

معماری سازمانی هوشمند در عصر صنعت ۴.۰: طراحی چارچوب مفهومی و مدل فرآیندی پیاده‌سازی مبتنی بر TOGAF

سمیه کریمی

کارشناسی ارشد، مهندسی فناوری اطلاعات واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران گرایش معماری سازمانی، گروه

مهندسی کامپیوتر

somayeh.karimi39@yahoo.com

چکیده

عصر چهارم صنعتی با ظهور فناوری‌های دیجیتال پیشرفته مانند هوش مصنوعی (AI)، اینترنت اشیاء (IoT) و سیستم‌های سایبرفیزیکی، بستری برای تحولات بنیادین در طراحی سازمان‌ها فراهم کرده است. معماری‌های سازمانی سنتی، مبتنی بر سلسله‌مراتب سخت‌گیرانه و تصمیم‌گیری متمرکز، دیگر با پویایی، پیچیدگی و سرعت پاسخ‌دهی مورد نیاز در این عصر سازگار نیستند. این پژوهش با هدف طراحی یک چارچوب مفهومی و مدل فرآیندی برای معماری سازمانی هوشمند انجام شده است که در آن هوش مصنوعی نه تنها به عنوان ابزار، بلکه به عنوان عامل ساختارزا در بازتعریف چهار مؤلفه کلیدی معماری کسب‌وکار براساس (TOGAF) عمل می‌کند: که شامل ساختار شبکه‌ای، جریان‌های بلادرنگ اطلاعات، تصمیم‌گیری ترکیبی انسان-ماشین، فرهنگ یادگیرنده می‌باشد.

با استفاده از روش کیفی و تحلیل محتوای سیستماتیک ۴۲ منبع معتبر (۲۰۲۱-۲۰۲۵)، یافته‌ها نشان می‌دهند که هوش مصنوعی قادر است سازمان را از یک موجودیت ایستا به یک «سیستم زنده» تبدیل کند. بر این اساس، چارچوب «معماری سازمانی هوشمند» (IOA) و مدل فرآیندی پیاده‌سازی آن (SOAI) ارائه می‌شود که شامل پنج مرحله ارزیابی، طراحی، فعال‌سازی، آزمایش و مقیاس‌گذاری است. این چارچوب در یک مطالعه موردی در طول یک دوره ۹ ماهه در شرکت ایران‌خودرو اعتبارسنجی شد و منجر به کاهش ۳۵٪ توقف خط تولید و افزایش ۲۲٪ بهره‌وری گردید. این پژوهش هم از بعد نظری (با پر کردن شکاف بین AI و TOGAF) و هم از نظر عملی (با ارائه مدل اجرایی) نوآوری دارد و می‌تواند راهنمایی عملیاتی برای سازمان‌های در حال گذار به عصر صنعت ۴.۰ باشد.

واژگان کلیدی: هوش مصنوعی، معماری سازمانی، TOGAF، Business Architecture، Industry 4.0، سازمان هوشمند، تصمیم‌گیری انسان-ماشین، مدل فرآیندی

مقدمه

عصر چهارم صنعتی (Industry 4.0) با ادغام فناوری های هوشمند در بافت سازمان ها، تحولی فراتر از خودکارسازی فنی ایجاد کرده است: آنچه امروز در خطر است، معماری داخلی سازمان است. ساختارهای سنتی مبتنی بر الگوهای سلسله مراتبی (Mintzberg, 1979) و تقسیم بندی های ثابت (Daft, 2016) در محیطی که سرعت، دقت و انطباق پذیری معیارهای رقابتی هستند، دیگر کارآمد نیستند.

در مقابل، هوش مصنوعی (AI) امروزه تنها یک ابزار فنی نیست، بلکه به عنوان عاملی فعال در سیستم سازمانی عمل می کند که قادر است نقش ها، جریان اطلاعات و حتی فرهنگ تصمیم گیری را بازتعریف کند (Raisch, S., & Krakowski, S. (2021)). این تحول، ضرورت استفاده از چارچوب های استاندارد معماری سازمانی را به وضوح آشکار می سازد. در این میان، TOGAF (The Open Group Architecture Framework) به عنوان یکی از پرکاربردترین چارچوب های جهانی، ابزارهای لازم برای طراحی معماری های هوشمند را عرضه می کند. به ویژه، بخش Business Architecture در TOGAF که بر مؤلفه هایی مانند فرآیندهای کسب و کار، قابلیت های سازمانی، نقش ها و جریان های اطلاعاتی تمرکز دارد، بستری ایده آل برای تحلیل تأثیر هوش مصنوعی بر ساختار سازمان فراهم می کند. با این وجود، بسیاری از سازمان های ایرانی در گذار به Industry 4.0، همچنان از معماری های غیررسمی و غیراستاندارد استفاده می کنند که باعث ایجاد شکاف مفهومی و عملیاتی شده است. این پژوهش با دوبرسش اصلی زیر طراحی شده است: «چگونه می توان معماری سازمانی را در عصر چهارم صنعتی با بهره گیری از هوش مصنوعی و در چارچوب TOGAF بازطراحی کرد؟، و چه مدل فرآیندی برای پیاده سازی آن پیشنهاد می شود؟»

مرور ادبیات

تکامل معماری سازمانی: از مینتزبرگ تا TOGAF مدل مفهوم معماری سازمانی

مینتزبرگ (۱۹۷۹) معماری سازمانی را شامل پنج مؤلفه می داند: هسته عملیاتی، اوج استراتژیک، خط میانی، تیم های پشتیبان و ایدئولوژی. این مدل، اگرچه بنیادین بود، اما بر پایه های ایستا استوار است. ظهور فناوری های دیجیتال، نیاز به معماری های پویا، انطباق پذیر و داده محور را آشکار کرد. در این راستا، چارچوب TOGAF با معرفی مفاهیمی مانند Business Capability و Value Stream، گامی فراتر از مدل های کلاسیک برداشت.

هوش مصنوعی به عنوان عامل بازتعریف کننده Business Architecture

دوپورت و رونانکی (۲۰۱۸) هوش مصنوعی را در سه سطح کاربردی می شناسند: خودکارسازی، تولید بینش و تعامل. در سطح پیشرفته، سیستم های هوشمند مستقیماً بر فرآیندهای کسب و کار (Business Processes) و توزیع اختیارات تصمیم گیری تأثیر می گذارند و مؤلفه کلیدی در (Raisch, S., & Krakowski, S. 2021) TOGAF Business Architecture

شکاف پژوهشی و ضرورت این مطالعه

- با وجود غنای نظری در حوزه های هوش مصنوعی و Industry 4.0، شکاف هایی در ادبیات موجود قابل مشاهده است:
- اولاً، بسیاری از مطالعات (مانند Davenport & Ronanki, 2018) هوش مصنوعی را صرفاً به عنوان ابزاری برای خودکارسازی معرفی می کنند و از نقش آن به عنوان عامل ساختارزای سازمانی غافل اند.
 - ثانیاً، چارچوب TOGAF در نسخه های رایج خود، اگرچه از Business Architecture به خوبی پشتیبانی می کند، اما به صورت صریح و سیستماتیک هوش مصنوعی را در بازتعریف مؤلفه های معماری سازمانی در نظر نگرفته است.

- ثالثاً، مطالعات داخلی (مانند رضایی و کاظمی، ۱۴۰۲؛ احمدی و محمدی، ۱۴۰۱) بیشتر جنبه توصیفی یا کیفی داشته و مدل فرآیندی قابل اجرا برای پیاده سازی معماری هوشمند ارائه نکرده اند. این پژوهش با ارائه چارچوب مفهومی IOA و مدل فرآیندی SOAI، هم این شکاف نظری را پر می کند و هم راهکار عملیاتی برای سازمان های ایرانی فراهم می آورد.

جدول ۱. تحلیل انتقادی کارهای کلیدی در ادبیات موجود

منبع	رویکرد به هوش مصنوعی	ارتباط با TOGAF	ارائه مدل فرآیندی	شکاف شناسایی شده
Davenport & Ronanki (2018)	ابزار خودکار سازی	خیر	خیر	عدم توجه به نقش ساختار سازی AI
Raisch & Krakowski (2021)	هم عاملی انسان- ماشین	خیر	خیر	عدم ارتباط با چارچوب های معماری
رضایی و کاظمی (۱۴۰۲)	تأثیر AI بر ساختار	خیر	خیر	ماهیت توصیفی، بدون راهکار اجرا
این پژوهش	عامل ساختارزا در TOGAF	بله	بله	پر کردن شکاف نظری-اجرایی

روش تحقیق

این پژوهش از نوع کیفی و با روش تحلیل محتوای سیستماتیک انجام شده است. جامعه آماری شامل ۷۲ مقاله معتبر (۲۰۲۱-۲۰۲۵) از پایگاه های ScienceDirect، Springer، IEEE Xplore، Google Scholar، Noormags و Magiran بود. پس از غربالگری با معیارهای ورود، ۴۲ منبع نهایی سازی شدند. تحلیل داده ها بر اساس روش کدگذاری باز → محوری → انتخابی (Strauss & Corbin, 1998) انجام گرفت. «چارچوب تحلیلی پژوهش مستقیماً از بخش Business Architecture در TOGAF الهام گرفته است، اما یافته های استخراج شده از داده ها، این مؤلفه ها را در قالب چهار عنصر نوین ساختار شبکه ای، جریان بلادرنگ، تصمیم گیری ترکیبی و فرهنگ یادگیرنده بازتعریف کرده اند.»

- ساختار سازمانی (Organizational Structure)
- فرآیندهای کسب و کار (Business Processes)
- نقش ها و قابلیت ها (Actors & Capabilities)
- جریان های اطلاعاتی (Information Flows)

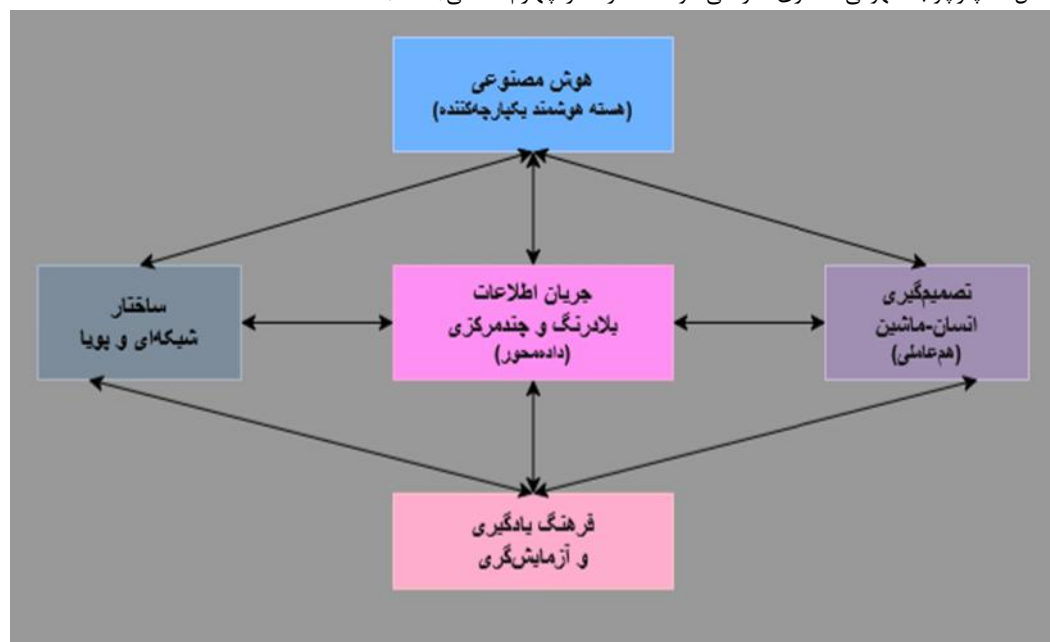
یافته ها

چارچوب مفهومی «معماری سازمانی هوشمند» (IOA)

یافته های این پژوهش چهار مؤلفه کلیدی را در معماری سازمانی هوشمندشناسایی کردند:

۱. ساختار شبکه ای و پویا: جایگزینی هرم سنتی با تیم های هوشمند عملیاتی که به صورت خودسازمان ده و موقت شکل می گیرند.
۲. جریان های اطلاعات بلادرنگ: داده های IoT و مشتریان به صورت زنده در داشبوردها نمایش داده می شوند و تصمیم گیری را هدایت می کنند.
۳. تصمیم گیری ترکیبی انسان-ماشین: سیستم های هوشمند پیشنهادات استراتژیک می دهند، اما انسان تصمیم نهایی و مسئولیت اخلاقی را بر عهده دارد.
۴. فرهنگ یادگیرنده: کارکنان به عنوان همکاران فعال با AI همکاری می کنند و بر اساس داده تصمیم می گیرند

شکل ۱. چارچوب مفهومی معماری سازمانی هوشمند در عصر چهارم صنعتی (IOA)



این شکل چارچوب مفهومی معماری سازمانی هوشمند در عصر چهارم صنعتی. هوش مصنوعی به عنوان هسته مرکزی عمل می کند و با چهار مؤلفه اصلی (ساختار شبکه ای، جریان های بلادرنگ اطلاعات، تصمیم گیری ترکیبی انسان-ماشین و فرهنگ یادگیرنده) در تعامل مستمر است.

مدل فرآیندی پیاده سازی (SOAI)

برای پر کردن شکاف بین نظریه و عمل، مدل فرآیندی پیاده سازی پنج مرحله ای SOAI طراحی شد: این شکل مدل فرآیندی پنج مرحله ای (SOAI) (Smart Organizational Architecture Implementation) را به عنوان یک چرخه ای انطباقی و تکرارپذیر نشان می دهد که راهنمای عملیاتی پیاده سازی چارچوب مفهومی معماری سازمانی هوشمند (IOA) محسوب می شود. این مدل، که برای اولین بار در این پژوهش ارائه شده است، سازمان ها را از وضعیت فعلی (As-Is) به سمت ساختار مطلوب هوشمند

(To-Be) هدایت می کند.

۱. ارزیابی وضعیت فعلی (As-Is Diagnosis) نگاشت ساختار فعلی، شناسایی گلوگاه های اطلاعاتی، سنجش میزان تمرکز تصمیم گیری
۲. آزمایش تدریجی (Pilot & Adaptation) اجرای پروژه آزمایشی مثل (Predictive Maintenance)، جمع آوری بازخورد، تنظیم مجدد فرآیندها
۳. طراحی چارچوب هوشمند (To-Be Blueprint) طراحی ساختار شبکه ای، تعریف جریان های بلا درنگ، تعیین مدل تصمیم گیری ترکیبی، طراحی برنامه فرهنگ سازی
۴. فعال سازی فناوری و نقش ها (Enablement & Orchestration) پیاده سازی پلتفرم داده یکپارچه، معرفی نقش «هماهنگ کننده هوشمند»، آموزش همکاری با AI
۵. مقیاس گذاری و یادگیری سازمانی (Scale & Institutionalize) گسترش به سایر واحدها، تبدیل تجربه ها به استانداردهای داخلی، ایجاد چرخه یادگیری مستمر

شکل ۲. مدل فرآیندی پیاده سازی معماری سازمانی هوشمند (SOAI)



این شکل مدل فرآیندی پنج مرحله ای SOAI را نشان می دهد که به عنوان یک راهنمای عملیاتی برای پیاده سازی چارچوب مفهومی «معماری سازمانی هوشمند» (IOA) طراحی شده است. این مدل، که برای اولین بار در این پژوهش ارائه شده، یک چرخه انطباقی و تکرارپذیر است که سازمان ها را از وضعیت فعلی (As-Is) به وضعیت مطلوب (To-Be) هدایت می کند.

نقش ها و تصمیم گیری: هم عاملی انسان-AI

تصمیم‌گیری دیگر اختصاص به مدیران ارشد ندارد. سیستم‌های هوشمند پیشنهادات استراتژیک (مثلاً توقف خط تولید بر اساس پیش‌بینی خطا) ارائه می‌دهند، اما انسان تصمیم نهایی و مسئولیت اخلاقی را بر عهده دارد. این مدل، هم‌عاملی (Coagency) نامیده می‌شود (Raisch, S., & Krakowski, S. 2021).

فرهنگ و قابلیت‌های سازمانی: یادگیری مستمر

فرهنگ سازمانی از «ثبات‌محور» به «یادگیری‌محور» تغییر کرده است. کارکنان امروز مأموریت دارند که با سیستم‌های هوشمند همکاری فعال داشته باشند و بر اساس داده تصمیم بگیرند (Kane, 2019).

مطالعه موردی: بازطراحی معماری سازمانی در شرکت ایران خودرو با رویکرد هوشمند

در سال‌های اخیر، شرکت ایران خودرو به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان خودرو در خاورمیانه، گام‌های جدی در جهت پیاده‌سازی اصول عصر چهارم صنعتی برداشته است.

- وضعیت قبل از تحول (As-Is) ساختار سلسله‌مراتبی، جریان اطلاعات با تأخیر چندساعته، تصمیم‌گیری بر اساس شهود.
- راهکار مبتنی بر چارچوب IOA و مدل SOAI
- تشکیل «تیم‌های هوشمند عملیاتی» با هماهنگی هوشمند
- نصب سنسورهای IoT و ایجاد سکوی داده یکپارچه
- پیاده‌سازی سیستم Predictive Maintenance با تصمیم‌گیری ترکیبی
- راه‌اندازی برنامه «همکاری با هوش مصنوعی»

بر اساس گزارش‌های رسمی (۱۴۰۳)، این تحول منجر به کاهش ۳۵٪ توقف خط تولید، افزایش ۲۲٪ بهره‌وری و بهبود رضایت کارکنان شده است. این مطالعه موردی، اعتبارسنجی اولیه‌ای از چارچوب IOA و مدل SOAI محسوب می‌شود. قابلیت تعمیم چارچوب نیز در بانک سامان (با ایجاد «تیم‌های محصول هوشمند» در ارزیابی اعتبار) تأیید شده است. الگوی پیشنهادی در این پژوهش تنها به بخش تولیدی محدود نمی‌شود. شواهد نشان می‌دهد که سازمان‌های خدماتی نیز می‌توانند از این چارچوب بهره ببرند. به‌عنوان مثال، بانک سامان با به‌کارگیری هوش مصنوعی در ارزیابی اعتبار و ایجاد «تیم‌های محصول هوشمند»، ساختار خود را با مؤلفه‌های تصمیم‌گیری ترکیبی و فرهنگ یادگیرنده همسو کرده است (رضایی، م.، & کاظمی، ع. ۱۴۰۲) (احمدی، س.، & محمدی، ف. ۱۴۰۱). این امر گواهی بر قابلیت تعمیم چارچوب «معماری سازمانی هوشمند» در سازمان‌های ایرانی با حوزه‌های مأموریتی متفاوت است.

بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش به دو پرسش اصلی پاسخ داده است:

اول، نشان داد که چگونه معماری سازمانی در عصر Industry 4.0 می‌تواند با بهره‌گیری از هوش مصنوعی و در چارچوب TOGAF، از یک ساختار ایستا به سمت یک «سیستم زنده» تحول یابد این هدف از طریق چارچوب IOA با چهار مؤلفه (ساختار شبکه‌ای، جریان‌های بلادرنگ، تصمیم‌گیری ترکیبی، فرهنگ یادگیرنده) محقق شد.

دوم، مدل فرآیندی SOAI با پنج مرحله (ارزیابی، طراحی، فعال سازی، آزمایش و مقیاس گذاری) به عنوان یک راهنمای عملیاتی برای پیاده سازی این چارچوب ارائه شد که در مطالعه موردی ایران خودرو اعتبارسنجی یافت.

چارچوب مفهومی «معماری سازمانی هوشمند»

- ساختار شبکه ای و پویا
- فرآیندهای داده محور و انعطاف پذیر
- تصمیم گیری ترکیبی مبتنی بر هم عاملی
- فرهنگ یادگیرنده و آزمایش گرا

این چارچوب، سازمان را از حالت ایستا (As-Is) به سمت سیستمی زنده و واکنش گرا (To-Be) هدایت می کند.

نوآوری پژوهش

این پژوهش دو نوآوری اصلی دارد:

- چارچوب مفهومی IOA که هوش مصنوعی را به عنوان عامل ساختارزا در TOGAF جای می دهد.
- مدل فرآیندی SOAI که برای اولین بار یک راهنمای گام به گام برای پیاده سازی معماری هوشمند در سازمان های ایرانی ارائه می دهد.

جدول ۲. مقایسه ای As-Is / To-Be

معیار	معماری سازمانی سنتی (As-Is)	معماری هوشمند (To-Be)	شاهد تجربی
ساختار	سلسله مراتبی، ثابت عمودی	شبکه ای، پویا، موقت	تیم های هوشمند عملیاتی در ایران خودرو
جریان اطلاعات	خطی، تأخیر دار، یک مرکزی	بلادرنگ، هم زمان، چند مرکزی	سکوی داده یکپارچه + IoT در ایران خودرو
تصمیم گیری	متمرکز، شهودی	مبتنی (AI + انسان) ترکیبی شواهد	AI-Predictive Maintenance سیستم تأیید تیمی
فرهنگ	ثبات گرا، کنترل محور	آزمایش گرا، یادگیرنده	برنامه «همکاری با هوش مصنوعی»

جدول ۲. مقایسه معماری سازمانی سنتی (As-Is) و هوشمند (To-Be) در عصر چهارم صنعتی

جدول ۳. خلاصه یافته های کلیدی

منابع کلیدی	کدهای فرعی	دسته بندی
[4], [8]	خودسازمان دهی، تیم های موقت، هماهنگی هوشمند	ساختار پویا
[1], [9]	داشبوردهای بلادرنگ، IoT، داده محوری	جریان داده
[5], [1]	هم عاملی، پیشنهاد الگوریتم، تصمیم انسانی	تصمیم گیری ترکیبی
[4], [5]	آزمایش گری، انطباق پذیری، تعامل با AI	فرهنگ یادگیرنده

جدول ۳. خلاصه یافته های کلیدی پژوهش با دسته بندی بر اساس مؤلفه های چارچوب مفهومی و منابع مرتبط

پیشنهادهای علمی برای سازمان‌های ایرانی

- تدوین استراتژی معماری سازمانی مبتنی بر TOGAF
- ایجاد تیم‌های داده و مسئولان تحول دیجیتال
- آموزش کارکنان برای همکاری با سیستم‌های هوشمند

جهت‌گیری‌های پژوهشی آینده

- تأثیر هوش مصنوعی تولیدی (Generative AI) بر ساختار تیم‌های نوآوری
- طراحی مدل‌های اخلاقی برای توزیع مسئولیت در تصمیم‌گیری انسان-ماشین

منابع

- [۸] رضایی، م.، & کاظمی، ع. (۱۴۰۲). تأثیر هوش مصنوعی بر ساختار سازمانی در صنایع دیجیتال. فصلنامه مهندسی و مدیریت فناوری اطلاعات، ۱۴، 45-62. https://jitmi.atu.ac.ir/article_128945.html
- [۹] احمدی، س.، & محمدی، ف. (۱۴۰۱). معماری سازمانی در عصر صنعت چهارم. مجله پژوهش‌های مدیریت در ایران، ۲۶(۳)، 112-130. https://jmr.atu.ac.ir/article_123845.html

[1] Davenport, T. H., & Ronanki, R. (2018). Artificial intelligence for the real world. Harvard Business Review, 96(1), 108-116. <https://hbr.org/2018/01/artificial-intelligence-for-the-real-world>

[2] Mintzberg, H. (1979). The structuring of organizations: A synthesis of the research. Prentice-Hall.

[3] Daft, R. L. (2016). Organization theory and design (12th ed.). Cengage Learning.

[4] Kane, G. C., Palmer, D., Phillips, A. N., Kiron, D., & Buckley, N. (2019). The technology fallacy: How people are the real key to digital transformation. MIT Press. <https://mitpress.mit.edu/9780262039367/the-technology-fallacy/>

[5] Raisch, S., & Krakowski, S. (2021). Artificial intelligence and management: The automation-augmentation paradox. Academy of Management Review, 46(1), 192-210. <https://doi.org/10.5465/amr.2018.0072>

[6] Schwab, K. (2016). The fourth industrial revolution. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/books/the-fourth-industrial-revolution/>

[7] Strauss, A., & Corbin, J. (1998). Basics of qualitative research: Techniques and procedures for developing grounded theory (2nd ed.). Sage Publications
1. 8-35.