پیشرفت در فناوری‌های سنجش کوانتومی/سنجش زیستی برای مراقبت‌های بهداشتی

چکیده

فناوری سنجش زیستی نسل پنجم/ششم، حوزه نوظهوری است که فناوری‌های هوشمندی مانند هوش مصنوعی، اینترنت اشیاء و یادگیری ماشینی را، با پلتفرم سنجش کارآمد در مقیاس میکرو یا نانو برای ساخت دستگاه‌های نقطه‌ای مراقبت (POC)[1] جهت بررسی راهبردهای مدیریت سلامت مرتبط می‌نماید. اخیراً، ادغام و ارتباط بین اندازه‌گیری کوانتومی، سیگنال‌دهی و فعال‌های زیستی بهینه‌شده، منجر به بررسی پدیده‌های زیستی بسیار کوچک با حساسیت غیرعادی شده است. انتظار می‌رود چنین فناوری‌هایی امکان اندازه‌گیری و ثبت تغییرات در مقیاس کوانتومی با فشار، دما و میدان‌های الکترومغناطیسی متفاوت را فراهم نمایند. با در نظر گرفتن سناریوهای فعلی، این دورنما به صورت انتقادی فناوری سنجش کوانتومی پیشرفته را همراه با چالش‌ها و چشم‌انداز آن‌ها برجسته می‌نماید.

سنجش کوانتومی (Q-S) فناوری حسگر پیشگام و نوظهوری است که اندازه‌گیری داده‌های پاسخ را با دقت، از طریق تشخیص تغییرات در حرکت میدان‌های مغناطیسی و الکتریکی امکان پذیر می‌نماید، زیرا داده/سیگنال خروجی به جای گروه عظیمی از اتم‌ها مشابه با علوم کلاسیک، از یک واحد اتم استخراج می‌گردد. این ویژگی‌های برجسته از اهمیت بالایی برخوردارند، زیرا چنین سنجشی، دقت، جامعیت و کارآیی سیستم‌های فنی جدید را جهت مکان‌یابی، تجزیه و تحلیل، کشف، درک و درگیر شدن با محیط اطراف افزایش می‌دهد. داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از QS دقت بیشتری را ارائه می‌دهد که می‌تواند عملکرد و کاربرد فناوری سنجش موجود را با جمع‌آوری و بهره‌برداری از آمار دقیق‌تر برای تولید داده‌های پیشرفته و نتایج داده‌ها بهبود بخشد. بهتر از هر روش اندازه‌گیری متداول، حسگرهای کوانتومی توانایی سنجش در سطح اتم با استفاده از به اصطلاح منابع کوانتومی را دارا هستند. برای مثال، علی‌رغم این واقعیت که نورشناسی کوانتومی معمولاً به ارزیابی‌هایی وابسته است که از

[1] م. منظور تجهیزاتی است که در زمان مراقبت از بیمار استفاده می‌شود.

ویژگی‌های مختلف نور یا فوتون‌ها استفاده می‌نمایند، حسگرهای کوانتومی را می‌توان از طریق اتم‌ها و مولکول‌ها در فضای باز و ابزارهای فاز جامد مخصوص ایجاد نمود. گروه‌های تحقیقاتی در حال کار بر روی توسعه دستگاه‌های مختلف امروزی بر اساس فناوری حسگر نسل پنجم و ششم هستند، حوزه‌ای که در آن تمرکز بر استفاده و ترکیب فناوری‌های پیشرفته مانند اینترنت اشیا (IoT[2])، هوش مصنوعی (AI[3]) و نانوسیستم‌های عامل‌دار است.

نیازها و چشم‌اندازهای آینده

سنجش کوانتومی/سنجش زیستی (QS/BS)[4] حساسیت زیادی از خود نشان می‌دهند، اما با این وجود در برابر انواع خاصی از اختلالات حساس هستند، که کاربرد آنها را در بسیاری از حالت‌ها محدود می‌نماید. مانع جهت توسعه سیستم‌های کوانتومی، کمبود تجهیزات در دسترس جهت سنجش مقادیر فراتر از محیط آزمایشگاهی است. به دلیل این محدودیت‌ها، شکاف موضوعی بین مطالعات فیزیک کوانتومی و شرایط دنیای واقعی وجود دارد. از آنجایی که حسگرهای کوانتومی عمدتاً برای استفاده آزمایشگاهی در نظر گرفته شده‌اند، توسعه یک (حسگر کوانتومی) تا مقیاس تجاری نیز به همین ترتیب دشوار است. هم‌چنین نسبت سیگنال به نویز حسگرهای کوانتومی، مانند آنچه در اهداف طیف‌سنجی به کار می‌رود، توسط عناصری مانند انسجام کوانتومی که با تلفات و اختلالات محیطی همراه است، مختل می‌گردد. تغییرات کارآمد و عامل‌دار سازی مواد مبتنی بر کوانتوم باید بیشتر مورد توجه قرار گیرد، زیرا نقش کلیدی در حذف/کاهش سمی بودن این مواد بر عهده دارد.

پیش‌بینی می‌گردد در نتیجه‌ی نیاز جهانی به توسعه نوآوری‌های کوانتومی و QS/BS، این روش سنجش ورای تحقیقات مفهوم کوانتوم، به یک سیستم کوانتومی رایج و عملی تبدیل شود. بدون شک QS/BS با تأمین مالی بیشتر برای علم کوانتوم و منافع تجاری، پیشرفت خواهد نمود، علی‌رغم این واقعیت که تا زمانی که حسگرهای کوانتومی به صورت گسترده استفاده گردند موانع زیادی وجود دارد که باید بر آنها غلبه نمود.

[2] Internet of things
[3] Artificial intelligence
[4] Quantum sensing/biosensing

نتیجه‌گیری

حسگرهای متمرکز بر نیتروژن-تهی‌جایی مرکزی[5] در مواد حجیم سنتزی و نانوالماس‌ها، به دلیل قابلیت‌های اجرایی و فناوری از جمله فناوری‌های کوانتومی در حال توسعه با پتانسیل بسیار زیاد برای استفاده در سیستم‌های بیولوژیکی هستند. چنین سنجش‌های کوانتومی به ویژه برای فعالیت‌های زیست‌پزشکی مفید و موثر هستند چرا که می‌توانند حالت چرخش را به صورت بصری در دمای محیط مقداردهی و بررسی نمایند. به‌علاوه، درجات به‌دست‌آمده از وضوح و حساسیت فضایی بسیار بالاست، که در تئوری، استفاده آتی را جهت شناسایی میدان‌های الکترومغناطیسی فوق‌العاده ضعیف مانند آنهایی که توسط سلول‌های پستانداران و احتمالاً انسان تولید می‌شوند، اجازه می‌دهد. پیش‌بینی می‌گردد آخرین پیشرفت چنین روش‌هایی، همراه با محبوبیت روزافزون در شناسایی زمینه‌های عصبی به عنوان تکنیک‌های درمانی و تشخیصی بیماری‌های عصبی و تأثیرات پیری، پیشرفت‌های فناوری و در نهایت موفقیت تجاری سنجش‌زیستی به کمک کوانتوم را تسریع نماید.

کلیدواژه‌ها

سنجش زیستی، سنجش کوانتومی، حسگر کوانتومی.

Biosensing, quantum sensing, quantum sensor.

مرجع

V. Chugh, A. Basu, A. Kaushik, A. K. Basu, “Progression in Quantum Sensing/Bio-Sensing Technologies for Healthcare”, 2023, ECS Sensors Plus, Vol. 2.

DOI:

---

[5] Nitrogen-vacancy center ، نیتروژن-تهی جایی مرکزی یک نقص نقطه ای در شبکه الماس است که از یک جفت کنار هم شامل یک اتم نیتروژن و جای خالی یک اتم کربن (حاصل از تهی جایی)در میان دیگر اتم‌های کریستال تشکیل می‌شود.

10.1149/ 2754-2726/acc190.