






ارائه الگوی آمادگی نظام سلامت برای ورود به نسل چهارم صنعت: رویکرد آمیخته

سید محسن حسینی گوراب^۱ , مهرداد حسینی شکیب^{۲*} , عباس خمسه^۳ 

^۱ کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران

^۲ دانشیار، گروه مدیریت صنعتی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران

^۳ استاد، گروه مدیریت صنعتی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران

* نویسنده مسؤول: مهرداد حسینی شکیب

mehرداد.shakib@kia.ac.ir

زمینه و هدف: انقلاب صنعتی چهارم با یکپارچه‌سازی فناوری‌های فیزیکی، دیجیتال و زیستی، نظام‌های سلامت جهانی را با چالش‌ها و فرصت‌های متعددی مواجه ساخته است. هدف این پژوهش، طراحی الگوی آمادگی نظام سلامت برای ورود به نسل چهارم صنعت می‌باشد.

روش پژوهش: این مطالعه با رویکرد آمیخته (کیفی-کمی) به صورت متوالی اکتشافی انجام شد. در بخش کیفی، با روش فراترکیب ۳۹ مقاله مرتبط (۲۰۱۶-۲۰۲۵) تحلیل محتوا شدند. سپس با روش دلفی فازی و مشارکت ۱۲ متخصص، ابعاد و مؤلفه‌های مدل طی سه دور نظرسنجی پالایش گردید. در بخش کمی، ۲۴۵ متخصص و کارشناس نظام سلامت به روش نمونه‌گیری در دسترس انتخاب شدند. ابزار گردآوری داده‌ها، پرسشنامه محقق‌ساخته با روایی و پایایی تأیید شده بود. تحلیل داده‌ها با استفاده از تحلیل عاملی تأییدی انجام شد.

یافته‌ها: الگوی نهایی آمادگی نظام سلامت شامل ۷ بُعد و ۴۸ مؤلفه است. ابعاد شناسایی شده به ترتیب اهمیت عبارتند از: همکاری و یکپارچگی، فرآیندها و خدمات هوشمند، زیرساخت فناوری و دیجیتال، مدیریت داده و هوش مصنوعی، حکمرانی و سیاستگذاری، امنیت و حریم خصوصی و نیروی انسانی و مهارت. مدل حاصله دارای برازش مناسبی بوده و تمامی بارهای عاملی معنی‌دار بودند. مدل توانسته ۹۳ درصد از تغییرات متغیر آمادگی نظام سلامت را تبیین کند.

نتیجه‌گیری: آمادگی نظام سلامت برای ورود به نسل چهارم صنعت، مستلزم توجه همزمان به ابعاد مختلف فنی، انسانی، فرآیندی، مدیریت داده، حکمرانی، امنیتی و به‌ویژه همکاری و یکپارچگی است.

واژه‌های کلیدی: سلامت دیجیتال، صنعت، نظام سلامت، فناوری اطلاعات

ارجاع: حسینی گوراب سید محسن، حسینی شکیب مهرداد، خمسه عباس. ارائه الگوی آمادگی نظام سلامت برای ورود به نسل چهارم صنعت: رویکرد آمیخته. راهبردهای مدیریت در نظام سلامت ۱۴۰۴؛ ۱۰(۳): ۲۴۰-۲۵۶.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۴/۲۲

تاریخ اصلاح نهایی: ۱۴۰۴/۰۹/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۲۶

مقدمه

انقلاب صنعتی چهارم با یکپارچه‌سازی فناوری‌های فیزیکی، دیجیتال و زیستی، مرزها را کمرنگ کرده و زمینه ظهور فناوری‌های نوینی چون هوش مصنوعی، اینترنت اشیا، رایانش ابری و کلان داده را فراهم آورده است (۱). این تحول بنیادین تمامی بخش‌های اقتصادی از جمله نظام سلامت را تحت تأثیر قرار داده است. در حوزه سلامت، این انقلاب با عنوان «سلامت ۴/۰» شناخته می‌شود که به معنای بهره‌گیری از فناوری‌های نوین برای ارتقای کیفیت، کارایی و دسترسی‌پذیری خدمات سلامت است (۲).

سرعت فزاینده تحولات فناورانه، نظام‌های سلامت را با چالش‌های متعددی مواجه ساخته است. بار بیماری‌های مزمن، پیری جمعیت و انتظارات فزاینده بیماران، فشار مضاعفی بر منابع محدود وارد می‌کند (۳)، اما گسترش فناوری‌های دیجیتال، فرصت‌های بی‌بدیلی برای مقابله با این چالش‌ها ایجاد کرده است. در این شرایط، آمادگی نظام سلامت برای بهره‌برداری از مزایای انقلاب صنعتی چهارم به موضوعی حیاتی تبدیل شده است (۴). فناوری‌های نسل چهارم صنعت زمینه‌ساز ارائه خدمات شخصی‌سازی شده، بهبود دسترسی و مدیریت مؤثر بیماری‌های مزمن می‌شوند (۵). مطالعات نشان می‌دهد که نظام‌های سلامت در پذیرش فناوری‌های دیجیتال با تأخیر مواجه بوده‌اند (۶،۷). همه‌گیری کووید-۱۹ ضرورت آمادگی برای بهره‌برداری سریع از فناوری‌های دیجیتال را بیش از پیش آشکار ساخت (۸).

مرور پیشینه پژوهش نشان می‌دهد که مطالعات متعددی در زمینه کاربردهای صنعت ۴/۰ در سلامت انجام شده است. اسیتو و همکاران (۲۰۲۰)، الجارودی و همکاران (۲۰۲۰) و جایارامان و همکاران (۲۰۲۰) در مطالعات مروری خود بر اهمیت زیرساخت‌های فنی و چارچوب‌های یکپارچه برای تحول دیجیتال تأکید کرده‌اند (۹-۱۱). پل و همکاران (۲۰۲۱) در مطالعه مروری خود و کاراتاس و همکاران (۲۰۲۲) در ترکیه، کاربردهای فناوری‌هایی چون اینترنت اشیا، هوش مصنوعی و کلان داده را در مدیریت بیماری‌های مزمن بررسی کردند (۱۲، ۵). کوتزیاس و همکاران (۲۰۲۳) در مطالعه نظام‌مند خود و گوسوامی و همکاران (۲۰۲۳) در هند در مطالعات خود بر چالش‌های امنیتی و حریم خصوصی در حوزه سلامت ۴/۰ تمرکز کردند (۱۳، ۱۴). در حوزه مدل‌های آمادگی، بهرامی و همکاران (۱۴۰۱) و

انصاری و همکاران (۱۴۰۱) در مطالعات خود در ایران، مؤلفه‌های مؤثر بر آمادگی صنعت نسل چهارم را تحلیل کردند و دریافتند که اکثر مدل‌های موجود بر جنبه‌های فنی تمرکز دارند (۱۵، ۱۶). آنتونی و همکاران (۲۰۲۳) با روش ترکیبی در بین مدیران ارشد بخش‌های تولیدی و خدماتی، ده بُعد اصلی را شناسایی کردند، اما بر ویژگی‌های خاص نظام سلامت تمرکز نکردند (۱۷). مزروعی نصرآبادی و همکاران (۱۴۰۱) در ایران، عوامل کلیدی موفقیت پیاده‌سازی صنعت ۴/۰ در بهداشت و درمان را تحلیل کردند (۱۸). کمپن و همکاران (۲۰۲۵) در مطالعه طراحی‌محور خود با تمرکز بر شرکت‌های کوچک و متوسط اروپایی و کبیر و همکاران (۲۰۲۲) در مطالعه نظام‌مند خود با تمرکز بر مراقبت‌های اولیه سلامت، مدل‌های بلوغ و آمادگی برای خدمات سلامت دیجیتال را ارائه دادند (۱۹، ۲۰).

با وجود مطالعات فوق، شکاف پژوهشی قابل توجهی در زمینه ارائه الگوی جامع و یکپارچه برای سنجش و ارتقای آمادگی نظام سلامت وجود دارد. اکثر مطالعات موجود یا بر کاربردهای خاصی از فناوری‌ها متمرکز بوده‌اند (۵)، یا مدل‌های آمادگی را در سطح کلان صنعتی و بدون توجه به ویژگی‌های خاص نظام سلامت بررسی کرده‌اند (۱۷). همچنین، مطالعات محدودی به بررسی جامع ابعاد مختلف آمادگی شامل جنبه‌های فنی، انسانی، فرآیندی، مدیریت داده، حکمرانی، امنیتی و همکاری پرداخته‌اند (۱۰). اکثر مدل‌های موجود از رویکردهای صرفاً کیفی یا کمی استفاده کرده‌اند (۲۰) و اولویت‌بندی ابعاد کمتر مورد توجه قرار گرفته است (۱۶).

این پژوهش با هدف پر کردن شکاف‌های پژوهشی، به طراحی الگوی آمادگی نظام سلامت برای ورود به نسل چهارم صنعت می‌پردازد. مهم‌ترین سهم علمی این پژوهش، ارائه یک الگوی جامع است که با استفاده از رویکرد ترکیبی طراحی و اعتبارسنجی شده و به اولویت‌بندی ابعاد و مؤلفه‌ها پرداخته است. سؤال اصلی پژوهش عبارت است از "الگوی آمادگی نظام سلامت برای ورود به نسل چهارم صنعت چگونه است؟".

روش پژوهش

این پژوهش در بازه زمانی ۱۴۰۳-۱۴۰۲ در ایران بر اساس پارادایم پراگماتیسم و با رویکرد ترکیبی اکتشافی متوالی انجام شد. از منظر هستی‌شناسی، واقعیت به صورت چندگانه و وابسته

به زمینه پذیرفته شد. از منظر معرفت‌شناسی، دانش از طریق ترکیب روش‌های کیفی و کمی به دست آمد. از منظر روش‌شناسی، ابتدا داده‌های کیفی برای کشف ابعاد مدل و سپس داده‌های کمی برای آزمون و تعمیم‌پذیری مدل استفاده شد.

پژوهش در سه مرحله انجام گردید. در مرحله اول، جامعه پژوهش شامل مقالات علمی منتشر شده در حوزه سلامت دیجیتال و صنعت نسل چهارم از سال ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۵ بود. با روش فراترکیب هفت مرحله‌ای سندلوسکی و باروسو (۲۱)، ابتدا ۲۹۳ مقاله از پایگاه‌های داده داخلی (SID, Magiran, Irandoc) و خارجی (PubMed, Scopus, Web of Science) و ProQuest, IEEE Xplore شناسایی شد. معیارهای ورود شامل مقالات کامل به زبان فارسی یا انگلیسی مرتبط با صنعت ۴/۰ و سلامت دیجیتال که براساس ابزار ارزیابی کیفی (Critical Appraisal Skills Programme: CASP) حداقل امتیاز ۷۰ درصد را کسب کرده بودند، بود. معیارهای خروج شامل مقالات خلاصه کنفرانس‌ها، مقالات بدون متن کامل، مقالات تکراری و مقالات با کیفیت نامناسب بود. پس از غربالگری و ارزیابی کیفی، ۳۹ مقاله نهایی انتخاب و مورد تحلیل محتوای کیفی قرار گرفت. در مرحله دوم، الگوی اولیه حاصل از فراترکیب با روش دلفی فازی و با مشارکت ۱۲ متخصص پالایش شد. علت انتخاب روش دلفی فازی، توانایی آن در مدیریت عدم قطعیت و ابهام در نظرات خبرگان بود (۲۲). برای انتخاب متخصصان، معیارهایی شامل حداقل مدرک دکتری در رشته‌های مدیریت سلامت، فناوری اطلاعات سلامت، مهندسی صنایع، یا مدیریت فناوری، حداقل ۱۵ سال سابقه کار در نظام سلامت یا فناوری اطلاعات سلامت و آشنایی با مفاهیم صنعت ۴/۰ در نظر گرفته شد. از میان ۲۵ نفر واجد شرایط، ۱۲ متخصص بر اساس تنوع در حوزه‌های تخصصی شامل مدیریت سلامت (۴ نفر)، فناوری اطلاعات سلامت (۴ نفر)، مهندسی صنایع (۲ نفر) و مدیریت فناوری (۲ نفر) انتخاب شدند. نظرسنجی طی سه دور انجام شد و نظرات با استفاده از اعداد فازی مثلی کمی‌سازی شد. شاخص‌هایی که مقدار دی‌فازی کمتر از ۰/۷۰ داشتند، حذف گردید. در مرحله سوم، مدل حاصل با استفاده از تحلیل عاملی تأییدی آزمون شد. اگرچه روش دلفی فازی برای شناسایی مؤلفه‌ها کافی است، اما برای اعتبارسنجی نهایی در جامعه گسترده‌تر، تعیین روابط بین متغیرها و بررسی برازش کلی مدل،

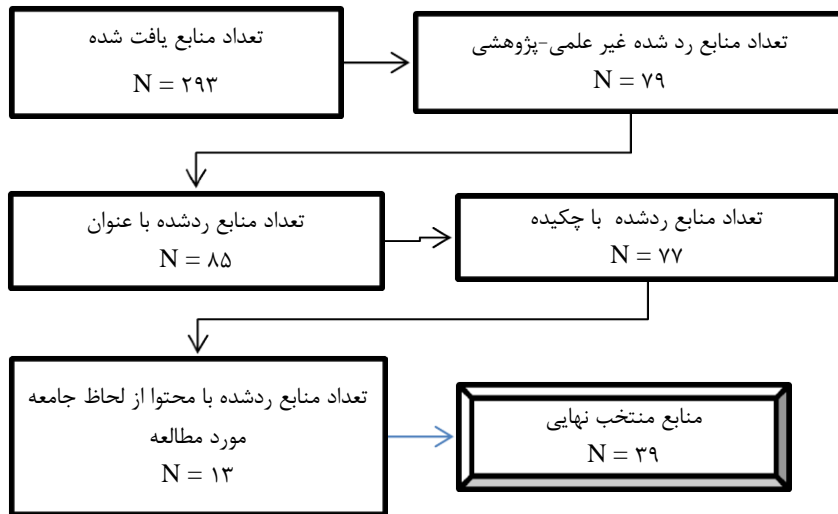
استفاده از تحلیل عاملی تأییدی ضروری بود. جامعه آماری شامل متخصصان و کارشناسان شاغل در نظام سلامت در سطح بیمارستان‌های آموزشی، درمانی و مراکز بهداشتی-درمانی با حداقل ۱۰ سال سابقه کار و مدرک کارشناسی یا بالاتر در رشته‌های مرتبط با مدیریت، فناوری اطلاعات، پزشکی یا پرستاری بود. حجم نمونه بر اساس قاعده حداقل ۵ نمونه به ازای هر متغیر مشاهده‌شده (۲۳)، ۲۴۵ نفر تعیین و به روش نمونه‌گیری در دسترس انتخاب شدند.

ابزار گردآوری داده‌ها، پرسشنامه محقق‌ساخته آمادگی نظام سلامت بر اساس الگوی حاصل از بخش کیفی بود که در سال ۲۰۲۵ طراحی شد. پرسشنامه شامل ۴۹ سؤال در ۷ بُعد بود که از طیف لیکرت پنج درجه‌ای استفاده می‌کرد. امتیاز هر بعد از میانگین امتیازات سؤالات آن بعد و امتیاز کل از میانگین امتیازات هفت بعد محاسبه شد. روایی محتوایی با نظر ۱۰ متخصص و روایی سازه با تحلیل عاملی تأیید شد. پایایی با آلفای کرونباخ برای تمامی ابعاد بالاتر از ۰/۷۰ حاصل شد.

برای تحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای SPSS²⁶ و AMOS²⁴ استفاده شد. آزمون‌های آماری شامل آمار توصیفی، آلفای کرونباخ برای پایایی، تحلیل عاملی تأییدی برای سازه، مدل‌سازی معادلات ساختاری برای آزمون روابط، شاخص‌های برازش مدل شامل $RMSEA$, CFI , GFI , TLI , IFI و ضریب تعیین برای قدرت تبیین‌کنندگی و آزمون t برای بررسی معنی‌داری بود. سطح معنی‌داری برای تمامی آزمون‌ها ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

در مرحله فراترکیب، که روشی برای ترکیب و تفسیر یافته‌های مطالعات کیفی است، از رویکرد هفت مرحله‌ای سندلوسکی و باروسو استفاده شد (۲۱). این مراحل شامل تدوین سؤال پژوهش، جستجوی نظام‌مند در پایگاه‌های داده، ارزیابی کیفیت مطالعات، استخراج داده‌ها، تحلیل و ترکیب یافته‌ها، کنترل کیفیت و ارائه نتایج بود. پس از جستجوی نظام‌مند در پایگاه‌های داده، ۲۹۳ مقاله شناسایی شد که پس از غربالگری بر اساس معیارهای ورود و خروج و ارزیابی کیفی با ابزار CASP، ۳۹ مقاله برای تحلیل نهایی انتخاب شدند. فرآیند انتخاب مقالات در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱: فرآیند غربالگری و انتخاب مقالات پژوهش

تحلیل محتوای کیفی مقالات منتخب منجر به شناسایی ۳۹ مؤلفه گردید که در ۷ بُعد اصلی طبقه‌بندی شدند. این ابعاد عبارتند از: زیرساخت فناوری و دیجیتال، نیروی انسانی و مهارت، فرآیندها و خدمات هوشمند، مدیریت داده و هوش مصنوعی، حکمرانی و سیاستگذاری، امنیت و حریم خصوصی، همکاری و یکپارچگی. مؤلفه‌های مرتبط با هر بُعد به همراه منابع پشتیبان در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: مفاهیم استخراج‌شده از مرور ادبیات

ابعاد	مؤلفه‌ها	مفاهیم	منابع
زیرساخت فناوری و دیجیتال	سیستم‌های اطلاعات سلامت	پرونده الکترونیک سلامت، سیستم مدیریت اطلاعات بیمارستانی، سیستم نوبت‌دهی الکترونیک	(۶)، (۱۱)
	زیرساخت شبکه و اینترنت	پهنای باند، شبکه 5G، زیرساخت ارتباطی امن	(۹)، (۱۰)، (۲۴)
	سخت‌افزار و تجهیزات پزشکی هوشمند	ربات‌های جراحی، تجهیزات تشخیصی هوشمند، سنسورهای پایش سلامت	(۴)، (۵)
	اینترنت اشیاء پزشکی	پلتفرم‌های یکپارچه‌سازی داده	(۶)، (۹)
نیروی انسانی و مهارت	سواد دیجیتال کارکنان	مهارت‌های کامپیوتری پایه، درک فناوری‌های نوین، توانایی کار با نرم‌افزارها	(۱۷)، (۱۹)
	آموزش مستمر فناوری‌های نوین	دوره‌های بازآموزی، یادگیری الکترونیکی، کارگاه‌های عملی	(۸)، (۱۶)
	مهارت‌های تحلیل داده	آمار، تحلیل پیشرفته، درک الگوها و روندها	(۱۲)، (۲۵)
	توانایی کار با سیستم‌های هوشمند	تعامل با هوش مصنوعی، درک محدودیت‌ها و قابلیت‌ها	(۱۹)
توسعه رهبران تحول دیجیتال	توسعه رهبران تحول دیجیتال	مدیریت تغییر دیجیتال، رهبری نوآوری، مهارت‌های تصمیم‌گیری داده‌محور، تفکر استراتژیک دیجیتال	(۱۶)، (۲۵)
	مهارت‌های همکاری در محیط مجازی	کار تیمی آنلاین، مدیریت پروژه‌های مجازی، ارتباطات دیجیتال، همکاری از راه دور	(۸)، (۲۶)
	توانمندسازی در حوزه امنیت سایبری	آگاهی امنیتی، شناخت تهدیدات سایبری، رعایت پروتکل‌های امنیتی، مدیریت ریسک‌های سایبری	(۱۴)، (۱۹)

ابعاد	مؤلفه‌ها	مفاهیم	منابع
فرآیندها و خدمات هوشمند	خودکارسازی فرآیندهای بالینی	مستندسازی خودکار، پردازش خودکار تصاویر، تجویز هوشمند دارو	(۲۶)
	پزشکی از راه دور	ویزیت آنلاین، مشاوره از راه دور، پایش از راه دور	(۲۷)، (۲۸)
	مراقبت پیشگیرانه هوشمند	پیش‌بینی خطرات سلامتی، مداخلات پیشگیرانه، پایش مداوم	(۱۸)، (۲۹)
مدیریت داده و هوش مصنوعی	پزشکی شخصی‌سازی شده	درمان مبتنی بر ژنوم، دارودرمانی شخصی‌سازی شده	(۱۸)، (۲۵)، (۲۹)
	مدیریت کلان داده‌های سلامت	ذخیره‌سازی ابری، پردازش توزیع شده، مدیریت داده‌های ساختاریافته و غیرساختاریافته	(۹)، (۱۲)
	سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری	الگوریتم‌های تشخیصی، سیستم‌های توصیه‌گر، هشدارهای بالینی	(۱۱)، (۳۰)، (۳۱)
	تحلیل پیش‌بینانه	مدل‌های پیش‌بینی بیماری، تحلیل روند، شناسایی ریسک	(۳۲)
حکمرانی و سیاستگذاری	خودکارسازی مبتنی بر رباتیک	اتوماسیون فرآیندهای اداری، پردازش خودکار اسناد پزشکی، مدیریت خودکار صورتحساب‌ها، بهینه‌سازی گردش کار	(۴)، (۵)، (۳۳)
	پردازش زبان طبیعی در حوزه سلامت	استخراج اطلاعات از متون پزشکی، تبدیل گفتار به متن در مستندسازی پزشکی، تحلیل احساسات بیماران، چت‌بات‌های پزشکی	(۳۴)، (۳۵)
	چارچوب قانونی فناوری‌های نوین	مقررات حریم خصوصی، استانداردهای امنیتی، مجوزهای قانونی	(۱۳)، (۳۱)، (۳۶)
	استانداردهای فنی و عملیاتی	پروتکل‌های تبادل داده، استانداردهای کدگذاری، معماری مرجع	(۳۶)، (۳۷)
امنیت و حریم خصوصی	مدیریت تغییر سازمانی	برنامه‌ریزی تحول، مدیریت مقاومت، توسعه فرهنگ سازمانی	(۱۷)، (۳۸)
	توسعه استانداردهای بین‌المللی سلامت دیجیتال	همکاری با سازمان‌های استانداردسازی، تطابق با استانداردهای جهانی، مشارکت در تدوین استانداردها	(۱۱)، (۳۶)
	مدیریت تعارض منافع در حوزه سلامت دیجیتال	شفافیت در تصمیم‌گیری، سیاست‌های افشای منافع، نظارت بر قراردادهای حاکمیت شرکتی	(۲۶)، (۳۶)
	امنیت سایبری سیستم‌ها	فایروال‌ها، سیستم‌های تشخیص نفوذ، امنیت شبکه	(۶)، (۱۴)
همکاری و یکپارچگی	حفاظت از داده‌های بیماران	رمزنگاری، کنترل دسترسی، محرمانگی	(۳۲)، (۳۹)
	مدیریت دسترسی‌ها	احراز هویت چندعاملی، سطوح دسترسی، ردیابی فعالیت‌ها	(۲۴)، (۲۷)، (۴۰)
	پروتکل‌های تداوم کسب و کار	برنامه‌های بازیابی فاجعه، مدیریت بحران سایبری، سایت‌های پشتیبان، سیستم‌های بازیابی خودکار	(۱۷)، (۴۱)
	ممیزی و ارزیابی امنیتی مداوم	تست نفوذ، ارزیابی آسیب‌پذیری، پایش امنیتی مستمر، گزارش‌های دوره‌ای امنیت	(۱۳)، (۱۴)
همکاری بین سازمانی	مدیریت هویت و دسترسی	مدیریت نقش‌های سازمانی، احراز هویت بیومتریک، کنترل دسترسی مبتنی بر نقش	(۲۷)، (۳۲)
	امنیت اینترنت اشیا پزشکی	رمزنگاری دستگاه‌های پزشکی، امنیت شبکه‌های سنسور، پروتکل‌های امن ارتباطی اینترنت اشیا، مدیریت امنیت دستگاه‌های متصل	(۵)، (۹)
	حفاظت از دارایی‌های فکری و داده‌های تحقیقاتی	طبقه‌بندی داده‌ها، مدیریت حقوق دیجیتال، حفاظت از اسرار تجاری، امنیت داده‌های پژوهشی	(۱۲)، (۳۹)
	تبادل داده استاندارد	تبادل اطلاعات، پروتکل‌های همکاری، شبکه‌های مراقبت	(۶)، (۴۲)
تبادل داده استاندارد	مشارکت ذی‌نفعان	استانداردهای HL7، DICOM، FHIR	(۱۰)، (۴۳)
	توسعه اکوسیستم نوآوری سلامت دیجیتال	همکاری با بیمه‌ها، ارتباط با صنعت، تعامل با بیماران	(۲۶)، (۳۶)
	ایجاد پلتفرم‌های همکاری چندجانبه	شتاب‌دهنده‌های سلامت دیجیتال، مراکز نوآوری، همکاری با استارت‌آپ‌ها، پارک‌های علم و فناوری سلامت	(۶)، (۲۸)، (۳۶)
		پورتال‌های تعاملی، سیستم‌های مدیریت پروژه مشترک، فضاهای کاری مجازی مشترک، ابزارهای همکاری تیمی	(۱۰)، (۴۴)

کمی سازی قضاوت های کیفی می پردازد. در این مطالعه، ۱۲ متخصص در حوزه های سلامت دیجیتال، انقلاب صنعتی چهارم و مدیریت نظام های سلامت مشارکت داشتند. مشخصات جمعیت شناختی اعضای پنل در جدول ۱ ارائه شده است.

در مرحله دوم، الگوی اولیه حاصل از فراترکیب با استفاده از روش دلفی فازی مورد ارزیابی و پالایش قرار گرفت. دلفی فازی روشی است که با ترکیب تکنیک دلفی و منطق فازی، امکان مدیریت عدم قطعیت و ابهام در نظرات خبرگان را فراهم می کند و به

جدول ۱: مشخصات جمعیت شناختی اعضای پنل دلفی

ردیف	جنسیت	تحصیلات	رشته تحصیلی	سابقه کار (سال)
۱	مرد	دکتری	مدیریت سلامت	۱۸
۲	مرد	دکتری	فناوری اطلاعات سلامت	۲۰
۳	زن	دکتری	مدیریت سلامت	۱۶
۴	مرد	دکتری	مهندسی صنایع	۲۲
۵	زن	دکتری	فناوری اطلاعات سلامت	۱۵
۶	مرد	دکتری	مدیریت فناوری	۱۹
۷	مرد	دکتری	مدیریت سلامت	۱۷
۸	زن	دکتری	فناوری اطلاعات سلامت	۲۱
۹	مرد	دکتری	مهندسی صنایع	۱۸
۱۰	زن	دکتری	مدیریت فناوری	۱۶
۱۱	مرد	دکتری	مهندسی صنایع	۲۰
۱۲	زن	دکتری	فناوری اطلاعات سلامت	۱۹

با سیستم های هوشمند، سواد دیجیتال کارکنان، پزشکی شخصی سازی شده و تبادل داده استاندارد) از مدل حذف شدند. نتایج نهایی دلفی فازی منجر به تأیید الگویی شامل ۷ بُعد و ۴۹ مؤلفه گردید. جدول ۲ نتایج نهایی دلفی فازی را نشان می دهد.

متخصصان ضمن ارزیابی ۳۹ مؤلفه موجود، ۱۶ مؤلفه جدید را نیز پیشنهاد دادند که در دور دوم دلفی مورد ارزیابی قرار گرفت. نظرسنجی طی سه دور انجام شد و در نهایت، ۶ مؤلفه که مقدار دی فازی کمتر از ۰/۷ داشتند (توسعه استانداردهای بین المللی سلامت دیجیتال، مدیریت تعارض منافع، توانایی کار

جدول ۲: ابعاد و مؤلفه های مؤثر بر آمادگی نظام سلامت برای ورود به نسل چهارم صنعت با رویکرد دلفی فازی

کد	مؤلفه ها	ابعاد
TDI1	سیستم های اطلاعات سلامت	زیر ساخت فناوری و دیجیتال
TDI2	زیر ساخت شبکه و اینترنت	
TDI3	سخت افزار و تجهیزات پزشکی هوشمند	
TDI4	پلتفرم های یکپارچه سازی داده	
TDI5	اینترنت اشیا پزشکی	
TDI6	مدیریت یکپارچه زیر ساخت های ابری	
TDI7	معماری میکروسرویس محور	
TDI8	زیر ساخت محاسبات لبه ای در مراکز درمانی	
HRS1	آموزش مستمر فناوری های نوین	نیروی انسانی و مهارت
HRS2	مهارت های تحلیل داده	
HRS3	توسعه رهبران تحول دیجیتال	
HRS4	مهارت های همکاری در محیط مجازی	

کد	مؤلفه‌ها	ابعاد
HRS5	توانمندسازی در حوزه امنیت سایبری	
HRS6	توسعه متخصصین تحلیل داده‌های سلامت	
HRS7	مهارت‌های طراحی تجربه کاربری در سلامت دیجیتال	
HRS8	برنامه‌های منتورشیپ فناوری‌های نوین	
SPS1	خودکارسازی فرآیندهای بالینی	فرآیندها و خدمات هوشمند
SPS2	پزشکی از راه دور	
SPS3	مراقبت پیشگیرانه هوشمند	
SPS4	خدمات مراقبت در منزل هوشمند	
SPS5	سیستم‌های پایش بیماری‌های مزمن	
SPS6	فرآیندهای مدیریت دارو هوشمند	
DAI1	مدیریت کلان داده‌های سلامت	مدیریت داده و هوش مصنوعی
DAI2	سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری	
DAI3	تحلیل پیش‌بینانه	
DAI4	خودکارسازی مبتنی بر رباتیک (Robotic Process Automation: RPA)	
DAI5	پردازش زبان طبیعی در حوزه سلامت	
DAI6	یکپارچه‌سازی داده‌های بالینی و اداری	
DAI7	الگوریتم‌های تشخیص تصویری پیشرفته	
DAI8	سیستم‌های پیش‌بینی پذیرش بیمارستانی	
GPM1	چارچوب قانونی فناوری‌های نوین	حکمرانی و سیاستگذاری
GPM2	استانداردهای فنی و عملیاتی	
GPM3	مدیریت تغییر سازمانی	
GPM4	چارچوب ارزیابی بلوغ دیجیتال	
GPM5	سیاست‌های حمایت از نوآوری بومی	
SAP1	امنیت سایبری سیستم‌ها	امنیت و حریم خصوصی
SAP2	حفاظت از داده‌های بیماران	
SAP3	مدیریت دسترسی‌ها	
SAP4	پروتکل‌های تداوم کسب و کار	
SAP5	ممیزی و ارزیابی امنیتی مداوم	
SAP6	مدیریت هویت و دسترسی یکپارچه	
SAP7	امنیت اینترنت اشیا پزشکی	
SAP8	حفاظت از دارایی‌های فکری و داده‌های تحقیقاتی	
SAP9	سیستم‌های تشخیص تقلب هوشمند	
SAP10	مدیریت هویت دیجیتال بیماران	
CAI1	همکاری بین سازمانی	همکاری و یکپارچگی
CAI2	مشارکت ذینفعان	
CAI3	توسعه اکوسیستم نوآوری سلامت دیجیتال	
CAI4	ایجاد پلتفرم‌های همکاری چندجانبه	

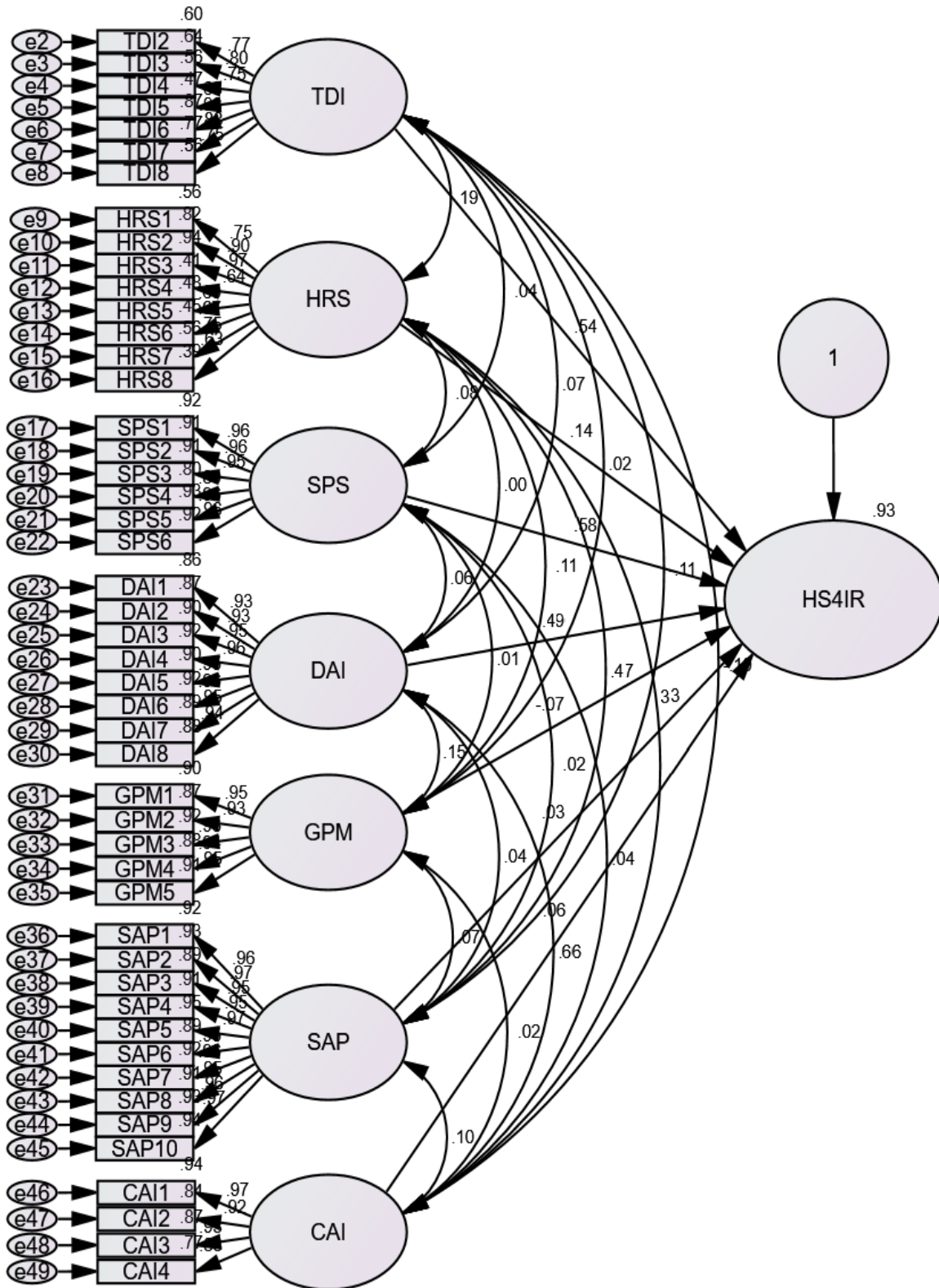
شاخص میانگین واریانس استخراج شده (AVE) استفاده شد که میزان همبستگی یک سازه با شاخص‌های خود را نشان می‌دهد. مقدار AVE بالاتر از ۰/۵ نشان‌دهنده روایی همگرای مناسب است (۲۲). نتایج نشان داد که AVE برای تمامی ابعاد بالاتر از ۰/۵ بود. همچنین برای ارزیابی روایی واگرا، مقادیر AVE با حداکثر واریانس مشترک (MSV) و میانگین واریانس مشترک (ASV) مقایسه شد. شرایط $AVE > MSV$ و $AVE > ASV$ برای تمامی ابعاد برقرار بود که نشان‌دهنده تمایز مناسب ابعاد از یکدیگر است. پایایی ترکیبی (CR) که بیانگر سازگاری درونی شاخص‌ها است (۲۲)، برای تمامی متغیرها بالاتر از ۰/۷ حاصل شد. بار عاملی هر شاخص نشان‌دهنده میزان ارتباط آن شاخص با بعد مربوطه است. بارهای عاملی بالاتر از ۰/۵ قابل قبول و بالاتر از ۰/۷ مطلوب تلقی می‌شوند (۲۳). در تحلیل اولیه، مشخص شد که بار عاملی شاخص TDI1 (سیستم‌های اطلاعات سلامت) کمتر از ۰/۵ است، لذا این شاخص از مدل حذف گردید و مدل اصلاح شده مجدداً مورد آزمون قرار گرفت. در مدل اصلاح شده، بارهای عاملی تمامی شاخص‌ها بالاتر از ۰/۵ و معنی‌دار بودند (> 0.05) (p). شکل ۲ مدل ساختاری پژوهش را در حالت تخمین ضرایب استاندارد نشان می‌دهد.

در مرحله سوم، الگوی حاصل از مراحل کیفی، با استفاده از تحلیل عاملی تأییدی و بر اساس داده‌های جمع‌آوری شده از ۲۴۵ متخصص و کارشناس نظام سلامت مورد آزمون قرار گرفت. مشخصات جمعیت‌شناختی پاسخ‌دهندگان در جدول ارائه شده است.

جدول ۴: مشخصات جمعیت‌شناختی پاسخ‌دهندگان

متغیر	طبقه	فراوانی	درصد
جنسیت	مرد	۱۴۲	۵۸/۰
	زن	۱۰۳	۴۲/۰
تحصیلات	کارشناسی	۸۷	۳۵/۵
	کارشناسی ارشد	۱۱۲	۴۵/۷
	دکتری	۴۶	۱۸/۸
سابقه کار	۱۰ تا ۱۵ سال	۹۸	۴۰/۰
	۱۶ تا ۲۰ سال	۸۹	۳۶/۳
	بیش از ۲۰ سال	۵۸	۲۳/۷
حوزه فعالیت	مدیریت سلامت	۷۸	۳۱/۸
	فناوری اطلاعات سلامت	۹۲	۳۷/۶
	انفورماتیک پزشکی	۴۵	۱۸/۴
	سایر	۳۰	۱۲/۲

در جریان تحلیل عاملی تأییدی، ابتدا روایی و پایایی ابزار سنجش مورد بررسی قرار گرفت. برای ارزیابی روایی همگرا از



شکل ۲: مدل ساختاری در حالت تخمین ضرایب استاندارد

شاخص‌های برازش مدل برای ارزیابی تناسب کلی مدل با داده‌های تجربی مورد استفاده قرار گرفتند. شاخص X^2/df (نسبت کای‌اسکور به درجه آزادی) که مقادیر کمتر از ۳ نشان‌دهنده برازش خوب است، برابر $2/444$ به دست آمد. شاخص RMSEA (ریشه میانگین مجذورات خطای تقریب) که مقادیر کمتر از $0/08$ قابل قبول است، برابر $0/077$ حاصل شد. شاخص‌های CFI، TLI و IFI که مقادیر بالاتر از $0/9$ نشان‌دهنده برازش مطلوب هستند، به ترتیب برابر $0/915$ ، $0/922$ و $0/922$ بودند. به طور کلی، شاخص‌های برازش نشان دادند که مدل از تناسب مناسبی برخوردار است. همچنین، ضریب تعیین (R^2) نشان داد که مدل توانسته ۹۳ درصد از تغییرات متغیر آمادگی نظام سلامت را تبیین کند که نشان‌دهنده قدرت تبیین‌کنندگی بالای مدل طراحی شده است.

نتایج آزمون فرضیات نشان داد که تمامی ابعاد هفت‌گانه تأثیر معنی‌داری بر آمادگی نظام سلامت برای ورود به نسل چهارم صنعت دارند ($p < 0/05$). به عنوان نمونه، فرضیه اول پژوهش بیان می‌کند که «زیرساخت فناوری و دیجیتال بر

آمادگی نظام سلامت برای ورود به نسل چهارم صنعت تأثیر معنی‌داری دارد». برای آزمون این فرضیه، از مدل‌سازی معادلات ساختاری و بررسی ضریب مسیر استفاده شد. ضریب مسیر نشان‌دهنده قدرت و جهت رابطه بین دو متغیر است و مقادیر آن بین -1 تا $+1$ قرار دارد. ضریب مسیر این بُعد برابر $0/537$ به دست آمد که نشان می‌دهد زیرساخت فناوری و دیجیتال تأثیر مثبت و نسبتاً قوی بر آمادگی نظام سلامت دارد. مقدار آماره t برابر $9/527$ بود که با توجه به بزرگ‌تر بودن از $1/96$ ، نشان‌دهنده معنی‌داری ضریب مسیر در سطح اطمینان ۹۹ درصد است. مقدار p کمتر از $0/01$ به دست آمد که تأیید می‌کند احتمال خطای رد فرضیه صفر (عدم وجود رابطه) بسیار پایین است. بنابراین، فرضیه اول تأیید شد و می‌توان نتیجه گرفت که توسعه زیرساخت‌های فناوری و دیجیتال یکی از عوامل کلیدی در افزایش آمادگی نظام سلامت برای ورود به نسل چهارم صنعت است. جدول ۳ نتایج آزمون تمامی فرضیات پژوهش و رتبه‌بندی ابعاد را نشان می‌دهد. ابعاد بر اساس ضریب مسیر رتبه‌بندی شده‌اند که نشان‌دهنده اهمیت نسبی هر بُعد در آمادگی نظام سلامت است.

جدول ۳: آزمون فرضیه‌های پژوهش و رتبه‌بندی ابعاد

رتبه	نتیجه	ضریب مسیر	مقدار p^*	مقدار t	فرضیات
۱	تأیید	$0/664$	$0/030$	$2/201$	همکاری و یکپارچگی ← آمادگی نظام سلامت برای ورود به نسل چهارم صنعت
۲	تأیید	$0/577$	$0/026$	$2/531$	فرآیندها و خدمات هوشمند ← آمادگی نظام سلامت برای ورود به نسل چهارم صنعت
۳	تأیید	$0/537$	$< 0/01$	$9/527$	زیرساخت فناوری و دیجیتال ← آمادگی نظام سلامت برای ورود به نسل چهارم صنعت
۴	تأیید	$0/495$	$0/022$	$2/1869$	مدیریت داده و هوش مصنوعی ← آمادگی نظام سلامت برای ورود به نسل چهارم صنعت
۵	تأیید	$0/470$	$0/026$	$2/354$	حکمرانی و سیاستگذاری ← آمادگی نظام سلامت برای ورود به نسل چهارم صنعت
۶	تأیید	$0/332$	$0/033$	$2/623$	امنیت و حریم خصوصی ← آمادگی نظام سلامت برای ورود به نسل چهارم صنعت
۷	تأیید	$0/136$	$0/013$	$2/494$	نیروی انسانی و مهارت ← آمادگی نظام سلامت برای ورود به نسل چهارم صنعت

* معنی‌دار در سطح $p < 0/05$

حکمرانی، مدیریت تغییر سازمانی ($0/962$)، در بُعد امنیت، ممیزی و ارزیابی امنیتی مداوم ($0/972$) و در بُعد نیروی انسانی، توسعه رهبران تحول دیجیتال ($0/970$) به عنوان مهم‌ترین مؤلفه‌ها شناسایی شدند. رتبه‌بندی کامل تمامی مؤلفه‌های ۴۸‌گانه مدل در پیوست ۱ ارائه شده است.

بحث

هدف پژوهش حاضر، طراحی الگوی آمادگی نظام سلامت برای ورود به نسل چهارم صنعت بود. یافته‌های پژوهش منجر

در سطح مؤلفه‌ها نیز، رتبه‌بندی بر اساس بارهای عاملی انجام شد. نتایج نشان داد که در بُعد همکاری و یکپارچگی، همکاری بین سازمانی ($0/967$) بالاترین بار عاملی را داشت. در بُعد فرآیندها و خدمات هوشمند، سیستم‌های پایش بیماری‌های مزمن ($0/963$) و در بُعد زیرساخت فناوری، مدیریت یکپارچه زیرساخت‌های ابری ($0/941$) از اهمیت بیشتری برخوردار بودند. همچنین در بُعد مدیریت داده و هوش مصنوعی، خودکارسازی مبتنی بر رباتیک ($0/960$)، در بُعد

به ارائه الگویی با ۷ بعد و ۴۸ مؤلفه گردید که همگی تأثیر معنی‌داری بر آمادگی نظام سلامت داشتند.

یافته اصلی پژوهش نشان داد بعد همکاری و یکپارچگی بیشترین تأثیر را بر آمادگی نظام سلامت دارد. این یافته قابل تفسیر است زیرا تحول دیجیتال در نظام سلامت ماهیتاً یک فرآیند بین‌سازمانی است که نیازمند هماهنگی میان بیمارستان‌ها، بیمه‌گرها، ارائه‌دهندگان فناوری و سیاستگذاران می‌باشد. بدون ایجاد پلتفرم‌های همکاری و استانداردهای مشترک، حتی پیشرفته‌ترین فناوری‌ها نیز نمی‌توانند مؤثر عمل کنند. این یافته با مطالعه بنیسی و همکاران (۲۰۲۱) در بررسی نظام‌های سلامت اروپایی و تورتولا و همکاران (۲۰۲۲) در بیمارستان‌های برزیل که بر اهمیت همکاری‌های بین‌سازمانی تأکید کردند، همخوانی دارد (۲۶،۶).

ابعاد فرآیندها و خدمات هوشمند و زیرساخت فناوری و دیجیتال در رتبه‌های دوم و سوم قرار گرفتند که با مطالعات، اسیتو و همکاران (۲۰۲۰) در ایتالیا، الجارودی و همکاران (۲۰۲۰) در امارات متحده عربی و آواد و همکاران (۲۰۲۱) در بریتانیا همخوانی دارد (۲۷،۱۰،۹). این یافته نشان می‌دهد نظام سلامت نیازمند بازطراحی فرآیندها و تقویت زیرساخت‌های فنی است. در بعد فرآیندها، سیستم‌های پایش بیماری‌های مزمن بالاترین بار عاملی را داشت که با توجه به افزایش بار بیماری‌های مزمن، استفاده از فناوری‌های دیجیتال برای پایش مستمر می‌تواند به کاهش هزینه‌ها کمک شایانی کند. در بعد زیرساخت، مدیریت یکپارچه زیرساخت‌های ابری بالاترین اهمیت را داشت که نشان‌دهنده گرایش به سمت معماری‌های انعطاف‌پذیر است و با مطالعه ماسودا و همکاران (۲۰۲۱) در ژاپن همسو است (۴۴).

مدیریت داده و هوش مصنوعی در رتبه چهارم قرار گرفت که با مطالعات کاراتاس و همکاران (۲۰۲۲) در ترکیه و لی و کیم (۲۰۲۴) در کره جنوبی همخوانی دارد (۱۲،۲۵). خودکارسازی مبتنی بر رباتیک بالاترین اهمیت را داشت که نشان‌دهنده تمایل به بهینه‌سازی فرآیندهای اداری است. ابعاد حکمرانی و سیاستگذاری، امنیت و حریم خصوصی در رتبه‌های پنجم و ششم قرار گرفتند که با مطالعات کونزیاس و همکاران (۲۰۲۳)، آنتونی و همکاران (۲۰۲۳) و پارک و همکاران (۲۰۲۲) همسو است (۳۶، ۱۳، ۱۷). در بعد حکمرانی، مدیریت تغییر سازمانی و در بعد امنیت، ممیزی و ارزیابی امنیتی مداوم

بالاترین اهمیت را داشتند که نشان‌دهنده نقش حیاتی مدیریت جنبه‌های انسانی و حفاظت از داده‌های حساس است.

نیروی انسانی و مهارت، علی‌رغم اهمیت ذاتی، کمترین ضریب تأثیر را داشت. این یافته می‌تواند بیانگر این باشد که در مراحل اولیه آمادگی، تمرکز بیشتر بر ابعاد ساختاری و فنی است، اما این بدان معنا نیست که توسعه منابع انسانی اهمیت ندارد. چاندر و همکاران (۲۰۲۲) در هند نیز به این نتیجه رسیدند که توسعه نیروی انسانی در مراحل پیشرفته‌تر اهمیت بیشتری می‌یابد (۸).

این پژوهش اولین مطالعه جامع در ایران است که با رویکرد ترکیبی به طراحی و اعتبارسنجی الگوی آمادگی نظام سلامت پرداخته است. همچنین، اولویت‌بندی دقیق ابعاد و مؤلفه‌های آمادگی، افزوده ارزشمندی به ادبیات موضوع است. از نقاط قوت این پژوهش، استفاده از رویکرد ترکیبی، جامعیت ابعاد الگو، اعتبارسنجی با نمونه بزرگ و بومی‌سازی برای نظام سلامت ایران است. یافته‌ها با توجه به تنوع جامعه نمونه و حجم مناسب، قابلیت تعمیم به نظام سلامت ایران را دارد، اما تعمیم به سایر کشورها نیازمند مطالعات تطبیقی است.

از محدودیت‌های پژوهش می‌توان به محدود بودن مطالعات پیشین جامع در زمینه آمادگی نظام سلامت برای صنعت ۴/۰ به ویژه در زبان فارسی اشاره کرد که باعث شد بیشتر بر منابع بین‌المللی تکیه شود. از آنجا که این پژوهش در زمان خاصی انجام شده، ممکن است برخی فناوری‌های نوظهور که بعداً مطرح شده‌اند در مدل لحاظ نشده باشند. پژوهش‌های آتی می‌توانند با استفاده از الگوی ارائه شده، به ارزیابی عملی سطح آمادگی نظام سلامت در جوامع مختلف بپردازند. همچنین، انجام مطالعات تطبیقی میان نظام‌های سلامت کشورهای مختلف و بررسی تفاوت‌ها و شباهت‌ها می‌تواند به غنای دانش در این حوزه کمک کند.

نتیجه‌گیری

آمادگی نظام سلامت برای ورود به نسل چهارم صنعت، یک فرآیند چندبعدی و پیچیده است که نیازمند توجه همزمان به ابعاد فنی، انسانی، فرآیندی، مدیریت داده، حکمرانی، امنیتی و به‌ویژه همکاری و یکپارچگی می‌باشد. این پژوهش نشان داد که موفقیت در این مسیر، فراتر از صرف سرمایه‌گذاری در فناوری است و نیازمند ایجاد اکوسیستمی یکپارچه، توسعه فرآیندهای

اطلاعات آن‌ها به صورت محرمانه نگهداری شده و تنها برای اهداف علمی مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

سیاسگزاری

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند مراتب سپاس و قدردانی خود را از کلیه متخصصان و کارشناسان محترم نظام سلامت که در فرآیند پژوهش مشارکت داشته‌اند، اعلام نمایند. همچنین از اعضای محترم پنل دلفی که با ارائه نظرات ارزشمند خود به غنای الگوی پژوهش کمک شایانی نمودند و نیز تمامی پاسخ‌دهندگان به پرسشنامه‌ها که وقت گرانبهای خود را در اختیار این پژوهش قرار دادند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

مشارکت نویسندگان

طراحی پژوهش: م. ح. گ.، م. ح. ش.، ع. خ.

جمع‌آوری داده‌ها: م. ح. گ.

تحلیل داده‌ها: م. ح. گ.، م. ح. ش.

نگارش و اصلاح مقاله: م. ح. گ.، م. ح. ش.، ع. خ.

سازمان حمایت کننده

این پژوهش بدون حمایت مالی هیچ سازمان یا نهادی انجام شده است.

تعارض منافع

هیچگونه تعارض منافی از سوی نویسندگان گزارش نشده است.

هوشمند و تقویت همکاری‌های بین‌سازمانی است. الگوی ارائه شده می‌تواند به عنوان چارچوبی راهنما برای سیاستگذاران و مدیران نظام سلامت در ارزیابی وضعیت موجود، شناسایی شکاف‌ها و اولویت‌بندی اقدامات لازم مورد استفاده قرار گیرد. از منظر کاربردی، این پژوهش به توسعه علم مدیریت سلامت با ارائه یک ابزار عملیاتی برای سنجش و ارتقای آمادگی دیجیتال کمک می‌کند. مهم‌ترین پیشنهادات اجرایی عبارتند از تقویت همکاری‌های بین‌سازمانی از طریق ایجاد کارگروه‌های مشترک و توسعه استانداردهای واحد تبادل داده، سرمایه‌گذاری در توسعه سیستم‌های پایش هوشمند بیماری‌های مزمن به عنوان یک اولویت ملی، ایجاد زیرساخت‌های ابری یکپارچه با تأکید بر امنیت و قابلیت همکاری، پیاده‌سازی برنامه‌های جامع مدیریت تغییر سازمانی برای آماده‌سازی کارکنان، توسعه شتاب‌دهنده‌ها و مراکز نوآوری سلامت دیجیتال برای حمایت از راهکارهای بومی. این اقدامات می‌توانند به تحقق تحول دیجیتال پایدار در نظام سلامت کشور کمک شایانی نمایند.

ملاحظات اخلاقی

این پژوهش با کد ۱۶۲۵۸۳۵۴۳ در دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج تأیید شده است. در تمامی مراحل پژوهش، اصول اخلاقی شامل محرمانگی اطلاعات شرکت‌کنندگان، رضایت آگاهانه برای مشارکت و حق انصراف در هر مرحله از پژوهش رعایت گردید. به شرکت‌کنندگان اطمینان داده شد که

References

- 1) Khan M, Haleem A, Javaid M. Changes and improvements in industry 5.0: a strategic approach to overcome the challenges of industry 4.0. *Green Technologies and Sustainability* 2023; 1(2): 100020. doi: 10.1016/j.grets.2023.100020.
- 2) Bongomin O, Yemane A, Kembabazi B, Malanda C, Chikonkolo Mwape M, Sheron Mpofu N, et al. Industry 4.0 disruption and its neologisms in major industrial sectors: a state of the art. *Journal of Engineering* 2020; 2020(1): 8090521. doi: 10.1155/2020/8090521.
- 3) Ahsan MM, Siddique Z. Industry 4.0 in healthcare: a systematic review. *International Journal of Information Management Data Insights* 2022; 2(1): 100079. doi: 10.1016/j.ijime.2022.100079.
- 4) Javaid M, Haleem A. Industry 4.0 applications in medical field: a brief review. *Current Medicine Research and Practice* 2019; 9(3): 102-9. doi: 10.1016/j.cmrp.2019.04.001.
- 5) Paul S, Riffat M, Yasir A, Mahim MN, Sharnali BY, Naheen IT, et al. Industry 4.0 applications for medical/healthcare services. *Journal of Sensor and Actuator Networks* 2021; 10(3): 43. doi: 10.3390/jsan10030043.
- 6) Benis A, Tamburis O, Chronaki C, Moen A. One digital health: a unified framework for future health ecosystems. *Journal of Medical Internet Research* 2021; 23(2): e22189. doi: 10.2196/22189. PMID: 33492240. PMCID: 7886486.
- 7) Marwaha JS, Landman AB, Brat GA, Dunn T, Gordon WJ. Deploying digital health tools within large, complex health systems: key considerations for adoption and implementation. *NPJ Digital Medicine* 2022; 5(1): 13. doi: 10.1038/s41746-022-00557-1.



- 8) Chandra M, Kumar K, Thakur P, Chattopadhyaya S, Alam F, Kumar S. Digital technologies, healthcare and Covid-19: insights from developing and emerging nations. *Health and Technology* 2022; 12(2): 547-68. doi: 10.1007/s12553-022-00650-1.
- 9) Aceto G, Persico V, Pescapé A. Industry 4.0 and health: internet of things, big data, and cloud computing for healthcare 4.0. *Journal of Industrial Information Integration* 2020; 18: 100129. doi: 10.1016/j.jii.2020.100129.
- 10) Al-Jaroodi J, Mohamed N, Abukhousa E. Health 4.0: on the way to realizing the healthcare of the future. *IEEE Access* 2020; 8: 211189-210. doi: 10.1109/access.2020.3038858.
- 11) Jayaraman PP, Forkan ARM, Morshed A, Haghghi PD, Kang YB. Healthcare 4.0: a review of frontiers in digital health. *WIREs Data Mining and Knowledge Discovery* 2020; 10(2): e1350. doi: 10.1002/widm.1350.
- 12) Karatas M, Eriskin L, Deveci M, Pamucar D, Garg H. Big data for healthcare industry 4.0: applications, challenges and future perspectives. *Expert Systems with Applications* 2022; 200: 116912. doi: 10.1016/j.eswa.2022.116912.
- 13) Kotzias K, Bukhsh FA, Arachchige JJ, Daneva M, Abhishta A. Industry 4.0 and healthcare: context, applications, benefits and challenges. *IET Software* 2023; 17: 195-248. doi: 10.1049/sfw2.12074.
- 14) Goswami C, Tamil Selvi P, Sreenivas V, Seetha J, Kiran A, Talasila V, et al. Retraction note: securing healthcare big data in industry 4.0: cryptography encryption with hybrid optimization algorithm for IoT applications. *Optical and Quantum Electronics* 2023; 56: 366. doi: 10.1007/s11082-024-07445-w.
- 15) Bahrami MR, Hashemzadeh GR, Shahmansouri A, Fathi Hefeshjani K. Analyzing effective components in industry 4.0 readiness assessments. *Journal of Industrial Management Perspective* 2023; 13(2): 267-97. doi: 10.48308/jimp.13.2.267. [Persian]
- 16) Ansari I, Barati M, Sadeghi Moghadam MR, Ghobakhloo M. A review of organizational readiness models for entering the fourth industrial revolution. *Journal of Modern Management Engineering* 2023; 9(2): 201-28. doi: 10.30495/jmemiau.2023.706498. [Persian]
- 17) Antony J, Sony M, McDermott O. Conceptualizing industry 4.0 readiness model dimensions: an exploratory sequential mixed-method study. *The TQM Journal* 2023; 35(2): 577-96. doi: 10.1108/TQM-06-2021-0180.
- 18) Mazroui Nasrabadi E, Sadeqi Arani Z, Salmannejad M. Modeling and scenario analysis of critical success factors for the implementation of industry 4.0 in healthcare. *Business Intelligence Management Studies* 2023; 12(46): 153-83. doi: 10.22054/ims.2023.73419.2320. [Persian]
- 19) Campmann J, Rosenkranz N, Rosenkranz C. Towards electronic healthcare for all: designing a capability maturity model for digital healthcare services. *Proceeding of the 58th hawaii international conference on system sciences*; 2025 January 7-10; Waikoloa Village: USA. USA: Scholar space; 2025: 4044-53. doi: 10.24251/HICSS.2025.486.
- 20) Kabir A, Karim MN, Islam RM, Romero L, Billah B. Health system readiness for non-communicable diseases at the primary care level: a systematic review. *BMJ Open* 2022; 12(2): e060387. doi: 10.1136/bmjopen-2021-060387.
- 21) Sandelowski M, Barroso J. *Handbook for synthesizing qualitative research*. 1st ed. New York: Springer publishing company, Inc.; 2007; 151-98.
- 22) Habibi A, Firouzi Jahantigh F, Sarafrazi A. Fuzzy delphi technique for forecasting and screening items. *Asian Journal of Research in Business Economics and Management* 2015; 5(2): 130-43. doi: 10.5958/2249-7307.2015.00036.5.
- 23) Hair JF, Black WC, Babin BJ, Anderson RE, Tatham RL. *Multivariate data analysis*. 6th ed. USA: Pearson prentice hall, Inc.; 2006; 604-724.
- 24) Zamany A, Khamseh A, Iranbanfard S. Technology transfer in the industry 5.0 era: an integrated model of artificial intelligence and human factors. *Innovation Management Journal* 2023; 12(4): 111-40. doi: 10.22034/imj.2024.450323.2803. [Persian]
- 25) Lee NK, Kim JS. Status and trends of the digital healthcare industry. *Healthcare Informatics Research* 2024; 30(3): 172-83. doi: 10.4258/hir.2024.30.3.172. PMID: 39160777. PMCID: PMC11333813.
- 26) Tortorella GL, Fogliatto FS, Kurnia S, Thüerer M, Capurro D. Healthcare 4.0 digital applications: an empirical study on measures, bundles and patient-centered performance. *Technological Forecasting and Social Change* 2022; 181(3): 121780. doi: 10.1016/j.techfore.2022.121780.
- 27) Awad A, Trenfield SJ, Pollard TD, Ong JJ, Elbadawi M, McCoubrey LE, et al. Connected healthcare: improving patient care using digital health technologies. *Advanced Drug Delivery Reviews* 2021; 178: 113958. doi: 10.1016/j.addr.2021.113958.
- 28) Zhang L, Bullen C, Chen J. Digital health innovations to catalyze the transition to value-based health care. *JMIR Medical Informatics* 2025; 13: e57385. doi: 10.2196/57385. PMID: 34478781. PMCID: 11769777.
- 29) Thuemmler C, Bai C. *Health 4.0: how virtualization and big data are revolutionizing healthcare*. Switzerland: Springer cham, Inc.; 2017: 23-37. doi: 10.1007/978-3-319-47617-9.
- 30) Sree S, Reddy KK, Doss S. Smart healthcare innovations using intelligent systems in industry 4.0. In: Mishra BK, editor. *Integration of AI, quantum computing, and semiconductor technology*. New York: IGI global scientific, Inc., 2025: 391-414. doi:

- 10.4018/979-8-3693-7076-6.ch018.
- 31) Zamany A, Khamseh A, Iranbanfard S. Unveiling the landscape of high-tech transfer in industry 5.0: a text mining exploration. *Journal of AI and Data Mining* 2024; 12(3): 369-92. doi: 10.22044/jadm.2024.14580.2558. [Persian]
- 32) Dandotiya M, Rahi P, Mehbodniya A, Webber J, Ghosal I. A deep perspective of blockchain applications in healthcare sector and industry 4.0. In: Ansari MA, Anand RS, Tripathi P, Mehrotra R, Belal Bin Heyat MD, editors. *Artificial intelligence in biomedical and modern healthcare informatics*. USA: Academic press, Inc.; 2024: 31-43. doi: 10.1016/B978-0-443-21870-5.00004-2.
- 33) da Silveira F, Neto IR, Machado FM, da Silva MP, Amaral FG. Analysis of industry 4.0 technologies applied to the health sector: systematic literature review. In: Arezes PM, Baptista JS, Barroso MP, Carneiro P, Cordeiro P, Costa N, et al, editors. *Occupational and environmental safety and health*. Switzerland: Springer cham, Inc.; 2019: 701-9. doi: 10.1007/978-3-030-14730-3_73.
- 34) Kumar K, Chaudhary S, Anandaram H, Kumar R, Gupta A, Joshi K. Industry 4.0 and health care system with special reference to mental health. 1st international conference on Intelligent Computing and Research Trends (ICRT); 2023 February 03-04; Roorkee, India. New York: IEEE; 2023: 111-36. doi: 10.1109/ICRT57042.2023.10146640.
- 35) Lhotska L. Application of industry 4.0 concept to health care. Amsterdam: IOS press, Inc.; 2020: 23-37. doi: 10.3233/shti200613.
- 36) Park Y, Park S, Lee M. Digital health care industry ecosystem: network analysis. *Journal of Medical Internet Research* 2022; 24(8): e37622. doi: 10.2196/37622. PMID: 35976690. PMCID: 9434390.
- 37) Mathad K, Khang A. Hospital 4.0: capitalization of health and healthcare in industry 4.0 economy. In: Khang A, Rana G, Tailor RK, Abdullayev V, editors. *Data-centric AI solutions and emerging technologies in the healthcare ecosystem*. 1st ed. Boca Raton: CRC press, Inc.; 2023: 319-30.
- 38) Sehlstedt U, Bohlin N, de Maré F, Beetz R. Embracing digital health in the pharmaceutical industry. *International Journal of Healthcare Management* 2016; 9(3): 145-8. doi: 10.1080/20479700.2016.1197513.
- 39) Ramachander A, Gowri DP. The future of digital health in transforming healthcare. In: Tong RKY, Ganesan B, editors. *Digital technology in public health and rehabilitation care*. USA: Academic press, Inc.; 2025: 363-85. doi: 10.1016/B978-0-443-22270-2.00021-6.
- 40) Hossain MK, Thakur V. A performance management framework for smart health-care supply chain based on industry 4.0 technologies. *Journal of Global Operations and Strategic Sourcing* 2024; 18(2): 285-306. doi: 10.1108/JGOSS-12-2022-0123.
- 41) Radanliev P, De Roure D. Disease X vaccine production and supply chains: risk assessing healthcare systems operating with artificial intelligence and industry 4.0. *Health and Technology* 2023; 13(1): 11-5. <https://doi.org/10.1007/s12553-022-00722-2>
- 42) Sibanda K, Ndayizigamiye P, Twinomurizi H. Industry 4.0 technologies in maternal health care: bibliometric analysis and research agenda. *JMIR Pediatrics and Parenting* 2024; 7: e47848. doi: 10.2196/47848. PMID: 39116433. PMCID: 11342010.
- 43) Popov VV, Kudryavtseva EV, Kumar Katiyar N, Shishkin A, Stepanov SI, Goel S. Industry 4.0 and digitalisation in healthcare. *Materials* 2022; 15(6): 2140. doi: 10.3390/ma15062140.
- 44) Masuda Y, Zimmermann A, Shepard DS, Schmidt R, Shirasaka S. An adaptive enterprise architecture design for a digital healthcare platform: toward digitized society--industry 4.0, society 5.0. 25th international Enterprise Distributed Object Computing Workshop (EDOCW); Gold Coast, Australia. New York :IEEE; 2021: 25-9 doi: 10.1109/EDOCW52865.2021.00043.

پیوست ۱: رتبه‌بندی کامل مؤلفه‌های مدل بر اساس بار عاملی

جدول ۶: رتبه‌بندی مؤلفه‌ها بر اساس بار عاملی

بار عاملی	مؤلفه‌ها	رتبه	ابعاد
۰/۹۶۷	همکاری بین سازمانی	۱	همکاری و یکپارچگی
۰/۹۳۴	توسعه اکوسیستم نوآوری سلامت دیجیتال	۲	
۰/۹۱۷	مشارکت ذینفعان	۳	
۰/۸۷۸	ایجاد پلتفرم‌های همکاری چندجانبه	۴	
۰/۹۶۳	سیستم‌های پایش بیماری‌های مزمن	۱	فرآیندها و خدمات هوشمند
۰/۹۶۰	خودکارسازی فرآیندهای بالینی	۲	
۰/۹۵۹	فرآیندهای مدیریت دارو هوشمند	۳	
۰/۹۵۵	پزشکی از راه دور	۴	
۰/۹۵۵	مراقبت پیشگیرانه هوشمند	۵	
۰/۸۹۲	خدمات مراقبت در منزل هوشمند	۶	
۰/۹۴۱	مدیریت یکپارچه زیرساخت‌های ابری	۱	زیرساخت فناوری و دیجیتال
۰/۸۷۷	معماری میکروسرویس محور	۲	
۰/۸۰۴	سخت‌افزار و تجهیزات پزشکی هوشمند	۳	
۰/۷۶۷	زیرساخت شبکه و اینترنت	۴	
۰/۷۳۹	پلتفرم‌های یکپارچه‌سازی داده	۵	
۰/۷۳۹	زیرساخت محاسبات لبه‌ای در مراکز درمانی	۶	
۰/۶۸۷	اینترنت اشیاء پزشکی	۷	
۰/۹۶۰	خودکارسازی مبتنی بر رباتیک	۱	مدیریت داده و هوش مصنوعی
۰/۹۵۹	یکپارچه‌سازی داده‌های بالینی و اداری	۲	
۰/۹۴۹	تحلیل پیش‌بینانه	۳	
۰/۹۴۷	پردازش زبان طبیعی در حوزه سلامت	۴	
۰/۹۴۵	الگوریتم‌های تشخیص تصویری پیشرفته	۵	
۰/۹۳۷	سیستم‌های پیش‌بینی پذیرش بیمارستانی	۶	
۰/۹۳۴	سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری	۷	
۰/۹۲۵	مدیریت کلان داده‌های سلامت	۸	
۰/۹۶۲	مدیریت تغییر سازمانی	۱	حکمرانی و سیاستگذاری
۰/۹۵۲	سیاست‌های حمایت از نوآوری بومی	۲	
۰/۹۵۱	چارچوب قانونی فناوری‌های نوین	۳	
۰/۹۳۸	چارچوب ارزیابی بلوغ دیجیتال	۴	
۰/۹۳۳	استانداردهای فنی و عملیاتی	۵	
۰/۹۷۲	ممیزی و ارزیابی امنیتی مداوم	۱	امنیت و حریم خصوصی
۰/۹۶۹	مدیریت هویت دیجیتال بیماران	۲	
۰/۹۶۵	حفاظت از داده‌های بیماران	۳	
۰/۹۶۳	سیستم‌های تشخیص تقلب هوشمند	۴	
۰/۹۵۹	امنیت سایبری سیستم‌ها	۵	
۰/۹۵۷	امنیت اینترنت اشیاء پزشکی	۶	
۰/۹۵۳	حفاظت از دارایی‌های فکری و داده‌های تحقیقاتی	۷	
۰/۹۵۲	پروتکل‌های تداوم کسب و کار	۸	
۰/۹۴۶	مدیریت هویت و دسترسی یکپارچه	۹	
۰/۹۴۵	مدیریت دسترسی‌ها	۱۰	

بار عاملی	مؤلفه‌ها	رتبه	ابعاد
۰/۹۷۰	توسعه رهبران تحول دیجیتال	۱	نیروی انسانی و مهارت
۰/۹۰۴	مهارت‌های تحلیل داده	۲	
۰/۷۴۸	آموزش مستمر فناوری‌های نوین	۳	
۰/۷۴۶	مهارت‌های طراحی تجربه کاربری در سلامت دیجیتال	۴	
۰/۶۹۳	توانمندسازی در حوزه امنیت سایبری	۵	
۰/۶۷۲	توسعه متخصصین تحلیل داده‌های سلامت	۶	
۰/۶۴۱	مهارت‌های همکاری در محیط مجازی	۷	
۰/۶۲۹	برنامه‌های منتورشیپ فناوری‌های نوین	۸	

Review Article

Presenting a Healthcare System Readiness Model for Entry into the Fourth Generation of Industry: A Mixed Methods Approach

Seyed Mohsen Hosseini Goorab ¹ , Mehrdad Hosseini Shakib ^{2*} ,
Abbas Khamseh ³ 

¹ MSc in Industrial Management, Department of Industrial Management, Ka.C., Islamic Azad University, Karaj, Iran

² Associate Professor, Department of Industrial Management, Ka.C., Islamic Azad University, Karaj, Iran

³ Professor, Department of Industrial Management, Ka.C., Islamic Azad University, Karaj, Iran

* **Corresponding Author:** Mehrdad Hosseini Shakib
mehrdad.shakib@kiaau.ac.ir

ABSTRACT

Citation: Hosseini Goorab SM, Hosseini Shakib M, Khamseh A. Presenting a Healthcare System Readiness Model for Entry into the Fourth Generation of Industry: A Mixed Methods Approach. *Manage Strat Health Syst* 2025; 10(3): 240-56.

Received: July 13, 2025

Revised: December 14, 2025

Accepted: December 17, 2025

Funding: The authors have no support or funding to report.

Competing Interests: The authors have declared that no competing interest exist.

Background: The Fourth Industrial Revolution, with the integration of physical, digital, and biological technologies, has confronted global healthcare systems with numerous challenges and opportunities. The objective of this research is to design a readiness model for healthcare systems to enter the fourth generation of the industry.

Methods: This study was conducted using a mixed methods (qualitative-quantitative) approach in an exploratory sequential design. In the qualitative section, 39 relevant articles (2016-2025) were content analyzed. Then, using the fuzzy Delphi method with the participation of 12 experts, the dimensions and components of the model were refined through three survey rounds. In the quantitative section, 245 healthcare system experts and specialists were selected using convenience sampling. The data collection instrument was a researcher-made questionnaire with confirmed validity and reliability. Data analysis was performed using confirmatory factor analysis.

Results: The final healthcare system readiness model includes 7 dimensions and 48 components. The identified dimensions, in order of importance, are: collaboration and integration, smart processes and services, technology and digital infrastructure, data management and artificial intelligence, governance and policy making, security and privacy, and human resources and skills. The resulting model has appropriate fit and all factor loadings were significant. The model was able to explain 93 percent of the variations in the healthcare system readiness variable.

Conclusion: Healthcare system readiness for entering the fourth generation of industry requires simultaneous attention to various technical, human, procedural, data management, governance, security, and especially collaboration and integration dimensions.

Key words: Digital health, Industry, Healthcare system, Information technology