

## پیشنهادهایی کاربردی جهت بهبود آموزش مهندسی در دانشگاههای ایران از منظر ماهیت دانش مهندسی

### جمال کدخداپور

دانشکده مهندسی هوافضا، دانشگاه صنعتی شریف

[jam\\_aero@yahoo.com](mailto:jam_aero@yahoo.com)

#### چکیده:

در این تحقیق ابتدا سعی شده است ماهیت دانش مهندسی تبیین شود، سپس با استفاده از آن و با نگاه به وضعیت کنونی آموزش در دوره‌های مهندسی ایران، پیشنهادهایی کاربردی جهت اصلاح ارائه شود. برای تبیین دانش مهندسی از نسبت بین علم و دانش مهندسی که نسبت عموم و خصوص منوجه است، استفاده کرده‌ایم. با این نسبت اگر تفاوتها و شباهتهای ایندو مشخص شود، در حقیقت ماهیت دانش مهندسی تبیین شده است. تفاوتهای مهم بین علم و دانش مهندسی: عدم امکان بیان بخش‌هایی از دانش مهندسی بصورت گزاره، هویت هنجاری دانش مهندسی و غایتهای متفاوت ایندوست. در مورد شباهتها، رشد علم و دانش مهندسی و تاثیرات متقابل آنها بر یکدیگر باعث پدیدآیی زمینه‌ی مشترکی بین ایندو تحت عنوان علوم مهندسی شده است. علوم مهندسی از حیث ویژگیها با بقیه علوم متفاوت است. دو الگو و نظام هم برای توصیف محتوای دانش مهندسی ارائه شده است. الگوی وینسنتی که دانش مهندسی را در 6 دسته‌ی: مفاهیم بنیادین طراحی، ضوابط و مشخصات طراحی، ابزارهای نظری، داده‌های کمی، ملاحظات عملی و دانش فرآیندی برمی‌شمرد. الگوی دوم، الگوی دی‌وریز است که برای دانش مهندسی 15 جنبه‌ی: ریاضیاتی، مکانی، جنبشی، فیزیکی، زیستی، حسی، منطقی، تاریخی، زبانی، اجتماعی، اقتصادی، زیبایی‌شناختی، قانونی، اخلاقی و خالص را قائل است. در بخش پایانی پیشنهادهایی کاربردی جهت اصلاح سیستم آموزش مهندسی در دانشگاههای ایران به این شرح داده شده است: گنجاندن درسی به نام فلسفه فناوری به عنوان یکی از دروس اصلی دوره‌های مهندسی، بررسی شخصیتی داوطلبان رشته‌های مهندسی، جدی گرفتن آموزش در حین کار در دوره‌های مهندسی، تاثیر دادن هویت هنجاری دانش مهندسی در آموزش آن، تاثیر دادن هویت بین رشته-ای دانش مهندسی در آموزش آن.

**واژه‌های کلیدی:** علم، فناوری، دانش مهندسی، علوم مهندسی، آموزش مهندسی.

## 1. مقدمه

مصنوعات<sup>1</sup> خروجی فرآیندی هستند که در آن دانش نقش مهمی را ایفا می‌کند. سالیان متمادی ماهیت این دانش - که دانش مهندسی است - موضوع بحثها بوده است. برای تبیین ماهیت دانش مهندسی راههای متفاوتی وجود دارد. راهی که ما در این تحقیق برگزیدیم استفاده از نسبت<sup>2</sup> بین علم و دانش مهندسی برای تبیین دانش مهندسی است. در مورد رابطه یا نسبت بین علم و دانش مهندسی سه دیدگاه وجود دارد:

1. دیدگاه اول که در آن معتقدند دانش مورد استفاده مهندسان تا حد زیادی از علم<sup>3</sup> استخراج شده است. این نظریه عموماً به صورت اصطلاح "فناوری به مثابه علم کاربردی"<sup>4</sup> عنوان می‌شود (در این اصطلاح به جای دانش مهندسی از فناوری استفاده شده است. در این تحقیق نیز این دو واژه معانی یکسانی را افاده می‌کنند). بنابراین در این دیدگاه نسبت بین علم و دانش مهندسی تساوی است.
  2. دیدگاه دوم مدعی است که فناوری بدنه‌ای دانشی برای خود و ماهیتی متفاوت از علم دارد. در واقع این دیدگاه بین فناوری و علم نسبت تباین را قائل است؛ مجموعه‌هایی جدا از هم که هیچ اشتراکی را ندارند. این ادعا به عنوان نقد ایده‌ی "فناوری به مثابه علم کاربردی" و وقتی این ایده گسترش یافت، قوت گرفت.
  3. دیدگاه سوم مدعی است، حداقل بخشی از آنچه را که مهندسان می‌دانند، ماهیتی متفاوت از آنچه عالمان می‌دانند، دارد. در واقع این دیدگاه بین علم و فناوری یا بین علم و دانش مهندسی نسبت عموم و خصوص من وجه را قائل است؛ به این معنا که علم و فناوری تنها در یک محدوده معین با هم اشتراک دارند و در محدوده‌هایی با هم هیچ اشتراکی را ندارند.
- در این تحقیق ما دیدگاه سوم را که امروزه اکثر فلاسفه بر آن باورند، می‌پذیریم. در واقع کار تحقیقی ما از این بعد است؛ وقتی بین علم و دانش مهندسی، نسبت عموم و خصوص من وجه را قائل شدیم، بایست به دو سوال پاسخ دهیم:

1. تفاوت‌های علم و دانش مهندسی چیست؟
  2. شباهت‌های علم و دانش مهندسی چیست؟
- روشن است که پاسخ به این دو سوال ماهیت دانش مهندسی را به طور کامل مشخص می‌کند. به بیان دیگر موضوع "ماهیت دانش مهندسی" با سیر منطقی‌ای که ذکر شد، تبدیل به سوالات بالا شد که در واقع سوالات محوری این تحقیق هستند.
- برای حل این دو مسئله به ترتیبی که در زیر می‌آید، اقدام شده است:
- در فصل دوم، قبل از پرداختن به دو سوال بالا تعریفی از علم یا دانش (در این تحقیق علم و دانش معادل یکدیگر در نظر گرفته شده‌اند) ارائه می‌شود تا مبنایی باشد برای اینکه وجوه افتراق دانش مهندسی را از آن بازشناسیم.
- در فصل سوم، تفاوت‌های بین علم و دانش مهندسی بیان می‌شود. در این فصل علاوه بر آنکه سعی می‌کنیم با نقد تعریف علم، وجوه افتراق دانش مهندسی را از آن بازشناسیم، با بیان اهداف متفاوت علم و فناوری هم سعی می‌کنیم وجوهی دیگر از افتراق این دو را تبیین نماییم.
- در فصل چهارم، به شباهت‌ها یا جنبه‌های مشترک بین علم و دانش مهندسی که علوم مهندسی<sup>5</sup> خوانده می‌شود، می‌پردازیم.

## 1 Artifacts<sup>1</sup>

<sup>2</sup> در منطق [3] بحثی وجود دارد تحت عنوان نسبت‌های چهارگانه یا "نسب اربعه". بیان موجز آن به این صورت است: بین دو تصور کلی همواره یکی از نسبت‌های چهارگانه ذیل وجود دارد: 1/ تساوی: در صورتی نسبت دو کلی تساوی است که بر هر چه یکی صادق باشد، دیگری هم بر آن صادق باشد. 2/ عموم و خصوص مطلق: یعنی یکی کلی از دیگری عام‌تر باشد، بطوری که هم‌همه‌ی افراد آنرا در برگیرد و هم افراد دیگری را. 3/ عموم و خصوص من وجه: در صورتی است که هر کلی نسبت به کلی دیگر از جهتی اعم باشد و از جهتی اخص. 4/ تباین: در صورتی است که هیچ یک از دو کلی بر هیچ یک از مصادیق دیگری صادق نباشد.

## 2 Science<sup>2</sup>

## 3 Technology as applied science<sup>3</sup>

## 4 Engineering Sciences<sup>4</sup>

در فصل پنجم، دو الگو و نظام توصیف کننده‌ی محتوای دانش مهندسی را بیان می‌شود. چرا که مطالب بیان شده در فصلهای قبل، هر چند جنبه‌هایی از دانش مهندسی را روشن می‌کرد، اما بصورت الگو و نظام نبودند. این فصل در واقع بیان تفاوت‌های دانش مهندسی و علم، آن هم بصورت نظام و الگوست.

در فصل ششم، سعی شده است با توجه به دستاوردهای تحقیق توصیه‌هایی کاربردی برای اصلاح نظام آموزش و پژوهش رشته‌های مهندسی دانشگاه ارائه شود. در واقع در این فصل یکی از کاربردهای موضوع تحقیق نمایان شده است.

## 1. تعریف علم یا دانش

معرفت شناسی یکی از شاخه‌های فلسفه است که به دانش پرداخته است. در این حوزه اکثر بحثها بر روی تعریف کوتاهی از دانش دور میزند: "دانش = باور صادق موجه"<sup>1</sup>. این تعریف را تعریف سنتی دانش مهندسی می‌نامیم. بحث در این باره است که آیا این عبارت کوتاه تعریفی جامع و مانع از دانش را ارائه می‌کند یا خیر. ابتدا این عبارت کوتاه را تبیین می‌کنیم.

### 1-2. تبیین تعریف سنتی دانش

هنگامی می‌گوییم شخص گزاره گ را می‌داند که:

1. شخص گ را باور داشته باشد؛
2. شخص برای باور به گ دلیل داشته باشد؛
3. گ صادق باشد.

حرف گ نشان دهنده گزاره است. گزاره محتوای یک عبارت درباره چیزی است. "امروز باران می‌بارد" یک گزاره است همچنانکه "فردا باران خواهید بارید". از آنجا که گزاره محتوای یک عبارت است، گزاره "باران می‌بارد" در انگلیسی معادل گزاره "il pluit" در فرانسوی یا گزاره "es regnet" در آلمانی است. مهندسان از گزاره‌های بسیاری استفاده می‌کنند، نظیر "سختی چدن برابر است با ..."، یا "برای مقاومت در مقابل باران، بدنه ماشین را بایست با یک پوشش نازک پوشاند". چه موقع ما می‌گوییم مهندس این چیزها را می‌داند؟ در اولین گام مهندس بایست این چیزها را باور داشته باشد. اگر او حتی آنرا باور نداشته باشد، چگونه می‌توانیم بگوییم آنرا می‌داند؟ به علاوه، مهندس بایست برای باور به این گزاره دلیل داشته باشد. او می‌تواند این دلیل را در یک مجله تخصصی خوانده باشد یا در دوره‌ی آموزشی تخصصی‌اش یا به کمک تجربه یاد گرفته باشد. شرط آخر این است که عبارت بایست صادق باشد. وقتی من عبارت "الان ساعت سه است" را به زبان جاری می‌کنم بخاطر آنکه من صادقانه آنرا باور دارم و دلیل من هم ساعتی است که با آن به این گزاره رسیده‌ام، ما نمی‌توانیم این را به عنوان دانش محسوب کنیم اگر ساعت از کار افتاده باشد و واقعا ساعت الان چهار باشد. اما اگر بطور اتفاقی وقتی ساعت سه باشد من این ساعت خراب را ببینم چطور؟ تمام شرایط 1 تا 3 در تعریف دانش برقرارند اما نمی‌توان آنرا دانش نامید. این مثال نشان میدهد که تعریف اصلی دانش دقیق نیست. در حال حاضر، فیلسوفان مختلفی تلاش کرده‌اند تا این تعریف را با اضافه کردن شرایط بیشتری اصلاح کنند، اما همچنان تعریفی که بر روی آن اجماع نظر باشد وجود ندارد، و حتی بعضی از فیلسوفان ادعا می‌کنند که کل ایده‌ی "باور صادق موجه" بایست کنار گذاشته شود.

## 2. تفاوت‌های علم و دانش مهندسی

هر چقدر انسان به تعریف سنتی دانش: باور صادق موجه، شرط اضافه کند، تعریفی که بدست می‌آید به قواره دانش مهندسی خوش نمی‌نشیند. در این بخش به نقد تعریف سنتی دانش می‌پردازیم تا شاید در تبیین دانش مهندسی به ما کمک کند.

<sup>1</sup> Justified true belief

### 3-1. نقد و اصلاح تعریف سنتی از دانش برای تعریف دانش مهندسی

اولا اینکه بخشهایی از دانش مهندسی قابلیت بیان بصورت گزاره را ندارند در حالیکه تعریف سنتی دانش ناظر به معرفت گزاره‌ای است. هنگامی که نجاری ادعا می‌کند می‌داند چگونه دقیقا در محل خاصی به میخ ضربه بزند تا مستقیم داخل چوب شود، او احتمالا نمی‌تواند آنرا در قالب کلمات بیان کند. بلکه او چیزی شبیه این خواهد گفت: "خوب، من فقط آنرا میدانم؛ من دقیقا چگونگی آنرا نمی‌دانم، اما من فقط احساس می‌کنم که چگونه باید آنرا انجام دهم." با توجه به این واقعیت، گیلبرت رایل<sup>1</sup> [4] تمایزی بین دانش به اینک<sup>2</sup> و دانش به چگونگی<sup>3</sup> قائل شده است. دانش به اینک دانشی است که ما می‌توانیم بصورت گزاره‌هایی آنرا بیان کنیم، و به همین دلیل "باور صادق موجه" براننده آنست، ولی دانش به چگونگی دانشی است که نمی‌توان آنرا بصورت گزاره بیان کرد. مهارتها بطور واضح از اقسام این نوع دانش‌اند.

بخش دیگری از دانش مهندسی که قابلیت بیان بصورت گزاره را ندارد دانشی است که مهندسان آنرا در شکلها و نقشه‌ها بروز می‌دهند. این همان چیزی است که فرگوسن<sup>4</sup> [7] آنرا "چشمهای ذهن"<sup>5</sup> می‌نامد: دانشی که دیداری شدن لازمه آنست. شکلها و نقشه‌ها حاوی دانش غنی‌ای هستند که هیچگاه بصورت کامل در گزاره قابل بیان نیستند.

جدای از دلایلی که در بالا ذکر شد، دلیل دیگری که منجر به تولید سوال درباره‌ی اعتبار تعریف دانش بصورت "باور صادق موجه" برای دانش مهندسی می‌شود، دانش مهندسان درباره هنجارها<sup>6</sup> است. وقتی مهندسی می‌گوید: "من می‌دانم که این وسیله‌ای است که برای کوباندن میخ در چوب می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد" (که اکثرا بصورت خلاصه اینگونه بیان می‌شود: "من می‌دانم که این چکش است") در این عبارت حکمی هنجاری<sup>7</sup> صادر شده است: مهندس ادعا کرده است که این وسیله برای کوباندن میخ در چوب مناسب است. اما چگونه می‌توانیم هنجارها را "صادق"<sup>8</sup> بنامیم؟ حداقل در برداشتهای غیرواقع‌گرا<sup>9</sup> از دانش اینگونه است که در مورد هنجارها بجای صادق و کاذب - که در تعریف سنتی دانش به عنوان شاخصه محسوب می‌شود - کارآمدی<sup>10</sup> و اثربخشی<sup>11</sup> با معناسند.

هنجارها در دانش مهندسی در سطوح مختلفی بکار می‌روند. ما می‌توانیم بگوییم: "من می‌دانم که این نوع خاص چکش برای کوباندن میخ داخل چوب مناسب است." در این حالت هنجار در مورد یک نمونه خاص - که انتخاب شده از میان همه چکشهای ممکن بود - بکار برده شده است. ما همچنین می‌توانیم بگوییم: "من می‌دانم که تمام چکشهای با این علامت تجاری برای کوباندن میخ داخل چوب مناسب است." در این حالت هنجار نه تنها در مورد یک نمونه خاص بلکه در مورد یک گونه از چکشها بکار برده شده است. بالاخره ما می‌توانیم بگوییم که همه چکشها برای کوباندن میخ داخل چوب مناسب است. در این حالت هنجار در بیشینه گستره بکار رفته است. روشن است

---

<sup>1</sup> Gilbert Ryle

<sup>2</sup> Knowing-that

<sup>3</sup> Knowing-how

<sup>4</sup> Ferguson

<sup>5</sup> The mind's eye

<sup>6</sup> norms

<sup>7</sup> Normative judgment

<sup>8</sup> true

<sup>9</sup> Anti-realist

<sup>10</sup> effective

<sup>11</sup> efficient

که این گزاره‌ها انواع مختلفی از دانش مهندسی را بیان می‌کنند. تجربه بسیار بیشتری لازم است (که یا خود شخص بدست آورده یا دیگرانی او را از تجربه خود آگاه کرده‌اند) که شخص قادر باشد بگوید همه چکشهای با علامت تجاری خاص برای کوباندن میخ داخل چوب مناسب است تا اینکه فقط بگوید این چکش خاص برای آن مناسب است.

در نهایت، اینکه آیا صدق شرط اساسی است که مهندسان در جستجوی دانش آنرا لحاظ می‌کنند، می‌تواند مورد تردید قرار بگیرد. احتمالا بسندگی<sup>1</sup>، تاثیر بخشی، کارآمدی شرایط بسیار مناسبتری برای مهندسان است، وقتی در جستجوی دانش هستند. برای مثال: وقتی مهندس عمران پلی جدید را طراحی می‌کند، او می‌داند که مکانیک کوانتومی، تئوری صادق درباره مواد و نیروهای پل است. اما تلاش برای استفاده از آن بی‌فایده است. مهندس ترجیح می‌دهد از مکانیک کلاسیک استفاده کند که اگر بخواهیم دقیق صحبت کنیم صادق نیست، اما در فرآیند طراحی بسیار کارآمدتر است. و حتی قواعدی سرانگشتی<sup>2</sup> بصورت کورکورانه در طراحی پلهای گذشته و در اندازه‌گذاری داخلی<sup>3</sup> آنها استفاده شده‌اند. همانطور که در قبلا تاکید شد این گونه‌ی دانشی را به سختی می‌توان در قالبهای صادق و کاذب جای داد. یک رقیب برای تلقی باورگونه از دانش مهندسی، که دیدیم فقط بطور جزئی ماهیت دانش مهندسی را تبیین می‌کند، این است که نمونه-های معینی از دانش مهندسی را با پذیرش<sup>4</sup> توصیف کنیم تا با باور<sup>5</sup> ادعا می‌شود که پذیرش خصوصا برای استدلالهای عملی (بیشتر از استدلالهای نظری) حائز اهمیت است. و چون فناوری تا حد زیادی مشمول استدلالهای عملی است، مفهوم پذیرش به خاطر قابلیتی که در توصیف ماهیت دانش مهندسی دارد، شایسته بررسی است.

### 2-3. وجوهی دیگر از افتراق علم و دانش مهندسی

دیدیم که وقتی که از زاویه دانش نگاه می‌کنیم، علم متفاوت از فناوری است. وقتی این تفاوت قابل فهم می‌شود که درک کنیم، علم و فناوری اهداف متفاوتی دارند: هدف علم توسعه دانش جدید درباره واقعیت - به آنگونه که هست - است، در حالیکه هدف فناوری تغییر دادن واقعیت بر اساس نیازها و خواسته‌هاست. همین تفاوت باعث تفاوت ماهیت دانش علمی و دانش مهندسی می‌شود. جدای از تفاوتی که قبلا ذکر کردیم، دانش علمی با انتزاع<sup>6</sup> و آرمانی‌سازی<sup>7</sup> در پی توصیفی ریاضی‌گونه از واقعیات است. هنگامی که یک فیزیکدان یک شیء شیء سقوط کننده را برای حرکتی با شتاب ثابت بصورت فرمولی ساده توصیف می‌کند، او از تمام جنبه‌های غیر فیزیکی چشم پوشیده است (برای مثال، برای او فرقی نمی‌کند که شیء سقوط کننده یک سنگ بی‌جان باشد یا گربه‌ی زنده) و او با هوای بدون اصطکاک کار می‌کند (که قطعاً آرمانی‌سازی است). در حالیکه دانش مهندسی با واقعیت معین و مشخص<sup>8</sup> و پیچیدگی کامل روبروست. تفاوت دیگر آنست که دانش علمی جهانی<sup>9</sup> است: تفاوتی ندارد که شما روی زمین، یا در ماه، در آب یا هوا هستید: فرمول جاذبه همیشه یکسان است

---

1 adequacy

2 Rules of thumb

3 Internal dimensioning

4 acceptance

5 belief

6 abstraction

7 idealization

8 concrete reality

9 universal

(تنها ثابت جاذبه در موقعیتهای مختلف متفاوت است). دانش مهندسی بسیار خاص<sup>1</sup>تر است: وابسته به موقعیتهای مشخص است و بطور خودکار به موقعیتهای دیگر قابل تعمیم نیست.

### 3. شباهتهای علم و دانش مهندسی: علوم مهندسی

در حال حاضر رابطه بین علم و فناوری رشد کرده است که منجر به پیامدهایی برای هر دو آنها شده است. علم از طریق تجهیزات مهندسی (نظیر وسایل اندازه‌گیری) تغییرات زیادی کرده است و فناوری از روش‌شناسی علمی تاثیر زیادی پذیرفته است. امروزه مهندسان نیز دست به انترع و آرمانی سازی می‌زنند تا مسائل عملی را حل کنند (با این وجود آنها بایست به شرایط واقعی و غیر آرمانی بازگردند). از این دیدگاه فناوری بسیار علمی‌تر شده است. بعضی اوقات این واقعیت در خروجی فرآیندها قابل مشاهده است. تولید انبوه و استاندارد سازی، محصولاتی را نتیجه داده است که همه یکسانند، و بنابراین هویتی جهانی شبیه به ماهیت جهانی دانش علمی دارند. مهم نیست که شما در کجای جهان هستید، یک ساندویچ بین‌المللی نظیر مک<sup>2</sup> شکل و مزه‌ی واحدی دارد.

#### 4-1. ویژگیهای علوم مهندسی

تاثیرات علم بر فناوری باعث پدیدآیی زمینه‌ی علمی جدیدی شده است: علوم مهندسی. توسعه دانش در این علوم بر این مبناست که دانش فراتر از مسائل مهندسی خاص برود و بتواند گستره‌ی وسیعتری از مسائل را در برگیرد. همین مبنای علوم مهندسی هویتی عجیب-در مقایسه با سایر علوم- میدهد. بعضی از علوم بدنبال قواعدی کلی هستند که برای همه مکانها و زمانها کاربرد داشته باشد<sup>3</sup>. علوم طبیعی طبیعی نمونه‌ای خوب از اینگونه علوم است. علوم دیگر بدنبال توصیف موقعیتهای خاص اند تا عام<sup>4</sup>. تاریخ نمونه‌ای خوب از این علوم است، چرا که تاریخ بدنبال توصیف حوادث خاص است تا قوانین کلی یا الگوهای تاریخی. علوم مهندسی در جایی بین این دو دسته قرار می‌گیرند. از یک طرف این علوم بدنبال قوانین و قواعدی هستند که فراتر از مسائل طراحی منحصر به فرد را پوشش دهد، اما از طرف دیگر آنها نباید خیلی از راه‌حلهای کاربردی دور شوند و عمومیت با درجه بسیار بالا مانع آن می‌شود. تفاوت عمده‌ی دیگری نیز بین انواع علوم وجود دارد که علوم مهندسی زیاد از آن پیروی نمی‌کند. بعضی از علوم در صدد توصیف روابط علی و معلولی<sup>5</sup> هستند، درحالیکه بقیه در پی توصیف اغراض و اهداف انسانها<sup>6</sup> و تاثیرات آنها می‌باشند. علوم طبیعی مثال خوبی از دسته اول است. حتی هنگامیکه نظریه‌هایی که قائلند انسانها را میتوان مانند مواد بی‌جان در نظر گرفت، مطالعه می‌شوند، اغراض و اهداف انسانها در علوم طبیعی مدنظر قرار نمی‌گیرد. دورانی مرسوم بود که رویکردی شبیه به این در روانشناسی باب باشد و انسانها را به عنوان اشیایی که به محرکی خاص پاسخی خاص می‌دهند، در نظر بگیرند. امروز آن رویکرد در روانشناسی خریداری ندارد (حداقل توسط اکثریت روانشناسان) و این علم اکنون به عنوان علمی نگاه می‌شود که در آن اغراض انسانی بایست در نظر گرفته شود. باز هم به نظر می‌رسد سخت باشد که علوم مهندسی را در یکی از این دو دسته قرار داد. از یک طرف، روابط علی و معلولی کراراً در علوم مهندسی مطالعه می‌شود، برای مثال هنگامی که خواص مواد آزمایش می‌شود، اما از طرف دیگر، اهداف و اغراض انسانها، از قبیل نیازمندیهای مشتری، در علوم مهندسی به عنوان یک عنصر اصلی ایفای نقش می‌-

1 specific

2 Mac

3 nomo-thetical science

4 ideo-graphical science

5 Causal relationships

6 Intentions of people

کنند، به خصوص هنگامیکه فعالیت‌های طراحی علاقه‌مندی ما باشد. روشن است که علوم مهندسی ماهیتی ویژه و واقعا متفاوت از بقیه انواع علوم دارند.

#### 4. الگوهای توصیف کننده محتوای دانش مهندسی

دیدیم که دانش مهندسی مشخصات ویژه‌ای دارد که آنرا از دانش علمی<sup>1</sup> متفاوت می‌سازد. برای آگاهی از محتوای دانش مهندسی دو الگو را ذکر خواهیم کرد.

#### 1-5. الگوی وینسنتی در تبیین ماهیت دانش مهندسی

اولین الگو بوسیله والدر وینسنتی<sup>2</sup> [5] ارائه شده است. این کتاب مجموعه‌ای از موردکاویهای<sup>3</sup> تاریخی درباره دانش هوانوردی<sup>4</sup> و خصوصا در طراحی هواپیما است. وینسنتی با استفاده از آن مطالعات، انواع دانش مهندسی را در شش دسته آورده است:

1. مفاهیم بنیادین طراحی (اصول عملیاتی و قواره‌های عادی)
2. ضوابط و مشخصات طراحی
3. ابزارهای نظری (ریاضیات، استدلال، قوانین طبیعی)
4. داده‌های کمی (توصیفی و تجویزی)
5. ملاحظات عملی
6. دانش فرآیندی<sup>5</sup>

اگر برای نمونه طراحی یک خودرو را در نظر بگیریم تمام موارد بالا را در آن مشاهده می‌کنیم. مفاهیم بنیادین طراحی به این معنی است که طراح خودرو بطور ناخودآگاه تصویری اولیه از یک خودرو در ذهن دارد. شیء با چهار چرخ، بدنه، موتور، و غیره. همچنین طراح در مورد شرایطی را که خودرو بایست برآورده کند دانش دارد: برای مثال چه سرعتی و چه قوانین ایمنی. ابزارهای نظری در این مثال قانونهای مکانیک هستند، البته برنامه طراحی به کمک کامپیوتر<sup>6</sup> نیز در طراحی خودرو استفاده می‌شود. دانش درباره داده‌های کمی شامل دانش درباره‌ی خواص مواد می‌شود. ملاحظات عملی بستگی به تجربیات طراح دارد، نظیر انتخاب رنگی برای خودرو که با اولویتهای زیبایی شناسی مردم منطبق باشد. دانش درباره دانش فرآیندی در اینجا دانش درباره زنجیره‌ای از کارهاست که در فرآیند طراحی خودرو لازم است. با این وجود که این طبقه بندی بر پایه‌ی تعدادی محدودی نمونه انجام شده است، به نظر می‌رسد که به خوبی انواعی مختلف دانشهایی را که مهندسان دارند را پوشش می‌دهد.

---

۱ Scientific knowledge

۲ Vincenti

۳ Case studies

۴ aeronautics

۵ Procedural knowledge

۶ CAD program

وینستنی [4] یک گام دیگر به جلو برداشت و منابع این اقسام مختلف فناوری را نیز شناسایی کرد: چگونه مهندسان به محتوای این اقسام مختلف، دانش پیدا می‌کنند؟ منابع دانش مهندسی که او شناسایی کرد، به این شرح است: انتقال از علوم<sup>1</sup>، اختراع، تحقیقات تجربی و نظری مهندسی، تمرین و ممارست در طراحی، سعی و خطا بطور مستقیم یا در تولید<sup>2</sup>. او در تحلیل‌هایش نشان داد که سهم انتقال از علوم ناچیز است. اکثر دانش از منابع دیگر تامین می‌شود. و حتی وقتی دانش از علوم منتقل می‌شوند، برای اینکه قابل استفاده مهندسان باشد، گاهی اوقات نیاز به یک نوعی تبدیل<sup>3</sup> دارند. برای مثال مفاهیم انتزاعی<sup>4</sup> ترمودینامیک بایست به مفاهیم عملی و بسیار محسوس‌تر تبدیل شوند تا قابل استفاده در طراحی هواپیما باشند. این تحلیل نشان می‌دهد که نمی‌توان ادعا کرد فناوری تنها همان علم کاربردی است. در فناوری نسبت به نظریه‌های علمی چیزهای بیشتری وجود دارد. با این وجود علم می‌تواند کارآیی بیشتری از انتقال نظریه به فناوری را داشته باشد. علم نقش راهنما<sup>5</sup> را در فناوری ایفا می‌کند. این بدان معناست که آن می‌تواند کمک کند تا تشخیص دهیم کدام متغیرها ممکن است مرتبط باشند تا در فرآیند طراحی، مطالعه و دستکاری کنیم. برای مثال، ما می‌توانیم از علم یاد بگیریم کدام متغیرها فشار اطراف اشیاء را تعیین می‌کنند، و از آن ما می‌توانیم بیاموزیم کدام متغیرها می‌توانند برای بهینه کردن نیروی برای بال هواپیما مورد استفاده قرار بگیرند. علم از آنکه نظریه‌های آماده استفاده‌ای را ارائه کند که چگونه این متغیرها نیروی برآ را مشخص می‌کند، کارکرد ضعیفتری دارد، اما باز هم آن می‌تواند کارکرد بسیار مهمی را در طراحی مهندسی داشته باشد.

## 2-5. الگوی دی‌وریز در تبیین ماهیت دانش مهندسی

دی‌وریز<sup>6</sup> [4] ایده‌ی ماهیت دوگانه مصنوعات را مطرح می‌کند. او از این ایده استفاده می‌کند و یک تقسیم بندی نظام‌مندتر و کامل‌تر از دانش مهندسی نسبت به تقسیم‌بندی وینستنی - که برپایه موردکاوی حاصل شده بود- ارائه می‌کند. در این بخش این الگو را ارائه می‌کنیم.

در این الگو دانش مهندسان از 4 نوع خارج نیست:

1. دانش درباره ماهیت فیزیکی<sup>7</sup> مصنوعات، برای مثال دانش درباره خواص مواد،
2. دانش درباره ماهیت کارکردی<sup>8</sup> مصنوعات برای مثال دانش درباره چگونگی کارکرد یک چکش یا آچار،
3. دانش درباره ارتباط بین ماهیت فیزیکی و ماهیت کارکردی برای مثال دانستن اینکه خاصیت ماده‌ای خاص، وسیله‌ای را برای هدفی مشخص مناسب می‌سازد،
4. دانش درباره فرآیندهایی که در راه‌اندازی یا ساخت مصنوع موثر است، برای مثال دانش درباره سلسله‌ای از گامها که در آنها یک درب‌طری باز کن<sup>9</sup> می‌تواند درب یک بطری را باز کند.

۱ Transfer from science

۲ Production and direct trial

۳ transformation

۴ abstract

۵ heuristic

۶ Marc J.de Vries

۷ Physical nature

۸ Functional nature

۹ corkscrew





این تقسیم بندی بسیار خلاصه است، و شاید باعث شود که قابل استفاده برای استفاده‌های عملی نباشد. در همین الگو انواع دانش مهندسان به صورت زیر بسط داده شده است:

ا. دانش از ماهیت فیزیکی مصنوعات. ماهیت فیزیکی، جنبه‌های غیرعمدی‌ای است که مصنوع به عنوان یک شیء<sup>1</sup> ایفا می‌کند. انواع این جنبه‌ها به این شرح‌اند:

1. جنبه‌های ریاضیاتی
2. جنبه‌های مکانی<sup>2</sup>
3. جنبه‌های جنبشی<sup>3</sup>
4. جنبه‌های فیزیکی
5. جنبه‌های زیستی

ب. دانش از ماهیت کارکردی آنها. ماهیت کارکردی جنبه‌های عمدی‌ای هستند که دست‌سازه به عنوان هدفی ایفا می‌کند که یک شیء کاری را به آن اسناد می‌دهد. انواع این جنبه‌ها به این شرح‌اند:

6. جنبه‌های حسی<sup>4</sup>
7. جنبه‌های منطقی
8. جنبه‌های تاریخی
9. جنبه‌های زبانی<sup>5</sup>
10. جنبه‌های اجتماعی
11. جنبه‌های اقتصادی
12. جنبه‌های زیبایی شناختی
13. جنبه‌های قانونی
14. جنبه‌های اخلاقی
15. جنبه‌های خالص<sup>6</sup>

این تقسیم بندی گسترده شده تصویری با جزئیات بیشتر از پیچیدگی دانشی که برای طراحی مصنوع مورد نیاز است، را نشان می‌دهد. در حالت آرمانی طراح بایست تمام این جنبه‌ها را مد نظر قرار دهد. البته این همیشه ممکن نیست، و خوشبختانه نمونه‌هایی وجود دارند که در آنها تنها بخش محدودی از همه اقلام مهم هستند و بقیه تاثیر کمتری دارند. اگر برای مثال طراحی یک کامپیوتر را در نظر بگیریم، متوجه می‌شویم که طراح بایست در مورد جنبه‌های مختلفی دانش داشته باشد: کامپیوتر فقط با صفر و یک کار می‌کند (جنبه‌های ریاضیاتی)، جایی معین از میز تحریر یا روی پای شما را اشغال می‌کند (جنبه‌های مکانی)، بایست اجزاء متحرکی داشته باشد (جنبه‌های جنبشی)، مشخصاتی نظیر وزن، سختی و استحکام دارد (جنبه‌های فیزیکی)، به خودی خود یک شیء زنده نیست اما با اشیاء زنده تعامل دارد (جنبه‌های زیستی)، مشاهده و لمس می‌شود (جنبه‌های حسی)، برپایه‌ی قواعدی است که بشر ایجاد کرده است (جنبه‌های منطقی).

subject ۱

spatial ۲

kinematical ۳

sensitive ۴

lingual ۵

pistic ۶

در طول سالیان توسعه یافته است (جنبه‌های تاریخی)، ما به کمک زبانهای مختلف با آن تعامل می‌کنیم (جنبه‌های زبانی)، می‌تواند انسانها را به یکدیگر مرتبط کند (جنبه‌های اجتماعی)، برچسب قیمت دارد (جنبه‌های اقتصادی)، جلوه‌ی مشخصی دارد که ممکن است مورد پسند مردم باشد یا نباشد (جنبه‌های زیبایی‌شناختی)، طراحی آن به وسیله حق اختراع<sup>1</sup> محافظت می‌شود (جنبه‌های قانونی)، دسترسی به بعضی اطلاعات آن خصوصی است (جنبه‌های اخلاقی) و این پدیده باور عموم را نسبت به قدرت فناوری افزایش داده است (جنبه‌های خالص). در هنگام طراحی کامپیوتر بسیاری از این جنبه‌ها را لزوماً بایست در نظر گرفت. طراح در طراحی مصنوع از این انواع مختلف دانش استفاده می‌کند. به مدد این دانش است که مصنوع متولد می‌شود. ممکن است انسانی بگوید که این دانش جذب مصنوع شده است. و شخص استفاده کننده از مصنوع به کمک و رفتن دقیق می‌تواند متوجه شود که کدام دانشها در مصنوع به کار رفته است تا چنین شکل و موادی را برای مصنوع نتیجه دهد. اما برای کسی که در تشخیص انواع دانش بکاررفته در مصنوع تخصصی ندارد، دانش فقط از بین رفته است. این مسئله، دیویس بایرد<sup>2</sup> [9]، یک فیلسوف فناوری، را برآن داشته است که یک واژه اختصاصی برای این پدیده ابداع کند: دانش شیء<sup>3</sup>. دانش شیء با تقریب خوبی مختص فناوری است. در علوم، دانش عموماً به پدیده‌ها ارجاع می‌دهد و نه به مصنوعات (با این وجود پدیده‌ها نیز در مصنوعات مشاهده می‌شوند).

##### 5. نتیجه‌گیری: توصیه‌هایی کاربردی جهت اصلاح نظام آموزش و پژوهش رشته‌های مهندسی دانشگاه

در این فصل سعی می‌شود با استفاده از دستاوردهای تحقیق، پیشنهادهایی کاربردی برای اصلاح نظام آموزش و پژوهش در دانشگاه ارائه شود. پیشنهادها به این شرح است:

##### 6-1. گنجاندن درسی به نام فلسفه فناوری به عنوان یکی از دروس اصلی دوره‌های مهندسی

با توجه به مطالب فصلهای گذشته روشن است که دانشجویان رشته‌های مهندسی بایست حداقل یک درس از جنس فلسفه فناوری داشته باشند. دلایل این ادعا با توجه به مطالب گذشته به صورت زیر است:

1. مهندس بایست بداند قدم در راه تخصصی گذاشته است که معرفت گزاره‌ای برای نیل به آن تخصص لازم است، ولی کافی نیست. مهارتها و تصاویر - همانطور که قبلاً عرض شد - حامل بخش مهمی از دانش مهندسی هستند.
2. مهندس بایست بداند که رشته‌ای که در حال تحصیل در آن است تخصصی بین رشته‌ای است و طبق الگوی دی‌وریز که در فصل 5 ذکر شد بایست 15 جنبه را در کار خود لحاظ کند. طبیعتاً وقتی تخصصی ماهیت بین رشته‌ای دارد، برای تخصص واقعی در آن بایست اقتضات آنرا رعایت کرد. به عنوان نمونه متخصص بایست حداقل آشنایی اجمالی با تمام این جنبه‌ها داشته باشد یا قدرت تعاملات اجتماعی بالایی برای استفاده از متخصصین در جنبه‌های مختلف را دارا باشد.
3. مهندس بایست نسبت تخصص خود یعنی مهندسی را با علم بداند. بایست بداند وجوه اشتراکی با علم دارد و وجوه افتراقی، که این وجوه به تفصیل ذکر شد.

##### 6-2. بررسی شخصیتی داوطلبان رشته‌های مهندسی

روشن است شخصی می‌تواند در رشته‌های مهندسی موفق باشد که از لحاظ شخصیتی با ماهیت دانش مهندسی سنخیت و هماهنگی داشته باشد. تمام ویژگیهایی که در توصیف ماهیت دانش مهندسی آمد بایست در یک کار بین رشته‌ای مهندسی و روانشناسی به یک آزمون تست شخصیت مهندسی تبدیل شود و با استفاده از آن نمره شخصیتی داوطلب مهندسی مشخص گردد. برای مثال اگر دانش

۱ patent

۲ Davis Baird

۳ Thing knowledge

مهندسی هویت هنجاری دارد کسی که می‌خواهد در این رشته متخصص شود بایست از لحاظ شخصیتی فرمانروا و قاضی<sup>1</sup> باشد تا پذیرنده و فرمان‌پذیر<sup>2</sup>.

### 3-6 جدی گرفتن آموزش در حین کار در دوره‌های مهندسی

در فصلهای ما به این دریافت رسیدیم که همه دانش مهندسی را نمی‌توان در قالب گزاره به طالبان آن آموخت (برای نمونه کتابهای درسی یا ارائه‌ی استاد از این جنس است). بخشی از دانش مهندسی را همانطور که دیدیم قابلیت بیان بصورت گزاره - حداقل تا زمان حاضر - را ندارد. این قسم دانش بایست به گونه‌ای دیگر آموخته و یاد گرفته شود. احتمالاً آموزش در حین کار بهترین راه برای آموزش این بخش از دانش مهندسی است. اگر چه در حال حاضر در دانشگاهها درسی به نام کارآموزی وجود دارد اما مشخص است که کارآموزی، آموزش در حین کار نیست بلکه آموختن کار بعد از آموزش است. از تصاویر هم برای آموزش مهارتها می‌توان استفاده کرد.

### 4-6. تاثیر دادن هویت هنجاری دانش مهندسی در آموزش آن

دیدیم که جنبه‌های هنجاری جزء ذات دانش مهندسی هستند. این مختصه دانش مهندسی بایست در آموزش و یادگیری فناوری لحاظ شود. این بدان معناست که این آموزش و یادگیری همواره از عناصری مانند قضاوت کردن یا حکم کردن تشکیل شده است. دانش مهندسی اشیاء را به همان گونه‌ای که هستند نمی‌پذیرد، بلکه نظری هنجاری را درباره‌ی آنها می‌دهد. دانشجویان تنها بایست یاد بگیرند که یک وسیله خاص چیست، بلکه همچنین بایست بدانند این وسیله مانند چه چیز باید باشد یا چه هنگام باید آنرا وسیله‌ای که ما را به هدفمان نمی‌رساند، تلقی کنیم. دانشجویان بایست تنها خواص مواد را یاد بگیرند بلکه باید یاد بگیرند کدام خواص مواد آنها را برای کدام هدف مناسب می‌سازد.

### 5-6. تاثیر دادن هویت بین رشته‌ای دانش مهندسی در آموزش آن

هنگامی که در مورد هویت بین رشته‌ای دانش مهندسی صحبت می‌کنیم ممکن است به نظر بعضی بیاید که با توجه به جنبه‌های زیادی که این هویت را شکل می‌دهند، فناوری هرگز بایست به عنوان یک موضوع و رشته خاص تعلیم و تعلم شود. بایست توجه شود که هویت بین رشته‌ای هیچگاه به این معنا نیست که دانش مهندسی یک نوع متمایز از انواع گوناگون دانش نیست یا شاخه‌های گوناگونی در این دانش وجود ندارد، بلکه بیانگر این واقعیت است که پیشرفتهای فناورانه نیازمند استفاده از دانش در زمینه‌های گوناگون است. اگر بخواهیم این واقعیت را در عرصه تعلیم و تعلم پیاده کنیم بایست آموزش رشته‌های مختلف مهندسی در ارتباط با یکدیگر و با همکاری هم صورت پذیرد. این مسئله در زمان حاضر اهمیت دوچندان پیدا می‌کند چرا که مرز بین شاخه‌های مختلف علوم مرز واضح‌تر و عمیق‌تری شده است. در گذشته که این مرزها اینقدر واضح و شفاف نبود طبیعتاً تعاملها و آگاهیهای رشته‌های مختلف از یکدیگر بیشتر بود و در نتیجه کار بین رشته‌ای راحت‌تر انجام می‌پذیرفت. اما اکنون که این مرزها واضحتر شده است، تعاملات رشته‌های مختلف علوم خصوصاً برای پیشرفت فناورانه یک ضرورت راهبردی است.

### قدردانی:

از خداوند متعال که لطفش همه چیز بود. از اساتید بزرگوار خصوصاً جناب استاد تقوی که هم من را با این زمینه آشنا کردند و هم راهنما و معلمی دلسوز در این عرصه بودند.

<sup>1</sup> judger

<sup>2</sup> perceiver



### فهرست مراجع:

1. منصور شمس، آشنایی با معرفت شناسی. آیت عشق، 1382.
2. آلن اف چالمرز، سعید زیبا کلام، چیستی علم؛ درآمدی بر مکاتب علم شناسی فلسفی. سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاهها (سمت)، 1384.
3. محمد خوانساری، منطق. شرکت چاپ و نشر کتابهای درسی ایران، 1387.
4. Marc J.de Vries, **Teaching about Technology, an Introduction to the Philosophy of Technology for Non-philosophers**. Springer, 2005.
5. Walther G. Vincenti, **What Engineers Know and How They Know It**. Baltimore: Johns Hopkins Press, 1990.
6. Gilbert Ryle, **The concept of mind**. Chicago: University of Chicago Press, 1984.
7. Eugene S. Ferguson, **Engineering and the Mind's Eye**. Cambridge, MA: MIT Press, 1992.
8. Marc J.de Vries, The Nature of Technological Knowledge Extending Empirically Informed Studies into What Engineers Know. **Springer**, 2003.
9. Davis Baird, **Thing knowledge**. Chicago: Chicago University Press, 2004.