

علم و فناوری 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 این رو چستی و چگونگی رابطه بین آنها اهمیت فراوانی دارد. در باور عمومی غالب رابطه این دو بدین صورت تعریف می‌شود که فناوری 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 فناوری درست و دقیق نیست و نیازمند بازبینی و بازتعریف است. در انتها نیز پیشنهادهایی برای حالات بدیل رابطه بین علم و فناوری مطرح می‌گردد.

■ واژگان کلیدی:

علم، فناوری، سیاست‌گذاری، آموزش مهندسی، حوزه عمومی

رابطه علم و فناوری 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

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

۲. ضرورت تبیین رابطه علم و فناوری

۲.۱. سیاست‌گذاری

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

پاسخگویی به این پرسش است. بر طبق این الگو فناوری ناشی از کاربرد اکتشافات علمی و جدید دانشمندان است. پیام این الگو برای سیاست‌گذاران و استراتژیست‌های علم و فناوری آن است که دولت‌ها و شرکت‌های خصوصی باید سرمایه‌هنگفتی 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 فناوری و رابطه آنها مبتنی بر همان الگوی فناوری به‌عنوان علم کاربردی است و هزینه‌های هنگفتی صرف تحقیقات پایه «مانند نانوفناوری، بیوفناوری و فناوری هسته‌ای - از طریق گسترش پژوهش‌شکده‌ها، مراکز علمی پژوهشی، پارک‌ها، پردیس‌ها و نظایر آنها می‌گردد.» بررسی مضامین به کار رفته در بخش سیاست‌های کلی نقشه (جامع علمی کشور) 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 اقتصاد و صنعت و بنگاه‌ها و دستگاه‌های اجرایی دارد. (ذاکرحالهی و ذاکرحالهی، ۱۳۸۸: ۳۴) اما مسئله مهم این است که اگر الگوی توسعه فناوری الگوی خطی نباشد و مثلاً ایجاد و رشد فناوری مبتنی بر علم نباشد این هزینه‌ها و سرمایه‌گذاری‌ها مؤثر نبوده و نتایج دلخواه حاصل نخواهد شد، چرا که در فضای عمومی کمتر اثری از نتایج این تحقیقات پایه در حوزه‌های ذکر شده دیده می‌شود و مردم و اقتصاد ملی آنچنان که باید از آنها منتفع نمی‌گردند.

از طرف دیگر فهم فناوری به‌عنوان علم کاربردی باعث بزرگنمایی و اهمیت کاذب یافتن مسئله ارتباط دانشگاه - صنعت می‌گردد و گمان می‌رود که حلقه مفقوده در ایجاد توسعه و پیشرفت جامعه، ارتباط دانشگاه - صنعت است و سرمایه‌گذاری‌های کلان مالی و سیاست‌گذاری صرف حل این مسئله می‌گردد، حال آنکه اگر فناوری محصول فقط علم نباشد، از میزان اهمیت مسئله ارتباط صنعت و دانشگاه کاسته شده و با روشن شدن ماهیت واقعی فناوری و عوامل مؤثر در ایجاد آن می‌توان سرمایه‌گذاری‌ها را در محل درست و مناسب خود به کار گرفت. منظور این است که وقتی تصور می‌شود که تولید فناوری از تحقیقات در علم پایه آغاز شده و به تولید فناوری خاتمه می‌یابد، دو خلط مفهومی اتفاق می‌افتد؛ اول اینکه حتی با فرض درستی چنین رابطه‌ای، تأثیر سایر عوامل،

مانند عوامل اقتصادی، سیاسی و فرهنگی در چرخه ایجاد فناوری کم‌اهمیت جلوه داده می‌شود. دوم اینکه همان‌گونه که دلایل نظری و تجربی نیز نشان می‌دهند، در بسیاری از موارد چنین رابطه یک‌طرفه‌ای از علم به فناوری وجود ندارد و حتی در اغلب موارد تاریخی ایجاد فناوری این رابطه برعکس است. البته منظور این نیست که رابطه‌ای بین علم و فناوری وجود ندارد، بلکه هدف در اینجا شناخت صحیح ماهیت رابطه این دو است. از این رو تبیین ماهیت علم و فناوری و رابطه آنها در حوزه سیاست‌گذاری واجد اهمیت بسیار است.

۲.۲. آموزش مهندسی

حوزه دوم تأثیرگذاری، نحوه آموزش مهندسی می‌باشد. زمانی که فناوری 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 فناوری همواره از دانش کم یا نامربوط مهندسیین فارغ‌التحصیل دانشگاهی گله‌مندند و از طرف دیگر مهندسان در فضای کاری، بسیاری از آموخته‌های نظری خود را نامربوط می‌یابند. از طرف دیگر با وجود رشد فزاینده در حوزه علم - به‌عنوان شهادی بر این ادعا تعداد مقالات علمی تولیدشده توسط ایرانیان و ارتقاء رتبه کشور در تولید علم و میزان فارغ‌التحصیلان مهندسی - شاهد رشد چندانی در حوزه فناوری نیستیم. «واقعیت این است که در اغلب موارد ارتباط مستقیمی بین معرفت علمی و محصول فناورانه دیده نمی‌شود.» (دوریس^۱، ۱۹۹۶: ۶-۱) لذا الگوی خطی فناوری به‌مثابه علم کاربردی در حوزه آموزش مهندسیین باعث رویکرد علم‌مآبانه به مهندسی 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 مطرح‌شده، اما بسیار مهم درباره علم و فناوری و تأثیرگذاری آنها بر حوزه عمومی است. در حوزه عمومی در رابطه با علم و فناوری و نحوه برداشت از رابطه آنها با چندین مسئله روبروئیم؛ از جمله مسئله تخریب محیط زیست. این مسئله وجوه گوناگونی دارد مانند سوراخ شدن لایه اوزن، آلودگی دریاها، استفاده از سموم شیمیایی،

نابودی جنگل‌ها و مراتع، آلودگی هوای شهری، زباله‌های هسته‌ای و غیره. مسئله دیگر جنگ‌افزارهای مدرن و سلاح‌های شیمیایی و هسته‌ای است که می‌تواند کلیت حیات انسانی را به خطر اندازد و فناوری‌های مدرنی مانند شبیه‌سازی مسائل اخلاقی بسیاری را باعث شده‌اند. از طرف دیگر فناوری‌های مدرن مانند ماهواره، تلفن همراه و اینترنت (فناوری ارتباطات) نه تنها مسائل سیاسی و امنیتی بسیاری را موجب شده بلکه فرهنگ‌های کشورهای بسیاری را به چالش کشیده و در پی از بین بردن خرده‌فرهنگ‌ها برآمده و به دنبال مسلط ساختن یک نوع از الگوی زندگی سازگار با فناوری‌های مدرن هستند. البته توجه گردد که آنچه که مد نظر است نه انکار فناوری به صورت کلی و مثلاً بازگشت به دوران پیش‌فناوری، بلکه توجه دادن به امکان‌های بدیل برای توسعه فناوری است. مفاهیمی همچون فناوری‌های سبز و پایدار می‌توانند مثال خوبی از این امکان‌های بدیل باشند. توسعه فناوری هیچ مسیر محتوم و قطعی‌ای، آن‌گونه که در پس ایده فناوری به‌عنوان علم کاربردی نمایانده می‌شود، ندارد و همواره فناوری‌های متفاوتی برای مسائل مختلف می‌تواند وجود داشته باشد. مسئله توجه به این امکان‌های بدیل و گزینش آنها براساس رویکردی کل‌گرایانه و دموکراتیک است و نه رویکردی صرفاً فنی.

موضوع دیگر مسائل مربوط به توسعه و نقش علم و فناوری 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 فناوری و رابطه بین آنهاست. زمانی که فناوری علم کاربردی قلمداد شود، با توجه به جایگاه والایی که امروزه برای علم فرض می‌گردد و از طرف دیگر تخصصی بودن (شدن) موضوع علم و فناوری، حوزه عمومی از دخالت و اظهارنظر در مورد مسائلی که ارتباط مستقیم با آنان دارد، منع می‌گردد. این منع ورود به عرصه علم، هم جنبه روانی - به دلیل شأن والای علم - و هم جنبه سیستماتیک و عملی - به دلیل تخصصی فرض شدن موضوع - دارد. براساس خوانش فناوری به‌عنوان علم کاربردی الگوی مورد نظر در مورد رابطه جامعه و علم و فناوری الگوی کمبود^۱ است. «طبق این مدل، جریان دانش بین علم و عامه تنها یک جریان یک‌طرفه است و عامه به‌عنوان یک هستار گمنام و همگن باید به‌گونه‌ای منفعل دانش ناب تولیدشده به‌وسیله اجتماع علمی را کسب کند.» (قانع‌راد و مرشدی، ۱۳۹۰: ۳۱) و حوزه عمومی به‌دلیل کمبود علمی و نظری صلاحیت اظهارنظر در مورد مسائل مربوط به علم و فناوری را ندارد.

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 فناوری است، وجود ندارد. ولی تجربه تاریخی نشان می‌دهد که در پرتو چنین رویکردی جامعه انسانی توفیق چندانی در حل این مسائل نداشته است. بهتر نشدن سطح زندگی‌ها، بحران‌های زیست‌محیطی و آلودگی هوا، ترافیک، عدم کاهش فاصله فقیر و غنی و در کل عدم افزایش رضایت و شادمانی در عصر مدرن نشانه‌های این عدم توفیق‌اند. از این‌رو نیاز شدیدی به بازخوانی رابطه علم و فناوری و به تبع آن بازخوانی رابطه علم و فناوری 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)

۵۰

۳. معنای ایده فناوری به‌عنوان علم کاربردی

زمانی که گفته می‌شود فناوری همان علم کاربردی است منظور دقیقاً چیست؟ برای درک بهتر این تعریف نیازمند فهم مفهوم علم کاربردی هستیم. علم به‌عنوان مجموعه‌ای از معرفت‌های کلی، مفهومی، مستدل، سیستماتیک و آزمایش‌شده براساس مسائل مورد بررسی به دو حوزه علوم محض و علوم کاربردی تقسیم می‌شود. توجه گردد که این دو حوزه براساس تمرکز و جهت مسائل از هم متمایز می‌گردند و گرنه به‌لحاظ ویژگی‌های ذکرشده در بالا برای علم، با هم مشترک‌اند و هر دو حوزه در تولید و ایجاد معرفت علمی جدید نقش دارند. یعنی زمانی که موضوع مورد بررسی مسئله‌ای عملی و نیازی مشخص باشد با علوم کاربردی و زمانی که 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 می‌باشند. اما معنای فناوری به‌عنوان علم کاربردی این نیست، بلکه منظور این است که فناوری کاربرد علم در مورد مسائل عملی می‌باشد.

از طرف دیگر زمانی که گفته می‌شود که فناوری همان علم کاربردی است، معنای ضمنی این گفته این است که بین علم و فناوری یک رابطه خطی و علی از علم به فناوری وجود دارد. بدین معنا که علم شرط لازم و کافی برای ایجاد و توسعه فناوری است و عوامل دیگر یا نقشی ندارند و یا نقش آنها بسیار ناچیز است. به عبارت دیگر این ایده چنان

می‌نماید که برای توسعه فناوری فقط لازم است که علم مربوط کسب گردد و زمانی که علم مورد نظر وجود داشته باشد، فناوری به صورت خودبه‌خودی ایجاد خواهد شد. اما همان‌گونه که می‌دانیم این دیدی بسیار ساده‌اندیشانه است، چرا که با وجود دسترسی به علوم بسیار در حوزه‌های مختلف، توان فناوریانه مربوط به آن، با وجود تمایل به ایجاد آن، امکان ظهور نمی‌یابد و توان دستیابی به چنین فناوری مهیا نمی‌گردد. توجه گردد که در ایده فناوری 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 فناوری به‌عنوان علم کاربردی

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

۵۱

۴.۱. دلایل نظری

در حوزه نظری از زمانی که 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، بررسی علم را مهم‌تر و اساسی‌تر از فناوری قلمداد کرده، فناوری 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 فلسفی بودند و تا اواخر قرن، انتقادات توصیفی و تجربی جایی در این مباحثات پیدا نکردند. «چرا تفکر مدرنیته سرسختانه از ایده تقدم علم (بر فناوری) دفاع می‌کند؟ بخشی از جواب در این سؤال نهفته است؛ چه کسانی ماهیت علم را تفسیر می‌کنند؟ در مورد قرن بیستم به‌طور مشخص تفسیر فیلسوفان علم غلبه داشته است.» (آیدی، ۲۰۰۹) و این غلبه نگرش فیلسوفان علم، باعث ایجاد و باور عمومی به ایده فناوری 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 است. این باور تا بدان جا شدت یافته که فایرabend از آن به‌عنوان باوری ایدئولوژیک

انتقاد می‌کند. «در جامعه (امروز) از احکام دانشمندان با همان احترامی استقبال می‌شود که تا همین اواخر برای احکام اسقف‌ها 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.» (فایراند، ۱۳۷۵: ۱۲۰) علم‌گرایی باعث شده که علم، واجد ارزش والایی گردد و از این‌رو چیزهای دیگر مرتبط با آن و از جمله فناوری 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 فناوری در این است که صاحبان قدرتی که فناوری را ایجاد می‌کنند، برای توجیه وضعیت موجود و شانه خالی کردن از اثرات مخرب انواع فناوری‌ها، آن را به‌عنوان کاربرد علم - علمی که مقدس است - معرفی می‌نمایند و از این طریق هم مسیر موجود فناوری 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 فناوری کاربرد علم است و از آنجا که علم چیز خوبی است، لذا فناوری ایجادشده از طریق علم نیز خوب است و هرکس که فناوری را نقد نماید. چنان است که علم را انکار می‌کند. از طرف دیگر از آنجا که علم مسئله‌ای تخصصی است و لذا حوزه عمومی حق دخالت و اظهارنظر درباره فناوری را ندارد.

۴.۳. عوامل اجتماعی

اما مهم‌تر از این عامل تاریخی، جایگاهی است که این باور در مناسبات اجتماعی - 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 فناوری می‌باشد؛ فناوری خوب است، چرا که زائیده و نتیجه علم است و نباید از آن انتقاد کرد و باید با آغوش باز از آن - هرچه که باشد - استقبال کرد! مشخص است که صاحبان و خالقان فناوری نفع بسیاری از این باور برده و می‌برند و در مقابل تغییر چنین باوری به‌شدت مقاومت می‌ورزند.

از طرف دیگر چنین برداشتی از رابطه علم و فناوری توسط دولت‌های مدرن جهت توجیه اقدامات‌شان مورد استفاده - سوءاستفاده - 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 فناوری موتور توسعه اقتصادی است و از این‌رو غالب تصمیمات دولت‌ها در مورد فناوری در حوزه‌های گوناگون است. در چنین موقعیتی باور به فناوری به‌عنوان علم کاربردی، هم اعمال دولت را توجیه می‌کند؛ چراکه علم دارای ارزشی والا و منطق رشدی فارغ از مسائل اجتماعی است - یا چنین نمایانده می‌شود - و لذا اقدامات دولت که در متابعت از منطق علم است، موجه تلقی می‌شود و این مسئله، اقدامات دولت را به‌دلیل تخصصی بودن علم و به‌تبع آن فناوری، از حوزه مباحث و نقدهای حوزه عمومی در امان می‌دارد، در حالی که نتایج چنین تصمیماتی مستقیماً مربوط به حوزه عمومی بوده و آن را به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. (هابرماس، ۱۳۷۳: ۹۲-۶۹)

۵. علیه ایده فناوری به‌عنوان علم کاربردی

دلایل علیه ایده فناوری به‌عنوان علم کاربردی را در دو حوزه نقدهای نظری - فلسفی و نقدهای تجربی - تاریخی می‌توان دسته‌بندی کرد. دلایل نظری شامل دلایل فیلسوفان علم در مورد تجسم ابزاری علم، تقدم وجودی فناوری بر علم، تمایز معرفت فناوری از دانش علمی و عدم وجود رابطه مستقیم از علم به فناوری می‌باشد. دلایل و مطالعات تاریخی نیز، بررسی تاریخ علم و فناوری و نشان دادن نادرستی خوانش فناوری به‌عنوان علم کاربردی توسط شواهد تاریخی و از طریق دیگر بررسی جامعه‌شناختی فناوری و تأثیر عوامل اجتماعی بر آن را شامل می‌شود.

۵.۱. تجسم ابزاری علم

«فیلسوفان علم، به‌طور سنتی توجه بسیار کمی به ابزار و مطالعات آزمایشگاهی در علم داشتند. در دیدگاه سنتی ابزار و آزمایش‌های علمی فقط به‌عنوان بررسی‌کننده (تأیید یا ابطال) نظریات علمی نقش داشته و در تولید علم هیچ نقشی نداشتند. اما تز دوئم - کواین^۱ و تز نظریه بار بودن مشاهدات^۲ این تلقی را زیر سؤال برد.» (بوون^۳، ۲۰۰۹:

۱. تزی که براساس آن شکست 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 فناوری‌ها در علم تأکید می‌کند. کتاب «بازنمایی و مداخله»^۱ یان هکینگ در سال ۱۹۸۳ پیشگام این مطالعات بود و کتاب‌های «مشاهده، ابزار و نظریه»^۲ رابرت آکرمن در ۱۹۸۵ و «آزمایش‌ها چگونه پایان می‌پذیرند؟»^۳ پیتر گالیسون بسط‌دهنده این مطالعات بودند. از طرف دیگر نحله‌های جامعه‌شناختی پست - مروتونی علم، نظیر برساخت‌گرایان اجتماعی^۴، طرفداران برنامه قوی^۵ و نظریه بازیگر - شبکه^۶ مطالعات بسیار جالب 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 - از جمله تغییر نحوه عمل دانشمندان به‌دلیل تغییر ابزار - 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 حوزه‌های دیگر از علم راه پیدا کنند. یکی از مهم‌ترین مثال‌های تاریخی در این مورد، استفاده گالیله از تلسکوپ - که قبلاً در حوزه‌های دیگر به‌عنوان وسیله بازی اختراع شده بود - 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^۷، 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، فناوری و ابزارهای علمی در ایجاد، ارزیابی و رشد علم نقش بسیار مؤثری داشته و لذا تقدم علم بر فناوری برداشتی نادرست از رابطه علم و فناوری است. از این‌رو به‌دلیل کاربرد وسیع ابزار در علم و به‌دلیل منفعل نبودن این ابزار، تمایز بین علم و فناوری و ایده فناوری به‌عنوان علم کاربردی درهم می‌ریزد.

۵.۲. تقدم وجودی فناوری بر علم

این نقد بر پایه دیدگاه‌های مارتین‌هایدگر - به‌ویژه مقاله پرسش از فناوری - درباره فناوری استوار است و بعدها توسط فیلسوفان پدیدارشناس فناوری چون دن آیدی و دیگران بسط داده شد و از طرف دیگر در آرای اعضای مکتب فرانکفورت به‌گونه‌ای دیگر بازتاب یافت. هایدگر در مقاله پرسش از فناوری، استدلال خود را با تمایز نهادن میان امر فناورانه و ماهیت فناوری شروع می‌کند. در نظر وی ماهیت فناوری با خود فناوری متفاوت است! «فناوری با ماهیت فناوری معادل نیست. وقتی ما در جستجوی ماهیت درخت هستیم، 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 فناوری هم به هیچ وجه امری فناورانه نیست.» (هایدگر، ۱۳۷۷: ۴) حال سؤال این است که ماهیت فناوری 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 فناوری نحوی از انکشاف جهان است که وی آن را «گشتل» می‌نامد و منظور وی این است که ماهیت فناوری نوعی نگرش به جهان است که جهان را همچون منبعی از انرژی می‌یابد 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. «انکشاف حاکم در فناوری 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 شیء از خود آن شیء 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... فناوری را فراتر از تکنیک و حتی فراتر از سیاست می‌دید. فناوری شکلی از تجربه مدرن است، یک روش عمده که به واسطه آن جهان آشکار می‌شود. از این‌رو... فناوری به چیزی فراتر از ابزار واقعی بسط می‌یابد. فناوری 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. به عبارت دیگر رویکرد به جهان به‌مثابه منبع انرژی، علت به‌وجود آمدن نگرش علمی می‌گردد. «بنابراین، در پس فیزیک جدید، روح فناوری حاکم است، فناوری به‌معنای آنتولوژیک آن یعنی جهان همچون منبع ذخایر... فناوری به‌عنوان قفسه‌بندی یا گشتل، به‌عنوان سرمنشأ، شرط امکان علم جدید است. به زبان هایدگر این به‌معنای تقدم فناوری است.» (آیدی، ۱۳۷۷: ۹۶-۴۴) این به این معناست که نه‌تنها فناوری به‌عنوان علم کاربردی متأخر از علم نیست، بلکه به‌لحاظ وجودی متقدم بر آن است.

۵.۳. معرفت فناورانه متفاوت از دانش علمی

طرفداران این نوع نگرش بر این باورند که فناوری خود شامل معرفتی است که متفاوت از دانش علمی است و از این‌رو فناوری نمی‌تواند علم کاربردی به‌معنای به‌کار برنده علم باشد. سؤال اینجاست که معرفت فناورانه چیست و چه تفاوتی با دانش علمی دارد؟ یک تفاوت معرفت فناورانه با دانش علمی این است که «دانشمندان به‌منظور یافتن حقایق طبیعت، به‌دنبال کشف حقیقت‌اند و علم را به‌دلیل خود علم جستجو می‌کنند، درحالی‌که فناوران به‌دنبال ساختن چیزهایی هستند که مطابق طراحی آنان کار کند. مهندسان چندان دلمشغول حقیقت نیستند. آنان به‌دنبال طرح‌های پایدار و قابل اعتماد، افزایش بهره‌وری، یا تولید و سود بیشتر هستند. راهکار مؤثر دیگر برای متمایز ساختن معرفت فناورانه 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 انسانی - مصنوعات - یا پدیده‌های مربوط به چنین رفتارهایی می‌پردازند. درحالی‌که

دانشمندان پدیده‌های طبیعی را مورد مطالعه قرار می‌دهند.» (بوسیرالی^۱، ۲۰۰۹: ۶۶-۷۰) از این‌رو موضوعات فناوری قابلیت تغییرپذیری و انعطاف دارند که این مسئله کاملاً در تضاد با عینیت مورد ادعا و خواست دانشمندان و علم است. از طرف دیگر معرفت فناورانه دارای معرفت ضمنی و مهارتی است که توسط الگوی گزاره‌ای علم قابل بیان و انتقال نیست. میجرز^۲ چهار ویژگی معرفت فناورانه را که آن را از معرفت علمی متمایز می‌سازد، چنین بیان می‌کند؛ «۱. مشارکتی بودن؛ بدین معنا که پدیده‌ها، استانداردها و مهم‌تر از همه معیارهای توجیه معرفت فناوری نه براساس جهان خارج و عینیت که براساس مساعی گروهی فناوران تعیین می‌شود. اینجا کاربرد و بهره‌وری مطرح است و نه حقیقت. ۲. وابستگی به زمینه؛ از آنجا که معرفت فناورانه در مورد مشکلی عملی و انضمامی مطرح می‌گردد، لذا کاملاً وابسته به مشکل و زمینه آن است، برخلاف معرفت علمی که به دنبال دانش عینی‌ای است که همیشه و همه‌جا صادق باشد. ۳. ارزش باری؛ بدین معنا که مفاهیم ارزشی در مورد فناوری مطرح‌اند اما در مورد علم نه. مثلاً می‌توان از خوب یا بد بودن پیچ‌گوشتی صحبت کرد اما خوب یا بد بودن در مورد قوانین نیوتن معنایی ندارد. ۴. غیر گزاره‌ای بودن؛ به دلیل آنکه معرفت فناورانه شامل دانستن درباره چگونه بودن و شامل معرفت مهارتی و ضمنی است که قابل بیان گزاره‌ای و زبانی نیست از معرفت گزاره‌ای علمی متفاوت است.» (میجرز و دوریه، ۲۰۰۹: ۷۵-۷۰) بنا به این دلایل، فناوری که شامل معرفت فناورانه است نمی‌تواند نتیجه بی‌واسطه علم و معرفت علمی باشد، چراکه معرفت فناوری متمایز و متفاوت از معرفت علمی است.

۵۷

۵.۴. شواهد تاریخی

مسیر مستقیمی از علم به فناوری وجود ندارد، یعنی وجود علم شرط کافی برای وجود فناوری نیست. به‌عنوان مثال بسیاری از کشورها به جدیدترین نظریات علمی دسترسی دارند، اما قادر به ایجاد مصنوعات فناورانه نیستند. این مسئله نشان‌دهنده این است که در ایجاد فناوری علاوه بر علم، عوامل دیگری نیز دخیل‌اند و لذا فناوری نمی‌تواند علم کاربردی باشد. نظریات جامعه‌شناختی و تاریخی علم و فناوری بر نقش عوامل اجتماعی در ایجاد و گسترش فناوری تأکید داشته و با کمک مطالعات میدانی و تاریخی این

1. Bucciarelli

2. Meijers

مسئله را نشان داده‌اند. همان‌گونه که در بالا اشاره شد رویکردهای جامعه‌شناختی علم و فناوری بعد از به چالش کشیده شدن نگرش‌های استاندارد به علم و فناوری ایجاد شده و گسترش یافتند. در اینجا مجال آن نیست که همه این نحله‌های جامعه‌شناختی - تاریخی مورد بررسی قرار گیرند و لذا ما به ذکر نمونه‌های تاریخی‌ای می‌پردازیم که ایده فناوری به‌عنوان علم کاربردی را به‌شدت به چالش کشیده‌اند.

تاریخ‌نگاران، مهم‌ترین منتقدان آموزه فناوری به‌عنوان علم کاربردی بودند. «آنها در تلاش بودند که نشان دهند براساس تاریخ و برخلاف پیش‌فرض‌های متداول، در بسیاری موارد فناوری در طول اعصار گذشته بدون نیاز به معرفت علمی توسعه 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 توسط 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 توسعه چرخ آبی روگذر - گرانشی نشان داد که مطابق با نظریه‌های علمی آن زمان نبایست تفاوتی میان عملکرد آن فناوری و چرخ آبی زیرگذر - ضربه‌ای وجود داشته باشد، درحالی‌که دستگاه‌های ساخته‌شده نتایج معکوسی را نشان می‌داد... بررسی توسعه صنعت فناوری هوانوردی و پرواز توسط جان رائی نشان داد که زمانی‌که برادران رایت اولین تجربه پرواز خود را در نهایت با موفقیت به‌ثمر رساندند، 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 فناوری موتور القائی توسط رونالد کلاین نشان می‌دهد که مطابق با علم الکترومغناطیس به‌شکلی که در معادلات ماکسول ارائه شده، وجود چنین موتوری غیرممکن بود... کایریل اسمیت با مروری بر وضعیت فناوری متالوژی نشان 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 فناوری 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 در این مورد استفاده گالیله از تلسکوپ - که قبلاً در حوزه‌های دیگر به‌عنوان وسیله‌ای برای بازی اختراع شده بود - است. استفاده

گاليله 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 به چالش می‌کشید چرا که در این صورت مشتری مرکز قمر خود بود و نه زمین. خلاصه با کاربرد فناوری جدید، نظریه ارسطویی با مشکلاتی جدیدی روبرو شد. مثال مهم دیگر استفاده از میکروسکوپ - اولین میکروسکوپ توسط گاليله ساخته شد - بود که نه تنها تغییرات عظیمی در نظریات علمی موجود ایجاد کرد، بلکه باعث ایجاد علمی جدید - زیست سلولی و بعداً ژنتیک - و حتی ایجاد مجموعه واژگان جدیدی - مانند سلول - 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. به عنوان مثال نقش هابل در کیهان‌شناسی. در اینجا نیز همانند مورد میکروسکوپ، مفهوم و فناوری عکاسی در مقیاس کیهانی باعث مشاهدات جدید و خلق نظریات علمی جدیدی شد که استفاده از این فناوری ایجاد کرده بود و اما مهم‌ترین مثال کنونی کاربرد کامپیوتر - که در حوزه نظامی اختراع شده بود - در تقریباً همه علوم جدید و ایجاد تغییرات شدید در آنها است. نقش کامپیوتر و شبیه‌سازی و توان محاسباتی آن در ایجاد علمی چون هواشناسی و هوافضا و ژنتیک بسیار ویژه است.

همه این مثال‌ها و شواهد تاریخی صحت ایده فناوری به عنوان علم کاربردی را به چالش می‌کشند و نمایان می‌سازند که برخلاف تصور رایج، در بیشتر موارد این علم بود که به دنبال فناوری و در جهت رفع ایرادات و بهبود کارایی آن ایجاد گردیده و یا کاربرد فناوری‌های 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 فناوری به عنوان 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 - چه حوزه علم و فناوری و چه حوزه‌های اقتصاد و فرهنگ - ما نیازمند نگرشی جدید در پرتو بازخوانی رابطه علم و فناوری هستیم. لذا در بخش سیاست‌گذاری توسعه فناوری باید از سیاست فشار عرضه که مبتنی بر سرمایه‌گذاری‌های کلان در حوزه

علم و به‌ویژه علوم پایه و مبتنی بر برداشت خطی از توسعه فناوری - مسیر توسعه فناوری از علوم پایه تا فناوری - دست کشید و راه‌های دیگری را آزمون و پذیرفت که علم فقط یکی از بازیگران در توسعه فناوری 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 فناوری در گرو این رابطه است. شواهد تاریخی نشان می‌دهند که علم بیشتر وامدار فناوری بوده است تا فناوری مدیون علم. لذا در توسعه فناوری علاوه بر دانشگاه باید به عوامل مؤثر دیگر همچون اقتصاد فناوری، مسئله فرهنگ و فناوری نیز توجه نشان داد. در پرتو خوانش جدید از رابطه علم و فناوری، باید مسئله آموزش فناوری 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 مذاقه 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 فناوری مورد توجه قرار داد و ثانیاً با درگیر کردن حوزه عمومی در ایجاد و انتخاب فناوری تلاش کرد که در کنار توسعه فناوری از اثرات مخرب آن کاست. باید خود فناوری 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 فناوریانه 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 فناوری را به حوزه عمومی کشانید و رویکردی دموکراتیک‌تر نسبت به مسئله فناوری اتخاذ کرد تا شاید بتوان از اثرات منفی فناوری 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 فناوری و رابطه آنها به‌دست می‌دهند و فهم دقیق‌تر و بهتر نیازمند مطالعاتی تجربی است. به‌عنوان نمونه می‌توان با تمایز نهادن بین فناوری‌های پیشرفته و فناوری‌های متوسط و یا بین فناوری‌های سنتی و مدرن و یا معرفت فناوریانه و عمل فناوریانه و نهایتاً بین مصنوع فناوریانه در مقابل نگرش فناوریانه، بحث‌ها و مطالعات تجربی‌تر و دقیق‌تری را در مورد مسئله فناوری و رابطه آن با علم در هر مورد انضمامی خاص سامان داد.

منابع

۱. آیدی، دن. (۱۳۷۷). هنر و فناوری؛ فلسفه پدیدارشناختی هایدگر درباره فناوری. شاپور اعتماد. در: *فلسفه تکنولوژی*. تهران: نشر مرکز.
۲. ذاکر صالحی، غلامرضا و امین ذاکر صالحی. (۱۳۸۸). تحلیل محتوای پیش‌نویس نقشه جامع علمی کشور و پیشنهاد الگوی ارزیابی آن. *سیاست علم و فناوری*. سال دوم. شماره ۲. تابستان.
۳. زیباکلام، سعید و مهدی احمدی. (۱۳۹۰). رابطه علم و فناوری: طرح و نقد الگوی «فناوری به‌مثابه علم کاربردی». *سیاست علم و فناوری*. سال سوم. شماره ۴. تابستان.
۴. فایراند، پل. (۱۳۷۵). *افسانه‌های پریان: علیه روش و نتایج؛ دیدگاه‌ها و برهان‌ها*. شاپور اعتماد. تهران: نشر مرکز.
۵. فینبرگ، آندرو. (۱۳۹۳). هایدگر، مارکوزه و فلسفه تکنولوژی. میثم عالیپور. http://www.sfu.ca/~rcuse/PhilosophyofTech_farsi.pdf
۶. قانع‌راد، سیدمحمدامین و ابوالفضل مرشدی. (۱۳۹۰). پیمایش فهم عمومی از علم و فناوری: مطالعه موردی شهروندان تهرانی. *سیاست علم و فناوری*. سال سوم. شماره ۳. بهار.
۷. واعظ‌زاده، صادق. (۱۳۸۹). مقدمه‌ای بر تعیین سیاست‌ها و راهبردهای ملی علم و فناوری. *نخستین کنفرانس توسعه و ترویج استانداردها*.
۸. هابرماس، یورگن. (۱۳۷۳). علم و فناوری در مقام ایدئولوژی. سیدعلی مرتضویان. ارغنون. شماره ۱.
۹. هایدگر، مارتین. (۱۳۷۷). پرسش از فناوری. شاپور اعتماد. *فلسفه تکنولوژی*. تهران: نشر مرکز.
۱۰. هابرماس، یورگن. (۱۳۸۸). فناوری و جهان‌زیست اجتماعی. حسین علی‌نوذری. *ماهنامه اطلاعات حکمت و معرفت*. شماره ۴۳.

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