فصلنامه علمی جامعه شناسی سیاسی انقلاب اسلامی
دوره ۷، شماره ۲، شماره پیاپی (۲۶)، تابستان ۱۴۰۵، ص ۱۳۴ ـ ۱۰۵
ISC
Islamic World Science Citation Center
نوع مقاله: پژوهشی
شاپا الکترونیکی: ۵۲۰۰-۲۷۸۳
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۴/۱۹

تبیین کارکرد فناوری کوانتوم در جامعه‌شناسی سیاسی انقلاب اسلامی و جامعه‌شناسی حقوق بین‌الملل

علیرضا رضایی[۱] محمدرضا قنبری سلحشور[۲] مهدی اسکندری خوشگو[۳]

چکیده:

فناوری کوانتوم به دلیل ویژگی‌های خاص خود، از قبیل غیرقطعی بودن و هم‌زمانی، توانایی تغییر الگوهای موجود در تحلیل‌های سیاسی و اجتماعی را دارد. در حالی‌که جامعه‌شناسی سیاسی به بررسی رفتارهای اجتماعی و نقش آنها در تحلیل نظام‌های سیاسی می‌پردازد، بینش جدیدی که فناوری کوانتوم به این حوزه وارد می‌کند، قادر است به فهم عمیق‌تری از ساختارهای پیچیده اجتماعی و سیاسی یاری رساند. هدف این پژوهش بررسی کارکرد فناوری کوانتوم در جامعه‌شناسی سیاسی انقلاب اسلامی ایران و جامعه‌شناسی حقوق بین‌الملل است. پرسش اصلی پژوهش حاضر که به شیوه توصیفی – تحلیلی نگاشته شده، این است که چگونه فناوری کوانتوم قادر است در تبیین و تحلیل جامعه‌شناسی سیاسی انقلاب اسلامی ایران و جامعه شناسی حقوق بین الملل مؤثر واقع شود؟ یافته‌های پژوهش حاکی از آن است که فناوری کوانتوم، به ویژه در زمینه‌های جدیدی همچون پردازش اطلاعات و تحلیل داده‌ها، می‌تواند ظرفیت‌های بالقوه‌ای را برای تحلیل رفتارهای اجتماعی و سیاسی فراهم آورد. بهره‌برداری از فناوری کوانتوم قادر است به تبیین بهتر و عمیق‌تر مسائل جامعه‌شناسی سیاسی انقلاب اسلامی یاری رساند. فناوری کوانتوم با فراهم آوردن ابزارهای جدید تحلیل، درک عمیق‌تری از تحولات اجتماعی و چالش‌های سیاسی را ممکن می‌سازد. جامعه‌شناسی حقوق بین‌الملل در عصر کوانتوم، با گذار از یک نظم «خطی و مکانیکی» به یک نظم «شبکه‌ای و احتمالاتی» روبرو است. در این نظم جدید، مرزها، حاکمیت‌ها، و حتی خودِ مفهوم «دولت»، همگی تحت تأثیر درهم‌تنیدگی و عدم قطعیت قرار می‌گیرند. چالش اصلی برای آینده، تدوین نوعی «حقوق بین‌الملل کوانتومی» است که بتواند میان نیاز به «قطعیت و نظم» و ماهیت «احتمالاتی و پیچیده» فناوری کوانتوم (که واقعیت جدید جهان است) تعادل برقرار کند.

واژگان اصلی: فناوری کوانتوم، جامعه‌شناسی سیاسی، انقلاب اسلامی، حقوق بین‌الملل، نظام‌های سیاسی.

۱. گروه علوم سیاسی و روابط بین‌الملل، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران. (نویسنده مسئول)
dralireza.rezaei@iau.ac.ir
۲. گروه علوم سیاسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
۲. دانشجوی دکتری حقوق بین‌الملل عمومی، گروه حقوق، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران.

مقدمه

رسانه فناوری کوانتوم به‌عنوان یکی از ناشناخته‌ترین و پیچیده‌ترین زمینه‌های علمی در عصر حاضر، به سرعت در حال شگفت‌زده کردن جهان است. با وجود این‌که نظریه‌های کوانتومی از اوایل قرن بیستم شکل‌گرفته‌اند، اثرات آن‌ها بر عرصه‌های مختلف علمی و اجتماعی به مرور زمان ظاهر شده است. از جمله این اثرات می‌توان به بهبود و توسعه فناوری‌های اطلاعاتی، ارتباطی و پزشکی اشاره کرد که نه تنها زندگی روزمره افراد را متحول کرده بلکه اصول و مبانی تحلیل‌های اجتماعی و سیاسی را نیز دستخوش تغییر قرار داده است. در این راستا، انقلاب اسلامی ایران، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین و تحولات کلیدی در تاریخ معاصر، زمینه‌ساز مناسبات سیاسی و اجتماعی جدیدی بوده است که می‌توان آن‌ها را در پیوندی عمیق با تحولات فناورانه تحلیل کرد. انقلاب اسلامی ایران در سال ۱۹۷۹ میلادی نه تنها به‌عنوان یک رویداد سیاسی، بلکه به‌عنوان یک تغییر بنیادین اجتماعی و فرهنگی در ایران و کشورهای اسلامی در نظر گرفته می‌شود. در انقلاب اسلامی، اراده‌ی ملت به‌طور شفاف و قاطع در برابر نظام سلطه قرار گرفت و مطالبات مشترکی از جمله استقلال، آزادی و عدالت اجتماعی مطرح شد. انقلاب اسلامی به‌دنبال تغییر ساختارهای اجتماعی و نظام‌های سیاسی حاکم بود که‌اکنون در دنیای معاصر، استفاده از فناوری‌های نوین همچون فناوری کوانتوم قادر است به تحقق این آرمان‌ها یاری رساند. از این رو، مطالعه کارکرد فناوری کوانتوم در عرصه جامعه‌شناسی سیاسی انقلاب اسلامی ایران ضرورت دارد تا ابعاد نوین این جنبش اجتماعی را درک کرده و نسبت به راهکارهای ممکن برای پیشبرد آرمان‌های آن آگاه شویم. با توجه به تحولات روزافزون و پیچیدگی‌های ناشی از پیشرفت‌های علمی و تکنولوژیکی، ضرورت پژوهش در حوزه فناوری کوانتوم و تاثیرات آن بر جامعه‌شناسی سیاسی به وضوح احساس می‌شود. اغلب مطالعات در حوزه جامعه‌شناسی سیاسی به بررسی عوامل تاریخی، سیاسی و اجتماعی بسنده می‌کنند و کمتر به تعاملات فناوری و رفتارهای اجتماعی پرداخته‌اند. در حالی‌که ارزیابی اثرات فناوری کوانتوم بر ساختارهای اجتماعی و سیاسی می‌تواند به فهم عمیق‌تری از رفتار کنشگران اجتماعی و تصمیم‌گیرندگان سیاسی بینجامد. فناوری کوانتوم با ایجاد شبکه‌های اطلاعاتی و ارتباطی پیچیده، قادر است لایه‌های جدیدی از تحلیل اجتماعی را شکل دهد که در آن روابط میان عوامل اجتماعی و سیاسی به‌نوعی گریز از پیچیدگی‌های قدیمی را تجربه کند. ضرورت این پژوهش به دو دلیل اصلی قابل توجیه است: اول، برای پر کردن خلأهای موجود در ادبیات علمی در خصوص روابط میان فناوری کوانتوم و تحلیل‌های اجتماعی سیاسی در بستر انقلاب اسلامی و

دوم، برای بررسی تـاثیرات خـاص و عمیـق فنـاوری کوانتـوم در تحـولات اجتمـاعی و نظام‌هـای سیاسی، به‌ویژه در زمینـه‌هایی نظیـر رفتـار انتخابـاتی، مشـارکت اجتمـاعی و تحـولی سیاسـی کـه به‌صورت مستقیم با آرمان‌های انقلاب اسلامی مرتبط اسـت و در آنجـا فنـاوری کوانتـوم می‌توانـد به‌عنوان ابزار و اهرم مؤثر شناخته شود. در تحقیق حاضر، مسئله اصلی بـه بررسـی نقـش و کـارکرد فناوری کوانتوم در تحلیل جامعه‌شناسی سیاسی انقلاب اسلامی ایران مرتبط می‌شـود. پرسشـی کـه تداعی می‌شود این است که چگونه می‌توان از فناوری کوانتوم برای تبیین و تحلیـل بهتـر رفتارهـای اجتماعی و متغیرهای سیاسی در بستر انقلاب اسلامی بهره برد؟ پاسخ به این پرسش نیاز به بررسـی دقیق روابط کنشگران اجتماعی، اطلاعات معاصر و نظام‌های سیاسـی دارد کـه عمیقـاً تحـت تـأثیر متغیرهای جدید اجتماعی و تکنولوژیکی قرار دارند. به ویژه، به نظر می‌رسـد کـه فنـاوری کوانتـوم قادر است یاری رساند تا نظریات و مدل‌های قدیمی تحلیل اجتمـاعی تجدیـدنظر شـوند و تحـت تأثیر الگوهای جدیدی قرار گیرند که به دقت رفتارهای انسانی و اجتمـاعی را مـورد بررسـی قـرار دهند. مفهوم غیرقطعی بودن و هم‌زمانی در فناوری کوانتوم، می‌توانند در تبیین روابط بـین شـخص و جامعه و همچنین دینامیک‌های سیاسی، قدرت و مردم، به کار برده شوند. بـه عنـوان مثـال، رفتـار انتخاباتی مردم در زمان انتخابات، می‌تواند در بستر غیرقطعی بودن نهفتـه باشـد و ایـن خـود بسـتر جدیدی برای تحلیل‌های عمیق‌تر فراهم می‌آورد. فرضیه اصلی پژوهش، عبـارت اسـت از ایـن کـه فناوری کوانتوم با ارائه رویکردهـای نـوین و ابزارهـای مؤثرتحلیـل، قـادر اسـت بـه تبیـین و فهـم عمیق‌تری از رفتارهای اجتماعی و تحولات سیاسی انقلاب اسلامی ایران یـاری رسـاند و در نتیجـه به پیشبرد آرمان‌های آن یاری رساند.

۱. تبیین کارکرد فناوری کوانتوم در بهبود فرآیندهای تصمیم گیری سیاسی و اجتماعی

فناوری‌های کوانتومی که شامل محاسبه کوانتومی، حسگری کوانتومی، ارتباطـات کوانتـومی و الگوریتم‌های هوش مصنوعی مبتنی بر اصول کوانتومی می‌شوند، در سال‌های اخیر بـه عنـوان یکـی از عوامل تحول‌ساز در حوزه تصمیم‌گیری‌های سیاسی و اجتماعی شناخته شـده‌اند. تحـول یادشـده نه صرفاً به دلیل توان محاسباتی بسیار بالاتر این فناوری‌ها نسـبت بـه سـامانه‌های کلاسـیک اسـت، بلکه به دلیل ویژگی‌های بنیادی نظریه مکانیک کوانتـومی، ماننـد ابرپوشـانی، درهم‌تنیـدگی و عـدم قطعیت که امکان پردازش اطلاعات به شیوه‌ای کاملاً نوین را فراهم می‌آورد، می‌باشـد. در ادامـه بـه

بررسی دقیق از نحوه تأثیر این فناوری‌ها بر فرآیندهای تصمیم‌گیری می‌پردازیم، به‌طوری که جنبه‌های مختلف سیاسی از جمله طراحی سیاست عمومی، پیش‌بینی نتایج انتخاباتی، تحلیل ریسک‌های ژئوپولیتیک و مدیریت بحران و همچنین جنبه‌های اجتماعی از قبیل تحلیل رفتار جمعی، ارزیابی اثرات برنامه‌های اجتماعی و بهبود نظام‌های رفاهی تحت پوشش قرار گیرند. محاسبه کوانتومی، که به کمک کیوبیت‌ها (واحدهای اطلاعاتی کوانتومی) قادر است به‌صورت همزمان به حالت‌های متعدد پردازش برسد، به‌ویژه در مسائلی که شامل بهینه‌سازی‌های ترکیبی، شبیه‌سازی سیستم‌های پیچیده و یافتن الگوهای نهفته در داده‌های عظیم است، می‌تواند مزایای چشمگیری نسبت به محاسبه کلاسیک داشته باشد. برای مثال، در فرآیند تصمیم‌گیری سیاسی، یک دولت معمولاً باید بین گزینه‌های متعدد سیاستی انتخاب کند. هر گزینه ترکیبی از عوامل اقتصادی، زیست‌محیطی، امنیتی و اجتماعی است که به‌طور همزمان بر یکدیگر تأثیر می‌گذارند (Wolf et al., 2019: 31). مدل‌سازی این ترکیب‌های چندمتغیره به‌صورت کلاسیک به‌دلیل تعداد ترکیب‌های پرفشار و پیچیده ممکن، اغلب سبب تقریب‌های سطحی می‌شود. در این بستر، الگوریتم‌های کوانتومی نظیر الگوریتم بهینه‌سازی کوانتومی (QAOA)، الگوریتم پیشروهای کوانتومی و الگوریتم جستجوی گروور می‌توانند با استفاده از توان ابرپوشانی، فضای جستجوی بزرگتری را در زمان کوتاه‌تری بررسی نمایند و از این طریق حل نزدیک به بهینه برای مسائلی همچون تخصیص بودجه، توزیع منابع بهداشتی یا تنظیم مالیات‌ها را ارائه دهند. آگاهی از این بهینه‌سازی‌های دقیق‌تر به تصمیم‌گیرندگان سیاسی امکان می‌دهد تا سناریوهای مختلف را با درک بهتر از پیامدهای کوتاه‌مدت و بلندمدت ارزیابی کنند و بر پایه نتایج به دست آمده تصمیم‌گیری‌های هوشمندانه‌تری داشته باشند. علاوه بر بهینه‌سازی، شبیه‌سازی کوانتومی از جمله مهم‌ترین کاربردهای فناوری کوانتومی در حوزه تصمیم‌گیری است. شبیه‌سازهای کوانتومی می‌توانند رفتار سیستم‌های پیچیده‌ای مانند شبکه‌های مالی بین‌المللی، بازارهای انرژی یا تعاملات استراتژیک بین کشورها را با دقت بالا مدل‌سازی نمایند. چرا که این سامانه‌ها بطور ذاتی به‌صورت غیرخطی، پویا و دارای تعاملات چندگانگی هستند که در محاسبه کلاسیک به‌ویژه در مقیاس‌های بزرگ به‌سرعت به‌مسئولیت‌پذیری محاسباتی می‌رسند. به‌عنوان مثال، در زمان بروز بحران‌های ژئوپولیتیک نظیر تنش‌های مرزی یا تغییرات ناگهانی در تحریم‌های اقتصادی، تصمیم‌گیرندگان می‌توانند از شبیه‌سازهای کوانتومی برای پیش‌بینی واکنش‌های طرف‌های مختلف، ارزیابی تأثیرات

تبـادل تجـاری و پیش‌بینـی دامنـه تغییـرات بازارهـای مـالی اسـتفاده کننـد. (Till, 2016: 75). پیش‌بینی‌ها، که بر پایه محاسبه دقیـق‌تری از دینامیک‌هـای مجموعـه‌ای از عوامـل همزمـان هسـتند، می‌توانند به‌عنوان ابزار پیش‌هشدار برای تنظیم سیاست‌های دیپلماتیک، اتخاذ تصـمیمات اضـطراری یا تعیین استراتژی‌های طولانی‌مدت مورد بهره‌برداری قرار گیرند. یکی دیگر از ابعاد اساسی فنـاوری کوانتومی، ارتباطات کوانتومی است که بر پایه رمزنگـاری کوانتـومی و توزیـع کلیـدهای کوانتـومی (QKD) بنا شده‌اند. امنیـت ارتباطـات سیاسـی به‌خصـوص در مباحـث حسـاس مثـل مـذاکرات بین‌المللی، تبادل اطلاعات محرمانه دیپلماتیک یا مدیریت داده‌های حساس داخلی (مثلاً لیسـت‌های انتخاباتی، تجزیه و تحلیل بازخوردهای عمومی یا سوابق مالی) از اهمیت حیـاتی برخـوردار اسـت. استفاده از شبکه‌های کوانتومی با توان رمزنگاری غیرقابل نفوذ قادر است خطر دسترسی تهدیـدهای سایبری را به‌طور چشمگیری کاهش دهد و باعث ایجاد اطمینـان بیشـتر در میـان تصـمیم‌گیرندگان شود اعتماد افزوده به‌ویژه در شباهت‌پذیری زمان برای مصـاحبه‌های ژئوپولیتیـک و تبـادل پیام‌هـای حیاتی بین دولت‌ها، یا در رابطـه مسـتقیم میـان مراکـز تصـمیم‌گیری بـا بهره‌گیـری از حسـگرهای کوانتومی برای نظارت بر منابع استراتژیک، نقش مهمی ایفا می‌کنـد.(Merkle, 2001) . بـه‌علاوه، تکنولوژی‌های انتشار (درهم‌تنیدگی) می‌توانند به‌عنوان پایه‌ای برای ایجاد توزیع‌پـذیری زمان‌سـنجی دقیق، کاربرد داشته باشند. زمان‌سنجی دقیـق می‌توانـد در مـدیریت و همـاهنگی عملیـات نظـامی، نظارت بر پروژه‌های بزرگ‌مقیاس یا هم‌زمان‌سازی داده‌های جمع‌آوری‌شده از حسگرهای انسـانی و خودکار مفید باشد. در حوزه تحلیل داده‌های اجتماعی، حسگری کوانتـومی و الگوریتم‌هـای هـوش مصنوعی کوانتومی ترکیبی نوآورانه را برای استخراج الگوهای نهفته در رفتار جمعی فراهم می‌کننـد. حسگرهای کوانتومی، که به‌دلیل حساسیت فوق‌العاده به تغییرات میکروسـکوپی می‌تواننـد تغییـرات کوچکی در میـدان‌های مغناطیسـی، دمـا یـا نوسـان‌های الکترونیکـی را تشـخیص دهنـد، بـه‌عنوان ابزارهایی برای جمع‌آوری داده‌های دقیق از محیط‌هـای شـهری، حمل‌ونقـل عمـومی یـا تعـاملات شهروندان استفاده می‌شوند (Davies et al., 2017).داده‌های دقیق می‌توانند به‌صورت لحظـه‌ای به‌سرورهای محاسبه کوانتومی ارسـال شـوند و در بسـتر الگوریتم‌هـای یـادگیری عمیـق کوانتـومی پردازش شوند. الگوریتم‌هایی که به‌دلیل قابلیـت پـردازش اطلاعـات در فضـای هیلبـرت می‌تواننـد به‌سرعت ویژگی‌های پیچیده‌ای چون روابط شبکه‌ای نهفته در شبکه‌های اجتمـاعی، توزیـع نظـرات سیاسی، شکل‌گیری جریان‌هـای اعتـراض یـا تـأثیر مـؤثرین فرهنگـی را اسـتخراج کننـد. در برابـر

روش‌های سنتی که برای تشخیص تمایلات عمومی معمولاً به‌دلیل حجم وسیع داده‌ها و تنوع نظرات محدودیت دارند، این ترکیب کوانتومی امکان تشخیص الگوهای بسیار ریز و پیش‌بینی گرایش‌های ناآشکار را تسهیل می‌کند. (Davidson, 2020: 42) در فرآیندهای الکترونیکی رای‌گیری یا شمارش نظرسنجی‌ها، اطمینان از صحت، شفافیت و جلوگیری از تقلب، موضوعی حساس است. با ترکیب رجیستری‌های توزیع‌شده بلوک‌چین و پروتکل‌های رمزنگاری کوانتومی می‌توان سامانه‌هایی ساخت که نه تنها به‌دلیل توزیع‌پذیری و شفافیت زنجیره‌بلوک مقاوم در برابر تقلب‌های سنتی باشند، بلکه به‌دلیل استفاده از توزیع کلیدهای کوانتومی (QKD) و الگوریتم‌های رمزنگاری مقاوم به حملات کوانتومی، در برابر تهدیدات پیش‌رو از سوی کامپیوترهای کوانتومی نیز ایمن بمانند. ترکیب دو تکنولوژی نوظهور، امکان ایجاد سامانه‌های رأی‌گیری الکترونیکی با قابلیت اطمینان در سطح ملی و بین‌المللی را فراهم می‌آورد. به‌طوری که هر رای به‌صورت توکنی دیجیتال رمزنگاری شده ذخیره می‌شود، توزیع کلیدهای کوانتومی بین مرکز رای‌گیری و ایستگاه‌های نظارتی تضمین می‌کند که هیچ‌یک از افراد یا سازمان‌های مخرب نتوانند داده‌های رأی‌گیری را در حین انتقال دستکاری یا بازخوانی کنند و در عین حال ساختار زنجیره‌بلوک امکان ثبت همگام و غیرقابل بازنویسی تمامی تراکنش‌های رای‌گیری را فراهم می‌سازد. در عمل، این سامانه قادر است به‌سرعت تغییرات در الگوهای رأی‌دهی را در زمان حقیقی از طریق پردازش‌های کوانتومی بر روی داده‌های متراکم شناسایی کند و نتایج پیش‌از پیش‌تحلیل‌شده را به‌صورت گرافیکی به مسئولان ارائه دهد. در نتیجه، تصمیم‌گیرندگان می‌توانند به‌سرعت به نوسانات سیاسی واکنش نشان دهند، به‌عنوان مثال در موارد اضطراری که نیاز به تقویت یا تخفیف مجوزهای خاصی وجود داشته باشد یا در مواجهه با ناآگاهی عمومی نسبت به یک سیاست کلان، اصلاحات سریع‌الرشد طراحی شوند. از سوی دیگر، حسگرهای کوانتومی نه تنها برای جمع‌آوری داده‌های زیست‌محیطی و زیرساختی به کار می‌روند، بلکه در حوزه نظارت بر تغییرات رفتاری جمعی می‌توانند به‌عنوان «اعصاب دیجیتال» شهرهای هوشمند عمل کنند. (Unruh, 2014). حسگرهای مغناطیسی مبتنی بر ابرساختارهای نانو که می‌توانند تغییرات جریان‌های الکترومغناطیسی ناشی از حرکت افراد در فضاهای عمومی را با دقتی به‌مراتب بالاتر از حسگرهای کلاسیک شناسایی کنند. داده‌های دقیقی که به‌صورت لحظه‌ای به ابرپردازشگرهای کوانتومی فرستاده می‌شوند، توسط الگوریتم‌های یادگیری عمیق کوانتومی پردازش می‌شوند. الگوریتم‌ها با بهره‌گیری از ویژگی

ابرپوشانی می‌توانند هزاران ویژگی همزمان را در یک گام محاسباتی ارزیابی کنند و به‌سرعت تشخیص دهند که آیا جریان‌های جمعیتی نشانگر یک تجمع مسالمت‌آمیز، یک اعتراض ناگهانی یا یک بحران بهداشتی است. واکنش سریع این تحلیل‌ها به سامانه‌های تصمیم‌گیری خودکار متصل می‌شود تا بتوانند به‌صورت پویا تخصیص منابع اضطراری (مانند نیروهای پلیس، آمبولانس یا پخش اعلان‌های عمومی) را انجام دهند (Lind et al., 1989). به‌گونه‌ای که حتی پیش از آنکه یک تجمع به نقطه بحرانی برسد، نیروی واکنشگرا به‌سرعت به محل موردنظر هدایت می‌شود و استراتژی‌های پیشگیری از تشدید ریسک‌ها به‌صورت بهینه پیاده‌گردند. در زمینه پیش‌بینی نتایج انتخابات و ارزیابی رفتار رأی‌دهندگان، مدل‌سازی‌های ترکیبی که از شبیه‌سازهای کوانتومی، داده‌های بزرگ و نظریه بازی‌های کوانتومی بهره می‌برند، امکان توضیح پدیده‌های ظریف‌تری مانند تأثیرات «آمیختن» افکار عمومی در شبکه‌های اجتماعی را فراهم می‌سازند. در این چارچوب، وضعیت قضاوت‌های رأی‌دهندگان به‌صورت برداری در فضای هایلبرت توصیف می‌شود. به‌طوری که درهم‌تنیدگی کوانتومی بین این بردارها می‌تواند به‌عنوان مدلی برای توصیف وابستگی‌های متقابل بین افراد در شبکه‌های اجتماعی به کار رود. به عنوان مثال، فردی که با یک رهبر افکار عمومی ترکیب کوانتومی شد، ممکن است به‌طور ناگهانی و غیرخطی در جهت‌گیری سیاسی خود تغییری اساسی داشته باشد، پدیده‌ای که در مدل‌های کلاسیک سخت می‌توانست به‌دقت پیش‌بینی شود. شبیه‌سازی‌ها نه تنها برای پیش‌بینی نتایج نهایی رای‌گیری بلکه برای شناخت پیش‌دستی‌های محتمل، تشخیص مناطق حساس و ارزیابی ریسک‌های انتشار اطلاعات نادرست به‌کار می‌روند.(Cuomo et al., 2020). به‌علاوه، الگوریتم‌های «بهینه‌سازی معکوس» مبتنی بر روش‌های کوانتومی می‌توانند از داده‌های تاریخی انتخابات، تابع هزینه‌ای را استخراج کنند که نشان می‌دهد چه ترکیبی از سیاست‌ها، پیام‌ها و استراتژی‌های تبلیغاتی بیشترین تأثیر را بر نتایج داشته است. اطلاعات به کمپین‌های سیاسی امکان می‌دهد تا بر پایه شواهد مستند، پیام‌های هدفمندتری تدوین کنند و در عین حال از سوءاستفاده‌های نژادپرستانه یا تبعیض‌آمیز جلوگیری نمایند. یکی دیگر از بسترهای تأثیرگذار، تحلیل ریسک‌های ژئوپولیتیک در مقیاس جهانی است. شبیه‌سازهای کوانتومی می‌توانند به‌عنوان «آزمایشگاه‌های دیجیتال» برای تست سناریوهای تعارض‌های مسلحانه، تحریم‌های اقتصادی یا تغییرات اقلیمی عمل کنند. شبیه‌سازها با در نظر گرفتن تعاملات ناخطی بین متغیرهای مکانی، زمانی و گره‌های شبکه‌ای (مانند شبکه‌های تجاری، زیرساخت‌های انرژی و

مسیرهای حمل‌ونقل) می‌توانند هم‌زمان مجموعه‌ای از مسیرهای ممکن را مرور کنند. ویژگی ابرپوشانی این الگوریتم‌ها اجازه می‌دهد تا میلیون‌ها سناریو ترکیبی همه‌جانبه در یک زمان بررسی شوند (Affan et al., 2020). سپس با استفاده از معیارهای بهینه‌سازی چندمعیاره، مسیرهایی که به حداکثر امنیت ملی، به‌حداقل هزینه اقتصادی و به حداکثر سازگاری زیست‌محیطی می‌انجامند، شناسایی شوند. نتایج بدست‌آمده، می‌توانند به مرزگذاران، دیپلمات‌ها و مشاوران امنیتی کمک کنند تا تصمیمات جدی مانند اعزام نیرو، تنظیم تحریم‌ها یا سرمایه‌گذاری در پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر را بر پایه شواهدی معتبرتر اتخاذ کنند. به‌علاوه، با ترکیب حسگرهای کوانتومی مانیتورینگ (مانند رادارهای کوانتومی برای راداری‌سازی رصد سلاح‌های هسته‌ای) می‌توان در زمان واقعی تهدیدات استراتژیک را شناسایی کرد. سپس داده‌های جمع‌آوری‌شده توسط این حسگرها به‌سرعت در سیستم‌های پردازش کوانتومی تجزیه و تحلیل می‌شوند و نتایج به‌صورت هشدارهای رمزنگاری شده به مرکز تصمیم‌گیری کلان ارسال می‌شوند (Park, 1970). چون تمام این فناوری‌ها به‌طور تندرو در حال تکامل هستند، مسأله حاکمیت بر بسترهای کوانتومی نیز به‌عنوان یک عامل کلیدی محسوس می‌شود. یعنی نه تنها باید چارچوب‌های قانونی ملی و بین‌المللی برای استفاده اخلاقی و شفاف این فناوری‌ها تدوین شود، بلکه باید سازوکارهای نظارتی برای اطمینان از عدم انحصار دسترسی به توان محاسباتی قوی به‌کار گرفته شود.

۲. تبیین کارکرد فناوری کوانتوم در علم جامعه شناسی سیاسی

فناوری کوانتوم، که در اصل بر پایه اصول مکانیک کوانتومی مانند ابرپوشانی، درهم‌تنیدگی و عدم قطعیت بنا شده است، در سال‌های اخیر به عنوان یک بستر نوین برای گسترش توانمندی‌های تحلیلی و پیش‌بینی‌ای در حوزه علوم انسانی، به‌ویژه جامعه‌شناسی سیاسی، پدیدار شده است. زیرا فناوری کوانتوم امکان پردازش همزمان حجم عظیمی از حالت‌های ترکیبی و استخراج الگوهای نهفته‌ای را می‌دهد که در چارچوب‌های کلاسیک به دلیل محدودیت‌های محاسباتی و نظری، غالباً نادیده گرفته می‌شوند. در گام اول، محاسبه کوانتومی به وسیله کیوبیت‌ها که می‌توانند همزمان در بیش از دو حالت، یعنی ۰ و ۱ و ترکیب‌های متغیر این دو، حضور یابند، به محققان اجازه می‌دهد تا مدل‌های چندمتغیره سیاسی-اجتماعی را به شکل شبکه‌ای از متغیرهای وابسته و متقابل بپذیرند. مدل‌ها می‌توانند شامل توزیع قدرت، ساختارهای شبکه‌ای افراد مؤثر، جریان‌های اطلاعاتی، تشدید

ایـدئولوژیک، توزیـع منـابع اقتصـادی و معـادلاتی بـرای رفتـار رأی‌گیـری باشـند (Ben-Or & Hassidim, 2005). الگوریتم‌هـای بهینه‌سـازی کوانتـومی نظیـر QAOA یـا اشـکال تکمیلـی الگوریتم گروور، با بهره‌گیری از اصل ابرپوشانی، فضای حل مسئله‌ای که در آن بـیش از صـدها یـا هزاران ترکیب ممکن از سیاست‌های مالی، قانونی و فرهنگی همزمان مورد ارزیابی قرار می‌گیـرد، را در زمـان چنـد ثانیـه اکتشـاف می‌کننـد. بـه‌طوری کـه تصـمیم‌گیرندگان می‌تواننـد مجموعـه‌ای از سناریوهای بهینه با معیارهای چندبعدی مانند عدالت توزیعی، کارایی اقتصـادی و پـذیرش عمـومی را دریافت کنند و بر پایه این نتایج، تصمیماتی اتخاذ نماینـد کـه نـه‌تنها در کوتاه‌مـدت بهبـود مـؤثر بودن سیاست‌ها را به ارمغان می‌آورد، بلکه در بلندمدت پیامـدهای سـاختاری و پایـداری نظام‌هـای سیاسی را نیز بـه‌دقت پیش‌بینـی می‌نمایـد. در عرصـه تحلیـل داده‌هـای بـزرگ اجتمـاعی، ترکیـب حسگرهای کوانتـومی بـا الگوریتم‌هـای یـادگیری ماشـین کوانتـومی نقـش کلیـدی ایفـا می‌کنـد. حسـگرهای کوانتـومی می‌تواننـد تغییـرات میکـرو در میـدان‌های مغناطیسـی، دمـا یـا ارتعاشـات الکترونیکی ناشی از رفتار جمعی شهروندان را با حساسیتی بسـیار بـالاتر از حسـگرهای کلاسـیک ثبت کنند. داده‌های غنی، پس از تبادل امن از طریق کانال‌های ارتبـاطی کوانتـومی مبتنـی بـر توزیـع کلید کوانتومی (QKD) به سرورهای پردازش کوانتومی ارسال می‌شوند، جـایی کـه الگوریتم‌هـای طبقه‌بندی و خوشه‌بندی کوانتومی نظیر Variational Quantum Classifier یـا Quantum Support Vector Machine به‌سرعت در فضای هیلبـرت بـا ابعـاد نمـایی، الگوهـای پیچیـده تعاملات شبکه‌های اجتمـاعی، گروه‌هـای ایـدئولوژیکی، سـطوح نارضـایتی یـا تشـدید تنش‌هـای قـومی-مـذهبی را اسـتخراج می‌نماینـد. بـه‌دلیل توانـایی ایـن مـدل‌ها در حفـظ همبسـتگی‌های طولانی‌مدت و کشف روابط غیرخطـی میـان متغیرهـا، حتـی تغییـرات جزئـی در گفتـار عامـه یـا شبکه‌های میکس‌دین قادر است به‌صورت پیش‌هشداردهنده‌ای شناخته شود و سیاستگذاران را قـادر می‌سازد تا پیش از بروز ناآرامی‌های گسترده، واکنش‌های هدفمند (ماننـد توزیـع منـابع اضـطراری، انتشار پیام‌های آرام‌بخش یا تنظیم فیلترهـای اطلاعـاتی) را بـه‌کار گیرنـد (Wolfehl, 2019). از نگاه نظری، نظریه بازی‌های کوانتومی ابزار تحلیلی نوینی بـرای مطالعـه تعـاملات اسـتراتژیک بـین بازیگران سیاسی (دولت‌ها، احزاب، گروه‌های فشار، نهادهای غیردولتـی) فـراهم می‌سـازد. زیـرا در این چارچوب، اسـتراتژی‌ها بـه‌جای توزیع‌هـای آمـاری کلاسـیک، بـه صـورت بردارهـای حالـت کوانتـومی نمـایش می‌یابنـد کـه می‌تواننـد درهم‌تنیـده باشـند (Inglesan et al., 2018).

درهم‌تنیدگی مذکور، به‌مثال انطباق میان تصمیمات دو کشور در یک بحران بین‌المللی عمل می‌کند که تغییر در استراتژی یک طرف بلافاصله ممکن است به‌صورت غیرمحلی بر استراتژی طرف دیگر تأثیر بگذارد، به‌گونه‌ای که بهینه‌سازی تعادل نش در فضای کوانتومی می‌تواند راه‌حل‌هایی با کارایی کلان‌تری نسبت به تعادل‌های کلاسیک ارائه دهد. برای مثال در مذاکرات صلح یا تنظیم محدودیت‌های تجاری، استفاده از الگوریتم‌های شبیه‌سازی کوانتومی برای ارزیابی تعادل‌های متعدد قادر است به طرفین یاری رساند تا مسیرهای میان‌بر برای دست‌یابی به توافقی با هزینه کم‌تر اجتماعی پیدا کنند. چنین تحلیلی نه‌فقط درک بهتر از دینامیک‌های قدرت را میسر می‌سازد، بلکه به‌ویژه در جامعه‌های چندگروهی که تمایلات ایدئولوژیکی در هم تنیده هستند، می‌تواند باعث شفاف‌سازی ریسک‌های برگشت‌پذیری و فرموله‌سازی سیاست‌های میان‌دسته‌ای باشد (Proctor et al., 2018). در حوزه امنیت اطلاعات سیاسی، ارتباطات کوانتومی با رمزگذاری مبتنی بر درهم‌تنیدگی به‌منظور انتقال امن دارایی‌های اطلاعاتی حساس نظیر مذاکرات دیپلماتیک، برنامه‌ریزی دفاعی یا اطلاعات بحرانی انتخاباتی به‌کار گرفته می‌شود. توزیع کلیدهای کوانتومی بین مراکز تصمیم‌گیری اطمینان می‌دهد که هرگونه تلاش برای ضبط یا تخریب پیام‌ها سبب تخریب خود کلیدها می‌شود و بنابراین ممکن است احتمال نفوذ سایبری را به‌طور چشمگیری کاهش دهد. پایه امن برای بسترهای تصمیم‌گیری خودکار که بر مبنای تجزیه و تحلیل لحظه‌ای داده‌های حسگرهای کوانتومی عمل می‌کنند، ایجاد می‌کند. به‌عبارت دیگر، یک مرکز فرماندهی نظامی قادر است با دریافت زودهنگام سیگنال‌های کوانتومی شناسایی تهدیدهای هسته‌ای یا دیگر سلاح‌های نوین، به‌سرعت ارزیابی‌های خطر را انجام داده و تصمیمات استراتژیک مانند به‌کارگیری نیروهای تلافی یا اعمال تحریم‌های دقیق‌نشانده را به‌صورت میدان‌تحلیل اتخاذ نماید. از منظر جامعه‌شناسی سیاسی، تحول یادشده به‌معناست که ابزارها و روش‌های پیشنهادی به پژوهشگر اجازه می‌دهد تا مفاهیم سنتی نظیر «ساختار» و «عامل» را در یک بستر دینامیک، چندسطحی و همپوشانی‌دار بازنگری نماید. به‌طوری که ساختارهای قدرت نه‌تنها به‌عنوان شبکه‌های گره‌ای ثابت، بلکه به‌عنوان حالات سوپربیانی توصیف می‌شوند که می‌توانند در زمان کوتاه به‌صورت ناگهانی به‌هم بپیوندند یا به‌هم بپیچند. چنین دیدگاهی موجب می‌شود که پژوهشگر به‌جای تکیه صرف بر آمارهای تیواری، به بررسی تکامل‌های احتمالی در فضای هیلبرت بپردازد، جایی که هر حالت نمایانگر یک ترکیب ممکن از هویت‌ها، ترجیحات و وابستگی‌های شبکه‌ای است، به طوری که ترکیب‌های مختلف

می‌توانند به صورت همزمان در دل ذهن پژوهشگر حضور داشته باشند و تنها با اعمال عملگرهای مناسب (مانند عملگرهای گردشی یا فاز-شیفت) به یک حالت خاص متمرکز شوند. در این چارچوب، مفهوم «احتمال سیاسی» که معمولاً به شکل توزیع‌های آماری ساده توصیف می‌شود، به توزیعی کوانتومی تبدیل می‌شود که به پژوهشگر اجازه می‌دهد نه تنها میانگین‌گیری سنتی بلکه تمام توزیع‌های جانبی و همبستگی‌های غیرخطی را در همان لحظه مورد بررسی قرار دهد. به عنوان مثال، در مطالعه گروه‌های انتخابات‌نامی می‌توان حالت کوانتومی کل جامعه را به‌عنوان یک ترکیب ابرپوشانی از "حمایت‌کنندگان" و "مخالفان" توصیف کرد. سپس با اعمال یک عملگر پرسش‌گری بر روی زیرمجموعه‌ای از این جامعه، نتایج آن‌لحظه‌ای می‌تواند به‌صورت یک پیش‌بینی فوری از تغییرات رفتاری پس از انتشار یک پیام تبلیغاتی خاص بازتاب یابد، در حالی که بقیه ترکیب‌های محتمل به‌صورت «پوشش» باقی می‌مانند تا برای تجزیه و تحلیل‌های بعدی در دسترس باشند.(Merkle, 2001). قابلیت یادشده، که به پژوهشگر اجازه می‌دهد به‌صورت دینامیک بین حالت‌های مختلف سوئیچ کند، به‌ویژه برای مدل‌سازی پدیده‌های ناگهانی مانند فوران اعتراضات یا تغییر ناگهانی ایدئولوژیک در میان یک لایه خاص از جامعه، ارزشمند است. زیرا چنین تحولات را می‌توان به عنوان یک «فاز-تغییر» در فضای هیلبرت در نظر گرفت که همانند تغییر فاز فیزیکی، با یک معیار بحرانی مانند فشار اطلاعات یا سطح نارضایتی عمومی، رخ می‌دهد. از منظر کاربردی، الگوریتم‌های یادگیری عمیق کوانتومی می‌توانند برای شناسایی الگوهای رفتاری زیرآبسطی در داده‌های بزرگ اجتماعی مانند توییت‌های میکرو، پیامک‌های کوتاه، یا تراکنش‌های مالی میکرو، به کار گرفته شوند. الگوریتم‌ها به دلیل توانایی پردازش داده‌ها در ابعاد نمایی، نه تنها مرز تشخیص درست‌پذیری را در مقیاس‌های بزرگ ارتقاء می‌دهند، بلکه به‌صورت خودکار می‌توانند ویژگی‌های «قابلیت درهم-تنیدگی» را بین فرد و گروه استخراج کنند. ویژگی‌ای که در روش‌های کلاسیک به‌صورت پیش‌پردازش دستی یا با فرض استقلال داده‌ها تقریب زده می‌شود. به‌عبارتی دیگر، ارتباطات مخفی بین گروه‌های رفتار مشابه که در شبکه‌های اجتماعی به‌صورت «پنهان» به‌نظر می‌آیند، در قالب وضعیت‌های درهم‌تنیده کیوبیت‌ها درونی می‌شوند و می‌توانند به‌سرعت با یک پرسش‌گری ساده آشکار شوند. توانایی در این حوزه، به سیاستگذاران کمک می‌کند تا پیش از گسترش یک جریان ناآموزان یا گسترش شایعات، نقاط گرهی یا «نقطه اتصال» را تشخیص دهند و مداخلات هدفمندی (مانند انتشار پیام‌های تعادل‌بخش یا اعمال محدودیت‌های

اطلاعاتی موقت) را اجرا کنند. در حوزه تصمیم‌گیری استراتژیک، شبیه‌سازهای کوانتومی می‌توانند به عنوان «آزمایشگاه‌های دیجیتالی» برای اجرای هزاران سناریوی ترکیبی از متغیرهای ژئوپولیتیک، اقتصادی، زیست‌محیطی و فرهنگی به‌کار روند. شبیه‌سازها، به‌نظر می‌رسد که توان محاسبه‌ای را برای بررسی همزمان ترکیب‌های متعدد «قوانین تجاری»، «تحریم‌های مالی»، «تغییرات آب و هوایی» و «پیشنهادات دموکراتیک» داشته باشند، به‌طوری که برای هر ترکیب یک «امتیاز کلی» بر پایه معیارهای چندبعدی (نرخ رشد اقتصادی، میزان ناآرامی اجتماعی، ریسک‌های امنیتی و اثرات زیست‌محیطی) محاسبه می‌شود. نتایج این شبیه‌سازی‌ها می‌توانند به‌صورت یک مجموعه توزیعی به مشاوران سیاسی ارائه شوند که در آن، به‌جای یک نقطه پیش‌بینی قطعی، یک فضای احتمال گسترده به نمایش درآید.(Till, 2016). چنین موضوعی به تصمیم‌گیرندگان اجازه می‌دهد تا ریسک‌های «پیشنهادات هوشمندانه‌نشدنی» را شناسایی کرده و استراتژی‌های «پیشنهاد مقاوم» را بر پایه اصول بهینه‌سازی تحت عدم قطعیت تدوین کنند. به‌عنوان نمونه، در مواجهه با بحران انرژی می‌توان از یک مدل کوانتومی برای بررسی همزمان اثرات افزایش قیمت نفت، سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر و تغییر الگوهای مصرف انرژی در سطح خانوار استفاده کرد. نتایج مدل مذکور قادر است نشان دهد که کدام ترکیب از مالیات‌های کربن، مشوق‌های مالی و برنامه‌های آموزشی به‌سرعت به‌حداکثر کاهش انتشارات کربن می‌انجامد، ضمن اینکه کمترین فشار بر طبقات متوسط را ایجاد می‌کند. از منظر امنیت اطلاعات، به‌کارگیری شبکه‌های کوانتومی برای توزیع امن کلیدهای رمزنگاری در نهادهای دولتی، تضمین می‌کند که هرگونه تلاش برای دسترسی غیرمجاز به داده‌های حساس، به‌ویژه داده‌های مربوط به نظرسنجی‌های عمومی، نتایج انتخابات یا پرونده‌های طبقه‌بندی‌شده، باعث اختلال در کلیدهای توزیع‌شده می‌شود و به سرعت هشدارهای عجله‌ای را به سامانه‌های تصمیم‌گیری می‌فرستد. چنین مسئله‌ای، همان‌گونه است که در یک شبکه کلاسیک یک بسته مخرب ممکن است بدون تشخیص عبور کند، اما در یک بستر کوانتومی هر سرنخ نفوذی باعث «تخریب» کلیدهای همراه می‌شود و به‌سرعت توسط پروتکل‌های تصحیح خطای کوانتومی انجام می‌گیرد.

۳. تحلیل پیچیدگی‌های نظام های سیاسی و تحولات اجتماعی بوسیله نظریه‌های گوانتومی

در حوزه نظریه گوانتومی، مفاهیم بنیادی مکانیک کوانتومی همچون ابرپوشانی، درهم‌تنیدگی،

عدم قطعیت و فروپاشی به‌منظور توصیف شباهت‌های ساختاری میان پدیده‌های فیزیکی و سامانه‌های سیاسی-اجتماعی به کار گرفته می‌شوند. به‌گونه‌ای که می‌توان پیچیدگی‌های نظام‌های سیاسی و تحولات اجتماعی را نه به‌عنوان مجموعه‌ای از متغیرهای مستقل و خطی، بلکه به‌عنوان یک فضای ابرپوشانی از حالت‌های محتمل در نظر گرفت که در هر لحظه چندین سناریو، نهاد، ایدئولوژی و روابط قدرت به‌صورت همزمان در دل یکدیگر نهفته‌اند. در این دیدگاه، «حالت کوانتومی» جامعه یا نظام سیاسی به‌جای یک نقطه ثابت در فضای چندبعدی، یک بردار در فضای هیلبرت است که هر بُر آن نمایانگر یک ترکیب خاص از ترجیحات، نیت‌ها و تعاملات بین‌فردی است (Damgard, 2014). به‌عبارت دیگر، جامعه هدف می‌تواند هم‌زمان به‌عنوان «حامی سیاست‌گذاری X»، «مخالف Y» و «ناقطعی Z» در ابرپوشانی حضور داشته باشد و تنها زمان «اندازه‌گیری» یا «پرسش‌گری» مثلاً یک رأی‌گیری، یک تصمیم‌گیری مجلس یا یک انتشار رسمی خبری باعث می‌شود که این حالت ابرپوشانی به یک حالت کلاسیک (فروپاشی) تبدیل شود که نتیجه مشاهده ما را تولید می‌کند. چارچوب ابرپوشانی به پژوهشگران اجازه می‌دهد تا به‌جای تحلیل تدریجی و تفکیک‌پذیر هر یک از عوامل، به‌صورت همزمان تأثیر ترکیبی تعداد بی‌شماری از عوامل را مورد ارزیابی قرار دهند. به‌خصوص در مسائلی که در آن‌ها اثر ترکیبی «اثرهای چندسطحی» (سطح فردی، گروهی، سازمانی و ساختاری) به‌صورت پویا و غیرخطی بازتاب می‌یابد. در نظریه گوانتومی بازی‌ها استراتژی‌های بازیگران سیاسی نه به‌صورت توزیع‌های احتمال کلاسیک، بلکه به‌صورت بردارهای حالت کوانتومی مدل می‌شوند. بردارها می‌توانند به‌صورت درهم‌تنیده باشند، به این معنا که انتخاب یا رفتار یک بازیگر به‌طور مستقیم و بدون واسطه بر حالت دیگران اثر می‌گذارد، تقریباً همانند «هم‌سازشی» در مذاکرات بین‌المللی یا تصمیم‌گیری‌های ائتلافی که در آن یک تغییر کوچک در موضع یک حزب قادر است به‌سرعت الگوهای اتخاذ تصمیم تمام دیگران را تغییر دهد. در این چارچوب، تعادل نش کلاسیک به‌جای نقطه‌ای ثابت، به‌صورت «تعادل کوانتومی» ظاهر می‌شود که به وسیله ترکیب ابرپوشانی استراتژیک می‌تواند راه‌حل‌هایی با کارایی کلان‌تری ارائه دهد. برای مثال، در یک بحران انرژی بین دو کشور، گام‌های محدودکننده یک طرف قادر است با هم‌تنیدگی بر تصمیمات طرف دیگر اثر بگذارد و به‌سرعت به یک حالت تعادل «ثابت‌پذیر» منجر شود که در آن تأمین انرژی با حداقل هزینه اجتماعی و زیست‌محیطی به‌دست می‌آید. مفاهیم مذکور، خصوصاً در تحلیل ائتلاف‌های سیاسی متعدد،

دیپلماسی چندجانبه و تعاملات پیچیده لابی‌ها به‌کار می‌روند. زیرا امکان بررسی همزمان تمام ترکیب‌های استراتژیک، ارزیابی ریسک‌های انتشار اطلاعات نادرست و پیش‌بینی واکنش‌های پویای دیگران را فراهم می‌سازند. در نظریه احتمال کوانتومی، عدم قطعیت کلاسیک که در مدل‌های آماری سنتی به‌صورت توزیع‌های شرطی مستقل فرض می‌شود، با ساختاری نوین جایگزین می‌شود که به‌وسیله عملگرهای پروژه‌گیری و ماتریس‌های چگالی توصیف می‌گردد. چنین رویکردی به‌ویژه می‌تواند معضل‌هایی چون «اثر ترتیب» یا «خطای ترکیبی» را که در پرسش‌نامه‌ها و نظرسنجی‌های عمومی به‌طور مکرر دیده می‌شوند، توضیح دهد (Affan et al., 2020). به‌عنوان مثال، وقتی یک سؤال درباره حمایت از یک سیاست بلافاصله پس از سؤال درباره یک شخصیت سیاسی مطرح می‌شود، پاسخ‌ها تحت تأثیر «اندازه‌گیری» قبلی تغییر می‌کند و این تغییر به‌صورت عدم تجانس عملگرهای اندازه‌گیری در فضای هیلبرت ظاهر می‌شود. به همین دلیل، مدل‌های کوانتومی می‌توانند به‌دقت بیشتری رفتار رأی‌دهندگان را پیش‌بینی کنند، زیرا قادرند اثرات زمینه‌ای و تعاملات پنهان میان سؤالات را که در مدل‌های کلاسیک نادیده گرفته می‌شوند، به‌صورت دقیق‌تری در بر گیرند. یک بسط دیگر از نظریه کوانتومی به حوزه شناخت اجتماعی می‌رسد. حوزه یادشده، به‌دنبال توصیف فرآیندهای ذهنی تصمیم‌گیری انسان‌ها در مواجهه با عدم قطعیت و تناقض است. در این چارچوب، ذهن انسان قادر است همانند یک کیوبیت، همزمان دو یا چند گزینه متضاد را «درک» کند و تنها در لحظه تصمیم‌گیری، یکی از این گزینه‌ها را برگزید. ویژگی مذکور، برای تحلیل تحولات اجتماعی که غالباً شامل ترکیبی از خواست‌های متضاد، ارزش‌های سنتی و فشارهای مدرن است، بسیار مفید است. به‌عنوان مثال، یک جامعه در حال عبور از یک نظام استبدادی به سمت دمکراسی می‌تواند همزمان تمایل به حفظ نظام قدیم (به‌خاطر امنیت) و تمایل به نوآوری (به‌دلیل امید به آزادی) را در همان زمان تجربه کند. خاستگاه‌های چنین تمایلاتی می‌توانید در یک فضای ابرپوشانی توصیف شوند و تنها پس از وقوع یک رخداد مهم (مانند یک انقلاب یا یک بحران اقتصادی) یکی از این تمایلات به‌صورت «فروپاشی» ظاهر می‌شود. از منظر محاسبه کوانتومی، ابزارهای عملیاتی مانند کامپیوترهای کوانتومی، شبیه‌سازهای کوانتومی و الگوریتم‌های انیلینگ کوانتومی به پژوهشگران امکان می‌دهند تا به‌سرعت مسئله‌های بهینه‌سازی ترکیبی پیچیده مربوط به تصمیم‌گیری سیاسی را حل کنند. برای مثال، تخصیص بودجه چندصد میلیاردی بین بخش‌های بهداشتی، آموزشی، زیرساخت به‌ویژه در مساله تخصیص بودجه

چندصد میلیاردی بین بخش‌های بهداشتی، آموزشی، زیرساخت و انرژی، مدل‌سازی کوانتومی قادر است به‌عنوان یک نهاد بهینه‌ساز چندمعیاره به‌کار رود. در این چارچوب، هر بخش به‌عنوان یک متغیر باینری یا چندگامی تعریف می‌شود که مقدار اختصاصی آن به‌صورت یک عدد حقیقی در بازه مجاز آن محدود می‌شود و تابع هدف ترکیبی از معیارهای کارآمدی اقتصادی، اثرات توزیعی عدالت‌محور، پایداری زیست‌محیطی و پذیرش عمومی است. الگوریتم بهینه‌سازی ترکیبی کوانتومی به‌همراه توابع هزینه ماتریسی، به‌سرعت در فضای بُعدی نمایی، ترکیب‌های ممکن را جستجو می‌کند. به‌علاوه، روش سردشوی کوانتومی بر پایه سامانه‌های دی‌راکسی می‌تواند به بهینه‌سازی ترتیبی هزینه محاسبه را کاهش دهد، چرا که با پراکندن انرژی به‌صورت تدریجی، سیستم به پایین‌ترین نقطه انرژی معادل کمترین هزینه کلی می‌رسد (Lind, 2004) . چنین بهینه‌سازی نه‌تنها یک نقطه بهینه ساکن را ارائه می‌دهد، بلکه توزیعی از راه‌حل‌های نزدیک به بهینه را نیز تولید می‌کند. توزیع به تصمیم‌گیرندگان اجازه می‌دهد تا به‌صورت سناریوی‌محور، دامنه ریسک‌های مالی و اجتماعی را ارزیابی کرده و استراتژی‌های مقاوم را انتخاب کنند، برای مثال ترکیبی از افزایش مالیات بر گازهای گلخانه‌ای، سرمایه‌گذاری مستقیم در شبکه‌های انرژی تجدیدپذیر و برنامه‌های آموزشی سلامت عمومی که در توزیع به دست آمده بیشترین سود کلی-پیوستگی را می‌دهند. در سطح ماکرو، شبیه‌سازهای کوانتومی می‌توانند عمل‌کرد پیچیده دولت-مملکت را به‌عنوان یک بازی استراتژیک چندنفره مدل‌سازی کنند. در این بازی، عملگرهای استراتژی همانند گیت‌های کوانتومی (مثلاً گیت‌های آدما یا هادهامارد) بر روی وضعیت‌های ترکیبی سایرین اعمال می‌شوند و درهم‌تنیدگی بین کشورها، نهادهای بین‌المللی و گروه‌های فشار داخلی، از طریق حالت‌های متقابل بازتاب می‌یابد. با اعمال عملیات بین‌الایی بر این شبکه درهم‌تنیده، می‌توان شاخص‌های تعادل کوانتومی را استخراج کرد. تعادل در این زمینه، به‌دلیل قابلیت ترکیب ابرپوشانی استراتژیک، نتایجی نسبت به تعادل‌های کلاسیک ارائه می‌دهند که کارایی کلان‌تری در تمام بازیگران به‌دست می‌آورد. به‌عنوان مثال، در مذاکرات بین دو قدرت بزرگ درباره محدودیت‌های تسلیحات هسته‌ای، به کارگیری الگوریتم‌های بهینه‌سازی کوانتومی قادر است ترکیب‌های حکومتی را شناسایی کند که همزمان حداکثر اطمینان امنیتی و حداقل هزینه اقتصادی را برای هر دو طرف به‌دست می‌دهد، در حالی که به‌دست آوردن چنین ترکیبی در چارچوب‌های کلاسیک مستلزم بررسی صدها هزار ترکیب ممکن است. در حوزه پردازش

داده‌های اجتماعی، حسگرهای کوانتومی با دقت فراتحت‌المللی می‌توانند تغییرات میکرو در میدان‌های مغناطیسی ناشی از تراکم جمعیت، جریان‌های حرکتی در فضاهای شهری یا الگوهای مصرف انرژی را ضبط کنند. سیگنال‌های دقیق، پس از رمزنگاری با کلیدهای توزیع شده کوانتومی و انتقال به مراکز پردازشی، توسط شبکه‌های یادگیری عمیق کوانتومی تجزیه و تحلیل می‌شوند. شبکه‌ها به‌دلیل قابلیت پردازش بردارهای وضعیت در فضای هیلبرت، می‌توانند روابط درهم‌تنیده بین ویژگی‌های نادر (مانند همبستگی‌های زمان-مکانی نادر در توییت‌های حاشیه‌ای) را شناسایی کنند. به‌عبارت دیگر، روابطی که در مدل‌های آماری کلاسیک به‌عنوان نویز یا هم‌پوشانی تصادفی حذف می‌شوند، در قالب گره‌های درهم‌تنیده کیوبیت‌ها باقی می‌مانند و پس از یک «اندازه‌گیری» هدفمند می‌توانند به‌صورت ویژگی‌های متمایز استخراج شوند (Davidson, 2020). نتایج این پردازش‌ها می‌تواند به‌صورت هشدارهای زمان واقعی به سامانه‌های تصمیم‌گیری خودکار ارجاع شود. برای مثال، تشخیص زودهنگام یک تجمع مردمی بر پایه الگوی حرکتی غیرعادی در داده‌های حسگرهای کوانتومی، قادر است سیگنال‌دار شده و به تیم‌های امنیتی اطلاع داده شود که پیش از تبدیل به اعتراض مسلحانه اقدام پیشگیرانه‌ای مانند افزایش حضور پلیس یا انتشار پیام‌های ارتیبی انجام دهند. از منظر نظری، احتمالات کوانتومی به‌کارگیری ماتریس‌های چگالی و عملگرهای غیربازده را امکان‌پذیر می‌سازد تا اثر ترتیب سؤال‌ها و زمینه شناختی در نظرسنجی‌های عمومی به‌درستی مدل‌سازی شود. به‌عنوان مثال، اگر سؤال درباره حمایت از یک پروژه زیرساختی بلافاصله پس از سؤال درباره احساسات عمومی نسبت به یک شخصیت سیاسی مطرح شود، پاسخ‌ها تحت تأثیر «فروپاشی» قبلی قرار می‌گیرند و توزیع شرطی نتایج دیگر نمی‌تواند به‌صورت ساده ضرب احتمالی محاسبه شود. با استفاده از قواعد ترکیبی و پروژه‌گیری‌های متوالی، می‌توان پیش‌بینی‌های دقیق‌تری درباره رفتار رأی‌دهندگان ارائه داد. چنین پیش‌بینی‌هایی در کارزارهای انتخاباتی، به‌ویژه در زمان‌های حساس (مثلاً هفته انتهای کمپین) به استراتژیست‌ها امکان می‌دهد تا پیام‌رسانی‌های هدفمند را به‌صورت دینامیک تنظیم کنند، به‌گونه‌ای که اثر ترکیبی پرسش‌ها بر حس و تمایل رأی‌گیرنده به حداکثر رسانده شود. معماری‌های ترکیبی هیبریدی نیز نقش اساسی در پیاده‌سازی این رویکردها دارند. در این الگو، محاسبه سنگین (مثل ارزیابی انرژی در شباهت‌سنجی‌های شبکه‌ای) توسط پردازشگر کوانتومی انجام می‌شود، در حالی که بهینه‌سازی سطوح بالاتر، تجزیه و تحلیل نتایج و تصمیم‌گیری‌های نهایی توسط سامانه‌های کلاسیک مدیریت

می‌شوند. چنین ترکیبی به‌ویژه در مواقعی که تعداد کیوبیت‌های فیزیکی محدود است، ولی حجم داده‌ها عظیم است، کارآیی را بهینه می‌سازد.

٤. نقش فناوری کوانتوم در جامعه شناسی انقلاب اسلامی ایران

در دوران پس از انقلاب اسلامی ایران، همانند بسیاری از جوامعی که در مسیر تحول عمیق ایدئولوژیک و ساختاری قرار می‌گیرند، برخورد با پیشرفت‌های علمی و فناوری‌های نوظهور نقش مهمی در شکل‌گیری ساختارهای اجتماعی، فرهنگی، اقتصادی و سیاسی ایفا می‌کند و نه تنها تکنولوژی‌های موجود که به گونه‌ای مستقیم در عرصه‌های کاربردی دخالت می‌کنند، بلکه مفاهیم و استعاره‌های علمی می‌توانند به عنوان ابزارهای تفسیری و نمادین در گفتمان‌های انقلاب حضور یابند و در این زمینه، فناوری کوانتوم به عنوان یکی از پیشرفته‌ترین زمینه‌های علم فیزیک مدرن، به دلایل متعدد و پیچیده‌ای باعث شد تا نه تنها در محافل علمی و پژوهشی، بلکه در اندیشه‌های سوسیولوژیکی که به تحلیل دینامیک‌های جامعه انقلابی می‌پردازند، جایگاهی پررنگ پیدا کند (Bennett et al., 1984). در اوایل دهه هشتادهای خورشیدی، زمانی که دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی ایران با تلاش‌های دولتی برای گسترش پژوهش‌های پایه و کاربردی در زمینه‌های فیزیک، شیمی و مهندسی الکترونیک مواجه بودند، برخی از پژوهشگران به مطالعه ویژگی‌های خاصی که در مکانیک کوانتومی مشاهده می‌شود، از جمله ابرپوشانی، درهم‌تنیدگی و اصل عدم قطعیت، پرداختند. خصوصیات مذکور، نه صرفاً در حوزه فیزیک بلکه به عنوان استعاره‌هایی از وضعیت‌های چندگانه و پیچیده جامعه انقلابی که در آن طبقات مختلف، گروه‌های فقرایی، نخبگان علمی، افکار عمومی و نهادهای مذهبی به طرز همزمانی در حال تعامل و درگیری بودند، به کار گرفته شد. استعاره‌سازی در نوشته‌های سوشیولوژیکی که در دهه نود به ویژه توسط اندیشندگانی که در میان‌پوشه طبقه دانشگاهی و ادارات دولتی فعالیت می‌کردند قابل رؤیت است. آنها به بررسی این نکته پرداختند که همان‌گونه که می‌توان درهای یک سیستمی را که به طور کوانتومی به یکدیگر در هم‌تنیده‌اند، تنها با یک عملیات اندازه‌گیری به‌دست آورد، در همان جامعه انقلابی نیز هرگونه اقدامی که بر یک بخش از ساختار اعمال می‌شود، اثرات گسترده‌ای بر دیگر بخش‌ها خواهد داشت. چنین نگرشی نه فقط برای توضیح پدیده پیامدهای سریع و گاهی غیرقابل پیش‌بینی تصمیمات انقلاب، خصوصاً در حوزه توزیع منابع اقتصادی و اقتصادی‌های نفتی، بلکه برای

پیش‌بینی واکنش‌های احتمالی به مسائلی چون تحریم‌های بین‌المللی، اصلاحات قانونی و حتی تغییرات در ساختارهای فرهنگی مورد استفاده قرار گرفت. از سوی دیگر، در سال‌های پس از تحریم‌های سنگین و فشارهای اقتصادی که به‌ویژه زیر رهبری رئیس‌جمهورهای مختلف ارتقا یافت، دولت اسلامی به‌دنبال راهکارهایی برای رفع محدودیت‌های تکنولوژیکی شد که به واسطه کنترل‌های مالی بین‌المللی بر فناوری‌های پیشرفته، از جمله سخت‌افزارهای مبتنی بر نیمه‌رساناها و دستگاه‌های محاسبه‌گر پیشرفته، بر جامعه علمی اثر می‌گذاشت. در این زمینه، علم کوانتوم به‌ویژه به واسطه توانایی‌اش در ایجاد الگوریتم‌ها و مدل‌های شبیه‌سازی که می‌توانند به‌صورت نرم‌افزاری در سخت‌افزارهای موجود اجرا شوند، به عنوان یک مسیر توانمند برای عبور از محدودیت‌های سخت‌افزاری شناخته شد. به‌طوری‌که گروه‌های تحقیقاتی در موسسات علمی‌دانشگاهی مانند دانشگاه صنعتی شریف، دانشگاه علم و صنعت ایران و مؤسسه پشتیبانی تحقیقات علمی به‌کارگیری روش‌های محاسبه کوانتومی برای بهینه‌سازی فرآیندهای صنعتی نظیر روشن‌سازی نفت خام، طراحی مواد پیشرفته زیست‌پایی و استفاده از شبیه‌سازی‌های بر پایه مدل‌های کوانتومی برای پیش‌بینی رفتارهای شیمیایی، را به‌عنوان راه‌های بقا و استقامت اقتصادی مطرح کردند. در این میان، نقش فناوری‌های رمزنگاری مبتنی بر اصول کوانتومی، بخصوص توزیع کلیدهای کوانتومی که امکان ارسال کلیدهای رمزنگاری به‌صورت امن و غیرقابل شنود را فراهم می‌آورد، در مباحث امنیتی و امنیت اطلاعاتی شناخته شد. چنین موضوعی به‌خصوص برای یک حکومت که در مواجهه با نظارت بین‌المللی و تلاش برای دسترسی به اطلاعات حساس درباره پروژه‌های نظامی، هسته‌ای و حتی تراکنش‌های مالی داخلی، به‌دست‌آمد و به‌طور مستقیم بر ساختارهای قدرت تأثیرگذار بود. فناوری‌های مذکور، نه تنها زیرساختی برای ایجاد شبکه‌های ارتباطی حساس و امن فراهم می‌کردند، بلکه به‌عنوان نماد خودکفایی فنی در گفتمان رسمی دولت اسلامی به کار می‌رفتند. گویی توانایی امنیتی کوانتومی قادر است نشانگر این باشد که جامعه ایرانی، به‌دست‌آمدنی‌های علمی پیشرو دست یافته و از وابستگی به تکنولوژی‌های غربی رهایی یافته است. چنین پیامی در میان جمعیت‌های مختلف، بویژه جوانانی که به مطالعات مهندسی و علوم پایه تمایل دارند، تقویت‌کننده حس ملی‌گرایی علمی شد و به‌خصوص در سال‌های پیشرفت پروژه برنامه هسته‌ای، به‌عنوان ابزاری برای نشان دادن توانمندی‌های غیرقابل نفوذ علمی استفاده شد. نقش کوانتوم در زمینه اقتصاد دیجیتال و کارآفرینی نیز بی‌پرده نیست. پس از معرفی ماشین‌های

محاسبه‌گر کوانتومی توسط شرکت‌های بین‌المللی نظیر گوگل و دِی‌اکس و تحولات در حوزه الگوریتم‌های ترکیباتی که می‌توانند زمان حل مسائل بهینه‌سازی در حوزه لجستیک، حمل‌ونقل و شبکه‌های توزیع انرژی را به‌طرز چشمگیری کاهش دهند، پژوهشگران ایرانی سعی در ساختاردهی به استارتاپ‌های فناورانه مبتنی بر محاسبه کوانتومی کردند. برخی دانشگاه‌ها کارگاه‌های آموزشی برای تکنیک‌های برنامه‌نویسی کوانتومی برگزار کردند و گروه‌های جوان پژوهشی به پژوهش در زمینه توسعه الگوریتم‌های کوانتومی برای سامانه‌های مالی، پیش‌بینی بازارهای بورس و حتی تحلیل داده‌های بزرگ مرتبط با شبکه‌های رسانه‌ای اختصاص یافت. چنین موضوعی موجب شد تا صحنه کارآفرینی، که پیش از این تحت تأثیر محدودیت‌های مالی بین‌المللی و فشارهای تحریمی به‌طرز جدی مانع رشد می‌شد، یک لایه جدید از توانمندی‌های فناورانه پیدا کند که می‌توانست به‌صورت مستقیم بر ساختارهای اجتماعی و توزیع قدرت اقتصادی تأثیر بگذارد و در نتیجه نقش طبقه مهندسان فناور، کسانی که در زمینه فناوری‌های پیشرفته تسلط دارند، در محورهای تصمیم‌گیری‌های سیاسی و اقتصادی جامعه تحت تأثیر بگیرد. مفهوم درهم‌تنیدگی کوانتومی به‌عنوان یک استعاره عمومی برای توصیف پیوندهای میان افراد، گروه‌ها و نهادهای مختلف در جامعه انقلاب، به ویژه در زمان بحران‌های سیاسی و اقتصادی، به‌کار گرفته شد. درهم‌تنیدگی، به‌عنوان ویژگی فیزیکی که در آزمایش‌های آزمایشی برای ایجاد حالت‌های مشترک بین ذرات به‌کار می‌رفت و به‌عنوان نمادی برای نشان دادن این بود که تغییر در یک بخش از ساختار اجتماعی می‌تواند بلافاصله و بدون واسطه در سایر بخش‌ها حس شود و بازخوردهایی به‌وجود آورد که در تحلیل‌های سنتی و خطی قابل پیش‌بینی نبودند. چنین برداشتی مخصوصاً در کارهای جامعه‌شناسی انتقادی که پس از انقلاب بر پایه انتقادات مارکسیستی-فکری-دینی و نیز در چارچوب نظریه سیستم‌های پیچیده شکل گرفت، به عنوان یک چارچوب تحلیلی نوین مورد استفاده قرار گرفت. پژوهشگرانی که به بررسی روابط بین نهادهای مذهبی، نظام اداری، نخبگان دانشگاهی و طبقه کارگر می‌پرداختند، از مفهومی که «هررویداد در یک نقطه از فضا-زمان، بلافاصله بر دیگر نقاط اثر می‌گذارد» الهام می‌گرفتند و این رویکرد را در تحلیل‌های خود درباره نحوه گسترش ایدئولوژی‌های انقلاب، بروز اعتراضات مردمی و حتی توزیع منابع مالی مشروع می‌کردند. از سوی دیگر، این استعاره در متون تبلیغاتی و سخنرانی‌های رهبری نیز به کار رفت. در برخی مراسم‌های عمومی، رئیسان نهادهای دولتی و مذهبی از «حالت درهم‌تنیده ملت» سخن

می‌گفتند و می‌گفتند که همان‌طور که ذرات کوانتومی نمی‌توانند به‌صورت مستقل رفتار کنند، مردم ایران نیز در حضور تهدیدهای خارجی یا تحریم‌ها نیازی به تقسیم‌بندی افکار ندارند و باید با همدلی و مشترک‌الهدف، به‌عنوان یک کل منسجم عمل کنند. زبان نمادین، همان‌طور که در جامعه‌پذیری معنایی تقویت‌کننده حس همبستگی می‌ساخت، به‌همین ترتیب برای مشروعیت‌بخشی به سیاست‌های متمرکز در زمینه دسترسی به فناوری‌های نوین به‌کار می‌رفت. به عنوان مثال، اعلام تصمیمات دولتی مبنی بر ترویج تحقیقات کوانتومی در دانشگاه‌ها و مؤسسات پژوهشی نه تنها به عنوان یک برنامه علمی-تکنولوژیک، بلکه به‌عنوان یک پیام سیاسی در باب «توانایی‌های ملی» دیده می‌شد و می‌توانست از طریق روایت‌های هم‌گرا، نوعی اعتماد جمعی به توانمندی‌های داخلی و مقاومت در برابر فشارهای بین‌المللی را تقویت کند. در عرصه آموزش، دانشگاه‌های کلیدی کشور به‌طور تدریجی دروس پیشرفته فیزیک کوانتومی، محاسبه کوانتومی و نظریه اطلاعات کوانتومی را به‌عنوان بخشی از برنامه دروس مهندسی و علوم پایه وارد کردند. این اقدام نه تنها به‌منظور پرورش نیروی کار فنی و تخصصی انجام شد، بلکه به‌گونه‌ای ساختارهای ذهنی دانشجویان را تحت تأثیر قرار داد. دانش‌آموزانی که در سال‌های اولیه تحصیل خود با مفاهیم ابرپوشانی و ترکیب حالت‌ها آشنا می‌شدند، به‌سرعت متوجه می‌شدند که این اصول می‌توانند به‌عنوان ابزارهای جسمانی و نمادین برای بازنگری در مفاهیم «دین»، «جماعت» و «امکان تغییر» به‌کار روند. به‌طوری‌که در مباحث فلسفی-دینی، برخی فقه‌حاخمان و محققان حوزه علمیه سعی کردند حاویت و تحول‌پذیری مفاهیم ایمانی را با «احتمالی بودن» و «عدم قطعیت» کوانتومی مقایسه کنند و از این طریق استدلال کنند که دین و علم می‌توانند در یک چارچوب همزیست شوند، چرا که هر دو در مورد «غیرقابل پیش‌بینی» و «جستجوی حقیقت» می‌گردند. همزیستی نمادین، به‌ویژه در دسته جوانان و دانشجویان، باعث شکل‌گیری یک لحن ترکیبی بین‌المللی شد که در آن رشته‌های علوم انسانی و علوم طبیعی در گفت‌وگوهای روزمره به‌کار می‌رفتند. ترکیب‌گرایی باعث شد توانایی تحلیل مسائل اجتماعی به‌طور «کوانتومی» یعنی نادیده گرفتن تقسیمات صرفاً طبقه‌ای یا نژادی و تمرکز بر شبکه‌های متقابل و بازخوردهای ناشی از تعاملات، در بین جریان‌های انتقادی بروز یابد. در کنار این تغییرات فکری، سیاست‌گذاران همزمان به دنبال بهره‌برداری عملی از فناوری‌های کوانتومی بودند. معماری امنیتی دولت، به‌ویژه پس از حوادث نفوذ سایبری مجبور شد به‌جای روش‌های سنتی رمزنگاری مبتنی بر کلیدهای تقریبی، به سمت توزیع کلیدهای

کوانتومی در زیرساخت‌های شبکه‌های مخابراتی دفاعی و کشوری گام بردارد. فناوری کوانتوم نه تنها امکان برقراری ارتباطات امن در مواقع حساس مانند مذاکرات هسته‌ای یا تبادلات مالی بین‌المللی را می‌داد، بلکه به عنوان نماد قدرت‌نمایی «فاصله فناوری» میان ایران و کشورهای پیشرفته شناخته می‌شد. به‌عبارت دیگر، هر چند در عمل پیاده‌سازی توزیع کلیدهای کوانتومی با چالش‌های فنی و اقتصادی مواجه بود، ولی ارتباط استراتژیک آن با ایده «استقلال فناورانه» رسماً در اسناد استراتژیک دفاعی و علمی بیان شد و مورد تحسین رسانه‌های رسمی قرار گرفت. چنین تحسینی نه فقط به شکل‌گیری یک تصویر مثبت در ذهن عموم مردم کمک کرد، بلکه به‌عنوان یک ابزار «سرد کردن» فشارهای بین‌المللی و جلب هم‌دلی بین‌بازهای داخلی برای پشتیبانی از برنامه‌های علمی-فنی به‌کار رفت. از منظر اقتصادی، پروژه‌های تحقیقاتی محاسبه کوانتومی در صنایع مختلف شامل نفت، پتروشیمی، خودروسازی و کشاورزی به‌صورت آزمایشی اجرا شد. به‌عنوان مثال، به‌کارگیری شبیه‌سازی‌های کوانتومی برای پیش‌بینی رفتار فازهای اولاً در سرامیک‌های مقاوم به حرارت، به‌گونه‌ای هزینه‌های تولید را در برخی صنایع به‌طور چشمگیری کاهش داد و این موفقیت‌ها به‌عنوان «نمادهای بقا و پیشرفت اقتصاد مقاومتی» در رسانه‌های دولتی به نمایش گذاشته شد. چنین روایتی بخصوص در مواجهه با تحریم‌های اقتصادی به‌عنوان یک استراتژی جایگزین برای دسترسی به فناوری‌های پیشرفته تجاری عمل کرد و از طرفی طبقه مهندسین و پژوهشگران فنی را به‌عنوان «قهرمانان اقتصادی» معرفی نمود که با پیگیری علمِ نوین می‌توانند مسیر توسعه مستقل را هموار سازند.

۵. کارکرد فناوری کوانتوم در جامعه‌شناسی حقوق بین‌الملل

تحول در پارادایم‌های علمی همواره پیامدهایی بنیادین برای ساختارهای اجتماعی و حقوقی جوامع داشته است و اکنون با ظهور فناوری کوانتوم، بشریت در آستانه گذاری از یک دنیای «نیوتنی» به دنیایی «کوانتومی» قرار دارد که این گذار، صرفاً یک تغییر تکنولوژیک نیست، بلکه بازتعریفی از ماهیت واقعیت، رابطه میان اجزا و در نهایت، ساختار قدرت و قانون است. برای تبیین کارکرد فناوری کوانتوم در جامعه‌شناسی حقوق بین‌الملل، ابتدا باید از این شناخت آغاز کرد که حقوق بین‌الملل کلاسیک بر پایه مفاهیمی از جمله «حاکمیت مطلق»، «مرزهای مشخص»، «دولت به مثابه یک موجودیت مستقل و جدا از دیگران» و «پیش‌بینی‌پذیری رفتارهای سیاسی» بنا شده

است؛ مفاهیمی که همگی ریشه در فیزیک کلاسیک و نگاه مکانیکی به جهان دارند. در نگاه کلاسیک، دولت‌ها مانند گلوله‌هایی هستند که در یک فضای مشخص حرکت می‌کنند و تعامل آن‌ها صرفاً از طریق برخورد یا اثرگذاری مستقیم حاصل می‌شود، اما فناوری کوانتوم با معرفی مفاهیمی نظیر «درهم‌تنیدگی»، «برهم‌نهی» و «اصل عدم قطعیت»، این بنیادهای جامعه‌شناختی را به چالش می‌کشد. در لایه نخست، اگر بخواهیم از منظر «درهم‌تنیدگی کوانتومی» به جامعه‌شناسی حقوق بین‌الملل بنگریم، با پدیده‌ای مواجه هستیم که در آن تفکیک‌پذیری کلاسیک دولت‌ها فرو می‌ریزد. در جامعه‌شناسی حقوق، دولت‌ها به عنوان واحدهای اصلی عمل می‌کنند که با تعاملات اجتماعی و حقوقی، نظم جهانی را می‌سازند. اما فناوری کوانتوم، به‌ویژه در حوزه ارتباطات و شبکه، نوعی از «درهم‌تنیدگی دیجیتال-کوانتومی» را ایجاد می‌کند که در آن، پیامد یک اقدام حقوقی یا سیاسی در یک نقطه از جهان، به شکلی غیرقابل پیش‌بینی و آنی بر ساختار حقوقی نقاط دیگر اثر می‌گذارد، بدون اینکه لزوماً از مسیرهای سنتی انتقال قدرت یا اطلاعات عبور کند. این موضوع، مفهوم «مرز» را در حقوق بین‌الملل به شدت تضعیف می‌کند. وقتی داده‌ها و فرآیندهای تصمیم‌گیری تحت تأثیر شبکه‌های کوانتومی قرار می‌گیرند، دیگر نمی‌توان بر اساس منطق جغرافیایی و حاکمیت قلمرو، یک رخداد حقوقی را بررسی کرد؛ بلکه حقوق بین‌الملل با یک «واقعیت غیرمحلی» روبرو می‌شود که در آن، فعل و انفعالات حقوقی، پیوستگی‌هایی فراتر از زمان و مکان سنتی برقرار می‌کنند. از منظر جامعه‌شناسی، این یعنی «اجتماعی شدنِ حقوق» از حالت متمرکز و منطقه‌ای به حالت توزیع‌شده و درهم‌تنیده تغییر می‌یابد. در لایه دوم، مفهوم «برهم‌نهی» می‌تواند به خوبی تبیین‌کننده وضعیت حقوقی و سیاسی در عصر کوانتوم باشد. در فیزیک کوانتوم، یک ذره می‌تواند در چندین حالت به‌طور هم‌زمان قرار داشته باشد تا زمانی که مشاهده شود. در جامعه‌شناسی حقوق بین‌الملل، ما با وضعیت‌هایی از «ابهام حقوقی ساختاری» روبرو هستیم که فناوری کوانتوم آن‌ها را تشدید می‌کند. برای مثال، در بحث حاکمیت سایبری و حقوق مربوط به داده‌ها، یک کنشگر غیردولتی یا یک برنامه محاسباتی می‌تواند هم‌زمان در وضعیت «دارنده حق» و «نقض‌کننده حق» قرار داشته باشد، یا یک معاهده می‌تواند از نظر حقوقی «نافذ» و «موقوف» باشد، تا زمانی که یک «مشاهده‌گر» (مانند یک نهاد قضایی یا یک قدرت بزرگ) با کنش خود، این برهم‌نهی را به یک حالت قطعی تبدیل کند. فناوری کوانتوم، با توانایی پردازش فراتر از محدودیت‌های کلاسیک، این وضعیت‌های چندگانه را در مدیریت بحران‌ها و تحلیل‌های حقوقی

پیچیده می‌کند. در واقع، فناوری کوانتوم باعث می‌شود که حقوق بین‌الملل از یک نظام «صفر و یک» (یا رعایت شده یا نشده) به سمت یک نظام «احتمالاتی و چندحالتی» حرکت کند که در آن، ماهیت حقوقی یک کنش، پیش از مداخله قدرت‌های نظارتی، در یک وضعیت برهم‌نهی قرار دارد. با ورود به بحث «اصل عدم قطعیت» هایزنبرگ، ما با یکی از عمیق‌ترین چالش‌های جامعه‌شناسی حقوق بین‌الملل مواجه می‌شویم. در حقوق کلاسیک، «قطعیت حقوقی» یکی از ارکان اصلی است؛ یعنی بازیگران باید بدانند که با رعایت یا نقض یک قاعده، چه پیامدی خواهد داشت. اما فناوری کوانتوم، با ماهیت احتمالی خود، این قطعیت را به چالش می‌کشد. وقتی قدرت‌های بزرگ از محاسبات کوانتومی برای رمزنگاری، تحلیل داده‌های امنیتی یا پیش‌بینی رفتارهای استراتژیک استفاده می‌کنند، نوعی از «عدم قطعیتِ هدفمند» در عرصه بین‌الملل ایجاد می‌شود. از منظر جامعه‌شناسی، این یعنی ابزار تولید «دانش حقوقی» تغییر می‌کند. اگر دانش ما از رفتار دیگران (دولت‌ها) با افزایش دقت در یک حوزه (مثلاً قصد سیاسی) باعث کاهش دقت در حوزه دیگر (مثلاً زمان دقیق اجرای یک تعهد) شود، ما با یک پارادوکس در مدیریت نظم بین‌الملل روبرو هستیم. این عدم قطعیت، بر ساختار «اعتماد» که زیربنای تمام روابط حقوقی بین‌المللی است، اثر می‌گذارد. جامعه‌شناسی حقوق بین‌الملل نشان می‌دهد که بدون قابلیت پیش‌بینی، معاهدات به جای ابزاری برای نظم، به ابزاری برای مدیریت آشفتگی تبدیل می‌شوند. در حقوق بین‌الملل، اصل «برابری حاکمیت‌ها» یک اصل بنیادین است، اما در واقعیت، قدرت تعیین‌کننده است. فناوری کوانتوم، با ایجاد شکافی عمیق میان «دارندگان مزیت کوانتومی» و «دیگران»، نوع جدیدی از سلسله‌مراتب اجتماعی–حقوقی را ایجاد می‌کند. کشورهایی که به رایانش‌های کوانتومی و ارتباطات امن کوانتومی دسترسی دارند، قادر خواهند بود تمام پروتکل‌های امنیتی فعلی جهان را در کسری از ثانیه در هم بشکنند. این یعنی قدرتِ «تلاش برای رعایت قانون» توسط دیگران، از بین می‌رود. از منظر جامعه‌شناسی حقوق، ما با ظهور یک «طبقه حاکم تکنولوژیک» روبرو هستیم که می‌تواند قواعد حقوقی را نه با تغییر متن معاهدات، بلکه با کنترل زیرساخت‌های محاسباتی جهان، بازتعریف کند. این «هژمونی کوانتومی» می‌تواند باعث شود که حقوق بین‌الملل از یک نظام مبتنی بر توافقات میان دولت‌ها، به نظامی تبدیل شود که توسط الگوریتم‌های کوانتومی و قدرت محاسباتی دیکته می‌شود؛ در واقع، حقوق از یک «ساختار اجتماعی» به یک «ساختار محاسباتی» تبدیل می‌گردد. یکی از ابعاد بسیار مهم دیگر، اثر «مشاهده‌گر» در حقوق بین‌الملل است. در

مکانیک کوانتوم، عمل مشاهده باعث فروپاشی تابع موج و تثبیت یک حالت می‌شود. در جامعه‌شناسی حقوق، «مشاهده» معادل همان «اعلام، نظارت و اجرای قانون» است. فناوری‌های حسگری کوانتومی با دقت بی‌نظیری قادرند هرگونه تحرک یا فعالیت در کره زمین را ردیابی کنند. این سطح از نظارت، مفهوم «حریم خصوصی دولت‌ها» و «آزادانه عمل کردن در عرصه بین‌الملل» را تغییر می‌دهد. وقتی نظارت کوانتومی به واقعیت تبدیل شود، «عمل مشاهده» توسط نهادهای بین‌المللی یا قدرت‌های بزرگ، به شکلی آنی، رفتار بازیگران را تغییر می‌دهد. این یعنی حقوق بین‌الملل دیگر صرفاً مجموعه‌ای از قواعد برای مدیریت رفتارها نیست، بلکه خودِ «فرآیند نظارت کوانتومی» تبدیل به عاملی می‌شود که رفتار حقوقی را در لحظه تولید می‌کند. این پدیده باعث می‌شود که جامعه‌شناسی حقوق بین‌الملل از مطالعه «قواعد» به سمت مطالعه «فرآیندهای مشاهده و اثرگذاری آنی» حرکت کند. در روابط بین‌الملل، دیپلماسی بر پایه حفظ اسرار و امنیت ارتباطات بنا شده است. فناوری کوانتوم با معرفی رمزنگاری کوانتومی، مفهوم «امنیت» را از یک مفهوم سیاسی–حقوقی به یک مفهوم فیزیکی–مطلق تبدیل می‌کند. در گذشته، امنیتِ یک معاهده یا یک مذاکره دیپلماتیک، به قدرت نظامی یا توافق سیاسی بستگی داشت، اما در عصر کوانتوم، امنیتِ یک پیام حقوقی به قوانین فیزیک وابسته است. این تغییر، ساختار «دیپلماسی حقوقی» را دگرگون می‌کند. اگر بتوان امنیت ارتباطات را به صورت مطلق تضمین کرد، شکاف میان «اعتماد سیاسی» و «امنیت فیزیکی» پر می‌شود، اما اگر قدرت‌های بزرگ بتوانند پروتکل‌های کوانتومی را در اختیار بگیرند، چنین شکافی می‌تواند سبب نوعی «انزوای اطلاعاتی» شود که در آن، تعاملات دیپلماتیک دیگر نه بر پایه مذاکره و گفتمان، بلکه بر پایه توانایی پیش‌بینی و کنترل احتمالات توسط طرف مقابل صورت می‌گیرد؛ در واقع، امنیتِ یک قرارداد یا یک توافق‌نامه، از لایه سیاست به لایه محاسبات منتقل می‌شود و این امر، ماهیت «اعتبار اجتماعی» حقوق را تغییر می‌دهد. از منظر جامعه‌شناسی حقوق، اگر امنیت و حقیقتِ یک پیام یا یک کنش حقوقی تنها توسط توان محاسباتی یک گروه محدود شود، دیگر نمی‌توان از «حقوق برابر» سخن گفت، بلکه با یک «حقوق محاسباتی» مواجه خواهیم بود که در آن، حقیقت و واقعیت، محصولِ قدرتِ پردازش است. این گذار، ما را با چالش بازتعریف «ماهیتِ واقعیت حقوقی» مواجه می‌کند. در حقوق بین‌الملل کلاسیک، ما با «واقعیت‌های عینی» (مانند وقوع یک حمله، امضای یک معاهده، یا جابجایی نیروها) سر و کار داریم که جامعه حقوقی بر پایه آن‌ها قضاوت می‌کند؛ اما در عصر کوانتوم، با ورود به قلمرو احتمالات و برهم‌نهی،

«واقعیت حقوقی» از حالت عینی به حالت «احتمالاتی» میل می‌کند. این یعنی، یک رخداد بین‌المللی ممکن است پیش از آنکه در دنیای فیزیکی و محسوس رخ دهد، در فضای محاسباتی کوانتومی به عنوان یک «احتمال بسیار بالا» شناسایی شود. پارادایم جدید، مرز میان «پیش‌گیری» و «دخالت‌گری» را به‌شدت تاریک و مبهم می‌کند و ممکن است سبب نوعی «پیش‌دانی حقوقی» شود که در آن، اراده آزاد دولت‌ها در برابر پیش‌بینی‌های الگوریتمی از بین می‌رود. در حقوق بین‌الملل، دولت‌ها و بازیگران به عنوان «عامل‌های دارای اراده» شناخته می‌شوند که بر اساس منافع و تصمیمات خود عمل می‌کنند. اما وقتی فناوری کوانتوم و هوش مصنوعیِ مبتنی بر آن، وارد فرآیند تصمیم‌گیری بین‌المللی می‌شوند، «عامل بودن» از حالت انسانی به حالت «الگوریتمی» تغییر جهت می‌دهد. در این فضای جدید، فرآیند تولید هنجارها و قواعد حقوقی، از اتاق‌های مذاکره و پارلمان‌ها به سمت «جعبه‌های سیاه» محاسباتی حرکت می‌کند. این پدیده، سبب نوعی «بیگانگی حقوقی» در سطح بین‌المللی می‌شود؛ جایی که بازیگران (دولت‌ها) از قواعدی که خود آن‌ها را وضع کرده‌اند، فاصله می‌گیرند، زیرا این قواعد در لایه‌های پیچیده و غیرقابل‌درک محاسبات کوانتومی تولید و اجرا می‌شوند. از منظر جامعه‌شناسی، این یعنی «مشروعیت» که همواره ریشه در توافق اجتماعی و انسانی داشته است، با بحرانی مواجه می‌شود؛ چرا که چگونه می‌توان قواعدی را که توسط یک سیستم غیرانسانی و بر پایه احتمالات کوانتومی تولید شده‌اند، «مشروع» دانست؟ این پرسش، شکاف میان «قانون به مثابه ابزار نظم» و «قانون به مثابه محصول محاسباتی» را عمیق‌تر می‌کند. علاوه بر این، تأثیر فناوری کوانتوم بر «ساختار قدرت در نظام بین‌الملل» را نمی‌توان نادیده گرفت. جامعه‌شناسی حقوق همواره به دنبال بررسی این است که چگونه قانون، ساختارهای قدرت را بازتولید می‌کند. فناوری کوانتوم، با ایجاد ظرفیت‌های جدید برای کنترل اطلاعات و رمزنگاری، ساختار قدرت را از «قدرت سخت» (نظامی) و «قدرت نرم» (فرهنگی) به سمت «قدرت محاسباتی» سوق می‌دهد. در این نظام جدید، حاکمیت تنها در قلمرو جغرافیایی معنا ندارد، بلکه در «قلمرو محاسباتی» و «فضای داده‌ای» تعریف می‌شود. دولتی که بر زیرساخت‌های کوانتومی جهان تسلط داشته باشد، در واقع بر «زیربنای حقیقت» در حقوق بین‌الملل تسلط یافته است. این یعنی، این قدرت می‌تواند تعیین کند که چه چیزی «واقعیت» است و چه چیزی «احتمال»؛ چه کسی «نقض‌کننده» است و چه کسی «رعایت‌کننده». این شکاف تکنولوژیک، نه تنها نابرابری اقتصادی، بلکه یک «نابرابری هستی‌شناختی» ایجاد می‌کند که در آن، برخی دولت‌ها در

لایه «واقعیت قطعی» زندگی می‌کنند و برخی دیگر، در لایه «ابهام و احتمال» که توسط قدرت‌های کوانتومی مدیریت می‌شود. مدیریت چالش‌های پیچیده‌ای مانند تغییرات اقلیمی در حقوق بین‌الملل، نیازمند مدل‌سازی‌های بسیار دقیق از سیستم‌های پیچیده زمین است. فناوری کوانتوم با توانایی بی‌نظیر خود در شبیه‌سازی سیستم‌های چندمتغیره، می‌تواند «حقوق محیط زیست» را از یک حقوقِ مبتنی بر «جبران خسارت پس از وقوع» به حقوقی مبتنی بر «مدیریت دقیق احتمالات آینده» تبدیل کند. اما این تحول، خود با یک چالش جامعه‌شناختی همراه است: اگر مدل‌های کوانتومی، وقوع یک فاجعه محیط‌زیستی را در یک منطقه خاص پیش‌بینی کنند، آیا دولت‌ها حق دارند بر اساس این «پیش‌بینی محاسباتی»، اقدامات حقوقی یا نظامی انجام دهند؟ این موضوع، مفهوم «مسئولیت بین‌المللی» را دگرگون می‌کند؛ یعنی مسئولیت دیگر صرفاً بر اساس «عمل انجام شده» نیست، بلکه می‌تواند بر اساس «شکست در مدیریت احتمالات» تعریف شود. این انتقال از «مسئولیت بر پایه فعل» به «مسئولیت بر پایه مدیریت احتمال»، یکی از عمیق‌ترین تغییرات در ساختار حقوقی و اجتماعی نظام بین‌الملل خواهد بود.

نتیجه‌گیری

تأثیر فناوری کوانتوم بر رفتارهای اجتماعی و سیاسی نشان می‌دهد که با تغییرات بنیادی در چگونگی تحلیل داده‌ها و اطلاعات، می‌توان به درک عمیق‌تری از کنش‌های اجتماعی دست یافت. فناوری کوانتوم به ما این امکان را می‌دهد که نه تنها به سادگی داده‌ها را تحلیل کنیم بلکه با استفاده از مدل‌های پیچیده‌تری مانند شبکه‌های کوانتومی، بتوانیم روابط متقابل بین متغیرهای مختلف را شفاف‌تر کنیم. از آنجایی که رفتارهای اجتماعی تحت تأثیر عوامل گوناگونی قرار دارد، چنین تکنیکی قادر است جلوه‌ای نوین از تحلیل اجتماعی را به نمایش بگذارد. برای مثال، با بررسی انتخاب‌های سیاسی و الگوهای رأی‌گیری در ایرانیان، می‌توان مدل‌هایی را ایجاد کرد که تأثیرات فرهنگی، اجتماعی و سیاسی را به‌طور هم‌زمان مورد ارزیابی قرار دهد. چنین موضوعی به ما این امکان را می‌دهد که درک عمیق‌تری از نحوه عملکرد کنشگران اجتماعی و واکنش آن‌ها به رویدادهای سیاسی و اجتماعی پیدا کنیم و الگوهای جدیدی برای پیش‌بینی رفتارهای آینده ترسیم کنیم. فناوری کوانتوم نه‌تنها ابزارهای جدید برای تحلیل ایجاد می‌کند بلکه می‌تواند به‌عنوان یک عامل مؤثر در تحول پارادایم‌های پژوهشی و علمی مورد استفاده قرار گیرد. جامعه‌شناسی سیاسی

به‌طور سنتی به درک روابط علت و معلولی محدود می‌شود، اما با در نظر گرفتن جنبه‌های مختلف نظریه کوانتوم، می‌توان به دیدگاه‌های جدیدی در مورد تعاملات اجتماعی و سیاسی دست یافت. نظریات غیرقطعی بودن و هم‌زمانی می‌توانند به ما کمک کنند تا از چارچوب‌های سخت‌گیرانه خارج شویم و به دیدگاهی پویا و سیال از واقعیت‌های اجتماعی دست یابیم. به همین ترتیب، این تغییر در رویکردهای پژوهشی قادر است سبب ایجاد شاخه‌های جدیدی از تحقیقات در جامعه‌شناسی سیاسی شود که بر مبنای فهم عمیق‌تری از روابط بین کنشگران اجتماعی، متغیرهای سیاسی و تاثیرات محیطی بنا شده‌اند. تحول یادشدهات می‌توانند به ما کمک کنند تا سیستم‌های سیاسی و اجتماعی را با دقت بیشتری بررسی کنیم و به درک بهتری از دینامیک‌های پیچیده جامعه برسیم. در سطح عملی، کاربرد فناوری کوانتوم در سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی اجتماعی می‌تواند به شکل‌گیری استراتژی‌های نوین و مؤثری منجر شود. با بهره‌برداری از تحلیل‌های کوانتومی، سیاست‌گذاران می‌توانند به‌طور دقیق‌تری به نیازهای جامعه پاسخ دهند و برنامه‌هایی را طراحی کنند که در جلب مشارکت عمومی و ارتقاء حاکمیت دموکراتیک مؤثر باشند. این مهم به‌ویژه در شرایط کنونی ایران که با چالش‌های اجتماعی و سیاسی متعددی مواجه است، بسیار حائز اهمیت است. فناوری کوانتوم قادر است در شناسایی و تحلیل نیازهای جدید جامعه، به‌ویژه در حوزه‌های اجتماعی و اقتصادی، یاری رساند و راهکارهایی را ارائه دهد که ضامن عدالت اجتماعی و رفاه عمومی باشد. به‌عنوان مثال، برنامه‌ریزی‌های اقتصادی با استفاده از تحلیل‌های پیچیده کوانتومی می‌تواند به بهبود توزیع منابع و فرصت‌های شغلی منجر شود و سطح زندگی عمومی را ارتقاء بخشد. بدون شک، در کنار مزایا و فرصت‌های جدیدی که فناوری کوانتوم ارائه می‌دهد، چالش‌ها و محدودیت‌های بسیاری نیز وجود دارد که باید به‌خوبی مورد توجه قرار گیرد. از جمله این چالش‌ها می‌توان به عدم دسترسی قشرهای وسیع جامعه به تکنولوژی‌های پیشرفته، کمبود اطلاعات و آگاهی در رابطه با فناوری کوانتوم در میان سیاست‌گذاران و عموم مردم و محدودیت‌های مالی و زیرساختی اشاره کرد. به علاوه، به دلیل زمان‌بر بودن فرآیندهای آموزشی و پژوهشی در این حوزه، ممکن است بهره‌برداری فوری و کارآمد از فناوری‌های نوین با موانع مواجه شود. با پیشرفت‌های روزافزون در زمینه فناوری کوانتوم، امکان توسعه و بسط نظریه‌های جدید اجتماعی و سیاسی به‌وجود می‌آید. چنین موضوعی به پژوهشگران و فعالان اجتماعی این فرصت را می‌دهد که به بررسی جدیدتر و عمیق‌تری از روابط اجتماعی و سیاسی پرداخته و با

بهره‌برداری از داده‌های بزرگ و تحلیل‌های پیچیده، به تعیین روندهای آینده کمک کنند. فناوری کوانتوم قادر است برای آینده پژوهی نیز مفیدی باشد، زیرا به ما امکان می‌دهد روندهای اجتماعی را با دقت بیشتری پیش‌بینی کنیم و به تحلیل عمیق‌تری از چالش‌های پیش روی جامعه و راهکارهای ممکن بپردازیم. چنین دیالوگی بین علم و عمل می‌تواند سبب بسط و گسترش فضایی دموکراتیک و اجتماعی در ایران و دیگر کشورهای اسلامی شود. به طور کلی، پژوهش حاضر نشان می‌دهد که فناوری کوانتوم قادر است نقش محوری در تحول و تحلیل جامعه‌شناسی سیاسی انقلاب اسلامی داشته باشد. با درک و تحلیل این فناوری، به‌طور قابل توجهی می‌توانیم فهم خود را از رفتارهای اجتماعی و سیاسی عمیق‌تر کنیم و از طریق آن‌ها، به بهبود نظام‌های سیاسی کمک کنیم. به‌علاوه، استفاده از فناوری کوانتوم در حوزه‌های مختلف اجتماعی و سیاسی می‌تواند سبب ایجاد بسترهای نوینی برای رشد دموکراسی، عدالت اجتماعی و توسعه پایدار گردد. فناوری کوانتوم، نه تنها ابزاری برای تغییر قواعد، بلکه ابزاری برای تغییر «ادراک ما از نظم» است. جامعه‌شناسی حقوق بین‌الملل در عصر کوانتوم، با گذار از یک نظم «خطی و مکانیکی» به یک نظم «شبکه‌ای و احتمالاتی» روبرو است. در این نظم جدید، مرزها، حاکمیت‌ها، و حتی خودِ مفهوم «دولت»، همگی تحت تأثیر درهم‌تنیدگی و عدم قطعیت قرار می‌گیرند. چالش اصلی برای آینده، تدوین نوعی «حقوق بین‌الملل کوانتومی» است که بتواند میان نیاز به «قطعیت و نظم» (که برای بقای جامعه ضروری است) و ماهیت «احتمالاتی و پیچیده» فناوری کوانتوم (که واقعیت جدید جهان است) تعادل برقرار کند. حقوق بین‌الملل باید از یک نظام «جامد و قاعده‌مند» به یک نظام «انعطاف‌پذیر و احتمالاتی» تبدیل شود تا بتواند در جهانی که در آن حقیقت، یک تابع موج است و مرزها، درهم‌تنیدگی‌های دیجیتال، بقای خود را حفظ کنند. این گذار، مستلزم بازنگری در تمام مفاهیم بنیادین حقوق، سیاست و جامعه‌شناسی است، چرا که ما دیگر در حال تجربه یک تغییر تکنولوژیک ساده نیستیم، بلکه در حال بازنویسیِ کدهای بنیادینِ تعاملات انسانی در سطح جهانی هستیم.

منابع

محمودی‌کیا، محمد(۱۳۹۷). سیاست کوانتومی: کاربست نظریه کوانتوم در تحلیل پدیده‌های سیاست بین‌الملل، پژوهش‌های روابط بین‌الملل، ۱(۲۶)، ۱۹۷-۲۲۱.

Berger, P. L., & Luckmann, T. (1966). The Social Construction of Reality. New York: Anchor Books.

Lind W. et al. (1989) The changing face of war: into the fourth generation. In: Marine corps gazette.

Lind W.S. "Understanding fourth generation war", Mil Rev, Vol. 84, 2004, No. 12.

Affan Ahmed S, Mohsin M, Muhammad Zubair Ali S. (2020). Survey and technological analysis of laser and its defense applications, Defence Technology.

- Till S, & Pritchard J. (2016). UK quantum technology landscape 2016, DSTL/PUB098369, UK National Quantum Technologies Programme.

Davies A, Kennedy P. (2017). Special report - from little things: quantum technologies and their application to defence, Australian Strategic Policy Institute.

Wolf S.A. et al. (2019). Overview of the status of quantum science and technology and recommendations for the DoD, Institute for defense analyses.

Inglesant P, Jirotka M, Hartswood M. (2018). Responsible Innovation in Quantum Technologies applied to Defence and National Security, Networked Quantum Information Technologies.

Davidson A. (2020). A new dimension of war: the quantum domain, Canadian Forces College.

Park J.L. (1970). The concept of transition in quantum mechanics, In: Foundations of physics.

Damgård I. et al. "Secure identification and QKD in the bounded-quantum-storage model", Theor Comput Sci, 2014, No. 560.

Unruh D. (2014). Quantum position verification in the random oracle model, In: Advances in cryptology - CRYPTO 2014. Berlin: Springer.

Cuomo D., Caleffi M, Cacciapuoti AS. "Towards a distributed quantum computing ecosystem", IET Quantum Communication, Vol. 1, 2020, No. 1.

Ben-Or M. (2005). Hassidim A. Fast quantum byzantine agreement. In: Proceedings of the thirty-seventh annual ACM symposium on theory of computing - STOC 05. New York: ACM.

Proctor T.J, Knott PA, Dunningham JA. "Multiparameter Estimation in Networked Quantum Sensors", Physical Review Letters, Vol. 120, 2018, No. 8.

Bennett C.H, Brassard G. (1984). Quantum cryptography: public key distribution and coin tossing. In: Proceedings of IEEE international conference on computers, systems and signal processing, vol. 175, New York: IEEE.

Merkle R.C. (2001). A certified digital signature. In: Advances in cryptology — CRYPTO' 89 proceedings, New York: Springer.