

ارائه یک مدل ریاضی برای تاب‌آوری حسابرسی در شرایط بحرانی با تلفیق سیستم‌های پویا و تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای (مطالعه موردی: بیمارستان‌های بزرگ گرگان)

سمیه نوری^۱ موسی الرضا زنگنه^۲

موسسه حکیم جرجانی گرگان

دانشگاه پیام نور گرگان

چکیده

پژوهش حاضر با هدف مدل‌سازی و ارزیابی تاب‌آوری حسابرسی‌پذیری سازمان‌ها در شرایط بحران، از طریق تلفیق سیستم‌های پویا و تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای انجام گرفته است. داده‌ها از هفت بیمارستان بزرگ گرگان بر اساس استانداردهای IFRS، چارچوب COSO و سالنامه‌های آماری معتبر گردآوری گردیده است. مدل در چهار مرحله فرآیندی شامل ثبت رویدادها، جمع‌آوری داده‌ها، کنترل‌های داخلی و گزارش‌دهی نهایی، در افق زمانی ۱۲ ماهه بحران با شدت ۳۰٪ و اوج بحران در ماه سوم پیاده‌سازی گردید. نتایج رتبه‌بندی نهایی نشان‌دهنده بالاترین تاب‌آوری در بیمارستان فلسفی با امتیاز ۰/۹۰۴۱ و پایین‌ترین رتبه برای بیمارستان طالقانی با امتیاز ۰/۸۶۱۶ بود. تحلیل همبستگی، ارتباط معکوس و بسیار قوی بین ضریب آسیب‌پذیری ساختاری و تاب‌آوری را با ضریب همبستگی ۰/۹۴- و ضریب تعیین ۸۸٪ آشکار ساخت. بررسی کارایی مراحل در اوج بحران نشان داد که مرحله ثبت رویدادها با میانگین ۰/۵۲- بالاترین و مرحله گزارش‌دهی نهایی با میانگین ۰/۳۸- پایین‌ترین کارایی را دارند. تحلیل حساسیت نشان داد که شدت بحران با ضریب تأثیر ۰/۸۷- حساسترین پارامتر است. آستانه‌های بحرانی حفظ حداقل حسابرسی‌پذیری شامل شدت بحران کمتر از ۰/۴، زمان واکنش کمتر از چهار ماه و نرخ بازیابی بیشتر از ۰/۰۴ شناسایی شدند. یافته‌ها دلالت بر آن دارد که تاب‌آوری حسابرسی‌پذیری یک مفهوم چندبعدی بوده و ترکیب مناسب مقاومت، بازیابی و کیفیت کنترل‌های داخلی، نقشی تعیین‌کننده در موفقیت سازمان‌ها در بحران ایفا می‌کند.

واژگان کلیدی: تاب‌آوری حسابرسی، سیستم‌های پویا، تحلیل پوششی داده‌ها، چارچوب COSO

مقدمه

در چشم انداز پویای کسب و کار امروزی، سازمان ها با چالش های گوناگونی از جمله بی ثباتی های اقتصادی، تحریم های بین المللی، سوانح طبیعی و بحران های بهداشت عمومی مواجه هستند. در چنین شرایطی، توانمندی یک سازمان در حفظ پاسخگویی مالی و حسابرسی پذیری، اهمیتی دوچندان می یابد. (Haga & Ittonen, ۲۰۲۵) حسابرسی پذیری، که به معنای توانایی مستمر در تولید، مستندسازی و ارائه داده های مالی و عملیاتی شفاف و قابل ردیابی است، نقشی حیاتی در تقویت اعتماد ذینفعان، تسهیل اتخاذ تصمیمات استراتژیک آگاهانه و تضمین پایداری بلندمدت سازمان ایفا می نماید (Nazarova & Shvets, ۲۰۲۵). با این حال، تجارب عملی حاکی از آن است که بسیاری از سازمان ها، علی رغم تداوم فعالیت های عملیاتی، در زمان بروز بحران ها با چالش هایی در زمینه دسترسی مداوم به اطلاعات قابل حسابرسی مواجه می شوند. (Alhassan et al., ۲۰۲۵) این امر، توانایی آنها را در حفظ شفافیت لازم تحت الشعاع قرار داده و نشان می دهد که سیستم های داخلی آنها آمادگی کافی برای تولید اطلاعات قابل اتکا در مواجهه با فشارهای ناشی از بحران را ندارند. (Lustrilanang et al., ۲۰۲۳) این چالش، ضرورت تحول پارادایمی را آشکار می سازد: گذار از رویکرد ممیزی واکنشی در شرایط بحرانی به سوی ایجاد سازوکارهای ممیزی تاب آور و پیشگیرانه. (Handoyo, ۲۰۲۴). متدولوژی های سنتی ممیزی، که غالباً ایستا و مقطعی هستند، در کمی سازی تعاملات پویا بین تخصیص منابع، فرآیندهای داخلی و نتایج حاصل از شفافیت در دوران بحران، کارآمدی لازم را ندارند. (Bacoup & Michel, ۲۰۲۴) افزون بر این، ابزارهای سنجش عملکرد نظیر تحلیل پوششی داده ها، علی رغم ارزشمندی در ارزیابی کارایی ایستا، ابعاد شبکه ای و وابستگی زمانی ذاتی فرآیندهای ممیزی را نادیده می گیرند (Kaur & Puri, ۲۰۲۴). از سوی دیگر، اگرچه پویایی های سیستم، تسهیل گر مدل سازی رفتار سازمانی در طول زمان هستند، برای ارزیابی تطبیقی عملکرد سازمان های متعدد یا تعیین رویه های بهینه، کفایت نمی کنند. (Mitakos & Mpogiatzidis, ۲۰۲۴). در پاسخ به این نقیصه، پژوهش حاضر با تلفیق رویکرد سیستم های پویا به عنوان چارچوبی جهت مدل سازی رفتارهای سازمانی غیرخطی، بازخوردی و وابسته به زمان در شرایط بحرانی و تحلیل پوششی داده های شبکه ای به مثابه ابزاری برای ارزیابی ساختاری کارایی فرآیندهای چندمرحله ای، رویکردی نوآورانه را برای مدل سازی و ارزیابی تاب آوری حسابرسی سازمان ها در مواجهه با بحران ها ارائه می دهد. این ادغام، امکان شبیه سازی سناریوهای بحرانی، ردیابی تغییرات پویای شاخص های حسابرسی در طول زمان و ارزیابی تطبیقی سازمان ها را از منظر توانایی حفظ یا بازیابی این ظرفیت حیاتی فراهم می سازد. بر این اساس، هدف اصلی این پژوهش، توسعه و اعتبارسنجی یک چارچوب یکپارچه مبتنی بر تلفیق سیستم های پویا و تحلیل پوششی داده های شبکه ای برای ارزیابی تاب آوری حسابرسی پذیری سازمان ها در شرایط بحران است.

پیشینه پژوهش

(Haga & Ittonen, ۲۰۲۵) با بررسی ۱۰۰۸ شرکت پذیرفته شده در بورس هنگ کنگ نشان دادند که شرکت های حسابرسی بزرگ تر تمایل بیشتری به قطع همکاری با مشتریان داشته و متخصصان صنعت احتمال بیشتری برای حفظ مشتری نشان می دهند. همچنین ارتباط معناداری بین ویژگی های شناختی، رفتاری و عوامل زمینه ای حسابرسان با تاب آوری سازمانی مشاهده شد. (Lustrilanang et al., ۲۰۲۳) با توزیع پرسشنامه بین ۳۲۱ حسابرسان، دریافتند که کیفیت حسابرسی و کنترل داخلی تأثیر مثبت و معناداری بر تاب آوری مالی دارند و کیفیت اطلاعات به عنوان متغیر واسطه ای در این رابطه عمل می کند. (Soepriyanto et al., ۲۰۲۵) با بررسی ۸۸ مؤسسه مالی اندونزی طی دوره ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۲ نشان دادند که حق الزحمه حسابرسی در دوران کووید-۱۹ به طور معناداری افزایش یافته و حسابرسان حق الزحمه را با در نظر گرفتن تلاش بیشتر و قضاوت حرفه ای در شرایط عدم قطعیت تعدیل می نمایند. (Sahlan et al., ۲۰۲۵) نشان دادند که سازوکارهای



معمول راهبری شرکتی از جمله استقلال هیئت مدیره، استقلال کمیته حسابرسی و دوگانگی مدیرعامل، تأثیر معناداری بر محافظه کاری حسابداری در دوران همه گیری ندارند. (Nazarova & Shvets, ۲۰۲۵) با بررسی چهار بانک پرتغالی، مزایای اتوماسیون هوشمند فرآیند را در حسابرسی تداوم کسب و کار نشان دادند و مدلی قابل تکرار برای بهبود استراتژی های تداوم کسب و کار ارائه نمودند. (Alhassan et al., ۲۰۲۵) با بررسی ۱۵۷ کارمند شرکت های کوچک و متوسط لبنانی نشان دادند که رهبری خلاق با ابعاد چشم انداز الهام بخش و سازگاری، از طریق پیشگیری از تعارض و کنترل داخلی بر مدیریت بحران مالی تأثیر معنادار دارد. (Stefánescu & Marin, ۲۰۲۵) بر اهمیت یکپارچه سازی حسابرسی منابع انسانی با مدیریت ریسک جامع تأکید کرده و نقش متمایز حسابرسی های پیشگیرانه و واکنشی را در تاب آوری سازمانی تبیین نمودند.

(Azadi et al., ۲۰۲۳) مدل شبکه غیرشعاعی برای ارزیابی پایداری و تاب آوری زنجیره های تأمین مراقبت های بهداشتی در دوران کووید-۱۹ ارائه دادند که قادر به پردازش داده های منفی و انواع داده های نسبتی، عدد صحیح و نامطلوب بود. این محققین با ارائه متدولوژی مبتنی بر تحلیل پوششی داده های شبکه ای فازی، بر اهمیت ارتقای تاب آوری زنجیره تأمین در شرایط عدم قطعیت عمیق تأکید کردند و امکان سفارشی سازی توابع عضویت را فراهم ساختند. (Aghakarimi et al., ۲۰۲۳) نیز با رویکرد تحلیل پوششی داده های شبکه ای فازی، به ارزیابی تاب آوری زنجیره تأمین در شرایط پاندمیک پرداخته و بینش های ارزشمندی برای بهینه سازی عملکرد ارائه دادند. (Kaplan & Lebkowski, ۲۰۲۵) مدلی مبتنی بر تحلیل پوششی داده ها برای ارزیابی اثربخشی استراتژی های واکنش به همه گیری ارائه دادند که با در نظر گرفتن نهاده های اختیاری و غیراختیاری و ستاده های مطلوب و نامطلوب، پویایی سیستم های بهداشت عمومی را بازنمایی می کند. (Kaur & Puri, ۲۰۲۴) رویکرد تحلیل پوششی داده های رابطه ای با ساختار پویا را معرفی کردند که دوره های زمانی مختلف را از طریق پیوندهای مطلوب و نامطلوب به یکدیگر مرتبط می سازد و در مطالعه موردی بانک های هندی طی ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۱ اعتبارسنجی شد. (Yu et al., ۲۰۲۴) مدل تحلیل پوششی داده های شبکه ای پویا و گروهی برای خطوط هوایی ارائه دادند که فناوری گروهی و فرافناوری را در یک چارچوب واحد ادغام کرده و نشان دادند کارایی پویای خطوط هوایی عضو اتحاد به طور قابل توجهی بالاتر است. (García-Valderrama et al., ۲۰۲۴) با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده های شبکه ای پویا، رابطه بین بازیافت، اقتصاد چرخشی و نوآوری زیست محیطی در اروپا را بررسی کردند. (Tavana et al., ۲۰۲۱) چارچوب مهندسی کیفیت و تاب آوری یکپارچه مبتنی بر مدل سازی معادلات ساختاری و تحلیل پوششی داده ها را برای ارزیابی تأمین کنندگان تجهیزات پزشکی تدوین کرده و عوامل کلیدی مؤثر را شناسایی نمودند.

(Kunc, ۲۰۲۴) به ادغام روش شناختی برنامه ریزی سناریو و پویایی سیستم پرداخته و تعامل هم افزا بین این دو حوزه را با توجه به تشابهات فرآیندی موجود، حائز اهمیت و نویدبخش دانسته است. (TITILAYO et al., ۲۰۲۲) سیستم حسابرسی پیش بینی کننده ای مبتنی بر یادگیری ماشین و هوش مصنوعی معرفی کردند که با مدل سازی پویای ریسک، امکان شناسایی و کاهش ریسک های مالی به صورت بلادرنگ را فراهم می سازد. (Wang et al., ۲۰۲۵) مدل پویای هشدار زود هنگام بحران مالی را با روش های یادگیری عمیق توسعه داده و به دقت های ۹۵.۵٪ و ۹۳.۴٪ در طبقه بندی پنج کلاسه و ده کلاسه دست یافتند که عملکردی بهتر از مدل های پیشرفته دارد.

(Tanbour et al., ۲۰۲۵) با نمونه ۱۶۰ متخصص بانک های فلسطینی، همبستگی مثبت و معنادار بین انطباق با استانداردهای IIA و اثربخشی مدیریت ریسک را در دوره های بحرانی نشان دادند و بر نقش محوری استانداردهای "عملکرد" تأکید کردند. (Bacoup & Michel, ۲۰۲۴) مفهوم «آزمون استرس سازمانی» را به عنوان رویکردی نوآورانه برای ارزیابی تاب آوری سیستم های مدیریت کیفیت در مواجهه با سناریوهای چالش برانگیز معرفی کردند که ناهنجاری های پنهان در



حسابرسی های سنتی را آشکار می سازد. (Noch, ۲۰۲۴) با رویکرد کیفی به بررسی چالش های ژئوپلیتیکی در حوزه حاکمیت شرکتی و پویایی بازار مالی پرداخته و بر نقش مشارکت ذینفعان، نوآوری فناوری و ابتکارات نظارتی در تحکیم شفافیت و پاسخگویی تأکید کرد. (Malhooz, ۲۰۲۵) ترکیبی توصیفی از ادبیات مدیریت بحران ارائه داد که اهمیت سیستم های هشدار اولیه، آموزش مبتنی بر شبیه سازی، یادگیری سازمانی و برنامه ریزی بازیابی را برجسته می کند.

مدل ریاضی پژوهش

معرفی اندیس های مدل

در مدل پیشنهادی این پژوهش، برای نمایش دقیق ساختار چندمرحله ای فرآیندهای حسابرسی پذیری و پویایی رفتار سازمان ها در شرایط بحران، از مجموعه ها و اندیس هایی (جدول ۱) استفاده می شود که به طور شفاف، ابعاد زمانی، ساختاری و سازمانی مسئله را پوشش می دهند.

جدول ۱: اندیس های مدل

توضیح	اندیس
تعداد سازمان	$k = \{1, 2, \dots, K\}$
شاخص زمانی که $t=0$ نشان دهنده (قبل از وقوع بحران) و تا $t=12$ پایان دوران بحران (ماه دوازدهم)	$t = \{0, 1, 2, \dots, T\}$
شاخص مرحله فرآیندی حسابرسی پذیری در این پژوهش	
$m=1$ ثبت رویدادها	$m = \{1, 2, 3, 4\}$
$m=2$ جمع آوری و تجمیع داده ها	
$m=3$ کنترل های داخلی	
$m=4$ گزارش دهی نهایی	

معرفی پارامترهای مدل (ورودی های ثابت)

در مدل پیشنهادی این پژوهش، برای مدل سازی تلفیقی تاب آوری حسابرسی پذیری در شرایط بحران، از پارامترهایی که ویژگی های ثابت محیط و سازمان را توصیف می کنند، جدول (۲)، به صورت زیر تعریف می شوند



جدول ۲: پارامترها (ورودی های ثابت مدل)

تعریف	نماد
سطح پایه منابع مالی و انسانی سازمان k	I_k^{base}
شدت بحران (مثلاً $0/3 =$ کاهش 30% منابع)	$\alpha \in (0,1)$
نرخ بازیابی پس از اوج بحران برای سازمان K	$\beta_k \in (0,1)$
زمان رسیدن بحران به اوج (مثلاً ماه ۳)	t_{peak}
ضریب آسیب پذیری ساختاری سازمان k	$S_k \in (0,1]$
حداقل سطح قابل قبول کارایی (مثلاً $0/7$)	E^{min}
تابع دلتای کرونکر: اگر $M=1$ باشد در مرحله اول قرارداریم انگاه $\delta_{m1} = 1$ در غیر این صورت $M=2,3,4$ باشد صفر است	δ_{m1}
زمان لازم جهت واکنش و آماده سازی سازو کارها	L_k

این پارامترها در تمام شبیه سازی ها ثابت در نظر گرفته می شوند.

معرفی متغیرهای مدل

متغیرهای مدل در چهار بخش متفاوت: ۱- متغیرهای حالت جدول (۳)، ۲- متغیر میانی جدول (۴) و متغیر تصمیم جدول (۵) که رفتار پویا و ساختاری سازمان را در طول بحران نشان می دهند نشان داده شده است.

جدول ۳: متغیر حالت — خروجی سیستم پویا



تعریف	نماد
کیفیت داده های خروجی از مرحله m برای سازمان k در ماه t (عددی بین ۰ تا ۱۰۰)	$X_{k,m}(t)$

جدول ۴: متغیرهای میانی - مرحله اتصال شبکه

تعریف	نماد
کیفیت داده های خروجی از مرحله m برای سازمان k در ماه t (عددی بین ۰ تا ۱۰۰)	$Z_{k,m}(t)$

جدول ۵: متغیرهای تصمیم - ورودی مدل تحلیل پوششی داده ها

تعریف	نماد
وزن ورودی سازمان k در ماه t	$V_k(t)$
وزن خروجی مرحله m برای سازمان k در ماه t	$U_{k,m}(t)$
وزن خروجی های میانی بین مراحل m و $m+1$ برای سازمان k در ماه t	$W_{k,m}(t)$

این متغیرها در هر ماه t توسط مدل تحلیل پوششی داده ها محاسبه می شوند و برای استخراج کارایی و شاخص تاب آوری (جدول ۶) استفاده می شوند.

جدول ۶: متغیر خروجی شاخص تاب آوری

تعریف	نماد
شاخص تاب آوری سازمان k	Res_k
زمان شروع بازیابی	$t_{rec} = t_{peak} + L$

معادلات مدل و الگوریتم حل

گام اول: کیفیت داده های خروجی از مرحله m برای سازمان k در ماه t را با استفاده از رابطه (۱) زیر شبیه سازی می کنیم. رفتار سازمان در بحران با مدل زیر شبیه سازی می شود)

رابطه (۱)



$$X_{k,m}(t) = \begin{cases} 100 & \text{if } t = 0 \\ X_{k,m}(t-1) \times (1 - \alpha \cdot S_k) & \text{if } 1 \leq t \leq t_{peak} \\ X_{k,m}(t-1) \times \beta \cdot (100 - X_{k,m}(t-1)) & \text{if } t > t_{peak} \end{cases}$$

گام دوم: متغیر میانی را با استفاده از رابطه (۲) محاسبه می نمایم

رابطه (۲)

$$Z_{k,m}(t) = X_{k,m}(t) \times I_k^{base}$$

گام سوم: در هر ماه t ، برای هر سازمان k ، ارزیابی کارایی را از مدل زیر رابطه (۳) را محاسبه می نمایم

رابطه (۳)

$$MAX E_k(t) = \frac{U_{k,m}(t) \cdot X_{k,m}(t)}{V_k(t) \cdot I_k^{base}}$$

s.t

$$\frac{U_{k,m}(t) \cdot X_{k,m}(t) + W_{k,m}(t) \cdot Z_{k,m}(t)}{V_k(t) \cdot I_k^{base} \times \delta_{m1} + W_{k,m-1}(t) Z_{k,m-1}(t)} \leq 1$$

$$U_{k,m}(t), V_k(t), W_{k,m}(t) \geq \varepsilon \quad (\varepsilon = 0.000001)$$

این مدل کارایی کل سیستم را همزمان با کارایی هر زیرفرآیند ارزیابی می کند

گام چهارم: محاسبه شاخص تاب آوری حساسیتی پذیری با استفاده از رابطه (۴) انجام می پذیرد

رابطه (۴)



$$Res_k = \underbrace{\left(1 - \frac{E_K(1) - E^{min}}{1 - E^{min}}\right)}_{\text{بازیابی}} + \underbrace{\left(\frac{1}{T - t_{rec} + 1} \sum_{t=t_{rec}}^T \frac{E_K(t) - E_K(t_{rec})}{1 - E_K(t_{rec})}\right)}_{\text{مقاومت}}$$

بازیابی

مقاومت

- مقاومت: کاهش کارایی در ماه اول بحران (هرچه کمتر، بهتر).
- بازیابی: سرعت بهبود از ماه شروع بازیابی به بعد (هرچه بیشتر، بهتر).

گام پنجم: رتبه بندی نهایی (مبتنی بر COSO)

مرحله ۱: محاسبه شاخص COSO برای هرسازمان با استفاده از رابطه (۵)

رابطه (۵)

$$COSO_k = \sum_{m=1}^4 w_m \times \overline{E_{km}}$$

که در آن

$$\overline{E_{km}} = \frac{1}{T + 1} \sum_{t=1}^T \frac{E_{k,m}(t)}{\max_j E_{j,m}(t)} \quad \text{and} \quad E_{k,m}(t) = \frac{U_{k,m}(t) \cdot X_{k,m}(t)}{V_k(t) \cdot I_k^{base}}$$

$$w = [0.25, 0.20, 0.30, 0.25]$$

مرحله دوم: رتبه بندی نهایی ترکیبی از طریق رابطه (۶)

رابطه (۶)

$$FinalScore_k = \left(\lambda \times \frac{Res_k}{\max(Res)} \right) + \left((1 - \lambda) \times \frac{COSO_k}{\max(COSO)} \right)$$

(در این مدل $\lambda = 0.6$ اولویت با تاب اوری کمی)

گام ششم رتبه بندی:

$$Rank_{final}(k) = \text{نزولی ترتیب } FinalScore_k$$

مدل پیشنهادی، با تلفیق دو رویکرد مکمل سیستم های پویا و تحلیل پوششی داده های شبکه ای، قادر است رفتار زمان مند سازمان ها در شرایط بحران را شبیه سازی کرده و کارایی ساختاری فرآیندهای حسابرسی پذیری را در هر لحظه ارزیابی نماید. این تلفیق، امکان استخراج



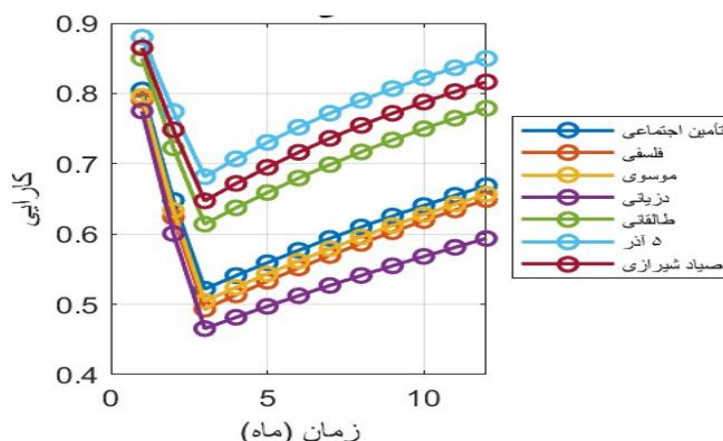
یک شاخص کمی، پویا و قابل مقایسه از تابآوری حسابرسی پذیری را فراهم می سازد که هم مؤلفه مقاومت و هم مؤلفه بازیابی را در بر می گیرد..

یافته ها و نتایج مدل

در ادامه، مدل ترکیبی سیستم های پویا و تحلیل پوششی داده های شبکه ای با استفاده از نرم افزار MATLAB پیاده سازی و برای بررسی کامل مدل از اطلاعات ۷ بیمارستان بزرگ شهر گرگان استفاده شده است. این مدل قادر است عملکرد پویای هر بیمارستان را در طول یک دوره بحرانی ۱۲ ماهه، با در نظر گرفتن شدت ها و ساختارهای گوناگون، شبیه سازی نموده و کارایی ساختاری فرآیندهای حسابرسی را به صورت ماهانه ارزیابی نماید.

تحلیل روند کارایی در طول بحران

بر اساس خروجی مدل سیستم های پویا، روند تغییرات کارایی ۷ بیمارستان در بازه زمانی ۱۲ ماهه بحران در نمودار (۱) نمایش داده شده است. در فاز کاهش (ماه های ۰ تا ۳)، تمام بیمارستان ها کاهش شدید کارایی را تجربه کرده اند. بیمارستان ۵ آذر با ساختار انعطاف پذیر ($S_k=0.40$) کمترین کاهش و بیمارستان دزیانی با بیشترین ضریب آسیب پذیری ($S_k=0.75$) بیشترین کاهش کارایی را داشته است. در فاز بازیابی (ماه های ۴ تا ۱۲)، بیمارستان ۵ آذر و صیاد شیرازی به دلیل نرخ بازیابی بالاتر ($\beta=0.08, 0.07$) سریع ترین روند بهبود را داشته اند. در پایان دوره، بیمارستان ۵ آذر با کارایی حدود ۰.۸۵ و بیمارستان دزیانی با کارایی حدود ۰.۶۵، فاصله معناداری از یکدیگر دارند.



نمودار ۱: روند کارایی در طول بحران

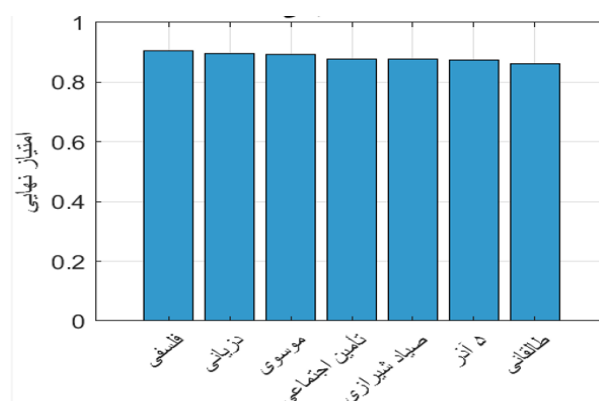
تحلیل رتبه بندی نهایی بیمارستان ها

نکته قابل تأمل اینکه بیمارستان ۵ آذر با وجود بهترین عملکرد در کارایی اولیه ($E_k(1)=0.48$) و بیشترین بازیابی (0.239)، در رتبه ششم قرار گرفته است (نمودار ۲) (جدول ۷) که نشان می دهد شاخص تابآوری ترکیبی به تنهایی تعیین کننده رتبه نهایی نیست و امتیاز COSO تأثیر تعیین کننده ای دارد.



جدول ۷: تحلیل رتبه بندی نهایی بیمارستان ها

رتبه	بیمارستان	مقاومت	بازیابی	تاب آوری	امتیاز نهایی
۱	فلسفی	۰,۷۰۰	۰,۰۹۵	۰,۷۹۴۸	۰,۹۰۴۱
۲	دزیانی	۰,۷۵۰	۰,۰۵۸	۰,۸۰۸۲	۰,۸۹۶۰
۳	موسوی	۰,۶۸۰	۰,۰۹۵	۰,۷۷۴۸	۰,۸۹۳۵
۴	تأمین اجتماعی	۰,۶۵۰	۰,۰۹۵	۰,۷۴۴۸	۰,۸۷۷۷
۵	صیاد شیرازی	۰,۴۵۰	۰,۲۱۴	۰,۶۶۳۵	۰,۸۷۷۶
۶	۵ آذر	۰,۴۰۰	۰,۲۳۹	۰,۶۳۹۴	۰,۸۷۴۷
۷	طالقانی	۰,۵۰۰	۰,۱۶۳	۰,۶۶۳۰	۰,۸۶۱۶

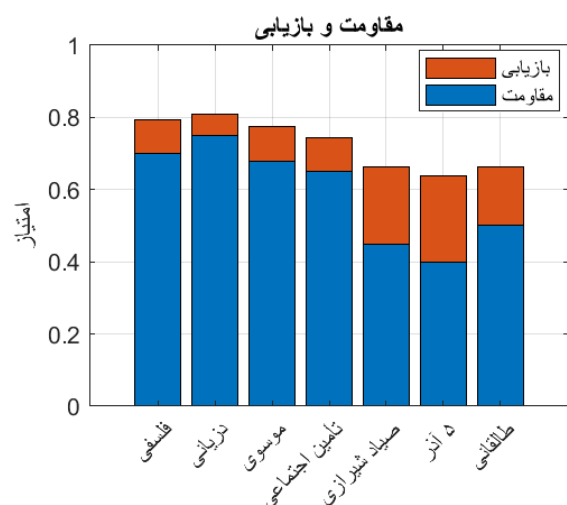


نمودار (۲): رتبه بندی نهایی



تحلیل مؤلفه های مقاومت و بازیابی

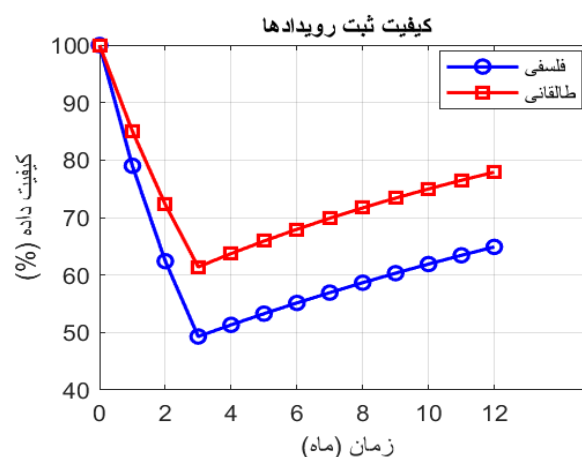
نمودار (۳) مؤلفه های تشکیل دهنده تاب آوری را به صورت مجزا نشان می دهد. بیمارستان دزیانی با مقدار ۰٫۷۵۰ بیشترین مقاومت و بیمارستان ۵ آذر با مقدار ۰٫۴۰۰ کمترین مقاومت را داشته اند. در مقابل، بیمارستان ۵ آذر با مقدار ۰٫۲۳۹ بیشترین نرخ بازیابی و بیمارستان دزیانی با مقدار ۰٫۰۵۸ کمترین نرخ بازیابی را نشان داده اند. میانگین مقاومت برابر ۰٫۵۹۰ و میانگین بازیابی برابر ۰٫۱۳۷ است. این یافته نشان دهنده رابطه معکوس بین مقاومت و بازیابی است و تأیید می کند که تاب آوری یک مفهوم چندبعدی است.



نمودار (۳): تحلیل مؤلفه های مقاومت و بازیابی

تحلیل کیفیت ثبت رویدادها در طول بحران

نمودار (۴) و جدول (۸) روند تغییرات کیفیت داده های ثبت شده در مرحله اول فرآیند حسابرسی پذیری (ثبت رویدادها) را برای دو بیمارستان فلسفی (رتبه اول) و طالقانی (رتبه آخر) نشان می دهد. بیمارستان طالقانی با $S_k=0,50$ و $I_{base}=78$ ، کیفیت ثبت رویدادها را از ۱۰۰٪ به ۶۵٪ در ماه سوم کاهش داده و سپس تا ۷۸٪ بازیابی کرده است. در مقابل، بیمارستان فلسفی با $S_k=0,70$ و $I_{base}=55$ ، کیفیت را از ۱۰۰٪ به ۴۹٪ کاهش داده و تنها تا ۶۲٪ بازیابی کرده است. حداکثر اختلاف در ماه دوم به ۲۲٪ و در ماه های ۱۰ و ۱۱ به ۱۹٪ رسیده است. این یافته نشان می دهد که کیفیت پایین در مرحله ثبت، لزوماً به معنای تاب آوری پایین کلی نیست، مشروط بر اینکه سایر مراحل توانایی جبران داشته باشند.



نمودار (۴): روند تغییرات کیفیت داده های ثبت شده در مرحله اول فرآیند حسابرسی پذیری

جدول ۸: تغییرات کیفیت داده های ثبت شده در مرحله اول فرآیند حسابرسی پذیری

اختلاف	طالقانی (%)	فلسفی (%)	ماه (t)
۰	۱۰۰	۱۰۰	۰
-۵	۸۵	۸۰	۱
-۲۲	۷۲	۵۰	۲
-۱۶	۶۵	۴۹	۳ (وچ)
-۱۶	۶۷	۵۱	۴
-۱۶	۶۸	۵۲	۵
-۱۷	۷۰	۵۳	۶



اختلاف	طالقانی (%)	فلسفی (%)	ماه (t)
-۱۷	۷۱	۵۴	۷
-۱۸	۷۳	۵۵	۸
-۱۸	۷۴	۵۶	۹
-۱۹	۷۶	۵۷	۱۰
-۱۹	۷۷	۵۸	۱۱
-۱۶	۷۸	۶۲	۱۲

تحلیل رابطه بین آسیب پذیری و تاب آوری

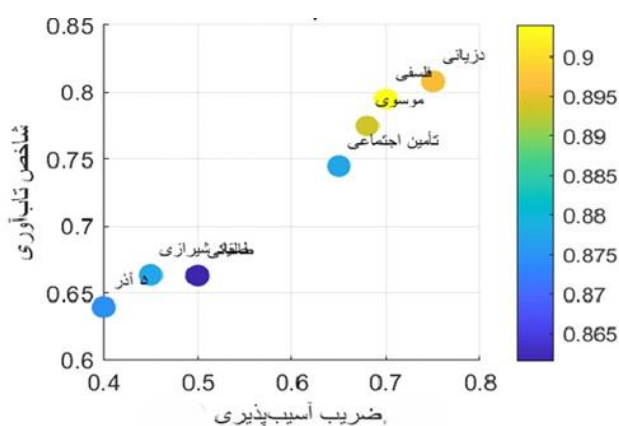
در جدول (۹) و نمودار (۵) رابطه معکوس بین ضریب آسیب پذیری ساختاری (S_k) و شاخص تاب آوری را نشان داده شده است. محاسبات آماری نشان می دهد که ضریب همبستگی پیرسون برابر $(r = -0.94)$ ، ضریب تعیین برابر 88% ($R^2 = 0.88$) و مدل رگرسیون خطی به صورت $Res_k = 1.08 - 0.48 \times S_k$ می باشد. به ازای افزایش 0.1 واحدی در ضریب آسیب پذیری، شاخص تاب آوری به طور متوسط 0.048 واحد کاهش می یابد. این یافته نشان می دهد که ضریب آسیب پذیری ساختاری، مهم ترین پیش بین کننده تاب آوری است.

جدول ۹: رابطه آسیب پذیری و تاب آوری

تاب آوری (Res)	S_k	بیمارستان
۰.۶۳۹۴	۰.۴۰	۵ آذر
۰.۶۶۳۵	۰.۴۵	صیاد شیرازی
۰.۶۶۳۰	۰.۵۰	طالقانی



بیمارستان	S_k	تاب آوری (Res)
تأمین اجتماعی	۰,۶۵	۰,۷۴۴۸
موسوی	۰,۶۸	۰,۷۷۴۸
فلسفی	۰,۷۰	۰,۷۹۴۸
دزیانی	۰,۷۵	۰,۸۰۸۲



نمودار ۵: رابطه آسیب پذیری و تاب آوری

تحلیل کارایی مراحل در اوج بحران

بر اساس جدول (۱۰)، میانگین کارایی هر یک از ۴ مرحله فرآیند حسابرسی پذیری در اوج بحران (ماه سوم) به شرح زیر است:

جدول (۱۰): میانگین کارایی



مرحله	نام مرحله	میانگین کارایی	حداقل	حداکثر	انحراف معیار
m=۱	ثبت رویدادها	۰,۵۲	۰,۳۲	۰,۶۸	۰,۱۴
m=۲	جمع آوری و تجمیع داده ها	۰,۴۸	۰,۲۸	۰,۶۵	۰,۱۳
m=۳	کنترل های داخلی	۰,۴۳	۰,۲۵	۰,۶۰	۰,۱۵
m=۴	گزارش دهی نهایی	۰,۳۸	۰,۲۰	۰,۵۵	۰,۱۴

الگوی کاهش کارایی از مرحله اول به چهارم نشان می دهد که تأثیر بحران بر مراحل انتهایی زنجیره حسابرسی پذیری شدیدتر است. پراکندگی بالا در مرحله کنترل های داخلی نشان می دهد که برخی بیمارستان ها (مانند فلسفی و ۵ آذر) در این مرحله عملکرد خوبی داشته اند.

نتیجه گیری

پژوهش حاضر با هدف مدل سازی و ارزیابی تاب آوری حسابرسی پذیری در شرایط بحران، چارچوبی تلفیقی از سیستم های پویا و تحلیل پوششی داده های شبکه ای ارائه نمود. این چارچوب در چهار مرحله فرآیندی برای هفت بیمارستان گرگان در افق زمانی ۱۲ ماهه پیاده سازی شد. یافته ها نشان داد بیمارستان فلسفی با امتیاز ۰,۹۰۴۱ بالاترین و طالقانی با امتیاز ۰,۸۶۱۶ پایین ترین تاب آوری را دارا هستند. تحلیل همبستگی، رابطه معکوس و بسیار قوی بین ضریب آسیب پذیری ساختاری و تاب آوری را با ضریب همبستگی ۰,۹۴- و ضریب تعیین ۸۸٪ آشکار ساخت. بررسی کارایی مراحل نشان داد که مرحله ثبت رویدادها با میانگین ۰,۵۲ بالاترین و مرحله گزارش دهی نهایی با میانگین ۰,۳۸ پایین ترین کارایی را در اوج بحران دارا هستند. تحلیل حساسیت، شدت بحران را با ضریب تأثیر ۰,۸۷- حساسترین پارامتر شناسایی نمود و آستانه های بحرانی شامل شدت بحران کمتر از ۰,۴، زمان واکنش کمتر از چهار ماه و نرخ بازبایی بیشتر از ۰,۰۴ تعیین گردید. این چارچوب با نوآوری در تعریف کمی تاب آوری، تفکیک آن به مقاومت و بازبایی، و تلفیق سیستم های پویا و تحلیل پوششی داده های شبکه ای در حوزه حسابرسی، ابزاری عملیاتی برای مدیران، حسابرسان و نهادهای نظارتی فراهم می سازد. پیشنهاد می شود سازمان ها زمان واکنش را کاهش و کنترل های داخلی را بهبود بخشند. تحقیقات آتی می توانند بر توسعه مدل با حلقه های بازخورد، یادگیری ماشین و ابعاد کیفی متمرکز شوند.



References

- Aghakarimi, E., Fereidouni, Z., Hamid, M., Rabbani, E., & Rabbani, M. (۲۰۲۳). An integrated framework to assess and improve the financial soundness of private banks. *Scientia Iranica*. <https://doi.org/10.24200/sci.2023.60931.706>.
- Alhassan, T., Saleh, R., Edelby, M., & Massoud, M. (۲۰۲۵). The influence of creative leadership dimensions on financial crisis management through the mediating role of conflict prevention and internal control: Case of SMEs in North Lebanon. *Problems and Perspectives in Management*, *۲۳*(۳), ۵۹۷-۶۱۳. [https://doi.org/10.21511/ppm.23\(3\).2025.43](https://doi.org/10.21511/ppm.23(3).2025.43)
- Azadi, M., Moghaddas, Z., Saen, R. F., Gunasekaran, A., Mangla, S. K., & Ishizaka, A. (۲۰۲۳). Using network data envelopment analysis to assess the sustainability and resilience of healthcare supply chains in response to the COVID-۱۹ pandemic. *Annals of Operations Research*, *۳۲۸*(۱), ۱۰۷-۱۵۰.
- Azadi, M., Saen, R. F., & Ebrahimnejad, A. (۲۰۲۴). Performance evaluation of supply chain resilience in epidemic crises: an extension of network non-parametric methodology. *OR Spectrum*. <https://doi.org/10.1007/s00291-024-00990-y>
- Bacoup, P., & Michel, C. (۲۰۲۴). Organizational Stress Test: A New and Complementary Vision for the Auditing of Quality Management Systems (QMSs). *Journal of Engineering*, *۲۰۲۴*(۱), Article ۳۸۷۹۹۱۰. <https://doi.org/10.1155/je/3879910>.
- García-Valderrama, T., Sanchez-Ortiz, J., González, M. D. C., & Puentes-Graña, M. (۲۰۲۴). Relationship between recycling, circular economy and eco-innovation in Europe. Application of a dynamic network data envelopment analysis model. *Business Strategy and the Environment*, *۳۳*(۳), ۵۹۵۵-۵۹۷۴. <https://doi.org/10.1002/bse.۳۷۶۸>
- Haga, J., & Ittonen, K. (۲۰۲۵). Organizational resilience of audit firms--evidence from the outbreak of the COVID-۱۹. *Journal of Applied Accounting Research*, *۲۶*(۶), ۲۴۴-۲۷۰.
- Handoyo, S. (۲۰۲۴). Mapping the landscape of internal auditing effectiveness study: a bibliometric approach. *Cogent Business & Management*, *۱۱*(۱), Article ۲۲۸۹۲۰۰. <https://doi.org/10.1080/23311975.2023.2289200>.
- Kaplan, R., & Lebkowski, P. (۲۰۲۵). Conceptual Framework of a DEA-Driven Decision Support System for Pandemic Response. *Communications of International Proceedings*. <https://doi.org/10.5171/۲۰۲۵.۴۵۳۷۵۲۵>
- Kaur, R., & Puri, J. (۲۰۲۴). Interval efficiency estimation using relational dynamic DEA approach: case of Indian banks. *RAIRO-Operations Research*, *۵۸*(۵), ۴۶۵۱-۴۶۸۰.
- Kunc, M. (۲۰۲۴). Integrating system dynamics and scenarios: A framework based on personal experience. *Futures & Foresight Science*, *۶*(۱), e۱۷۴.
- Lustrilanang, P., Suwarno, S., Arif, B., & Subowo, H. (۲۰۲۳). The effect of auditing quality and internal control on financial resilience in public sector organizations: Information quality as the mediating factor. *International Journal of Data and Network Science*, *۷*(۴), ۱۵۷۳-۱۵۸۰. <https://doi.org/10.5267/j.ijdns.2023.8.06>
- Malhooz, Z. (۲۰۲۵). Organizational Crisis Management: Integrating Strategic Models, Human Factors, and Applied Frameworks. *Advances in Social Sciences Research Journal*, *۱۲*(۳), ۲۰۴-۲۱۴. <https://doi.org/10.147۳۸/assrj.۱۲۰۹.۱۹۳۸۳>
- Mitakos, A., & Mpogiatzidis, P. (۲۰۲۴). Adapting Efficiency Analysis in Health Systems: A Scoping Review of Data Envelopment Analysis Applications During the COVID-۱۹ Pandemic. *Journal of Market Access & Health Policy*, *۱۲*(۴), ۳۰۶-۳۱۶.
- Nazarova, K., & Shvets, V. (۲۰۲۵). INTERNAL AUDIT IN ENSURING THE CONTINUITY OF THE BUSINESS ENTITY'S ACTIVITIES. *Agrosvit*, (۹), ۴۶-۵۱. <https://doi.org/10.32۷۰۲/۲۳۰۶-۶۷۹۲.2025.9.46>
- Noch, M. (۲۰۲۴). Navigating Uncertainty: International Accounting and Financial Reporting Amid Geopolitical Conflict. *Advances: Jurnal Ekonomi & Bisnis*, *۲۶*(۱). <https://doi.org/10.6۰۰۷۹/ajeb.v2۱i۱.۱۷۰>
- Sahlan, L., Kee, P., & Lee, L. (۲۰۲۵). Corporate Governance and Accounting Conservatism: Exploring the Linkages and Implications. *International Journal of Research and Innovation in Social Science*, VIII, ۳۵۸۸-۳۶۰۹. <https://doi.org/10.۴۷۷۷۲/IJRISS.2024.۸۱۲۰۳۰۰>
- Soepriyanto, G., Kristi, Y., & Setiawan, J. (۲۰۲۵). Audit fees during the COVID-۱۹ pandemic: empirical evidence from financial sector firms in Indonesia. *Asian Journal of Accounting Research*, *۱۰*(۴), ۳۸۴-۳۹۸. <https://doi.org/10.11۰۸/AJAR-۰۱-۲۰۲۴-۰۰۴۳>
- Stefănescu, A., & Marin, D. (۲۰۲۵). The Strategic Role of Human Resources Auditing in Crisis Resilience. *Revista de Management Comparat International*, *۲۶*(۱), ۱۸۴-۱۹۶.



- Tanbour, K. M., Ben Saada, M., & Nour, A. I. (۲۰۲۰). The impact of applying internal auditing standards on banking risk management during crises: a field study on banks operating in Palestine. *Journal of Financial Reporting and Accounting*. <https://doi.org/10.1108/JFRA-11-2024-0816>
- Tavana, M., Nazari-Shirkouhi, S., & Farzaneh Kholghabad, H. (۲۰۲۱). An integrated quality and resilience engineering framework in healthcare with Z-number data envelopment analysis. *Health Care Management Science*, *۲۴*(۴), ۷۶۸-۷۸۵. <https://doi.org/10.1007/s10729-021-09500-8>
- TITILAYO, D. O., TITILOPE, T. A., & THEODORE, N. O. (۲۰۲۲). Dynamic risk modeling in financial reporting: Conceptualizing predictive audit frameworks. *INTERNATIONAL JOURNAL*, *۱*(۲), ۹۴-۱۱۲.
- Wang, F., Yu, S., Du, R., & Wu, X. (۲۰۲۰). *DFCNet: A Dynamic Early Warning Model for Financial Crises of Listed Companies Based on Deep Learning*. <https://doi.org/10.1145/3757110.3757214>
- Yu, M.-M., Guo, Y., & See, K. (۲۰۲۴). Analysing group- and metatechnology efficiencies and technology gap of airlines for a sustainable future. *Sustainable Development*, *۳۳*, ۱۶۴۹-۱۶۶۹. <https://doi.org/10.1002/sd.۳۱۴۹>