

رایانش کوانتومی در خدمات مالی؛ نقشه برداری علمی با رویکرد مرور

بیلبیومتری

سید علی درافشان^۱ | سیده رویا سعادت^۲

چکیده

رایانش کوانتومی به عنوان یکی از نوآورانه ترین فناوری های محاسباتی، ظرفیت های گسترده ای برای تحول خدمات مالی به همراه دارد. این فناوری با بهره گیری از اصول مکانیک کوانتومی، امکان بهینه سازی پرتفوی، تحلیل ریسک، کشف تقلب و ارتقای امنیت رمزنگاری را فراهم می آورد. هدف پژوهش حاضر، نقشه برداری علمی این حوزه با رویکرد مرور بیلبیومتری و شناسایی روندها، شکاف ها و خوشه های موضوعی در ادبیات علمی است. داده های تحقیق از پایگاه اسکوپوس استخراج و طی بازه زمانی ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۵ شامل انواع مقالات پژوهشی، اجلاس، مروری و فصول کتاب مورد تحلیل قرار گرفتند. نتایج نشان داد که از سال ۲۰۱۹ به بعد تولیدات علمی این حوزه رشد فزاینده ای داشته و در سال های ۲۰۲۳ و ۲۰۲۵ به اوج خود رسیده است. در سطح کشورها، هند با فاصله معناداری پیشتاز بوده و پس از آن ایالات متحده، بریتانیا، ایتالیا و چین در رتبه های بعدی قرار گرفته اند. باین حال، در سطح فردی هنوز نویسندگان شاخص با تأثیرگذاری برجسته شکل نگرفته و تولید دانش میان چند پژوهشگر پراکنده است. تحلیل همکاری های علمی نشان داد که شبکه ای چندقطبی با خوشه های منطقه ای و پیوندهای فرامرزی میان کشورها ایجاد شده است. علاوه بر این، سه خوشه موضوعی کلیدی شامل بهینه سازی و مدل سازی مالی، امنیت و رمزنگاری پساکوانتومی و ارتباطات کوانتومی شناسایی شد. روندهای نوظهور مانند یادگیری ماشین کوانتومی، بلاک چین کوانتومی و کشف تقلب نشانگر حرکت حوزه به سمت کاربردهای عملیاتی هستند. این یافته ها بر ضرورت تقویت همکاری های بین المللی، تمرکز بر پژوهش های مروری و توسعه چارچوب های میان رشته ای برای بهره گیری کامل از ظرفیت های رایانش کوانتومی در خدمات مالی تأکید دارند.

کلیدواژه ها: رایانش کوانتومی، خدمات مالی، علم سنجی، اسکوپوس.

۳

سال دوم

بهار و تابستان ۱۴۰۴

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:

۱۴۰۴/۰۳/۱۵

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۴/۰۶/۱۴

صص: ۷۳-۸۸

شاپا چاپی:

شاپا الکترونیکی:

DOR:

۱. نویسنده مسئول: مربی گروه برنامه بودجه و مالی دانشگاه امام حسین (ع) sa.doorafshan@ut.ac.ir

۲. دانشجوی کارشناسی کامپیوتر دانشگاه پیام نور.

مقدمه

رایانش کوانتومی به‌عنوان مرزی تحول‌آفرین در فناوری محاسباتی، با بهره‌گیری از اصول مکانیک کوانتومی، الگوهای سنتی پردازش اطلاعات را دگرگون ساخته است. در بخش خدمات مالی، این فناوری نوظهور وعده می‌دهد توان پردازشی را به شکل نمایی افزایش داده و مسائل پیچیده بهینه‌سازی را با سرعتی بی‌سابقه حل کند (خانگ و همکاران، ۲۰۲۵؛ چانگ و همکاران، ۲۰۲۳). کاربردهای بالقوه آن در حوزه مالی شامل بهینه‌سازی پرتفوی، تحلیل ریسک، کشف تقلب و ارتقای امنیت رمزنگاری است (چندر سکار و ویستری، ۲۰۲۵). باوجود چنین ظرفیت‌هایی، استقرار گسترده رایانش کوانتومی در خدمات مالی با چالش‌های اساسی همچون هزینه بالای ماشین‌های کوانتومی، دشواری یکپارچه‌سازی با سامانه‌های کلاسیک و مرحله نوپای توسعه این فناوری مواجه است. افزون بر این، بخش مالی ناگزیر است راهبردهای رمزنگاری پساکوانتومی را برای ایمن‌سازی سامانه‌ها در برابر تهدیدهای نوظهور کوانتومی توسعه دهد (کاپلارو و همکاران، ۲۰۲۵). تحقق «مالی کوانتومی» مستلزم برخورداری از دانش میان‌رشته‌ای در حوزه‌های رایانش کوانتومی و امور مالی و همکاری نزدیک میان مؤسسات مالی، دولت‌ها و دانشگاه‌هاست (چوی و همکاران، ۲۰۲۳).

علیرغم افزایش علاقه‌مندی به کاربرد رایانش کوانتومی در خدمات مالی، مرورهای کتاب‌سنجی جامع و منسجم برای ترسیم چشم‌انداز علمی این حوزه هنوز به‌طور نظام‌مند انجام نشده است (هرمان و همکاران، ۲۰۲۳). تحلیل کتاب‌سنجی، رویکردی کمی برای مرور و تحلیل ادبیات علمی است که با استفاده از ابزارهای آماری، الگوها، روندها و تأثیرات یک حوزه علمی را شناسایی می‌کند (ماروی و فرویدی، ۲۰۲۳؛ کلاپ‌هاوس، ۲۰۲۴). این روش ضمن درک ساختار حوزه‌های پژوهشی، امکان شناسایی نویسندگان، مؤسسات و کشورهای اثرگذار و تجسم روندهای علمی را فراهم می‌آورد (ولانساری و همکاران، ۲۰۲۰). تحلیل کتاب‌سنجی معمولاً بر داده‌های پایگاه‌هایی همچون اسکوپوس و وب آو ساینس مبتنی است (هلینگر و کولوچویچ، ۲۰۲۲) و دقت و ارتباط داده‌های گردآوری‌شده برای تحلیل معنادار نقشی کلیدی دارد (پاساس، ۲۰۲۴؛ لیم و همکاران، ۲۰۲۴). روش‌های متداول در این حوزه شامل تحلیل استنادی، تحلیل هم‌نویسندگی،

تحلیل هم‌استنادی، تحلیل هم‌رخدادی کلیدواژه‌ها و پیوند کتابشناختی است (چند و همکاران، ۲۰۲۴)؛ کارانتاچی و پاناجیوتیدیس، ۲۰۲۴) و ابزارهایی مانند VOSviewer، CiteSpace، Bibliometrix و Python به‌طور گسترده برای تجسم و تحلیل داده‌های کتاب‌سنجی به کار می‌روند (ژنگ و همکاران، ۲۰۲۴). این تحلیل‌ها قادرند موضوعات غالب و روندهای نوظهور را آشکار کنند (ژائو و همکاران، ۲۰۲۳) و با شناسایی نویسندگان، مؤسسات و کشورهای برتر در یک حوزه به ترسیم شبکه‌های همکاری علمی کمک نمایند (عبدالوهاب و همکاران، ۲۰۲۵). افزون بر این، نقشه‌برداری علمی ساختار و تحول موضوعی حوزه‌های پژوهشی را به تصویر کشیده و حوزه‌ها و شکاف‌های کلیدی را برجسته می‌سازد (چن و همکاران، ۲۰۲۳). درمجموع، تحلیل کتاب‌سنجی ابزاری قدرتمند برای مرور نظام‌مند ادبیات و درک پویایی پژوهش علمی است که بینش‌های ارزشمندی درباره روندهای انتشار، مشارکت‌کنندگان اثرگذار و همکاری‌های پژوهشی در اختیار می‌گذارد و به پژوهشگران، سیاست‌گذاران و حرفه‌ای‌ها کمک می‌کند تصمیم‌های آگاهانه‌تری اتخاذ کنند (مختار و همکاران، ۲۰۲۵). رویکرد مرور کتاب‌سنجی می‌تواند بینش‌های عمیق‌تری درباره تحول رایانش کوانتومی در امور مالی ارائه دهد، مطالعات اثرگذار را برجسته سازد و مضامین و همکاری‌های نوظهور را آشکار کند (لو و یانگ، ۲۰۲۴). بر این اساس، هدف پژوهش حاضر ترسیم علمی رایانش کوانتومی در خدمات مالی با استفاده از رویکرد مرور کتاب‌سنجی است. در این چارچوب، پرسش‌های اصلی تحقیق عبارت‌اند از:

۱. روند انتشار مقالات علمی در حوزه رایانش کوانتومی در خدمات مالی طی دهه اخیر چگونه بوده است؟
۲. کدام کشورها و پژوهشگران در تولید دانش علمی مرتبط با رایانش کوانتومی در خدمات مالی بیشترین تأثیرگذاری را داشته‌اند؟
۳. الگوهای همکاری علمی میان کشورها در سطح بین‌المللی در این حوزه چگونه شکل گرفته‌اند؟
۴. چه خوشه‌های موضوعی کلیدی و روندهای نوظهوری در ادبیات علمی رایانش کوانتومی در خدمات مالی قابل‌شناسایی است؟

پیشینه پژوهش

باتوجه به جدول-۱ پژوهش‌های اخیر نشان می‌دهند که رایانش کوانتومی می‌تواند با بهبود کارایی، امنیت و نوآوری در مدل سازی مالی، رمزنگاری و ارزیابی ریسک، تحولات قابل توجهی در این بخش ایجاد کند. مطالعات مختلف، از جمله المانسی (۲۰۲۴)، ژو و همکاران (۲۰۱۴)، آدرمن (۲۰۱۹)، کمیساریای توشنا (۲۰۲۵)، پرادیپ کومار (۲۰۲۴) و شارما و همکاران (۲۰۲۵)، بر پتانسیل فناوری‌های کوانتومی مانند بلاک چین کوانتومی، رمزنگاری کوانتومی و یادگیری ماشین کوانتومی برای تقویت انطباق با شریعت، افزایش امنیت تراکنش‌ها و بهبود مدیریت ریسک در بانکداری اسلامی تأکید دارند. این پژوهش‌ها نشان‌دهنده حرکت به سوی چارچوب‌های یکپارچه‌ای هستند که فناوری‌های پیشرفته را با اصول اسلامی و نیازهای نظارتی ترکیب می‌کنند.

جدول ۱. پیشینه پژوهش

نویسنده/سال	موضوع	نتایج
ژو و همکاران (۲۰۱۴)	سیستم بانکداری آنلاین مبتنی بر ارتباطات رمزنگاری کوانتومی	این مقاله یک سیستم بانکداری آنلاین مبتنی بر رمزنگاری کوانتومی ارائه می‌دهد که با استفاده از حالت‌های GHZ، امنیت بی‌قید و شرط خرید و پرداخت را تضمین می‌کند. از طریق تله‌پورتاسیون کوانتومی کنترل‌شده، مجوز معامله و امضای کور پیاده‌سازی شده و حریم خصوصی شرکای تجاری حفظ می‌شود. در صورت بروز اختلاف یا فریب، سیستم با شناسایی سریع فریبکار بر اساس روابط تعاملی، نظارت مؤثری اعمال می‌کند.
آدرمن (۲۰۱۹)	مقدمه‌ای بر کامپیوترهای کوانتومی و تأثیر آن‌ها بر مؤسسات بانکی	کامپیوترهای کوانتومی با بهره‌گیری از ویژگی‌های فیزیک کوانتومی، قادر به حل معادلات پیچیده‌ای هستند که کامپیوترهای متعارف نمی‌توانند حل کنند. نهادهای بانکی در حال بررسی استفاده از این کامپیوترها برای افزایش کارایی و سرعت تراکنش‌های پیچیده و تقویت دفاع‌های امنیت سایبری هستند. در عصر کوانتومی، دفاع‌های موجود ناکافی بوده و بانک‌ها می‌توانند از قدرت محاسباتی کوانتومی برای مقابله با تهدیدات سایبری نوظهور بهره ببرند.

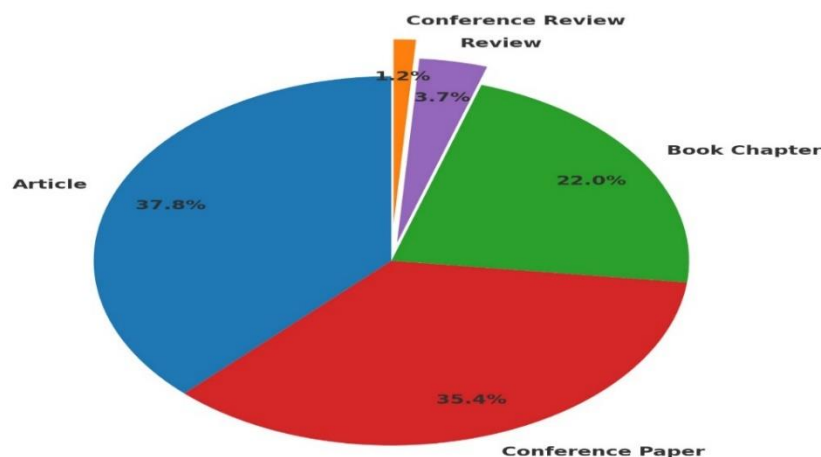
نویسنده/سال	موضوع	نتایج
المانسی (۲۰۲۴)	محاسبات کوانتومی و بانکداری اسلامی: چارچوب قانونی برای تحول بخش مالی مصر	بانکداری اسلامی در مصر با رشد تقاضا برای محصولات منطبق با شریعت مواجه است، اما چالش‌هایی نظیر عدم قطعیت نظارتی و رقابت با بانک‌های متعارف دارد. رایانش کوانتومی می‌تواند با بهبود کارایی، امنیت و نوآوری در مدل‌سازی مالی و رمزنگاری، انطباق با شریعت را تقویت کند. یکپارچگی این فناوری با چارچوب‌های نظارتی موجود، تاب‌آوری و توسعه بخش را ارتقا می‌دهد.
پرادپ کومار (۲۰۲۴)	سیستم بانکی مبتنی بر محاسبات کوانتومی	این پژوهش یک سیستم بانکی مبتنی بر رایانش کوانتومی با استفاده از بلاک‌چین کوانتومی معرفی می‌کند که در آن کیوبیت‌ها به‌عنوان ارز دیجیتال برای خرید آنلاین استفاده می‌شوند. کیوبیت‌ها با شناسه برچسب و زاویه فاز، اصالت و اطلاعات تراکنش را تضمین می‌کنند. این سیستم نسبت به بلاک‌چین‌های متعارف، قابلیت اطمینان تراکنش‌های معتبر و یکتا را به ترتیب ۳۲٪ و ۴۲٪ بهبود می‌بخشد.
کمیساریای توشنا (۲۰۲۵)	از بانکداری تا اپتیک کوانتومی: سفری بی‌نظیر	میشل لولی از حوزه مالی به توسعه دستگاه‌های نوری کوانتومی در صنعت تغییر مسیر داد. او در گفت‌وگو با توشنا کومیساریات، تجربه خود در برنامه پل انجمن فیزیک آمریکا (APS) و چالش‌ها و موفقیت‌هایش به‌عنوان یک زن سیاه‌پوست در این حوزه را شرح می‌دهد. این مسیر منحصربه‌فرد، اهمیت تنوع و تاب‌آوری در نوآوری‌های علمی را برجسته می‌کند.
شارما و همکاران (۲۰۲۵)	تجزیه کوانتومی در الگوریتم QML برای ارزیابی ریسک بانکی	محاسبات کوانتومی با استفاده از الگوریتم تجزیه کوانتومی در یادگیری ماشین کوانتومی (QML) کارایی ارزیابی ریسک بانکی را بهبود می‌بخشد. این روش با تجزیه ماتریس‌های بزرگ و بهره‌گیری از الگوریتم‌های کوانتومی، تحلیل داده‌های مالی را تسریع می‌کند. شناسایی الگوها و همبستگی‌های پنهان در آمار مالی، دقت ارزیابی ریسک را به‌طور قابل‌توجهی افزایش می‌دهد.

روش‌شناسی تحقیق

این پژوهش یک مطالعه علم‌سنجی و نقشه‌برداری علمی است که باهدف شناسایی ساختار دانش، روندهای پژوهشی، خوشه‌های موضوعی و همکاری‌های علمی در حوزه «رایانش کوانتومی در خدمات مالی» انجام شده است. به‌منظور دستیابی به داده‌های معتبر، پایگاه داده اسکوپوس به‌عنوان منبع اصلی انتخاب شد، زیرا بزرگ‌ترین مجموعه متادیتای داوری شده علمی را در برمی‌گیرد و امکان بازیابی دقیق اسناد، کلیدواژه‌ها و شبکه‌های استنادی را فراهم می‌کند. جست‌وجو در سپتامبر ۲۰۲۵ و با استفاده کوئری زیر انجام شده است:

```
(TITLE-ABS-KEY("Quantum Computing") OR TITLE-ABS-KEY("Quantum Information Processing") OR TITLE-ABS-KEY("Quantum Algorithms") OR TITLE-ABS-KEY("Quantum Programming") OR TITLE-ABS-KEY("Quantum Simulation") OR TITLE-ABS-KEY("Quantum Technology")) AND TITLE-ABS-KEY("banking") OR TITLE-ABS-KEY("Financial institutions")) AND ( LIMIT-TO ( LANGUAGE,"English" ) ) AND ( LIMIT-TO ( DOCTYPE,"ar" ) OR LIMIT-TO ( DOCTYPE,"cp" ) OR LIMIT-TO ( DOCTYPE,"re" ) OR LIMIT-TO ( DOCTYPE,"cr" ) OR LIMIT-TO ( DOCTYPE,"ch" ) ) AND PUBYEAR > 2014 AND PUBYEAR < 2025
```

همچنین، محدودیت‌های زبان (انگلیسی) و نوع سند (مقالات پژوهشی، مروری، اجلاس، فصول کتاب و مرورهای کوتاه) اعمال گردید (شکل ۱ سهم هر نوع سند را نشان می‌دهد) و دوره زمانی ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۵ به‌عنوان بازه مطالعه انتخاب شد. تنها اسنادی که به‌طور مستقیم به کاربرد یا توسعه رایانش کوانتومی در خدمات مالی، بانکداری یا مؤسسات مالی پرداخته بودند در تحلیل باقی ماندند و اسنادی که صرفاً به مباحث نظری کوانتومی بدون ارتباط به خدمات مالی اشاره داشتند حذف شدند. تمامی رکوردهای بازیابی شده شامل عنوان، نویسنده، کشور، کلیدواژه‌ها، چکیده و استناد در فرمت CSV استخراج و در نرم‌افزارهای python و VOSviewer بارگذاری شد، سپس داده‌ها برای حذف تکراری‌ها و یکسان‌سازی نام کشورها، نویسندگان و کلیدواژه‌ها پاک‌سازی شدند. درنهایت، نتایج در قالب نمودارهای زمانی، نقشه‌های خوشه‌ای و شبکه‌های همکاری ارائه شد تا امکان درک الگوهای علمی، شکاف‌های پژوهشی و مسیرهای آینده در کاربرد رایانش کوانتومی در خدمات مالی فراهم شود.

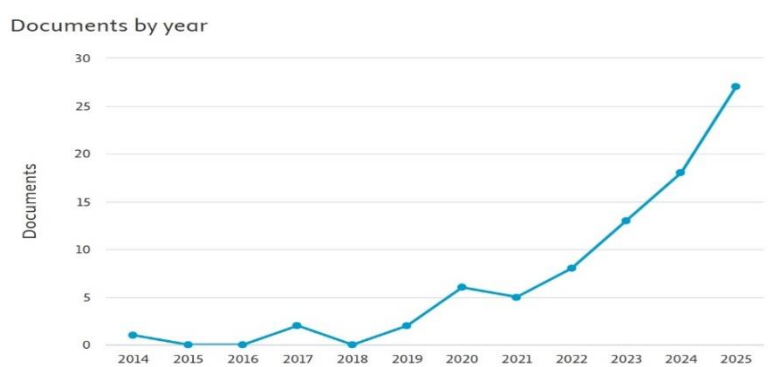


شکل ۱. درصد سهم هر سند

یافته‌های پژوهش

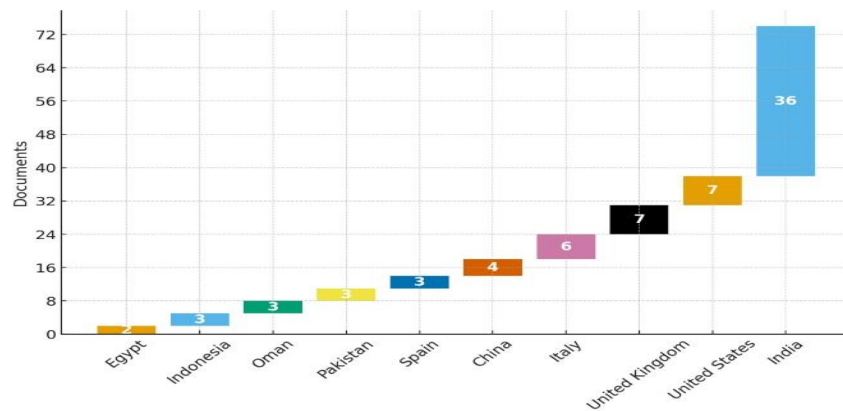
در پاسخ به سؤال یک (روند انتشار مقالات علمی در حوزه رایانش کوانتومی در خدمات مالی طی دهه اخیر چگونه بوده است؟)؛ باتوجه به شکل ۲ بررسی روند انتشار مقالات در فاصله‌ی ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۵ نشان می‌دهد که این حوزه طی دهه اخیر مسیری رشد محور و شتابان را تجربه کرده است. در سال‌های ابتدایی (۲۰۱۴ تا ۲۰۱۷)، تعداد اسناد بسیار اندک و پراکنده بوده و در برخی سال‌ها حتی به صفر رسیده است؛ این وضعیت بیانگر نوپایی موضوع و محدود بودن دامنه‌ی توجه محققان در آن مقطع زمانی است. از حدود ۲۰۱۹ به بعد، نمودار نشان‌دهنده‌ی افزایش تدریجی تولیدات علمی است. نقطه‌ی عطف این روند را می‌توان سال‌های ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۱ دانست که در آن شاهد افزایش محسوس مقالات و شکل‌گیری یک توجه جدی‌تر در جامعه علمی هستیم. این تغییر را می‌توان به هم‌زمانی پیشرفت‌های فناوریانه در رایانش کوانتومی و افزایش نیاز صنعت مالی به راهکارهای نوین در حوزه‌هایی نظیر امنیت، بهینه‌سازی و پردازش کلان داده‌ها مرتبط دانست. از ۲۰۲۲ به بعد، منحنی رشد به‌طور قابل توجهی شتاب گرفته و به‌ویژه در سال‌های ۲۰۲۳ و ۲۰۲۴ جهشی دورقمی را نشان می‌دهد. نهایتاً در سال ۲۰۲۵، تولیدات علمی به بالاترین میزان خود در کل دوره رسیده و به حدود ۳۰ سند افزایش یافته است. این روند تصاعدی دلالت بر آن دارد که

موضوع رایانش کوانتومی در خدمات مالی از یک ایده نوظهور به یک حوزه تحقیقاتی جدی و تثبیت شده تبدیل شده است. به طور کلی می‌توان گفت که طی دهه اخیر، این حوزه از «مرحله شکل‌گیری پراکنده» به سمت «مرحله بلوغ و تثبیت علمی» حرکت کرده و انتظار می‌رود در سال‌های آینده شاهد افزایش چشمگیر مطالعات مروری، پروژه‌های میان‌رشته‌ای و حتی کاربردهای عملی در صنعت مالی باشیم.

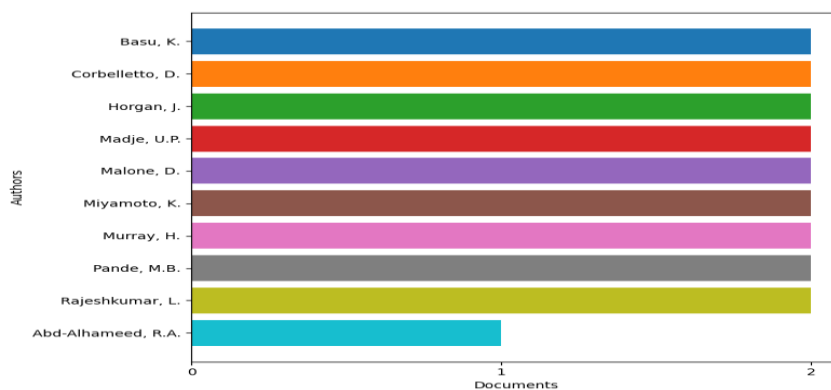


شکل ۲. روند چاپ مقالات این حوزه

در پاسخ به سؤال دوم (کدام کشورها و پژوهشگران در تولید دانش علمی مرتبط با رایانش کوانتومی در خدمات مالی بیشترین تأثیرگذاری را داشته‌اند؟)، باتوجه به شکل ۳ در حوزه تولید دانش علمی مرتبط با رایانش کوانتومی در خدمات مالی، کشورها نقش متفاوتی ایفا کرده‌اند. هند با ۳۶ سند علمی پیشتاز مطلق است و فاصله قابل توجهی با سایر کشورها دارد. پس‌از آن، ایالات متحده و بریتانیا هر کدام با ۷ سند و ایتالیا (۶ سند) و چین (۴ سند) در رتبه‌های بعدی قرار گرفته‌اند. سایر کشورها مانند پاکستان، عمان، اندونزی، اسپانیا و مصر سهم محدودی داشته و بیشتر در سطح مشارکت اولیه دیده می‌شوند. باتوجه به شکل ۴ سطح فردی، توزیع اسناد نشان می‌دهد که پژوهشگران عمدتاً سهمی برابر و محدود دارند؛ محققانی مانند Basu, K. Madje, U.P Horgan, J. Corbelletto, D.؛ و چند نویسنده دیگر هر یک دو سند علمی ارائه کرده‌اند و Abd-Alhameed, R.A. تنها یک سند منتشر کرده است. این الگو نشان می‌دهد که در حالی که برخی کشورها پیشتاز هستند، در سطح پژوهشگران هنوز تمرکز بر نویسندگان شاخص شکل نگرفته و تولید علمی بیشتر به صورت پراکنده میان چند محقق توزیع شده است.



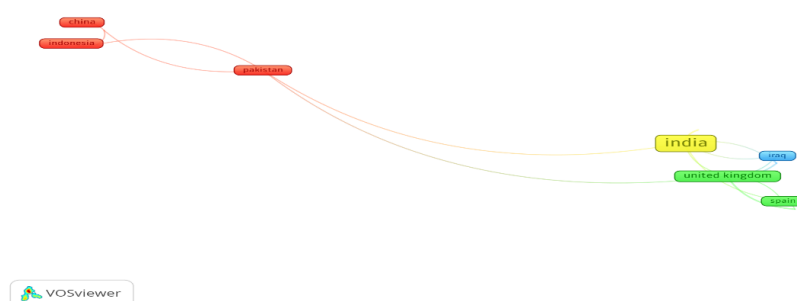
شکل ۳. کشورهای برتر این حوزه



شکل ۴. پژوهشگران برتر این حوزه

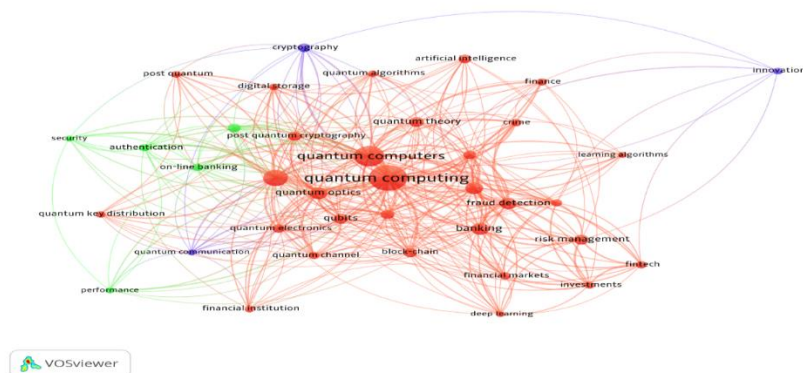
در پاسخ به سؤال سوم (الگوهای همکاری علمی میان کشورهای در سطح بین‌المللی در این حوزه چگونه شکل گرفته‌اند؟)؛ باتوجه به شکل ۵ نقشه همکاری علمی کشورها نشان می‌دهد که در حوزه «رایانش کوانتومی در خدمات مالی» یک الگوی شبکه‌ای دوقطبی شکل گرفته است؛ در یک‌سوی آن کشورهای آسیایی شامل چین، اندونزی و پاکستان قرار دارند که همکاری‌های نزدیکی با یکدیگر دارند و عمدتاً از نظر تحقیقاتی بر توسعه فناوری‌های پایه‌ای و کاربردهای بومی متمرکزند. در سوی دیگر، کشورهای هند، عراق، بریتانیا و اسپانیا خوشه دوم را تشکیل می‌دهند که نشان‌دهنده تمرکز بر همکاری‌های فرامرزی، تبادل دانش و استفاده از ظرفیت دانشگاه‌ها و مؤسسات پژوهشی اروپایی است. موقعیت مرکزی هند در این شبکه اهمیت این کشور را به عنوان

یک «هاب منطقه‌ای» در پیوند دادن تحقیقات آسیایی با اروپا برجسته می‌کند و نقش بریتانیا نیز به عنوان پل ارتباطی میان اروپا و آسیا مشهود است. این الگو بیانگر آن است که همکاری‌های علمی در این حوزه بیش از آنکه تک‌قطبی باشد، در قالب خوشه‌های منطقه‌ای با پیوندهای فرامرزی شکل گرفته و به تقویت جریان دانش و فناوری بین کشورها کمک کرده است.



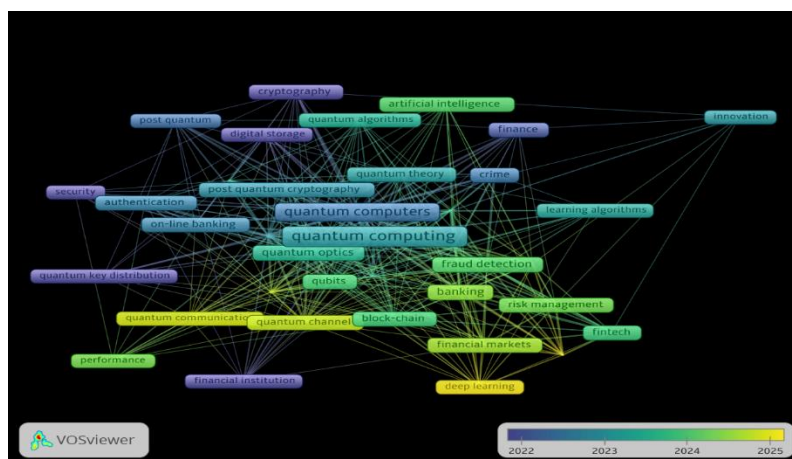
شکل ۵. همکاری کشورها در این حوزه

در پاسخ به سؤال چهارم (چه خوشه‌های موضوعی کلیدی و روندهای نوظهوری در ادبیات علمی رایانش کوانتومی در خدمات مالی قابل شناسایی است؟)؛ با توجه به شکل ۶ و بر اساس نقشه‌های شبکه‌ای استخراج شده از VOSviewer، ادبیات علمی رایانش کوانتومی در خدمات مالی به سه خوشه‌ی موضوعی کلیدی تقسیم می‌شود که هر یک نمایانگر یک حوزه‌ی بین‌رشته‌ای با کاربردهای خاص هستند. خوشه‌ی اول (خوشه قرمز) با محوریت «رایانش کوانتومی»، «کشف تقلب»، «هوش مصنوعی»، «کامپیوترهای کوانتومی» و «یادگیری عمیق» نشان‌دهنده‌ی تمرکز پژوهش‌ها بر مدل‌سازی مالی، تحلیل داده‌های پیچیده و بهینه‌سازی الگوریتم‌های معاملاتی است. خوشه‌ی دوم (خوشه سبز) که شامل واژگانی چون «امنیت»، «احراز هویت»، «رمزنگاری پسا کوانتوم»، «عملکرد» و «بانکداری آنلاین» است، بر نقش رایانش کوانتومی در مقاوم‌سازی زیرساخت‌های مالی و ارتقاء امنیت تراکنش‌ها تأکید دارد. خوشه‌ی سوم (خوشه بنفش) با تمرکز بر «رمزنگاری»، «ارتباطات کوانتومی» و «نوآوری» به تهدیدات آینده‌نگر در حوزه‌ی امنیت اطلاعات مالی می‌پردازد و راهکارهایی برای مقابله با آنها ارائه می‌دهد.



شکل ۶. شبکه هم‌واژگانی این حوزه علمی

باتوجه به شکل ۷ روندهای نوظهور قابل توجهی نیز در نقشه‌ها قابل شناسایی اند که بارنگ‌های زرد و سبز روشن نمایان شده‌اند و بیانگر تحول مفهومی در سال‌های اخیر (۲۰۲۲ تا ۲۰۲۵) هستند. واژگانی مانند «تشخیص تقلب»، «بلاک‌چین»، «ارتباطات کوانتومی»، «یادگیری عمیق» و «خدمات مالی» نشان می‌دهند که تمرکز پژوهش‌ها به سمت کاربردهای عملیاتی رایانش کوانتومی در کشف تقلب، ایجاد دفترکل‌های امن، و ارتباطات بین‌بانکی حرکت کرده است. این روندها حاکی از هم‌گرایی فناوری‌های نوین و نیازهای صنعت مالی هستند که رایانش کوانتومی را از یک مفهوم نظری به ابزاری کاربردی در تحول دیجیتال تبدیل کرده‌اند. چنین تحلیلی می‌تواند بنیانی برای طراحی چارچوب‌های آینده‌نگر در سیاست‌گذاری مالی و توسعه زیرساخت‌های فناورانه باشد.



شکل ۷. روندهای نوظهور این حوزه

نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش نشان داد که حوزه «رایانش کوانتومی در خدمات مالی» طی دهه اخیر از یک موضوع نوظهور و پراکنده به یک عرصه پژوهشی تثبیت شده و رو به رشد تبدیل شده است. روند انتشار مقالات از سال ۲۰۱۹ به بعد با شتابی فزاینده همراه بوده و در سال‌های ۲۰۲۳ تا ۲۰۲۵ جهش قابل توجهی را تجربه کرده است؛ موضوعی که نشان‌دهنده گذار این حوزه از مرحله نظریه‌پردازی به سمت کاربردهای عملی در صنعت مالی است. در سطح کشورها، هند با فاصله‌ای معنادار در جایگاه نخست قرار گرفته و به‌عنوان هاب منطقه‌ای و پیونددهنده تحقیقات آسیایی و اروپایی عمل می‌کند، در حالی که ایالات متحده و بریتانیا نقش پررنگی در توسعه و گسترش همکاری‌های علمی ایفا کرده‌اند. با این حال، در سطح فردی، پژوهشگران شاخصی که به‌طور برجسته شبکه علمی را رهبری کنند کمتر دیده می‌شوند و تولید دانش میان چندین نویسنده پراکنده است؛ الگویی که نشان‌دهنده جوان بودن حوزه و ضرورت شکل‌گیری هسته‌های پژوهشی متمرکزتر است. تحلیل شبکه‌های همکاری نیز بیانگر آن است که تعاملات علمی در این حوزه نه به صورت تک‌قطبی، بلکه در قالب خوشه‌های منطقه‌ای با پیوندهای فرامرزی شکل گرفته‌اند و این امر به جریان یافتن دانش و فناوری میان کشورها کمک کرده است. همچنین خوشه‌های موضوعی

شناسایی شده نشان می‌دهند که تمرکز اصلی پژوهش‌ها بر سه محور کلیدی قرار دارد: بهینه‌سازی و مدل‌سازی مالی، ارتقای امنیت سایبری و رمزنگاری پساکوانتومی، و توسعه ارتباطات کوانتومی برای خدمات مالی. افزون بر این، روندهای نوظهور همچون کشف ثقل مبتنی بر کوانتوم، کاربرد بلاک‌چین کوانتومی و یادگیری ماشین کوانتومی حاکی از هم‌گرایی فناوری‌های نوین با نیازهای عملیاتی بخش مالی هستند. بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت که رایانش کوانتومی در خدمات مالی نه تنها در مرحله بلوغ علمی قرار گرفته بلکه به سرعت در حال تبدیل شدن به یک زمینه کاربردی راهبردی است. با این وجود، خلأ مطالعات مروری جامع، ضعف در تمرکز پژوهشگران شاخص و محدودیت زیرساخت‌های فناورانه همچنان از چالش‌های اصلی این حوزه محسوب می‌شوند. آینده پژوهش در این عرصه نیازمند سرمایه‌گذاری هدفمند، توسعه همکاری‌های بین‌المللی، و ایجاد چارچوب‌های میان‌رشته‌ای است تا بتوان ظرفیت‌های بالقوه این فناوری تحول‌آفرین را در بخش مالی به‌طور کامل محقق ساخت.

فهرست منابع

- Abdelwahab, S. I., Farasani, A., Khired, Z. A., (...), Hassan, W. (2025). Trends and key contributors in peripheral nerve regeneration research: A bibliometric study. *Chinese Journal of Plastic and Reconstructive Surgery*. <https://doi.org/10.1016/j.cjprs.2025.05.002>.
- Aderman, T. L. (2019). An introduction to quantum computers and their effect on banking institutions. *International Journal of Financial Research*, 10(4), 17–25. <https://doi.org/10.5430/ijfr.v10n4p17>.
- Capellaro, C., Martín-Cuevas, R., Calleja, G., (...), Sharma, S. (2025). Application of quantum computing in the energy industry, decarbonization, and sustainability. In *Quantum Technology Applications, Impact, and Future Challenges*. <https://doi.org/10.1201/9781003537243-2>.
- Chand, K., Chandel, A., Tiwari, R., & Chauhan, A. S. (2024). Trends and patterns in insurance research: A bibliometric analysis (2020–2024). In *Data Alchemy in the Insurance Industry: The Transformative Power of Big Data Analytics*. <https://doi.org/10.1108/978-1-83608-582-920241025>.
- Chandrasekar, V., & Wisetsri, W. (2025). The prospects for applications of quantum computing in the financial sector. In *Shaping Cutting-Edge Technologies and Applications for Digital Banking and Financial Services*. <https://doi.org/10.4324/9781003501947-7>.
- Chang, Y.-J., Sie, M.-F., Liao, S.-W., & Chang, C.-R. (2023). The prospects of quantum computing for quantitative finance and beyond. *IEEE Nanotechnology Magazine*. <https://doi.org/10.1109/MNANO.2023.3249501>.
- Chen, H., Tsang, Y. P., & Wu, C. H. (2023). When text mining meets science mapping in the bibliometric analysis: A review and future opportunities. *International Journal of Engineering Business Management*. <https://doi.org/10.1177/18479790231222349>.
- Choi, M., Eom, C., & Kang, H.-G. (2023). Quantum finance and its implications. *Asian Review of Financial Research*. <https://doi.org/10.37197/ARFR.2023.36.1.4>.
- Commissariat, T. (2025). From banking to quantum optics: A unique journey. **Physics World*, 38*(3), 37. <https://doi.org/10.1088/2058-7058/38/03/29>.
- Elmansy, A. M. (2025). Quantum computing and Islamic banking: Legal framework for transforming Egypt's financial sector. *Manchester Journal of Transnational Islamic Law and Practice*, 20(3), 369–374.
- Hallinger, P., & Kovačević, J. (2022). Applying bibliometric review methods in education: Rationale, definitions, analytical techniques, and illustrations. In *International Encyclopedia of Education: Fourth Edition*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818630-5.05070-3>.
- Herman, D., Googin, C., Liu, X., (...), Alexeev, Y. (2023). Quantum computing for finance. *Nature Reviews Physics*. <https://doi.org/10.1038/s42254-023-00603-1>.
- Karantali, M., & Panagiotidis, T. (2024). A bibliometric analysis of a top field journal in the economics of education. *Education for Information*. <https://doi.org/10.3233/EFI-230059>.
- Khang, A., Rath, K. C., Madapana, K., (...), Das, S. (2025). Quantum computing and portfolio optimization in finance services. In *Shaping Cutting-Edge Technologies and Applications for Digital Banking and Financial Services*. <https://doi.org/10.4324/9781003501947-2>.
- Klophaus, R. (2024). Key issues in air transport management research: A bibliometric analysis for the classification of own contributions. *Transportation Research Procedia*. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2024.09.009>.

- Lim, W. M., Kumar, S., & Donthu, N. (2024). How to combine and clean bibliometric data and use bibliometric tools synergistically: Guidelines using metaverse research. *Journal of Business Research*. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2024.114760>.
- Lu, Y., & Yang, J. (2024). Quantum financing system: A survey on quantum algorithms, potential scenarios and open research issues. *Journal of Industrial Information Integration*. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2024.100663>.
- Marvi, R., & Foroudi, M. M. (2023). Bibliometric analysis: Main procedure and guidelines. In *Researching and Analysing Business: Research Methods in Practice*. <https://doi.org/10.4324/9781003107774-4>.
- Mukhtar, B., Shad, M. K., Ali, K., (...), Waqas, A. (2025). Systematic literature review and retrospective bibliometric analysis on ESG research. *International Journal of Productivity and Performance Management*. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-07-2023-0395>.
- P. Sharma, S. Mohapatra, G. Sood, Beemkumar, G. S. Sahoo and L. Lakshmanan, "Quantum Decomposition in QML Algorithm for Banking Risk Assessment," 2025 International Conference on Networks and Cryptology (NETCRYPT), New Delhi, India, 2025, pp. 1427-1431, <https://doi.org/10.1109/NETCRYPT65877.2025.11102692>.
- Passas, I. (2024). Bibliometric analysis: The main steps. *Encyclopedia*. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia4020065>.
- Pradheep Kumar, K. (2024). Quantum Computing-Based Banking System. In: Sharma, N., Goje, A.C., Chakrabarti, A., Bruckstein, A.M. (eds) *Data Management, Analytics and Innovation. ICDMAI 2024. Lecture Notes in Networks and Systems*, vol 997. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-97-3242-5_26.
- Zhao, C., Yang, G., Ji, B., (...), Li, Y. (2023). Research trends and foci in osteoarthritis pain from 2012 to 2022: Bibliometric and visualization study. *Journal of Pain Research*. <https://doi.org/10.2147/JPR.S409049>.
- Zheng, C., Wen, X., Zhang, L., (...), Sun, N. (2024). Research situation, hot spots, and global trends of melasma therapy: Bibliometric insights and visual analysis from 2000 to 2023. *Journal of Cosmetic Dermatology*. <https://doi.org/10.1111/jocd.16438>.
- Zhou, Rg., Li, W., Huan, Tt. et al. An Online Banking System Based on Quantum Cryptography Communication. *Int J Theor Phys* 53, 2177–2190 (2014). <https://doi.org/10.1007/s10773-013-1991-7>.



Subject Subject Subject Subject Subject Subject Subject Subject
Subject Subject Subject Subject

FName LName¹ | FName LName² | FName LName³

Abstract

Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract
Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract
Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract
Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract
Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract
Abstract Abstract AbstractAbstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract
Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract
AbstractAbstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract
Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract
Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract AbstractAbstract Abstract
Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract
Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract
Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract
AbstractAbstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract
Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract
Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract AbstractAbstractAbstract Abstract
Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract
Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract
Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract Abstract

Keywords: Keywords, Keywords Keywords, Keywords Keywords Keywords.

1. Scientific Position, Name of the Faculty, University Name, City, Country.
2. Corresponding Author: Assistant Professor, Department of Philosophy of Education, Department of Education, Amin Police University, Tehran, Iran. EmailAddress@ihu.ac.ir
3. Associate Professor, Department of Educational Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran