

بررسی سه مدل فرآیند طراحی مهندسی در بستر یک موردکاوی: تلسکوپ فضایی هابل¹

مصطفی تقوی

مدیر گروه سیاست علم و فناوری

مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور

m_taqavi@sina.sharif.edu

سیده پریسا موسوی طباطبایی

دانشجوی دکترای مطالعات علم و فناوری

دانشگاه ویرجینیا تک

moosavi@vt.edu

چکیده

فرآیند طراحی، یکی از فرآیندهای اصلی در فعالیت مهندسی است. در این مقاله، پس از نشان دادن جایگاه مهندسی در مباحث مربوط به تکنولوژی، به فرآیند طراحی می‌پردازیم و آن را از دیدگاه سه مدل مختلف بررسی می‌کنیم. مدل اول، مدل وینسنتی نام دارد و با یک دید انتزاعی به موضوع می‌پردازد. مدل دوم، مدل بوکیارلی است که نگاهی اجتماعی دارد و فرآیند طراحی را تنها در زمینه و بستر فرهنگی‌اش قابل بررسی می‌داند؛ و مدل آخر، یعنی مدل پیت، مبتنی بر افراد و تصمیم‌گیری‌های عقلانی آنها است. پس از معرفی این سه مدل، پروژه‌ی تلسکوپ فضایی هابل را به‌عنوان یک نمونه‌ی عملی موردکاوی کرده و شایستگی مدل‌ها را، در توضیح پدیده‌های مربوط به آن، با هم مقایسه می‌نماییم.

واژه‌های کلیدی: طراحی مهندسی، مدل وینسنتی، مدل بوکیارلی، مدل پیت، تلسکوپ فضایی هابل

1. مقدمه

فلسفه‌ی تکنولوژی معمولاً از دو زاویه مورد بررسی قرار گرفته است. یکی دیدگاه مهندسان و مدیران است و دیگری دیدگاه فیلسوفان و جامعه‌شناسان. مهندسان و مدیران، به تکنولوژی خوشبین هستند و نگاهشان معطوف به گسترش و توسعه‌ی تکنولوژی است. درحالی‌که فیلسوفان و جامعه‌شناسان بیشتر درباره‌ی تکنولوژی نگران‌اند و درمورد عواقب ناخواسته‌ی آن هشدار می‌دهند. اغلب مردم تکنولوژی را مترادف با ابزار می‌دانند، زیرا آنها بیشتر با مصادیق تکنولوژی نظیر رایانه‌ها و گوشی‌های تلفن همراه سروکار دارند؛ اما دیدگاه توسعه‌طلبانه‌ی مهندسان و مدیران تکنولوژی، ما را به شناخت ابعاد غیر فیزیکی تکنولوژی رهنمون می‌شود. مهندسان و مدیران تکنولوژی دریافته‌اند که هیچ ابزاری، تا زمانی که زمینه‌ی فرهنگی جامعه برای آن مساعد نباشد، مورد استفاده قرار نخواهد گرفت. از نظر آنان، برای اینکه یک ابزار تکنولوژی محسوب شود، باید بازار خوبی داشته باشد؛ و برای اینکه بازار خوبی داشته باشد، باید فرهنگ استفاده از آن در جامعه موجود باشد. پس درواقع، این استفاده از ابزار است که باید تکنولوژی نامیده شود، نه خود ابزار. در دیدگاه فیلسوفان و جامعه‌شناسان نیز تکنولوژی چیزی فراتر از ابزار فیزیکی است. اما آنها، برخلاف مهندسان و مدیران، لزوم توسعه و گسترش تکنولوژی را پیش‌فرض نمی‌گیرند بلکه آن را مورد تأمل و انتقاد قرار می‌دهند. تأثیر تکنولوژی بر جامعه امر کم‌اهمیتی نیست. نیل

¹ این مقاله با حمایت مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور به سامان رسیده است.



پست‌من¹ (Postman, ۲۰۰۴)، جامعه‌شناس آمریکایی، در مورد تغییر تکنولوژیکی و فرهنگِ زاییده‌ی آن هشدار می‌دهد و تأثیرِ تکنولوژی بر جامعه را مانند حل‌شدنِ قطره‌ی جوهر در آب می‌داند. از طرفِ دیگرِ مارتین هایدگر² (Heidegger, ۲۰۰۳)، فیلسوفِ آلمانی، اعتقاد دارد ظهورِ تکنولوژی باعث شده است واقعیت‌ها را تنها به‌گونه‌ای خاص ببینیم و طبیعت را به‌منابِه منبعِ محاسبه‌پذیری برای رفعِ احتیاجاتِ انسانی بیانگاریم. او هشدار می‌دهد که ممکن است تحتِ تأثیرِ این فرهنگ، سرانجام انسان‌ها نیز، به‌عنوانِ منابعِ محاسبه‌پذیرِ انگاشته شوند. نکته‌ی قابلِ تأملی که در اینجا وجود دارد این است که این‌گونه انتقادات، همیشه در چارچوبِ یک نظامِ ارزشی معنا پیدا می‌کنند. این درست است که ظهورِ یک تکنولوژی فرهنگ و ارزش‌های نویی را با خود به همراه می‌آورد، اما اگر یک نظامِ ارزشی را پیش‌فرض نگیریم، نمی‌توانیم به‌سادگی این فرهنگ و ارزش‌های جدید را محکوم کنیم.

ژوزف پیت³، در کتاب‌اش با عنوانِ «اندیشیدن در بابِ تکنولوژی» (Pitt, ۲۰۰۰)، سعی می‌کند با یک رویکردِ فلسفی به فیلسوفانِ مخالفِ تکنولوژی پاسخ داده و از تکنولوژی دفاع نماید. یکی از آموزه‌های مهمّ او این است که قبل از اینکه از تکنولوژی انتقاد کنیم، باید آن را خوب بفهمیم؛ مثلاً این درست نیست که نقشِ عنصرِ انسانی را در تکنولوژی ندیده بگیریم و برای تکنولوژی هویت و اراده‌ی مستقلی قائل شویم. آموزه‌ی دیگرِ پیت این است که نه تنها باید تکنولوژی را بفهمیم، بلکه باید از طریقِ تأملاتِ معرفت‌شناختی، درک و فهمِ خودمان از تکنولوژی را نیز موردِ مطالعه و سنجش قرار دهیم؛ مثلاً وقتی با یک پس‌زمینه‌ی ارزشی به سراغ تکنولوژی می‌رویم، باید بدانیم هر حکمی که درباره‌ی تکنولوژی صادر کنیم، متأثر از این نظامِ ارزشی خواهد بود. لازم است به این نکته هم توجه کنیم که پیت تکنولوژی را منحصر به ابزارهای فیزیکی و به‌کارگیریِ آنها نمی‌داند. بلکه از نظرِ او، هر نظام یا نهادی که کاری را در جامعه انجام می‌دهد، در حکمِ یک ابزارِ اجتماعی است و می‌تواند تکنولوژی دانسته شود. او عقیده دارد تکنولوژی هم، مانند علم، یک فعالیتِ هدفمندِ انسانی است و تصمیم‌گیریِ انسان‌ها سرنوشتِ آن را تعیین می‌کند. او با تأکیدِ ویژه‌ای که بر نقشِ تصمیم‌گیریِ انسانی در تکنولوژی دارد، در نهایت آن را "انسانیت در مقامِ کار"⁴ تعریف می‌کند. به نظرِ پیت، یکی از راه‌های شناختِ تکنولوژی این است که ببینیم چه شباهت‌ها و تفاوت‌هایی با نزدیکان‌اش دارد. یکی از همسایگانِ نزدیکِ تکنولوژی، که برای این منظور مناسب است، علم است. زیرا از یک طرف، اسمِ آن را همه‌جا همراه با تکنولوژی می‌شنویم و از طرفِ دیگر، مباحثِ مربوط به فلسفه‌ی علم خیلی قبل‌تر از فلسفه‌ی تکنولوژی مطرح بوده‌اند و منظم‌تر و پخته‌تر شده‌اند.

معرفتِ علمی و ماهیتِ آن، همواره یکی از مباحثِ مطرح در فلسفه‌ی علم بوده است. در تناظر با این مفهوم، می‌توانیم معرفتِ تکنولوژیک را قرار دهیم. با توجه به تعریفِ پیت از تکنولوژی، معرفتِ تکنولوژیک، شکلی خاصی از معرفت است که درباره‌ی چگونگی انجام دادنِ کارها یا ساختنِ چیزها صحبت می‌کند. همان‌طور که در عرصه‌ی علم دانشمندان به رشد و توسعه‌ی علم می‌پردازند، در عرصه‌ی تکنولوژی نیز اشخاصی هستند که فعالیت‌شان موجب گسترشِ تکنولوژی می‌شود. به‌عقیده‌ی پیت، چنین اشخاصی باید مانند دانشمندان، خلاق و مملو از معرفت باشند. او هم‌پای دانشمندان را، در عرصه‌ی تکنولوژی، مهندسِ امروزی می‌داند.

پیت، در کتاب‌اش، پس از بررسیِ تعاریفِ مختلفِ مهندسی⁵، آن را به‌این‌صورت تعریف می‌کند:

مهندسی عبارت است از عملیاتِ سامان‌دهیِ طراحی⁶، ساخت⁷ و اجرا⁸ی هر ایده‌ی⁹ که جهانِ فیزیکی و اجتماعی اطرافِ ما را تغییر دهد تا یکی از نیازهای شناخته‌شده‌ی ما را برآورده سازد.

¹ Neil Postman

² Martin Heidegger

³ Joseph Pitt

⁴ Humanity at Work

⁵ Engineering

⁶ Design

⁷ Construction

⁸ Operation

⁹ Artifice

در این تعریف، مهندسی به‌عنوان یک عملیات مورد توجه واقع شده است؛ زیرا هم‌پای تولید معرفت علمی در حوزه‌ی علم، انجام پروژه‌ی مهندسی در حوزه‌ی تکنولوژی است. حال اگر بخواهیم درک‌مان از مهندسی را بسنجیم و نظرات مختلف درمورد آن را ارزیابی کنیم، باید با یک دید روش‌شناختی به آن بنگریم. روش اساسی در مهندسی، طراحی است. بنابراین در پرداختن به روش‌شناسی، باید سعی کنیم معیارهایی برای ارزیابی فرآیند طراحی¹ پیدا کنیم. مدل‌های فرآیند طراحی چنین کاری انجام می‌دهند و در واقع هم‌پای نظریه‌های مختلف در معرفت‌شناسی هستند.

در ادامه‌ی مقاله، در بخش دوم بر روی مدل‌های فرآیند طراحی، به‌عنوان روش‌شناسی اصلی مهندسی، تمرکز کرده و سه مدل مختلف را مطالعه می‌نماییم. در بخش سوم مورد تلسکوپ فضایی هابل² را، به‌عنوان یک پروژه‌ی تکنولوژیکی ناموفق، شرح می‌دهیم. در بخش چهارم شایستگی مدل‌های طراحی را، برای توضیح این مورد عملی، با یکدیگر مقایسه می‌کنیم؛ و در بخش پنجم بحث را با یک نتیجه‌گیری به پایان می‌بریم.

2. مدل‌های فرآیند طراحی مهندسی

در این بخش، به بررسی سه ادعای مختلف درباره‌ی فرآیند طراحی می‌پردازیم. همان‌طور که گفتیم، مدل‌های مختلف برای فرآیند طراحی را می‌توانیم هم‌پای نظریه‌های مختلف در معرفت‌شناسی بدانیم. در معرفت‌شناسی، یک نظریه‌ی خوب دست‌کم قادر است به ما بگوید چه‌زمانی ممکن است یک حکم معرفتی غلط صادر کنیم. به‌این‌ترتیب، یک مدل طراحی خوب نیز مدلی است که پیچیدگی‌های موجود در طراحی را روشن سازد و به ما بگوید یک پروژه‌ی مهندسی چه‌زمانی ناموفق می‌ماند.

اولین مدلی که در این بخش بررسی می‌کنیم، مدل وینسنتی است. این مدل با یک رویکرد انتزاعی به جزئیات مراحل طراحی در مهندسی می‌پردازد. مدل دوم، مدل بوکیارلی است و با یک نگاه جامعه‌شناختی به فرآیند طراحی می‌نگرد. در تقابل با این دو مدل، مدل سوم که همان مدل پیت از تکنولوژی است، بیش از همه بر نقش افراد و تصمیم‌گیری‌های آنها تأکید می‌کند.

2.1. مدل وینسنتی

والتر وینسنتی³، در کتابی با عنوان «آنچه مهندسان می‌دانند و اینکه چگونه آن را می‌دانند» (Vincenti, ۱۹۸۸)، به مدل‌سازی فرآیند طراحی پرداخته است. او با توجه به تعریفی که از مهندسی ارائه کردیم، سه مؤلفه‌ی اصلی را در مهندسی تشخیص می‌دهد که عبارت از طراحی، ساخت و اجرا هستند. وینسنتی در میان این سه مؤلفه بر روی طراحی متمرکز می‌شود و تأکید می‌کند که منظور از طراحی در این تعریف طرح نیست؛ بلکه فرآیند طراحی است⁴. طرح به معنای نقشه‌ها و دستورالعمل‌هایی است که برای انجام یک کار، یا ساخت یک دستگاه، مورد استفاده قرار می‌گیرند. اما منظور از طراحی، دقیقاً مسیری است که برای دستیابی به این طرح باید طی شود.

فرآیند طراحی معمولاً این‌گونه انجام می‌شود که ابتدا ایده و روشی که قرار است پیاده شود، کاملاً مطالعه می‌گردد. در مرحله‌ی بعد، ابزارها و دستگاه‌هایی که می‌توانند برای پیاده‌سازی مورد استفاده قرار گیرند، با کمک تحلیل‌های ریاضی بررسی می‌شوند. پس از آن، کارایی این دستگاه‌ها با آزمون‌های عملی سنجیده می‌شود و تغییرات لازم برای اصلاح عملکرد آنها انجام می‌گیرد. از نظر وینسنتی، انجام این مراحل معمولاً نیازمند چندین بار تکرار است؛ زیرا اتفاقاتی که در طول فرآیند رخ می‌دهند، هر بار به شکل متفاوتی هستند و امکان برخورد با مشکلات

¹ Design Process

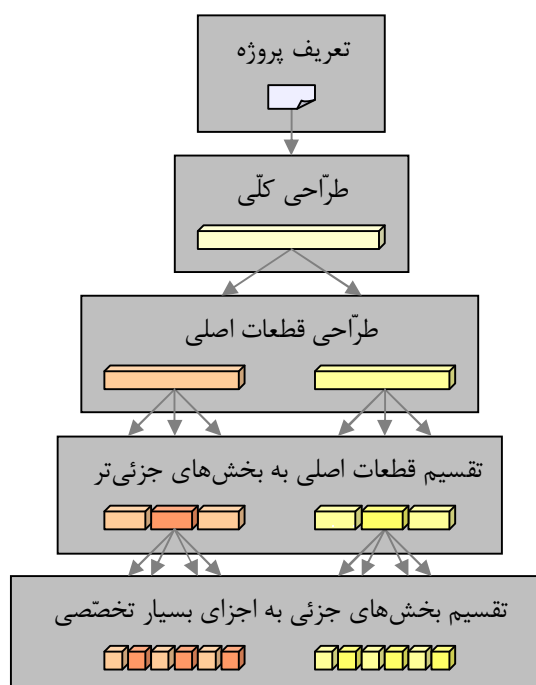
² Hubble Space Telescope

³ Walter Vincenti

⁴ این تأکید، ظاهراً به این خاطر است که در زبان انگلیسی برای "طراحی" و "طرح" یک کلمه‌ی مشترک (Design) به‌کار می‌رود. با این حال، به دلیل اهمیت موضوع، آن را اینجا آورده‌ایم.

پیش‌بینی نشده وجود دارد. با توجّه به این موضوع، چون دانشی که از مسئله داریم از ابتدا کامل نیست، فرآیند طراحی به روش آزمون و خطا انجام می‌شود؛ یعنی مرتباً بر مبنای دانش ناکاملی که داریم، تصمیمی می‌گیریم و پس از دیدن نتیجه، آن را تکمیل و اصلاح می‌کنیم. وینسنٹی در نهایت برای توصیف این فرآیند دست‌به‌دامن یک مدل انتزاعی شده است. او که خود مهندس هواضا است، برای شرح این مدل از مثال‌های مربوط به طراحی هواپیما استفاده کرده است؛ اما مراحل در نظر گرفته شده در مدل کاملاً عمومیت دارند و می‌توانیم آنها را در مورد فرآیندهای طراحی دیگر هم به کار ببریم. مدل وینسنٹی، چنان‌که خواهیم دید، فرآیند طراحی را به مؤلفه‌های عمودی و افقی تجزیه کرده و اقدامات لازم در هر مرحله از کار را با ذکر جزئیات مشخص می‌سازد.

در این مدل، برای طراحی پنج مرحله در نظر گرفته شده است. این مراحل عبارت‌اند از: (1) تعریف پروژه؛ (2) طراحی کلی؛ (3) طراحی قطعات اصلی؛ (4) تقسیم قطعات اصلی به بخش‌های جزئی‌تر؛ و (5) تقسیم بخش‌های جزئی به اجزای کاملاً تخصصی. در مرحله‌ی تعریف پروژه، مواردی که به‌خوبی مشخص نشده‌اند - مانند مسائل تجاری، اقتصادی و فنی - کاملاً تعریف می‌گردند. در مرحله‌ی بعد، طرح کلی کار ارائه می‌شود و در مراحل بعدی، این طرح کلی مرتباً به اجزای کوچک‌تری تقسیم شده و با جزئیات بیشتری بررسی می‌گردد. این روند در شکل (1) نشان داده شده است.



شکل (1) - مدل وینسنٹی

آنچه در مدل وینسنٹی حائز اهمیت است، این است که سطوح مختلف آن با یکدیگر دارای تعامل هستند و نتیجه‌ی هر مرحله، مراحل بعد را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بنابراین فرآیند طراحی به‌صورت سلسله‌مراتبی از بالا به پایین و در سطح افقی پیش می‌رود. آنچه در این مدل بدان پرداخته نمی‌شود، نقش افراد و محیط اجتماعی است. یعنی در این مدل جایی برای افرادی که در فرآیند طراحی سهیم هستند و تصمیمات لازم را می‌گیرند، در نظر گرفته نشده است. چنان‌که خواهیم دید، این مسئله نقطه ضعف مدل وینسنٹی به‌شمار می‌رود و مدل‌های دیگر به‌نحوی درصدد اصلاح آن برآمده‌اند.

2.2. مدل بوکیارلی

لوئیس بوکیارلی¹، در کتابی با عنوان «مهندسانِ طراح» (Bucciarelli, ۱۹۹۴)، مدل دیگری از فرآیند طراحی ارائه کرده است که مهم-ترین ویژگی آن توجه به اهمیت افراد و محیط اجتماعی است. بوکیارلی، برخلاف وینسنتی، طراحی را به مثابه یک فرآیند اجتماعی می‌بیند که در یک زیرفرهنگ و در تعامل با فرهنگ دربرگیرنده رخ می‌دهد. نقش فرهنگ و زمینه اجتماعی از نظر بوکیارلی آن قدر مهم و اساسی است که باعث می‌شود اصلاً نتوانیم فرآیند طراحی را به خوبی بشناسیم و مطالعه کنیم؛ چرا که هدف یا موضوع فرآیند طراحی، کاملاً تحت تأثیر این زمینه فرهنگی قرار گرفته و از معنایی که پیش از طراحی برای آن لحاظ شده فاصله می‌گیرد.

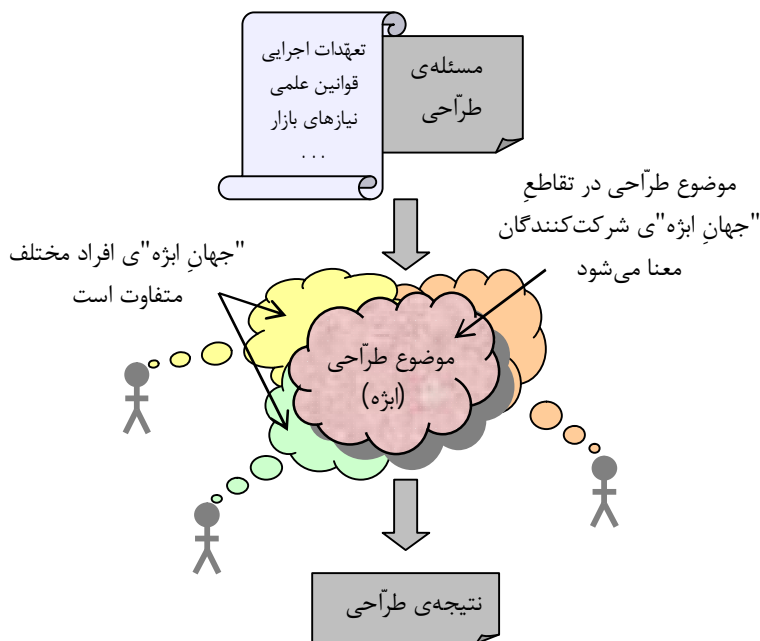
برای اینکه ادعای بوکیارلی درباره فرآیند طراحی را بهتر بفهمیم، لازم است به این موضوع توجه کنیم که او، به طور ضمنی، میان دو چیز تفاوت قائل می‌شود: (1) اینکه فرآیند طراحی، خود چگونه است؛ و (2) این که هر یک از افراد شرکت کننده در طراحی، آن را چگونه درک می‌کنند. برای نشان دادن اهمیت این تمایز، بوکیارلی تأکید می‌کند که طراحی مهندسی با هم‌کاری طیف وسیعی از افراد انجام می‌شود که توانایی‌ها، مسئولیت‌ها و گرایش‌های متفاوتی دارند. در حقیقت، هر یک از این افراد تنها مسئول یک بخش جزئی یا یک زیرسیستم از طراحی است و در زمینه فنی خاص خودش فعالیت می‌کند. به همین دلیل، هر فرد مسئله‌ای کاملاً متفاوتی برای حل کردن پیش رو دارد و برای حل این مسئله، از روش‌ها و ابزارهای متفاوتی استفاده می‌کند؛ چرا که در هر زمینه فنی خاص، شیوه‌ی مدلسازی و تفکر، زبان، ابزارهای طراحی، منابع مورد نیاز و ... با زمینه‌ی دیگر متفاوت است.

بوکیارلی از این مسئله نتیجه می‌گیرد که هر یک از شرکت کنندگان در طراحی، بسته به پارادایم حاکم بر تخصص و مسئولیت ویژه‌ی خود، موضوع طراحی را به شکل متفاوتی درک می‌کند. او برای این درک ویژه‌ی ذهنی، اصطلاح "جهان ابژه"² را به کار می‌برد. با توجه به آنچه که گفتیم، "جهان ابژه" به معنای جایگاه معنایی ابژه³ در جهان ذهنی فرد است و بنابراین نمی‌تواند برای افراد مختلف یکسان باشد. به زعم بوکیارلی، این امر نشان می‌دهد که عینی‌ترین بخش فرآیند طراحی، یعنی موضوع طراحی، خود یک مفهوم ابری و بسیار فازی است و برای فهمیدن آن باید نسبت به پهنا و ژرفای کامل زمینه اجتماعی و تاریخی حساس باشیم. این مسئله در شکل (2) نشان داده شده است. روی هم رفته بوکیارلی معتقد است که فرآیند طراحی، با وجود اینکه خودمختار نیست، کاملاً اجتماعی و پیچیده است. او تأکید دارد که ابهام جزء ذاتی فرآیند طراحی است؛ یعنی به هیچ وجه چیزی مثل یک اصل علمی بر این فرآیند حاکم نیست. او می‌گوید ما نباید انتظار داشته باشیم که با مطالعه‌ی این فرآیند به قانون حاکم در پس پرده‌ی آن پی ببریم، یا امیدوار باشیم که یک روش بهینه برای آن پیدا کنیم. در واقع هیچ راهی برای درک فرآیند طراحی، در معنایی که شرکت کنندگان در طراحی آن را می‌فهمند، وجود ندارد. این بدان معنا نیست که بگوییم فرآیند طراحی غیرعقلانی است، یا نمی‌توانیم توصیفی برای چگونگی رخداد آن در نظر بگیریم و از آن برای دستیابی به پیشرفت بهره ببریم. موضوع این است که این توصیف، هیچ‌گاه نمی‌تواند دربرگیرنده‌ی درک تمام شرکت کنندگان از طراحی باشد؛ زیرا درک این افراد ممکن است در تناقض با یکدیگر باشد. بنابراین، با اینکه هر شرکت کننده به صورت کاملاً عقلانی در فرآیند طراحی شرکت می‌کند، عقلانیت کلّ این فرآیند، از یک نگاه بیرونی و فارغ از اجزاء قابل درک و پیش‌بینی نیست.

¹ Louis Bucciarelli

² Object World

³ بوکیارلی اصطلاح ابژه (Object) را در معنای وسیعی به کار می‌گیرد که هم به معنای شیء و رخداد است، و هم در زمینه‌ی فرآیند طراحی، می‌تواند به-معنای هدف و موضوع طراحی فهمیده شود. به همین دلیل، خود اصطلاح ابژه را برای آن به کار برده‌ایم.



شکل (2) - مدل بوکیارلی

بنابراین، همان‌طور که در شکل (2) دیده می‌شود، فرآیند طراحی نقطه‌ی تقاطع جهان‌های ذهنی متفاوت است. اگر فرآیند طراحی را مانند یک کارخانه در نظر بگیریم، می‌توانیم بگوییم مواردی مانند تعهدات اجرایی لحاظ شده در قرارداد مهندسی، قوانین علمی و نیازهای بازار ورودی‌های این کارخانه هستند؛ اما آنچه تأثیرگذارتر است، هنجارها و فرهنگ حاکم بر این کارخانه است، زیرا در این فرهنگ است که موضوع طراحی معنای خود را پیدا می‌کند.

به‌طور کلی اگر نظر بوکیارلی را بپذیریم، به اینجا می‌رسیم که طراحی یک فرآیند کاملاً اجتماعی و حاصل مذاکرات و اجماع نظرهای بی‌شمار است و در این فرآیند، هیچ‌کس نمی‌تواند شکل محصول نهایی را تعیین کند؛ یعنی هیچ‌کسی شکل و کارکرد ماشین‌ها، ساختارها و نظام‌هایی را که بخشی از زندگی معاصر هستند و ثمره‌ی یک فعالیت تکنولوژیکی یعنی فرآیند طراحی به‌شمار می‌آیند، مشخص نمی‌کند.

2.3. مدل پیت

همان‌طور که در مقدمه‌ی مقاله اشاره کردیم، ژوزف پیت تکنولوژی را یک فعالیت هدفمند انسانی می‌داند و آن را به‌صورت "انسانیت در مقام کار" تعریف می‌کند. او در کتاب خود اشاره نموده که این تعریف جامع است، یعنی همه‌ی انواع تکنولوژی را دربرمی‌گیرد؛ اما مانع نیست، یعنی هر فعالیت انسانی و هدفمندی را، که ممکن است برای آن اصطلاح تکنولوژی هم به‌کار نرود، شامل می‌شود.

یک ویژگی مهم در تعریف پیت این است که در این تعریف، تکنولوژی نه خود ابزار، بلکه به‌کارگیری ابزار دانسته شده است. به‌همین دلیل، نقش عنصر انسانی، که باید برای خلق یا به‌کارگیری ابزار تصمیم بگیرد، در آن کاملاً مشخص است. پیت در مدلسازی تکنولوژی به‌ویژه تأکید دارد که هدف از مدلسازی یک فرآیند، ساده کردن پدیده‌ها نیست؛ بلکه می‌خواهد اجزای آن فرآیند را بیشتر شکافته و نقش آن‌ها را بهتر مشخص نماید. به‌این ترتیب، او در این مدلسازی نقش ویژه‌ای برای تصمیم‌گیری در نظر گرفته است.

مدلی که پیت ارائه کرده است، در واقع برای تکنولوژی و با توجه به تعریف "انسانیت در مقام کار" ارائه شده است. اما از آنجا که این مدل هم، مانند تعریف، بسیار جامع است، و فرآیند طراحی، به‌عنوان بخشی از فعالیت مهندسی، یک فعالیت تکنولوژیکی به‌شمار می‌رود، می‌توانیم مدل را

به‌عنوان مدلی برای فرآیند طراحی نیز در نظر بگیریم. بنابراین، سومین مدلی که برای فرآیند طراحی مطالعه می‌کنیم، مدل پیت است که در این بخش به آن می‌پردازیم.

از نظر پیت، هر جا که انسان‌ها حضور دارند و فعالیتی انجام می‌دهند، تصمیم‌گیری نیز حضور دارد. او در مدل خود، تصمیم‌گیری را به‌صورت یک تبدیل در نظر می‌گیرد که چند ورودی و یک خروجی دارد. خروجی این تبدیل، تصمیم است و معرفتی که در تصمیم‌گیری از آن استفاده می‌شود، ورودی آن را تشکیل می‌دهد. وقتی با موقعیتی روبه‌رو می‌شویم که نیاز به تصمیم‌گیری دارد، با استفاده از دانش و اطلاعاتی که داریم، سعی می‌کنیم بهترین تصمیم ممکن را بگیریم. مثلاً وقتی به مشکلی برخوردیم، ممکن است تصمیم بگیریم برای رفع آن از به خلق یا استفاده از یک ابزار متوسل شویم، و یا این‌که به اینجا برسیم که برای رفع مشکل تصمیم‌گیری دیگری لازم است. پیت این دو نوع تصمیم را از یکدیگر جدا می‌کند. در حالت اول، نتیجه‌ی تصمیم‌گیری به‌کارگیری یک ابزار است، و در حالت دوم، یک تصمیم‌گیری دیگر.

گفتیم که منظور پیت از ابزار، تنها ابزارها و ماشین‌های فیزیکی نیستند؛ بلکه در دیدگاه او، نظام‌ها و نهادهای اجتماعی نیز ابزار شمرده می‌شوند. در واقع، ابزار هم مانند تبدیلی است که ما را از چند ورودی به یک خروجی می‌رساند. بعنوان مثال، یک پالایشگاه نفت، نفت خام را به نفت تصفیه‌شده تبدیل می‌کند؛ یا مثلاً یک نظام حقوقی، اختلاف میان افراد را به برابری و عدالت تبدیل می‌کند. به‌این ترتیب، ابزار را هم می‌توانیم نوعی تبدیل در نظر بگیریم.

پیت این دو نوع تبدیل یعنی تصمیم‌گیری و ابزار را به موازات یکدیگر بررسی می‌کند و آن‌ها را به ترتیب "تبدیل درجه اول"¹ و "تبدیل درجه دوم"² می‌نامد. با توجه به چیزی که در مورد انواع تصمیم گفتیم، نتیجه‌ی تصمیم‌گیری می‌تواند یک تصمیم‌گیری دیگر یا به‌کارگیری یک ابزار باشد. به بیان دیگر، خروجی "تبدیل درجه اول" می‌تواند یک "تبدیل درجه اول" یا یک "تبدیل درجه دوم" باشد. این مطلب در شکل (3) دیده می‌شود. نکته‌ی مهمی که در اینجا وجود دارد این است که "تبدیل درجه دوم" همیشه نتیجه‌ی یک "تبدیل درجه اول" است. یعنی تمام ابزارها، چه در هنگام خلق شدن و چه در هنگام به‌کارگیری، نتیجه‌ی یک تصمیم‌گیری هستند.

پس از قرار دادن این دو تبدیل در مدل، پیت می‌گوید که مدلسازی هنوز کامل نیست و به یک بخش اساسی دیگر نیاز دارد. این عنصر حیاتی، بازخورد ارزیابی³ نام دارد و شامل بازنگری نتایج بدست آمده از این دو تبدیل است. در واقع، زمانی که تأثیر تصمیمات گرفته‌شده و ابزارهای به‌کاربرده‌شده روشن می‌شود، یک تجربه حاصل شده است، که باید برای تکمیل معرفت بکار گرفته شود. بدین ترتیب، با هر بار تجربه، معرفت و دانشی که داریم کامل‌تر می‌شود و می‌توانیم تصمیمات بهتری بگیریم.

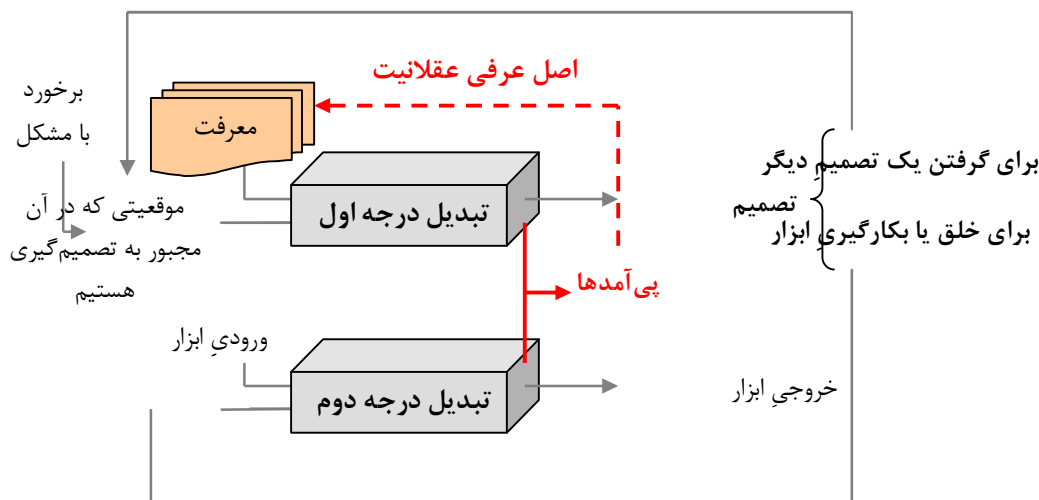
بازخورد ارزیابی را می‌توانیم نوع خاصی از تصمیم‌گیری عقلانی بدانیم که پیت آن را استفاده از "اصل عرفی عقلانیت"⁴ نامیده است. منظور از عقلانیت این نیست که شیوه‌ی خاصی را بکار ببریم که موفقیت نهایی را تضمین می‌کند. موفقیت به عوامل زیادی بستگی دارد و نمی‌توان آن را تضمین کرد. اما اگر از تجربه‌هایمان استفاده کنیم، می‌توانیم حداقل از تکرار اشتباهات پرهیز کنیم و تا حدود زیادی جلوی شکست را بگیریم. پیت عقلانیت را در این معنا به‌کار می‌برد، و "اصل عرفی عقلانیت" را درس آموختن از تجربه می‌داند.

¹ First-order Transformation

² Second-order Transformation

³ Assessment Feedback

⁴ Commonsense Principle of Rationality



شکل (3) - مدل پیت

با اضافه کردن این بازخورد، مدل پیت کامل می‌شود. بدین ترتیب این مدل سه بخش دارد که عبارت‌اند از: "تبدیل درجه اول"؛ "تبدیل درجه دوم"؛ و "بازخورد ارزیابی". این سه بخش و جایگاهشان در مدل پیت، در شکل (3) نشان داده شده‌اند. نکته‌ی اصلی در مورد مدل پیت این است که در آن بر روی تصمیم‌گیری، ارزیابی پی‌آمدها، و ترکیب مستمر معرفت با تجربه تأکید می‌شود. اگر فرآیند طراحی را به این صورت ملاحظه کنیم، هم نقش افراد شرکت‌کننده در طراحی، به علت تصمیماتی که می‌گیرند، دیده می‌شود و هم امکان پیشرفت و دستیابی به اهداف از پیش تعیین‌شده باقی می‌ماند. در واقع مدل پیت، در مورد غیر قابل پیش‌بینی بودن محصول طراحی، با بوکیارتی موافق نیست. همان‌طور که دیدیم، بوکیارتی می‌گفت هیچ‌کس شکل نهایی محصول را تعیین نمی‌کند؛ اما پیت اعتقاد دارد که حداقل ویژگی‌های خاصی در مورد محصول وجود دارند که شکل آنها از پیش تعیین می‌شود. مثلاً در قراردادهایی که دولت‌ها با یکدیگر امضا می‌کنند، مواردی ذکر می‌شود که باید حتماً برآورده شود.

3. مورد تلسکوپ فضایی هابل

تلسکوپ فضایی هابل، مثالی از عدم موفقیت یک پروژه‌ی مهندسی است. به‌همین دلیل، برای ارزیابی سه مدل فرآیند طراحی، مورد مناسبی به‌شمار می‌رود. از طرف دیگر، این مثال موردی را نشان می‌دهد که در آن موفقیت یک مأموریت علمی به موفقیت یک پروژه‌ی تکنولوژیک بستگی دارد؛ زیرا برای انجام اکتشافات نجومی نیاز به تلسکوپی است که باید به فضا برده شود. بنابراین این مثال نمونه‌ی خوبی از وجود زیرساخت‌های تکنولوژیک در علم نیز هست.

3.1. پیشینه‌ی تلسکوپ

تلسکوپ فضایی هابل، اولین تلسکوپی است که برای مشاهده‌ی اجرام آسمانی در خارج از جو زمین قرار گرفته است و تحول مهمی در تاریخ نجوم به‌شمار می‌رود. ایده‌ی اولیه‌ی این تلسکوپ در سال 1946 مطرح شد. از آنجا که وجود گازها و گردوغبار موجود در جو زمین، باعث افت کیفیت تصاویر اجرام آسمانی می‌شد، استفاده از تلسکوپی در خارج از اتمسفر پیشنهاد شد. در آن زمان، امکان قرار دادن یک تلسکوپ بزرگ در



مدار زمین وجود نداشت. اما بعدها و در سال 1990، یک تلسکوپ فضایی با همکاری ناسا¹ و آژانس فضایی اروپا² ساخته و به فضا پرتاب شد. این تلسکوپ به یاد ستاره‌شناس بزرگ آمریکایی، هابل نام گرفت.

نکته‌ای که در مورد تلسکوپ فضایی هابل حائز اهمیت است، این است که مسائل حاشیه‌ای در آن نقش زیادی داشتند. گستره‌ی افراد علاقمند به سرنوشت این پروژه بسیار وسیع بود و گروه‌هایی از قبیل سیاستمداران، دانشمندان، مهندسان و مأموران دولتی را در برمی‌گرفت. به همین دلیل، از طرفی محدودیت‌های سیاسی، علمی، فنی و اقتصادی بسیاری بود که باید برآورده می‌شد و از طرف دیگر، پای مسائلی مانند منافع گروه‌های رقیب نیز در میان بود.

درواقع، این تلسکوپ از زمان مطرح شدن ایده‌ی اولیه تا انجام شدن مراحل برنامه‌ریزی، ساخت و پرتاب آن به فضا، با ماجراها و مشکلات زیادی روبه‌رو بود. ساختن یک جسم ناظر دوار، نسبت به ساختن یک تلسکوپ ساده، پیچیدگی‌های بسیار بیشتری داشت. مشکلات اقتصادی و تأخیراتی که در زمان‌بندی آن به وجود آمد نیز باعث شد که مراحل ساخت آن کاملاً مطابق طراحی انجام نشود. از طرفی، فاجعه‌ی شاتل فضایی چلنجر³ در سال 1986، و کشته شدن هفت نفر در آن، پرتاب هابل را چهار سال به تأخیر انداخت. این مسئله، خود هزینه‌های نگهداری بسیار سنگینی را به پروژه تحمیل کرد و باعث شد بسیاری از آزمون‌هایی که برای سنجش کارایی تلسکوپ در نظر گرفته شده بود، انجام نشود (Chaisson, 1994).

سرانجام، پس از اینکه هابل به فضا پرتاب شد، متوجه شدند که در آینه‌ی اصلی تلسکوپ یک انحنای مارپیچ وجود دارد. در واقع به دلیل معیوب بودن این آینه، امکان بهره‌برداری کامل از تلسکوپ وجود نداشت و مجبور شدند برای تعمیر آن اقدام کنند.

3.2. داستان آینه‌ی تلسکوپ

در اینجا به مراحل برنامه‌ریزی، پرتاب و تعمیر تلسکوپ کاری نداریم و تنها بر روی مشکلات ساخت آن متمرکز می‌شویم. پس از مشخص شدن اینکه آینه‌ی تلسکوپ معیوب است، ناسا بازرسی‌های گسترده‌ای را انجام داد و سرانجام شرکت سازنده‌ی آینه را مقصر شناخت. در گزارشی که ناسا ارائه کرد (U. S. Congress, 1994)، مواردی به عنوان دلایل اصلی نقص آینه آمده است، که به ذکر آنها می‌پردازیم.

- 1- واشرهای تأیید نشده در دستگاه بازتابی؛
اصلاح‌کننده‌ی خنثای بازتابی⁴ که آن را به اختصار دستگاه بازتابی می‌نامیم، یک دستگاه اندازه‌گیری است که برای آزمایش آینه به کار می‌رود. خود این وسیله از دو آینه و یک عدسی تشکیل شده است. تکنسین‌هایی که می‌خواستند فاصله‌ی آینه و عدسی این وسیله را تنظیم کنند، متوجه شدند که نمی‌توانند عدسی را در جای مشخص شده در طرح قرار دهند. در این مرحله، بر طبق قرارداد، می‌بایست با طرح مشورت می‌شد؛ اما شرکت سازنده، خودسرانه تصمیم گرفت، که برای رفع مشکل، زیر پیچ‌های عدسی واشرهای معمولی بگذارد. برای وسیله‌ای که دقت‌اش در حد یک میلیونیوم اینچ است، چنین کاری نیاز به گزارش ناهم‌خوانی دارد؛ اما چنین گزارشی ارائه نشد.
- 2- نتایج غیر منتظره‌ی دستگاه معکوس؛
اصلاح‌کننده‌ی خنثای معکوس⁵، دستگاه دیگری است که می‌تواند میزان پایداری و تراز بودن دستگاه قبلی را نشان دهد. نتایجی که از آزمایش با این وسیله به دست آمد، با نتایج مورد انتظار مطابقت نداشت و وجود خطا در دستگاه بازتابی را نشان می‌داد. اما این نتایج به این صورت تعبیر شد که احتمالاً خود دستگاه معکوس ایرادی دارد و تصمیم گرفتند که بعداً آن را بررسی کنند. به این ترتیب با اینکه دستگاه بازتابی خطا داشت، از آن برای آزمایش آینه‌ی اصلی تلسکوپ استفاده کردند. برحسب اتفاق، چون هم آینه و هم دستگاه بازتابی ایراد

¹ NASA

² European Space Agency

³ Space Shuttle Challenger disaster

⁴ Reflective Null Corrector

⁵ Inverse Null Corrector

داشتند، نتیجه‌ی آزمایش خوب شد! جالب اینجاست که بعداً وقتی دستگاه بازتابی و معکوس را دوباره بررسی کردند و مشخص شد دستگاه بازتابی خطا دارد، این آزمایش را دوباره تکرار نکردند.

3- ناهم‌خوانی نتایج دستگاه‌های بازتابی و انکساری:

در مراحل بعدی، دستگاه دیگری به نام اصلاح‌کننده‌ی خنثای انکساری¹ برای آزمایش آینه مورد استفاده قرار گرفت. نتایج این آزمایشات، با نتایج دستگاه بازتابی هم‌خوانی نداشت؛ اما این بار هم نتیجه‌ی بد آزمایش به عوامل دیگری مانند خشن بودن سطح آینه و دقت وسایل اندازه‌گیری نسبت داده شد و تحلیل زیادی بر روی آن صورت نپذیرفت.

4- عدم انجام آزمون‌های توصیه‌شده:

به دلیل وجود این همه خطای فاحش، هیئتی از محققان ارشد شرکت سازنده موضوع را بررسی کردند. نتیجه‌ی کار این هیئت این بود که باید آزمون‌های جداگانه‌ای با استفاده از دستگاه‌های دیگر بر روی آینه انجام بگیرد. اما با وجود اهمیت موضوع، هیچ‌یک از این آزمون‌ها در عمل انجام نشد. روشن است که انجام نشدن این آزمون‌ها نتیجه‌ی غفلت و بی‌دقتی نبوده است، بلکه در پی تصمیمی آگاهانه و احتمالاً به-دلیل ملاحظات اقتصادی صورت گرفته است.

5- پنهان کردن خطای کشف‌شده:

مهم‌ترین اتفاق زمانی افتاد که دستگاه انکساری برای اندازه‌گیری مرکز تقعر آینه بکار رفت و نتیجه‌ی آزمایش نشان داد که در آینه یا احتمالاً یکی از دستگاه‌های اندازه‌گیری خطایی وجود دارد. این بار دیگر دستگاه‌های اندازه‌گیری را کاملاً بررسی کردند و مشخص شد که خطا از دستگاه بازتابی بوده است. با این حال، نتایج را به خارج از شرکت منتقل نکردند و عملاً نقص موجود در آینه را مخفی نمودند. اینجا نیز کاملاً مشخص است که کسی تصمیم گرفته است این نتایج را پنهان کند و حقایق را به گونه‌ای دیگر جلوه دهد.

4. مقایسه‌ی سه مدل در توضیح ناکامی پروژه

برای مقایسه‌ی سه مدل طراحی و بررسی اینکه هریک از آنها شکست پروژه‌ی هابل را چگونه توضیح می‌دهند، مشکلات این پروژه را به سه دسته‌ی اصلی تقسیم کرده‌ایم: (1) اصلاح نکردن طراحی؛ (2) تعبیر نادرست نتایج آزمون‌ها؛ و (3) پنهان کردن نواقص. در ادامه، به طور جداگانه، به هر یک از این سه مورد می‌پردازیم.

4.1. اصلاح نکردن طراحی

یکی از مواردی که باعث شکست پروژه شد، مشورت نکردن با طراح پروژه بود. چنان‌که گفتیم، در طراحی پروژه، فاصله‌ی خاصی برای عدسی و آینه‌ی دستگاه بازتابی در نظر گرفته شده بود که در هنگام ساخت، تنظیم این فاصله دچار مشکل شد. شرکت سازنده خودش به تنهایی برای رفع این مشکل اقدام کرد؛ در حالی که در قرارداد ذکر شده بود هر جا مشکلی پیش می‌آید، باید با طراح پروژه مشورت شود. حداقل کاری که شرکت سازنده می‌توانست بکند، این بود که در گزارشی این موضوع را ذکر کند؛ اما این کار را هم انجام نداد. حال ببینیم هر یک از سه مدل فرآیند طراحی درباره‌ی این پدیده چه می‌گویند:

مدل وینسنتی: طراحی تلسکوپ بد بوده است.

مدل بوکیارلی: طراحی تلسکوپ بد بوده است و این به دلیل بد بودن زمینه و فرهنگی است که طراحی در آن انجام شده است.

مدل پیت: طراحی تلسکوپ بد نبوده است، بلکه تنها به خاطر استفاده نشدن از حلقه‌ی بازخورد، به طور کامل مورد بهره‌برداری قرار نگرفته است.

¹ Refractive Null Corrector

نکته‌ی ظریفی که در اینجا وجود دارد، این است که مدل وینسنستی و بوکیارلی هیچ‌کدام حلقه‌ی بازخورد ندارند. بنابراین هر دوی آنها، پس از انجام‌شدن طراحی، کار را تمام‌شده می‌دانند. البته مدل وینسنستی به تکرار‌شونده بودن فرآیند طراحی اشاره می‌کند، اما این تکرار تنها در طول فرآیند طراحی و برای کامل‌شدن طراحی بخش‌ها آورده شده است. درحالی‌که در مدل پیت، حلقه‌ی بازخوردی وجود دارد که امکان اصلاح طراحی پس از مشاهده‌ی "پی‌آمدها"ی آن را ممکن می‌سازد. در مورد تلسکوپ فضایی نیز اتفاقاً در هنگام ساخت مشکلی پیش می‌آید که نشان می‌دهد طراحی باید اصلاح شود. اینجا است که مدل پیت، که وسیع‌تر به مسئله‌ی طراحی نگریسته است، قادر است به ما بگوید اشکال کار در عدم به‌کارگیری حلقه‌ی بازخورد ارزیابی بوده است؛ درحالی‌که مدل وینسنستی تنها از بد بودن طراحی خبر می‌دهد و مدل بوکیارلی حداکثر بد بودن طراحی را به بد بودن فرهنگ کاری شرکت ربط می‌دهد.

4.2. تعبیر نادرست نتایج آزمون‌ها

مشکل دیگری که باعث بروز خطاهای بسیاری در آزمایش‌آینه شد، اشتباهاتی بود که سهواً اتفاق افتاد؛ مثلاً اینکه نتایج بد آزمایشات، به عوامل دیگر نسبت داده شد؛ یا اینکه آزمایش‌آینه‌ی اصلی، پس از مشخص شدن وجود خطا در دستگاه اندازه‌گیری، تکرار نشد. در مورد این مشکل هم توضیح هر یک از مدل‌ها را بررسی می‌کنیم:

مدل وینسنستی: مهندسان شرکت، مهندسان خوبی نبوده‌اند.

مدل بوکیارلی: فرهنگ و فضای درونی شرکت باعث شده است که افراد، از نتایج آزمون‌ها برداشت اشتباهی داشته باشند.

مدل پیت: کامل نبودن معرفت و فرضیات غلط باعث شده‌اند که در مورد نتایج آزمون‌ها به اشتباه تصمیم‌گیری شود.

چنان‌که گفتیم، مدل وینسنستی، یک مدل کاملاً انتزاعی است و در آن نقشی برای افراد در نظر گرفته نشده است. بنابراین اگر بخواهیم این پدیده را با مدل وینسنستی توضیح دهیم، تنها می‌توانیم بگوییم که عملیات تکرار‌شونده‌ای که وینسنستی بر آن تأکید می‌کند، انجام نشده است. با توجه به پیش‌فرض بودن نقش مهندسان در طراحی، حداکثر می‌توانیم بگوییم مهندسان شرکت خوب عمل نکرده‌اند؛ اما نمی‌توانیم بگوییم که علت انجام نشدن تکرار واقعاً چیست. مدل بوکیارلی هم حرف زیادی برای گفتن ندارد. به خاطر داریم که بوکیارلی عقیده داشت ابهام جزء ذاتی هر پدیدار اجتماعی است. بنابراین مدل او هرگونه اشتباه و سوءتعبیری را، در جهان ابژه‌های ابری طراحی، امری طبیعی می‌داند. برخلاف این دو مدل، مدل پیت با تأکید بر نقش معرفت در تصمیم‌گیری، علت اصلی بروز اشتباه یعنی کامل نبودن معرفت را روشن می‌سازد. بنابراین، باز هم تنها مدل پیت است که می‌تواند این پدیده را به‌خوبی توضیح دهد.

4.3. پنهان کردن نواقص

آخرین مشکل و در واقع علت اصلی باقی‌ماندن نقص در آینه، پنهان کردن نواقص بود. بعد از تحقیقاتی که انجام شد، معلوم گردید که کارکنان بخش تضمین کیفیت در شرکت سازنده، با اینکه در جلسات روزانه‌ی مربوط به تلسکوپ حضور داشتند، از نتایج بد آزمایشات آگاه نبوده‌اند. این امر نشان می‌دهد که این مسائل هیچ‌وقت در جلسات شرکت مطرح نشده‌اند. این مطلب را نیز از نگاه هر یک از سه مدل بررسی می‌کنیم:

مدل وینسنستی: مدیران شرکت، مدیران خوبی نبوده‌اند.

مدل بوکیارلی: فرهنگ و فضای درونی شرکت باعث شده است، که مدیران تحت فشار قرار بگیرند و نتوانند نواقص آینه را در جلسات مطرح کنند.

مدل پیت: مدیران شرکت، به خاطر ملاحظات اقتصادی و سیاسی، آگاهانه تصمیم گرفته‌اند، نواقص آینه را پنهان کنند.

این بار هم، مدل انتزاعی وینسنتی، چیزی در مورد علت بروز این مشکل به ما نمی‌گوید. از طرف دیگر، مدل بوکیارلی ریشه‌ی همه‌ی مشکلات را در زمینه‌ی فرهنگی خود شرکت جستجو می‌کند. این در حالی است که به احتمال زیاد، عوامل بیرونی مانند فشارهای سیاسی و زمان‌بندی پروژه مشکل را ایجاد کرده‌اند. مدل پیت، در اینجا هم ریشه‌ی مشکل را تصمیم‌گیری آگاهانه‌ی انسانی می‌داند. بدیهی است که این تصمیم‌گیری می‌تواند به خاطر عوامل درونی یا بیرونی اتفاق افتاده باشد. به‌هرحال، اگر این تصمیم‌گیری اشتباه و سودجویانه صورت نمی‌گرفت، تلسکوپ معیوب به فضا فرستاده نمی‌شد.

5. نتیجه‌گیری

در این مقاله، به فرآیند طراحی مهندسی پرداختیم و سه مدل مختلف را برای آن بررسی کردیم. سپس مورد تلسکوپ فضایی هابل را شرح دادیم و سعی کردیم عوامل مؤثر در ناکامی آن را، به کمک سه مدل، توضیح دهیم. مدل وینسنتی با اینکه دید ساختاری دارد و بر پیش‌رونده بودن فرآیند طراحی تأکید می‌کند، با خارج کردن افراد سازوکاری برای تصمیم‌گیری گرفتن در مورد این پیش‌روی ندارد. درست است که وجود افراد پیش‌فرض است، اما بدون اینکه آنها را در مدل بیاوریم، نمی‌توانیم بر تصمیمات آنها تمرکز نماییم. بوکیارلی با یادآور شدن زمینه‌های اجتماعی ما را به مسیر درست هدایت می‌کند، اما با تمرکز بر فرهنگ داخلی خود کارخانه یا شرکت، نقش عوامل بیرونی را در نظر نمی‌گیرد. از طرف دیگر، مدل او، با محوریت دادن به اژه‌ها، نقش انسان را کم‌رنگ جلوه می‌دهد. مدل پیت بر افراد و تصمیمات آنها تمرکز می‌کند و امکان بررسی جزئیات در مورد تصمیم‌گیری را فراهم می‌کند. به‌علاوه، این مدل با اضافه کردن حلقه‌ی بازخورد، امکان پیشرفت و بهبود تصمیم‌گیری را در نظر می‌گیرد. دیدیم که در مورد تلسکوپ فضایی هابل افراد و تصمیمات آنها نقش مهمی داشتند. به‌همین دلیل، مدل پیت مناسب‌ترین مدل برای توضیح این پروژه است.

مراجع

- Bucciarelli, L. (۱۹۹۴). *Designing Engineers*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Chaisson, E.J. (۱۹۹۴). *The Hubble Wars*. New York: HarperCollins.
- Heidegger, M. (۲۰۰۳). "The Question Concerning Technology". In R. C. Scharff, & V. Dusek (Eds.), *Philosophy of Technology: the Technological Condition: an Anthology* (pp. ۲۵۲-۲۶۴). Blackwell Publishing.
- Pitt, J. (۲۰۰۰). *Thinking About Technology*. New York: Seven Bridges Press.
- Postman, N. (۲۰۰۴). "Five Things We Need to know about Technological Change". *Computers in Society* ۰۴/۰۵ (pp. ۱۱-۱۵). McGraw-Hill/Dushkin CT.
- Vincenti, W. (۱۹۸۸) *What Engineers Know and How They Know It: Analytical Studies from Aeronautical History*. Baltimore: John Hopkins University Press.
- U. S. Congress (۱۹۹۴) *Hubble Space Telescope: Hearing Before the Subcommittee on Science, Space, and Technology*, U. S. House of Representatives, ۱۰۳rd Congress, First Session, November ۱۶, ۱۹۹۳. Washington: U. S. Government Printing Office.