

فناوری و دانش فنی

جلال حجازی، پرویز دوامی، ناصر توحیدی، علی حائریان اردکانی،
علی کریمی طاهری و رضا محمودی^۱

چکیده: مقاله فناوری و دانش فنی، کار گروهی شاخه مهندسی مواد و معدن، کوششی برای ارائه یک تعریف علمی و فراگیر از تکنولوژی "فناوری" و وجوه تمایز آن با دیگر اصطلاحها نظیر فن "تکنیک"، دانش فنی و علم است. به دلیل وسعت کاربردی اصطلاح فناوری در زمان کنونی، تعاریف متفاوتی از سوی صاحبانظران رشته‌های مختلف علمی، مهندسی، اجتماعی، حقوقی، فلسفی و ... به عمل آمده است که با توجه به خاستگاه اندیشه‌ای آنان، در ضمن دارا بودن مشترکات، تضادها و تناقضهایی نیز دارد. در این مقاله پس از ارائه تعدادی از تعاریف و کاربردهای اصطلاح "فناوری"، در یک فرایند تحلیلی و سگالشی با استخراج نکات مشترک از یک طرف و بررسیهای چرایی ساخت و کاربرد اصطلاح فناوری در دوره زمانی ۲۰۰ ساله اخیر و با نگرشی که در دوران حاضر از فناوری انتظار می‌رود، تعریفی نسبتاً جامع از فناوری پیشنهاد شده است. با توجه به نزدیکی بسیار زیاد علم یا دانش فنی با فناوری و کاربرد وسیع آنها، ویژگیهای هر یک مورد بررسی قرار گرفته است. در پایان با ارائه جدولی در موضوع تمایزات فناوری از علم، بر این نکته تأکید شده است که هر چند شرط لازم برای توسعه فناوری توسعه علم است، ولی کافی نیست و توسعه فناوری باید به صورت مستقل بررسی و برنامه‌ریزی شود.

واژه‌های کلیدی: فناوری، تکنولوژی، دانش فنی، انتقال فناوری، فن، تکنیک.

۱. مقدمه

تکنولوژی که در فارسی "فناوری" نامیده می‌شود، یکی از پرکاربردترین اصطلاحات یا واژه‌ها در جهان امروز است و هر روز به صورتهای مختلف در سخنرانیها، خبرها، همایشها، روزنامه‌ها، کتابها و تمام منابع علمی، مهندسی، جامعه‌شناسی، برنامه‌ریزی، اقتصادی و غیره تکرار می‌شود، در حالی که تا ۲۰۰ سال پیش واژه‌های ناشناخته و اصطلاحی نامتداول بود و حتی در انگلستان تا قرن بیستم بیشتر به معنای فن "Technique" به کار می‌رفت و معنای وسیع و نسبتاً جدید آن کاربرد نداشت [۱].

در حقیقت، توسعه و کاربرد این اصطلاح بیشتر به قرن بیستم و ظهور دومین انقلاب صنعتی مربوط می‌شود که فناوری در ایجاد و توسعه رفاه، ارتباطات، اطلاعات، سلامت، بهره‌وری، صنعت، آموزش، اقتصاد و درک، فهم و فرهنگ جوامع بشری نقش برجسته‌ای داشته و به همان نسبت، ناخواسته‌هایی نظیر تخریب محیط زیست و ابزارهای کشتار جمعی را نیز بر بشر تحمیل کرده است. به دلیل وسعت کاربرد و تأثیر شدید فناوری، گروههای متفکر مانند دانشمندان، مهندسان، اقتصاددانان، حقوق دانان، فلاسفه و بازرگانان تعریفهایی از این اصطلاح بیان کرده‌اند که خود موجب تضاد معنایی و نظریه پردازی در مفهوم فناوری شده است [۲].

تکنولوژی واژه‌ای برساخته از ریشه لاتینی (یونانی) دو واژه "تکنیک" به معنای فن، حرفه، هنر، مهارت و در کاربردهای اولیه به معنای چوبکاری و نجاری و واژه یا پسوند "لوژی" Logia به معنای دانش، شناخت، مطالعه، عقل و خرد است [۳] که در ترجمه لغت به لغت با اصطلاحهای فن شناسی، کارشناسی فنی و دانش فنی قابل جایگزینی است. از طرف دیگر، "دانش فنی" اصطلاحی که در فارسی زیاد به کار می‌رود و کاربرد آن پیش از واژه "فناوری" متداول بوده، نه به جای تکنولوژی، بلکه مترادف و هم معنا با اصطلاح "Know how" یا دانش چگونگی و چگونگی انجام دادن یک کار تولیدی ساخته و به کار رفته است که بر خلاف فناوری، فقط عرصه فعالیت‌های تولیدی، مهندسی و صنعتی را شامل می‌شود، در حالی که دامنه کاربرد اصطلاح فناوری و خود فناوری در جهان امروز بسیار گسترده‌تر و فراگیرتر از حوزه‌های فنی و مهندسی است و تمام پهنه‌های فعالیت‌های فیزیکی، مکانیکی و فکری انسان، روشها و ابزارها در زمینه‌های مواد و غیر مواد را در بر می‌گیرد و از این رو، بار معنایی "فناوری" نیز متفاوت از "دانش فنی" است. هر چند گروهی بر این باور هستند که عرصه فناوری فقط حوزه‌های علمی و مهندسی است که کاربردها و توسعه‌های وسیعی را برای دیگر حوزه‌ها فراهم می‌آورد، باید متذکر شد تفاوت معنایی دانش فنی و فناوری در ماهیت انجام دادن کار است، نه دامنه و گستره‌های غیر فنی و مهندسی آن.

با آنکه در تمام کشورهای جهان واژه و اصطلاح تکنولوژی و بر ساخته‌های از آن به همین صورت لاتین و احتمالاً با تلفظ‌های متفاوت حاصل از ریشه‌ها و گویشهای زبانی به کار می‌رود، در کشور

جلال حجازی، پرویز دوامی، ناصر توحیدی، علی حایریان اردکانی، علی کریمی طاهری و رضا محمودی ۶۷

ایران واژه "فناوری" توسط فرهنگستان زبان و ادب فارسی از دو واژه "فن" و "وری" یا آوری (فن + اوری) ساخته شده است. در این ترکیب "الف" در میان دو واژه به صورت الف تزیینی است و به معنای به عمل آوردن و نتیجه بخش کردن و همچنین، گسترده آمدن است (دادوری، فراوری، سخنوری، جنگاوری و ...) و اصولاً به معنای "فن آوری" نیست. در این مقاله جز در موارد خاص (توضیح یا تشریح) در تمام موارد فن و فناوری به کار رفته است. همان گونه که اشاره شد، دانش فنی بسیار زودتر از فناوری، انتخاب شده و عموماً به جای دانش چگونی کاربرد یافته است که ممکن است با اصطلاح فناوری تداخل پیدا کند. این مقاله کوششی در راستای تعریف هر کدام از واژه‌ها و اصطلاحات است تا از تداخل یا سوء استفاده از کاربردهای جایگزین آنها جلوگیری شود. آن امید وجود دارد که فرهنگستان علوم در خصوص استانداردسازی واژه‌ها و اصطلاحات متفاوت گام‌های مؤثری بردارد.

۲. "فن" Technique

بر خلاف واژه‌های فناوری یا تکنولوژی که نسبتاً جدید هستند، واژه "فن" در زبان فارسی و واژه تکنیک در زبانهای اروپایی بسیار قدیمی و در ادبیات فنی، هنری و غیر آنها کاربردهای بسیار داشته‌اند. "فن" در پارسی با کاربردهای گوناگون، معانی متفاوتی داشته است که از آن میان می‌توان به معانی زیر اشاره کرد:

- صنعت، هنر، حرفه، عمل، مهارت
- سرود، سخن، آهنگ
- راه، روش، اثر
- حيله، نیرنگ، راز و لم

به تدریج بسیاری از این واژه‌ها منسوخ شده یا کم به کار رفته است و مفاهیم هنر، صنعت، راه و روش فنی "لم" و رمز و راز فنی "فوت و فن" به معنای روش و مهارت نوشته شده یا ابراز نشده از آنها باقی است [۴] و در همین حال، گاه به معنای عالم و دانای همه دانشها و فنون در اصطلاح "ذوفنون" (ذوالفنون) کاربرد داشته است که در دوران اخیر کمتر به کار می‌رود. در مقابل، واژه تکنیک نیز در فرهنگهای لاتینی در معانی و کاربردهای متفاوتی نظیر هنر، صنعت، مهارت، روش، حرفه، شرح و توصیف یک پدیده علمی به کار رفته است که مفاهیم صنعتی، فنی و گاه هنری آن هنوز به قوت خود باقی است [۳]. ولی نکته جالبی که در تعریف هر دو واژه در منابع نسبتاً قدیم فارسی

و انگلیسی به ویژه در عرصه های فنی، حرفه‌ای و هنری هنوز در فرهنگها وجود دارد، تکیه نداشتن فن یا تکنیک بر علم است.

عیسی صدیق [۵] می نویسد:

"فن یا حرفه مهارتی است که انسان برای انجام دادن یک کار معین و ساختن چیزی، بدون آنکه شناختی علمی از آن داشته باشد، به تدریج و در زمان طولانی و عموماً بر اساس یادگیری کسب می‌کند."

یا:

"فنون عموماً بدون شناخت علمی پیدایش و گسترش یافته‌اند [۶]."

در فرهنگ بزرگ متالورژی و مواد در مقابل واژه تکنیک تعریف زیر ارائه شده است [۷]:

"مجموعه روشها و فرایندهای منظم و به هم پیوسته برای تولید ارزشهای کاربردی معین است. تکنیک، تجربه عملی مبتنی بر مهارت و جستجو و درک بی‌واسطه بوده و از قواعد علمی و منشأ آزمون متفکرانه بیرون است."

در فرهنگ نامه آکسفورد توسعه و کاربرد واژه تکنیک به سال ۱۶۱۲ و در کتاب "متالیکا"، اثر آگریکولا، مرتبط دانسته شده و آن را به عنوان روش یا شرح فنی دانسته است و در همین معنا شرح فنی یا روشهای مربوط به هنر یا خود هنر و مهارت را تکنیک نامیده است [۴]. هرچند در موضوع تکیه نداشتن "فن" و "تکنیک" بر علوم در سده اخیر اختلاف بسیار در میان دانشمندان و مهندسان وجود دارد که در ادامه به آن اشاره خواهد شد، ولی برابر نهادن فن با هنر و تکنیک با "Art" و بسیاری از کاربردهای این واژگان نکته مهمی را مشخص می‌کند که کمتر در تعاریف مورد توجه قرار گرفته و همین نکته است که فن را از حرفه یا پیشه و تکنیک را از اصطلاحات دیگری نظیر Craft متمایز می‌سازد و آن وجود نوعی خلاقیت، ذوق و سلیقه در اصطلاح "فن" است که در دیگر واژه‌های معادل وجود ندارد، به طوری که علاوه بر مهارت، خلاقیت هنری نیز به آن افزوده می‌شود.

بنابراین، هر دو واژه "فن" و تکنیک در گذشته‌ها [و حتی در دوران حاضر] در معانی و مفاهیم همسان و هم معنا به کار رفته‌اند و برابر نهاد آنها به درستی از واقعیت و ماهیت تعریف آنها ریشه

جلال حجازی، پرویز دوامی، ناصر توحیدی، علی حایریان اردکانی، علی کریمی طاهری و رضا محمودی ۶۹

گرفته است. از طرف دیگر، به نظر می‌رسد که این واژه‌ها با اصطلاح تکنولوژی "فناوری" که به طور قطع در تعاریف آنها به بنیان و قواعد علمی یا کاربرد علم اشاره شده است، اختلاف اساسی دارند، مگر آنکه در معنای "فن" نیز با توسعه آموزشگاهها و دانشگاهها به تدریج علم و دانش رسوخ و ظهور پیدا کرده باشد. اولین کاربرد واژه "فن" در زبان فارسی به مفهوم ارتباط حرفه و علم که می‌تواند پایه‌ای برای اصطلاح فناوری باشد، در نام اولین مؤسسه آموزش عالی ایران، دارالفنون (۱۲۳۹ شمسی)، معنا پیدا می‌کند که در تداوم تغییرات خود در عنوان دانشکده فنی (۱۳۱۳ شمسی) تبلور می‌یابد که در آن فنی به معنای دانش و روش طراحی و ساخت به کار رفته است و معادلی برای واژه مهندسی محسوب می‌شود؛ همین موضوع در مدارس و دانشکده‌های فنی اروپا نظیر Technical College یا Technical University و انستیتو تکنولوژی ماساچوست (MIT) در کشور آمریکا یا مدارس عالی فنی Technische Hochschule در کشور آلمان قابل مشاهده است.

بنابراین، چنین نتیجه گرفته می‌شود که واژه فن و به ویژه در شکل "فنی" و واژه تکنیک به ویژه در کاربرد Technical با معنا و مفهوم جدیدی که رسوخ علم و بنیانهای علم در آن مشهود است، تعریف می‌شود که متفاوت از تعاریف گذشته‌های دور است. در این حال، سه نکته اصلی را باید در تمام معنای فنی و تکنیکال مورد توجه قرار داد:

الف. رسوخ مبانی علم در آن مشهود است و از این رو نه تنها با یادگیری، بلکه با آموزش و تجربه همراه است.

ب. توانایی، خلاقیت و استعداد هنری و نوآوری در آن مشهود است.

پ. بیشتر از آنکه مفهوم و معنای حرفه یا حتی مهارت را داشته باشد، به رمز و راز انجام دادن کار اشاره می‌کند.

نتیجه آنکه چنین تغییری در تعریف راه را برای اصطلاح فناوری (تکنولوژی) باز می‌گشاید و گاه با آن تداخل می‌کند.

۳. دانش فنی Know how

"دانش فنی" یا "دانش چگونی" یا چگونگی انجام دادن یک کار منطبق با موازین علمی، روش انجام دادن یک کار تولیدی به صورت علمی و مهندسی است که به صورت زیر تعریف شده است:

"تنظیم و تدوین روش انجام دادن یک فرایند تولیدی با استفاده از دانش مهندسی و با توجه به ابزارگان، تجهیزات و مواد تعریف شده برای یک تولید معین با خواص و ارزشهای اقتصادی معین و از پیش تعیین شده [۸]."

در تعریف مذکور نکات ظریفی وجود دارد که دقت بر آنها و بررسی آنها می‌تواند راهگشای تمایز معنایی دانش فنی از فناوری و برعکس باشد:

اول. محور تعریف بر اساس کالای تولیدی است؛

دوم. تولید و محصول شناخته و تعریف شده است، استانداردهای محصول و کنترل در زمان تولید و پس از آن نیز تعریف شده است؛

سوم. ابزارگان و تجهیزات و خط تولید شناخته شده است؛

چهارم. به همان صورت که محصولات (خروجیها) تعریف شده، ورودیها نیز شناخته شده‌اند و در محدوده تعریف شده قرار می‌گیرند؛

پنجم. علاوه بر دانش چگونی، "دانش چیستی" Know what و "دانش چرایی" Know why در فرایند تولید نیز شناخته و تعریف شده است.

قسمت پنجم ارزیابی یاد شده، تفاوت دانش فنی را با دستورالعملهای ساده اجرایی بارز می‌سازد؛ به عبارت دیگر، چنانچه روش انجام دادن کار با اطلاعات علمی و دانش مهندسی و چیستی و چگونگی و چرایی همراه باشد، دانش فنی حاصل می‌شود و اگر فاقد آن باشد، فقط یک دستورالعمل اجرایی ساده است. علاوه بر آن، دانش فنی و به پیروی از آن فناوری حاوی اطلاعاتی است که می‌توان آن را به اسرار و رموز تجاری نیز مرتبط دانست [۹].

یکی از مهم‌ترین نکات در تعریف «دانش فنی» و تعاریف «فناوری» که در ادامه توضیح داده خواهد شد، به ویژه در کشوری مانند ایران تمایز معنایی و آگاهی بر چگونگی انتقال و خرید «فناوری» یا عموماً «دانش فنی» از دستورالعملهای ساده اجرایی است.

گروهی بر این عقیده هستند که «دانش فنی» در حوزه صنعت همان «فناوری» است، ولی با توجه به تعاریفی که از فناوری بیان خواهد شد، مشخص می‌شود که «دانش فنی» با «فناوری» یکسان نیست هر چند این عقیده درست است که «دانش فنی» در زمینه‌های تولید و مهندسی با فناوری یکسان و هم ارز نیست، ولی این نیز درست است که چنانچه «دانش فنی» به درستی گرفته شود یا انتقال یابد، می‌تواند پایه‌های محکمی برای تولید یا درک «فناوری» فراهم سازد؛ به عبارت درست‌تر، دانش فنی در مهندسی تولید و تولید مهندسی و بررسیهای چیستی (مجموعه‌های علمی و تحقیقات بنیادی)، چگونی (مجموعه‌های علمی و تحقیقات کاربردی) و چرایی (مجموعه‌های تحقیقاتی مکمل برای بررسیهای علل و نوآوری) می‌تواند بنیانهای تولید فناوری را تحکیم کند و این بدان معناست که با بررسی چیستیها، چگونیهها و چراییها و حقیقت موجود، منطبق بر بنیان علم و تحقیقات در وضعیت موجود، می‌توان به اندیشه‌های چه می‌تواند باشد؟ چه باید باشد؟ و چگونه می‌تواند

جلال حجازی، پرویز دوامی، ناصر توحیدی، علی حایریان اردکانی، علی کریمی طاهری و رضا محمودی ۷۱
باشد، میدان داد و همین سؤالات و اندیشه‌هاست که تفاوت فناوری با دانش فنی را حتی در حوزه
مهندسی و تولید بارز می‌سازد.

۴. فناوری "Technology"

همان گونه که قبلاً اشاره شد، تکنولوژی واژه نسبتاً جدیدی است که در فرهنگنامه اکسفورد به
صورت مختصر و به معنای روش سامان دار در هنر و صنعت و بررسیهای علمی یک موضوع هنری
[یا صنعتی] از نیمه اول قرن هجدهم به کاربردهایی برای آن اشاره شده است، ولی کاربرد اساسی آن
را به سال ۱۸۵۹ به معنای:

"روش اجرای سامان دار پدیده‌های علمی یا آموزش آنها نظیر
دپارتمان علوم کاربردی و تکنولوژی"

معطوف کرده است [۳].

تبلور علمی و فنی این واژه در سال ۱۸۶۱ در آمریکا بوده است که با توجه به برنامه‌های توسعه
صنعتی و کشاورزی در تأسیس دانشکده تکنولوژی ماساچوست "MIT" انجام و دقیقاً با همین
مفهوم تأسیس شده است [۱۰].

در ۲۰۰ سال اخیر، اصطلاح تکنولوژی (فناوری) خود نیز از نظر بار معنایی و وسعت کاربردی
تغییرات زیادی داشته است. قبل از قرن بیستم در زبان انگلیسی (انگلستان) عموماً به مفهوم توضیح و
تشریح هنرهای مفید و معمولاً به آموزش فنی اختصاص داشت و در این حال، با واژه «تکنیکال»
مترادف بود، در حالی که در کاربرد سایر کشورهای اروپایی مفهوم دیگری داشت و عموماً به روش
اجرای علمی یک کار استناد می‌کرد [۱۱].
تا قبل از دهه چهارم قرن بیستم در آمریکا از اصطلاح «فناوری» فقط مطالعه ابداعات و نوآوریهای
صنعتی استنباط می‌شد، در حالی که بعد از آن به خود ابداعات صنعتی و اختراعات نیز اختصاص پیدا
کرد در حقیقت، اصطلاح فناوری با انقلاب صنعتی دوم در قرن بیستم، برجستگی و رسوخ علم در آن
تحت تأثیر اروپاییان و به ویژه مفاهیم آلمانی شدت بیشتر یافت.

گسترش و توسعه روز افزون مظاهر فناوری در زندگی مردم و جوامع بشری از کوچک ترین بخشهای
رفاهی و امنیتی تا پیچیده‌ترین وسایل و ابزارگان رسانه‌ای و ماهواره‌ای و گسترش آن به تمام حوزه‌های
مهندسی و غیر مهندسی موجب شد که گروههای مختلف اندیشه مدار و علم باوران نظیر فلاسفه،
حقوقدانان، جامعه شناسان، دانشمندان، مهندسان، انجمنهای علمی و حتی سرمایه‌گذاران و بازرگانان،
این اصطلاح را تعریف و تشریح کنند که بسیاری از آنها با هم نیز متفاوت و گاه متناقض است و عموماً

ناشی از نگرش آنان بر مفهوم فناوری از دیدگاههای تولیدی، کاربردی، بهره‌وری، سودخواهی یا تأثیر آن بر جوامع بشری بوده است.

به طور خلاصه می‌توان پاره‌ای از دیدگاهها را به صورت زیر بیان کرد [۱ و ۹]:

- فناوری از دیدگاه اهل علم و دانشمندان علوم طبیعی محصول نهایی تحقیقات یا همان دانش فنی است که می‌تواند به محصول تجاری تبدیل شود.
- از نظر مهندسان فناوری ابزار یا فرایندی است که برای ساختن محصولات بهتر با هزینه کمتر و اطمینان کاربردی بیشتر به کار می‌رود و عموماً بر اساس تحقیقات و به ویژه تحقیقات صنعتی حاصل می‌شود.
- از نظر سرمایه‌گذاران و مدیران شرکتها فناوری بخش مهم نرم‌افزاری از سرمایه یک مرکز تولیدی یا تجاری است.
- از نظر بازرگانان و بازاریابان فناوری نوعی چالش در کسب مزیت‌های رقابتی و از سوی دیگر، با فروش محصولات همراه است یا آنکه فناوری چگونگی کسب درآمد از علم [یا مهندسی] را مشخص می‌کند.
- از دیدگاه فلاسفه فناوری با نتایج و اثر آنها نوعی تفکر با خود همراه می‌سازد که باید در تأثیر خوب و بد آن از نظر اخلاقی بررسی به عمل آید. به عبارت دیگر، از دیدگاه فلاسفه تعریف فناوری بر محور شک بر نتایج استفاده از فناوری قرار می‌گیرد که آیا چنین پدیده‌ای با رشد همراه است یا تخریب می‌کند که در این حال، به گروههای مختلف فن باوران، نتیجه باوران و میانه‌روان طبقه بندی شده‌اند [۱۲ و ۱۳].

مهندسان در تعاریف خود فناوری را در راستای ساخت و تولید محصول و ابزار و کاربرد آنها تعریف کرده‌اند و بنابر اعتقاد خود، ماهیت فناوری را تعریف می‌کردند. همین امر موجب شد که در طبقه بندیهای مفاهیم «فناوری» آنان را در گروه «درون‌گرایان» جای دهند. در حالی که جامعه شناسان [و احتمالاً دیگر گروهها] به اثرهای بیرونی فناوری و نقش آن در زندگی و اجتماع توجه می‌کرده‌اند و به همین دلیل در گروه «برون‌گرایان» یا «نتیجه‌گرایان» جای گرفته‌اند [۱ و ۹].

برای مثال، مهندسان تعریف زیر را بیشتر به کار می‌برند:

"تلاش انسان برای مواجهه با محیط فیزیکی و سعی برای رام کردن یا کنترل محیط با استفاده و با ایجاد دانش، تولید ابزارگان، کاربرد ابتکار و نبوغ خود و با استفاده از تمام منابع در دسترس."

جلال حجازی، پرویز دوامی، ناصر توحیدی، علی حایریان اردکانی، علی کریمی طاهری و رضا محمودی ۷۳

در حالی که جامعه شناسان مانند Stieyer تعریف زیر را ترجیح می‌دهند:

"فناوری آن است که هر چیز به طور معمول چگونه انجام یا ایجاد می‌شود یا اینکه چقدر ایجاد یا انجام می‌شود و چه اثری دارد یا خواهد داشت [۱]."

یا آنکه:

"فناوری عبارت است از سازمانی کردن موضوعهای غیر سازمانی یا کار زندگی با چیزهای غیر از زندگی."

در گروه سوم می‌توان به نظر جامعه شناس آمریکایی R.Bain در سال ۱۹۳۷ اشاره کرد که کوششی برای تلفیق نظرهای مهندسان و دانشمندان و سایر گروههای متفکر است [۱۴]:

"فناوری به تمام ابزارها، ابزارها، ماشینها، اصطلاحات و اثرهای آن شامل سخت افزار (وسایل خانگی، ارتباطات، اطلاعات، حمل و نقل و ...) و نرم افزار (فرهنگ، ...) و همچنین، مهارتی که آنها را تولید می‌کند، اطلاق می‌شود" [۱۴].

با آنکه این تعریف ترکیبی تا حدودی زیر بنای بسیاری از تعاریف تا امروز بوده است، ولی اثری از حضور و نفوذ علم در آن مشاهده نمی‌شود و به همین دلیل، دانشمندان و مهندسان به طور جدی آن را نپذیرفته‌اند.

با توجه به تأثیر فلسفه و فرهنگ اروپایی و معناهای لوژی که نه فقط به معنای شناختن یا حتی دانش است، بلکه بیشتر به معنای کاربرد خرد و عقل و روش تفکر در امور و به ویژه در مفاهیم چپستی و چرایی به کار می‌رود، مهندسان تعریفی مشابه تعریف زیر را ارائه داده‌اند:

"کاربرد دانش و ابزار و دانش ابزار، فنون، مهارتها یا سیستمها و روشهای سازمانی یا تولید مواد و کالا [۱]."

هر چند این تعریف نیز تاکنون به صورت کامل پذیرفته نشده است، ولی رسوخ مهندسی را در تعریف فناوری نشان می‌دهد.

بنابر آنچه ارائه شد و آنچه بعد خواهد آمد، مشخص می‌شود که همواره تناقضاتی در تعاریف وجود دارد. متأسفانه، این تناقضات که در کشورهای تولید کننده فناوری به سهولت پذیرفته می‌شود، در کشورهایی که مصرف کننده فناوری و حداکثر به دنبال دانش فنی هستند پذیرفتنی نیست و همین امر، عموماً به جای تناقضات در تعاریف، مناقشات در عمل را فراهم می‌سازد و در بسیاری موارد عموماً بر دیدگاه خود تأکید می‌ورزند و به انتخاب یا انتخاب بهینه‌ای که با شرایط کشورشان متناسب باشد، مبادرت نمی‌کنند. در ادامه این بحث، تعاریف دیگری نیز بدون توجه به تناقضات یا منشأ آنها ارائه می‌شود تا شرایط برای سگالش و انتخاب تعریف مناسب یا تدوین آن آماده‌تر شود.

- فناوری عبارت از طرز اجرا، تعریف، تشریح و اصطلاحات علمی یا فنی مربوط به کلیه علوم کاربردی است که ارزش عملی دارند؛ به عبارت دیگر، فناوری علم و صنعت یا علم صنعت است که به ویژه کاربرد ماشینهای تازه و نوظهور را در بر می‌گیرد [۱۵].

- فناوری تفکر در فنون و بررسی ابزار و روشهایی است که در شاخه‌های گوناگون صنعت و جامعه کاربرد یافته‌اند. [۱۶].

- فناوری شناخت سازمان یافته از فنون مختلف است و از این رو، واژه‌های فن و فناوری مترادف نیستند [۱۷].

- اطلس تکنولوژی [۱۸] فناوری را عامل تبدیل منابع طبیعی، زمین، سرمایه و نیروی انسانی به کالای ساخته شده تعریف می‌کند.

این تعاریف با آنکه بخشهایی از فناوری را نشان می‌دهند، ولی جامع نیستند، مگر آنکه هدف از کالای ساخته شده به تولید ابزار و خدمات نیز تسری یابد؛ از طرف دیگر، در همین تعاریف کاربرد واژه‌های عامل، سازمان و تفکر ماهیت فناوری را مشخص نمی‌کند و در هر حال، در تناقض شدید با یکدیگر هستند. در منبع [۱۸] به تعریف دیگری نیز اشاره شده است.

- فناوری توانایی برنامه‌ریزی و قابلیت کاربرد دانش و مهندسی برای استفاده هدفمند انسان از پدیده‌های طبیعی و اجتماعی است.

همان گونه که استنباط می‌شود، این تعریف کوششی برای تلفیق نظر برون‌گرایان و درون‌گرایان است و در حالی که بخش مهمی از مفهوم فناوری را روشن می‌کند، هنوز از قبول وسیع عمومی برخوردار نیست.

مستین [۱۹] فناوری را سازمان معرفت یا شناخت برای اهداف عملی تعریف می‌کند؛ با آنکه این تعریف از جامعیت نسبی برخوردار است، ولی حاوی تمام ویژگیهای فناوری نیست و با تکیه بر واژه "سازمان" و فقط "شناخت" بر ابهام آن می‌افزاید.

جلال حجازی، پرویز دوامی، ناصر توحیدی، علی حایریان اردکانی، علی کریمی طاهری و رضا محمودی ۷۵

- فناوری عبارت از طرز اجرا، تعریف و تشریح کلیه علوم کاربردی است که ارزش عملی دارند.
- فناوری شناخت و کاربرد سازمان یافته صورت مشخصی از تکنیکهاست.
- فناوری کاربرد عملی دانش در حوزه‌های معین و توانایی به دست آمده با کاربرد عملی دانش است.
- فناوری استفاده عملی از علم به ویژه در زمینه خاص است.

تعاریف یاد شده بدون ترتیب در بسیاری از فرهنگنامه‌ها و هند بوکها آمده است [۱۷]. در دانشنامه آزاد Wikipedia برای واژه تکنولوژی تعاریف متعددی ارائه شده است که بخشی از آنها در زیر خلاصه شده است [۱]:

- فناوری مجموعه‌ای از سه بخش زیر است:
 - ✓ استفاده از دانش ابزار و مهارت
 - ✓ یا سیستم روش سازمانی
 - ✓ یا تولید کالا
- فناوری دانش چگونه ترکیب کردن منابع برای تولیدهای مورد نظر، حل مشکل، رفع نیاز و برآوردن خواسته‌هاست و در مواردی که هدف فناوری بالا باشد، "فناوری بالا" "H.T" به صورت State of the Art تعریف می‌شود.
- فناوری اصطلاحی است که در هر دوره زمانی خاص به هر چه که در تمام زمینه‌ها و به ویژه در دانش فنی و ابزارگان که به عنوان State of the Art نامیده می‌شود، اطلاق می‌شود. این تعریف هر چه را که در حوزه هنر، صنعت، حرفه و علوم کاربردی وجود دارد، شامل می‌شود و برای اولین بار در آن به صراحت به جدید بودن و در مرز پیشرفت و آخرین دستاورد بودن فناوری اشاره می‌کند. [هر چند در تعدادی از تعاریف قبلی به نوظهور بودن نیز اشاره شده بود].
- در میان واژه‌های متعددی که برای State of the Art به کار رفته است، در این مقاله اصطلاح "نوآفرید" به معنای آخرین دستاورد پیشنهاد شده است، به منظور آنکه اصطلاح "نوآفرید" در مقابل عبارت State of the Art به خوبی شناخته شود، تعریف آن از فرهنگ اصطلاحات آکسفورد نقل می‌شود [۲۰].

"کاربرد جدیدترین و پیشرفته‌ترین روشها یا فنون در بالاترین حد
مطلوب که در زمان حاضر می‌تواند باشد"^۱

1. Using the Most Modern and Advanced Techniques or Methods "as Goodas" it can be at the Present Time.

• فناوری کاربرد هدفمند اطلاعات در طراحی، تولید، کاربرد وسایل و اطلاعات در سازمان فعالیت بشری است که از نظر هویت به دو بخش ملموس (مدلسازی، طراحی، ابزارگان و ...) و ناملموس (حل مشکل، مشاوره) و از نظر سطح به سه طبقه بالا، میانی و پایین طبقه بندی شده است.

تعاریف دیگری نیز ارائه شده است که ذکر تمام آنها بدون تأثیر بر نتیجه‌گیری باعث طولانی شدن مقاله خواهد شد، ولی توجه به نقشی که تعاریف زیر می‌تواند در نتیجه‌گیری داشته باشد، ضروری است.

• فناوری نظام دانش ساخته‌ها در ارتباط با خواص و کارایی انسان ساخته‌هاست که به صورت پدیده‌های نوین توسعه می‌یابد [۲۱].

• فناوری فرایندی متکی بر تحقیقات صنعتی به منظور نوآوری [در تمام زمینه‌ها] و با استفاده از علوم و فنون مختلف است [۲].

در همین منبع، تحقیقات صنعتی نیز به صورت زیر تعریف شده است:

"تحقیقات صنعتی به حرکت در آوردن و منسجم کردن مهارتها در دامنه وسیعی از علوم و فنون است که از دانشگاه و دانشمندان آغاز می‌شود و به مهندسان و تولیدکنندگان تسری می‌یابد. در هر حال تحقیقات صنعتی جریان رو به رشد از نوآوری قبل از استفاده تجاری از کالا و خدمات است که مهندسان و دانشمندان سهم عمده آن را بر عهده دارند."

۵. سگالش برای تعریف فناوری

تعاریف متعددی از فناوری ارائه شد، آنچه از این تعاریف استنباط می‌شود آن است که به دلیل اهمیت این فعالیت بشری تمام دست اندرکاران توسعه خرد، جهان‌بینی و آفرینندگی خود را موظف دانسته‌اند که با تعریف خود، گردهای ابهام را از این واژه بزدايند؛ به عبارت دیگر، تأثیر شدید فناوری بر زندگی بشر، سلامت، رفاه، امنیت، کوتاه کردن فاصله‌ها و ارزش و قدرت معنوی که در خود دارد و همچنین نقشی که می‌تواند در تخریب محیط زیست و ویرانگری داشته باشد، علاوه بر مهندسان و دانشمندان که تولیدکننده اصلی فناوری هستند، ادیبان، جامعه‌شناسان و دیگر اندیشمندان نیز هر کدام کوششی برای تعریف آن به عمل آورده‌اند که در مواردی ناقص و در موارد بسیاری مکمل همدیگر

جلال حجازی، پرویز دوامی، ناصر توحیدی، علی حایریان اردکانی، علی کریمی طاهری و رضا محمودی ۷۷

هستند. بدیهی است در یک سگالش علمی و منطقی عموماً به مشابهاً و اتفاق نظرها بیشتر توجه می شود تا به تناقضات و چنگویبها.

رابرت مکانتز [۹] می نویسد: فناوری مانند فیلی است که عده‌ای نابینا بر بخشهایی از بدن او دست ساییده‌اند، یکی ستون، دیگری بادبزن، سومی ناودان و آخری تخت روان دیده است و البته، هیچ کدام نخواستہ یا نتوانسته‌اند همه را ببینند. [اصل داستان در مثنوی مولوی است و ما آن را خوب می‌شناسیم و کمتر از آن نتیجه می‌گیریم]. در حالی که کاربرد چنان مثالی برای آنان که فناوری را تعریف کرده‌اند، مناسب و صحیح نیست، ولی می‌توان جمله مذکور را به صورت زیر تکمیل کرد:

- آنها می‌توانستند با کمی فرصت به بخشهای دیگری از فیل دست بسایند.
- آنان می‌توانستند با آگاهی‌رسانی به همدیگر اطلاعات خود را تکمیل کنند و تعریف درستی از فیل ارائه دهند.

در هر حال، در چنین مواردی منطقی‌ترین روش بررسی تمام تعاریف و استخراج مشترکات از یک طرف و بررسی زمانی ورود واژه و علت‌های توسعه آن از طرف دیگر است تا با وسعت دید بتوان موضوع مورد بحث را شناخت و آن را تعریف کرد. هر چند ممکن است چنین تعریف یا شناختی نیازمند نوشتاری وسیع و حتی پر مثال باشد که معمولاً در فرهنگنامه‌ها و واژه‌نامه‌ها متداول نیست. سگالش این مقاله بر اساس تلفیقی از روش دوگانه یاد شده انجام شده است:

الف. هنگامی که در اولین بررسیهای زبان شناسی مشخص می‌شود که تکنولوژی از دو واژه تکنیک و شناخت یا خرد کاربردی ساخته شده است، مشخص می‌شود که حیطة و دامنه کاربرد یا تولید «فناوری» عموماً بر اساس توسعه و راهبردهای فن و صنعت است که بسیاری از دیگر فعالیتهای بشری هم از آن استفاده می‌کنند و در اصطلاحات دیگری نظیر فناوری پزشکی یا فناوری آموزشی و نظیر آن، ترکیبی از مبانی علمی و دانشمندان آن رشته خاص و مهندسان و دانشمندان برای توسعه آن ضرورت پیدا می‌کند.

ب. هنگامی که درک می‌شود «تکنولوژی» اصطلاح جدیدی است که حدود ۲۰۰ سال پیش و پس از انقلاب صنعتی [در قرن هجدهم] وارد ادبیات شده و با انقلاب صنعتی دوم [در نیمه اول قرن بیستم] رشد کاربردی داشته و یکی از پرکاربردترین واژه‌ها در جهان صنعتی و غیرصنعتی است که در پایان قرن بیستم با پسوندها و پیشوندهایی بخشی از محاوره‌های روزانه است، این فکر پیش می‌آید که باید رابطه‌ای نزدیک بین فناوری با دو رویداد انقلاب صنعتی و انقلاب علمی مقدم بر آنها و تحولات پس از

آنها وجود داشته باشد. در تعاریف انقلاب صنعتی به نکات بسیار ارزشمندی اشاره شده است [۲۲، ۲۳ و ۲۴]:

- استفاده از زغال سنگ [و بعداً کک] به عنوان منابع جدید انرژی و به ویژه در مهندسی استخراج و تولید فلزات که در تداوم خود به استفاده از انرژیهای الکتریکی (فسیلی، آبی، هسته‌ای و بادی) و انرژیهای تجدید پذیر (خورشیدی، بادی و ...) در نیمه دوم قرن بیستم نیز تسری یافته است. استفاده کردن هر یک از این منابع به عنوان رفاه، بهره‌وری، حفظ محیط زیست، تولید ارزان‌تر، امنیت کاربرد و ... در مرحله اول جایگاه اصلی خود را در صنعت یافته است و عموماً به «بزرگان مناسب» و «علم» و «مهندسی» نیاز داشته است.
- جایگزین شدن تولید کالاها در کارخانه‌ها به جای کارگاههای پیشه‌وری و خانوادگی که عموماً هدف کلی تولید بیشتر، تولید انبوه، طبقه بندی مشاغل و مهارتهاست و نیز نفوذ آموزشهای کلاسیک و تخصصی را در پی دارد و زمینه کلی آن، تولید و صنعت است.
- استفاده از ماشین و هر نوع ابزارگان دیگر به جای استفاده از نیروی انسان که در ادامه آن، خودکاری، رباتیک و تولیدهای برنامه‌ای کنترل شده را با ابزار جدید و روشهای جدید در بر داشته است، به عبارت دیگر، استفاده از ماشین به جای انسان به منظور تضمین تکرار تولید و استفاده از انسان در راستای استفاده از خرد، تفکر و برنامه‌ریزی، خلق و ابتکار که در حقیقت، مهم‌ترین وجه تمایز او از سایر جانداران است.

جمع بندی نکات یاد شده مشخص می‌کند که "فناوری" در دو سویه یک فرایند کلی جهت یافته است که از سوی اقتصاد و صنعت به تولید بیشتر، تولید اقتصادی تر، تکرار پذیرتر، سود بیشتر و از سوی انسانی آن به تفکر بیشتر، خلاقیت بیشتر و برنامه‌ریزی بیشتر می‌رسد و محصول انقلابهای صنعتی و علمی است. بنابراین، فناوری که خود محصولی از همین تحولات عظیم است، مجموعه‌ای از ابزار (ساخت و کاربرد) استفاده از نیروهای غیر انسان در کارهای تولیدی و همچنین، کار و روش هماهنگ برنامه‌ریزی شده (انسان - ابزارگان - روش) است.

پ. از ابتدای قرن بیستم و به ویژه در نیمه دوم و با پایان گرفتن دو جنگ جهانی (که علاوه بر کشتار و تخریب تاثیر آنها بر رشد و تولید فناوری غیر قابل انکار و نیازمند بررسی مستقلی است)، اصطلاح

جلال حجازی، پرویز دوامی، ناصر توحیدی، علی حایریان اردکانی، علی کریمی طاهری و رضا محمودی ۷۹

فناوری با پیشوندهای تخصصی یا حتی پسوندهایی توسعه کاربردی جهشی پیدا کرده است. به طور مثال:

ET	Education Technology	فناوری آموزشی
IT	Information Technology	فناوری اطلاعاتی
BT	Bio Technology	فناوری زیستی
NT	Nano Technology	فناوری نانو

اصطلاحات دیگر، نظیر فناوری هسته‌ای، فناوری فضایی، یا اصطلاحات دیگری نظیر فناوری نوآفرید یا فناوری بالا (فناوری برتر) و نظایر آن که تمامی آنها از دو جزء ثابت و متغیر تشکیل شده‌اند. جزء متغیر حوزه و دامنه یک رشته تخصصی علمی، اجتماعی یا مهندسی را نشان می‌دهد و جزء دیگر با کاربرد واژه فناوری مشخص می‌کند که هدف، کاربرد ابزار و راه و روش استفاده از آنها و حتی تولید و ساخت و افزایش توان قابلیت آنها در آن زمینه خاص است. به عبارت دیگر چنین اصطلاحاتی به مجموعه محورهای زیر استناد می‌کند:

- حوزه علمی یا مهندسی مورد نظر که علم و دانش خاص خود را دارد .
- ابزارگان، ابزارها، ماشینها و تمام وسایلی که در آن حوزه به صورتهای مختلف اجرایی یا کنترلی به کار می روند.
- روش و سیستمهایی که چگونگی کاربرد و مجموعه وسایل را بر هدفهای خواسته منطبق می‌کنند و در این حال رابطه انسان - ابزار را نیز تعریف می‌کند.
- ساخت و تولید ابزارگان و ایجاد روشها یا ابزارگانی که در آینده بتواند، همان کارها را با کارایی بیشتر، بهره وری بالاتر، هزینه های کمتر و زمان کوتاه تر انجام دهد.
- کاربرد نتیجه کار (به هر صورت) در همان حوزه یا حوزه های دیگر.
- در یک مفهوم ساده کاربردی کردن علم با استفاده از فناوری، به عنوان نمونه فناوری اطلاعات را کاربردی کردن علم الکترونیک، ساختارهای اتمی و الکترونی [۲۱] و فناوری زیستی را کاربردی کردن علم بیولوژی تعریف کرده‌اند [۲۵].

ت. کاربرد واژه تکنولوژی در جریان رویدادهای انقلاب صنعتی اول و دوم و تداوم و توسعه آن تا زمان حاضر، همراه با طبقه بندی و تخصصی شدن مشاغل، کاملاً آن را از فن یا تکنیک که در حقیقت راه و روش انجام یک کار توسط یک نفر است، جدا می‌کند. در فن یا تکنیک [خواه مبتنی بر علم باشد یا

نباشد] اصولاً یک نوع تخصص یا مهارت برای انجام یافتن یک فرایند معین به کار می‌رود، درحالی که "تکنولوژی" بیشتر به عنوان روشی در انجام دادن چندین فرایند است که ابزار متفاوت، مواد متفاوت و تخصصهای متفاوت علمی، مهندسی و خدماتی را در خدمت می‌گیرد. توجه به این تعریف از دانشنامه آزاد [۱] می‌تواند مفهوم فوق را کاملاً روشن سازد:

"واژه تکنولوژی می‌تواند به مجموعه‌ای از تکنیکها هم اشاره داشته باشد که چگونه منابع را برای تولید محصولات دلخواه، برطرف کردن نیازها و برآوردن خواسته‌ها به هم می‌پیوندد و شامل روشهای فنی، مهارتها، فرایندها، ابزارها و مواد خام می‌شود".

از مجموعه تعاریف ذکر شده مشخص می‌شود که:

"فناوری مجموعه‌ای از فنون و علوم متفاوت است که دانش بشری در زمان خود را در بر می‌گیرد تا منابع را به محصولات خواسته تغییر دهد."

با توجه به تعاریف و تحلیلهای به عمل آمده در این بخش، می‌توان نتایج زیر را به عنوان مقدمه‌ای برای تعریف فناوری استخراج و طبقه بندی کرد:

- ❖ فناوری فعالیتی است که نقش سازمانی و گروهی در آن پیرنگ تر از نقشهای فردی است [هرچند نباید تأثیر نبوغ و استعداد در خلاقیت و ایده پردازیهای فردی را فراموش کرد].
- ❖ با توجه به نقش سازمانی و گروهی و تعاریف، فناوری مجموعه‌ای از دانشها، روشها و فنون است.
- ❖ هرچند فناوری در رفع بسیاری از نیازهای مختلف بشری کاربرد دارد، ولی نقش علم و مهندسی در تولید و کاربرد آن قطعی است و در سایر موارد عموماً کاربرد مد نظر قرار می‌گیرد که این امر مستلزم همکاری و انجام دادن پژوهشهای مشترک است.
- ❖ موضوع فناوری هرچه که هست، نقش تولید ابزار و مواد خواسته با تکیه و همراهی بر حوزه مورد استفاده بیشتر است.
- ❖ هدف از فناوری و ارتقای آن تولید و در دسترس قرار دادن کالا یا خدمات برای استفاده همگان است، جز در مواردی که تولید انبوه به دلایل مختلف مورد نظر نیست (نظیر فناوریهای دفاعی، فضایی و ...).

جلال حجازی، پرویز دوامی، ناصر توحیدی، علی حایریان اردکانی، علی کریمی طاهری و رضا محمودی ۸۱

❖ ماهیت فناوری از نوع تواناییهای متکی بر دانایی و علم در مهندسی است. با این تفاوت که در فناوری توانایی جمعی در اجرای عملی یا کاربرد علوم و فنون، ایده‌ها و ارزشها برای ایجاد یک ارزش جدید تعریف می‌شود.

❖ هدف نهایی در کاربرد فناوری عموماً صرفه جویی و تأمین رفاه بشری است که در وقت و هزینه کمتر، امنیت و کاربرد بیشتر و امکانات وسیع تر تبلور پیدا می‌کند.

❖ فناوری عموماً از تحقیقات صنعتی قبل از تجاری کردن حاصل می‌شود.

بنابراین، با تکیه بر طبقه بندیها و استنتاجهای به عمل آمده و با استفاده از نکات مشترک و مهم که در تعاریف ارائه شده است، تعریف فناوری به صورت زیر پیشنهاد و ارائه می‌شود، قطعاً این تعریف خالی از نارسایی نیست، ولی کوشش شده است تمام قسمتها و بخشهای اندام «فیل» دیده شود.

"فناوری اصطلاح و مفهومی است که در هر دوره زمانی خاص به

قابلیت و توانایی جمعی طراحی شده، سازمان یافته، برنامه‌ریزی

شده و نظام یافته مجموعه‌ای از تخصصهای متفاوت (علوم

طبیعی، مهندسی، سایر علوم و دانشها) در به کارگیری ابزار،

دانش، مواد، مهندسی، دانش فنی، امکانات و روشهای موجود

برای ساخت، کاربرد یا بهینه سازی اقتصادی، ابزار جدید، مواد

جدید، کالای جدید، فرایندها و روشهای جدید و خدمات جدید

اطلاق می‌شود. در این راستا، چگونگی تغییرات به حدی است

که در زمان ایجاد با عنوان «نوآفرید» هر چه را که می‌تواند در

یک یا تمام زمینه‌های هنر، صنعت، علم، خدمات و وجود

داشته باشد، شامل می‌شود و عموماً بر محور تحقیقات صنعتی

تکیه دارد!"

در این تعریف با توجه به نظرهای مختلف و احتمال برداشتهای نامنطبق با نظر نویسندگان این

مقاله، باید به دو نکته اساسی توجه کرد:

✓ بسیاری از ابزارگان اعم از کاربرد مستقل تخصصی یا عمومی یا کاربرد در سایر روندهای

تولیدی، ارتباطی و اکتشافی، به طور واضح محصول فناوری یا مظهر فناوری توصیف می‌شوند

و نه خود آن.

✓ با توجه به معطوف ساختن تعریف فناوری به «جدید» و نو بودن آن، این احتمال وجود دارد

که اصطلاحات متداول نظیر فناوری مدرن یا فناوری برتر یا حتی فناوری نوآفرید را «نونین»

و جدید دانسته و به جدید بودن در تعریف ایراد وارد شود، ولی باید توجه داشت که در تعریف ارائه شده [به زمان خاص] تأکید شده است. از طرف دیگر، اصطلاحات مذکور مفاهیم و معانی متفاوتی با فناوری تعریف شده ندارند، بلکه فقط به متأخر بودن و پیچیده بودن «فناوری» مورد نظر استناد می‌کنند که با توجه به سرعت رشد فناوری در زمان کنونی و طول عمر اقتصادی آن بتوان وجوه متمایزی برای آنها منظور کرد که متأسفانه، در مواردی با سوء استفاده همراه می‌شود.

۶. رابطه علم، مهندسی و فناوری‌ها

مرز بین علم، مهندسی و فناوری همیشه واضح نیست؛ علم تحقیق مستدل یا مطالعه یک پدیده است که به هدف کشف اصول پایدار بین عناصر جهان محسوس انجام می‌شود و روشهای خاص خود را به خدمت می‌گیرد. مهندسی فرایند هدفمند طراحی و ساخت ابزار و سامانه‌هایی است که تغییر پدیده‌های طبیعی را برای مقاصد عملی انسان هدف قرار می‌دهد. ولی فناوری مجموعه‌ای از تواناییهای کاربردی و برنامه‌ریزی شده از هر دو آنهاست که از یک طرف از آنها می‌گیرد و از طرف دیگر، شرایط برای توسعه و ارتقای آنها را فراهم می‌سازد [۲۶].

با تعریف به عمل آمده، علم را می‌توان در زمان کنونی مادر فناوری نامید و در مقابل، فناوری را بالنده علم دانست. به دلیل تنیدگی بسیار شدید این دو حوزه فکری - عملی و دیگر حوزه‌ها به ویژه مهندسی، گروهی بر این باورند که فقط با توسعه علم می‌توان فناوری را توسعه داد، در حالی که باید این دیدگاه را در نظر گرفت که علم، مهندسی، فن، دانش فنی و فناوری هر چند بسیار به هم نزدیک و مرتبط هستند و توسعه هر کدام می‌تواند زمینه‌هایی برای توسعه و رشد دیگری را فراهم آورد، ولی هر کدام از آنها دارای نظام و هویت مستقل هستند و راه و روش خاص خود را دارند و احتمالاً فرایندهای آموزشی آنها نیز متفاوت است که اگر مورد توجه قرار نگیرد، برنامه‌ریزی جامع برای توسعه، آینده‌نگری و آینده‌سازی را نامؤثر و ناکار می‌سازد.

پاره‌ای از متفکران فناوری را مستقل از دانش و علم می‌دانند و اصولاً تأثیر علم و رشد علم را در زایش و رشد فناوری باور ندارند؛ گروه دومی هستند که تقدم علم بر همه چیز و از جمله فناوری را باور دارند و رشد و توسعه فناوری را فقط در توسعه علمی می‌دانند، اما گروه سومی هستند که با دیدگاه تاریخی، علمی تأثیر و تأثر فناوری و علم را بر یکدیگر و در زمانهای مختلف بررسی و با شناخت ماهیت و سرشت هر کدام، راه را برای هماهنگی و استفاده مناسب باز کرده‌اند، تحلیل مختصر این دیدگاه می‌تواند در استنتاج رابطه علم و فناوری مؤثر باشد. این گروه از دانشمندان مسیر تحول و تطور تولید، ابزار تولید و هر گونه ابزار یا کالای مورد استفاده انسان را به سه دوره تقسیم می‌کنند [۲۴ و ۲۷]:

جلال حجازی، پرویز دوامی، ناصر توحیدی، علی حایریان اردکانی، علی کریمی طاهری و رضا محمودی ۸۳

دوره اول: دوره سنت^۱ و تجربه‌های پراکنده، نامنسجم و قطعاً نامدون و شخصی در مجموع پدیده هاست که ممکن است بر اساس تجربه و تکرار نیز تکامل یافته باشند یا بر اثر تصادف، موضوع یا چیزی ابداع، اختراع یا کشف شده باشد. در این دوره به طور کلی، ارتباط «فن» و «علم» گسیخته است، نه علم نفوذی در «فن» دارد و نه «فن» تقاضایی از علم دارد [۲۸].

تاریخ بشر مشحون از یافته‌ها و پیشرفتهای این دوره است و اگر از عصر طلایی یونان و به ویژه ارتباط دانشمندان یونانی با فن سالاران مصری [در اسکندریه که آن را میلادگاه مهندسی می‌نامند] [۲۷] صرف نظر شود، در طول چنان دوران طولانی‌ای [۲ تا ۳ هزار سال] در تمام کشورهای جهان همین جدایی وجود داشته است و نتیجه آن رشد کند و آهسته بشری در تمام زمینه هاست. نگاهی به تاریخ فن و حرفه از ابزارهای سنگی و فلزی گرفته تا تهیه پوشاک و خوراک و حتی ابداع و اختراع چرخ، تأثیر این دوره را مشخص می‌کند.

دوره دوم: دوره فناوری و به عبارت دیگر، دوره «فن - دانش» است. در این دوره که می‌توان آن را با توسعه مهندسی مرتبط دانست، کوشش بر آن بوده است که تجربه‌ها و یافته‌های سنتی به منظور کاربرد بیشتر، نتیجه بهتر و حتی اقتصادی‌تر، به نظم در آید و نظم اصولی، نظم چرایی و چیستی و به عبارت بهتر، نظام علمی آن کشف و با رعایت آن نتیجه درخشان‌تر کسب شود. علاوه بر آن، بسیاری از دانشمندان به هر دلیل نیز کوشش می‌کردند که یافته‌های خود را به آزمون و آزمایش بگذارند. بسیاری از مورخان تاریخ علم و صنعت آغاز این دوره را به صورت آهسته به میانه دوران تاریکی (قرون وسطی) و رشد آن را به بعد از دوران تاریکی و به ویژه شدت یابی آن را به انقلاب صنعتی قرن هجدهم و انقلاب علمی قرن شانزدهم مرتبط می‌دانند [۲۲، ۲۳ و ۲۹].

دوره سوم: دوره علم است که آغاز آن با اندکی اغماض به اوایل قرن بیستم مرتبط می‌شود [هر چند تأثیر علم در ساخت موتور، استخراج آلومینیم و کشف بسیاری از عناصر به قبل از آن مربوط می‌شود]. استفاده از انرژی الکتریسیته، ساخت هواپیما، مطالعات اتمی و شکافت اتم و بعدها ساخت سفینه‌های فضایی و تولید مواد جدید، در دنباله چنان آغازی است که در آنها یافته‌های علمی و دستاوردهای پژوهشی و مجموعه تحقیقات بنیادی و کاربردی همواره انتظاراتی را مطرح می‌ساخت که به منظور نیل به آنها که از نظر مهندسی و علم ثابت شده بود، مجموعه یا نظام جدیدی از دانشمندان، مهندسان، فن ورزان و فناوران را به تولید ابزار، خلق روشهای اجرایی و تحقیقات توسعه‌ای سوق می‌داد. با هر ساختی و هر پیشرفتی از یک طرف زمینه‌هایی برای ساخت

و فناوری برتر فراهم می‌شد و از طرف دیگر، تحقیقات علمی و بنیادهای علم، دامنه انتظارات خود را گسترش می‌داد تا آنکه در زمان حاضر از یک طرف نانو علم، نانو فناوری و از طرف دیگر، مگا علم و مگا فناوری [۳۰] در پیش روی قرن حاضر باشد.

رسد آدمی به جایی که بجز خدا نبیند

بنابراین، در بیان آنکه فناوری در زمان حاضر بنیادهای فکری و اجرایی خود را در علم می‌جوید و علم، مادر، زاینده و بالنده فناوری است، هیچ مشکلی وجود ندارد، ولی اصل موضوع بر آن استوار است که در هر حال فناوری علم نیست و با توجه به آنکه هر یک از فعالیتهای بشری، هر چقدر به هم نزدیک و وابسته، ولی هر کدام هویت، سازمان و نظام خود را دارند و صرفاً با توسعه علم نمی‌توان به توسعه فناوری دست یافت، مگر آنکه دوره میانی (دوره دوم) به خوبی طی شده باشد؛ به عبارت دیگر، بسیار ساده اندیشی است که برای توسعه فناوری [که چشم اسفندیار بسیاری از جوامع و از جمله ایران است]، برنامه ریزی و اهداف فقط سمت و سوی علم پیدا کند و فناوری و حتی مهندسی در آن دیده نشود، در حالی که باید توجه داشت که کشورهای صاحب فناوری و صاحب علم، توسعه علم، توسعه فناوری، توسعه مهندسی را با هم و در یک عبارت در جهت توسعه همه جانبه برنامه ریزی می‌کنند.

در جدول ۱ تفاوت‌های اصولی و بارز که بین علم و فناوری وجود دارد، ارائه شده است تا تمام برنامه‌ریزان در کنار توسعه‌های علمی و با توجه به تعاریف فناوری، برای توسعه فناوری نیز برنامه‌ریزی کنند تا شاید ایران نیز به عضویت جامعه تولید کنندگان فناوری درآید و نه مشتری و خریدار دایمی آن.

جدول ۱: تفاوت‌های علم و فناوری

ردیف	موضوع	علم	فناوری
۱	ماهیت	ماهیت ذاتی است.	ماهیت فناوری توانایی جمعی متکی بر ذاتی است.
۲	هدف	تولید علم است که به صورت مقاله و کتاب انتشار می‌یابد.	تولید ثروت و قدرت است که در انحصار پدید آورندگان می‌ماند.
۳	موانع نشر	انتشار علم بدون موانع خاص و عموماً آزاد است.	انتشار فناوری ممنوع، محدود و در انحصار قانون ثبت اختراعات است.
۴	انتقال	انتقال علم از طریق آموزشهای کلاسیک به عنوان اصل جهانی پذیرفته شده است.	انتقال فناوری فقط در صورت قراردادهای خرید لایسنس یا سرقتهای فناوری انجام می‌گیرد و غیرکلاسیک است.
۵	کاربرد	جز در موارد خاص و نتایج تحقیقات کاربردی، کاربرد مستقیمی ندارد.	کاربرد فناوری مشخص، روشن و هدف دار است.
۶	منابع مکتوب	دسترسی به منابع علمی به ویژه در دوران کنونی آسان و کم هزینه است.	دسترسی به منابع فناوری پیچیده، دشوار و در صورت امکان پر هزینه است.
۷	تحقیق	تحقیقات علمی عموماً بنیادی و گاه کاربردی است.	تحقیقات فناوری عموماً توسعه‌ای و گاه کاربردی است.
۸	مکان تحقیق	تحقیقات علمی در دانشگاهها و مراکز علمی، پژوهشی انجام می‌شود.	تحقیقات فناوری در صنایع و در اجتماع و در مراکز پژوهشی توسعه‌ای با هدف معین انجام می‌شود.
۹	روند انجام تحقیقات	عموماً آسان محوری است.	عموماً گروهی و چند محوری است.
۱۰	دامنه موضوعی	دامنه توسعه‌های علمی گسترده و تمام زمینه‌ها را در بر می‌گیرد.	دامنه توسعه فناوری به برنامه ریزی و تعیین اولویت محدود است.
۱۱	زمان	محدودیت خاص زمانی ندارد.	زمان در ایجاد توسعه فناوری نقش اساسی دارد، باید حتی الامکان کوتاه در محدوده رقابتی و در عمر مفید فناوری تعریف شود.
۱۲	توسعه	روند توسعه علم تا حدودی مستقل و در مجامع کوچک و محدود نیز می‌تواند انجام شود.	روند توسعه فناوری گروهی، زنجیره‌ای و وابسته به عوامل متعدد است.
۱۳	امکانات	توسعه علم به نیروی انسانی و امکانات آزمایشگاهی محدود می‌شود.	توسعه فناوری علاوه بر نیروی انسانی به منابع اولیه، ابزارگان، تحقیقات توسعه‌ای و نمونه سازی (پایلوت) و تجارت و تعامل بین المللی نیاز دارد.
۱۴	سرمایه گذاری	سرمایه گذاری برای تولید و توسعه علم جز در خصوص آموزش به نسبت بسیار کم است.	سرمایه‌گذاری زیاد نیاز دارد و بخش اعظم سرمایه گذارهای آموزش علمی نیز باید جز سرمایه های فناوری محسوب شود.
۱۵	موانع داخلی	اصولاً فاقد هرگونه مانع داخلی است.	موانع رقابتی و اقتصادی داخلی (واردکنندگان) بسیار زیاد است.
۱۶	موانع خارجی	جز در موارد خاص بحرانی مانعی وجود ندارد.	موانع سیاسی، اقتصادی و رقابتی بسیار زیاد است.
۱۷	احتمال وابستگی	وابستگی به معنای واقعی وجود ندارد و آنچه وجود دارد به عنوان ارتباط علمی تعریف می‌شود.	توسعه فناوری در حالی که استقلال و بی نیازی را فراهم می‌کند، می‌تواند وابستگیهای اقتصادی، تجاری و حتی سیاسی را حاصل کند.
۱۸	برنامه ریزی	توسعه علم به برنامه‌ریزی احتیاج دارد.	توسعه فناوری اصولاً بدون برنامه ریزی ممکن نیست.
۱۹	نتیجه گیری	در صورت نفوذ نیافتن در توسعه فناوری داخلی، به توسعه فناوری رقبا می‌انجامد.	در صورت نفوذ نیافتن و ارتباط علمی، از محتوای فناوری خارج و وابستگیها را تشدید می‌کند.

۷. نتیجه‌گیری

این مقاله کوششی برای ارائه تعریفی نسبتاً جامع از فناوری است که در حد توان انجام و وجه تمایز آن با دیگر شاخه‌های فعالیت نظیر علم، دانش فنی، فن و ... نیز تا حدودی روشن شد و در خاتمه نتایج اصلی زیر به دست آمد:

الف: دانش فنی می‌تواند پایه‌ای برای تقویت فناوری باشد، ولی به دلیل شناسایی علمی از وضعیت موجود به موجود، فناوری نیست.

ب: فناوری مجموعه‌ای از تواناییهای جمعی است که با وضعیت و امکانات موجود به شرایط بهتر و جدید تر می‌انجامد.

پ: با آنکه توسعه فناوری و شناخت فناوری بدون توسعه و شناخت علمی امکان پذیر نیست و از آنجا که "فناوری" "علم" نیست، صرفاً توسعه علمی نمی‌تواند موجب توسعه فناوری شود، مگر آنکه سازکار "فناوری" نیز در دستور کار قرار گیرد.

ت: با آنکه همه علوم در ایجاد فناوری یا کاربرد آن دخالت دارد، ولی فناوری فرایندی است که بار اصلی ایجاد و گسترش آن را مهندسان و دانشمندان علوم طبیعی بر دوش دارند.

و سخن آخر آنکه

در خصوص تأثیر علم بر فناوری و تأثیر فناوری بر توسعه علم و همچنین، تأثیر فناوری بر زندگی، رفاه، سلامت جسمی و روحی جوامع، بر ثروت و قدرت و همچنین، حدود و دامنه فناوری، پدیدآورندگان فناوری، موانع و مواهب توسعه فناوری، مقاله‌ها و کتابهای بسیار نوشته شده است. این درست است که فناوری انسانها و جوامع را قدرتمندتر، ثروتمندتر و در برخورد با عوامل طبیعی و غیر طبیعی نیرومند کرده است، ولی این نیز پذیرفتنی است که با توسعه فناوری تخریبها و کشتارهایی نیز انجام شده است که در دوران قبل از فناوری به تصور هم در نمی‌آمد [تیر یک سرباز اسکندر یک پارسی را می‌افکنند، ولی اثرهای بمبهای اتمی، شیمیایی و ... سالها پابرجاست]؛ به عبارت دیگر، کاربرد فناوری بر ارزشهای جامعه اثر می‌گذارد و فناوریهای جدید اغلب سؤالات اخلاقی جدیدی را نیز مطرح می‌کنند. تغییر ارزشها و فرهنگها در ذات فناوری و تواناییهای انسان نهفته است.

در واقع، هیچ کدام از موارد یاد شده نمی‌تواند دامنه یا بخشی از تعریف فناوری باشد، زیرا فناوری را انسان به وجود می‌آورد و به کار می‌برد و نتایج مثبت و منفی آن نیز متأثر از انسان و اخلاق و فرهنگ بشری است. در این میان، فناوری نه گناهی مرتکب شده است و نه ثوابی بر او روا می‌شود. آنچه باید رشد یابد، اخلاق اجتماعی، فرهنگ اخلاقی و حق قایل شدن برای تمام انسانهایی است که وجود دارند یا خواهند آمد و بنابراین، هرگونه بحث و سخن فرهنگی، جامعه‌شناسی، فلسفی حقوقی و

جلال حجازی، پرویز دوامی، ناصر توحیدی، علی حایریان اردکانی، علی کریمی طاهری و رضا محمودی ۸۷

نظایر آن عموماً به پدیدآوردندگان فناوری [دانشمندان و مهندسان] و مصرف کنندگان آن [دولتها، سرمایه گذاران و عامه مردم] مربوط می شود. در این راه فناوری همان معصومیت را دارد که علم، مهندسی، جامعه شناسی، فلسفه و دیگر علوم و حوزه‌های اندیشه ورزی دارند. شاید برای جلوگیری از آثار مخرب و بهره‌گیریهای تخریبی از علوم بر زندگی بشری باید از اندیشه ورزان در حوزه‌های علوم انسانی خواسته شود تا برای انسان، به مفهوم واقعی که حق خود و دیگران را به رسمیت می‌شناسد، تعریفی غیر بیولوژیکی و بر محور اخلاق و فرهنگ ارائه کنند تا تمایز انسان بر آدم نما روشن شود.

مراجع

۱. مذاکرات، مباحثات و پیشنهادهای مطرح شده در جلسات شاخه مهندسی مواد و معدن (اردیبهشت تا مهر ماه ۱۳۸۹)
2. Technology, From Wikipedia the Encyclopedia.
3. Technological Activities UNESCO Word Science Report, 1996.
4. Oxford Dictionary
۵. فرهنگ دهخدا (لغت نامه)
۶. صدیق، عیسی، **تاریخ فرهنگ ایران**، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۵۴.
۷. صدیق، عیسی، **سیر فرهنگ در ایران و مغرب زمین**، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۴۳.
۸. فرهنگ، پرویز، **فرهنگ بزرگ مواد و متالورژی**، انتشارات دنیا، ۱۳۷۹.
۹. حجازی، جلال، **ریخته‌گری در مسیر تحول**، اولین کنفرانس تکنولوژی در جهان اسلام، تهران، ۱۳۷۳.
۱۰. مگانتز، رابرت، **تدوین و پیاده‌سازی قراردادهای تکنولوژی**، ترجمه کامران باقری، مرکز صنایع نوین، ۱۳۸۳.
11. The Birth of MIT. J. A. Stratton and L. H., **Manix Mind in Hand Cambridge**, MIT Press, 2005.
12. Marx, Leo. **Technology, The Emergence of a Hazardous Concept**, 1997.
13. Rapid, G., **Responsible Technology**. Eerdmans Pub, 1986.
14. The Qustion Concerning Technology L. William Harper. Torch books, 1997.
15. Technology and State -R-Bain. American Sociological Review, 1937.
۱۶. سلیمی، محمد حسن، چرایی سیاست علم و تکنولوژی، همایش علم و فناوری، ۱۳۷۹.
۱۷. کافل، و.، ف.، **تاریخ آموزش و پرورش در قرن بیستم**، ترجمه حسین افشار، نشر مرکز، ۱۳۶۸.
۱۸. حجازی، جلال، **الگوی آموزش مهندسی مواد**، گزارش پژوهشی فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران، ۱۳۸۳.
۱۹. **اطلس تکنولوژی**، سازمان برنامه و بودجه، ۱۳۶۸.
20. Mestin, E. G., **Technological Change**, Harvard University Press, 1976.
21. Oxford Idioms Dictionary, Oxford University Press, 2004.
22. Information Technology, Gerges Ferne, UNESCO Report, 1996.
۲۳. برنال، جان، **علم در تاریخ**، مترجمین متعدد امیر کبیر، جلد اول و دوم، ۱۳۵۸.
۲۴. روسو، پیر، **تاریخ صناعات و اختراعات**، ترجمه حسن صفاری، امیر کبیر، ۱۳۶۲.
۲۵. حجازی، جلال، **تحلیل تاریخی آموزش مهندسی در ایران و جهان**، گزارش به فرهنگستان علوم، ۱۳۷۷.

26. Bio Tech R.Colwel of A.Sasson, UNESCO Publishing, 1996.
۲۷. "پیشنهادی برای نظام آموزش مهندسی مواد"، شاخه مهندسی مواد و معدن فرهنگستان علوم، **نامه فرهنگستان علوم**، شماره ۲، ۱۳۷۴.
۲۸. یعقوبی، محمود، جلال حجازی و محمد غفاری، ویژگیهای توسعه علم و توسعه فناوری، همایش ملی سند چشم انداز ۱۴۰۴، مؤسسه عالی آموزش و پژوهش.
۲۹. حجازی، جلال، "مهندس و مهندسی"، **فصلنامه آموزش مهندسی ایران**، سال چهارم، شماره ۱۳، بهار ۱۳۸۱.
۳۰. لوکاس، هنری، **تاریخ تمدن**، مترجم عبدالحسین آذرنگ، جلد دوم، انتشارات کیهان، ۱۳۶۶.
31. Mega Science, J. T. Ralchford and U.Colombo world Science Rept. UNESCO 1996.

(دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۸/۲۸)

(پذیرش مقاله: ۱۳۸۹/۱۱/۱۷)

