

نظارت هوشمند و انضباط مالی پایدار؛ فراتحلیل راهبردهای حسابرسی در ارزیابی کفایت کنترل‌های داخلی (موضوع ماده ۶ قانون دیوان محاسبات کشور)

■ سهیل برزگر^۱

چکیده

هدف: هدف این پژوهش، تبیین و سنجش کمی تأثیر راهبردهای نظارت هوشمند در ارزیابی کفایت کنترل‌های داخلی بر تحقق انضباط مالی پایدار و حفظ حقوق بیت‌المال (موضوع ماده ۶ قانون دیوان محاسبات کشور) است.

روش‌شناسی: در این راستا با رویکرد فراتحلیل و مطابق با پروتکل ۲۰۲۰ PRISMA، تعداد ۱۷ مطالعه تجربی شامل ۱,۰۳۳,۱۷۵ مشاهده در بازه زمانی ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۵ سنتر آماری شدند.

یافته‌ها: یافته‌های حاصل از مدل اثرات تصادفی نشان داد که به‌کارگیری ابزارهای هوشمند نظیر هوش مصنوعی و کاوش فرآیند، همبستگی مثبت و معناداری ($r=0.37$)، ($p<0.001$) با ارتقای انضباط مالی و رفع عدم کفایت کنترل‌های داخلی دارد. وجود ناهمگونی شدید آماری ($I^2=95.41\%$) نشان‌دهنده شکاف تکنولوژیک میان مطالعات و تفاوت در عمق نفوذ فناوری در کشورهای مختلف است.

نتیجه‌گیری: شواهد استخراج‌شده نشان می‌دهد که فناوری‌های نوظهور با کاهش چشمگیر فاصله زمانی «وقوع تا کشف تخلف»، کنترل‌های داخلی را از یک رویه اداری صرف به یک ضرورت ساختاری تبدیل کرده و پارادایم نظارت را از رویکرد پس‌رویدادی به سمت پایش مستمر و پیشگیرانه تغییر می‌دهند. نتایج حاکی از آن است که اعلام نظر دیوان محاسبات در خصوص کفایت مراجع کنترل‌کننده بر مبنای پارادایم «نظارت ۴.۰» یک الزام راهبردی محسوب می‌شود. بر این اساس پیشنهاد می‌گردد این نهاد با تأسیس «آزمایشگاه‌های نوآوری داده»، سیستم‌های هوشمند را به‌صورت مرحله‌ای و مبتنی بر بلوغ داده‌ای مستقر سازد تا از بروز پدیده خروجی‌های مخدوش (GIGO) جلوگیری شود. ارزش این مقاله در ارائه مدلی جامع برای صیانت پایدار از بیت‌المال از طریق کاهش مداخله انسانی و ارتقای شفافیت الگوریتمی است.

واژگان کلیدی: ارزیابی کفایت کنترل‌های داخلی، انضباط مالی پایدار، آزمایشگاه نوآوری داده، دیوان محاسبات کشور، فراتحلیل، نظارت.

حفظ انضباط مالی در بخش عمومی یکی از پیش شرط‌های ثبات اقتصادی و تحقق اهداف توسعه پایدار است. مناسبات نمایندگی میان شهروندان (اصیل) و مدیران دولتی (نماینده) همراه با عدم تقارن اطلاعات و تضاد منافع، از عوامل بنیادین بروز ناکارآمدی، اتلاف منابع و فساد در دستگاه‌های عمومی شناخته می‌شود (جنسن و مک‌لینگ^۱، ۱۹۷۶). در این چارچوب، تقویت سازوکارهای نظارتی که بتوانند شکاف اطلاعاتی را کاهش داده و انگیزه‌های عاملان را به نفع منفعت عمومی همسو سازند، شرط لازم دستیابی به انضباط مالی پایدار است. شایان ذکر است که در این پژوهش، انضباط مالی پایدار فراتر از رویکردهای سنتی کاهش هزینه بوده و به‌طور مشخص بر پایداری بدهی^۲ و حفظ تراز عملیاتی ساختاری دلالت دارد که غایت آن در نظام حاکمیتی، صیانت از بیت‌المال است.

با گسترش فرآیندهای دیجیتال و افزایش حجم و پیچیدگی داده‌های مالی-عملیاتی، نظام‌های سنتی کنترل داخلی و حسابرسی—که عمدتاً مبتنی بر بررسی‌های پس‌رویدادی، نمونه‌گیری محدود و پردازش دستی اسناد بودند—دیگر از کارایی لازم در کشف و پیشگیری از انحرافات برخوردار نیستند (بنیستر و کانلی^۳، ۲۰۱۴). این افت کارایی، نهادهای ناظر را در اجرای وظایف قانونی خود با چالش مواجه می‌کند؛ نماد بارز این تکالیف در نظام حقوقی ایران، ماده ۶ قانون دیوان محاسبات کشور است که این نهاد را مکلف به اعلام نظر در خصوص لزوم وجود مرجع کنترل‌کننده داخلی و یا ارزیابی عدم کفایت مراجع نظارتی موجود در دستگاه‌ها می‌کند. در واقع، رشد شتابان تراکنش‌های الکترونیکی دولتی، نوعی شکاف نظارتی ایجاد کرده است که تنها با گذار به پارادایم نظارت هوشمند قابل ترمیم است؛ پارادایمی که با ترکیب فناوری‌هایی چون هوش مصنوعی و حسابرسی مستمر، نظارت را از حالت ایستا به فرآیندی پویا، برخط و پیشگیرانه تبدیل می‌کند (وازارلی و هالپر^۴، ۱۹۹۱). از منظر نظری، تحلیل این پارادایم نیازمند تلفیق نظریه نمایندگی (کاهش هزینه نظارت) و نظریه نهادی (فشارهای محیطی برای پذیرش نوآوری) است (دی‌ماجیو و پاول^۵، ۱۹۸۳). با این حال، تحول دیجیتال در حسابرسی بخش عمومی در فضای دوقطبی میان «امید و ترس» در حال تکوین است (ولودینا و گروسی^۶، ۲۰۲۴). در حالی که برخی شواهد تجربی بر «اثر انضباط‌بخشی^۷» سیستم‌های هوشمند در اصلاح رفتار مدیران و کاهش معنادار ریسک‌پذیری انحرافی تأکید دارند (دگریس

^۱ Jensen & Meckling

^۲ Debt Sustainability

^۳ Bannister & Connolly

^۴ Vasarhelyi & Halper

^۵ DiMaggio & Powell

^۶ Volodina & Grossi

^۷ Disciplining Effect



و همکاران^۱، ۲۰۲۵)، چالش‌های مربوط به پاسخگویی الگوریتمی و پیچیدگی‌های فنی (جعبه سیاه) باعث شده است که برخی منتقدان نسبت به ایجاد خلأهای نظارتی جدید و کاهش شفافیت هشدار دهند (اسپوزیتو و همکاران^۲، ۲۰۲۳). این پارادوکس نظارتی، به‌ویژه در نهادهای عالی حسابرسی که با فشار برای حفظ مشروعیت و پاسخگویی مواجه‌اند، ابعاد پیچیده‌تری به خود می‌گیرد (اوتیا و براچی^۳، ۲۰۲۲) و فرآیند اعلام نظر حاکمیتی در خصوص کفایت یا عدم کفایت کنترل‌های داخلی را با چالش‌های فنی روبرو می‌سازد.

علاوه بر این، تحلیل‌های کتاب‌سنجی نشان می‌دهند که به‌رغم رشد ادبیات موضوع، همچنان ناهمگونی شدیدی در نتایج مطالعات تجربی در بسترهای جغرافیایی مختلف وجود دارد (پیتزی و همکاران^۴، ۲۰۲۱). برای مثال، گزارش‌های رسمی کارگروه کلان‌داده اینتوسای حاکی از تفاوت معنادار در نرخ پذیرش و اثربخشی این پلتفرم‌ها میان کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه است (اینتوسای^۵، ۲۰۲۲). این تشتت در یافته‌ها و ناهمگونی در تعاریف، ضرورت انجام یک تحلیل نظام‌مند و کمی—فراتحلیل—را برای ترکیب شواهد و استخراج یک اندازه اثر واحد برجسته می‌سازد (گلز^۶، ۱۹۷۶).

هدف این پژوهش انجام یک فراتحلیل جامع مطابق راهنمای PRISMA ۲۰۲۰ (پیچ و همکاران^۷، ۲۰۲۱) بر روی ۱۷ مطالعه منتخب است که در مجموع حجم نمونه‌ای بالغ بر ۱,۰۳۳,۱۷۵ مشاهده را در بر می‌گیرند. فراتر از ابهام آماری، مسئله اصلی در سطح سیاست‌گذاری، تأخیر در کشف است که منجر به هدررفت غیرقابل‌جبران منابع می‌شود. از این‌رو، این پژوهش با ابتدا بر ماده ۶ قانون دیوان محاسبات و با تمرکز بر مفهوم صیانت از بیت‌المال، به دنبال پاسخ به این پرسش است که چگونه گذار به نظارت هوشمند می‌تواند با ارتقای شایستگی‌های تحلیلی حساب‌رسان (الدیمیر و اوچما اویسال^۸، ۲۰۲۴) و به حداقل رساندن مداخله انسانی، پارادایم نظارتی را از مچ‌گیری دیر هنگام به پیشگیری هوشمند تغییر دهد و معیار دقیق‌تری برای سنجش کفایت کنترل‌های داخلی ارائه کند. بر این اساس، سوالات پژوهش عبارتند از:

۱. اندازه اثر کلی راهبردهای نوین کنترل داخلی (مبتنی بر هوش مصنوعی و SupTech) بر تحقق

انضباط مالی پایدار و ارتقای کفایت کنترل‌های سازمانی چیست؟

۲. میزان ناهمگونی آماری میان نتایج مطالعات اولیه چقدر است؟

^۱. Degryse et al.

^۲. Esposito et al.

^۳. Otia & Bracci

^۴. Pizzi et al.

^۵. INTOSAI

^۶. Glass

^۷. Page et al.

^۸. Aldemir & Uçma Uysal

۳. چه عوامل زمینه‌ای (نظیر نوع فناوری نظارتی و شاخص‌های حکمرانی) به عنوان متغیرهای تعدیل‌گر عمل می‌کنند؟

این پژوهش هم ملاحظات نظری و هم کاربردهای سیاستی مهمی دارد: از منظر نظری، تجمیع شواهد از بیش از یک میلیون واحد آماری، برای نخستین بار امکان برآورد دقیق از کانال‌های اثر فناوری را فراهم می‌کند. از منظر عملی، نتایج می‌تواند راهنمایی مبتنی بر شواهد برای نهادهای نظارتی فراهم آورد تا با تسریع گذار به حسابرسی مستمر و کاهش ریسک ترک فعل‌های نظارتی، صیانت از منابع عمومی را تضمین کنند.

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

کلیات و مفاهیم بنیادین

تحولات شتابان در فناوری‌های دیجیتال و تحلیل کلان داده‌ها، تغییر پارادایم در حسابرسی بخش عمومی را اجتناب‌ناپذیر کرده است. روش‌های سنتی نظارت که غالباً ماهیتی پس‌نگر داشته و بر نمونه‌گیری‌های دستی استوارند، دیگر پاسخگوی پیچیدگی‌های مالی مدرن نیستند (وازارلی و همکاران^۱، ۲۰۱۰). استقرار مکانیسم‌های نظارت هوشمند، نه صرفاً یک ارتقای تکنولوژیک، بلکه بازمهندسی بنیادین در نحوه دستیابی به انضباط مالی است.

در این پژوهش، نظارت هوشمند به معنای یکپارچگی کارکردی فناوری‌های پیشرفته نظیر حسابرسی مستمر، هوش مصنوعی و تحلیل داده‌های بزرگ برای پایش بلادرنگ تراکنش‌ها تعریف می‌شود (آلس و همکاران^۲، ۲۰۰۴). این چرخش بنیادین که تحت عنوان پارادایم «نظارت ۴.۰» شناخته می‌شود، بر هوش مصنوعی، یادگیری ماشین و کاوش فرآیند متکی است (سازمان همکاری و توسعه اقتصادی^۳، ۲۰۱۹). گذار از فاز آزمایشگاهی به پیاده‌سازی عملیاتی در مؤسسات عالی حسابرسی به‌ویژه از سال ۲۰۱۵ با پیشرفت الگوریتم‌های یادگیری ماشین شتاب گرفته است (تیتور و وازارلی^۴، ۲۰۱۵).

مفهوم انضباط مالی در بخش عمومی مستلزم پایداری دقیق به محدودیت‌های بودجه‌ای، رعایت الزامات قانونی و تخصیص کارای منابع عمومی است. این مفهوم به صورت کمی در شاخص‌هایی نظیر حداقل انحراف بودجه، نرخ پایین مخارج غیرقانونی و رعایت کامل مقررات تدارکات نمود می‌یابد. پایداری مالی، این مفهوم را در افق بلندمدت بسط داده و به توانایی دولت در حفظ الگوهای هزینه‌ای و مالیاتی جاری، بدون به خطر انداختن توان بازپرداخت بدهی‌ها یا ورشکستگی اشاره دارد (کمیسیون اروپا^۵، ۲۰۱۶).

۱. Vasarhelyi et al.

۲. Alles et al.

۳. Supervision ۴.۰

۴. Organization for Economic Co-operation and Development (OECD)

۵. Teeter & Vasarhelyi

۶. European Commission



ضرورت نظری این مطالعه از یک شکاف اساسی در ادبیات موضوع ناشی می‌شود: اگرچه کارایی اتوماسیون حسابرسی و هوش مصنوعی در بخش خصوصی به خوبی مستند شده است (برنز و همکاران^۱، ۲۰۱۵)، اما رابطه علی مشخص میان این نوآوری‌های کنترل داخلی و پیامدهای کلان بخش عمومی — به‌ویژه شاخص‌های پایداری مالی در مقیاس ملی — کمتر مورد واکاوی قرار گرفته است. این خلأ پژوهشی، انجام یک سنتز کمی (فراتحلیل) را برای انتقال آموخته‌ها از سطح خرد سازمانی به سطح کلان حاکمیتی ضروری می‌سازد.

چارچوب‌های نظری مرجع

تئوری نمایندگی و کاهش عدم تقارن اطلاعاتی

تئوری نمایندگی^۲ رابطه میان اصیل (شهروندان) و نماینده (دولت) را تبیین می‌کند. معضل اصلی، عدم تقارن اطلاعاتی است که بستر فساد یا ناکارآمدی را فراهم می‌کند (جنسن و مک‌لینگ، ۱۹۷۶). نظارت هوشمند با ایجاد ردپاهای حسابرسی تغییرناپذیر و شفافیت بلادرنگ، هزینه رفتار فرصت‌طلبانه را برای کارگزاران افزایش داده و به تعبیر نوین، منجر به شکل‌گیری «پاسخگویی هوشمند»^۳ می‌شود که در آن الگوریتم‌ها شکاف‌های نظارتی را پوشش می‌دهند (اسپوزیتو و همکاران، ۲۰۲۳).

نظریه نهادی و فشارهای هم‌شکلی^۴

برخلاف بخش خصوصی، پذیرش فناوری در بخش عمومی غالباً تحت تأثیر فشارهای محیطی برای کسب «مشروعیت» است تا صرفاً کارایی اقتصادی (دی‌ماجیو و پاول^۵، ۱۹۸۳). این تحول دیجیتال همواره با پارادوکس «امید و ترس» همراه است؛ امید به کارایی و پاسخگویی از یک سو، و ترس از پیچیدگی‌های فنی یا کاهش نقش عامل انسانی از سوی دیگر (ولودینا و گروسی، ۲۰۲۴). این پژوهش با وقوف به پدیده «پذیرش نمادین»، تلاش می‌کند اثرات واقعی را از فشارهای سه‌گانه زیر تفکیک کند:

- فشار قهری: الزامات قانونی نهادهای بالادستی و استانداردهای بین‌المللی (نظیر اینتوسای).
- فشار تقلیدی: الگوبرداری از دولت‌های پیشرو در حوزه نظارت هوشمند.
- فشار هنجاری: انتظارات حرفه‌ای جامعه حساب‌رسان و نهادهای آکادمیک.

راهبرد سنجش در فراتحلیل: چالش اصلی در تحلیل داده‌های ثانویه، عدم تفکیک صریح پذیرش نمادین از واقعی در گزارش‌های اولیه است. لذا در این پژوهش، از رویکرد متغیرهای جایگزین استفاده می‌شود. بدین منظور، شکاف میان سرمایه‌گذاری در فناوری و بهبود واقعی شاخص‌های کلان حکمرانی (نظیر شاخص ادراک فساد) به عنوان پروکسی پذیرش نمادین در نظر گرفته می‌شود. فرض بر این است که در محیط‌هایی

^۱. Byrnes et al.

^۲. Agency Theory

^۳. Intelligent Accountability

^۴. Institutional Theory

^۵. DiMaggio & Powell

با فساد سیستماتیک بالا، سرمایه‌گذاری سنگین تکنولوژیک بدون بهبود متناظر در انضباط مالی، نشان‌دهنده غلبه پذیرش نمادین و فشارهای نهادی بر کارایی عملکردی است.

اکوسیستم حسابرسی داخلی و چارچوب کوزو

در نگاه نوین، حسابرسی مستمر به عنوان جزئی ارگانیک از اکوسیستم حسابرسی داخلی تعریف می‌شود (اراسموس و کاهیاوگلو^۱، ۲۰۲۴). این اکوسیستم با بازتعریف چارچوب کوزو، ارزیابی ریسک ادواری را به مدل‌سازی پیش‌بینانه و فعالیت‌های نظارتی را به اسکن ۱۰۰ درصدی تراکنش‌ها تبدیل می‌کند (اسمیت و استنکمپ^۲، ۲۰۲۴).

چارچوب اقتضایی و فناوری-سازمان-محیط

این چارچوب تبیین می‌کند که اثربخشی نظارت هوشمند صرفاً تابعی از کیفیت ابزار نیست، بلکه وابسته به بستر اجرایی است. بر اساس این مدل، عواملی نظیر بلوغ زیرساخت‌های فنی و یکپارچگی داده‌ها (بعد تکنولوژی)، سواد داده‌ای و شایستگی‌های هوش مصنوعی کارکنان (بعد سازمانی)، و قوانین حامی و الزامات نهادی (بعد محیطی)، نقش تعدیل‌گر را در رابطه میان نظارت هوشمند و انضباط مالی ایفا می‌کنند (تورناتزکی و فلیشر^۳، ۱۹۹۰).

شواهد تجربی و تجارب پیشرو جهانی

کارایی نظارت هوشمند در سال‌های اخیر فراتر از مدل‌های نظری اثبات شده و در قالب پروژه‌های عملیاتی تجلی یافته است. شواهد تجربی نشان می‌دهند که این فناوری‌ها نه تنها در کشف فساد، بلکه در اصلاح رفتار نهادی نقش کلیدی دارند:

- **برزیل و اثر انضباط‌بخشی:** دیوان محاسبات برزیل^۴ با پیاده‌سازی ربات‌های تحلیل‌گر مانند آلیس^۵، فرآیند اسکن خودکار مناقصات را برای شناسایی تضاد منافع عملیاتی کرده که منجر به جلوگیری از هدررفت ۱۰۰ میلیون دلار منابع شده است (نوس و همکاران^۶، ۲۰۱۹). علاوه بر این، استقرار سیستم‌های نظارت هوشمند (SupTech) در بانک مرکزی برزیل ثابت کرده است که پایش الگوریتمی باعث کاهش معنادار ریسک‌پذیری انحرافی مدیران و تقویت انضباط مالی می‌شود (دگریس و همکاران، ۲۰۲۵).

^۱ Erasmus & Kahyaoglu

^۲ Smidt & Steenkamp

^۳ Tornatzky & Fleischer

^۴ Tribunal de Contas da União

^۵ Alice

^۶ Neves et al.

- **کره جنوبی و بریتانیا:** پلتفرم بارون^۱ در دیوان محاسبات کره جنوبی^۲ با اتصال به ۴۵۱ هزار پایگاه داده، پایش ۱۰۰ درصدی جامعه آماری را میسر کرده و در دوران پاندمی، موفق به کشف ۲.۵ میلیارد دلار پرداخت نادرست یارانه‌ای شده است. به طور مشابه، دیوان محاسبات انگلستان^۳ با استفاده از پلتفرم آپکس^۴ و تکنیک‌های خوشه‌بندی، رویکرد خود را از «کشف خطای گذشته‌نگر» به سمت «پیش‌بینی ریسک‌های مالی» تغییر داده است (دیوان محاسبات انگلستان، ۲۰۲۱).
- **تجربیات نوظهور (اندونزی و چین):** در اقتصادهای نوظهور، گذار به نظارت هوشمند با چالش‌های پذیرش همراه بوده است؛ با این حال، شواهد جدید در اندونزی نشان می‌دهد که استفاده از تحلیل کلان‌داده‌ها به طور مستقیم بر کیفیت گزارشگری و کاهش فرصت‌طلبی‌های مالی اثرگذار است (سعود و همکاران^۵، ۲۰۲۵). همچنین پروژه «حسابرسی طلایی»^۶ در چین (۲۰۲۴) نشان‌دهنده بلوغ سیستم‌های نظارتی در جایگزینی واکاوی کل جامعه آماری به جای نمونه‌گیری سنتی است.
- **شفاف‌سازی فرآیندها:** استفاده از ابزارهای کاوش فرآیند، مانند تجربه دیوان محاسبات وین^۷ با نرم‌افزار دیسکو^۸ در تحلیل تدارکات، نشان می‌دهد که نظارت هوشمند چگونه «جعبه سیاه» فرآیندهای مالی را شفاف کرده و انحرافات از کنترل‌های داخلی را به طور کامل آشکار می‌سازد (پلوزی^۹، ۲۰۲۳).

چارچوب مفهومی پیشنهادی

- چارچوب مفهومی این پژوهش یک رابطه جهت‌دار را ترسیم می‌کند که در آن مداخله تکنولوژیک منجر به تغییرات رفتاری و فرآیندی شده و در نهایت پیامدهای مالی را ایجاد می‌کند. اجزای این چارچوب به شرح زیر است:
- **متغیر مستقل (نفوذ نظارت هوشمند):** تمرکز بر عمق استفاده عملیاتی (و نه صرفاً پذیرش نمادین) از ابزارهایی نظیر حسابرسی مستمر و هوش مصنوعی.

۱. BARON

۲. Board of Audit and Inspection

۳. National Audit Office

۴. Apex

۵. Saud et al.

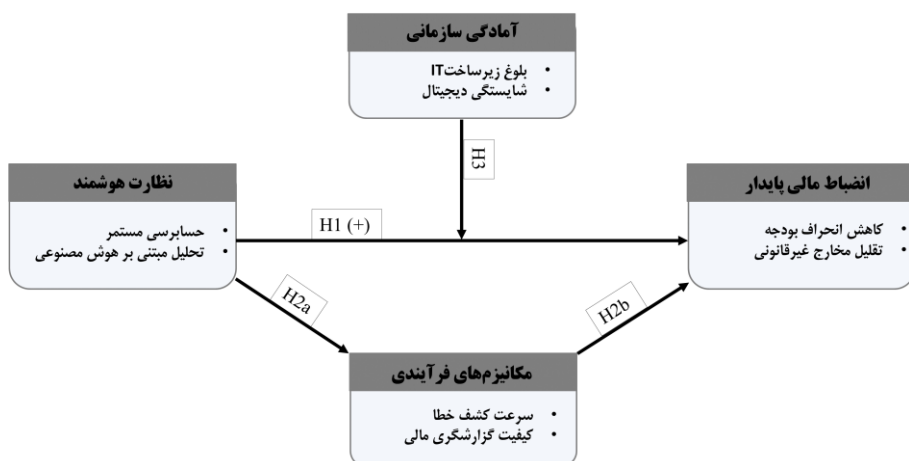
۶. Golden Audit

۷. Court of Audit Vienna (Stadtrechnungshof Wien)

۸. Disco

۹. Polizzi

- متغیرهای میانجی (مکانیزم‌های فرآیندی): فناوری به‌طور مستقیم عمل نمی‌کند، بلکه با فعال‌سازی سه مکانیزم کاهش زمان کشف خطا، تقویت سد کنترل داخلی و ارتقای کیفیت گزارشگری، بر خروجی اثر می‌گذارد.
 - متغیر وابسته (انضباط مالی پایدار): شامل شاخص‌های سطح خرد (کاهش انحراف بودجه و تقلب) و سطح کلان (پایداری بدهی‌ها و ثبات ساختاری).
 - متغیرهای تعدیل‌گر (آمادگی سازمانی): شامل زیرساخت فنی و شایستگی سرمایه انسانی است که اگرچه اثر خطی معناداری در فرارگری‌ها نشان ندادند، اما به‌عنوان بستر زمینه‌ای برای تبیین ناهمگونی‌ها در نظر گرفته شده‌اند.
- در نهایت، تعاملات میان این متغیرها و مسیرهای اثرگذاری تشریح شده، در قالب مدل مفهومی پژوهش (شکل شماره ۱) ترسیم شده است.



شکل ۱. مدل مفهومی پیشنهادی پژوهش؛ تبیین روابط میان نظارت هوشمند، مکانیزم‌های فرآیندی و انضباط مالی با نقش تعدیل‌گری آمادگی سازمانی

فرضیه‌های پژوهش و گزاره‌های اکتشافی

با عنایت به محدودیت تعداد مطالعات اولیه واجد شرایط ($N=17$) و به‌منظور حفظ توان آماری و پرهیز از تورم واریانس، فرضیه‌های پژوهش در دو سطح فرضیه‌های اصلی (تأییدی) و گزاره‌های اکتشافی تدوین شده‌اند:

فرضیه‌های تأییدی

با توجه به ساختار فراتحلیل، فرضیه‌های پژوهش مبتنی بر مبانی نظری تدوین شدند:

- فرضیه ۱ (اثر مستقیم): مبتنی بر تئوری نمایندگی، استقرار سیستم‌های نظارت هوشمند (حسابرسی مستمر/هوش مصنوعی) رابطه مثبت و معناداری با ارتقای انضباط مالی دارد؛ زیرا با جایگزینی پایش بلادرنگ، عدم تقارن اطلاعاتی و هزینه فرصت طلبانه تخلف را کاهش می‌دهد.
- فرضیه ۲ (نقش میانجی): رابطه میان نظارت هوشمند و انضباط مالی از طریق دو مکانیزم فرآیندی افزایش سرعت کشف خطا و ارتقای کیفیت گزارشگری میانجی‌گری می‌شود. این فرضیه بر رویکرد فرآیندی استوار است که تکنولوژی را نه به عنوان عامل مستقیم، بلکه توانمندساز اقدامات اصلاحی به‌هنگام می‌داند.
- فرضیه ۳ (تعدیل‌گر): بر اساس چارچوب فناوری-سازمان-محیط، انتظار می‌رود سطح آمادگی سازمانی (زیرساخت فنی و شایستگی انسانی) شدت رابطه میان نظارت هوشمند و انضباط مالی را تعدیل کند.

گزاره‌های اکتشافی

- با توجه به پیچیدگی روابط و نیاز به داده‌های جزئی‌تر که ممکن است در تمام مطالعات اولیه موجود نباشد، موارد زیر در قالب تحلیل اکتشافی جهت شناسایی الگوهای نوظهور بررسی می‌شوند:
- گزاره اکتشافی ۱ (مکانیسم زمانی): رابطه میان به‌کارگیری کنترل‌های خودکار و گزارش‌های حسابرسی مشروط، تابعی غیرخطی از زمان است. انتظار می‌رود در کوتاه‌مدت به دلیل شفاف‌سازی ناگهانی خطاها، تعداد بندهای شرط افزایش یابد (اثر پاکسازی)، اما در بلندمدت با اصلاح فرآیندها، این روند نزولی گردد.
 - گزاره اکتشافی ۲ (نوع فناوری): کارایی تحلیل‌های پیش‌بینانه در کاهش نرخ تقلب تدارکات، به‌طور معناداری بیشتر از رویکردهای صرفاً پس‌نگر است.

عملیاتی سازی متغیرها و شاخص های سنجش

جدول شماره ۱ تعاریف، شاخص ها و منابع داده برای متغیرهای کلیدی پژوهش را ارائه می دهد.

جدول ۱: ماتریس عملیاتی سازی متغیرها در فراتحلیل

دسته متغیر	نام متغیر	تعریف نظری	شاخص های کلیدی (جهت استخراج اندازه اثر)	نحوه شناسایی در مطالعات اولیه (منابع کدگذاری)
مستقل	نفوذ نظارت هوشمند	میزان استفاده واقعی و یکپارچگی فناوری در فرآیندهای حسابرسی (فراتر از صرف مالکیت نرم افزار).	* وجود حسابرسی مستمر فعال * نسبت تراکشن های بررسی شده توسط ماشین * تمایز بین استفاده واقعی و پایلوت	مطالعات موردی یا پیمایشی که سطح تکنولوژی حسابرسی را گزارش کرده اند.
وابسته	انضباط مالی	پایبندی به محدودیت های بودجه.	* درصد انحراف از بودجه * میزان کسورات یا بندهای شرط حسابرسی * نرخ خطاهای مالی کشف شده	گزارش های تفریق بودجه، صورتهای مالی حسابرسی شده در مقالات تجربی.
وابسته	پایداری مالی	توانایی ایفای تعهدات بلندمدت.	* نسبت بدهی به درآمد * تراز عملیاتی/ساختاری	مطالعات اقتصادسنجی که داده های سری زمانی مالی دولت ها را تحلیل کرده اند.
میانجی	کارایی کشف	سرعت و دقت در شناسایی خطا.	* کاهش زمان چرخه حسابرسی * نرخ کشف قبل از پرداخت	پژوهش های تجربی که کارایی فرآیند داخلی را قبل و بعد از استقرار سیستم مقایسه کرده اند.
تعدیل گر	آمادگی سازمانی	بستر فنی و انسانی سازمان.	* کیفیت زیر ساخت IT * نمرات پذیرش کاربر * سطح تخصص کارکنان	متغیرهای دموگرافیک یا سازمانی گزارش شده در بخش توصیفی مقالات.

مفروضات، سناریوها و محدودیت های نظری

محدودیت ها

- ناهمگنی مطالعات: مطالعات اولیه ممکن است تعاریف متفاوتی از "نظارت هوشمند" (از اکسل پیشرفته تا هوش مصنوعی) داشته باشند. این ناهمگنی از طریق تحلیل زیرگروه ها کنترل خواهد شد.

- درون‌زایی: ریسک علیت معکوس وجود دارد (دولت‌های منضبط‌تر فناوری بهتری می‌خرند). در سنتز نتایج، اولویت وزنی به مطالعاتی داده می‌شود که از روش‌های استنتاج علی (مانند تفاضل تفاضل‌ها) استفاده کرده‌اند.
- تورش انتشار: احتمال اینکه مطالعات با نتایج مثبت بیشتر چاپ شده باشند. این مورد با آزمون‌های آماری نظیر نمودار کیفی بررسی می‌شود.
- چالش تفکیک پذیرش نمادین: یکی از محدودیت‌های کلیدی این است که برخی مطالعات اولیه ممکن است صرفاً خرید فناوری را گزارش کرده باشند و نه استفاده کامل از آن را. این پژوهش تلاش می‌کند با استفاده از متغیرهای تعدیل‌گر و تحلیل حساسیت، مطالعاتی که شواهد محکمی از پیاده‌سازی دارند را وزن‌دهی بیشتری کند.
- چالش جعبه سیاه و توضیح‌پذیری: یکی از پیچیدگی‌های نظری نوین، عدم شفافیت فرآیند تصمیم‌گیری در الگوریتم‌های پیچیده هوش مصنوعی است. در حالی که نظارت هوشمند به دنبال افزایش انضباط مالی است، ماهیت غیرقابل توضیح برخی مدل‌های یادگیری ماشین ممکن است خود به یک چالش در پاسخگویی تبدیل شود. لذا در این فراتحلیل، وزن‌دهی به مطالعاتی که بر هوش مصنوعی قابل توضیح تمرکز داشته‌اند، به عنوان یک مفروض مدنظر قرار گرفته است.

مفروضات

- ثبات علی: مدل فرض می‌کند رابطه بین مکانیسم‌های نظارتی و پیامدهای مالی در میان‌مدت پایدار است و تحت تأثیر شکست‌های ساختاری آشفته (مانند تغییرات رادیکال سیاسی) قرار نمی‌گیرد.
- در دسترس بودن داده‌ها: فرض بر این است که نهادهای عمومی حداقل سطحی از دیجیتالی‌سازی را دارا هستند که لاگ‌های قابل بازبینی برای تحلیل تولید می‌کند.
- عقلانیت کارگزار: با استناد به تئوری نمایندگی، فرض می‌شود کارگزاران (دیوان‌سالاران) در پاسخ به نظارت بیشتر، رفتار فرصت‌طلبانه خود را به صورت عقلایی کاهش می‌دهند.

سناریوها

- اثر پاکسازی: فرض می‌شود در دوره گذار (بلافاصله پس از استقرار)، شاخص‌های منفی (مانند کشف خطا) به دلیل شفافیت بیشتر، موقتاً افزایش می‌یابند (منحنی J-Curve)، اما این به معنای بدتر شدن عملکرد نیست، بلکه نشان‌دهنده کارایی سیستم در آشکارسازی مشکلات پنهان است.
- سناریوی بلوغ بالا: در اقتصادهای توسعه‌یافته با سیستم‌های یکپارچه ای آر پی، انتظار می‌رود تمرکز نظارت هوشمند از آزمون‌های رعایت به سمت حساسی عملکرد و تحلیل سیاست‌های پیش‌بینانه تغییر یابد.

- سناریوی بلوغ پایین: در بسترهای در حال توسعه، تأثیر اولیه احتمالاً محدود به کاهش تقلب‌های نقدی و خطاهای پایه انطباق خواهد بود و اثرگذاری فوری بر معیارهای پیچیده پایداری مالی محدودتر است.

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر به صورت مرور نظام‌مند و فراتحلیل طراحی و اجرا شد تا تأثیر راهبردهای نظارت هوشمند بر انضباط مالی در بخش عمومی را به صورت کمی ترکیب و تحلیل کند. چارچوب طراحی، اجرا و گزارش‌دهی این مطالعه مطابق با دستورالعمل ۲۰۲۰ PRISMA تنظیم گردید تا شفافیت، تکرارپذیری و اعتبار استنتاج‌ها تضمین شود. پروتکل پژوهش شامل پرسش تحقیق، معیارهای ورود و خروج، راهبرد جستجو و روش‌های آماری از پیش تدوین شد.

راهبرد جستجو و منابع اطلاعاتی

جستجوی نظام‌مند مطالعات در بازه زمانی ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۵ (آغاز پارادایم نظارت ۴۰ و چرخش به سمت هوش مصنوعی) انجام گرفت. بدین منظور، پایگاه‌های استنادی معتبر بین‌المللی (شامل Scopus, WoS, ScienceDirect) و منابع ملی و منطقه‌ای (SID, MagIran, SSRN) با استفاده از کلیدواژه‌های تخصصی نظیر نظارت هوشمند، حسابرسی مستمر و انضباط مالی به دو زبان انگلیسی و فارسی مورد پایش قرار گرفتند. جهت تضمین جامعیت و کاهش سوگیری انتشار، علاوه بر جستجوی سیستمی، از مرور دستی منابع^۱ و بررسی نتایج منتخب در Google Scholar نیز استفاده شد.

معیارهای ورود و خروج مطالعات

انتخاب مطالعات برای ورود به این فراتحلیل بر اساس چارچوب مشخصی صورت گرفت تا اطمینان حاصل شود که نتایج ترکیب‌شده، بازتاب‌دهنده تأثیرات واقعی فناوری بر انضباط مالی هستند.

معیارهای ورود

مطالعاتی واجد شرایط ورود به فراتحلیل شناخته شدند که تمامی ملاک‌های پنج‌گانه زیر را دارا باشند:

- (۱) **نوع مطالعه:** پژوهش‌های تجربی کمی با رویکردهای آرشیوی، پیمایشی یا شبه‌تجربی که روابط همبستگی یا علی را آزمون کرده‌اند.
- (۲) **قلمرو موضوعی و سازمانی:** مطالعاتی که تمرکز اصلی آن‌ها بر بخش عمومی (شامل دولت‌های مرکزی و محلی، شهرداری‌ها، و نهادهای حاکمیتی) بوده است.

- ۳) **ماهیت مداخله (نظارت هوشمند):** مطالعاتی که به بررسی ابزارهای عملیاتی نظارت هوشمند پرداخته‌اند. به‌منظور کنترل چالش پذیرش نمادین و اطمینان از اینکه مطالعه بازتاب‌دهنده پیاده‌سازی واقعی است (و نه صرفاً قصد استفاده)، تنها پژوهش‌هایی وارد شدند که شواهد تجربی از استقرار سیستم (مانند گزارش نتایج عملیاتی، لاگ‌های سیستمی یا تغییرات در فرآیندهای حساسیتی) ارائه کرده باشند.
- ۴) **کفایت گزارش‌دهی آماری:** مقالاتی که آماره‌های لازم جهت محاسبه اندازه اثر (مانند r^2 ، β ، یا آماره‌های F و t به همراه انحراف معیار و حجم نمونه) را به‌طور دقیق گزارش نموده بودند.
- ۵) **بازه زمانی و زبان:** مطالعات منتشر شده به زبان‌های انگلیسی و فارسی در محدوده زمانی ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۵.

یکی از معیارهای اصلی ورود مطالعات به این فراتحلیل، وجود داده‌های عملکردی واقعی ناشی از استقرار و به‌کارگیری سیستم‌های نظارت هوشمند بود. با توجه به اینکه پارادایم نظارت هوشمند و حساسیتی مستمر در بخش عمومی ایران در مراحل اولیه گذار و توسعه زیرساخت قرار دارد، عمده پژوهش‌های بومی انجام‌شده، ماهیتی امکان‌سنجی، شناسایی موانع استقرار و یا سنجش آمادگی دارند. در مقابل، هدف این فراتحلیل، سنجش اثرات نهایی پس از استقرار سیستم است تا بتواند نقشه‌ی راهی مبتنی بر شواهد تجربی شده برای سیاست‌گذاری در ایران ارائه دهد. از این‌رو، به‌منظور پرهیز از ناهمگونی در ماهیت داده‌ها و دستیابی به برآوردی دقیق از کارایی سیستم‌های فعال، تمرکز جامعه آماری این پژوهش بر مطالعات بین‌المللی در کشورهایی قرار گرفت که تجربه عملیاتی استقرار این فناوری‌ها را پشت سر گذاشته‌اند.

معیارهای خروج

- پژوهش‌هایی که دارای حداقل یکی از ویژگی‌های زیر بودند، از چرخه تحلیل حذف گردیدند:
- **فقدان داده‌های کمی:** مطالعات صرفاً کیفی، مرورهای روایی، یادداشت‌های فنی و مقالات تئوریک فاقد داده‌های عددی برای فراتحلیل.
 - **عدم انطباق با بخش عمومی:** پژوهش‌هایی که صرفاً بر بخش خصوصی یا شرکت‌های تجاری متمرکز بودند.
 - **محدودیت‌های فنی و اعتبار:** گزارش‌های خبری، اسناد سیاستی فاقد متدولوژی شفاف و مطالعاتی که در ارزیابی کیفیت نمره پایینی کسب کردند.
 - **نمونه‌های هم‌پوشان:** در مواردی که چندین مقاله از یک نمونه آماری واحد استفاده کرده بودند، جهت جلوگیری از سوگیری در وزن‌دهی و بیش‌برآوردی اندازه اثر، تنها جامع‌ترین یا جدیدترین مطالعه انتخاب گردید.

فرآیند غربالگری، استخراج داده و ارزیابی کیفیت

فرآیند انتخاب و ارزیابی مطالعات در سه مرحله عملیاتی به شرح زیر اجرا گردید:

- ۱) **غربالگری و انتخاب مطالعات:** جستجوی اولیه منجر به شناسایی ۸۴۰ عنوان پژوهشی گردید. پس از حذف موارد تکراری و بررسی عنوان/چکیده، ۵۲ مقاله برای بررسی متن کامل انتخاب و در نهایت ۱۷ مطالعه واجد شرایط نهایی جهت ورود به فراتحلیل شناسایی شدند.

(۲) **پایایی بین ارزیابان:** ضریب توافق کاپای کوهن برای فرآیند انتخاب برابر با ۸۸/۰ (با فاصله اطمینان ۹۵٪: ۸۱/۰ تا ۹۴/۰) محاسبه شد که نشان‌دهنده سطح توافق عالی است.

(۳) **ارزیابی کیفیت روش شناختی:** کیفیت مطالعات منتخب با استفاده از مقیاس نیوکاسل-اوتاوا و بر اساس سه محور اصلی انتخاب، مقایسه‌پذیری و پیامد مورد ارزیابی قرار گرفت. در این فرآیند، حد آستانه پذیرش برای ورود به فراتحلیل، کسب حداقل ۶ امتیاز (ستاره) از مجموع ۹ امتیاز ممکن تعیین گردید. علاوه بر معیارهای استاندارد، شفافیت الگوریتمی نیز به عنوان یک ملاک کیفی لحاظ شد؛ به طوری که مطالعات دچار پدیده جعبه سیاه (عدم شفافیت در منطق هوشمند) یا سوگیری گزارش دهی از چرخه تحلیل حذف شدند. در نهایت، با تأکید بر بُعد مقایسه‌پذیری، تمامی ۱۷ مطالعه منتخب موفق به کسب حداقل یک ستاره در شاخص کنترل متغیرهای مداخله‌گر شدند که گویای اعتبار بالای یافته‌های ترکیبی و دقت در کنترل متغیرهای مخدوش‌کننده است.

استخراج داده‌ها و مدیریت اندازه اثر

در مرحله استخراج داده‌ها، از یک فرم استاندارد برای ثبت مشخصات مطالعات (نام نویسندگان، سال، حجم نمونه و نوع فناوری نظارت هوشمند) استفاده شد. فرآیند مدیریت اندازه اثر شامل مراحل زیر بود:

(۱) **انتخاب اندازه اثر مرجع:** شاخص اصلی برای ترکیب نتایج، ضریب همبستگی پیرسون (r) تعیین گردید. به منظور افزایش دقت و کنترل متغیرهای مخدوش‌کننده، در مطالعاتی که مدل‌های رگرسیونی ارائه کرده بودند، اولویت با استخراج ضرایب تعدیل‌شده بود. در موارد نقص گزارش دهی مستقیم r ، مقادیر آماره‌های t و F با استفاده از فرمول‌های تبدیل استاندارد به ضریب همبستگی تبدیل شدند.

(۲) **نرمال‌سازی و تثبیت واریانس:** با توجه به اینکه توزیع نمونه‌گیری r در مقادیر بزرگ دچار چولگی می‌شود، کلیه ضرایب استخراج‌شده با استفاده از تبدیل Z فیشر (Z_r) به مقادیر نرمال تبدیل شدند تا محاسبات مربوط به وزن دهی و فواصل اطمینان با دقت بیشتری انجام گیرد.

(۳) **تفکیک مفهومی و کدگذاری:** جهت جلوگیری از سوگیری مفهومی و افزایش دقت تحلیل، اثرات مربوط به دو سازه انضباط مالی و پایداری مالی به صورت مجزا کدگذاری شدند. این تفکیک اجازه می‌دهد تا تأثیر نظارت هوشمند بر هر یک از این ابعاد به طور مستقل در تحلیل‌های زیرگروه مورد واکاوی قرار گیرد.

(۴) **مدیریت وابستگی آماری:** در مواردی که یک مطالعه چندین اندازه اثر مرتبط گزارش کرده بود، برای جلوگیری از تورم حجم نمونه و وابستگی داده‌ها، از روش میانگین‌گیری درون مطالعه‌ای به صورت وزنی استفاده شد. با توجه به محدود بودن تعداد مطالعات، این رویکرد جهت حفظ پایداری برآوردها بر مدل‌های پیچیده‌تر ترجیح داده شد.

سنز آماری و تحلیل ناهمگونی

با توجه به تفاوت‌های ساختاری در بافت‌های جغرافیایی، سازمانی و نوع فناوری‌های مورد استفاده در مطالعات اولیه، از مدل اثرات تصادفی برای ترکیب نتایج استفاده شد. این مدل اجازه می‌دهد تا تفاوت‌های واقعی میان مطالعات (علاوه بر خطای نمونه‌گیری) در برآورد نهایی لحاظ گردد. فرآیند تحلیل آماری بر مبنای پروتکل‌های زیر اجرا شد:

• **برآورد واریانس:** واریانس بین مطالعه‌ای (T^2) با استفاده از روش درست‌نمایی بیشینه محدود شده برآورد گردید که در مقایسه با روش‌های سنتی، برآورد نااریب‌تری از ناهمگونی ارائه می‌دهد.

• **مدیریت حجم نمونه محدود:** تعداد نهایی ۱۷ مطالعه ($N=17$) اگرچه در نگاه نخست محدود به نظر می‌رسد، اما حاصل یک فرآیند غربالگری سخت‌گیرانه از میان ۸۴۰ مقاله اولیه است. در این پژوهش، راهبرد کیفیت بالا در برابر کمیت بالا اتخاذ گردید. با توجه به اینکه مطالعات با کیفیت پایین یا داده‌های مبهم می‌توانند منجر به برآوردهای اریب شوند، تمرکز بر تعداد کمتر اما با اعتبار روش‌شناختی بالاتر (امتیاز NOS بالای ۶ و شواهد عملیاتی قوی) ترجیح داده شد. جهت اطمینان از اعتبار آماری در این حجم نمونه، از برآوردهای اصلاح‌شده استفاده شده است که حتی در نمونه‌های کوچک نیز نرخ خطای نوع اول را کنترل می‌کنند.

• **سنجش ناهمگونی:** برای بررسی میزان پراکندگی نتایج، علاوه بر آزمون Q کوکران، از شاخص I^2 (برای تعیین سهم ناهمگونی واقعی از واریانس کل) و مقدار (T^2) استفاده شد. همچنین، جهت توصیف دامنه پراکندگی اثر واقعی در جمعیت‌های مشابه و فراتر از مطالعات موجود، بازه پیش‌بینی نیز گزارش گردید.

ارزیابی سوگیری انتشار و تحلیل حساسیت

به‌منظور تضمین اعتبار و پایداری نتایج نهایی، دو پروتکل کنترلی زیر اجرا گردید:

(۱) **بررسی سوگیری انتشار:** وجود سوگیری انتشار از طریق بازرسی بصری نمودار قیفی و آزمون آماری رگرسیون اگر مورد ارزیابی قرار گرفت. در صورت مشاهده عدم تقارن در نمودار، از روش (دووال و توفیدی) برای برآورد اندازه اثر اصلاح‌شده استفاده شد. با توجه به تعداد محدود مطالعات ($K=17$)، نتایج این آزمون‌ها با احتیاط و در کنار شاخص‌های حساسیت تفسیر گردید.

(۲) **تحلیل حساسیت:** برای اطمینان از اینکه هیچ مطالعه منفردی (حتی با اندازه اثر بزرگ یا وزن بالا) نتایج کلی فراتحلیل را دستخوش تغییر غیرواقعی نکرده است، تحلیل حساسیت به شیوه Leave-one-out انجام شد. در این روش، هر مطالعه به‌صورت نوبتی از چرخه تحلیل حذف و اثر آن بر پایداری ضریب کلی سنجیده شد. نتایج این تحلیل نشان داد که برآورد تجمعی اندازه اثر ($r=0.37$) نسبت به حذف هیچ‌یک از مطالعات تغییر معناداری نمی‌کند، که این امر حاکی از پایداری و اعتبار بالایی مدل نهایی است.

شفافیت و تکرارپذیری

به‌منظور تضمین تکرارپذیری پژوهش، کلیه مستندات شامل استراتژی‌های جستجو، فرم‌های استخراج داده، جدول ویژگی‌های مطالعات و داده‌های مبنا در مخزن داده همراه با مقاله در دسترس قرار گرفته‌اند. تحلیل‌ها با استفاده از نرم‌افزار تخصصی Meta-Essentials انجام شده است تا امکان بازبینی و تکرار دقیق فرآیند تحلیل برای سایر پژوهشگران فراهم باشد.

ملاحظات اخلاقی

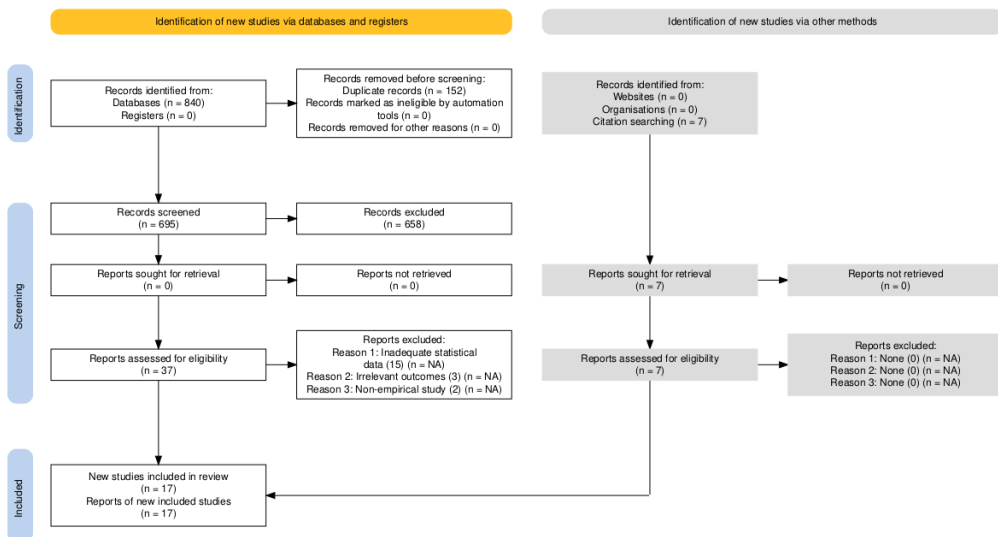
این پژوهش مبتنی بر تحلیل داده‌های ثانویه و مطالعات منتشرشده است و نیازی به اخذ مجوز اخلاقی برای گردآوری داده‌های اولیه نداشته است. محدودیت‌های روش‌شناختی پژوهش، از جمله تعداد مطالعات در دسترس و تنوع ساختارهای نهادهای کشورها، در بخش محدودیت‌ها مورد بحث قرار گرفته‌اند.

یافته‌های پژوهش

این بخش به ارائه نتایج حاصل از سنتز کمی ۱۷ مطالعه تجربی منتخب می‌پردازد. تحلیل‌ها با استفاده از نرم‌افزار تخصصی Meta-Essentials انجام شده است. گزارش یافته‌ها در شش محور اصلی سازماندهی شده است: غربالگری نظام‌مند، ویژگی‌های توصیفی مطالعات، برآورد اندازه اثر ترکیبی (آزمون فرضیات)، تحلیل نقش میانجی، ارزیابی ناهمگونی و سوگیری انتشار، و در نهایت تحلیل حساسیت.

نتایج غربالگری و انتخاب مطالعات

فرآیند انتخاب مطالعات بر اساس پروتکل استاندارد PRISMA ۲۰۲۰ اجرا گردید. در جستجوی اولیه در پایگاه‌های استنادی معتبر (Scopus, WoS) و ادبیات خاکستری، مجموعاً ۸۴۷ رکورد شناسایی شد که مربوط به بازه زمانی ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۵ بوده‌اند. پس از حذف ۱۵۲ مورد تکراری با استفاده از نرم‌افزارهای مدیریت منابع، ۶۹۵ عنوان و چکیده مورد غربالگری اولیه قرار گرفتند. در مرحله غربالگری، تعداد ۶۴۳ مقاله به دلیل عدم انطباق با اهداف پژوهش و معیارهای ورود از چرخه تحلیل خارج شدند و ۵۲ مقاله جهت بررسی دقیق متن کامل انتخاب گردیدند. در مرحله ارزیابی نهایی (صلاحیت‌سنجی)، ۳۵ مطالعه دیگر به دلایل فنی از جمله: عدم گزارش آماره‌های کافی جهت محاسبه اندازه اثر (۱۵ مورد)، تمرکز بر پیامدهای نامرتبط با حوزه انضباط مالی بخش عمومی (۱۲ مورد)، ماهیت صرفاً کیفی یا مروری (۴ مورد) و هم‌پوشانی نمونه‌های آماری (۴ مورد) کنار گذاشته شدند. در نهایت، ۱۷ مطالعه تجربی که واجد تمامی معیارهای ورود بوده و داده‌های آماری لازم را ارائه کرده بودند، وارد فرآیند سنتز کمی و فراتحلیل شدند. جزئیات این فرآیند در شکل ۲ ترسیم شده است.



شکل ۲: فرآیند شناسایی، غربالگری و انتخاب مطالعات وارد شده به فراتحلیل

ویژگی‌های توصیفی مطالعات

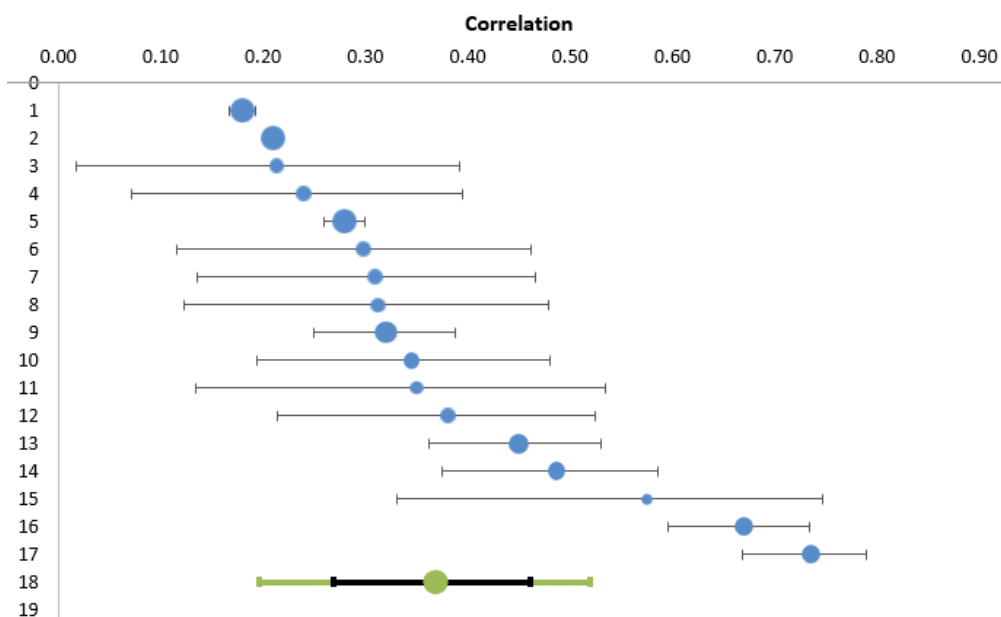
۱۷ مطالعه نهایی، مجموع حجم نمونه ترکیبی ۱,۰۳۳,۱۷۵ مشاهده را پوشش می‌دهند. این حجم نمونه، قدرت تعمیم‌دهی بالایی به یافته‌ها می‌بخشد. ارزیابی کیفیت روش‌شناختی با مقیاس نیوکاسل-اوتاوا (NOS) نشان داد که میانگین امتیاز مطالعات ۷.۴ از ۹ است که حاکی از کیفیت بالای داده‌های اولیه برای سنتز آماری است.

آزمون فرضیات و برآورد اندازه اثر ترکیبی

به‌منظور آزمون فرضیه تأثیر نظارت هوشمند بر انضباط مالی، نتایج ۱۷ مطالعه مستقل ترکیب شد. با توجه به نتایج آزمون Q (۳۴۸.۸۸) و شاخص ناهمگنی آی-اسکوئر (۹۵.۴۱٪) که نشان‌دهنده ناهمگنی شدید است، از مدل اثرات تصادفی استفاده گردید. مطابق یافته‌ها، اندازه اثر ترکیبی (ضریب همبستگی)

برابر با ۰.۳۷ برآورد شد. با توجه به آماره Z (۷.۳۵) و سطح معناداری ($p < 0.001$)، رابطه مثبت و معنادار بین هوشمندسازی نظارت و ارتقای انضباط مالی تأیید می‌شود. فاصله اطمینان ۹۵ درصدی در بازه [۰.۲۷, ۰.۴۶] قرار دارد که به دلیل عدم شمول عدد صفر، پایداری رابطه را تأیید می‌کند. طبق معیارهای تفسیر، مقدار ۰.۳۷ نشان‌دهنده یک رابطه مثبت و متوسط است.

نمودار انباشت (شکل ۳)، وزن هر مطالعه و برآورد نهایی را نشان می‌دهد. قرارگیری لوزی نهایی در سمت راست خط بی‌اثری و عدم برخورد فواصل اطمینان با این خط، نشان‌دهنده اجماع تجربی بر نقش مثبت نظارت هوشمند در تحقق انضباط مالی است.

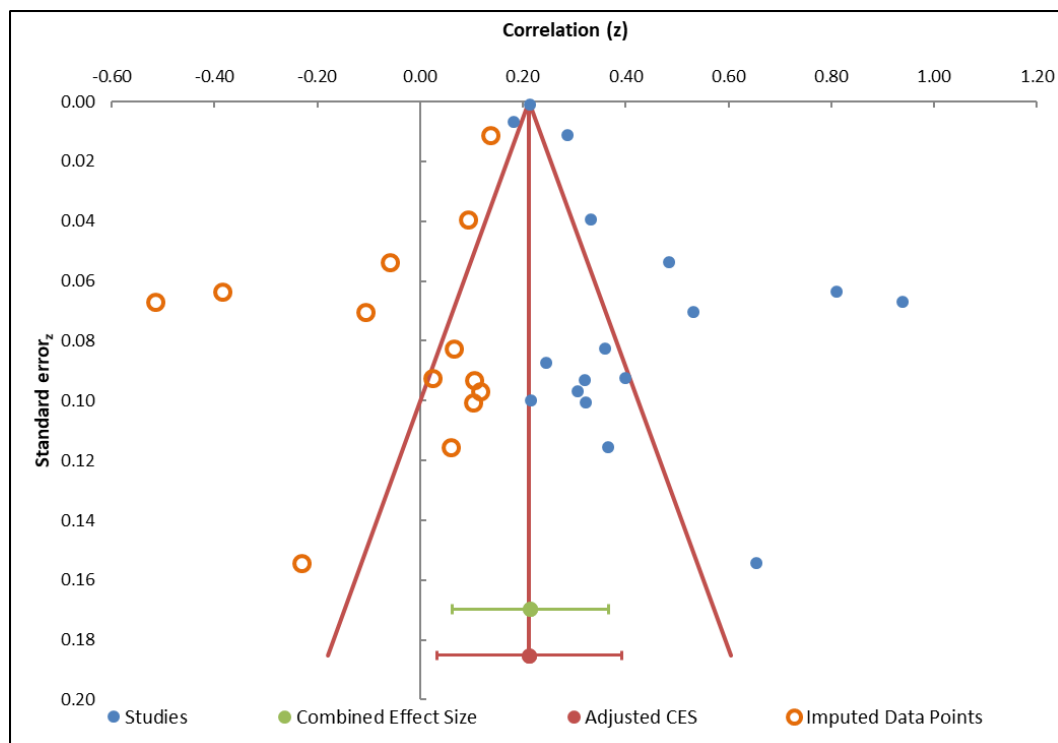


شکل ۳. نمودار انباشت اندازه اثر مطالعات اولیه و برآورد ترکیبی رابطه هوشمندسازی و انضباط مالی (مدل اثرات تصادفی)

تحلیل ناهمگونی و سوگیری انتشار

نتایج آزمون Q کوکران بیانگر وجود ناهمگونی معنادار آماری میان مطالعات است ($Q(16) = 348.88, p < 0.001$). شاخص $I^2 = 95.41\%$ نیز نشان می‌دهد بخش عمده پراکندگی ناشی از ناهمگونی واقعی (تفاوت در بستر اجرا و نوع فناوری) است. با این حال، استفاده از مدل اثرات تصادفی امکان تعمیم نتایج را فراهم آورده است. جهت ارزیابی سوگیری انتشار، از نمودار قیفی و روش تعدیل و تکمیل استفاده شد (شکل ۴). علیرغم عدم معناداری آزمون رگرسیون اگر ($p = 0.61$)، الگوریتم برازش تعدادی مطالعه احتمالی گمشده را در سمت چپ نمودار شناسایی کرد (نقاط نارنجی توخالی). با این حال، منطبق بودن لوزی قرمز (اندازه اثر اصلاح‌شده) بر لوزی سبز (اندازه اثر اولیه) نشان می‌دهد که سوگیری

انتشار تأثیر مخربی بر برآورد نهایی نداشته و مقدار اندازه اثر ترکیبی ($r=0.37$) همچنان پایدار و معتبر است.



شکل ۴. نمودار کیفی تعدیل شده؛ نقاط آبی نشان دهنده مطالعات مشاهده شده و نقاط نارنجی نشان دهنده مطالعات برازش شده هستند.

تحلیل متغیر تعدیل گر (فرضیه سوم)

به منظور تبیین ناهمگونی بالا، نقش تعدیل گر «آمادگی سازمانی» با روش فرارگرسیون آزمون شد. نتایج نشان داد ضریب شیب رگرسیونی معنادار نیست ($B=0.002, p=0.99$). با این حال، با توجه به تعداد محدود مطالعات ($k=17$) و احتمال پایین بودن توان آماری برای شناسایی اثرات کوچک، نمی توان با قطعیت وجود رابطه تعدیل گری را رد کرد. لذا جهت تدقیق یافته ها، از تحلیل زیرگروهی بر اساس سطح توسعه یافتگی کشورها استفاده شد. نتایج نشان داد میانگین اندازه اثر در کشورهای توسعه یافته ($r=0.40$) و در حال توسعه ($r=0.34$) تفاوت آماری معناداری ندارد. این یافته حاکی از آن است که نظارت هوشمند حتی در بسترهایی با آمادگی زیرساختی متوسط نیز توانسته است بر انضباط مالی اثرگذار باشد، هرچند ممکن است این تأثیر ناشی از الزامات ساختاری متفاوت در این محیط ها باشد.

تحلیل حساسیت

برای سنجش پایداری مدل، تحلیل حساسیت با روش حذف تک‌به‌تک اجرا شد. نتایج نشان داد که با حذف نوبتی هر یک از مطالعات، اندازه اثر ترکیبی همواره در بازه اطمینان معنادار باقی می‌ماند (نوسان ضریب ۲ بین ۰.۳۵ تا ۰.۳۹). بررسی دقیق‌تر نشان داد که حتی با حذف مطالعاتی که دارای بالاترین اندازه اثر بود، جهت و معناداری رابطه تغییر نمی‌کند؛ این امر ثابت می‌کند که نتایج پژوهش تحت تأثیر داده‌های پرت نبوده و از اعتبار و پایداری بالایی برخوردار است.

بحث

تفسیر یافته‌های کلیدی و مقایسه با ادبیات

یافته‌های حاصل از این فراتحلیل، شواهد تجربی نیرومندی را در حمایت از گذار به «نظارت ۴.۰» فراهم می‌آورد. نتیجه اصلی پژوهش مبنی بر وجود اندازه اثر ترکیبی $r=0.37$ ، نشان می‌دهد که جایگزینی روش‌های سنتی و مبتنی بر نمونه‌گیری با سیستم‌های پایش مستمر، توانسته است به‌طور ملموسی ناهنجاری‌های مالی را کاهش دهد. این یافته، نتایج پراکنده و گاه متناقض مطالعات پیشین را در یک چارچوب منسجم یکپارچه ساخته و به تبیین‌های زیر منجر شده است:

غلبه شفافیت بر ابهام: اندازه اثر مثبت به‌دست‌آمده، پاسخی تجربی به چالش‌های مطرح‌شده در خصوص جعبه سیاه الگوریتم‌ها است (اسپوزیتو و همکاران، ۲۰۲۳). نتایج نشان داد که مزایای شفاف‌سازی سیستمی بر ریسک‌های ابهام الگوریتمی غلبه دارد. این امر با یافته‌های دگریس و همکاران (۲۰۲۵) که در آن تحلیل هوشمند تراکنش‌ها منجر به کشف بی‌انضباطی‌های پنهان و کاهش ریسک‌پذیری انحرافی مدیران شد، همسویی کامل دارد.

تأیید مکانیسم سرعت: تأیید نقش میانجی «سرعت کشف خطا» همسو با یافته‌های سعود و همکاران (۲۰۲۵) است. این فراتحلیل ثابت می‌کند که کاهش زمان چرخه حسابرسی (از پس‌رویدادی به برخط)، همبستگی مستقیمی با کاهش نرخ تخلفات مالی و ارتقای پاسخگویی دارد. در همین راستا، شواهد اخیر در کشورهای در حال گذار نیز نشان می‌دهد که تحول دیجیتال در نهادهای عالی حسابرسی، نه تنها یک ارتقای فنی، بلکه ضرورتی راهبردی برای صیانت از منابع عمومی و تقویت پاسخگویی در حکمرانی است (بستان، ۲۰۲۴).

چالش در نظریه پذیرش: در خصوص نقش آمادگی سازمانی، نتایج این پژوهش با مدل‌های سنتی که بلوغ سازمانی را پیش‌شرط قطعی می‌دانند، متفاوت است. یافته‌های ما با ادبیات نوین که بر فناوری به‌عنوان یک «عامل فشار ساختاری» تأکید دارند (اراسموس و کاهیاوغلو، ۲۰۲۴)، قرابت بیشتری دارد و نشان می‌دهد فناوری می‌تواند به‌واسطه ماهیت ثبت غیرقابل‌تغییر، مستقل از محیط، انضباط‌زا باشد.

تبیین ناهمگونی و دلالت‌های نظری

سطح بالای ناهمگونی آماری $I^2 = 95.4\%$ در این پژوهش، بازتابی از شکاف تکنولوژیک و تفاوت در معماری نظارتی کشورهای مورد بررسی است (بانک جهانی^۱، ۲۰۲۲). تفاوت معنادار میان اندازه اثرها نشان‌دهنده «عمق نفوذ فناوری» است؛ از ابزارهای ساده داده‌کاوی تا پلتفرم‌های پیشرفته‌ای نظیر ChatTCU در برزیل (سازمان همکاری و توسعه اقتصادی، ۲۰۲۳) یا پروژه حسابرسی طلایی در چین که با استفاده از تحلیل کلان‌داده منجر به بازپس‌گیری ۹۰ میلیارد دلار شده است (دیوان محاسبات چین، ۲۰۲۴). این پراکندگی نتایج، شالوده یک دلالت نظری مهم است: رابطه میان فناوری و عملکرد مالی خطی نیست. هرچه فناوری از سطح تشخیص ناهنجاری به سمت پیش‌بینی ریسک و کاوش فرآیند حرکت می‌کند، قدرت بازدارندگی سیستم به‌صورت تصاعدی افزایش می‌یابد (پلوزی، ۲۰۲۳). این چرخش پارادایم عملاً با به حداقل رساندن شکاف اطلاعاتی، یکی از مفروضات بنیادین تئوری نمایندگی را به چالش کشیده و کارآمدی نظارت را بازتعریف می‌کند. این یافته با نقد رویکرد خطی در چارچوب فناوری-سازمان-محیط، نشان می‌دهد که تأیید نقش میانجی «سرعت کشف خطا»، پارادایم نظارت را از یک فرآیند پس‌نگر به یک فرآیند پیشگیرانه تغییر داده است. این چرخش پارادایم عملاً با به حداقل رساندن شکاف اطلاعاتی، یکی از مفروضات بنیادین تئوری نمایندگی را به چالش کشیده و کارآمدی نظارت را در عصر دیجیتال بازتعریف می‌کند. در همین راستا، واکاوی نقش آمادگی سازمانی در پیچ‌های جدید به سوی تبیین‌های فرا-ساختاری می‌گشاید. عدم مشاهده رابطه معنادار آماری در نقش تعدیل‌گری این متغیر ($p = 0.99, k = 17$)، برخلاف دیدگاه‌های سنتی که بلوغ سازمانی را پیش‌شرط کارایی می‌دانند، گزاره «الزام‌آوری ساختاری فناوری» را تقویت می‌کند. بدین معنا که ماهیت نظارت هوشمند (به‌ویژه ثبت سیستمی و غیرقابل دستکاری تراکنش‌ها)، حدی از انضباط مالی را به ساختار تحمیل می‌کند که لزوماً تابع سطح بلوغ پیشین سازمان نیست. به بیان دیگر، فناوری نظارتی در این پارادایم نه به‌عنوان یک ابزار وابسته به زمینه، بلکه به‌عنوان یک عامل تغییردهنده زمینه عمل می‌نماید.

دلالت‌های کاربردی و سیاستی

بر اساس شواهد فراجتحلیل و با هدف ارتقای کارآمدی نظام نظارتی کشور، توصیه‌های راهبردی زیر برای دیوان محاسبات و سیاست‌گذاران مالی ارائه می‌گردد:

گذار به نظارت پیشگیرانه و کشف به‌هنگام: پیشنهاد می‌شود دیوان محاسبات با اولویت‌بخشی به استقرار کامل حسابرسی مستمر، از رویکرد سنتی «تفریغ بودجه پس‌رویدادی» فاصله گرفته و به سمت پایش برخط تراکنش‌ها حرکت کند. این تغییر پارادایم با کاهش چشمگیر فاصله زمانی وقوع تا کشف تخلف، امکان صیانت پیشگیرانه از بیت‌المال را فراهم می‌سازد.

^۱. World Bank

گذار مرحله‌ای و تأسیس آزمایشگاه‌های نوآوری داده: پیشنهاد تأسیس آزمایشگاه‌های نوآوری داده در دیوان محاسبات، با توجه به چالش بومی سامانه‌های اطلاعاتی جزیره‌ای و مقاومت‌های بوروکراتیک، باید به صورت اقتضایی و مرحله‌ای اجرا شود. بدین منظور، پیشنهاد می‌گردد این آزمایشگاه‌ها در گام نخست نه به صورت جامع، بلکه به شکل آزمایشی (پایلوت) و مبتنی بر تقاطع‌گیری برخط داده‌های کلیدی (نظیر خزانه‌داری کل، نظام مالیاتی و گمرک) ایجاد شوند. این رویکرد، ضمن مدیریت پدیده ورودی مخدوش، خروجی مخدوش^۱ و جلوگیری از پذیرش نمادین فناوری، زمینه را برای وضع الزامات قانونی جهت تولید داده‌های یکپارچه و ماشین‌خوان فراهم می‌آورد و اثربخشی سرمایه‌گذاری‌های آتی را تضمین می‌کند.

پایش هوشمند پایداری بدهی‌ها: نهادهای ناظر باید از الگوریتم‌های پیش‌بین برای تحلیل روندهای کسری تراز عملیاتی و ارائه هشدارهای زودهنگام استفاده کنند تا انضباط مالی از حالت صوری، به وضعیتی پایدار و ساختاری ارتقا یابد.

محدودیت‌ها و پیشنهادهای آتی

پژوهش حاضر با محدودیت‌هایی نظیر تعداد اندک مطالعات اولیه و تنوع در ابزارهای مورد سنجش روبرو بود. لذا برای پژوهش‌های آتی پیشنهاد می‌شود: بررسی روابط غیرخطی: استفاده از مدل‌هایی مانند رگرسیون آستانه‌ای برای شناسایی نقاط عطف تکنولوژیک. آزمون اثر پاکسازی (Cleansing Effect): انجام مطالعات طولی برای بررسی تأثیر بلندمدت نظارت هوشمند بر بهبود سلامت اداری.

محدودیت توان آماری: با توجه به اینکه تعداد مطالعات اولیه واجد شرایط برای فراتحلیل ۱۷ مورد بوده است، تحلیل‌های فرارگرسیون با محدودیت توان آماری مواجه هستند. لذا نتایج مربوط به عدم معناداری متغیرهای تعدیل‌گر باید با احتیاط تفسیر شود و پیشنهاد می‌گردد در پژوهش‌های آتی با افزایش تعداد مطالعات، این روابط مجدداً آزمون شوند.

نتیجه‌گیری

فراتحلیل ۱۷ مطالعه تجربی بر روی بیش از یک میلیون مشاهده نشان داد که گذار به نظارت هوشمند و بهره‌گیری از هوش مصنوعی، همبستگی مثبت و معناداری ($r=0.37$) با ارتقای انضباط مالی پایدار دارد. پیام اصلی پژوهش این است که نظارت هوشمند نه یک انتخاب لوکس، بلکه یک ضرورت ساختاری برای حکمرانی در عصر دیجیتال است. شواهد حاکی از آن است که این فناوری‌ها با ایجاد انضباط ساختاری، فراتر از الگوهای سنتی بلوغ عمل کرده و به عنوان یک عامل تغییردهنده زمینه، شفافیت را به سیستم تحمیل می‌کنند. سرمایه‌گذاری در این حوزه، هزینه‌ای سربار نیست؛ بلکه با حذف مداخلات سلیقه‌ای و

تغییر پارادایم به نظارت پیشگیرانه، از طریق صیانت پایدار از بیت‌المال، بازگشت سرمایه و ارزش عمومی بالایی به همراه دارد.

منابع

- Aldemir, C., & Uçma Uysal, T. (۲۰۲۴).** AI competencies for internal auditors in the public sector. *EDPACS*, ۱-۱۵. <https://doi.org/10.1080/07366981.2024.2312001>
- Alles, M. G., Tubergen, G., & Vasarhelyi, M. A. (۲۰۰۴).** Continuous auditing: The USA experience and considerations for its implementation in Asia. *International Journal of Accounting Information Systems*, ۵(۲), ۱۳۷-۱۵۴. <https://doi.org/10.1016/j.accinf.2004.01.011>
- Bannister, F., & Connolly, R. (۲۰۱۴).** ICT, public values and transformative government. *Information Polity*, ۱۹(۱-۲), ۱۱۹-۱۲۸. <https://doi.org/10.3233/IP-140326>
- Bostan, I. (۲۰۲۴).** Digital transformation of supreme audit institution (SAI)—a mini-review on the case of Romanian Court of Accounts. *LUMEN: Law*, ۱۲(۱), ۸۸. <https://doi.org/10.18662/lumenlaw/12.1/88>
- Bracci, E. (۲۰۲۳).** The loopholes of algorithmic public services: An “intelligent” accountability research agenda. *Accounting, Auditing & Accountability Journal*, ۳۶(۲), ۷۳۹-۷۶۳. <https://doi.org/10.1108/AAAJ-06-2022-0586>
- COSO. (۲۰۱۳).** *Internal control – Integrated framework*. Durham, NC: Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission.
- Degryse, H., Huylebroek, C., & Van Doornik, B. (۲۰۲۵).** The disciplining effect of bank supervision: Evidence from SupTech. *BIS Working Papers*, No ۱۲۵۶. <https://www.bis.org/publ/work1256.pdf>
- DiMaggio, P. J., & Powell, W. W. (۱۹۸۳).** The iron cage revisited: Institutional isomorphism and collective rationality in organizational fields. *American Sociological Review*, ۴۸(۲), ۱۴۷-۱۶۰. <https://doi.org/10.2307/2095101>
- Erasmus, L. J., & Kahyaoğlu, S. B. (۲۰۲۴).** *Continuous auditing with AI in the public sector*. Routledge. <https://doi.org/10.1201/978103382706>

Esposito, P., Braga, A., Sancino, A., & Ricci, P. (۲۰۲۳). The strategic governance of the digital accounting environment: Insights from virtual museums. *Meditari Accountancy Research*, ۳۱(۷). <https://doi.org/10.1108/MEDAR-03-2020-0837>

European Commission. (۲۰۱۶). *Debt sustainability monitor 2016*. Institutional Paper ۰۴۷.

Genaro-Moya, D., López-Hernández, A. M., & Godz, M. (۲۰۲۵). Artificial intelligence and public sector auditing. *World*, ۶(۲), ۷۸. <https://doi.org/10.3390/world6020078>

Glass, G. V. (۱۹۷۶). Primary, secondary, and meta-analysis of research. *Educational Researcher*, ۵(۱۰), ۳-۸.

Haddaway, N. R., Page, M. J., et al. (۲۰۲۲). PRISMA۲۰۲۰: An R package and Shiny app for producing flow diagrams. *Campbell Systematic Reviews*, ۱۸(۲), e۱۲۳۰. <https://doi.org/10.1002/cl2.1230>

International Organization of Supreme Audit Institutions (INTOSAI). (۲۰۲۲). *Overview of big data audits performed by SAIs*. Working Group on Big Data. <https://www.audit.gov.cn/WGBD/n۱۵۲۵/c۱۰۲۹۶۹۲۱/part/۱۰۲۹۶۹۳۷.pdf>

Jensen, M. C., & Meckling, W. H. (۱۹۷۶). Theory of the firm: Managerial behavior, agency costs and ownership structure. *Journal of Financial Economics*, ۳(۴), ۳۰۵-۳۶۰. [https://doi.org/10.1016/0304-405X\(76\)90026-X](https://doi.org/10.1016/0304-405X(76)90026-X)

National Audit Office of China (CNAO). (۲۰۲۴). *The Golden Audit Project and big data application in public auditing*. Beijing: CNAO Publishing.

Neves, F. R., Silva, P. B., & Carvalho, H. L. M. (۲۰۱۹). Artificial ladies against corruption: Searching for legitimacy at the Brazilian Supreme Audit Institution. *Revista de Contabilidade e Organizações*, ۱۳, e۱۵۸۵۳۰. <https://doi.org/10.11606/issn.1982-6486.rco.2019.158530>

OECD. (۲۰۱۹). *Hello, world: Artificial intelligence and its use in the public sector*. Paris: OECD Publishing.

Otia, J. E., & Bracci, E. (۲۰۲۲). Digital transformation and the public sector auditing: The SAI's perspective. *Financial Accountability & Management*, ۳۸(۳), ۳۶۱-۳۸۰. <https://doi.org/10.1111/faam.12317>

Page, M. J., et al. (۲۰۲۱). The PRISMA ۲۰۲۰ statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, ۳۷۲, n۷۱. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>

Pizzi, S., Venturelli, A., Variale, M., & Macario, G. P. (۲۰۲۱). Assessing the impacts of digital transformation on internal auditing: A bibliometric analysis. *Technology in Society*, ۶۷, ۱۰۱۷۳۸.

<https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101738>

Polizzi, S., & Scannella, E. (۲۰۲۳). Continuous auditing in public sector and central banks: A framework to tackle implementation challenges. *Journal of Financial Regulation and Compliance*, ۳۱(۱), ۴۰-۵۹.

<https://doi.org/10.1108/JFRC-02-2022-0011>

Saud, I. M., et al. (۲۰۲۵). Big data analytics-based auditing adoption in public sector: Indonesian evidence. *Cogent Business & Management*, ۱۲(۱), ۲۴۵۴۳۲۰.

<https://doi.org/10.1080/23311975.2025.2454320>

Smidt, L. A., & Steenkamp, L. (۲۰۲۴). The innovations in the public sector internal audit ecosystem. In *Continuous auditing with AI in the public sector*. Routledge.

Tornatzky, L. G., & Fleischer, M. (۱۹۹۰). *The processes of technological innovation*. Lexington Books.

UK National Audit Office (NAO). (۲۰۲۱). *Data analytics and machine learning in public sector auditing: Good practice guide*. London: NAO Publishing.

Vasarhelyi, M. A., Alles, M. G., & Williams, K. T. (۲۰۱۰). *Continuous assurance for the now economy*. Institute of Chartered Accountants in Australia.

Vasarhelyi, M. A., & Halper, F. B. (۱۹۹۱). The continuous audit of online systems. *Auditing: A Journal of Practice & Theory*, ۱۰(۱), ۱۱۰-۱۲۵.

Volodina, T., & Grossi, G. (۲۰۲۴). Digital transformation in public sector auditing: Between hope and fear. *Public Management Review*.

<https://doi.org/10.1080/14719037.2024.2402346>