



ارائه مدل تحلیلی گذار از عصر تحول دیجیتال به عصر کوانتوم در صنعت بانکداری: یک مطالعه آمیخته از تحلیل داده‌ها

شادی اویارحسین

استادیار گروه مدیریت صنعتی، فناوری اطلاعات و تکنولوژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، تهران، ایران (نویسنده مسئول)
shady.oyar@gmail.com

شراره اویارحسین

پژوهشگر حوزه فناوری اطلاعات و مدیر بخش فین تک مرکز پژوهشی مهندسی مالی و سرمایه گذاری بازار ساز، تهران، ایران
Sharareh.oyarhossain@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۱۱

چکیده

این پژوهش با هدف طراحی و اعتبارسنجی مدل تحلیلی جامع برای گذار از تحول دیجیتال به عصر کوانتوم در صنعت بانکداری انجام شد. با توجه به شکاف تحقیقاتی موجود در ادبیات موضوع، این مطالعه به ارائه چارچوبی نظام‌مند برای درک، سنجش و مدیریت گذار پارادایمی در صنعت بانکداری می‌پردازد. پژوهش حاضر با رویکرد آمیخته اکتشافی متوالی و با جامعه آماری ۳۰ بانک و ۶۰ خبره صنعت بانکداری انجام گردید. در فاز کیفی از روش تحلیل مضمون برای تحلیل مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته استفاده شد و در فاز کمی، پرسشنامه محقق‌ساخته مبتنی بر یافته‌های کیفی توزیع گردید. داده‌ها با استفاده از تحلیل عاملی تأییدی، مدل‌سازی معادلات ساختاری و شبیه‌سازی پویا تحلیل شدند. مدل نهایی مشتمل بر ۴ بعد اصلی (فناوری، سازمانی، مشتری، اکوسیستم) و ۱۲ مولفه با ۳۶ شاخص سنجش است. شاخص آمادگی کوانتومی (QRI) صنعت بانکداری ۴۵.۶٪ برآورد شد و بانک‌ها در ۴ فاز آماده‌سازی (۲۶.۷٪)، گذار اولیه (۵۰٪)، گذار پیشرفته (۲۰٪) و بلوغ کوانتومی (۳.۳٪) طبقه‌بندی شدند. تحلیل مسیر نشان داد بعد فناوری با ضریب ۰.۴۲ بیشترین تأثیر را بر گذار کوانتومی دارد. مدل ارائه شده چارچوبی نظام‌مند برای سنجش، پایش و برنامه‌ریزی گذار به عصر کوانتوم فراهم می‌کند. این مدل می‌تواند مبنای تصمیم‌گیری‌های استراتژیک در صنعت بانکداری قرار گیرد و به بانک‌ها در تدوین نقشه راه گذار کوانتومی کمک نماید.

واژه‌های کلیدی: تحول دیجیتال، محاسبات کوانتومی، بانکداری کوانتومی، مدل تحلیلی گذار، صنعت بانکداری، شاخص آمادگی کوانتومی.

۱- مقدمه

ارائه مدل تحلیلی گذار از عصر تحول دیجیتال به عصر کوانتوم در صنعت بانکداری: یک مطالعه آمیخته از تحلیل داده‌ها

شادی اویار حسین

استادیار گروه مدیریت صنعتی، فناوری اطلاعات و تکنولوژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، تهران، ایران (نویسنده مسئول)
shady.oyar@gmail.com

شراره اویار حسین

پژوهشگر حوزه فناوری اطلاعات و مدیر بخش فین تک مرکز پژوهشی مهندسی مالی و سرمایه‌گذاری بازار ساز، تهران، ایران
Sharareh.oyarhossain@gmail.com

1404/09/11	1404/08/30
------------	------------

چکیده

این پژوهش با هدف طراحی و اعتبارسنجی مدل تحلیلی جامع برای گذار از تحول دیجیتال به عصر کوانتوم در صنعت بانکداری انجام شد. با توجه به شکاف تحقیقاتی موجود در ادبیات موضوع، این مطالعه به ارائه چارچوبی نظام‌مند برای درک، سنجش و مدیریت گذار پارادایمی در صنعت بانکداری می‌پردازد. پژوهش حاضر با رویکرد آمیخته اکتشافی متوالی و با جامعه آماری ۳۰ بانک و ۶۰ خبره صنعت بانکداری انجام گردید. در فاز کیفی از روش تحلیل مضمون برای تحلیل مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته استفاده شد و در فاز کمی، پرسشنامه محقق‌ساخته مبتنی بر یافته‌های کیفی توزیع گردید. داده‌ها با استفاده از تحلیل عاملی تأییدی، مدل‌سازی معادلات ساختاری و شبیه‌سازی پویا تحلیل شدند. مدل نهایی مشتمل بر ۴ بعد اصلی (فناوری، سازمانی، مشتری، اکوسیستم) و ۱۲ مولفه با ۳۶ شاخص سنجش است. شاخص آمادگی کوانتومی (QRI) صنعت بانکداری ۴۵.۶٪ برآورد شد و بانک‌ها در ۴ فاز آماده‌سازی (۲۶.۷٪)، گذار اولیه (۵۰٪)، گذار پیشرفته (۲۰٪) و بلوغ کوانتومی (۳.۳٪) طبقه‌بندی شدند. تحلیل مسیر نشان داد بعد فناوری با ضریب ۰.۴۲ بیشترین تأثیر را بر گذار کوانتومی دارد. مدل ارائه شده چارچوبی نظام‌مند برای سنجش، پایش و برنامه‌ریزی گذار به عصر کوانتوم فراهم می‌کند. این مدل می‌تواند مبنای تصمیم‌گیری‌های استراتژیک در صنعت بانکداری قرار گیرد و به بانک‌ها در تدوین نقشه راه گذار کوانتومی کمک نماید.

کلمات کلیدی: تحول دیجیتال، محاسبات کوانتومی، بانکداری کوانتومی، مدل تحلیلی گذار، صنعت بانکداری، شاخص آمادگی کوانتومی

۱- مقدمه

۱.۱. بیان مسئله

صنعت بانکداری در دو دهه گذشته شاهد تحولات دیجیتال بی‌سابقه‌ای بوده است. (Amer et al., 2020) این تحولات از اتوماسیون فرآیندهای پایه آغاز شده و به سمت ارائه خدمات کاملاً دیجیتال و هوشمند حرکت کرده است. با این حال، هم‌زمان با بلوغ تحول دیجیتال، ظهور فناوری‌های کوانتومی به ویژه محاسبات کوانتومی، در حال ایجاد تحولی پارادایمی است که مستلزم بازتعریف مفاهیم، مدل‌های کسب‌وکار و معماری فناوری در این صنعت است. (Kaplan & Kauffman, 2019) گذار از عصر تحول دیجیتال به عصر کوانتوم، تنها به معنای adoption فناوری‌های جدید نیست، بلکه مستلزم تحول در ساختار سازمانی، مدل‌های کسب‌وکار، مهارت‌های نیروی انسانی و اکوسیستم نوآوری است. این گذار پیچیده و چندبعدی، نیازمند چارچوبی نظام‌مند برای درک، سنجش و مدیریت است.

۲.۱. ضرورت و اهمیت پژوهش

اهمیت این پژوهش از چند منظر قابل بررسی است:

از منظر نظری:

- پر کردن شکاف موجود در ادبیات موضوع در زمینه گذار کوانتومی
- توسعه چارچوب نظری یکپارچه برای درک ابعاد مختلف این گذار
- ارائه مدل بلوغ برای سنجش آمادگی کوانتومی

از منظر عملی:

- کمک به بانک‌ها در تدوین استراتژی گذار کوانتومی
- ارائه ابزار سنجش برای ارزیابی وضعیت موجود
- ارائه نقشه راه عملی برای برنامه‌ریزی استراتژیک

از منظر سیاست‌گذاری:

- کمک به سیاست‌گذاران در تدوین استانداردهای ملی
- ارائه چارچوب برای طراحی مشوق‌های حمایتی

۳.۱. اهداف پژوهش

هدف اصلی:

طراحی و اعتبارسنجی مدل تحلیلی گذار از عصر تحول دیجیتال به عصر کوانتوم در صنعت بانکداری

اهداف فرعی:

۱. شناسایی ابعاد و مولفه‌های مؤثر بر گذار کوانتومی

۲. طراحی شاخص سنجش آمادگی کوانتومی (QRI)
۳. تعیین مراحل و فازهای گذار کوانتومی
۴. ارائه نقشه راه عملی برای گذار کوانتومی
۵. طراحی سیستم پایش و مانیتورینگ گذار

۴.۱. سوالات پژوهش

۱. ابعاد و مولفه‌های مؤثر بر گذار از تحول دیجیتال به عصر کوانتوم در صنعت بانکداری کدامند؟
۲. شاخص سنجش آمادگی کوانتومی (QRI) چگونه طراحی و اعتبارسنجی می‌شود؟
۳. مراحل و فازهای گذار کوانتومی چگونه تعیین می‌شوند؟
۴. نقشه راه عملی برای گذار کوانتومی چگونه طراحی می‌شود؟

۲. ادبیات موضوع و پیشینه تحقیق

۱.۲. تحول دیجیتال در بانکداری

تحول دیجیتال در صنعت بانکداری از سه مرحله اصلی عبور کرده است:

مرحله اول: اتوماسیون فرآیندها (1990-2000)

در این مرحله، تمرکز بر اتوماسیون فرآیندهای دستی و کاغذی بود. سیستم‌های core banking و پایگاه‌های داده متمرکز توسعه یافتند.

مرحله دوم: دیجیتالی‌سازی خدمات (2000-2010)

در این مرحله، خدمات بانکی به صورت دیجیتال ارائه شدند. بانکداری اینترنتی، موبایلی و دستگاه‌های خودپرداز گسترش یافتند.

مرحله سوم: تحول دیجیتال یکپارچه (2010-2020)

در این مرحله، تحول دیجیتال به صورت یکپارچه و در تمامی ابعاد بانک گسترش یافت. هوش مصنوعی، کلان داده‌ها و بلاکچین به کار گرفته شدند.

بر اساس گزارش (Capgemini (2023)، بانک‌های جهانی را می‌توان در سه سطح دسته‌بندی نمود:

- **بانک‌های دیجیتال پیشرو (25%)**: این بانک‌ها سالانه ۲۰-۱۵٪ از درآمد خود را در فناوری سرمایه‌گذاری می‌کنند و خدمات کاملاً شخصی‌سازی شده ارائه می‌دهند.
- **بانک‌های در حال گذار (50%)**: این بانک‌ها بر اتوماسیون فرآیندهای اصلی تمرکز دارند و ۱۰-۸٪ از درآمد خود را در فناوری سرمایه‌گذاری می‌کنند.
- **بانک‌های سنتی (25%)**: این بانک‌ها در برابر تغییر مقاومت نشان می‌دهند و سرمایه‌گذاری محدودی در فناوری دارند.

۲.۲. فناوری‌های کوانتوم و کاربردهای بانکی

فناوری‌های کوانتوم، به ویژه محاسبات کوانتومی، پتانسیل تحول در حوزه‌های مختلف بانکداری را دارند:

الف) محاسبات کوانتومی در مالی:

- بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری: الگوریتم‌های کوانتومی مانند QAOA می‌توانند مسائل بهینه‌سازی portfolio را با کارایی بسیار بالاتری حل کنند.
- مدل‌سازی ریسک: الگوریتم Quantum Amplitude Estimation می‌تواند محاسبات Monte Carlo را با سرعت بسیار بالاتری انجام دهد.
- تشخیص تقلب: الگوریتم‌های کوانتومی machine learning می‌توانند الگوهای تقلب را با دقت بالاتری شناسایی کنند.

ب) رمزنگاری کوانتومی:

- توزیع کلید کوانتومی (QKD): ارائه امنیت مطلق در انتقال داده‌ها
- رمزنگاری پسا-کوانتومی: توسعه الگوریتم‌های رمزنگاری مقاوم در برابر حملات کوانتومی

ج) شبیه‌سازی کوانتومی:

- شبیه‌سازی بازارهای مالی
- مدل‌سازی ریسک‌های پیچیده
- شبیه‌سازی سناریوهای اقتصادی

۳.۲. مدل‌های بلوغ تحول دیجیتال

مدل‌های مختلفی برای سنجش بلوغ تحول دیجیتال توسعه یافته‌اند:

مدل (Nolan (1973): این مدل مراحل شش‌گانه بلوغ سازمانی را شناسایی می‌کند.

مدل (Capgemini (2023): این مدل بلوغ دیجیتال را در پنج بعد می‌سنجد.

مدل (BCG (2023): این مدل بر اساس سرمایه‌گذاری در فناوری و سطح دیجیتالی‌سازی خدمات، بانک‌ها را دسته‌بندی می‌کند.

۴.۲. شکاف تحقیقاتی

بررسی نظام‌مند ادبیات موضوع نشان می‌دهد شکاف‌های تحقیقاتی متعددی در این حوزه وجود دارد:

شکاف‌های نظری:

- عدم وجود چارچوب نظری یکپارچه برای گذار از دیجیتال به کوانتوم
- نبود مدل بلوغ برای سنجش آمادگی کوانتومی بانک‌ها
- عدم تلفیق نظریه‌های مدیریت تحول با فناوری‌های کوانتوم

شکاف‌های روش‌شناختی:

- عدم وجود شاخص‌های کمی برای سنجش گذار
- نبود مطالعات طولی (Longitudinal) در این حوزه
- محدودیت در روش‌های ارزیابی تأثیر کسب‌وکاری

شکاف‌های کاربردی:

- عدم ارائه roadmap عملی برای بانک‌ها
- نبود چارچوب مدیریت ریسک در گذار کوانتوم
- عدم توجه به جنبه‌های انسانی و سازمانی

۳. روش تحقیق

۱.۳. طرح تحقیق

این پژوهش با روش تحقیق آمیخته (Mixed-Methods) و با رویکرد اکتشافی متوالی انجام شده است. در این رویکرد، ابتدا فاز کیفی و سپس فاز کمی اجرا شده است. این طرح تحقیق به پژوهشگر امکان می‌دهد تا از نقاط قوت هر دو روش کیفی و کمی بهره‌مند شود.

فاز کیفی: در این فاز، از روش تحلیل مضمون برای تحلیل مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با خبرگان صنعت بانکداری استفاده شده است.

فاز کمی: در این فاز، بر اساس یافته‌های فاز کیفی، پرسشنامه محقق‌ساخته طراحی و بین بانک‌ها توزیع شده است.

۲.۳. جامعه و نمونه آماری

جامعه تحقیق:

- جامعه کیفی: کلیه خبرگان صنعت بانکداری با حداقل ۱۰ سال سابقه مدیریتی
- جامعه کمی: کلیه بانک‌های فعال در ایران (دولتی و خصوصی)

روش نمونه‌گیری:

- نمونه‌گیری کیفی: روش گلوله برفی (Snowball Sampling) با ۲۰ خبره
- نمونه‌گیری کمی: روش تصادفی طبقه‌ای با ۳۰ بانک

معیارهای انتخاب خبرگان:

- حداقل ۱۰ سال سابقه مدیریتی در صنعت بانکداری
- تجربه در پروژه‌های تحول دیجیتال
- آشنایی با فناوری‌های نوظهور

۳.۳. ابزار گردآوری داده‌ها

الف) بخش کیفی:

- مصاحبه نیمه‌ساختاریافته با راهنمای مصاحبه
- مدت هر مصاحبه: ۴۵-۶۰ دقیقه
- ضبط و transcribe کامل مصاحبه‌ها

ب) بخش کمی:

- پرسشنامه محقق‌ساخته بر اساس یافته‌های کیفی
- مقیاس لیکرت ۵-point-
- ۳۶ سوال در ۴ بعد اصلی

۴.۳. روایی و پایایی

روایی محتوایی: نظرخواهی از ۵ متخصص

روایی سازه: تحلیل عاملی تأییدی

پایایی: آلفای کرونباخ ۰.۸۹

۵.۳. روش تحلیل داده‌ها

تحلیل کیفی:

- کدگذاری باز، محوری و انتخابی
- تحلیل مضمون با نرم‌افزار MAXQDA

تحلیل کمی:

- آمار توصیفی (میانگین، انحراف معیار)
- تحلیل عاملی تأییدی (CFA)
- مدل‌سازی معادلات ساختاری (SEM)
- شبیه‌سازی پویا

۴. یافته‌های پژوهش

۱.۴. یافته‌های کیفی

تحلیل مصاحبه‌های کیفی منجر به شناسایی ۴ بعد اصلی و ۱۲ مولفه شد:

بعد فناوری:

- زیرساخت کوانتومی
- یکپارچگی سیستم‌ها
- امنیت سایبری کوانتومی

بعد سازمانی:

- بلوغ دیجیتال
- سرمایه انسانی کوانتومی
- چابکی سازمانی

بعد مشتری:

- تجربه کوانتومی
- شخصی‌سازی پیشرفته
- کانال‌های نوین

بعد اکوسیستم:

- همکاری‌های استراتژیک
- چارچوب مقرراتی
- پایداری و اخلاق

۳.۴. شاخص آمادگی کوانتومی (QRI)

شاخص QRI با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

```
python
def calculate_quantum_readiness(bank_data):
    """
    محاسبه شاخص آمادگی کوانتومی برای یک بانک

    # 1. (35٪) محاسبه نمره بعد فناوری
    tech_score = (
    0.30 * bank_data['tech_investment'] +
    0.40 * bank_data['quantum_infrastructure'] +
    0.30 * bank_data['cybersecurity']
    )

    # 2. (25٪) محاسبه نمره بعد سازمانی
    org_score = (
    0.40 * bank_data['digital_maturity'] +
    0.35 * bank_data['workforce_skills'] +
    0.25 * bank_data['organizational_agility']
    )

    # 3. (20٪) محاسبه نمره بعد مشتری
    customer_score = (
    0.35 * bank_data['digital_channels'] +
    0.35 * bank_data['customer_experience'] +
    0.30 * bank_data['personalization']
    )

    # 4. (20٪) محاسبه نمره بعد اکوسیستم
    ecosystem_score = (
    0.40 * bank_data['strategic_partnerships'] +
    0.35 * bank_data['regulatory_compliance'] +
    0.25 * bank_data['sustainability']
    )

    # 5. محاسبه شاخص نهایی با وزن‌ها
    quantum_readiness_index = (
    0.35 * tech_score +
    0.25 * org_score +
    0.20 * customer_score +
    0.20 * ecosystem_score
    )

    return quantum_readiness_index
```

۴.۴. مراحل گذار کوانتومی

بانکها بر اساس شاخص QRI در چهار فاز طبقه‌بندی شدند:

فاز ۱: آماده‌سازی (QRI: 0-30) %

- 26.7% بانکها
- ویژگی‌ها: سرمایه‌گذاری محدود در فناوری، نیروی انسانی آموزش ندیده، عدم وجود استراتژی مشخص
- اقدامات کلیدی: آموزش نیروی انسانی، تدوین استراتژی، راه‌اندازی پروژه‌های پایلوت

فاز ۲: گذار اولیه (QRI: 30-60) %

- 50% بانکها
- ویژگی‌ها: سرمایه‌گذاری متوسط در فناوری، نیروی انسانی در حال آموزش، استراتژی اولیه
- اقدامات کلیدی: توسعه زیرساخت، یکپارچه‌سازی سیستم‌ها، توسعه همکاری‌ها

فاز ۳: گذار پیشرفته (QRI: 60-80) %

- 20% بانکها
- ویژگی‌ها: سرمایه‌گذاری بالا در فناوری، نیروی انسانی متخصص، استراتژی پیشرفته
- اقدامات کلیدی: توسعه خدمات کوانتومی، تحول مدل کسب‌وکار، توسعه اکوسیستم

فاز ۴: بلوغ کوانتومی (QRI: 80-100) %

- 3.3% بانکها
- ویژگی‌ها: سرمایه‌گذاری بسیار بالا در فناوری، نیروی انسانی بسیار متخصص، استراتژی یکپارچه
- وضعیت: تبدیل به Quantum-Native Bank

۵.۴. تحلیل عاملی تأییدی

نتایج تحلیل عاملی تأییدی نشان داد مدل از برازش مطلوبی برخوردار است:

- CFI = 0.94 (مطلوب > 0.90)
- TLI = 0.92 (مطلوب > 0.90)
- RMSEA = 0.06 (مطلوب < 0.08)
- SRMR = 0.05 (مطلوب < 0.08)

۶.۴. تحلیل مسیر

تحلیل مسیر نشان داد بعد فناوری با ضریب ۰.۴۲ بیشترین تأثیر را بر گذار کوانتومی دارد. سایر ابعاد به ترتیب زیر هستند:

- بعد سازمانی: ۰.۲۸
- بعد مشتری: ۰.۱۸
- بعد اکوسیستم: ۰.۱۲

۵. سیستم پایش و مانیتورینگ

۱.۵. طراحی سیستم پایش

```
python
class QuantumTransitionMonitor:
def __init__(self):
self.metrics_history = []
self.alert_thresholds = {
'qri_growth': 0.05, # حداقل رشد ۵٪ در سال
'tech_investment': 15, # حداقل ۱۵٪ سرمایه‌گذاری در فناوری
'workforce_training': 100, # حداقل ۱۰۰ نفر آموزش دیده در سال
'pilot_projects': 1 # حداقل ۱ پروژه پایلوت در سال
}

def add_quarterly_data(self, quarter_data):
"""
افزودن داده‌های فصلی به سیستم پایش
"""
self.metrics_history.append({
'quarter': quarter_data['quarter'],
'timestamp': datetime.now(),
'metrics': {
'qri': quarter_data['qri'],
'tech_investment': quarter_data['tech_investment'],
'workforce_trained': quarter_data['workforce_trained'],
'new_pilots': quarter_data['new_pilots'],
'customer_satisfaction': quarter_data.get('customer_satisfaction', 0)
}
})

def check_alerts(self):
"""
```

بررسی هشدارها بر اساس آستانه‌ها

```
"""
alerts = []

if len(self.metrics_history) < 2:
    return ["داده کافی برای تحلیل روند موجود نیست"]

current_data = self.metrics_history[-1]['metrics']
previous_data = self.metrics_history[-2]['metrics']

# بررسی رشد شاخص QRI
qri_growth = (current_data['qri'] - previous_data['qri']) / previous_data['qri']
if qri_growth < self.alert_thresholds['qri_growth']:
    alerts.append({
        'type': 'warning',
        'message': f'کمتر از آستانه تعیین شده است ( {qri_growth:.1%}) رشد شاخص QRI',
        'severity': 'medium'
    })

# بررسی سرمایه‌گذاری در فناوری
if current_data['tech_investment'] < self.alert_thresholds['tech_investment']:
    alerts.append({
        'type': 'critical',
        'message': f'کمتر از حد مطلوب است ( {current_data["tech_investment"]}%) سرمایه‌گذاری در فناوری',
        'severity': 'high'})

return alerts
```

۲.۵. تولید گزارش فصلی

```
python
def generate_quarterly_report(self):
    """
    """

    if not self.metrics_history:
        return "هیچ داده‌ای برای گزارش‌گیری موجود نیست"

    current = self.metrics_history[-1]['metrics']
    alerts = self.check_alerts()

    report = {
        'quarter': self.metrics_history[-1]['quarter'],
        'executive_summary': self._generate_executive_summary(current, alerts),
        'key_metrics': current,
        'alerts': alerts,
```

تولید گزارش فصلی خودکار

```
'trend_analysis': self._analyze_trends(),
'recommendations': self._generate_recommendations(alerts)
}
```

```
return report
```

نتایج داده‌های توصیفی و جداول آماری

انجام آمار در این پژوهش با کدنویسی به زبان R انجام شده است که کدنویسی‌ها به پیوست آورده شده است.

جدول ۱: آمار توصیفی متغیرهای پژوهش

متغیر	تعداد	میانگین	انحراف معیار	کمینه	بیشینه
سرمایه‌گذاری فناوری	30	16.2	4.8	5	25
زیرساخت کوانتومی	30	42.5	12.3	20	75
امنیت سایبری	30	58.7	10.5	35	80
بلوغ دیجیتال	30	55.3	8.9	35	75
مهارت نیروی کار	30	38.2	9.7	20	60
چابکی سازمانی	30	46.8	7.5	30	65
کانال‌های دیجیتال	30	68.4	11.2	40	90
تجربه مشتری	30	62.1	9.8	40	85
شخصی‌سازی	30	48.9	8.3	25	70
همکاری‌های استراتژیک	30	3.8	1.5	1	7
انطباق مقرراتی	30	72.6	6.4	60	85
پایداری	30	65.3	7.9	45	80
شاخص QRI	30	45.6	8.7	28.3	68.9

جدول ۲: توزیع بانک‌ها بر اساس فازهای گذار

فاز گذار	محدوده QRI	تعداد بانک‌ها	درصد	ویژگی‌های کلیدی
فاز ۱: آماده‌سازی	۰-۳۰٪	۸	۲۶.۷٪	سرمایه‌گذاری محدود، نیروی انسانی آموزش ندیده
فاز ۲: گذار اولیه	۳۰-۶۰٪	۱۵	۵۰.۰٪	پروژه‌های پایلوت، نیروی انسانی در حال آموزش
فاز ۳: گذار پیشرفته	۶۰-۸۰٪	۶	۲۰.۰٪	خدمات کوانتومی، نیروی انسانی متخصص
فاز ۴: بلوغ کوانتومی	۸۰-۱۰۰٪	۱	۳.۳٪	خدمات پیشرفته، اکوسیستم کامل

جدول ۳: ماتریس همبستگی متغیرهای اصلی

متغیر	فناوری	سازمانی	مشتری	اکوسیستم	QRI
فناوری	۱.۰۰	۰.۶۵	۰.۵۸	۰.۴۲	۰.۷۸
سازمانی	۰.۶۵	۱.۰۰	۰.۷۲	۰.۵۵	۰.۸۲
مشتری	۰.۵۸	۰.۷۲	۱.۰۰	۰.۴۸	۰.۷۵
اکوسیستم	۰.۴۲	۰.۵۵	۰.۴۸	۱.۰۰	۰.۶۳
QRI	۰.۷۸	۰.۸۲	۰.۷۵	۰.۶۳	۱.۰۰

جدول ۴: نتایج تحلیل عاملی تأییدی

بعد	شاخص	بار عاملی	t-value	p-value
فناوری	سرمایه‌گذاری فناوری	۰.۸۵	۱۲.۳۴	۰.۰۰۰
	زیرساخت کوانتومی	۰.۷۸	۱۰.۲۱	۰.۰۰۰
	امنیت سایبری	۰.۸۲	۱۱.۵۶	۰.۰۰۰
سازمانی	بلوغ دیجیتال	۰.۸۸	۱۳.۴۵	۰.۰۰۰
	مهارت نیروی کار	۰.۷۶	۹.۸۷	۰.۰۰۰
	چابکی سازمانی	۰.۷۱	۸.۹۲	۰.۰۰۰
مشتری	کانال‌های دیجیتال	۰.۸۱	۱۱.۲۳	۰.۰۰۰
	تجربه مشتری	۰.۷۹	۱۰.۶۷	۰.۰۰۰
	شخصی‌سازی	۰.۷۴	۹.۴۵	۰.۰۰۰
اکوسیستم	همکاری‌های استراتژیک	۰.۸۳	۱۱.۹۸	۰.۰۰۰
	انطباق مقرراتی	۰.۷۷	۱۰.۱۲	۰.۰۰۰
	پایداری	۰.۶۹	۸.۳۴	۰.۰۰۰

۶. تحلیل یافته‌های تحقیق حاضر و بحث و بررسی

کدنویسی مدل پیشنهادی هوش مصنوعی در این پژوهش به تفصیل در پیوست آورده شده است در ادامه به تحلیل و بررسی خروجی‌های حاصل از مدل هوش مصنوعی پیشنهادی پرداخته می‌شود.

۱.۶. تفسیر یافته‌ها

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد صنعت بانکداری ایران در میانه فاز گذار اولیه قرار دارد. شکاف ۵۴.۴٪ی موجود بین وضعیت فعلی و بلوغ کامل، بیانگر ضرورت سرمایه‌گذاری و برنامه‌ریزی فشرده است. مقایسه بانک‌های دولتی و خصوصی نشان داد تفاوت معنی‌داری از نظر شاخص QRI بین آن‌ها وجود ندارد (p-value = 0.123). این یافته حاکی از رویکرد یکپارچه صنعت بانکداری در مواجهه با تحول کوانتومی است.

شناسایی بعد فناوری به عنوان مؤثرترین بعد، بر اهمیت سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های کوانتومی و توسعه قابلیت‌های فنی تأکید می‌کند. با این حال، توجه صرف به بعد فناوری بدون در نظر گرفتن ابعاد سازمانی و انسانی کافی نیست.

۲.۶. مقایسه با تحقیقات پیشین

یافته‌های این پژوهش با نتایج تحقیقات پیشین همخوانی دارد. مطالعات (Kaplan & Kauffman, 2019) نیز بر اهمیت فناوری به عنوان محرک اصلی تحول کوانتومی تأکید کرده‌اند. با این حال، پژوهش حاضر با در نظر گرفتن ابعاد سازمانی و اکوسیستمی، دید جامع‌تری ارائه می‌دهد.

۳.۶. نظری

- توسعه چارچوب نظری یکپارچه برای تبیین گذار پارادایمی در صنعت بانکداری
- ارائه مدل چندبعدی با شاخص‌های کمی قابل سنجش
- گسترش ادبیات تحول دیجیتال با incorporation بعد کوانتومی

۴.۶. عملی

برای مدیران بانکی:

- استفاده از شاخص QRI برای ارزیابی وضعیت موجود
- بهره‌گیری از نقشه راه برای تدوین استراتژی گذار
- استفاده از سیستم پایش برای نظارت مستمر بر پیشرفت

برای سیاست‌گذاران:

- بهره‌گیری از مدل برای تدوین استانداردهای ملی
- استفاده از چارچوب برای طراحی مشوق‌های حمایتی
- به کارگیری مدل برای نظارت بر تحول صنعت

۷. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

۱.۷. نتیجه‌گیری نهایی

این پژوهش مدل تحلیلی جامعی برای گذار از عصر تحول دیجیتال به عصر کوانتوم در صنعت بانکداری ارائه کرده است. مدل پیشنهادی با دارا بودن ۴ بعد و ۱۲ مولفه، چارچوبی نظام‌مند برای درک پویایی‌های این گذار فراهم می‌کند.

شاخص QRI توسعه یافته در این پژوهش، ابزاری برای سنجش وضعیت فعلی و پایش پیشرفت بانک‌ها در مسیر گذار کوانتومی است. طبقه‌بندی بانک‌ها در ۴ فاز گذار، نقشه راه عملی برای برنامه‌ریزی استراتژیک ارائه می‌دهد.

۲.۷. محدودیت‌های پژوهش

- محدودیت در دسترسی به داده‌های محرمانه برخی بانک‌ها
- نوپا بودن حوزه تحقیقات کوانتومی در بانکداری و عدم وجود پیشینه غنی
- پویایی سریع فناوری‌های کوانتومی و نیاز به روزآمدسازی مستمر مدل

۳.۷. پیشنهادهای برای تحقیقات آتی

۱. توسعه مدل‌های پیش‌بینی مبتنی بر هوش مصنوعی برای شبیه‌سازی سناریوهای گذار
۲. مطالعه تطبیقی گذار کوانتومی در نظام‌های بانکداری مختلف
۳. بررسی تأثیر کوانتوم بر امنیت سایبری و مدل‌های ریسک در بانکداری
۴. توسعه چارچوب‌های حکمرانی و اخلاقی برای بانکداری کوانتومی

۴.۷. پیشنهادهای کاربردی

برای بانک‌ها:

- تدوین استراتژی گذار کوانتومی بر اساس مدل ارائه شده
- ایجاد واحد ویژه مدیریت گذار کوانتومی
- سرمایه‌گذاری در آموزش و توسعه نیروی انسانی

برای سیاست‌گذاران:

- تدوین استانداردهای ملی برای بانکداری کوانتومی
- ایجاد مشوق‌های مالی برای سرمایه‌گذاری در فناوری‌های کوانتومی
- توسعه برنامه‌های آموزشی برای تربیت متخصصان کوانتوم

۸. واژه‌نامه تخصصی

بانکداری کوانتومی (Quantum Banking): استفاده از فناوری‌های کوانتومی در ارائه خدمات بانکی

شاخص (QRI (Quantum Readiness Index): شاخص سنجش آمادگی برای گذار به عصر کوانتوم

Quantum-Native Bank: بانک که خدمات خود را به طور کامل بر اساس فناوری‌های کوانتومی ارائه می‌دهد

گذار کوانتومی (Quantum Transition): فرآیند تحول از بانکداری دیجیتال به بانکداری کوانتومی

الگوریتم‌های کوانتومی (Quantum Algorithms): الگوریتم‌هایی که از قوانین مکانیک کوانتوم استفاده می‌کنند

رمزنگاری پسا-کوانتومی (Post-Quantum Cryptography): روش‌های رمزنگاری مقاوم در برابر حملات کوانتومی

فهرست منابع

- گزارش بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران (۱۴۰۲). "تحول دیجیتال در صنعت بانکداری ایران" پژوهشکده پولی و بانکی (۱۴۰۱). "راهبردهای نوین در بانکداری دیجیتال"
- مرکز تحقیقات فناوری‌های نوین بانکی (۱۴۰۰). "کاربردهای هوش مصنوعی در خدمات مالی"
- Arner, D. W., Buckley, R. P., Zetsche, D. A., & Veidt, R. (2020). Sustainability, FinTech and financial inclusion. *European Business Organization Law Review*.
- Gomber, P., Kauffman, R. J., Parker, C., & Weber, B. W. (2017). On the Fintech revolution: Interpreting the forces of innovation, disruption and transformation in financial services. *Journal of Management Information Systems*.
- Kaplan, J., & Kauffman, R. J. (2019). The words of the future: Artificial intelligence, quantum computing, and the financial world. *Journal of Financial Transformation*.
- Orús, R., Mugel, S., & Lizaso, E. (2019). Quantum computing for finance: Overview and prospects. *Reviews in Physics*.
- Capgemini. (2023). World Banking Report.
- BCG. (2023). Global Digital Banking Benchmark.
- IBM Institute for Business Value. (2023). Quantum Computing in Financial Services.
- McKinsey & Company. (2023). Digital Banking Revolution.
- IBM Institute for Business Value 2023. "Quantum Computing in Financial Services: A Strategic Perspective"
- McKinsey & Company 2023. "The Quantum Revolution in Banking: From Hype to Reality"
- Deloitte 2023. "Quantum Readiness Survey: Financial Services Industry"
- World Economic Forum 2022. "Quantum Computing Governance Principles"

پیوست‌ها

پیوست ۱: پرسشنامه پژوهش

پرسشنامه سنجش آمادگی کوانتومی در صنعت بانکداری

مقدمه: این پرسشنامه با هدف سنجش آمادگی بانک‌ها برای گذار به عصر کوانتوم طراحی شده است. لطفاً به هر سوال بر اساس مقیاس ۵-point-لیکرت پاسخ دهید.

بعد فناوری (TECH)

TECH1: سرمایه‌گذاری در فناوری‌های کوانتومی

سهم سرمایه‌گذاری در فناوری‌های کوانتومی از کل بودجه فناوری اطلاعات چقدر است؟

- ۱: کمتر از ۵٪
- ۲: ۵-۱۰٪
- ۳: ۱۰-۱۵٪
- ۴: ۱۵-۲۰٪
- ۵: بیش از ۲۰٪

TECH2: سطح زیرساخت کوانتومی

سطح توسعه زیرساخت‌های کوانتومی در بانک چگونه است؟

- ۱: هیچ زیرساختی وجود ندارد
- ۲: زیرساخت اولیه در حال راه‌اندازی
- ۳: زیرساخت پایه مستقر شده
- ۴: زیرساخت پیشرفته در حال توسعه
- ۵: زیرساخت کامل و یکپارچه

TECH3: یکپارچگی سیستم‌ها

سیستم‌های فعلی چه میزان آمادگی برای یکپارچه‌سازی با فناوری‌های کوانتومی دارند؟

- ۱: کاملاً ناسازگار
- ۲: سازگاری محدود
- ۳: سازگاری متوسط
- ۴: سازگاری خوب
- ۵: کاملاً سازگار

TECH4: امنیت سایبری کوانتومی

میزان آمادگی سیستم‌های امنیتی برای مقابله با تهدیدات کوانتومی چقدر است؟

- ۱: کاملاً ناسازگار
- ۲: سازگاری محدود
- ۳: سازگاری متوسط
- ۴: سازگاری خوب

- ۵: کاملاً سازگار

پروژه‌های پایلوت کوانتومی: TECH5

تعداد پروژه‌های پایلوت کوانتومی در حال اجرا چقدر است؟

- ۱: هیچ پروژه‌ای
- ۲: ۱ پروژه
- ۳: ۲-۳ پروژه
- ۴: ۴-۵ پروژه
- ۵: بیش از ۵ پروژه

بعد سازمانی (ORG)

بلوغ دیجیتال: ORG1

سطح بلوغ دیجیتال بانک در چه مرحله‌ای است؟

- ۱: ابتدایی
- ۲: در حال توسعه
- ۳: متوسط
- ۴: پیشرفته
- ۵: بسیار پیشرفته

مهارت‌های نیروی انسانی: ORG2

درصد نیروی انسانی دارای مهارت‌های کوانتومی چقدر است؟

- ۱: کمتر از ۵٪
- ۲: ۵-۱۰٪
- ۳: ۱۰-۲۰٪
- ۴: ۲۰-۳۰٪
- ۵: بیش از ۳۰٪

چابکی سازمانی: ORG3

میزان چابکی سازمان در پذیرش و اجرای فناوری‌های جدید چقدر است؟

- ۱: بسیار کند
- ۲: کند
- ۳: متوسط
- ۴: چابک
- ۵: بسیار چابک

فرهنگ نوآوری: ORG4

فرهنگ سازمانی چه میزان از نوآوری و تحول پشتیبانی می‌کند؟

- ۱: کاملاً مقاوم

- ۲: مقاوم
- ۳: خنثی
- ۴: حامی
- ۵: بسیار حامی

سرعت تصمیم‌گیری: ORG5

میانگین زمان تصمیم‌گیری برای پروژه‌های تحول چقدر است؟

- ۱: بیش از ۶ ماه
- ۲: ۳-۶ ماه
- ۳: ۱-۳ ماه
- ۴: ۲-۴ هفته
- ۵: کمتر از ۲ هفته

بعد مشتری (CUST)

کانال‌های دیجیتال: CUST1

سهم تراکنش‌های دیجیتال از کل تراکنش‌ها چقدر است؟

- ۱: کمتر از ۲۰٪
- ۲: ۲۰-۴۰٪
- ۳: ۴۰-۶۰٪
- ۴: ۶۰-۸۰٪
- ۵: بیش از ۸۰٪

تجربه مشتری: CUST2

سطح رضایت مشتریان از خدمات دیجیتال چقدر است؟

- ۱: بسیار پایین
- ۲: پایین
- ۳: متوسط
- ۴: بالا
- ۵: بسیار بالا

شخصی‌سازی خدمات: CUST3

میزان شخصی‌سازی خدمات بر اساس نیازهای مشتریان چقدر است؟

- ۱: هیچ شخصی‌سازی‌ای
- ۲: شخصی‌سازی محدود
- ۳: شخصی‌سازی متوسط
- ۴: شخصی‌سازی خوب
- ۵: شخصی‌سازی کامل

خدمات نوآورانه: CUST4

تعداد خدمات نوآورانه ارائه شده در سال گذشته چقدر است؟

- ۱: هیچ خدمتی
- ۲: ۱-۲ خدمت
- ۳: ۳-۴ خدمت
- ۴: ۵-۶ خدمت
- ۵: بیش از ۶ خدمت

بعد اکوسیستم (ECO)

همکاری‌های استراتژیک: ECO1

تعداد همکاری‌های استراتژیک با استارت‌آپ‌ها و مراکز تحقیقاتی چقدر است؟

- ۱: هیچ همکاری
- ۲: ۱-۲ همکاری
- ۳: ۳-۴ همکاری
- ۴: ۵-۶ همکاری
- ۵: بیش از ۶ همکاری

انطباق مقرراتی: ECO2

میزان انطباق با مقررات و استانداردهای حوزه کوانتوم چقدر است؟

- ۱: کاملاً ناسازگار
- ۲: سازگاری محدود
- ۳: سازگاری متوسط
- ۴: سازگاری خوب
- ۵: کاملاً سازگار

پایداری و اخلاق: ECO3

توجه به مباحث پایداری و اخلاق در توسعه فناوری‌های کوانتومی چقدر است؟

- ۱: کاملاً ناسازگار
- ۲: سازگاری محدود
- ۳: سازگاری متوسط
- ۴: سازگاری خوب
- ۵: کاملاً سازگار

پیوست ۲: کدهای الگوریتمی کامل

کد پایتون برای مدل تحلیلی

```
python
import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns
from sklearn.preprocessing import StandardScaler
from sklearn.decomposition import PCA
from factor_analyzer import FactorAnalyzer
import warnings
warnings.filterwarnings('ignore')

class QuantumBankingModel:
    """
    کلاس اصلی برای مدل تحلیلی گذار کوانتومی در بانکداری
    """

    def __init__(self):
        self.data = None
        self.scaler = StandardScaler()
        self.model_results = {}

    def load_data(self, file_path):
        """
        بارگذاری داده‌های بانکی
        """
        try:
            self.data = pd.read_csv(file_path)
            print(f"داده‌ها با موفقیت بارگذاری شدند. تعداد رکوردها: {len(self.data)}")
            return True
        except Exception as e:
            print(f"خطا در بارگذاری داده‌ها: {e}")
            return False

    def calculate_qri(self, bank_data):
        """
        محاسبه شاخص آمادگی کوانتومی (QRI)
        """
        # وزن‌های هر بعد
        weights = {
            'technology': 0.35,
            'organizational': 0.25,
            'customer': 0.20,
            'ecosystem': 0.20
        }

        # محاسبه نمره هر بعد
        tech_score = self._calculate_technology_score(bank_data)
        org_score = self._calculate_organizational_score(bank_data)
```

```
customer_score = self._calculate_customer_score(bank_data)
ecosystem_score = self._calculate_ecosystem_score(bank_data)
```

```
# نهایی محاسبه QRI
```

```
qri = (weights['technology'] * tech_score +
       weights['organizational'] * org_score +
       weights['customer'] * customer_score +
       weights['ecosystem'] * ecosystem_score)
```

```
return {
    'qri': qri,
    'dimension_scores': {
        'technology': tech_score,
        'organizational': org_score,
        'customer': customer_score,
        'ecosystem': ecosystem_score
    },
    'weights': weights
}
```

```
def _calculate_technology_score(self, bank_data):
```

```
    """
```

```
    محاسبه نمره بعد فناوری
```

```
    """
```

```
    indicators = {
        'tech_investment': 0.30,
        'quantum_infrastructure': 0.40,
        'cybersecurity': 0.30
    }
```

```
    score = 0
```

```
    for indicator, weight in indicators.items():
        if indicator in bank_data:
            score += bank_data[indicator] * weight
```

```
    return score
```

```
def _calculate_organizational_score(self, bank_data):
```

```
    """
```

```
    محاسبه نمره بعد سازمانی
```

```
    """
```

```
    indicators = {
        'digital_maturity': 0.40,
        'workforce_skills': 0.35,
        'organizational_agility': 0.25
    }
```

```
    score = 0
```

```
    for indicator, weight in indicators.items():
        if indicator in bank_data:
            score += bank_data[indicator] * weight
```

```
    return score
```

```
def _calculate_customer_score(self, bank_data):  
    """  
    محاسبه نمره بعد مشتری  
    """  
    indicators = {  
        'digital_channels': 0.35,  
        'customer_experience': 0.35,  
        'personalization': 0.30  
    }  
  
    score = 0  
    for indicator, weight in indicators.items():  
        if indicator in bank_data:  
            score += bank_data[indicator] * weight  
  
    return score  
  
def _calculate_ecosystem_score(self, bank_data):  
    """  
    محاسبه نمره بعد اکوسیستم  
    """  
    indicators = {  
        'strategic_partnerships': 0.40,  
        'regulatory_compliance': 0.35,  
        'sustainability': 0.25  
    }  
  
    score = 0  
    for indicator, weight in indicators.items():  
        if indicator in bank_data:  
            score += bank_data[indicator] * weight  
  
    return score  
  
def determine_transition_phase(self, qri_score):  
    """  
    QRI تعیین فاز گذار بر اساس  
    """  
    if qri_score < 30:  
        return {  
            'phase': 'فاز ۱: آماده‌سازی',  
            'description': 'بانک در مرحله پایه‌ای قرار دارد',  
            'key_characteristics': [  
                'سرمایه‌گذاری محدود در فناوری',  
                'نیروی انسانی آموزش ندیده',  
                'عدم وجود استراتژی مشخص'  
            ],  
            'recommendations': [  
                'آموزش نیروی انسانی',  
            ]  
        }
```

```
    'تهیه زیرساخت اولیه',  
    'تدوین استراتژی کوانتومی'  
  ],  
  'timeline': '1-2 سال',  
  'budget': 'پایین'  
}  
  
elif 30 <= qri_score < 60:  
  return {  
    'phase': 'فاز ۲: گذار اولیه',  
    'description': 'بانک پروژه‌های آزمایشی را آغاز کرده',  
    'key_characteristics': [  
      'سرمایه‌گذاری متوسط در فناوری',  
      'نیروی انسانی در حال آموزش',  
      'استراتژی اولیه'  
    ],  
    'recommendations': [  
      'راه‌اندازی پروژه‌های پایلوت',  
      'توسیه زیرساخت پیشرفته',  
      'توسعه همکاری‌های استراتژیک'  
    ],  
    'timeline': '2-3 سال',  
    'budget': 'متوسط'  
  }  
  
elif 60 <= qri_score < 80:  
  return {  
    'phase': 'فاز ۳: گذار پیشرفته',  
    'description': 'بانک در حال یکپارچه‌سازی خدمات کوانتومی',  
    'key_characteristics': [  
      'سرمایه‌گذاری بالا در فناوری',  
      'نیروی انسانی متخصص',  
      'استراتژی پیشرفته'  
    ],  
    'recommendations': [  
      'یکپارچه‌سازی کامل سیستم‌ها',  
      'توسعه خدمات کوانتومی جدید',  
      'توسعه اکوسیستم نوآوری'  
    ],  
    'timeline': '3-4 سال',  
    'budget': 'بالا'
```

```
}  
  
else: # qri_score >= 80  
    return {  
        'phase': 'فاز ۴: بلوغ کوانتومی',  
        'description': 'بانک به بلوغ کامل در خدمات کوانتومی رسیده',  
        'key_characteristics': [  
            'سرمایه‌گذاری بسیار بالا در فناوری',  
            'نیروی انسانی بسیار متخصص',  
            'استراتژی یکپارچه'  
        ],  
        'recommendations': [  
            'بهبود مستمر خدمات',  
            'رهبری بازار در نوآوری',  
            'توسعه استانداردهای صنعتی'  
        ],  
        'timeline': 'ادامه بهبود',  
        'budget': 'بسیار بالا'  
    }  
  
def generate_roadmap(self, current_phase, target_phase, bank_data):  
    """  
    تولید نقشه راه برای گذار  
    """  
    roadmap = {  
        'current_phase': current_phase,  
        'target_phase': target_phase,  
        'transition_path': self._define_transition_path(current_phase, target_phase),  
        'key_milestones': self._define_milestones(current_phase, target_phase),  
        'critical_success_factors': self._identify_critical_factors(bank_data),  
        'risk_mitigation': self._identify_risks_and_mitigation()  
    }  
  
    return roadmap  
  
def _define_transition_path(self, current_phase, target_phase):  
    """  
    تعیین مسیر گذار بین فازها  
    """  
    phases = ['فاز ۴: بلوغ کوانتومی', 'فاز ۳: گذار پیشرفته', 'فاز ۲: گذار اولیه', 'فاز ۱: آماده‌سازی']  
  
    current_index = phases.index(current_phase)  
    target_index = phases.index(target_phase)  
  
    if target_index <= current_index:  
        return {"error": "فاز هدف باید از فاز فعلی پیشرفته‌تر باشد"}
```

```

path = phases[current_index:target_index + 1]
return {
    'path': path,
    'number_of_phases': len(path) - 1,
    'estimated_duration': f"{{(target_index - current_index) * 2}} سال"
}

def define_milestones(self, current_phase, target_phase):
    """
    تعیین نقاط عطف برای هر فاز
    """
    milestones = {
        'فاز ۱: آماده‌سازی': [
            'تدوین استراتژی کوانتومی',
            'آموزش ۵۰٪ نیروی کار',
            'راه‌اندازی اولین پروژه پایلوت'
        ],
        'فاز ۲: گذار اولیه': [
            'توسیه زیرساخت پیشرفته',
            'اجرای ۳ پروژه پایلوت',
            'توسیه چارچوب امنیتی'
        ],
        'فاز ۳: گذار پیشرفته': [
            'یکپارچه‌سازی سیستم‌های اصلی',
            'توسعه ۵ سرویس کوانتومی',
            'اخذ گواهی‌های امنیتی'
        ],
        'فاز ۴: بلوغ کوانتومی': [
            'Quantum-Native Bank تبدیل به',
            'رهبری در استانداردهای صنعت',
            'توسعه اکوسیستم کامل'
        ]
    }

    phases = ['فاز ۴: بلوغ کوانتومی', 'فاز ۳: گذار پیشرفته', 'فاز ۲: گذار اولیه', 'فاز ۱: آماده‌سازی']
    current_index = phases.index(current_phase)
    target_index = phases.index(target_phase)

    relevant_milestones = {}
    for i in range(current_index, target_index + 1):
        phase = phases[i]
        relevant_milestones[phase] = milestones[phase]

    return relevant_milestones

```

```
def _identify_critical_factors(self, bank_data):  
    """  
    شناسایی عوامل موفقیت بحرانی  
    """  
    factors = []  
  
    # تحلیل شکاف‌ها  
    if bank_data.get('tech_investment', 0) < 15:  
        factors.append('افزایش سرمایه‌گذاری در فناوری به ۲۰٪')  
  
    if bank_data.get('workforce_skills', 0) < 40:  
        factors.append('اجرای برنامه آموزش فشرده برای ۵۰٪ نیروی کار')  
  
    if bank_data.get('strategic_partnerships', 0) < 3:  
        factors.append('توسعه همکاری با ۳ استارت‌آپ یا مرکز تحقیقاتی')  
  
    if bank_data.get('digital_maturity', 0) < 60:  
        factors.append('ارتقاء بلوغ دیجیتال به سطح پیشرفته')  
  
    return factors  
  
def _identify_risks_and_mitigation(self):  
    """  
    شناسایی ریسک‌ها و راهکارهای کاهش آن‌ها  
    """  
    risks = [  
        {  
            'risk': 'کمبود نیروی انسانی متخصص',  
            'impact': 'بالا',  
            'probability': 'بالا',  
            'mitigation': 'همکاری با دانشگاه‌ها و مراکز آموزشی'  
        },  
        {  
            'risk': 'محدودیت بودجه',  
            'impact': 'متوسط',  
            'probability': 'بالا',  
            'mitigation': 'تدوین برنامه سرمایه‌گذاری مرحله‌ای'  
        },  
        {  
            'risk': 'عدم قطعیت فناوری',  
            'impact': 'متوسط',  
            'probability': 'متوسط',  
            'mitigation': 'اجرای پروژه‌های پایلوت و آزمایشی'
```

```

    },
    {
        'risk': 'چالش‌های امنیتی',
        'impact': 'بالا',
        'probability': 'متوسط',
        'mitigation': 'توسیه چارچوب امنیتی جامع'
    }
]

return risks

def perform_gap_analysis(self, current_qri, target_qri, dimension_scores):
    """
    تحلیل شکاف بین وضعیت فعلی و هدف
    """
    total_gap = target_qri - current_qri

    # توزیع شکاف بر اساس وزن ابعاد
    weights = [0.35, 0.25, 0.20, 0.20]
    dimensions = ['technology', 'organizational', 'customer', 'ecosystem']

    gap_analysis = {
        'total_gap': total_gap,
        'dimension_gaps': {},
        'priority_actions': []
    }

    for i, dimension in enumerate(dimensions):
        current_score = dimension_scores.get(dimension, 0)
        target_score = current_score + (total_gap * weights[i])

        gap_analysis['dimension_gaps'][dimension] = {
            'current': current_score,
            'target': target_score,
            'gap': target_score - current_score,
            'priority': 'بالا' if (target_score - current_score) > 20 else 'متوسط'
        }

    # تعیین اقدامات اولویت‌دار
    sorted_gaps = sorted(
        gap_analysis['dimension_gaps'].items(),
        key=lambda x: x[1]['gap'],
        reverse=True
    )

    for dimension, gap_info in sorted_gaps[:2]: # دو بعد با بیشترین شکاف
        if dimension == 'technology':
            gap_analysis['priority_actions'].extend([
                'افزایش بودجه فناوری به ۲۰٪ از درآمد'
            ])

```

```
        'خرید سخت‌افزارهای کوانتومی',
        'ارتقاء مرکز داده'
    ])
    elif dimension == 'organizational':
        gap_analysis['priority_actions'].extend([
            'اجرای برنامه آموزش مدیران',
            'تغییر ساختار سازمانی',
            'استخدام متخصصان کوانتوم'
        ])

    return gap_analysis

def create_dashboard(self, results):
    """
    ایجاد داشبورد مدیریتی
    """
    fig, ((ax1, ax2), (ax3, ax4)) = plt.subplots(2, 2, figsize=(15, 12))

    # فازها QRI نمودار ۱: شاخص
    phases = ['بلوغ کوانتومی', 'گذار پیشرفته', 'گذار اولیه', 'آماده‌سازی']
    phase_thresholds = [0, 30, 60, 80, 100]

    ax1.axhline(y=results['qri'], color='r', linestyle='-', linewidth=2)
    ax1.bar(phases, phase_thresholds[1:], color=['lightcoral', 'lightblue', 'lightgreen', 'gold'])
    ax1.set_title('و فازهای گذار QRI شاخص')
    ax1.set_ylabel('QRI شاخص')

    # نمودار ۲: نمره ابعاد
    dimensions = list(results['dimension_scores'].keys())
    scores = list(results['dimension_scores'].values())

    bars = ax2.bar(dimensions, scores, color=['skyblue', 'lightgreen', 'lightcoral', 'gold'])
    ax2.set_title('نمره ابعاد مختلف')
    ax2.set_ylabel('نمره')

    # افزودن مقادیر روی میله‌ها
    for bar, score in zip(bars, scores):
        ax2.text(bar.get_x() + bar.get_width()/2, bar.get_height() + 1,
                 f'{score:.1f}', ha='center', va='bottom')

    # نمودار ۳: تحلیل شکاف
    if 'gap_analysis' in results:
        gaps = [gap_info['gap'] for gap_info in results['gap_analysis']['dimension_gaps'].values()]
        ax3.bar(dimensions, gaps, color='orange')
        ax3.set_title('شکاف‌های ابعاد مختلف')
```

```

ax3.set_ylabel('میزان شکاف')

# نمودار ۴: نقشه راه
phase_info = results['transition_phase']
timeline_data = {
    'فاز فعلی': 1,
    'فاز بعدی': 2,
    'فاز هدف': 3
}

ax4.bar(timeline_data.keys(), timeline_data.values(), color=['red', 'blue', 'green'])
ax4.set_title('نقشه راه گذار')
ax4.set_ylabel('مرحله')

plt.tight_layout()
plt.show()

return fig

# نمونه استفاده از کلاس
def main():
    # ایجاد نمونه از مدل
    model = QuantumBankingModel()

    # داده‌های نمونه برای یک بانک
    sample_bank = {
        'tech_investment': 18,
        'quantum_infrastructure': 55,
        'cybersecurity': 65,
        'digital_maturity': 60,
        'workforce_skills': 35,
        'organizational_agility': 45,
        'digital_channels': 75,
        'customer_experience': 60,
        'personalization': 50,
        'strategic_partnerships': 4,
        'regulatory_compliance': 85,
        'sustainability': 70
    }

    # محاسبه QRI
    qri_results = model.calculate_qri(sample_bank)

    # تعیین فاز گذار
    phase_info = model.determine_transition_phase(qri_results['qri'])

    # تولید نقشه راه

```

```
roadmap = model.generate_roadmap(phase_info['phase'], 'گذار پیشرفته', sample_bank)

# تحلیل شکاف
gap_analysis = model.perform_gap_analysis(qri_results['qri'], 70, qri_results['dimension_scores'])

# ترکیب نتایج
final_results = {
  'qri': qri_results['qri'],
  'dimension_scores': qri_results['dimension_scores'],
  'transition_phase': phase_info,
  'roadmap': roadmap,
  'gap_analysis': gap_analysis
}

# نمایش نتایج
print("نتایج تحلیل گذار کوانتومی")
print(f"QRI شاخص: {final_results['qri']:.1f}%")
print(f"فاز فعلی: {final_results['transition_phase']['phase']}")
print(f"اقدامات اولویت‌دار: {final_results['gap_analysis']['priority_actions'][:3]}")

# ایجاد داشبورد
model.create_dashboard(final_results)

return final_results

if __name__ == "__main__":
  results = main()

برای تحلیل آماری R کد
r
# برای تحلیل‌های آماری پیشرفته R کد

# بارگذاری کتابخانه‌های مورد نیاز
library(lavaan)
library(semPlot)
library(ggplot2)
library(dplyr)
library(psych)

# تابع برای تحلیل عاملی تأییدی
perform_cfa_analysis <- function(data) {
  "
  انجام تحلیل عاملی تأییدی برای مدل گذار کوانتومی
  "

# تعریف مدل اندازه‌گیری
cfa_model <- '

```

```

# متغیرهای پنهان (Latent Variables)
TECHNOLOGY =~ tech_investment + quantum_infrastructure + cybersecurity
ORGANIZATIONAL =~ digital_maturity + workforce_skills + organizational_agility
CUSTOMER =~ digital_channels + customer_experience + personalization
ECOSYSTEM =~ strategic_partnerships + regulatory_compliance + sustainability

# برازش مدل
cfa_fit <- cfa(cfa_model, data = data, estimator = "MLR")

# خلاصه نتایج
model_summary <- summary(cfa_fit, fit.measures = TRUE, standardized = TRUE)

# استخراج شاخص‌های برازش
fit_measures <- fitMeasures(cfa_fit)

return(list(
  model_summary = model_summary,
  fit_measures = fit_measures,
  parameter_estimates = parameterEstimates(cfa_fit, standardized = TRUE)
))
}

# تابع برای مدل‌سازی معادلات ساختاری
perform_sem_analysis <- function(data) {
  "
  انجام مدل‌سازی معادلات ساختاری
  "

  # تعریف مدل ساختاری
  sem_model <- '
  # مدل اندازه‌گیری
  TECHNOLOGY =~ tech_investment + quantum_infrastructure + cybersecurity
  ORGANIZATIONAL =~ digital_maturity + workforce_skills + organizational_agility
  CUSTOMER =~ digital_channels + customer_experience + personalization
  ECOSYSTEM =~ strategic_partnerships + regulatory_compliance + sustainability

  # مدل ساختاری
  QUANTUM_READINESS ~ 0.35*TECHNOLOGY + 0.25*ORGANIZATIONAL + 0.20*CUSTOMER +
0.20*ECOSYSTEM

  # کوواریانس بین متغیرهای پنهان
  TECHNOLOGY ~ ORGANIZATIONAL
  TECHNOLOGY ~ CUSTOMER
  ORGANIZATIONAL ~ CUSTOMER
  ECOSYSTEM ~ TECHNOLOGY
  '

  # برازش مدل

```

```
sem_fit <- sem(sem_model, data = data)

# خلاصه نتایج
sem_summary <- summary(sem_fit, fit.measures = TRUE, standardized = TRUE)

return(list(
  sem_summary = sem_summary,
  fit_measures = fitMeasures(sem_fit),
  path_diagram = semPaths(sem_fit, what = "std", whatLabels = "std")
))
}

# تابع برای تحلیل خوشه‌ای
perform_cluster_analysis <- function(data) {
  "
  انجام تحلیل خوشه‌ای برای طبقه‌بندی بانک‌ها
  "

  # انتخاب متغیرها برای خوشه‌بندی
  cluster_vars <- c('tech_investment', 'digital_maturity', 'workforce_skills',
    'strategic_partnerships', 'customer_experience')

  cluster_data <- data[cluster_vars]

  # استانداردسازی داده‌ها
  scaled_data <- scale(cluster_data)

  # تعیین تعداد بهینه خوشه‌ها
  wss <- sapply(1:10, function(k){kmeans(scaled_data, k, nstart=25)$tot.withinss})

  # اجرای k-means
  set.seed(123)
  kmeans_result <- kmeans(scaled_data, centers = 4, nstart = 25)

  # افزودن برچسب خوشه‌ها به داده اصلی
  data$cluster <- as.factor(kmeans_result$cluster)

  return(list(
    kmeans_result = kmeans_result,
    clustered_data = data,
    wss_plot = plot(1:10, wss, type="b", xlab="Number of Clusters", ylab="Within groups sum of squares")
  ))
}

# تابع برای ایجاد نمودارهای پیشرفته
create_advanced_plots <- function(data) {
  "
  ایجاد نمودارهای پیشرفته برای گزارش
  "
}
```

```

# نمودار ۱: توزیع QRI
p1 <- ggplot(data, aes(x = qri)) +
  geom_histogram(binwidth = 5, fill = "skyblue", color = "black") +
  labs(title = "تعداد" , y = "تعداد" , x = "در بانک‌ها QRI توزیع شاخص" , y = "تعداد") +
  theme_minimal()

# نمودار ۲: ماتریس همبستگی
cor_vars <- c('tech_investment', 'digital_maturity', 'workforce_skills',
              'strategic_partnerships', 'customer_experience', 'qri')

cor_matrix <- cor(data[cor_vars])
p2 <- corrplot::corrplot(cor_matrix, method = "circle", type = "upper")

# نمودار ۳: تحلیل خوشه‌ای
p3 <- ggplot(data, aes(x = tech_investment, y = digital_maturity, color = cluster)) +
  geom_point(size = 3) +
  labs(title = "بلوغ دیجیتال" , y = "سرمایه‌گذاری فناوری" , x = "تحلیل خوشه‌ای بانک‌ها" , y = "بلوغ دیجیتال") +
  theme_minimal()

return(list(
  distribution_plot = p1,
  correlation_plot = p2,
  cluster_plot = p3
))
}

# نمونه اجرای توابع
# data <- read.csv("banking_data.csv")
# cfa_results <- perform_cfa_analysis(data)
# sem_results <- perform_sem_analysis(data)
# cluster_results <- perform_cluster_analysis(data)
# plots <- create_advanced_plots(data)

پیوست ۴: سیستم پایش و مانیتورینگ پیشرفته
کد کامل سیستم پایش
python
import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from datetime import datetime, timedelta
import json
from typing import Dict, List, Optional

class AdvancedQuantumMonitor:
    """
    سیستم پیشرفته پایش و مانیتورینگ گذار کوانتومی
    """

    def __init__(self, config_path: str = None):
        self.metrics_history = []

```

```
self.alerts_history = []
self.benchmarks = {}

# آستانه‌های پیش‌فرض
self.default_thresholds = {
    'qri_growth_quarterly': 0.02, # رشد ۲٪ در هر فصل
    'tech_investment_min': 15, # حداقل ۱۵٪ سرمایه‌گذاری در فناوری
    'workforce_training_annual': 100, # حداقل ۱۰۰ نفر آموزش در سال
    'pilot_projects_quarterly': 1, # حداقل ۱ پروژه پایلوت در فصل
    'customer_satisfaction_min': 70, # حداقل رضایت مشتری ۷۰٪
    'security_compliance': 80 # حداقل انطباق امنیتی ۸۰٪
}

if config_path:
    self.load_config(config_path)

def load_config(self, config_path: str):
    """
    بارگذاری تنظیمات از فایل پیکربندی
    """
    try:
        with open(config_path, 'r', encoding='utf-8') as f:
            config = json.load(f)
            self.default_thresholds.update(config.get('thresholds', {}))
            self.benchmarks.update(config.get('benchmarks', {}))
        print("تنظیمات با موفقیت بارگذاری شد.")
    except Exception as e:
        print(f"خطا در بارگذاری تنظیمات: {e}")

def add_metrics_data(self, metrics_data: Dict):
    """
    افزودن داده‌های متریک جدید
    """
    record = {
        'timestamp': datetime.now(),
        'quarter': metrics_data.get('quarter', f"Q{{{(datetime.now().month-1)//3+1}} {datetime.now().year}"),
        'metrics': {
            'qri': metrics_data.get('qri', 0),
            'tech_investment': metrics_data.get('tech_investment', 0),
            'workforce_trained': metrics_data.get('workforce_trained', 0),
            'new_pilots': metrics_data.get('new_pilots', 0),
            'customer_satisfaction': metrics_data.get('customer_satisfaction', 0),
            'security_score': metrics_data.get('security_score', 0),
            'strategic_partnerships': metrics_data.get('strategic_partnerships', 0),
            'regulatory_compliance': metrics_data.get('regulatory_compliance', 0)
        }
    }

    self.metrics_history.append(record)
```

```

self._check_alerts(record)

print(f"افزوده شد {record['quarter']} داده‌های متریک برای ")

def _check_alerts(self, current_record: Dict):
    """
    بررسی هشدارها بر اساس داده‌های جدید
    """
    alerts = []

    if len(self.metrics_history) < 2:
        return # داده کافی برای مقایسه وجود ندارد

    current_metrics = current_record['metrics']
    previous_record = self.metrics_history[-2]
    previous_metrics = previous_record['metrics']

    # بررسی QRI رشد
    qri_growth = (current_metrics['qri'] - previous_metrics['qri']) / previous_metrics['qri']
    if qri_growth < self.default_thresholds['qri_growth_quarterly']:
        alerts.append({
            'type': 'performance',
            'severity': 'medium',
            'code': 'QRI_GROWTH_SLOW',
            'message': f'کمتر از آستانه تعیین شده است (QRI رشد شاخص {qri_growth:.1%})',
            'recommendation': 'بررسی موانع رشد و افزایش سرمایه‌گذاری',
            'timestamp': current_record['timestamp']
        })

    # بررسی سرمایه‌گذاری در فناوری
    if current_metrics['tech_investment'] < self.default_thresholds['tech_investment_min']:
        alerts.append({
            'type': 'investment',
            'severity': 'high',
            'code': 'LOW_TECH_INVESTMENT',
            'message': f'کمتر از حد مطلوب است ({current_metrics["tech_investment"]}) سرمایه‌گذاری در فناوری',
            'recommendation': 'افزایش بودجه فناوری به حداقل ۲۰٪',
            'timestamp': current_record['timestamp']
        })

    # بررسی پروژه‌های پایلوت
    if current_metrics['new_pilots'] < self.default_thresholds['pilot_projects_quarterly']:
        alerts.append({
            'type': 'innovation',
            'severity': 'medium',
            'code': 'INSUFFICIENT_PILOTS',
            'message': f'نیاز به بهبود دارد ({current_metrics["new_pilots"]}) تعداد پروژه‌های پایلوت جدید',
            'recommendation': 'شروع حداقل دو پروژه پایلوت جدید',

```

```
        'timestamp': current_record['timestamp']
    })

    # بررسی رضایت مشتری
    if current_metrics['customer_satisfaction'] < self.default_thresholds['customer_satisfaction_min']:
        alerts.append({
            'type': 'customer',
            'severity': 'high',
            'code': 'LOW_CUSTOMER_SATISFACTION',
            'message': f'رضایت مشتری ({current_metrics["customer_satisfaction"]}) کمتر از حد مطلوب است',
            'recommendation': 'بررسی و بهبود تجربه مشتری',
            'timestamp': current_record['timestamp']
        })

    # ذخیره هشدارها
    for alert in alerts:
        self.alerts_history.append(alert)

def generate_comprehensive_report(self) -> Dict:
    """
    تولید گزارش جامع
    """
    if not self.metrics_history:
        return {"error": "داده کافی برای تولید گزارش وجود ندارد"}

    current_data = self.metrics_history[-1]
    alerts = [alert for alert in self.alerts_history
              if alert['timestamp'] >= current_data['timestamp'] - timedelta(days=90)]

    report = {
        'report_id': f'QTR_{datetime.now().strftime("%Y%m%d_%H%M%S")}',
        'generated_at': datetime.now(),
        'report_period': current_data['quarter'],
        'executive_summary': self.generate_executive_summary(current_data, alerts),
        'key_metrics': current_data['metrics'],
        'performance_analysis': self.analyze_performance(),
        'trend_analysis': self.analyze_trends(),
        'alerts_summary': self.summarize_alerts(alerts),
        'benchmark_comparison': self.compare_with_benchmarks(current_data['metrics']),
        'strategic_recommendations': self.generate_strategic_recommendations(alerts),
        'risk_assessment': self.assess_risks()
    }

    return report

def generate_executive_summary(self, current_data: Dict, alerts: List) -> str:
    """
    تولید خلاصه مدیریتی
    """
    current_qri = current_data['metrics']['qri']
    alert_count = len(alerts)
```

```

high_severity_alerts = len([a for a in alerts if a['severity'] == 'high'])

summary = f"""
خلاصه مدیریتی - پایش گذار کوانتومی
دوره: {current_data['quarter']}

'نیازمند توجه' if alert_count == 0 else 'مطلوب' : وضعیت کلی
{current_qri:.1f}% : فعلی QRI شاخص
(هشدار با شدت بالا {high_severity_alerts}) {alert_count} : تعداد هشدارها

نقاط قوت:
- سرمایه‌گذاری فناوری: {current_data['metrics']['tech_investment']}%
- انطباق مقرراتی: {current_data['metrics']['regulatory_compliance']}%
- پروژه‌های پیلوت: {current_data['metrics']['new_pilots']}

حوزه‌های نیازمند بهبود:
'همه شاخص‌ها در محدوده مطلوب' if alerts else {', '.join([alert['message'] for alert in alerts[:3]])}

'نیازمند شتاب‌بخشی' if current_qri > 50 else 'پیشرفت مطلوب' : ارزیابی کلی
"""

return summary

def analyze_performance(self) -> Dict:
    """
    تحلیل عملکرد
    """
    if len(self.metrics_history) < 4:
        return {"message": "داده کافی برای تحلیل عملکرد وجود ندارد."}

    recent_data = self.metrics_history[-4:] # داده‌های یک سال گذشته

    performance = {
        'qri_trend': self._calculate_trend([d['metrics']['qri'] for d in recent_data]),
        'investment_trend': self._calculate_trend([d['metrics']['tech_investment'] for d in recent_data]),
        'workforce_growth': self._calculate_growth_rate(
            recent_data[0]['metrics']['workforce_trained'],
            recent_data[-1]['metrics']['workforce_trained']
        ),
        'innovation_rate': sum([d['metrics']['new_pilots'] for d in recent_data]) / len(recent_data)
    }

    return performance

def analyze_trends(self) -> Dict:
    """

```

```
تحلیل روندها
"""
if len(self.metrics_history) < 2:
    return {"message": "داده کافی برای تحلیل روند وجود ندارد."}

trends = {}
metrics_list = list(self.metrics_history[0]['metrics'].keys())

for metric in metrics_list:
    values = [record['metrics'][metric] for record in self.metrics_history]
    trend = self._calculate_trend(values)
    trends[metric] = {
        'current': values[-1],
        'trend': trend,
        'direction': 'ثابت' if trend < 0 else 'نزولی' if trend > 0 else 'صعودی'
    }

return trends

def _summarize_alerts(self, alerts: List) -> Dict:
    """
    خلاصه‌سازی هشدارها
    """
    alert_summary = {
        'total_alerts': len(alerts),
        'by_severity': {
            'high': len([a for a in alerts if a['severity'] == 'high']),
            'medium': len([a for a in alerts if a['severity'] == 'medium']),
            'low': len([a for a in alerts if a['severity'] == 'low'])
        },
        'by_type': {},
        'recent_alerts': alerts[-5:] # هشدار اخیر ۵
    }

    for alert in alerts:
        alert_type = alert['type']
        alert_summary['by_type'][alert_type] = alert_summary['by_type'].get(alert_type, 0) + 1

    return alert_summary

def _compare_with_benchmarks(self, current_metrics: Dict) -> Dict:
    """
    مقایسه با معیارهای صنعت
    """
    comparison = {}

    for metric, value in current_metrics.items():
        benchmark = self.benchmarks.get(metric, {})
        if benchmark:
            industry_avg = benchmark.get('industry_average', 0)
            best_practice = benchmark.get('best_practice', 0)
```

```

comparison[metric] = {
    'current': value,
    'industry_average': industry_avg,
    'best_practice': best_practice,
    'gap_vs_industry': value - industry_avg,
    'gap_vs_best_practice': value - best_practice,
    'performance': 'پایین تر از متوسط' if value > industry_avg else 'بالتر از متوسط'
}

return comparison

def _generate_strategic_recommendations(self, alerts: List) -> List[str]:
    """
    تولید توصیه‌های استراتژیک
    """
    recommendations = []

    # تحلیل هشدارها برای تولید توصیه‌های خاص
    high_severity_alerts = [a for a in alerts if a['severity'] == 'high']

    for alert in high_severity_alerts:
        if 'TECH_INVESTMENT' in alert['code']:
            recommendations.append("تجدید نظر در تخصیص بودجه فناوری و افزایش سهم به ۳۰٪")
        elif 'CUSTOMER_SATISFACTION' in alert['code']:
            recommendations.append("اجرای برنامه بهبود تجربه مشتری و نظرسنجی مستمر")
        elif 'QRI_GROWTH' in alert['code']:
            recommendations.append("بررسی موانع رشد و اجرای برنامه شتاببخشی")

    # توصیه‌های عمومی
    if not recommendations:
        recommendations = [
            "ادامه روند فعلی با نظارت مستمر بر شاخص‌های کلیدی",
            "توسعه همکاری با استارت‌آپ‌های فعال در حوزه کوانتوم",
            "برنامه‌ریزی برای ارتقاء به فاز بعدی گذار"
        ]

    return recommendations

def _assess_risks(self) -> Dict:
    """
    ارزیابی ریسک‌ها
    """
    if not self.metrics_history:
        return {}

    current_metrics = self.metrics_history[-1]['metrics']

    risks = {
        'technical_risks': {

```

```
'level': 'پایین' if current_metrics['tech_investment'] < 20 else 'متوسط',
'description': 'ریسک‌های مربوط به فناوری و زیرساخت'
},
'workforce_risks': {
'level': 'پایین' if current_metrics['workforce_trained'] < 50 else 'متوسط',
'description': 'ریسک‌های مربوط به نیروی انسانی و مهارت‌ها'
},
'compliance_risks': {
'level': 'پایین' if current_metrics['regulatory_compliance'] > 80 else 'متوسط',
'description': 'ریسک‌های مربوط به مقررات و انطباق'
},
'innovation_risks': {
'level': 'پایین' if current_metrics['new_pilots'] < 2 else 'متوسط',
'description': 'ریسک‌های مربوط به نوآوری و توسعه خدمات'
}
}

# محاسبه ریسک کلی
risk_levels = {'پایین': 1, 'متوسط': 2, 'بالا': 3}
overall_risk = np.mean([risk_levels[risk['level']] for risk in risks.values()])

if overall_risk <= 1.5:
    overall_level = 'پایین'
elif overall_risk <= 2.5:
    overall_level = 'متوسط'
else:
    overall_level = 'بالا'

risks['overall_risk'] = {
'level': overall_level,
'score': overall_risk
}

return risks

def calculate_trend(self, values: List[float]) -> float:
    """
    محاسبه روند داده‌ها
    """
    if len(values) < 2:
        return 0

    x = np.arange(len(values))
    slope, _ = np.polyfit(x, values, 1)
    return slope

def calculate_growth_rate(self, start_value: float, end_value: float) -> float:
```

```

"""
محاسبه نرخ رشد
"""
if start_value == 0:
    return 0
return (end_value - start_value) / start_value

def visualize_dashboard(self):
    """
    ایجاد داشبورد تصویری
    """
    if len(self.metrics_history) < 2:
        print("داده کافی برای ایجاد داشبورد وجود ندارد")
        return

    fig, ((ax1, ax2), (ax3, ax4)) = plt.subplots(2, 2, figsize=(15, 12))

    # نمودار ۱: روند QRI
    quarters = [record["quarter"] for record in self.metrics_history]
    qri_values = [record["metrics"]["qri"] for record in self.metrics_history]

    ax1.plot(quarters, qri_values, marker='o', linewidth=2, color='blue')
    ax1.set_title('در طول زمان QRI روند شاخص')
    ax1.set_ylabel('QRI شاخص')
    ax1.grid(True, alpha=0.3)
    plt.setp(ax1.xaxis.get_majorticklabels(), rotation=45)

    # نمودار ۲: مقایسه ابعاد
    latest_metrics = self.metrics_history[-1]["metrics"]
    dimensions = ['کوسیستم', 'مشتری', 'سازمانی', 'فناوری']
    # استخراج شوند QRI این مقادیر باید از محاسبات
    dimension_scores = [45, 38, 42, 35] # مقادیر نمونه

    ax2.bar(dimensions, dimension_scores, color=['skyblue', 'lightgreen', 'lightcoral', 'gold'])
    ax2.set_title('نمره ابعاد مختلف')
    ax2.set_ylabel('نمره')

    # نمودار ۳: هشدارها بر اساس نوع
    if self.alerts_history:
        alert_types = {}
        # هشدار اخیر ۱۰
        for alert in self.alerts_history[-10:]:
            alert_types[alert["type"]] = alert_types.get(alert["type"], 0) + 1

    ax3.pie(alert_types.values(), labels=alert_types.keys(), autopct='%1.1f%%')
    ax3.set_title('توزیع هشدارها بر اساس نوع')

```

```
# نمودار ۴: مقایسه با معیارهای صنعت
comparison = self._compare_with_benchmarks(latest_metrics)
if comparison:
    metrics_to_compare = ['tech_investment', 'customer_satisfaction', 'regulatory_compliance']
    current_values = [comparison[metric]['current'] for metric in metrics_to_compare]
    industry_avg = [comparison[metric]['industry_average'] for metric in metrics_to_compare]

    x = np.arange(len(metrics_to_compare))
    width = 0.35

    ax4.bar(x - width/2, current_values, width, label='وضعیت فعلی')
    ax4.bar(x + width/2, industry_avg, width, label='متوسط صنعت')
    ax4.set_title('مقایسه با معیارهای صنعت')
    ax4.set_xticks(x)
    ax4.set_xticklabels(['مقررات', 'مشتری', 'فناوری'])
    ax4.legend()

plt.tight_layout()
plt.show()

# نمونه استفاده از سیستم پایش
def demo_monitoring_system():
    """
    نمایش نمونه استفاده از سیستم پایش
    """
    monitor = AdvancedQuantumMonitor()

    # افزودن داده‌های نمونه
    sample_data = [
        {
            'quarter': 'Q1 2024',
            'qri': 42.5,
            'tech_investment': 14,
            'workforce_trained': 80,
            'new_pilots': 1,
            'customer_satisfaction': 68,
            'security_score': 75,
            'strategic_partnerships': 3,
            'regulatory_compliance': 82
        },
        {
            'quarter': 'Q2 2024',
            'qri': 43.8,
            'tech_investment': 15,
            'workforce_trained': 95,
            'new_pilots': 2,
            'customer_satisfaction': 72,
            'security_score': 78,
            'strategic_partnerships': 4,
            'regulatory_compliance': 85
        }
    ],
```

```
{
  'quarter': 'Q3 2024',
  'qri': 45.6,
  'tech_investment': 16,
  'workforce_trained': 110,
  'new_pilots': 1,
  'customer_satisfaction': 71,
  'security_score': 80,
  'strategic_partnerships': 5,
  'regulatory_compliance': 87
}
]

for data in sample_data:
    monitor.add_metrics_data(data)

# تولید گزارش
report = monitor.generate_comprehensive_report()

print("گزارش پایش گذار کوانتومی")
print("=" * 50)
print(report['executive_summary'])
print("\nتوصیه‌های استراتژیک:")
for i, recommendation in enumerate(report['strategic_recommendations'], 1):
    print(f"{i}. {recommendation}")

# نمایش داشبورد
monitor.visualize_dashboard()

return report

if __name__ == "__main__":
    report = demo_monitoring_system()
```

Presenting an Analytical Model for the Transition from the Digital Transformation Era to the Quantum Era in the Banking Industry: A Mixed-Methods Data Analysis Study

Shadi Oyarhossain

Assistant Professor Department of Industrial Management, Information Technology and Technology, Islamic Azad University, Central Tehran Branch, Tehran, Iran

(Corresponding Author)

shady.oyar@gmail.com

Sharareh Oyarhossain

Information Technology Researcher and FinTech Department Manager, Investment Financial Engineering Center, Tehran, Iran

Sharareh.oyarhossain@gmail.com

Abstract

This study was conducted with the aim of designing and validating a comprehensive analytical model for the transition from digital transformation to the quantum era in the banking industry. In response to the existing research gap in the literature, the study proposes a systematic framework for understanding, measuring, and managing the paradigmatic transition within the banking sector. The research adopts a sequential exploratory mixed-methods approach and was carried out among 30 banks and 60 banking industry experts. In the qualitative phase, thematic analysis was employed to analyze semi-structured interviews, while in the quantitative phase, a researcher-developed questionnaire based on the qualitative findings was distributed. The data were analyzed using confirmatory factor analysis, structural equation modeling, and dynamic simulation.

The final model consists of four main dimensions (technological, organizational, customer, and ecosystem) and 12 components with 36 measurement indicators. The Quantum Readiness Index (QRI) of the banking industry was estimated at 45.6%, and banks were classified into four phases: preparation (26.7%), early transition (50%), advanced transition (20%), and quantum maturity (3.3%). Path analysis indicated that the technological dimension has the greatest impact on the quantum transition, with a coefficient of 0.42.

The proposed model provides a systematic framework for assessing, monitoring, and planning the transition to the quantum era. It can serve as a foundation for strategic decision-making in the banking industry and assist banks in developing a quantum transition roadmap.

Keywords: Digital transformation, quantum computing, quantum banking, transition analytical model, banking industry, Quantum Readiness Index

