. حتی برسر تفکیک و تعریف این دو مفهوم نیز اختلاف نظرهایی وجود دارد، اما در تمایز آن‌ها اشاره شده است که معمولاً سوگیری شناختی امری است که میان همهٔ انسان‌ها مشترک است و عمدتاً هنگام ارزیابی روی می‌دهد؛ اما تحریف‌های شناختی شخصی‌ترند؛ به این معنا که شدت و ضعف آن‌ها در افراد مختلف بسیار متفاوت است. نوع دوم خطا عمدتاً در ثبت و یادآوری رویدادها رخ می‌دهد. بعضی از انواع خطاهای شناختی از نوع سوگیری عبارت‌اند از اعتماد به نفس بیش از حد، خطای تأیید خود، تمرکز بر آخرین اطلاعات، خطای تمرکز بر اطلاعات در دست‌رس، اجتناب از ناهم‌گونی شناختی، و نهایتاً تفکر کلیشه‌ای. بعضی از خطاهای شناختی از نوع تحریف تفکر همه یا هیچ، تعمیم‌دادن بیش از اندازه (over-generalization)، برچسب‌گذاری روی خود و دیگران، بزرگ‌نمایی و کوچک‌نمایی، پریدن به نتیجه بدون طی شدن مسیر (jumping to conclusions)، شخصی‌کردن و به‌خودگرفتن (personalization)، و ذهن‌خوانی (mindreading) است (Croskerry 2013).

برنامه سیستم‌های هوش مصنوعی در پزشکی بر آن بود که این نوع خطاهای پزشکی را رفع کند. اما سیستم‌های خبره و هوشمندی که تا به حال در زمینه تشخیص پزشکی طراحی و پیاده‌سازی شده‌اند، به جز در حوزه‌های بسیار محدود و تخصصی، ناکارآمد بوده‌اند. یکی از دلایل مهم این ناکارآمدی‌ها آن بود که در سال‌هایی که تلاش برای ایجاد هوش مصنوعی در جریان بود معرفت‌شناسی مدونی در حوزه پزشکی وجود نداشت. در حال حاضر نیز فقط صادق‌زاده در این زمینه آثاری دارد. با این حال خود او معترف است که هنوز به معرفت‌شناسی پزشکی به صورت جامع پرداخته نشده است و معرفت‌شناسی پزشکی نیز هنوز کامل و به اندازه کافی کارآمد نیست (Sadegh-Zade 2015).

۳. معرفت‌شناسی پزشکی

معرفت‌شناسی پزشکی یکی از شاخه‌های فلسفه پزشکی است که به مباحثی هم‌چون چیستی معرفت پزشکی، قضاوت و تصمیم‌گیری پزشکی، و جنبه‌های معرفتی ارتباط پزشکی و بیمار می‌پردازد. در زمینه معرفت‌شناسی پزشکی پژوهش‌اندکی انجام شده است و می‌توان گفت حوزه‌ای ناشناخته و بکر است. در نتیجه «هیچ روش‌شناسی‌ای برای هدایت محققان در بررسی دانش پزشکی [در حوزه‌های مختلف از جمله هوش مصنوعی در پزشکی] وجود ندارد» (ibid.: 401). در این بخش معرفت‌شناسی پزشکی موجود و تمایز آن با معرفت‌شناسی کلاسیک را بررسی می‌کنیم.

۱.۳ انواع دانش پزشکی

برای بررسی و فهم بهتر دانش پزشکی لازم است انواع مختلف آن شناسایی و دسته‌بندی شوند. البته تقسیم‌بندی ارائه‌شده در ادبیات معرفت‌شناسی پزشکی که در ادامه آورده می‌شود در یک سطح نیستند و با هم هم‌پوشانی دارند.

۱.۱.۳ دانش تجربی (experimental knowledge)

پزشکی صرفاً علمی تجربی نیست، ولی از آن جهت که دانش را از طریق آزمون و انجام مشاهده به دست می‌آورد و نظریه‌ها و دانش کسب‌شده را در جهان تجربی (بیماران، سلول‌ها، میکروارگانیسم‌ها، و ...) اعمال می‌کند، در زمره علوم تجربی قرار می‌گیرد. البته آزمون در پزشکی از معنای رایج آزمون در علوم طبیعی پیروی نمی‌کند. آزمون‌گر پزشکی

(medical experimenter) نه تنها فرضیه‌ها یا نظریه‌های از پیش آماده را ارزیابی نمی‌کند، بلکه هدفش جداسازی موارد صادق و کاذب از یک‌دیگر هم نیست و به‌منظور کشف ارتباط علی‌ای که مداخله انسانی در تکوین آن داده‌هاست در شرایط تجربه مداخله و داده‌های این تجربه را استخراج می‌کند. با این تفصیل دانش تجربی پزشکی معرفتی عینی و صادق درباره پدیده‌ها نیست و ثانیاً در آن پدیده‌ها به‌صورت طبیعی و مستقل از آزمون‌گر رخ نمی‌دهد و آزمون‌گر خود مقوم اصلی آزمون و تجربه است. این امر باعث می‌شود که پزشکی در دسته پراکسیس قرار گیرد و تحقیقات آن به‌مثابه مطالعه عاملیت انسانی (human agency) بررسی شود. البته در اغلب موارد این دانش به‌صورت یک دانش عینی و با حذف عاملیت مداخله‌گر ارائه می‌شود.

۲.۱.۳ دانش نظری (theoretical knowledge)

در پزشکی، دانش نظری دانشی است که در آن ادعا می‌شود امری وجود دارد یا وجود داشته است و یا وجود خواهد داشت و دانش عملی دانشی است که در این‌باره صحبت می‌کند که در موقعیت خاصی چگونه باید عمل کرد تا به هدف خاصی رسید (ibid.: 470)؛ مثلاً دانش پزشکان درباره ماهیت و نحوه پیدایش بیماری‌ها دانش نظری است و دانش درباره نحوه تشخیص آن‌ها دانش عملی است.

دانش نظری دانشی توصیفی است که از گزاره‌های خبری تشکیل شده است؛ به همین سبب امکان تبیین و پیش‌بینی یعنی تشخیص و پیش‌آگهی درباره بیماری (prognosis) فراهم می‌شود. علوم زیست‌پزشکی، علم طبقه‌بندی بیماری‌ها (nosology)، و آسیب‌شناسی (pathology) قسمت اصلی دانش نظری در پزشکی را تشکیل می‌دهند. مثلاً آناتومی، فیزیولوژی، بیوشیمی، و فیزیک پزشکی دانش نظری پزشکی درباره قسمت‌های مختلف بدن و کارکرد آن‌هاست.

۳.۱.۳ دانش عملی (practical knowledge)

پزشکی بالینی عمدتاً از نوع دانش عملی است. دانش عملی در پزشکی همان است که در علوم انفورماتیک به آن دانش رویه‌ای می‌گویند. دانش عملی رویه‌ها و تجویزهایی برای دستیابی به هدفی مشخص است. بنابراین این نوع دانش هنجاری هدف‌مند یا معطوف به هدف است. پس این نوع معرفت صادق یا کاذب نیست، بلکه پزشکان را قادر می‌سازد که دریابند چگونه پیش روند.

معمولاً در ادبیاتی که برای دانش پزشکی استفاده می‌شود دانش عملی به صورت غیرصریح بیان می‌شود و این امر باعث می‌شود که گاهی حتی مشخص نشود که دانش عرضه شده دانش عملی است. برای تبدیل آن‌ها به اطلاعات ماشین در پایگاه دانش، لازم است ابتدا آن‌ها را به دانش عملی صریح تبدیل کرد و سپس با ساختار الزام‌های شرطی (conditional obligation) به اطلاعات ماشین در پایگاه معرفت تبدیل کرد.

۴.۱.۳ دانش بالینی (clinical knowledge)

دانش پزشکی را معمولاً بدون وجود مرز واضحی به دانش پزشکی بالینی و غیربالینی تقسیم می‌کنند. دانش غیربالینی شامل دانش زیست‌پزشکی یا علوم پایه است که درباره ساختار و کارکرد نرمال بدن انسان است. دانش بالینی می‌تواند نظری یا عملی باشد. دانش بالینی غیرعملی به جنبه‌های نظری بیماری‌ها می‌پردازد، یعنی آسیب‌شناسی و بیماری‌شناسی و هر یک زیرشاخه‌های بسیاری دارند. اما عمده دانش بالینی دانشی عملی است. دانش بالینی عملی به صورت قطعه‌قطعه شده و با ظاهری غیرصریح در متون درسی آورده می‌شود. معمولاً در نگاه اول مشخص نیست که این دانش تجویزی و دستوری است. دانشجویان معمولاً در فهم دانش بالینی مشکلی ندارند، زیرا علاوه بر مطالعه متون درسی، اساتید و موقعیت‌های عملی نیز در فرایند آموزشی وجود دارند. اما در صورتی که برای ایجاد پایگاه دانش و در هوش مصنوعی تنها از دانش موجود در این متون استفاده شود، نتیجه مطلوب به دست نمی‌آید. بنابراین شناسایی تبدیل و تکمیل این نوع دانش برای استفاده در هوش مصنوعی اهمیت بسیاری دارد.

۵.۱.۳ دانش علی

دانش علت‌شناسی پزشکی (medical-etiology) درباره پیدایش بیماری‌هاست. اما به جز آن موارد بسیار دیگری حتی عبارات ساده در فیزیولوژی و بیوشیمی درباره کارکرد ارگان‌ها، سلول‌ها، و یا مولکول‌ها توصیف روابط علی‌اند. گزاره‌های علی می‌توانند غیرمداخله‌ای یا مداخله‌ای باشند. گزاره‌های علی غیرمداخله‌ای روابطی ارائه می‌دهند که مستقل از مداخله مشاهده‌گر است. به سخن دیگر مشاهده‌گر فقط فرایند را مشاهده و گزارش می‌کند. مثلاً این که «مصرف سیگار می‌تواند سبب سرطان ریه می‌شود»؛ اما گزاره‌های علی مداخله‌ای از پژوهش‌هایی به دست می‌آید که پژوهش‌گر علاقه‌مند است بدانند یک عمل خاص در موقعیت خاص چه تأثیری خواهد داشت و چه پیامدهایی در پی دارد؛ مثلاً «اگر در بیماری

با درد قفسه سینه حداقل تنگی در یکی از عروق قلب و عمل بای - پس عروق قلب انجام شود، در این صورت درد او از بین خواهد رفت». در واقع یک گزاره علی مداخله‌ای پیامدهای علی عمل انسانی در شرایط مشخص را گزارش می‌دهد.

۶.۱.۳ دانش پزشکی غیر - علی

بخش قابل توجهی از دانش پزشکی خصوصاً گزاره‌های مربوط به پیوند نشانه‌ها و علائم با بیماری‌ها رابطه علی ندارند و صرفاً وابستگی‌های تجربی‌اند. مثلاً «اگر بیمار سرفه می‌کند و تب دارد، در این صورت به برونشیت مبتلاست» در هیچ معنایی رابطه علی را نشان نمی‌دهد. باین حال برای تصمیم‌گیری پزشکی و شناسایی بیماری این نوع گزاره‌ها بسیار باارزش‌اند. با وجود آن‌که دانش علی در بسیاری موارد تصمیم‌های تشخیصی و درمانی موثرتری را به دست می‌دهد، ولی همیشه دانش علی در مورد وضعیت فعلی بیمار مورد نیاز نیست. دانش غیر علی در مقابل دانش علی با اصطلاحات فناوری اطلاعات که در پزشکی هم رایج شده است «دانش پزشکی کم عمق» (shallow medical knowledge) در مقابل «دانش پزشکی عمیق» (deep medical knowledge) نامیده می‌شود.

۷.۱.۳ نظریه‌ها در پزشکی

صادق‌زاده دیدگاهی ابزارانگاره و ساختارگرایانه در باب نظریه دارد. او هنگام بررسی دانش پزشکی اشاره می‌کند که نباید «فرضیه» را با «نظریه» خلط کرد. از نظر او فرضیه عبارت است از «گزاره‌ای بامعنا در زمانی خاص، که هنوز ارزش صدق آن مشخص نیست». این تعریف باعث می‌شود که ادعاهای بی‌معنا حذف شوند (ibid.: 417). بنابراین می‌توان دید آن‌چه عموماً دانش پزشکی نامیده می‌شود به‌طور اجتناب‌ناپذیری انباشته از فرضیه‌هاست. اما درباره چستی نظریه دیدگاه ساختارگرایانه پاتریک سوپس (Patrick Suppes) را می‌پذیرد. طبق دیدگاه سوپس نظریه‌ها چیزی در مورد جهان خارج ادعا نمی‌کنند. به عبارت دیگر نظریه از گزاره‌ها ساخته نشده است، بلکه یک ساختار مفهومی است که بهترین راه برای مدل‌کردن نظریه مجموعه‌هاست، نه منطبق صوری. این امر تبدیل این نوع نظریه‌ها به اطلاعات ماشین در پایگاه دانش هوش مصنوعی را بسیار ساده‌تر می‌کند.

اما صادق‌زاده خود اعتراف می‌کند که در پزشکی، چه در حوزه بالینی و چه در حوزه زیست - پزشکی، نه تنها چستی نظریه پزشکی روشن نیست، بلکه مشخص نیست که آیا اصلاً در پزشکی نظریه‌هایی وجود دارد یا نه (ibid.).

مثلاً اگرچه نظریه رودولف ویرشو (Rudolf Virchow) درباره پاتولوژی سلولی یا نظریه بیماری‌های عفونی زمانی طولانی مورد بحث قرار گرفتند، هنوز مشخص نیست که این نظریه‌ها بماهو نظریه چگونه‌اند؛ از چه اصول، بدیهیات، آگزیوم‌ها، یا پیش‌فرض‌هایی ساخته شده‌اند و این که آیا عبارت خاصی به آن نظریه متعلق است یا خیر.

۸.۱.۳ فرادانش پزشکی (medical metaknowledge)

فرادانش دانشی است درباره دانش، مثل این عبارت که «هنوز کاملاً مشخص نیست که آیا فرضیه درباره نقش علی ذات‌الریه کلامیدوفیلا (chlamydophila) روی ایجاد عفونت قلب قابل قبول است یا خیر». این نوع دانش به صورت صریح تنها در سیستم‌های پایگاه معرفت مصنوعی مثلاً در سیستم‌های خبره پزشکی وجود دارد. فرادانش پزشکی اطلاعات بسیار باارزشی درباره نحو، معنا، عملی بودن دانش، و روش‌ها در آن حوزه مثلاً درباره ساختار، کیفیت، و کارآمدی آن‌ها به دست می‌دهد و می‌توان از آن برای هدایت کاربردها، تحقیقات، و مطالعات روش‌شناسانه استفاده کرد. معرفت‌شناسی دانش پزشکی دقیقاً به دنبال همین دانش است.

۲.۳ تفاوت معرفت پزشکی با معرفت کلاسیک

بررسی دانش صریح و گزاره‌ای در پزشکی صادق‌زاده را به این نتیجه رساند که «به دلایل زیادی واژه "معرفت در معنای کلاسیک" [برای آنچه دانش گزاره‌ای پزشکی تلقی می‌شود] باید با احتیاط به کار رود» (ibid.: 416). این امر از آن جهت اهمیت دارد که تبدیل و استفاده از دانشی که در معنای کلاسیک «باور صادق موجه» (true justified belief) باشد برای هوش مصنوعی بهترین و کارآمدترین کاربرد را دارد، زیرا با بهره‌گیری از منطق صوری که صدها سال است شناخته و حک و اصلاح شده است، ارزش صدق به سهولت طی استنتاج‌های قیاسی به نتایج متقل می‌شود و با توجیه‌های منطقی شناخته‌شده، ماشین هوشمند به راحتی به نتایج درست دست خواهد یافت. اما همان‌طور که در ادامه خواهیم دید، دلایل مهمی وجود دارد که دانش پزشکی را نمی‌توان ذیل گزاره یا باور صادق موجه دسته‌بندی کرد.

۱.۲.۳ زبان مبهم پزشکی

دانش پزشکی بسیار به ندرت به اندازه کافی برای ایضاح ساختار منطقی‌اش صورت‌بندی شده است، زیرا زبان پزشکی که وسیله اصلی تبادل دانش پزشکی است تقریباً گسترش یافته

از زبان روزمره و مبهم است که نحو یا سینتکس و سمنتیک آن متفاوت با زبان طبیعی نیست و تنها واژگان تکنیکی به آن افزوده شده است. در نتیجه تحلیل ساختار منطقی گزاره‌های پزشکی گاهی نیازمند بازسازی وسیعی است. این نکته از آن حیث اهمیت دارد که «ابهام‌های نحوی در یک عبارت تبعات معنایی بسیار جدی دارد، زیرا نحو اغلب معانی را تحت تأثیر قرار می‌دهد» (ibid.: 407). بنابراین زبان پزشکی تأثیر بی‌چون‌وچرایی روی ماهیت و قابلیت اتکا به معرفت پزشکی دارد و بنابراین تأثیر اجتناب‌ناپذیری در کیفیت تحقیقات و عمل پزشکی دارد. صادق‌زاده در حوزه پزشکی این‌طور اظهار نظر می‌کند: «زبان پزشکی ضعف‌ها و مشکلات بسیار جدی دارد که منجر به خطاهای پزشکی بسیاری می‌شود. به مفاهیم و واژه‌ها به‌حدی بی‌توجهی می‌شود که زبان پزشکی، خصوصاً زبان بالینی، در وضعیت فاجعه‌باری است» (ibid.: 29). او واژه «بیماری» را مثال می‌زند. با وجود آن‌که انتظار می‌رود این واژه، که واژه‌ای تکنیکی است، خوش‌تعریف باشد، این‌گونه نیست. «کسی نمی‌داند که این واژه دقیقاً به چه معناست و به‌جز چند فیلسوف پزشکی کسی به معنای دقیق آن علاقه‌ای هم ندارد» (ibid.: 32). البته نوعی ابهام در بعضی واژه‌ها در پزشکی وجود دارد که هم اجتناب‌ناپذیر است و هم مطلوب. در این نوع ابهام مشخص نیست که مرز دقیقاً کجاست و مبهم است که مورد خاص به چه میزان مصداق مفهوم مورد نظر است، مثل کودک بودن، بیمار بودن، کچل بودن.

۲.۲.۳ ابهام در موجودیت‌های پزشکی (medical entities)

نوع دیگری از ابهام از خود موجودیت‌های پزشکی ناشی می‌شود، موجودیت‌هایی مانند سلول‌ها، فرایندهای متابولیسم، نتایج آزمایشگاهی، نشانه‌های بیماری، و خود بیماری‌ها. این امر باعث شده است که دانش پزشکی معمولاً با استفاده از واژه‌های مبهمی مثل محمول‌های فازی، سورهای فازی، و سایر مفاهیم فازی صورت‌بندی شود. نمونه‌هایی از این مفاهیم فازی «تقریباً ۱۵»، «نزدیک به ۱۰۰»، «تقریباً در بازه ۱ تا ۵»، «غیرمحمول»، و «بسیار محتمل» است. اگرچه استفاده از این عبارات فازی در پزشکی اجتناب‌ناپذیر و درعین‌حال بسیار ارزشمند است، اما باید توجه داشت که مشکلات معرفت‌شناختی زیادی ایجاد می‌کند: اول آن‌که مفهوم آن‌ها به‌اندازه‌ای مبهم است که مشخص کردن ارزش صدق یک گزاره فازی که حاوی یک واژه فازی باشد با مشکلات غیرقابل حلی روبه‌روست، مثلاً برای توصیف بیماری‌ها در کتاب‌های درسی پزشکی عباراتی مانند «معمولاً در برونشیت سرفه اتفاق می‌افتد» می‌آید و پزشک آن‌ها را می‌آموزد و در تصمیم‌گیری‌های بالینی و تدبیر بیماران

به کار می‌بندد. اما پرسش این است: آیا این که «معمولاً در برونشیت سرفه رخ می‌دهد» صادق است؟ علی‌الاصول مشخص کردن ارزش صدق این جمله چگونه است؟ مرز تمایز میان معمولاً و غیرمعمولاً کجاست؟ دیگر آن که به علت ابهام این عبارات فازی هرکسی آن‌ها را به روشی متفاوت تفسیر می‌کند.

۳.۲.۳ ویژگی تکلیفی بودن پزشکی (deontic character)

سومین مسئله ویژگی تکلیفی بودن پزشکی یعنی ناظر به وظیفه بودن مثل «اجباری» (obligatory) یا «ممنوع» یا «مجاز» است. این امر منجر به آن می‌شود که پزشکی کاملاً با اخلاق در هم تنیده باشد. این سبب خواهد شد به منظور تصمیم‌گیری‌های پزشکی پایگاه دانش خاص و متمایز از پایگاه دانش‌های مرسوم با منطق خاصی که گاهی ممکن است منطق کلاسیک هم نباشد مورد نیاز باشد.

۴.۲.۳ عدم قطعیت در پزشکی

جهان پزشکی جهانی قطعی نیست که اگر قواعدی از نوع «اگر الف، آن‌گاه ب» را داشته باشیم، این تضمین را بدهد که بدانیم اگر الف رخ داده باشد، بعد از آن یقیناً چه رخ خواهد داد. وقوع رخدادها تصادفی نیست، ولی می‌توان آن‌ها را «ذاتاً غیرقطعی» (subjectively uncertain) دانست. بنابراین گزاره‌ها در پزشکی عمدتاً محتمل یا احتمالاتی‌اند.

۳.۳ مسئله صدق در پزشکی

پزشکان معمولاً مدعی‌اند که بیماری را تشخیص داده‌اند و درمان آن را می‌دانند. بیمار با این که ممکن است قانع نشود ولی درمان را می‌پذیرد، چون نیاز به کمک دارد. پرسش آن است که آیا مدعای پزشک واقعاً، چنان که می‌گوید، صادق و موجه است؟

فرضیه‌های تجربی کلی در پزشکی هیچ‌گاه نمی‌توانند صادق باشند. البته این به معنای آن نیست که این فرضیه‌ها کاذب‌اند، بلکه فقط این دلالت را دارد که صدق معیار مناسبی برای ارزیابی آن‌ها نیست. همین امر در مورد دانش آمار و احتمالاتی پزشکی هم برقرار است. امروزه دانش پزشکی شامل فرضیه‌های آماری مبتنی بر نظریه احتمالات است که برای آن‌ها نمی‌توان ارزش صدق در نظر گرفت، چون اصولاً نظریه صدقی وجود ندارد که عبارات آماری را پوشش دهد. افزون‌بر این کمیت‌سنج‌های (quantifier) فازی مانند «بسیاری از» و

«اغلب» و مواردی مانند آن‌ها باعث می‌شود که فرضیه‌های فازی مانند «بسیاری از افراد مبتلا به دیابت از بیماری‌های قلبی - عروقی رنج می‌برند» هم شرایط صدق را نداشته باشند. در حال حاضر کمیت‌سنج‌های فازی هنوز به سمتیک مناسب‌تری برای حل این‌گونه مشکلات نیاز دارند.

نظریه‌های به‌مثابه ساختار مفهومی هم نه صادق‌اند و نه کاذب، زیرا به‌مثابه یک ساختار محتوای معرفتی ندارند. برای دانش عملی مانند دانش تشخیصی و درمانی هم نمی‌توان ارزش صدق در نظر گرفت، چون حاوی الزامات شرطی و قواعد تکلیفی یعنی دستورات و الگوریتم‌های کنشی است و نه گزاره‌های اعلانی. بنابراین، به‌جای ارزش صدق، درجه تأثیر (efficacy value) دارند.

۴.۳ مسئله توجیه در پزشکی

توجیه‌پذیری باور در دانش پزشکی نیز مسئله ظریف‌تر و پیچیده‌تری است که بسیار به ارزش صدق مرتبط است. اگر دیدگاه ساختارگرایانه درباره نظریه‌ها را بپذیریم، آن‌گاه نظریه‌ها حاوی هیچ اطلاعاتی نیستند و بنابراین نمی‌توانند موضوعی برای توجیه تجربی باشند. دانش عملی در پزشکی هم چون دانش تشخیصی و درمانی ارزش صدق ندارد و فقط درجه تأثیر دارد؛ بنابراین تنها می‌تواند به‌صورت مقایسه‌ای توجیه شود، یعنی با نشان دادن این‌که به دانش بدیل آن ترجیح داده می‌شود، چون تشخیص دقیق‌تری به‌دست می‌دهد یا بهبودی بیشتری را باعث می‌شود، جان‌های بیشتری را نجات می‌دهد، یا اموری از این قبیل. هرچند این یک توجیه معرفت‌شناسانه نیست، بلکه توجیه عملی یا اخلاقی است که بررسی آن از حوزه این مقاله خارج است.

۵.۳ ارزیابی گزاره‌های پزشکی

مسائل یادشده ارزیابی گزاره‌های تجربی پزشکی به‌مثابه «معرفت» در معنای کلاسیک آن یعنی «باور صادق موجه» را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در معنای کلاسیک معرفت، تقریباً تمامی گزاره‌های پزشکی در دسته دوکسا (doxa) یا فرضیه قرار می‌گیرند و نه معرفت! اما این نکته عموماً پذیرفته شده است که دانش پزشکی حقایقی را درباره «جهان خارج» بازنمایی می‌کند؛ اما می‌توان نشان داد که این دانش نوعی برساخت اجتماعی است.

۶.۳ دانش پزشکی به مثابه برساخت اجتماعی

پوزیتیویست‌ها تلاش کردند تا مدل‌های معرفتی قابل‌انکا که شک و تردید در آن راه نداشته باشد بسازند تا به معرفتی برسند که صادق، عینی، و یقینی باشد. اما متفکرانی مانند پوپر و کوهن جست‌وجو برای چنین معرفتی را به‌چالش کشیدند و مدلی را مطرح کردند که در آن علم معرفتی است که مسائلی را تعریف کرده است و به‌واسطهٔ قراردادهایی در جامعه که معیار روایی (validity) را مشخص می‌کنند، برای آن مسائل به‌دنبال راه‌حل می‌گردد. در این رویکرد علم باید به‌صورت بین‌الذهانی تأیید شود تا معتبر بودن آن پذیرفته شود. بنابراین همواره یک امر اجتماعی در توسعهٔ هر دانش علمی وجود دارد که هنگام تحلیل معرفت‌شناسانهٔ آن دانش نمی‌توان آن را نادیده گرفت.

متفکرانی مثل لاتور و ولگار در پژوهش‌هایشان دربارهٔ نحوهٔ شکل‌گیری مفاهیم علمی خود فرایند تحقیقات و استدلال علمی را بررسی کردند که آن را «مطالعات قوم‌نگاری (ethnographic studies) از زندگی آزمایشگاهی» نامیدند (Latour and Woolgar: 1986). داده‌های زیادی از علم‌ورزی در آزمایشگاه‌ها جمع‌آوری و تحلیل شد. این مطالعات در کنار بررسی‌های فلسفی در ارتباط میان پژوهش علمی و محیط اجتماعی آن نشان داد: اولاً آن‌ها موجودیت‌های طبیعی از پیش بسته‌بندی‌شده در جهان نیستند؛ ثانیاً آن‌ها ساخت انسان و برساخته‌اند؛ و نهایتاً آن‌ها به‌دست دانشمندان منفرد ساخته نمی‌شوند، بلکه محصول گروه‌ها، نهادها، و اعمال اجتماعی و حاصل تعاملات و مذاکرات میان گروه‌های اجتماعی مثل تیم‌های پژوهش و جوامع علمی وسیع‌ترند. این دیدگاه دربارهٔ علم ساختارگرایی اجتماعی (social constructivism) یا برساخت‌گرایی اجتماعی (social constructionism) نامیده شد.

در حوزهٔ پزشکی، در مدل «معرفت معتبر»، داده‌های عینی با سایر واقعیت‌های شناختی مانند زمینه‌های اجتماعی و تاریخی‌ای که افراد خبره در آن زندگی و کار می‌کنند تعامل دارند. این امر را لوربر و مور با عنوان تقویم اجتماعی مفهوم «ناخوشی» (illness) توضیح داده‌اند. آن‌ها نشان داده‌اند اموری که نرمال تلقی می‌شوند و اموری که آسیب‌شناسانه تلقی می‌شوند به‌صورت اجتماعی تقویم می‌شوند. در هر لحظهٔ تاریخی و اجتماعی انتظارات شناختی‌ای وجود دارد که مشخص می‌کند بیماری و نتایج تشخیصی و درمانی آن چگونه فهم شود (Lorber and Moore 2002).

حتی می‌توان نشان داد دانشی مانند «هلیوباکتر باعث ایجاد زخم معده می‌شود» هم، که به‌نظر می‌رسد به حقایقی از جهان خارج اشاره دارد، به‌صورت اجتماعی تقویم می‌شود. پال

تاگارد (Paul Thagard) روی شکل‌گیری نظریه هلیوباکتر در زخم معده مفصل کار کرده است (Thagard 1999). از اوایل دهه ۱۹۸۰ باور پذیرفته شده در پزشکی بالینی این بود که التهاب معده (gastritis) ملتهب شدن اثنی عشر یا دوازده (duodenitis) و زخم معده به علل روانی - اجتماعی ایجاد می‌شوند. بر ساخت اجتماعی نظریه هلیوباکتر پژوهشی با هم‌کاری تنگاتنگ یک شبکه بین‌المللی بزرگی از گروه‌های پژوهشی اتفاق افتاد. این شبکه با مرکزیت گروه بیمارستان سلطنتی پرث (Royal Perth Hospital) در استرالیا تشکیل شد که اعضای اصلی آن رابین وارن (Robin Warren)، آسیب‌شناس، بری مارشال (Barry Marshall)، کارآموز برای تخصص در دستگاه گوارش، و دیوید مک‌جچی (McGeachie)، میکروپشناس، و جان آرمسترانگ، متخصص میکروسکوپ الکترونیکی (electron microscopist)، بودند. مارشال و وارن در مقاله مشترکشان از یازده هم‌کار و چندین واحد برای کمک‌ها و همکاری‌هایشان تشکر کردند. آزمایش شجاعانه مارشال روی خودش، که با کمک و توصیه‌های افراد خبره بسیاری انجام شد، در جاافتادن و پذیرش اعتبار نظریه بسیار مؤثر بود. پس‌از آن آزمایش‌ها روی حیوانات و انسان‌ها آغاز شد و کنفرانس‌های بسیاری برپا شدند. مقالات بسیاری در مجلات داخلی و بین‌المللی منتشر شدند. تاگارد، در اثر خود درباره ارتباطات شخصی و اجتماعی، کنفرانس‌ها، مجلات، ویراستاران، داوران مقالات، آژانس‌های مالی، دانشگاه‌های پزشکی، بیمارستان‌ها، مراجع سلامت، و بسیاری نهادهای دیگر و تعاملاتشان و نقش مهمی که در تکوین و توزیع گزارش‌ها، قضاوت‌ها، نقدها، و فرضیه‌ها در مسائل مربوط به هلیوباکتر و زخم‌های دستگاه گوارش داشته‌اند به‌طور مفصل بحث کرده است. این تاریخچه نشان می‌دهد که چگونه نظریه هلیوباکتر در یک فرایند اجتماعی تکوین یافت.

کنفرانسی در ژانویه ۱۹۹۴ در واشنگتن برگزار شد تا برسر پذیرش یا رد فرضیه سبب‌شناسانه، با این ادعا که عامل زخم گوارشی هلیوباکتر است، به اجماع برسند. گروه‌های مختلفی دعوت شدند و مواردی را له و علیه این فرضیه ارائه کردند. در نهایت، NIH^۲ در ۹ ژانویه ۱۹۹۴ تصمیم گرفت که این نظریه را بپذیرد (NIH 1994). بنابراین بیماری‌شناسی زخم معده و دوازده تغییر کرد و از مقوله بیماری‌های روان - تنی به مقوله بیماری عفونی منتقل شد. البته، علاوه بر خود دانش پزشکی، زبان پزشکی هم که وسیله بازنمایی و تعاملات پزشکی است بر ساخت اجتماعی بسیار پیچیده‌ای است که باید در مجال دیگری به آن بپردازیم. نکات یادشده روشن می‌کند که درک ما از این که چه چیزی بیماری است یا نیست به صورت اجتماعی تقویم می‌شود.

۷.۳ دانش ضمنی در پزشکی

در مباحث فلسفی دریاب معرفت از نوعی از معرفت با عنوان دانش ضمنی بحث می‌شود که با آنچه در معرفت‌شناسی پزشکی دانش ضمنی نامیده می‌شود متفاوت است. معرفت ضمنی مورد بحث نزد فلاسفه عمدتاً سوپزکتیو است و معمولاً به صورت زبانی قابل توصیف و انتقال نیست، بلکه فرد با تجربه و شاگردی کردن آن را می‌آموزد. اما صادق‌زاده در معرفت‌شناسی پزشکی خود معتقد است که دو چرخه سواری و مهارت در اعمال جراحی که نمونه‌های این دانش شمرده می‌شوند در واقع عملکردهای حسی حرکتی و سیستم‌های اعصاب ما هستند و فرایندهای بیوفیزیکی‌ای هستند که اصولاً در خارج از حوزه معرفتی قرار می‌گیرند. او به صراحت اعلام می‌کند «آنچه قابل مکالمه نباشد اصلاً معرفت نیست و بنابراین نمی‌تواند موضوعی برای مهندسی دانش باشد» (Sadegh-Zadeh 1989: 9). از نظر او دسته‌بندی این فرایندها در مقوله «دانستن چگونگی» استفاده‌ای نادرست از واژه «دانستن» است. چون وقتی حتی خود فرد هم نمی‌داند چگونه دو چرخه سواری می‌کند، این به اصطلاح «دانش» چیزی خواهد بود که هیچ‌کس آن را نمی‌داند؛ بنابراین «دانشی که برای هیچ‌کس دانسته نیست اصلاً دانش نیست» (ibid.: 10).

بنابراین در معرفت‌شناسی مرسوم پزشکی جایی برای معرفت ضمنی با تعبیر بالا در نظر گرفته نشده است. در حالی که در ادامه و در نتیجه شکست‌های سیستم‌های «مبتنی بر دانش» که این جنبه را در نظر نگرفته بودند نشان می‌دهد که حتی اگر بر این اطلاعات ضمنی و غیرقابل تصریح نام «دانش» و «معرفت» را نگذاریم، باز هم نقش بسیار حیاتی در موفقیت هوش مصنوعی بازی می‌کنند و بی‌توجهی به آن باعث شکست پروژه‌های بسیاری شده است که با بودجه‌های کلان و وعده‌های فراوان شروع به کار کرده‌اند.

۸.۳ تحلیل ابهام دانش صریح در پزشکی

معمولاً دقیق و واضح کردن واژه‌ها در علوم و در سایر حوزه‌ها امری ایدئال به نظر می‌رسد، ولی تدقیق واژه‌های مبهم در پزشکی نه تنها مفید و عملی نیست، بلکه باعث تغییر زبان طبیعی پزشکی می‌شود و از قدرت بازنمایی آن می‌کاهد. از سوی دیگر، پزشکی با سیستم‌ها و مسائل بسیار پیچیده‌ای مانند ارگانیزم انسانی، انسان‌های دردمند، و درمان آن‌ها سروکار دارد که در آن‌ها افزایش دقت لزوماً باعث افزایش اطلاعات مفید نمی‌شود. لطفی‌زاده در اصل ناسازگاری (principle of incompatibility) خود می‌گوید با افزایش پیچیدگی یک

سیستم توانایی ما برای تولید گزاره‌های دقیق و هنوز بااهمیت درباره رفتار این سیستم تا رسیدن به یک آستانه کاهش می‌یابد. از آن آستانه به بعد «دو ویژگی «دقت» و «اهمیت» تبدیل به ویژگی‌های دوه‌دو ناسازگار می‌شوند» (Zadeh 1973: 28).

البته حتی دانش پزشکی مبهم را می‌توان به صورت دقیق برای تشخیص به‌کار برد و از طرف دیگر با استفاده از منطق فازی و روابط فازی، که لطفی‌زاده بنیان گذاشته است، می‌توان با این ابهام روبه‌رو شد و حتی از آن بهره برد. مفاهیم منطق و مجموعه‌های فازی به هم‌راهی نظریه‌های احتمالات و شبکه‌های بیزی امروزه در سیستم‌های کامپیوتری مختلف توسعه یافته است و کارایی خود را برای این مقوله و خصوصاً در حوزه سیستم‌های پشتیبان تصمیم (decision support systems) صنعتی، که به صورت گسترده استفاده می‌شود، نشان داده است. بنابراین علی‌الاصول ابهاماتی که ذاتی علم پزشکی است محدودیتی برای استفاده از این دانش برای هوش مصنوعی ایجاد نمی‌کند.

۴. مدل‌های پیاده‌سازی شده معرفت پزشکی در هوش مصنوعی

از سال ۱۹۷۰ تا به امروز دانشمندان و پزشکان بسیاری تلاش کرده‌اند تا از پیشرفت‌های علوم کامپیوتر برای ایجاد سیستم‌های خبره و هوش مصنوعی در امر تشخیص بیماری و تصمیم‌گیری پزشکی بهره‌برند. سیستم‌های خبره (expert system) برنامه‌هایی کامپیوتری‌اند که قضاوت و رفتار یک متخصص را شبیه‌سازی می‌کنند. جهت‌گیری تلاش‌ها برای توسعه هوش مصنوعی و سیستم خبره در حوزه پزشکی به این سمت‌وسو بوده است که تلاش شود دانش و تجربیات بالینی پزشکان خبره به‌نحوی در سیستم خبره یک‌پارچه شود که فرد غیرمتخصص و در بعضی موارد خود بیمار بتواند با آن تعامل کند و سیستم خبره، با استفاده از دانشی که به آن دسترسی دارد، بیماری را تشخیص دهد و توصیه‌هایی ارائه کند.

داده‌ها در پایگاه دانش یک سیستم خبره و هوشمند از حوزه تخصصی مرتبط می‌آید. مهم‌ترین مسئله در یک پایگاه دانش نحوه بازنمایی معرفت و حفظ سازگاری منطقی آن‌ها در پایگاه دانش است. به این منظور به دانش کافی در منطق، زبان‌شناسی، و معرفت‌شناسی نیاز مبرم داریم. داده‌ها برای ورود به پایگاه دانش باید ابتدا مهندسی شوند و با زبانی خاص منظوره (special-purpose) که قابلیت اعمال اعمال منطقی و ریاضی روی آن‌ها وجود دارد بازنمایی شوند. حفظ سازگاری معرفت پایگاه دانش یک سیستم خبره پزشکی از چالش‌های مهم است، چون معرفت از منابع مختلف و از تجربیات متخصصان متفاوت، که معمولاً دیدگاه‌های مختلفی دارند، به دست می‌آیند.

قسمت مهم دیگر برای یک سیستم خبره واحد (ماژول) کسب دانش است که انتقال و تبدیل خبرگی حل مسئله را از منابع دانش به برنامه کامپیوتری انجام می‌دهد که لاجرم فرایندی مداوم است. هسته اصلی این بخش مهندسی معرفت است که از یک طرف نیازمند روان‌شناسی، مهارت‌های زبانی، و مصاحبه است و از سوی دیگر نیازمند ریاضیات، منطق، و معرفت‌شناسی است. یکی از مهم‌ترین مسائل این حوزه تدبیر مناسب عدم قطعیت (uncertainty) در معرفت پزشکی است. این عدم قطعیت از اساس با عدم قطعیت فلسفی متفاوت است. در طبابت و درمان‌گری، پزشک نتایج معرفت علمی پایه و مطالعات بالینی را بر بیماری اعمال می‌کند که فردیتی با وراثت، محیط، و تاریخی متفاوت دارند. پزشکان مختلف شواهد یک‌سان را به صورت متفاوتی تفسیر می‌کنند و در مورد اعتبار نتایج بررسی‌های پزشکی برای یک بیمار بین متخصصان مختلف عدم توافق و عدم قطعیت وجود دارد. با این حال هر متخصصی با استفاده از برداشت‌ها و دیدگاه‌های خود نتایج درخشانی کسب می‌کند، برداشت‌ها و دیدگاه‌هایی که می‌توانند با هم متناقض باشند.

اولین سیستم خبره پزشکی با عنوان MYCIN در دهه ۷۰ و در دانشگاه استنفورد کالیفرنیا و طی پروژه برنامه‌نویسی ابتکاری استنفورد یا HHP^3 شکل گرفت و پس از آن سیستم‌های مختلف دیگری مطرح و پیاده‌سازی شدند. MYCIN و نمونه‌های دیگری که در این جا بررسی می‌شوند از نوع برنامه‌های کامپیوتری دانش‌محور (knowledge-based) یا مبتنی بر ذخیره دانش‌اند.

۱.۴ MYCIN

MYCIN اولین سیستم خبره پزشکی در حوزه هوش مصنوعی پزشکی است که در ۱۹۷۶ منتشر شد. این سیستم نام خود را از پسوند اغلب آنتی‌بیوتیک‌ها مثل اریترومايسين یا آزیترومايسين گرفته است و برای تجویز آنتی‌بیوتیک برای بیماران مبتلا به عفونت خونی و مننژیت است. این برنامه از یک پایگاه معرفت استفاده می‌کند که در آن دانش به صورت قواعد اگر-آن‌گاه بازنمایی شده است. توصیه‌های درمانی و تشخیصی MYCIN با قدرت شواهد ارزیابی می‌شود که «عامل قطعیت» (certainty factor) نامیده می‌شود و برای مدیریت عدم قطعیت استفاده می‌شود.

در MYCIN تقریباً ۴۵۰ قاعده وجود دارد و در آن زمان ادعا شد که می‌تواند بهتر از پزشکان کم‌تجربه طبابت کند. این برنامه موتور استنتاج ساده‌ای دارد، به این ترتیب که

برنامه از پزشک مجموعه‌ای از سوالات متنی و بله/خیر می‌پرسد و در نهایت براساس درخت جست‌وجویی که با استفاده از قواعد اگر - آن‌گاه تشکیل می‌دهد سیاهه‌ای از باکتری‌هایی را که ممکن است عامل بیماری باشند و طبق احتمال تشخیص آن‌ها به‌صورت نزولی مرتب شده‌اند مشخص می‌کند و نهایتاً فهرستی از آنتی‌بیوتیک‌ها را پیش‌نهاد می‌کند.

بزرگ‌ترین چالش برای این برنامه، که نقدها و تحلیل‌های بسیاری درباره آن نوشته شد، این بود که نقطه کانونی آن‌ها عدم قطعیت یا همان «فاکتور قطعیت» بود. کسانی که بعداً این سیستم را تحلیل کردند، از جمله محققانی از دانشگاه استنفورد، نشان دادند که کارایی MYCIN آن قدر که به نحوه بازنمایی دانش و مدل استنتاجی وابسته بود به جزئیات مدل کردن ابهام و عدم قطعیت این دانش نپرداخته بود؛ چون در برنامه MYCIN متخصصان برای هر قاعده به‌صورت مجزا فاکتور قطعیت را تخمین زده و به آن اختصاص داده بودند. این امر به دلیل کوچک بودن پایگاه دانش MYCIN امکان‌پذیر شده بود (Heckerman and Shortliffe 1992). این محققان معتقد بودند استفاده از احتمالات کلاسیک بیز قطعاً نتیجه بهتری به دست می‌دهد و ابزار بهتری برای مدل‌کردن عدم قطعیت و احتمالاتی بودن دانش و تشخیص در پزشکی است.

نکته بسیار مهم دیگری که در این پروژه آشکار شد در زمان بررسی موفقیت یا عدم موفقیت این سیستم روی داد. دانشکده پزشکی استنفورد نهایتاً اعلام کرد در آزمون این سیستم درمان پیش‌نهادی برای ۶۹ درصد موارد قابل قبول بوده است که بهتر از کارایی متخصصان بیماری‌های عفونی است که موارد مشابه برای تشخیص به آن‌ها ارائه شده بود. به این مورد معمولاً به‌عنوان عدم توافق بالقوه میان متخصصان و افراد خبره درباره تصمیم‌های درمانی، وقتی که هیچ «استاندارد طلایی» برای درمان صحیح وجود ندارد، ارجاع داده می‌شود (Yu et al. 1979).

البته از این سیستم هیچ‌گاه استفاده نشد و البته بیش‌تر مسائل اخلاقی و قانونی استفاده از سیستم خبره در پزشکی در آن زمان مانع اصلی بود؛ مثلاً این‌که اگر سیستم خبره اشتباه تشخیص دهد یا درمان نادرستی را توصیه کند، چه کسی قرار است مسئولیت آن را به‌عهده بگیرد. از طرف دیگر لازم بود کاربر با حوصله بسیار داده‌های فراوانی را در اختیار برنامه قرار دهد و اطلاعات لازم آن قدر تخصصی بود که فقط پزشک قادر به تعامل با برنامه بود.

۲.۴ CASNET^۴

CASNET یک سیستم خبره برای مشاوره در امور چشم پزشکی و تشخیص آب‌سیاه است که پایگاه داده و موتور استنتاج آن با استفاده از مدل علت و معلولی طراحی و پیاده‌سازی شده است. بازنمایی دانش در آن به صورت شبکه‌ای علی میان حالات پاتوفیزیولوژیکی مثل بالارفتن فشار چشم و بیماری‌ای مانند آب‌سیاه از یک طرف و داده‌های بیمار مانند علائم و نشانه‌ها و شکایات و ... به مثابه معلول این علل از طرف دیگر است. بنابراین CASNET به مثابه مدلی علی برای تشخیص و درمان پزشکی دیده شده است.

در این برنامه از سه سطح دانش استفاده شد: مشاهدات بیمار، وضعیت‌های پاتولوژیک، و بیماری‌ها. در این برنامه نیز برای نشان دادن ابهام و عدم قطعیت تصمیم‌ها از متغیری به نام «میزان اعتماد» (confidence value) استفاده می‌شد که مقداری بین ۱- و ۱ داشت. در این جا نیز این متغیر ابتدا از سوی متخصصان حوزه مشخص می‌شد و سپس با فرمول‌های احتمالاتی بسته به میزان قدرت نشانه‌ها و شواهد برای هر تشخیص محاسبه می‌شد و از مجموعه معیارهای میان‌بر برای مشخص کردن عدم قطعیت‌هایی که متخصصان در یافتن ارتباطات و فرضیه‌ها استفاده می‌کنند در محاسبه مقدار اعتماد استفاده شده است (Weiss et al. 1978).

در تحلیل منتقدان مشکل عمده این سیستم خبره آن بود که در طراحی فرض شده بود که همیشه شواهد کافی برای مشخص کردن وضعیت پارامترها و علت و معلول‌های قابل محاسبه وجود دارد تا بتوان ارزش صدق تصمیم‌ها را بلافاصله یا پس از درخواست نتایج آزمایش‌های دیگر مشخص کرد. «اما آنچه معمولاً رخ می‌دهد آن است که پارامترهایی وجود دارند که احتمال آن‌ها وضعیت صادق یا کاذب بودن آن‌ها را دقیقاً مشخص نمی‌کند و هر تصمیم درباره وضعیت یک پارامتر احتمال منسوب به سایر پارامترها را چنان تغییر می‌دهد که عواقب ناشی از این تغییرات بسیار دور از انتظار خواهند بود» (Long 1989: 5).

۳.۴ INTERNIST

برنامه INTERNIST-I در راه‌یابی به حوزه عمومی موفق‌تر از سایر سیستم‌های هوشمند بود که در حوزه پزشکی داخلی عمومی پیاده‌سازی شد. این برنامه نیز شرح‌حالی را که بیمار ارائه می‌داد، نتایج معاینات پزشکی، و یافته‌های آزمایشگاهی را دریافت و سعی می‌کرد با

کمک پزشک به تشخیص‌های افتراقی برسد. دلیل موفقیت نسبی آن هم پایگاه داده وسیع و هم الگوریتم تشخیصی آن برای رسیدن به تشخیص‌های افتراقی و نهایتاً رسیدن به تشخیص نهایی بود. تلاش شده بود تا حد امکان فرایند تفکر و حل مسئله انسان مدل شود. این برنامه یکی از نمونه‌های استدلال مبتنی بر نمادها و سمبل‌ها محسوب می‌شود (Miller et al. 1982).

پایگاه معرفت در INTERNIST-I حاوی پروفایل اغلب بیماری‌ها به صورت منفرد است که در آن یافته‌هایی که می‌تواند در هر بیماری برای بیمار اتفاق بیفتد فهرست شده است. با برعکس کردن پروفایل بیماری با استفاده از برنامه کامپیوتری تشخیص‌های جامع افتراقی برای هر یافته به دست می‌آید. این ظهورات مبتنی بر فهرست‌های تشخیص افتراقی به مثابه قسمتی از پایگاه معرفت نگه‌داری می‌شوند و برنامه برای موارد بالینی از این فهرست‌ها استفاده می‌کند. بیماری‌های منفرد در پایگاه معرفت INTERNIST-I قسمتی از سلسله‌مراتبی است که از بیماری‌های کلی به بیماری‌های خاص سازمان‌دهی شده است. ارتباط میان تظاهرات بالینی به بیماری از ۰ تا ۵، بسته به میزان ارتباطشان با عنوان شاخص فراخوانی (evoking strength)، و ارتباط بیماری به تظاهرات از ۰ تا ۵، با عنوان شدت ظهور (manifestation strength)، وزن‌دهی شده است.

ابتدا تصور می‌شد که INTERNIST-I به دلیل دسترسی به سلسله‌مراتب بیماری‌ها امکان خواهد داشت که تشخیص‌های افتراقی مناسبی براساس سطوح بالاتر داشته باشد. اما مشخص شد که دسته‌بندی سلسله‌مراتبی سفت و سخت مناسب نیست؛ چون یک بیماری، در عمل، به طور هم‌زمان باید در قسمت‌های مختلف سلسله‌مراتب و ذیل بیش از یک سرفصل قرار گیرد. اما دسته‌بندی سلسله‌مراتبی نمی‌تواند این بیماری را در دو شاخه قرار دهد. علاوه بر آن یک بیماری در بیماران مختلف به صورت متفاوت ظهور می‌کند و این مشکلات مضاعفی را برای سیستم تشخیص INTERNIST-I ایجاد می‌کرد (Miller et al. 1982).

CADIAG ۴.۴

این برنامه برای تشخیص‌های درمانی در پزشکی داخلی بود که در دانشگاه وین طراحی و پیاده‌سازی شد و نمونه‌ای از سیستم خبره فازی است. پایگاه معرفت آن شامل قواعد به شکل اگر-آن‌گاه است. این سیستم خبره از مقادیر بین ۰ تا ۱ برای ارزیابی ویژگی‌ها

استفاده می‌کند. مثلاً نه تنها به نشانه (symptoms) یک بیماری برای عدم ظهور (کذب) مقدار ۰ و برای ظهور (صدق) ۱ نسبت داده می‌شود، بلکه می‌توان با نسبت دادن مقدار ۰/۲ نشان داد که این نشانه به صورت ضعیف ظاهر شده است و یا با نسبت دادن مقدار ۰/۹ به وضعیت بیمار نشان داد که بیمار به مقدار قابل توجهی بهبود یافته است، هرچند هنوز به وضعیت کامل بهبودی نرسیده است. CADIAG-2 ارزش‌های صدق را در سه زمینه استفاده می‌کند: برای علائم بیماری، برای تشخیص‌ها به منظور نشان دادن درجهٔ یقین، و برای پیامدها برای مشخص کردن روابط علی غیردقیق. برای مدیریت عدم قطعیت از متغیری به نام «درجهٔ تأیید» (degree of confirmation) استفاده می‌کند که میزانی است که مقدم تالی را تأیید می‌کند. یکی از مهم‌ترین انتقادات به این سیستم، که پایگاه دانش بسیار بزرگی داشت، آن بود که این پایگاه دانش حاوی قواعدی است که نهایتاً با هم در تعارض‌اند و بنابراین دانش در دسترس این هوش مصنوعی سازگار نیست (Klinove et al. 2010).

۵.۴ IBM WATSON

واتسون «یک سیستم هوش مصنوعی شناختی کامپیوتری برای پردازش حجم زیادی از داده‌های بدون ساختار و پاسخ‌گویی به پرسش‌های مطرح‌شده در زبان طبیعی است» (IBM 2017). در زمان طراحی آن از تکنیک‌های پیشرفتهٔ پردازش زبان طبیعی، بازیابی اطلاعات، بازنمایی دانش، استدلال اتوماتیک و یادگیری ماشین استفاده شده است. واتسون در واقع با ایدهٔ پیروزشدن در مسابقهٔ پرسش و پاسخ «Jeopardy!» در آمریکا شروع شد و توسعه پیدا کرد و نهایتاً در سال ۲۰۱۱، پس از رفع مشکلاتی که مکرراً طی این مسابقه مشخص می‌شد، موفق شد در این مسابقه پیروز شود.

IBM گفته است بیش از صد تکنیک متفاوت برای تحلیل زبان طبیعی، شناسایی منابع، یافتن و تولید فرضیه، یافتن و امتیازدهی به شواهد، و ترکیب و رتبه‌بندی فرضیه‌ها استفاده کرده است. واتسون روی سخت‌افزار بسیار بزرگ با قدرت پردازش بسیار بالا پیاده‌سازی شده است. طبق اعلام IBM، واتسون می‌تواند ۵۰۰ گیگابایت را در ثانیه پردازش کند که معادل یک میلیون کتاب است (ibid.).

بعد از آن تصمیم گرفته شد که واتسون در امور تحقیقاتی در حوزه‌های دیگری مانند حوزهٔ پزشکی به کار گرفته شود. در بخش سلامت تلاش شده است از قابلیت‌های تحلیل زبان طبیعی، تولید فرضیه، و یادگیری براساس شواهد استفاده شود تا متخصصان بالینی

بتوانند از آن به مثابه سیستم پشتیبان تصمیم بالینی استفاده کنند. برای کمک به پزشکان برای درمان بیمارانشان ابتدا پزشک درخواستی برای سیستم ارسال می‌کند که نشانه‌ها و عوامل خطر مرتبط را توصیف می‌کند. واتسون ابتدا ورودی را تجزیه می‌کند تا مهم‌ترین اجزای آن را مشخص کند. سپس داده‌های مربوط به بیمار برای یافتن اطلاعات مربوط به تاریخچه پزشکی و خانوادگی بررسی می‌شود. سپس منابع داده در دسترس برای ساختن و ارزیابی فرضیه‌ها را بررسی می‌کند و نهایتاً فهرستی از توصیه‌های منفرد و امتیاز داده‌شده براساس میزان اطمینان به آن توصیه‌ها تهیه می‌شود. منابع داده‌ای که واتسون برای تحلیل استفاده می‌کند شامل راهنماهای درمان، داده‌های پزشکی الکترونیک ثبت شده، یادداشت‌های پزشکان و پرستاران، اطلاعات پژوهشی، مطالعات بالینی، مقالات مجلات و اطلاعات بیمار است. واتسون از سازوکارهای پیشرفته ذخیره و بازیابی اطلاعات و یادگیری ماشین برای کسب دانش و توسعه پایگاه داده خود استفاده می‌کند. برای استفاده از واتسون در حوزه پزشکی دانشگاه‌های کلمبیا و مریلند و سترن رزرو با IBM همکاری کردند تا خبرگی آن را در حوزه سلامت افزایش دهند. مدیر اطلاعات در کلینیک کیولند (Cleveland) در آن زمان گفت که این همکاری با IBM به ما امکان داد تا «واتسون را آموزش دهیم تا به شیوه‌هایی فکر کند که قابلیت تبدیل شدن به ابزاری قدرتمند در پزشکی را به او بدهد» (Freedman 2017). بین سال‌های ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۶، IBM بیمارستان‌ها و مراکز مختلفی نصب و راه‌اندازی کرد.

اما در سال ۲۰۱۷ بسیاری به این نتیجه رسیدند که بیش‌تر هیاهوی رسانه‌ها واتسون را بزرگ وانمود کرده است، ولی در واقعیت واتسون بسیار ضعیف‌تر از آنچه تبلیغ شد عمل کرده است. STAT News در سپتامبر ۲۰۱۷ گزارش داد که واتسون در سازگارش با محیط بیمارستانی ناکام بوده و مشخص شده است که در تشخیص انواع سرطان‌ها ناکارآمد است (STAT News 2017).

مرکز سرطان اندرسون در اوایل سال ۲۰۱۷ تصمیم گرفت استفاده از واتسون را کنار بگذارد و اعلام کرد هم IBM و هم این مرکز که همکاری خود را در ۲۰۱۲ شروع کردند انتظارات خود را از این تکنولوژی و محصول بسیار دست بالا گرفته بودند که تاکنون به آن دست نیافته‌اند.

به‌باور IBM مهم‌ترین مسئله‌ای که برای عدم موفقیت فعلی معرفی شده است نبود داده مناسب برای آموزش واتسون بوده است، چون برای این که واتسون بتواند رابطه یک یافته

پزشکی با یک بیماری را تشخیص دهد باید هزاران مورد را دریافت کند که جواب صحیح آن‌ها وجود دارد؛ یعنی متخصصان باید از قبل به صورت دستی پاسخ‌ها را برای هزاران مورد ارتباط ترتیب کروموزومی یا ساختار ژنتیکی در بیماران با بیماری‌های مختلف را در فرمت قابل استفاده برای واتسون فراهم کنند و چنین داده‌هایی وجود ندارد.

۵. تحلیل و بررسی دلایل موفق نبودن سیستم‌های یادشده از منظر معرفت‌شناسی

انواع مختلفی از سیستم‌های هوش مصنوعی که در آن‌ها پایگاه داده به صورت‌های مختلف و با مبانی مختلف پیاده‌سازی شده‌اند وجود دارند که به تعدادی از آن‌ها در بخش قبل اشاره شد. این سیستم‌ها عمدتاً در حوزه‌های بسیار خاص و با پایگاه معرفت بسیار محدود پیاده‌سازی شدند. اما هیچ‌کدام مقبولیت عمومی نیافتند و به‌طور کامل استفاده نشدند. با این‌که پس از هر بار استفاده از این سیستم‌ها متخصصان کامپیوتر و پزشکان بسیاری آن‌ها را بررسی می‌کردند و مواردی که به نظر آن‌ها علت مشکل بود در سیستم‌های بعدی تصحیح می‌شد یا بهبود یافت، ولی عدم موفقیت‌های متوالی و دست‌نیافتن به وعده‌هایی که هریک از این پروژه‌ها در ابتدا با اطمینان مطرح می‌کردند باعث شد که نهایتاً انگیزه‌ها برای دستیابی به هوش مصنوعی با کمک سیستم‌های دانش محور در پزشکی کم‌رنگ‌تر شود. در این حوزه فیلسوفانی متذکر شدند که این عدم موفقیت تنها مرتبط با مسائل مهندسی، حجم داده، یا نحوه بازنمایی دانش نیست، بلکه مسائل فلسفی عمیق‌تری در پیش‌فرض‌های این نوع نگرش به هوش مصنوعی وجود دارد که باعث ناکامی‌های مکرر آن شده است.

در ابتدا فیلسوفان بسیاری از جمله پاتنم و دنت، تحت‌تأثیر پیشرفت سریع هوش مصنوعی، در پیش‌بینی موفقیت‌های هوش مصنوعی با مهندسان و متخصصان هوش مصنوعی هم‌سو بودند و در جهت موفقیت‌های آن‌ها استدلال‌های فراوانی اقامه کردند. اما این رویکرد منتقدانی هم داشت که بعضی فیلسوفان بعداً با آن‌ها هم‌داستان شدند. از اصلی‌ترین آن‌ها می‌توان از هربرت دریفوس^۵ (Hubert Dreyfus) و جان سرل (John Searle) نام برد که از سال‌های میانی دهه ۷۰ تا به امروز نوشته‌های اثرگذاری را در این باره منتشر کرده‌اند. اما تفاوت عمده سرل با دریفوس آن است که سرل آن‌چه را «هوش مصنوعی قوی» (strong AI) می‌نامد رد می‌کند که در واقع طرفداران فراوانی هم ندارد. مدعای هوش مصنوعی قوی آن است که اگر ما بخواهیم یک موجود هوشیار ایجاد کنیم

ناچاریم تمام فرایندهای فیزیکی را که مغز انجام می‌دهد بازسازی کنیم (Searle 1980). اما نقد دریفوس از هوش مصنوعی براساس بررسی و مخالفت با چهار فرض اصلی تحقیقات هوش مصنوعی است (Dreyfus 1972). او دو فرض اول را فرض‌های بیولوژیکی و روان‌شناختی می‌نامد.

به‌طور خلاصه:

۱. فرض بیولوژیکی آن است که مغز مشابه سخت‌افزار کامپیوتر است و ذهن مانند نرم‌افزار عمل می‌کند. یعنی در سطح نرونی اطلاعات به‌صورت گسسته و با معادل‌های بیولوژیک صفر و یک پردازش می‌شوند؛

۲. فرض روان‌شناختی آن است که ذهن با انجام محاسبات مجزا در شکل قواعد صوری و الگوریتمی روی بازنمایی‌ها یا سمبل‌ها کار می‌کند.

دریفوس مدعی است که آنچه باعث شکل‌گیری و مقبولیت فرض روان‌شناسی شده است دو فرض دیگر است: فرض معرفت‌شناختی و فرض وجودشناختی.

۳. فرض معرفت‌شناختی: هرچه را می‌توان دانست می‌توان صوری‌سازی کرد؛ یعنی با روابط منطقی بیان کرد.

۴. فرض وجودشناختی: واقعیت شامل مجموعه‌ای از حقایق اتمی تقسیم‌ناپذیر (indivisible atomic facts) است که منطقیاً مستقل از یک‌دیگرند.

دریفوس می‌گوید ایده‌ای که براساس این فرض‌های چهارگانه در حوزه هوش مصنوعی شکل گرفته است آن است که هوش امری مشابه دنبال کردن قواعد است و این که دانش بشری تماماً شامل بازنمایی‌های داخلی (internal representations) از واقعیت است. براساس این فرضیات، کسانی که در حوزه AI کار می‌کنند مدعی‌اند که شناخت (cognition) در واقع دست‌کاری سمبل‌های داخلی با قواعد داخلی است و بنابراین رفتار انسان تا حد بسیار زیادی مستقل از زمینه است. به همان صورتی که قوانین فیزیک قوانین «خارجی» (external laws) جهان فیزیکی را شرح می‌دهند ما می‌توانیم رفتارهای هوشمند انسان را شرح دهیم. این همان فرض کلیدی است که دریفوس با آن مخالفت می‌کند. او استدلال می‌کند ما نمی‌توانیم و نخواهیم توانست رفتارهای خودمان را به همان شیوه‌ای بفهمیم که مثلاً اشیا را در فیزیک یا شیمی درک می‌کنیم؛ یعنی نمی‌توانیم خودمان را هم‌چون اشیا و چیزهایی بفهمیم که رفتارشان را می‌توان از طریق قوانین علمی عینی و مستقل از زمینه ادراک کرد (ibid.).

از نظر دریفوس سیستم‌هایی که سعی می‌کنند با استفاده از بازنمایی معرفت در کامپیوتر بازنمودی از جهان برای کامپیوتر ایجاد کنند و با روش دنبال کردن قواعد و استفاده از سمبل‌ها رفتارهای هوشمند را بازسازی کنند، مستقل از این‌که چه تکنولوژی و شیوه‌ای را در پیش بگیرند، قطعاً در این امر موفق نخواهند بود. استدلال‌های دریفوس در مقابل این موضع از پدیدارشناسی و هرمنوتیک، خصوصاً آثار هایدگر و مرلوپونتی، اثر پذیرفته است. بنابراین، همان‌طور که دریفوس نشان می‌دهد، یکی از علل موفق نبودن سامانه‌های هوشمند در حوزه پزشکی پیش‌فرض‌های نادرست درباره ماهیت دانش در این حوزه است. حتی خود دانشمندان علوم اعصاب نیز در حال حاضر، به‌نوعی، پیش‌فرض بیولوژیکی‌ای را مبنای پژوهش‌های خود قرار داده‌اند که دریفوس با آن مخالف بود. بنابراین در حوزه پزشکی تصور می‌شود، با استخراج آن‌چه یک فرد خبره در پزشکی می‌داند و تبدیل آن به برنامه کامپیوتری، می‌توان آن‌چه را که او در حوزه پزشکی انجام می‌دهد شبیه‌سازی کرد. بنابراین همین رویکرد که در تمامی سیستم‌های خبره و هوشمند پزشکی دنبال شده است منجر به موفق نبودن آن‌ها شده است.

علاوه بر آن جداسازی داده‌ها از استراتژی تصمیم‌گیری در تشخیص‌های پزشکی هنگام طراحی این سامانه‌های هوشمند دلیل دیگری برای موفق نبودن این سیستم‌های هوشمند است. همواره فرض شده است که پزشکان داده‌ها و اطلاعات پزشکی خود را در ذهن و حافظه خود نگهداری می‌کنند و در زمان لازم برای انجام الگوریتم تشخیص بیماری آن‌ها را بازیابی می‌کنند و در فرایند استدلال خود که منجر به تشخیص بیماری می‌شود به‌کار می‌برند. مهندسان و پزشکان با هم‌کاری هم همین تقسیم میان داده و الگوریتم تصمیم‌گیری را در سیستم‌های فوق پیاده‌سازی کرده‌اند. در بسیاری از سیستم‌های هوشمند صنعتی داده به‌راحتی قابل جداسازی از فرایند تصمیم‌گیری است. بنابراین در محیط‌های صنعتی که رویارویی‌های انسانی و تأثیر عوامل انسانی در آن کم‌تر است این نوع پیاده‌سازی‌ها برای هوش مصنوعی بسیار موفق ظاهر شده است. اما اصولاً در موقعیت‌های پزشکی و در فرایند تصمیم‌گیری که در رویارویی بیمار و پزشک و شرح حال گرفتن و معاینه بیمار از سوی پزشک روی می‌دهد نحوه به‌کاربردن دانش و استراتژی تصمیم کاملاً منحصر به فرد و درهم‌تنیده است. فرایند تصمیم‌گیری برای هر بیمار یکتاست و جنبه‌هایی دارد که قابل مقایسه با دیگری نیست. بنابراین این نحو جداسازی داده‌های حاصل از تجارب گذشته و فرایند و استراتژی تصمیم‌گیری امر مهم دیگری است که در هوش مصنوعی پیاده‌سازی شده در پزشکی انجام شده است و به‌نظر می‌رسد عامل مهمی برای توفیق نیافتن

آن بوده است. بنابراین در پیاده‌سازی یک هوش مصنوعی باید توجه داشت که دانش مستقل از زمینه و مستقل از استراتژی تصمیم‌گیری کارایی لازم برای تشخیص پزشکی را ندارد و به همین دلیل است که با اندکی افزایش حوزه تخصصی سامانه‌های تخصصی هوش مصنوعی آن‌ها عملکرد ضعیفی از خود نشان می‌دهد.

نکته مهمی که از این بحث حاصل می‌شود آن است که دانش ضمنی به مفهوم فلسفی آن، یعنی به معنای دانشی پیشاگره‌ای و بدن‌مند، نقش مهمی در تشخیص پزشکان ایفا می‌کند. از این نوع دانش در معرفت‌شناسی پزشکی غفلت شده است و بنابراین در پیاده‌سازی‌های هوش مصنوعی در پزشکی نیز به آن عنایتی نشده است. شایان ذکر است که در سیستم‌های دانش‌محور هنوز راهی برای بازنمایی این نوع دانش پیش‌نهاد نشده است، چون سامانه‌های دانش‌محور باید به نحوی دانش را در پایگاه‌های دانش خود ذخیره کنند و چون دانش ضمنی با عبارات منطقی و روابط قابل تصریح نیست، در پایگاه‌های دانش مرسوم قابل ذخیره‌سازی نیست.

علاوه بر موارد بالا، یک سامانه هوشمند در پزشکی باید تاحدی مجهز به شعور عمومی و دانش عمومی باشد. برخلاف پزشکان، سیستم‌های هوش مصنوعی در پزشکی نمی‌توانند از شهود عرفی (common sense) در تصمیم‌گیری‌هایشان استفاده کنند و هم‌چنین فاقد خلاقیتی هستند که پزشکان و انسان‌ها گاهی در تصمیم‌گیری‌هایشان به کار می‌برند. آن‌ها قادر به شناسایی محدوده‌ها و محدودیت‌های خود نیستند. هوش مصنوعی بدون شعور عمومی نمی‌داند در کجا باید متوقف شود، چه چیزهایی را بپذیرد، و داده‌های خود را در موارد خاص چگونه تفسیر کند. پیاده‌سازی شعور و دانش عمومی یکی از اولین اهداف هوش مصنوعی از ابتدای ظهور آن بوده است که به علت مشکلات عملی بسیار به تعویق افتاده است و تا حل‌نشدن مسائل فلسفی مربوط به آن، که مهم‌ترین آن‌ها «مسئله چهارچوب»^۷ (framework problem) نامیده شده است، پیاده‌سازی هوش مصنوعی دارای شعور عمومی دور از ذهن به نظر می‌رسد.

پاتنم معتقد است هوش درگیر با دانش و فعالیت‌هایی است که با دانش پس‌زمینه‌ای آمیخته است، و این دانشی است که امکان شبیه‌سازی آن در حال حاضر وجود ندارد و تنها می‌توان به توصیف آن بسنده کرد. از نظر او هوش مصنوعی می‌تواند در رویارویی با دانش زمینه‌ای تنها دو استراتژی را در پیش گیرد (Putnam 1988: 277-278):

۱. می‌توانند تلاش کنند تا همه دانشی را که انسان بالغ دارد در ماشین برنامه‌ریزی کنند. ولی پاتنم معتقد است که چنین هوشمندی‌ای به‌طور کلی تصورناپذیر و تحقق‌ناپذیر است؛

۲. راه دوم این است که وسیله‌ای ساخته شود که با مشارکت در دنیای انسان‌ها دانش زمینه‌ای را یاد بگیرد. این پروژه دوم آن چیزی است که از نظر پاتنم به‌واقع شایسته نام هوش مصنوعی است.

علاوه بر مدل مبتنی بر دانش در حوزه گسترده‌تر هوش مصنوعی مدل دیگری توسعه یافت که تلاش شد آموزه‌های بالا تاحدی در آن پیاده‌سازی شود. این مدل به دلیل شباهت با سیستم عصبی انسان شبکه عصبی مصنوعی نام گرفت که در آن جای‌گزینی برای بازنمایی و پردازش سمبلیک در نظر گرفته شد. در شبکه‌های عصبی مصنوعی عناصری به نام نرون‌ها با شبکه‌ای به هم متصل‌اند و هر اتصال دارای وزنی است. این وزن‌ها به کمک آموزش تعیین و تنظیم می‌شود؛ یعنی به کمک یک الگوریتم یادگیری یا تربیت (training algorithm) با ورودی‌ها و نتایج معلوم آن‌قدر تنظیم و بهینه می‌شود که بتواند رفتار مناسبی از خود نشان دهد. پس از آموزش کافی این شبکه می‌تواند برای داده‌هایی از همان نوع خروجی مناسب تولید کند. این نوع جدید از هوش مصنوعی به دلیل پیاده‌سازی آموزش مهارت در عمل مهم است. فیلسوفان مختلفی از جمله دریفوس این نوع جدید از هوش مصنوعی را نیز نقد و بررسی کردند، اما به دلیل آن‌که از این نوع هوش مصنوعی برای اتخاذ تصمیم‌های تشخیصی در پزشکی استقبال نشد به آن‌ها نمی‌پردازیم. مهم‌ترین مشکلی که باعث استفاده نکردن از این نوع هوش مصنوعی در تصمیم‌گیری‌های پزشکی شد آن بود که در شبکه عصبی مصنوعی امکان تبیین و توضیح چرایی تصمیم و مشخص کردن مسیر رسیدن به تشخیص وجود ندارد. در حال حاضر شبکه‌های عصبی مصنوعی در پزشکی در بخش پردازش سیگنال و تصویر و هم‌چنین برای شناسایی الگوهای پیچیده در بیوانفورماتیک استفاده می‌شود.

مهم‌ترین چالش بعدی در سیستم‌های خبره و هوش مصنوعی که برای حل آن تلاش‌هایی شد کسب دانش به صورت پویاست که در شاخه یادگیری ماشین دنبال شد. این شاخه در علوم کامپیوتر و در حوزه‌های بسیاری تکامل یافته و پیشرفت چشم‌گیری داشته است و به مفاهیم جدیدی مانند «کشف معرفت از پایگاه داده»^۸ (knowledge discovery from databases)، «داده‌کاوی»^۹ (data mining)، و یادگیری از «داده‌های عظیم»^{۱۰} (big data) برای استخراج داده از منابع مختلف دانش متون استاندارد کتب درسی، مقالات، و حتی صفحات وب رسیده است. اما پیش‌فرض تمامی این روش‌های یادگیری ماشین همان فرض‌های معرفت‌شناسانه و وجودشناسانه‌ای است که دریفوس

مطرح کرده است. این امر باعث شده که به کارگیری آن‌ها در سیستمی مانند «واتسون» باز هم با توفیق در حوزه پزشکی همراه نباشد. برای فهم نحوه کسب دانش در انسان‌ها و یافتن روش مناسب برای به کارگیری آن در فرایند کسب دانش در هوش مصنوعی به پژوهش‌ها و تحقیقات بسیار گستره نیاز است.

متخصصان هوش مصنوعی پس از شکست‌های متوالی کم‌کم به اهمیت بحث‌های فلسفی در پیش‌برد پروژه‌هایشان واقف شدند. از سال ۱۹۸۶ در کلاس‌های دریفوس در MIT که فلسفه هایدگر تدریس می‌کرد شرکت کردند و پس از آن در سال‌های اخیر نسل جدیدی از هوش مصنوعی متولد شد که خود پژوهش‌گران در حوزه هوش مصنوعی آن را «هوش مصنوعی هایدگری» نامیدند و در آن تلاش شده بود که بدن‌مندی و موقعیت‌مندی ادراک و کسب تجربه پیاده‌سازی شود. دریفوس تنها یکی از این مدل‌ها، الگوی نور و دینامیکی فریمن، را قابل تأمل می‌داند (Dreyfus 2007)؛ اما این نوع هوش مصنوعی بسیار نوپاست و هنوز در حوزه معرفت‌شناسی و پزشکی وارد نشده است.

به‌باور صادق‌زاده، در صورت ایجاد یک معرفت‌شناسی بدون برای پزشکی، امکان تبدیل دانش طبیب به دانش ماشین کاملاً وجود دارد و تنها لازمه دیگر ماشین برای دستیابی به هوشمندی (از نظر معرفت‌شناسی)^{۱۱} فراهم کردن قابلیت یادگیری فعال است؛ به این معنا که بتواند از طریق تجربه‌کردن در پایگاه دانش خود تغییر ایجاد کند. صادق‌زاده از مخالفان جدی دریفوس و سرل است. او بدون آن‌که آرای این منتقدان هوش مصنوعی را یک‌به‌یک نقد کند اعلام می‌کند: «این تردیدها درباره امکان هوش مصنوعی در علوم انسانی‌ای رشد کرده است که در آن انسان‌محوری (anthropocentrism) غلبه دارد و انسان هنوز رأس خلقت است» (Sadegh-Zade 2015: 742). از نظر او هیچ لزومی ندارد که هوش ماشین نسخه‌ال‌مثنای هوش انسانی باشد یا شباهتی به آن داشته باشد و معتقد است حداکثر تا آخر این قرن هوش مصنوعی به اندازه‌ای پیشرفت خواهد کرد که هوش مصنوعی «به‌مثابه سیستم‌های کنترل فرایند بالینی تمامی تصمیم‌های تشخیصی و درمانی را به‌صورت خودکار اتخاذ خواهند کرد و از کارکنان سلامت به‌عنوان عضوهای محیطی متحرک (mobile peripherals) خود استفاده می‌کند» (ibid.: 743). اما به‌نظر می‌رسد همین شرط یادگیری فعال که صادق‌زاده ذکر کرده است بدون توجه به زمینه و داشتن دانش ضمنی قابل حصول نباشد و تقریباً تمامی موانع معرفت‌شناختی را که در این‌جا بحث شد پیش روی محققان هوش مصنوعی قرار خواهد داد.

۶. نتیجه‌گیری

در ابتدای ظهور هوش مصنوعی، پزشکی یکی از اولین حوزه‌هایی بود که استفاده از سیستم‌های هوشمند در آن مطرح شد. با آن‌که خطاهای شناختی در همه رشته‌ها و حرفه‌ها وجود دارد، در حوزه پزشکی امری خطیر است، چراکه به آسیب‌رساندن به بیماران و گاه مرگ و میر منجر می‌شود. امید می‌رفت تا سیستم‌های خبره و هوشمند بتوانند با جای‌گزینی پزشکان این خطاها را کاهش دهند و کیفیت تصمیم‌های تشخیصی و درمانی را بالاتر برند. اما این سیستم‌ها به دلایل مختلفی از جمله بی‌توجهی به مسائل معرفت‌شناختی و فقدان معرفت‌شناسی مدون در حوزه پزشکی به جایگاه موردانتظار دست نیافتند و در عمل کارایی قابل‌قبولی نداشتند. ابتدا گمان می‌شد با پیشرفت تکنولوژی و افزایش ظرفیت‌های پایگاه‌های داده، پایگاه‌های دانش، و همچنین توسعه روش‌های جدید ذخیره و بازیابی اطلاعات گذر از موانع ممکن شود، اما تجربیاتی مانند موفق نبودن سیستم هوشمند واتسون در حوزه پزشکی نشان داد که این‌طور نبوده است. به نظر می‌رسد جست‌وجو برای راه‌کارهای تکنیکی و تکنولوژیک برای مسائل موجود و چشم‌به‌راه تکنولوژی‌های جدید مانند برای رسیدن به هدف بالا کافی نیست و لازم است میان رشته‌هایی مانند فلسفه، علوم کامپیوتر، پزشکی، معرفت‌شناسی، علوم‌شناختی، و بسیاری رشته‌های دیگر مبادله اطلاعات انجام شود تا بتوان با ایجاد راه‌کاری یک‌پارچه که از نتایج تحقیقات در تمام این رشته‌ها استفاده می‌کند به سیستم هوشمند موفقی در حوزه پزشکی دست یافت.

در این مقاله دیدیم که علی‌الاصول ابهاماتی که ذاتی علم پزشکی است، به دلیل پیشرفت‌های چشم‌گیری مانند توسعه منطق فازی و شبکه‌های بیزی، محدودیتی برای استفاده از این دانش در هوش مصنوعی ایجاد نمی‌کند. اما موفق نبودن کاربرد هوش مصنوعی دانش‌محور در پزشکی نشان می‌دهد که تنها اتکا به دانش صریح در پزشکی برای توسعه سیستم‌های خبره و هوش مصنوعی کافی نیست و باعث کارآمدی این سیستم‌ها در عمل نمی‌شود و لازم است به دانش غیرگزاره‌ای که موقعیت‌مند و بدن‌مند است توجه کنیم و به دنبال راه‌هایی برای کسب دانش ضمنی به کمک هوش مصنوعی باشیم. از آن‌جاکه پزشکی عمدتاً پراکتیس است، در حال حاضر قسمت عمده‌ای از آن‌چه در پزشکی برای تشخیص بیماری‌ها به کار می‌رود قابل دیجیتال‌سازی و ذخیره‌سازی در پایگاه‌های دانش نیست و اگر امکان کسب آن از روش‌های دیگر نباشد، هوش مصنوعی قطعاً شکست خواهد خورد. علاوه بر آن باید پیش‌فرض‌های نادرست در باب ماهیت دانش بررسی و

تصحیح شود و به این امر توجه شود که در فرایند تصمیم‌گیری پزشکی دانش را نمی‌توان استراتژی‌های تصمیم‌گیری جدا در نظر گرفت.

البته مسائل و موانع معرفت‌شناختی تنها عامل موفق نبودن کاربرد سیستم‌های هوشمند در پزشکی نبوده و نیستند. علاوه بر آن لازم است نحوه استدلال پزشک در رسیدن به تشخیص موضوع توجه و موشکافی قرار گیرد و ضعف‌ها و بدفهمی‌هایی که در شبیه‌سازی آن در سیستم‌های هوش مصنوعی در گذشته و حال وجود دارد تدقیق شود. هم‌چنین تعامل زبانی و رودررو با بیمار و فهم وضعیت فعلی و موقعیت بیمار که برای پزشک امری عادی است از چالش‌های اصلی پیش روی سیستم هوشمند پزشکی خواهد بود که لازم است به‌صورت همه‌جانبه بررسی شود.

در مجموع به‌نظر می‌رسد هوش مصنوعی، همان‌طور که در بسیاری از حوزه‌ها موفق عمل کرده است، در امر طبابت نیز کارا و قابل استفاده باشد؛ اما نداشتن شناخت کافی از پزشکی و بی‌توجهی به مسائل فلسفی مرتبط با این حوزه مانع اصلی موفقیت هوش مصنوعی در پزشکی است.

پی‌نوشت‌ها

۱. منظور همان clinical practice است.
۲. National Institutes of Health در ایالات متحده مرجعیتی است که در دپارتمان سلامت و خدمات انسانی قرار دارد و «NIH Consensus Development Program» را با شعار «Turning Discovery into Health» از سال ۱۹۷۷ راه‌اندازی کرده است که تا به حال بیش از ۱۲۰ بیانیه اجماع را درباره بیماری‌های مختلف تولید کرده است.
۳. Heuristic Programming Project (HPP) به‌دست Edward A. Feigenbaum، متخصص علوم کامپیوتر، و Joshua Lederberg، متخصص زیست‌شناسی مولکولی، آغاز شد. پروژه آن‌ها DENDRAL نامیده شد که از عبارت «DENDritic ALgorithm» گرفته شده است. این نام یک سیستم مشاوره مبتنی بر کامپیوتر بود که اولین سیستم خبره در تاریخ هوش مصنوعی به‌شمار می‌رود. در این پروژه براساس دانش افراد خبره در شیمی ارگانیک تلاش می‌شود تا اجزای ناشناخته در یک طیف ماده شناسایی شود. MYCIN هم که اولین سیستم خبره پزشکی است از پروژه HPP حاصل شد.
۴. این سیستم نام خود (CASNET) را هم از این نوع پیاده‌سازی، یعنی از عبارت causal associational networks، گرفته است.

۵. Hubert Lederer Dreyfus (۱۹۲۹-۲۰۱۷)، پروفیسور فلسفه در دانشگاه برکلی، که تعلق فکری او پدیدارشناسی و آگزیستانسیالیسم و فلسفه روان‌شناسی و ادبیات و از محورهای اصلی کاری او بررسی دلالت‌های فلسفی هوش مصنوعی است.
۶. John Searle متولد ۱۹۳۲ پروفیسور و فیلسوف آمریکایی است که حوزه کاری او فلسفه ذهن و زبان و فلسفه اجتماع است.
۷. مسئله چهارچوب، که مشکل یافتن امر مربوط از امر نامربوط هم نامیده می‌شود، به این نکته اشاره دارد که حتی اگر بتوان کل دانش انسانی را برای به‌دست آوردن دانش عمومی در اختیار یک برنامه هوش مصنوعی گذاشت، این برنامه چگونه می‌تواند در یک موقعیت خاص واقعیت‌های مرتبط را از واقعیت‌های نامربوط در زمانی معقول جدا کند. در ما انسان‌ها انتظارات و علایق به‌مثابه افقی درونی امکان فهم ارتباط هر ابژه با ما و دیگر چیزها را فراهم می‌کند. ادراک و فهم ما همواره در ادامه انتظاراتی است که از گذشته بی‌واسطه با خود همراه داریم.
۸. داده بدون هیچ هدف تحلیلی خاصی و به‌مثابه منبعی برای تولید فرضیه و کشف معرفت جدید به‌کار می‌رود.
۹. استخراج الگوها و اطلاعات از داده‌های موجود و تبدیل آن به ساختار قابل‌فهم برای استفاده‌های بعدی.
۱۰. مجموعه داده‌هایی که آن‌قدر بزرگ و پیچیده‌اند که روش‌های سنتی پردازش اطلاعات جواب‌گوی تحلیل آن‌ها نیست. مثلاً داده‌هایی که همه‌روزه در کلینیک‌ها و بیمارستان‌ها در سیستم خدمات ملی سلامت یا NHS در بریتانیا درباره بیماران و پرونده‌های پزشکی جمع‌آوری و ذخیره شده و می‌شود جزء داده‌های عظیم است.
۱۱. صادق زاده، به‌جز شروط داشتن دانش کافی و یادگیری فعال و غیرفعال، شروط دیگری را هم برای تحقق هوش مصنوعی ذکر می‌کند، از جمله قابلیت‌های استدلالی، بینایی، و فهم زبان طبیعی.

کتاب‌نامه

- Buchanan, B, and E. H. Shortliffe (eds.), (1985), *Rule-Based Expert Systems, The MYCIN Experiments of the Stanford Heuristic Programming Project*, Addison-Wesley.
- Croskerry, Pat (2013), *50 Cognitive and Affective Biases in Medicine*, Critical Thinking Program, Dalhousie University.
- Dreyfus, H. L. (1972), *What Computers Can't Do: A Critique of Artificial Reason*, New York: Harper & Row.
- Dreyfus, H. L. (2007), "Why Heideggerian AI Failed and How Fixing It Would Require Making It More Heideggerian", *Artificial Intelligence*, vol. 171, Issue 18.
- Freedman, D. (2017/06/27), "A Reality Check for IBM's AI Ambitions", MIT Technology Review: <<https://www.technologyreview.com/s/607965/a-reality-check-for-ibms-ai-ambitions/>>.

- Heckerman, D. and E. Shortliffe (1992), "From Certainty Factors to Belief Networks", *Artificial Intelligence in Medicine*, vol. 4, issue 1.
- IBM (2017), "Empowering Heroes, Transforming Health", <<https://www.ibm.com/watson/health/>>.
- Klinov, P., B. Parsia, and D. Picado-Muñoz (2010), "The Consistency of the CADIAG-2 Knowledge Base: A Probabilistic Approach", International Conference on Logic for Programming Artificial Intelligence and Reasoning.
- Latour B., and S. Woolgar (1986), *Laboratory Life, the Construction of Scientific Facts*, Princeton: Princeton University Press.
- Long. W. (1989), "Medical Diagnosis Using a Probabilistic Causal Network", *Applied Artificial Intelligence*, vol. 3, issue 2-3.
- Lorber, J and L. J. Moore (2002), *Gender and the Social Construction of Illness*, Rowman Altamira.
- Miller R. A., H. E. Jr. Pople, and J. D. Myers (1982) "INTERNIST-1: An experimental computer-based diagnostic consultant for general internal medicine", *N Engl J Med*, vol. 307.
- NIH (1994), "Helicobacter Pylori in Peptic Ulcer Disease", *NIH Consensus Statement*, vol. 12, no. 1.
- Patel V. L. et al. (2009), "The coming of age of artificial intelligence in medicine", *Artificial Intelligence in Medicine*, vol. 46.
- Putnam, H. (1988), "Much Ado about Not very Much, Daedalus", *Artificial Intelligence*, vol. 117, no. 1.
- Sadegh-Zadeh, K. (1989), "Machine over Mind", *Artificial Intelligence in Medicine*, no. 1.
- Sadegh-Zadeh, K. (2015), *Handbook of Analytic Philosophy of Medicine*, 2nd edition, Dordrecht/Holland: Springer.
- Searle, J. R. (1980), "Mind, Brain and Program", *Behavioral and Brain Scientist*, vol. 3, issue 3.
- Singh, H., L. A. Petersen, and E. J. Thomas (2006), "Understanding Diagnostic Errors in Medicine: A Lesson from Aviation", *Qual Saf Health Care*, vol. 15, no. 3..
- STAT News (2017/09/05), "IBM Pitched Its Watson Supercomputer as a Revolution in Cancer Care, It's Nowhere Close": <<https://www.statnews.com/2017/09/05/watson-ibm-cancer/>>.
- Thagard, P. (1999), *How Scientists Explain Disease*, Princeton: Princeton University Press.
- Washington Post, (2016/05/03), <<https://www.washingtonpost.com/news/to-your-health/wp/2016/05/03/researchers-medical-errors-now-third-leading-cause-of-death-in-united-states/>>.
- Weiss S. M. et al. (1978), "A Model Based Method for Computer-aided Medical Decision Making.", *Artificial Intelligence1*, vol. 11.
- Yu, V. L. et al. (1979). "Antimicrobial Selection by a Computer: A Blinded Evaluation by Infectious Diseases Experts", *JAMA*, vol. 242, no. 12.
- Zadeh, L. A. (1965a), "Fuzzy Sets"; *Information and Control*, vol. 8.
- Zadeh, L. A. (1965b), "Fuzzy Sets and Systems", in Fox J. (ed.), *System Theory*, Brooklyn, NY: Polytechnic Press.
- Zadeh L. A. (1973), "Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes", *IEEE Trans, Systems, Man, and Cybernetics*, vol. 3.