

## در قوت‌ها و ضعف‌های مهندسی و تأثیر آن در علوم انسانی و اجتماعی\*

علی پایا<sup>۱</sup>

### چکیده

**هدف:** هدف اصلی این مقاله، ارزیابی نقادانه جایگاه معرفت‌شناسانه مهندسی و تعیین حدود و ثغور تقریبی محدوده‌ای است که مهندسی را (با همه تنوعی که در آن به چشم می‌خورد) اولاً، از علوم جدا می‌سازد و ثانیاً، در میان انواع فناوری‌ها ممتاز می‌گرداند. همچنین، رابطه میان مهندسی و علوم انسانی و اجتماعی پرداخته است. **روش:** روش تحقیق مورد استفاده، تحلیل اسنادی است. **یافته‌ها:** استدلال محوری مقاله آن است که: اولاً، مهندسی شعبه‌ای شاخص از فناوری است و به این اعتبار با دیگر فناوری‌ها قرابت و ارتباط برهم‌افزا دارد. ثانیاً، همانند همه دیگر فناوری‌هاست و عموماً به گونه‌ای بارزتر از آنها، علاوه بر آنکه به نحو مستقل در کار خلق و ابداع واقعیت (برساختن واقعیت) سهیم است، در خدمت بسط علوم قرار می‌گیرد و ثالثاً، از آنجا که علوم اجتماعی و انسانی، به اعتباری فناوری‌های انسانی و اجتماعی نیز محسوب می‌شوند، رابطه میان مهندسی و این دسته از علوم/فناوری‌ها رابطه‌ای ویژه و مثمر ثمر است (یا به گونه‌ای هنجاری، چنین باید باشد). **نتیجه‌گیری:** عنایت به این مسئله است که ابزارها و رویه‌ها و شیوه‌ها و فناوری‌ها، به خودی خود اقتضای شرّ و خیر ندارند و اخلاقی بودن کنشگران و مجهز بودن آنان به بصیرت‌های معرفتی و اخلاقی و بهره‌گیری مؤثر آنان از نهادهای نظارتی مناسب، مهم‌ترین امکانی است که برای اصلاح و کاستن از تبعات نامطلوب فناوری‌ها (از انواع مختلف آنها) در اختیار کنشگران است.

**واژگان کلیدی:** مهندسی، علوم انسانی و اجتماعی، برساخته‌های اجتماعی، قوانین پدیدار شناسانه یا مهندسی و قوانین بنیادین، شمّ مهندسی.

◇ دریافت مقاله: ۹۲/۱۰/۱۶؛ تصویب نهایی: ۹۳/۰۴/۱۳.

\* صورت بسیار مختصری از این مقاله در همایش ملی فرهنگ و تکنولوژی: درنگی در مسیر پر شتاب صنعتی شدن، تهران، دانشگاه صنعتی شریف، اردیبهشت ۱۳۹۳، ارائه شد.

۱. دکترای تخصصی فلسفه علم؛ استاد مدعو در مدرسه مطالعات اجتماعی، علوم انسانی و زبان‌ها، دانشگاه وست مینستر (انگلستان) / Email: a.paya1@westminster.ac.uk

## الف) مهندسی، فناوری و علم

مهندسی یکی از شعبه‌های فناوری در معنای وسیع اصطلاح اخیر است. فناوری نامی است برای مجموعه آن دسته از بر ساخته‌های اجتماعی که از یک سو به نیازهای غیر معرفتی آدمی پاسخ می‌گویند و از سوی دیگر به منزله ابزار (و صرفاً ابزار) به آدمی در جهت تسهیل پاسخگویی به نیازهای معرفتی اش کمک می‌کنند. نیازهای معرفتی منحصرأ به وسیله دانش/معرفت/علم پاسخ داده می‌شود. دانش/معرفت/علم، آن گونه که عقل‌گرایان نقاد توضیح می‌دهند، مجموعه‌ای از حدسها و گمانه‌ها در باره واقعیت است. در این مجموعه دو گروه از حدسها و گمانه‌ها جای دارند. حدسها و گمانه‌های ابطال شده در فرایند ارزیابی و نقادانه و فرضها و گمانه‌های تقویت شده. گمانه‌های ابطال شده، معرفتی سلبی در اختیار ما قرار می‌دهند؛ آنها به ما می‌گویند که واقعیت چگونه نیست. حدسها و گمانه‌هایی که تقویت شده‌اند، به نحو صرفاً موقت (و البته قطعاً ابطال‌پذیر) معرفتی ایجابی در خصوص واقعیت به ما ارائه می‌دهند. ارزیابی نقادانه که به دو صورت نظری-تحلیلی و تجربی به انجام می‌رسد، به منظور آشکار ساختن نقطه‌های ضعف و جنبه‌های خطای حدسها و گمانه‌هایی که برای شناخت واقعیت برمی‌سازیم صورت می‌گیرد. فرض اصلی راهنمای ما در فرایند ارزیابی آن است که چون ما موجوداتی غیر معصوم با ظرفیتهای ادراکی محدود هستیم، هر آنچه که بر بسازیم، انگ و نقش محدودیتهای ما را با خود خواهد داشت و از آنجا که واقعیت (به فرض عقل‌گرایان نقاد) واجد ظرفیتهای نامتناهی است، هر تصویر و مدلی که برای فهم و نمایش آن از سوی موجودات نامتناهی بر ساخته شود، با محدودیت و نقص همراه خواهد بود. ارزیابی نقادانه به نیت آشکار ساختن این محدودیتهای و فراگذری از آنها و زمینه‌سازی برای تولید حدسها و گمانه‌های کم نقص تر در مسیر دستیابی به تصویری واقع‌نما تر و حقیقی تر از واقعیت، به انجام می‌رسد.

معرفت به توضیحی که داده شد، امری است متعلق به حیطه عمومی. آنچه که با عنوانهای «معرفت ضمنی»، «علم حضوری»<sup>۱</sup>، «معرفت از طریق آشنایی مستقیم»<sup>۲</sup> و «معرفت بی‌واسطه»<sup>۳</sup> از آنها یاد می‌شود، هیچ یک معرفت به معنای آنچه در حیطه عمومی قابل ارزیابی نقادانه است، نیست.

«معرفت ضمنی» چنان که بعد بیشتر توضیح داده می‌شود، نوعی توانایی و مهارت شخصی برای انجام امور عملی است و به حوزه فناوری تعلق دارد.

---

1. Tacit Knowledge  
2. Knowledge by Presence  
3. Knowledge by Acquaintance  
4. Immediate Knowledge

## در قوت‌ها و ضعف‌های مهندسی و تأثیر آن در علوم انسانی و اجتماعی ۳۶۵

«علم حضوری» اصطلاحی است که فلاسفه و عرفای مسلمان برای نامیدن فرایند «اتحاد عاقل و معقول/اتحاد عالم و معلوم» بر ساخته‌اند. این فرایند چنان که از عنوان آن برمی‌آید، امری وجودی است و به حوزه معرفت که در آن از زبان و مفاهیم و اندیشه‌ها مدد می‌گیریم ربطی ندارد.

«معرفت از طریق آشنایی مستقیم»، اصطلاحی بود که برتراند راسل (که در سلک پوزیتیویست‌ها قرار داشت) برای تجربه شخصی مرتبط شدن با موضوع شناسایی پیشنهاد کرده بود. راسل این نوع معرفت را در تقابل با «معرفت از رهگذر توصیف»<sup>۱</sup> قرار می‌داد و مدعی بود که اولی، «نوعی آگاهی غیر گزاره‌ای» است. تقسیم‌بندی راسل کمابیش متناظر است با تقسیم‌بندی هیوم و تجربه‌گرایان کلاسیک انگلیسی که معرفت را به «تصورات = تصویرهای ذهنی» فرومی‌کاستند و تصورات را به دو دسته تقسیم می‌کردند: «انطباعات حسی [بی‌واسطه] و [ایده‌ها]».

«معرفت بی‌واسطه» نیز دلالت بر نوعی ارتباط مستقیم میان فاعل شناسایی و موضوع شناسایی دارد. این اصطلاح را تجربه‌گرایان در مورد دستیابی مستقیم به «حس داده‌ها»<sup>۲</sup> به کار می‌برند و غیر تجربه‌گرایان از آن برای تجربه‌های زیسته از نوع شهودها و بارقه‌های بصیرت. اما نه «معرفت از طریق آشنایی مستقیم» و نه «معرفت بی‌واسطه»، هیچ یک معرفت به شمار نمی‌آیند؛ بلکه هر دو، از سنخ تجربه‌های وجودی‌اند. این قبیل تجربه‌ها، آن گونه که عقل‌گرایان نقاد توضیح می‌دهند، می‌تواند به نحو بالقوه جهان سوم فاعلان شناسایی را غنی سازد (در باره جهان سوم چند سطر پایین‌تر توضیح داده شده است) و زمینه را برای ارائه حدسها و گمانه‌هایی که احیاناً در مسیر اصابت به واقع قرار دارند افزایش دهد. (پایا، ۱۳۸۵؛ ۱۳۹۳/ب، ۱۳۹۱؛ ۱۳۹۳/ب؛ پوپر، ۱۹۷۹، ۱۹۶۳/۲۰۰۵؛ راسل، ۱۹۱۱)

فناوری بر اساس توضیحی که ذکر شد، دارای عرض عریضی است. از رستوران‌داری و بانکداری تا خلبانی هواپیما، تا تراش شیشه عینک، تا کنترل ترافیک شهری، تا طراحی و دوخت لباس، تا آشپزی و خانه‌داری، تا داوری فوتبال و بازی بسکتبال، تا طراحی مدارهای مجتمع یکپارچه (IC)، تا چوپانی و رهمداری، تا اداره حکومت و زمامداری، تا تدوین فنون و روشها برای جمع‌آوری و اندازه‌گیری داده‌ها، تا ارائه مدلها برای رشد و توسعه، و ... میلیون‌ها حرفه و تخصص و مهارت و فعالیت دیگر همگی در قلمرو گسترده فناوری جای می‌گیرند.

در بحث از فناوری، می‌باید میان دو تراز فناوری به منزله ایده و اندیشه و فناوری به منزله محصول و فرایند، تمیز قائل شد. اولی آن گونه که عقل‌گرایان نقاد توضیح می‌دهند به جهانهای دوم و سوم تعلق دارد

---

1. Knowledge by Description  
2. Sense-Data

و دومی به جهان اول.<sup>۱</sup> طرح و نقشه دموکراسی در جهان‌های دوم و سوم جای دارد و مدل‌های عملی آن در جهان اول تحقق می‌یابد. به همین ترتیب، نقشه و طرح یک کامپیوتر متعلق به جهان‌های دوم و سوم است و مصادیق متنوع آن که در خانه‌ها و شرکتها و ادارات مورد استفاده قرار دارد، متعلق به جهان اول. ایده بانک متعلق به جهان‌های دوم و سوم است و شعبه‌های آن متعلق به جهان اول.

میان فناوری و علم تا پیش از نیمه قرن نوزدهم و زمانی که نخستین بار آلمانها شیمی صنعتی را در دانشگاهها مورد توجه قرار دادند، ارتباط نزدیکی برقرار نبود. بخش اعظم فناوری‌هایی که ابنای بشر تولید کرده بودند به نحو مستقل از دانش تجربی زمانه بر ساخته شده بود (باسلا، ۱۹۸۹). در قرن بیستم و در نخستین دو دهه قرن بیست و یکم، این ارتباط دستخوش تحولی اساسی شد و فناوری‌های پیشرفته و علوم پیشرفته به گونه‌ای تنگاتنگ به یکدیگر وابستگی پیدا کردند. با این حال فناوری و علم همچنان دو گونه کاملاً متفاوت از تکاپوهای بشری به شمار می‌آیند و خلط آن دو می‌تواند به بدفهمی‌های نظری و مفهومی نامطلوبی بینجامد.

میان علم/معرفت و فناوری تفاوت‌های اساسی برقرار است. از جمله آنکه، هدف علم/معرفت، صرفاً پاسخگویی به نیازهای معرفتی آدمیان در باره واقعیت است؛ در حالی که هدف فناوری، پاسخگویی به نیازهای غیر معرفتی آدمیان یا انجام وظیفه در مقام ابزار، برای تسهیل تکاپوهای معرفتی است. ملاک پیشرفت در علم/معرفت، نزدیک‌تر شدن به تصویری حقیقی از واقعیت است؛ هدف فناوری، توانایی بیشتر در حل مسائل و رفع چالشهایی است که به نیازهایی راجعند که ذکر آن گذشت. علم می‌کوشد تا حد امکان خود را از شائبه آمیختگی به نظامهای ارزشی، پیش‌دانسته‌ها، باورهای ذهنی، تعصبا و پیشداوری و ذوقیات و خوشامد‌های دانشمند میرا سازد و تصویری هر چه عینی‌تر و واقع‌نماتر از واقعیت ارائه دهد.<sup>۲</sup> فناوری به عکس می‌کوشد هر چه بیشتر در مسیر پاسخگویی به خواست و ذوق و سلیقه و انطباق با ارزشهای مورد قبول به کار گیرندگان فناوری‌ها سیر کند.

عقل‌گرایان نقاد توضیح می‌دهند که برخلاف آنچه مدافعان نظریه تفاوت بنیادین میان علوم انسانی - اجتماعی با علوم فیزیکی - زیستی مدعی‌اند، در حوزه علوم اجتماعی - انسانی نیز که با رفتارها و تصمیمات

۱. جهان اول، جهان واقعیت بیرونی است که از جمله در بر دارنده کیهان و همه متعلقات آن است. جهان دوم، جهان ذهنی هر فرد است که در بر دارنده ظرفیتهای ادراکی و احساسی اوست و جایگاهی است که در آن خاطره‌ها و محصولات بر ساخته شده حاصل از تجربه‌های زیسته و شهودها و ... قرار دارند. جهان سوم، جهانی عینی است که از تعامل میان جهان دوم و جهان اول ظهور یافته است. جهان سوم جایگاه همه انواع بر ساخته‌های بشری است که دسترس‌پذیر عمومی‌اند. در خصوص نظریه سه جهان بنگرید به: پایا (منابع پیشین)، پوپر، ۱۹۷۹.

۲. حتی در صورتی که هدف پژوهش علمی، بررسی همین نظام‌های ارزشی، پیش‌دانسته‌ها، باورهای ذهنی، تعصبا و پیشداوری و ذوقیات و خوشامد‌های دانشمند باشد نیز، محقق می‌کوشد موضوع تحقیق خود را به نحو عینی، یعنی هر چه نزدیک‌تر به واقع، ارائه دهد. نه آنکه یکسره روایتی بر مبنای پیشداوری‌های خود عرضه کند.

## در قوت‌ها و ضعف‌های مهندسی و تأثیر آن در علوم انسانی و اجتماعی $\diamond$ ۳۶۷

آدمیان سروکار دارد، دستیابی به شناختی عینی از واقعیت امکان‌پذیر است و چنین نیست که همه شناختها در این حوزه به نوعی «همدلی ذهنی» (سوژکتیو) فروکاسته شود. اما عینیت در پژوهشهای معرفتی/علمی (از جمله در حوزه علوم انسانی-اجتماعی) برخلاف تلقی مدافعان تفاوت بنیادین میان علوم انسانی-اجتماعی با علوم فیزیکی-زیستی، به معنایی که پوزیتیویست‌ها از آن مراد می‌کردند؛ یعنی «تأییدپذیری تجربی دعاوی معرفتی» نیست. مراد از «عینیت» دعاوی معرفتی در همه علوم عبارت است از: «دسترس‌پذیری و نقدپذیری در حیطه عمومی». (پایا، ۲۰۱۱؛ ۱۳۹۳/ب)

علم/معرفت در قالب گزاره‌های کلی بیان می‌شود. قوانین علوم بنیادی، بهترین مدل‌های کنونی ما برای ارائه و نمایش قوانین بنیادین طبیعتند. قوانین بنیادین طبیعت، چنان که از نامشان برمی‌آید، در همه عرصه‌های طبیعت جاری و ساری‌اند. فناوری‌ها اما همگی به ظرف و زمینه‌ای که در آن به کار گرفته می‌شوند حساسند و بهره‌گیری با بازده بالا از ظرفیتهای آنها در گرو تنظیم آنها با شرایط ظرف و زمینه‌های به کارگیری‌شان است. قوانینی که در قلمرو فناوری‌ها به کار گرفته می‌شوند، یکسره قوانین به اصطلاح پدیدارشناسانه یا تجربی یا فناورانه‌اند. این قوانین البته اعتبار خود را در نهایت از ارتباطی که با قوانین بنیادی در علم دارند کسب می‌کنند. می‌توان قوانین پدیدارشناسانه یا فناورانه را با تمهیداتی از قوانین بنیادی استنتاج کرد (ماکسول، ۲۰۰۲). مهارت‌ها و شگردهایی که برای کاربرد بهینه (لااقل شماری از) فناوری‌ها مورد نیاز است، از سنخ مهارت‌های فردی است (که چنان که گذشت با نوعی بی‌ذوقی برای آن نام معرفت ضمنی پیشنهاد کرده‌اند). این قبیل مهارت‌ها در ارتباط میان استاد کار و شاگرد، به شیوه‌هایی که احياناً صرفاً در قالب عبارات قابل بیان نیستند، بلکه نحوه اجرایشان را می‌باید از نزدیک دید و تجربه کرد، انتقال می‌یابند. اما البته شمار قابل توجهی از این مهارت‌ها و شگردها را نیز می‌توان در قالب دستورالعمل‌های مشخص در کتابچه‌های راهنما در اختیار دیگران قرار داد. به عنوان مثال، کتابهای آشپزی یا راهنمای آموزش رانندگی یا شنا، یا کتابچه راهنمای نحوه به کار انداختن ماشین لباسشویی یا شیوه نصب نرم‌افزارها روی کامپیوترها همگی در زمره مهارت‌های فناورانه‌اند که می‌توان آنها را به دیگران انتقال داد. در عین حال، ظهور امکانات تازه فناورانه نظیر انواع نمایه‌های تصویری از ویدیوها تا بازی‌های کامپیوتری تا کارتونها و نقاشی‌های متحرک، کار انتقال آن گونه مهارتی را که زمانی صرفاً در ارتباط نزدیک میان استاد کار و شاگرد قابل انتقال بود، تسهیل کرده و آن را به حیطه عمومی کشانده است. اما در هر حال، میان مهارت‌های شخصی (که با عنوان غلط‌انداز معرفت ضمنی از آن یاد می‌شود) و توضیحاتی که در باره نحوه کسب این مهارت‌ها در دفترچه‌های راهنما یا کتابها آمده است باید تفاوت قائل شد. دومی که در قالب زبان و مفاهیم بیان می‌شود، دستورالعملها و تجویزهایی است با ساختار «اگر می‌خواهی پدیدار/هدف X تحقق یابد، عمل Y را انجام بده»؛ که می‌توان آنها را به زبان گزاره‌های شرطی به صورت «پدیدار X تحقق می‌یابد، اگر عمل Y انجام شود: اتومبیل متوقف می‌شود، اگر پدال ترمز فشرده شود» ترجمه کرد و به این ترتیب آنها را در زمره دعاوی قابل ارائه به

## ۳۶۸ ♦ مطالعات معرفتی در دانشگاه اسلامی ۶۰

حیطه عمومی و ارزیابی در این حیطه جای داد. این قبیل دعاوی از سنخ دعاوی فناورانه است. دعاوی فناورانه اطلاعاتی برای تغییر در واقعیت در اختیار ما قرار می‌دهند.

دعاوی فناورانه، خواه در قالب گزاره‌های شرطی بیان شوند و خواه در هیئت جملات تجویزی و دستوری، با دعاوی علمی/معرفتی تفاوت اساسی دارند. معرفت/علم اساساً با بایدها کاری ندارد. وظیفه علم صرفاً توصیف هست‌هاست. علم در باره واقعیت موجود سخن می‌گوید. طراحی در باره واقعیت چنان که باید باشد یا تغییر در آن بر اساس خواست ما، وظیفه فناوری است (پایا، ۱۳۹۳/الف). طرحها و نقشه‌های فناورانه، چنان که گذشت، در بر دارنده اطلاعات (دستورالعمل و تجویزهایی است که احیاناً می‌توانند در قالب گزاره‌های شرطی از نوعی که گذشت بیان شوند) در این خصوص اند که تغییرات دلخواه را چگونه می‌توان محقق کرد. از همین جا می‌توان به این نکته توجه کرد که مباحثی که در حوزه آینده‌پژوهی مطرح می‌شود که غرض از آن تدوین سناریوهایی برای برساختن آینده‌های مطلوب یا پرهیز از آینده‌های نامطلوب است، یکسره در زمره فناوری‌ها جای دارد. (همان)

نکته مطرح شده، با جنبه مهمی از تفاوت‌های میان علم و فناوری ارتباط دارد. پیش‌تر اشاره شد که در بخش اعظم تاریخ اندیشه و تمدن، رشد فناوری به نحو مستقل از علم صورت گرفته است. صنعتگران و استادکاران و اهل حرف، بی‌نیاز از دانشمندان، ابزارها و وسایل و روشها و مهارت‌های خود را تکمیل می‌کردند (باسلا، ۱۹۸۹؛ مک کلین و درن، ۱۳۸۷). علم بر خلاف آنچه بسیاری می‌پندارند، چیزی در باره اینکه چگونه می‌توان ابزاری را ساخت یا دستگاهی را تکمیل کرد یا روشی را به کار گرفت نمی‌گوید. دعاوی معرفتی/علمی (هم به معنای علم تجربی و هم به معنای معرفت متافیزیکی) در باره واقعیت (جنبه‌های مختلف آن اعم از فیزیکی و متافیزیکی) چنان که گذشت یکسره توصیفی‌اند. اما می‌توان به دلالت معنایی از این دعاوی، نوعی تجویز استنتاج کرد. این تجویزها البته صرفاً سلبی است؛ یعنی مرزهای آنچه فراگذری از آن (بر مبنای فهم علمی موجود) ممکن نیست، بیان می‌کند. عقل‌گرایان نقاد این نکته را به بهترین شکل ممکن توضیح داده‌اند. پوپر به عنوان مثال می‌نویسد:

هر قانون طبیعی را می‌توان این گونه بیان کرد که می‌گوید: چنین و چنان چیزی نمی‌تواند واقع شود؛ یعنی با عبارتی در قالب این مثل مشهور «با آبکش نمی‌توان آب حمل کرد». برای مثال، قانون بقای انرژی می‌تواند اینگونه بیان شود: «نمی‌توانید ماشین با حرکت دائم بسازید» و قانون آنتروپی به صورت «نمی‌توانید ماشینی بسازید که صددرصد کارآمد باشد». این شیوه صورتبندی قوانین طبیعی شیوه‌ای است که اهمیت فناورانه این قوانین را آشکار می‌کند. بنابر این می‌تواند «صورت فناورانه» یک قانون علمی نامیده شود. (پوپر، ۱۹۴۴، بخش ۲۰، نقل از: میلر، ۲۰۰۹)

همین نکته در مورد چارچوب‌های متافیزیکی نیز که بنا به تأکید عقل‌گرایان نقاد، روایت‌هایی در باره واقعیتند، نیز صادق است. نظریه عالم پوست‌پیزی ارسطویی - بطلمیوسی که با اندیشه‌های نوافلاطونیان

## در قوت‌ها و ضعف‌های مهندسی و تأثیر آن در علوم انسانی و اجتماعی ♦ ۳۶۹

تکمیل شده بود و به وسیله محققان مسلمان مورد استفاده قرار گرفت، عالم وجود را به دو منطقه تحت القمر و فوق القمر تقسیم می‌کرد که از حیث ذات و ماهیت به کلی با یکدیگر تفاوت داشتند. عالم تحت القمر از چهار عنصر خاک و آب و هوا و آتش به وجود آمده بود و عالم خرق و تبدیل و تغییر و رشد و نمو و ذبول و انحطاط بود؛ در حالی که در عالم فوق القمر که کرات بلورین آن از ماده‌ای به نام اثیر ساخته شده بودند و در مسیری مشخص بی‌وقفه به گرد زمین در گردش بودند، خرق و ذبول و انحطاط راهی نداشت (سارن، ۱۳۵۷؛ ۱۳۸۳). یکی از نتایج این دیدگاه متافیزیکی آن بود که زمینیان، چون عالم فوق القمر را به کلی متفاوت با عالم خود تلقی می‌کردند، هیچگاه به اندیشه سفر به کرات آسمانی نمی‌افتادند؛ زیرا بر اساس تصویر متافیزیکی شان از واقعیت، برای آنچه به زمین و عالم تحت القمر تعلق داشت ممکن نبود که بتواند با حفظ ماهیت و ذات خود «فلک را سقف بشکافد» و به عالم بالا صعود کند. چند قرن بعد زمانی که در پرتو نظریه کپرنیک، دیدگاه متافیزیکی پیشین کنار گذاشته شد و تمایز میان عالم زیرین و عالم زیرین انکار شد، نیوتن به صراحت از امکان ارسال پرتابه‌ای زمینی به فضای بالای جو و محدوده‌ای که پیشینیان می‌پنداشتند به عالم فوق القمر تعلق دارد، سخن به میان آورد و ناممکن بودن این امر را ابطال کرد. (آگاسی، ۱۹۶۸)

فناوری‌ها بر خلاف ادعای برخی از نویسندگان مثلاً هایدگر (۱۹۷۷/۱۳۷۷)، فاقد ذاتند و با کارکردهایشان شناخته می‌شوند؛ کارکردهایی که بر مبنای نیازهای ما در آنها تعبیه و بر مبنای نیازهای ما در آنها اضافه یا کم می‌شود. در این خصوص می‌توان مثال‌ها و نمونه‌های متنوعی را ذکر کرد. یکی از جالب‌ترین نمونه‌هایی که نگارنده به تازگی با آن برخورد کرده، ویدیوی کوتاهی است که در یوتیوب به نمایش درآمده است. در این ویدیو، دو سرباز یمنی با استفاده از مسلسل‌های کلاشنیکف خود که از آنها به عنوان سیم هادی جریان برق استفاده می‌کنند، شارژ باتری یک اتومبیل را به باتری اتومبیل دیگری که شارژ آن تمام شده است منتقل می‌کنند و اتومبیل دوم را که استارت نمی‌خورد به راه می‌اندازند (یوتیوب، ۲۰۱۳). استفاده از مسلسل کلاشنیکف به عنوان سیم هادی برق، کارکردی نبوده که طراح مسلسل کلاشنیکف از ابتدا برای آن در نظر داشته است. اضافه یا کم کردن کارکردها در فناوری‌ها، محدود به ظرفیت‌هایی است که در فناوری به نحو بالقوه موجود است و چنین نیست که به هر فناوری بتوان هر کارکردی را اضافه کرد. به عنوان مثال، قرصی که برای رفع سردرد ساخته شده، نمی‌تواند به عنوان یک ساچمه فلزی مورد استفاده قرار گیرد.

در حالی که فناوری‌های برساخته ما واجد کارکردند، هستارهای طبیعی که ما در ساخت آنها نقش نداشته‌ایم، دارای ذات به شمار می‌آیند. ذات، ناظر به گرایش‌ها،<sup>۱</sup> ظرفیت‌ها و قوایی است که در هستارها از پیش موجود است و ما در خلق آنها نقش نداشته‌ایم، اما با شناخت آنها می‌توانیم از آنها در مسیر برساختن فناوری‌ها و ابزارها و ماشینها بهره بگیریم. به این اعتبار، یک الکترون یا یک اتم آهن واجد ذات است. اما

یک لب‌تاب یا یک اتومبیل، واجد کارکردهایی است که ما در آنها بعضاً با بهره‌گیری از توانها و ظرفیتهای موجود در الکترون و آهن تعبیه کرده‌ایم. (پایا، ۱۳۹۳/ب)

### ب) علوم کاربردی و مهندسی

در میان همهٔ انحای فناوری‌ها، مهندسی جایگاه ویژه‌ای دارد. بانکداری، حسابداری، ادارهٔ مجلس شورا، معلمی، کنترل ترافیک، گویندگی رادیو و ... همگی در زمرهٔ فناوری‌ها به شمار می‌آیند. اما هیچ یک مهندسی نیستند. پیش از پرداختن به ویژگی‌های مهندسی لازم است نسبت آن با علوم کاربردی مشخص شود. علوم کاربردی شعبه‌ای از فناوری به شمار می‌آیند. این علوم کم و بیش متناظرند با آن دسته از علوم که تامس کوهن از آنها با عنوان «علوم متعارف» یاد می‌کند و آنها را در برابر «علم انقلابی» قرار می‌دهد (کوهن، ۱۹۷۱؛ لازی، ۱۳۹۳). علم انقلابی به دعوی کوهن، پارادایم پیشین را بی‌اعتبار می‌کند و پارادایم تازه‌ای را در برابر آن ارائه می‌دهد. علم متعارف اما صرفاً عبارت است از فعالیت حل مسئله در درون یک پارادایم مستقر بر مبنای به کارگیری از الگوهایی که به وسیلهٔ پارادایم پیشنهاد شده است. فعالیت دانشمندی که به ورزیدن «علم متعارف» سرگرم است، عبارت است از: انجام محاسبات بر مبنای مدلها و الگوهای معین به نیت روشن ساختن این نکته که آیا یک نظریهٔ خاص، قابل اعمال به یک مسئلهٔ خاص هست یا نه (آگاسی، ۱۹۶۶). عقل‌گرایان نقاد توضیح می‌دهند که رویکرد تامس کوهن به علم، منجر به تقلیل و فروکاهی علم به فناوری می‌شود (پوپر، ۱۹۸۶). علم کاربردی نیز در قلمرو فناوری جای دارد. دانشمند نظری یکسره در اندیشهٔ شناخت واقعیت است و در بند کاربرد نظریه‌ها و گمانه‌هایی که برای شناخت واقعیت پیشنهاد می‌کند، نیست. دانشمند عملی که فعالیتش در حوزه فناوری قرار دارد، می‌کوشد قابلیت اعمال گمانهٔ پیشنهادی را به یک حوزه یا مسئلهٔ خاص بررسی کند. به عنوان مثال، فیزیکدان نظری، نظریهٔ ترمودینامیک را پیشنهاد می‌کند و فیزیکدان عملی به بررسی این نکته می‌پردازد که بالاترین بازدهی که می‌توان (با محاسبات بر پایهٔ نظریه) از موتورهای درون‌سوز به دست آورد چه اندازه است.

زمانی که «دانشمند نظری» تبیینی را در بارهٔ واقعیت ارائه می‌دهد و «دانشمند عملی» قابلیت کاربرد آن را در خصوص مسائل معین مشخص می‌سازد، تکنولوژیست‌ها و مهندسان برای ساخت و تولید محصولاتی که به نحو مشخص پاسخگوی نیاز ما هستند وارد عمل می‌شوند. به عنوان مثال، دانشمند نظری در بارهٔ قوانین مربوط به ذرات بنیادی مدلها و تبیینهایی را ارائه می‌دهد و مثلاً از وجود ذره‌ای به نام هیگز خبر می‌دهد. دانشمند عملی با انجام محاسباتی توضیح می‌دهد که اگر بتوان شتاب‌دهنده‌ای با ابعادی معین ساخت که بتواند تراز معینی از انرژی را برای تصادم دادن دو ذرهٔ بنیادی تولید کند، آنگاه با احتمال بالا می‌توان در آثاری که از تصادم این دو ذره پدید می‌آید، وجود ذرهٔ هیگز را بررسی کرد و فرضیهٔ مربوط به موجود بودن این ذره در واقعیت را به نحو نقادانه مورد ارزیابی قرار داد. کار طراحی و ساخت



## در قوت‌ها و ضعف‌های مهندسی و تأثیر آن در علوم انسانی و اجتماعی ♦ ۳۷۱

شتاب‌دهنده مورد نظر با جزئیات و مشخصاتی که بتواند تراز انرژی پیشنهادی را فراهم سازد، بر عهده گروه‌های مختلف از مهندسان است. در طراحی و ساخت این ماشین عظیم، مهندسان مختلف با تکیه به دانش نظری خود که به توضیحی که می‌آید ترکیبی است از معرفت نظری محض و نیز معرفت‌های مربوط به علوم مهندسی و نیز مهارت‌ها و تجربه‌های عملی خود، هستاری را خلق می‌کنند که در واقعیت، نظیر و مانندی نداشته است.

توانایی مهندسان در ارائه ابتکارهای تازه برای تحقق عملی نقشه‌ها و طرح‌های مربوط به دستگاه‌ها، ساختارها، ابزارها و سیستم‌ها، نکته حائز اهمیتی است که در ادامه بدان پرداخته می‌شود. در اینجا تأکید بر این نکته ضروری است که از آنجا که در اغلب موارد میان طرح‌ها و نقشه‌های مربوط به دستگاه‌ها، ساختارها، ابزارها و سیستم‌ها و محصولات نهایی که باید بر اساس آنها ساخته و پرداخته و به کار گرفته شوند، وجود ندارد، بدون مداخله هوشمندانه و ابداع‌گرانه مهندسان، تکمیل محصول نهایی امکان‌پذیر نیست. نمونه ذیل که به وسیله خانم نانسی کارترایت (۱۹۸۰) مورد بحث قرار گرفته و نگارنده آن را در کتاب *فلسفه تحلیلی و تحلیل فلسفی* (۱۳۹۳/ب) به کار گرفته است، یک نمونه نوعی از فعالیت‌های مهندسان در ارتباط با نکته‌ای است که توضیح داده شد.

مهندسان برای طراحی و ساخت یک آمپلی‌فایر یا محاسبه یکی از اجزای آن، مثلاً بازده «باند میانی» آمپلی‌فایر، از مدل‌های تقریبی که نحوه ارتباط اجزای درونی آن را نمایش می‌دهد بهره می‌گیرند و با استفاده از قوانین پدیدارشناسانه کرفش<sup>۱</sup> در مورد ولتاژ و جریان می‌کوشند تا مقادیر مورد نظر را محاسبه کنند. اما به علت تقریبها و ایده‌آلسازی‌هایی که در ساخت مدل اولیه به کار رفته است، مقادیر نظری که از محاسبات به دست می‌آید، با اندازه‌گیری‌های عملی تطابق کامل ندارد. از این رو، زمانی که همه اجزای دستگاه نظیر سلفها و خازنها و مقاومتها و ترانزیستورها و... که بر مبنای محاسبات نظری مقادیرشان تعیین شده، در جای خود قرار گرفتند، در اکثر قریب به اتفاق موارد دستگاه کار نمی‌کند. دلیل این امر، چنان که اشاره شد، آن است که محاسبات بر مبنای مدل‌های ایده‌آل صورت گرفته‌اند، حال آنکه عناصر واقعی که با مواد شیمیایی مختلف ساخته شده‌اند عیناً مشابه نمونه‌های ایده‌آل عمل نمی‌کنند. در این قبیل موارد، یک مهندس یا تکنیسین خبره که از شم لازم برخوردار است، می‌تواند با اعمال تغییراتی در عناصر مدار و کم و زیاد کردن مقادیر آنها یا اضافه و کم کردن برخی عناصر، دستگاه را به کار اندازد. نکته حائز اهمیت در این میان آنکه هر چند در مهندسی و فناوری عموماً از قوانین پدیدارشناسانه استفاده می‌شود، اما این قوانین عموماً، چنان که اشاره شد، از قوانین بنیادین استنتاج شده‌اند.

---

1. Kirchoeff

دانشمندان نظری معمولاً شمّ عملی چندان دقیق ندارند. این موضوع دستمایه شوخی‌ها و طنزهای فراوانی در حلقه‌های علمی شده است. معمولاً این شوخی‌ها از سوی همکاران دانشمندان نظری در رشته‌های عملی علوم ساخته و پرداخته می‌شود. فکاهه ذیل نمونه‌ای کوچک از انبوه این قبیل طنزهاست. دو فیزیکدان نظری در حین کوهنوردی راه خود را در میان رشته کوه‌های سر به فلک کشیده‌ای که ابر نیمی از بدنه آنها را در بر گرفته بود گم می‌کنند. اولی از دومی سؤال می‌کند که آیا می‌تواند مشخص کند که کجا هستند. دومی نقشه‌های مفصلی را که در دست داشت روی زمین پهن می‌کند و نیم ساعتی با دقت هر چه تمام‌تر به انجام محاسباتی می‌پردازد و بعد با اطمینان به همراه خود می‌گوید که بالاخره فهمیدم کجا هستیم، آن قله‌ای را روبه‌روی ما و در فاصله چند صد متری قرار دارد و بخشی از ستیغش در ابر پوشیده شده است می‌بینی؟ ما آنجا هستیم! (گاردین، ۲۰۱۳)

تاریخ علم، سرشار از نمونه‌هایی است که ناتوانی دانشمندان نظری را در توجه به جنبه‌های عملی برجسته می‌کند. راترفورد، فیزیکدان مشهور نیوزلاندی در سال ۱۹۰۲ به همراه سعیدی کارنو، فیزیکدان سرشناس فرانسوی که پدرش به علت علاقه وافر به سعیدی نام شاعر شیرین‌سخن شیراز را برای او برگزیده بود، از نظریه تجزیه خودبه‌خودی اتمها<sup>۱</sup> برای تبیین پدیدار رازآمیز رادیو اکتیویته استفاده کرد. او یک دهه بعد، مدل مشهور خود در باره ساختار هسته اتم را ارائه داد: مدل اتم به مثابه منظومه شمسی که آژانس بین‌المللی انرژی به عنوان آرم خود از آن استفاده می‌کند. راترفورد در سال ۱۹۳۳ نوشت: «هر کس انتظار داشته باشد تغییر در [هسته] اتم یک منبع انرژی خواهد بود، مهمل می‌گوید». (نامس، ۲۰۰۱: ۱۰۲. نقل از: میلر، ۲۰۰۹)

البته چنین نیست که همه دانشمندان نظری از توانایی‌های عملی بی‌بهره باشند. هر چند چهره‌های سرشناسی نظیر پلانک، اینشتاین و بور چندان در حوزه عمل از مهارت برخوردار نبودند، دانشمندان نظری دیگری را می‌توان شاهد مثال آورد که فناوران و مهندسان و تجربه‌گران قابل‌بوده‌اند. از جمله نامهای آشنا در این زمینه می‌توان به گالیله، بویل و فاینمن اشاره کرد.

اما آنچه گفته شد نیازمند توضیحی دقیق‌تر است تا از بروز بدفهمی جلوگیری کند. برخی فیلسوفان علم با تقسیم‌بندی علوم به کاربردی و نظری موافق نیستند و از به کارگیری اصطلاح «علوم کاربردی یا علوم عملی» امتناع می‌ورزند و در عوض از فناوری و مهندسی در برابر علوم [نظری] سخن می‌گویند (میلر، ۲۰۰۹). برخی دیگر، علوم کاربردی را از علوم نظری و مهندسی جدا می‌کنند (آگاسی، ۱۹۶۶). برخی نیز با ملاحظاتی، فناوری را در زمره علوم کاربردی جای می‌دهند (بونخه، ۱۹۶۶). نکته‌ای که تأکید بر آن در اینجا ضرورت دارد آن است که تقسیم‌بندی‌ها و مقولاتی که ما برای فهم واقعیت (خواه واقعیت طبیعی و خواه واقعیت برساخته اجتماعی) برمی‌سازیم، نظیر هر برساخته دیگری، به اعتبار تحولاتی که در واقعیت رخ می‌دهد، دستخوش تغییر شده، مرزهای آنها دگرگون می‌شود. برخی مقوله‌ها در یکدیگر ادغام و برخی

1. *The Theory of the Spontaneous Disintegration of Atoms*

## در قوت‌ها و ضعف‌های مهندسی و تأثیر آن در علوم انسانی و اجتماعی ♦ ۳۷۳

دیگر حذف می‌شوند و در جایشان مقولات تازه‌ای پیشنهاد می‌شود. مقولات، تا آنجا که تعاریف زبانی تلقی شوند، واجد اهمیت خاصی نیستند و می‌توانند صرفاً به امور اعتباری و دلخواهانه راجع باشند. آنها تنها در جایی اهمیت پیدا می‌کنند که به واقعیتهای بیرونی ارجاع دهند و در این ارجاع و دلالت به ما در فهم واقعیت کمک کنند. ابزار زبان، که خود در زمره فنآوری‌ها محسوب می‌شود، نظیر دیگر ابزارها می‌باید به طور مستمر تکمیل و بر بازده آن در کار انتقال معانی افزوده شود. مرزبندی قاطع میان مقولات به هیچ روی امکان‌پذیر نیست. مقولات در مقام ابزار، با تغییر شرایط تغییر می‌کنند و مرزبندی‌هایشان دستخوش دگرگونی می‌شود. این نکته از جانب هاروی بروکس، استاد رشته فیزیک عملی در دانشگاه هاروارد در دهه ۱۹۶۰ به خوبی توضیح داده شده است. او می‌نویسد: «نکته اساسی در این زمینه آن است که مقوله‌بندی انواع پژوهش بستگی به موقعیت کنونی فنآوری و نیز محیطی دارد که پژوهش در آن دنبال می‌شود. مقوله‌های علوم بنیادی و کاربردی، اگر به منزله مقوله‌های متعین و تغییرناپذیر در نظر گرفته شوند، بی‌معنا می‌شوند، اما در مقام نقاطی متغیر روی یک مقیاس مدرج در یک محیط خاص، احتمالاً واجد نوعی معنا خواهند بود» (بروکس، ۱۹۶۷: ۱۷۰۶). بروکس پیش از ذکر این نتیجه، مثالی را ذکر می‌کند که مشت نمونه خروار از شرایط متغیر در ارتباط با مقوله‌های مورد استفاده ماست. او می‌نویسد:

زمانی که خاصیت ترانزیستور در تقویت سیگنالهای الکتریکی کشف شد، اهمیت فنآورانه نیمه‌هادی‌ها مورد توجه قرار گرفت و پژوهش در مورد نیمه‌هادی‌ها به منزله یک پژوهش دارای قابلیت کاربرد لحاظ شد. از سوی دیگر، جنبه‌های کاربردی پژوهش در خصوص نظریه پالایش تک‌بلورها برای استفاده در ترانزیستور چنان آشکار بود که به این نوع پژوهش از همان آغاز نام کاربردی، و نه «دارای قابلیت کاربرد» اطلاق شد. پیش از اکتشاف ترانزیستور، هر دوی این پژوهشها از منظر علمی به یک اندازه جالب توجه و حائز اهمیت بودند، اما هر دو در زمره پژوهشهای بنیادی یا «محض» به شمار می‌آمدند. در واقع؛ هر دوی این قسم پژوهشها اگر در یک دانشگاه پیگیری می‌شدند، به عنوان پژوهش «محض» تلقی می‌شدند، اما در آزمایشگاههای بل، این دو پژوهش به عنوان «کاربردی» طبقه‌بندی می‌شدند؛ زیرا مشتری بالقوه برای آنها در محیطی که بی‌واسطه با آزمایشگاه‌های بل مرتبط بود، موجود می‌بود. (همان)

به اعتبار آنچه گذشت، می‌باید تأکید کرد اختلافاتی که بر سر تعیین جایگاه علوم نظری و کاربردی و فنآوری و مهندسی میان محققانی که نامشان ذکر شد به چشم می‌خورد، بر خلاف آنچه در بدو امر ممکن است استنباط شود، چندان برجسته نیست. هر سه این نویسندگان به نکته‌ای که در خصوص نقش ابزاری زبان و تعاریف ذکر شد توجه دارند و به عوض آنکه به زبان کاوی پردازند، به مسائل واقعی نظر دارند.

یونخه به عنوان مثال می‌نویسد: در این متن، اصطلاحات «فنآوری» و «علم کاربردی» هم‌معنا محسوب خواهند شد، هر چند که هیچ یک از کفایت برخوردار نیستند. در واقع؛ «فنآوری» ناظر به مطالعه فنون عملی

است و نه یک رشته علمی، و «علم کاربردی» ناظر به کاربرد اندیشه‌های علمی است و نه کاربرد روش علمی. از آنجا که [اصطلاح] «تکنیک» با ابهام همراه است و [اصطلاح] «اپیس-تکنیک»<sup>۱</sup> = معرفت-تکنیک» هنوز خلق نشده، ما از همین قاعده کنونی بی‌حرمتی به [رویکرد متکی به بررسی] ریشه واژگان و اصطلاحات پیروی می‌کنیم و به سراغ مسائل جدی‌تر می‌رویم.

هر سه نویسنده‌ای که به دیدگاهشان اشاره شد، بر این رأیند که علم و فناوری از یکدیگر مجزا هستند. دو تن از آنان که اصطلاح علوم کاربردی را به کار می‌گیرند، آن را در زمره فناوری‌ها جای می‌دهند. دیوید میلر به منظور پرهیز از بدفهمی تأکید دارد که مایل است اساساً از به کارگیری اصطلاح «علم کاربردی» پرهیز کند. در این زمینه حق با اوست. همان گونه پیش‌تر در این مقاله نیز اشاره شد، علم صرفاً به آن دسته از بر ساخته‌های بشری اطلاق می‌شود که هدفشان شناخت واقعیت است. وظیفه تغییر واقعیت یا جمع‌آوری داده‌ها در باره واقعیت یا بررسی انطباق مدل‌ها با واقعیت به قلمرو گسترده فناوری تعلق دارد. به این اعتبار می‌توان گمانه‌زنانه حدس زد که از نظر میلر، اصطلاح «علم کاربردی» با نوعی کج‌سلیقگی بر ساخته شده و می‌تواند موجب بروز خطا شود. بیش از یک قرن پیش از میلر، تامس هاکسلی زیست‌شناسی سرشناس انگلیسی نیز نظری را در خصوص «علم کاربردی» ابراز کرده بود که به دیدگاه میلر نزدیک است. هر چند با در نظر گرفتن توضیحی که پیش‌تر آمد، هاکسلی در تشخیص رابطه میان علم نظری (علم محض) و «علم کاربردی» به راه خطا رفته است. هاکسلی می‌نویسد:

اغلب آرزو می‌کنم کاش اصطلاح «علم کاربردی» هیچ‌گاه ابداع نشده بود؛ زیرا دلالت بر آن دارد که نوعی از معرفت علمی وجود دارد که دارای کاربرد مستقیم است و می‌تواند جدای از نوع دیگر معرفت علمی، که هیچ کاربرد عملی ندارد و «علم محض» نامیده می‌شود، مطالعه شود. اما مغالطه‌ای از این کامل‌تر وجود ندارد. آنچه مردم علم کاربردی می‌نامند، چیزی نیست جز کاربرد علم محض به طبقه‌های خاصی از مسائل. (هاکسلی، ۱۸۸۰)

نمونه دیگری از این قبیل جعل اصطلاحات خطا برانگیز، اصطلاح «علم حضوری» است که فیلسوفان مسلمان آن را در برابر «علم حصولی» بر ساخته‌اند. اما «علم حضوری» اساساً علم نیست، بلکه ناظر به یک تجربه زیسته وجودی است (بابا، ۲۰۱۴). مقولات و تقسیم‌بندی‌هایی که برای فهم واقعیت پیشنهاد می‌کنیم تا آنجا که به کار فهم بهتر واقعیت کمک کنند، می‌توانند و باید مورد استفاده قرار گیرند؛ اما اگر مانع فهم صحیح شدن، باید تعویض شوند. در این مسیر، همان گونه که عقل‌گرایان نقاد توضیح می‌دهند، راهنمای عمل ما همواره «مسائل» اساسی و «چالش‌های واقعی‌اند که از سوی واقعیت مطرح می‌شوند، نه ساختارهای زبانی و بازی‌هایی که با بهره‌گیری از آنها می‌توان الی غیر النهایه بسط داد. به نظر می‌رسد دو اصطلاح «علم کاربردی» و نیز «علم حضوری»، در زمره آن اصطلاحاتی قرار دارند که موجب بدفهمی می‌شوند. با این

## در قوت‌ها و ضعف‌های مهندسی و تأثیر آن در علوم انسانی و اجتماعی ♦ ۳۷۵

حال از آنجا که هر دو اصطلاح در مقیاس وسیعی در ادبیات مباحث مربوط مورد استفاده قرار دارند، در متن کنونی هر جا به ضرورت از اصطلاح «علم کاربردی» استفاده به عمل آید، تعلق آن به فناوری مفروض انگاشته می‌شود. برای تأکید بر این نکته، این اصطلاح داخل گیومه به کار گرفته می‌شود.

در این مقطع، توضیح این نکته خالی از فایده نخواهد بود که اصطلاحات «علم به معنای علم تجربی»<sup>۱</sup> و «عالم تجربی = دانشمند»<sup>۲</sup> و «علم کاربردی» کم‌وبیش متأخرند و سابقه‌شان به اوایل قرن ۱۹ بازمی‌گردد. اصطلاح «ساینست» را فیلسوف علم انگلیسی، ویلیام هیول در ۱۸۳۳ بر ساخت و کوشید طبقه‌بندی تازه‌ای از علوم روز، که آنها را علوم استقرایی می‌نامید، ارائه دهد (یو، ۱۹۹۳). اصطلاح «ساینست» تا اواخر قرن نوزدهم رواج گسترده پیدا نکرد و عمدتاً از همان اصطلاح «مردان علم» برای نامیدن دانشمندان علوم طبیعی استفاده می‌شد (یو، ۱۹۹۳).<sup>۳</sup> اصطلاح «علم کاربردی» در سال ۱۸۱۷ به وسیله تامس کولریج و به عنوان ترجمه اصطلاح آلمانی «*Angewandte Wissenschaft*» پیشنهاد شد. این اصطلاح که از دهه ۱۸۷۰ در جهان انگلیسی زبان رواج یافت، میراث بر سه اصطلاح متقدم بود و به منزله ترکیبی تازه از دل آنها بیرون آمد. این سه اصطلاح عبارت بودند از: «علم تجربی، علم عملی و علمی که در هنرها و فنون به کار گرفته می‌شود» (که مقصود از آن، مهارت‌ها و شگردهای فردی استاد کار بود). (یاد، ۲۰۱۲)

ماجرای رقابت «علم نظری» و «علم کاربردی» و «مهندسی» برای کسب مقام ممتاز در صحنه اجتماعی و تثبیت جایگاه خود به منزله فعالیتی که از اعتبار و حیثیت و ارزش برخوردار است، ماجرای خواندنی است. بررسی‌های تاریخی روشن می‌سازد که تا دهه‌های نخست نیمه دوم قرن بیستم، «علم نظری» از برتری بی‌چون و چرا برخوردار بود و کسانی که در قلمروهای «علم کاربردی» و «مهندسی» فعالیت داشتند برای کسب اعتبار در حیطه عمومی و احیاناً دستیابی به بودجه‌های مورد نیاز، خود را در ذیل و ظل علوم نظری و محض قرار می‌دادند. در عین حال، در فاصله دو سده از میانه قرن نوزدهم تا کنون، مرزهای سه فعالیتی که با عناوین «علوم نظری یا محض»، «علوم کاربردی» و «مهندسی» از آنها یاد می‌شود، دائماً به واسطه تحول در عرصه واقعیت‌های بیرونی دستخوش تغییر بوده و این تغییر به نوبه خود منجر به تغییر در تعاریفی شده که در این دوران نسبتاً طولانی برای این سه مفهوم ارائه شده است. (کلاین، ۱۹۹۵)

اما از حدود دهه ۱۹۸۰ به این سو، «علوم کاربردی» و «مهندسی» به تدریج اهمیت و نقش خود را در حیطه عمومی تثبیت کردند و اندک اندک کفه ترازو را به سمت خود متمایل کردند. اکنون کار به جایی رسیده که اغلب بودجه‌هایی که برای پروژه‌های پژوهشی اختصاص داده می‌شود، ناظر به تحقیقاتی با

1. Science

2. Scientists

۳. در سده‌های نخست دوره مدرن، عنوان «فیلسوف طبیعی» برای نامیدن دانشمندان به کار می‌رفت؛ دانشمندانی نظیر دکارت و نیوتن و بویل با این عنوان شناخته می‌شدند و فعالیتشان به منزله «فلسفه طبیعی» (یعنی بهره‌گیری از معرفت فلسفی برای شناخت جهان طبیعت) تلقی می‌شد. این عنوان در دوره‌های متأخر نیز برای متمایز کردن فعالیت دانشمندانی نظیر داروین و ایتساین به کار گرفته شد.

دستاوردهای عملی است و ازین رو، دانشمندان نظری نیز برای کسب بودجه مورد نظر باید نشان دهند که فعالیت‌هایشان در نهایت، واجد فواید عملی و کاربردی است. اما واقعیت این است که در جهان دانش محور کنونی که علم و فناوری وابستگی زیادی به یکدیگر پیدا کرده‌اند، در غیاب پژوهش‌های محض و نظری که هدفشان شناخت ظرفیتهای موجود در واقعیت است، فعالیت‌های مهندسی و کاربردی نیز دیر یا زود از دستیابی به ظرفیتهای جدید محروم می‌شوند و از رشد باز می‌مانند. (وایبرگ، ۲۰۱۲)

در حالی که در قرون گذشته مهندسی و فناوری تا حد زیادی از دانش نظری مستقل بودند، اکنون ارتباط میان آنها چنان تنگاتنگ است که در بسیاری از موارد، ترسیم مرزی برای جداسازی آنها بسیار دشوار است (ر.ک. به: پایا، ۱۳۸۴: ۵۸).

از منظر «سیاست پژوهشی»، هم می‌توان از پژوهش‌های بنیادی علمی سخن به میان آورد و هم پژوهش‌های بنیادی فناوریانه. این دو مقوله، در عین تمایز، اغلب به هم وابسته‌اند و تفکیک آنها غالباً به سادگی امکان‌پذیر نیست. در اغلب موارد، تحقیقات علمی و فناوریانه دوشادوش هم به پیش می‌روند. دانشمندی ممکن است ابزار تازه‌ای ابداع کند تا برای تحقیق در یک حوزه طبیعت مورد استفاده قرار گیرد. دیگران ممکن است این دستگاه را برای استفاده تجاری به بازار عرضه کنند و به زودی مهندسی از این ابزار در جهت معکوس برای کنترل پدیدار مورد اشاره بهره‌گیرند. به این ترتیب، ابزاری برای تحلیل به ابزاری برای ترکیب و تألیف بدل می‌شود. یک نمونه این امر در جریان ساخت میکروسکوپ الکترونی واقع شد. ابتدا از این دستگاه برای مشاهده جهان اتمها بهره گرفته شد. اینک این میکروسکوپ یکی از ابزارهای اصلی در نانوفناوری و حوزه تعامل با اتمها و دستکاری در آنها و بهره‌گیری از آنهاست. از جمله نمونه‌های تحقیقات فناوریانه بنیادین می‌توان به تکمیل ردیاب رادیو ایزوتوپها و ایزوتوپهای پایدار به وسیله کمیسون انرژی اتمی آمریکا اشاره کرد که اکنون در تشخیص و مداوای بیماری‌ها و تحقیقات بنیادی در دانش زیست‌شناسی مورد استفاده قرار دارد. این سرمایه‌گذاری بدون آنکه از ابتدا مد نظر باشد، منجر به رشد و ظهور زیست‌شناسی مولکولی شد. یک مثال دیگر، اینترنت است که برای یک منظور نظامی در دوران جنگ سرد طراحی شد و اکنون به یکی از مهم‌ترین ارکان زندگی جدید بدل شده است.

در کنار تحقیقات بنیادی (به طور عمده در حوزه علم) که معمولاً از آنها با عنوان «تحقیقات در زمینه آسمان آبی» یاد می‌شود و مقصود از آنها تحقیقاتی است که سائقه‌شان کنجکاوی صرف است و هدف عملی خاصی در آنها مد نظر نیست (لیدن، ۲۰۰۹). تحقیقات کاربردی نیز (به خصوص از زمان دومین جنگ جهانی) رواج زیادی یافته است (کلاین، ۱۹۹۵). مقصود از تحقیقات کاربردی آن دسته از فعالیتها در جهت حل مسائلی مشخص برای مصرف‌کنندگان مشخص است که به نحو دقیق تعریف شده‌اند و برای انجامشان یک زمان محدود و معین و یک بودجه معین در نظر گرفته شده است. تحقیقات کاربردی را معمولاً به دو گروه

## در قوت‌ها و ضعف‌های مهندسی و تأثیر آن در علوم انسانی و اجتماعی ♦ ۳۷۷

کلی «تحقیقات پاستوری» یا تحقیقات نیازمند به معرفت بنیادی و «تحقیقات ادیسونی» یا تحقیقات بی‌نیاز از معرفت بنیادی تقسیم می‌کنند. (پایا، ۱۳۸۴: ۵۹)<sup>۱</sup>

اگر تقسیم‌بندی «علوم کاربردی» و مهندسی را همچنان مورد استفاده قرار دهیم در آن صورت می‌توانیم بگوییم که تحقیقات پاستوری عموماً به وسیله «دانشمندان عملی» (با همان توضیحی که در باره غلط‌انداز بودن این اصطلاح داده شد) انجام می‌شود و تحقیقات ادیسونی عمدتاً به وسیله مهندسان. در خلق واقعیت‌های تازه در پاسخ به مسائل واقعی، مهندسان به مراتب از حد پیروی از نقشه‌ها و طرح‌هایی که با انجام محاسبات فراهم آورده شده‌اند فراتر می‌روند و در هر گام برای منطبق ساختن نقشه‌ها و طرح‌ها، که در نهایت عبارتند از نمایه‌ها و مدل‌هایی ضرورتاً ساده‌شده از واقعیت پیچیده، با واقعیت بیرونی، از ابتکارهای شخصی که محصول مهارت‌ها و تجربه‌هایی است که طی دوران فعالیت حرفه‌ای خود کسب کرده‌اند بهره می‌گیرند. پشتکار و پیگیری نظام‌مند نیز در کنار مهارت‌های شخصی به مهندسان کمک می‌کند. ادیسون خود در این زمینه نمونه بسیار خوبی است. او برای ساخت لامپ برق مورد نظر خود، سه هزار نظریه مختلف در خصوص بهترین ماده برای نورپراکنی را مورد بررسی قرار داد (مؤسسه فرانکلین، ۲۰۱۴). مهندسان از حیث در اختیار داشتن این قبیل مهارت‌ها و «شم»‌ها، همگی در یک تراز قرار ندارند؛ برخی به مراتب در این زمینه تواناتر از دیگرانند.

مهندسان در دوره آموزش خود با حجم قابل ملاحظه‌ای از علم نظری و نیز ریاضیات و منطق آشنا می‌شوند. البته در این زمینه، تفاوت‌های مهمی در میان رشته‌های مختلف مهندسی برقرار است. دروس مهندسی در هر زمینه خاص مهندسی، مهندس را به متخصصی تبدیل می‌کند که قادر است در پاسخ به مسئله‌ای عملی، راه حلی عملی (معمولاً در هیئت یک دستگاه یا سیستم یا ابزار) ارائه دهد. تا قبل از دهه ۱۹۶۰ در دوره‌های مهندسی توجه جدی به علوم انسانی و اجتماعی مبذول نمی‌شد. اما تحولاتی که در این دهه در بیرون و درون فضای آکادمیک رخ داد، منجر به عرضه دروس رشته‌های علوم انسانی و اجتماعی در دانشکده‌های مهندسی به عنوان دروس اجباری شد (نپل، ۱۹۷۳). در ایران، دانشگاه صنعتی شریف در این زمینه، پیشتاز به اجرا در آوردن این رویکرد تازه بود. مرکز علوم انسانی این دانشگاه نقش مؤثری در آشنایی مهندسانی که در این دانشگاه تربیت می‌شدند با برخی از جنبه‌های علوم انسانی و اجتماعی داشت.

سی.اف.سی. راجرز، مهندس بریتانیایی دانش-فناوری، مهندسی را این‌گونه تعریف می‌کند: «مهندسی به رویه‌ای ارجاع دارد متشکل از طراحی و ساخت [و نیز به کارگیری] هر نوع مصنوع که جهان فیزیکی پیرامون ما را به منظور پاسخ دادن به برخی نیازهای مورد نظر ما تغییر می‌دهد». (راجرز، ۱۹۸۳: فصل ۳)

۱. برای تحقیقات پاستوری و ادیسونی همچنین بنگرید به: کلمبو و همکاران، ۲۰۱۱؛ وارگا و همکاران، ۲۰۱۲.

دیگر مهندسان نیز بر اهمیت نقش طراحی ساختارها و مدلها در پاسخ به نیازهای عملی تأکید ورزیده‌اند. ادوارد کانستنت، مهندس آمریکایی به اقتضای تقسیم‌بندی تامس کوهن، میان دو نوع فناوری که یکی را «فناوری متعارف» می‌نامد و دیگری را «فناوری انقلابی»، تمیز قائل شده است. او فناوری نوع نخست را این گونه تعریف می‌کند: «آنچه جامعه تکنولوژیست‌ها معمولاً انجام می‌دهند که متشکل است از بهبود بخشیدن به سنت [فناورانه] موجود یا به کارگیری آن تحت شرایط تازه یا دشوارتر» (کانستنت، ۱۹۸۰). نقل از: ویسنستی، ۱۹۹۳: ۷. فناوری انقلابی بر بستر فناوری متعارف اما در مواجهه با شرایطی کاملاً نامنتظر و بی‌سابقه و در قالب طرحهایی بدیع ظهور می‌یابد.

والتر ویسنستی استاد بازنشسته رشته مهندسی هوا-فضا در دانشگاه استنفورد، به پیروی از کانستنت، دو اصطلاح «طراحی متعارف» و «طراحی ریشه‌ای یا اساسی»<sup>۱</sup> را در قلمرو مهندسی بر ساخته است. طراحی متعارف، طراحی‌ای است که در فناوری متعارف به کار گرفته می‌شود. «مهندسی که دست‌اندرکار این نوع طراحی است از همان آغاز می‌داند که دستگاه مورد نظر چگونه کار می‌کند و مشخصه‌های معمول آن چیست» (همان). اما در طراحی ریشه‌ای «اینکه طرح چگونه باید تنظیم شود یا حتی اینکه چگونه کار می‌کند، تا حد زیادی ناشناخته است. طراح، پیش‌تر هرگز چنین دستگاهی را ندیده است ... مسئله عبارت است از ساخت چیزی که در حد قابل قبولی چنان کار کند که پیشرفتهای بعدی را اجازه دهد» (همان).

نکته مهم دیگری که ویسنستی بدان اشاره می‌کند آن است که در همه مواردی که با علم متعارف (که بخشی از فناوری متعارف است) و فناوری متعارف و طراحی متعارف سروکار داریم، بخش اعظم فعالیتها به وسیله «مهندسان متعارف» به انجام می‌رسد. به عبارت دیگر؛ «به ازای هر یک مهندس طراح با قوه ابتکار و ابداع استثنایی، هزاران مهندس طراح با قابلیت‌های مفید و توان تولید خوب وجود دارند که طراحی‌ها را با ترکیب فناوری‌های از پیش موجود به انجام می‌رسانند» (همان).

پیش‌تر به رابطه میان علم و فناوری اشاره شد. اینجا لازم است دوباره به این رابطه در ارتباط با مهندسی توجه شود. مهندسان در دوره تحصیل با علوم نظری آشنایی پیدا می‌کنند. علم اما برای مسائلی که مهندسان با آن مواجهند راه حلی ارائه نمی‌دهد. پیش‌تر به جنبه‌ای از این مسئله اشاره شد و توضیح داده شد که علم، مرزهای سلبی فعالیت‌های عملی را مشخص می‌کند و برای جنبه‌های ایجابی آن تجویزی ارائه نمی‌دهد. این نکته را اکنون می‌توان با استفاده از دیدگاههای میلر (۲۰۰۹) از یک منظر منطقی توضیح داد. مهندسی با ابداع و تغییر سروکار دارد، حال آنکه سروکار علم با توصیف واقعیت است، چنان‌که هست. هر قانون علمی نظیر «همه فلزات در اثر گرما منبسط می‌شوند» را می‌توان در قالب یک قضیه شرطیه

به صورت ذیل بیان کرد:

$$\forall x (Fx \rightarrow Gx)$$



## در قوت‌ها و ضعف‌های مهندسی و تأثیر آن در علوم انسانی و اجتماعی ۳۷۹

برای همه Xها، اگر X فلز باشد، در اثر گرما منبسط می‌شود.

جدول صدق قضایای شرطی (به صورت بالا) چنین است:

Fx	Gx	Fx → Gx
T	T	T
T	F	F
F	T	T
F	F	F

از جدول بالا روشن می‌شود که قضیه شرطیه به صورت مذکور، در دو حالت صادق است: زمانی که مقدم و تالی هر دو صادق باشند و زمانی که مقدم، کاذب اما تالی، صادق باشد. نکته مهم در فعالیتهای فناوریانه و مهندسی آن است که در اکثر قریب به اتفاق موارد، نتایجی که تالی‌های قضایای شرطی به شکل بالا را تشکیل می‌دهند دانسته‌اند. آنچه دانسته نیست، مقدم یا عللی است که نتایج را پدید می‌آورد. وظیفه علم، یافتن علت‌های مورد نظر به منظور تبیین پدیده‌هایی است که در قالب مسائل و چالش‌ها در برابر ما ظاهر می‌شوند. اما حتی اگر علم به شناخت علت‌های مورد نظر راه یابد و بتواند برای پدیده‌های مورد نظر تبیین ارائه دهد، باز هم این امر به تکنولوژیست و مهندس برای حل مسئله مورد نظر؛ یعنی نحوه دست یافتن به علت برای ایجاد معلول کمکی نمی‌کند. دانستن علت راهی برای تولید آن ارائه نمی‌دهد. میان شناخت علت و شناخت شیوه و روش تولید آن، تفاوتی اساسی وجود دارد. این همان تفاوتی است که تخصص دانشمند نظری را از تخصص مهندس و تکنولوژیست متمایز می‌سازد. به عنوان مثال، برای فیزیکدانان در دوران دومین جنگ جهانی، روشن بود که شکافت هسته اتم و نیز جوش هسته اتم می‌تواند به آزادسازی مقادیر زیادی انرژی منجر شود. اما نحوه دستیابی به این هدف روشن نبود. آمریکایی‌ها از بیم آنکه مبادا فیزیکدانان آلمانی زودتر به این توانایی دست یابند، پروژه منهاتن را لوس آلاموس را راه‌اندازی کردند و در آن شمار زیادی دانشمند و تکنولوژیست و مهندس را به کار گرفتند تا بالاخره به تولید بمب اتمی و بمب هیدروژنی توفیق یافتند. (کلی، ۲۰۰۴)

تاریخ فناوری و مهندسی سرشار است از مواردی که در آنها تکنولوژیست‌ها و مهندسان با تکیه به شم و قریحه حل مسئله خود دستگاه‌ها و ماشین‌هایی ابداع کرده‌اند یا از خواص مواد مختلف برای مقاصد عملی بهره گرفته‌اند، اما تبیین علمی آنچه به حل عملی آن توفیق یافته بوده‌اند، تا سالیان بعد میسر نشده است. پزشکان از زمان بقراط به این نکته توجه کرده بودند که جوشانده برگ درخت بید اثر تسکین‌دهنده درد دارد. در ۱۸۷۹ یک شیمی‌دان آلمانی به نام فلیکس هوفمان موفق شده ماده اصلی موجود در برگ بید را که سبب تسکین درد می‌شود به نحو مصنوعی تولید کند. این ماده با نام تجاری آسپیرین بیش از یک قرن است که به بیماران خدمت می‌کند. طی این زمان، خواص درمانی - تسکین‌دهنده بیشتری برای این ماده کشف شده است. اما نحوه عمل این ماده در کاستن از درد و جلوگیری یا کاهش خطر از برخی بیماری‌ها و عارضه‌ها، تا مدتها بعد از تولید مصنوعی آن؛ یعنی تا اواخر دهه ۱۹۷۰ شناخته نشده بود و کار این شناسایی همچنان ادامه دارد. (ریزفورد، ۲۰۰۴)

مسئله ابتکار و ابداع در حوزه مهندسی، در ارتباط با مسائل و چالش‌های عملی، متناظر است با ضرورت بهره‌گیری از ابداع و ابتکار در حل مسائل نظری به وسیله دانشمندان نظری. در هر دو حوزه، ارائه راه‌های بدیع برای چالش‌های پیش رو، با تکیه به دستورالعمل‌ها و الگوریتم‌ها امکان‌پذیر نیست.

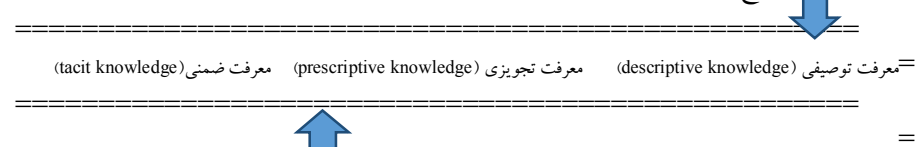
علم تجربی، البته نظیر هر منبع اطلاع‌رسان دیگری می‌تواند به خصوص برای مهندسانی که در حوزه طراحی‌های به قول وینستی، ریشه‌ای و غیر متعارف فعالیت دارند، به منزله یک «معین کشف»<sup>۱</sup> عمل کند. اما معین کشف با راه حل تفاوت دارد (میلر، ۲۰۰۹). مهندسی که از زمینه علمی خوبی برخوردار باشد، بهتر از مهندسی که از زمینه علمی خوب برخوردار نیست، می‌تواند به خطاها و نقصهای راه حلها و طرحهای پیشنهادی خود پی ببرد. کار علم، آشکار ساختن محدودیتهاست. این محدودیتها، البته در مواجهه با خود واقعیت به خوبی آشکار می‌شوند، اما این امر می‌تواند با هزینه بسیار زیاد همراه باشد.

مهندسی که علاوه بر دانش نظری و تخصص عملی، دارای شم مهندسی قدرتمندی نیز باشد، در قیاس با مهندسی که از دانش علمی بالایی برخوردار نیست و شم مهندسی چندان برجسته‌ای ندارد، بهتر می‌تواند به حل مسائل غیر منتظر با ارائه راه حل‌های بدیع، با هزینه کمتر، توفیق یابد.

شم مهندس را نباید نوعی معرفت به شمار آورد. معرفت، امری است مربوط به جهان ۳ و قابل دسترس عمومی. این توانایی نوعی مهارت شخصی در انجام فعالیتهایی است که به حرفه مهندس ارتباط پیدا می‌کند و مهندسی که از آن برخوردار است معمولاً نوعی قابلیت و استعداد فردی (احیاناً ژنتیکی) را با ترکیب با تلاش و تکاپوی نظام‌مند و سختکوشانه به تراز بالا ارتقا داده و به مدد آن از توانایی زیادی در حل مسائل مربوط به حوزه تخصصی خود برخوردار شده است. مشابه این شم در صاحبان تخصصهای دیگر نیز مشاهده می‌شود. بی‌یر دوهم، فیزیکدان و فیلسوف مشهور فرانسوی، از نوعی «ذوق سلیم»<sup>۲</sup> برای دانشمندی یاد می‌کند که زمانی که با بینه‌های نقض‌کننده نظریه مختار خود مواجه می‌شوند، به مدد همین شم تشخیص می‌دهند که خطا را باید به کدام بخش از مجموعه مرگبی که متشکل از نظریه، شرایط اولیه و دستگاه‌های اندازه‌گیری نسبت دهند.

در سال‌های اخیر برخی از نویسندگان که در خصوص ویژگی‌های مهندسی قلم زده‌اند، دچار این اشتباه شده‌اند که شم مهندسی را به منزله نوعی دانش تلقی کرده‌اند. به عنوان نمونه، والتر وینستی که آثارش در زمینه مهندسی اطلاع‌بخش است در کتاب خود (۱۹۹۰: ۱۹۸)، نمودار ذیل را برای توضیح در باره معرفت خاصی که مهندسان از آن برخوردارند، ارائه می‌دهد:

معرفت صریح (Explicit Knowledge)



اما با توضیحی که گذشت، معرفت اساساً نمی‌تواند وجه تجویزی و دستورالعملی و رویه‌ای داشته باشد.

1. Heuristic  
2. Bon Sens

### ج) مهندسی و علوم انسانی و اجتماعی

علوم انسانی و اجتماعی بر خلاف آنچه در بدو امر از عنوانی که برایشان گزین شده مستفاد می‌شود، دارای دو جنبه‌اند: از وجهی علمند و از وجهی فناوری. از وجه علمی، این قلمروهای تکاپوی اندیشه به نیاز معرفتی آدمی در خصوص شناخت رفتار افراد و جوامع پاسخ می‌دهند (پایا، ۱۳۹۳/ب). از وجه فناورانه، این قلمروها که بهتر است آنها را «فناوری‌های انسانی و اجتماعی» بنامیم، از سویی به نیاز ما برای کنترل و مدیریت و تغییر رفتار افراد و جوامع پاسخ می‌دهند و از سوی دیگر در کار شناخت رفتار افراد و جوامع، به منزله ابزار کمک کار واقع می‌شوند.

از آنجا فناوری‌های انسانی و اجتماعی یکسره با بر ساخته‌های اجتماعی سروکار دارند، قوانینی که در قلمرو آنها مورد استفاده قرار می‌گیرد نیز یکسره از سنخ قوانین فناورانه یا پدیدارشناسانه است. این قوانین به توضیحی که پیش تر گذشت از قوانین بنیادین قابل استنتاجند.

فناوری‌های اجتماعی و انسانی، با افراد و جوامع (که متشکل از افراد است) سروکار دارند. آدمیان از حیث التفاتی<sup>۱</sup> برخوردارند. این امر مایه امتیاز آنان از سیستم‌ها و هستومندهای بیجان است که مهندسان در بسیاری از قلمروهای مهندسی با آنها سروکار دارند. اما این امر همان گونه که در قلمرو معرفتی موجب نمی‌شود که میان علوم انسانی و اجتماعی و علوم زیستی و طبیعی شقاق پدید آید (پایا، ۱۹۹۳/الف)، در قلمرو فناورانه نیز منجر به خروج فناوری‌های انسانی و اجتماعی از مقوله کلی فناوری‌ها نمی‌شود. تکنولوژیست‌های علوم انسانی و اجتماعی نیز همانند دیگر تکنولوژیست‌ها می‌باید برای تعامل با موضوعات مورد نظر خود از مدل‌های حاوی فرض‌های ساده‌شده بهره‌مند شوند. در قلمرو فناوری‌های انسانی و اجتماعی، بر خلاف نظر آن دسته از نویسندگان که به جدایی میان «علوم و فناوری‌های فرهنگی» و علوم و فناوری‌های طبیعی و زیستی قائلند، «تفسیر»<sup>۲</sup> و «معنا»<sup>۳</sup> و «فهم»<sup>۴</sup> ابزارهای انحصاری و اختصاصی نیستند. این سه ابزار در همه علوم و فناوری‌ها کاربرد دارند. از سویی، چنان که عقل‌گرایان نقاد توضیح می‌دهند، همه مشاهدات و همه جس- داده‌ها «پیچیده در نظریه‌ها» هستند و مشاهده یا حس- داده عریان و عاری از نظریه در دسترس آدمیان نیست. از سوی دیگر، «معنا» امری است که در شبکه‌های معنایی کنشگران نقش ایفا می‌کند و این شبکه‌ها علی‌الاصول برای دیگر کنشگران قابل دسترسند و بالاخره از سوی سوم، «فهم» بر خلاف نظر اصحاب «علوم فرهنگی» تفاوت ماهوی با تبیین ندارد و تنها از حیث شدت و ضعف با آن فرق می‌کند (پایا، ۱۳۹۳/ب). «فهم» صرفاً شخصی، نظیر «زبان خصوصی» که ویتگنشتاین بدان توجه کرده بود، وجود نمی‌تواند داشت. دلیل این امر آن است که فهم با استعانت از زبان و مفاهیم بر ساخته می‌شود. اما همین که امری در

---

1. Intentionality  
2. Interpretation  
3. Meaning  
4. Understanding

فرد در جهان ۲ بدان تفتن پیدا کرده است، به قالب زبان و مفاهیم درآید، علی‌الاصول قابل ارزیابی در حیطة عمومی خواهد بود.

توانایی مهندسان در بساختن دستگاهها و سیستمها و ابزارهایی که می‌توانند در خدمت شناخت بهتر پدیدارهای انسانی و اجتماعی قرار گیرند و در تغییر آنها نیز نقش ایفا کنند، به آنان در ارتباط با تحولاتی که می‌تواند در حوزه علوم اجتماعی و انسانی پدید آید، نقش مهمی اعطا می‌کند. در همه قلمروهای علمی، از علوم طبیعی و زیستی گرفته تا علوم اجتماعی، عینیت از اهمیت تراز اول برخوردار است. در غیاب عینیت، یافته‌های علمی از اعتبار برخوردار نخواهند بود. تاریخچه تحول علوم انسانی و اجتماعی حکایت از آن دارد که در این دو قلمرو، عینیت مورد بدفهمی جدی قرار گرفته و بسیاری از نویسندگان صاحب‌نام در این دو قلمرو به تصور اینکه عینیت علمی به معنایی است که فیلسوفان علم پوزیتیویست از آن مراد کرده‌اند چنین نتیجه گرفتند که در علوم انسانی و اجتماعی نمی‌توان به عینیت دست یافت. در این دسته از علوم، هدف اصلی دستیابی به «فهم و همدلی سوژکتیو» است. این رویکرد راه را برای تأثیرگذاری گرایشهای ایدئولوژیک در کاوشهایی که در حوزه علوم انسانی و اجتماعی و در چارچوب برداشتی که مدافعان «علوم فرهنگی» از علوم انسانی و اجتماعی داشتند هموار کرد. از سوی دیگر، آن دسته از محققانی که با دیدگاههای پوزیتیویستی به بررسی در حوزه علوم انسانی و اجتماعی اقدام می‌کردند نیز در غیاب درک صحیحی از عینیت، به گونه‌ای ایدئولوژیک مدعی بودند که یافته‌های این علوم تنها در صورتی پذیرفتنی است که متکی به مشاهده و تجربه مستقیم باشد، غافل از آنکه در حوزه معرفت، همه مشاهدات و تجربه‌ها مسبوق به نظریه‌هاست. (پایا، ۱۹۹۳/الف)

مهیا بودن زمینه برای نقش‌آفرینی دیدگاههای ایدئولوژیک در تحقیقات علوم انسانی و اجتماعی، به اعتبار تعلق داشتن ایدئولوژی‌ها به حوزه فناوری، به نوبه خود زمینه‌ساز پررنگ‌تر شدن جنبه فناورانه علوم انسانی و اجتماعی می‌شود. غلبه جنبه فناورانه این دسته از علوم نیز بدین معنی است که فناوری‌های انسانی و اجتماعی عمدتاً به ابزاری برای کنترل و احیاناً سرکوب در پرتو ایدئولوژی‌های راهنمای آنها بدل می‌شوند. در چنین ظرف و زمینه‌ای، قابلیت‌های مهندسان از حیث ابزارسازی یا طراحی و ساخت سیستم‌های مورد نظر ایدئولوژی‌های حاکم بر علوم انسانی و اجتماعی، می‌تواند خطرآفرین و حتی فاجعه‌ساز باشد.

مهندسانی که از روی علاقه یا احساس مسئولیت اعتقادی یا اجتماعی توانایی و تخصص خود را در اختیار رشد علوم انسانی و اجتماعی قرار داده‌اند، اگر شناخت صحیحی از جنبه‌های ایدئولوژیک حاکم بر علوم انسانی و اجتماعی نداشته باشند، به عاملی در جهت تقویت و تحکیم شالوده‌های این ایدئولوژی‌ها بدل می‌شوند و از آنجا که ایدئولوژی عمدتاً ابزاری برای تغییرند و دغدغه شناخت عینی ندارند، توانایی‌های مهندسان می‌تواند قدرت تأثیرگذاری آنها را به اضعاف مضاعف افزایش دهد.

اما مهندسی و علوم/فناوری‌های انسانی و اجتماعی در عین حال می‌توانند به نحو برهم‌افزایی به ازدیاد ظرفیتهای مثبتی که در هر یک نهان است کمک کنند و از رشد ظرفیتهای منفی موجود در هر یک تا حدودی جلوگیری به عمل آورند. یک شرط ضروری، هرچند نه کافی، در این زمینه آن است که هم

## در قوت‌ها و ضعف‌های مهندسی و تأثیر آن در علوم انسانی و اجتماعی ♦ ۳۸۳

مهندسانی که در اندیشه کمک به رشد بهینه علوم/فناوری‌های انسانی و اجتماعی‌اند و هم آن دسته از دست‌اندرکاران در حوزه این دسته از علوم/فناوری‌ها که علاقه‌مند به بهره‌گیری سازنده از ظرفیتهای مهندسی‌اند، می‌باید شناخت صحیحی از ماهیت قلمروهایی که می‌خواهند بدان کمک کنند و نیز از ظرفیتهای و توانایی‌های حوزه تخصصی خود داشته باشند.

در کشورهای پیشرفته همه شرکت‌های بزرگ مهندسی که پروژه‌های در مقیاس‌های کلان به اجرا در می‌آورند، شمار قابل ملاحظه‌ای از متخصصان در علوم/فناوری انسانی و اجتماعی را به همکاری دعوت می‌کنند و از آنان می‌خواهند شیوه‌ها و رویه‌هایی برای کاستن از عوارض نامطلوب‌های زیست‌محیطی و اجتماعی و آسیب‌های فرهنگی فعالیت‌های مهندسی به آنان ارائه کنند.

در پایان دو جنگ بزرگ جهانی، یکی از مهم‌ترین موضوعاتی که ذهن بسیاری از متفکران بزرگ غربی را به خود مشغول کرده بود، خرابی و آسیب فراگیری بود که از رهگذر به کارگیری ماشینهای پیشرفته و سیستم‌های فناورانه و مهندسی با قابلیت‌های حیرت‌انگیز، نه تنها متوجه میلیون‌ها تن از نفوس بشری شده بود و افراد و خانواده‌ها و گروه‌ها و جماعت‌های بسیاری را به نابودی کشانده بود، که همچنین ساختارهای تمدنی و فرهنگی و اخلاقی بزرگ بشری را زیر و زبر کرده بود. پرسشی که این متفکران در پی یافتن پاسخی خرسندکننده برای آن بودند، این بود که چه عواملی سبب بروز این گونه فجایع می‌شود و چگونه می‌توان از بروز موارد مشابه جلوگیری کرد؟

فناوری (به نحو عام) و مهندسی (به نحو خاص)، به اعتبار آنکه یک‌سره با تغییر در واقعیت موجود و بساختن واقعیتی که مورد نظر کنشگران است سروکار دارند، ناگزیر از یک‌سو سروکارشان با «قدرت» و ابزارهای متنوع آن خواهد بود و از سوی دیگر با «تصمیم» و «عمل». این هر دو قلمرو؛ یعنی قلمرو به کارگیری قدرت و قلمرو تصمیم و عمل، بر خلاف حوزه نظر محض، می‌توانند با تبعات اجتماعی و انسانی بسیار نامطلوب در ابعاد متفاوت، اعم از تراز افراد و تراز جوامع گسترده همراه باشند. در این ظرف و زمینه است که مهندسی و مهندسان می‌توانند بیشترین خسارات را، ولو با نیت‌های خیر، برای افراد و جوامع به بار آورند.

از جمله نکات ارجمندی که عقل‌گرایان نقاد بدان توجه داده‌اند آن است که «تصمیم» و «عمل»، معروض «عقلانیت» واقع نمی‌شوند. به عبارت دیگر؛ چیزی به نام «تصمیم یا عمل عقلانی» وجود ندارد. آنچه عقلانی تواند بود، تصمیم یا عمل نیست، بلکه فرایندهایی است که به اتخاذ تصمیم منجر می‌شود. اجرای تصمیم، از سنخ «عمل» است و علی‌الاصول معروض عقلانیت قرار نمی‌گیرد. به عنوان مثال، بیماری که در استفاده از دارو مردد است، می‌تواند بر مبنای ارزیابی عقلانی، از خواص و مضار دارو به شیوه‌ای عقلانی به «تصمیمی» در باره استفاده یا عدم استفاده از دارو برسد. او در عین حال می‌تواند با شیر یا خط کردن یک سکه، به «تصمیمی» در باره مسئله مورد نظر برسد. (میلر، ۲۰۰۹)

علوم انسانی و اجتماعی اگر به شیوه‌هایی صحیح بسط یافته باشند، می‌توانند افق‌های معرفتی مهندسان و تکنولوژیست‌ها را به انحاء گوناگون بسط دهند و آنها را نسبت به تبعات و نتایج اقداماتی که برای تغییر در واقعیت به انجام می‌رسانند حساس سازند.

شاید مهم‌ترین آموزه علوم انسانی و اجتماعی جدید تأکید آنان بر عنصر عقلانیت و ضرورت اتخاذ رویکردهای نقادانه و توجه به مسائل از زوایا و جهات متنوع است. اما در عین حال، یکی از محدودیتهای جدی که در رویکرد اغلب دست‌اندرکاران حوزه‌های علوم اجتماعی و انسانی به چشم می‌خورد، «اعتماد به رویکردهای موجه‌سازانه است» (میلر، ۱۳۹۰). این قبیل رویکردها با خود روحیه جزمیت، عدم تسامح و در نهایت، خردگریزی را به همراه می‌آورند. تکیه به رویکردهای موجه‌سازانه موجب می‌شود «فرایندهای تصمیم‌گیری» از جنبه‌های عقلانی عاری شوند.

رشته‌های مهندسی و دانش-فناوری‌های پیشرفته نیز می‌توانند به علوم/فناوری‌های انسانی و اجتماعی خدمات شایانی ارائه دهند. اهتمام مهندسان به توجه به جزییات و تأکید آنان به نوآوری و ابداع و ارائه راه‌حلهای متناسب با ظرفها و زمینه‌ها می‌تواند به همه کسانی که در قلمرو فناوری‌های انسانی و اجتماعی در پی ایجاد سیستم‌های بومی متناسب با شرایط خاص کشور هستند، به احسن وجه مدد رساند. همچنین دقت نظری که مهندسان در خصوص ارتباط هماهنگ اجزای «راه‌حلهای» و «سیستم‌هایی» که برای پاسخگویی به مسائل اعمال می‌کنند، در بر دارنده آموزه‌های ارزشمندی برای همه دست‌اندرکاران علوم/فناوری‌های انسانی و اجتماعی است.

در دهه‌های اخیر، گسترش رویکردهای موسوم به رویکردهای تفسیر‌گرایانه/فرهنگی‌گرایانه<sup>۱</sup> در حوزه علوم انسانی و اجتماعی راه را برای نوعی نسبی‌گرایی مذموم هموار کرده است. آنان که به این نوع رویکردها گرایش پیدا کرده‌اند، دانسته یا نادانسته مروج نوعی سطحی‌نگری و باری به هر جهت‌گرایی در حوزه تکاپوهای علمی شده‌اند. اینان با این دعوی که «مدعای هر کس در چارچوب فکری خود او معنا و مفهوم دارد و از اعتبار برخوردار است»، زمینه را برای عدم دقت نظری و در واقع شارلاتانیسم هموار کرده‌اند. عقل‌گرایان نقاد چند دهه قبل در باره «اسطوره چارچوب» و بی‌اعتباری مدعیات مدافعان آن استدلال کرده‌اند. (پوپر، ۱۳۸۴)

مهندسان و اصحاب علوم/فناوری‌های انسانی و اجتماعی برای به حداکثر رساندن بازده همکاری‌های متقابل و برهم‌افزا می‌باید چند نکته بسیار حائز اهمیت دیگر را علاوه بر آنچه تا کنون مورد تأکید قرار گرفت مد نظر قرار دهند. یکی از نکات به بحثهای معرفت‌شناسانه تعلق دارد و دیگری در حوزه عمل اجتماعی جای می‌گیرد. نکته نخست راجع است به اهمیت نقش محوری مفهوم «صدق یا حقیقت» (در معنای انطباق با واقع)، نه تنها در پژوهشهای معرفت‌شناسانه که در تکاپوهای فناورانه و مهندسی. اهمیت این امر از آن حیث است که هر چند در تکاپوهای مهندسی و فناورانه و از آن جمله فناوری‌های انسانی و اجتماعی که همگی با بحث قدرت و تغییر سروکار دارند، در بدو نظر، ملاحظات عمل‌گرایانه و پراگماتیستی از اهمیت زیاد برخوردار است. اما واقعیت این است که همان‌گونه که فلاسفه رئالیست و نیز عقل‌گرایان نقاد توضیح می‌دهند، همه رویکردهای عمل‌گرایانه برای کسب موفقیت، نیازمند مراعات

1. Interpretivist/Culturalist

## در قوت‌ها و ضعف‌های مهندسی و تأثیر آن در علوم انسانی و اجتماعی ۳۸۵

محدودیت‌هایی اند که واقعیت تحمیل می‌کند. مهندس یا تکنولوژیست حوزه انسانی-اجتماعی که بی‌اعتنا به این محدودیت‌ها به طراحی یک پل یا سیستمی برای مهندسی اجتماعی اقدام می‌ورزد، به عوض موفقیت در عمل، خسارات فراوان به بار می‌آورد. (ویژن، ۱۹۸۸؛ ۲۰۰۸؛ میلر، ۲۰۰۶)

نکته دوم ناظر است به استنباط روشن‌بینانه از کارکرد نهادهای مدنی و ماشین دموکراسی و توجه به اهمیت سازوکارهای دمکراتیک برای بالا بردن شانس موفقیت راه‌حلهایی که برای مسائل در حوزه‌های مهندسی یا قلمروهای انسانی-اجتماعی ارائه می‌شود. مشارکت آگاهانه و دموکراتیک شهروندان در این قبیل فعالیتها، اطلاع‌رسانی مناسب و آموزش صحیح و بالاخره شفافیت و پاسخگو بودن، همگی در زمره مواردی اند که به مهندسان و دست‌اندرکاران فناوری‌ها و علوم انسانی و اجتماعی در بالا بردن بازده فعالیت خود و همکاری مثمر ثمرتر با دیگر حوزه‌ها کمک می‌رسانند. (تاورنو، ۲۰۰۰)

سومین نکته با شناخت صحیح از ظرفیتهای مثبت و منفی سنت (و در رأس آنها سنتهای دینی) و آمادگی برای بهره‌برداری هوشمندانه از این ظرفیتهای ارتباط دارد. نگارنده در مقاله‌ای مستقل در باره «فناوری‌های دینی» به تفصیل بحث کرده است (پایا، ۱۳۹۲). توجه به این نوع فناوری‌ها در بستر جامعه ایرانی، برای توفیق در راه‌حلهای پیشنهادی برای مسائلی که مهندسان یا دست‌اندرکاران علوم/فناوری‌های اجتماعی با آن سروکار دارند، حائز اهمیت است. به عنوان یک نمونه دیگر، در خصوص اهمیت آشنایی با ظرفیتهای موجود در سنت باید به نحو گذرا به این مسئله اشاره کرد که قلمروی که در فرهنگ اسلامی با عنوان «فقه» مشخص شده است و از آن با عنوان «علم فقه» یاد می‌شود، در واقع یکی از زیرشاخه‌های مهندسی است. درک دقیق این موضوع می‌تواند راه را برای رشد بهینه‌تر فقه و تعامل سازنده‌تر دیگر رشته‌ها با آن هموار کند. (پایا، ۱۳۹۳/ج)

نکته پایانی، عنایت به این مسئله است که ابزارها و رویه‌ها و شیوه‌ها و فناوری‌ها، به خودی خود اقتضای شرّ و خیر ندارند و اخلاقی بودن کنشگران و مجهز بودن آنان به بصیرتهای معرفتی و اخلاقی و بهره‌گیری مؤثر آنان از نهادهای نظارتی مناسب، مهم‌ترین امکانی است که برای اصلاح و کاستن از تبعات نامطلوب فناوری‌ها (از انواع مختلف آنها) در اختیار کنشگران است.

مواردی که در بندهای پیشین کم و بیش به صورت سرفصل وار ذکر شد، هر یک نیازمند آن است که معروض بسط و تفصیل بیشتر قرار گیرد. اما پرداختن به این مهم از حوصله مقاله کنونی بیرون است و می‌باید آن را به مجال مقالات دیگر موکول کرد.



## منابع

- اعرافی، علی‌رضا (۱۳۸۷). *فقه تویبیتی*. قم: پژوهشگاه حوزه و دانشگاه.
- پایا، علی (۱۳۹۳/الف). «پرسش و پاسخ در باره آینده پژوهی». *گفتمان الگو*، شماره بهار.
- پایا، علی (۱۳۹۱). «تکنولوژی دینی: چیستی و امکان تحقق». *فصلنامه علمی پژوهشی روش‌شناسی علوم انسانی*، سال هجدهم، ش ۷۳ (زمستان): ۵۲-۷.
- پایا، علی (۱۳۸۴). «جهانی شدن، علم، فناوری، و توسعه: ملاحظات از منظر آینده‌اندیشی». *دانشگاه، تفکر علمی، نوآوری، و محیطه عمومی*. تهران: پژوهشگاه مطالعات فرهنگی و اجتماعی.
- پایا، علی (بی‌تا). «فقیه به منزله مهندس: پژوهشی نقادانه در جایگاه معرفت‌شناسانه فقه». *روش‌شناسی علوم انسانی*، [در دست انتشار].
- پایا، علی (۱۳۹۳/ب). *فلسفه تحلیلی: مسائل و چشم‌اندازها*، جلد دوم: فلسفه تحلیلی و تحلیل فلسفی؛ چشم‌اندازها، مسائل، و کاربردها. تهران: طرح نو.
- پایا، علی (۱۳۸۵). «ملاحظات نقادانه در باره دو مفهوم علم دینی و علم بومی». *حکمت و فلسفه*، سال سوم، ش ۳-۲ (شماره مسلسل ۱۱-۱۰).
- پوپر، کارل (۱۳۸۴). *اسطوره چارچوب: در دفاع از علم و عقلانیت*. تهران: طرح نو.
- سارتن، جرج (۱۳۵۷). *تاریخ علم*. ترجمه احمد آرام. تهران: امیرکبیر.
- سارتن، جرج (۱۳۸۳). *مقدمه بر تاریخ علم (جلد ۴)*. ترجمه غلامحسین صدری افشار. تهران: علمی و فرهنگی.
- لازمی، جان (۱۳۹۳). *درآمدی تاریخی به فلسفه علم*. ترجمه علی پایا. ویراست جدید حاوی فصلی تازه در برگیرنده تحولات فلسفه علم از ۲۰۰۱ تا کنون (جلال بشارتی و علی پایا)، تهران: سمت.
- مک‌کلین، جیمز و هرولد دُرن (۱۳۸۷). *تاریخ علم و فناوری*. ترجمه عبدالحسین آذرنگ و نگار نادری. تهران: سخن.
- میلر، دیوید (۱۳۹۰). «غلبه بر اعتیاد به موجه‌سازی». *پژوهش‌های فلسفی*، ش ۱۹.
- هایدگر، مارتین (۱۳۷۷). «پرسش مربوط به تکنولوژی». ترجمه شاپور اعتماد. *فلسفه تکنولوژی*. تهران: مرکز.
- Agassi, Joseph (1966). "The Confusion between Science and Technology in the Standard Philosophies of Science". *Technology and Culture*, Vol. 7, No. 3: 348-366.
- Agassi, Joseph (1968). *The Continuing Revolution: A History of Physics from the Greeks to Einstein*. McGraw-Hill Book Company.
- Basalla, George (1989). *The Evolution of Technology*. Cambridge University Press.
- Brooks, Harvey (1967). "Applied Science and Technological Progress". *Science*, New Series, Vol. 156, No. 3783 (Jun. 30): 1706-1712.
- Bud, Robert (2012). "Applied Science: A Phrase in Search of a Meaning," *Isis*, Vol. 103, No. 3 (September): 537-545.



- Bunge, Mario (1966). "Technology as Applied Science". *Technology and Culture*, Vol. 7, No. 3: 329-347.
- Colombo, Massimo & et. al. (2011). **Science and Innovation Policy for the New Knowledge Economy**. Edward Elgar Publishing Ltd.
- Constant, Edward (1980). **The Origins of Turbojet Revolution**, Baltimor: The John Hopkins University Press.
- Franklin Institute (2014). "Edison Lightbulb": <http://www.fi.edu/learn/sci-tech/edison-lightbulb/edison-lightbulb.php?cts=electricity>
- Guradian, "Scientists tell us their favourite jokes", <http://www.theguardian.com/science/2013/dec/29/scientists-favourite-jokes>
- Heidegger, Martin (1977). **The Question Concerning Technology and Other Essays**. Trans. William Lovitt. New York: Harper and Row.
- Huxley, Thomas H. (1880). "Science and Culture". Available at: <http://www.fordham.edu/halsall/mod/1880huxley-scicult.asp>
- Kelly, Cynthia (2004). **Remembering the Manhattan Project: Perspectives on the Making of the Atomic Bomb and Its Legacy**. World Scientific Press.
- Kline, Ronald (1995). "Construing "Technology" as "Applied Science"". *Public Rhetoric of Scientists and Engineers in the United States, 1880-1945*, *Isis*, Vol. 86, No. 2 (Jun.): 194-221.
- Knepler, Henry (1973). "Engineering Education and the Humanities in America". *Leonardo*, Vol. 6, No. 4: 305-309.
- Kuhn, Thomas (1971). **The Structure of Scientific Revolutions**. Chicago University Press.
- Maxwell, Nicholas (2002). "The Need for a Revolution in the Philosophy of Science". *Journal for General Philosophy of Science*, 33: 381-408; Pierre Duhem, *op. cit.* P. 191-195.
- Miller, David (2006). **Out of Error**, Surrey: Ashgate.
- Miller, David (2009a). "Putting Science to Work". *Lecture Presented at a Number of Academic Centres in 2006 and 2013*. One Version of the Paper (Dec.) was Kindly Provided by the Author to me.
- Miller, David (2009b). "Deductivist Decision Making". Un published.
- Nuttorn, Mark (2000). **Science and the Open Society: The Future of Karl Popper's Philosophy**. Routledge.
- Paya, Ali (2014). "Islamic Philosophy: Past, Present and Future". *Philosophy* (Royal Institute of Philosophy).
- Paya, Ali (2011). "The Misguided Conception of Objectivity in Humanities and Social Sciences". In Thorsten Botz-Bornstein (Ed). *The Crisis of the Human Sciences False Objectivity and the Decline of Creativity*. Gulf University for Science & Technology Publications.
- Popper, Karl (1968). "Normal Science and Its Danger". In I. Lakatos and A. Musgrave (Eds.). *Criticism and the Growth of Knowledge*. CUP.
- Popper, Karl (1972). **Objective Knowledge**. OUP.

- Rainsford, K.D. (2004). **Aspirin and Related Drugs**. CRC Press.
- Rogers, G.F.C. (1983). **The Nature of Engineering: A Philosophy of Technology**. London.
- Russell, Bertrand (1911). “**Knowledge by Acquaintance and Knowledge by Description**”. *Proceedings of the Aristotelian Society*, New Series, Vol. 11: 108-128.
- Varga, Attila & et. al. (2012). “**Metropolitan Edison and Cosmopolitan Pasteur? Agglomeration and Interregional Research Network Effects on European R&D Productivity**”. *Journal of Economic Geography*, 22.
- Vincenti, Walter (1993). **What engineers Know and How They Know It**. Baltimore & London: The John Hopkins University Press.
- Vision, Gerald (1988). **Modern Anti-realism and Manufactured Truth**, London: Routledge.
- Visiun, Gerald (2008). **Veritas**, MIT University Press
- Weinberg, Steven (2012). “**The Crisis of Big Science**”. *New York Review of Books*, 10 May, Available at: <http://www.nybooks.com/articles/archives/2012/may/10/crisis-big-science/>
- Yeo, Richard (1993). “**Defining Science**”. William Whewell, *Natural Knowledge, and Public Debate in Early Victorian Britain*. CUP.
- You Tube (2013). **Jumping a Car with AK 47**: <http://video.uk.msn.com/watch/video/jumping-a-car-with-ak-47s/88pwrsi8?cpkey=baa1a4b8-3315-481e-bdc8-0f2f38b37039%7C%7C%7C%7C&sf=Relevancy>

