



سلامت کوانتومی: پلی میان فن آوری و حقوق بشر در عصر نوآوری

نجمه رزمخواه^۱

۳۶

دوره ۱۴، شماره ۱، پیاپی ۳۶
بهار ۱۴۰۴

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:

۱۴۰۳-۱۰-۰۷

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۴-۰۳-۰۲

صص: ۱۹-۰۱

شابا چاپی: ۵۶۴۵-۲۳۲۲

رتبه علمی

ب

پژوهشی، صحت گواهی در:
JOURNALS.MSRT.IR

چکیده

فن آوری کوانتومی، این پتانسیل را دارد که صنعت مراقبت های بهداشتی و درمانی را متحول سازد. استفاده از این فن آوری در حوزه سلامت می تواند منجر به افزایش میزان دقت و سرعت در تشخیص و درمان بیماری ها، گردد. اما به موازات این قابلیت ها، با خود چالش ها و نگرانی های مختلفی نیز در حوزه مسائل اخلاقی و حقوقی مثل ایجاد هویت های غیر واقعی، نقض حریم خصوصی بیماران و اعمال رفتارهای تبعیض آمیز به همراه داشته است. مواردی که با توجه به مقررات نظام بین المللی حقوق بشر، می تواند نقض حقوق بنیادین بیماران را به دنبال داشته باشد. در مقاله حاضر که با کمک شیوهی تحقیق تحلیلی-توصیفی نگارش یافته است، می توان به این نتیجه رسید که با توجه به استقبال بخش درمان و پزشکی، از فن آوری کوانتومی در کشورهای مختلف، از جمله ایران و همچنین، چالش های اخلاقی-حقوقی پیش رو، لزوم تدوین و تصویب مقررات جامع در سطح ملی و بین المللی، در زمینه نظارت بر فرایند طراحی، تولید و عرضه ی این فن آوری، در راستای تأمین حقوق بیماران، همراه با افزایش سطح آگاهی کادر درمان در مورد نحوه ی استفاده ی صحیح از قابلیت های فن آوری کوانتومی امری گریزناپذیر باشد.

کلیدواژه ها:

فن آوری کوانتومی، بیمار، حریم خصوصی، تبعیض، حق بر سلامت، حقوق بشر، اسلامی

۱. دکترای حقوق بین الملل، استادیار، گروه حقوق، دانشکده حقوق و علوم اجتماعی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران razmkhah@pnu.ac.ir



مقدمه و بیان مسأله

اساس علم کوانتوم بر قوانین و اصولی مبتنی است که، کنش‌ها و واکنش‌های فیزیکی را در مقیاس اتمی کنترل می‌کنند. در انقلاب اول کوانتوم، نظریه‌ی مکانیک کوانتومی توسعه یافت. در این راستا مکانیک کوانتومی برای ایجاد فن‌آوری‌های کوانتومی نسل اول مانند ترانزیستورها و لیزرها استفاده شد و روش‌های جدیدی برای اندازه‌گیری، کنترل و بهره‌برداری از ویژگی‌های کوانتومی نور و ماده اختراع گردید. در حال حاضر دنیا شاهد انقلاب دوم کوانتوم است. این نسل از فن‌آوری، پتانسیل تبدیل علم اطلاعات کوانتوم به فن‌آوری‌های کوانتومی در چندین حوزه را دارد. (Zeki, et al., 2023: 43) از آن جمله، می‌توان به شبیه‌سازی سیستم‌های کوانتومی برای ارتقاء درک بشر از طبیعت، اندازه‌گیری دقیق، با کمک حسگرهای کوانتومی مثل حسگرهای اتم ریدبرگ و ساعت‌های اتمی، همچنین، حل مسائل ریاضی و محاسباتی بسیار پیچیده با استفاده از رایانه‌های کوانتومی برای تدوین و اجرای الگوریتم‌های کوانتومی که از اصول فراسنجش و پیچیدگی کوانتومی بهره می‌برند و بالاخره ساخت نسل جدیدی از سیستم‌های ارتباطی امن اشاره نمود. (Ten, et al., 2021: 8) پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۲۶ توسعه‌ی این فن‌آوری منجر به ایجاد جهشی بزرگ در علوم رایانش و فن‌آوری اطلاعات گردد. به همین دلیل در حال حاضر کشورها در رقابت سنگینی برای توسعه و استفاده‌ی هر چه بیشتر از فن‌آوری کوانتومی هستند. چین در حال حاضر بیش از ۱۵ میلیارد دلار اعتبار جهت پیروزی در این رقابت با کشورها بخصوص ایالات متحده آمریکا اختصاص داده است، به نحوی که نزدیک به ۵۴ درصد از کل اختراعات فن‌آوری کوانتومی متعلق به این کشور است. پس از چین، ژاپن با ۱۵/۲ درصد و اتحادیه‌ی اروپا و آمریکا با ۱۱ و ۱۰ درصد به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار دارند. (Aboy, et al., 2022: 867) در ایران از سال ۱۳۹۷ تحقیقات مربوط به درهم‌تنیدگی کوانتومی به عنوان کلید ورود به دنیای کوانتوم، با هدف تشخیص سریع‌تر و دقیق‌تر سلول‌های سرطانی، آغاز شد. رقابت کشورها از نگاه جامعه‌ی بین‌المللی نیز دور نماند تا جایی که در کنفرانس عمومی یونسکو در سال ۲۰۲۳، مقرر گردید سال ۲۰۲۵ به عنوان سال بین‌المللی علم و فن‌آوری کوانتومی نام‌گذاری گردد.

حوزه‌ی بهداشت و درمان نیز از این توسعه بی‌نصیب نمانده است. تا جایی که امروزه از اصطلاح پزشکی کوانتومی، به عنوان فن‌آوری نوظهور در علم پزشکی استفاده می‌شود. (پیرزاده، طالب‌زاده و موسوی موحدی، ۱۳۸۵: ۷۳) قابلیت‌های فن‌آوری کوانتومی در این حوزه از تولید و اختراع داروهای جدید، تا تشخیص زود هنگام بیماری‌ها و تسریع فرایند درمان و همچنین پردازش اطلاعات ژنتیکی و شبیه‌سازی مدل‌های اتمی، نویدبخش توسعه و بازنگری در نظام سلامت است. (Frederik, 2023: 7) موضوعی که در ۴۳امین نشست شورای حقوق بشر، با عنوان نقش فن‌آوری‌های نوین در تحقق حقوق اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی، مورد توجه دبیرکل سازمان ملل متحد قرار گرفت و توسعه‌ی فن‌آوری‌های نوین، به عنوان عامل پیش‌برد سلامت جمعی و تحقق حق بر سلامت، معرفی شد. (Report of the Secretary-General, 2020, para: 18) هر چند که در کنار این مزایا با خود چالش‌ها و نگرانی‌های جدی نیز در حوزه‌ی مسائل فنی، اخلاقی و حقوقی، به همراه داشته است. تا جایی که فعالان



عرصه‌ی حقوق بشر از احتمال نقض حقوق بیماران به دلیل استفاده از این فن‌آوری ابراز نگرانی کرده‌اند. به عبارت دیگر در کنار افزایش دقت و سرعت تشخیص و درمان بیماری‌ها احتمال بروز نقص فنی و به خطر انداختن جان بیماران، نقض حریم خصوصی آن‌ها و همچنین اعمال رفتارهای تبعیض‌آمیز همراه با سوگیری نیز وجود خواهد داشت (Pansera, et al., 2020:390). در حالی جهان شاهد چنین رخدادهایی است که، گزارشگر ویژه در حق آزادی عقیده و بیان معتقد است، تمامی فن‌آوری‌های نوین، باید به نحوی طراحی و توسعه یابند که با تعهدات حقوق بشری دولت‌ها سازگار باشند. چرا که دولت‌ها متعهدند در خلال انجام هر گونه مبادلات تجاری در حوزه‌ی فن‌آوری، تأمین، تضمین و اجرای حقوق بنیادین بشری را مورد توجه قرار دهند. مسئولیتی که شامل حمایت از شهروندان در برابر اقدامات متخلفانه‌ی بخش خصوصی نیز می‌شود. (Report of Special Rapporteur on the promotion and protection of the right to freedom of opinion and expression, 2018, para:19)

به نظر طبیعی می‌رسد، که با توجه به مطالب مطرح شده، این سؤال‌ها به ذهن متبادر شود، که چگونه می‌توان از قابلیت‌های این فن‌آوری بهره برد بدون آن‌که به حق بر سلامت بیماران تجاوز نمود؟ و دولت‌ها چگونه می‌توانند فرایندهای مرتبط با طراحی و عرضه‌ی این فن‌آوری را با تکیه بر ارزش‌های حقوق بشری و در قالب یک نظام حقوقی مدون نظم بخشند؟ مقاله‌ی حاضر با کمک شیوه‌ی تحقیق تحلیلی-توصیفی به دنبال یافتن پاسخی مناسب به این پرسش‌هاست. در مجموع، با توجه به سرعت توسعه و پیشرفت این فن‌آوری، ضرورت اتخاذ رویکرد مبتنی بر پیش‌بینی و پیش‌گیری بر اساس اصول و ارزش‌های حقوق بشری، امری گریزناپذیر است. به نحوی که بتوان از فن‌آوری کوانتومی مسئولیت پذیر و متعهدی صحبت نمود که مسئولانه مدیریت می‌شود تا از ظرفیت‌ها و قابلیت‌هایش به نفع جامعه استفاده گردد. رویکردی که حول محور تحقیق و توسعه‌ی اخلاق مدار در جهت کسب نتایج مفید اجتماعی شکل گرفته و هدایت می‌شود.

۱- چالش‌های فن‌آوری کوانتومی در حوزه‌ی سلامت

فرایند توسعه و پیشرفت علم پزشکی، نیازمند قدرت بالای پردازش کلان داده‌ها در کوتاه‌ترین زمان ممکن است. در حال حاضر فن‌آوری کوانتومی با قابلیت‌های ویژه‌ی خود توانسته است، فرصت‌های جدیدی را در جهت متحول ساختن صنعت بهداشت و درمان، فراهم کند. (Mitchel, et al., 2019:115) از جمله این تحولات می‌توان به تسریع و تسهیل فرایند پیچیده و زمان‌بر تولید و اختراع داروهای جدید اشاره نمود. رایانه‌های کوانتومی، این پتانسل را دارند که، اهداف دارویی جدید را شناسایی نموده، ترکیبات دارویی موجود را بهینه سازی کرده و روند تولید و توسعه‌ی داروهای جدید را تسریع بخشند. به عنوان مثال، محققان IBM از محاسبات کوانتومی برای شناسایی داروهای جدید برای بیماری آلزایمر از طریق شبیه‌سازی تعاملات بین داروی جدید و پروتئین مرتبط با این بیماری استفاده کرده‌اند. (Jaschke, et al., 2023:12) همچنین، با کمک محاسبات کوانتومی، می‌توان، دقت و کیفیت تصاویر حاصل از ام‌آر‌آی و سی‌تی‌اسکن، را افزایش داد. در این راستا، با طراحی الگوریتم‌های

۱- IBM (International Business Machines Corporation) یک شرکت بین‌المللی فعال در حوزه‌ی فن‌آوری اطلاعات است که مقر اصلی آن در نیویورک واقع شده است. این شرکت در زمینه تولید سخت‌افزار، نرم‌افزار و فن‌آوری‌های مرتبط با هوش مصنوعی و یادگیری ماشین فعالیت می‌کند.



کوانتومی، ضمن پالایش پیوسته‌ی داده‌های دستگاه تصویربرداری و مقایسه‌ی تصاویر، جهش‌های حرکتی تشخیص داده شده و تصویر حاصله، دارای کیفیت و دقت بیشتری می‌باشد. در نتیجه به تشخیص زود هنگام بیماری‌ها و تسریع فرایند درمان کمک مؤثری خواهد شد. (Giang, 2023:9) فن آوری کوانتومی، در پرتودرمانی نیز مورد استفاده قرار گرفته است. پرتو درمانی یکی از انواع روش‌های درمان سرطان است که با استفاده از نوع معینی انرژی مانع رشد و تقسیم سلول‌های سرطانی می‌شود. اما گاهی اوقات این درمان به سلول‌های سالم مجاور بافت هدف (بافت سرطانی) نیز آسیب می‌رساند یا با نابود کردن DNA جلوی رشد و تقسیم شدن سلول‌ها را می‌گیرد. این امر مستلزم اجرای عملیات رادیوگرافی و شبیه‌سازی دقیق و پیچیده است. از طریق محاسبات کوانتومی، می‌توان شبیه‌سازی را با سرعت، دقت و وسعت بیشتری انجام داد. (Rasool, et al., 2023:25) سرعت و دقت، در تحلیل داده‌ها، توسط رایانه‌های کوانتومی، در پردازش اطلاعات ژنتیکی و شبیه‌سازی مدل‌های اتمی نیز مؤثر است. پزشکی موفق و دقیق، مستلزم آن است که، اطلاعات شخصی بیمار از جمله، ساختار ژنتیک و سابقه‌ی پزشکی‌اش در دسترس باشد. در این راستا، حجم زیاد داده‌ها و ضرورت تحلیل و ارزیابی‌شان، می‌تواند به چالشی بزرگ تبدیل گردد. رایانه‌های کوانتومی با استفاده از پدیده‌ی درهم‌تنیدگی کوانتومی^۱، در مقایسه با رایانه‌های معمولی، داده‌ها را با سرعت و دقت بیشتری تحلیل نموده و از عهده‌ی انجام شبیه‌سازی‌های پیچیده برمی‌آیند. به عبارت دیگر، رایانه‌های کوانتومی، این قابلیت را دارند که با توالی یابی DNA در کوتاه‌ترین زمان ممکن، شرایطی را برای پزشکان فراهم کنند، که با توجه به مشخصات اختصاصی بیمار بتوان در مورد نحوه‌ی درمان بیماری‌اش تصمیم مقتضی را اتخاذ نمود. (Sarkar, et al., 2021:16) با توجه به موارد فوق، نمی‌توان این حقیقت را نادیده گرفت که، فن آوری کوانتومی، توانسته است، با قابلیت‌های خود، تحول بزرگی در جنبه‌های مختلف حوزه‌ی سلامت، ایجاد کند، اما با توجه به این حقیقت که هنوز در مراحل اولیه‌ی پیشرفت خود قرار دارد، چالش‌ها و نگرانی‌های مختلفی در حوزه‌ی مسائل فنی و حقوقی نیز به همراه داشته است.

۱-۱- چالش‌های فنی

استفاده از قابلیت‌های فن آوری کوانتومی، بدون توجه به مشکلات و معایب فنی، می‌تواند منجر به بروز عواقب ناخوشایند، بخصوص در حوزه‌ی سلامت گردد.

۱-۱-۱- ناهمدوسی کوانتومی^۲

یکی از بزرگترین مشکلات فن آوری کوانتومی، شکنندگی کیوبیت‌ها^۳ به عنوان واحد پایه‌ای پردازش و رمزنگاری است. این احتمال وجود دارد که کیوبیت‌ها به دلیل تداخل خارجی یا داخلی، مانند آلودگی صوتی یا ایراد ساختاری، حالت کوانتومی خود را از دست بدهند. در واقع، رایانه‌های کوانتومی به شدت در برابر سیگنال‌های الکترومغناطیسی، تغییرات دما و اختلالات میدان

1 Quantum Entanglement

^۲ ناهمدوسی کوانتومی از دست دادن همدوسی کوانتومی است. همدوسی خاصیت بنیادی مکانیک کوانتومی بوده و برای عملکرد کامپیوترهای کوانتومی لازم است. اما هنگامی که یک سیستم کوانتومی کاملاً ایزوله نبوده و در تماس با محیط اطراف خود باشد، این همدوسی در گذر زمان از بین می‌رود که به آن ناهمدوسی کوانتومی می‌گویند. که در نتیجه، رفتار کوانتومی مربوطه مختل می‌شود. معادل انگلیسی کلمه ناهمدوسی عبارت است از: Quantum DE coherence

3 Qubit



مغناطیسی زمین حساس، بوده و خطا می دهند. مبارزه و تسلط بر این چالش، در عمل نیازمند استفاده از فنون محاسباتی جدید و کاوش عمیق در رویکردهای کوانتومی مختلف است. کما این که پیچیدگی الگوریتم‌های کوانتومی در مقایسه با الگوریتم‌های کلاسیک، بر گسترده‌تر شدن این چالش دامن می‌زند. (Alliano, et al., 2022:99)

۲-۱-۱- توسعه‌ی سخت‌افزاری

امکان توسعه‌ی سخت‌افزار کوانتومی با کیفیت بالا، مانند کیوبیت‌ها و الکترونیک کنترل، در حال حاضر به یک چالش بزرگ تبدیل شده است. توسعه‌ی یک فن‌آوری کوانتومی مقیاس‌پذیر و مقاوم در برابر خطا از جمله مواردی است، که مورد توجه فعالان حوزه‌ی فن‌آوری کوانتومی، می‌باشد. فرایندی که نیازمند صرف هزینه‌های گزاف است. هزینه‌هایی که دسترسی ارائه دهندگان خدمات پزشکی را به این فن‌آوری، محدود نموده و هم‌زمان، منجر به محرومیت بیماران متعلق به قشر ضعیف و آسیب‌پذیر جامعه از قابلیت‌های فن‌آوری کوانتومی می‌شود. (Brogan, 2021:3)

۳-۱-۱- توسعه‌ی نرم‌افزار

مهندسی، ساخت و برنامه‌نویسی رایانه‌های کوانتومی بسیار دشوار است. الگوریتم‌های کوانتومی و ابزارهای توسعه‌ی نرم‌افزار هنوز در مراحل ابتدایی خود هستند و لزوم استفاده از زبان‌های برنامه‌نویسی جدید و ابزارهای بهینه‌سازی که بتوانند به طور مؤثر از قدرت رایانه‌های کوانتومی استفاده کنند، امری گریزناپذیر است. (Bharti, 2022:12) تأیید صحت نرم‌افزار کوانتومی به دلیل ماهیت برهم‌نهی و درهم‌تنیدگی پیچیده است. به این دلیل که آن‌ها توسط خطاهایی در قالب آلودگی صوتی و از دست دادن انسجام کوانتومی، فلج شده و قبل از انجام عملیات، دچار فروپاشی می‌شوند. (Ayoade, et al., 2022:8)

۲-۱-۲- چالش‌های حقوقی

در کنار چالش‌ها و مشکلات فنی، نگرانی‌هایی نیز در مورد چالش‌های حقوق بشری ناشی از عرضه و استفاده از قابلیت‌های فن‌آوری کوانتومی، در حوزه‌ی سلامت مطرح شده است، از جمله:

1-۲-۱- ایجاد هویت‌های غیرواقعی

محو شدن هویت مستقل افراد و ایجاد هویت‌های غیرواقعی، از جمله نتایج درهم‌تنیدگی کوانتومی است. برهم‌نهی کوانتومی^۱ که در هم‌تنیدگی، یکی از نتایج آن است، امکان ترکیب و اختلاط داده‌ها را از منابع مختلف با هدف ساختن هویت‌های پیچیده و طبقه‌بندی شده، فراهم می‌کند. برای مثال، در مرحله‌ی رمزگذاری، برهم‌نهی این امکان را فراهم می‌سازد که هویت‌های غیر واقعی دیجیتالی با استفاده از داده‌ها و اطلاعات شخصی واقعی، ایجاد شود (Possati, 2023:48). اهمیت این چالش با توجه به فقدان امکان ردیابی داده‌های کوانتومی دوچندان می‌شود. درهم‌تنیدگی کوانتومی و برهم‌نهی، منجر به متنفی شدن فرایند مکان‌ردیابی

۱- اصل برهم‌نهی کوانتومی، یک مفهوم اساسی در مکانیک کوانتومی است. که توانایی سیستم‌های کوانتومی را برای وجود چندین حالت به‌طور هم‌زمان توصیف می‌کند. در این راستا یک سیستم کوانتومی می‌تواند، در ترکیب خطی از حالت‌های ویژه‌اش باشد که در آن کمیت‌های قابل مشاهده سیستم دارای مقادیر مشخصی هستند. این اصل به عنوان یکی از جنبه‌های کلیدی مکانیک کوانتومی، نقش مهمی در درک کیوبیت‌ها (واحد اصلی اطلاعات کوانتومی) و پردازش اطلاعات کوانتومی ایفا می‌کند. معادل انگلیسی برهم‌نهی کوانتومی عبارت است از: Quantum Superposition



داده‌ها می‌گردد. شرایطی که میزان اطمینان‌پذیری داده‌ها را با توجه به، اهمیت توضیح‌پذیری روش‌ها در علم پزشکی، کاهش می‌دهد (Duan, et al., 2021:280).

۲-۲-۱- نقض حریم خصوصی بیماران

احترام به حریم خصوصی بیماران، یعنی، از اطلاعات و داده‌های شخصی آن‌ها محافظت گردد. در این راستا، گسترش قابلیت‌های فن آوری کوانتومی منجر به طرح نگرانی‌های گسترده در خصوص حفاظت از امنیت اطلاعات و داده‌ها شده است. در عمل به دلیل وجود قابلیت تکثیرناپذیری، حداکثر امنیت در سامانه‌های مبتنی بر فن آوری کوانتومی تضمین شده است، اما هم‌زمان به دلیل شکنندگی کیوبیت‌ها، کنترل داده‌ها می‌تواند با چالش‌ها و مشکلاتی مواجه گردد. علاوه بر این، رمزنگاری کوانتومی^۱ به عنوان یک سامانه‌ی غیرقابل نفوذ و دستاورد مهم محاسبات کوانتومی، با هدف حفاظت از سوابق پزشکی و اطلاعات بیماران معرفی می‌شود. سامانه‌ای که محصول محاسبات کاملاً پیچیده و قدرتمندی است، که به زعم بعضی از کارشناسان، شکستن آن امکان‌پذیر نیست. اما این نکته نباید فراموش گردد که به دلیل شکنندگی کیوبیت‌ها، کنترل اطلاعات و داده‌های محرمانه می‌تواند با مشکل مواجه گردد. همچنین، با کمک برهم‌نهی کوانتومی در رمزگذاری داده‌ها امکان رمزنگاری داده‌های حساس محرمانه و سوءاستفاده از این داده‌ها میسر می‌گردد. (Smith, 2020:511)

۳-۲-۱- سوگیری و تبعیض

امکان اعمال رفتارهای تبعیض‌آمیز همراه با سوگیری، از جمله موارد دیگری است که منجر به طرح نگرانی از سوی فعالان عرصه‌ی حقوق بشر شده است. در واقع این نگرانی‌ها ارتباط مستقیمی با نحوه‌ی طراحی و توسعه‌ی الگوریتم‌های یادگیری ماشین کوانتومی دارد. چرا که در عمل، طراحان این الگوریتم‌ها می‌توانند هنگام جمع‌آوری داده‌ها و آموزش آن‌ها، تفکرات و نگرش‌های تبعیض‌آمیز خود را مد نظر قرار دهند. به عبارت دیگر، در صورت فقدان نظارت و دقت در طراحی این الگوریتم‌ها، بیم آن می‌رود تصمیم‌ها و یا اقدامات ناعادلانه و نادرست به ضرر گروه یا طبقه‌ی خاصی از جامعه مثل رنگین پوستان و یا گروه‌های آسیب‌پذیر و به حاشیه رانده شده‌ی جامعه اتخاذ گردد. (Wilson, et al., 2020:1039) مجموعه عوامل مطرح شده می‌تواند منجر به نقض حقوق بیماران در خلال درمان با استفاده از قابلیت‌های این فن آوری گردد.

۲- حقوق بنیادین بیماران در چارچوب نظام بین‌المللی حقوق بشر

با توجه به این‌که، حق بر بهره‌مندی از مراقبت پزشکی به عنوان بخشی از حق بنیادین بشری بر سلامت یاد می‌شود، حقوق پزشکی و مقررات حاکم بر نظام بهداشت عمومی، به عنوان اهرم‌های حمایتی و ارتقا دهنده‌ی وضعیت سلامت عمومی، ارائه شده‌اند. (ستایش‌پور و احمدی، ۱۴۰۰:۱۰۲) هر چند که در عمل از توانایی و قابلیت‌های کافی در جهت مواجهه با رفتارهای ناخوشایند در چارچوب نظام بهداشت و درمان علیه بیماران برخوردار نیستند. به همین دلیل در خلال دهه‌های اخیر جنبش حقوق



بشر در مراقبت از بیماران شکل گرفت. جنبشی که با کنار گذاشتن نگرش‌های سنتی غالب در مورد بیماران، به عنوان مشتری و مصرف‌کننده و همچنین به عنوان پاسخی به نقض حقوق بشر در محیط‌های درمانی، به دنبال ایجاد ساختار حقوقی منسجم و استفاده از ابزارهای قانونی، در جهت ارتقاء و بهبود کیفیت و کمیت ارائه‌ی خدمات درمانی به بیماران در چارچوب نظام بهداشت و درمان است. رویکردی که از لزوم مراقبت خوب صحبت می‌کند. مراقبتی که دربرگیرنده‌ی اقدامات ماهرانه و شایسته، همراه با احترام به حقوق بیماران است. بیمارانی که در فضایی عادلانه و به‌دور از هر نوع تبعیض، بتوانند در انتخاب شیوه‌ی درمان خود ایفای نقش نموده و اطمینان داشته باشند که حریم خصوصی‌شان مورد احترام می‌باشد. به عبارت دیگر این جنبش، با تأکید ویژه بر وضعیت حقوقی بیماران، سعی در حفاظت هر چه بیشتر از گروه‌های آسیب‌پذیر جامعه و افزایش توجه به چهار اصل بنیادین اخلاق پزشکی، یعنی، سودمندی، عدم آسیب‌رسانی، خودمختاری و عدالت دارد.

در حال حاضر جهان شاهد توسعه و پیشرفت سریع روش‌های تشخیص و درمان با کمک فن‌آوری‌های نوین از جمله فن‌آوری کوانتومی است. اما همان‌طور که در بخش پیشین گفته شد، استفاده از این فن‌آوری در حوزه‌ی بهداشت و درمان به رغم وجود مزایای مختلف، به دلیل ایجاد چالش‌های متعدد در حوزه‌های فنی و حقوقی منجر به طرح نگرانی از جهت وضعیت بیماران شده است. به نحوی که اصول مطرح شده در این جنبش به صورت جدی مورد توجه جامعه‌ی بین‌المللی، قرار گرفته است. (Parmet, et al., 2023:289) در این راستا، دفتر منطقه‌ی سازمان بهداشت جهانی برای اروپا در سال ۱۹۹۴ اعلامیه‌ی ارتقاء حقوق بیماران در اروپا^۱ را با هدف ترویج احترام به بیماران و تقویت ارتباط میان کادر پزشکی و دریافت‌کنندگان خدمات درمانی، تصویب نمود. در ماده‌ی ۲ این اعلامیه آمده است: «بیمار حق دارد از مسائل مرتبط با وضعیت سلامتی جسمی خود از جمله، حقایق پزشکی و روش‌های مناسب برای درمان بر اساس نوع بیماری‌اش، مطلع گردد. این اطلاعات باید به شیوه‌ای متناسب با شرایط بیمار به او منتقل شده و تا جای ممکن از اصطلاحات فنی ناآشنا استفاده نشود». این رویکرد در منشور اتاوا برای ارتقای سلامت^۲ نیز تکرار شد.

حتی قبل از تصویب این اسناد نیز مبنای اصلی مفهوم حقوق بیمار را در چارچوب ماده‌ی ۱۲ میثاق بین‌المللی حقوق اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی، در خصوص تمتع از بهترین وضعیت سلامت جسمی و روحی، می‌توان جستجو نمود. کمیته‌ی حقوق اقتصادی اجتماعی و فرهنگی، در تفسیر عمومی شماره ۱۴ خود با عنوان حق بر عالی‌ترین استاندارد قابل حصول سلامتی به ابعاد مختلف حق بر سلامت پرداخته و به ترتیب در قالب بندهای ۳ و ۱۲ از این تفسیر، احترام به کرامت ذاتی و حریم خصوصی بیماران، دسترسی بیماران به اطلاعات پزشکی و همچنین بهره‌مند شدن از مراقبت‌های پزشکی بدون هر نوع تبعیض را به عنوان اجزای جدایی‌ناپذیر این حق معرفی کرده است. توجه به این نکته ضروری است که، مفهوم حقوق بشری از جایگاه بیماران در حوزه‌ی سلامت، چیزی فراتر و متمایز از موارد پیش‌بینی شده در چارچوب حق بر سلامت است. به این ترتیب که ضمن قراردادن

1 Declaration on the Promotion of Patients' Rights in Europe

2 Ottawa Charter for Health Promotion



بیماران در مرکز توجه و لزوم اجرای عملی اصول کلی حقوق بشر در زمینه‌ی مراقبت از بیمار، از مسئولیت دولت‌ها و نهادهای غیر دولتی، در تأمین حقوق بنیادین بیماران، در بهره‌مندی از امنیت فردی و حریم خصوصی، برابری، منع تبعیض، حق بر دانستن، مشارکت فعال و آگاهانه در فرایند درمان و حق شکایت و دریافت غرامت صحبت می‌کند. (Alasti, 2019: 63)

در این راستا، نمایندگان دولت‌های شرکت‌کننده در سومین اجلاس جهانی وزیران در ایمنی بیمار، که آوریل ۲۰۱۸ در توکیو، برگزار گردید با تصویب اعلامیه‌ی توکیو در مورد ایمنی بیمار^۱ به اتفاق آرا پذیرفتند که تضمین ایمنی و امنیت بیمار یک نیاز اساسی در حوزه‌ی مدیریت مراقبت‌های بهداشتی و از مهم‌ترین شرایط لازم برای تأمین دسترسی همگانی به خدمات ایمن پزشکی در جهت نیل به اهداف تعیین شده در قطعنامه A/RES/70/1 مجمع عمومی سازمان ملل متحد برای توسعه پایدار است. در همین راستا، هفتاد و دومین مجمع جهانی بهداشت، در می ۲۰۱۹، قطعنامه‌ی اقدام جهانی برای ایمنی بیمار^۲ را با هدف افزایش سطح آگاهی عمومی در مورد مسائل ایمنی و تشویق همبستگی و اقدام جمعی در جهت افزایش رفاه حال بیماران در مراکز درمانی را تصویب نمود. در مقدمه‌ی این قطعنامه آمده است: «امروزه آسیب زدن به بیماران، به دلیل اعمال اقدامات نایمن (در مراکز درمانی) به چالشی بزرگ تبدیل شده است.

مواردی که در اغلب مواقع قابل پیش‌گیری هستند. این شرایط می‌تواند منجر به کاهش میزان اعتماد مردم نسبت به بخش درمان گردد. لذا از دولت‌های عضو درخواست می‌شود، ایمنی بیماران را به عنوان یک اولویت بهداشتی مهم در برنامه‌ریزی‌های حوزه‌ی سلامت مدنظر قرار دهند». شبیه به این رویکرد در گزارش گزارشگر ویژه در خصوص حق هر فرد در بهره‌مندی از عالی‌ترین سطح قابل حصول سلامتی جسمی و روانی، با عنوان نوآوری‌های دیجیتال، فن‌آوری‌ها و حق دسترسی به سلامت^۳، نیز مورد توجه قرار گرفت. در قالب بندهای ۱۵ و ۱۷ این گزارش، بر این امر تأکید شده است که حق بر سلامت، مستلزم آن است که شرایط دسترسی به امکانات، کالاها و خدمات بهداشتی و درمانی ایمن برای تمامی اقشار جامعه فراهم شود و دولت‌ها باید اطمینان حاصل کنند، که در فرایند طراحی، تولید و عرضه‌ی تمامی امکانات، کالاها و خدمات بهداشتی، احترام به اخلاق پزشکی مدنظر قرار گیرد، به نحوی که امنیت بیماران و احترام به حریم خصوصی‌شان در اولویت باشد. مواردی که با توجه به نوپا بودن فن‌آوری کوانتومی در حوزه‌ی بهداشت و درمان و چالش‌های موجود باید حتماً در نظر گرفته شوند. به عبارت دیگر طراحی و عرضه‌ی فن‌آوری کوانتومی نیز مانند سایر فن‌آوری‌های نوین از جمله هوش مصنوعی، باید در چارچوب نظریه‌ی نوآوری و پژوهش مسئولانه^۴ انجام گیرد.

فن‌آوری کوانتومی متعهد و مسئول، خطرهای بالقوه را پیش‌بینی می‌کند، چالش‌های موجود را پذیرفته و به دنبال ایجاد فرصت‌هایی است که بتواند، ضمن مواجهه با این چالش‌ها، ساختار خود را با نیازهای جامعه منطبق سازد. ساختاری که در جهت

1 Tokyo Declaration on Patient Safety
2 Global Action for Patient Safety Resolution
3 Digital Innovation, Technologies and the Right to Health
4 Responsible Research and Innovation



هماهنگی با ارزش‌های اخلاقی، اجتماعی و حقوقی، بر مبنای سه مقوله‌ی مهم استوار است: اول، حفاظت در برابر آسیب‌ها و خطرات، دوم، مشارکت هر چه بیشتر ذی‌نفعان در فرایند نوآوری و سوم، توجه خاص به لزوم توسعه و پیشرفت. بر این اساس، توسعه و پیشرفت فن‌آوری کوانتومی، مستلزم اتخاذ رویکردی جامع بر اساس پیش‌بینی و پیش‌گیری است، تا جایی که اطمینان حاصل گردد، در نتیجه‌ی مدیریت مسئولانه‌ی این فن‌آوری، جامعه به بهترین نحو از قابلیت‌های آن بهره خواهد برد. اما سؤالی که در این جا مطرح می‌شود این است که چگونه می‌توان وضعیت پویا و روبه پیشرفت فن‌آوری کوانتومی را، در حوزه‌های مختلف از جمله پزشکی، به سمت حصول نتایج اجتماعی مطلوب سوق داد؟ چرا که در شرایط فعلی، توسعه و پیشرفت فن‌آوری کوانتومی و استفاده از قابلیت‌های آن در دنیای پزشکی، امری گریزناپذیر است. بنابراین ضمن تأکید بر وجود چالش‌های مختلف در این حوزه، منطقی به نظر می‌رسد که در جهت کنترل و نظارت بر فرایند طراحی، تولید، عرضه و استفاده از فن‌آوری کوانتومی و با هدف تأمین و تضمین حقوق بنیادین بیماران، تحمیل مجموعه‌ای از تعهدات در این رابطه بر دولت‌ها و البته شرکت‌های خصوصی، امری ضروری باشد.

۳- چارچوب تعهدات حقوقی در راستای مسئولیت‌پذیری فن‌آوری کوانتومی

در نوآوری و پژوهش مسئولانه، اخلاقی بودن فرایند تحقیق و توسعه‌ی فن‌آوری و همچنین مطلوب بودن آثار ناشی از آن برای جامعه‌ی بشری، به عنوان اهداف کلیدی در نظر گرفته می‌شوند. (Wolbring, 2022:41) منافی که در چارچوب اصطلاح مزیت کوانتومی مطرح شده و به دنبال اثبات این حقیقت علمی است که برای حل مسائل و چالش‌های علمی و تجاری، محاسبات کوانتومی دارای سرعت و دقت عمل بیشتری نسبت به روش‌های قدیمی هستند. اما نمی‌توان این حقیقت را نادیده گرفت که، پیشرفت و توسعه‌ی فن‌آوری کوانتومی، می‌تواند با خود عواقب و پیامدهای منفی ناخواسته و پیش‌بینی نشده‌ای را برای جامعه به همراه داشته باشد. به همین دلیل، تعیین اصول راهنما جهت کنترل و نظارت بر این فن‌آوری از اهمیت بالایی برخوردار گردیده است. کمیته‌ی حقوق اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی، در بند ۱۲ تفسیر عمومی شماره‌ی ۱۴ خود بر این اعتقاد است که دولت‌های متعاقد مکلف هستند، امکانات و خدمات بهداشتی، درمانی ایمن را با رعایت اصول اخلاق پزشکی، در دسترس عموم جامعه قرار داده و اطمینان حاصل کنند که بیماران از فرصت مناسب و کافی جهت مشارکت در اتخاذ تصمیم‌های مؤثر در درمان‌شان برخوردار گردند.

در این جریان، دولت‌ها با توجه به برخورداری از قدرت حاکمیت و حکمرانی، می‌توانند، نقش اصلی را در تدوین و تصویب مقررات و سیاست‌های ناظر بر طراحی، توسعه و گسترش فن‌آوری کوانتومی بر عهده گیرند. حکمرانی دولت‌ها بر این فن‌آوری در جهت تأمین خیر جمعی، باید بر مبنای مجموعه‌ای از ارزش‌های اساسی، مثل برابری و منع تبعیض، شفافیت، ایمن‌سازی و مسئولیت‌پذیری، استوار گردد. در این فرایند، جهت نیل به اهداف فوق و به منظور پیش‌بینی و ارزیابی پیامدهای اجتماعی، حقوقی بالقوه‌ی ناشی از تحقیق، توسعه و گسترش فن‌آوری، تبادل اطلاعات و برقراری ارتباط متقابل میان

پژوهش گران، سیاستمداران، صنعت گران و شهروندان، امری گریزناپذیر است. (Inglesant, et al., 2021:7) این رویکرد در قالب اصول راهنمای کمیسیون اروپایی در مورد استفاده‌ی مسئولانه از هوش مصنوعی نیز مورد توجه قرار گرفت.^۱ در بخش دوم این اصول خطاب به پژوهش گران، آمده است: برای این که فن آوری به شیوه‌ای مسئولانه استفاده شود، پژوهش گران باید، ضمن پذیرش مسئولیت ناشی از تولیدات خود و رعایت بی طرفی، همواره سعی کنند به حریم خصوصی و شخصی شهروندان احترام گذاشته و هدف اصلی خود را در جهت نیل به حداکثر منفعت برای جامعه و حداقل نمودن مضرات و چالش‌ها هدایت نمایند. مسئولیتی که به نظر می‌رسد بتوان به فرایند تحقیق و توسعه‌ی فن آوری کوانتومی نیز تسری داده و تعهدات سه‌گانه‌ی زیر را بر دولت‌ها تحمیل نمود:

۱-۳- تعهد به تأمین امنیت اطلاعات و داده‌های محرمانه در جهت ممانعت از سوءاستفاده

ماده‌ی ۱۷ میثاق بین المللی حقوق مدنی و سیاسی، از حق انسان‌ها به داشتن حریم خصوصی، صحبت می‌کند، در واقع همان‌طور که شورای حقوق بشر در قطعنامه‌ی ۳۴/۷ اذعان دارد، هر گونه دخالت در حریم خصوصی افراد، باید طبق قانون و با احترام به اصول ضرورت و تناسب انجام گیرد. کمیته‌ی حقوق بشر در بند ۹ از تفسیر عمومی شماره‌ی ۱۶ نه تنها، دولت‌ها را از انجام هر نوع اقدام خودسرانه که در مغایرت با ماده‌ی ۱۷ باشد منع نموده است، بلکه از آن‌ها خواسته، مانع از انجام اقدامات مداخله جویانه از سوی اشخاص حقیقی و حقوقی خصوصی نیز بشوند. در این راستا، گزارشگر ویژه‌ی کمیته‌ی حقوق بشر، معتقد است: دولت‌ها وظیفه دارند، اطمینان حاصل کنند که اطلاعات محرمانه و خصوصی افراد در دسترس نهادها و مؤسسات خصوصی غیرمجاز، قرار نگیرد. بر اساس این تعهد، دولت‌ها موظف هستند قبل و در جریان توسل به قابلیت‌های فن آوری کوانتومی، در جهت افزایش سرعت و دقت تشخیص پزشکی، تحقیقات مفصل و جامعی را در جهت ارزیابی خطر و پیش‌بینی عواقب ناخوشایند آن بر حفاظت از داده‌های محرمانه و حریم خصوصی بیماران، انجام دهند. این ارزیابی‌ها را می‌توان با کمک کارشناسان خبره و مستقل انجام داد. البته ارزیابی خطر نباید صرفاً محدود به ارزیابی الگو و الگوریتم‌های به کار گرفته شده در فن آوری کوانتومی باشد، بلکه ارزیابی نحوه جمع آوری ابر داده‌ها و شیوه‌ی محافظت از این اطلاعات نیز باید مورد توجه باشد. نکته‌ی دیگری که نباید فراموش گردد، نقش قابل توجه شرکت‌های خصوصی در فرایند تحقیق، تولید و توسعه‌ی فن آوری کوانتومی است. تعهد دولت‌ها در ارزیابی خطر صرفاً متوجه مؤسسات دولتی نیست و باید اقدامات قانونی لازم در جهت نظارت بر عملکرد شرکت‌های غیر دولتی و تضمین انجام ارزیابی خطر توسط آن‌ها، نیز صورت گرفته و در صورت عدم همکاری، به نظر می‌رسد، قطع ارتباط با شرکت‌های متخلف و عدم استفاده از محصولات آن‌ها راهکار مناسبی باشد. تا جایی که همگان بپذیرند تأمین امنیت و لزوم حفاظت از اطلاعات محرمانه، بخش جدایی ناپذیر فرایند طراحی و توسعه‌ی فن آوری کوانتومی است.

۲-۳- تعهد به رفع شکاف کوانتومی بر اساس ارزش‌های اخلاقی از طریق آموزش و تسهیل گفت‌وگو

^۱ European Commission Directorate-General for Research and Innovation Directorate



حامیان فن آوری کوانتومی همواره از منافع آن در حوزه‌های مختلف از جمله پزشکی صحبت می‌کنند. قابلیت‌هایی که در صورت رفع چالش‌های فنی و حقوقی می‌توانند نقش مهمی در توسعه و بهبود وضعیت بهداشت و درمان داشته باشند. اما نکته‌ای که تاکنون مغفول مانده، وجود شرایط نابرابر در بهره‌مندی از این قابلیت‌ها است. وقتی از اصول حاکم بر فن آوری کوانتومی مسئولیت‌پذیر، صحبت می‌شود، به طور قطع یکی از این اصول، اصل مشارکت است. هدف از طرح این اصل، ایجاد شرایط لازم برای انجام تحقیق و توسعه‌ی شفاف و منطبق با شرایط در جهت حصول اطمینان از بهره‌مندی همگان از مزایای این فن آوری است. تا جایی که شکاف کوانتومی و محرومیت بخش خاصی از جوامع از مزایای این فن آوری برطرف شده و دسترسی منصفانه و عادلانه به فن آوری کوانتومی با شعار کوانتوم برای همه ترویج و تشویق گردد. شاید علت اصلی برای بیان نگرانی در خصوص احتمال ایجاد شکاف کوانتومی، به پیچیده بودن مراحل تحقیق و توسعه و نیاز به زیرساخت‌های گران قیمت، در جهت کسب توانمندی لازم در این حوزه مربوط باشد. در نتیجه بدون انجام اقدامات پیشگیرانه و کنترل‌کننده در این زمینه، تنها کشورهای خاصی می‌توانند از قابلیت‌های این فن آوری بهره‌مند گردند. این نوع تقسیم‌بندی و وجود شرایط تبعیض‌آمیز نه تنها با اصول اخلاقی در تضاد است، بلکه با آرمان‌های توسعه‌ی پایدار از جمله تضمین یک زندگی توأم با سلامت برای همه و در تمامی سنین نیز هیچ گونه هماهنگی ندارد. چرا که نمی‌توان منکر نقش مؤثر این فن آوری در تأمین سلامت عمومی جامعه شد.

لذا باید زمینه‌ی لازم در جهت گفتگو و تبادل اطلاعات، میان کشورها در سطح بین‌المللی فراهم گردد. به عبارت دیگر، کشورهای توسعه‌یافته‌ی فعال در حوزه‌ی فن آوری کوانتومی تلاش کنند، ضمن فراهم نمودن شرایط لازم در جهت تسهیل دسترسی کشورهای ضعیف‌تر به قابلیت‌های این فن آوری، با برگزاری دوره‌های آموزشی و تشکیل انجمن‌های علمی با حضور کارشناسان از کشورهای مختلف، امکان تربیت متخصصین فن آوری کوانتومی از طراحی تا تولید را فراهم سازند. به نحوی که در گذر زمان، کشورهای کمتر توسعه‌یافته نیز توانایی انجام تحقیقات و توسعه‌ی این فن آوری را در حوزه‌ی پزشکی، به صورت مستقل کسب نمایند. حضور متخصصین از کشورهای مختلف، همراه با دیدگاه‌های متفاوت، در مرحله‌ی تحقیق، توسعه و نهادینه‌سازی سازوکارهای مرتبط با عملکرد یک برنامه با توجه به بازخورد اجتماعی آن می‌تواند به ایجاد فضای علمی در جهت کاهش خطرات بالقوه و آسیب‌های جبران‌ناپذیر و همچنین، از بین بردن شکاف کوانتومی، کمک کند. (Kop, 2021: 32) همچنین دولت‌ها باید بحث آموزش کادر درمان را نیز مد نظر داشته باشند. استفاده‌ی صحیح از قابلیت‌های این فن آوری نقش مهمی در کاهش آسیب‌های جبران‌ناپذیر وارد شده بر بیماران خواهد داشت. در این راستا متعهد نمودن شرکت‌های خصوصی فعال در حوزه‌ی کوانتوم، ضمن تنظیم قرارداد خرید محصولات، جهت ارائه‌ی خدمات آموزشی به کادر پزشکی نیز نکته‌ی مهمی است که نباید فراموش گردد.

۳-۳- تعهد به ایجاد مسئولیت‌پذیری در مورد جبران پیامدهای ناخواسته‌ی ناشی از فن آوری کوانتومی

یکی از اصول بنیادین تحقیق و توسعه‌ی مسئولیت‌پذیر، که قابل تسری به فرایند تحقیق، توسعه و تولید فن آوری کوانتومی نیز می‌باشد، اصل مسئولیت‌پذیری و پذیرش عواقب منفی ناشی از ارائه‌ی فن آوری‌های نوین است. (Stilgoe, 2018: 1573) همان‌طور که باید جریان تحقیقات به سمت تأمین اهداف توسعه‌ی پایدار سازمان ملل متحد، برای تأمین منفعت بشری، از جمله حق همگان در بهره‌مند شدن از بالاترین استانداردهای سلامتی، هدایت گردد، لزوم استفاده‌ی هوشمندانه از این فن آوری به عنوان یک تعهد اصلی همواره مورد توجه فعالان حقوق بشری بوده است. به عبارت دیگر، در استفاده از قابلیت‌های فن آوری کوانتومی، ضمن خودداری از تشدید مشکلات موجود مانند تبعیض، فقدان ایمنی و نقض حریم خصوصی بیماران، باید شرایطی فراهم گردد که منجر به تحمیل آسیب‌های جدید به بیماران نشده و در صورت پیدایش آثار ناخوشایند برای بیماران، اصل پذیرش مسئولیت به جبران خسارت حکم‌فرما باشد. یعنی سازوکاری طراحی شود که به طور مستمر پیامدهای ناخواسته‌ی فن آوری کوانتومی در خلال تحقیق، توسعه و استفاده را بررسی نموده و به دنبال ارائه‌ی راهکار برای حل مشکلات مرتبط باشد. در واقع توسعه و پذیرش فن آوری کوانتومی متعهد در گذر زمان، منوط به وجود بازخورد و اتخاذ روش‌های دیگری برای پی‌گیری و ارزیابی نتایج ناخوشایند آن در زمینه‌های مختلف از جمله مسائل اجتماعی و حقوقی باشد. در این راستا دولت‌ها مکلف هستند ضمن تأکید بر مسئولیت حقوقی شرکت‌های فعال در حوزه فن آوری کوانتومی، از طریق تأسیس نهادهای نظارتی و الزام شرکت‌ها به دریافت مجوزهای قانونی مربوط به ایمنی محصولات، سازوکار حقوقی و قضایی لازم در جهت مراجعه‌ی افراد آسیب دیده برای طرح دعوی حقوقی و دریافت غرامت فوری و عادلانه را پیش‌بینی نمایند. در این راستا نظارت بر نحوه‌ی جمع‌آوری داده‌ها، منابع اطلاعاتی و چگونگی استفاده از آن‌ها با توجه به اهمیت احترام به حریم خصوصی بیماران، نیز نباید فراموش گردد. این نکته‌ی مهم نیز نباید فراموش گردد که، شرکت‌های خصوصی، با استناد به اصول راهنمای تجارت و حقوق بشر سازمان ملل متحد، در اجرا و تأمین اصول بنیادین حقوق بشری مسئولیت داشته و باید از عهده‌ی جبران خسارت‌های وارده در اثر نقض این حقوق برآیند. مسئولیتی که مجدداً در گزارش کمیته‌ی مشورتی شورای حقوق بشر با عنوان آثار، فرصت‌ها و چالش‌های احتمالی فن آوری دیجیتال در ترویج و حفاظت از حقوق بشر نیز مورد تأکید قرار گرفت.^۱ در عمل نمی‌توان نقش بخش خصوصی را کم‌اهمیت جلوه داد، چرا که این بخش منبع بسیاری از چالش‌های جدید حقوق بشری است. به نحوی که می‌تواند به صراحت حقوق بنیادین بشری را تحت تأثیر خود قرار داده و نقض کند، اما قربانیان اقدامات‌شان نمی‌توانند، از حمایت مناسب یا شیوه‌ی منصفانه‌ی جبران خسارت بهره‌مند گردند. علت این موضوع را از یک طرف می‌توان در ضعف دولت‌ها در پاسخ‌گو نمودن متخلفان و از سوی دیگر در کاستی‌ها و ابهامات اصول راهنمای تجارت و حقوق بشر سازمان ملل متحد جستجو نمود، شرایطی که به رغم افزایش آگاهی بخش خصوصی از تعهدات حقوق بشری‌شان، می‌تواند منجر به شانه خالی کردن از بار مسئولیت گردد.

۴- ایجاد نظام حقوقی در جهت کنترل و نظارت بر فن آوری کوانتومی

^۱ Possible impacts, opportunities and challenges of new and emerging digital technologies with regard to the promotion and protection of human rights



همان‌طور که در بخش‌های سابق گفته شد، بازار جهانی فن‌آوری کوانتومی، در حال توسعه و گسترش فزاینده می‌باشد فلذا متخصصان در سراسر جهان مشغول شناخت و بررسی آثار حقوقی-اجتماعی این فن‌آوری هستند در این راستا، موضوعی که نباید از چشم حقوق‌دانان و سیاست‌مداران دور بماند، این است که در کنار پذیرش و تشخیص تغییرات ایجاد شده و در حال ایجاد، باید اقدامات لازم در جهت تدوین و توسعه نظام حقوقی مدون با هدف کنترل و نظارت بر فعالیت‌های مرتبط در این حوزه از فن‌آوری صورت پذیرد. این امر به ویژه با توجه به تهدیدات بالقوه علیه امنیت داده‌ها و فاش نمودن اطلاعات شخصی و محرمانه بسیار حائز اهمیت است. عدم تصویب مقررات جامع در خصوص حفاظت از حریم خصوصی، امنیت و سلامت کاربران، سقوط در دره بی‌نظمی و ناامنی، را به امری گریزناپذیر تبدیل خواهد کرد. موضوعی که مورد توجه کشورهای مختلف جهان قرار گرفته و شروع به اتخاذ برخی اقدامات پیشگیرانه در این حوزه نموده‌اند. (Derose, 2023: 3) بدون شک، توسعه و شکل‌گیری چارچوب قانونی در جهت نظارت و مدیریت منظم فن‌آوری کوانتومی قبل از توسعه‌ی گسترده آن امری مهم و حیاتی می‌باشد. در این راستا، باید به چند ابهام و پرسش کلیدی، توجه نمود. اول این که تصویب مقررات لازم‌الاجرای ملی و بین‌المللی در این راستا ضرورت دارد، یا این که می‌توان بر مبنای خود تنظیمی و همکاری مشترک میان دولت‌ها و شرکت‌های فعال در حوزه فن‌آوری کوانتومی، به اطمینان لازم رسید؟ دوم این که، آیا می‌توان با تجدیدنظر و اصلاح قوانین موجود در حوزه‌های دیگر، مثل هوش مصنوعی، مقررات آن‌ها را به فن‌آوری کوانتومی، نیز تسری داد؟ پاسخ به ابهامات مطرح شده، نیازمند توجه به دو موضوع مهم است:

۱-۴- تصویب قوانین و مقررات بین‌المللی

تصویب قانون به منظور ایجاد یک چارچوب مدون در جهت کنترل فن‌آوری کوانتومی، بدون شک امری گریزناپذیر است، اما قبل از آن باید به دو نکته توجه داشت، اول این که توسعه و گسترش فن‌آوری کوانتومی، محدود به یک کشور نبوده و پدیده‌ای جهانی محسوب می‌شود، دوم، این که، قوانین و مقررات، عمدتاً بیانگر تعهدات و تکالیف هستند، اما اجرایی شدن این تکالیف ارتباط مستقیمی با منافع و مصالح سیاسی دولت‌ها دارد. به عبارت دیگر، این دولت‌ها هستند که تصمیم می‌گیرند قوانین را به چه نحو اجرا کنند. لذا تصویب قوانین جهانی در راستای کنترل و نظارت بر فرآیند توسعه و گسترش فن‌آوری کوانتومی، تنها بخشی از ماجرا می‌باشد. به نظر می‌رسد، که سازمان‌های بین‌المللی جهانی، مثل سازمان ملل متحد بتوانند در این حوزه نقش مهمی را ایفا کنند. در چارچوب این سازمان با کمک سازمان‌های تخصصی وابسته، می‌توان، برای توسعه و تدوین استانداردها و مقررات جدید و به‌روز در حوزه کوانتوم اقدام نمود. چنین تجربه‌ای را سازمان ملل متحد در حوزه‌های مختلف از جمله تغییرات اقلیمی و همچنین هوش مصنوعی داشته است. به این ترتیب که با تشکیل کارگروه‌های تخصصی^۱ و انجام ارزیابی‌های علمی منظم و سازمان‌یافته، به سیاست‌مداران ضمن اعلام هشدار نسبت به پیامدها و خطرات احتمالی ناشی از تغییرات اقلیمی، گزینه‌هایی را در جهت کنترل و کاهش این عواقب منفی، پیشنهاد داده است. علاوه بر این مورد، در سال ۲۰۲۰ نیز پیش‌نویس توصیه‌های یونسکو

1 The Intergovernmental Panel on Climate Changes



در اخلاق هوش مصنوعی^۱، با هدف ایجاد یک چارچوب اخلاقی - حقوقی بین المللی در رابطه با تحقیق، توسعه، تولید و توسل به سیستم‌های هوش مصنوعی با همت یونسکو و همکاری کارشناسان بین المللی به مجمع عمومی سازمان ملل متحد ارائه و یک سال بعد لازم الاجرا گردید. تجربه ثابت کرده است که به‌رغم وجود چالش‌های آشکار در کسب اجماع جهانی در میان تمام دولت‌ها، همواره مقررات بین المللی امکان گسترش همکاری و ایجاد انسجام در مواجهه با چالش‌های ناشی از توسعه و گسترش فن آوری‌های نوین را فراهم نموده است. (Kop,2022:619)

۲-۴- تسری قوانین بین المللی موجود به حوزه‌ی فن آوری کوانتومی

در حال حاضر، مقررات خاصی در مورد توسعه و استفاده از فن آوری کوانتومی در مراقبت‌های بهداشتی وجود ندارد اما در زمینه نظارت و کنترل سایر فن آوری‌ها مثل هوش مصنوعی مجموعه مقرراتی وجود دارد که می‌توان از آن‌ها حداقل به عنوان راهنما و الگو در شکل‌دهی و توسعه نظام حقوقی حاکم بر فن آوری کوانتومی استفاده نمود. به عنوان مثال در سطح اتحادیه اروپا می‌توان مدعی شد که تولید عرضه و استفاده از تجهیزات پزشکی کوانتومی باید تابع مقررات اتحادیه اروپا در مورد تجهیزات پزشکی^۲ باشد. همچنین، می‌توان به دستورالعمل پیشنهادی مسئولیت هوش مصنوعی اتحادیه اروپا^۳ اشاره نمود. چارچوب قانونی که بر اساس آن افراد می‌توانند برای جبران آسیب‌های وارد شده توسط هوش مصنوعی شکایت کرده و مطالبه خسارت نمایند. در بحث حریم خصوصی و حفاظت از اطلاعات شخصی، می‌توان مقررات عمومی اتحادیه اروپا در حفاظت از داده‌ها^۴ را که در ۲۵ می سال ۲۰۱۸ لازم‌الاجرا گردید، را در نظر گرفت. بر اساس ماده‌ی ۳۳ این مقررات، شرکت‌های تجاری عرضه‌کننده کالا یا خدمات به ساکنین کشورهای عضو اتحادیه اروپا، مکلف به رعایت ۶ تعهد کلیدی در این رابطه هستند: اول، تعهد به پی‌گیری و بررسی موارد مرتبط با افشای اطلاعات یا دسترسی غیر مجاز به اطلاعات محرمانه و شخصی، در جهت شست‌وسازی شخص یا اشخاص متخلف و تعیین زمان انجام تخلف، دوم، تعهد به تأمین امنیت داده‌ها و ایمن‌سازی شبکه‌های رایانه‌ای، به منظور جلوگیری از به خطر انداختن اطلاعات شخصی، مانند داده‌های بیومتریک یا ژنتیکی، سوم، حفاظت از حریم خصوصی در طراحی، به عبارت دیگر، شرکت‌ها مکلف شده‌اند، حفاظت از حریم خصوصی افراد را در محور اصلی تمام فعالیت‌ها و محصولات خود، قرار دهند. چهارم، لزوم تدوین مقررات دقیق و سخت‌گیرانه، در خصوص لزوم کسب رضایت از افرادی که اطلاعات و داده‌های آن‌ها توسط شرکت‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. مورد پنجم، تضمین رعایت حق کاربران به دسترسی، اصلاح، پاک کردن و اعتراض به داده‌های شخصی‌شان و بالاخره مورد ششم، تعیین مدیر امنیت، به منظور محافظت از داده‌ها و اطلاعات، با هدف جلوگیری از دسترسی افراد غیر مجاز و سودجو. به نظر می‌رسد، موارد مطرح شده را بتوان به عنوان مبنا و الگو در جهت کنترل و نظارت بر فعالیت شرکت‌های مشغول در حوزه‌ی فن آوری کوانتومی نیز مد نظر قرار داد.

1 - First Draft of the Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence, UNESCO, SHS/BIO/AHEG-AI/2020/4 REV.2.

2 Regulations (EU) 2017/745 on Medical Devices

3 EU AI Liability Directive

4 General Data Protection Regulation ("GDPR")



در این راستا، برخی بر این باورند که می‌توان با استناد بر قوانین و تعهدات حقوقی موجود در حوزه‌ی هوش مصنوعی، نظام حقوقی حاکم بر فن‌آوری کوانتومی را تدوین و تصویب نمود و در توجیه این دیدگاه به ارتباط نزدیک میان این دو فن‌آوری اشاره می‌کنند. به عنوان مثال یادگیری ماشین کوانتومی، تلفیقی از محاسبات کوانتومی و یادگیری ماشین است که با استفاده از کیوبیت‌ها می‌تواند، محاسبات پیچیده را بسیار سریع‌تر از رایانه‌های کلاسیک انجام دهد. کما این‌که نباید از این حقیقت غافل شد که در طراحی و توسعه ساختار حقوقی حاکم بر فن‌آوری کوانتومی باید ویژگی‌های فیزیکی منحصر به فرد آن را نیز در نظر گرفت.

(Kop,2021:7)

توجه به این نکته‌ی مهم ضروری است که، در تدوین و توسعه‌ی چارچوب حقوقی منسجم، متناسب و متکاملی که به بتواند، بیانگر الزامات و تعهدات قانونی در خصوص مسئولیت‌پذیری، پیش‌بینی، پیش‌گیری و جبران خسارت‌های ایجاد شده در نتیجه استفاده از فن‌آوری کوانتومی، در حوزه‌های مختلف، بخصوص حوزه‌ی حساس بهداشت و درمان بوده و توانایی سازگاری با سرعت زیاد تحولات این فن‌آوری را داشته باشد، هفت اصل بنیادین، باید مد نظر قرار گیرد: اول، احترام به حقوق بنیادین بشری، کرامت انسانی، نظارت و عاملیت انسانی، دوم، عدالت، منع تبعیض، رفاه، شفافیت، بی‌طرفی و فقدان تعصب، سوم، برابری در دسترسی و آموزش عموم مردم در مورد قابلیت‌ها و مزایای فن‌آوری کوانتومی، چهارم، استفاده از این فن‌آوری به شیوه‌ای مسئولانه بر اساس حاکمیت قانون، پنجم، تضمین تأمین ایمنی و امنیت افراد از طریق اجرای استانداردها و معیارهای سختگیرانه و دقیق، ششم، پیروی از قوانین و مقررات مربوط به حفاظت از داده‌ها و حریم خصوصی و بالاخره، هفتم، استفاده از قابلیت‌های این فن‌آوری در چارچوب اهداف توسعه‌ی پایدار و ممانعت از بروز آثار منفی علیه جامعه و بشریت.

سیاست‌مداران و قانون‌گذاران باید با هدف ممانعت از بروز آسیب‌های جبران‌ناپذیری که ممکن است توسط این فن‌آوری ایجاد شود، مجموعه مقررات متناسب با قدرت و سرعت پیشرفت فن‌آوری کوانتومی را تهیه و تدوین نمایند. نظام حقوقی که منجر به توسعه‌ی هر چه بیشتر استفاده از قابلیت‌ها و نوآوری‌های فن‌آوری کوانتومی در جهت تأمین رفاه، آسایش، سلامت و امنیت مردم گردد.

نتیجه‌گیری

فن‌آوری کوانتومی می‌تواند انقلاب بزرگی در حوزه‌ی بهداشت و درمان از طریق افزایش سرعت و دقت در تشخیص بیماری‌ها، تولید دارو و همچنین تحقیقات ژنتیک و بسیاری از جنبه‌های دیگر علم پزشکی و درمان ایجاد کند. اما این قابلیت‌ها نمی‌تواند بدون توجه به حقوق بنیادین بیماران مورد استفاده قرار گیرد. بیماران حق دارند که در فضایی امن و مطمئن درمان شده و پیشرفت فن‌آوری باید در جهت احترام به اصول و ارزش‌های بنیادین حقوق بشری، هدایت گردد. دولت‌ها و همچنین، شرکت‌های فعال در این حوزه باید نسبت به موضوع طراحی و توسعه‌ی فن‌آوری کوانتومی در حوزه‌ی پزشکی به این نکته‌ی مهم توجه داشته باشند که هیچ امری مهم‌تر از حق حیات بشری نیست. نمی‌توان مدعی توسعه و پیشرفت فن‌آوری در جهت تأمین و اجرای حق بر



سلامت شد، اما حقوق بیماران در داشتن حیات و امنیت را نادیده گرفت. تولید و توسعه‌ی هر نوع فن آوری بدون رعایت اصول اخلاقی نه تنها گام مثبتی در جهت رفاه شهروندان نیست بلکه می‌تواند به ابزاری در جهت نقض حقوق بنیادین آن‌ها تبدیل گردد. فن آوری کوانتومی نیز از این قاعده مستثنا نیست. این فن آوری می‌تواند فرصت‌ها، چالش‌ها و خطرات مختلفی را در گذر زمان با خود به همراه داشته باشد. برخی از این چالش‌ها مانند مشکلات مربوط به تشخیص پزشکی و حفاظت از حریم خصوصی بیماران، نیازمند توجه فوری است. همچنین، می‌توان با اتخاذ تدابیر پیش‌گیرانه در جهت تضمین تحقیقات و توسعه‌ی مسئولیت‌پذیر، پیامدهای اخلاقی-حقوقی این فن آوری را که ممکن است در دراز مدت ظاهر شوند کنترل نمود. بنابراین چارچوب مناسب برای فن آوری کوانتومی متعهد و مسئولیت‌پذیر در حوزه‌ی پزشکی، اهمیت احترام به ارزش‌های اخلاقی، حقوقی، اجتماعی، را همراه با توجه به لزوم پیش‌بینی، پیش‌گیری و حفاظت از بیماران در برابر خطرهای احتمالی و پذیرش مسئولیت ناشی از عواقب توسعه‌ی این فن آوری مد نظر دارد. چارچوبی که پژوهشگران، توسعه‌دهندگان، سرمایه‌گذاران و به طور کلی تمامی ذی‌نفعان در توسعه و بازاریابی فن آوری کوانتومی را در برمی‌گیرد. تا اطمینان حاصل شود در خلال توسعه و گسترش این فن آوری ملاحظات اخلاقی و حقوقی در جهت افزایش آثار مثبت اجتماعی آن نیز مدنظر است. در جهت طراحی و توسعه‌ی این چارچوب پیشنهاد می‌شود: در سطح ملی، فرایند نظارت بر جمع‌آوری داده‌ها و نحوه‌ی به اشتراک گذاشتن آن‌ها از سوی نهادهای دولتی متخصص در حوزه‌ی بهداشت و درمان یا نهادهای غیردولتی معتبر و بی‌طرف، انجام گردد. قوانین و مقررات الزام‌آوری در مورد نحوه‌ی انتساب مسئولیت و شیوه‌ی جبران خسارت‌های ناشی از استفاده از فن آوری کوانتومی در مراکز درمانی با هدف ممانعت از بی‌مسئولیتی، بخصوص در مورد شرکت‌های غیر دولتی، تصویب گردد. برنامه‌های آموزشی مدون و مشخصی جهت آموزش کادر درمان و آشنا نمودن آن‌ها با فن آوری کوانتومی و شیوه استفاده‌ی صحیح از قابلیت‌هایش در حوزه‌ی بهداشت و درمان با نظارت و همکاری مجامع علمی معتبر برگزار گردد. در سطح بین‌المللی نیز، بدون شک اولین اقدام لازم در این زمینه تصویب کنوانسیون بین‌المللی با محوریت نظارت و کنترل بر توسعه و گسترش فن آوری کوانتومی در حوزه‌های مختلف از جمله بهداشت و درمان، مانند آنچه توسط یونسکو در مورد هوش مصنوعی ارائه گردید، می‌باشد. در این کنوانسیون باید بر لزوم همکاری میان کشورها از نظر تبادل اطلاعات و حمایت‌های مالی کشورهای ثروتمند از کشورهای ضعیف، با هدف کاهش شکاف کوانتومی در سطح جهان، تأکید گردد. لزوم نظارت بر عملکرد شرکت‌های چندملیتی فعال در حوزه‌ی فن آوری کوانتومی از منظر پایبندی به تعهدات اخلاقی و حقوق بشری نیز از اهمیت قابل توجهی برخوردار است. این اقدام می‌تواند با کمک سازمان‌های غیر دولتی مردم‌نهاد انجام شود. بر اساس تحلیل حقوقی به‌عمل‌آمده، می‌توان نتیجه گرفت که توسعه و بهره‌برداری از فن آوری کوانتومی باید در چارچوب مقررات و استانداردهای حقوق بشری، از جمله حق بر سلامت، صورت گیرد. این امر نیازمند وضع قوانین جامع و هماهنگی است که مسئولیت‌پذیری فن آوری، حفاظت از حقوق فردی و تضمین بهره‌برداری عادلانه را تضمین کند. به‌خصوص، دولت‌ها و نهادهای نظارتی باید نقش فعال در تنظیم، نظارت و کنترل این فن آوری‌ها ایفا کنند تا منافع عمومی حفظ شده و حقوق بیماران تضییع



نگردد. اهمیت برقراری توازن میان فن‌آوری کوانتومی و حقوق بنیادین بشری، به ویژه حق بر سلامت، ایجاب می‌کند که مسیر توسعه این فن‌آوری با ضمانت‌های حقوقی مناسب همراه گردد تا ضمن بهره‌مندی از فرصت‌های آن، حقوق بنیادین بشری نیز محفوظ گردد.



منابع

پیرزاده، پیمان، طالب زاده، ناصر، موسوی موحدی، علی اکبر (۱۳۸۵)، «پزشکی کوانتومی»، نشریه‌ی پژوهش در پزشکی، دوره‌ی ۳۰، شماره‌ی ۱، ۷۹-۷۳.
ستایش‌پور محمد، احمدی، الناز (۱۴۰۰)، «حق بر بهداشت از منظر اسلام و حقوق بین الملل»، فصلنامه علمی مطالعات حقوق بشر اسلامی، دوره‌ی ۱۰، شماره‌ی ۲، ۱۱۷-۱۰۱.

1. Aboy, T., Mnsen, M ۲۰۲۲. Mapping the Patent Landscape of QI: Patenting Trends, Innovation and Policy Implications. *International Review OF Intellectual Property and Competition Law* ۳:pp. ۸۵۳-۸۸۲.
2. Alasti, Keyvan. ۲۰۱۹. Responsible Research and Innovation and the Concept of Moral Responsibility. *Methodology of Social Sciences and Humanities* ۲۵:pp.۵۹-۸۰.
3. Ayoade ,O, Rivas, P., Ordaz, J. ۲۰۲۲. Artificial Intelligence Computing at the Quantum Level. *Journal of Data* ۷:pp.۱-۱۲.
4. Bharti ,K, Cervera-Lierta, A, Alperin-Lea, S.۲۰۲۲. Noisy Intermediate-Scale Quantum Algorithms. *Rev. Mod. Phys* ۹۴:pp.۱-۱۵.
5. Brogan, Janes. M ۲۰۲۱. ۲۰۲۱ The Next Era of Biomedical Research: Prioritizing Health Equity in the Age of Digital Medicine. *Voices Bioethic* ۷:pp. ۱-۴.
6. Derose, Kaya. ۲۰۲۳. Establishing the Legal Framework to Regulate Quantum Computing Technology. *Catholic University Journal of Law and Technology* ۳۱:pp.۱-۲۹.
7. Duan, S., Cong, S., Song, Y. ۲۰۲۱. A Survey on Quantum Positioning System. *Int. J. Model. Simul* ۴:pp. ۲۶۵-۲۸۳.
8. Frederik, F. Flöther .۲۰۲۳. The State of Quantum Computing Applications in Health and Medicine. *Research Directions: Quantum Technologies* ۱۰:pp. ۱-۱۰.
9. Giang, Vu. ۲۰۲۳. Quantum Computing and its Applications in Healthcare. *ODU Undergraduate Research Journal* ۱۰:pp.۱-۱۳.
10. Illiano, J., Calffi, M, Cacciapuoti, A. S. ۲۰۲۲. Quantum Internet Protocol Stack: A Comprehensive Study. *Computer networks* ۲۱:pp.۹۲-۱۰۹.
11. Inglesant, P., Ten, Hlter, C., Jirotko, M, and Williams, R. ۲۰۲۱. Asleep at the wheel? Responsible Innovation in quantum computing, Technology Analysis and Strategic Management ۱:pp.۱-۱۳.
12. Jaschke, D, Montanero, S. ۲۰۲۳. Is Quantum Computing Green? An Estimate for an Energy-Efficiency Quantum Advantage. *Quantum Science and Technology* ۸:pp. ۱-۱۶.



۱۳. Kop, Mauritz. ۲۰۲۱. Establishing a Legal-Ethical Framework for Quantum Technology. *Yale Journal of Law and Technology* ۵: pp. ۱-۲۵.
۱۴. Kop, Mauritz. ۲۰۲۱. Ethics in the Quantum Age. *Physics World* ۳۴: pp. ۳۱-۴۰.
۱۵. Kop, Mauritz. ۲۰۲۲. Intellectual Property in Quantum Computing and Market Power: A Theoretical Discussion and Empirical Analysis. *J. INTEL. PROP. L. & PRAC* ۱۷: pp.
۱۶. Mitchell, M, Lena, K. ۲۰۱۹. Digital Technology and the Future of Health Systems. *Health Systems & Reform* ۵: pp. ۱۱۳-۱۲۰.
۱۷. Pansera, M, Owen, R, Meacham, D. ۲۰۲۰. Embedding Responsible Innovation within Synthetic Biology Research and Innovation: Insights from a UK Multi-disciplinary Research Centre. *Journal of Responsible Innovation* ۷: pp. ۳۸۴-۴۰۹.
۱۸. Parnet, W., Khalik, F. ۲۰۲۳. Judicial Review of Public Health Powers Since the Start of the COVID-19 Pandemic: Trends and Implications. *Am J Public Health* ۱۱۳: pp. ۲۸۰-۲۸۷.
۱۹. Possati, Luca. M. ۲۰۲۳. Ethics of Quantum Computing: An outline. *Philosophy & Technology* ۴۸: PP. ۳۰-۵۱.
۲۰. Rasool, UR, Hafiz, F., Wajid, R. ۲۰۲۳. Quantum Computing for Healthcare: A Review. *Future Internet* ۱۵: pp. ۱-۳۶.
۲۱. Sarkar, A, Al-Ars, Z., Bertels, K. ۲۰۲۱. Estimating Algorithmic Information Using Quantum Computing for Genomics Applications. *Appl. Sci* ۱۱: pp. ۱-۲۹.
۲۲. Smith, F. ۲۰۲۰. Quantum Technology Hype and National Security. *Security and Dialogue* ۵۱: pp. ۴۹۹-۵۱۶.
۲۳. Stilgoe, R., P, Macnaghten. ۲۰۱۸. Developing a Framework for Responsible Innovation. *RESEARCH POLICY* ۴۷: pp. ۱۵۶۸-۱۵۸۰.
۲۴. Ten Houter, P., Jirotko, C., Williams R. ۲۰۲۱. Asleep at the wheel? Responsible Innovation in Quantum Computing. *Technology Analysis and Strategic Management* ۱۰: pp. ۱-۱۳.
۲۵. Wilson, CD, Probe, RA. ۲۰۲۰. Shared Decision-making in Orthopedic Surgery. *J Am Acad Orthop Surg* ۲۸: pp. ۱۰۳۲-۱۰۴۱.
۲۶. Wolbring, G. ۲۰۲۲. Social Implications of QT in Connection to EDI-Frameworks (Equity, Diversity, and Inclusion). *SOCIETIES* ۱۲: pp. ۴۱-۴۹.
۲۷. Zeki, C., Kelvin, W. ۲۰۲۳. Global Innovation and Competition in Quantum Technology, Viewed Through the Lens of Patents and
۲۸. Artificial Intelligence. *International Journal of Intellectual Property*