علم و فنّاوری در جهان امروز دارای نقشی کلیدی در اکثر حوزه‌هاست. این نقش به‌ویژه در سه حوزه سیاست‌گذاری، آموزش مهندسی و فضای عمومی از اهمیت بسیار برخوردار است. از این‌رو چیستی و چگونگی رابطه بین آنها اهمیت فراوانی دارد. در باور عمومی غالب رابطه این دو بدین‌صورت تعریف می‌شود که فنّاوری همان علم کاربردی است. هدف ما در این نوشته بررسی و نقد این باور از طریق استدلالات نظری و تجربی است. نشان داده می‌شود که این خوانش از رابطه علم و فنّاوری درست و دقیق نیست و نیازمند بازبینی و بازتعریف است. در انتها نیز پیشنهادهایی برای حالات بدیل رابطه بین علم و فنّاوری مطرح می‌گردد.

واژگان کلیدی:
علم، فنّاوری، سیاست‌گذاری، آموزش مهندسی، حوزه عمومی

رابطه علم و فنّاوری از منظر سیاست‌گذاری، آموزش مهندسی و حوزه عمومی

علی چاپرک
دانشجوی دکتری دانشکده علوم و فنون نوین دانشگاه تهران
a_chaparak@yahoo.com

حجت‌الله حاجی‌حسینی
دانشیار سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران
hojat.hajihoseini@gmail.com

۱. مقدمه

رشـــد سریع و شتابان فنّاوری و کسب جایگاهی رفیع توسط علم و تأثیرات گسترده آنها در حوزه‌های مختلفی چون توســـعه اقتصادی، فرهنگی، زیست‌محیطی و آموزشی باعث اهمیت یافتن چیســـتی و ماهیت علم و فنّاوری از یک‌طرف و نحوه ارتباط آنها از طرفی دیگر شـــده است. جواب اولیه به سؤالات درباره چیستی علم و فنّاوری و چگونگی رابطه آنها این اســـت که، علم نظریاتی صادق درباره جهان و فنّاوری «علم کاربردی» است. این مضمون ســـاده که مورد پذیرش اکثر مردم عادی، دانشمندان، مهندسان، تاریخ‌نگاران و حتی فلاسفه علم و فنّاوری است، تحت عنوان آموزه فنّاوری به‌مثابه علم کاربردی شناخته می‌شـــود. این آموزه از یک نگرش فلســـفی نشئت گرفته که مطابق با آن، فنّاوری نتیجه کاربرد علم در امور عملی اســـت و در نتیجه الگویی ارائه می‌کند که در آن فنّاوری صرفاً محصول به‌کارگیری قوانین، اکتشـــافات و روش‌های علمـــی بوده و به‌کارگیرنده معرفت علمی اســـت و خود مولد معرفت نمی‌باشـــد. در این الگو، علم به‌لحاظ وجودی و تاریخی بر فنّاوری مقدم اســـت و از همین‌رو معمولاً چنین تصور می‌شود که اگر پیشرفت علمی وجود نداشته باشد، پیشرفت فنّاورانه نیز رخ نخواهد داد. (زیباکلام و احمدی، ۱۳۹۰: ۱)

۲. ضرورت تبیین رابطه علم و فنّاوری

۲.۱. سیاست‌گذاری

این برداشـــت از علم و فنّاوری و رابطه بین آنها دارای نتایج و اســـتلزامات عملی بسیاری اســـت. به‌طور مشخص مسئله علم و فنّاوری و رابطه آنها در سه حوزه اهمیت ویژه دارد؛ اول حوزه سیاســـت‌گذاری علم و فنّاوری که با توجه به سرمایه‌گذاری‌های کلان ملی در این حوزه از یک‌طرف و نقش علم و فنّاوری در توسعه و بهبود وضعیت اقتصادی از طرف دیگر، از اهمیت بســـزایی برخوردار است. «سیاســـت‌ها و راهبردهای ملی علم و فنّاوری مبین جهت‌گیری‌ها و طرح عملیات اساسی به‌منظور تسریع و هدایت روند توسعه و ارتقاء علم و فنّاوری در کشور و نحوه استفاده از آن در تأمین هدف‌های ملی است. از این‌رو تا الگوی تحول فنّاوری تســـریع و هدایت نشود، تعیین سیاست‌ها و راهبردهای اثربخش و کارآمد برای علم و فنّاوری با مشـــکل مواجه خواهد بود... یکی از پرسش‌های اساسی در تعیین سیاست‌ها و راهبردهای علم و فنّاوری کیفیت تولید و تحول فنّاوری و نسبت آن با علم اســـت. الگوی خطی تحول فنّاوری (همان فنّاوری به‌عنوان علم کاربردی) درصدد

پاسخگویی به این پرسش است. بر طبق این الگو فنّاوری ناشی از کاربرد اکتشافات علمی و جدید دانشمندان اســـت. پیام این الگو برای سیاست‌گذاران و استراتژیست‌های علم و فنّاوری آن اســـت که دولت‌ها و شـــرکت‌های خصوصی باید سرمایه هنگفتی را مصروف پژوهش‌های پایه کنند.» (واعظزاده، ۱۳۸۹: ۱۰۳)

توجه به اسناد سیاست‌های کلان در کشور نشان‌دهنده این موضوع است که فهم غالب سیاست‌گذاران از علم و فنّاوری و رابطه آنها مبتنی بر همان الگوی فنّاوری به‌عنوان علم کاربردی اســـت و هزینه‌های هنگفتی صرف تحقیقات پایه «مانند نانوفنّاوری، بیوفنّاوری و فنّاوری هســـته‌ای ـ از طریق گسترش پژوهشـــکده‌ها، مراکز علمی پژوهشی، پارک‌ها، پردیس‌ها و نظایر آنها می‌گردد.» بررسی مضامین به‌کار رفته در بخش سیاست‌های کلی نقشـــه (جامع علمی کشـــور) که دو صفحه از کل متن را در بر می‌گیرد و مشتمل بر ۴۷ مضمون است نشان می‌دهد که از این تعداد تنها ۶ مورد از سیاست‌ها هماهنگ با سیاست کشش تقاضا بوده و ۴۱ مضمون دیگر همسو با سیاست فشار علم می‌باشد. بنابراین سیاست نقشه جامع علمی کشور توجه بیشتر به تولید و انباشت علم و توجه کمتر به مصرف آن در اقتصـــاد و صنعت و بنگاه‌ها و دســـتگاه‌های اجرایی دارد. (ذاکرصالحی و ذاکرصالحی، ۱۳۸۸: ۳۴) اما مســـئله مهم این است که اگر الگوی توسعه فنّاوری الگوی خطی نباشد و مثلاً ایجاد و رشـــد فنّاوری مبتنی بر علم نباشـــد این هزینه‌ها و سرمایه‌گذاری‌ها مؤثر نبوده و نتایج دلخواه حاصل نخواهد شـــد، چرا که در فضای عمومی کمتر اثری از نتایج این تحقیقات پایه در حوزه‌های ذکرشده دیده می‌شود و مردم و اقتصاد ملی آنچنان که باید از آنها منتفع نمی‌گردند.

از طـــرف دیگر فهم فنّـــاوری به‌عنوان علم کاربردی باعث بزرگنمایی و اهمیت کاذب یافتن مسئله ارتباط دانشگاه ـ صنعت می‌گردد و گمان می‌رود که حلقه مفقوده در ایجاد توسعه و پیشرفت جامعه، ارتباط دانشگاه ـ صنعت است و سرمایه‌گذاری‌های کلان مالی و سیاســـت‌گذاری صرف حل این مســـئله می‌گردد، حال آنکه اگر فنّاوری محصول فقط علم نباشد، از میزان اهمیت مسئله ارتباط صنعت و دانشگاه کاسته شده و با روشن شدن ماهیـــت واقعی فنّاوری و عوامل مؤثر در ایجاد آن می‌توان ســـرمایه‌گذاری‌ها را در محل درســـت و مناســـب خود به‌کار گرفت. منظور این است که وقتی تصور می‌شود که تولید فنّاوری از تحقیقات در علم پایه آغاز شـــده و بـــه تولید فنّاوری خاتمه می‌یابد، دو خلط مفهومی اتفاق می‌افتد؛ اول اینکه حتی با فرض درستی چنین رابطه‌ای، تأثیر سایر عوامل،

مانند عوامل اقتصادی، سیاســـی و فرهنگی در چرخه ایجاد فنّاوری کم‌اهمیت جلوه داده می‌شـــود. دوم اینکه همان‌گونه که دلایل نظری و تجربی نیز نشان می‌دهند، در بسیاری از مـــوارد چنین رابطه یک‌طرفـــه‌ای از علم به فنّاوری وجود ندارد و حتی در اغلب موارد تاریخی ایجاد فنّاوری این رابطه برعکس اســـت. البته منظور این نیست که رابطه‌ای بین علـــم و فنّـــاوری وجود ندارد، بلکه هدف در اینجا شـــناخت صحیح ماهیت رابطه این دو اســـت. از این‌رو تبیین ماهیت علم و فنّاوری و رابطه آنها در حوزه سیاســـت‌گذاری واجد اهمیت بسیار است.

۲.۲. آموزش مهندسی

حوزه دوم تأثیرگذاری، نحوه آموزش مهندســـی می‌باشد. زمانی‌که فنّاوری علم کاربردی قلمداد گردد، دانشجویان مهندسی باید به یادگیری علوم مربوطه بپردازند تا بعداً در شرایط کاری و کاربردی از آن دانش‌های علمی استفاده کنند. اما می‌بینیم که کارفرمایان حوزه فنّاوری همواره از دانش کم یا نامربوط مهندســـین فارغ‌التحصیل دانشگاهی گله‌مندند و از طرف دیگر مهندســـان در فضای کاری، بسیاری از آموخته‌های نظری خود را نامربوط می‌یابند. از طرف دیگر با وجود رشد فزاینده در حوزه علم ـ به‌عنوان شاهدی بر این ادعا تعداد مقالات علمی تولیدشـــده توسط ایرانیان و ارتقاء رتبه کشور در تولید علم و میزان فارغ‌التحصیلان مهندسی ـ شاهد رشد چندانی در حوزه فنّاوری نیستیم. «واقعیت این است که در اغلب موارد ارتباط مستقیمی بین معرفت علمی و محصول فنّاورانه دیده نمی‌شود.» (دوریس[1]، ۱۹۹۶: ۶-۱) لذا الگوی خطی فنّاوری به‌مثابه علم کاربردی در حوزه آموزش مهندســـین باعث رویکرد علم‌مآبانه به مهندســـی شده و از طرف دیگر این رویکرد نتایج مطلوبی به بار نیاورده و ما نیازمند تغییر نگرش و بازتعریف آموزش مهندسی هستیم.

۲.۳. حوزه عمومی

نهایتاً حوزه کمتر مطرح‌شـــده، اما بســـیار مهم درباره علم و فنّـــاوری و تأثیرگذاری آنها برحوزه عمومی است. در حوزه عمومی در رابطه با علم و فنّاوری و نحوه برداشت از رابطه آنها با چندین مســـئله روبروئیم؛ از جمله مسئله تخریب محیط زیست. این مسئله وجوه گوناگونی دارد مانند سوراخ شدن لایه اوزن، آلودگی دریاها، استفاده از سموم شیمیایی،

1. De Vries

نابودی جنگل‌ها و مراتع، آلودگی هوای شـــهری، زباله‌های هسته‌ای و غیره. مسئله دیگر جنگ‌افزارهای مدرن و ســـلاح‌های شـــیمیایی و هسته‌ای است که می‌تواند کلیت حیات انســـانی را به خطر اندازد و فنّاوری‌های مدرنی مانند شبیه‌سازی مسائل اخلاقی بسیاری را باعث شـــده‌اند. از طرف دیگر فنّاوری‌های مدرن مانند ماهواره، تلفن همراه و اینترنت (فنّاوری ارتباطات) نه‌تنها مسائل سیاسی و امنیتی بسیاری را موجب شده بلکه فرهنگ‌های کشـــورهای بسیاری را به‌چالش کشـــیده و در پی از بین بردن خرده‌فرهنگ‌ها برآمده و به‌دنبال مســـلط ســـاختن یک نوع از الگوی زندگی سازگار با فنّاوری‌های مدرن هستند. البته توجه گردد که آنچه که مد نظر است نه انکار فنّاوری به‌صورت کلی و مثلاً بازگشت به دوران پیشـــافنّاوری، بلکه توجه دادن به امکان‌های بدیل برای توســـعه فنّاوری است. مفاهیمی همچون فنّاوری‌های سبز و پایدار می‌توانند مثال خوبی از این امکان‌های بدیل باشـــند. توسعه فنّاوری هیچ مســـیر محتوم و قطعی‌ای، آن‌گونه که در پس ایده فنّاوری به‌عنوان علم کاربردی نمایانده می‌شود، ندارد و همواره فنّاوری‌های متفاوتی برای مسائل مختلف می‌تواند وجود داشـــته باشد. مسئله توجه به این امکان‌های بدیل و گزینش آنها براساس رویکردی کل‌گرایانه و دموکراتیک است و نه رویکردی صرفاً فنی.

موضوع دیگر مســـائل مربوط به توســـعه و نقش علم و فنّاوری در این میان است که به‌عنوان موتور توسعه قلمداد می‌گردند. هدف ما در اینجا نه بررسی این مسائل که نحوه رویارویی با آنها در پرتو برداشت از علم و فنّاوری و رابطه بین آنهاست. زمانی‌که فنّاوری علم کاربردی قلمداد شـــود، با توجه به جایگاه والایی که امروزه برای علم فرض می‌گردد و از طرف دیگر تخصصی بودن (شدن) موضوع علم و فنّاوری، حوزه عمومی از دخالت و اظهارنظر در مورد مســـائلی که ارتباط مستقیم با آنان دارد، منع می‌گردد. این منع ورود به عرصه علم، هم جنبه روانی ـ به دلیل شـــأن والای علم ـ و هم جنبه سیســـتماتیک و عملی ـ به دلیل تخصصی فرض شـــدن موضوع ـ دارد. براساس خوانش فنّاوری به‌عنوان علم کاربردی الگوی مورد نظر در مورد رابطه جامعه و علم و فنّاوری الگوی کمبود[1] است. «طبـــق این مدل، جریان دانش بین علم و عامه تنها یک جریان یک‌طرفه اســـت و عامه به‌عنوان یک هستار گمنام و همگن باید به‌گونه‌ای منفعل دانش ناب تولیدشده به‌وسیله اجتماع علمی را کســـب کند.» (قانعی‌راد و مرشدی، ۱۳۹۰: ۳۱) و حوزه عمومی به‌دلیل کمبود علمی و نظری صلاحیت اظهارنظر در مورد مسائل مربوط به علم و فنّاوری را ندارد.

1. Deficit Model

چنین تلقین می‌گردد که مسیر فعلی جهان تنها مسیر ممکن بوده و چاره‌ای جز تبعیت و هماهنگی با این روند موجود که ناشی از پیشرفت علم و فنّاوری است، وجود ندارد. ولی تجربه تاریخی نشـــان می‌دهد که در پرتو چنین رویکردی جامعه انسانی توفیق چندانی در حل این مســـائل نداشته است. بهتر نشدن سطح زندگی‌ها، بحران‌های زیست‌محیطی و آلودگـــی هـــوا، ترافیک، عدم کاهش فاصله فقیر و غنی و در کل عدم افزایش رضایت و شـــادمانی در عصر مدرن نشانه‌های این عدم توفیق‌اند. از این‌رو نیاز شدیدی به بازخوانی رابطه علم و فنّاوری و به‌تبعِ آن بازخوانی رابطه علم و فنّاوری و جامعه احساس می‌گردد. «پرسش اساسی پیش روی ما انسان‌های عصر مدرن می‌تواند این باشد که چگونه می‌توان رابطه بین پیشرفت فنی و جهان‌زیست اجتماعی را که امروزه همچنان در قالبی ابتدایی، سنتی و غیرانتخابی پوشیده و پنهان مانده است، مورد غور و تأمل قرار داد و تحت نظارت مباحثه عقلانی درآورد؟». (هابرماس، ۱۳۸۸: ۲۰)

۳. معنای ایده فنّاوری به‌عنوان علم کاربردی

زمانی‌که گفته می‌شود فنّاوری همان علم کاربردی است منظور دقیقاً چیست؟ برای درک بهتر این تعریف نیازمند فهم مفهوم علم کاربردی هســـتیم. علم به‌عنوان مجموعه‌ای از معرفت‌های کلی، مفهومی، مســـتدل، سیستماتیک و آزمایش‌شده براساس مسائل مورد بررســـی به دو حوزه علوم محض و علوم کاربردی تقسیم می‌شود. توجه گردد که این دو حوزه براســـاس تمرکز و جهت مسائل از هم متمایز می‌گردند وگرنه به‌لحاظ ویژگی‌های ذکرشده در بالا برای علم، با هم مشترک‌اند و هر دو حوزه در تولید و ایجاد معرفت علمی جدید نقش دارند. یعنی زمانی‌که موضوع مورد بررسی مسئله‌ای عملی و نیازی مشخص باشـــد با علوم کاربردی و زمانی‌که تحقیقات پایه و محض مورد نظر باشد با علوم محض روبروئیم و لذا هر یک از علوم مانند فیزیک، شیمی، زیست‌شناسی و غیره دارای حوزه‌های کاربردی و نظری می‌باشـــند. اما معنای فنّاوری به‌عنوان علم کاربردی این نیســـت، بلکه منظور این است که فنّاوری کاربرد علم در مورد مسائل عملی می‌باشد.

از طرف دیگر زمانی‌که گفته می‌شـــود که فنّاوری همان علم کاربردی اســـت، معنای ضمنی این گفته این است که بین علم و فنّاوری یک رابطه خطی و علّی از علم به فنّاوری وجود دارد. بدین‌معنا که علم شرط لازم و کافی برای ایجاد و توسعه فنّاوری است و عوامل دیگر یا نقشـــی ندارند و یا نقش آنها بســـیار ناچیز اســـت. به‌عبارت دیگر این ایده چنان

می‌نماید که برای توسعه فنّاوری فقط لازم است که علم مربوط کسب گردد و زمانی که علم مورد نظر وجود داشـــته باشـــد، فنّاوری به‌صورت خودبه‌خودی ایجاد خواهد شد. اما همان‌گونه که می‌دانیم این دیدی بســـیار ساده‌اندیشانه است، چرا که با وجود دسترسی به علوم بسیار در حوزه‌های مختلف، توان فنّاورانه مربوط به آن، با وجود تمایل به ایجاد آن، امکان ظهور نمی‌یابد و توان دســـتیابی به چنین فنّاوری مهیا نمی‌گردد. توجه گردد که در ایده فنّاوری به‌عنوان علم کاربردی منظور از علم، علم مدرن و مدون جدید است و نه دانش بشری که دانش تجربی و مهارتی نیز جزئی از آن می‌باشد.

۴. عوامل ایجادکننده ایده فنّاوری به‌عنوان علم کاربردی

عوامل ایجاد و باور عمومی به ایده فنّاوری به‌عنوان علم کاربردی را می‌توان در دو حوزه دلایل نظری و عوامل تاریخی ـ اجتماعی بررسی کرد.

۴.۱. دلایل نظری

در حوزه نظری از زمانی‌که بررسی دقیق علوم تجربی و ماهیت آن توسط فیلسوفان علم در اوایل قرن بیستم آغاز شد، با توجه به اینکه غالب نظریه‌پردازان این حوزه، دانشمندان علوم نظری بودند، بررســـی علم را مهم‌تر و اساســـی‌تر از فنّاوری قلمداد کرده، فنّاوری را فقط جنبه جانبی علم قلمداد کردند و این نگاه تا اواخر قرن بیستم ادامه یافت. با وجود انتقادات گسترده‌ای که از فلسفه علم استاندارد به‌عمل آمد، اما غالب این انتقادات، نظری و فلســـفی بودند و تا اواخر قرن، انتقادات توصیفی و تجربی جایی در این مباحثات پیدا نکردند. «چرا تفکر مدرنیته سرسختانه از ایده تقدم علم (بر فنّاوری) دفاع می‌کند؟ بخشی از جواب در این ســـؤال نهفته است؛ چه کسانی ماهیت علم را تفسیر می‌کنند؟ در مورد قرن بیســـتم به‌طور مشخص تفسیر فیلسوفان علم غلبه داشته است.» (آیدی[1]، ۲۰۰۹) و این غلبه نگرش فیلســـوفان علم، باعث ایجاد و باور عمومی به ایده فنّاوری به‌عنوان علم کاربردی شده است.

۴.۲. عوامل تاریخی

به‌لحاظ تاریخی بعد از عصر روشنگری و عقل‌گرایی آن دوران، باور به علم و علم‌گرایی رواج یافته اســـت. این باور تا بدان‌جا شدت یافته که فایرابند از آن به‌عنوان باوری ایدئولوژیک

1. Ihde

انتقاد می‌کند. «در جامعه (امروز) از احکام دانشمندان با همان احترامی استقبال می‌شود که تا همین اواخر برای احکام اســـقف‌ها و کاردینال‌ها ابراز می‌شد... علم به همان اندازه ایدئولوژی‌هایی که زمانی مجبور بود با آنها مبارزه کند سرکوبگر شده است... انتقاد من از علم جدید این است که مانع آزادی اندیشه شده است.» (فایرابند، ۱۳۷۵: ۱۲۰) علم‌گرایی باعث شـــده که علم، واجد ارزش والایی گردد و از این‌رو چیزهای دیگر مرتبط با آن و از جمله فنّاوری دارای ارزشی ثانویه گشته و نسبت به آن در درجه پایین‌تری قرار گرفتند. این باور تا زمان حال نیز ادامه یافته است.

نسبت تقدس یافتن علم با فنّاوری در این است که صاحبان قدرتی که فنّاوری را ایجاد می‌کنند، برای توجیه وضعیت موجود و شانه خالی کردن از اثرات مخرب انواع فنّاوری‌ها، آن را به‌عنـــوان کاربرد علم ـ علمی که مقدس اســـت ـ معرفی می‌نمایند و از این‌طریق هم مسیر موجود فنّاوری را توجیه می‌کنند و هم هرگونه پیامد احتمالی را پیشاپیش به علم محول کرده و از پذیرش مسئولیت سرباز می‌زنند و چنین استدلال می‌کنند؛ از آنجا که فنّاوری کاربرد علم اســـت و از آنجا که علم چیز خوبی است، لذا فنّاوری ایجادشده از طریق علم نیز خوب است و هرکس که فنّاوری را نقد نماید. چنان است که علم را انکار می‌کند. از طرف دیگر از آنجا که علم مســـئله‌ای تخصصی اســـت و لذا حوزه عمومی حق دخالت و اظهارنظر درباره فنّاوری را ندارد.

۴.۳. عوامل اجتماعی

اما مهم‌تر از این عامل تاریخی، جایگاهی است که این باور در مناسبات اجتماعی ـ سیاسی داشته و نفعی که برای برخی گروه‌ها و افراد دارد. با توجه به جایگاه والای علم، هر آنچه که وابسته به آن باشد نیز واجد ارزشی والا خواهد بود و این از جمله باور به خوب و مفید بودن فنّاوری می‌باشـــد؛ فنّاوری خوب اســـت، چرا که زائیده و نتیجه علم است و نباید از آن انتقاد کرد و باید با آغوش باز از آن ـ هرچه که باشـــد ـ اســـتقبال کرد! مشخص است که صاحبان و خالقان فنّاوری نفع بســـیاری از این باور برده و می‌برند و در مقابل تغییر چنین باوری به‌شدت مقاومت می‌ورزند.

از طرف دیگر چنین برداشـــتی از رابطه علم و فنّاوری توسط دولت‌های مدرن جهت توجیه اقدامات‌شان مورد اســـتفاده ـ سوءاستفاده ـ قرار می‌گیرد؛ در دوران مدرن غالب فعالیت‌های دولت به حوزه اقتصاد محدود گشته است و از طرف دیگر این مسئله به باوری

عمومی تبدیل گشته که فنّاوری موتور توسعه اقتصادی است و از این‌رو غالب تصمیمات دولت‌ها در مورد فنّاوری در حوزه‌های گوناگون است. در چنین موقعیتی باور به فنّاوری به‌عنوان علم کاربردی، هم اعمال دولت را توجیه می‌کند؛ چراکه علم دارای ارزشی والا و منطق رشـــدی فارغ از مسائل اجتماعی است ـ یا چنین نمایانده می‌شود ـ و لذا اقدامات دولت که در متابعت از منطق علم اســـت، موجه تلقی می‌شـــود و این مســـئله، اقدامات دولت را به‌دلیل تخصصی بودن علم و به‌تبع آن فنّاوری، از حوزه مباحث و نقدهای حوزه عمومی در امان می‌دارد، در حالی‌که نتایج چنین تصمیماتی مســـتقیماً مربوط به حوزه عمومی بوده و آن را به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. (هابرماس، ۱۳۷۳: ۹۲-۶۹)

۵. علیه ایده فنّاوری به‌عنوان علم کاربردی

دلایل علیه ایده فنّاوری به‌عنوان علم کاربردی را در دو حوزه نقدهای نظری ـ فلسفی و نقدهای تجربی ـ تاریخی می‌توان دســـته‌بندی کرد. دلایل نظری شامل دلایل فیلسوفان علم در مورد تجســـم ابزاری علم، تقدم وجودی فنّاوری بر علم، تمایز معرفت فنّاوری از دانش علمی و عدم وجود رابطه مســـتقیم از علم به فنّاوری می‌باشـــد. دلایل و مطالعات تاریخی نیز، بررسی تاریخ علم و فنّاوری و نشان دادن نادرستی خوانش فنّاوری به‌عنوان علم کاربردی توســـط شـــواهد تاریخی و از طریف دیگر بررسی جامعه‌شناختی فنّاوری و تأثیر عوامل اجتماعی بر آن را شامل می‌شود.

۵.۱. تجسم ابزاری علم

«فیلســـوفان علم، به‌طور سنتی توجه بسیارکمی به ابزار و مطالعات آزمایشگاهی در علم داشتند. در دیدگاه ســـنتی ابزار و آزمایش‌های علمی فقط به‌عنوان بررسی‌کننده (تأیید یا ابطال) نظریات علمی نقش داشـــته و در تولید علم هیچ نقشـــی نداشتند. اما تز دوئم ـ کواین[1] و تز نظریه بار بودن مشـــاهدات[2] این تلقی را زیر ســـؤال برد.» (بوون[3]، ۲۰۰۹:

---

۱. تزی که براســـاس آن شکســـت در یک آزمایش علمی را نه‌تنها می‌توان به نادرست بودن نظریه مربوط بلکه به کارکرد یا طراحی نادرست ابزار آزمایش اسناد داد، چراکه خود ابزار علمی متکی بر برخی نظریات علمی است.

۲. تزی که براساس آن مشاهدات و آزمایش‌ها در علم مستقل از نظریات نبوده، کاملاً مبتنی بر آنها هستند و از این‌رو نمی‌توانند به‌عنوان یک معیار قاطع در تأیید یا رد نظریات به‌کار روند.

3. Boon

۸۳-۷۸) اغلب خوانش‌های استاندارد از تغییر نظریه در علم، مبتنی بر خوانشی تئوریک (گزاره‌ای) از علم است. به‌طور مثال در تغییر پارادایم کوهن یا توانایی حل مسئله لاودن، بر ایجاد ناسازه (آنومالی) تأکید می‌شود ولی در مورد چگونگی و چرایی ایجاد آن صحبتی نمی‌شود. اما از اوایل دهه هشتاد میلادی جریانی در حوزه مطالعات علم ظهور می‌کند که بر نقش ابزار و فنّاوری‌ها در علم تأکید می‌کند. کتاب «بازنمایی و مداخله»[1] یان هکینگ در سال ۱۹۸۳ پیشگام این مطالعات بود و کتاب‌های «مشاهده، ابزار و نظریه»[2] رابرت آکرمن در ۱۹۸۵ و «آزمایش‌ها چگونه پایان می‌پذیرند؟»[3] پیتر گالیسون بسط‌دهنده این مطالعات بودند. از طرف دیگر نحله‌های جامعه‌شناختی پست ـ مرتونیِ علم، نظیر برساخت‌گرایان اجتماعی[4]، طرفداران برنامه قوی[5] و نظریه بازیگر ـ شبکه[6] مطالعات بسیارجالب و بدیعی را در این حوزه به‌انجام رساندند. به‌نظر پیت چه در ایجاد و چه در نحوه حل و تغییر نظریات، ابزارها نقش بسیار مهمی دارند. ابزارها از طرق مختلفی ـ از جمله تغییر نحوه عمل دانشمندان به‌دلیل تغییر ابزار ـ بر تغییر نظریه مؤثرند. مثلاً ابزارهای جدید می‌توانند چیزهای جدیدی را مشاهده‌پذیر سازند و نظریات باید با این مشاهدات جدید روبرو شوند. همچنین ابزارهای ایجادشده خارج از حوزه علم می‌توانند وارد علم شوند یا ابزارهای ایجادشده در یک حوزه علم به حوزه‌ای دیگر از علم راه پیدا کنند. یکی از مهم‌ترین مثال‌های تاریخی در این مورد، استفاده گالیله از تلسکوپ ـ که قبلاً در حوزه‌ای دیگر به‌عنوان وسیله بازی اختراع شده بود ـ است. «مشاهدات گالیله مبنی بر وجود پستی و بلندی در ماه و دایره کامل نبودن آن، برخلاف نظریه ارسطو مبنی بر دایره کامل و مسطح بودن ماه بود. مشاهده دیگر وجود قمر برای مشتری بود که نظریه زمین مرکزی ارسطو را به چالش می‌کشید، چرا که در این صورت مشتری مرکز قمر خود بود و نه زمین. خلاصه با کاربرد ابزار جدید، نظریه ارسطویی با مشکلاتی جدی روبرو شد.» (پیت[7]، ۱۹۹۴: ۱۳۶-۱) به‌عنوان مثالی دیگر، همان‌گونه که دن آیدی مطرح می‌کند، «علم بیشتر مدیون موتور بخار است تا موتور بخار مدیون علم»، چرا که

1. Ian Hackin, Representing and Intervening (1983)
2. Robert Ackermann, Data, Instruments and Theory (1985)
3. Peter Galison, How Experiments End (1987)
4. Social Constructionism
5. Strong Program
6. Actor-Network Theory
7. Pitt

به‌لحاظ تاریخی آنچه که باعث کشف قوانین ترمودینامیک گردید مشکلات و پرسش‌های ناشی از دست رفتن انرژی در موتورهای بخار اولیه بود و نه مشاهدات علمی. براساس این نقد، فنّاوری و ابزارهای علمی در ایجاد، ارزیابی و رشـــد علم نقش بسیار مؤثری داشته و لذا تقدم علم بر فنّاوری برداشـــتی نادرست از رابطه علم و فنّاوری است. از این‌رو به‌دلیل کاربرد وســـیع ابزار در علم و به‌دلیل منفعل نبودن این ابزار، تمایز بین علم و فنّاوری و ایده فنّاوری به‌عنوان علم کاربردی درهم می‌ریزد.

۵.۲. تقدم وجودی فنّاوری بر علم

ایـــن نقد بر پایـــه دیدگاه‌های مارتین‌هایدگر ـ به‌ویژه مقاله پرســـش از فنّاوری ـ درباره فنّاوری اســـتوار است و بعدها توسط فیلســـوفان پدیدارشناس فنّاوری چون دن آیدی و دیگران بسط داده شد و از طرف دیگر در آرای اعضای مکتب فرانکفورت به‌گونه‌ای دیگر بازتاب یافت. هایدگر در مقاله پرســـش از فنّاوری، اســـتدلال خود را با تمایز نهادن میان امر فنّاورانه و ماهیت فنّاوری شـــروع می‌کند. در نظر وی ماهیت فنّاوری با خود فنّاوری متفاوت اســـت[1]. «فنّاوری با ماهیت فنّاوری معادل نیست. وقتی ما در جستجوی ماهیت درخت هســـتیم، باید دریابیم که آنچه در هر درختی، همچون درخت، حضور همه‌جانبه دارد، خود درختی نیست که در میان دیگر درختان یافت شود. به همین منوال، ماهیت فنّاوری هم به هیچ وجه امری فنّاورانه نیست.» (هایدگر، ۱۳۷۷: ۴) حال سؤال این است که ماهیت فنّاوری چیست. پاسخ هایدگر به این سؤال طولانی و پیچیده است و ما قصد نداریم در اینجا استدلال وی را با جزئیاتش بیان کنیم. اما نتیجه استدلال وی این است که ماهیت فنّاوری نحوی از انکشاف جهان است که وی آن را «گشتل» می‌نامد و منظور وی این است که ماهیت فنّاوری نوعی نگرش به جهان است که جهان را همچون منبعی از انـــرژی می‌یابـــد که باید مهار و ذخیره گردد. از نظر هایدگر این نوع نگاه به جهان قبلاً وجود نداشته است و در دوران باستان، زمین به‌مثابه مادر دیده می‌شد و نه منبع انرژی. «انکشـــاف حاکم در فنّاوری جدید نوعی تعرض است، تعرضی که طبیعت را در برابر این خواست بی‌جا قرار می‌دهد که تأمین‌کننده انرژی باشد تا بتوان انرژی را از آن حیث که

۱. تمایز ماهیت یک شـــیء از خود آن شـــیء را می‌توان با مثالی توضیح داد. اگر فرض بگیریم که ماهیت انسان حیوان ناطق بودن است در این صورت حیوان ناطق بودن، خود انسانی میان انسان‌های دیگر نیست، بلکه وجه اشتراک عامی است که بین همه انسان‌ها مشترک است و انسان بودن را معنا می‌کند و در واقع ماهیت یک شیء نشان‌دهنده چیستی آن است.

انرژی است، از دل طبیعت استخراج و ذخیره کرد. اما مگر این امر در مورد آسیاب بادی قدیم صادق نیست؟ خیر. پره‌های آن البته با باد می‌چرخند، آنها کاملاً به امید وزش باد واگذاشته می‌شوند. ولی آسیای بادی انرژی جریان هوا را حبس نمی‌کند تا آن را ذخیره سازد.» (هایدگر، ۱۳۷۷: ۱۵) «هایدگر... فنّاوری را فراتر از تکنیک و حتی فراتر از سیاست می‌دید. فنّاوری شکلی از تجربه مدرن است، یک روش عمده که به‌واسطه آن جهان آشکار می‌شـــود. از این‌رو... فنّاوری به چیزی فراتر از ابزار واقعی بســـط می‌یابد. فنّاوری بر یک روش فکر کردن و یک سبک فعالیت دلالت می‌کند، در واقع، یک بناکننده شبه استعلایی واقعیت به‌عنوان یک شیء کنترل تکنیکی.» (فینبرگ، ۱۳۹۳: ۲۳-۱) از نظرهایدگر این نوع نگرش به جهان علت وجودی ظهور علم مدرن است. به‌عبارت دیگر رویکرد به جهان به‌مثابه منبع انرژی، علت به‌وجود آمدن نگرش علمی می‌گردد. «بنابراین، در پس فیزیک جدید، روح فنّاوری حاکم اســـت، فنّاوری به‌معنـــای آنتولوژیک آن یعنی جهان همچون منبع ذخایر... . فنّاوری به‌عنوان قفسه‌بندی یا گشتل، به‌عنوان سرمنشأ، شرط امکان علم جدید اســـت. به زبان هایدگر این به‌معنای تقدم فنّاوری است.» (آیدی، ۱۳۷۷: ۹۶-۴۴) این به این معناســـت که نه‌تنها فنّاوری به‌عنوان علم کاربردی متأخر از علم نیست، بلکه به‌لحاظ وجودی متقدم بر آن است.

۵.۳. معرفت فنّاورانه متفاوت از دانش علمی

طرفداران این نوع نگرش بر این باورند که فنّاوری خود شـــامل معرفتی است که متفاوت از دانش علمی است و از این‌رو فنّاوری نمی‌تواند علم کاربردی به‌معنای به‌کار برنده علم باشد. سؤال اینجاست که معرفت فنّاورانه چیست و چه تفاوتی با دانش علمی دارد؟ یک تفاوت معرفت فنّاورانه با دانش علمی این اســـت که «دانشمندان به‌منظور یافتن حقایق طبیعت، به‌دنبال کشف حقیقت‌اند و علم را به‌دلیل خود علم جستجو می‌کنند، درحالی‌که فنّاوران به‌دنبال ســـاختن چیزهایی هســـتند که مطابق طراحی آنان کار کند. مهندسان چندان دلمشـــغول حقیقت نیستند. آنان به‌دنبال طرح‌های پایدار و قابل اعتماد، افزایش بهره‌وری، یا تولید و ســـود بیشتر هستند. راهکار مؤثر دیگر برای متمایز ساختن معرفت فنّاورانه از دانش علمی توجه به نوع پدیده‌هایی است که دانشمندان و مهندسان به بررسی آنها می‌پردازند... با توجه به رویکرد عمل‌گرایانه مهندسان، آنها به بررسی محصولات تولید انســـانی ـ مصنوعات ـ یا پدیده‌های مربوط به چنیـــن رفتارهایی می‌پردازند. درحالی‌که

دانشـــمندان پدیده‌های طبیعی را مورد مطالعه قرار می‌دهند.» (بوسیرارلی[1]، ۲۰۰۹: ۶۶- ۷۰) از این‌رو موضوعات فنّاوری قابلیت تغییرپذیری و انعطاف دارند که این مسئله کاملاً در تضاد با عینیت مورد ادعا و خواســـت دانشـــمندان و علم است. از طرف دیگر معرفت فنّاورانه دارای معرفت ضمنی و مهارتی اســـت که توسط الگوی گزاره‌ای علم قابل بیان و انتقال نیســـت. میجرز[2] چهار ویژگی معرفت فنّاورانه را که آن را از معرفت علمی متمایز می‌ســـازد، چنین بیان می‌کند؛ «۱. مشـــارکتی بودن؛ بدین‌معنا که پدیده‌ها، استانداردها و مهم‌تر از همه معیارهای توجیه معرفت فنّاوری نه براســـاس جهان خارج و عینیت که براســـاس مساعی گروهی فنّاوران تعیین می‌شود. اینجا کاربرد و بهره‌وری مطرح است و نه حقیقت. ۲. وابســـتگی به زمینه؛ ازآنجا که معرفت فنّاورانه در مورد مشـــکلی عملی و انضمامی مطرح می‌گردد، لذا کاملاً وابســـته به مشکل و زمینه آن است، برخلاف معرفت علمی که به‌دنبال دانش عینی‌ای است که همیشه و همه‌جا صادق باشد. ۳. ارزش باری؛ بدین‌معنا که مفاهیم ارزشی در مورد فنّاوری مطرح‌اند اما در مورد علم نه. مثلاً می‌توان از خوب یا بد بودن پیچ‌گوشـــتی صحبت کرد اما خوب یا بد بودن در مورد قوانین نیوتن معنایی ندارد. ۴. غیر گزاره‌ای بودن؛ به‌دلیل آنکه معرفت فنّاورانه شـــامل دانستن درباره چگونه بودن و شامل معرفت مهارتی و ضمنی است که قابل بیان گزاره‌ای و زبانی نیست از معرفت گزاره‌ای علمی متفاوت اســـت.» (میجـــرز و دوریه، ۲۰۰۹: ۷۵-۷۰) بنا به این دلایل، فنّاوری که شـــامل معرفت فنّاورانه است نمی‌تواند نتیجه بی‌واسطه علم و معرفت علمی باشد، چراکه معرفت فنّاوری متمایز و متفاوت از معرفت علمی است.

۵.۴. شواهد تاریخی

مســـیر مستقیمی از علم به فنّاوری وجود ندارد، یعنی وجود علم شرط کافی برای وجود فنّاوری نیست. به‌عنوان مثال بسیاری از کشورها به جدیدترین نظریات علمی دسترسی دارند، اما قادر به ایجاد مصنوعات فنّاورانه نیســـتند. این مسئله نشان‌دهنده این است که در ایجـــاد فنّاوری عـــلاوه بر علم، عوامل دیگری نیز دخیل‌اند و لذا فنّاوری نمی‌تواند علم کاربردی باشد. نظریات جامعه‌شناختی و تاریخی علم و فنّاوری بر نقش عوامل اجتماعی در ایجاد و گســـترش فنّاوری تأکید داشـــته و با کمک مطالعـــات میدانی و تاریخی این

1. Bucciarelli
2. Meijers

مسـئله را نشان داده‌اند. همان‌گونه که در بالا اشاره شد رویکردهای جامعه‌شناختی علم و فنّاوری بعد از به چالش کشـیده شـدن نگرش‌های اسـتاندارد به علم و فنّاوری ایجاد شـده و گسترش یافتند. در اینجا مجال آن نیست که همه این نحله‌های جامعه‌شناختی ـ تاریخی مورد بررسـی قرار گیرند و لذا ما به ذکر نمونه‌های تاریخی‌ای می‌پردازیم که ایده فنّاوری به‌عنوان علم کاربردی را به‌شدت به چالش کشیده‌اند.

تاریخ‌نـگاران، مهم‌ترین منتقدان آموزه فنّاوری به‌عنوان علم کاربردی بودند. «آنها در تلاش بودند که نشان دهند براساس تاریخ و برخلاف پیش‌فرض‌های متداول، در بسیاری موارد فنّاوری در طول اعصار گذشـته بدون نیاز به معرفت علمی توسـعه یافته است. در ادامه به‌شکل بسیار فشرده به برخی از این پژوهش‌ها اشاره می‌شود.

«ماشین بخار از مهم‌ترین مواردی است که نه‌تنها پیش از پیدایش علم ترمودینامیک توسـط جمیز وات و نیوکامن بدون هیچ وابستگی‌ای به معرفت علمی توسعه یافت، بلکه بعدها مستقیماً در تولید معرفت علمی مربوطه نقش داشته است... تری رینولدز با مروری دقیق بر توسـعه چرخ آبی روگذر ـ گرانشـی نشان داد که مطابق با نظریه‌های علمی آن زمان نبایسـت تفاوتی میـان عملکرد آن فنّاوری و چرخ آبـی زیرگذر ـ ضربه‌ای وجود داشته باشد، درحالی‌که دستگاه‌های ساخته‌شده نتایج معکوسی را نشان می‌داد... بررسی توسعه صنعت فنّاوری هوانوردی و پرواز توسط جان رائی نشان داد که زمانی‌که برادران رایت اولین تجربه پرواز خود را در نهایت با موفقیت به‌ثمر رسـاندند، نه‌تنها علم فیزیک در شاخه سیالات، معرفت قابل استفاده‌ای برای طراحی بال و بدنه نداشت، بلکه براساس همان معرفت علمی، پرواز به‌روشی که اولین بار انجام شد غیرممکن بود... پژوهش بر روی فنّاوری موتور القائی توسط رونالدکلاین نشان می‌دهد که مطابق با علم الکترومغناطیس به‌شکلی که در معادلات ماکسول ارائه شده، وجود چنین موتوری غیرممکن بود... کایریل اسـمیت با مروری بر وضعیت فنّاوری متالوژی نشـان داده است که بدنه اصلی معرفت مورد نیاز برای تولید آلیاژها بسیار پیش از آنکه علم مدرن حتی به فکر تبیین آن بیفتد، ایجاد شده و مورد استفاده قرار می‌گرفت... (خلاصه) موارد بسیار اندکی وجود داشته که در آنها علم کشف می‌کند و فنّاوری به‌کار می‌برد.» (زیباکلام و احمدی، ۱۳۹۰: ۱۴-۱)

علاوه بر موارد ذکرشده نمونه‌های تاریخی دیگری را نیز می‌توان مثال زد. همان‌گونه که اشاره شد یکی از مهم‌ترین مثال‌های تاریخی دراین مورد استفاده گالیله از تلسکوپ ـ که قبلاً در حوزه‌ای دیگر به‌عنوان وسیله‌ای برای بازی اختراع شده بود ـ است. استفاده

گالیله از تلسکوپ در حوزه نجوم و مشاهدات وی مبنی بر وجود پستی و بلندی در ماه و دایره کامل نبودن آن خلاف نظریه ارسطو مبنی بر دایره کامل و مسطح بودن ماه بود. مشاهده دیگر وی وجود قمر برای مشتری بود که نظریه زمین مرکزی ارسطو را به‌چالش می‌کشید چرا که در این‌صورت مشتری مرکز قمر خود بود و نه زمین. خلاصه با کاربرد فنّاوری جدید، نظریه ارسطویی با مشکلاتی جدیدی روبرو شد. مثال مهم دیگر استفاده از میکروسکوپ ـ اولین میکروسکوپ توسط گالیله ساخته شد ـ بود که نه‌تنها تغییرات عظیمی در نظریات علمی موجود ایجاد کرد، بلکه باعث ایجاد علمی جدید ـ زیست سلولی و بعداً ژنتیک ـ و حتی ایجاد مجموعه واژگان جدیدی ـ مانند سلول ـ برای این جهان تازه شد. نکته جالب اینکه نظریه سلولی در پاسخ به مشاهدات و جهان میکروسکوپی بعد از حدود ۲۰۰ سال ایجاد گردید. مثال دیگر ورود عکاسی و گسترش آن به حوزه علم است. به‌عنوان مثال نقش هابل در کیهان‌شناسی. در اینجا نیز همانند مورد میکروسکوپ، مفهوم و فنّاوری عکاسی در مقیاس کیهانی باعث مشاهدات جدید و خلق نظریات علمی جدیدی شد که استفاده از این فنّاوری ایجاد کرده بود و اما مهم‌ترین مثال کنونی کاربرد کامپیوتر ـ که در حوزه نظامی اختراع شده بود ـ در تقریباً همه علوم جدید و ایجاد تغییرات شدید در آنها است. نقش کامپیوتر و شبیه‌سازی و توان محاسباتی آن در ایجاد علومی چون هواشناسی و هوافضا و ژنتیک بسیار ویژه است.

همه این مثال‌ها و شواهد تاریخی صحت ایده فنّاوری به‌عنوان علم کاربردی را به‌چالش می‌کشند و نمایان می‌سازند که برخلاف تصور رایج، در بیشتر موارد این علم بود که به‌دنبال فنّاوری و در جهت رفع ایرادات و بهبود کارایی آن ایجاد گردیده و یا کاربرد فنّاوری‌های خارج از حوزه علم در علم باعث تغییر نظریات جاری علم و یا ایجاد حوزه‌ای جدید برای علم شده است.

۶. نتیجه‌گیری

با توجه به مسائل مطرح‌شده، مشخص است که ایده فنّاوری به‌عنوان علم کاربردی در دنیای امروز دیگر به‌سادگی قابل دفاع نبوده و باید بازنگری اساسی در آن صورت پذیرد. همان‌گونه که اشاره شد، این بازنگری، استلزامات فراوانی در پی خواهد داشت. در بخش سیاست‌گذاری ـ چه حوزه علم و فنّاوری و چه حوزه‌های اقتصاد و فرهنگ ـ ما نیازمند نگرشی جدید در پرتو بازخوانی رابطه علم و فنّاوری هستیم. لذا در بخش سیاست‌گذاری توسعه فنّاوری باید از سیاست فشار عرضه که مبتنی بر سرمایه‌گذاری‌های کلان در حوزه

علم و به‌ویژه علوم پایه و مبتنی بر برداشت خطی از توسعه فنّاوری ـ مسیر توسعه فنّاوری از علوم پایه تا فنّاوری ـ دست کشید و راه‌های دیگری را آزمود و پذیرفت که علم فقط یکی از بازیگران در توسعه فنّاوری است و نه تنها علت آن. از طرف دیگر نباید در مورد مسئله رابطه صنعت و دانشگاه خیلی بزرگنمایی کرد طوری که گمان رود کلید توسعه فنّاوری در گرو این رابطه است. شواهد تاریخی نشان می‌دهند که علم بیشتر وامدار فنّاوری بوده است تا فنّاوری مدیون علم. لذا در توسعه فنّاوری علاوه بر دانشگاه باید به عوامل مؤثر دیگر همچون اقتصاد فنّاوری، مسئله فرهنگ و فنّاوری نیز توجه نشان داد. در پرتو خوانش جدید از رابطه علم و فنّاوری، باید مسئله آموزش فنّاوری به‌ویژه آموزش مهندسی را مورد بازبینی جدی قرار داد و بر اهمیت مهارت در حوزه آموزشی در قیاس با اهمیت علم وقع بیشتری نهاد و توجه داشت که مثلاً نوع روابط انسانی در حوزه مهندسی در کنار نحوه حل علمی مشکلات مهندسی اهمیت دارد و لذا نیاز است که مهندسی آن‌گونه که در واقعیت جریان دارد مورد مداقه قرار گیرد و مهندسی فقط در حل علمی مسائل تکنیکی خلاصه نشود. در حوزه عمومی نیز اولاً باید حوزه مصرف‌کننده را به‌عنوان یکی از عوامل مؤثر در توسعه فنّاوری مورد توجه قرار داد و ثانیاً با درگیر کردن حوزه عمومی در ایجاد و انتخاب فنّاوری تلاش کرد که در کنار توسعه فنّاوری از اثرات مخرب آن کاست. باید خود فنّاوری و منطق رشد آن و عوامل مؤثر بر آن توسط نظریات فلسفی و جامعه‌شناختی مورد تدقیق قرار گیرد و با سیاست‌گذاری‌های درست از هدر رفت منابع و زمان جلوگیری به‌عمل آورد و از طرف دیگر با شناسایی خصوصیات معرفت فنّاورانه و بازخوانی رابطه صنعت و دانشگاه در رابطه با سیاست‌گذاری و نحوه آموزش مهندسی، وضعیت موجود را بهبود بخشید. نهایتاً با توجه به نظریات جامعه‌شناختی و فرهنگی، مسائل مربوط به فنّاوری را به حوزه عمومی کشانید و رویکردی دموکراتیک‌تر نسبت به مسئله فنّاوری اتخاذ کرد تا شاید بتوان از اثرات منفی فنّاوری کاسته و در جهت ساختن آینده‌ای بهتر تلاش کرد.

از طرف دیگر باید توجه نمود که این بحث‌های نظری کلان، تنها بینشی عمومی درباره علم و فنّاوری و رابطه آنها به‌دست می‌دهند و فهم دقیق‌تر و بهتر نیازمند مطالعاتی تجربی است. به‌عنوان نمونه می‌توان با تمایز نهادن بین فنّاوری‌های پیشرفته و فنّاوری‌های متوسط و یا بین فنّاوری‌های سنتی و مدرن و یا معرفت فنّاورانه و عمل فنّاورانه و نهایتاً بین مصنوع فنّاورانه در مقابل نگرش فنّاورانه، بحث‌ها و مطالعات تجربی‌تر و دقیق‌تری را در مورد مسئله فنّاوری و رابطه آن با علم در هر مورد انضمامیِ خاص سامان داد.

منابع

۱. آیدی، دن. (۱۳۷۷). هنر و فنّاوری؛ فلسفه پدیدارشناختی هایدگر درباره فنّاوری. شاپور اعتماد. در: **فلسفه تکنولوژی**. تهران: نشر مرکز.

۲. ذاکرصالحی، غلامرضا و امین ذاکرصالحی. (۱۳۸۸). تحلیل محتوای پیش‌نویس نقشه جامع علمی کشور و پیشنهاد الگوی ارزیابی آن. **سیاست علم و فنّاوری**. سال دوم. شماره ۲. تابستان.

۳. زیباکلام، سعید و مهدی احمدی. (۱۳۹۰). رابطه علم و فنّاوری: طرح و نقد الگوی «فنّاوری به‌مثابه علم کاربردی». **سیاست علم و فنّاوری**. سال سوم. شماره ٤. تابستان.

٤. فایرابند، پل. (۱۳۷۵). **افسانه‌های پریان: علیه روش و نتایج؛ دیدگاه‌ها و برهان‌ها**. شاپوراعتماد. تهران: نشر مرکز.

۵. فینبرگ، آندرو. (۱۳۹۳). **هایدگر، مارکوزه و فلسفه تکنولوژی**. میثم عالیپور. http://www.sfu.ca/…rcuse,PhilosophyofTech_farsi.pdf

٦. قانعی‌راد، سیدمحمدامین و ابوالفضل مرشدی. (۱۳۹۰). پیمایش فهم عمومی از علم و فنّاوری: مطالعه موردی شهروندان تهرانی. **سیاست علم و فنّاوری**. سال سوم. شماره ۳. بهار.

۷. واعظزاده، صادق. (۱۳۸۹). مقدمه‌ای بر تعیین سیاست‌ها و راهبردهای ملی علم و فنّاوری. **نخستین کنفرانس توسعه و ترویج استاندارد**.

۸. هابرماس، یورگن. (۱۳۷۳). علم و فنّاوری در مقام ایدئولوژی. سیدعلی مرتضویان. **ارغنون**. شماره ۱.

۹. هایدگر، مارتین. (۱۳۷۷). پرسش از فنّاوری. شاپور اعتماد. **فلسفه تکنولوژی**. تهران: نشر مرکز.

۱۰. هابرماس، یورگن. (۱۳۸۸). فنّاوری و جهان‌زیست اجتماعی. حسین علی نوذری. **ماهنامه اطلاعات حکمت و معرفت**. شماره ٤۳.

11. Boon, M. (2009). Instruments in Science and Technology. In: Edited by J. K. B. Olsen; S. A. Pedersen & V. F. Hendricks. *A Companion to the Philosophy of Technology*. Blackwell Publishing Ltd.

12. Bucciarelli, L. L. (2009). Engineering Science. In: Edited by J. K. B. Olsen; S. A. Pedersen & V. F. Hendricks. *A Companion to the Philosophy of Technology*. Blackwell Publishing Ltd.

13. De Vries, M. J. (1996). Technology Education: Beyond the "Technology is Applied Science" Paradigm. *Journal of Technology Education*. Vol. 8. N. 1. 1-6.

14. Ihde, D. (2009). Technology and Science. In: Edited by J. K. B. Olsen; S. A. Pedersen & V. F. Hendricks. *A Companion to the Philosophy of Technology*. Blackwell Publishing Ltd.

15. Meijers, A. W. & M. J. De Vrie. (2009). Technological Knowledge In: Edited by J. K. B. Olsen; S. A. Pedersen & V. F. Hendricks. *A Companion to the Philosophy of Technology*. Blackwell Publishing Ltd.

16. Pitt, J. C. (1994). Experiments and Scientific Change. *Syntheses*. Vol. 99. 1-136