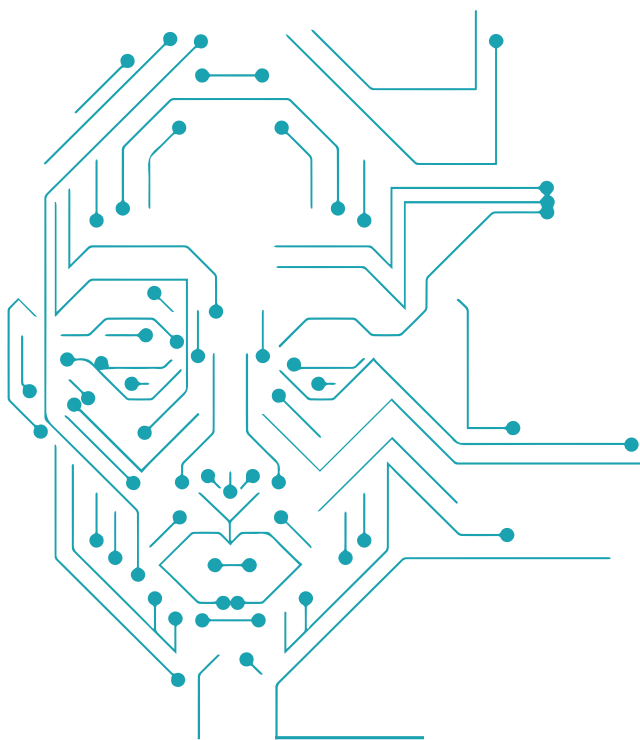


روندها، چالش‌ها و راهکارهای تحول دیجیتال در ایران و جهان

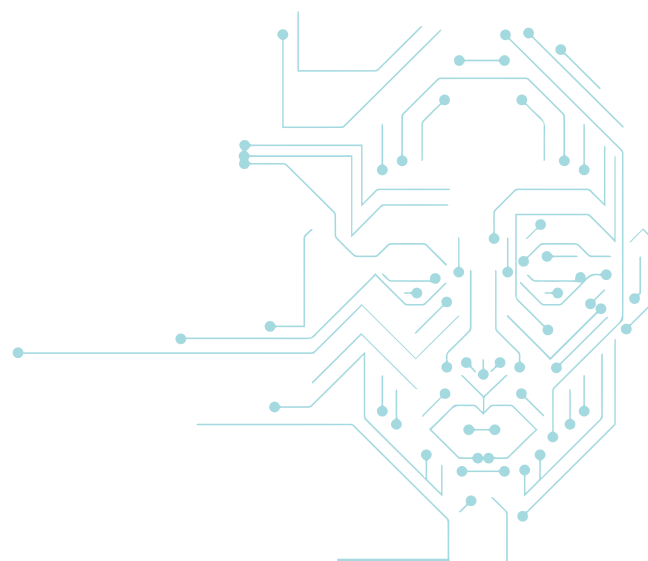




پژوهشگاه ارتباطات
و فناوری اطلاعات
(مرکز تحقیقات مخابرات ایران)

فهرست

خلاصه مدیریتی	۳
پیشگفتار	۵
واکاوی مفهومی و مسیر تکامل تحول دیجیتال	۷
تحول دیجیتال و تحقق اهداف توسعه پایدار	۱۰
تحول دیجیتال در کشاورزی: راهکارهای اجرایی	۱۴
تحول دیجیتال در حوزه سلامت، رویکرد کشورهای جهان	۱۹
تحول دیجیتال در صنعت معدن	۲۴
تحول دیجیتال لجستیک: افزایش ایمنی زنجیره تأمین توسط فناوری‌های نوین	۲۹
تحول دیجیتال، هوشمندسازی صنایع و ارزیابی بلوغ دیجیتال در صنعت پتروشیمی	۳۳
تحول دیجیتال در صنایع غذایی: مطالعه موردی آمریکا، آلمان، امارات و ترکیه	۳۸
تحول دیجیتال در آموزش؛ چالش‌ها و تجربیات جهانی	۴۳





خلاصه مدیریتی

نسخه ششم رصدنامه سیاستی اقتصاد دیجیتال و فناوری‌های نوین، تصویری جامع از روندهای جهانی تحول دیجیتال و پیامدهای آن برای بخش‌های کلیدی اقتصاد ایران همچون کشاورزی، صنایع غذایی، سلامت، معدن، لجستیک، پتروشیمی و آموزش است.

تجربه کشورهای پیشرو نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری پایدار در تحقیق و توسعه، توسعه زیرساخت‌های ارتباطی، پیوند دانشگاه و صنعت و نوآوری صنعتی، زمینه موفقیت در تحول دیجیتال و رقابت‌پذیری پایدار را فراهم می‌کند. تحلیل وضعیت ایران حاکی از وجود ظرفیت بالای نیروی انسانی متخصص و پتانسیل صنعتی، در کنار چالش‌های ساختاری مانند ضعف زیرساخت، محدودیت سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه (R&D) و عدم یکپارچگی میان صنعت و دانشگاه است.

در حوزه سلامت دیجیتال، تجربیات انگلستان، آمریکا و عربستان نشان می‌دهد که چارچوب‌های حکمرانی داده، استانداردهای ملی و زیرساخت‌های تبادل‌پذیری برای افزایش کیفیت خدمات، کاهش هزینه‌ها و ایجاد زیست‌بوم نوآورانه ضروری هستند.

در صنایع معدنی، بهره‌گیری از اتوماسیون، داده‌محوری و هوش مصنوعی، شاخص تمایز شرکت‌های پیشرو است، درحالی‌که شرکت‌های ایرانی عمدتاً در مراحل اولیه بلوغ دیجیتال قرار دارند. در حوزه لجستیک، نتایج مطالعه میدانی از ۱۰۰ شرکت نشان می‌دهد فناوری‌هایی مانند بلاک‌چین، کلان‌داده، هوش مصنوعی و اینترنت اشیا موجب افزایش شفافیت، ردیابی، پیش‌بینی ریسک و ارتقای ایمنی زنجیره تأمین شده‌اند، اما چالش‌هایی مانند هزینه بالا، یکپارچه‌سازی دشوار و کمبود نیروی متخصص همچنان پابرجاست. صنعت پتروشیمی نیز باتوجه به زنجیره ارزش پیچیده، نیازمند مدل بومی ارزیابی بلوغ دیجیتال، داده‌محوری و یکپارچه‌سازی فرآیندها است. تحول دیجیتال در آموزش تنها زمانی معنا و اثر پایدار پیدا می‌کند که در پیوند با مسائل واقعی نظام آموزشی و متناسب با ظرفیت‌های اجرایی آن طراحی و اجرا شود؛ در غیر این صورت، فناوری به پروژه‌ای مستقل و کم‌اثر تقلیل خواهد یافت. تجربه‌های جهانی بیانگر آن است که فناوری، به‌تنهایی تعیین‌کننده کیفیت یا عدالت آموزشی نیست، بلکه نحوه به‌کارگیری آن در تعامل با نیروی انسانی، سازوکارهای نهادی و الگوهای اجراست که مسیر نتایج آموزشی را شکل می‌دهد.

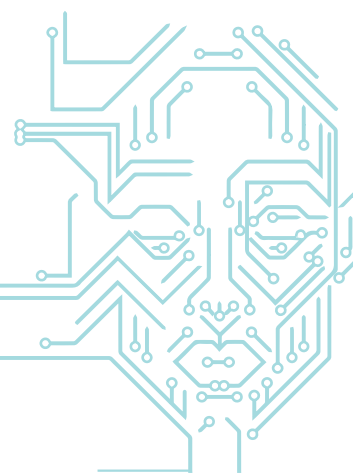
جمع‌بندی کلان گزارش این است که تحول دیجیتال تنها یک پروژه فناورانه نیست، بلکه راهبردی ملی برای بهبود بهره‌وری، تاب‌آوری، رقابت‌پذیری و خلق ارزش اقتصادی است. ایران با «تدوین اسناد ملی»، «تقویت زیرساخت‌ها»، «سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه»، «حکمرانی داده» و «توسعه مهارت‌های انسانی» می‌تواند مسیر پایدار و نظام‌مند تحول دیجیتال را طی کند.



تهیه‌کنندگان برحسب حروف الفبا:

متین‌سادات برقعی، ناهید بزرگ‌خو، رضا جان‌پرور، فریبا جوادی‌نژاد،
لیلا حاجی‌رجبی، محمود خراط، معصومه عابدی، نیلوفر مرادحاصل،
اعظم‌السادات مرتضوی، حمیرا مقدمی، افسانه واحدیان، آنیتا هادی‌زاده
ویراستاری: زهرا داودآبادی
ناظر علمی: علیرضا یاری
بهمن ۱۴۰۴





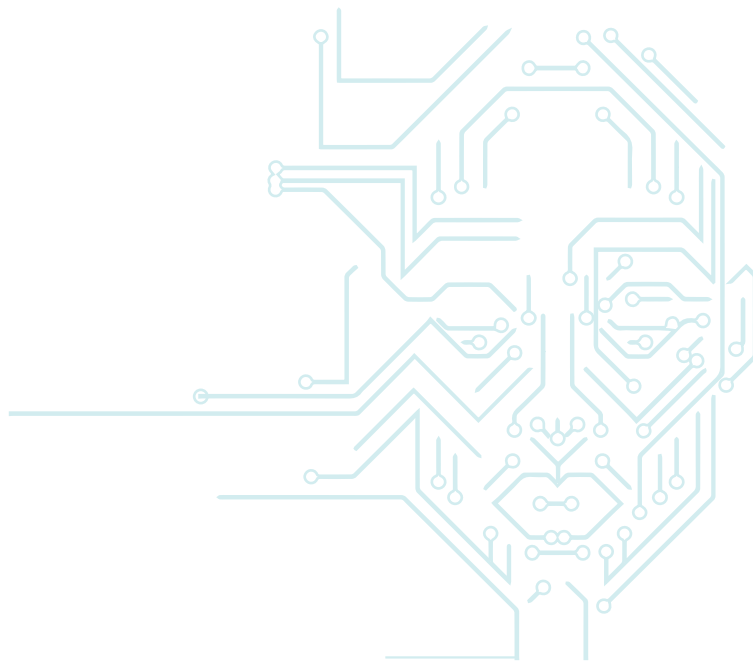
پیشگفتار

در عصر حاضر، تحول دیجیتال به‌عنوان یک ضرورت راهبردی، فراتر از به‌کارگیری فناوری‌های نوین است و دگرگونی عمیقی در مدل‌های ذهنی، فرآیندهای کاری و شیوه‌های خلق ارزش ایجاد می‌کند. همچنین صنایع و کسب‌وکارها برای بهینه‌سازی منابع، افزایش تاب‌آوری در شرایط پیچیده اقتصادی، رقابت در محیط‌های پویا و جبران شکاف‌های دانشی، ناگزیر از گنجاندن تحول دیجیتال در استراتژی اصلی خود هستند؛ اقدامی که به طور مستقیم به ارتقای بهره‌وری و کارایی منجر می‌شود. با این حال، ماهیت، رسالت و اهداف هر صنعت و کسب‌وکار منحصربه‌فرد است و در نتیجه، مسیر دستیابی به تحول دیجیتال و الگوهای اجرایی آن نمی‌تواند برای همه یکسان و جهان‌شمول باشد. این رویکرد در سطح کلان نیز مورد تأکید قرار گرفته است، چنانچه در برنامه پنج‌ساله هفتم توسعه (به‌ویژه در مواد ۴۸ و ۱۰۷)، اجرای تحول دیجیتال به‌عنوان تکلیفی برای دستگاه‌های اجرایی تصریح شده و روح حاکم بر آن در سراسر این برنامه قانونی قابل‌ردیابی است. در چنین شرایطی، رصد مستمر تحولات جهانی و تحلیل منسجم پیامدهای آن برای کشور، ضرورتی حیاتی برای سیاست‌گذاری آینده‌نگر و تصمیم‌گیری مبتنی بر شواهد به شمار می‌رود.

«رصدنامه سیاستی اقتصاد دیجیتال و فناوری‌های نوین» در همین راستا تلاش دارد با ارائه تحلیل‌های تطبیقی، درس‌آموخته‌های جهانی و شواهد پژوهشی معتبر، به درک دقیق‌تر وضعیت فعلی و مسیر آینده تحول دیجیتال در کشور کمک کند.

نسخه ششم این رصدنامه با تمرکز بر موضوعاتی کلیدی شامل تحقق اهداف توسعه پایدار، تحول دیجیتال سلامت، معدن‌کاری هوشمند، لجستیک دیجیتال، تحول دیجیتال

صنایع غذایی، بلوغ دیجیتال صنعت پتروشیمی و تحول دیجیتال آموزش تهیه شده است. این گزارش می‌کوشد به پرسش‌های بنیادین سیاست‌گذاران پاسخ دهد: تحول دیجیتال در جهان چگونه پیش می‌رود؟ چه عواملی باعث موفقیت یا ناکامی کشورها و صنایع شده است؟ موقعیت ایران در این تحولات کجاست و چه اقداماتی برای جهش دیجیتال لازم است؟ روندهای جهانی نشان می‌دهد که کشورهایی که تحول دیجیتال را به‌عنوان «راهبرد ملی» تعریف کرده‌اند، توانسته‌اند نه تنها بهره‌وری و رقابت‌پذیری اقتصادی را افزایش دهند، بلکه کیفیت زندگی، عدالت در دسترسی، حکمرانی هوشمند و تاب‌آوری ملی را نیز بهبود بخشند. ایران نیز با برخورداری از سرمایه انسانی توانمند و ظرفیت‌های قابل‌توجه صنعتی، می‌تواند با تدوین سیاست‌های یکپارچه و بلندمدت، خود را در مسیر اقتصاد دیجیتال رقابتی قرار دهد. امید است این رصدنامه بتواند مورداستفاده سیاست‌گذاران، مدیران صنعتی، پژوهشگران و فعالان حوزه اقتصاد دیجیتال قرار گیرد و گامی مؤثر در جهت توسعه دانش و تصمیم‌سازی مبتنی بر شواهد برای آینده دیجیتال کشور باشد.



واکاوی مفهومی و مسیر تکامل تحول دیجیتال



در ادبیات موضوع، تعاریف و تعبیر متعددی از تحول دیجیتال ارائه شده است. این تعبیر ممکن است بر حوزه‌های فناوری، فرآیند، کسب‌وکار یا مشتری متمرکز باشند. اگرچه تقریباً همه این مؤلفه‌ها در تعاریف مشترک هستند، اما بسته به جهت‌گیری ارائه‌دهنده، وزن مفهومی بیشتری به یکی از آن‌ها داده می‌شود. برای نمونه، یک تعریف فناوری‌محور، تحول دیجیتال را «استفاده از فناوری‌هایی مانند رایانش ابری، اینترنت اشیاء، هوش مصنوعی و امنیت سایبری برای ایجاد تغییرات بنیادین در عملکرد سازمان و ارائه ارزش به مشتریان» می‌داند. در مقابل، پژوهش‌هایی تعبیر دیگری با تأکید بیشتر بر مؤلفه‌های فرآیندی، سرمایه‌های انسانی و دانشی، تجارب مشتری و حتی چارچوب‌های تنظیم‌گری و محیطی نیز وجود دارند. این تنوع تعبیر، نشان‌دهنده ماهیت چندبعدی و پیچیده تحول دیجیتال است [۱].

مفهوم تحول دیجیتال را می‌توان فراتر از مرزهای یک سازمان و در سطحی کلان‌تر، در قالب یک «زیست‌بوم هوشمند» مورد مطالعه قرار داد. با رشد تصاعدی تقاضای جهانی برای سیستم‌های یکپارچه هوشمند، توسعه این زیست‌بوم‌ها برای ایجاد یکپارچگی و تعامل بی‌درز، از اهمیت فزاینده‌ای برخوردار شده است. چنین زیست‌بوم‌هایی قادرند حوزه‌های متنوعی مانند اداری، صنعتی، سلامت و یادگیری را دربرگرفته و برنامه‌های تحولی را در راستای هوشمندی سازمانی و حتی ملی ارائه دهند. نمونه‌های عینی این زیست‌بوم‌ها شامل شهرهای هوشمند، شبکه‌های هوشمند، مراقبت‌های بهداشتی هوشمند و تولید هوشمند است. این ساختارها با بهره‌گیری از ترکیبی از حسگرها، محرک‌ها و دیگر دستگاه‌ها، داده‌ها را جمع‌آوری و تحلیل کرده و سپس از نتایج برای کنترل و خودکارسازی فرآیندها و سیستم‌ها استفاده می‌کنند. خدمات رایانش ابری نیز در این زیست‌بوم‌ها نقش اساسی در ذخیره‌سازی، پردازش داده‌ها و فراهم‌آوری امکان دسترسی و کنترل از راه دور ایفا می‌کنند [۲].

چارچوب‌های تحول دیجیتال

فهرست مدل‌ها و چارچوب‌های تحول دیجیتال بسیار گسترده است؛ اما از جمله پرکاربردترین آن‌ها می‌توان به مدل‌های بی.سی.جی (BCG)، گارتنر (Gartner)، اکسنچر (Accenture)، کپ‌جیمینی (Capgemini)، دلویت و مجمع جهانی اقتصاد (Deloitte & WEF)، آی‌بی‌ام (IBM) و پی.دبلیو.سی (PwC) اشاره نمود. برخی از این مدل‌ها بر «فرآیند توسعه و اجرای تحول دیجیتال» متمرکزند و برخی دیگر «سنجش بلوغ» سازمان در این مسیر را هدف قرار داده‌اند. تحلیل و مقایسه دقیق این مدل‌ها خارج از محدوده این نوشتار است؛ اما نکته قابل‌تأمل، وجوه اشتراک کلیدی میان آن‌هاست که عموماً حول محورهای فناوری‌های تحول‌آفرین و داده‌محوری، مدل کسب‌وکار دیجیتال، تجربه مشتری، عملیات دیجیتال، و رهبری و فرهنگ دیجیتال می‌چرخد. همان‌گونه که پیش‌تر نیز اشاره شد، این مفاهیم باید متناسب با بافتار و شرایط خاص هر سازمان، مورد سنجش و برنامه‌ریزی قرار گیرند [۳].

در میان منظرهای مختلف هوشمندسازی، تحول دیجیتال از گستردگی بیشتری برخوردار است و با دربرگرفتن روندهای تکاملی و سلسله‌مراتبی در گستره یک زیست‌بوم، به تبیین کاربست فناوری‌های تحول‌آفرین و تعمیق بهره‌گیری از فناوری می‌پردازد. این ابعاد گسترده، معمولاً از سوی مراکز علمی و بنگاه‌های پیشرو در قالب مدل‌ها و چارچوب‌هایی نظام‌مند ارائه می‌شوند.

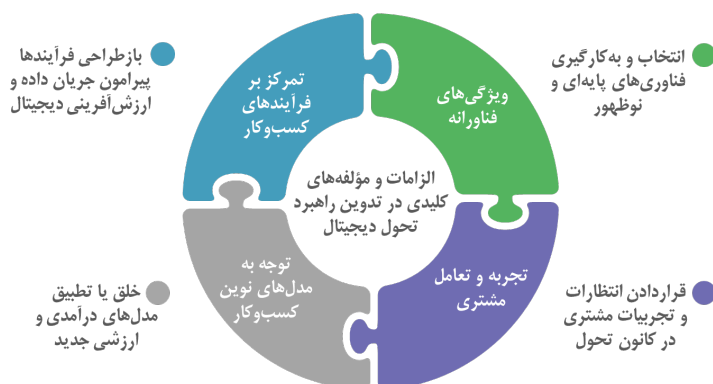
اگرچه این چارچوب‌ها بر اساس اولویت‌ها و انتظارات ارائه‌دهندگان خود، ویژگی‌های متفاوتی دارند، اما تقریباً در همه آن‌ها می‌توان چند ویژگی کلیدی مشترک را مشاهده کرد:



شکل ۱- ویژگی‌های کلیدی مشترک در چارچوب‌های تحول دیجیتال [۱]

الزامات و مؤلفه‌های کلیدی در تدوین راهبرد تحول دیجیتال

سازمان‌هایی که قصد بهره‌گیری از مزایای تحول دیجیتال را دارند، باید راهبرد خود را بر اساس تحلیل فعالیت‌های اصلی کسب‌وکار و تعریف اهدافی مشخص، قابل‌سنجش و همسو با مأموریت سازمان تدوین کنند. تمرکز بر مؤلفه‌های کلیدی، احتمال موفقیت را افزایش می‌دهد. این مؤلفه‌ها عموماً شامل موارد شکل ذیل است:



شکل ۲- الزامات و مؤلفه‌های کلیدی در تدوین راهبرد تحول دیجیتال [۱]

نکته حائز اهمیت در برنامه‌ریزی تحول دیجیتال، «انطباق کامل آن با اهداف غایی زیست‌بوم هوشمند»، یعنی افزایش رقابت‌پذیری، تأمین رفاه عمومی و تقویت اقتصاد است. تحقق این اهداف از یک سو متوجه جامعه (در

قالب حوزه‌هایی مانند حمل‌ونقل هوشمند، مراقبت‌های بهداشتی هوشمند، آموزش هوشمند و شهروندی دیجیتال) و ازسوی دیگر مرتبط با امور حاکمیتی (مانند مدیریت شهری، خدمات دولتی و اداری آنلاین) است.

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

جایگاه تحول دیجیتال در برنامه پنج‌ساله هفتم توسعه ج.ا.ا، نشان‌دهنده عزم قانون‌گذار برای نهادینه‌سازی این مفهوم در بدنه اجرایی کشور است. بااین‌حال، ماهیت تحول‌آفرین این مفهوم، ایجاب می‌کند سازمان‌ها فراتر از دیدگاه صرفاً فناورانه یا اجرای تکلیف قانونی، آن را به‌عنوان یک ضرورت راهبردی درک کنند. موفقیت در گرو تدوین راهبردهای خاص سازمانی، با درنظرگیری ترکیبی متوازن از مؤلفه‌های فناوری، فرآیند، مدل کسب‌وکار و تمرکز بر ذی‌نفعان (به‌ویژه مشتری) است. شناخت این تنوع تعابیر و اجزاء، به سیاست‌گذاران و مدیران کمک می‌کند تا رویکردی واقع‌بینانه و اثربخش در پیش گیرند.

با درنظرگرفتن چارچوب‌های مطرح [۴]، می‌توان برای تحول دیجیتال در سطوح ملی و بخشی (مانند بخش ارتباطات و فناوری اطلاعات)، یک سلسله‌مراتب به‌صورت جدول ذیل هدف‌گذاری کرد:

جدول ۱- چارچوب تکامل مرحله‌ای تحول دیجیتال

مراحل تکامل هدف	سطح	دیجیتالی‌سازی پایه	توسعه کاربردهای دیجیتال	دیجیتالی‌سازی نظام‌مند	زیست‌بوم هوشمند
سطح راهبردی (کلان)	درک اولیه ضرورت تحول و به‌کارگیری آن در اسناد بالادستی	انعکاس اهداف دیجیتال در راهبردهای بخشی و ملی	تمرکز بر خلق ارزش جدید، نوآوری باز و رقابت‌پذیری مبتنی بر پلتفرم	تحقق‌شدن اهدافی مانند رفاه اجتماعی پایدار، اقتصاد دانش‌بنیان و انعطاف‌پذیری ملی	
سطح میانی (تسهیل‌گر)	تدوین مقررات پایه برای فناوری اطلاعات و ارتباطات	ایجاد نهادهای تنظیم‌گر حوزه دیجیتال و حمایت از پروژه‌های پایلوت	توسعه بازارهای دیجیتال، جذب سرمایه‌گذاری خطرپذیر و استانداردسازی پلتفرم‌ها	حکمرانی مشارکتی در زیست‌بوم هوشمند و تنظیم‌گری چابک فناوری‌های تحول‌آفرین	
سطح عملیاتی	مکانیزه‌کردن فرآیندهای ساده و پرتکرار	توسعه سامانه‌های یکپارچه	تبدیل سازمان به یک پلتفرم با امکان تعامل و خلق ارزش توسط ذی‌نفعان داخلی و خارجی	مدیریت خودکار و پیش‌بینانه تمام عملیات بر پایه داده و هوش مصنوعی.	
سطح زیرساختی (پایه)	راه‌اندازی شبکه‌های پایه داده و اینترنت	جمع‌آوری داده‌های ساختار یافته، توسعه مراکز داده و زیرساخت‌های ابری	استقرار پلتفرم‌های داده، API و تحلیل‌گری پیشرفته	زیرساخت‌های تحول‌آفرین شامل اینترنت اشیا، پردازش کوانتومی، مدل‌های زبانی بزرگ و...	

مراجع:

[۱] خراط، محمود، (۱۴۰۴). «تدوین آیین‌نامه و طرح هوشمندسازی دستگاه‌های اجرایی»، پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات با کد ITF.ESC.TEC.520030100.01.v01.

[2] Gupta, D., Gupta, M. & Bhatt, S. (2020). Future smart connected communities to fight Covid-19 outbreak, Re-searchgate.

[3] www.mckinsey.com/industries/healthcare/our-insights/transforming-healthcare-with-ai.

[4] Margaret, H. U. (2021). Digital Transformation From Strategy to Execution, Huawei Technologies Co., Ltd.



تحول دیجیتال و تحقق اهداف توسعه پایدار

اهداف توسعه پایدار مجموعه‌ای از ۱۷ هدف جهانی هستند که در سال ۲۰۱۵ توسط مجمع عمومی سازمان ملل متحد تصویب شدند و به عنوان یک چارچوب جامع برای هدایت سیاست‌های توسعه‌ای کشورها تا سال ۲۰۳۰ عمل می‌کنند. این اهداف جانشین «اهداف توسعه هزاره» شده‌اند، با این تفاوت که برخلاف رویکرد پیشین که عمدتاً بر کشورهای در حال توسعه متمرکز بود، اهداف توسعه پایدار چارچوبی مشترک، یکپارچه و قابل اعمال برای تمامی کشورها، اعم از توسعه یافته و در حال توسعه فراهم می‌کنند.

در این میان هدف با عنوان «صنعت، نوآوری و زیرساخت» جایگاهی ویژه دارد. این هدف به توسعه زیرساخت‌های فناورانه، ارتقای ظرفیت‌های نوآوری علمی و حرکت به سوی صنعتی‌سازی هوشمند می‌پردازد و یکی از ستون‌های اصلی توسعه اقتصادی در عصر دیجیتال به شمار می‌رود. منطبق اصلی اهداف توسعه پایدار بر این واقعیت استوار است که ایجاد زیرساخت‌های پایدار و تاب‌آور، تقویت نوآوری فناورانه و صنعتی‌سازی هوشمند، پیش‌نیاز رشد اقتصادی پایدار، افزایش اشتغال، ارتقای رقابت‌پذیری ملی و بهبود کیفیت زندگی است.

مطابق با گزارش‌های ارزیابی کشورها در سازمان ملل، اهداف توسعه پایدار دولت‌ها را ترغیب می‌کند تا در حوزه‌هایی همچون تحقیق و توسعه، فناوری‌های نوین، تقویت ارتباط نظام‌مند دانشگاه و صنعت، حمل و نقل هوشمند، توسعه اینترنت پرسرعت، نوسازی صنایع، مدیریت پایدار آلاینده‌ها و توسعه اقتصاد دانش بنیان سرمایه‌گذاری کنند. هدف آن است که کشورها با بهره‌گیری از ظرفیت‌های علمی و فناورانه، پایه‌های اقتصادی خود را مقاوم‌تر ساخته و جایگاه خود را در رقابت اقتصادی جهانی ارتقا دهند.

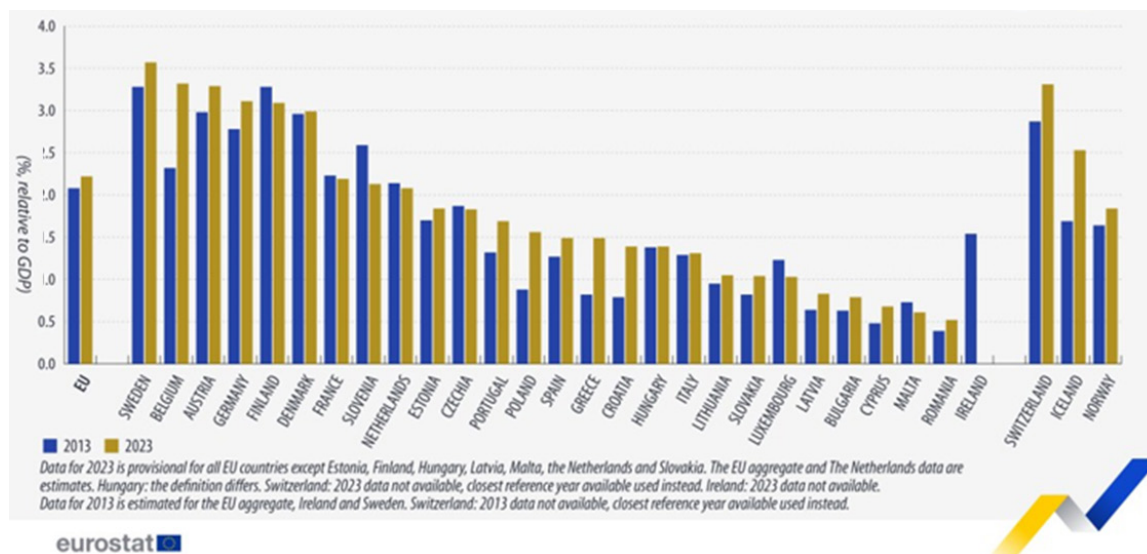
عوامل مؤثر در بهبود رتبه‌بندی کشورها در شاخص تحول دیجیتال برای صنعت

یک پژوهش متمرکز بر سنجش تحول دیجیتال در کشورهای اتحادیه اروپا تلاش کرده است میزان پیشرفت و تحقق اهداف توسعه پایدار را در بازه زمانی ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۰ به صورت کمی ارزیابی و رتبه‌بندی کند [۱]. این مطالعه با ارائه شاخصی نوآورانه با عنوان شاخص ارزیابی تحول دیجیتال در صنعت (DTAI) نشان می‌دهد که چرا تحول دیجیتال، محرک اصلی توسعه صنعتی و یکی از پیش‌نیازهای تحقق اهداف توسعه پایدار محسوب می‌شود.

در این پژوهش، ۹ شاخص کلیدی شامل هزینه تحقیق و توسعه، تعداد کارکنان پژوهشی، تعداد پتنت‌های ثبت شده، کیفیت و گستره زیرساخت‌های حمل و نقل، سطح دسترسی به اینترنت پرسرعت، میزان آلودگی صنعتی و سهم ارزش افزوده صنایع سبز در یک چارچوب آماری تلفیق شده‌اند تا شاخصی واحد تولید شود که امکان مقایسه نظام‌مند کشورها را فراهم سازد.

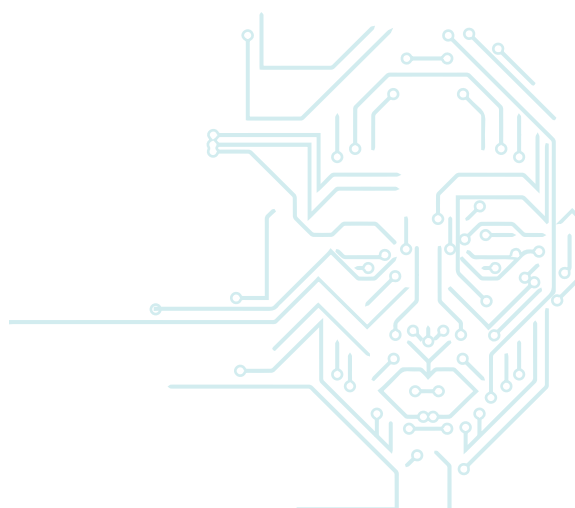
نتایج نشان می‌دهد که کشورهای اسکاندیناوی مانند سوئد، دانمارک و فنلاند به طور مستمر در صدر رتبه‌بندی DTAI و تحقق اهداف توسعه پایدار قرار دارند. این کشورها با سرمایه‌گذاری مؤثر و پایدار در تحقیق و توسعه، ایجاد ارتباط ساختاریافته میان دانشگاه و صنعت و توسعه زیرساخت‌های ارتباطی پیشرفته از جمله اینترنت پرسرعت و شبکه‌های فیبر نوری، توانسته‌اند ظرفیت نوآوری و رقابت‌پذیری صنعتی خود را به شکل چشمگیری تقویت کنند. در مقابل، کشورهای شرق و جنوب اروپا مانند رومانی، بلغارستان و یونان به دلیل ضعف در زیرساخت‌ها، محدودیت در تحقیق و توسعه، و نبود شبکه منسجم همکاری‌های صنعتی و دانشگاهی، رتبه‌های پایین‌تری در شاخص

DTAI کسب کرده‌اند و در تحقق اهداف توسعه پایدار پیشرفت کمتری داشته‌اند. همان‌گونه که در شکل ۳ نیز نشان داده شده است، سوئد، دانمارک و فنلاند در سال ۲۰۲۳ در میان ۱۰ کشور برتر جهان از نظر سهم تحقیق و توسعه به‌عنوان درصدی از تولید ناخالص داخلی قرار دارند. این کشورها همچنین از پوشش اینترنت فیبر نوری بیش از ۹۰ درصد خانوارها برخوردارند و بیش از ۲۰۰ پتنت به ازای هر یک میلیون نفر ثبت کرده‌اند؛ مجموعه این عوامل آن‌ها را به پیشروان تحول دیجیتال و توسعه صنعتی پایدار تبدیل کرده است.



شکل ۳- سهم مخارج داخلی روی تحقیق و توسعه از تولید ناخالص داخلی در سال‌های ۲۰۲۳ و ۲۰۱۳ [۲]

کشورهای شرق و جنوب اروپا شامل یونان، رومانی، بلغارستان با تحقیق و توسعه کمتر از یک درصد تولید ناخالص داخلی و پوشش زیر ۶۰٪ در اینترنت پرسرعت و تعداد پتنت کمتر از ۳۰ پتنت به ازای یک میلیون نفر در تحقق اهداف توسعه پایدار موفق نبوده‌اند.



بررسی وضعیت ایران در تحقق شاخص اهداف توسعه پایدار

همان‌گونه که در شکل ۲ نمایش داده شده است، ایران از نظر امتیاز کلی اهداف توسعه پایدار در «میانۀ جدول» قرار دارد و برای بهبود رتبه‌بندی باید چالش‌های ساختاری خود را برطرف نماید.



SDG 9: Industry, innovation and infrastructure

- ↑ Rural population with access to all-season roads
- ↓ Logistics Performance Index: Infrastructure Score
- ↑ Articles published in academic journals
- ↑ Population using the internet
- ↑ The Times Higher Education Universities Ranking: Average score of top 3 universities
- ↓ Expenditure on research and development
- ↑ Mobile broadband subscriptions
- ↓ Total patent applications by applicant's origin

شکل ۴- وضعیت ایران در رتبه‌بندی شاخص اهداف توسعه پایدار [۳]

از دید سازمان ملل و بر اساس «چارچوب همکاری توسعه پایدار سازمان ملل در ایران ۲۰۲۳-۲۰۲۷»، اشتغال، بهره‌وری، کیفیت رشد اقتصادی و نابرابری فرصت‌ها برای جوانان و گروه‌های آسیب‌پذیر از مهم‌ترین چالش‌های توسعه‌ای کشور محسوب می‌شوند [۴]. این سند تأکید می‌کند که برای عبور از این چالش‌ها، انجام اصلاحات ساختاری در بازار کار، تقویت اقتصاد مولد، افزایش مهارت‌محوری و ارتقای بهره‌وری کل عوامل تولید ضروری است. در بخش صنعت نیز مجموعه‌ای از مشکلات ساختاری مشاهده می‌شود. یکی از چالش‌های اصلی، تمرکز بالا بر صنایع مبتنی بر فناوری‌های کم‌عمق، کم‌بازده و فاقد پیوند با زنجیره ارزش جهانی است که مانع شکل‌گیری مزیت رقابتی پایدار و رشد بهره‌وری شده است. باوجود برخورداری کشور از نیروی انسانی متخصص، ظرفیت علمی بالا و زیرساخت‌های دانشگاهی گسترده، حلقه اتصال میان صنعت و دانشگاه همچنان ضعیف است و سازوکارهای تبدیل دانش به فناوری و تجاری‌سازی نوآوری به طور کامل فعال نشده‌اند. این وضعیت نوعی شکاف میان ظرفیت بالقوه و عملکرد بالفعل ایجاد کرده است؛ به این معنا که توانمندی علمی و انسانی کشور بسیار فراتر از نتایج صنعتی و اقتصادی مشاهده شده است. رفع این شکاف مستلزم توسعه سیاست‌های نوآوری محور، تقویت مراکز تحقیق و توسعه صنعتی، افزایش مشوق‌های سرمایه‌گذاری فناورانه و ایجاد شبکه‌های مؤثر همکاری میان دولت، صنعت و دانشگاه است.

نتیجه‌گیری و پیشنهاد راهکار برای ایران

برآیند بررسی‌های انجام‌شده در چارچوب سازمان ملل به‌ویژه در اسناد مرتبط با همکاری‌های توسعه‌ای و تجربه کشورهای عضو اتحادیه اروپا نشان می‌دهد که تحول دیجیتال، هسته اجرایی و محرک واقعی اهداف توسعه پایدار است. این هدف صرفاً یک چارچوب بین‌المللی نیست، بلکه ابزاری برای سنجش توان رقابت‌پذیری و ظرفیت رشد

صنعتی در عصر فناوری به شمار می‌رود.

پیام این یافته‌ها برای ایران بسیار راهبردی است. اگرچه ایران از ظرفیت سرمایه انسانی تخصصی بالا برخوردار است و سهم قابل توجهی از دانش‌آموختگان مهندسی و علوم رایانه‌ای را داراست، اما به دلیل محدودیت سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه، ضعف در نظام ثبت اختراع بین‌المللی، پراکندگی سیاست‌های دیجیتال و عدم اتصال محکم دانشگاه - صنعت، ایران در شاخص‌های مشابه اهداف توسعه پایدار در وضعیت واقعی خود ظاهر نمی‌شود و جایگاه مطلوب را کسب نمی‌کند.

برای عبور از این شکاف و ایجاد جهش در توسعه صنعتی و دیجیتال، مجموعه‌ای از راهبردهای سیاستی پیشنهادی به شرح زیر قابل طرح است:

- تبدیل تحول دیجیتال از یک پروژه مقطعی به یک راهبرد ملی پایدار؛ به گونه‌ای که در همه بخش‌ها به صورت منسجم دنبال شود و تغییر دولت‌ها موجب توقف آن نشود.
 - طراحی شاخص بومی سنجش تحول دیجیتال مبتنی بر منطق اهداف توسعه پایدار، تا کشور بتواند میزان پیشرفت خود را به طور دوره‌ای، داده‌محور و قابل مقایسه ارزیابی کند.
 - افزایش سرمایه‌گذاری پایدار در تحقیق و توسعه و ارتقای آن حداقل به سطح کشورهایی که در منطقه به عنوان اقتصادهای نوظهور دیجیتال شناخته می‌شوند.
 - تقویت زیرساخت‌های حیاتی دیجیتال شامل اینترنت پرسرعت صنعتی، توسعه دیتاسنترهای ملی و گسترش شبکه فیبر نوری، به عنوان «دارایی‌های ملی» و پایه‌های تحول صنعتی.
 - تبدیل ارتباط دانشگاه و صنعت از یک شعار تکراری به سازوکار اجرایی، تا خروجی پژوهش‌ها از سطح مقاله فراتر رفته و به محصول، فناوری و شرکت دانش‌بنیان تبدیل شود.
 - تسهیل ثبت و تجاری‌سازی پتنت‌ها از طریق ایجاد حمایت‌های حقوقی، مالی و بین‌المللی برای مخترعان و شرکت‌های فناور.
- در مجموع، اگر ایران با نگاه هوشمندانه و یکپارچه، مسیر دیجیتالی‌سازی زیرساخت‌ها، نوسازی صنایع، تقویت اقتصاد دانش‌بنیان و توسعه نوآوری صنعتی را دنبال کند، می‌تواند جایگاه خود را در شاخص‌های مشابه اهداف توسعه پایدار بهبود دهد و در میان کشورهای منطقه به یکی از بازیگران اصلی قدرت دیجیتال تبدیل شود.

مراجع:

- [1] Czarnecka, M., and Czarnecki, P. (2025). Statistical Assessment of Digital Transformation in EU Countries Under SDG9. Quality & Quantity. Springer.
- [2] Europe Data. (2024). What EU country spent the highest amount on research and development in 2023? Retrieved from <https://europe-data.com/what-eu-country-spent-the-highest-amount-on-research-and-development-in-2023/>
- [3] Sustainable Development Solutions Network (SDSN). (2024). Iran – SDG Index and dashboards. Retrieved from <https://dashboards.sdgindex.org/profiles/iran-islamic-rep/indicators/>
- [4] United Nations. (2023). United Nations Sustainable Development Cooperation Framework for the Islamic Republic of Iran, 2023–2027. United Nations Development System.



تحول دیجیتال در کشاورزی: راهکارهای اجرایی

افزایش بی‌سابقه جمعیت و تغییرات گسترده اقلیمی، جهان را با چالش جدی کمبود مواد غذایی روبرو نموده است. در این شرایط، تحول دیجیتال در کشاورزی به‌عنوان یک ضرورت راهبردی برای ارتقای کارایی، افزایش پایداری و بهبود سیاست‌گذاری مطرح می‌گردد. این تحول با به‌کارگیری فناوری‌های نوین، بهبودهای چشمگیری در شیوه‌های تولید و مدیریت ایجاد کرده است. کشورهای پیشرو با طراحی مدل‌های بلوغ دیجیتال، مزرعه‌ها را از فعالیتی سنتی به زیست‌بومی نوآورانه و رقابت‌پذیر تبدیل کرده‌اند. ایران نیز با برخورداری از سابقه غنی کشاورزی، تنوع اقلیمی و موقعیت ژئوپلیتیکی ویژه، در مسیر گذار دیجیتال با چالش‌هایی همچون کمبود منابع آب، پراکندگی اراضی و ناکافی بودن زیرساخت‌های ارتباطی مواجه است. با این حال، ظرفیت‌هایی مانند نیروی انسانی جوان، رشد استارت‌آپ‌های فناورانه در حوزه کشاورزی و افزایش سواد دیجیتال، فرصت‌های مهمی را برای بازاندیشی و تحول آینده کشاورزی ایران فراهم می‌سازد.

تجربیات کشورهای منتخب

برای درک وزن و جایگاه کشاورزی در ساختار اقتصادی کشورهای منتخب، به بررسی شاخص سهم بخش کشاورزی از تولید ناخالص داخلی (GDP) پرداخته شده است. جدول زیر نشان می‌دهد که این شاخص به‌تنهایی گویای سطح توسعه یا کارایی کشاورزی نیست؛ در کشورهای پیشرفته‌ای مانند آلمان، سهم کشاورزی از تولید ناخالص داخلی اغلب زیر ۲ درصد است، اما این بخش با بهره‌وری بسیار بالا، فناوری‌های پیشرفته و ارزش افزوده زیاد، نقشی حیاتی در امنیت غذایی و صادرات ایفا می‌کند. در مقابل، در بسیاری از کشورهای در حال توسعه از جمله ایران، سهم کشاورزی از تولید ناخالص داخلی بالاتر از ۱۰ درصد بوده است [۱]، اما به دلیل پایین بودن بهره‌وری منابع، پراکندگی اراضی و محدودیت فناوری، این بخش با چالش‌های اساسی مواجه است؛ بنابراین، هدف کلیدی برای ایران نه کاهش این سهم، بلکه تحول ساختاری از طریق دیجیتالی‌سازی است تا با افزایش بهره‌وری، کاهش مصرف منابع و ارتقای زنجیره ارزش، کشاورزی را به یک بخش دانش‌بنیان، پایدار و رقابت‌پذیر تبدیل کند که ضمن تأمین امنیت غذایی، سهم کیفی و اقتصادی خود را در اقتصاد ملی ارتقا دهد.



شکل ۵- سهم بخش کشاورزی از تولید ناخالص داخلی در سال ۲۰۲۴ [۱]

• تحول دیجیتال در کشاورزی - عربستان سعودی

در چارچوب چشم‌انداز ۲۰۳۰، عربستان سعودی کشاورزی هوشمند را به‌عنوان یکی از ارکان کلیدی توسعه پایدار و امنیت غذایی تعریف کرده است. با توجه به محدودیت‌های اقلیمی و منابع آبی، این کشور به‌طور گسترده به بهره‌گیری از فناوری‌های دیجیتال برای بهینه‌سازی مصرف منابع و ارتقای بهره‌وری روی آورده است. وزارت محیط‌زیست، آب و کشاورزی عربستان (MEWA) با اجرای پروژه‌هایی نظیر کشاورزی عمودی، گلخانه‌های هوشمند، و سامانه‌های مبتنی بر اینترنت اشیا، توانسته است گام‌های مؤثری در جهت تحول دیجیتال این بخش بردارد. فناوری‌های نوین مانند هوش مصنوعی، بلاک‌چین و سنسورهای هوشمند در بخش قابل‌توجهی از مزارع تجاری این کشور پیاده‌سازی شده‌اند این فناوری‌ها نقش مهمی در کاهش مصرف آب، افزایش عملکرد محصولات، و ارتقای کیفیت داده‌های مزرعه‌ای ایفا کرده‌اند [۲].

• تحول دیجیتال در کشاورزی - ترکیه

برنامه‌ها و حمایت‌های ترکیه طی سال‌های اخیر با مشارکت وزارت کشاورزی و جنگلداری و در چارچوب چند پروژه منتخب با حمایت اتحادیه اروپا، اقداماتی برای دیجیتالی‌سازی بخش‌هایی از زنجیره ارزش کشاورزی انجام داده است. این اقدامات شامل آموزش کشاورزان در استفاده از سنسورهای خاک، به‌کارگیری پهپادهای پایش محصول، تحلیل داده‌های اقلیمی، و توسعه زیرساخت‌های داده‌ای در وزارتخانه بوده است [۳] [۴].

• تحول دیجیتال در کشاورزی - آلمان

آلمان به‌عنوان یکی از کشورهای پیشرو در دیجیتالی‌سازی کشاورزی، با سیاست‌ها و طرح‌هایی که توسط وزارت فدرال غذا و کشاورزی (BMEL) اجرا می‌شوند، در مسیر تحول دیجیتال در بخش کشاورزی قرار دارد. «دیجیتالی‌سازی در کشاورزی» شامل تجهیز ماشین‌آلات مزرعه به فناوری‌های هوشمند (GPS)، سنسورها، سیستم‌های داده و نرم‌افزار، استفاده از پهپادها و ابزارهای دیجیتال در حفاظت از محصول و مدیریت مزارع، و به‌کارگیری راهکارهای داده‌محور برای بهبود بهره‌وری و کاهش مصرف کود، سموم و انرژی است [۵].

• تحول دیجیتال در کشاورزی - ایران

ایران با وجود پتانسیل‌های قابل‌توجه در بخش کشاورزی و جمعیت جوان و روبه‌رشد، در مسیر تحول دیجیتال با چالش‌های ساختاری همچون کمبود منابع آبی، پراکندگی اراضی و ضعف زیرساخت‌های ارتباطی مواجه است. با این حال، فرصت‌های مهمی مانند نیروی انسانی جوان و تحصیل‌کرده، رشد چشمگیر استارت‌آپ‌های فعال در حوزه فناوری‌های کشاورزی (آگ‌تک) و افزایش تدریجی سواد دیجیتال، بستری برای پیشرفت فراهم کرده است. در حال حاضر، اقدامات و پروژه‌های پراکنده‌ای در زمینه‌هایی مانند استقرار سامانه‌های آبیاری هوشمند، به‌کارگیری پهپادها برای پایش سلامت محصولات و عملیات سم‌پاشی، و تحلیل داده‌های کشاورزی در حال انجام است. با این وجود، برای دستیابی به نتایج پایدار و گسترده، ضروری است این تلاش‌ها در قالب یک راهبرد ملی یکپارچه و نظام‌مند هدایت شود تا از طریق بهینه‌سازی مصرف منابع، افزایش بهره‌وری و تقویت زنجیره ارزش، کارایی، پایداری محیط‌زیستی و امنیت غذایی کشور به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای ارتقا یابد.

بررسی مدل‌های تحول دیجیتال در بخش کشاورزی

مدل‌های تحول دیجیتال در کشاورزی، پایه‌ای برای هدایت استراتژی‌ها و سرمایه‌گذاری‌ها فراهم می‌کند تا کارایی، پایداری و امنیت غذایی بهبود یابد. هر مدل جنبه‌ای از تحول را نشان می‌دهد:

- **مدل دیجیتال کشاورزی مکنزی:** دیجیتالی‌سازی فرآیندهای کشاورزی و اتوماسیون.
- **مدل سازمان خوار و بار جهانی (FAO):** بلوغ سازمانی، مدیریت منابع و بهبود زنجیره ارزش.
- **مدل کشاورزی دیجیتال مراکز بین‌المللی تحقیقات کشاورزی (CGIAR):** پژوهش‌های بین‌المللی و نوآوری‌های کشاورزی، دسترسی به داده‌ها و همکاری بین‌المللی.
- **چارچوب کشاورزی نوین MIT:** چارچوب‌های نوین و کارآمد برای مدیریت منابع و داده‌ها، با تمرکز بر زیرساخت‌ها و تحلیل‌های AI.
- **چارچوب تحول دیجیتال کشاورزی دیلویت:** تحول دیجیتال به صورت سازمانی و عملیاتی با تمرکز بر کارایی عملیاتی و مدل‌های اقتصادی.

جدول ۲ به مقایسه مدل‌های مذکور پرداخته است:

جدول ۲- ماتریس مقایسه مدل‌های ارزیابی بلوغ تحول دیجیتال بخش کشاورزی

معیار	مک‌کنزی [۶]	MIT [۷]	FAO [۸]	CGIAR [۱۰]	مدل دیلویت [۹]
تمرکز اصلی	تحول دیجیتال استراتژیک سازمانی، بهره‌وری سازمانی	نوآوری فناوری کشاورزی	پایداری و امنیت غذایی	تحقیقات کشاورزی پایدار	مدیریت ریسک و نوآوری
زیست‌بوم ارزش آفرینی	- بهینه‌سازی فرآیندها - افزایش بهره‌وری سازمانی - مدل‌سازی کسب‌وکار دیجیتال	- هوشمندسازی کشاورزی - کاهش مصرف منابع - افزایش محصول	- بهبود امنیت غذایی - توانمندسازی کشاورزان خرد - مدیریت پایدار منابع	- تحقیقات کاربردی - مقاوم‌سازی سیستم‌های کشاورزی - انتقال فناوری	مدیریت ریسک‌های کشاورزی، نوآوری فرآیندی - تحلیل پیش‌بینی
معیارهای تحول و پیشرفت	افزایش محصول کاهش هزینه‌ها بهینه‌سازی مصرف منابع پایداری محیط‌زیست	بهینه‌سازی مدیریت مزرع کاهش مصرف آب و مزایای اقتصادی	کاهش گرسنگی پایداری محیطی توانمندسازی اقتصادی	- تأثیر علمی - انتقال فناوری - پایداری محیطی	مدیریت ریسک - نوآوری سازمانی - چابکی استراتژی
ذی‌نفعان	شرکت‌های کشاورزی بزرگ	- محققان - کشاورزان - شرکت‌های فناوری	- دولت‌ها - کشاورزان خرد - سازمان‌های بین‌المللی	- محققان - مؤسسات تحقیقاتی - دولت‌ها	- مشاوران - مدیران اجرایی - سرمایه‌گذاران
مقیاس اجرا	جهانی و سازمانی	خرد تا کلان	محلی و ملی	بین‌المللی و منطقه‌ای	سازمانی و ملی
شاخص‌های تکمیلی	- مدل درآمدزایی جدید - امنیت اطلاعات	- زیست‌بوم نوآوری - پایداری محیطی	- عدالت اجتماعی - مقاومت اقلیمی	- تغییرات اقلیمی - تنوع زیستی	- هوش مصنوعی - تحلیل داده

در جدول ارائه‌شده، مدل‌های مک‌کنزی و MIT با تمرکز بر «تحول دیجیتال و بهره‌وری سازمانی»، به عنوان محورهای اصلی نوآوری و کارکردهای داخلی معرفی شده‌اند. در مقابل، مدل‌های FAO و CGIAR در سطحی «کلان‌تر

و سیاسی»، بر موضوعاتی مانند امنیت غذایی جهانی، پایداری منابع و توسعه فناوری‌های کشاورزی پایدار متمرکز هستند. مدل دیلویت نیز عمدتاً بر «مدیریت ریسک، نوآوری فرایندی و تصمیم‌گیری مبتنی بر کسب‌وکار» تأکید دارد. از نظر محورهای ارزش‌آفرینی، مدل‌های مک‌کنزی و MIT بر «بهینه‌سازی فرایندها، هوش مصنوعی و اتوماسیون مزرعه» تمرکز دارند؛ FAO و CGIAR بر «ظرفیت‌سازی، اصلاحات نهادی و همکاری‌های بین‌المللی» برای تحقق امنیت غذایی و تاب‌آوری تأکید می‌کنند؛ دیلویت بر «هم‌سویی زنجیره ارزش، کارایی عملیاتی و پاسخگویی به نیازهای بازار» متمرکز است. ذی‌نفعان این مدل‌ها نیز گسترده و متنوع هستند و از شرکت‌های بزرگ و پژوهشگران تا دولت‌ها و سرمایه‌گذاران را در برمی‌گیرند. مقیاس اجرایی آنها نیز از سطح جهانی تا محلی و ملی متفاوت است. در نهایت، شاخص‌های تکمیلی هر مدل نشان می‌دهد که معیارهایی مانند «درآمدزایی و امنیت اطلاعات» در مدل مک‌کنزی، «زیست‌بوم نوآوری و پایداری محیطی» در مدل MIT، «عدالت و مقاومت اجتماعی» در مدل‌های FAO و CGIAR و «تحلیل‌های هوش مصنوعی» در مدل دیلویت، به‌عنوان عوامل کلیدی در اندازه‌گیری موفقیت در نظر گرفته شده‌اند.

جمع‌بندی و راهبردهای پیشنهادی برای تحقق کشاورزی دیجیتال در ایران:

تحول دیجیتال در کشاورزی ایران نیازمند مجموعه‌ای از راهبردهای کلان و عملیاتی است که بتواند چالش‌های زیرساختی، نهادی و آموزشی را پوشش داده و مسیر توسعه فناوریانه را تسهیل نماید. در ادامه، پنج راهبرد کلیدی پیشنهاد می‌شود:

- **تدوین نقشه راه ملی تحول دیجیتال کشاورزی:** با مشارکت وزارت جهاد کشاورزی، وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات، مراکز علمی و بخش خصوصی، یک نقشه راه جامع با اهداف کمی، شاخص‌های عملکردی، نهادهای مسئول و منابع موردنیاز تدوین شود.
- **توسعه زیرساخت‌های ارتباطی و فناوریانه:** تأمین اینترنت پرسرعت و پایدار در مناطق روستایی و کشاورزی، به‌عنوان پیش‌نیاز اجرای فناوری‌هایی مانند حسگرهای هوشمند، پهپادهای متصل و پلتفرم‌های ابری، در اولویت سیاست‌گذاری قرار گیرد.
- **آموزش و توانمندسازی کشاورزان و کارشناسان:** اجرای برنامه‌های آموزشی حضوری و مجازی، تولید محتوای بومی قابل‌درک و ایجاد مراکز خدمات دیجیتال محلی برای ارتقای سواد فناوریانه و تسهیل پذیرش نوآوری‌ها.
- **حمایت از زیست‌بوم نوآوری و استارت‌آپ‌های آگ‌تک:** از طریق ایجاد شتاب‌دهنده‌های تخصصی، تسهیل دسترسی به سرمایه و تسهیلات مالی و پیوند استارت‌آپ‌ها با بازارهای داخلی و بین‌المللی.
- **ایجاد پلتفرم‌های ملی داده‌محور و هوشمند:** طراحی و استقرار سامانه‌های یکپارچه برای جمع‌آوری، پردازش و به‌اشتراک‌گذاری امن داده‌های کشاورزی، به‌منظور پشتیبانی از تصمیم‌گیری‌های دقیق در سطوح خرد و کلان.

مراجع:

[1] <https://www.theglobaleconomy.com>

[2] Ministry of Environment, Water and Agriculture. (2024). Innovation in the Agriculture Sector in Saudi Arabia. Riyadh: MEWA.

[3] European Commission (2022). IPARD III Programme for Turkey (2021–2027): Rural Development and Smart Agriculture.

[4] FAO & EBRD (2023). Digital Agriculture Profile: Turkey.

[5] Federal Ministry of Food and Agriculture. (nidi). Digitalisation in agriculture. BMEL. <https://www.bmel.de/EN/topics/digitalisation/digitalisation-agriculture.html>

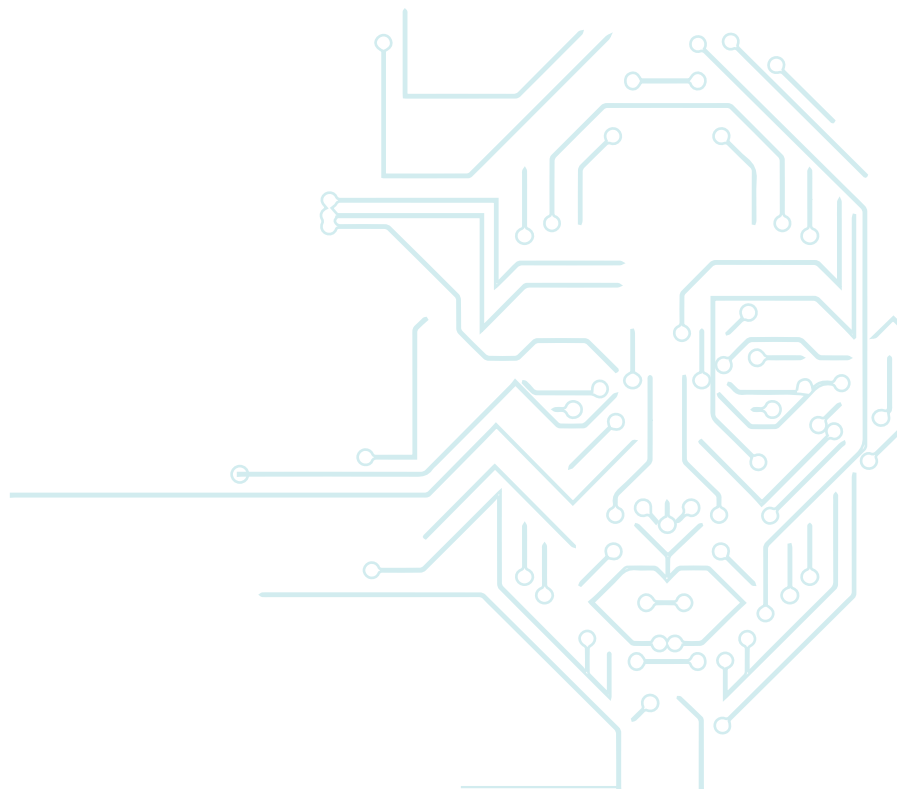
[6] <https://www.mckinsey.com/industries/agriculture/our-insights/global-farmer-insights-2024>

[7] <https://news.mit.edu/topic/agriculture>

[8] www.fao.org

[9] <https://www.deloitte.com> › industry › technology › agri

[10] www.cgiar.org



تحول دیجیتال در حوزه سلامت، رویکرد کشورهای جهان



باتوجه به پیچیده‌تر شدن نظام‌های سلامت در جهان و افزایش فزاینده هزینه‌های مراقبت، تحول دیجیتال به یکی از محوری‌ترین راهبردهای اصلاح ساختار سلامت تبدیل شده است. تجربه کشورهایی مانند انگلستان، ایالات متحده و عربستان سعودی نشان می‌دهد که هر کشور باتوجه به ساختار حکمرانی، سطح بلوغ فناوری و اولویت‌های سیاستی خود، رویکردهای متفاوتی در حوزه‌هایی نظیر حکمرانی داده، توسعه زیرساخت دیجیتال، نحوه تعامل با بیماران، یکپارچه‌سازی سوابق پزشکی و طراحی خدمات سلامت اتخاذ کرده است.

در این قسمت، ضمن تحلیل انتقادی نقاط قوت، دستاوردها و کاستی‌های رویکردهای اتخاذ شده در سه کشور، درس‌آموخته‌های قابل‌تطبیق برای کشور ایران استخراج شده و مجموعه‌ای از پیشنهادهای مبتنی بر شواهد برای سیاست‌گذاری آینده ارائه شده است. هدف اصلی نشان‌دادن چگونگی ایجاد تحول دیجیتال در بخش سلامت کشور و قرارگرفتن در مسیر توسعه پایدار می‌باشد.

بررسی تحول دیجیتال سلامت در کشورها

انگلستان باتکیه بر نظام سلامت عمومی خود، یکی از ساختارمندترین و یکپارچه‌ترین الگوهای تحول دیجیتال سلامت را ایجاد کرده است. این کشور با ترسیم نقشه راه چهارساله دیجیتالی‌سازی خدمات سلامت و ایجاد یک ساختار واحد حکمرانی برای سلامت دیجیتال، مسیر توسعه و نوسازی نظام سلامت را به‌صورت هدفمند دنبال می‌کند. وجود نهاد حاکمیتی مقتدر و واحد برای سلامت دیجیتال در ارائه جهت‌گیری واحد، تدوین سیاست‌ها، تخصیص منابع و ایجاد هماهنگی میان ذی‌نفعان کاملاً تعیین‌کننده است.

تمرکز انگلستان بر امنیت داده و اعتماد عمومی از دیگر نقاط قوت این رویکرد است. پیروی از استانداردهای سخت‌گیرانه نظیر GDPR و «قانون حریم خصوصی داده» موجب شده است که دسترسی، پردازش و اشتراک‌گذاری داده‌های سلامت تحت ضوابط دقیق انجام شود. این رویکرد نه تنها ریسک‌های حریم خصوصی را کاهش داده، بلکه سطح اعتماد عمومی به سلامت دیجیتال را به طور چشمگیری افزایش داده است. در مجموع، ترکیب حکمرانی متمرکز، چارچوب‌های حقوقی قوی، سرمایه‌گذاری هدفمند و رعایت استانداردهای بالا در مدیریت داده باعث شده است انگلستان شکاف دیجیتال میان گروه‌های مختلف را کاهش دهد و یکی از کامل‌ترین مدل‌های سلامت دیجیتال در جهان را شکل دهد [۱ و ۲].

ایالات متحده رویکردی مبتنی بر آزادی داده و رقابت بخش خصوصی اتخاذ کرده است. سند چارچوب تحول دیجیتال سلامت در سطح فدرال تعریف و مصوب کرده و تبادلپذیری داده را هدایت می‌کند. قوانین HIPAA چارچوب حقوقی حریم خصوصی را شکل داده‌اند [۳]. بازار سلامت دیجیتال در آمریکا یکی از بزرگ‌ترین بازارهای جهان است و براساس داده‌های Statista در ۲۰۲۳ به بیش از ۹۳ میلیارد دلار رسیده است [۴].

عربستان در چشم‌انداز ۲۰۳۰ بر دیجیتالی‌سازی سلامت تمرکز کرده است [۵]. بیمارستان مجازی Seha یکی از بزرگ‌ترین بیمارستان‌های دیجیتال جهان است و پلتفرم تبادل داده سلامت-بیمه را توسعه داده است [۶]. سرمایه‌گذاری‌های هنگفت دولت در حوزه AI و IoMT عربستان را به یکی از نوآورترین کشورهای منطقه تبدیل کرده است.

در جدول ۳، خلاصه اقدامات هر کشور در پنج فاکتور سند راهبردی، نهاد راهبر، استاندارد داده، دیجیتال سازی و نقش به کارگیری فناوری های دیجیتال در GDP بیان می گردد:

جدول ۳ - خلاصه اقدامات کشورها برای تحول دیجیتال در حوزه سلامت

کشور	مؤلفه	اقدام	نتیجه کلیدی
انگلستان	سند راهبردی	A Plan for Digital Health and Social Care, 2022 [1]	نقشه راه چهار ساله سلامت دیجیتال
	نهاد راهبر	NHS England ادغام با NHS Digital [7]	همانگی یکپارچه سیاست ها و فناوری ها
	استاندارد داده	Data Security Standards, GDPR [8]	امنیت بالا، تبادل مؤثر و رعایت حقوق بیمار
	دیجیتال سازی	Digital Inclusion Policy [9]	کاهش نابرابری های دسترسی دیجیتال
	بهبود در GDP	سرمایه گذاری ۸-۲۱ میلیارد پوندی با صرفه جویی سالانه چند میلیارد پوند در هزینه های NHS و بهبود بهره وری نیروی انسانی	تقویت بهره وری نظام سلامت و کاهش فشار مالی دولت با اثر غیرمستقیم مثبت بر رشد اقتصادی
آمریکا	سند راهبردی	Federal Health IT Strategic Plan, 2020-2025	تعیین چهار هدف ملی برای سلامت دیجیتال: ارتقای سلامت، بهبود تجربه مراقبت، اکوسیستم داده محور و اتصال نظام سلامت به داده ها
	نهاد راهبر	Office of the National Coordinator for Health IT (ONC) - HHS	هماهنگ سازی سیاست ها، استانداردها و برنامه های Health IT در سطح فدرال
	استاندارد داده	USCDI، HL7 FHIR APIs، HIPAA Privacy & Security Rules، TEFCa	ایجاد چارچوب تبادل پذیری ملی، تقویت امنیت و حریم خصوصی و امکان توسعه اکوسیستم اپلیکیشن های سلامت
	دیجیتال سازی	پیاپی سازی Meaningful Use/Promoting Interoperability، گسترش EHR ها، رشد Telehealth	افزایش شدید نفوذ EHR، توسعه خدمات تله مدیسین و دسترسی دیجیتال بیماران به سوابق خود
	نقش در GDP	بازار سلامت دیجیتال ده ها میلیارد دلار (بیش از ۹۰ میلیارد دلار)، صرفه جویی بالقوه ۲۰۰-۳۶۰ میلیارد دلار در هزینه های سلامت	تقویت یک زیربخش اقتصادی بزرگ (HealthTech) و کاهش بالقوه سهم هزینه سلامت از GDP از طریق افزایش بهره وری
عربستان	سند راهبردی	Vision 2030 + Health Sector Transformation Program + MoH Digital Health Strategy	قراردادن سلامت دیجیتال به عنوان توانمندساز کلیدی اصلاح بخش سلامت و تنوع بخشی اقتصادی
	نهاد راهبر	Ministry of Health، Seha Virtual Hospital، NHIC، NPHIES	حکمرانی متمرکز بر زیرساخت های ملی داده، بیمارستان مجازی و پلتفرم های دیجیتال شهروندی
	استاندارد داده	NPHIES interoperability platform، استانداردهای ملی کدینگ و تبادل داده، انطباق با چارچوب های حریم خصوصی داخلی	تسهیل تبادل اطلاعات درمانی و بیمه ای بین ذی نفعان و پشتیبانی از مدل های پرداخت جدید
	دیجیتال سازی	Sehhaty، Seha Virtual Hospital، Wasfaty اپ (نسخه الکترونیک)، توسعه IoMT و Digital Twin	گسترش سریع خدمات مجازی، کاهش زمان انتظار، افزایش دسترسی به خدمات تخصصی در سراسر کشور
	نقش در GDP	بازار سلامت دیجیتال چند میلیارد دلاری با رشد دورقمی (۱۳-۲۴٪)، سرمایه گذاری هنگفت دولتی	شکل گیری زیربخش پر رشد در اقتصاد سلامت و کمک به اهداف تنوع بخشی Vision 2030

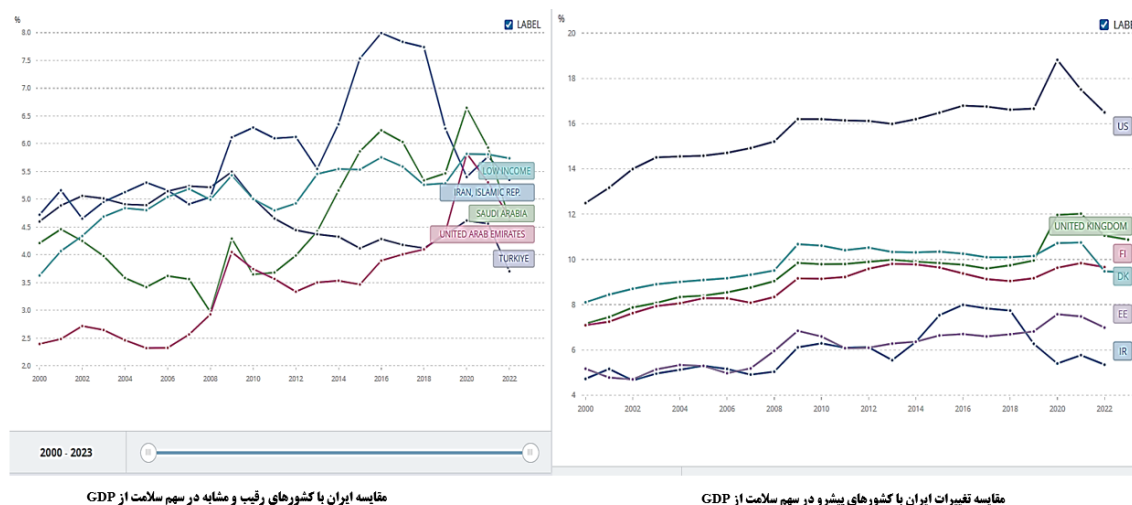
تحلیل SWOT در کاربرد دیجیتال سازی در حوزه سلامت در کشورهای مورد مطالعه نشان می دهد که تقویت حکمرانی داده، امنیت و زیست بوم نوآوری برای عبور از تهدیدها و استفاده از فرصت ها ضروری است.

جدول ۴- تحلیل SWOT حاصل از مطالعه کشورها

کشور	نقاط قوت	نقاط ضعف	فرصت‌ها	تهدیدها
انگلستان	استراتژی ملی منسجم (NHS Long Term Plan)، NHS Spine، پوشش گسترده EHR، NHS App	زیرساخت‌های قدیمی در برخی بیمارستان‌ها، فشار مالی بالا	توسعه AI، صادرات مدل NHS Digital، رشد Telehealth	ریسک سایبری، نابرابری دسترسی دیجیتال
ایالات متحده	اکوسیستم بزرگ HealthTech، قوانین HITECH/TEFCA، نوآوری سریع، حضور Big Tech	عدم وجود EHR ملی واحد، هزینه بالا، نابرابری دسترسی	Telehealth، سرویس‌های AI، ارزش‌محور	نقض حریم خصوصی، انحصار Big Tech
عربستان سعودی	Vision 2030 + HSTP، Seha Virtual Hospital، NPHIES، Sehhaty	مهارت دیجیتال ناکافی در بخش‌هایی از جامعه، نو بودن زیرساخت	رشد سریع بازار AI، IoMT (2.4-4.4B\$)	امنیت سایبری، وابستگی به زیرساخت خارجی
ایران (وضع موجود)	پرونده الکترونیک (سیاس/سیب)، نسخه الکترونیک، نیروی انسانی IT	نبود معماری یکپارچه، محدودیت داده	توسعه مدیریت، ظرفیت استارت‌آپ‌ها	ضعف زیرساخت، ریسک امنیت داده، عدم ثبات سیاستی

درس‌آموخته‌های کلیدی برای ایران

سهم سلامت از تولید ناخالص داخلی: نمودارهای مقایسه‌ای شکل ۶ نشان می‌دهند که کشورهایی که به صورت جدی مسیر سلامت دیجیتال را دنبال کرده‌اند (مانند انگلستان، آمریکا) توانسته‌اند سهم سلامت از GDP را به گونه‌ای مدیریت کنند که در عین افزایش کیفیت خدمات و دسترسی، روند هزینه‌کرد کنترل‌شده‌تر و هدفمندتری داشته باشند. این مقایسه به روشنی نشان می‌دهد که دیجیتالی‌سازی سلامت تنها یک اقدام فناورانه نیست، بلکه ابزاری برای مدیریت اقتصادی هوشمند سلامت است. ورود ایران به حوزه تحول دیجیتال می‌تواند با کاهش هزینه‌های زائد، جلوگیری از تکرار خدمات، افزایش شفافیت دارویی و آزمایشگاهی و توانمندسازی بیمار، به شکل‌گیری نظامی پایدارتر، کارآمدتر و اقتصادی‌تر در سلامت کشور منجر شود.



شکل ۶- مقایسه GDP کشورها و نقش تحول دیجیتال [۱۰]

سیاست‌گذاری، حکمرانی، زیرساخت‌ها و استانداردهای داده، خدمات و محصولات سلامت دیجیتال: کشورها برای بهره‌برداری مؤثر از تحول دیجیتال نیازمند برنامه‌ریزی پیشگیرانه و شناسایی نقاط آسیب‌پذیر هستند. در ادامه، درس‌آموخته‌های کشورهای مورد مطالعه در چهار محور سیاست‌گذاری، حکمرانی داده، زیرساخت و خدمات دیجیتال و اقتصاد سلامت ارائه می‌شود:

- **انگلستان:** تدوین نقشه راه ملی سلامت دیجیتال با اهداف اجرایی، توسعه اپ ملی سلامت، تقویت حاکمیت داده و استانداردهای امنیتی مانند GDPR، توانمندسازی نیروی انسانی سلامت، اجرای پایلوت‌های دیجیتال قبل از تعمیم ملی، سرمایه‌گذاری بلندمدت در زیرساخت و مهارت‌ها و طراحی مدل‌های بازگشت سرمایه مبتنی بر بهره‌وری.
- **آمریکا:** ایجاد نهاد ملی هماهنگ‌کننده، توسعه چارچوب تبادل‌پذیری داده با FHIR و API‌های باز، حمایت از اکوسیستم HealthTech و استارت‌آپ‌ها، تدوین قوانین حریم خصوصی، گسترش درمان از راه دور با مدل پرداخت مشخص، بهبود دسترسی بیمار به سوابق و خدمات دیجیتال، ایجاد مدل اقتصاد سلامت دیجیتال و ارزیابی صرفه‌جویی‌ها
- **عربستان:** جهت‌دهی سلامت دیجیتال در قالب Vision 2030، ایجاد زیرساخت تبادل اطلاعات بیمه سلامت، توسعه بیمارستان مجازی برای افزایش دسترسی، توسعه اپ سلامت ملی با میلیون‌ها کاربر، سرمایه‌گذاری گسترده در هوش مصنوعی، IoMT و دوقلوهای دیجیتال، ایجاد مدل اقتصادی سلامت دیجیتال، تمرکز بر شاخص‌ها و کاهش زمان انتظار

نتیجه‌گیری و پیشنهاد راهکار برای ایران

بررسی تجربه کشورهای مختلف نشان می‌دهد که موفقیت در تحول دیجیتال سلامت بیش از هر چیز مستلزم برخورداری از معماری یکپارچه داده، چارچوب‌های حقوقی شفاف، نهاد تخصصی راهبر، مشارکت فعال شهروندان و ایجاد پیوندهای مؤثر میان نظام سلامت، فناوری اطلاعات و بخش خصوصی است.

در این چارچوب، برای عبور ایران از وضعیت کنونی سلامت دیجیتال و حرکت به سوی نظامی یکپارچه، پایدار و کارآمد، تدوین و تصویب یک سند ملی واحد سلامت دیجیتال ضرورتی اساسی است. این سند باید ضمن تعیین چشم‌انداز، اهداف و اولویت‌ها، نقش‌ها و مسئولیت نهادهای مختلف را به طور دقیق مشخص کرده و از هم‌پوشانی و موازی‌کاری جلوگیری کند. در ادامه، طراحی و استقرار معماری یکپارچه تبادل داده سلامت می‌تواند نقطه پایان بر وضعیت فعلی سامانه‌های جزیره‌ای باشد و امکان جریان امن، استاندارد و قابل‌اعتماد داده‌ها را میان بازیگران مختلف نظام سلامت فراهم آورد و توسعه سامانه موبایلی سلامت جامع و یکپارچه برای شهروندان نیز دسترسی به خدمات را تسهیل خواهد کرد.

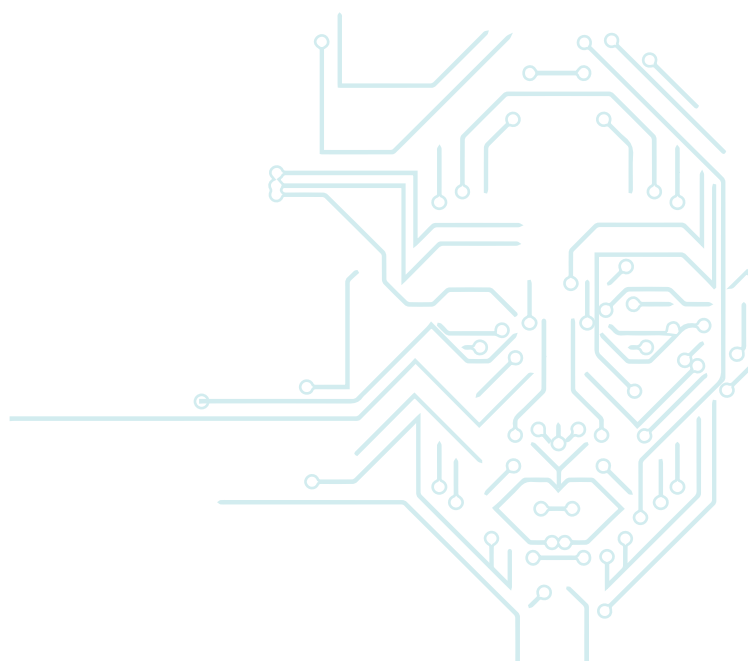
همچنین استقرار چارچوب‌های قوی امنیت و حریم خصوصی داده‌های سلامت برای جلب اعتماد عمومی نقشی کلیدی دارد و گسترش خدمات درمان از راه دور، همراه با تعریف مدل‌های پرداخت شفاف و پایدار، می‌تواند زمینه توسعه ارائه خدمات غیرحضوری را فراهم سازد. در کنار این موارد، توانمندسازی نیروی انسانی نظام سلامت برای کار با ابزارها و فرایندهای دیجیتال، حمایت هدفمند از اکوسیستم نوآوری سلامت و فراهم‌سازی دسترسی کنترل‌شده به API‌های باز و در نهایت طراحی مدل اقتصاد سلامت دیجیتال به منظور سنجش آثار، صرفه‌جویی‌ها و بازگشت

سرمایه، مجموعه‌ای از محورهای مکمل را شکل می‌دهد که می‌تواند نقشه راه تحول دیجیتال سلامت در ایران را ترسیم کند.

مجموع این راهکارها می‌تواند بستر لازم برای همگامی نظام سلامت کشور با تحولات نوین فناوری، ارتقای کارایی و کیفیت خدمات، و کاهش شکاف دیجیتال در حوزه سلامت را فراهم آورد.

مراجع:

- [1] NHS England. (2022). A plan for digital health and social care. NHS England.
- [2] NHS England. (2024). NHS App - User statistics. NHS England
- [3] U.S. Department of Health & Human Services. (2024). Annual health data and digital infrastructure report. U.S. Government Publishing Office.
- [4] Statista. (2023). Digital health market - Global revenue and forecast statistics. Statista Research Department.
- [5] Government of Saudi Arabia. (2022). Saudi Vision 2030 — Health sector transformation program. Kingdom of Saudi Arabia.
- [6] Saudi Ministry of Health. (2024). Saudi National Health System Performance and Digital Expansion Report. Ministry of Health, KSA.
- [7] NHS England. (2019). The NHS long-term plan. NHS Publications
- [8] Department of Health & Social Care (DHSC). (2022). Data Saves Lives: Reshaping Health and Social Care with Data. GOV.UK.
- [9] NHS Digital. (2021). Data security and protection toolkit. NHS Digital
- [10] World Health Organization. (2024). Global Health Expenditure Database. WHO. Retrieved from <https://apps.who.int/nha/database>





تحول دیجیتال در صنعت معدن

صنعت معدن به عنوان یکی از بخش‌های حیاتی اقتصاد ملی، همواره نقش محوری در تأمین مواد اولیه، ایجاد ارزش افزوده و پشتیبانی از زنجیره‌های تولیدی کشور ایفا کرده است. با این حال، این صنعت با مجموعه‌ای از چالش‌ها روبه‌روست که شامل نوسانات بازار جهانی، هزینه‌های بالای استخراج، محدودیت منابع، مسائل زیست‌محیطی و پایین بودن بهره‌وری می‌شوند و مانع از بهره‌برداری بهینه و پایدار از ظرفیت‌های موجود می‌گردند.

در دهه‌های اخیر، ظهور فناوری‌های نوین و دیجیتال مانند اینترنت اشیا، کلان داده (Big Data)، هوش مصنوعی، سیستم‌های خودران و ابزارهای تحلیل پیشرفته فرصت‌های بی‌سابقه‌ای را برای تحول این صنعت فراهم کرده است. این فناوری‌ها امکان پایش و تحلیل بلادرنگ داده‌ها، بهینه‌سازی فرآیندها، کاهش هزینه‌ها و افزایش ایمنی و بهره‌وری را در تمامی حلقه‌های زنجیره ارزش معدن فراهم می‌سازند.

مفهوم معدن کاری ۴.۰ به عنوان یکی از جلوه‌های انقلاب صنعتی چهارم، بیانگر ادغام فناوری‌های دیجیتال پیشرفته با زنجیره ارزش صنعت معدن است. در این رویکرد، کلیه مراحل شامل استخراج، حمل و نقل، فرآوری و مدیریت منابع با بهره‌گیری از داده‌های لحظه‌ای، الگوریتم‌های هوشمند، سیستم‌های خودکار و مدل‌های پیش‌بینی تحلیلی بهینه‌سازی می‌شوند. این تحول نه تنها موجب افزایش کارایی و کاهش هزینه‌ها می‌شود، بلکه امکان مدیریت بهتر ریسک‌ها، کاهش اثرات زیست‌محیطی و ارتقای امنیت و سلامت نیروی انسانی را نیز فراهم می‌آورد.

برخی از مفاهیم کلیدی در معدن کاری ۴.۰ عبارت‌اند از:

- **معدن کاری هوشمند:** استفاده از فناوری‌های داده‌محور برای پایش و کنترل دقیق عملیات معدن.
- **معدن کاری خودران:** بهره‌گیری از تجهیزات و کامیون‌های خودران برای کاهش نیاز به نیروی انسانی در محیط‌های پرخطر.
- **دوقلوی دیجیتال:** ایجاد مدل مجازی از تجهیزات و فرآیندها برای شبیه‌سازی و پیش‌بینی عملکرد.
- **هوش مصنوعی و یادگیری ماشین:** تحلیل داده‌های حجیم برای شناسایی الگوها، پیش‌بینی شکست تجهیزات و بهینه‌سازی فرآیند استخراج.
- **واقعیت افزوده و واقعیت مجازی:** آموزش ایمن نیروی کار، طراحی سناریوهای عملیاتی و افزایش بهره‌وری از طریق شبیه‌سازی.
- **بلاک‌چین:** ردیابی شفاف زنجیره تأمین مواد معدنی و تضمین اصالت محصولات.

با وجود ظرفیت‌ها و فرصت‌های موجود، بخش قابل توجهی از شرکت‌های معدنی همچنان در مراحل ابتدایی به کارگیری فناوری‌های دیجیتال قرار دارند و حرکت به سوی «معدن کاری ۴.۰» با چالش‌هایی نظیر نبود سرمایه‌گذاری هدفمند، کمبود نیروی انسانی ماهر و فقدان نقشه راه مشخص همراه است. تحول دیجیتال در صنعت معدن صرفاً به افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌ها محدود نمی‌شود، بلکه عاملی تعیین‌کننده در ارتقای ایمنی، کاهش پیامدهای زیست‌محیطی و شکل‌گیری مزیت رقابتی پایدار به شمار می‌آید. در حالی که صنایع پیشرو جهانی، مانند خودروسازی و انرژی با شتاب بیشتری در مسیر انقلاب صنعتی چهارم گام برداشته‌اند، صنعت معدن به دلیل پیچیدگی‌های فنی و ماهیت سرمایه‌بر خود، با تأخیر بیشتری وارد این حوزه شده است [۱].

بررسی گزارش‌های بین‌المللی مرتبط با سنجش بلوغ دیجیتال در صنایع معدنی نشان می‌دهد که سطح بلوغ دیجیتال در این صنعت بیش از هر عامل دیگری به اندازه شرکت، حجم و جهت‌گیری سرمایه‌گذاری‌های فناورانه و وجود راهبردهای مشخص تحول دیجیتال وابسته است. نتایج حاکی از وجود شکاف دیجیتال قابل‌توجه میان شرکت‌های پیشرو و عقب‌مانده است؛ شکافی که می‌تواند در آینده به طور مستقیم رقابت‌پذیری بنگاه‌ها را تحت‌تأثیر قرار دهد. این ارزیابی‌ها نشان می‌دهد فاصله دیجیتال میان شرکت‌های بزرگ و کوچک معدنی، به‌ویژه در حوزه‌های «تحلیل داده»، «اتوماسیون» و «فرهنگ‌سازمانی» بسیار عمیق است. شرکت‌های بزرگ‌تر علاوه بر برخورداری از توان مالی بیشتر برای سرمایه‌گذاری در فناوری، موفق شده‌اند فرهنگ‌سازمانی همسو با الزامات تحول دیجیتال را نیز توسعه دهند. افزون بر این، مشخص شد مسیر دستیابی به بلوغ دیجیتال در صنعت معدن بسیار ناهمگون است و رویکردها و استراتژی‌های شرکت‌ها در ابعاد مختلف تفاوت‌های معناداری با یکدیگر دارد. این ناهمگنی می‌تواند پیامدهای مستقیمی بر جایگاه رقابتی جهانی، پایداری عملیات معدنی و توان جذب سرمایه‌گذاری‌های جدید بر جای گذارد [۲].

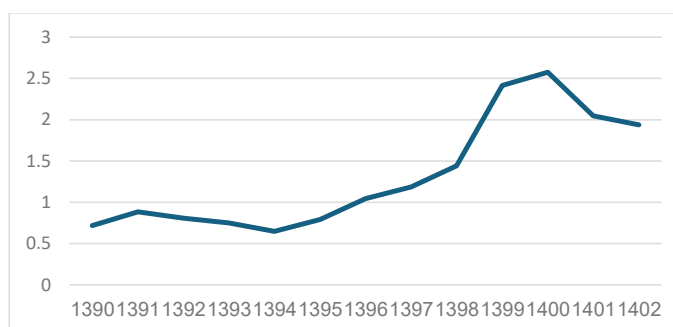
بر اساس گزارش ABI Research از میزان بلوغ دیجیتال شرکت‌های بزرگ معدنی جهان فقط سه شرکت معدنی در جهان به مرحله تحول دیجیتال رسیده‌اند. این سه شرکت عبارت‌اند از ریوتینتو (Rio Tinto)، BHP و انگلو امریکن [۳]. در جدول ۵ رویکردهای این سه شرکت، فناوری‌های کلیدی و... آنها آورده شده است.

جدول ۵- رویکردهای سه شرکت معدنی در تحول دیجیتال

معیار	ریوتینتو (Rio Tinto)	بی‌اچ‌پی (BHP)	آنگلوامریکن (Anglo American)
ملیت/خاستگاه	استرالیایی - بریتانیایی	استرالیایی (بزرگ‌ترین شرکت معدنی جهان)	بریتانیایی (چندملیتی)
رویکرد کلان دیجیتال	استفاده گسترده از فناوری‌ها و اتوماسیون تعبیه‌شده در عملیات	تمرکز بر عملیات فناوری اطلاعات (IT) پیشرفته و برنامه‌های کاربردی ابری بومی	چشم‌انداز «معدن‌کاری هوشمند آینده» با محوریت پایداری و ایجاد «معدن متصل»
سیستم/پلتفرم محوری	سیستم اتوماسیون معدن (MAS) - قادر به اتصال ۹۸٪ از داده‌های عملیاتی در سایت‌ها	مرکز عملیات سایت (SOC) - برای نظارت، کنترل و بهینه‌سازی تجهیزات توسط اپراتورها	معدن متصل (Connected Mine) - بر پایه فناوری‌های توانمندساز مختلف
فناوری‌های کلیدی	- اتوماسیون تعبیه‌شده و معدن هوشمند - حفاری و حمل‌ونقل خودکار - هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی (ML) برای بینش و بهبود ایمنی و بهره‌وری - شرکای دیجیتال‌سازی	- سیستم‌های مدیریت ناوگان و ایمنی ناوگان سیار - اتوماسیون ماشین‌آلات و سلامت ماشین‌آلات - شبکه‌های کنترل فرآیند و سیستم‌های SCADA - سیستم‌های نظارت ژئوتکنیکی (لرزه‌ای/راداری) - نرم‌افزار تحلیلی با توصیه‌های مبتنی بر هوش مصنوعی (Microsoft Azure)	- حفاری و انفجار خودکار - دوقلوهای دیجیتال (Digital Twins) برای مدل‌سازی مجازی تجهیزات و فرایندها - کنترل‌های ایمنی از راه دور - فناوری‌های نظارتی (رادار و تصاویر ماهواره‌ای)
تمرکز بر داده و تحلیل	تولید داده‌های کاربردی از تقریباً تمام جنبه‌های عملیات؛ اتصال گسترده داده‌ها	ترکیب داده‌های زمان واقعی با داده‌های پیچیده برای شناسایی الگوها و روندها	استفاده از دوقلوهای دیجیتال و فناوری‌های نظارتی برای بهینه‌سازی تصمیم‌گیری

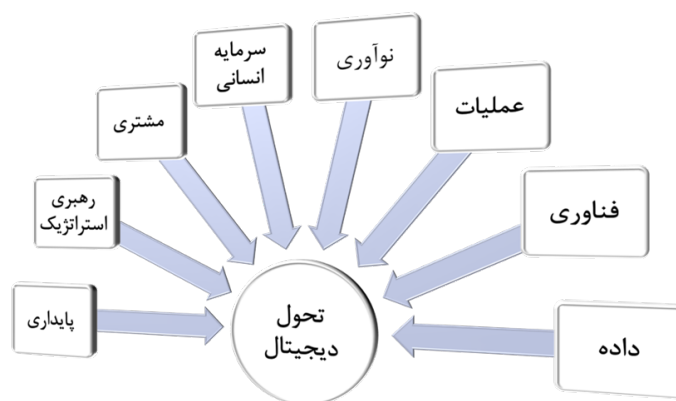
معیار	ریوتینتو (Rio Tinto)	بی‌اچ‌پی (BHP)	آنگلوآمریکن (Anglo American)
نمونه اجرایی/ کاربرد	اتصال و یکپارچه‌سازی داده‌ها در سراسر سایت‌های معدنی از طریق MAS	نظارت و کنترل تجهیزات از طریق SOC و بهینه‌سازی تصمیمات با Azure AI	پیاده‌سازی کنترل ایمنی از راه دور در یک معدن مس در پرو و مدل‌سازی سیستم‌ها با دوقلوهای دیجیتال
هدف استراتژیک	افزایش بهره‌وری و ایمنی از طریق اتوماسیون جامع و هوش مصنوعی	بهینه‌سازی عملیات، افزایش ایمنی و تصمیم‌گیری مبتنی بر داده‌های پیچیده در زمان واقعی	دستیابی به معدن‌کاری پایدار و متصل از طریق نوآوری دیجیتال

در ایران سهم معدن از تولید ناخالص داخلی در سال ۱۴۰۲ نزدیک به ۲ درصد از تولید ناخالص داخلی است که هوشمندسازی معادن می‌تواند در افزایش سهم معدن در تولید ناخالص داخلی نقش کاربردی داشته‌باشد.



شکل ۷- سهم معدن از تولید ناخالص داخلی- منبع: محاسبات محقق- داده های مرکز آمار ایران

به‌منظور ارزیابی سنجش آمادگی تحول دیجیتال صنایع و کسب‌وکارهای معدنی در ایران، در پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات با همکاری شرکت مبین‌نت مدل اختصاصی طراحی شده است که شامل ۸ بعد است و این ابعاد در شکل ۷ نشان داده شده است. در این مدل برای هر بعد ۸ سوال در نظر گرفته شده است.



شکل ۸- هشت بعد تحول دیجیتال

این ارزیابی با همکاری سازمان گسترش و نوسازی صنایع معدنی ایران (ایمیدرو) انجام شده است و سه شرکت معدنی چادرملو، تهیه و تولید مواد معدنی ایران و فولاد میانه مورد ارزیابی قرار گرفتند. بر اساس پاسخ‌های دریافتی از این سه شرکت، چادرملو با امتیاز ۲/۶۹ در رتبه اول، تهیه و تولید مواد معدنی ۲/۲۹ در رتبه دوم و فولاد

میان به رتبه ۱/۸۴ در رتبه سوم قرار گرفته است. یعنی شرکت‌ها در مرحله کاوشگر و پذیرنده تحول دیجیتال قرار دارند.

الگوی به‌دست‌آمده حاکی از آن است که صنعت معدن با چالش‌های اساسی هم در حوزه رهبری و هم در حوزه اجرا مواجه است؛ به‌گونه‌ای که برخی سازمان‌ها در رهبری تحول ضعف دارند و برخی دیگر در اجرای عملیاتی و هیچ‌یک به توازن میان این دو بعد دست نیافته‌اند. تداوم این وضعیت می‌تواند به‌کندی توسعه، کاهش رقابت‌پذیری و ازدست‌رفتن فرصت‌های راهبردی منجر شود. در مجموع، یافته‌ها تأکید می‌کند که پیشبرد تحول دیجیتال در صنعت معدن و فولاد مستلزم رویکردی جامع و مرحله‌ای است که با برنامه‌ریزی دقیق، سرمایه‌گذاری مستمر و همراه‌سازی تدریجی تمامی ذی‌نفعان این اکوسیستم پیچیده صنعتی محقق خواهد شد.

به‌طورکلی چالش‌های کلیدی در اجرای مؤثر تحول دیجیتال در صنعت معدن را می‌توان به شرح زیر تبیین کرد:

۱. **برداشت نادرست از مفهوم تحول دیجیتال:** در بسیاری از شرکت‌ها، تحول دیجیتال صرفاً به دیجیتالی‌سازی فرآیندها و سامانه‌های موجود تقلیل‌یافته است؛ درحالی‌که این تحول مستلزم بازاندیشی بنیادین در مدل‌های کسب‌وکار، فرآیندها و شیوه‌های تصمیم‌گیری است.
۲. **موانع زیرساختی ارتباطی:** ضعف جدی در زیرساخت‌های ارتباطی و نبود دسترسی پایدار به اینترنت پرسرعت در معادن دورافتاده، بهره‌گیری از فناوری‌های مبتنی بر رایانش ابری و تبادل داده را با محدودیت جدی مواجه می‌کند. رفع این چالش نیازمند همکاری و هماهنگی فرابخشی، به‌ویژه با نهادهایی مانند وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات است.
۳. **نبود اجماع و هم‌راستایی استراتژیک:** فقدان یک استراتژی شفاف و یکپارچه برای تحول دیجیتال از موانع اصلی به شمار می‌رود؛ به‌گونه‌ای که حدود ۳۵ درصد از مدیران اجرایی، این عامل را مهم‌ترین مانع در مسیر تحول دیجیتال عنوان کرده‌اند.
۴. **تحول دیجیتال بی‌برنامه:** اجرای پروژه‌های جزئی و منفصل، بدون برخورداری از چشم‌انداز کلان و برنامه‌ریزی منسجم، موجب اتلاف منابع و کاهش اثربخشی اقدامات دیجیتال می‌شود.
۵. **کمبود نیروی انسانی ماهر:** کمبود تخصص‌های موردنیاز و ضرورت آموزش و ارتقای مهارت‌های نیروی کار برای همگام‌شدن با فناوری‌های نوین، یکی از چالش‌های اساسی این مسیر است.
۶. **چالش‌های یکپارچه‌سازی با زیرساخت‌های قدیمی:** ادغام سامانه‌ها و فناوری‌های جدید با سیستم‌های موجود، به دلیل محدودیت‌های فنی و ساختاری، با دشواری‌های قابل‌توجهی همراه است.
۷. **امنیت سایبری و حفاظت از داده‌ها:** با گسترش دیجیتالی‌سازی فرآیندها، مخاطرات امنیت سایبری به طور چشمگیری افزایش می‌یابد و حملات سایبری می‌توانند خسارات مالی و عملیاتی سنگینی به شرکت‌ها وارد کنند.

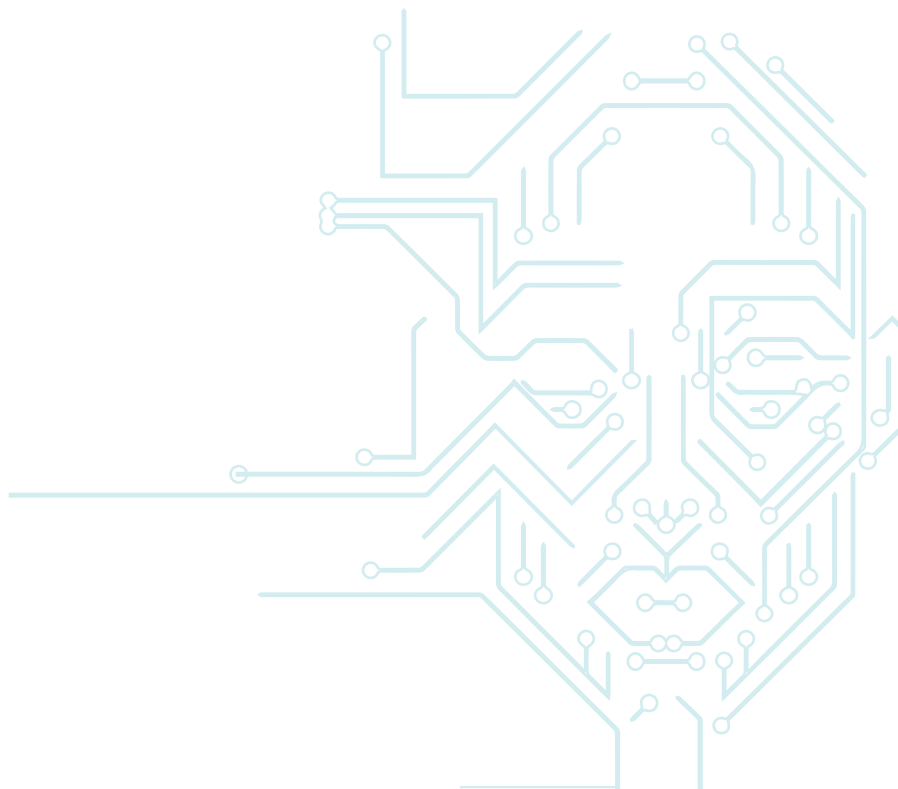
نتیجه‌گیری و پیشنهاد راهکار برای ایران

تحول دیجیتال برای صنعت معدن ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است. تحقق موفق این تحول مستلزم رهبری اثربخش، چشم‌انداز روشن، استراتژی یکپارچه، سرمایه‌گذاری هدفمند و توجه جدی به آموزش نیروی انسانی و امنیت سایبری

است. باید در نظر داشت که نسخه واحدی برای همه شرکت‌ها وجود ندارد و هر شرکت باید متناسب با شرایط، بلوغ و توانمندی‌های خود اقدام کند. در این میان، استقرار سازوکارهای کارآمد برای پایش، هشدار، مهار و کاهش آثار نشت داده و حملات سایبری نقشی کلیدی در پایداری و موفقیت تحول دیجیتال ایفا می‌کند.

مراجع:

- [1] <https://www.bcg.com/publications/2021/adopting-a-digital-strategy-in-the-metals-and-mining-industry>
- [2] <https://adi-analytics.com/2021/09/22/digitization-trends-in-mining/>
- [3] <https://www.abiresearch.com/blog/digital-transformation-mining-industry>



تحول دیجیتال لجستیک: افزایش ایمنی زنجیره تأمین توسط فناوری‌های نوین



در عصر حاضر که تحول دیجیتال مرزهای تمامی صنایع را درنور دیده است، حوزه لجستیک و زنجیره تأمین نیز به‌طور فزاینده‌ای در حال دگرگونی است. لجستیک که به‌عنوان مجموعه‌ای از فرآیندهای برنامه‌ریزی، اجرا و کنترل جریان کالا، خدمات و اطلاعات از مبدأ تا مصرف‌کننده نهایی تعریف می‌شود، صرفاً محدود به جابه‌جایی فیزیکی نیست، بلکه از طریق بهینه‌سازی هزینه‌ها، بهبود کنترل موجودی، سازماندهی مؤثر انبارها و ارتقای رضایت مشتری، نقشی تعیین‌کننده در عملکرد مالی و موقعیت رقابتی سازمان‌ها ایفا می‌نماید [۱]. برای دستیابی به این اهداف در محیطی پویا و پرقابیت، به‌کارگیری فناوری‌های دیجیتال به‌عنوان یک راهبرد کلیدی، امری اجتناب‌ناپذیر شده است. این تحول دیجیتال در لجستیک، با استفاده از ابزارهایی چون هوش مصنوعی، یادگیری ماشین، اتوماسیون و تحلیل کلان‌داده‌ها، در پی ارتقای کارایی، شفافیت و چابکی عملیات است تا از یک‌سو فرآیندها را ساده‌سازی کرده و ازسوی دیگر تجربه مشتری را متحول سازد. این مقاله به واکاوی ابعاد، الزامات و پیامدهای این تحول بنیادین در صنعت لجستیک می‌پردازد.



شکل ۹- جنبه‌های کلیدی تحول دیجیتال در لجستیک

امروزه حدود ۷۰ درصد از شرکت‌های لجستیکی در حال سرمایه‌گذاری در تحول دیجیتال هستند، اما اکثر آنها در پذیرش و پایداری این تحول با چالش‌های انسانی مواجه‌اند. عوامل انسانی تغییر، نه فناوری، کلید موفقیت است. مشتریان لجستیک انتظار خدمات سریع و تجربه‌های دیجیتال بی‌نقص دارند، اما سیستم‌های قدیمی و فرایندهای ناکارآمد پاسخگوی این انتظارات نیستند. تحول دیجیتال می‌تواند این فاصله را کاهش دهد و به شرکت‌ها کمک کند از تغییرات انتظارات مشتری پیشی بگیرند [۱]. طرح‌های تحول دیجیتال مزایای قابل‌توجهی به همراه دارند و هزینه جهانی این حوزه در سال ۲۰۲۰ حدود ۳ میلیارد دلار بود و پیش‌بینی می‌شود تا ۲۰۲۷ به ۸۴.۶ میلیارد دلار برسد. هنگامی که اجرای تحول دیجیتال به‌درستی انجام شود، می‌تواند بهره‌وری، تصمیم‌گیری، رقابت‌پذیری و همچنین انگیزه و مشارکت کارکنان را بهبود بخشد.

مزایای تحول دیجیتال در لجستیک

- * افزایش کارایی و بهره‌وری
- * کاهش هزینه‌ها و بهبود سودآوری
- * شفافیت و مشاهده پذیری بیشتر
- * چابکی و پاسخگویی بهتر
- * بهبود رضایت مشتری
- * توانمند سازی از طریق داده‌ها
- * مشارکت بیشتر کارکنان
- * توسعه مهارت‌های پیشرفته



شکل ۱۰- مزایای تحول دیجیتال در لجستیک

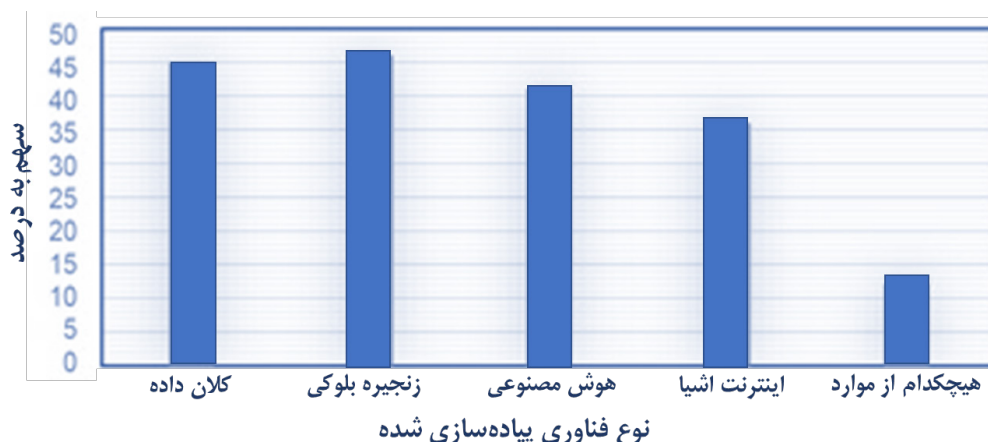
در پژوهشی که باهدف ارزیابی تأثیر فناوری‌های نوین بر ارتقای ایمنی زنجیره تأمین در حوزه لجستیک انجام شده است، داده‌های مورد استفاده از طریق پرسش‌نامه از ۱۰۰ شرکت فعال در بخش‌های توزیع، تولید، حمل‌ونقل و خدمات در بازار لهستان در بازه زمانی ۲۰۲۲-۲۰۲۳ گردآوری شده است. تمرکز اصلی بر تحلیل پذیرش و اثربخشی فناوری‌هایی مانند اینترنت اشیا (IoT)، هوش مصنوعی (AI)، بلاک‌چین و تحلیل کلان‌داده (Big Data) بر کارایی و امنیت زنجیره تأمین بوده است.

یافته‌ها حاکی از آن است که بیش از نیمی از شرکت‌های مورد بررسی، این فناوری‌ها را یا پیاده‌سازی کرده‌اند و یا در مراحل پایانی اجرا هستند. پاسخ‌دهندگان تأثیر مثبت و قابل‌توجه فناوری‌های مذکور را در افزایش شفافیت، بهبود قابلیت ردیابی، پیش‌بینی ریسک و خودکارسازی فرآیندها تأیید نموده‌اند. ازسوی دیگر، مهم‌ترین چالش‌های گزارش‌شده شامل هزینه‌های اولیه بالا، دشواری یکپارچه‌سازی با سیستم‌های موجود و کمبود نیروی انسانی متخصص بوده است [۲].

نتایج ارزیابی تحول دیجیتال در شرکت‌های لهستان

در پژوهشی با داده‌های ۱۰۰ شرکت لجستیکی لهستان (۲۰۲۲-۲۰۲۳)، پذیرش فناوری‌های نوین بررسی شد؛ بیش از نیمی از شرکت‌ها این فناوری‌ها را پیاده یا در آستانه پیاده‌سازی دارند. نتایج نشان می‌دهد که این فناوری‌ها شفافیت، ردیابی، پیش‌بینی ریسک و خودکارسازی را بهبود می‌بخشند، اما چالش‌هایی چون هزینه‌های اولیه، ادغام با سیستم‌های موجود و کمبود نیروی متخصص وجود دارد. بررسی تحول دیجیتال در این تحقیق نشان می‌دهد که:

۱. سطح پذیرش فناوری‌ها: زنجیره‌بلوکی با ۴۶٪ بالاترین نرخ پیاده‌سازی را داشته است. پس از آن کلان‌داده (۴۵٪)، هوش مصنوعی (۴۱٪) و اینترنت اشیا (۳۶٪) قرار دارند. تنها ۱۲٪ از شرکت‌ها از هیچ یک از این فناوری‌ها استفاده نکرده‌اند.



شکل ۱۱- میزان استفاده شرکت‌ها از فناوری‌های نوین

۲. **تأثیر بر ایمنی و شفافیت:** بیش از ۷۵٪ پاسخ‌دهندگان تأثیر مثبت یا بسیار مثبت فناوری‌های نوین بر ایمنی زنجیره تأمین را گزارش کرده‌اند. کلان‌داده و هوش مصنوعی بیشتر در حوزه پیش‌بینی ریسک و تحلیل داده‌ها مؤثر بوده‌اند، درحالی‌که بلاک‌چین و اینترنت اشیا نقش بارزی در بهبود ردیابی و شفافیت ایفا کرده‌اند.
۳. **دستاوردهای عملیاتی:** کاهش سرقت و ضایعات، بهبود مدیریت زنجیره سرمایشی، افزایش توان پیش‌بینی اختلالات، ارتقای سطح اتوماسیون و کاهش خطاهای انسانی از جمله مزایای ملموس گزارش‌شده است.
۴. **موانع اصلی:** یکپارچه‌سازی با سیستم‌های قدیمی (۴۴٪)، هزینه‌های پیاده‌سازی (۴۱٪)، دوره طولانی بازگشت سرمایه (۳۵٪) و کمبود نیروی متخصص (۳۳٪) به‌عنوان چالش‌های پیش‌رو مطرح شده‌اند. همچنین ۲۸٪ از شرکت‌ها نگرانی‌هایی در زمینه امنیت سایبری ابراز کرده‌اند.
۵. **رویکرد سازمانی به دیجیتالی‌سازی:** ۴۷٪ شرکت‌ها رویکرد تدریجی، ۲۸٪ در حال تلاش برای پیاده‌سازی کامل و تنها ۳٪ نسبت به دیجیتالی‌سازی نگرش منفی دارند.

بررسی تأثیر فناوری‌های نوین بر زنجیره تأمین و لجستیک

الف) هم‌افزایی فناوری‌ها: ترکیب فناوری‌های مورد بررسی می‌تواند نتایج بهینه‌تری ایجاد کند. اینترنت اشیا داده‌های لحظه‌ای تولید می‌کند، کلان‌داده و هوش مصنوعی امکان تحلیل و پیش‌بینی فراهم می‌کنند و بلاک‌چین صحت و یکپارچگی اطلاعات را تضمین می‌نماید. حداکثر بهره‌مندی زمانی حاصل می‌شود که این فناوری‌ها به‌صورت هماهنگ و تکمیل‌کننده یکدیگر به کار گرفته شوند.

ب) مزایای ایمنی در برابر هزینه‌ها: اگرچه کاهش ریسک‌های فیزیکی و سایبری به‌وضوح مشاهده شده، اما شرکت‌ها باید هزینه‌های اولیه و تغییرات فرآیندی را بپذیرند. شرکت‌های کوچک و متوسط به دلیل محدودیت منابع، نیازمند حمایت‌های هدفمند هستند.

ج) نقش منابع انسانی و فرهنگ سازمانی: موفقیت در دیجیتالی‌سازی تنها منوط به فناوری نیست، بلکه نیازمند تغییر فرهنگ سازمانی، آموزش کارکنان و طراحی مدل‌های شغلی جدید است. کمبود مهارت‌های تحلیلی و فنی، استفاده کامل از قابلیت‌های هوش مصنوعی و کلان‌داده را محدود می‌کند.

د) اولویت امنیت سایبری: با افزایش نقاط اتصال مانند دستگاه‌های اینترنت اشیا و پلتفرم‌های ابری، سطح تهدیدات

نیز افزایش می‌یابد؛ بنابراین پیاده‌سازی راهکارهای فنی همراه با سیاست‌های مدیریت دسترسی، رمزنگاری و ارزیابی مستمر ضروری است.

ه) چالش یکپارچه‌سازی و استانداردها: نبود استانداردهای بین‌المللی هماهنگ و دشواری یکپارچه‌سازی با سیستم‌های موجود مانند ERP، از موانع اصلی تسریع در پذیرش فناوری‌های نوین به شمار می‌آیند. توسعه رابط‌های برنامه‌نویسی (API)، فرمت‌های داده مشترک و پروتکل‌های امن در این زمینه نقش کلیدی دارند.

راهکارهای عملیاتی برای مدیران و کسب‌وکارها

- اجرای مرحله‌ای: شروع با پروژه‌های پایلوت در مقیاس محدود (مانند یک مسیر حمل یا یک گروه کالایی) به‌منظور ارزیابی دقیق مزایا و چالش‌ها قبل از توسعه در سطح سازمان.
- انتخاب ترکیب فناوری بر اساس نیاز: تمرکز اولیه بر حوزه‌هایی با بیشترین تأثیر بر ایمنی مانند ردیابی، زنجیره سرمایشی و مدیریت دارایی‌ها.
- سرمایه‌گذاری بر منابع انسانی: طراحی و اجرای برنامه‌های آموزشی در زمینه تحلیل داده، امنیت سایبری و مدیریت فناوری‌های نوین.
- تقویت امنیت سایبری: انجام تست‌های نفوذ دوره‌ای، استقرار سیستم‌های مدیریت هویت و دسترسی (IAM) و به‌کارگیری رمزنگاری داده‌ها.
- تدوین شاخص‌های عملکرد و محاسبه بازگشت سرمایه: تعریف معیارهای کمی و کیفی (مانند کاهش تلفات، زمان ردیابی و کاهش هزینه‌های عملیاتی) برای تصمیم‌گیری مبتنی بر شواهد.

پیشنهادهای سیاستی برای نهادهای دولتی و سیاست‌گذاران در ایران

- حمایت از شرکت‌های کوچک و متوسط: ارائه تسهیلات مالی، یارانه و بسترهای اشتراک زیرساخت برای کاهش بار مالی پیاده‌سازی.
- تدوین استانداردهای ملی و بین‌المللی: ایجاد چارچوب‌های استاندارد برای تبادل داده، امنیت اینترنت اشیا و پروتکل‌های ردیابی.
- توانمندسازی نیروی انسانی: توسعه برنامه‌های آموزشی ملی در حوزه‌های مرتبط با داده و امنیت سایبری.
- توسعه زیست‌بوم نوآوری: راه‌اندازی آزمایشگاه‌های ملی، شتاب‌دهنده‌ها و تشویق همکاری‌های دانشگاهی - صنعتی برای ایجاد راهکارهای بومی.

مراجع:

[1] <https://www.prosci.com/blog/digital-transformation-in-logistics>

[2] R. Stasiak-Betlejewska and K. Czarczyk, "Digital transformation of logistics: How modern technologies increase supply chain safety," Journal of Logistics and Transport, 2024, doi: 10.2478/czoto-2024-0042.



تحول دیجیتال، هوشمندسازی صنایع و ارزیابی بلوغ دیجیتال در صنعت پتروشیمی

در عصر دیجیتال، محیط فعالیت سازمان‌ها و صنایع با شتابی بی‌سابقه در حال تغییر است و نسبت به گذشته، بی‌ثبات‌تر، نامطمئن‌تر و پیچیده‌تر شده است. تحولات سریع در عرصه رقابت، الگوهای تقاضا، فناوری و مقررات، ضرورت توانایی سازمان‌ها در واکنش به موقع و سازگاری هوشمندانه با محیط پیرامونی را بیش از هر زمان دیگری برجسته کرده است. در این میان، ظهور و گسترش فناوری‌های نوین دیجیتال، از جمله رسانه‌های اجتماعی، رایانش ابری، کلان داده و تحلیل‌های پیشرفته، سامانه‌های تعبیه شده، چاپ سه بعدی، اینترنت اشیا و هوش مصنوعی، فشار قابل توجهی بر شرکت‌ها وارد کرده است تا استراتژی‌های کسب و کار خود را به طور مستمر با تحولات فناورانه همسو سازند.

این فناوری‌ها به طور بنیادین زمینه استراتژیک سازمان‌ها را دگرگون کرده‌اند؛ به گونه‌ای که ساختار رقابت، رفتار و انتظارات مشتریان، شیوه انجام کسب و کار، فرآیندهای تولید و ارائه خدمات، الگوهای کاری و در نهایت ماهیت و مرزهای صنایع را تحت تأثیر قرار داده‌اند. در نتیجه، تحول دیجیتال به عنوان یک پدیده فراگیر و راهبردی، به کانون توجه مدیران، متخصصان و پژوهشگران تبدیل شده است؛ به ویژه از منظر شناسایی اهرم‌های کلیدی موفقیت و موانع حیاتی که می‌توانند سرنوشت تلاش‌های سازمان‌ها در مسیر تحول دیجیتال را رقم بزنند.

به عنوان نمونه، در دوران بحران کووید-۱۹، علی‌رغم افت اولیه ارزش بازار، سازمان‌هایی که از سطح بالاتری از بلوغ دیجیتال برخوردار بودند، توانستند با سرعت بیشتری به ثبات دست یابند و مسیر رشد خود را از سر بگیرند. در مقابل، سرمایه‌گذاری در فناوری‌های نوین بدون شناخت دقیق از میزان آمادگی دیجیتال سازمان، اغلب به هدررفت منابع مالی، اتلاف زمان و ازدست رفتن فرصت‌های ارزشمند توسعه منجر می‌شود.

در این چارچوب، مدل‌های بلوغ دیجیتال با تعریف شاخص‌ها و معیارهای عملکرد مشخص، امکان سنجش نظام‌مند سطح آمادگی سازمان‌ها را فراهم می‌کنند. سازمان‌ها با بهره‌گیری از این مدل‌ها می‌توانند:

- موقعیت فعلی خود را در مسیر تحول دیجیتال به روشنی شناسایی کنند؛
- برای ارتقای عملکرد و رفع شکاف‌های موجود برنامه‌ریزی هدفمند انجام دهند؛
- روند پیشرفت و میزان تحقق اهداف را در گذر زمان پایش و ارزیابی کنند.

براین اساس، سطح بلوغ دیجیتال به منزله بازنمایی میزان تکامل سازمانی و مدیریتی تلقی می‌شود و به عنوان یک نقشه راه، سازمان‌ها را در بهبود تدریجی و نظام‌مند فرآیندها و قابلیت‌ها هدایت می‌کند.

منافع به کارگیری و استفاده از مدل‌های ارزیابی و سنجش بلوغ دیجیتال در شکل ۱۲ ارائه شده است. دستیابی به بلوغ دیجیتال، فرآیندی تدریجی، گام به گام و تکرارشونده است و نه یک راه حل سریع یا نسخه‌ای واحد برای تمامی سازمان‌ها. هر مؤسسه برای موفقیت در این مسیر، باید آمادگی لازم برای تخصیص مستمر زمان و منابع را داشته باشد و به صورت پیوسته و هدفمند، متناسب با نیازها، شرایط و ویژگی‌های منحصر به فرد خود حرکت کند [۱، ۲].

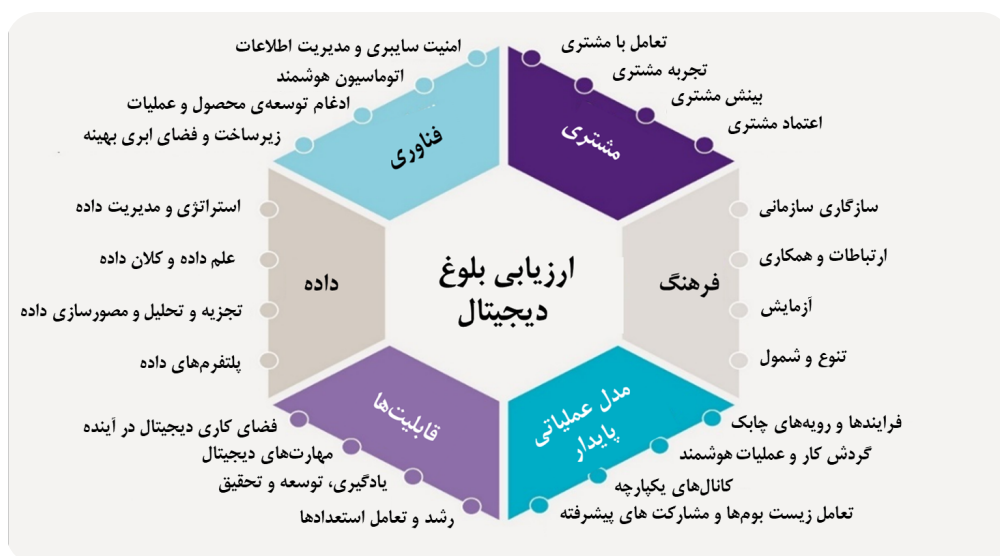


شکل ۱۲- مزایای انجام فرآیند ارزیابی بلوغ دیجیتال

تحول دیجیتال و ارزیابی بلوغ دیجیتال در صنعت پتروشیمی [۳]

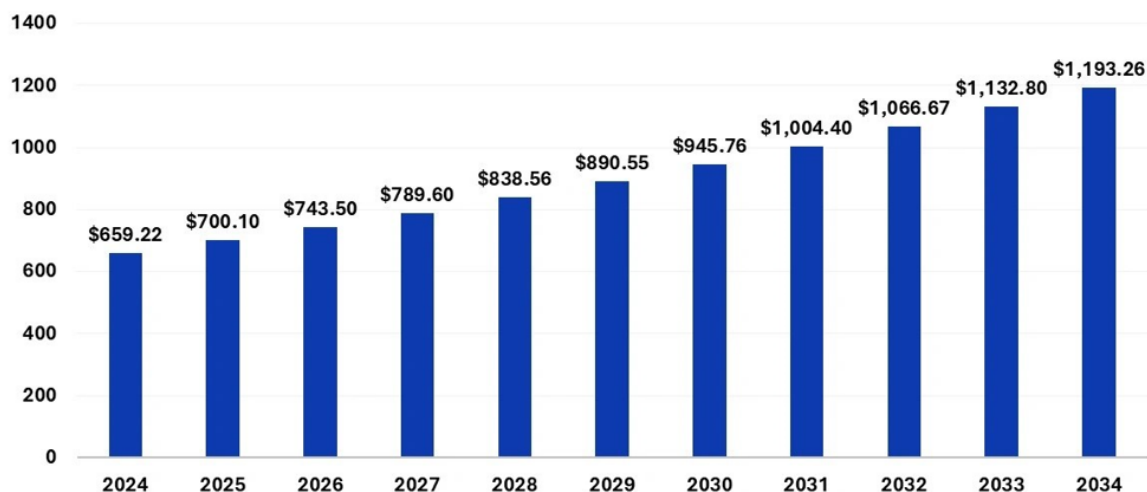
مدل‌های متنوعی برای سنجش و ارزیابی بلوغ دیجیتال صنایع و کسب‌وکارها وجود دارد که هر یک بسته به نیازهای خاص صنعت و وضعیت فعلی آن، قابل‌استفاده هستند. این مدل‌ها باتوجه به محور و تمرکز خود، مؤلفه‌ها و شاخص‌های مشخصی را مدنظر قرار می‌دهند و فرآیند سنجش و ارزیابی را در سازمان یا صنعت موردنظر به اجرا درمی‌آورند.

شکل ۱۳ نمای کلی این دسته‌بندی و کاربرد مدل‌های بلوغ دیجیتال را نشان می‌دهد و به درک بهتر نقش هر مدل در مسیر تحول دیجیتال کمک می‌کند.



شکل ۱۳- محورها و مولفه‌های مدل‌های ارزیابی بلوغ دیجیتال صنایع و کسب‌وکارها

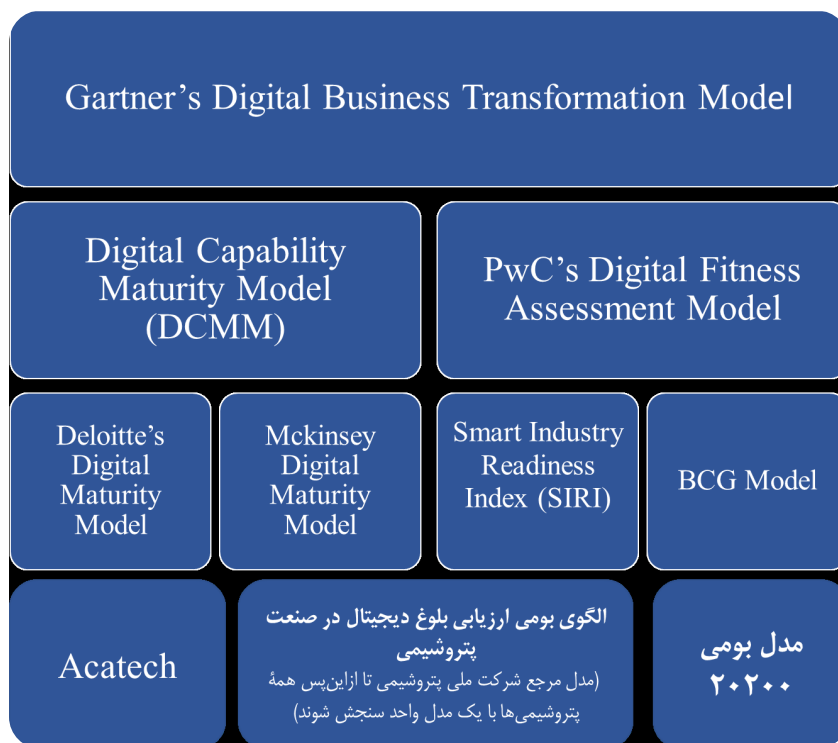
باتوجه به بزرگی بازار مرتبط با صنعت پتروشیمی، اهمیت توجه به موضوع تحول دیجیتال و اجرایی‌سازی فرآیند بلوغ دیجیتال، شفاف‌تر می‌شود. [۴]



Source: <https://www.precedenceresearch.com/petrochemical-market>

شکل ۱۴- اندازه و بزرگی بازار صنعت پتروشیمی بین سال‌های ۲۰۲۴ تا ۲۰۳۴ (میلیارد دلار)

برخی از مدل‌های پرکاربرد در صنعت پتروشیمی، بر اساس مطالعات تطبیقی و مصاحبه با متخصصان حوزه:



فرآیند تحول دیجیتال صنعت پتروشیمی در سایر کشورها

برخی از شرکت‌های پیشرو در بازار پتروشیمی عبارت‌اند از آرامکو (عربستان سعودی)، BASF SE (آلمان)، SABIC (عربستان سعودی)، Exxonmobil chemical (آمریکا)، Dow (آمریکا)، Ineos (انگلستان)، Lyondellbasell (آمریکا/هلند)، Chevron Phillips Chemical (آمریکا)، Reliance Industries Limited (هند) و... می‌باشند [۵].

پتروشیمی آرامکو عربستان سعودی [۶]

این غول نفتی اخیراً سود بی‌سابقه ۱۶۱.۱ میلیارد دلاری خود را برای سال ۲۰۲۲ اعلام کرد که افزایش خیره‌کننده ۴۶.۵ درصدی نسبت به سال ۲۰۲۱ و بزرگ‌ترین سود سالانه‌ای است که تاکنون توسط یک شرکت نفت و گاز به‌دست‌آمده است. آرامکو که ۱۰ درصد از نفت جهان را تولید می‌کند، در حال تحول عظیمی است، زیرا به دنبال افزایش ظرفیت تولید به دلیل افزایش تقاضا و همچنین دوبرابر کردن سرمایه‌گذاری در فناوری‌های کم‌کربن و فناوری‌های دیجیتال است.

بین سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۲۴، رویکرد دیجیتالی‌شدن آرامکو بر محور بهینه‌سازی عملیات عظیم و متمرکز هیدروکربنی آن بود. این استراتژی باهدف ارتقای کارایی داخلی و پایداری سازمان، از فناوری‌های نوین بهره می‌برد. نمونه‌ای از این اقدامات شامل مشارکت با شرکت AVEVA در سپتامبر ۲۰۲۱ برای ایجاد دوقلوهای دیجیتال و همکاری با شرکت زیمنس انرژی برای ارائه خدمات بلندمدت توربین‌ها به‌منظور افزایش قابلیت اطمینان و بهبود عملکرد دارایی‌های موجود است.

فرآیند تحول دیجیتال صنعت پتروشیمی در ایران

صنعت پتروشیمی بالاترین سهم را در اقتصاد ملی ایران داراست. بر اساس آمار رسمی بانک مرکزی، حجم تولید ناخالص داخلی کشور نزدیک به ۲۹۴ میلیارد دلار است که از این مقدار، صنعت پتروشیمی حدود ۵ درصد سهم مستقیم در اقتصاد ایران دارد. برای مقایسه، سهم این صنعت در اقتصاد ملی چین ۶ درصد، آلمان ۳.۴ درصد، برزیل ۴.۴ درصد و در بسیاری از کشورهای دیگر کمتر از ۵ درصد است؛ بنابراین، ایران پس از چین، در جایگاه دوم کشورهای قرار دارد که بالاترین سهم صنعت پتروشیمی را در اقتصاد ملی خود دارند؛ موضوعی که اهمیت راهبردی این صنعت را در کشور به‌خوبی نشان می‌دهد [۷].

باتوجه‌به جایگاه کلیدی صنعت پتروشیمی در اقتصاد کشور، انجام فرآیند ارزیابی بلوغ دیجیتال در این صنعت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. علاوه بر ضرورت راهبردی، اسناد بالادستی نیز بر اجرای این ارزیابی تأکید دارند که مهم‌ترین آن‌ها بخش ۳ بند الف ماده ۴۸ و بند خ ماده ۱۱۰۷ از سند برنامه هفتم پیشرفت است.

نتیجه‌گیری و پیشنهاد راهکار برای ایران

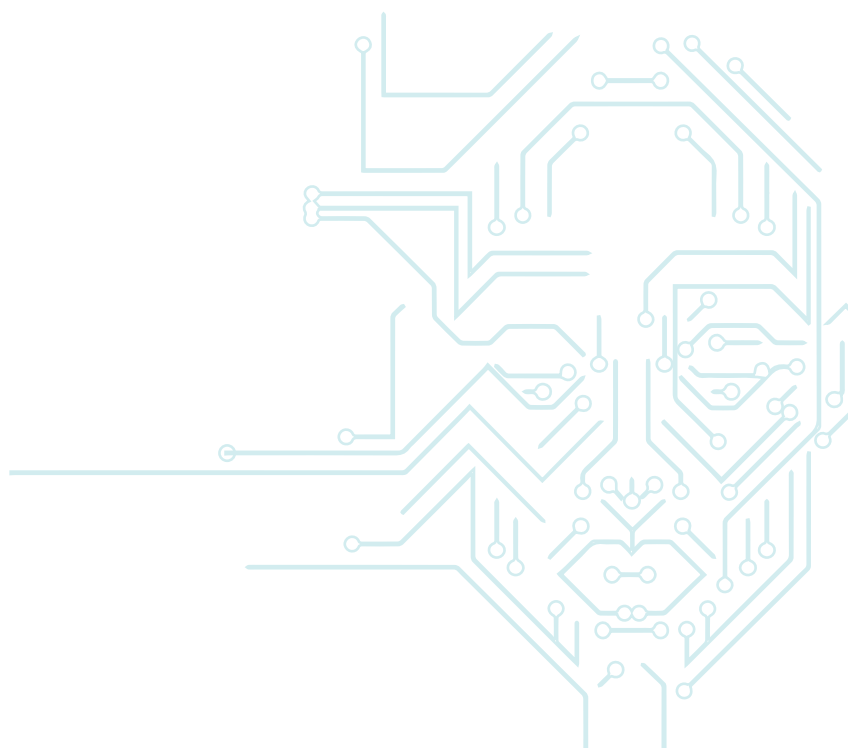
باتوجه‌به جلسات متعدد با فعالان زیست‌بوم صنعت پتروشیمی، رصد تحولات صنعت پتروشیمی در جهان و برگزاری رویداد ارزیابی بلوغ دیجیتال صنایع و کسب‌وکارها؛ ضرورت همکاری میان بخش‌های صنعتی، دانشگاهی و دولتی برای تحقق تحول دیجیتال در صنعت پتروشیمی حائز اهمیت می‌باشد و در نهایت جمع‌بندی مطالب کلیدی ارائه شده در این تعاملات را در موارد زیر می‌توان خلاصه کرد:

- در شرایط کنونی، بلوغ دیجیتال در صنعت پتروشیمی دیگر یک گزینه نیست، بلکه یک ضرورت حیاتی برای بقا و رقابت‌پذیری است.
- برقراری تعامل‌های سازنده و همکاری مؤثر میان نهادهای ذی‌نفع، می‌تواند زمینه‌ساز تحولی جدی و ملموس در زنجیره ارزش صنعت پتروشیمی باشد.
- باتوجه‌به حجم بالای این صنعت و سطح بلوغ داده‌ای موجود، پتروشیمی ایران ظرفیت بالایی برای دستیابی

به دستاوردهای قابل‌توجه در مسیر تحول دیجیتال دارد.

مراجع:

- [1] DIGITAL TRANSFORMATION MATURITY: A SYSTEMATIC REVIEW OF LITERATURE
- [2] <https://qentelli.com/thought-leadership/insights/digital-maturity-definition-benefits-and-how-get-there>
- [3] <https://www.grantthornton.co.uk/insights/assessing-your-digital-maturity-model/>
- [4] <https://www.precedenceresearch.com/petrochemical-market>
- [5] <https://petrochemexpert.com/the-top-petrochemical-companies-in-the-world-giants-shaping-the-global-industry/>
- [6] <https://enki.ai.com/distributed-energy/aramco-2025-digital-strategy-ai-builds-future-energy>
- [7] <https://www.iribnews.ir/fa/news/> صنعت-پتروشیمی-بالاترین-سهم-در-اقتصاد-ملی





تحول دیجیتال در صنایع غذایی: مطالعه موردی آمریکا، آلمان، امارات و ترکیه

تحول دیجیتال در زنجیره ارزش صنایع غذایی به معنای بازطراحی فرآیندها، مدل‌های کسب‌وکار و روابط زنجیره تأمین بر پایه داده و فناوری‌های دیجیتال است تا کارایی، کیفیت، شفافیت، ایمنی، تاب‌آوری و پاسخ‌گویی زنجیره غذایی بهبود یابد. سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد (FAO) و سایر نهادهای بین‌المللی، دیجیتالی‌شدن کشاورزی و غذا را یکی از عوامل کلیدی ارتقای امنیت غذایی، کاهش ضایعات و سازگاری با تغییرات اقلیمی معرفی کرده‌اند. در این میان، صنایع غذایی به‌عنوان حلقه میانی بین تولید اولیه و مصرف‌کننده نهایی، نقشی محوری در به‌کارگیری فناوری‌هایی مانند اینترنت اشیا در خطوط تولید و انبار، بلاک‌چین برای ردیابی، هوش مصنوعی برای پیش‌بینی تقاضا و رایانش ابری برای یکپارچه‌سازی داده‌ها ایفا می‌کند.

تحول دیجیتال در صنعت غذایی کشورهای مورد مطالعه

• ایالات متحده آمریکا

در آمریکا، شرکت‌های بزرگ خرده‌فروشی، تولیدکنندگان جهانی و زنجیره‌های رستورانی، پیش‌گام به‌کارگیری فناوری‌های دیجیتال در زنجیره تأمین غذایی و استفاده از هوش مصنوعی، اینترنت اشیا و بلاک‌چین در مدیریت موجودی، پیش‌بینی تقاضا و ردیابی ایمنی غذا و کاهش ضایعات هستند [۱]. خرده‌فروشان بزرگ از پلتفرم‌های بلاک‌چین برای ثبت و ردیابی مسیر محصول از مزرعه تا قفسه؛ و زنجیره‌های رستورانی از پلتفرم‌های ابری هوش مصنوعی برای بهینه‌سازی سفارش، نیروی کار و مدیریت مصرف انرژی استفاده می‌کنند که منجر به بهبود قابل‌توجه فروش دیجیتال و کاهش ضایعات شده است. چارچوب‌های تنظیم‌گری در آمریکا عمدتاً بر ایمنی و ردیابی غذا به‌ویژه ذیل قانون FSMA تحت نظارت FDA متمرکزند و ضمن تعیین الزامات پایه، فضا را برای نوآوری فناوری و مدل‌های کسب‌وکار داده‌محور در بخش خصوصی باز می‌گذارند [۲]. در سطح کلان، نقش وزارت بازرگانی و NIST در سیاست‌گذاری اقتصاد دیجیتال و همچنین نقش عملیاتی خرده‌فروشان و پلتفرم‌های فناوری مانند Walmart، Kroger، Amazon و IBM Food Trust برجسته است.

در کنار بازیگران بزرگ، بنگاه‌های کوچک و متوسط نیز با اتکا بر پلتفرم‌های SaaS و راهکارهای ابری آماده در حوزه فروش، مدیریت موجودی و زنجیره تأمین، مسیر ورود خود به تحول دیجیتال را هموار کرده‌اند. شواهد متعدد حکایت از آن دارد که افزایش سهم کانال‌های دیجیتال در فروش غذا و نوشیدنی تا حد زیادی نتیجه ترکیب سرمایه‌گذاری گسترده در فناوری، زیرساخت‌های لجستیک کارآمد و پذیرش سریع سامانه‌های ابری توسط کسب‌وکارها بوده است. فناوری‌های تحول‌آفرین همچون هوش مصنوعی برای پیش‌بینی تقاضا، بلاک‌چین برای ردیابی زنجیره تأمین و IoT در انبارداری و حمل‌ونقل، نقش مهمی دارند. ارزیابی بلوغ دیجیتال نیز عمدتاً از طریق مدل‌های بنگاه محور مانند الگوهای ارائه‌شده توسط گartner (Gartner) و دیلویت (Deloitte) انجام می‌شود و مدل ملی اختصاصی برای صنعت غذا وجود ندارد، اما زنجیره‌های بزرگ از ارزیابی‌های مشاورتی برای سنجش و ارتقای بلوغ خود بهره می‌گیرند [۳].

• آلمان

آلمان با برنامه‌های صنعت چهار (Industry 4.0) و سیاست‌های هماهنگ در سطح فدرال، چارچوبی فراگیر برای

دیجیتال‌سازی صنایع، از جمله صنایع غذایی، ارائه کرده است. این رویکرد بر یکپارچگی میان فناوری، استانداردهای کیفیت، ایمنی و پایداری استوار است و از طریق نهادهای ملی و ایالتی هدایت می‌شود. بر اساس یک مطالعه انجام شده در ایالت بادن-وورتمبرگ در خصوص نظام‌های گواهی کیفیت غذایی، واحدهای حاکمیتی مسئول صدور گواهی، ارزیابی بلوغ دیجیتال خود را انجام داده و بر این مبنا، به توسعه ابزارهای مشترک دیجیتال برای مدیریت داده، تبادل اطلاعات با بنگاه‌ها و دیجیتالی‌سازی فرآیندهای گواهی اقدام کرده‌اند [۴]. در سطح بنگاهی شرکت‌های غذایی آلمان نیز به طور گسترده از اتوماسیون خطوط تولید، اینترنت اشیا صنعتی، سامانه‌های مدیریت کیفیت دیجیتال و بلاک‌چین برای افزایش شفافیت و قابلیت ردیابی بهره می‌برند [۵].

یکی از ویژگی‌های مهم رویکرد آلمان، تلفیق تحول دیجیتال با استانداردهای کیفیت، ایمنی و پایداری است، به‌گونه‌ای که الزامات مقرراتی و استانداردها، انگیزه و جهت‌گیری لازم را برای سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های دیجیتال فراهم می‌کنند. در کنار این، برنامه‌های حمایتی و خوشه‌های صنعتی، ابزارهایی برای کمک به بنگاه‌های کوچک و متوسط در پذیرش فناوری‌های دیجیتال و انطباق با استانداردهای جدید ایجاد کرده‌اند.

• امارات متحده عربی

امارات متحده عربی، تحول دیجیتال در بخش غذا را به طور مستقیم با راهبرد امنیت غذایی ملی، تنوع اقتصادی و برنامه دولت هوشمند پیوند داده است و در این چارچوب، از هوش مصنوعی و رایانش ابری به‌عنوان ابزارهای اصلی استفاده می‌کند. نهادهای حاکمیتی مانند سازمان کشاورزی و ایمنی غذایی ابوظبی ضمن داشتن مأموریت رسمی در حوزه امنیت غذایی، برنامه‌های مشخصی برای گذار کامل به خدمات ابری، اتوماسیون فرایندها و استفاده گسترده از هوش مصنوعی در نظارت، ارزیابی ریسک و ارائه خدمات دیجیتال به ذی‌نفعان دارند [۶]. گزارش‌های تخصصی نشان می‌دهد که سازمان‌ها و خوشه‌های غذایی در امارات، پروژه‌های مشخصی برای استفاده از هوش مصنوعی در بهینه‌سازی عملیات، تحلیل داده‌های زنجیره تأمین، پیش‌بینی تقاضا و کاهش ضایعات غذایی اجرا کرده‌اند.

در سطح بنگاه‌های کوچک و متوسط، همکاری UAE Food Cluster با شرکت نرم‌افزاری بین‌المللی Zoho نمونه‌ای از رویکرد سیاست‌محور برای دیجیتالی‌سازی گسترده است که طی آن، صدها شرکت کوچک غذایی به راهکارهای ابری یکپارچه در حوزه مالی، منابع انسانی، مدیریت زنجیره تأمین و تحلیل داده دسترسی می‌یابند. این اقدام، عملاً یک مدل تحول دیجیتال برای کسب‌وکارهای کوچک و متوسط غذایی در امارات ایجاد کرده که بر پایه بسته‌های نرم‌افزاری یکپارچه، آموزش و حمایت مشاوره‌ای استوار است [۷].

• ترکیه

در ترکیه، تمرکز مهمی بر ایجاد زیرساخت‌های نوآوری و تحقیق و توسعه برای صنایع غذایی دیده می‌شود. ایجاد مرکز نوآوری غذا و پلتفرم نوآوری غذایی ترکیه تحت رهبری نهادهای علمی و با تأمین مالی مشترک دولت و اتحادیه اروپا، بستری برای دسترسی شرکت‌های غذایی به خطوط پایلوت تولید، تجهیزات آزمایشگاهی پیشرفته و خدمات توسعه محصول و فرایند فراهم کرده است. این زیرساخت، هزینه و ریسک آزمون فناوری‌های دیجیتال در فرآیندهای تولید و کنترل کیفیت را برای بنگاه‌ها کاهش می‌دهد و آن‌ها را به پذیرش نوآوری ترغیب می‌کند.

گزارش‌های بازار نشان می‌دهد که دیجیتالی‌سازی زنجیره تأمین در ترکیه، شامل استفاده از کشاورزی دقیق، اینترنت اشیا، تحلیل داده و بلاک‌چین برای بهینه‌سازی استفاده از منابع، افزایش شفافیت و ردیابی و پاسخ به تقاضای جهانی برای محصولات پایدار در حال گسترش است. دولت ترکیه با برنامه‌های حمایتی و همکاری با

اتحادیه اروپا، تلاش می‌کند جایگاه رقابتی صنایع غذایی خود را در منطقه و بازارهای بین‌المللی از طریق نوآوری و دیجیتال‌سازی تقویت کند [۸].

تحلیل مقایسه‌ای تحول دیجیتال در کشورهای منتخب

جدول ۶ ابعاد اصلی تحول دیجیتال در صنایع غذایی چهار کشور مورد مطالعه را به صورت خلاصه نشان می‌دهد.

جدول ۶- ابعاد اصلی تحول دیجیتال در صنایع غذایی چهار کشور مورد مطالعه

ترکیه	امارات متحده عربی	آلمان	ایالات متحده آمریکا	بعد / کشور
سیاست‌های حمایتی برای نوآوری و بین‌المللی شدن، با تأکید بر زیرساخت‌های R&D مشترک و سرمایه‌گذاری با اتحادیه اروپا [۱۵].	پیوند مستقیم تحول دیجیتال غذا با امنیت غذایی و دولت هوشمند؛ برنامه‌ریزی متمرکز و پروژه‌های ملی هوش مصنوعی و رایانش ابری [۱۲].	سیاست‌های صنعت ۴.۰، استانداردهای کیفیت و گواهی‌های دولتی با تأکید بر بلوغ دیجیتال و ابزارهای مشترک برای ذی‌نفعان [۱۱].	تنظیم‌گری حداقلی در سطح ایمنی و ردیابی، اتکا به نوآوری بخش خصوصی و بازار برای تحول دیجیتال [۳].	رویکرد سیاستی غالب
سیاست‌گذار و شریک مالی در مراکز نوآوری و پروژه‌های دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین [۱۶].	نقش فعال در تعریف چشم‌انداز، تأمین مالی و الزام نهادهای حاکمیتی به گذار دیجیتال و استفاده از هوش مصنوعی [۱۲].	تنظیم‌گری دقیق ایمنی و کیفیت؛ سرمایه‌گذاری در ابزارهای دیجیتال برای نظام‌های گواهی و مدیریت داده	تدوین چارچوب‌های ایمنی و ردیابی؛ حمایت غیرمستقیم از نوآوری از طریق برنامه‌های تحقیقاتی و معافیت‌ها [۹].	نقش دولت
ایجاد زیرساخت‌های پایلوت صنعتی در مراکز نوآوری غذا (خطوط تولید و آزمایشگاه‌های مجهز)، توسعه تدریجی سیستم‌های IoT و تحلیل داده در زنجیره تأمین کشاورزی، ارتقای لجستیک و انبارداری با فناوری‌های ردیابی و مدیریت هوشمند	تمرکز بر گذار نهادهای حاکمیتی و خوشه‌های غذایی به خدمات ابری (Cloud-first) و استفاده از پلتفرم‌های SaaS برای SMEها؛ سرمایه‌گذاری در مراکز داده، شبکه‌های 5G و پلتفرم‌های هوشمند نظارت بر زنجیره تأمین مواد غذایی [۱۳].	زیرساخت‌های صنعتی و لجستیکی پیشرفته، خطوط تولید خودکار و مجهز به IoT، سیستم‌های MES/ERP یکپارچه، پلتفرم‌های داده برای مدیریت کیفیت و گواهی؛ حرکت تدریجی نهادهای حاکمیتی به سمت سامانه‌های الکترونیکی صدور گواهی و تبادل داده با صنعت.	زیرساخت ابری و داده قوی، شبکه‌های لجستیک سرد پیشرفته، سامانه‌های POS و ERP مبتنی بر cloud در خرده‌فروشی و رستوران‌ها؛ استفاده گسترده از IoT در انبار و حمل‌ونقل، و سامانه‌های بلاک‌چین برای ردیابی محصولات حساس [۱۰].	سیستم‌ها و زیرساخت‌های فناوریانه (در بخش غذا)
در ترکیه، تمرکز بیشتر بر پروژه‌ها و مراکز نوآوری است تا انتشار مدل بلوغ رسمی برای صنعت غذا؛ با این حال چارچوب‌های اتحادیه اروپا برای دیجیتال‌سازی SMEها، و ارزیابی‌های بلوغ در زنجیره تأمین کشاورزی، به طور غیرمستقیم برای شرکت‌های غذایی به کار می‌روند و می‌توانند به عنوان مرجع مدلی در نظر گرفته شوند.	مدل بلوغ اختصاصی و منتشرشده‌ای برای صنایع غذایی امارات وجود ندارد؛ اما برنامه‌های ملی AI و دولت دیجیتال، سطوح بلوغ خدمات و داده را تعریف می‌کنند. دو مدل بلوغ تحول دیجیتال در این کشور وجود دارد که یک از آنها مدل عمومی برای بلوغ دولت دیجیتال (DGMMF) و دیگری شاخص تحول فناوری صنعتی (ITTI) است که برای سنجش بلوغ فناوری صنایع از جمله در صنایع غذایی استفاده می‌شود [۱۴].	استفاده از چارچوب‌های maturity ۴.۰ Industry و تطبیق آن‌ها با بخش غذا؛ مطالعه «Digital maturity of administration entities in a state-led food certification system» نشان می‌دهد نهادهای گواهی، ابعاد مختلف بلوغ دیجیتال (فرآیند، فناوری، داده، سازمان) را برای خود سنجش می‌کنند و نقشه راه تحول ترسیم می‌شود؛ این رویکرد می‌تواند مبنای مدل بخش محور غذا باشد.	مدل‌های بلوغ معمولاً در سطح شرکت‌ها و پلتفرم‌ها (Digital maturity models for retail/food service) توسعه یافته‌اند و یک مدل ملی اختصاصی برای صنایع غذایی کمتر دیده می‌شود؛ ارزیابی بلوغ بیشتر توسط مشاوران و شرکت‌های فناوری برای زنجیره‌های خرده‌فروشی و تولیدکنندگان بزرگ انجام می‌شود	مدل‌ها / چارچوب‌های ارزیابی بلوغ تحول دیجیتال در صنعت غذا

نتیجه‌گیری و پیشنهاد راهکار برای ایران

بررسی وضعیت چهار کشور نشان می‌دهد که موفقیت در تحول دیجیتال صنایع غذایی به ترکیبی از سیاست‌گذاری هدفمند، زیرساخت داده و فناوری، ابزارهای مالی و نهادی برای حمایت از بنگاه‌ها و فرهنگ‌سازمانی داده‌محور وابسته است. ازسوی دیگر، پژوهش‌ها [۱۷] نشان می‌دهد که بنگاه‌های کوچک و متوسط غذایی ایران با موانعی نظیر کمبود سرمایه، ضعف زیرساخت، مقاومت در برابر تغییر و ناآگاهی از مزایای فناوری‌های دیجیتال روبه‌رو هستند، اما توسعه زیرساخت ICT و ارتقای آگاهی مدیریتی از عوامل کلیدی موفقیت محسوب می‌شود.

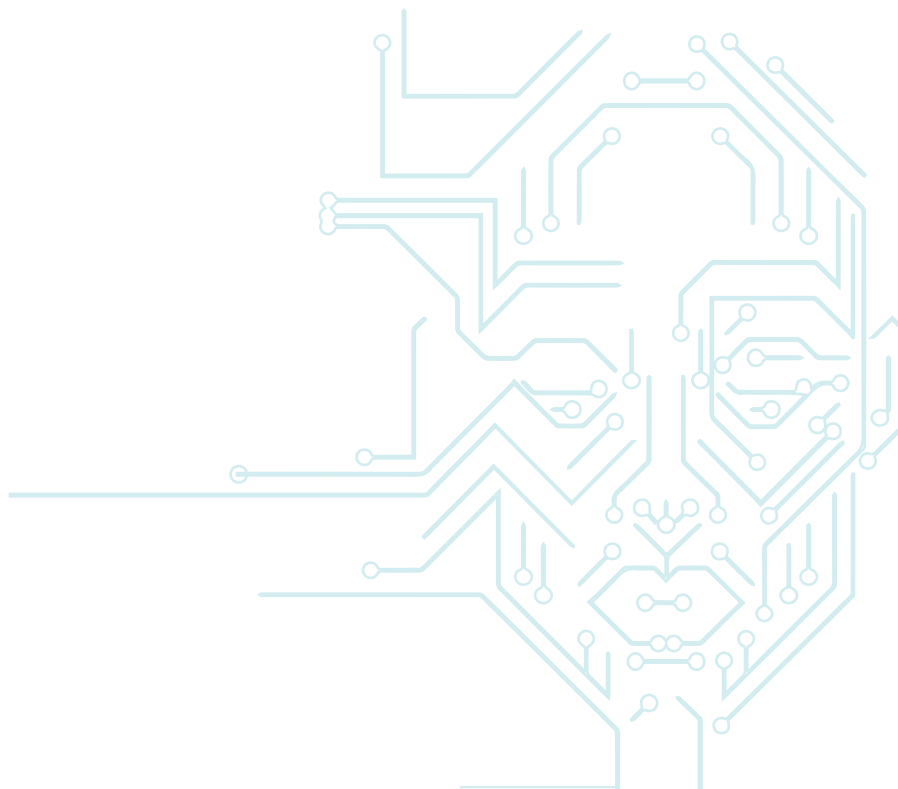
درس‌آموخته‌های کلیدی از کشورهای مورد مطالعه برای ایران عبارت‌اند از:

- ضرورت داشتن راهبرد ملی صریح برای تحول دیجیتال زنجیره ارزش غذا و پیوند آن با امنیت غذایی، سلامت و تاب‌آوری زنجیره تأمین (الگوی امارات و آلمان).
- تقویت زیرساخت‌های ابری و پلتفرم‌های داده مشترک با توجه به نقش محوری آنها در کاهش هزینه ورود بنگاه‌های کوچک و متوسط به تحول دیجیتال (الگوی امارات و آمریکا).
- تدوین مدل ارزیابی بلوغ دیجیتال خاص صنعت غذایی و انجام ارزیابی‌های دوره‌ای توسط نهاد مرجع با توجه به اهمیت چارچوب‌های ارزیابی بلوغ دیجیتال و استانداردهای مشترک در حوزه کیفیت و ایمنی غذا برای جهت‌دهی به سرمایه‌گذاری‌ها (الگوی آلمان - ارزیابی بلوغ در نظام‌های گواهی غذایی).
- ضرورت ایجاد مراکز نوآوری و پایلوت مشترک در صنایع غذایی برای آزمون فرایندها و محصولات دیجیتال با ریسک و هزینه کمتر (الگو مرکز نوآوری غذا در ترکیه).

مراجع:

- [1] Xuanyu Liu. (2024). Digital Transformation in the Food and Beverage Industry: Best Practices for Supply Chain Optimization. Strategic Management Insights, vol.1, No.8. <https://soapubs.com/index.php/SM>
- [2] Stellarix Insights. (2025). Digitalization in the Food & Beverage Industry. <https://stellarix.com/insights/articles/digitalization-in-the-food-beverage-industry>
- [3] FDA. US.Foods & Drug Administration. (2020). New era of Smarter Food Safety.
- [4] Sabrina Francksen, Shahin Ghaziani, Enno Bahrs. (2025). Digital Maturity of Administration Entities in a State-Led Food Certification System Using the Example of Baden-Württemberg. doi: 10.3390/foods14111870. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40509398>
- [5] IBRAHIM. (2025). Mastering food technologies: A guide to GERM Germany's Culinary Innovation. <https://duscons.com/maste92025ring-food-technologies-a-guide-to-germanys-culinary-innovation/>
- [6] FoodNavigator-Asia. (2025). UAE food sector embracing AI, cloud tech to drive efficiency. <https://www.food-navigator-asia.com/Article/2025/10/27/uae-food-sector-embracing-ai-cloud-tech-to-drive-efficiency>
- [7] Arageek. (2025). Zoho and UAE Food Cluster Propel SMEs into Digital Transformation Era. <https://en.arageek.com/zoho-and-uae-food-cluster-propel-smes-into-digital-transformation-era>
- [8] Rebecca. (2025). Turkey Agribusiness Supply Chain Digitalization Market Overview, <https://www.kenre-search.com/turkey-agribusiness-supply-chain-digitalization-market>
- [9] US.FDA. FSMA Final Rule: Requirements for Additional Traceability Records for Certain Foods (Food Traceability Rule). <https://www.fda.gov/food/food-safety-modernization-act-fsma/fsma-final-rule-requirements-additional-traceability-records-certain-foods>
- [10] <https://www.usda.gov/about-usda/policies-and-links/digital/digital-strategy>

- [11] Acatech study. (2020). Industrie 4.0 Maturity Index: Managing the Digital Transformation of Companies.
- [12] <https://moiat.gov.ae/programs/ttp/itti>
- [13] <https://moiat.gov.ae/en/programs/ttp-backup/industrial-technology-transformation-index>
- [14] United Arab Emirates Ministry of Industry & Advanced Technology. (2023). Industrial Technology Transformation Index Industry 4.0 Pulse Reprt 2023.
- [15] Frank Höllinger, Berkin Şafak Şener. (2021). Digital technologies for agriculture in Türkiye. FAO . <https://www.fao.org/family-farming/detail/en/c/1732124>
- [16] Höllinger, Berkin Şafak Şener . (2025). Digital technologies for agriculture in Türkiye. FAO. <https://doi.org/10.4060/cd3185en>
- [17] Fazlali Dastjerdi. 2022. Supply Chain Digital Transformation of Food SMEs in Iran. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1711059/FULLTEXT01.pdf>diva-portal





تحول دیجیتال در آموزش؛ چالش‌ها و تجربیات جهانی

امروزه تحول دیجیتال در صنعت آموزش دیگر یک انتخاب فناورانه یا پروژه‌ای مکمل نیست، بلکه به یکی از ارکان اصلی پیشرفت، تاب‌آوری و عدالت آموزشی در جوامع معاصر تبدیل شده است. فناوری‌های نوینی مانند هوش مصنوعی، اینترنت اشیاء، واقعیت افزوده و واقعیت مجازی، این ظرفیت را دارند که شیوه‌های سنتی آموزش را دگرگون کرده و کیفیت یادگیری، انعطاف‌پذیری نظام آموزشی و دسترسی به منابع آموزشی را به‌طور معناداری ارتقا دهند. بر اساس گزارش یونسکو، فناوری‌های دیجیتال می‌توانند دسترسی به آموزش را در مقیاس جهانی گسترش داده و امکان شخصی‌سازی فرآیند یادگیری را فراهم کنند؛ موضوعی که به‌ویژه در آموزش از راه دور و یادگیری آنلاین، در دوران همه‌گیری کووید-۱۹ اهمیت راهبردی یافت [۱].

درعین‌حال، تحول دیجیتال آموزش صرفاً به معنای «دیجیتالی‌کردن محتوا» نیست، بلکه به بازطراحی مدل‌های یاددهی-یادگیری، نقش معلم، تجربه یادگیرنده و حتی حکمرانی آموزشی منجر شده است. شکل‌گیری مدل‌هایی مانند آموزش معکوس و یادگیری شخصی‌شده نشان می‌دهد که فناوری می‌تواند به‌طور هم‌زمان کیفیت، اثربخشی و انعطاف آموزش را افزایش دهد [۲]. با این حال، تجربیات جهانی نشان می‌دهند که بدون سیاست‌گذاری هدفمند، تحول دیجیتال می‌تواند نابرابری‌های موجود را تشدید کند. گزارش «پایش جهانی آموزش» یونسکو تصریح می‌کند که شکاف دیجیتال در دسترسی به فناوری و آموزش آنلاین، یکی از مهم‌ترین موانع تحقق عدالت آموزشی، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه است [۳].

چالش‌های تحول دیجیتال در صنعت آموزش

تحلیل تجربیات جهانی نشان می‌دهد که تحول دیجیتال در آموزش در پاسخ به سه «گره ساختاری» شکل گرفته است که ماهیت آن‌ها صرفاً فناورانه نیست.

پذیرش فناوری‌های دیجیتال مستلزم بازتعریف نقش معلم و ارتقای مهارت‌های دیجیتال اوست. نبود آمادگی حرفه‌ای معلمان برای تدریس در محیط‌های دیجیتال و ترکیبی، یکی از دلایل کاهش اثربخشی آموزش دیجیتال است. یافته‌های پژوهشی نشان می‌دهد که ظرفیت دیجیتال مدارس، بیش از آنکه به ابزار وابسته باشد، به توانمندی معلمان و سازمان آموزشی وابسته است



دسترسی نامتوازن به اینترنت پرسرعت و ابزارهای آموزشی، به‌ویژه در مناطق محروم و روستایی، موجب شده است که بخش‌هایی از جامعه از آموزش باکیفیت محروم بمانند. این مسئله حتی در کشورهایی با سطح فناوری بالا نیز مشاهده می‌شود و به‌طور مستقیم بر کیفیت آموزش اثر می‌گذارد

امنیت داده‌های آموزشی، حفظ حریم خصوصی، نبود استانداردهای روشن، ضعف چارچوب‌های حقوقی و دشواری یکپارچه‌سازی سامانه‌ها، از جمله موانعی هستند که اعتماد عمومی به آموزش دیجیتال را تضعیف می‌کنند. این دسته از چالش‌ها نشان می‌دهد که تحول دیجیتال بدون اصلاح سازوکارهای اجرایی و قانونی، به نتیجه‌ای پایدار نخواهد رسید

جهان چگونه به این مسائل پاسخ داده است؟

بررسی تجربه‌های بین‌المللی نشان می‌دهد که کشورها برای مواجهه با چالش‌های ساختاری آموزش، از تحول دیجیتال

نه به عنوان یک ابزار منفرد، بلکه به صورت بسته‌ای از مداخلات مکمل استفاده کرده‌اند؛ مداخلاتی که همزمان دسترسی، کیفیت یادگیری، توانمندسازی نیروی انسانی و مقیاس‌پذیری را هدف قرار داده‌اند.

ایالات متحده آمریکا

- **پلتفرم‌های جهانی مهارت‌محور:** در حوزه گسترش دسترسی و پیوند آموزش با مهارت و بازار کار، تجربه ایالات متحده و پلتفرم‌های آموزش آنلاین مستقر در این کشور قابل توجه است. داده‌های رسمی Coursera نشان می‌دهد که ۷۷٪ از یادگیرندگان، منافع شغلی مستقیم (مانند اشتغال یا ارتقای شغلی) را گزارش کرده‌اند و این رقم در اقتصادهای در حال توسعه به ۹۱٪ می‌رسد؛ همچنین ۳۰٪ از یادگیرندگان بیکار پس از تکمیل دوره اخیر خود شاغل شده‌اند [۴]. از منظر مقیاس، این پلتفرم تا پایان سه ماهه اول ۲۰۲۴ به ۱۴۸ میلیون یادگیرنده ثبت‌نام شده رسیده است [۵]. این تجربه نشان می‌دهد که اتصال آموزش دیجیتال به مهارت و اشتغال، می‌تواند به خروجی‌های قابل اندازه‌گیری و اقتصادی منجر شود.
 - **بهبود کیفیت یادگیری مبتنی بر سنجش آموزشی:** در حوزه ارتقای کیفیت یادگیری، تجربه Khan Academy که ریشه در نظام آموزشی ایالات متحده دارد، نمونه‌ای مستند از اثرگذاری آموزش دیجیتال مبتنی بر داده است. گزارش‌های اثربخشی این پلتفرم نشان می‌دهد دانش‌آموزانی که به طور منظم (حدود ۳۰ دقیقه در هفته یا بیش از ۱۸ ساعت در سال تحصیلی) از آن استفاده کرده‌اند، حدود ۲۰٪ رشد یادگیری بیشتر از مقدار مورد انتظار را در آزمون استاندارد MAP Growth تجربه کرده‌اند [۶]. این تجربه نشان می‌دهد که تمرکز بر سنجش یادگیری، شرط لازم برای موفقیت تحول دیجیتال در آموزش است.
 - **هند (تحول دیجیتال در مقیاس ملی و معلم‌محور):** در حوزه توانمندسازی معلمان و حکمرانی اجرا، هند نمونه‌ای برجسته از اجرای تحول دیجیتال آموزش در مقیاس ملی به شمار می‌رود. بر اساس گزارش رسمی Oracle، پلتفرم ملی آموزش دیجیتال هند (DIKSHA) به عنوان زیرساخت رایگان دولتی، در سطح خدمت‌رسانی به ۲۰۰ میلیون دانش‌آموز معرفی شده است [۷]. همچنین گزارش روزنامه Economic Times تأیید می‌کند که بیش از ۷ میلیون معلم از محتوای این بستر استفاده می‌کنند [۸]. این تجربه نشان می‌دهد که تمرکز بر معلم، در کنار زیرساخت ملی، می‌تواند تحول دیجیتال را از سطح پروژه‌ای به سطح حکمرانی پایدار ارتقا دهد.
- در زمینه مقیاس‌پذیری کم‌هزینه، تجربه جهانی نشان می‌دهد که بهره‌گیری از ابزارهای عمومی و مقیاس‌پذیر آموزش دیجیتال نقش تعیین‌کننده‌ای در تحقق تحول دیجیتال آموزش داشته است؛ به گونه‌ای که بر اساس اعلام رسمی Google، بیش از ۱۵۰ میلیون معلم و دانش‌آموز در کشورهای مختلف جهان از Google Classroom استفاده می‌کنند [۹] و این امر بیانگر آن است که در بسیاری از کشورها، تحول دیجیتال آموزش نه از مسیر سرمایه‌گذاری‌های سنگین، بلکه از طریق به کارگیری ابزارهایی سازگار با زیرساخت‌های موجود و قابل توسعه در مقیاس گسترده محقق شده است. تجربه‌های بین‌المللی نشان می‌دهد که موفقیت تحول دیجیتال در آموزش نه به سطح پیشرفت فناوری، بلکه به نحوه ادغام آن در ساختارهای آموزشی، مهارتی و حکمرانی کشورها وابسته است. کشورهایی که توانسته‌اند میان دسترسی گسترده، کیفیت یادگیری، توانمندسازی معلمان و مقیاس‌پذیری تعادل برقرار کنند، به نتایج ملموس و قابل اندازه‌گیری دست یافته‌اند. این تجربه‌ها نشان می‌دهد که تحول دیجیتال آموزش زمانی اثربخش است که به صورت مسئله‌محور، تدریجی و متناسب با ظرفیت‌های نهادی طراحی شود؛ به گونه‌ای که فناوری در خدمت بهبود

یادگیری و عدالت آموزشی قرار گیرد، نه به‌عنوان هدفی مستقل یا صرفاً فناورانه.

فرصت‌ها و مسیر واقع‌بینانه برای ایران

باتوجه به شرایط نهادی، اقتصادی و زیرساختی کشور، تحول دیجیتال در آموزش زمانی می‌تواند به نتایج پایدار و اثربخش منجر شود که نه به‌عنوان یک پروژه فناورانه مقطعی، بلکه به‌مثابه برنامه‌ای تدریجی، حکمرانی‌محور و سازگار با ظرفیت‌های موجود طراحی و اجرا شود. در این چارچوب، فرصت‌ها و مسیرهای واقع‌بینانه پیش‌روی ایران را می‌توان به شرح زیر برشمرد:

- **وجود شبکه ملی اطلاعات** به‌عنوان یک ظرفیت زیرساختی مهم، امکان توسعه آموزش دیجیتال بومی را فراهم می‌کند؛ ظرفیتی که با کاهش هزینه دسترسی، افزایش پایداری خدمات آموزشی و ارتقای تاب‌آوری نظام آموزش در شرایط بحرانی، می‌تواند نقش مکملی برای زیرساخت‌های سنتی ایفا کند. تجربه‌های جهانی نیز نشان می‌دهد که بهره‌گیری از زیرساخت‌های ملی ارتباطی، پیش‌شرط گسترش عادلانه آموزش دیجیتال است.
 - **تمرکز بر الگوی آموزش ترکیبی (حضوری-دیجیتال)** می‌تواند مسیری واقع‌بینانه و کم‌ریسک برای ایران باشد؛ الگویی که بدون کنارگذاشتن آموزش حضوری، امکان ارتقای کیفیت یادگیری، افزایش انعطاف‌پذیری زمانی و مکانی و استفاده هدفمند از ابزارهای دیجیتال را فراهم می‌سازد. این رویکرد به‌ویژه در نظام‌هایی که با محدودیت منابع یا ناهمگنی جغرافیایی مواجه‌اند، به‌عنوان راهکاری تدریجی و اثربخش شناخته می‌شود [۲]. در این مدل، فناوری نه جایگزین معلم، بلکه تقویت‌کننده نقش او در فرآیند یاددهی-یادگیری است.
 - **از منظر نهادی و حکمرانی آموزشی**، حمایت هدفمند از پلتفرم‌های آموزشی بومی و تمرکز بر توانمندسازی حرفه‌ای معلمان به‌عنوان محور اصلی تحول، می‌تواند پیوند میان سیاست‌گذاری، اجرا و کلاس درس را تقویت کند. تجربه‌های بین‌المللی نشان می‌دهد که موفق‌ترین برنامه‌های تحول دیجیتال، برنامه‌هایی بوده‌اند که معلم را در مرکز تغییر قرار داده و از ابزارهای دیجیتال برای ارتقای مهارت‌های تدریس، ارزیابی و تعامل آموزشی بهره گرفته‌اند [۲،۳]. در این چارچوب، استفاده محدود اما هوشمندانه از هوش مصنوعی، به‌ویژه در حوزه‌هایی مانند تحلیل داده‌های یادگیری، پشتیبانی از ارزیابی و شخصی‌سازی محتوا می‌تواند بدون ایجاد وابستگی فناورانه یا تحمیل هزینه‌های سنگین، به بهبود کارایی نظام آموزشی کمک کند.
- در مجموع، مسیر واقع‌بینانه تحول دیجیتال آموزش در ایران، مسیری تدریجی، بومی‌سازی شده و مبتنی بر حکمرانی آموزشی است؛ مسیری که در آن فناوری در خدمت بهبود کیفیت یادگیری، کاهش نابرابری‌های آموزشی و افزایش تاب‌آوری نظام آموزش قرار می‌گیرد و نه به‌عنوان هدفی مستقل یا صرفاً فناورانه دنبال می‌شود.

نتیجه‌گیری و پیشنهاد راهکار برای ایران

شواهد بررسی‌شده در این گزارش نشان می‌دهد که تحول دیجیتال در آموزش تنها زمانی معنا و اثر پایدار پیدا می‌کند که در پیوند با مسائل واقعی نظام آموزشی و متناسب با ظرفیت‌های اجرایی آن طراحی و اجرا شود؛ در غیر این صورت، فناوری به پروژه‌ای مستقل و کم‌اثر تقلیل خواهد یافت. تجربه‌های جهانی بیانگر آن است که فناوری، به‌تنهایی تعیین‌کننده کیفیت یا عدالت آموزشی نیست، بلکه نحوه به‌کارگیری آن در تعامل با نیروی انسانی،

سازوکارهای نهادی و الگوهای اجراست که مسیر نتایج آموزشی را شکل می‌دهد. از این منظر، وضعیت ایران بیش از آنکه نیازمند الگوهای پرهزینه، فناوری‌های پیچیده یا راه‌حل‌های شتاب‌زده باشد، مستلزم انتخاب‌هایی سنجیده، مرحله‌بندی شده و سازگار با واقعیت‌های نهادی و اجرایی کشور است.

در امتداد این رویکرد، مسیر استفاده اثربخش از ظرفیت‌های دیجیتال در آموزش ایران را می‌توان در محورهای زیر صورت‌بندی کرد:

- تمرکز سیاستی بر کارآمدسازی فرآیندهای یاددهی-یادگیری به جای گسترش صرف ابزارهای فناورانه، به عنوان ترجمان عملی رویکرد مسئله‌محور به تحول دیجیتال.
- بهره‌گیری هدفمند از ابزارهای دیجیتال و زیرساخت‌های موجود باهدف کاهش نابرابری‌های دسترسی آموزشی و فراهم‌سازی فرصت‌های یادگیری عادلانه‌تر برای گروه‌ها و مناطق مختلف.
- اتخاذ رویکردی سنجیده و مرحله‌بندی‌شده به آموزش دیجیتال به منظور افزایش انعطاف‌پذیری و تاب‌آوری نظام آموزش در برابر بحران‌ها، اختلالات و شرایط پیش‌بینی‌ناپذیر.
- سنجش موفقیت تحول دیجیتال نه بر اساس گستره و پیچیدگی فناوری‌های به‌کاررفته، بلکه بر مبنای کیفیت تصمیم‌گیری، انسجام نهادی و اثربخشی اجرا.

مراجع:

[1] UNESCO. (2024). Digital learning and transformation of education: What you need to know. UNESCO.

<https://www.unesco.org/en/digital-education/need-know>

[2] Timotheou, S., Miliou, O., Dimitriadis, Y., Sobrino, S. V., Giannoutsou, N., Cachia, R., and Ioannou, A. (2023). Impacts of digital technologies on education and factors influencing schools' digital capacity and transformation: A literature review. *Education and Information Technologies*, 28, 6695–6726.

<https://doi.org/10.1007/s10639-022-11431-8>

[3] UNESCO. (2023). Global education monitoring report 2023: Technology in education – A tool on whose terms? UNESCO.

<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000385723/PDF/385723eng.pdf.multi>

[4] Coursera. (2023). Learner outcomes report 2023. Coursera.

<https://about.coursera.org/press/wp-content/uploads/2023/05/Learner-Outcomes-Report-2023.pdf>

[5] Coursera. (2024). Coursera reports first quarter 2024 financial results. Coursera Investor Relations.

<https://investor.coursera.com/news/news-details/2024/Coursera-Reports-First-Quarter-2024-Financial-Results/default.aspx>

[6] Khan Academy. (2024). Khan Academy efficacy results: MAP Growth (November 2024). Khan Academy Blog.

<https://blog.khanacademy.org/khan-academy-efficacy-results-november-2024/>

[7] Oracle. (2023). India's Ministry of Education selects Oracle Cloud Infrastructure to modernize edtech platform "DIKSHA". Oracle Newsroom.

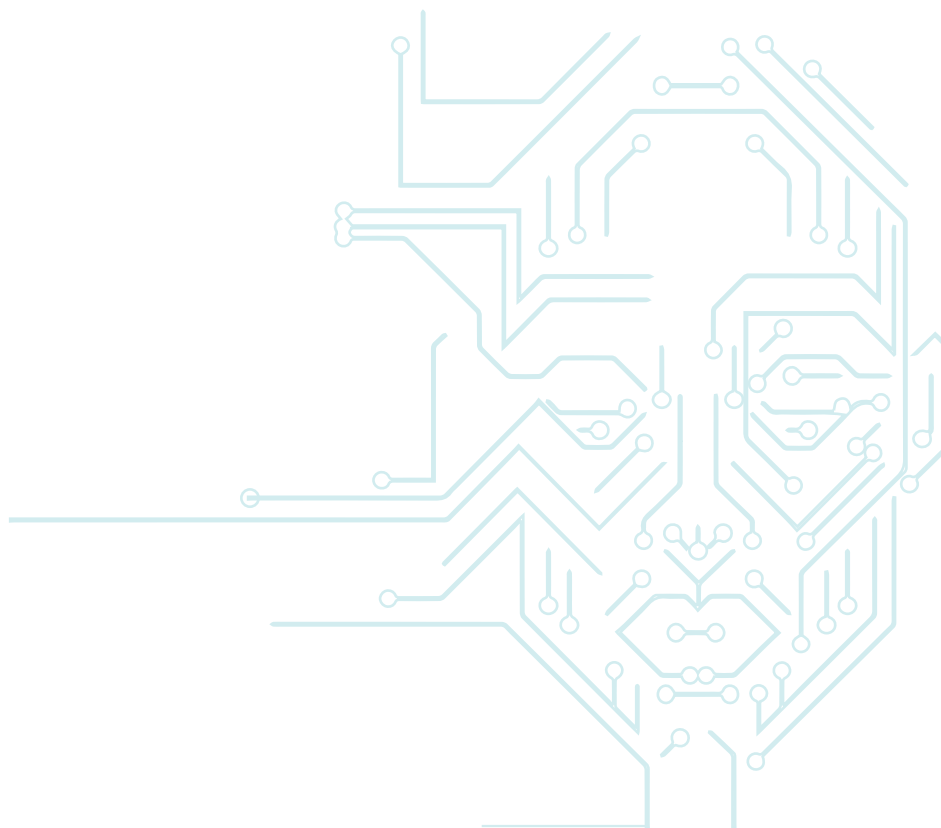
<https://www.oracle.com/in/news/announcement/india-ministry-of-education-selects-oracle-cloud-infrastructure-2023-08-02/>

[8] The Economic Times. (2023). Oracle Cloud empowers DIKSHA to serve millions of students in India. ET CIO.

<https://cio.economictimes.indiatimes.com/news/cloud-computing/oracle-cloud-empowers-diksha-to-serve-millions-of-students-in-india/102358195>

[9] Google. (2024). Teachers reflect on 10 years of Google Classroom's impact. Google Blog.

<https://blog.google/outreach-initiatives/education/google-classroom-anniversary-teachers/>



پژوهشگاه ارتباطات
و فناوری اطلاعات
(مرکز تحقیقات مخابرات ایران)

