

آینده‌نگاری نظام آموزش مهارتی در پرتو فناوری‌های همگرا

هدایت کارگر شورکی*

فاطمه پاکنژاد**

سیدحبيب الله ميرغفوری***

چکیده

برای سازمان‌ها و جوامع کنونی که با شتاب به سمت توسعه مبتنی بر دانایی و مهارت در حرکت هستند، برخورداری از نیروی انسانی ماهر یکی از ملزومات اساسی پیشرفت و رقابت محسوب می‌شود و تربیت نیروهایی با این شرایط از وظایف «نظام آموزش مهارتی» است. هرچند نظام مهارت‌آموزی همواره تحت تأثیر جریان توسعه علم و فناوری قرار داشته است، اما چنین گفته می‌شود که در دنیای معاصر، جریان توسعه علم و فناوری به گذرگاهی خاص رسیده است که در آن فناوری‌ها و علوم مختلف برای پیشرفت بیشتر باید با یکدیگر ترکیب شوند؛ از این‌روست که مفاهیم جدیدی همچون «همگرایی فناورانه» و «فناوری‌های همگرا» به ادبیات آینده‌پژوهی معرفی شده‌اند. در چنین شرایطی پژوهش حاضر می‌کوشد تا با نگاه ویژه به جریان همگرایی فناورانه، گزارشی علمی در زمینه آینده‌نگاری نظام آموزش مهارتی ارائه کند. رویکرد انتخاب‌شده برای این هدف، روش تحقیق کیفی و ابزار مورد استفاده، پویس محیطی است. یافته‌های تحقیق حاضر حاکی از آن است که در آینده، تمامی عناصر چهارگانه نظام آموزش مهارتی (شامل ورودی‌ها، فرایندها، خروجی‌ها و پیامدها) تحت تأثیر فناوری‌های همگرا (شامل نانوفناوری، زیست‌فناوری، فناوری اطلاعات و علوم شناختی) قرار خواهند گرفت. بدین ترتیب، دستیابی کشور عزیزمان ایران به نظام مهارت‌آموزی آینده محور، توسعه‌یافته و پیش‌تاز در سطح جهانی، نیازمند همراهی با جریان همگرایی فناورانه و سرمایه‌گذاری امروز در این عرصه برآورد می‌شود.

واژگان کلیدی: مهارت‌آموزی، فناوری‌های همگرا، انبیک (شزان)، آینده‌نگاری.

Email: hkargar@stu.yazd.ac.ir

* نویسنده مسئول) دانشجوی دکتری مدیریت، دانشگاه یزد،

** کارشناس مدیریت دولتی.

*** دانشیار بخش مدیریت صنعتی، دانشگاه یزد.

تصویب نهایی: ۹۶/۰۹/۱۳

دریافت مقاله: ۹۶/۰۷/۱۰

مقدمه

اگر قرن بیستم را با عناوینی همچون «عصر اطلاعات»، «انقلاب ارتباطات» یا «دوران اینترنت و ماهواره» می‌شناختیم، قرن بیست و یکم را باید «عصر دانایی» لقب نهاد که از عناصری چون انسان‌های دانشی، سازمان‌های یادگیرنده، اقتصاد دانش‌بنیان و جوامع دانایی محور تشکیل شده است (جعفری و دشمن‌زیاری، ۱۳۸۸). امروزه جامعه جهانی به سمت توسعه مبتنی بر دانش و مهارت در حرکت است (خاوری و گرزین، ۱۳۹۳) و در چنین شرایطی باید به دانش و مهارت‌هایی ویژه مجهز بود که بتواند استفاده از اطلاعات و فناوری‌های محیط بشر را تسهیل کند (عباسی اسفجیر و رضایی قلعه، ۱۳۹۰). چنین وظیفه‌ای از گذشته، همواره بر عهده نظام آموزش بوده، اما تحولات پیچیده اخیر، این سیستم را نیز دچار تغییراتی بنیادین و اساسی کرده است؛ به طوری که طی سال‌های اخیر، برنامه‌های آموزشی، محتوای درسی، روش‌های تعلیم و تربیت و رویکردهای آموزشی به شدت متحول شده‌اند و یکی از مهم‌ترین این تحولات، توسعه «آموزش‌های مهارتی» یا «مهارت‌آموزی» بوده است (حیدری موسی نارنجی و حیدری موسی نارنجی، ۱۳۹۱) که به صورتی اساسی با نظام‌های آموزشی سنتی تفاوت دارد (طوسی، ۱۳۹۴).

امروزه توجه به آموزش‌های مهارتی در صدر اولویت‌های بسیاری از دولت‌ها، سازمان‌ها و خانواده‌ها قرار گرفته است (صالحی عمران، ۱۳۹۳)؛ چراکه همگان پذیرفته‌اند، بقا در بازارهای رقابتی کنونی نیازمند نیروی انسانی شایسته و ماهر است و توأم این شایستگی‌ها تنها از طریق دوره‌های آموزشی شغلی و مهارت‌آموزی محقق می‌شود (تقوی و همکاران، ۱۳۹۴). این ضرورت تا آنجاست که حتی نهادهای بین‌المللی همچون بانک جهانی، نیروی کار ماهر را از شرایط اساسی برای رسیدن به رشد و توسعه اقتصادی می‌دانند (صالحی عمران، ۱۳۹۳). نظام آموزش مهارتی همواره تحت تأثیر جریان توسعه علم و فناوری قرار داشته است، اما چنین گفته می‌شود که در دنیای کنونی، جریان توسعه علم و فناوری به گذرگاهی خاص رسیده است که در آن فناوری‌ها و علوم مختلف برای پیشرفت بیشتر باید با یکدیگر ترکیب شوند (حسن‌بیگی و عین‌القضاتی، ۱۳۹۴)؛ چنین شرایطی سبب شده تا مفاهیم جدیدی همچون «همگرایی فناورانه» و «فناوری‌های همگرا» به ادبیات آینده‌پژوهی مهارت‌آموزی معرفی شوند. از این رو، به نظر می‌رسد برای آینده‌نگاری نظام آموزش

مهارتی، ضروری باشد تحقیقی علمی با نگاه ویژه به جریان همگرایی فناورانه انجام شود. در همین راستا، پژوهش حاضر به روشی کیفی و با ابزار پویش محیطی طراحی شده تا پارادایم آینده مهارت آموزش در دنیا را تصویرسازی نماید.

روش‌شناسی

پژوهش حاضر که با رویکرد کیفی و توصیفی طراحی شده است، از استراتژی «پویش محیطی» کمک می‌گیرد تا مهم‌ترین تأثیرات جریان همگرایی فناورانه را بر آینده نظام آموزش مهارتی پیش‌بینی کند. این راهبرد آینده‌نگرانه، نوعی روش‌شناسی برای درک پدیده‌های بیرونی محسوب می‌شود که ممکن است تشخیص یا مشاهده آن‌ها دشوار باشد اما نمی‌توان آن‌ها را نادیده گرفت (آدما^۱ و روهل^۲، ۲۰۱۰). پویش (یا پیمایش) محیطی برخلاف دیگر تحقیقات آینده‌نگرانه معمولاً به مطالعه ادبیات منتشرشده و دیگر منابع در دسترس مانند گزارش‌های رسمی محدود می‌شود و برای تحلیل تاریخی موضوع، پژوهش‌های تجربی یا جستجوی تمام اطلاعات ممکن درباره موضوع تلاش نمی‌کند؛ بلکه روندهای جاری را شناسایی و آزمون می‌کند تا کاربردهایشان برای آینده را کشف نماید. هدف محققان از اجرای پیمایش محیطی آن است که نیروهای خارجی تغییرات را درک کنند تا بتوانند واکنش‌های مؤثر برای تأمین امنیت و رشد در آینده را تشخیص دهند؛ آن‌ها از این راهبرد پژوهشی استفاده می‌کنند تا از غافلگیر شدن جلوگیری کنند، تهدیدها و فرصت‌ها را بشناسند، مزیت رقابتی کسب کنند و برنامه‌ریزی‌های بلندمدت و کوتاه‌مدت را انجام دهند (چو^۳، ۲۰۰۳). برخی از رایج‌ترین تکنیک‌های قابل‌پیگیری در رویکرد پویش محیطی عبارت‌اند از: نشست‌های خبرگان، مرور پایگاه‌های اطلاعاتی مبانی نظری، استفاده از سرویس‌های هشداردهنده اینترنتی، مرور اسناد کاغذی یا الکترونیکی ادبیات تحقیق و همچنین ردگیری اشخاص کلیدی از طریق رصد کردن سخنرانی‌ها و نوشته‌ها. بر همین اساس، پژوهش حاضر از تکنیک رایج «مرور مقالات علمی» در پیاده‌سازی استراتژی پیمایش محیطی به‌منظور آینده‌نگاری تأثیرات جریان همگرایی فناورانه بر نظام مهارت‌آموزی کمک گرفته است.

۱. Adema

۲. Roehl

۳. Choo

مروری بر مبانی نظری

در این بخش از مقاله، گزارش مختصری از مبانی نظری مربوط به موضوع پژوهش یعنی نظام آموزش مهارتی و همچنین جریان همگرایی فناورانه ارائه می‌شود.

چیستی نظام آموزش مهارتی

برای درک هرچه بهتر اصطلاح مرکب «آموزش‌های مهارتی»، شایسته است اجزای تشکیل‌دهنده آن را دقیق‌تر بشناسیم. «آموزش» را کوششی دانسته‌اند که باهدف تغییر رفتار از طریق فرایند یادگیری انجام می‌شود و دانش، معرفت و مهارت لازم برای انجام رفتار مورد انتظار را به صورتی نسبتاً پایدار ایجاد می‌کند (میرزامحمدی و همکاران، ۱۳۹۱). از سوی دیگر، واژه «مهارت» به کلیه توانایی‌های قابل پرورش افراد اطلاق می‌شود که بر عملکرد کاری آن‌ها مؤثر است (هداوند، ۱۳۹۰) و برای اجرای وظایف شغلی (عطارنیا و همکاران، ۱۳۹۳) یا انجام کاری در شرایط تعیین‌شده، لازم هستند (میرزامحمدی و همکاران، ۱۳۹۱). بر این اساس می‌توان منظور از «آموزش‌های مهارتی» را مجموعه فعالیت‌هایی دانست که توانایی‌های ضروری برای انجام وظایف شغلی یا بروز رفتارهای مورد انتظار از مهارت آموز را تقویت کرده و به صورتی نسبتاً پایدار، بهبود می‌بخشد. همچنین طبق تعریف سازمان بین‌المللی یونسکو، آموزش مهارتی به جنبه‌های مختلفی از فرایند آموزش گفته می‌شود که علاوه بر آموزش عمومی، به آموزش فناوری‌ها و علوم مرتبط با فناوری و نیز کسب مهارت‌های عملی و دانش مرتبط با شغل در بخش‌های مختلف زندگی اجتماعی و اقتصادی انسان می‌پردازد (عطارنیا و همکاران، ۱۳۹۳). برخی دیگر از تعاریف ارائه‌شده از مفهوم «آموزش‌های مهارتی» یا «آموزش‌های فنی و حرفه‌ای» بدین ترتیب قابل ذکر هستند:

- فعالیت‌های آموزشی خاصی که فرد را برای احراز شغل، حرفه یا کسب‌وکار آماده می‌کند و یا کارایی و توانایی او را در انجام آن‌ها افزایش می‌دهد (حیدری موسی نارنجی و حیدری موسی نارنجی، ۱۳۹۱)؛

- آموزشی که دانش و مهارت‌های عملی موردنیاز برای کسب‌وکاری خاص، استخدام شدن در شغل جدید یا افزایش تخصص در کار فعلی را ارائه می‌دهد (خاوری و گرزین ۱۳۹۳؛ عطارنیا و همکاران، ۱۳۹۳)؛

- فعالیتی آموزشی که باهدف شناسایی و توسعه ظرفیت‌های انسانی به‌منظور برخورداری از زندگی کاری خلاق و رضایت‌بخش انجام می‌شود (رنجبر و نیرومند، ۱۳۹۳)؛
- مجموعه آموزش‌هایی که موجب ارتقای دانش و مهارت افراد شده و امکان به‌فعلیت رساندن استعداد‌های نهفته آن‌ها را افزایش می‌دهد (میرزاحمدی و همکاران، ۱۳۹۱)؛
- نوعی آموزش رسمی باهدف تأمین دانش و مهارت‌های موردنیاز در فرایندهای تولیدی و آماده‌سازی افراد برای انجام مشاغل (رنجبر و نیرومند، ۱۳۹۳)؛
- گونه‌ای خاص از آموزش که به کسب مهارت‌های کاربردی و عملی و دانش علمی پایه درباره شغل منجر می‌شود (عطارنیا و همکاران، ۱۳۹۳).

کارکردها و اهداف مهارت‌آموزی

در دنیای امروز که محیط فعالیت بشر با فناوری‌های جدید درآمیخته شده (رحمانی و همکاران، ۱۳۹۴)، آموزش‌های مهارتی یکی از مهم‌ترین زیرساخت‌های ضروری برای رشد و توسعه جوامع قلمداد می‌شود (حسنی، ۱۳۹۳)؛ به‌طوری‌که در بیشتر کشورهای جهان، توسعه آموزش‌های مهارتی و فنی، در زمره اولویت‌های برنامه‌ریزی توسعه اقتصادی- اجتماعی قرار گرفته است (عطارنیا و همکاران، ۱۳۹۳)؛ چراکه اغلب برنامه‌ریزان معتقدند رشد و توسعه جامعه به میزان قابل‌توجهی از نظام آموزش جامعه تأثیر می‌پذیرد و یکی از مهم‌ترین زیر بخش‌های آن، سیستم آموزش مهارتی است (میرزاحمدی و همکاران، ۱۳۹۱). شناخته‌شده‌ترین کارکردها و اهداف استقرار نظام آموزش مهارتی را می‌توان در سه سطح مختلف و البته مرتبط بدین شرح طبقه‌بندی کرد:

الف) سطح فردی: آموزش‌های مؤثر مهارتی می‌تواند افراد را در فرآیند کسب فرصت‌های شغلی و مشارکت مؤثر در توسعه جامعه، کمک کند (رنجبر و نیرومند، ۱۳۹۳) و از این طریق، به آگاه‌سازی آنان از توانایی‌های بالقوه خود و بهبود منزلت فردی در سطح خانواده و اجتماع منجر شود (بادی و همکاران، ۱۳۹۴). همچنین افزایش اعتمادبه‌نفس کارکنان و تسریع روند پیشرفت شغلی آنان ازجمله پیامدهای دیگر آموزش‌های مهارتی در بعد فردی هستند (فروزش و همکاران، ۱۳۹۴)؛ ضمن آنکه قدرت ابتکار و خلاقیت افراد نیز در چنین سیستم آموزشی ویژه‌ای ارتقا خواهد

یافت (رستم نیا و غیابی، ۱۳۹۴). پژوهش‌ها ثابت کرده‌اند که سطح رضایت شغلی افراد و همچنین میزان اثربخشی شغلی آنان با شرکت در دوره‌های مهارت‌آموزی ارتقا پیدا می‌کند (حیدری موسی نارنجی و حیدری موسی نارنجی، ۱۳۹۱)؛

ب) سطح سازمانی: در سازمان‌های دانش‌محور کنونی، نظام آموزش کارکنان از جمله ساختارهای اصلی و اساسی محسوب می‌شود (هداوند، ۱۳۹۰)؛ چراکه بهره‌مندی کارکنان از مهارت‌ها و تخصص‌های مرتبط و روزآمد، مهم‌ترین نیاز سازمان‌ها برای پیروزی در رقابت‌های پیچیده عصر تغییر دانسته شده است (میرزامحمدی و همکاران، ۱۳۹۱). بنا بر یافته‌های تحقیقاتی اخیر، آموزش‌های حرفه‌ای نه تنها به کیفی‌سازی محصولات و خدمات مورداستفاده مشتریان کمک می‌کند، بلکه نیازهای اقتصادی سازمان را از راه کاهش هزینه‌ها و استانداردسازی فرایندها برآورده می‌سازد (هداوند، ۱۳۹۰)؛ چراکه ارتقای بهره‌وری سازمانی از آثار توجه شایسته به آموزش‌های مهارتی است (حیدری موسی نارنجی و حیدری موسی نارنجی، ۱۳۹۱). دوره‌های مهارت‌آموزی بر سایر خرده‌نظام‌های سازمان از قبیل نظام نوآوری، سیستم مدیریت دانش و نظام ارزیابی عملکرد شغلی نیز تأثیر مثبت و تقویت‌کننده دارد (طبرسا و نعمتی، ۱۳۹۳)؛

ج) سطح ملی: برخی از مهم‌ترین کارکردهای نظام آموزش مهارتی در سطح اجتماعی و ملی عبارت‌اند از: ایجاد اشتغال پایدار و رفع بحران بیکاری (رحمانی و همکاران، ۱۳۹۴)؛ عطارنیا و همکاران، ۱۳۹۳)، تولید ثروت در جامعه (خاوری و گرزین، ۱۳۹۳)، تشکیل سرمایه انسانی از طریق تربیت نیروهای ماهر (قاسمیان، ۱۳۹۴)، ترغیب و توسعه فرهنگ کارآفرینی (مهدی، ۱۳۹۴)؛ میرزامحمدی و همکاران، ۱۳۹۱)، آماده‌سازی نیروی انسانی در مقیاس جهانی (حیدری موسی نارنجی و حیدری موسی نارنجی، ۱۳۹۱) و همچنین رفع معضل بیکاری فارغ‌التحصیلان دانشگاهی که از عدم تناسب میان آموزش‌های دانشگاهی با واقعیت‌های بازار کار ناشی می‌شود (قاسمیان، ۱۳۹۴)؛ مهدی، ۱۳۹۴).

عناصر نظام مهارت‌آموزی

مرکز بین‌المللی آموزش‌های فنی و حرفه‌ای یونسکو، نظام‌های آموزش مهارتی را شامل سه دسته رسمی، غیررسمی ساختاریافته و غیررسمی ساختار نیافته می‌داند (عطارنیا و همکاران، ۱۳۹۳)؛ درحالی‌که در دسته‌بندی دیگری، انواع سه‌گانه آموزش‌های مهارتی

شامل آموزش حرفه‌ای یا مدرسه محور، آموزش مبتنی بر مراکز حرفه‌آموزی و همچنین نظام حرفه‌آموزی درون بنگاهی معرفی شده است (صالحی عمران، ۱۳۹۳). همچنین باید دانست که شیوه‌های رایج برای اجرای برنامه‌های مهارت‌آموزی، دامنه گسترده‌ای از ابزارها و تکنیک‌های آموزشی را شامل می‌شود که برخی از معروف‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از: روش استاد-شاگردی، آموزش از راه دور، مهارت‌آموزی کارگاهی، خودآموزی، شبیه‌سازی، مهارت‌آموزی مجازی و اینترنتی، مطالعه موردی، اقدام پژوهی، الگوپردازی، مهارت‌آموزی گروهی، تکنیک ایفای نقش، بازی‌های مدیریتی، حل مسئله، مدل آبشاری، رویکرد پودمانی، یادگیری مهارت‌آموزی مبتنی بر کامپیوتر، سمینار رادیویی، سخنرانی و... (جعفری و دشمن‌زیاری، ۱۳۸۸).

از سوی دیگر، با نگاهی جامع و بر اساس مدل سیستمی می‌توان اجزای نظام آموزش مهارتی را شامل چهار مؤلفه اصلی به شرح زیر دانست که همین مدل، مبنای پژوهش حاضر قرار گرفته است تا تأثیرات همگرایی فناوریانه بر نظام آموزش مهارتی را شناسایی و تبیین کند. مطابق با این مدل، عناصر اصلی نظام آموزش مهارتی و فنی عبارت‌اند از (عطاریا و همکاران، ۱۳۹۳):

- ✓ دروندادها: شامل منابع انسانی، منابع آموزشی (محتوا و متن)، نیازها و اهداف، آیین‌نامه‌ها و قوانین و بودجه است؛
- ✓ فرایندها: چگونگی انجام کار شامل وسایل آموزشی، برنامه‌ریزی‌ها و روش‌ها و نحوه اجرا و مدیریت؛
- ✓ برون‌دادها: محصولات رتبه‌بندی شده در نظام آموزشی که تحویل جامعه داده می‌شود. مانند مهارت‌آموختگان، گواهینامه‌های صادره و...؛
- ✓ پیامدها: آثار برون‌دادها در جامعه شامل خودکفایی و اعتمادبه‌نفس و همچنین تقویت افراد مولد و مؤثر که به خود و جامعه کمک می‌کنند.

نقش فناوری در مهارت‌آموزی

پدیده فناوری و به‌ویژه فناوری‌های نوین از چند جنبه بر نظام آموزش مهارتی تأثیرگذار است. نخست آنکه پیشرفت‌های فناوریانه در محیط سازمان و صنعت، نیاز به مهارت و تقاضا برای نیروی ماهر را افزایش می‌دهد (میرقادری، ۱۳۹۴)؛ بدین ترتیب، تحولات سریع فناوری، همواره یکی از عوامل اصلی نیاز به آموزش‌های مهارتی بوده است (هداوند، ۱۳۹۰). سطح دیگری از این تأثیرگذاری، زمانی مشاهده می‌شود که فناوری

وارد نظام آموزش مهارتی شده و عناصر اصلی این نظام همچون فرایندها و ابزارهای آموزشی را متحول می‌کند. کاربرد فناوری و به‌ویژه فاوا در نظام آموزش مهارتی می‌تواند نوآوری‌های قابل‌توجهی در این عرصه خلق کند و اهدافی چون کاربردی سازی آموزش‌ها را محقق سازد (عباسی اسفجیر و رضایی قلعه، ۱۳۹۰). بر این اساس، توسعه علم و تکنولوژی، باعث ارتقای کیفیت آموزش‌های مهارتی شده (بادی و همکاران، ۱۳۹۴) و ضمن صرفه‌جویی در هزینه‌ها (رحمانی و همکاران، ۱۳۹۴)، امکان برقراری ارتباطات مؤثرتر میان مربیان و مهارت‌آموزان و همچنین میان خود فراگیران را فراهم آورده است (طوسی، ۱۳۹۴).

همگرایی فناورانه و فناوری‌های همگرا

چنین گفته می‌شود که جریان توسعه علم و فناوری در دنیای امروز به گذرگاهی خاص رسیده است که در آن فناوری‌ها و علوم مختلف برای پیشرفت بیشتر باید با یکدیگر ترکیب شوند (حسن بیگی و عین‌القضاتی، ۱۳۹۴)؛ چنین شرایطی سبب شده تا مفاهیم جدیدی همچون «همگرایی فناورانه» و «فناوری‌های همگرا» به ادبیات مدیریت توسعه معرفی شوند. فناوری‌های همگرا عنوانی است که برای اطلاق به چهار دانش پیشرفته شامل فناوری نانو، فناوری زیستی، فناوری اطلاعات و علوم شناختی به کار می‌رود. در زبان انگلیسی برای اشاره به این مفهوم از واژه‌ای مرکب از حروف ابتدایی این کلمات چهارگانه تحت عنوان «NBIC» استفاده می‌شود که معادل فارسی آن با ترکیب حروف نخست ترجمه همین کلمات به صورت «شزان» معرفی شده است (پایا و همکاران، ۱۳۹۰). پیش‌بینی می‌شود که همگرایی این فناوری‌های چهارگانه طی دهه آینده، شتاب بیشتری خواهد گرفت و به آبروندی در دنیای آینده تبدیل خواهد شد (نبی‌پور و اسدی، ۱۳۹۳). صاحب‌نظران بنام آینده‌پژوهی علم و فناوری معتقدند که گرچه تمامی شاخه‌های علم و فناوری قابلیت همگرا شدن دارند اما همگرایی این چهار حوزه خاص، دارای نفوذ و قدرت بسیار بیشتری خواهد بود و قدرت‌های جدیدی را به دیگر شاخه‌های علم و فناوری نیز خواهد افزود (روکو^۳ و رینبریج^۴، ۲۰۱۳).

-
۱. Technological Convergence
 ۲. Convergent Technologies
 ۳. Roco
 ۴. Bainbridge

همگرایی این چهار فناوری ابزارهای قدرتمندی خلق کرده که توانایی ارتقای معنادار عملکرد انسانی و تحول جامعه، علم، اقتصاد و تکامل انسانی را داراست؛ به طوری که هیچ تمدنی تاکنون چنین فرصتی برای ارتقای عملکرد بشر در این مقیاس نبوده است (کانتون^۱، ۲۰۰۴). حتی می‌توان گفت که عدم توجه جوامع به این جریان نوپدید فناوریانه باعث خواهد شد در رقابت‌های ویران‌کننده جهان آینده، برای همیشه مغلوب و تحت تسلط کشورهای پیش‌تاز همگرایی فناوری قرار بگیرند (حسن‌بیگی و همکاران ۱۳۹۴)؛ چراکه امروزه توسعه‌یافته‌ترین کشورهای جهان (آمریکا، روسیه، اتحادیه اروپا و ژاپن) پیش‌تازان عرصه مطالعه و توسعه فناوری‌های انبیک نیز شناخته می‌شوند (اکاو^۲ و رودسکوی^۳، ۲۰۱۵). به بیان دیگر، فناوری‌های همگرا از چنان توان علی عظیمی برخوردارند که هیچ قلمرویی از زندگی فردی و گروهی انسان‌ها از دامنه تأثیرات این جریان، خارج نخواهد ماند و هیچ جنبه‌ای از کارکردهای مورد انتظار از نهادها و بر ساخته‌های بشری از جمله سازمان‌ها نمی‌تواند از عواقب و اثراتش در امان باشد (پایا و همکاران، ۱۳۹۰) و حتی گفته می‌شود که موج چهارم تمدن بشری با انقلاب جدید همگرایی فناوری‌ها آغاز خواهد شد (حسن‌بیگی و عین‌القضاتی، ۱۳۹۴).

تأثیرات همگرایی فناوریانه بر نظام مهارت‌آموزی

بخش اصلی پژوهش حاضر را شناسایی و معرفی تأثیرات بالقوه جریان همگرایی فناوریانه و فناوری‌های همگرا بر ابعاد مختلف نظام آموزش مهارتی تشکیل می‌دهد که به روش پویش محیطی و از مطالعه مبانی نظری مرتبط با این موضوع استخراج شده است. به منظور تحدید پژوهش و هدفمندسازی فرایند گردآوری اطلاعات، لازم است تا نظام مهارت‌آموزی به ابعاد و عناصری اصلی تفکیک شود و چنانکه پیش‌ازین نیز اشاره شد، مدل مبنا برای درک این تقسیم‌بندی، الگویی است که توسط عطارنیا و همکاران (۱۳۹۳) با اقتباس از رویکرد سیستمی طراحی شده و طی آن، چهار مؤلفه اصلی برای نظام آموزش مهارتی شامل درون‌دادها، فرایندها، برون‌دادها و پیامدها معرفی شده است؛ بنابراین، ارائه یافته‌های حاصل از این پیمایش، به تفکیک همین چهار حوزه اصلی به شرح زیر انجام می‌شود.

۱. Canton

۲. Akaev

۳. Rudskoi

الف) درون‌دادهای نظام مهارت‌آموزی

ورودی‌های نظام آموزش مهارتی را عناصر و پدیده‌هایی تشکیل می‌دهد که از سایر نظام‌های اجتماعی و اقتصادی به این سیستم وارد می‌شوند تا مورد پردازش قرار بگیرند؛ در مورد نظام آموزش مهارتی، مهم‌ترین این درون‌دادها را منابع سازمانی (شامل تجهیزات فیزیکی، نیروی انسانی، ابزارهای آموزشی و منابع مالی) شکل می‌دهد (عطارنیا و همکاران، ۱۳۹۳). جریان همگرایی فناورانه از چند جهت این منابع سازمانی را دچار تحولاتی بنیادین خواهد کرد. نخست آنکه تجهیزات فیزیکی، ساختمان‌ها و سازه‌های اداری و ابزارهای آموزشی به سمت هوشمندسازی پیش خواهند رفت؛ این ساختمان‌های بیدار و تجهیزات هوشمند با داشتن ریزپردازنده‌هایی که مشابه مغز آدمی طراحی شده‌اند، به راحتی می‌توانند در مقابل آنچه در پیرامونشان رخ می‌دهد واکنش‌هایی زیرکانه و هوشمندانه نشان دهند (نبی پور و اسدی، ۱۳۹۳). همچنین رایانه‌های بسیار سریع و کوچک، حسگرهای ریز و ارزان، مواد پر قدرت و درعین حال سبک، کارایی بالا در ذخیره‌سازی انرژی و سوخت، روبات‌ها و ماشین‌های هوشمند و... حاصل همگرایی فناوری‌های چهارگانه انبیک در عرصه سخت‌افزاری هستند (حکیم و علایی، ۱۳۹۲). در حوزه منابع انسانی نیز چنین پیش‌بینی شده است که با توسعه فناوری‌های همگرا در نظام آموزش مهارتی از حجم و تعداد نیروی انسانی فعال در امور آموزشی، اداری و خدماتی کاسته خواهد شد و بسیاری از نقش‌های انسانی را ماشین‌ها و روبات‌ها در دست خواهند گرفت. پدیده «هوش مصنوعی» به مدیران سازمان‌های آینده نظام آموزش مهارتی کمک خواهد کرد که گستره عظیمی از عملکردهای انسانی و اهداف سازمانی مانند حس کردن، فهمیدن، به خاطر سپردن، کنترل نمودن، فعالیت کردن و یادگیری را از طریق ماشین‌های جایگزین انسان با کیفیت، سرعت، دقت و کارایی بالاتر دنبال نمایند (شاکری کهنمویی، ۱۳۹۵). از سوی دیگر، همان تعداد اندک نیروی انسانی فعال در سازمان‌های مهارت آموز آینده نیز دارای قابلیت‌ها و توانمندی‌هایی بسیار فراتر از هم‌تایان امروزی‌شان خواهند بود. همگرایی انبیک که به ارتقای عملکرد انسانی منجر می‌شود، از طریق دست‌کاری ژنتیک نسل بشر، کارکنانی را به نظام آموزش مهارتی آینده تحویل خواهد داد که از حواس پنج‌گانه قوی‌تر، حافظه ماندگارتر و روحیه‌ای باثبات‌تر برخوردارند و از آسیب‌های رایجی همچون بیماری، خستگی، خواب‌آلودگی، فراموشی، افسردگی و... کمتر رنج خواهند برد (حسن بیگی و عین القضاتی، ۱۳۹۴).

ب) فرایندهای نظام مهارت‌آموزی

مأموریت اصلی هر سیستم را می‌توان تبدیل ورودی‌ها به خروجی دانست که با عنوان کلی پردازش، شناخته می‌شود و شامل فرایندها و روش‌های انجام کار خواهد بود. در نظام آموزش مهارتی، این فرایندها بر محور آموزش و مهارت‌آموزی متمرکز بوده و در سه گروه برنامه‌ریزی، اجرا و نظارت قابل تقسیم بندی هستند (عطارنیا و همکاران، ۱۳۹۳). شاید بتوان گفت که اصلی‌ترین تأثیر انقلابی جریان همگرایی فناورانه بر نظام آموزش مهارتی در همین مرحله اتفاق خواهد افتاد؛ چراکه فناوری‌های همگرا، سیستم یادگیری بشر را به صورتی بنیادین، دگرگون خواهد ساخت. همگرایی شزان می‌تواند به حداکثرسازی توانایی‌های حسی و شناختی مهارت‌آموزان کمک کند و از این طریق، امکان آموزشهای اثربخش، سریع و کم‌هزینه فراهم خواهد شد. نمونه این تحولات شگرف را می‌توان در ذخیره‌سازی حجم انبوهی از اطلاعات و امکان پردازش آن‌ها از طریق میکروپردازشگرهایی مشاهده کرد که به راحتی در بدن انسان قابل استقرار هستند؛ چراکه فناوری نانو امکان فرستادن میکروپردازشگرهای بسیار کوچک را به داخل بدن انسان فراهم نموده است (حسن بیگی و عین‌القضاتی، ۱۳۹۴). بدین ترتیب پیش‌بینی می‌شود که برنامه‌های افزودنی حافظه یا ماژول‌های مهارت (برای مثال ماژول مهارت فنی در استفاده از تجهیزات پیشرفته) که در مغز فراگیران کار گذاشته می‌شوند، دقیقاً همانند رایانه‌ای که با اتصال به اجزاء سخت‌افزار اضافی یا با ارتقاء نرم‌افزاری، تقویت می‌شوند قابل بهره‌برداری برای مقاصد نظام آموزش مهارتی خواهد بود (شاکری کهنمویی، ۱۳۹۵).

ج) برون‌دادهای نظام مهارت‌آموزی

حاصل‌فعالیتها و فرایندهای انجام شده در سیستم، خروجی‌هایی خواهد بود که از پردازش ورودی‌ها ایجاد می‌شود. مصادیق شناخته شده برون‌دادهای نظام مهارت‌آموزی عبارت‌اند از: مهارت‌آموختگان، دوره‌های برگزار شده، گواهینامه‌های صادره و... (عطارنیا و همکاران، ۱۳۹۳). از آنجا که ورودی‌ها و فرایندهای اصلی نظام آموزش مهارتی، تحت تأثیر جریان انقلابی همگرایی فناوری دچار تحولاتی اساسی خواهند شد، قابل پیش‌بینی است که خروجی‌های این سیستم نیز در آینده بسیار متفاوت باشند. به طور کلی می‌توان این خروجی‌ها را به دو دسته شامل برون‌دادهای ملموس (مانند گواهینامه فیزیکی) و خروجی‌های ناملموس (مانند مهارت‌های منتقل شده) تقسیم

کرد. برون دادهای ملموس، تحت تاثیر همگرایی شزان و قابلیت‌هایی از قبیل «ایتترنت اشیاء»، یا به طور کلی حذف خواهند شد و یا به صورتی هوشمند در تعامل با دیگر پدیده های فیزیکی یا منابع انسانی قرار خواهند گرفت. بدین ترتیب خروجی های ملموس نظام آموزش مهارتی، به دقت و در کمترین زمان ممکن و حتی از راههای بسیار دور قابل کنترل کردن و بهره برداری خواهد بود. از سوی دیگر و در حوزه برون دادهای ناملموس نیز آنچه «اتصال میان مغز و ماشین» نامیده می شود به مدیران نظام آینده مهارت آموزی این امکان را می دهد که با فرستادن واکنش های کنترل شده بتوانند بهره برداری از این خروجی ها را در موقعیت های پیچیده مدیریت نمایند. منطق کارکردی چنین سیستمی شامل دریافت سیگنالهای مغزی (از طریق نانوفناوری) و استفاده از آنها برای کنترل اطلاعات (فناوری اطلاعات) و سپس درگیر ساختن مغز (علوم شناختی) با سیگنالهای تشدید شده (بیوفناوری) می باشد (حسن بیگی و عین القضاتی، ۱۳۹۴).

د) پیامدهای نظام مهارت آموزی

طبیعی است که در رویکرد سیستمی، خروجی های منتقل شده از هر نظام سازمانی، تاثیراتی بر محیط پیرامونی اش خواهد نهاد و دیگر سیستمهای همعرض یا فرادست خود را دستخوش تغییراتی می کند. گفته می شود خروجی های نظام مهارت آموزی نیز می تواند بر محیط پیرامونی اش در سطوح مختلف تأثیرگذار بوده و به پیامدهایی چون افزایش اعتماد به نفس (در سطح فردی)، ارتقای بهره وری (در سطح سازمانی) و رشد خودکفایی (در سطح جامعه) منجر شود (عطارنیا و همکاران، ۱۳۹۳). جریان همگرایی انبیک تمام این سطوح سه گانه را مورد نفوذ و تحول قرار خواهد داد؛ به طوریکه ارزشهایی چون اعتماد به نفس، هویت، اخلاق و... در سایه فناوریهای همگرا با خاستگاه، کارکرد و چالشهای جدیدی مواجه خواهد بود (پایا و دیگران، ۱۳۹۰). در سطح سازمانی، تاثیر بی تردید همگرایی فناورانه بر متغیرهایی چون بهره وری، کارایی، سرعت، کاهش هزینه و... غیرقابل انکار است و در سطح اجتماعی نیز امید می رود با کمک فناوریهای همگرا و به خصوص ترکیب علوم شناختی و فناوری اطلاعات بتوان متغیرهایی چون روحیه مسئولیت پذیری و فرهنگ پذیرش و همراهی عمومی با پیامدهای نظام مهارت آموزی را ارتقاء بخشید (حسن بیگی و همکاران، ۱۳۹۴).

بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های پژوهش حاضر که به آینده‌نگاری نظام آموزش مهارتی با تأکید بر جریان همگرایی فناورانه پرداخته است با پژوهش طوسی (۱۳۹۴) از این جهت همراستایی دارد که توجه به عامل فناوری را در کنار مولفه‌های کلاسیک نظام مهارت آموزی مانند مربی، فراگیر و محتوای آموزشی، ضروری تشخیص می‌دهد. همچنین تحقیق صورت گرفته توسط رحمانی و همکاران (۱۳۹۴) نیز که اثرات کاربرد فناوری در مهارت آموزی را در متغیرهایی چون رشد بهره‌وری، کاهش هزینه، ارتقای امنیت و افزایش سطح دسترسی‌ها می‌داند، تاییدکننده نتایج این پژوهش قلمداد می‌گردد. نتایج این تحقیق را می‌توان در تکمیل و تایید یافته‌های پژوهش عباسی اسفنجیر و رضایی قلعه (۱۳۹۰) نیز دانست که استفاده از فناوریهای نوین (به ویژه فناوری اطلاعات و ارتباطات) را در نظام آموزش مهارتی مورد بررسی و معرفی قرار داده‌اند. از سوی دیگر یافته‌های این تحقیق از آن منظر با نتایج پژوهش نصری و همکاران (۱۳۹۲) همراستا نیست که ایشان زمینه‌های ارتقای اثربخشی آموزشهای مهارتی شامل انگیزه فراگیران، رضایت از دوره، استفاده از وسایل کمک آموزشی و... را وابسته به مربی و عوامل انسانی آموزش دهنده دانسته‌اند؛ در حالیکه پژوهش حاضر، نشان می‌دهد تمام این زمینه‌ها را می‌توان بدون وابستگی تام به عوامل انسانی و تنها از طریق هم‌افزایی حاصل از جریان همگرایی فناورانه (به ویژه ترکیب علوم شناختی با فناوری اطلاعات) بهبود بخشید.

بر اساس آنچه در بخشهای پیشین مقاله و به نقل از منابع علمی موجود گزارش شد می‌توان به این جمع‌بندی نهایی دست یافت که در آینده، تمامی عناصر چهارگانه نظام آموزش مهارتی (شامل ورودی‌ها، فرایندها، خروجی‌ها و پیامدها) تحت تاثیر فناوری‌های همگرا (شامل نانوفناوری، زیست فناوری، فناوری اطلاعات و علوم شناختی) قرار خواهند گرفت. بدین ترتیب، دستیابی کشور عزیزمان ایران به نظام مهارت آموزی آینده‌محور، توسعه یافته و پیشتاز در سطح جهانی، نیازمند همراهی با جریان همگرایی فناورانه و سرمایه‌گذاری امروز در این عرصه برآورد می‌شود. از این رو و باهدف زمینه‌سازی جهت بهره‌گیری بهینه از یافته‌های این پژوهش، پیشنهادهایی به شرح زیر ارائه می‌گردد:

- ایجاد تشکیلات اداری مسئول پایش جریان همگرایی فناورانه در ساختار سازمانی وزارتخانه‌ها و نهادهای دولتی متولی برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری

آموزش‌های مهارتی (به ویژه سازمان آموزش فنی و حرفه ای کشور) به همراه جذب نیروی انسانی شایسته در این حوزه؛

- برنامه‌ریزی برای فرهنگ‌سازی گسترده مفاهیم مرتبط با جریان همگرایی فناوریانه در میان مدیران، مسئولان و دست‌اندرکاران نظام آموزش مهارتی کشور و استانها با هدف ایجاد فضای گفتگمانی مناسب در این عرصه؛

- ساماندهی نظام پژوهشی و سازوکارهای تحقیق و توسعه (R&D) متمرکز بر کاربرد فناوری های همگرا در سیستم مهارت آموزی کشور با همکاری نهادهای تحقیقاتی دولتی و خصوصی؛

- آغاز و توسعه همکاری های منطقه ای و بین‌المللی با کشورهای پیشتاز در زمینه فناوریهای همگرا به ویژه کاربرت این فناوریها در نظام آموزش مهارتی در مسیر دیپلماسی علمی و فناوریانه کشور؛

- استفاده از رویکرد روش تحقیق کمی یا آمیخته برای اعتبارسنجی یافته های تحقیق حاضر و همچنین تکمیل زنجیره تحقیقات لازم در این زمینه توسط پژوهشگران علاقه‌مند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

- بادی، ف. و همکاران (۱۳۹۴). بررسی تاثیر آموزش های مهارتی بر وضعیت رفتارهای انحرافی زنان ندامتگاه گرگان. *مهارت آموزی*، دوره ۴، شماره ۱۴، صص ۲۱-۳۵.
- پایا، ع. و همکاران (۱۳۹۰). ارزیابی آینده پژوهانه تأثیرات علوم و فناوری های همگرا بر حوزه های اخلاق، اجتماع و سیاست در ایران تا ۱۴۰۴، *رهیافت*، شماره ۴۹، صص ۱۹-۲۷.
- تقوی، س.ز. و همکاران (۱۳۹۴). نیازسنجی آموزش های مهارتی بر اساس سند آمایش سرزمین در بخش صنعت. *مهارت آموزی*، دوره ۴، شماره ۱۴، صص ۸۳-۱۰۱.
- جعفری، پ. و دشمن زیاری، ا. (۱۳۸۸). بررسی شیوه های مهارت آموزی در صنایع منتخب جهان به منظور ارائه مدل مناسب برای صنعت خودروسازی ایران. *پژوهشهای مدیریت*. دوره ۲۰، شماره ۸۰، صص ۶۱-۷۴.
- حسن بیگی، ا. و عین القضاتی، ع. (۱۳۹۴). نقش فناوری های همگرا در ارتقاء توان دفاعی جمهوری اسلامی ایران، *مطالعات دفاعی استراتژیک*، سال ۱۳، شماره ۶۰، صص ۲۷-۵۱.
- حسن بیگی، ا. و همکاران (۱۳۹۴). نقش فناوری های نوین همگرا بر بهبود زندگی مردم و ارتقای امنیت ج.ا.ا.؛ *پژوهش های حفاظتی-امنیتی*، سال ۳، شماره ۱۵، صص ۳۳-۶۸.
- حسینی، م. (۱۳۹۳). نیازسنجی آموزش های مهارتی اداره کل آموزش فنی و حرفه ای استان آذربایجان غربی در حوزه صنعت. *مهارت آموزی*، دوره ۳، شماره ۹، صص ۶۷-۹۲.
- حکیم، ا. و علایی، ح. (۱۳۹۲). بررسی کاربردها و تحلیل فرصتها و تهدیدات فناوری های همگرا (NBIC) در حوزه دفاعی کشور. *سیاست دفاعی*، سال ۲۱، شماره ۸۲، صص ۶۱-۱۱۰.
- حیدری موسی نارنجی، ح. و حیدری موسی نارنجی، م. (۱۳۹۱). تحلیل تاثیر آموزش های فنی و حرفه ای بر عملکرد تخصصی و اثربخشی شغل های مهارتی. *مهارت آموزی*، دوره ۱، شماره ۲، صص ۴۹-۷۳.
- خاوری، س.ع. و گرزین، ر. (۱۳۹۳). آسیب شناسی نظام آموزش مهارتی. *مهارت آموزی*، دوره ۳، شماره ۱۰، صص ۷۷-۹۲.

رحمانی، س.ف. و همکاران (۱۳۹۴). ایجاد کارگاه‌های آموزشی فناورانه در مهارت‌آموزی با رویکرد کاهش هزینه‌های آموزشی. *مهارت‌آموزی*، دوره ۳، شماره ۱۲، صص ۷-۱۸.

رستم‌نیا، ا. و غیابی، س. (۱۳۹۴). بررسی تاثیر شرکت در دوره‌های آموزش مهارتی مساله محور بر خلاقیت کودکان و نوجوانان از دیدگاه مربیان. *مهارت‌آموزی*، دوره ۴، شماره ۱۴، صص ۶۹-۸۱.

رنجبر، م. و نیرومند، پ. (۱۳۹۳). ملاحظاتی بر عوامل و شیوه‌های موثر در توانمندسازی زنان و اشتغال آنان در ایران با تاکید بر آموزش‌های مهارتی. *مهارت‌آموزی*، دوره ۲، شماره ۸، صص ۷۵-۹۱.

شاکری کهنمویی، ع. (۱۳۹۵). چشم‌اندازها و واقعیت‌های فناوری‌های همگرا، *فناوری‌های همگرا*، سال ۱، شماره ۴، صص ۲۱-۲۹.

صالحی عمران، ا. (۱۳۹۳). آسیب‌شناسی مدیریت آموزش‌های مهارتی کشور. *مهارت‌آموزی*، دوره ۲، شماره ۸، صص ۲۵-۴۸.

طبرسا، غ.ع. و نعمتی، م. (۱۳۹۳). بررسی نقش مهارت‌آموزی بر تمایل به نوآوری، تسهیم دانش و عملکرد شغلی. *مهارت‌آموزی*، دوره ۲، شماره ۸، صص ۱۲۳-۱۴۲.

طوسی، ا.س. (۱۳۹۴). بررسی جایگاه فناوری‌های آموزشی و ارتقاء کیفیت آن در حیطه مهارت‌آموزی. *مهارت‌آموزی*، دوره ۴، شماره ۱۴، صص ۳۷-۵۵.

عباسی اسفنجیر، ع.ا. و رضایی قلعه، ه. (۱۳۹۰). نیازسنجی توسعه آموزش‌های فنی و مهارتی مجازی در آموزش و پرورش استان مازندران. *فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات در علوم تربیتی*، دوره ۱، شماره ۳، صص ۱۱۳-۱۴۳.

عطاریا، ا. و همکاران (۱۳۹۳). بررسی وضعیت تدوین خط‌مشی در نظام غیررسمی آموزش مهارتی ایران. *مدیریت فرهنگ سازمانی*، دوره ۱۲، شماره ۲، صص ۳۴۵-۳۷۴.

فروزش، ع. و همکاران (۱۳۹۴). بررسی کیفیت آموزش‌های مهارتی بازار محور در اداره کل آموزش فنی و حرفه‌ای استان اصفهان بر اساس مدل سروکوال. *مهارت‌آموزی*، دوره ۳، شماره ۱۱، صص ۹۹-۱۱۰.

قاسمیان، ا. (۱۳۹۴). بررسی نقش آموزش‌های مهارتی بر میزان اشتغال دانش‌آموختگان دانشگاهی با کمک تکنیک معادلات ساختاری. *مهارت‌آموزی*، دوره ۳، شماره ۱۱، صص ۳۳-۴۷.

- مهدی، ر. (۱۳۹۴). جایگاه مهارت آموزی در دانشگاه‌های نسل سوم. *مهارت آموزی*، دوره ۴، شماره ۱۴، صص ۱۰۳-۱۱۷.
- میرزاحمدی، م.ح. و همکاران (۱۳۹۱). بررسی نقش مهارت آموزی در توانمندسازی نیروی انسانی. *مهارت آموزی*، دوره ۱، شماره ۲، صص ۱۰۳-۱۲۲.
- میرقادری، س.ه. (۱۳۹۴). بررسی مهارت آموزی و اشتغال در خوشه‌های صنعتی از دیدگاه پویایی شناسی سیستم. *مهارت آموزی*، دوره ۴، شماره ۱۳، صص ۱۲۵-۱۳۳.
- نبی پور، ا. و اسدی، م. (۱۳۹۳). فناوری‌های همگرا: شکل دهنده آینده پزشکی، طب جنوب، سال ۱۷، شماره ۶، صص ۱۰۴۵-۱۰۶۷.
- نصری، ر. و همکاران (۱۳۹۲). بررسی تاثیر مهارت مریبان و محتوای دوره‌های آموزشی بر توانمندی مهارتی کارآموزان مرکز آموزش فنی و حرفه‌ای خواهران ایلام. *مهارت آموزی*، دوره ۲، شماره ۶، صص ۴۳-۵۷.
- هداوند، س. (۱۳۹۰). بررسی مهارت‌های مورد نیاز مهندسان در برنامه‌های آموزش مهندسی با استفاده از مدل مهارتی کاتز. *فناوری آموزش*، دوره ۶، شماره ۱، صص ۹-۱۶.

Adema, K. L., & Roehl, W. S. (۲۰۱۰). Environmental scanning the future of event design. *International Journal of Hospitality Management*, ۲۹(۲), ۱۹۹-۲۰۷.

Akaev, A. A., & Rudskoi, A. I. (۲۰۱۰, March). A mathematical model for predictive computations of the synergy effect of NBIC technologies and the evaluation of its influence on the economic growth in the first half of the ۲۱st century. In *Doklady Mathematics* (Vol. ۹۱, No. ۲, pp. ۱۸۲-۱۸۵). Pleiades Publishing.

Canton, J. (۲۰۰۴). Designing the future: NBIC technologies and human performance enhancement. *Annals of the New York Academy of sciences*, ۱۰۱۳(۱), ۱۸۶-۱۹۸.

Choo, C. W. (۲۰۰۱). Environmental scanning as information seeking and organizational learning. *Information Research*, ۷, (۱), ۱-۲۵

Roco, M. C., & Bainbridge, W. S. (۲۰۱۳). The new world of discovery, invention, and innovation: convergence of knowledge, technology, and society. *Journal of Nanoparticle Research*, ۱۵ (۹), ۱۹۴۶. ۱-۱۷.

