فصلنامه علمی-پژوهشی
سیاست علم و فناوری

سال سوم، شماره ۴، تابستان ۱۳۹۰

رابطه علم و فناوری: طرح و نقد الگوی "فناوری به مثابه علم کاربردی"

مهدی احمدی[1*]، سعید زیباکلام[2]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد فلسفه علم، دانشگاه صنعتی امیرکبیر
۲- دانشیار فلسفه، دانشگاه تهران

چکیده

در این مقاله یکی از مهمترین الگوهای رابطه علم و فناوری، با عنوان «فناوری به مثابه علم کاربردی» به لحاظ فلسفی و تاریخی طرح و نقد شده است. ابتدا ریشه‌های فکری این الگو تا اندیشه‌های فرانسیس بیکن و رنه دکارت دنبال شده و سپس دفاع ماریو بانج، یکی از اولین فیلسوفان تحلیلی فناوری، از آن آموزه بازسازی شده است. در انتقاد از این اندیشه ابتدا نگرش‌های پسامدرن به جایگاه و رابطه علم و فناوری مطرح شده که مطابق با آن فناوری در دوره پسامدرن بر همه چیز از جمله علم تفوق دارد. سپس انتقادات تاریخ‌نگاران فناوری ارائه شده که در آن نشان داده می‌شود که رابطه علم و فناوری به گواهی تاریخ مطابق با الگوی مذکور نبوده است. در انتها نیز به برخی پیامدهای این انتقادات بر سیاست‌گذاری علم و فناوری اشاره می‌شود.

کلیدواژه‌ها: علم کاربردی، معرفت علمی، فناوری، معرفت فناورانه، رابطه علم و فناوری

۱ـ مقدمه

ساده‌ترین و متداول‌ترین پاسخ به پرسشِ «فناوری چیست؟» این است که «فناوری، علم کاربردی» است. این مضمون ساده که مورد پذیرش اکثر مردم عادی، دانشمندان، مهندسان، تاریخ‌نگاران، و حتی فلاسفه علم و فناوری می‌باشد، تحت عنوان آموزه‌ی «فناوری به مثابه علم کاربردی»[1] شناخته می‌شود. این آموزه از یک نگرش فلسفی نشأت 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 به کارگیرنده معرفت علمی[2] است و خود مولّد معرفت نمی‌باشد. در این الگو، علم به لحاظ وجودی بر فناوری مقدم است و از همین رو معمولاً چنین تصور می‌شود که اگر پیشرفت علمی وجود نداشته باشد، پیشرفت فناورانه نیز رخ نخواهد داد.

محتوای این آموزه از زمان اولین اندیشه‌های مرتبط در اواخر سده شانزدهم تا اوج مقبولیتش در اواسط سده بیستم تغییری نکرد. تا آن زمان که فناوری اساساً موضوعی جدی و مهم برای فلسفه و تاریخ نبود این آموزه نیز بدیهی به حساب می‌آمد و نیاز به بررسی و تحلیل آن احساس نمی‌شد. ریشه‌های این آموزه را می‌توان در آراء **فرانسیس بیکن** و **رنه دکارت** جستجو کرد. اما در اواسط سده بیستم، پس از آن‌که فناوری در میان فیلسوفان و جامعه‌شناسان و تاریخ‌نگاران از اهمیت و جایگاه ویژه‌ای برخوردار شد، اولین فلاسفه فناوری در سنتِ تحلیلی رویکرد دیگری برای توجیه آن آموزه اتخاذ کردند. در این رویکرد فناوری از مصنوع[3] صرف بودن معاف شده و با تمرکز بر ابعاد معرفتی آن، به چشمِ نوعی معرفت

* نویسنده عهده‌دار مکاتبات: mahmadi@aut.ac.ir

۱- از این پس برای رعایت اقتصاد در متن، «آموزه فناوری-به مثابه-علم کاربردی» به شکل «آموزه **فعک**» نوشته می‌شود.

2- scientific knowledge

3- artifact

Archive of SID
www.SID.ir

نگریسته می‌شد. رویکرد تحلیلی در توجیه "آموزه **فعک**" توسط فیلسوفانی چون **ماریو بانج**[1] با فرض گرفتنِ فناوری به مثابه معرفت، با این هدف بوده که چگونگی استخراج معرفت فناورانه[2] از معرفت علمی تشریح شود. بر این اساس برای طرح و بازسازی آموزه **فعک** دو بخش در نظر گرفته شده است. در بخش اول به بررسی ریشه‌های آموزه **فعک** در آراء **بیکن** و **دکارت** پرداخته می‌شود و در بخش دوم استدلال **بانج** در دفاع از آموزه **فعک** بازسازی خواهد شد.

از همان اواسط سده بیستم آموزه **فعک** از دو جبهه مورد انتقادات شدید قرار گرفت به‌طوری‌که در کمتر از سه دهه راستی و صدق آن نزد بسیاری از پژوهشگران از بین رفت. در ردیف اول انتقادات برخواسته از نگرش‌های پسامدرن قرار دارند که مطابق با آن فناوری بر همه چیز از جمله علم تفوق دارد. در ردیف دوم قویترین منتقدان آموزه **فعک** ، یعنی تاریخ‌نگاران استقلال‌طلب فناوری قرار دارند که نشان دادند در طول تاریخ آموزه **فعک** اساساً برقرار نبوده است. این دو موضع در بخش‌های چهار و پنج مقاله مطرح می‌گردد.

۲- ریشه‌های فلسفی آموزه فعک

مهمترین اندیشه‌ای که سبب شکل‌گیری و رشدِ آموزه **فعک** شد اندیشه (یا آرزوی) «تسلط انسان بر طبیعت به واسطه استفاده از معرفت علمی» بود. بسیاری بر این عقیده‌اند که **بیکن** از اولین و سرسخت‌ترین مدافعان این نگرش بود که فناوری بایست بر اساس علم باشد. درباره این عقیده، پژوهشگرانی از حوزه‌هایی مختلف چون فلسفه علم [۳-۱]، فلسفه فناوری [۶-۴]، تاریخ علم [۱۳-۷]، و تاریخ فناوری [۱۴و۱۵] هم‌رای هستند. به‌طورکلی، **بیکن** در پایه‌گذاری یک نگرش کاربردی به فلسفه طبیعی در سده ۱۷ سهم اصلی را داشت. او بر این عقیده بود که هدف فلسفه طبیعی نباید صرفاً کسب معرفت باشد، بلکه بایست به چنگ آوردن نوعی معرفت باشد که توانایی اعمال سلطه و مهار بر طبیعت را به انسان بدهد [۱۶]. او از اولین افرادی بود که به قدرت و معرفت انسان از یک منظر می‌نگریست و آن‌ها را یکی می‌دید [۱۷] و به همین دلیل کسب معرفت (از طریق علم مدرن) را راه کسب قدرت (از طریق فناوری مدرن) می‌دانست.

اندیشه **بیکن** راجع به لزوم کاربردی کردن فلسفه طبیعی به‌طور خاص در دو کتاب *ارغنون جدید* (۱۶۲۰) و *آتلانتیس جدید* (۱۶۲۶) تصریح شده است. وی در *ارغنون جدید* تصویری از علم ارائه می‌کند که هم اکنون نیز به تصویر **بیکنی** از علم معروف است[3] و دو مشخصه مهم دارد. اول تاکید او بر درگیر شدن عملی با طبیعت در غالب آزمایش و مشاهده برای کسب معرفت علمی و دوم تاکید ویژه بر سودمند بودن و کاربرد داشتن معرفتِ ایجاد شده به روش مورد تایید **بیکن**. وی به یکی بودن معرفت و قدرت بشر اعتقاد داشته و می‌پندارد انسان زمانی می‌تواند فرمانده و کنترل کننده طبیعت باشد که پیش از آن به کمک روش تجویزی‌اش، در شناخت رفتار و قوانین طبیعت به آن گوش سپرده باشد [۱۹]. به‌عبارت دیگر **بیکن** مدافع این عقیده بود که برای بهره‌برداری و استفاده از طبیعت راهی به جز شناختن آن نیست، و راه شناختن طبیعت، فقط علم **بیکنی** است.

این عبارات که پایه مباحث *ارغنون جدید* هستند نشان می‌دهد که **بیکن** به یکی بودن معرفت و قدرت بشر اعتقاد داشته و می‌پندارد انسان زمانی می‌تواند فرمانده و کنترل کننده طبیعت باشد که پیش از آن به کمک روش تجویزی‌اش، در شناخت رفتار و قوانین طبیعت به آن گوش سپرده باشد. به‌عبارت دیگر **بیکن** مدافع این عقیده بود که برای بهره‌برداری و استفاده از طبیعت راهی به جز شناختن آن نیست. از همین رو علم **بیکنی** معرفت برای معرفت نبود، چنان که علم **ارسطویی** بود؛ بلکه زمینه‌سازِ بهبود شرایط زندگی انسان با دستکاری فناورانه طبیعت بود [۲۰و۲۱]. **بیکن** در تلاش بود تا فاصله خالی میان عمل و معرفت که یادگار دیرینه فلسفه **ارسطویی** بود را از میان ببرد.

نزد او نظریه [علمی] باید به‌گونه‌ای ساخته شود که منجر به «سمت و سو دادنِ به اعمال»، و همچنین «اختراع و نوآوری

1- Mario Bunge (1919)
2- technological knowledge

۳- در این تصویر تاکید ویژه‌ای بر سودمندی و روشمندی علم می‌شود، که برخی نام چنین علمی را «علم فعال» (Active Science) نیز نهاده‌اند. برای جزئیات بیشتر ر.ک.[۱۸]

Archive of SID
www.SID.ir

در فنون[1]»، به عنوان هدف نهایی‌اش گردد. دانشمندانی که چنین نظریه‌هایی را توسعه می‌دهند از همان ابتدا به طبیعت چنان می‌نگرند که به عمل کردن می‌نگرند، و معرفتِ به قوانینِ عمل در طبیعت را با درگیر کردن عملیِ خودشان با طبیعت، که همان آزمون‌های تجربی است، به دست می‌آورند. نظریه می‌تواند سمت و سوی اعمال را مشخص نماید چرا که از همان ابتدا طبیعت را «در مقام عمل» به چنگ می‌آورد [۵]. او این اندیشه آرمانی را در رُمان *آتلانتیس جدید* مطرح کرده است. در *آتلانتیس جدید* نهادی به نام «کاخ سلیمان»[2] وجود دارد که گروه‌های پژوهشگرِ عضو آن از معرفتِ فلسفه طبیعی برای بهبود عملکرد موتورها، ماشین‌ها، توپ‌ها، ساعت‌ها، و کشتی‌ها استفاده می‌کنند. در *آتلانتیس جدید* **بیکن** تلاش کرده است که به عموم مردم نشان دهد که علم منشاء اصلی اختراعاتی است که زندگی بشر را بهبود می‌دهند [۲۲].

بنا بر این اوصاف، کل استدلال **بیکن** که منشاء آموزه **فعک** می‌باشد را می‌توان چنین خلاصه کرد: قدرت و سلطه (بر طبیعت) هنگامی حاصل می‌شود که نحوه رفتار طبیعت را به روش درستی بشناسیم. از طرفی اعمال قدرت بر طبیعت با ساخت مصنوعات فناورانه امکان‌پذیر است. در نتیجه معرفت علمی ما را قادر به ساخت فناوری‌های لازم برای سلطه بر طبیعت می‌نماید. نکته مهم این است که او حقیقتاً استدلالی برای اظهارات خود اقامه نکرده، بلکه بیشتر به تجویز پرداخته است. به نظر او غایت معرفت علمی *باید* فناوری‌های سودمند برای بشر باشد، در غیر اینصورت فاقد ارزش است. در واقع **بیکن** در طرح آموزه **فعک** یک موضع تماماً ارزشی[3] اتخاذ می‌کند، و به ما نمی‌گوید که علم چگونه به فناوری مربوط می‌شود، او تنها توصیه می‌کند که فناوری باید از علمِ توسعه‌یافته به روش او منتج شود، و می‌شود.

در طرف دیگر، آراء **دکارت** قرار دارد که با تاکید ویژه‌اش بر معقول‌گرایی در علم و لزوم سودمندی معرفت علمی، پایه‌های آموزه **فعک** را در دل **انقلاب علمی** تقویت کرد. میان پژوهشگران تقریباً اجماع نظر وجود دارد که **دکارت** در شکل‌گیری و توسعه آنچه که «فلسفه عملی» نام نهاده شده است بسیار تاثیرگذار بوده است [۱۲، ۲۶-۲۳]. **دکارت** نیز مانند **بیکن** مشتاق بود که از علم به واسطه فناوری‌های حاصله، در راه سعادت بشر استفاده نماید و این اشتیاق را در آثارش صراحتاً بیان کرده است [۲۷و۲۸]. او نیز بر آن بود تا با کنترل طبیعت توسط معرفت علمی، انسان را 'فرمان‌روا و کارفرمای طبیعت' نماید [۲۳]. در طرح بزرگ **دکارت** برای معرفت بشری، فناوری *علی‌الاصول* میوه معرفت علمی به حساب می‌آید. همچنین برای حمایت و تقویت آموزه **فعک** او از مفهوم «مکانیزم» بهره می‌برد تا با نشان دادن کاربرد آن در تبیین پدیده‌های طبیعی و مصنوعاتِ ساخت بشر، روشی نظام‌مند برای خلق فناوری از علم پیش رو بگذارد.

به قول **شولز**[4]، با اعتمادی که **دکارت** به معرفت علمی و اشتیاقی که به سودمند کردنِ آن دارد، در نظر او خوشبختی نوع بشر به مدد دستگاه‌ها، روش‌ها، و ابزارآلاتی به حقیقت خواهد پیوست که توسط علم محقق شده باشند: تنها با علم می‌توان امید به سروری انسان داشت [۲۹]. برای تقویت این موضع، **دکارت** یک نظام معرفتی تمام و کمال می‌سازد که فناوری نیز در آن جایگاه مشخصی دارد. بر اساس تشبیه معروفی که **دکارت** آن را در رساله *اصول فلسفه*[5]اش ذکر کرده، فلسفه چنان درختی است که متافیزیک ریشه‌های آن، فیزیک تنه، و تمام سایر علوم شاخته‌های روییده از این تنه هستند [۲۸]. مطابق با این فلسفه عملی، دستاوردهای فناورانه مکانیک و پزشکی *نمی‌توانند* از چیزی دیگری جز معرفتِ علمی صادق حاصل شده باشد[6] [۳۰]. در واقع، نظام فلسفی **دکارتی** به خودی خود، توجیه نسبتاً مناسبی برای آموزه **فعک** است چرا که اگر نظام معرفتی بشر مطابق آن چیزی باشد که **دکارت** ترسیم می‌نماید، فناوری حتماً علم کاربردی خواهد بود. در این نظام فناوری از چیزی به جز معرفتِ علمی صادق و غیرقابل شک نمی‌تواند ساخته شده باشد. نزد **دکارت**، فناوری به عنوان مجموع تمام وسایل و روش‌هایی است که

1- arts
2- Solomon's House
3- normative

۴- Peter A. Schouls (1937) از پژوهشگران مطرح با تالیفات متعدد در زمینه **عصر روشنگری** و به ویژه اندیشه‌های **جان لاک** و **دکارت**

۵- *The Principles of Philosophy* که در کتاب *گفتار* به چاپ رسید.

۶- **کاتینگهام**، از شارحان معروف آثار **دکارت**، بر این باور است که **دکارت** عمدتاً فلسفه‌ای عملی (practical) را ارائه می‌نماید تا نظری (speculative)

Archive of SID
www.SID.ir

معرفت علمی را به کار می‌گیرد تا برای سودمندی بشریت چیزهایی را تولید کند [۲۴].

اما علاوه بر این موارد **دکارت** تلاش می‌کند روشی برای استخراج فناوری از معرفت علمی نشان دهد. او در فصل پنجمِ *گفتار* مفهوم مکانیزم و ارتباط آن با جهان طبیعی را ارائه می‌کند[۲۸]. او با شرح دادنِ اینکه چگونه تمام طبیعت شامل انسان‌ها، حیوانات و نباتات، ستاره‌ها، گلوله‌های توپ، و کشتی‌ها از مکانیزم‌هایی کوچک تشکیل شده‌اند، طبیعت را قابل تبیین علمی می‌نماید[۱]. نزد **دکارت** تفاوت بنیادینی میان حرکتِ قلب انسان، باد، سیارات، ساعت‌ها، موتورها و اهرم‌ها وجود ندارد و همگی قابل توضیح با توسل به مکانیزم‌های کوچک‌تر هستند. بدین قرار همان شاخه‌ای از علم فیزیک که مکانیک نام دارد و قرار است تبیین‌های مکانیستی از جهان ارائه نماید، برای تولید چیزهای سودمند در زندگی بشر استفاده می‌گردد. بنابراین **شولز**، به درستی **دکارت** را به‌عنوان فردی به حساب آورد که شرحی کامل و نظام‌مند از شعار **بیکن**، «دانش قدرت است»، ارائه می‌کند [۲۹]. بدین ترتیب، فناوری (دست کم در سطح فناوری مکانیکی) در نظام فکری **دکارتی**، منبعث و نتیجه‌ی معرفت علمی مکانیستی بود و با این کار **دکارت** معرفت و روش لازم برای ساخت فناوری را نشان می‌دهد.

در یک جمع‌بندی می‌توان گفت که **دکارت** از سه وجه در پی‌ریزی و تثبیت آموزه **فعک** نقش داشت: اول اینکه او نیز چون **بیکن** بر این عقیده بود که علوم و پژوهش‌های علمی *بایست* کاربرد عملی داشته باشند و غایت علم سود رسانی به بشر است. دوم اینکه در نظام معرفتیِ یکپارچه‌ای که **دکارت** بنا نهاده بود جایگاه فناوری به عنوان ثمره‌ی معرفت علمی کاملاً معین شده است؛ و سوم اینکه مفهوم «مکانیزم» گامی بسیار مهم در یکی شدنِ جوهر طبیعت و ماشین به حساب می‌آمد که می‌توانست روشی برای خلق و ابداع فناوری از علم ارائه نماید.

۳- دفاع بانج از آموزه فعک

با نزدیک شدن به سده بیستم، نگرش به فناوری به مثابه یک مصنوع کم‌کم از میان می‌رفت و به عنوان یک موضوع فلسفی ارزش و جایگاه ویژه‌ای پیدا می‌نمود. فناوری به‌ویژه مورد توجه برخی معرفت‌شناسان تحلیلی که گرایشات **پراگماتیستی** داشتند، مانند **ماریو بانج** قرار گرفت. در اندیشه او فناوری به مثابه معرفت فرض شده و تلاش می‌کند که نشان می‌دهد معرفت فناورانه از معرفت علمی استخراج می‌گردد و به این معنا آموزه **فعک** برقرار می‌باشد. اوج تفصیل فلسفی با این رویکرد را می‌توان در مقاله *فناوری به مثابه علم کاربردی* مشاهده کرد [۳۲].

او در همان ابتدای مقاله با تعریف کردنِ فناوری به مثابه علم کاربردی موضع خود را مشخص می‌نماید [۳۲]. نزد او فناوری تفاوت اساسی با تکنیک (مهارت‌های حرفه‌ای یک صنعتگر)، با عمل تکنیکی[۲] (مانند عمل مهندسی[۳]، درمان طبی و ...)، و با شبه‌فناوری[۴] (کیمیاگری، طالع‌بینی، روانکاوی و ...) دارد [۵]. تکنیک و عمل مهندسی نوعی فعالیت هستند و نه نوعی معرفت، در حالی که فناوری «مطالعه علمی مصنوعات» یا زمینه‌ای از معرفت است که مربوط به طراحی مصنوعات و برنامه‌ریزی برای تحقق، بهره‌برداری، تنظیم، نگهداری، و پایش[۵] آن‌ها در پرتوِ معرفت علمی است و بنابراین نوعی معرفت محسوب می‌شود [۳۳].

بانج در ادامه به تمیز میان علوم محض و کاربردی اشاره می‌کند و لزوم انجام چنین کاری را در تشخیص دادنِ تفاوت‌های چشم‌انداز و انگیزه میان پژوهش‌گران دو حوزه می‌داند: اولی به دنبال قوانین طبیعت است و دومی قوانین مشخص شده را برای طراحی یک اسبابِ سودمند به کار می‌گیرد. هر چند که برخی علم کاربردی را منشاء و محرک علم محض دانسته‌اند، اما در نظر **بانج** کاملاً بدیهی است که قبل از به‌کارگیری هر چیزی باید معرفتی وجود داشته باشد، وگرنه به جای یک معرفتِ مفهومی آن‌چه حاصل می‌شود یک مهارت یا نوعی کاردانی[۶] خواهد بود [۳۳]. در واقع **بانج** با این مضمون، سعی دارد نشان دهد که فناوری، بر خلاف

۱- برای توضیحات بیشتر ر.ک. [۳۱]

2- technical practice
3- engineering practice
4- psedutechnology
5- monitoring
6- know-how

Archive of SID
www.SID.ir

مهارت و فن و کاردانی نیاز به معرفت علمی دارد تا فناوری باشد. در گذشته، به نظر **بانج**، انسان هنگامی در مقام عمل دیده می‌شد که یا توجهی به نظریه نمی‌کرد یا بر نظریه‌های منسوخ و معرفت عامیانه تکیه می‌کرد، اما امروزه مردِ عمل کسی است که از تصمیماتی که در پرتو بهترین معرفت فناورانه گرفته شده است تبعیت می‌کند. این معرفت فناورانه با معرفت علمی محض تفاوت دارد چرا که «از نظریه‌ها، قوانین محکم، و داده‌هایی تشکیل شده است که نتیجه‌ی کاربردِ روش علم در مسائل عملی است» [۳۳].

دیگر نکته مهم این است که در نظر **بانج** نظریه‌های فناورانه ، از دیدگاه عمل، غنی‌تر از نظریه‌های علمی هستند، چرا که خود را تنها به آن‌چه که *واقع خواهد شد* محدود نخواهند کرد و با فرا رفتن از آن‌ها، به دنبال عملی شدنِ آن چیزی هستند که *باید واقع شود*. اما از دیدگاه مفهومی[1]، آن نظریه‌ها قطعاً فقیرتر از نظریه‌های علمی هستند؛ آن‌ها همواره *سطحی‌تر* بوده و برای افراد اهل عمل که فقط به دنبال آثار نهایی در مقیاس انسانی[2] هستند مناسب هستند [۳۳]. دقیقاً به همین دلیل است که استفاده و به‌کارگیری نظریه‌ها به مثابه *جعبه سیاه* چندان مشکلی در فناوری ایجاد نمی‌کند: فقط ورودی‌ها و خروجی‌ها مهم هستند و ساده‌سازی به شرطی که در مقیاس مورد نظر تاثیری بر نتایج نداشته باشد، اهمیتی ندارد [۳۳]. در واقع **بانج** در این‌جا قصد دارد نشان دهد که اگرچه نظریه‌های علمی در ساخت نظریه‌های فناورانه مبنا هستند، اما در عمل نیازی نیست که نظریه‌ها با تمام جزئیات و ملاحظات فیزیکی و ریاضیاتی به کار گرفته شوند. همچنین وی آگاهانه اعلام می‌دارد که اساساً قرار نیست تمام نظریه‌های علوم محض، آن هم بدون وقفه و تغییر و تحول در فناوری استفاده شود [۳۳]. به همین دلیل «نظریه‌های بنیادی قابل به‌کارگیری نیستند، چرا که با موضوعاتی سر و کار دارند که از مسائل عملی فاصله زیادی دارد» [۳۳]. **بانج** این فرازها را در پاسخ به این نقد آماده کرده است که اگر فناوری به مثابه علم کاربردی است، و علم کاربردی از علم محض نتیجه می‌شود، پس چرا بسیاری از نتایج و نظریه‌های پژوهش‌های محض، کاربردی در فناوری ندارند؟ در واقع، وی با آگاهی کامل، دو موضوع را از هم تفکیک کرده: اینکه فناوری‌های مشخصی وجود می‌یابند یا نه، ربطی به این ندارد که معرفتِ مورد نیاز برای آن از علم استخراج گردیده است یا نه، بلکه مربوط به این است که آیا اساساً نیازی به آن فناوری بوده یا خیر.

بانج سپس نشان می‌دهد که «موفقیت»[3] یک نظریه در فناوری در عمل ربط مستقیمی به صدق آن نظریه (یا معادلِ آن نظریه) در علم ندارد و در نتیجه عمل هیچ نیروی تاییدی‌ای[4] ندارد؛ پژوهش‌های کاربردی و محض خودشان به تنهایی می‌توانند ارزش صدق نظریه‌ها و کارایی قوانینِ فناورانه را ارزیابی نمایند. آن‌چه که انسانِ اهل عمل انجام می‌دهد، بر خلاف دانشمند، *آزمودنِ* نظریه نیست بلکه *به کار بردن* آن در اهداف غیر–شناختی است [۳۳]. هدف **بانج** در طرح این بحث پاسخ دادن به ایرادی است که ممکن است بر آموزه **فعک** وارد شود: اگر فناوری کاربرد علم است، پس چرا با اینکه می‌دانیم نظریه‌های علمی ما صادق هستند اما فناوری‌های ما همواره امکان شکست و عدم موفقیت را در خود دارند؟ یا برعکس، چطور می‌توان توضیح داد که یک فناوری خاص در عمل موفق باشد اما هیچ نظریه علمی‌ای پشت آن نباشد؟ رویکرد **بانج**، همان‌طور که اشاره شد، قائل شدن به تفکیک بنیادین میان موفقیت و عدم موفقیت در عمل، و صدق و کذب نظریه در علم است. در نظر او معرفت [علمی] به شکل چشم‌گیری احتمالِ صحیح انجام دادن [عمل] را *بهبود* می‌دهد، و انجام دادن [عمل] *می‌تواند* به ایجاد معرفت بیشتر کمک نماید. به همین دلیل است که در تاریخ هم شاهد علم بدون هیچ نتیجه فناورانه، و هم فن و صناعت بدون هیچ زیربنای علمی بوده‌ایم[۳۳]. هر چند که مرزهای میان معرفت علمی و عملی، میان پژوهش‌های کاربردی و محض کم کم در حال از بین رفتن هستند، اما تفاوت‌ها همچنان باقی است، و کل فرآیند نشان دهنده استفاده از رویکرد علمی به حل مسائل عملی

1- conceptual

۲- منظور از مقیاس انسانی این است که نتایج در ابعادی باشد که بر روی کارها و اهداف انسان تاثیر گذارد. مثلاً در ساخت و طراحی یک پل، پدیده‌های کوانتومی چون تاثیری بسیار بسیار ناچیزی در پایداری و عملکرد پل دارند، پس در مقیاس انسانی نبوده و اهمیتی برای فردی که با فناوری پل سر و کار دارد، ندارد.

3- success

4- validating force

Archive of SID
www.SID.ir

است، که خود به معنی انتشار و گسترش روش و معرفت علمی در فناوری است [۳۳].

در همین راستا او اصالت و ارزش واقعی را به قواعد علمی می‌دهد: «ما علاقه‌ای به قواعد بی‌بنیاد و قراردادی نداریم، بلکه به قواعدی با پی مستحکم نیازمندیم، قواعدی مبتنی بر ارزش‌هایی که با این *تعریف* هم‌خوانی داشته باشند: یک قاعده، *ابتناءیافته*[1] است اگر و تنها اگر بر روی مجموعه‌ای از قوانین بنا شده باشد که بتوانند کارایی[2]اش را تبیین نمایند. قاعده‌ای که می‌گوید به هنگام دیدنِ یک خانم باید کلاه را (به نشانه‌ی احترام) برداشت هیچ اساس و بنیاد علمی ندارد و تنها به واسطه قرارداد پذیرفته شده است. در مقابل، قاعده‌ای که دستور می‌دهد ماشین‌ها را باید به طور دوره‌ای روغن‌کاری کنیم بر اساس قانونی است که می‌گوید روانکاری سایشِ قطعاتی که در اصطکاک هستند را کاهش می‌دهد؛ این نه یک قرارداد است و نه یک قاعده سرانگشتی»[۳۳]. منظور **بانج** از تبیین شدنِ کارایی یک قاعده، این است که یک قاعده تنها هنگامی ارزش و مبنای مستحکم دارد که ریشه در قوانین علم داشته باشد. بنابراین **بانج** می‌کوشد تا بی‌پایه بودنِ قواعدِ «غیر علمی و غیر فناورانه » مورد استفاده در فن و صناعت را نشان دهد و ضرورت فناورانه شدن تمام فنون و صنایع با توسل به علم را با بیان نماید. کاملاً مشخص است که با این تعابیر، فناوری اساساً چیزی جز کاربرد علم نیست و اگر هم چیزی به نام فناوری اما بر اساس قواعدی غیر علمی ساخته شده است، در واقع 'فناوری' نیست.

به عبارت دیگر **بانج** رابطه‌ای سلسه‌مراتبی میان معرفت علمی و معرفت فناورانه قائل است به‌گونه‌ای که از معرفت علمی می‌توان به معرفت فناورانه رسید و نه برعکس. از یک قانون علمی صادق می‌توان قواعد فناورانه استخراج نمود و همچنین می‌توان آن قواعد را موجه نمود، اما از یک قاعده فناورانه موفق در عمل نمی‌توان برای توجیه و اثبات صادق بودن قانون علمی‌ای که در آن به‌کارگرفته شده، استفاده نمود [۳۴].

البته **بانج** روشی برای رسیدن از معرفت علمی به معرفت فناورانه ارائه نمی‌کند، اما با تاکید بر رابطه قاعده فناورانه و قانون علمی [۳۴]، و موفقیت و صدق، اعلام می‌دارد که پیمودنِ راه عملاً تنها در یک جهت متصور است. او در جای دیگر در مورد روش‌شناسی فناوری و نقاط اشتراک آن با روش‌شناسی علم می‌نویسد: «از نظر روش‌شناسی تفاوتی میان پژوهش‌های فناوری و علمی وجود ندارد. در هر دو مورد چرخه پژوهش بدین شکل است: (۱) مشخص کردن مسئله؛ (۲) تلاش برای حل مسئله بر اساس معرفت نظری یا تجربی موجود؛ (۳) در صورت عدم موفقیت، ابداع فرضیات جدید، یا حتی ابداع یک نظام کامل فرضی–استنتاجی که بتواند مسئله را حل نماید؛ (۴) یافتن راه حل مسئله با استفاده از نظام جدید مفهومی؛ (۵) بررسی کردنِ راه حل با تجربه؛ (۶) اعمال اصلاحات لازم بر روی مفروضات یا حتی بر روی صورت‌بندی مسئله اصلی [۳۵].

در یک جمع‌بندی می‌توان گفت که نزد **بانج** میان معرفت و عمل تفاوت‌های بنیادین وجود دارد. معرفت با گزاره‌های توصیفی سر و کار دارد و عمل با گزاره‌های تجویزی. نظریه‌های موجود در فناوری که در گروه گزاره‌های تجویزی قرار می‌گیرند، باید از قوانین علمی آفاقی[3] استنتاج شده باشند تا اساساً بتوانند فناوری را شکل دهند. **بانج** «ابتناء» یافتن در قوانین علمی را شرط تبدیل شدنِ قواعد سرانگشتی و غیرعلمی به معرفت فناورانه می‌داند.

۴- تفوق فناوری در اندیشه پسامدرن

همان‌طور که اشاره شد اولین جبهه منتقدانِ را فیلسوفان قاره‌ای با نگرش پسامدرن تشکیل می‌دهند. اساسِ انتقاد آنان از این آموزه بر نوعی *نگرش* استوار است که مطابق با آن پیشینی بودن فناوری بر همه چیز از جمله علم امری معلوم و پذیرفته شده است. **پُل فُرمن**[4] در مقاله مفصل و محققانه‌ای[5] به این مساله پرداخته است که چگونه در دوره مدرن، علم بر هرچیز، از جمله فناوری تفوق داشته ولی در دوره پسامدرن

1- grounded
2- effectiveness

3- objective

۴- Paul Forman از تاریخ‌نگاران معاصر علم می‌باشد که در زمینه تاریخ فیزیک (به ویژه فیزیک کوانتوم)، و پسامدرنیته پژوهش‌های فراوانی انجام داده است.

۵- عنوان مقاله: «تفوق علم در مدرنیته، فناوری در پسامدرنیته، و ایدئولوژی در تاریخِ فناوری» می‌باشد. ر.ک. [۳۶]. او همچنین اندیشه تفوق فناوری بر علم در دوره پسامدرن را در مقاله دیگری و با تفصیل بیشتری ارائه کرده است. ر.ک. [۳۷].

Archive of SID
www.SID.ir

این پیشینگی و برتری از آنِ فناوری شده است. او نشان می‌دهد که نزد تمام متفکران مدرن «تفوقِ علم در مدرنیته» امری مفروض بود، که اینک جای خود را به «تفوقِ فناوری در پسامدرنیته» داده است. اندیشه محوری **فرمن** این است که این جابجایی محصول تحولات و رخدادهای پیچیده سیاسی–اجتماعی و فرهنگی‌ای می‌باشد که در زندگی و اندیشه روزمره انسان غربی و همچنین در اندیشه و فعالیت‌های هنری–ادبی و فلسفی او نمود یافته است. این چرخش و جابجایی که اوج آن در دهه ۱۹۸۰ پدیدار شده است، گذار از دوره مدرن به دوره‌ی پسامدرن می‌باشد [۳۷]. نقد آموزه **فعک** برخاسته از اندیشه پسامدرن را می‌توان بدین شکل صورت‌بندی کرد که آموزه‌ی **فعک** اعتبار و استحکام خود را از این امر یافته بود که تفوق علم بر همه وجوه زندگی بشر امری پذیرفته و بدیهی بود، اما در دوره پسامدرن، فناوری است که بر تمام جنبه‌های زندگی انسان از جمله علم تفوق دارد و بنا بر این، آموزه **فعک** دیگر اعتبار نخواهد داشت [۳۷]. توجه به این نکته ضروری است که در اینجا منظور از اندیشه و گرایشات پسامدرن، پسامدرنیسم نمی‌باشد، همان مفهومی که اشاره به موضع روشفکرانه فیلسوفان پسامدرن دارد. بلکه منظور آن نوع اندیشه و نگرشی است که در نتیجه بسیاری عوامل اجتماعی، سیاسی، اقتصادی و فرهنگی از جمله جنبش‌های ادبی رومانتیک اروپا (به ویژه در آلمان)، جنگ‌های جهانی، سلطه سرمایه‌داری و گسترش فردگرایی، دیگر معقولیتِ همه جانبه علم در دوران مدرن را برنمی‌تابد و در صدد است نشان دهد که عوامل دیگری که در رأس آن‌ها فناوری قرار دارد، تمام وجوه زندگی بشر امروز، از جمله علم را شکل می‌دهد و اساساً یک فرهنگ ضد مدرن تلقی می‌شود. علم در دوره مدرن رفیع‌ترین جایگاه ممکن نزد اندیشمندان را داشت. در آن دوره علم به عنوان جوهری تلقی می‌شد که حتی اگر در امری شرکت فعال هم نداشت، تنها لمس شدن توسط آن کافی بود تا هر ماجرایی مانند فناوری تبدیل به چیزِ علمی شده و جایگاه والایی کسب کند. اما در دهه‌های پایانی سده بیستم این باور که معجزاتِ فناوری مدیون الطاف شاهانه علم هستند به سرعت از بین رفت. از دست رفتن این باور، در نظر **فرمن**، نتیجه یادگرفتن و آگاهی یافتنِ بهتر نبوده، بلکه نتیجه متفاوت *دیدن* است، یعنی، دیدنِ فناوری به مثابه موجودیتی بسیار فراگیرتر و مفهومی گسترده‌تر از ابزارِ صرف [۳۴]. تغییر در نگرش ما به فناوری، به اعتقاد **فرمن** و برخی دیگر [۴۱–۳۸]، پس از جنگ جهانی دوم آغاز شد و اساساً یک تغییر فرهنگی بود که اولین نشانه‌های این چرخش در اواخر دهه ۱۹۷۰ در زندگی اجتماعی مردم و اهداف دولت‌ها در سیاست‌گذاری علم پدیدار گشت[۱]. پس از آن کم کم در دهه ۱۹۸۰ تفوق فناوری و مردود دانستنِ تفوق علم، که مترادف با کنار گذاشتنِ آموزه **فعک** بود، وارد دنیای اندیشه شد. با یک فاصله زمانی اندک این تغییرِ نگرش، در مطالعات و فلسفه علم و فناوری نیز نمودی آشکار یافت.

از مهمترین عواملی که سبب شکل‌گیری این تغییر نگرش شد، نقش محوری فناوری در فرهنگ سرمایه‌داری[۲] و ارتباط آن با قدرتِ سیاسی در دوره مدرن می‌باشد. پس از **انقلاب صنعتی** و رشد چشمگیرِ سرمایه‌داری در سده هجدهم آشکار شد که بدون فناوری نمی‌توان اهداف سرمایه‌داری در تولید و کسب ثروت فراوان را محقق ساخت. در این وضعیت بود که علم به مثابه یک نیروی تولید نگریسته می‌شد [۴۱]. به‌عبارت دیگر، یکی از نقش‌های مهم علم در شکل دادنِ وضعیت پسامدرن، مشارکت قدرتمندانه آن در اقتصاد سرمایه‌داری و تولید ثروت بود که پیوندی ناگسستنی با فناوری و قدرت سیاسی داشت. از همین رو علم دیگر یک جستجو و کاوش بی‌طرف و عاری از تعلقات برای کشف حقیقت در طبیعت نمی‌توانست باشد، به ویژه این‌که آثار حیرت‌آور فناوری در جنگ‌های جهانی اول و دوم بر تمام انسان‌ها مشخص گشته بود. اما فرهنگ سرمایه‌داری و فناورانه صرفاً مشکلات مالی پژوهش‌های علمی را حل نمی‌کند بلکه در مشروعیت دادن به آن و نیز شکل‌گیری معرفتِ علمی نیز دخالت دارد. در وضعیتی که علم تحت کنترل فناوری قرار گرفته است، فرآیندِ تولید اثبات[۳] به عنوان زیربنایی‌ترین فعالیتِ پژوهش‌های علمی، دیگر نه به 'روش علمی' وابسته خواهد بود و نه

۱– از بهترین کارهای پژوهشی‌ای که به شکلی مستند و بصیرت‌آمیز جابجایی محور اصلی سیاست‌گذاری دولت‌ها از علم به فناوری در دهه ۱۹۷۰ آمریکا را تشریح کرده است می‌توان به «سیاستِ جدید علم» اثر **دیوید دیکسون** اشاره کرد که در آن واژگون شدن رابطه علم و فناوری در سیاست‌گذاری را به تصویر کشیده است. ر.ک.[۴۱].

2- Capitalism
3- proof

Archive of SID
www.SID.ir

چندان ارتباطی با 'حقایق' موجود در طبیعت خواهد داشت، بلکه تحت کنترل و در انقیادِ اصل «کارآیی»[1] می‌باشد. کارآیی نه تنها توانایی تولید اثبات را (به واسطه افزایش سرمایه‌گذاری در توسعه فناوری‌های مورد نیاز) افزایش می‌دهد، بلکه همچنین محتوای اثبات و نیز نسبت آن با حقیقت را نیز متاثر می‌سازد. در این وضعیت، که مختص دوره پسامدرن می‌باشد، رابطه علم و فناوری معکوس آن چیزی خواهد بود که آموزه **فعک** توصیف می‌کند [۴۱و۴۲].

۵- تاریخ‌نگاری علیه آموزه فعک

دومین گروه منتقدان این آموزه را تاریخ‌نگارانِ «استقلال‌طلبِ» فناوری تشکیل می‌دهند که با تاکید بر شواهدِ نقض آموزه **فعک** در تاریخ، قویترین جبهه منتقدان آن می‌باشند. آن‌ها در تلاش بودند که نشان دهند بر اساس تاریخ و بر خلاف پیش‌فرض‌های متداول، در بسیاری موارد فناوری در طول اعصار گذشته بدون نیاز به معرفت علمی توسعه یافته است. قدرت و قوتِ این انتقادات در دو چیز نهفته است: اول این‌که ارجاع به واقعیتِ تاریخی محور اصلی انتقادات بود و همین امر قدرت اقناع فراوانی به دنبال داشت؛ و دوم اینکه به دلیل استقلال‌طلبی حرفه‌ای تاریخ‌نگاران فناوری از سایر شاخه‌ها، انتقادات به شکلی هدفمند، پیاپی، و نسبتاً منسجم در یک دوره تقریباً سی ساله ارائه شد[2]. لذا در اواخر دهه ۱۹۸۰ اقامه دعوی علیه آموزه **فعک** مانند «تلاشِ برای شکستنِ دری بشود که دیگر گشوده شده است»[3] توصیف می‌شد. در ادامه به شکل بسیار فشرده به برخی از این پژوهش‌ها اشاره می‌شود.

ماشین بخار از مهمترین مواردی است که نه تنها پیش از پیدایش علم ترمودینامیک توسط **جیمز وات** و **نیوکامن** بدون هیچ وابستگی‌ای به معرفت علمی توسعه یافت بلکه بعدها مستقیماً در تولید معرفت علمی مربوطه نقش داشته است[4]. از میان تاریخ‌نگارانِ استقلال‌طلب **دونالد کاردول**[5] فردی بود که با جدیت تمام تاریخچه موتور بخار را مورد بررسی قرار داد و در آثار متعددی که در این زمینه به چاپ رساند[6] نشان داد که آموزه **فعک** در مورد آن برقرار نیست. در نتیجه پژوهش‌های او مشخص شد که توسعه موتور بخار چه به روش **نیوکامن**[7] و چه به روش **وات**[8] مستقل از نظریه‌های علمی مربوط به انتقال حرارت و ترمودینامیک بوده و بر اساس سعی و خطا به وقوع پیوسته است. تحقیقات روشن‌گرِ او در مورد توسعه ماشین بخار به جامعه تاریخ‌نگاران فناوری و علم نشان داد که اتفاقاً علم ترمودینامیک توسعه خود را مدیون اختراع ماشین بخار بوده است چرا که فعالیت‌های بنیانگذاران این علم پس از اختراع ماشین بخار و با تمرکز بر روی نحوه عملکرد و بهبود کارایی آن انجام شد. **کاردول** به شکلی قانع‌کننده نشان داد که مفاهیم محوری فیزیک نیوتنی چون «انرژی» و «کار» و «نیرو» تا پیش از مطرح شدن در ترمودینامیک و قانون بقای کار و انرژی، به درستی توسعه داده نشده بود [۴۸] و از همین رو، باید اذعان داشت علم به ماشین بخار بیشتر مدیون است تا ماشین بخار به علم[9].

علاوه بر ماشین بخار برخی دیگر از سازوکارهای تبدیل انرژی به کار مانند ماشین‌های آبی (توربین آبی) نیز مورد بررسی تاریخ‌نگاران فناوری قرار گرفته و نتایج باز هم مؤید استقلال توسعه فناوری از علم بود[10]. در این زمینه **تری رینولدز** با مروری دقیق بر توسعه چرخ آبی روگذر-گرانشی[11] نشان داد که مطابق با نظریه‌های علمی آن زمان

۱- performativity اصطلاحی است که **لیوتار** اولین بار در *وضعیت پسامدرن* برای نشان دادنِ گفتمان حاکم بر فناوری و علم استفاده گسترده‌ای از آن کرده است.

۲- مجموعه این فعالیت‌ها در بستر انجمن تاریخ فناوری Society for the History of Technology (SHOT) که در سال ۱۹۵۸ تاسیس شد، شکل می‌گرفت. این انجمن با انتشار نشریه *Technology and Culture* از سال ۱۹۵۹، جایگاهی را فراهم آورد که انتقادات استقلال‌طلبانه تاریخ‌نگاران فناوری در قالب مقالاتِ پژوهشی انتشار یابد.

۳- ر.ک. [۳۷]

۴- امروزه تقدم توسعه فناوری ماشین بخار بر قوانین ترمودینامیک در اکثر کتاب‌های تاریخ علم ترمودینامیک که اساساً دغدغه رابطه‌ی علم و فناوری ندارند نیز تصریح شده است. برای نمونه ر.ک. [۴۳]

5- Donald Cardwell

۶- ر.ک. کتاب‌های [۴۴و۴۵] و مقالات [۴۶و۴۷]

7- Thomas Newcomen (1663-1729)

8- James Watt (1736-1819)

۹- این جمله از L. J. Henderson فیزیولوژیست و زیست-شیمی‌دان آمریکایی می‌باشد که ظاهرا در ۱۹۱۷ آن را بیان کرده است.نقل قول از منبع [۴۹]

۱۰- نمونه‌ای از این پژوهش‌ها توسط **کاردول** انجام شد. ر.ک. [۵۰]. همچنین پژوهش‌های **ادوارد کنستانت** در مورد دینامومتر و توربین‌های آبی [۵۱] در همین زمینه و به عنوان مورد نقضی برای آموزه **فعک** می‌باشد. **ادوارد لیتون** نیز در زمینه توسعه توربین‌های آبی در آمریکا بی‌نیاز از معرفت علمی، پژوهش‌هایی انجام داده است. ر.ک. [۵۲]

11- overshot-gravity waterwheel

Archive of SID
www.SID.ir

نبایست تفاوتی میان عملکرد آن فناوری و چرخ آبی زیرگذر-ضربه‌ای[1] وجود داشته باشد، در حالی که دستگاه‌های ساخته شده نتایج معکوسی را نشان می‌داد. همچنین مطابق تحلیل ارائه شده، محققانی که در اثبات عملکرد بهتر چرخِ آبی ضربه‌ای-گرانشی نقش اصلی را داشتند، نه هیچ معرفت علمی‌ای را به کار بردند و نه هیچ پشتوانه مفهومی و نظری‌ای از علم موجود را تکیه‌گاه قرار داده بودند [۵۳].

بررسی توسعه صنعت و فناوری هوانوردی و پرواز توسط **جان رائی** نشان داد که زمانی که برادران **رایت** اولین تجربه پرواز خود را در نهایت با موفقیت به ثمر رساندند، نه تنها علمِ فیزیک در شاخه سیالات معرفت قابل استفاده‌ای برای طراحی بال و بدنه نداشت، بلکه بر اساس همان معرفت علمی، پرواز به روشی که اولین بار انجام شد غیر ممکن بود. همچنین توسعه نیروی محرکه هواپیما، دست کم در دهه‌های اولیه، از مسائلی بود که مهندسان فناوری بدون تکیه بر علم بر مشکلات آن فائق آمدند [۵۴]. به‌علاوه، پژوهش‌های متعدد و دقیق **ادوارد کنستانت** در همین صنعت نشان داد که استقلال فناوری از علم هم در نوع معرفت، هم در نهادهای توسعه-دهنده و هم در هنجارها و ارزش‌های مربوطه کاملاً مشهود است[2]. در زمینه توسعه سازه بال هواپیما و ملخ آن نیز **والتر وینستی**[3] مطالعاتی را انجام داد که در آن نشان می‌دهد معرفت معرفت فناورانه مورد نیاز و روش مورد استفاده مهندسان در توسعه فناوری در آن زمینه مستقل از معرفت علمی بوده است[4].

پژوهش بر روی فناوری موتور القائی[5]، توسط **رونالد کلاین**[6] **کلاین**[6] مدیر مرکز تاریخ مهندسی برق در نیویورک، نشان می‌دهد که مطابق با علم الکترومغناطیس به شکلی که در معادلات **ماکسول** ارائه شده وجود چنین موتور غیرممکن بود. اما مهندسان برق با اصلاح معادلات به شکلی که در طراحی موتور سودمند باشد و ترکیب آن با قوانین مکانیک، هم موفق به خلق آن فناوری شدند و هم معرفت فناورانه مربوطه را ایجاد کردند [۶۳]. همچنین در فناوری تولید و انتقال برق فشار قوی که از جمله مهمترین تحولات صنعتی اواخر سده نوزده و اوایل سده بیستم می‌باشد، **تامس هیوز**[7] نشان داد که هر چند ارتباط قوی‌ای میان فناوری و علم، به ویژه در تبعیت روش مهندسان از روش دانشمندان وجود داشته است، اما معرفت فناورانه مورد نیاز برای توسعه صنعت برق فشار قوی به شکلی مستقل از علم رشد کرده است [۶۴].

کایریل اسمیت با مروری بر وضعیت فناوری متالورژی نشان داده است که بدنه اصلی معرفت مورد نیاز برای تولید آلیاژها بسیار پیش از آن‌که علم مدرن حتی به فکر تبیین آن بیافتد ایجاد شده و مورد استفاده قرار می‌گرفت [۶۵و۶۶]. صنایع شیمیایی نیز از جمله دیگر مواردی است که در آن فناوری تولید بسیاری از مواد و ترکیبات[8] بسیار پیشتر از نظریه‌های علمی لازم برای توضیح ساختار و رفتار آن مواد و چگونگی استحصال و استخراج آن‌ها، توسعه داده شده بود [۷۰-۶۷].

بررسی تاریخچه ۱۵۰ ساله کشاورزی مدرن در اروپا و آمریکا توسط **کولمایر**[9] و **هروم**[10] نشان داد که روش‌ها و نظریات علمی در پیشبرد فناوری‌های کشاورزی در مواردی معدود مؤثر بوده‌اند و مکانیزه کردن فعالیت‌های کشاورزی که از مهمترین دستاوردهای مهندسی کشاورزی می‌باشد، بر اساس تغییر و توسعه سایر فناوری‌های و در سنتِ مهندسی به پیش رفته است و تنها در اواسط سده بیستم نقش اکتشافات علمی در آن پررنگ شده است. همچنین **توبی**[11] در پژوهشی دیگر نشان داد که فناوری‌های مدرن کشاورزی در پرورش گیاهان خوراکی و از بین بردن آفات آن‌ها پیش از شکل‌گیری معرفت

1- undershot-impulse waterwheel

۲- در این زمینه ر.ک. [۵۵] که در آن نحوه توسعه فناوری موتور جت در آمریکا بررسی شده است. **کنستانت** همچنین استقلال این توسعه فناورانه ایجاد شده از علم هوانوردی را در چند مقاله با جزئیات بیشتری طرح کرده است. در این مورد ر.ک. [۵۱و۵۶]

3- Walter Vincenti

۴- در مورد سازه بال ر.ک. [۵۷و۵۸] و در مورد ملخ هواپیما ر. ک [۵۹]. همچنین مفهوم «حجم کنترل» که در ترمودینامیک و آیرودینامیک جایگاه محوری‌ای دارد از نظر **وینستی** [۶۰] و **کوپر** [۶۱] به شکلی مستقل در فناوری توسعه یافته است. مهندسان این مفهوم را آن‌چنان که نیاز داشتند و به هدف دستیابی به کارائی بیشتر در تحلیل‌ها توسعه داده‌اند که از معرفت علمی فیزیکدانان تفاوت بود. بعدها **وینستی** پژوهش‌هایش در مهندسی و فناوری هوانوردی را مبنایی قرار داد برای نگارش کتاب *مهندسان چه معرفتی دارند و چگونه آن را کسب می‌کنند؟* [۶۲] که مورد توجه بسیار قرار گرفت.

5- induction motor

6- Ronald Kline

7- Thomas P. Hughes

۸- مانند انواع رنگ‌ها و رنگبرها و تثبیت کننده‌ها، مواد منفجره، و ترکیبات آمونیاک

9- Fred W. Kohlmeyer

10- Floyd L. Herum

11- Ronald Tobey

Archive of SID
www.SID.ir

علمی و پیش از توسعه نظریه‌های مربوطه، موفقیت‌های قابل ملاحظه‌ای را نصیب کشاورزان آمریکایی کرده بود[1].

مرور تاریخچه توسعه مهندسی مکانیک در بخش مکانیزم‌ها و مقاومت مصالح توسط **ادوین لیتون** نیز نشان داد که چیزی به نام علوم مهندسی بسیار بعد از توسعه فناوری‌های مکانیکی پدید آمد و در ضمن بخش اندکی از آن علوم را معرفت علمی موجود در فیزیک و شیمی تشکیل می‌داد[2]. **تامس اسمیت** با بررسی توسعه فناوری اولین رایانه بلادرنگ[3] در **انستیتوی فناوری ماساچوست**[4] آمریکا به این نتیجه رسید که که هرچند معرفت علمی مفیدی خارج از طرح مذکور وجود داشت، اما «این اندیشه که علمِ برون‌زاد[5] می‌تواند منبع معرفتی معرفتی مناسبی برای حیات فرآیند پژوهش و توسعه فناوری باشد در زمانه حاضر یک تصور رمانتیک است که بیش از حد مهم تلقی می‌شود». در واقع فرآیند پژوهش و توسعه فناوری، خودش معرفت مورد نیازش را تولید می‌کند [۷۵].

در کنار این مطالعات موردی، برخی تاریخ‌نگاران، تاریخ علم و فناوری را به شکل کلی و در یک دوره تاریخی مورد بررسی قرار داده تا عدم وابستگی رشد فناوری به علم را نشان دهند. در این راستا **پرایس** [۷۶و۷۷] و **کاردول** [۷۸و۷۹] به شکلی جداگانه نشان دادند که توسعه بخش اعظم فناوری‌های غرب مانند ماشین بخار، دستگاه‌های نساجی، ماشین چاپ وابستگی ناچیزی به علم داشته است.

علاوه بر این نمونه‌ها، پژوهش‌های متعددی در دهه‌های ۶۰ و ۷۰ توسط پژوهش‌گران حوزه‌هایی چون اقتصاد و سیاست‌گذاری علم به هدف تعیین رابطه علم و فناوری انجام شد. پروژه **هایندسایت**[6] که هشت سال به طول انجامید و توسط وزارت دفاع آمریکا برای تعیین رابطه پژوهش‌های علوم پایه و توسعه فناوری سلاح‌های جنگی انجام گرفت، نشان داد که تنها یک درصد از فناوری‌های مورد مطالعه (که بالغ بر ۲۰ مورد جنگ‌افزار پیشرفته بود) حاصل پژوهش‌های علوم پایه می‌باشد. همچنین پژوهش مشابهی در انگلستان انجام گرفت[7] که نتایج آن و مطالعات مرتبط با آن نشان داد که که موارد بسیار اندکی وجود داشته که در آن‌ها «علم کشف می‌کند و فناوری به کار می‌برد».

دستاورد این پژوهش‌ها که به شکلی منظم و هدفمند به جامعه اندیشمندان ارائه می‌شد، با همایش‌های متعددی که به هدف برانداختنِ آموزه‌ی **فعک** برگزار می‌گشت همراه شد و سرانجام در انتهای دهه‌ی ۱۹۸۰ چیزی از آن آموزه برای نقد کردن باقی نمانده بود.

۶- نتیجه‌گیری و نکاتی برای سیاست علم و فناوری

در این مقاله یکی از مهمترین و قدیمی‌ترین الگوهای رابطه علم و فناوری مطرح گردید و سپس انتقادات وارد بر آن از جبهه‌های مختلف ارائه شد. انتقادات وارد بر آموزه **فعک** سبب شد که در دهه ۸۰ عملاً اعتبار آن از بین رفته و بسیاری از پژوهش‌گران حوزه علم و فناوری آن را کنار بگذارند. هر چند که امروزه هنوز بسیاری از مردم عادی و پژوهش‌گران بر این عقیده‌اند که فناوری همان علم کاربردی است، اما تدقیق در این مفهوم نشان داد که این باور غلط بوده و تنها شاید در مواردی معدود و با جرح و تعدیل‌هایی اساسی صادق است.

این نتیجه‌گیری، نکات بسیار مهمی را برای سیاست‌گذاری علم و فناوری در پی خواهد داشت. اولین نکته این است که معرفت فناوری و معرفت علمی هرچند که شباهت‌ها و نقاط مشترک فراوانی دارند، اما مستقل از هم رشد کرده و شکل گرفته‌اند. این‌که رشد علم خود رشد فناوری را به دنبال می‌آورد، تصوری ساده‌انگارانه و نادرست است. آن‌چه که **وَنِوِر بوش** در دهه ۱۹۴۰ از رابطه علم و فناوری در گزارش معروف خود ارائه کرده بود [۸۴] تا بودجه‌ها تحقیقاتی

۱- به ترتیب ر.ک. [۷۱و۷۲]

۲- ر.ک. [۷۳]. **فرگاسن** نیز پژوهشی با همین رویکرد در مورد توسعه معرفت فناورانه در زمینه مصنوعات مکانیکی در آمریکا انجام داده است. ر.ک. [۷۴]

۳- real time. نام این طرح Project Whirlwind بود. دستاوردهای فنی این طرح در دهه ۶۰ مبنای طراحی و ساخت رایانه‌های شخصی شد.

4- Massachusetts Institute of Technology (MIT)

5- exogenous science

۶- Project Hindsight. ر.ک. [۸۰]

۷- این پژوهش در سال ۱۹۶۶ در دانشگاه منچستر شروع شد و در ۱۹۷۰ نتایج اولیه آن منتشر گردید. ر.ک. [۸۱] سپس دستاوردهای طرح به شکلی مفصل در کتاب *ثروتِ دانش* [۸۲] به چاپ رسید. **گیبونز** و **جانستون** [۸۳] مطالعه خود بر روی منبع و منشاء دانش مورد استفاده در اختراعات فناورانه را با دقت بیشتری ادامه دادند. آن‌ها با مطالعه ۳۰ مورد اختراع مهم به این نتیجه رسیدند که تنها در ۳۶ درصد موارد اطلاعات و دانشِ مورد نیاز، از منابع مکتوب علمی گرفته شده است. نتایج این پژوهش دو سال بعد توسط **جِوانز** مورد بازنگری و تحلیل و تایید قرار گرفت تا اعلام دارد که «علم مادر فناوری نبوده است و شاید در بهترین حالت بتوان آن را دایه‌ای برای فناوری به شمار آورد» [۶].

Archive of SID
www.SID.ir

بیشتری را برای علوم محض و پایه جمع‌آوری نماید به این هدف که دستاوردهای فناوری از آن‌ها برخواهد خواست، امروزه چندان اعتباری ندارد. پس از انتقاداتی که فیلسوفان و تاریخ‌نگاران به آموزه **فعک** وارد کردند، برخی از سیاست‌گذاران علم و فناوری[۱]، اقتصاددانان[۲]، و نیز فعالان حوزه آموزش علم[۳] نیز مشغول به ارزیابی آن آموزه شدند. همچنین تفکیک علم از فناوری و نفی آموزه **فعک** در پژوهش‌ها و مقالات داخلی در زمینه سیاست‌گذاری علم و فناوری نمود پیدا کرده است[۴]. نتیجه‌ها نشان می‌داد که نه تنها آموزه **فعک** و «مدل خطی»[۵] از رابطه علم و فناوری نادرست بوده، بلکه در بسیاری موارد فناوری علم را به پیش رانده و یا اساساً رابطه‌ای مستقیم میان آن‌ها وجود نداشته است. در نتیجه نباید سیاست‌های پژوهشی، اقتصادی، و آموزشی را بر مبنای آن بنا نهاد.

دومین نکته مهم این است که اگر فناوری علم کاربردی نیست، در نتیجه ساختار و مؤلفه‌هایی خاصِ خود دارد که مستقل از علم است. به‌عبارت‌دیگر فناوری نمی‌تواند مستقیماً از نتایج پژوهش‌های علمی حاصل شود و شرایط و امکانات و عناصر دیگری نیاز است تا نوآوری‌های فناوری محقق گردد. این عناصر بخشی جدایی‌ناپذیر از معرفت فناورانه هستند. به‌عنوان نمونه دانش «طراحی» و«ساخت» که دو عنصر مهم در شکل‌گیری فناوری‌های نوین هستند، اساساً از علوم محض و حتی کاربردی منتج نشده و بدنه معرفتی خاص خود را دارند. در نتیجه نباید توقع داشت که پیشرفت‌های فناورانه در غیاب معرفت و تجربه مورد نیاز برای طراحی، ساخت، و نگهداری مصنوعات فناورانه رخ دهد.

از نتیجه‌گیری فوق، یک نکته دیگر نیز می‌توان استنباط کرد و آن این است که در سیاست‌های آموزشی علم و فناوری، اشتباه است که تنها بر آموزش علوم طبیعی تاکید گردد و از دانش‌پژوهان توقعِ نوآوری‌های فناورانه داشت. برنامه‌ریزی برای آموزش علم و فناوری بر اساس آموزه **فعک** موجب می‌شود که ابعاد واقعی و مؤثر فناوری به دانش‌آموزان آموخته نشود و تصویری نادرست در ذهن آن‌ها از علم و فناوری شکل گیرد. آن‌چه که در آموزش برای فناوری ضرورتاً نیاز است، معرفت و تجربه طراحی و ساخت است که آموزه **فعک** آن را اساساً نادیده می‌گرفت.

منابع References

[1] Agassi, J., 1982, "How Technology Aids and Impedes the Growth of Science", Paper presented at the PSA: Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association, p. 587.

[2] Agassi, J., 1980, "Between Science and Technology", *Philosophy of Science*, *47*(1), pp. 82-99.

[3] Cotgrove, S., 1975, "Technology, Rationality and Domination", *Social Studies of Science*, *5*(1), pp. 55-78.

[4] De Vries, M.J., 2005, *Teaching about Technology: An Introduction to the Philosophy of Technology for Non-philosophers*, Springer. p. 83.

[5] Mitcham, C., 1994, *Thinking Through Technology: The Path between Engineering and Philosophy*, The University of Chicago Press, pp.207-208.

[6] Jevons, F.R., 1976, "The Interaction of Science and Technology Today, or, Is Science the Mother of Invention?", *Technology and Culture*, *17*(4), pp. 729-742.

[7] Henry, J., 2002, *The Scientific Revolution and the Origins of Modern Science*, Second Edition, Palgrave Macmillan, p.36.

[8] Rees, G., 2000, "Bacon, Francis", In W. Applebaum (Ed.), *Encyclopedia of the Scientific Revolution From Copernicus to Newton*, pp. 102-108, Garland Publishing Inc., p.104.

[9] Hooykaas, R., 2003, "The Rise of Modern Science: When and Why?", In M. Hellyer (Ed.), *The Scientific Revolution: The Essential Readings*, pp. 19-43, Blackwell Publishing Ltd., pp. 36-38.

[10] Applebaum, W., 2005, "*The Scientific Revolution and the Foundations of Modern Science*, GREENWOOD PRESS, p. 90.

[11] Shapin, S., 1996, "*The Scientific Revolution*", University of Chicago Press, p. 74.

[12] McClellan, J.E. and Dorn, H., 2006, "*Science and Technology in World History: An Introduction*", Second Edition, The Johns Hopkins University Press, pp. 245-247.

۱- علاوه بر مواردی که در بخش پیشین اشاره شد ر.ک. [۷۶و۸۵] که در آنها چندین مطالعه موردی سودمند درباره رابطه علم و فناوری انجام شده است. برای مطالعه مواردی جدیدتر از این دست ر.ک. [۸۶و۸۷]. همچنین **هاروی بروکز** از پژوهش‌گران بنامِ سیاست‌گذاری علم، در چندین پژوهش مفصل رابطه علم و فناوری را بررسی کرده و به این نتیجه رسیده است که بر خلاف آموزه **فعک** رابطه آن‌ها دوجانبه و متقابل بوده است. برای مطالعه نتایج پژوهش‌های **بروکز** ر.ک. [۸۸]

۲- برجسته‌ترین آثارِ انتقادی در نقد آموزه **فعک** و مدل خطی توسط **روزنبرگ** منتشر شده است. ر. ک. [۹۱-۸۹]

۳- **پل گاردنر** در این زمینه آثار متعدد و تاثیرگذاری نوشته است. ر.ک. [۹۵-۹۲] در مورد آثار منفی آموزه **فعک** بر آموزش علم و فناوری ر.ک. [۹۶]

۴- در این مورد ر.ک. [۹۷و۹۸] که این مقالات هر دو زمینه فلسفی دارند.

5- Linear Model

Archive of SID
www.SID.ir

[13] Gaukroger, S., 2004, *Francis Bacon and the Transformation of Early-Modern Philosophy*, Cambridge, UK: Cambridge University Press, pp. 14-16.
[14] Keller, A., 1984, "Has Science Created Technology?", *Minerva*, *22*(2), pp. 160-182.
[15] McGinn, R.E., 1976, "Workshop on the Interrelations between Science and Technology, and Ethics and Values: Reston, Virginia, April 10-12, 1975", *Technology and Culture*, *17*(2), pp. 249-255.
[16] Channell, D.F., 2009, "The Emergence of the Engineering Sciences: An Historical Analysis", In A. Meijers (Ed.), *Philosophy of Technology and Engineering Sciences*, pp. 117-154, Amsterdam, The Netherlands: Elsevier, p. 124.
[17] Dusek, V., 2006, *Philosophy of Technology: An Introduction*, Blackwell Publishing, p. 51.
[18] Arnhart, L., 2005, "Bacon, Francis", In C. Mitcham (Ed.), *Encyclopedia of Science, Technology and Ethics*, 1, pp. 165-168.
[19] Bacon, F., 2000, *The New Organon*, Cambridge University Press, p. 103.
[20] Glazebrook, T., 2004, "Global Technology and the Promise of Control", In D. Tabachnick and T. Koivukoski (Eds.), *Globalization, Technology, and Philosophy*, *chapter8*, pp. 143-158, State University of New York Press.
[21] Finch, J.K., 1961, "Engineering and Science: A Historical Review and Appraisal", *Technology and Culture*, *2*(4), pp. 318-332.
[22] Bacon, F., 2007, *The New Atlantis*, Filiquarian Publishing, pp. 207-208.
[23] Lee, K., 2009, "*Homo faber*: the Unity of the History and Philosophy of Technology", In J.K.B. Olsen, E. Selinger and S. Riis (Eds.), *New Waves in Philosophy of Technology*, pp. 13-39.
[24] Scharff, R.C., 2009, "Technology as "Applied Science", In J.K.B. Olsen, S.A. Pedersen and V.F. Hendricks (Eds.), *A Companion to the Philosophy of Technology*, pp. 160-164, Blackwell Publishing Ltd, p. 160.
[25] Sismondo, S., 2010, *An Introduction to Science and Technology Studies*, Second Edition, Blackwell Publishing Ltd., p. 93.
[26] Grove, J.W., 1980, "Science as Technology: Aspects of a Potent Myth", *Minerva*, *18*(2), pp. 293-312.
[27] Rodis-Lewis, G., 1992, "Descartes' Life and The Development of His Philosophy", In J. Cottingham (Ed.), *The Cambridge Companion to Descartes*, pp. 21-57, Cambridge University Press, p. 27.
[28] Descartes, R., 1929, *A Discourse on Method*, J. Veitch (Trans.), London: J.M. Dent and Sons Ltd., p. 49.
[29] Schouls, P.A., 1989, *Descartes and the Enlightenment*, Kingston, Ont.: McGill-Queen's University Press, p. 29.
[30] Cottingham, J., 1998, "Introduction", In J. Cottingham (Ed.), *Descartes*, pp. 1-27, Oxford: Oxford University Press.
[31] Arnhart, L., 2005, "Descartes, Rene", In C. Mitcham (Ed.), *Encyclopedia of Science, Technology, and Ethics*, 2, pp. 499-502, Thomson Gale, p. 501.
[32] Bunge, M., 1966, "Technology as Applied Science", *Technology and Culture*, *7*(3), pp. 329-347.
[33] Bunge, M., 1985, "Technology: From Engineering to Decision Theory", *Treatise on Basic Philosophy*, *7*, pp. 219-311.
[34] Radder, H., 2009, "Science, Technology and the Science-Technology Relationship", In A. Meijers (Ed.), *Philosophy of Technology and Engineering Sciences*, pp. 65-92, Amsterdam, The Netherlands: Elsevier, p. 70.
[35] Bunge, M., 1979, "Philosophical Inputs and Outputs of Technology", In R.C. Scharff and V. Dusek (Eds.), *Philosophy of Technology: The Technological Condition*, pp. 172-181, p.174.
[36] Forman, P., 2007, "The Primacy of Science in Modernity, of Technology in Postmodernity, and of Ideology in the History of Technology", *History and Technology*, *23*(1), pp. 1-152.
[37] Forman, P., 2010, "(Re)cognizing Postmodernity: Helps for Historians – of Science Especially", *Berichte zur Wissenschaftsgesch*, *33*, pp. 157-75.
[38] Forman, P., 2002, "Recent Science: Late-Modern and Post-Modern", In P. Mirowski and E.M. Sent (Eds.), *Science Bought and Sold: Rethinking the Economics of Science*, pp. 109-148, Chicago, IL: Harwood, p.119
[39] Lyotard, J.F., 1979, *The Postmodern Condition: A Report on Knowledge*, G. Bennington and B. Massumi (Trans.), Minneapolis: University of Minnesota Press, pp. 3,11,37.
[40] Anderson, P., 1998, *The Origins of Postmodernity*, London/New York: Verso, p. 87.
[41] Borgmann, A., 1992, *Crossing the Postmodern Divide*, Chicago: The University of Chicago Press, p. 42.
[42] Dickson, D., 1984, *The New Politics of Science*, New York: Pantheon.
[43] Müller, I., 2007, *A History of Thermodynamics (The Doctrine of Energy and Entropy)*, Berlin: Springer.
[44] Cardwell, D., 1971, *From Watt to Clausius: The Rise of Thermodynamics in the Early Industrial Age*, Ithaca, N.Y.: Cornell University Press.
[45] Cardwell, D., 1963, *Steam Power in the Eighteenth Century*, London: Sheed and Ward.
[46] Cardwell, D., 1978, "Science and the Steam Engine Reconsidered", *Transactions of the Newcomen Society*, *49*(1977-78), pp. 111-120.
[47] Cardwell, D., 1976, "Science and Technology: The Work of James Prescott Joule", *Technology and Culture*, *17*(4), pp. 674-687.
[48] Cardwell, D., 1967, "Some Factors in the Early Development of the Concepts of Power, Work and Energy", *Technology and Culture*, *3*(3), pp. 209-224.
[49] Hartley, H., 1961, "The Dent of Engineering to Fellow of Royal Society", *Notes and Records of the Royal Society of London*, *16*(1), pp. 136-140.

Archive of SID

www.SID.ir

[66] Smith, C.S., 1960, *A History of Metallography: The Development of Ideas on the Structure of Metals before 1890*, Chicago: The University of Chicago Press.
[67] Multhauf, R., 1966, *The Origins of Chemistry*, Londone: Oldbourne.
[68] Multhauf, R., 1976, "Geology, Chemistry, and the Production of Common Salt", *Technology and Culture, 17*(4), pp. 634-645.
[69] Multhauf, R., 1965, "Sal Ammoniac: A Case History in Industrialization", *Technology and Culture, 6*(4), pp. 569-586.
[70] Leicester, H.M., 1961, "Chemistry, Chemical Technology, and Scientific Progress", *Technology and Culture, 2*(4), pp. 352-356.
[71] Kohlmeyer, F.W. and Herum, F.L., 1961, "Sciencea nd Engineeringi n Agriculture: A Historical Perspective", *Technology and Culture, 2*(4), pp. 368-380.
[72] Tobey, R., 1976, "Theoretical Science and Technology in American Ecology", *Technology and Culture, 17*(4), pp. 718-728.
[73] Layton, E.T., 1971, "Mirror-Image Twins: The Communities of Science and Technology in 19th-Century America" *Technology and Culture, 12*(4), pp. 562-580.
[74] Ferguson, E., 1962, "On the Origin and Development of American Mechanical 'Know-How'", *Midcontinent American Studies Journal, 3*(2), pp. 3-16.
[75] Smith, T.M., 1976, "Project Whirlwind: An Unorthodox Development Project", *Technology and Culture, 17*(3), pp. 447-464.
[76] Price, D.J.d.S., 1984, "The Science/Technology Relationship, the Craft of Experimental Science, and Policy for the Improvement of High Technology Innovation", *Research Policy, 13*, pp. 3-20.
[77] Price, D.J.d.S., 1965, "Is Technology Historically Independent of Science? A Study in Statistical Historiography", *Technology and Culture, 6*(4), pp. 553-568.
[78] Cardwell, D., 1967, *Turning Points in Western Technology: A Study of Technology, Science and History*, New York, N.Y.: Neale Watson Academic, p. 244.
[79] Cardwell, D., 1980, "Science, Technology, and Industry", In G.S. Rousseau and R. Porter (Eds.), *The Ferment of Knowledge: Studies in Historiography of Eighteenth-Century Science*, pp. 449-483, Cambridge, UK: Cambridge University Press.
[80] Sherwin, C.W. and Isenson, R.S., 1967, "Project Hindsight", *Science, 156*(3782), pp. 1571-1577.
[81] Gibbons, M. and Johnson, C., 1970, "Relationship between Science and Technology", *Nature, 227*, pp. 125-127.
[82] Langrish, J., Gibbons, M., Evans, W.G. and Jevons, F.R., 1972, *Wealth from Knowledge*, London: McMillan.
[83] Gibbons, M. and Johnson, C., 1974, "The Roles of Science in Technological Innovation", *Research Policy, 3*, pp. 220-242.
[84] Bush, V., 1945, *Science, The Endless Frontier*, Washington, DC: U.S. Gov't Printing Office.
[50] Cardwell, D., 1965, "Power Technologies and the Advance of Science, 1700-1825" *Technology and Culture, 6*(2), pp. 188-207.
[51] Constant II, E.W., 1973, "A Model for Technological Change Applied to the Turbojet Revolution", *Technology and Culture, 14*(4), pp. 553-572.
[52] Layton, E.T., 1976, "Scientific Technology, 1845-1900: The Hydraulic Turbine and the Origins of American Industrial Research", *Technology and Culture, 20*(1), pp. 64-89.
[53] Reynolds, T.S., 1979, "Scientific Influences on Technology: The Case of the Overshot Waterwheel, 1752-1754", *Technology and Culture, 20*(2), pp. 270-95.
[54] Rae, J.B., 1961, "Science and Engineering in the History of Aviation", *Technology and Culture, 2*(4), pp. 391-39.
[55] Constant II, E.W., 1980, *The Origins of Turbojet Revolution*, Baltimore: John Hopkins University Press.
[56] Constant II, E.W., 1984, "Communities and Hierarchies: Structure in the Practice of Science and Technology", In R. Laudan (Ed.), *The Nature of Technological Knowledge. Are Models of Scientific Change Relevant?*, pp. 27-46, Dordrecht: D. Reidel.
[57] Vincenti, W.G., 1984, "Technological Knowledge without Science: The Innovation of Flush Riveting in American Airplanes, ca. 1930-ca. 1950", *Technology and Culture, 25*(3), pp. 540-576.
[58] Vincenti, W.G., 1979, "The Davis Wing and the Problem of Airfoil Design: Uncertainty and Growth in Engineering Knowledge", *Technology and Culture, 27*(4), pp. 717-758.
[59] Vincenti, W.G., 1979, "The Air-Propeller Tests of W. F. Durand and E. P. Lesley: A Case Study in Technological Methodology", *Technology and Culture, 20*(4), pp. 712-751.
[60] Vincenti, W.G., 1982, "Control-Volume Analysis A Difference in Thinking between Engineering and Physics", *Technology and Culture, 23*(2), pp. 145-174.
[61] Küppers, G., 1978, "On the Relation between Technology and Science - Goals of Knowledge and Dynamics of Theories, the Example of Combustion Technology, Thermodynamics and Fluidmechanics", In W. Krohn, E. Layton and P. Weingart (Eds.), *The Dynamics of Science and Technology, 2*, Dordrecht: Reidel.
[62] Vincenti, W.G., 1990, *What Engineers Know and How They Know It: Analytical Studies from Aeronautical History*, Baltimore: The Johns Hopkins University Press.
[63] Kline, R., 1987, "Science and Engineering Theory in the Invention and Development of the Induction Motor, 1880-1900", *Technology and Culture, 28*(2), pp. 283-313.
[64] Hughes, T.P., 1976, "The Science-Technology Interaction: The Case of High-Voltage Power Transmission Systems", *Technology and Culture, 17*(4), pp. 646-662.
[65] Smith, C.S., 1961, "The Interaction of Science and Practice in the History of Metallurgy" *Technology and Culture, 2*(4), pp. 357-367.

Archive of SID

www.SID.ir

[85] Gazis, D.C., 1979, “Influence of Technology on Science: a Comment on Some Experiences at IBM Research”, *Research Policy, 8*, pp. 244-259.
[86] Breschia, S. and Catalini, C., 2010, “Tracing the Links between Science and Technology: An Exploratory Analysis of Scientists’ and Inventors’ Networks”, *Research Policy, 39*, pp. 14-26.
[87] Meyer, M., 2000, “Does Science Push Technology? Patents Citing Scientific Literature”, *Research Policy, 29*, pp. 409-434.
[88] Brooks, H., 1994, “The Relationship between Sciecne and Technology”, *Research Policy, 23*, pp. 477-486.
[89] Rosenberg, N., 1970, “Economic Development and the Transfer of Technology: Some Historical Perspectives”, *Technology and Culture, 11*(4), pp. 550-575.
[90] Rosenberg, N. and Birdzell, L.E., 1986, *How the West Grew Rich: The Economic Transformation of the Industrial World*, Basic Books Inc.
[91] Rosenberg, N., 2008, *Inside The Black Box: Technology and Economics*, Cambridge University Press.
[92] Gardner, P.L., 1999, “The Representation of Science-Technology Relationships in Canadian Textbooks”, *International Journal of Science Education, 21*(3), pp. 329-347.
[93] Gardner, P.L., 1995, “The Relationship between Technology and Science: Some Historical and Philosophical Reflections. Part II”, *International Journal of Technology and Design Education, 5*, pp. 1-33.
[94] Gardner, P.L., 1994, “The Relationship between Technology and Science: Some Historical and Philosophical Reflections. Part I”, *International Journal of Technology and Design Education, 4*, pp. 123-153.
[95] Gardner, P.L., 1993, “Textbook Representations of Science -Technology Relationships”, *Research in Science Education, 23*, pp. 85-94.
[96] Gil-Pe´rez, D., Vilches, A., Cachapuz, A., Praia, J. and Salians, J., 2005, “Technology as ‘Applied Science’: A Serious Misconception that Reinforces Distorted and Impoverished Views of Science”, *Science & Education, 14*, pp. 309-320.
[۹۷] پایا، علی و کلانتری‌نژاد، رضا، ۱۳۸۹، "ارزیابی فلسفی و دلالت‌های سیاستگذارانه تاثیرات چهارمین موج توسعه‌ی علمی و فناورانه بر فرهنگ و جامعه: ملاحظاتی از دیدگاه عقلانیت نقاد"، *فصلنامه سیاست علم و فناوری*، ۲(۴)، صص. ۵۲-۳۳.
[۹۸] پایا، علی، ۱۳۸۷، "ترویج علم در جامعه؛ یک ارزیابی فلسفی"، *فصلنامه سیاست علم و فناوری*، ۱(۱)، صص. ۳۸-۲۵.

Archive of SID

www.SID.ir

Science-Technology Relationship: Reconstruction and Critique of "Technology as Applied Science" Model

Mahdi Ahmadi[1*], Saeed Zibakalam[2]

1- Master Student of Philosophy of Science, Amirkabir University of Technlogy,Tehran,Iran
2- Associate Proffesor of Philosophy, Tehran Uniersity, Iran

Abstract

In this paper one of the most important models of science-technology relationship, named "technology-as-applied science" is critically considered from philosophical and historical point of view. At first, some ideas of Francis Bacon and Rene Descartes are reviewed as the philosophical roots of that model, and then Mario Bunge's elaborated defense of the model is reconstructed. For criticism, firstly the ideological perspective of post-modern thought about the position and relationship of science and technology is considered according to which in the post-modern era technology has primacy over everything including science. Secondly, strong critiques of technology historians are reviewed in which they undeniably showed that the history of science and technology relationship does not accord with the model. Finally some implications of those critical arguments for science and technology policy are pointed out.

Keywords: Ápplied Science, Scientific Knowledge, Technology, Technological Knowledge, Science-Technology Relationship.

.

[*] Corresponding Author: mahmadi@aut.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir