فصلنامه آموزش مهندسی ایران، سال چهاردهم، شماره ۵۶، زمستان۱۳۹۱، صص. ۱۶- ۱

آموزش علوم مهندسی یا طراحی مهندسی: تأملی در باره آموزش مهندسی در ایران

حمید ندیمی[۱]

چکیده: نگاهی به ساختار و محتوای دروس در برنامه‌های آموزشی رشته‌های مهندسی در کشور ایران آشکار کنندهٔ این واقعیت است که آموزش مهندسی هدف انتقال "علوم مهندسی" را دنبال می‌کند و کمتر به جنبهٔ عملی مهندسی، به مثابه وجه تمایز مهم مهندسی با علوم پایه، توجه دارد. دروس عملی کم‌شمار برنامه‌ها نیز بیشتر جنبهٔ آزمایشگاهی دارند و در نتیجه، باز هم در خدمت آموزش علوم قرار می‌گیرند. در این مقاله سعی شده است با تأملی در مبادی و آسیبهای واقعیت مذکور، ضرورت تغییر رویکرد آموزش مهندسی از "آموزش علوم" به "آموزش طراحی" به منظور نیل به نتیجه-گیری زیر مورد بحث قرار گیرد؛ از آنجا که طراحی هنر ایجاد تغییر و تصرف در محیط برای پاسخگویی به نیازهای "انسان" است، رویکرد "طراحی مهندسی" می‌تواند توجه به عنصر انسانی را، که ملازم با توجه به ابعاد کیفیت، زیبایی و معناست، در آموزش مهندسی احیا و مهندسی را به جایگاه ذاتی خود نزدیک‌تر کند.

واژه‌های کلیدی: آموزش، مهندسی، علوم، طراحی.

---

۱. دانشیار دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. ha-nadimi@sbu.ac.ir

(دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۲/۱۸)
(پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۸/۲)

۱. مقدمه

ماهیت دوگانهٔ آموزش مهندسی

در مقالهٔ حاضر هدف نقد برنامه‌های آموزشی موجود رشته‌های مهندسی نیست، زیرا چنین نقدی خود پژوهش مستقلی را، آن هم از سوی اهل تخصص در آن رشته‌ها، می‌طلبد. آنچه در این نوشتار دنبال می‌شود، تأملی در "آموزش مهندسی" با توجه به سه مفهوم علوم، مهندسی و طراحی است. بحث مقاله معطوف بر این معناست که دو مفهوم "علوم" و "مهندسی" با دوگانه‌های نظر و عمل و دانش و کاربرد دانش متناظرند و مفهوم سوم ضمن آنکه دوگانه‌های یادشده را در بر می‌گیرد، از نظر ملازمت داشتن با پاسخگویی مستقیم به نیازهای مخاطب، علاوه بر دانش به‌مثابه علوم طبیعی، با علوم انسانی و مفاهیمی چون کیفیت و زیبایی نیز سروکار دارد. پرداختن به سه مفهوم کلیدی یادشده و توجه به آنها می‌تواند به شناسایی طیفی از گرایشها و راهبردها در محتوا و روشهای آموزش بینجامد و چه بسا بتواند مبنای برخی بازنگریها در برنامه‌های آموزشی مهندسی باشد.

از آنجا که دوره‌های آموزش مهندسی، حداقل در اهداف بیان شده در برنامه‌ها، جنبهٔ حرفه‌ای دارند و دانش‌آموختگان این دوره‌ها پس از مدت کوتاهی از سوی نهاد حرفه؛ یعنی سازمان نظام مهندسی پروانهٔ اشتغال دریافت می‌کنند، بحث در بارهٔ دوگانهٔ "علوم" و "مهندسی" موضوعیت دارد. آنچه بر موضوعیت این بحث می‌افزاید، این واقعیت است که در کشور گرایش آموزشی مستقلی با عنوان "علوم مهندسی" وجود دارد که قاعدتاً به جنبه‌های علمی و نه حرفه‌ای مهندسی می‌پردازد و این بدان معناست که رشته‌های مهندسی فقط معطوف به آموزش علوم مهندسی نیستند. با این همه، ساختار و محتوای دروس در برنامه‌های آموزشی رشته‌های مهندسی که هم اکنون، به‌ویژه در دورهٔ کارشناسی، اجرا می‌شود، در تسخیر مباحث نظری علمی است و از موقعیتهای چالش برانگیز حل مسئله در شرایط طبیعی تقریباً دور است[۱].

بدیهی است محتوا، ساختار و روشهای مندرج در هر برنامهٔ مدون آموزشی معطوف به تعریفی است که آن برنامه از قابلیتهای مورد انتظار دانش‌آموختگان خود دارد. آموزش مهندسی، فارغ از شاخه‌های تخصصی مختلفی که در بر می‌گیرد، از یک سو به‌دلیل حضور در نظام آکادمیک با دانش نظری مرتبط است و از سوی دیگر، به‌دلیل کاراییهای مورد انتظار از دانش‌آموختگان، لازم است کسب

---

۱. برای مثال، نک: مشخصات کلی، برنامه و سرفصل دروس دوره‌های کارشناسی ۱. علوم مهندسی، مصوب جلسهٔ مورخ ۱۳۸۵/۱۲/۱۵ شورای برنامه‌ریزی آموزشی دانشگاه تهران، مشخصات کلی، ۲.عمران، مصوب جلسهٔ مورخ ۱۳۸۸/۲/۲۶ شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، ۳. مهندسی برق، مصوب جلسه مورخ ۱۳۷۶/۴/۸ شورای عالی برنامه ریزی وزارت فرهنگ و آموزش عالی، ۴. مهندسی مکانیک در حرارت و سیالات، مصوب جلسهٔ مورخ ۱۳۷۶/۴/۸ شورای عالی برنامه ریزی وزارت فرهنگ و آموزش عالی.

هنر کاربرد آن دانش[۱][۱] را در حل مسائل فنی مبتلا به جامعه نشانه گیرد؛ آموزش مهندسی از یک سو بر ریاضیات محض و علوم پایه متکی است و از دیگر سو، باید در مواجهه با واقعیتهای اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی و حرفه‌ای در جامعه قرار داشته باشد. این ماهیت دوگانه، که مهندسی را هم متکی بر علم و هم بر مهارتهای کاربرد علم معرفی می‌کند، آموزش مهندسی را همچون آموزش سایر رشته‌هایی که به نوعی جنبهٔ حرفه‌ای دارند، با چالشهای جدی مواجه می‌کند[۲].

۲. جایگاه مهندسی و آموزش آن

در یک نگاه کلی، اگر دو هدف عمدهٔ آموزش را کسب دانش و توانش یا دانستنیها و مهارتها بدانیم[۳][۲، ۳ و ۴]، هر نظام آموزشی کم و بیش با هر دو هدف سروکار دارد.. در یک سو، آموزشهای نظری معطوف به شناخت چیستی اشیا و رویدادها دنبال می‌شود و در سوی دیگر، آموزشهای عملی ناظر بر چگونگی مداخله در اشیا و رویدادها هدف قرار می‌گیرد. به تعبیر دیگر، هر نظام آموزشی در پیوستاری از نظر تا عمل جایگاه خاصی برای خود تعریف می‌کند.

رشته‌های مهندسی، همچون سایر رشته‌های دانشگاهی موجود، هویت خود را از مرزبندیهای تخصصی دوران مدرن کسب می‌کنند. از این رو، جایگاه آن رشته‌ها را با مطالعهٔ مرزبندیهای یادشده، آن‌گونه که در تعاریف مصطلح عناوین رشته‌های دانشگاهی در فرهنگنامه‌ها ثبت شده است، می‌توان شناسایی کرد.

با توجه به تعاریف مصطلح از عرصه‌های مختلف معارف بشری، که در قالب رشته‌های دانشگاهی نیز نهادینه شده‌اند، نمودار ۱ به‌عنوان یک پیش‌سازمان دهنده برای بحث حاضر پیشنهاد می‌شود. در این نمودار (یا پیوستار) رابطهٔ میان پنج عرصهٔ مختلف معرفت بشری؛ یعنی فلسفه[۴]، علم[۵]، مهندسی[۶]، طراحی[۷] و هنر[۸] و نیز عرصه‌های میانی که حاصل همپوشانی آنهاست، از نظر میزان معطوف بودن به نظر یا عمل به تصویر کشیده شده است. بدیهی است که این نمودار، همچون هر نمودار دیگری، به منظور تقریب ذهن و تصویر ساختن رابطهٔ مورد هدف خود ناگزیر از فروکاستن

---

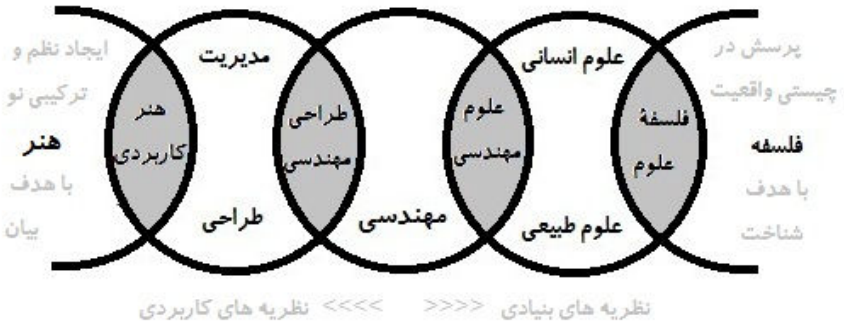
۱ . اشاره به تعریف آلفرد نورث وایتهد از آموزش به عنوان "کسب هنر کاربرد دانش". (Whitehead, 1962, P.88)

۲. کاستی مذکور در رشته‌هایی نظیر معماری که سنت "آتلیه" یا "کارگاه طراحی" در ساختار آموزش جریان دارد، تا حدودی تخفیف می‌یابد.

۳. اشاره به طبقه بندی اهداف سه‌گانه آموزشی بلوم (دانش، توانش، نگرش یا Knowledge, Skills, Attitudes) که بیش از طبقه بندیهای مشابه پذیرش و کاربرد عام یافته است. نک: (Bloom, B. S. 1956) به نقل از Santrock, 2001, pp. 257-359 همچنین، مقاله آنلاین Mary Forehand, The University of Georgia

4. Philosophy
5. Science
6. Engineering
7. Design
8. Art

برخی مفاهیم است. در این نمودار عرصه‌های معرفت بشری که به نوعی در رشته‌های دانشگاهی نیز بازتاب دارند، با توجه به نسبتی که با دانستن و توانستن دارند، به دنبال هم آورده شده‌اند و نگارنده متذکر است که رابطه‌هایی از جهات دیگر نیز میان عرصه‌های یادشده می‌توان متصور شد، نظیر رابطهٔ میان فلسفه و هنر یا فلسفه و طراحی که پرداختن به آنها در دامنهٔ موضوعی بحث حاضر نیست.



تصویر ۱: پیوستار عرصه‌های معرفت بشری با توجه به نسبتی که با دانستن و توانستن انسان دارند

ذکر این نکته مفید است که در متن حاضر واژهٔ "دانش" با Knowledge، که به معنای عام دانسته‌های انسان است، و واژهٔ "علم" با science، که بخشی خاص از آن است، برابر نهاده شده است تا تعبیر Scientific Knowledge را بشود به "دانش علمی" برگردان کرد[۱]. در ادامه، با رجوع به تعاریف اصطلاحی سه مفهوم کلیدی مهندسی، علم و طراحی به وجوه اشتراک و افتراق آنها اشاره می‌شود.

۲. ۱. مهندسی

"مهندسی"، در میانهٔ پیوستار مذکور به صورتهای زیر تعریف شده است:

"هنر کاربرد عملی دانش تجربی"[۵].

"کاربرد اصول علمی و ریاضی برای دستیابی به مقاصد عملی نظیر طراحی، ساخت و به‌کار انداختن سازه‌ها، ماشینها، فرایندها و سامانه‌های کارا و اقتصادی"[۶]؛

---

۱. در صورت هر دو واژه دانش و Knowledge، ریشه معنایی آنها؛ یعنی دانستن و To Know نمایان است.

"کاربرد علم برای استفاده‌های عملی نظیر طراحی سازه‌ها، ماشینها و سامانه‌ها"[۷]؛
"کاربرد دانش برای تبدیل بهینهٔ منابع طبیعت به صور قابل استفادهٔ انسان"[۸].

وجه اشتراک تعاریف موجود برای مهندسی، از جمله چهار تعریف یادشده، مبتنی بودن مهندسی بر علوم و معطوف بودن آن به خلق، ایجاد و تغییر است. از همین تعریف می‌توان دریافت که غایت آموزش مهندسی را نمی‌توان انتقال دانش و تربیت دانشمند به حساب آورد، چرا که "وظیفهٔ دانشمند دانستن است، به نحوی که با کار خود به گنجینهٔ معرفت اثبات شده و سامانمند از جهان مادی می-افزاید، حال آنکه وظیفهٔ مهندس نه فقط دانستن، که انجام دادن است و با کار خود معرفت موجود را برای حل مسائل عملی انسان به‌کار می‌گیرد"[۸].

برای آشکارتر شدن جایگاه مهندسی می‌توان به تعاریف دو حوزهٔ مجاور آن در پیوستار ۱. یعنی علم و طراحی مراجعه کرد.

۲. ۲. علم

"علم به هر سامانهٔ معرفتی اطلاق می‌شود که متضمن مشاهدهٔ بدون پیشداوری و نیز آزمون تجربی در پدیده‌های جهان مادی برای کشف و دانستن حقایق عام و کارکرد قانونمندیهای بنیادی است"[۸].
" علم برابر نهاد واژهٔ لاتین 'Scientia'، به معنای دانایی و از ریشهٔ Scire به معنای دانستن است. علم به حقایق و اصول که با مطالعهٔ سامانمند به دست آمده باشد"[۹].
" علم به معنای علوم تجربی و حاوی توصیفها یا پیشگوییهای قابل سنجش در بارهٔ جهان است"[۱۰].

مجموعه توصیفها یا پیشگوییهای یادشده در حقیقت، محتوای نظریه‌های بنیادی[1] است که بدنهٔ دانش را در شاخه‌های مختلف آن تشکیل می‌دهد.

از تعاریف مذکور می‌توان به این نکته پی برد که آنچه به عنوان علوم مهندسی از آن یاد می‌شود، دانش ناظر بر قانونمندیهای حاکم بر طبیعت است که به‌واسطهٔ توصیفها و پیشگوییهای قابل سنجشی که از آن قانونمندیها ارائه می‌دهد، برای حل مسائل واقعی در مهندسی می‌تواند کاربرد داشته باشد.

نکتهٔ مذکور حاوی این معناست که کسب "علوم مهندسی" به خودی خود کارساز نیست، چرا که فقط معطوف به چیستی اشیا و قانونمندیهای حاکم بر آنهاست و هنوز تا "مهندسی"، که معطوف به استفاده از آن قانونمندیها برای ایجاد تغییر و تصرف در اشیا به‌منظور پاسخگویی به نیازهای انسان است، فاصله دارد.

---

1. Basic Theories

۲. ۳. طراحی

طراحی عبارت است از: "برنامه‌ریزی و ایجاد چیزی برای مقصود یا استفاده‌ای خاص" یا "برنامه‌ریزی و شکل دادن به فرم و ساختار چیزی" [۹].

"طراحی غالباً مستلزم در نظر داشتن ابعاد زیبایی شناسانه، کارکردی، اقتصادی و اجتماعی محصول و نیز فرایند است"[۱۰].

طراحی عبارت است از "ایجاد یک چیز یا انجام دادن یک کار به طرزی هنرمندانه و ماهرانه"[۱۱].

وجوه عمده‌ای که در تعاریف طراحی بر آنها تأکید می‌شود، عبارت‌اند از: هدف‌دار بودن، معطوف بودن به ایجاد فرم، ساختار و نظم معنادار در اشیا و توجه به ابعاد زیبایی‌شناسانه در عین پرداختن به ابعاد کارکردی، اقتصادی و اجتماعی.

۳. سه‌گانهٔ علوم، مهندسی و طراحی

آنچه از معنای واژه‌های سه‌گانهٔ مذکور استنباط می‌شود، آن است که مهندسی را هم می‌توان با وجه علمی آن و هم با وجه طراحانهٔ آن تعریف کرد. بدین ترتیب، دوگانه‌ای به‌دست خواهد آمد که در یک سو "علوم مهندسی" و در سوی دیگر "طراحی مهندسی" قرار دارد. به نظر می‌رسد که با تمرکز بر وجوه اشتراک و افتراق این دوگانه بهتر بتوان راه به مقصود برد. چرا که در این مقاله تأکید بحث بیشتر بر ابعادی از موضوع است که به چارچوبی ذهنی برای آموزش مهندسی منجر شود و نه بحث خالص نظری در باره عرصه‌های معرفت بشری.

زمینه مشترک "علوم مهندسی" و "طراحی مهندسی" عالم طبیعت است. علوم حاصل تلاش کنجکاوانهٔ انسان است. انسان بر اساس این باور پیشین خود که نظم و قانونی بر این جهان حاکم است، در پی کشف آن نظم و قانونمندیها بوده است. آنچه "بدنهٔ دانش علمی" در شاخه‌های مختلف آن خوانده می‌شود، بیان همان قانونمندیها در قالب گزاره‌های انتزاعی و تعمیم‌پذیر است. بنابراین، انتزاع و فراتر از زمان و مکان بودن گزاره‌های علمی از ماهیت آن سرچشمه می‌گیرد، به نحوی که هرچه میزان انتزاع و تعمیم‌پذیری یک نظریهٔ علمی بر مصادیق آینده بیشتر باشد، اعتبار علمی آن بیشتر پذیرفته می‌شود[۱۲].

علوم مهندسی نیز با وجود آنکه انتظار می‌رود به‌دلیل پسوند مهندسی قانونمندیهایی را در طبیعت توضیح دهند که به ایجاد تغییر و تصرف در واقعیت بینجامد، اما به لحاظ ماهیت علمی خود از درجه‌ای از انتزاع و تعمیم‌پذیری برخوردارند. بنابراین، تمام آنچه در تعریف علوم گفته شد، در خصوص علوم مهندسی نیز صادق است.

در مقابل، طراحی مهندسی نه در پی شناخت قوانین انتزاعی حاکم بر واقعیت که در پی تغییر و تصرف در واقعیت موجود در یک موقعیت زمانی و مکانی معین است. البته، بدیهی است که تغییر و تصرف در عناصر واقعیت موجود مستلزم شناخت سازکارهای حاکم بر آن است که همان بدنهٔ دانش علمی و به ویژه علوم مهندسی است. تفاوت ظریفی که در اینجا رخ می‌نماید، آن است که در طراحی مهندسی سازکارهای یادشده نه در شرایط آزمایشگاهی، آن‌گونه که عرف روش‌شناسی علوم اقتضا می‌کند، بلکه با حضور تمام عوامل مداخله‌گر موجود در موقعیتهای واقعی باید در نظر گرفته شود. لذا، اگر زبان "علوم" ریاضیات و فرمولهای ریاضی است، زبان "طراحی" مدلسازی و بازنماییهای تصویری و سه‌بعدی خواهد بود[۱][۱۳].

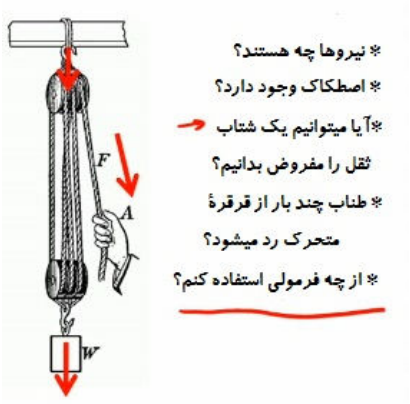
شاید مقایسهٔ زیر بتواند این تفاوت ظریف را بهتر نشان دهد. در تصاویر ۲ و ۳ تفاوت دو دیدگاه علمی و طراحی در یک مسئلهٔ واحد نشان داده شده است. در تصویر ۲ که نشان‌دهنده دیدگاه علمی و بیانگر قانونمندیهای حاکم بر انتقال نیرو توسط قرقره‌هاست، پرسشهایی مطرح است که ناظر بر مفاهیم انتزاعی نیرو، وزن، شتاب ثقل و اصطکاک و در نهایت، یافتن فرمولی ریاضی برای حل مسئله است.

در مقابل، در تصویر۳ که نشان‌دهنده دیدگاه طراحانه است و در پی تصمیم‌گیری در یک موقعیت واقعی حل مسئله است، پرسشها ناظر بر حداکثر نیاز واقعی به جابه‌جایی نیرو، مقاومت واقعی تکیه گاه و قرقره‌ها، قیمت و هزینهٔ تهیهٔ مواد و حتی این واقعیت است که شخص انجام دهندهٔ کار دستکش به دست خواهد داشت یا نه[۲][۱۴]. بدیهی است برای یافتن پاسخی یگانه به انبوهی از پرسشهای گوناگون ناظر بر واقعیت، گزیری از فرایند مدلسازی و آزمون آن وجود نخواهد داشت.

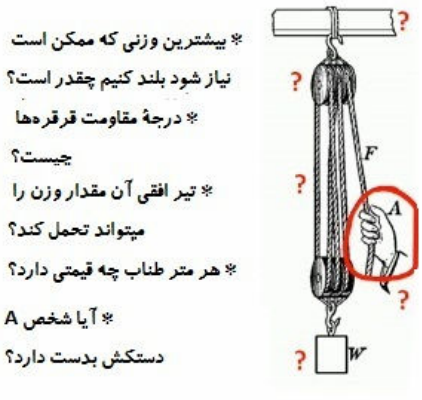
---

۱. نک: Archer 1979 و پیوستار سه ضلعی نویسنده از عرصه‌های معرفت بشری. نویسنده در آن پیوستار، "طراحی" (Design) را به مثابه عرصه‌ای مستقل از "علوم انسانی" (Humanities) و "علوم" (Science) پیشنهاد می‌کند که در مقابل زبان نوشتاری علوم انسانی و زبان ریاضی علوم، زبان خاص خود را که مدلسازی و بازنمایی واقعی است، داراست.

۲. اقتباس از یک فیلم کوتاه آموزش با عنوان Engineering Science vs. Engineering Design



تصویر ۲: دیدگاه علمی به مسئله



تصویر ۳: دیدگاه طراحانه به مسئله

تا اینجا در یک نگاه کلی، وجه علمی مهندسی از وجه طراحانهٔ آن تمیز داده شد. اما، با نگاهی دقیق‌تر می‌توان به وجوه تمایز ظریف‌تری میان مهندسی و طراحی پی برد که شاید بیشتر مغفول واقع می‌شود.

آن‌طور که از تعاریف مصطلح دو واژهٔ مهندسی و طراحی برمی‌آید، آنچه وجه مشترک دو مفهوم مهندسی و طراحی است، معطوف بودن هر دو به ایجاد ساختار و نظم در اشیا با هدف پاسخگویی به

نیاز و حل مسئله یا به تعبیری توجه به ابعاد کارکردی و مؤلفه‌های واقعی اقتصادی، اجتماعی و فنی است. همین وجه مشترک شاید کاربرد مترادف دو مفهوم مهندسی و طراحی را در برخی جاها موجه سازد. اما با دقت بیشتر در تعاریف یادشده می‌توان دریافت که مهم‌ترین و بارزترین ویژگی "طراحی" که آن را از "مهندسی" به معنای عام آن متمایز می‌کند، تأکید بر وجوه کیفی، زیبایی‌شناسانه و معنایی است.

شاید بتوان ردپای دو مفهوم طراحی و مهندسی را بر روی آثار گوناگون ساخته شده با پیوستاری توضیح داد که در یک سو غلبهٔ وجه مهندسی و در سوی دیگر، غلبهٔ وجه طراحی مشاهده شود. (تصویر ۴)

طراحی <<<<<<<<< >>>>>>>>> مهندسی

تصویر ۴: دو وجه شاخصهٔ طراحی و مهندسی که در هر محصول امکان غالب شدن هر یک وجود دارد.

با توجه به تعاریف ذکر شده، به نظر می‌رسد وجه مهندسی محصول بیشتر ناظر بر تحقق‌پذیری آن در واقعیت است، در حالی‌که وجه طراحی، فراتر از پاسخگویی به نیاز کارکردی یا حل مسئله، بر ابعاد کیفی زیبایی‌شناسانه و معنایی محصول نیز تأکید دارد.

می‌توان کارایی محصول در حل مسائل و پاسخگویی درست به نیازهای فنی را غایت مهندسی به حساب آورد و دغدغهٔ ابعاد زیبایی‌شناسانه و معنایی را در فرایند کار زیر سؤال برد. برای مثال، در طراحی یک پالایشگاه صحت و دقت مهندسی و تأمین تجهیزات و سامانه‌های مکانیکی و الکترونیکی پیچیده‌ای که لازم است با هماهنگی و کارایی بسیار راه‌اندازی شوند، شرط لازم و کافی برای موفقیت کار به نظر می‌رسند.

دوگانگی نگرش طراحان و مهندسان به نقش یکدیگر، که به صورت یک باور عام در آمده است، در داوری مذکور ریشه دارد. تجربهٔ تحصیل، تدریس و کار در حوزه‌های طراحی و مهندسی نیز شاهدی بر این دوگانگی است. برای مثال، در حوزهٔ معماری و ساختمان بسیار شنیده می‌شود که مهندسان صلاحیت معماران را فقط در زمینهٔ زیباسازی و کیفیت بخشی به بنا می‌پذیرند و در مقابل، معماران مهندسان را افرادی بی‌اعتنا به کیفیت و زیبایی و گاه در جهت خلاف آن می‌دانند. شاید به همین سبب باورشان آن است که فقط در مراحل نهایی محاسبات فنی و تدوین دستورالعمل‌های ساخت باید

به سراغشان رفت. نگاهی‌گذرا به برنامه‌های آموزشی رشته‌های مهندسی و نبود آموزه‌هایی که حساسیتهای طراحانه را ایجاد و تقویت کند نیز توجیه کنندهٔ واقعیت مذکور است[۱].

تفاوت دیدگاه یادشده به حوزهٔ معماری و ساختمان و نیز محیطهای آکادمیک و حرفه‌ای این کشور منحصر نمی‌شود و شواهدی از وجود این مسئله در جاهای دیگر و در رشته‌های دیگر هم وجود دارد. در ادبیات حوزهٔ طراحی‌پژوهی تمایز این دو نوع نگاه "طراحانه" و "مهندسی" با تفاوت، و گاه تقابل، دیدگاه رایج طراحان مهندسی[۲] و طراحان صنعتی[۳] بیان شده است.

در چارچوب بحث حاضر و با توجه به دو نگاه مذکور، می‌توان از عنوان "طراحان مهندسی" معنای "مهندسان" و از عنوان "طراحان صنعتی" معنای "طراحان" را مستفاد کرد.

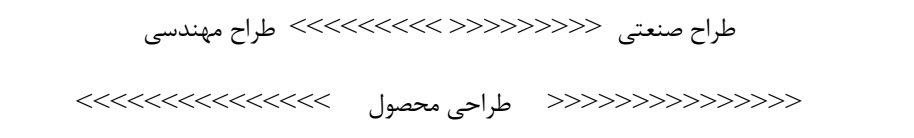
این تقابل بیشتر به‌دلیل سوءبرداشتهای دو گروه در خصوص نقش و جایگاه یکدیگر ایجاد می‌شود. برخی از طراحان مهندسی (مهندسان)، طراحان صنعتی (طراحان) را صرفاً افرادی خوش‌سلیقه به حساب می‌آورند که به آراستن محصول می‌پردازند و کارشان ایجاد غلافی زیبا و رنگین برای دستگاههایی است که آنها؛ یعنی مهندسها مهندسی کرده‌اند. در مقابل، برخی از طراحان صنعتی طراحان مهندسی را سازندهٔ مکانیزمهای نتراشیده‌ای می‌دانند که تازه باید طراحان صنعتی آنها را به محصولات قابل استفاده تبدیل کنند[۱۵].

با دقت بیشتر در دوگانگی یادشده می‌توان دریافت که تقابل دو نگاه، حاصل تفاوت در نوع رابطه با مخاطب محصول است. مخاطبهٔ مستقیم محصول طراح صنعتی با استفاده‌کنندگان، که زمینهٔ موفقیت طرح در بازار است، توجه به ابعاد کیفی، زیبایی‌شناسانه و معنایی را ناگزیر می‌گرداند. این در حالی است که طراح مهندسی بیشتر دغدغهٔ کارکرد درست مکانیزمهای طراحی شده خود را دارد. کراس تقابل یادشده را بی‌پایه می‌داند و معتقد است که عنوان "طراحی محصول"[۴] مفهوم گسترده‌تری است که در عمل، طراحی مهندسی و طراحی صنعتی را در بر می‌گیرد[۱۵]. لذا، می‌توان گفت که محصولات گوناگون با نسبتهای متفاوتی از مشارکت طراح صنعتی و طراح مهندسی ایجاد می‌شوند، با این توضیح که در برخی موارد نقش طراحان مهندسی و در برخی دیگر نقش طراحان صنعتی غلبه دارد (تصویر ۵).

---

۱. در مجموع عناوین واحدهای درسی رشته‌های مهندسی مرتبط با ساختمان عنوانی که ناظر به مباحث کیفی و زیبایی‌شناسانه باشد دیده نمی‌شود. جدایی رشته‌های مهندسی (که معمولاً در دانشکده‌های فنی هستند) از رشته‌های طراحی معماری، بیگانگی دانش آموختگان معماری و مهندسی را با حساسیتهای یکدیگر تشدید می‌کند.

2. Engineering Designers
3. Industrial Designers
4. Product Design



تصویر ۵. نقشهای مکمل طراح مهندسی و طراح صنعتی در تولید محصول

فارغ از اشتراک لفظ طراحی در عنوان هر دو گروه؛ یعنی طراحان مهندسی و طراحان صنعتی، از توصیفهای دو گروه از نقش یکدیگر این‌گونه می‌توان برداشت کرد که در کارگروهی که "طراح صنعتی" خوانده می‌شوند، وجه طراحی، که هم به کارکرد و هم به کیفیتهای ظاهری معطوف است، غلبه بیشتری دارد. در مقابل، گروهی که عنوان "طراح مهندسی" دارند به کیفیتهای ظاهری و ابعاد زیبایی‌شناسانه اعتنای کمتری نشان می‌دهند.

نکته‌ای که در اینجا می‌توان برآن تأکید کرد این است که معطوف دانستن مهندسی به "محصول نهایی"، به دلیل مخاطبهٔ مستقیم با کاربر، حضور هر دو وجه مهندسی و طراحی را الزامی خواهد ساخت. چه بسا محصولی با وجود اینکه خوب "مهندسی" شده است، زشت و نا ایمن باشد و استفاده از آن راحت نباشد و به تعبیر دیگر، خوب طراحی نشده باشد. در مقابل، ممکن است محصولی با خوش‌سلیقگی و به سبکی جذاب طراحی شده باشد، حال آنکه در عمل، نامطمئن و بی‌دوام و نگهداری و کاربرد مجدد آن نیز دشوار باشد[۱۵].

ضرورت جمع شدن دو وجه مهندسی و طراحی برای رسیدن به محصولی کارا و با کیفیت ایجاب می‌کند که آموزش مهندسی، در کنار علوم و مهندسی، به وجوه کیفی و طراحانه نیز حساسیت نشان دهد. در همین خصوص، لاوسون هم توصیفاتی را که ناظر بر شکاف میان طراحی و مهندسی است، اغراق‌آمیز می‌داند و معتقد است که "مهندسی خوب نیازمند تخیلی شایان توجه است و حاصل آن غالباً ممکن است پیش‌بینی‌ناپذیر باشد". ضمن آنکه حتی "طراحی لباس خوب نیز بعید است بدون دانش فنی زیاد حاصل آید"[۱۶].

ممکن است برخی بر این باور باشند که مدیریت دانش مهندسی در جهت اهداف کیفی طراحانه وظیفهٔ طراحان است، نه مهندسان. از جمله سالوادوری، که خود مهندس عمران است، اعتقاد دارد[۱۷] که "معمار باید تیم ساختمان‌سازی را رهبری کند ...، اما مهندس محاسب فقط باید خدمتی را انجام دهد". وی به‌همین دلیل، طراحان را ملزم به آموختن زبان مهندسی می‌داند و تلاشهای با ارزشی نیز در انتقال درک بنیادین مفاهیم سازه به معماران انجام داده است. اما، به رغم آنکه بخشی از حقیقت در این بیان نهفته است، از دو نکته نباید بی توجه گذشت: نخست آنکه هنوز بخش مهمی از ساخت و سازها محصول کار معماران نیست و مهندسان طراحی آن را انجام

می‌دهند[۱][۱۸] و دوم آنکه، حتی با پذیرش نوعی تقسیم کار در گروه، به نظر می‌رسد که جریان یک گفت و گوی خلاق و سازنده مستلزم وجود داشتن یک زبان مشترک طراحانه میان اعضای گروه است، زبانی که بتواند سه‌گانهٔ یادشده را حول محور پاسخگویی به نیاز انسان که ماهیت بیش‌بعدی و یکپارچه دارد، جمع کند.

۴. یکپارچگی علوم، مهندسی و طراحی

آنچه از مباحث پیشین بر می‌آید، آن است که هر جا پاسخگویی مستقیم به نیازهای انسان مطرح است، وجود انسان به‌عنوان واقعیتی یکپارچه و بیش‌بعدی ایجاب می‌کند که فرایند کار، فارغ از آنکه مهندسی، طراحی یا طراحی مهندسی خوانده شود، هم بر علوم طبیعی و هم بر علوم انسانی متکی و نیز؛ هم به فناوری و هم به هنر نیازمند است.

به نظر می‌رسد که یکپارچگی مورد انتظار از یک محصول مهندسی بازتاب یکپارچگی و بیش‌بعدی بودن انسان و ضرورت نگاه یکپارچه به ابعاد وجودی او باشد. در این صورت، گاه پاسخگویی به یک نیاز مادی وی مستلزم حساسیت و توجه همزمان به نیازهای معنوی اوست.

شاید در اثر همین نگاه یکپارچه به ابعاد وجودی انسان است که در جوامع پیش از مرزبندیهای تخصصی دوران صنعت، حتی وسایل کاربردی روزمره به‌گونه‌ای طراحی، مهندسی و ساخته می‌شد که ضمن پاسخگویی درست به نیازهای مورد انتظار، از کیفیت، زیبایی و معنا خالی نبود. مجموعه اشیا و آثار باقی‌مانده از آن دوران گواهی صادق بر این مدعاست که مرزبندیهای اعتباری امروزه میان ابعاد کمّی و کیفی و کاربردی و زیبایی‌شناسانه وجود نداشته است.

رویکرد دوباره به دید کل‌نگر و نیز نگاه یکپارچه به محیط، که در پی صیانت از کیفیت در مقابل غلبهٔ کمیت، دمیدن روح هنر به کالبد فناوری و توجه به بیش‌بعدی بودن نیازهای انسان است، امروزه به یکی از دغدغه‌های مهم و البته، مبارک بدل شده است[۲]. شکستهای فاحش نگاه تک‌بعدی و فناورانهٔ دوران مدرن در پاسخگویی درست به نیازهای همه‌جانبهٔ انسانی و رشد و پیچیدگی روزافزون فناوریهای نوظهور، ابعاد اخلاقی و اجتماعی تمام عیار مهندسی را آشکارتر کرده است تا جایی‌که ضرورت توجه مهندسان به ابعاد انسانی مورد تأکید اندیشمندان قرار می‌گیرد. "امروزه، مهندسان باید

---

۱ . این واقعیت اختصاص به کشور ایران ندارد و حتی در آمریکای شمالی نیز "... فقط دو تا سه در صد خانه‌سازی ... توسط معماران طراحی می شود و بسیاری از بناهای کاربردی و زیرساختها مثل راه‌ها، پلها و بنادر توسط مهندسان طراحی می‌شوند". نک: Kroes, et. Al. 2008, P. 7

۲. این امر با واژگان رایجی چون رویکرد کل‌نگر، پزشکی کل‌نگر، آموزش کل‌نگر، طراحی کل‌نگر، مدیریت کل‌نگر... ، که در پس‌زمینهٔ همهٔ آنها نگاهی سیستمی، در مقابل نگاه کاهش‌گرا، به پدیده‌های پیچیده وجود دارد، قابل جست و جو است.

دامنهٔ فهم خود را تا مرزهای وسیع‌تری برای دربرگیری عوامل انسانی، رفتارها و در نهایت، نهادهای اجتماعی انسان توسعه دهند[۱۸].

در این مقاله، از آنجا که آموزش مهندسی در چارچوب نظام آموزش عالی موجود کشور که بیش و کم برگردانی از نظام آموزشی کشورهای غربی است مورد بحث بود، واژهٔ "مهندسی" به‌عنوان برابر نهاد مصطلح واژهٔ انگلیسی Engineering استفاده شد. توجه به تفاوتهای ظریف این دو واژه به لحاظ تبارشناسی شواهدی به‌دست می‌دهد، دایر بر اینکه واژهٔ فارسی "مهندسی" با دامنهٔ معنایی وسیع‌تری که دارد، ابعاد کیفی و زیبایی‌شناسانه را که در نگاه یکپارچه به طراحی مهندسی مد نظر است، بهتر بازنمایی می‌کند[۱]. در حاشیهٔ مباحث پیشین، شاید اشارهٔ کوتاهی به این تفاوتها خالی از فایده نباشد و بتواند آغازگر پژوهشهای بنیادی مستقلی در این حوزه شود.

واژهٔ Engineering از ریشهٔ Engine در زبان انگلیسی میانه، و آن هم از زبان فرانسهٔ قدیم، به معنای مهارت و ابداع است و ریشهٔ قدیم‌تر آن، واژهٔ لاتین Ingenum به معنای استعداد ذاتی و مهارت است.

واژهٔ Engineer از ریشهٔ Enginer در زبان انگلیسی میانه و آن هم از واژهٔ Engigneur فرانسهٔ قدیم، و از واژهٔ Ingeniator در زبان لاتین قرون وسطی سرچشمه گرفته که خود مأخوذ از ریشهٔ Ingeniare به معنای تدبیر کردن، طرح‌ریزی کردن، ابداع کردن و با مهارت و ابتکار ساختن است. همهٔ واژه‌های مذکور از شقوق واژهٔ Ingenum به معنای استعداد ذاتی هستند. شاید کاربرد واژهٔ Engine برای ماشین یا دستگاهی که با استفاده از نیروهای طبیعی کاری انجام می‌دهد، به‌دلیل قوهٔ ابداع و ابتکاری است که در ایجاد آن به‌کار می‌رود. در هر حال، استعداد ذاتی برای ابداع و ساختن در جوهرهٔ معنایی واژه نهفته است. این معنا معطوف بودن مهندسی را بر عمل، آن هم عملی خلاقانه و ابداعی، نشان می‌دهد.

در مقابل، واژهٔ "مهندسی" از ریشهٔ فارسی اندازه است که در عربی به الهنداز تبدیل شده است. واژهٔ المهندز، به واسطهٔ آنکه در عربی حرف "ز" بعد از "دال" قرار نمی‌گیرد، به المهندس مبدل شده است و به کسی گفته می‌شود که مجاری آب و ابنیه را "تقدیر" می‌کند[۱۹].

از معنای یادشده به‌خوبی معطوف بودن بر عمل مستفاد می‌شود. علاوه بر آن، همین منبع واژهٔ تقدیر را، به عنوان اصل کار خلاقه، "ایجاد بر وفق تقدیر خالق" معرفی کرده و ریشهٔ آن را که واژهٔ

---

۱. نگارنده جست و جوی شواهد فرهنگنامه‌ای این فرضیهٔ خود را وامدار دوست فرهیختهٔ خود محمد عمادی است.

قدر است، مترادف الهنداز یا اندازه دانسته است. در لغت فصیح قرآنی نیز واژهٔ "قدر" به فتح قاف و سکون دال، مطلق اندازه و واژهٔ "قدر" به فتح قاف و دال، اندازهٔ معین و مشخص معنا می‌دهد[۱].

در بیانی از امام رضا (ع)، واژه قدر به معنای هندسه تعریف شده است[۲][۲۰]. بدین ترتیب، واژه‌های خلق، قدر و هندسه با یکدیگر در پیوندی نزدیک قرار می‌گیرند و اساساً طرح هر یک از آنها دیگری را هم به ذهن متبادر خواهد کرد. از سوی دیگر، در آیات ۷ و ۸ سورهٔ مبارکهٔ انفطار[۳] مراحل خلقت الهی با واژه‌های خلق، تسویه، تعدیل و ترکیب و در آیات ۳ و ۴ سورهٔ مبارکهٔ اعلی[٤] با واژه‌های خلق، تسویه، تقدیر و هدایت بیان شده است. شواهد مذکور واژه‌های تسویه، تعدیل، ترکیب و هدایت را در دایرهٔ معنایی سه واژهٔ مترادف خلق، قدر و هندسه قرار می‌دهند.

آیت‌الله طالقانی در تفسیر *پرتوی از قرآن*، ذیل آیات یادشده از سورهٔ انفطار چنین بیان می‌دارند[۲۱]: "... خلق، آفرینش مادهٔ مستعد و مایهٔ اولی حیات است. تسویه، ... جور و یکسان گرداندن قوا و غرایز و مشاعر و اعضاء با یکدیگر و با محیط خارج می‌باشد. فعدلک، ... بیان کمال اعتدال و آراستگی قوا و استعدادهای انسان است و معنای آیهٔ ۸ چنین است: در صورتی ... که خواسته است تو را ترکیب نموده ... ".

ایشان همچنین ذیل آیات ۳ و ۴ سورهٔ اعلی چنین بیان داشته‌اند[۲۲]: "... خلق، ترکیب شکل یافته و صورتی است که در زمینهٔ مادهٔ مستعد پدید می‌آید. تسویه، یکسان و هماهنگ کردن اعضاء و اجزاء و قوای هر موجودی در حد خود، و تنظیم حرکات و فواصل و نسبتهاست..... تقدیر و هدایت، فعل و صفت رب را در مرحلهٔ کامل‌تر ترکیبات و صورتها می‌نمایاند".

تعابیر و صفات آشنایی چون جور شدن اعضا با محیط، اعتدال و آراستگی، هماهنگی اعضا و اجزا، نظم فواصل و نسبتها و کمال در ترکیب صورت نهایی، که ملازم افعال خلق و تقدیر هستند، دامنهٔ معنایی واژهٔ مترادف آنها یعنی هندسه را با مفهوم کیفیت و زیبایی که جلوهٔ همان تعابیر و صفات است، قرین می‌سازند. لذا، به نظر می‌رسد که از واژه‌های فارسی مهندس و مهندسی بهتر و کامل‌تر از برابر نهادهای لاتین خود؛ یعنی Engineer و Engineering، اهداف عالی طراحی مهندسی را، که توجه

---

۱. آیات شریفه زیر مؤید مطلب گفته شده هستند: " ... قد جعل الله لکل شیء قدرا" (آیه ۳ از سوره طلاق)، "انا کل شیء خلقناه بقدر" (آیه ۴۹ از سوره قمر).

۲. فتعلم ما القدر؟ ... هی الهندسه و وضع الحدود من البقاء و الفناء ...(اصول کافی جلد۱، صحه ۲۱۹)

۳. "... یا ایهاالانسان ما غرک بربک الکریم، الذی خلقک فسویک فعدلک، فی ای صوره ماشاء رکبک". هان ای انسان! چه تو را نسبت به پروردگار کریمت فریفته؟، همان‌که تو را بیافرید پس راست آوردت پس بیاراستت، در هر صورتی که خواست ترکیبت داد.

۴. "... سبح اسم ربک الاعلی، الذی خلق فسوی، والذی قدر فهدی". پاک و برتر نما نام پروردگارت را که والاتر است. همان‌که بیافرید و بیاراست. همان‌که به اندازه درآورد پس رهبری نمود.

به ابعاد کیفی در عین پاسخگویی به نیازهای انسان است، پوشش معنایی می‌دهند. این معنا خود می‌تواند تأکید مضاعفی بر مدعای مقاله دایر بر ضرورت پرورش حساسیتهای کیفی در فرایند آموزش مهندسان باشد.

۵. کلام آخر، جمع بندی و نتیجه‌گیری

جمع‌بندی مباحث مذکور را می‌توان در قالب چند گزارهٔ زیر خلاصه کرد:

- "مهندسی" به‌دلیل آنکه قصد تغییر و تصرف در طبیعت را دارد، مجبور به شناخت قانونمندیهای حاکم بر طبیعت است تا قادر شود با اتکا به آن قانونمندیها از مواد و نیروهای موجود در طبیعت برای ساختن آنچه مورد نیاز انسان است، استفاده کند. این به معنای مبتنی بودن مهندسی بر علوم است.
- آنجا که حاصل کار مهندسی در مخاطبه با کاربران نهایی؛ یعنی افراد انسانی قرار می‌گیرد، علاوه بر قوانین حاکم بر مواد و نیروهای طبیعت، خواسته‌ها و نیازهای کیفی انسان نیز مداخله دارند. در پاسخگویی به نیازهای یادشده توسط طراح مهندسی مستلزم فراگرفتن آموزه‌هایی از حوزه‌های علوم انسانی، فلسفه و هنر است و دیگر اتکای صرف بر علوم طبیعی کفایت نخواهد کرد.
- توجه به نکات مذکور، آموزش طراحی مهندسی را امری چالش برانگیز می‌گرداند، چرا که طراحی مهندسی نه تنها به‌دلیل وجه مهندسی معطوف به عمل است و خود را از علوم یا حتی علوم مهندسی متمایز می‌کند، بلکه به سبب وجه طراحی معطوف به کیفیت، زیبایی‌شناسی و معنا نیز هست.
- شاخه‌های مختلف مهندسی [حداقل آنها که محصول کارشان در مخاطبهٔ مستقیم با کاربر است]، که در یک فرایند کار گروهی، در شکل‌گیری محیط زندگی انسان اعم از فضاها، اشیا و تجهیزات مداخله دارند، لازم است به دو جهتگیری ضروری؛ یعنی "معطوف بودن به عمل" و "حساسیت به ابعاد کیفی مخاطب انسانی" اهتمام داشته باشند.
- تأکید برنامه‌های آموزشی موجود رشته‌های مهندسی بر "علوم مهندسی"، وجود نداشتن دو جهتگیری مذکور را نشان می‌دهد که برای اهل تخصص آن رشته‌ها جای تأمل دارد.
- واژهٔ "مهندسی" از نظر تبارشناسی، در بطن خود با کیفیت و زیبایی ملازمت دارد.
- حداقل مورد انتظار از آموزش مهندسی انتقال یک زبان مشترک طراحانه است که با جمع کردن دو جهتگیری یادشده، در صحنهٔ واقعی کار که ماهیت گروهی و میان‌رشته‌ای دارد، بتواند کیفیت نهایی محصول مهندسی را تضمین کند.

مراجع

1. Whitehead, A.N. (1962), *The aims of education, and other essays*, London: Ernest Benn.
2. Bloom, B.S. (1956), *Taxonomy of educational objectives*, New York: David McKay Co.
3. Santrock, J. W. (2001), *Educational psychology*, McGraw-Hill Higher Education, Boston, (2001), pp.357-359.
4. http://projects.coe.uga.edu/epltt/index.php?title=Bloom's_Taxonomy (Date retrieved: January 2012)
5. The new Grolier Webster International Dictionary of the English Language (1971), New York: Grolier Inc.
6. http://www.thefreedictionary.com
7. The American Heritage Science Dictionary (2005), Houston Muffin Company.
8. Britannica online Encyclopedia, Available at: www.britannica.com
9. The New Grolier Webster International Dictionary of the English Language, (1971).
10. Wikipedia (2012), The free encyclopedia, Available at: www.wikipedia.org.
11. http://www.thefreedictionary.com
12. Reynolds, P. D. (1971), *A primer in theory construction*, USA: Bobbs-Merrill Company, pp. 13-14.
13. Archer, L.B. (1979), The three Rs, *Design Studies*, Vol. 1, No. 1, pp.1(1), 17-18.
14. http://www.youtube.com/watch?v=WJXhcz8u7j8 (Date retrieved 24 Aug. 2009)
15. Cross, N. (2000), *Engineering design methods, strategies for product design, 3rd edition*, New York: John Wiley & Sons Ltd., pp.196 –198.

۱۶. لاوسون، برایان (۱۳۷۸)، *طراحان چگونه می‌اندیشند، ابهام‌زدایی از فرایند طراحی*، ترجمه حمید ندیمی، تهران: دانشگاه شهید بهشتی، ص. ۴.

۱۷. سالوادوری، ماریو(۱۳۷۴)، *سازه در معماری*، ترجمهٔ محمود گلابچی، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

18. Kroes, P., Vermaas, P. E., Light, A. and Moore, S.A. (2008), *Philosophy and design, from engineering to architecture*, London: Springer Science+Business Media, P. 7.

۱۹. *لسان العرب*، جلد ۱۵، لبنان: دار احیاء التراث العربی، ۱۴۰۸ ق.

۲۰. ثقه‌الاسلام کلینی(بی تا)، *اصول کافی*، ترجمه و شرح حاج سید جواد مصطفوی، تهران: دفتر نشر فرهنگ اهل بیت علیهم‌السلام.

۲۱. طالقانی، سید محمود(۱۳۴۵)، *پرتوی از قرآن*، تهران: شرکت سهامی انتشار،جلد۳، صص. ۲۲۱ –۲۱۹ .

۲۲. طالقانی، سید محمود(۱۳۴۵)، *پرتوی از قرآن*، تهران: شرکت سهامی انتشار،جلد۴، صص. ۸ – ۷ .