تحول دیجیتال در بخش‌های صنعتی

گزارش ۳– نمونه‌های عینی کاربرد هوش مصنوعی در صنعت

تهیه کننده:

تهیه و تنظیم: محمد عبده ابطحی

اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی تهران

فروردین ۱۴۰۳

از طریق پست الکترونیکی زیر می‌توانید پیشنهادها و نظرات اصلاحی خود را به واحد مربوطه منعکس نمایید:

Economic_Research@Tccim.ir

استفاده از مطالب این گزارش با ذکر منبع بلامانع است.

فهرست مطالب

پیش‌گفتار ۴

۱–مطالعات مرکز انقلاب چهارم صنعتی ترکیه: خلق ارزش از هوش مصنوعی در بخش تولید ۸

۲– مجموعه‌ای از تجارب شرکت‌های فانوس دریایی در بکارگیری هوش مصنوعی در صنعت ۱۷

۳– منابع ۳۰

پیش‌گفتار

آنچه امروزه «**تحول دیجیتال**» نامیده می‌شود، تفکر، روندها و بکارگیری فناوری‌های انقلاب صنعتی چهارم است. تحول دیجیتال یک پارادایم شیفت یا تغییر مدل ذهنی است که بیشتر بر تحول استوار است تا فناوری، زیرا فناوری به‌هرحال همیشه کم‌وبیش در دسترس است، اما تحول در مدل ذهنی است که منجر به متفاوت بودن می‌شود. بنابراین تحول دیجیتال در صنعت، یک تغییر مدل ذهنی شامل سه رکن اساسی است: نخست بازتعریف مدل و فرایندهای کسب‌وکار، دوم تغییر نگاه به ذی‌نفعان و شناسایی دقیق آن‌ها و نیازهایشان و سوم بکارگیری مناسب و به‌اندازه فناوری‌های نوپدید (ابطحی, ۱۴۰۲).

مطابق برآورد IDC ارزش اقتصادی بازار تحول دیجیتال در سال ۲۰۲۲پیش از ۱.۶ تریلیون دلار بوده است که با نرخ رشد مرکب سالانه ۱۶.۴٪ تا سال ۲۰۲۶ به بیش از ۳.۴ تریلیون دلار افزایش خواهد یافت (Statista, 2023) که این بزرگترین نرخ رشد در حوزه فناوری و یکی از بزرگترین‌ها در کل رشته‌های کسب و کار می‌باشد. این موضوع هم نشان می‌دهد که دنیا با چه سرعتی به استقبال انقلاب چهارم صنعتی می‌رود و هم زنگ خطر را برای کشورها و اقتصادهایی چون ایران به صدا درمی‌اورد که هنوز تحول دیجیتال اقتصاد خود را آنگونه که باید و شاید است شروع نکرده‌اند. غفلت از این موضوع می‌توان تهدیدکننده بود و نبود اقتصاد کشور در آینده نزدیک باشد. روندهایی وجود دارد که به آینده شکل می‌دهند. روندهای مهم آینده، هوش مصنوعی، فناوری اطلاعات و دیجیتالی شدن اقتصاد هستند. رقابتی که امروز بین کشورها برای سرمایه‌گذاری و جذب متخصص در این زمینه‌ها وجود دارد در واقع رقابت برای داشتن دست برتر در آینده است. در آخرین جلسه مجمع جهانی اقتصاد نزدیک به ۸۰ درصد مباحث میزگردها و کارگاه های داوس ۲۰۲۴ حول محور فناوری اطلاعات و هوش مصنوعی بوده است. داوس ۲۰۲۴، را **مثلث هوش مصنوعی، رقابت و فرصت‌های سرمایه‌گذاری** قلمداد نموده‌اند. (سریع‌القلم, ۱۴۰۲).

از این رو معاونت بررسی‌های اقتصادی اتاق تهران تصمیم گرفته است با راه‌اندازی «**میز مجازی اقتصاد دیجیتال**»، اهم روندهای دنیا در حوزه اقتصاد و تحول دیجیتال را رصد نماید و مجموعه‌ای از سیاست‌ها و اقدامات پیشنهادی

را در یک سطح برای تحول دیجیتال کل صنعت کشور و در سطح دیگر برای مجموعه‌ای از زنجیره‌های ارزش منتخب[1] ارائه نماید.

مجموعه گزارشات مورد بررسی موارد زیر را مورد هدف قرار خواهند داد:

۱- تحلیل کلیات اقتصاد دیجیتال (ابعاد اقتصادی، حکمرانی، تنظیم‌گری، استانداردها، نوآوری، کار آینده، آینده کار و. ..)
۲- بررسی تحول دیجیتال در صنعت به صورت اعم و در زنجیره‌های ارزش منتخب و در حوزه فناوری‌های پیشرو دیجیتال
۳- معرفی و تبیین مدل‌های جدید کسب و کار
٤- ارزیابی روند توسعه انقلاب چهارم در کشورهای پیشرو و کشورهای منطقه
٥- پایش روندهای نوظهور در حوزه فناوری‌های انقلاب چهارم صنعتی
٦- گزارشات سیاستی در ارتباط با ابعاد مختلف انقلاب چهارم صنعتی و تحول دیجیتال
۷- معرفی تجارب موفق بین‌المللی در رسته‌های منتخب
۸- معرفی تجارب بین‌المللی در تهیه نقشه راه تحول دیجیتال در رسته‌های منتخب
۹- معرفی نهادها و شبکه‌های بین‌المللی تحول دیجیتال در رسته‌های منتخب و الگوسازی از ساختار و فعالیت آن‌ها
۱۰- معرفی مدل‌های ارزیابی آمادگی استقرار فناوری‌های انقلاب چهارم صنعتی در رسته‌های منتخب

در سطح بین‌المللی دوگونه نهادسازی در حوزه انقلاب چهارم صنعتی انجام شده است. در نوع اول کارخانه‌های پیشرو در انقلاب چهارم صنعتی **"فانوس دریایی[2]"** نامیده شده و با محوریت شرکت معتبر مک‌کینزی یک شبکه بین آنها ایجاد شده است که «**شبکه جهانی فانوس دریایی[3]** » نامیده می‌شود. بر اساس آخرین گزارشها، این شبکه در پایان سال ۲۰۲۳ بیش از ۱۵۰ شرکت تولیدی پیشرو عضو آن هستند(Bristol, de Boer, & Shahani, 2023) . نوع دوم نهادهای این حوزه، «**مرکز انقلاب چهارم صنعتی**» می‌باشد که مجمع جهانی اقتصاد (WEF[4]) یک شبکه برای هدایت، سازماندهی و اشتراک تجارب و فناوری بین آنها ایجاد نموده که عنوان آن، «**شبکه مراکز انقلاب چهارم صنعتی[5]**» می‌باشد که در پایان سال ۲۰۲۳ حدود ۲۰ عضو داشته است(Keenan & Patterson-Waites, 2024) . این مراکز نقش

[1] در مأموریت‌های اتاق بازرگانی تهران بر توسعه تجارت بین‌المللی و خدمات کسب و کار در ۷ زنجیره ارزش شامل نساجی و پوشاک، انرژی، خدمات فنی – مهندسی، غذایی، شیمیایی و پلاستیکی،صنایع خلاق و ماشین‌آلات و تجهیزات تأکید شده است.

[2] Lighthouses

[3] The Global Lighthouse Network

[4] World Economic Forum (WEF)

[5] The Centre for the Fourth Industrial Revolution Network

کلیدی در هدایت انقلاب چهارم صنعتی و الگوسازی و سیاست‌گذاری برای توسعه تحول دیجیتال در بخش صنعت، در کشورهای محل حضور خود داشته‌اند.

در این گزارش و بر أساس تجارب شرکت‌های فانوس دریایی و مراکز انقلاب چهارم صنعتی، مجموعه‌ای از کاربردهای هوش مصنوعی در صنعت معرفی شده است. امید می‌رود این سند بتواند به شرکتهای فناوری محور و استارتاپهای ایرانی الگوی مناسبی برای توسعه محصولات وخدمات خود معرفی نماید و بخش صنعت هم بتواند با روندهای روز این حوزه بیش از پیش آشنا شود.

خلاصه مدیریتی

فناوری‌های پیشرو انقلاب چهارم صنعتی نظیر هوش مصنوعی، روز به روز در حال گسترش می‌باشند و در این بین کسب و کارهایی که می‌توانند از این فناوری‌ها درون عملیات و فعالیت خود استفاده نمایند، دارای برتری‌های رقابتی قابل توجه نسبت به رقبای خود می‌شوند. این روند در حال دگرگون نمودن چهره همه کسب و کارها و از جمله بخش صنعت می‌باشد. به تدریج وارد عصری می‌شویم که بنگاه‌هایی که نمی‌توانند به صورت عملیاتی و مؤثر از فناوری‌هایی نظیر هوش مصنوعی استفاده کنند، بسیار قدیمی و دور از روند جاری صنعت و ناکارآمد جلوه می‌کنند.

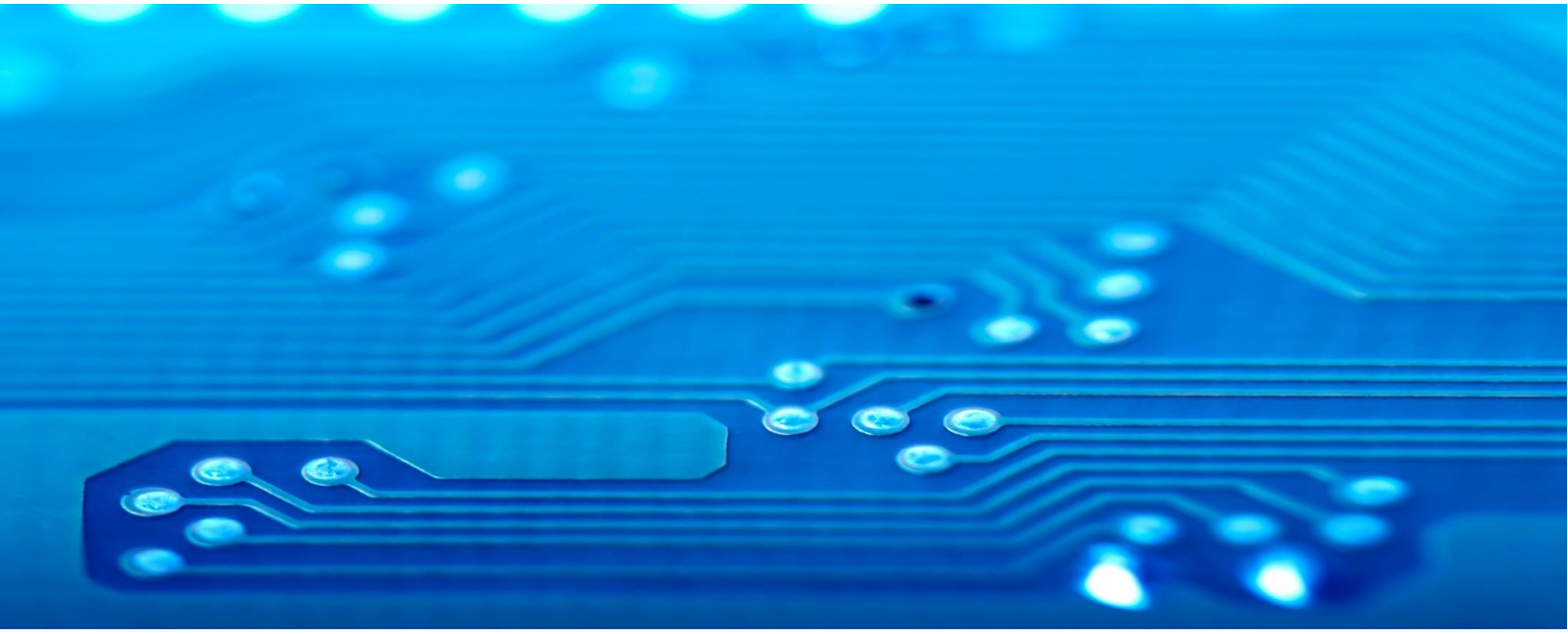
از این رو در قالب شبکه‌های همکاری مراکز انقلاب چهارم صنعتی و شبکه شرکتهای پیشرو تولیدی، که با عنوان شبکه جهانی فانوس‌های دریایی می‌باشد، تجارب مختلف بهره‌گیری از فناوری‌های نوین دیجیتال در حال رصد شدن و ایجاد الگو برای سایر کسب وکارها می‌باشد. در این گزارش بیش از ۴۵ تجربه در بکارگیری هوش مصنوعی در بخش تولید در دو گروه تجارب مستند شده توسط مرکز انقلاب چهارم صنعتی ترکیه و تجارب شرکت‌های پیشرو عضو شبکه فانوس‌های دریایی معرفی می‌شوند.

مورد کاربرد جمع آوری شده در صنایع مختلف شش حوزه کاربردی اصلی هوش مصنوعی را به شرح زیر شامل می‌شود:

- سلامت و ایمنی،
- کیفیت،
- تعمیر و نگهداری،
- فرآیند تولید،
- زنجیره تامین
- مدیریت انرژی

باگذشت پنج سال از ایجاد شبکه جهانی فانوس دریایی، بیش از ۷۰۰ مورد کاربرد از انقلاب صنعتی چهارم، که ۲۰۰ مورد از آنها شامل تکنیک‌های پیشرفته هوش مصنوعی است، به نتیجه رسیده‌اند. در این گزارش ۲۳ مورد از شرکت‌های پیشرو و اقداماتی که در حوزه هوش مصنوعی داشته‌اند، همراه با جزییات دستاوردهای آنها معرفی می‌گردند. عمده شرکتهای معرفی شده از آسیا و کشورهای چین، هند، عربستان و ترکیه می‌باشند.

۱- مطالعات مرکز انقلاب چهارم صنعتی ترکیه: خلق ارزش از هوش مصنوعی در بخش تولید



مشاوره انجام شده توسط مرکز انقلاب چهارم صنعتی ترکیه با بیش از ۳۵ مدیر ارشد عملیات و کارشناسان فناوری نشان می‌دهد که شرکت‌های تولیدی پیشرو با شروع نیازهای تجاری خود، ترسیم یک استراتژی روشن، ایجاد قابلیت‌های متقابل عملکردی و تمرکز قوی تر بر داده‌ها، با موفقیت به چالش‌های ذکر شده در بالا غلبه کرده‌اند. آنها انواع مختلفی از برنامه‌های کاربردی هوش مصنوعی را اجراکرده‌اند که عملکرد عملیاتی آنها را افزایش داده و منجر به تأثیر مثبت بر پایداری و تعامل نیروی کار شده است (Jurgens, December 2022 & Akkol).

نشان دادن پتانسیل و امکان سنجی هوش مصنوعی در تولید، ایجاد یک کتابخانه مورد استفاده صنعتی هوش مصنوعی با ورودی از جامعه آغاز شده است. ۲۳ مورد کاربرد جمع آوری شده در صنایع مختلف شش حوزه کاربردی اصلی هوش مصنوعی را به شرح زیر شامل می‌شود (شکل ۱):

سلامت و ایمنی، کیفیت، تعمیر و نگهداری، فرآیند تولید، زنجیره تامین و مدیریت انرژی

در جدول1 جزییات این موارد کاربرد ارائه شده است.

شکل ۱ انواع برنامه‌های هوش مصنوعی پیاده‌سازی شده در سازندگان پیشرو

موارد کاربرد جمع‌آوری شده، بینش‌های ارزشمندی را ارائه می‌کنند که نشان‌دهنده نیاز کسب وکار، راه‌حل اجرا شده و تأثیر به دست آمده است. برنامه‌های کاربردی نشان می‌دهد که بازگشت سرمایه (ROI) مثبت است و دوره بازگشت سرمایه سرمایه‌گذاری معمولا در عرض ۱۲ سال قابل لمس است. پس از اجرای آزمایشی برنامه‌های هوش مصنوعی دریک بخش، شرکت‌های تولیدی اقدام به پیاده‌سازی در چندین بخش نموده‌اند و یا چشم اندازی برای توسعه مقیاس دارند.

جدول 1 جزییات موارد کاربرد هوش مصنوعی در شرکت‌های پیشرو تولیدی

حوزه	مورد کاربرد	شرکت	حوزه فعالیت	کاربرد هوش مصنوعی	تأثیر
سلامت و ایمنی	ایمنی‌فرآیند: تجزیه و تحلیل پیشرفته هشدار	توپراش (Tüpraş,) ترکیه	انرژی	مدل طراحی شده به عنوان یک اپراتور/مهندس باتجربه در برآورد و طبقه بندی مداوم آلارم ها، تشخیص آلارم های مزاحم، تجزیه و تحلیل سیل هشدار و توصیه تنظیمات بهتر عمل کرده است. علل ریشه ای، بهترین اقدامات بعدی و مجموعه نقاط استخراج شده از داده‌های تاریخی از طریق تجزیه و تحلیل توصیفی پایه و تکنیک های پیش فرآیند علم داده، استفاده شده است	• زمان کل هشدار وقوع سیل ۴۰ درصدکاهش یافت • کاهش ۵۰ درصدی تعداد آلارم‌ها • کارایی زمان: جلسات منطقی زنگ‌هشدار از ۴ ساعت به ۳۰ دقیقه کوتاه شده است
	سلامتی و ایمنی کارمند: جلوگیری از حادثه	اینتنزی (Intenseye,)، ایالات‌متحده آمریکا	تولید	تشخیص‌تصویر با نظارت بر محیط تولید با دوربین‌های موجود، دریافت اعلان‌های هشدار در زمان واقعی و افزایش‌سلامت و ایمنی کارکنان (EHS) برای‌از بین بردن آسیب‌های تغییردهنده زندگی	• کاهش ۷۰ تا ۸۰ درصدی موقعیت ها و اقدامات ناامن • - با محیط ایمن تر، نیروی کار مولدتر با افزایش زمان کارکرد کسب و کار ایجاد شده است

حوزه	مورد کاربرد	شرکت	حوزه فعالیت	کاربرد هوش مصنوعی	تأثیر
کیفیت	پیش بینی کیفیت جوش نقطه ای در زمان واقعی	مارتور فومپک (Martur Fompak)، ترکیه	خودرو	بررسی‌پارامترهای موثر بر روی قاب های‌در حال جوشکاری در ایستگاه های‌جوش نقطه ای رباتیک)کیفیت جوش(و پیش‌بینی قطر قطعه نقطه ای محقق شده در زمان واقعی	• تا ۴۰ درصد صرفه جویی در مصرف انرژی‌حاصل شده است • نرخ ضایعات کاهش یافته و در عین‌حال پایداری در تولید تضمین شده است • - کاهش ۶۰ درصدی هزینه ها با جلوگیری‌از استفاده از مواد اضافی جوش
	تشخیص عیوب پوشش‌کربن	بوش، ترکیه	خودرو	بازرسی بصری برای اطمینان از کیفیت پوشش خوب با بررسی قطعات و جستجوی عیوب پوشش در چهار کلاس مختلف: خراش، آسیب، مشکی در مشکی، نقره ای	• افزایش بهره وری ۱۱ درصد • ۱۵ میلیون قطعه بررسی شده هیچ عیبی نداشته است •
	تضمین کیفیت با یادگیری متمرکز در کیفیت	هواوی، چین	تولید	بهینه سازی بازرسی کیفیت محصولات سفارشی شده با استقرار سرویس‌های ابری و رویکرد یادگیری متمرکز (داده‌های به صورت محلی‌جمع آوری شده، به صوتر کلان و فراگیر بهینه سازی درون یابی شده و نتایج در همه امکانات محلی بدون‌افشای داده‌های معقول محصول یا فرآیند به اشتراک گذاشته‌شده)	• افزایش بهره وری به میزان ۳۰ تا ۴۰ درصد • کاهش زمان بین شروع و اتمام فرآیند تولید (Lead time)
	بازرسی کیفیت در تایید مونتاژ	Ethon AI، سوئیس	الکترونیک	بکارگیری روش‌های‌دید کامپیوتری قابل توضیحی که‌برای پشتیبانی از کارگران	• ۱۰ برابر تلاش کمتری برای پیاده‌سازی صرف شده است • افزایش قابل اعتماد بودن سیستم با بکارگیری مدل‌قابل توضیح

حوزه	مورد کاربرد	شرکت	حوزه فعالیت	کاربرد هوش مصنوعی	تأثیر
				کارخانه در تشخیص‌خطاهای مونتاژ روی بردهای مدارچاپی (مثلاً قطعات گمشده، معیوب‌یا اشتباه) از طریق رابط انسان هوش مصنوعی (سیستم دوربین با بازخورد زنده)	
	تست‌کیفیت	کارسو (Karsu,)، ترکیه	منسوجات	بازرسی بصری نسبت فیبر در محتوای نخ با استفاده‌از تصاویر میکروسکوپی برای بررسی کیفیت تولید و تجزیه و تحلیل شکایات مشتریان	• کاهش ۹۰ درصدی گزارش زمان برای شکایات وتجزیه و تحلیل مشتریان • حذف نیاز کارشناسی برای موضوع
	کیفیت در بازرسی داروو بیمار ایمنی	کوربر دیجیتال (Körber Digital,)، آلمان	داروسازی	بازرسی‌بصری کیفیت داروها، هوش‌مصنوعی به جای اندازه گیری مقادیر تصویرفیزیکی، الگوها را تشخیص می‌دهد، ردکاذب محصولات را کاهش می‌دهد.	• کاهش نرخ رد کاذب به طور متوسط ۸۸ درصد • افزایش نرخ تشخیص به طور متوسط ۳۸ درصد • تقریباً زمان رسیدن به بازار (قابلیت انتقال) ۲ برابر سریع‌تر
	کیفیت پیش‌بینی	اشنایدر (Schneider Electric)، فرانسه	الکترونیک	یک موتور هوش مصنوعی که ولتاژ مغناطیس زدایی را برای کاهش تعداد تکرارها در طول تست های رله در محدوده محصول دستگاه جریان باقیمانده پیش بینی می کند.	• ظرفیت ماشین افزایش یافت • سرمایه گذاری Capex کاهش یافت • ردها کاهش یافت
	پیش‌بینی کیفیت	اوبیکان دیجیتال (Obeikan	بسته‌بندی	ازطریق یک پلت فرم تولید هوشمند ترکیبی از دوقلو دیجیتال و هوش مصنوعی نوآورانه، و همچنین برتری عملیاتی ناب با ادغام تمام	• افزایش بهره وری و کیفیت به صورت پایدار • اثربخشی کلی تجهیزات در خطوط PET ۲۰ درصد بهبود یافت

حوزه	مورد کاربرد	شرکت	حوزه فعالیت	کاربرد هوش مصنوعی	تأثیر
		Digital Solutions، عربستان سعودی		عملکردها، شرایط ناهنجاری فرآیند و پیش‌ران‌های آن شناسایی شدند الگوریتم کنترل فرآیند آماری، یک رویکرد اثبات شده کنترل کیفیت، استفاده شد	• کاهش شکایات مشتریان
	بهینه‌سازی فرآیند	آزمایشگاه فرو (Fero Labs)، ایالات‌متحد آمریکا	فولاد	ارائه نرم افزار خودکار برای انجام اقدامات پیشگیرانه‌در مراحل اولیه تولید با مدل‌های هوش‌مصنوعی قابل توضیح برای کاهش استفاده از مواد خام و به حداقل رساندن هزینه‌ها و انتشار گازهای گلخانه ای در طول تولید فولاد	• استفاده از آلیاژ در کارخانه‌های فولاد ۹ درصد کاهش‌یافت • نرخ شکست حذف شد
فرآیندهای تولید	متعادل‌سازی خطوط	کندا (Khenda)، ترکیه	خودرو	تجزیه و تحلیل ویدئویی مبتنی بر هوش مصنوعی برای برچسب زدن اقدامات دستی برای‌حذف خطاهای مربوط به اپراتور و بهبود فرآیندهای‌تولید دستی و بهینه سازی تعادل خط	• افزایش بهره‌وری ۲۵ درصد • با افزایش کیفیت و کارایی، هزینه‌های خطا حذف‌شد و از ضایعات و تولید محصولات معیوب جلوگیری شد
	تولید پارامتر بهینه‌سازی	دیتاپروفیت (Dataprophet,)، آفریقای‌جنوبی	ریخته‌گری	ایجاد بینش در مورد تعاملات پیچیده بین صده اپارامتر فرآیند و تأثیر آنها بر کیفیت نهایی با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری عمیق	• ایرادات از ۶ درصد نرخ نقص تاریخی به ۰ درصد کاهش یفت • کاهش تعداد توقف های کیفی از ۸۱ مورد به ۲۰ مورد در هفته

حوزه	مورد کاربرد	شرکت	حوزه فعالیت	کاربرد هوش مصنوعی	تأثیر
				تجویز برنامه بهترین مرحله بعدی را برای بهینه سازی تولید بدون کیفیت پایین	
	سیستم پیشرفته پشتیبانی تصمیم‌گیری در تست کارایی	آرچلیک (Arçelik,)، ترکیه	لوازم خانگی	بهبود عملکرد تست خنک‌کننده در شرایط آب و هوایی مختلف و در حال تغییر پویا برای کوتاه‌تر کردن مدت زمان آزمایش توسط یک سیستم تصمیم‌گیری داخلی مبتنی بر هوش مصنوعی و یادگیری ماشین (ML)	• نرخ تماس خدمات ۱۵.۳٪ بهبود یافت • افزایش ۱۷.۸ درصد ظرفیت آزمون با کاهش‌زمان آزمون از ۸۰ دقیقه به ۶۵ دقیقه • ۱۷.۸ درصد در صرفه جویی انرژی در هر واحد در سیستم LPT (تست عملکرد طولانی) • ۱۶.۷ درصد بهبود هزینه گارانتی در هر واحد
	مدیریت فرآیند	GEP ایالات متحده آمریکا	مواد شیمیایی	اجرای‌کنترل‌های فرآیند با قابلیت هوش مصنوعی برای مدیریت مصرف کاتالیزور براساس تغییرات فشار و دما در راکتور و مدیریت نرخ‌های انتقال	• زمان کلی چرخه دسته ای ۲۲٪ کاهش‌یافت و نیازبه افزودن ظرفیت راکتور جدید کاهش پیدا کرد
تعمیر و نگهداری	تعمیر و نگهداری پیشگیرانه: نظارت بر سلامت دستگاه و برنامه ریزی تعمیر و نگهداری	سنسمور (Sensemore,)، ترکیه	سیمان	تشخیص‌حالت خرابی ماشین آلات با جمع‌آوری داده‌های ارتعاش مداوم از طریق تخمین خطا، هشدار اولیه و برنامه ریزی‌تعمیر و نگهداری با هوش مصنوعی روی فن‌ها و موتورهای الکتریکی	• کاهش ۹۰ درصدی زمان خاموشی دستگاه‌ها • کاهش ۲۵٪ در هزینه تعمیر و نگهداری • افزایش عمر ماشین به میزان ۲۰ درصد • بهبود بهره وری عملیات ۲۵٪

حوزه	مورد کاربرد	شرکت	حوزه فعالیت	کاربرد هوش مصنوعی	تأثیر
	تعمیر و نگهداری پیشگیرانه:	مرکز سیستم‌های تعمیر و نگهداری هوشمند (IMS)، آمریکا	الکترونیک	پیش‌بینی غلظت ذرات آلاینده قبل از اینکه بر عملکرد تولید تأثیر منفی بگذارد، اجازه می‌دهد تا تمیز کردن محفظه به روشی فعال انجام شود.	• کاهش ۷۰ درصدی هزینه‌های برنامه ریزی نشده خرابی • رقابت پذیری بهبود یافته
	تعمیر و نگهداری پیشگیرانه:	پیش‌بینی (Predictronics,)، ایالات متحده آمریکا	خودرو	راه‌حل‌های پیش‌بینی مبتنی بر هوش مصنوعی برای ربات‌های صنعتی برای یک مشتری خودروسازی برای نظارت بر سلامت ربات جوشکاری و در نهایت پیش‌بینی و جلوگیری از رویدادهای خرابی و برنامه‌ریزی نگهداری، صرفه‌جویی در زمان، پول و منابع	• کاهش 50 درصدی در زمان توقف برنامه‌ریزی نشده • کاهش شیوه‌های تعمیر و نگهداری ناکارآمد
زنجیره تأمین	تقاضای‌آینده و پیش‌بینی قیمت	اسمارت‌اپت (SmartOpt)، ترکیه	شیمیایی	پیش‌بینی تقاضای آینده برای محصولات، خدمات و قیمت مواد خام باآموزش خودکار مدل هوش مصنوعی وتنظیم پارامترهای مدل به طور خودکار بدون دخالت کاربر	• پیش‌بینی دقت برای ۶ ماه آینده به بازه ۸۵-۹۹٪ رسید
	ضمانت و خدمات مدیریت	توفاش (Tofaş,)، ترکیه	خودرو	پیش بینی مبتنی بر مولفه به عنوان اجزای خودرو تحت تأثیر عوامل مختلف برای تعیین هزینه گارانتی سال های آینده برای خودروهای فروخته شده	• افزایش دقت پیش‌بینی از ۷۰ درصد (پیش‌بینی دستی) به ۹۵ درصد که منجر به کاهش ۱۰ درصدی صندوق ذخیره در سال‌شد

حوزه	مورد کاربرد	شرکت	حوزه فعالیت	کاربرد هوش مصنوعی	تأثیر
	انرژی بهینه‌سازی	هوش مصنوعی کانواس (Canvas AI) , کانادا	غذایی و آشامیدنی	تجزیه و تحلیل بازده حرارتی، شرایط محیطی برای کنترل بهینه سازی گاز طبیعی در زمان واقعی و اهداف مصرف در سراسر توربین ها. اهداف تولید برق و تقاضای بخار از بویلرهای پایین دستی	• ۵.۰۹٪ افزایش در راندمان حرارتی، که به ۹ میلیون پوند در سال ترجمه می شود و صرفه جویی در هزینه انرژی حاصل شد • کاهش انتشار CO2 • اثربخشی کلی تجهیزات بهبود یافته است
مدیریت انرژی	پیش‌بینی تقاضای برق	فورد اتوسان (Ford Otosan,)، ترکیه	خودرو	پیش‌بینی مصرف برق با تغییر دوره ۱۲ منطقه مختلف کارخانه با مدلی که‌به طور خودکار در دوره‌های از پیش تعیین‌شده کار می‌کند و عوامل خطا راحذف می‌کند.	• دقت پیش بینی برای کل مصرف کارخانه بین ۸۰ تا ۹۵ درصد متغیر است • حق تقدم خرید برق نزد شرکت تامین کننده برق محفوظ است
	بهینه‌سازی سیستم گرمایش و خنک کننده	سنگهای ماکینا (Makinarocks)، جمهوری کشورکره	وسیله نقلیه برقی	بهینه‌سازی سیستم مدیریت انرژی (دمای‌خودرو) وسایل نقلیه الکتریکی با شبیه‌سازی محیط کنترل با استفاده از مدل‌دینامیک مبتنی بر شبکه عصبی عمیق‌و پیاده‌سازی روش‌یادگیری تقویتی برای بهبود بهره وری‌انرژی از طریق ورودی های کنترلی بهینه شده	• بهبود بهره وری انرژی سیستم مدیریت انرژی در خودروهای الکتریکی به طور متوسط ۱۰٪، با حداکثر افزایش ۲۵٪ • افزایش ۵-۷٪ اضافی در مسافت رانندگی به ازای هر ۱۰-۱۵٪ افزایش در بهره وری انرژی سیستم مدیریت انرژی

۲- مجموعه‌ای از تجارب شرکت‌های فانوس دریایی در بکارگیری هوش مصنوعی در صنعت

هریک از سه انقلاب صنعتی اول یک پیشرفت تعیین کننده داشتند: مکانیزاسیون با بخار، تولید انبوه با نیروی برق و اتوماسیون‌کامپیوتری. اکنون واضح است که هوش ماشینی، با دسترسی بی سابقه به ترابایت داده، چهارم را تعریف می‌کند. هوش مصنوعی با قابلیت های جدید برای خودکارسازی و بهینه‌سازی تصمیم های مبادله ای حیاتی، در نقش‌رهبر ارکستر می شود و مجموعه‌ای از فناوری‌های انقلاب‌صنعتی چهارم را به سمفونی از نتایج بی سابقه سازماندهی‌می کند.

باگذشت پنج سال از ایجاد شبکه جهانی فانوس دریایی، بیش از ۷۰۰ مورد کاربرد از انقلاب صنعتی چهارم، که ۲۰۰ مورد از آنها شامل تکنیک‌های پیشرفته هوش مصنوعی است، به نتیجه رسیده‌اند. تمرکز جدید روی این موضوع است,"Scaling Slump کاهش‌سرعت پذیرش طبیعی فراتر از "اوج کاذب" منحنی یادگیری، زمانی که برخی از شرکت ها از هزینه‌های بالقوه تکرار رویکردهای تک سایتی در کل شبکه ها خودداری می کنند.

بااین حال، فانوس‌های دریایی در حال عبور هستند. حدود ۸۲% از روز اول بر روی طراحی در مقیاس متمرکز شده‌اند. آنها با کل کارخانه، نه موارد کاربرد موردی، به عنوان «پایلوت» جدید برخوردمی کنند، و به دنبال تأثیر ده برابری تحول و تقریباً دو برابرکردن بازگشت سرمایه از رویکردهای تک سایتی هستند.

قابلیت‌هایی که فانوس‌های دریایی برای سرعت بخشیدن به پایلوت‌ها ایجاد کرده‌اند، همان قابلیت‌هایی است که در هنگام حرکت به سمت مقیاس گسترش می‌دهند. اول، آنها GPS را تنظیم کردند یعنی طراحی یک استراتژی و نقشه راه موثر برای جذب ارزش در سراسر کارخانه‌ها و اکنون شبکه‌ها. سپس موتور را با قابلیت‌های تحویل[1] نیرو می‌دهند – استعداد، چابکی، فناوری و داده – و با همکاری‌های اکوسیستمی که از یادگیری و نوآوری پشتیبانی می‌کنند، آن را به خوبی روغن کاری می‌کنند. هدایت مستلزم مدیریت موثر تغییر است. برای این کار، فانوس‌های دریایی اغلب یک دفتر تحول[2] قوی را مستقر می‌کند.

پایلوت‌های‌اولیه هوش مصنوعی اغلب در سطح مرحله فرآیند توسعه داده می‌شدند، جایی که دامنه کوچک‌ترین، ریسک‌ها کمترین و تکرارها سریع‌ترین بودند. امروزه، قابلیت‌های فانوس‌های دریایی، هوش مصنوعی رابه خوبی از پایلوت‌های گذشته تسریع داده‌اند: بیش از ۲۰۰ مورد کاربرد از هوش مصنوعی که توسط فانوس‌های دریایی اجرا شده‌اند.

فانوس‌ها همچنین هوش مصنوعی را با «دارایی‌شدن[3]»، یعنی هنر و علم استفاده از بسته‌بندی برای افزایش سرعت و مقیاس استقرار، دموکراتیک می‌کنند. برخی از جعبه‌های ابزار برای استقرار کامل موارد کاربرد از هوش مصنوعی تنها در

[1] delivery capabilities
[2] transformation office
[3] assetization

روزها و هفته‌ها، نه ماه‌ها و سال‌ها، استفاده کرده‌اند. اینها شامل بسته‌های مدولار برای اطمینان از قابلیت همکاری با فناوری موجود، ابزارهای بهره‌وری مانند پلتفرم‌های بدون کد برای تسریع استقرار و موارد مرتبط با ارتقای مهارت دیجیتال برای اطمینان از پذیرش هستند.

رویکردهای"مرکز فرماندهی[1]" هوش مصنوعی – که به اختلال در مجموعه‌ای از فرآیندهای فردی متصل، کنترل و پاسخ می‌دهند – به طور فزاینده‌ای در فانس‌های دریایی رایج هستند. آنها توسط «اتوماسیون شناختی[2]» قدرت می‌گیرند: توانایی خودکارسازی تصمیمات پیچیده مبادله‌ای، که آنها را یک قدم به انسان در حلقه نزدیک‌تر می‌کند. وظیفه اپراتور فردا انجام وظایف تکنسین امروزی خواهد بود.

مهمتراز همه، آنها همچنین "آموزش اعتماد[3]" را در اولویت قرار می‌دهند و به بازخورد "حلقه بسته" اولویت می‌دهند تا فواصل اطمینان را قبل‌از واگذاری کنترل افزایش دهند. هوش‌مصنوعی مولد - آخرین پیشرفت در هوش ماشینی - نیز برای هر فانوس دریایی در اولویت است و یک کاربرد آزمایشی . هوش‌مصنوعی مولد را در دست اجرا دارند، و این خیلی قابل درک است: چرا که این ن.ع هوش مصنوعی پتانسیل را دارد که سالانه ۲.۶ تا ۴.۴ تریلیون‌دلار به ارزش اقتصاد جهانی کمک کند، که تقریباً یک چهارم آن‌را می توان با بهبود بهره وری مرتبط با تولید و زنجیره تامین به دست آورد (de Boer & Torti, December, 2023).

در ادامه تعدادی از این ۲۰۰ مورد کاربرد هوش مصنوعی در شبکه فانوس‌های دریایی معرفی می‌گردد.

[1] Command centre
[2] Cognitive automation
[3] Training for trust

کارخانه	داستان تغییر	۵ مورد استفاده برتر	تأثیرات	
ACG Capsules پیتامپور، هند	برای‌جلوتر ماندن از منحنی در بازار شدیدا رقابتی، تامین کننده دارویی ACG تولید محصولات با کیفیت برتر، بهبودپاسخگویی، افزایش بازده تولید و افزایش بهره‌وری نیروی‌کار را در اولویت قرار داد. برای دستیابی به این هدف، ACG بیش از ۲۵ مورد کاربرد از انقلاب چهارم را با استفاده از اینترنت صنعتی اشیا (IIoT)، یادگیری ماشینی(ML)، یادگیری عمیق (DL)، دوقلوهای دیجیتال، واقعیت‌توسعه یافته و هوش مصنوعی مولد اجرا کرد. اتخاذ موثر این موارد استفاده منجر به کاهش عیوب بحرانی ۹۸٪، کوتاه شدن زمان تولید ۳۹٪، کاهش ۵۱٪ در مجموع ضرر و ۴۴٪ افزایش در بهره وری نیروی کار شده است.	• بینش‌دسته ای کیفیت در زمان‌واقعی • اولین بهینه‌سازی درست مجهز به یادگیری ماشینی • زمانبندی و برنامه‌ریزی و برنامه تقویت شده با دوقلوی دیجیتال • افزایش توان نیروی کار و مدیریت مهارت مبتنی بر واقعیت‌مجازی • مدیریت ایمنی و تشخیص‌رفتار یادگیری‌عمیق محور	• 39% • 35% • 13% • 39% • 53%	• کاهش زمان‌تحویل دسته ای • افزایش بازده سال اول • افزایش در زمان تحویل به موقع • کاهش زمان آماده به کار شدن کارگر • کاهش نرخ حادثه ایمنی
فناوری‌های چابک Agilent Technologies والدبرون،آلمان	درمیان نوسانات تقاضا - تا هفت برابر بیشتر از حد معمول -رشد قوی بیش از ۵۰٪، اختلالات زنجیره تامین و نیازهای درحال تحول محصول، Agilent Waldbronn بیش از ۲۵ نقش‌مرتبط با انقلاب صنعتی چهارم و ۲۰ مورد کاربرد مرتبط را برای رسیدگی به این مشکل معرفی کرد. پلتفرم تولید علوم زیستی با حجم بالا و ترکیب بالا از راه‌حل‌های جعبه ابزار انقلاب صنعتی چهارم، از جمله برنامه‌های کاربردی هوش مصنوعی و اینترنت اشیای صنعتی (IIoT) برای شبیه‌سازی و پیش‌بینی سریع بهره می‌برد. این تسهیلات به افزایش ۳۵ درصدی کیفیت، ۴۴ درصد افزایش در بهره وری و افزایش ۴۸ درصدی در تولید کمک نموده است که در نهایت باعث رشد سهم بازار شده است.	• سیستم برنامه‌ریزی بدون لمس محیط کارگاه • پیش‌بینی و کنترل قابلیت اطمینان‌زنجیره تامین • تست‌کیفیت پیش‌گیرانه با هوش‌مصنوعی در ابر • مجموعه ابزارهای بینایی کامپیوتری هوش مصنوعی و کتابخانه راه‌حل‌ها • مدل سازی هزینه پیش بینی و شبیه سازی محصول دیجیتال	• 47% • 36% • 13% • 49% • 35% •	• افزایش بهره‌وری مستقیم نیروی کار • افزایش خروجی‌تولید • افزایش توان‌عملیاتی ایستگاه تست • کاهش میزان‌نقص • کاهش هزینه فقدان کیفیت •

کارخانه	داستان تغییر	۵ مورد استفاده برتر	تأثیرات	
AMOREPACIFIC اوسان،کره جنوبی	برای برجسته شدن در صنعت لوازم آرایشی، شرکت جهانی زیبایی AMOREPACIFIC از فناوری‌های انقلاب صنعتی چهارم مانند هوش مصنوعی و چاپ سه بعدی برای بهینه‌سازی طراحی فرآیند تولید، تسریع معرفی محصولات جدید و بهبود انعطاف‌پذیری استفاده کرد. این امر زمان ارائه محصول جدید را تا ۵۰ درصد و نقص را تا ۵۴ درصد کاهش داد. همچنین با بیش از ۸۰۰،۰۰۰ محصول منحصر به فرد ارائه شده، یک مدل تجاری جدید را برای لوازم آرایشی سفارشی تولید شده در فروشگاه فعال کرد.	• خدمات آرایشی سفارشی مبتنی بر هوش مصنوعی • بهینه سازی طراحی فرآیند آرایشی مبتنی بر هوش مصنوعی • تولید لوازم آرایشی خود تکاملی • تشخیص عیب مبتنی بر هوش مصنوعی در خطوط بسته بندی • تولید بسته بندی پرینت سه بعدی	• 800K • 50% • 54% • 344% • 71% •	• افزایش واحدهای انبارداری سفارشی (SKU) • کاهش زمان تحویل محصول جدید • کاهش نرخ عیب ساخت • افزایش بهره وری خط بسته بندی • کاهش زمان تهیه ابزار
آرامکو ینبع، عربستان سعودی	برای حفظ مزیت رقابتی به عنوان یکی از تامین کنندگان پیشرو سوخت و در عین حال به حداقل رساندن ردپای کربن خود، پالایشگاه آرامکو که ساخت دهه ۱۹۷۰ بود تحت یک تحول استراتژیک انقلاب چهارم صنعتی پنج ساله قرار گرفت و موارد کاربرد را در مقیاسی پیاده سازی و ادغام کرد که شامل بهینه‌ساز سوخت‌های پاک مبتنی بر هوش مصنوعی بود. یک سیستم تصمیم گیری عملیاتی مبتنی بر هوش مصنوعی و یک مدل دینامیکی دوقلو دیجیتال هم بکار گرفته شد. در نتیجه، تولیدسوخت بر اساس مشخصات به ۹۹ درصد، انتشار گازهای‌گلخانه ای (GHG) تا ۲۳ درصد کاهش یافته است و دردسترس بودن عملیاتی ۱۷ درصد بهبود یافته است.	• دوقلو دیجیتال برای کاهش مصرف‌انرژی • سیستم تصمیم‌گیری عملیات مبتنی بر هوش مصنوعی • پیش‌بینی عمرکاتالیست مبتنی بر یادگیری ماشینی • بهینه‌ساز سوخت‌های پاک مبتنی بر هوش مصنوعی • آموزشVR برای افزایش ایمنی و مهارت‌های فرآیند	• 159% • 20% • 24% • 14% • 35%	• افزایش سودآوری • افزایش ظرفیت پردازش • کاهش تولید زباله • کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای • کاهش زمان مهارت آموزی

کارخانه	داستان تغییر	۵ مورد استفاده برتر	تأثیرات	
Pacific CITIC Steel Special جیانگژین، چین	برای پاسخگویی به تقاضای رو به رشد جهانی برای محصولات سفارشی سازی شده فولادی در حالی که مسائل ناپایدار مواد خام و تامین انرژی را بررسی می کند، کارخانه فولاد ویژه CITIC Jiangyin Xingcheng بیش از ۴۰ مورد استفاده از انقلاب صنعتی چهارم مانند شبیه سازی و بهینه سازی فرآیند پیشرفته مبتنی بر تجزیه و تحلیل و مدیریت انرژی با هوش مصنوعی را به کار گرفت. در نتیجه، این کارخانه توانسته است سفارشات سفارشی را تا ۳۵.۳ درصد افزایش دهد، نرخ محصولات غیر واجد شرایط خود را تا ۴۷.۳ درصد کاهش دهد و مصرف انرژی خود را ۱۰.۵ درصد در هر تن فولاد کاهش دهد.	• فرآیند طراحی سفارشی مبتنی بر داده های بزرگ • کوره بلند "جعبه سیاه شفاف سازی" با داده های چندوجهی • بهبود مستمر کیفیت با کنترل حلقه بسته هوشمند • بهینه سازی فرآیند نورد فولادی با قابلیت هوش مصنوعی • بهینه سازی پایداری مبتنی بر تجزیه و تحلیل پیشرفته	• 57% • 85% • 240% • 15% • 11%	• کاهش زمان طراحی محصول جدید • کاهش زمان توقف عملیات • افزایش عملکرد میدانی فولاد • افزایش خروجی در ساعت دستگاه • کاهش میانگین مصرف انرژی
Contemporary Amperex Technology (CATL) لیانگ، چین	برای رسیدگی به تقاضای فزاینده و افزایش هزینه های نیروی کار،و برای برآورده کردن تعهد خود نسبت به بی طرفی کربن، ازداده های بزرگ برای شبیه سازی تست کیفیت، تولید افزودنی برای کاهش زمان تغییر، بینایی کامپیوتر برای دستیابی به بازرسی کیفیت در سطح میکرونی و یادگیری عمیق برای بهینه سازی کنترل فرآیند و مدیریت انرژی استفاده کرد. این امرمنجر به افزایش ۳۲۰ درصدی تولید، کاهش ۳۳ درصدی درهزینه های ساخت، کاهش ۴۷.۴ درصدی در انتشار گازهای گلخانه‌ای و کاهش ۹۹ درصدی نقص کیفیت شده است. اندازه گیری‌نقص از «در میلیون» به «در هر میلیارد» ارتقا یافت.	• آزمایش و تخمین ظرفیت باتری‌مجازی با قابلیت دادهای بزرگ • شبیه‌سازی مجازی و چاپ سه بعدی برای تغییرات‌چابک • دارای سیستم نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قدرت یادگیری عمیق • تشخیص نشت هلیوم مجهز به هوش مصنوعی • مدیریت انرژی دیجیتال هوشمند و پایدار	• 80% • 25% • 41% • 100% • 43%	• کاهش مصرف انرژی • افزایش خروجی • کاهش هزینه تعمیر و نگهداری • کاهش مصرف گازهلیوم • کاهش مصرف انرژی

کارخانه	داستان تغییر	۵ مورد استفاده برتر	تأثیرات	
CR Building Materials Tech تیان‌یانگ،چین	برای رسیدگی به الزامات توسعه سبز و کم کربن، انتظارات کیفیت بالاتر و فشارهای هزینه، سایت تیانگ‌یانگ، یک کارخانه سیمان زیر مجموعه منابع فناوری مصالح ساختمانی چین، بیش از ۳۰ مورد کاربرد از انقلاب چهارم صنعتی را با تجزیه و تحلیل پیشرفته، رانندگی خودکار و IIoT برای بهبود مستقر کرده است. بهره وری انرژی، نیروی کار و تجهیزات و عملکرد با کیفیت. در نتیجه، سایت انتشار کربن را تا ۲۴ درصد کاهش داده است، بهره وری نیروی کار را ۱۰۵ درصد افزایش داده است، زمان توقف برنامه ریزی نشده را تا ۵۶ درصد کاهش داده و ثبات کیفیت را تا ۲۵ درصد بهبود بخشیده است.	• عملیات استخراج هوشمند با هوش مصنوعی و رانندگی خودکار • کنترل و بهینه سازی هوش مصنوعی برای فرآیندهای کلیدی تولید سیمان • نگهداری و برنامه ریزی هوشمند تجهیزات • کنترل کیفیت حلقه بسته با هوش مصنوعی • تحویل سفارش با نوتچ یکپارچه دیجیتال	• 68% • 11% • 56% • 87% • 321% •	• کاهش انتشار CO2 از کامیون‌های معدن • کاهش مصرف زغال سنگ به ازای هر تن محصول • کاهش توقف برنامه ریزی نشده • کاهش نرخ رد مشتری • افزایش بهره‌وری مستقیم نیروی کار
GAC AION گوانگژو، چین	GAC AION برای برآورده ساختن تقاضای زیاد مشتریان برای وسایل نقلیه الکتریکی قابل اعتماد و سفارشی، بیش از ۴۰ مورد استفاده از انقلاب چهارم صنعتی را به کار گرفت تا بیش از ۱۰۰۰۰۰ گزینه پیکربندی را به مشتریان ارائه دهد و از تحویل به موقع و واجد شرایط اطمینان حاصل کند. خط تولید کاملاً خودکار از تولید ترکیبی مدل‌های سفارشی و ساخت‌وساز پشتیبانی می‌کند، راندمان تولید را تا ۵۰ درصد کاهش می‌دهد، زمان تحویل را تا ۳۳ درصد کاهش می‌دهد، بازده پاس اول را تا ۸ درصد افزایش می‌دهد و هزینه‌های تولید را تا ۵۸٪ کاهش می‌دهد.	• پلت فرم تولید مشتری به خودرو برای وسایل نقلیه سفارشی • اتوماسیون انعطاف پذیر با قابلیت هوش مصنوعی • برج کنترل هوش مصنوعی برای توزیع مستقل مواد • کنترل کیفیت حلقه بسته "خودرو به همه چیز". • ریزشبکه هوشمند برای تولید پایدار	• 30% • 67% • 67% • 8% • 48% •	• کاهش زمان سفارش‌تا تحویل • کاهش تغییر در طول زمان • افزایش بهره‌وری جابجایی مواد • افزایش بازده پاس اول • کاهش مصرف انرژی •

کارخانه	داستان تغییر	۵ مورد استفاده برتر	تأثیرات	
حایر هفی، چین	ظهور طبقه متوسط جدید و افزایش تقاضای مصرف کننده در چین باعث ارتقاء سیستم تهویه مطبوع اسپلیت (AC۱) به سیستم AC مرکزی شده است که از نظر کیفیت و بهره وری انرژی دارای الزامات بالاتری است. کارخانه تهویه مطبوع Haier's Hefei از الگوریتم های پیشرفته، دوقلوهای دیجیتال، نمودارهای دانش و سایر فناوری های پیشرفته در تحقیق و توسعه (R&D)، تولید و آزمایش سیستم‌های AC مرکزی خانگی استفاده کرد که منجر به افزایش ۳۳ درصدی در بهره وری انرژی، ۵۸ درصد کاهش در نرخ نقص، افزایش ۴۹ درصدی بهره‌وری نیروی کار و کاهش ۲۲ درصدی هزینه‌های تولید واحد. شد.	• طراحی محصول بهینه با هوش مصنوعی برای تجزیه و تحلیل سیال • تخصیص بین شرکتی منابع نیروی کار مشترک با قابلیت تجزیه و تحلیل پویا • تعویض دیجیتال با قابلیت دوقلو با دقت بالا • خود تنظیم هوشمند با قابلیت بینایی ماشین در فرآیند جوشکاری • سیستم خبره مبتنی بر گراف برای بازرسی عملکرد	• 63% • 60% • 93% • 85% • 67% •	• کاهش زمان چرخه طراحی محصول • کاهش چرخه آموزش • کاهش تغییر در طول زمان • کاهش میزان عیب جوش • کاهش میانگین زمان تعمیر (MTTR)
Hengtong Alpha Optic-Electric سوژو،چین	با توجه به فشارهای هزینه بالاتر و همچنین کیفیت و انتظارات‌تولید سبز از بازار بین المللی، این شرکت کاربرد گسترده تجزیه و تحلیل پیشرفته، بینایی ماشین و فناوری هوش مصنوعی را در ۲۷ مورد کاربرد پیشرفته که کل زنجیره ارزش‌تولید را پوشش می دهد، سرعت بخشید. در نتیجه هزینه‌های ساخت واحد ۲۱ درصد ، میزان عیب ۵۲ درصد و مصرف برق واحد 33 درصد کاهش یافته است	• سیستم یادگیری ماشینی برای پیش‌بینی کیفیت محصولات • بهینه‌سازی قطر بیرونی پیش ساخته مبتنی بر هوش مصنوعی و بینایی ماشینی • مدل‌کنترل طراحی با سرعت فوق‌العاده بالا • مدل پیش بینی شکست فیبر بر دایه یادگیری ماشین • تست بهینه شده با داده‌های مبتنی بر هوش مصنوعی	• 61% • 35% • 67% • 26% • 39% •	• کاهش میزان نقص پارامتر نوری • افزایش سرعت‌پردازش • کاهش اپراتورهادر هر خط • کاهش شدت شکستگی فیبر • افزایش واحد برای هر نفر در ساعت (UPPH2) •

[1] conditioner

[2] Units per person per hour (UPPH

کارخانه	داستان تغییر	۵ مورد استفاده برتر	تأثیرات	
Ingrasys, Foxconn Industrial Internet تائویان، تایوان	توسعه سریع مدل‌های پایه هوش مصنوعی (AI) باعث افزایش تقاضا برای قدرت محاسباتی و راندمان، کیفیت و سرعت تکرار بیشتر برای سرورهای AI شده است. کارخانه اینترنت صنعتی فاکسکان تایوان با بکارگیری موارد استفاده از هوش مصنوعی در پیش‌بینی سفارش، زمان‌بندی انبار و تولید، طراحی محصول، کیفیت و حوزه‌های تست مونتاژ، به افزایش ۷۳ درصدی در راندمان تولید، کاهش ۹۷ درصدی در نقص‌های محصول، کاهش ۲۱ درصدی زمان تولید و کاهش ۳۹ درصدی هزینه های ساخت واحد .دست یافته است.	• برنامه ریزی انبار و لجستیک مجهز به هوش مصنوعی • پیش بینی سفارش و برنامه ریزی تولید مبتنی بر هوش مصنوعی • فرآیند طراحی پارامتر محصول با هوش مصنوعی • تجزیه و تحلیل مدیریت کیفیت کنترل پیشرفته مبتنی بر هوش مصنوعی • کارگاه مونتاژ و تست خودکار مجهز به هوش مصنوعی	• 44% • 8% • 89% • 99% • 42% •	• کاهش زمان تغییر خط • افزایش در زمان تحویل به موقع • کاهش زمان طراحی تابلو • کاهش نرخ نقص در خطوط SMT • افزایش اثربخشی کلی تجهیزات (OEE1)
K-water هواسونگ، کره‌جنوبی	بحران آب و هوا باعث نگرانی های قابل توجهی در تامین آب شده است، زیرا امواج گرما و باران‌های شدید باعث ایجاد ذخایر فرار و کدرترمی شود. برای رفع این مشکل، K-water یک کارخانه تصفیه‌آب با هوش مصنوعی نسل بعدی راه اندازی کرد تا هزینه های‌تولید را کاهش دهد، پاسخگویی را بهبود بخشد و خطای انسانی‌را کاهش دهد. این موضوع در بیش از ۴۰ سایت دیگر مقیاس بندی‌شده است و به K-water کمک کرده است تا استفاده از مواد شیمیایی خود را تا ۱۹ درصد کاهش دهد، راندمان کار را تا ۴۲ درصد بهبود بخشد و مصرف برق را تا ۱۰ درصد کاهش دهد.	• سیستم هوشمند و خودمختار عملیات کارگاه • پیش‌بینی تقاضا- مبتنی بر بهینه‌سازی انرژی • تعمیر و نگهداری پیش‌گیرانه مبتنی بر یادگیری ماشینی • دوقلو دیجیتال برای آموزش و تعمیر و نگهداری • هوش‌مصنوعی برای مدیریت ایمنی مبتنی بر دوربین مداربسته	• 104% • 10% • 33% • 33% • 75% •	• افزایش بهره‌وری نیروی کار • کاهش مصرف انرژی • کاهش هزینه تعمیر و نگهداری • کاهش زمان آموزش • کاهش زمان پاسخ به حادثه •

[1] Overall Equipment Effectiveness (OEE)

کارخانه	داستان تغییر	۵ مورد استفاده برتر	تأثیرات	
LONGi جیاکسینگ، چین	سایت جیاکسینگ به دلیل تمایل به کاهش هزینه ها، بهبود کیفیت و کوتاه کردن زمان تولید ماژول های خورشیدی، بیش از ۳۰ مورد استفاده از انقلاب صنعتی چهارم را با استفاده از هوش مصنوعی و تجزیه و تحلیل پیشرفته برای تقویت عملیات تولید اجرا کرد. این تلاش‌ها تأثیرات قابل‌توجهی داشته است، به طوری که سایت به کاهش ۲۸ درصدی هزینه‌های تولید واحد، کاهش ۴۳ درصدی افت عملکرد و کاهش ۸۴ درصدی زمان تولید در طی یک سال دست یافته است، در حالی که مصرف انرژی را تا ۲۰ درصد کاهش داده است.	• تجزیه و تحلیل علت ریشه‌ای بازرسی بلادرنگ و توصیه اقدام با هوش مصنوعی • برنامه ریزی و تخصیص تولید سلول خورشیدی مبتنی بر شبکه عصبی • برنامه ریزی شغلی مبتنی بر داده برای کارگران • اتوماسیون انعطاف پذیر با قابلیت بینایی ماشین و هوش مصنوعی • بهینه سازی تولید سفارش مبتنی بر داده های بزرگ	• 32% • 46% • 35% • 96% • 84 %	• افزایش بازده پاس اول • کاهش انحرافات قدرت محصول • افزایش بهره وری مستقیم نیروی کار • کاهش تغییر در طول زمان • افزایش بهره وری نیروی کار لجستیک
Mondelēz پکن،چین	با استقبال از جاه‌طلبی پایداری از Mondelez Global و شهر پکن و در عین حال برآورده کردن جاه‌طلبی‌های رشد Mondelez و رسیدگی به فشارهای هزینه عملیاتی ناشی از تورم ۶ درصدی هزینه نیروی کار سال به سال (YoY)، Mondelez Beijing ۳۸ مورد کاربرد از انقلاب چهارم صنعتی، مانند هوش مصنوعی را اجرا کرد.. در نتیجه، Mondelez Beijing به رشد ۲۸ درصدی درآمد خالص و ۵۳ درصدی افزایش بهره‌وری نیروی کار دست یافته است در حالی که انتشار گازهای گلخانه‌ای را تا ۲۴ درصد و ضایعات مواد غذایی را تا ۲۹ درصد کاهش داده است.	• چراغ خاموش خودگردان در کارگاه خمیر • سیستم‌کنترل فر پخت مبتنی بر یادگیری ماشینی • بهینه‌سازی سیستم گرمایش و تهویه‌مطبوع (HVAC) مبتنی بر یادگیری ماشینی ، • حلقه‌بسته رفع‌نقص مجهز به هوش مصنوعی • سیستم‌مدیریت تولید ناب‌دیجیتال •	• 91% • 72% • 24% • 52% • 49	• کاهش نیاز به استخدام کارکنان • کاهش ضایعات مواد غذایی • کاهش برق مصرف • کاهش شکایات مصرف‌کننده • کاهش خرابی بدون برنامه ریزی •

کارخانه	داستان تغییر	۵ مورد استفاده برتر	تأثیرات	
ReNew راتلام، هند	شرکت انرژی تجدیدپذیر ReNew برای به حداکثر رساندن بهره‌وری، ساده‌سازی هزینه‌ها و استقرار مجدد نیروی کار موجود برای کمک به قابلیت‌های عملیات درون منبع و تعمیر و نگهداری (O&M)، پایه‌های دیجیتال و تحلیلی را از اولین سایت فانوس دریایی خود، از جمله در حوزه مدل‌های جدید هوش مصنوعی و مقیاس بندی سریع موارد استفاده از انقلاب صنعتی چهارم در ۷۰ مزرعه بادی، ۱۰ سازنده تجهیزات اصلی (OEM) و ۲۲ مدل منحصر به فرد توربین بادی. اکتساب کرد. سایت معیار شرکت برای این تغییر مقیاس، بهبودهایی را با ۱.۷٪ بازده انرژی بالاتر، ۱۷٪ کاهش در هزینه‌های عملیاتی و ۴۰٪ ضایعات کمتر انجام داده است. این امر منجر به افزایش ۲۰ درصدی سودآوری شد.	• بازرسی پره های توربین بادی خودکار با موتور یادگیری ماشینی • کاهش باد مبتنی بر هوش مصنوعی • سیستم برای توربین اصلاحی • بهینه سازی منحنی توان توربین مبتنی بر یادگیری ماشینی • سیستم پیش‌بینی خرابی مبتنی بر یادگیری ماشینی • تشخیص زودهنگام عیوب در خطوط انتقال برق	• 78% • 90% • 90% • 83% • 66% •	• کاهش تعمیر و نگهداری برنامه ریزی نشده • کاهش زمان شناسایی نقص • کاهش ساعات کار تعمیر و نگهداری • کاهش نگهداری برنامه ریزی نشده • کاهش خرابی خطوط انتقال
VitrA Karo بوزویوک، ترکیه	افزایش قیمت انرژی و تورم بر هزینه های انرژی و فرآیند تولید کاشی و سرامیک که نیازمند نیروی کار است، تأثیر گذاشته است. سایت بوزویوک VitrA Karoبرای حفظ رقابت و در عین حال پاسخگویی به تقاضاهای بالاتر و حفظ مجموعه پیچیدهای از بیش از ۴۲۰۰ SKU، نقشه راه تحول دیجیتال خود را با تمرکز بر محصولات هوشمند و کنترل های تولید به کار گرفت. این امر منجر به افزایش ۱۹ درصدی OEE، کاهش ۵۶ درصدی ضایعات، کاهش ۱۴ درصدی مصرف انرژی و افزایش ۴۳ درصدی در استفاده از محتوای بازیافتی شده است.	• بهینه‌سازی ترکیب مواد مبتنی بر هوش مصنوعی • استفاده از IIoT و AI • تنظیم پارامترهای فرآیندها • مشخصات پیوسته محصول برای ثبات کیفیت مبتنی بر هوش مصنوعی • تجزیه و تحلیل علل مشکلات و بازرسی کیفیت مبتنی بر هوش مصنوعی • برج مراقبت تولید هوشمند	• 44% • 17% • 32% • 66% • 19% •	• افزایش بازده پاس اول • کاهش مصرف انرژی • کاهش نسبت قراضه • کاهش نسبت شکایات • افزایش OEE •

کارخانه	داستان تغییر	۵ مورد استفاده برتر	تأثیرات	
زنجیره تامین DHL ممفیس، ایالات‌متحده	زنجیره‌تأمین DHL در ممفیس، تنسی، با توجه به بازار رو به رشدتجارت الکترونیک و با توجه به تبلیغات خرده فروشی و تغییر گرایش مصرف‌کننده از سفارش های آفلاین به آنلاین، علاوه‌بر تأثیرات سنگین فصلی، یک سایت استراتژیک انقلاب صنعتی چهارم را تأسیس کرد که مجهز به یک برج کنترل برای نظارت متمرکز بر برنامه ریزی و اجرا جهت مدیریت و کنترل عملیات E2Eاست. این سایت دارای ربات‌ها، تجزیه‌و تحلیل و راه‌حل کارکنان انعطاف پذیر است که منجر به‌کاهش ۵۰ درصدی اضافه کاری، ۵۷ درصدی کاهش زمان چرخه حمل و نقل و افزایش ۲۹۰ درصدی ظرفیت شده و نرخ رشد مرکب سالانه(CAGR) از سال ۲۰۱۹ بیش از ۲۸ درصد افزایش داشته است. . در نتیجه، سایت به عنوان یک مرکز آموزشی اولیه برای پذیرش جهانی فناوری های جدید مطرح شده است.	• مدل‌کارکنان انعطاف پذیر مبتنی‌بر تجزیه و تحلیل • تکمیل کسری موجودی به صورت پیش‌گیرانه • پلتفرم مشاهده انبار با قابلیت تجزیه و تحلیل • انتخاب و حمل و نقل با قابلیت دیجیتال • برج کنترل لجستیک دیجیتال	• 25% • 65% • 34% • 38% • 71% •	• کاهش غیبت • افزایش درصد در دسترس بودن • افزایش بهره وری • افزایش توان عملیاتی • کاهش زمان چرخه عملیات
Haier چینگدائو، چین	به منظور جلوتر بودن از صنعت در زمینه هزینه و رسیدگی به مشکلات رایج خدمات غیرحرفه ای و تاخیری در صنعت لوازم خانگی، حایر ۱۳۶ مورد استفاده از انقلاب چهارم صنعتی را برای صرفه جویی در هزینه های تدارکات و بهبود بهره وری و کیفیت خدمات با استفاده از فناوری‌هایی از جمله 5G، لگوریتم های پیشرفته و دوقلوهای دیجیتالی استفاده کرد. این ابتکار منجر به بهینه‌سازی هزینه محصول تا ۳۲ درصد، افزایش بهره‌وری نیروی کار به میزان ۳۶ درصد و کاهش نرخ شکایت خدمات تا ۸۵ درصد شده است.	• بهینه‌سازی و هزینه‌یابی با یک کلیک • لجستیک هوشمند درون کارخانه با قابلیت پشتیبانی از 5G • بهینه‌سازی بازده مونتاژ نهایی مبتنی بر IIoT • مطابقت هوشمند درخواست تعمیر و ارسال خودکار • دوقلوهای دیجیتال برای بهینه سازی پارامترهای ماشین لباسشویی	• 21% • 80% • 33% • 88% • 43% •	• کاهش هزینه مواد در هر واحد • کاهش زمان خرابی مبتنی بر کمبود مواد • افزایش بهره‌وری نیروی کار • افزایش سرعت تعمیر • کاهش میزان نقص محصول

کارخانه	داستان تغییر	۵ مورد استفاده برتر	تأثیرات	
Johnson & Johnson شیان،چین	برای بهبود چابکی و پاسخگویی، بالا بردن استانداردهای کیفیت و افزایش رقابت، جانسون و جانسون شیان در سال ۲۰۱۹ کارخانه دستی خود را با یک کارخانه جدید مجهز به انقلاب صنعتی چهارم جایگزین کرد. این تسهیلات شامل دوقلوهای دیجیتال برای انتقال فناوری و جابجایی مواد، اتوماسیون هوشمند ادامه تأیید فرآیند (CPV) و فرآیندهای اجرای دسته‌ای بود. این امر زمان انتقال محصول را تا ۶۴ درصد در حین جابجایی سایت کوتاه کرده و باعث کاهش ۶۰ درصدی عدم انطباق شده است، در حالی که بهره وری را تا ۴۰ درصد، هزینه های عملیاتی را تا ۲۴ درصد و انتشار گازهای گلخانه ای را تا ۲۶ درصد بهبود می بخشد.	• انتقال فنی هوشمند مبتنی بر دوقلو دیجیتال • تعالی اجرای دسته‌ای مبتنی بر اتوماسیون هوشمند • تأیید فرآیند مستمر مستقل • جابجایی مواد تقویت شده توسط دوقلو دیجیتال • برج کنترل زنجیره تامین هوشمند	• 34% • 60% • 92% • 100% • 81% •	• کاهش زمان چرخه • کاهش عدم انطباق دسته ای • کاهش زمان تشخیص تنوع • کاهش ردپای موجودی کالاهای تمام شده • کاهش موجودی آهسته حرکت
Kenvue شانگهای،چین	کنوو شانگهای برای همگامی با رشد تجارت الکترونیک، سرعت بیشتر در بازار و تقاضاهای نوسانی ناشی از افزایش رقابت در هزینه، بیش از ۲۵ مورد استفاده از انقلاب چهارم صنعتی، از جمله تجزیه و تحلیل داده‌های بزرگ در رسانه‌های اجتماعی، دوقلوهای دیجیتال، تولید افزایشی و یادگیری ماشینی در سراسر زنجیره ارزش E2E را به کار گرفت. این منجر به کاهش ۵۰ درصدی زمان عرضه محصول جدید، بهبود ۱.۳ برابری در دقت پیش‌بینی و ۹۹.۸ درصد تحویل به‌موقع و کامل ظرف ۴۸ ساعت شد. این امر باعث شد تجارت الکترونیک دو برابر شد و از ۳۰ درصد به ۶۰ درصد کل تجارت رسید.	• کلان داده و هوش مصنوعی برای بینش مشتری-سازنده در مورد تناسب محصول • فرآیند دوقلوی دیجیتال برای افزایش سرعت عرضه محصول جدید به بازار • پیش‌بینی تقاضای دانه‌ای با قابلیت یادگیری ماشینی • تولید چابک هوشمند از طریق نظارت از راه دور داده ها و چاپ سه بعدی • پر کردن انبار به صورت پیش‌بینانه و بدون لمس	• 50% • 30% • 80% • 70% • 23% •	• کاهش زمان عرضه به بازار (معرفی محصول جدید) • کاهش تولید هزینه توسعه در هر SKU • کاهش نرخ خارج از انبار • کاهش طول زمان تغییر • کاهش روزهای موجودی در دست

کارخانه	داستان تغییر	۵ مورد استفاده برتر	تأثیرات	
Unilever سونپات،هند	برای بهبود چابکی و پاسخگویی به بخش‌های مختلف محصول، کاهش هزینه‌ها در یک محیط تورمی و بهبود پایداری، یونیلور سونپات بیش از ۳۰ مورد کاربرد از انقلاب چهارم صنعتی را در زنجیره تامین E2E خود پیاده‌سازی کرد. موارد کاربرد برتر شامل فرآیند دوتایی بویلر و اسپری خشک کن، و همچنین برنامه ریزی تولید بدون تماس با اطلاعات مشتری و بهینه سازی موجودی بود. این تغییر بهبود سرویس را تا ۱۸ درصد، دقت پیش‌بینی، تا ۵۳ درصد، هزینه تبدیل، تا ۴۰ درصد و ردپای کربن تا ۸۸ درصد بهبود داده است. استفاده از سوخت‌های زیستی که توسط یک فرآیند دیگ بخار فعال می‌شود، از معیشت کشاورزان محلی نیز حمایت می‌کند.	• دوقلو دیجیتال برای انعطاف پذیری سوخت سبز در دیگ • دوقلو دیجیتال خشک کن اسپری مجهز به IIoT • اتوماسیون شناختی برای انعطاف پذیری عرضه • بهینه سازی موجودی در زمان واقعی مبتنی بر هوش مصنوعی • تعمیر و نگهداری پیشگیرانه دارایی‌ها	• 88% • 93% • 18% • 23% • 56% •	• کاهش انتشار گازهای گلخانه ای بویلر • افزایش بهره‌وری نیروی کار فرآیندی • افزایش سطوح خدمات • کاهش موجودی کالاهای تمام شده • کاهش هزینه تعمیر و نگهداری
Schneider Electric حیدرآباد،هند	سایت حیدرآباد شرکت اشنایدر الکتریک قصد دارد تا سال ۲۰۳۰ بر اساس یک هسته قوی انقلاب صنعتی چهارم، کربن را در محدوده ۱ و ۲ صفر کند. این شامل یک سیستم حلقه بسته E2E با ردیابی CO2 برای تامین کنندگان استراتژیک است. این سیستم با تولید بی‌درنگ داده و تجزیه و تحلیل ابری برای همه دارایی‌های تسهیلات که با عملیات فروشگاهی با استفاده از یک اکولایزر مجهز به IIoT و نظارت پیش‌بینی مبتنی بر هوش مصنوعی به هم مرتبط هستند، نیرو می‌گیرد. این امر منجر به کاهش ۵۹ درصدی مصرف انرژی، ۶۱ درصدی کاهش انتشار CO2، کاهش ۵۷ درصدی مصرف آب و کاهش ۶۴ درصدی در تولید زباله عادی شده است.	• بهینه‌سازی کمپرسور هوای هوشمند با کنترل حلقه بسته • سیستم مدیریت انرژی مبتنی بر اینترنت اشیا • برج کنترل دیجیتال برای ردیابی و مدیریت انتشار گازهای گلخانه ای (همه دامنه ها) و زباله	• 57% • 57% • 64% •	• کاهش مصرف انرژی واحد • کاهش مصرف آب واحد • کاهش زباله‌های واحد •

۳- منابع

Akkol, Ö., & Jurgens, J. (December 2022). *Unlocking Value from Artificial Intelligence in Manufacturing.* Geneva: World Economic Forum (WEF).

Bristol, H., de Boer, E., & Shahani, R. (2023, December 14). *The continuing evolution of the Global Lighthouse Network*. Retrieved from McKinsey & Company: https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/the-continuing-evolution-of-the-global-lighthouse-network

de Boer, E., & Torti, F. (December, 2023). *Global Lighthouse Network: Adopting AI at Speed and Scale.* Geneva: World Economic Forum.

Keenan, G., & Patterson-Waites, A. (2024). *Impact report centre for the Forth Industrial Revolution Network 2022-2023.* Geneva: The World Economic Forum (WEF).

Statista. (2023, 12 05). *Digital transformation: Statistics report on digital transformation worldwide*. Retrieved from https://www.statista.com/study/74997/dossier-digital-transformation/

ابطحی, م) ۱۴۰۲. (*سند رسته تولید نرم‌افزارها، پلتفرم‌های فناوری‌های پیشرو و ماشین‌های هوشمند، طرح تدوین نقشه راهبردی صنعتی و ارتقای تولید داخل*. تهران: موسسه عالی آموزش و پژوهش مدیریت و برنامه‌ریزی.

سریع‌القلم, م) ۱۴۰۲, ۱۱ ۰۷. (*گزارش داوس ۲۰۲۴*. Retrieved from https://sariolghalam.com/2024/01/27/%DA%AF%D8%B2%D8%A7%D8%B1%D8%B4-%D8%AF%D8%A7%D9%88%D8%B3-%DB%B2%DB%B0%DB%B2%DB%B4/