

گزارش امکان‌سنجی — سیستم خبره برای تحلیل و پیش‌بینی نتایج آزمایش‌های مکانیک کوانتومی

معیار ۱ — قابلیت حل مسئله با روش‌های متداول (آیا مسئله «ساخت‌یافته» است یا «غیرساخت‌یافته»؟)

پاسخ: بله — مسئله غیرساخت‌یافته است.

تحلیل و تفسیر نتایج آزمایش‌های کوانتومی در سطح کیفی اغلب نیاز به قضاوت مفهومی، تفسیر شرایط آزمایش (مثلاً «آیا which-path information واقعی در دسترس است؟» یا «حجم نویز چقدر بر هم‌نهی را از بین می‌برد؟») و تلفیق دانش تجربی دارد. این نوع مسائل معمولاً با یک دستورالعمل برنامه‌نویسی عددی واحد یا فرمول ساده قابل حل نیستند؛ بلکه نیاز به قواعد منطقی مستخرج از تجربه‌ی متخصصان و ملاحظات تفسیر مفهومی دارند. بنابراین مسئله «غیرساخت‌یافته» است و سیستم خبره ابزار مناسبی برای ارائه استدلال‌های کیفی می‌باشد.

معیار ۲ — وجود سیستم‌های خبره برای مسائل مشابه (قابلیت بازاستفاده/تقسیم‌پذیری)

پاسخ: تا حد زیادی مثبت — برای زیرمسائل مشابه منابع و رویکردهای مشابه وجود دارد؛ بنابراین توسعه سیستم برای مساله P قابل توجیه است.

در ادبیات آموزشی و پژوهشی، سیستم‌های خبره و سیستم‌های مبتنی بر قواعد برای آموزش مفاهیم فیزیکی و تفسیر آزمایش‌ها وجود دارند (مثلاً rule-based tutors، physics tutoring systems، همچنین بسیاری از آزمایش‌های کوانتومی کلاسیک) دوشکاف، Stern–Gerlach، MZI، quantum eraser) مفاهیم تکرار شونده‌ای دارند که می‌توان ریزمسائل (مثلاً «تأثیر آشکارساز»، «تأثیر نویز»، «اثر فاز») را به‌صورت مستقل مدل‌کرد و سپس ترکیب نمود. بنابراین حتی اگر برای تمام حالت‌ها سیستم آماده نباشد، می‌توان مساله را به زیرمسائل تقسیم و برای هر زیرمساله KB (پایگاه دانش) موقتی ساخت.

معيار ۳ — مشخص بودن محدوده عملکرد

پاسخ: بله — محدوده‌پذیر و باید دقیقاً تعیین شود؛ امکان‌پذیر و توصیه‌شده.

توانایی محدود کردن دامنه یکی از مزیت‌های این موضوع است: می‌توان مقولات را به مجموعه‌ای از آزمایش‌های پایه و نوع خروجی‌های کیفی محدود کرد (تداخل/بدون تداخل، فروپاشی/برهم‌نهی، جهت انحراف، احتمال کیفی). با تعیین صریح ورودی‌ها (نوع ذره، وضعیت آشکارساز، شدت منبع، نویز محیطی و...) محدوده عملکرد روشن و قابل توصیف خواهد بود.

معيار ۴ — وجود فرد خبره و امکان استخراج دانش از او

پاسخ: بله مقالات زیادی درین زمینه به چاپ رسیده.

برای استخراج قواعد با کیفیت بالا، حداقل یک فیزیکدان نظری یا آزمایشگاهی که با آزمایش‌های انتخابی آشنا باشد لازم است. در بسیاری از دانشگاه‌ها اساتید فیزیک کوانتوم یا دانشجویان تحصیلات تکمیلی می‌توانند به‌عنوان خبره عمل کنند. اگر دسترسی مستقیم به متخصص ممکن نباشد، کتاب‌های مرجع (Griffiths)، مقالات مروری (و متون آموزشی می‌توانند منبع قابل‌قبولی برای استخراج قواعد اولیه باشند، ولی کیفیت و ظرافت قواعد با کمک خبره افزایش چشمگیر می‌یابد.

معيار ۵ — نیاز و تحمل کاربر نسبت به خطای سیستم (قابلیت فهم و پذیرش اعتبار سیستم)

پاسخ: مثبت اما وابسته به طراحی UI و explainability؛ در صورت تامین توضیحات سیستم، پذیرفته‌شدنی است.

کاربران (دانشجویان، مدرسین) معمولاً از یک سیستم خبره آموزشی انتظار توضیح علت تصمیم دارند. اگر سیستم فقط خروجی بدهد بدون توجیه، اعتماد پایین می‌آید. بنابراین برای پذیرش، سیستم باید برای هر تصمیم یک explanation و یک مقدار اطمینان (certainty factor) یا درجه اعتماد (نمایش دهد تا کاربر بداند چرا آن تصمیم گرفته شده و چه محدودیت‌هایی دارد.

معیار ۶ — میزان هیورستیک و عدم قطعیت در دانش حل مسئله

پاسخ: بله — بخش مهمی از دانش مساله هیورستیک و غیرقطعی است؛ بنابراین سیستم خبره مناسب است.

تفسیر نتایج آزمایش‌های کوانتومی در بسیاری از شرایط مبتنی بر قضاوت) مثلاً «این مقدار نویز تداخل را تا چه حد کاهش می‌دهد؟»، «آیا ثبت همزمان آشکارسازها به اندازه‌ای دقیق هست که which-path را آشکار کند؟» (است. این دانش معمولاً به شکل قواعد تقریبی، تجربی و شرطی بیان می‌شود — دقیقاً همان نوع دانش که سیستم‌های خبره برای آن طراحی شده‌اند.