

هدف‌های آموزش مهندسی

حسین مطهری نژاد^۱، نادرقلی قورچیان^۲، پریش جعفری^۳ و محمود یعقوبی^۴

چکیده: در ارائه رویکردها و مدل‌ها برای آموزش مهندسی علاوه بر دانش فنی (علم مهندسی) بر آموزش مهارت‌ها و نگرش‌ها (عمل مهندسی) نیز تأکید ویژه‌ای شده است؛ از این رو، تعیین هدف‌های آموزش مهندسی با توجه به دانش، مهارت‌ها و نگرش‌های مورد نیاز مهندسان، مبنای بسیاری از مطالعات در قرن حاضر قرار گرفته است. هدف این مقاله، تعیین هدف‌های آموزش مهندسی براساس تحلیل محتوای مستندات مطرح در سطح جهانی است. جامعه مورد مطالعه تحقیق شامل مستندات در زمینه هدف‌های آموزش مهندسی بود که ۸ مستند به عنوان نمونه هدفمند و موارد مطلوب برای تحلیل انتخاب شد. ابزار گردآوری داده‌های پژوهش فیش، چک لیست و فرم‌های محقق ساخته بوده است و برای تحلیل و تفسیر داده‌ها از روش کدگذاری باز و کدگذاری محوری استفاده شده است. براساس تحلیل محتوای انجام شده، ۲۴ هدف برای آموزش مهندسی تعیین گردید که در ۵ طبقه دسته‌بندی شدند. در ادامه، مشخص شد که هدف‌های تعیین شده با چه گزاره‌هایی توسط مستندات موجود حمایت می‌شوند و سرانجام براساس پژوهش‌های انجام شده در این زمینه مشخص گردید که هدف‌های مورد نظر به نحو مطلوبی با مستندات موجود ارتباط دارند.

کلمات کلیدی: آموزش مهندسی، هدف‌های آموزشی، دانش فنی، مهارت‌ها و نگرش‌ها

۱- مقدمه

همزمان به قدر کافی پیشینه نظری لازم برای مواجه شدن با چالش‌های آینده مهندسی را دارا باشند [۲]. بنابراین، برنامه‌های آموزش مهندسی باید مهندسانی تربیت کند که بتوانند راه حل‌های اثربخشی برای برآوردن نیازهای جامعه طرح کنند [۴]. در گذشته، برنامه‌های آموزش مهندسی به طور گسترده مبتنی بر مدل علم مهندسی بوده‌اند که در آن برنامه‌ها، مهندسی فقط مطابق پایه محکمی در علم و ریاضیات تدریس می‌شد [۵و۶]. در نتیجه مشاهده شده فارغ‌التحصیلان مهندسی در صنعت و دانشگاه که قادر به کار کردن مناسب در صنایع نیستند؛ زیرا در آموزش آنها، به جای تأکید بر عمل، بر جنبه‌های نظری تأکید شده است [۴].

در دهه ۱۹۸۰ و ۱۹۹۰، مهندسان در بخش دولتی و صنعتی همراه با رهبران دانشگاهی شروع به بحث راجع به آموزش مهندسی نمودند. در این فرآیند، آنها تبحر دانش‌آموختگان مهندسی در سال‌های اخیر را مورد توجه قرار دادند و فهرست‌هایی از مهارت‌ها و نگرش‌های مورد نظر مهندسان تهیه کردند. وجه مشترک این فهرست‌ها، انتقاد ضمنی از آموزش مهندسی بود که برای تدریس مباحث نظری از جمله ریاضیات، علم و زمینه‌های فنی،

تغییرات سریع در حرفه مهندسی، دلیل منطقی قابل توجهی را برای تفکر مجدد در مورد اینکه چگونه باید نسل آینده مهندسی را آموزش دهیم به وجود آورده است [۱]. در سال ۲۰۰۵، «آکادمی ملی مهندسی» آمریکا گزارشی را تحت عنوان آموزش مهندس ۲۰۲۰: انطباق آموزش مهندسی با قرن جدید منتشر کرد که طریق آن مهندسان باید با روندهای جدید انطباق یابند و آموزش باید نسل بعدی دانشجویان را با ابزارهای مورد نیاز برای جهان، همان‌گونه که شکل خواهد گرفت، آماده نماید؛ نه آن‌طوری که امروزه هست [۲].

بیشتر صنایع، فارغ‌التحصیلانی را ترجیح می‌دهند که نسبت به چگونگی حل مسائل جاری آگاهی داشته باشند و

تاریخ دریافت مقاله ۹۰/۰۵/۲۸، تاریخ تصویب نهایی ۹۰/۰۹/۲۱
۱ دانشجوی دکترای، مدیریت آموزشی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، (نویسنده مسئول)، پست الکترونیک:
n.ghourchian@srbiau.ac.ir

آستاد، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران
آستادیار، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران
آستاد، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه شیراز

مسائل حال و آینده انسان و محیطشان در نظر بگیرند [۳]. در این راستا، دیدگاه‌ها و رویکردهایی در زمینه آموزش مهندسی مطرح شد، از جمله رویکرد مهارتی که براساس این رویکرد، آموزش مهندسی نه تنها به مقدار زیاد انتقال دانش را طلب می‌نماید؛ بلکه بر آموزش دانشجویان در زمینه مهارتهایی تأکید می‌کند که آنها را برای درگیر کردن در توسعه جامعه و همچنین موقعیت‌های کاری که آنها پس از فارغ‌التحصیلی مواجه می‌شوند توانا خواهد ساخت [۱۰]. دیدگاه حساس به زمینه بیانگر این است که مهندس حرفه‌ای مدرن جدا از مهندسان دیگر و زمینه اجتماعی، سیاسی، اقتصادی، فرهنگی و محیطی کارش، فعالیت نمی‌کند [۳].

با توجه به روند تاریخی آموزش مهندسی تاکنون، در بسیاری از کشورهای جهان در حال حاضر آموزش در دانشکده‌های مهندسی روی توسعه ذهنی دانشجویان تمرکز دارد و به انتقال دانش وابسته است. آموزش‌ها تناسب چندانی با نیازهای عصر جدید و تکنولوژی‌های پیشرفته ندارند و بر مهارت‌های فردی و میان فردی، و همچنین مهارت‌های توسعه سیستم، یعنی درگیری در تمام مراحل چرخه حیات محصول، فرآیند و سیستم، تأکید چندانی نمی‌شود [۱۱، ۱۲].

آموزش مهندسی در ایران نیز با توجه به پیشرفت‌های چشمگیری که در حوزه علوم مهندسی، فناوری و صنایع در سطح جهانی حاصل شده است، با چالشی بسیار بزرگ رو به رو است. لازم است روش متداول آموزش مهندسی در کشور مورد بازنگری قرار گیرد و در آن تغییرات اساسی ایجاد شود [۱۳]. آنچه امروزه در دانشکده‌های مهندسی کشور انجام می‌شود؛ انتقال دانش به دانشجویان و قوی کردن پایه علمی آنان و تا اندازه‌ای توانا ساختن آنان برای فراگیری دانش‌های جدید است [۱۴]؛ در حالی که در تربیت مهندسان از مهارت‌ها و نگرش‌های مورد نیاز آنان چندان خبری نیست، این موضوع بسیار مهمی است که باید در آموزش مهندسی ایران به آن توجه شود [۱۵-۱۷]. از این‌رو، مسأله اصلی پژوهش حاضر این است که با توجه به مستندات موجود در سطح جهانی، برنامه‌های آموزش مهندسی براساس دانش، مهارت‌ها و نگرش‌های مورد نیاز مهندسان باید دارای چه هدف‌هایی باشند؟

اولویت فائق می‌شود؛ در حالی که روی ایجاد پایه و اساسی برای عمل که مهارت‌هایی از قبیل طراحی، حل مسأله، کار تیمی و ارتباطات را مورد تأکید قرار می‌دهد، تمرکز کافی نداشت. این انتقاد، شکاف بین دو هدف اصلی آموزش مهندسی معاصر، یعنی شکاف بین نظریه و عمل را آشکار ساخت [۶].

در خصوص آموزش مهندسی در ایران نیز فهرست‌هایی از مهارت‌ها و نگرش‌های مورد نیاز مهندسان در قالب ویژگی‌ها و شایستگی‌های آنان تهیه شده [۷-۹] که به طور ضمنی بیانگر شکاف بین نظریه و عمل در نظام آموزش مهندسی ایران است.

برنامه‌های مهندسی در بسیاری از نقاط جهان، که شکاف بین نظریه و عمل را تشخیص داده‌اند، محصول تکامل تدریجی آموزش مهندسی در نیم قرن اخیر می‌باشد. در تمام آن سال‌ها، برنامه‌های مهندسی از برنامه‌های درسی مبتنی بر عمل به سمت مدل مبتنی بر علم مهندسی حرکت کردند. پیامد مورد انتظار این تغییر، ارائه زیربنای علمی دقیقی به دانشجویان مهندسی بود که آنها را به عدم آگاهی از چالش‌های فنی آینده تجهیز نمود. پیامد غیر منتظره این تغییر، عوض شدن فرهنگ آموزش مهندسی بود که منجر به کم‌رنگ شدن ارزش مهارت‌ها و نگرش‌های اصلی شد که نشان آموزش مهندسی تا آن زمان به‌شمار می‌رفت [۶]. مدل مبتنی بر علم مهندسی، که تحت عنوان رویکرد فارغ از زمینه نیز مطرح می‌باشد، مشخصات فنی تعریف شده خوبی ارائه می‌دهد که براساس آن، مفاهیم و اصول علمی برای دستیابی به یک نتیجه به کار می‌رود؛ اما این اصول به ظاهر ساده، به آسانی قابل انطباق برای حل مسائل دنیای واقعی با پیچیدگی‌های زیاد و اغلب شرایط غیر کمی آن نیست [۳].

امروزه تأکید بر حل مسأله مهندسی به طور فزاینده فنی نیست؛ بلکه به جای آن تأکید بر جنبه اجتماعی و انسانی عمل مهندسی است. جنبه اجتماعی عمل مهندسی بر آن دسته از راه‌حل‌های مهندسی تأکید دارد که کمتر و کمتر فنی و بیشتر و بیشتر اجتماعی، قانونی و انسانی باشند. از طرف دیگر، جنبه انسانی عمل مهندسی بیانگر این است که مهندسان، تکنولوژی را نه تنها به عنوان ابزار اقتصادی، بلکه همچنین به عنوان ابزاری برای بهبود کیفیت زندگی و حل

در این خصوص پاسخگویی به سؤال‌های زیر مد نظر می‌باشد:

- ۱- آموزش مهندسی با توجه به مستندات موجود دارای چه هدف‌هایی است؟
 - ۲- به چه نحوی می‌توان هدف‌های آموزش مهندسی را طبقه‌بندی کرد؟
 - ۳- هر کدام از هدف‌های مورد نظر آموزش مهندسی با چه گزاره‌هایی توسط مستندات موجود حمایت می‌شوند؟
 - ۴- با توجه به پژوهش‌های انجام شده، میزان ارتباط هدف‌های آموزش مهندسی با مستندات موجود چقدر است؟
- از آنجا که مطالعات و پژوهش‌های انجام شده در ایران هر کدام جنبه یا بعد خاصی از دانش، مهارت‌ها و نگرش‌های مورد نیاز مهندسان را مورد مطالعه قرار داده‌اند، این پژوهش با بررسی مستندات مطرح در سطح جهانی، دیدگاه تلفیقی و کلی مناسبی نسبت به هدف‌های آموزش مهندسی فراهم می‌سازد که می‌تواند گامی جدید و مؤثر برای توسعه آموزش مهندسی در ایران به‌شمار رود.

۲- روش شناسی پژوهش

پژوهش، از نوع توصیفی-تحلیلی است و در آن از روش تحلیل محتوای کیفی استفاده شده است. از آنجا که تحلیل محتوای کیفی می‌تواند از طریق چند رویکرد انجام شود [۱۸-۲۰]، رویکرد مورد استفاده در پژوهش حاضر، تحلیل محتوای هدایت شده است. در این رویکرد، کدگذاری اولیه با یک نظریه یا پژوهش مرتبط قبلی شروع می‌شود و سپس، در طول فرآیند تحلیل داده‌ها، پژوهشگر خود را در بطن داده‌ها قرار می‌دهد تا مضامین از داده‌ها منتج شوند؛ به عبارت دیگر، این رویکرد با روش قیاسی شروع می‌شود و با روش استقرایی تداوم می‌یابد [۱۸ و ۲۰].

جامعه مورد مطالعه تحقیق شامل مستندات موجود در زمینه هدف‌های آموزش مهندسی بوده است که ۸ مستند به عنوان نمونه هدفمند و از نوع موارد مطلوب برای مطالعه انتخاب شد. ابزار گردآوری داده‌های پژوهش فیش، چک لیست و فرم‌های محقق ساخته بوده است. برای تحلیل و تفسیر داده‌ها از روش کدگذاری باز جهت جزء به جزء کردن داده‌ها و شکل‌بندی مقوله‌ها، و کدگذاری محوری

برای ارتباط دادن مقوله‌ها و دسته‌بندی آنها استفاده شده است.

تحلیل محتوای مستندات در پنج مرحله انجام شد. در مرحله اول، منابع موجود در زمینه آموزش مهندسی شامل مجله آموزش مهندسی، مجله اروپایی آموزش مهندسی، مجله بین‌المللی آموزش مهندسی، و کنفرانس و نمایشگاه سالانه انجمن آمریکایی آموزش مهندسی مورد بررسی قرار گرفتند و طبقه‌بندی‌های مختلف از هدف‌ها و نتایج یادگیری، ویژگی‌ها، و شایستگی‌های مهندسی که در این منابع به آنها بیشتر اشاره شده بود، به عنوان مستندات مطلوب به شرح زیر انتخاب شدند:

۱) سرفصل تصور، طراحی، اجرا، بهره‌برداری (CDIO)^۲ [۶ و ۵]

۲) طبقه‌بندی شایستگی‌های مهندسی [۲۱ و ۲۲]

۳) استاندارد UK برای شایستگی حرفه‌ای مهندسان (UK-SPEC)^۳ [۲۳]

۴) شایستگی‌های کاری دانشگاه ایالت آیوا (ISU)^۴ [۲۴ و ۲۵]

۵) نتایج برنامه مهندس اعتباریافته اروپا (EUR-ACE)^۵ [۲۶ و ۲۷]

۶) ویژگی‌های فارغ‌التحصیلان پیمان واشنگتن [۲۸]

۷) نتایج برنامه شورای اعتباربخشی مهندسی و تکنولوژی آمریکا (ABET)^۶ [۲۹]

۸) ویژگی‌های مهندسان ۲۰۲۰ [۳۰]

در مرحله دوم، سرفصل CDIO که مفصل‌ترین مستند در زمینه هدف‌های آموزش مهندسی تاکنون به‌شمار می‌رود [۲۱] مبنای استخراج هدف‌های آموزشی قرار گرفت و از طریق کدگذاری باز، وجوه مشترک سایر طبقه‌بندی‌ها از هدف‌های آموزش مهندسی به این مستند اضافه گردید. در مرحله سوم، با استفاده از روش کدگذاری محوری، بین هدف‌های آموزشی مورد نظر، ارتباط برقرار شد و مورد طبقه‌بندی قرار گرفتند.

در مرحله چهارم، مشخص گردید هر کدام از هدف‌های آموزشی مورد نظر با چه گزاره‌هایی توسط مستندات موجود حمایت می‌شوند. سرانجام در مرحله پنجم، هدف‌های آموزشی استخراج شده با مستندات موجود با استناد پژوهش‌های قبلی در این زمینه مورد مقایسه قرار گرفتند.

- ۶- توانایی تفکر سیستمی
- ۷- توانایی ریسک‌پذیری و انعطاف‌پذیری
- ۸- توانایی تفکر خلاق و انتقادی
- ۹- آگاهی از نقاط قوت و ضعف شخصی و توانایی مدیریت خود
- ۱۰- احساس نیاز به یادگیری مادام‌العمر و توانایی انجام آن
- ۱۱- درک مسئولیت‌پذیری حرفه‌ای و اخلاقی و رفتار کردن بر اساس آن
- ۱۲- توانایی برنامه‌ریزی برای مسیر شغلی خود و باقی ماندن به عنوان یک مهندس
- ۱۳- توانایی نوآوری و کارآفرینی، یعنی به کارگیری مؤثر ایده‌های جدید
- ۱۴- توانایی مشارکت در توسعه پایدار
- ۱۵- کسب مهارت‌های مدیریت و رهبری
- ۱۶- توانایی کارکردن در تیم‌های چند رشته‌ای
- ۱۷- توانایی برقراری ارتباط مؤثر با دیگران (شفاهی، مکتوب، گرافیکی و الکترونیکی)
- ۱۸- توانایی برقراری ارتباط به زبان‌های خارجی
- ۱۹- توانایی درک جامعه و محیط جهانی و تأثیر مهندسی بر آنها
- ۲۰- توانایی درک سازمان‌ها و شرکت‌ها و کارکردن مؤثر در آنها
- ۲۱- توانایی تصور یک سیستم، محصول یا فرآیند با در نظر گرفتن نیازها و شرایط
- ۲۲- توانایی طراحی یک سیستم، محصول یا فرآیند برای برآوردن نیازهای مورد نظر

در این مقایسه، هدف‌های آموزشی، که با گزاره‌های مستندات موجود به طور آشکار همخوانی داشتند، با علامت • مشخص شدند که بیانگر ارتباط قوی بین آنها است، و هدف‌های آموزشی که در بطن گزاره‌های این مستندات وجود داشتند، با علامت O مشخص شدند که نشان‌دهنده ارتباط مناسب بین آنها می‌باشد.

۳- نتایج و بحث

سؤال اول پژوهش: آموزش مهندسی با توجه به مستندات موجود دارای چه هدف‌هایی است؟

تعداد عناوین هدف‌های آموزش مهندسی و نحوه دسته‌بندی آنها در مستندات موجود متفاوت است. جدول ۱ تعداد عناوین هدف‌های آموزش مهندسی را از بیشترین تا کمترین عناوین در مستندات مورد مطالعه نشان می‌دهد. همان‌طور که در جدول ۱ مشخص است، سرفصل CDIO مفصل‌ترین مستند در زمینه هدف‌های آموزش مهندسی تاکنون به‌شمار می‌رود؛ لذا، این سرفصل مبنای استخراج هدف‌های آموزشی قرار گرفت و از طریق کدگذاری باز، وجوه مشترک سایر طبقه‌بندی‌ها از هدف‌های آموزش مهندسی به این مستند اضافه گردید. در مجموع ۲۴ هدف برای آموزش مهندسی تعیین گردید:

- ۱- دانش نسبت به علوم پایه (ریاضیات و علم)
- ۲- دانش نسبت به مفاهیم و اصول پایه مهندسی
- ۳- دانش نسبت به مفاهیم و اصول پیشرفته مهندسی
- ۴- توانایی استدلال و حل مسائل مهندسی
- ۵- توانایی انجام آزمایش و کشف دانش

جدول ۱ تعداد عناوین هدف‌های آموزش مهندسی در مستندات موجود

تعداد کل هدف‌ها	سطوح تفصیلی				مستند مورد بررسی	ردیف
	سطح چهارم	سطح سوم	سطح دوم	سطح اول		
۳۷۹	۲۸۵	۷۳	۱۷	۴	سرفصل CDIO	۱
۸۷	-	۵۴	۲۶	۷	طبقه‌بندی شایستگی‌های مهندسی	۲
۸۶	-	۶۵	۱۶	۵	استاندارد UK-SPEC	۳
۷۹	-	-	۶۴	۱۵	شایستگی‌های کاری ISU	۴
۴۷	-	-	۴۱	۶	نتایج برنامه EUR-ACE	۵
۱۲	-	-	-	۱۲	ویژگی‌های فارغ‌التحصیلان پیمان واشنگتن	۶
۱۱	-	-	-	۱۱	نتایج برنامه ABET	۷
۹	-	-	-	۹	ویژگی‌های مهندسان ۲۰۲۰	۸

- مهارت‌ها و نگرش‌های حرفه‌ای و اخلاقی در تمامی مستندات وجود دارد.

- در هدف‌ها و نتایج یادگیری مستندات آموزش مهندسی، بر مهارت‌های مرتبط با چرخه حیات سیستم، محصول و فرآیند تأکید ویژه‌ای شده است.

هر چند دانش فنی و مهندسی به عنوان زیربنا و نخستین هدف‌ها در برنامه‌های آموزش مهندسی مطرح شده است؛ اما نمی‌توان فقط به دانش اکتفا کرد. بنابراین، هدف‌های آموزش مهندسی طبق جدول ۲ به پنج طبقه تقسیم شدند.

سؤال سوم پژوهش: هر کدام از هدف‌های مورد نظر آموزش مهندسی با چه گزاره‌هایی توسط مستندات موجود حمایت می‌شوند؟

برای پاسخگویی به این سؤال، گزاره‌ها (عنوان‌ها و جمله‌های) مطرح شده در سطوح مختلف مستندات موجود جزء به جزء شدند و با ذکر مشخصه‌شان به یک یا چند هدف از هدف‌های تعیین شده مرتبط گردیدند. نتایج این بررسی براساس طبقه‌بندی هدف‌های آموزش مهندسی به طور مختصر در جدول ۳ نشان داده شده است؛ بنابراین، در ارتباط با هر طبقه از هدف‌های آموزش مهندسی نتیجه‌ای به شرح زیر به دست آمد:

- هدف‌های مرتبط با طبقه دانش و استدلال فنی و مهندسی به نحو احسن توسط مستندات موجود حمایت می‌شوند. فقط به توانایی تفکر سیستمی در استاندارد UK-SPEC، شایستگی‌های کاری ISU و ویژگی‌های مهندسان ۲۰۲۰ اشاره‌ای نشده است.

- سرفصل CDIO، طبقه‌بندی شایستگی‌های مهندسی و ویژگی‌های مهندسان ۲۰۲۰ نسبت به مستندات دیگر به مهارت‌ها و نگرش‌های فردی بیشتر توجه کرده‌اند. اما احساس نیاز به یادگیری مادام‌العمر و توانایی انجام آن در تمامی مستندات مورد تأکید قرار گرفته است.

- تمامی مستندات مورد بررسی، مهارت‌ها و نگرش‌های حرفه‌ای و اخلاقی را مورد تأکید قرار داده‌اند. اما استاندارد UK-SPEC این طبقه از هدف‌ها را به طور کامل پوشش می‌دهد که این امر مختص ویرایش ۲۰۱۰ این استاندارد است.

۲۳- توانایی اجرا (پیاده سازی)، یعنی تبدیل یک طرح به سیستم، محصول یا فرآیند

۲۴- توانایی بهره‌برداری یک سیستم، محصول یا فرآیند برای ارائه ارزش مورد نظر

سؤال دوم پژوهش: به چه نحوی می‌توان هدف‌های آموزش مهندسی را طبقه‌بندی کرد؟

بررسی پیشینه تحقیق و مستندات موجود نشان داد که در ارائه رویکردها و مدل‌ها برای آموزش مهندسی، علاوه بر دانش فنی (علم مهندسی) بر آموزش مهارت‌ها و نگرش‌ها (عمل مهندسی) نیز تأکید ویژه‌ای شده است [۳۱،۳۲]. از این رو، تعیین هدف‌ها با توجه به دانش، مهارت‌ها و نگرش‌های مورد نیاز مهندسان، محور کدگذاری برای طبقه‌بندی هدف‌های آموزش مهندسی قرار گرفت و نکات زیر که از مستندات موجود استخراج گردید، در این زمینه مورد استفاده قرار گرفت:

- از چهار بخش سرفصل CDIO، فقط یک بخش آن به دانش فنی اختصاص دارد.

- در طبقه‌بندی شایستگی‌های مهندسی و همچنین استاندارد UK-SPEC، فقط طبقه A بیانگر دانش فنی و مهندسی است و حتی در این طبقه نیز بیشتر بر کاربرد دانش تأکید شده است.

- از پانزده شایستگی کاری ISU، یک مورد آنها مربوط به دانش فنی و مهندسی و یک مورد مربوط به دانش عمومی است.

- در نتایج برنامه EUR-ACE فقط طبقه اول آن به دانش و درک و فهم اختصاص دارد و بقیه نتایج بیانگر مهارت‌ها و نگرش‌های مورد نیاز مهندسان هستند.

- از دوازده ویژگی فارغ‌التحصیلان پیمان واشنگتن، یک مورد آنها به طور مستقیم در زمینه دانش مهندسی است و بقیه روی کاربرد دانش و مهارت‌ها تأکید دارند.

- از یازده هدف مطرح شده در نتایج برنامه ABET، هفت مورد آنها مربوط به توانایی، دو مورد مربوط به درک و فهم، و دو مورد آنها مربوط به دانش است.

- در ویژگی‌های مهندسان ۲۰۲۰، فقط در قسمت مهارت‌های تحلیلی قوی به دانش اشاره شده است.

- در اکثر مستندات به مهارت‌ها و نگرش‌های فردی و بین فردی اهمیت داده شده است.

جدول ۲ طبقه‌بندی هدف‌های آموزش مهندسی

طبقه‌ها / مقوله‌ها	هدف‌های مرتبط با هر طبقه / مقوله
۱- دانش و استدلال فنی و مهندسی	۱-۱ دانش نسبت به علوم پایه (ریاضیات و علم) ۲-۱ دانش نسبت به مفاهیم و اصول پایه مهندسی ۳-۱ دانش نسبت به مفاهیم و اصول پیشرفته مهندسی ۴-۱ توانایی استدلال و حل مسائل مهندسی ۵-۱ توانایی انجام آزمایش و کشف دانش ۶-۱ توانایی تفکر سیستمی
۲- مهارت‌ها و نگرش‌های فردی	۱-۲ توانایی ریسک‌پذیری و انعطاف‌پذیری ۲-۲ توانایی تفکر خلاق و انتقادی ۳-۲ آگاهی از نقاط قوت و ضعف شخصی و توانایی مدیریت خود ۴-۲ احساس نیاز به یادگیری مادام‌العمر و توانایی انجام آن
۳- مهارت‌ها و نگرش‌های حرفه‌ای و اخلاقی	۱-۳ درک مسئولیت‌پذیری حرفه‌ای و اخلاقی و رفتار کردن بر اساس آن ۲-۳ توانایی برنامه‌ریزی برای مسیر شغلی خود و باقی ماندن به عنوان یک مهندس ۳-۳ توانایی نوآوری و کارآفرینی، یعنی به کارگیری مؤثر ایده‌های جدید ۴-۳ توانایی مشارکت در توسعه پایدار
۴- مهارت‌ها و نگرش‌های بین فردی	۱-۴ کسب مهارت‌های مدیریت و رهبری ۲-۴ توانایی کارکردن در تیم‌های چند رشته‌ای ۳-۴ توانایی برقراری ارتباط مؤثر با دیگران (شفاهی، مکتوب، گرافیکی و الکترونیکی) ۴-۴ توانایی برقراری ارتباط به زبان‌های خارجی
۵- مهارت‌های توسعه سیستم، محصول، یا فرآیند	۱-۵ توانایی درک جامعه و محیط جهانی و تأثیر مهندسی بر آنها ۲-۵ توانایی درک سازمان‌ها و شرکت‌ها و کارکردن مؤثر در آنها ۳-۵ توانایی تصور یک سیستم، محصول یا فرآیند با در نظر گرفتن نیازها و شرایط ۴-۵ توانایی طراحی یک سیستم، محصول یا فرآیند برای برآوردن نیازهای مورد نظر ۵-۵ توانایی اجرا (پایه سازی)، یعنی تبدیل یک طرح به سیستم، محصول یا فرآیند ۶-۵ توانایی بهره‌برداری یک سیستم، محصول یا فرآیند برای ارائه ارزش مورد نظر

که این امر گویای تأثیر زیاد مهندسی و مهندسان روی جامعه و جهان است.

سؤال چهارم پژوهش: با توجه به پژوهش‌های انجام شده، میزان ارتباط هدف‌های آموزش مهندسی با مستندات موجود چقدر است؟

بررسی پیشینه تحقیق نشان داد که پژوهش‌های چندی به منظور اعتباریابی هر کدام از این مستندات توسط مستندات دیگر انجام شده است. در این پژوهش‌ها، هدف‌های مطرح شده در سرفصل CDIO و نتایج برنامه ABET بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند. از آنجا که در پژوهش حاضر، هدف‌های آموزش مهندسی براساس مستندات موجود تعیین شده است، می‌توان از نتایج پژوهش‌های انجام شده مطابق جدول ۳ به منظور اعتباریابی هدف‌های مورد نظر استفاده کرد.

- در طبقه‌بندی مهارت‌ها و نگرش‌های بین فردی، فقط در سرفصل CDIO و نتایج EUR-ACE به توانایی برقراری ارتباط به زبان‌های خارجی توجه شده است و سایر مستندات این موضوع را نادیده گرفته‌اند. شاید دلیل این امر، تأکید بیشتر این دو مستند بر بین‌المللی شدن آموزش مهندسی باشد. بقیه مهارت‌ها و نگرش‌ها به‌وسیله مستندات مورد تأکید قرار گرفته‌اند، به جز کسب مهارت‌های مدیریت و رهبری که در نتایج برنامه ABET اشاره‌ای به آن نشده است.

- در طبقه پنجم هدف‌ها، به توانایی درک سازمان‌ها و شرکت‌ها و کارکردن مؤثر در آنها نسبت به بقیه هدف‌ها توجه کمتری شده است. مهارت‌های مرتبط با چرخه حیات محصول، فرآیند و سیستم در یک زمینه اجتماعی و جهانی توسط اکثر مستندات مورد تأکید قرار گرفته است

جدول ۳ ارتباط هدف‌های آموزش مهندسی با مستندات موجود

هدف‌های آموزش مهندسی		مستندات موجود						
۱. سرفصل CDIO	۲. طبقه بندی شایستگی‌های مهندسی	۳. استاندارد UK-SPEC	۴. شایستگی‌های کاری ISU	۵. نتایج برنامه EUR-ACE	۶. ویزگی‌های فارغ‌التحصیلان پیمان و آشننگتن	۷. نتایج برنامه ABET	۸. ویزگی‌های مهندسان ۲۰۲۰	
<p>۱- دانش و استدلال فنی و مهندسی</p> <p>۲- مهارت‌ها و نگرش‌های فردی</p> <p>۳- مهارت‌ها و نگرش‌های حرفه‌ای و اخلاقی</p> <p>۴- بین فردی</p> <p>۵- مهارت‌های توسعه سیستم، محصول، یا فرآیند</p>	<p>۱-۱ دانش نسبت به علوم پایه (ریاضیات و علم)</p> <p>۲-۱ دانش نسبت به مفاهیم و اصول پایه مهندسی</p> <p>۳-۱ دانش نسبت به مفاهیم و اصول پیشرفته مهندسی</p> <p>۴-۱ توانایی استدلال و حل مسائل مهندسی</p> <p>۵-۱ توانایی انجام آزمایش و کشف دانش</p> <p>۶-۱ توانایی تفکر سیستمی</p>	•	•	•	•	•	•	
	<p>۱-۲ توانایی ریسک‌پذیری و انعطاف‌پذیری</p> <p>۲-۲ توانایی تفکر خلاق و انتقادی</p> <p>۳-۲ آگاهی از نقاط قوت و ضعف شخصی و توانایی مدیریت خود</p> <p>۴-۲ احساس نیاز به یادگیری مادام‌العمر و توانایی انجام آن</p>	•	•	•	•	•	•	
	<p>۱-۳ درک مسئولیت‌پذیری حرفه‌ای و اخلاقی و رفتار کردن بر اساس آن</p> <p>۲-۳ توانایی برنامه‌ریزی برای مسیر شغلی خود و باقی ماندن به عنوان یک مهندس</p> <p>۳-۳ توانایی نوآوری و کارآفرینی، یعنی به کارگیری مؤثر ایده‌های جدید</p> <p>۴-۳ توانایی مشارکت در توسعه پایدار</p>	•	•	•	•	•	•	
	<p>۱-۴ کسب مهارت‌های مدیریت و رهبری</p> <p>۲-۴ توانایی کار کردن در تیم‌های چند رشته‌ای</p> <p>۳-۴ توانایی برقراری ارتباط مؤثر با دیگران (شفاهی، مکتوب، گرافیکی و الکترونیکی)</p> <p>۴-۴ توانایی برقراری ارتباط به زبان‌های خارجی</p>	•	•	•	•	•	•	
	<p>۱-۵ توانایی درک جامعه و محیط جهانی و تأثیر مهندسی بر آنها</p> <p>۲-۵ توانایی درک سازمان‌ها و شرکت‌ها و کار کردن مؤثر در آنها</p> <p>۳-۵ توانایی تصور یک سیستم، محصول یا فرآیند با در نظر گرفتن نیازها و شرایط</p> <p>۴-۵ توانایی طراحی یک سیستم، محصول یا فرآیند برای برآوردن نیازهای مورد نظر</p> <p>۵-۵ توانایی اجرا (پیاده‌سازی)، یعنی تبدیل یک طرح به سیستم، محصول یا فرآیند</p> <p>۶-۵ توانایی بهره‌برداری یک سیستم، محصول یا فرآیند برای ارائه ارزش مورد نظر</p>	•	•	•	•	•	•	
نوع ارتباط	• ارتباط قوی	O ارتباط مناسب						

CDIO تمامی مراحل چرخه حیات سیستم، محصول و فرآیند را در بر می‌گیرد؛ ولی نتایج EUR-ACE دو مرحله اجرا و بهره‌برداری را پوشش نمی‌دهند [۳۳].

مقایسه ویژگی‌های فارغ‌التحصیلان پیمان واشنگتن و نتایج EUR-ACE نشان داد که شباهت زیادی بین عناوین هدف‌های آموزش مهندسی در این دو مستند وجود دارد. تفاوت عمده بین هدف‌های این دو مستند مربوط به عنوان مهارت‌های قابل انتقال در نتایج EUR-ACE است که چندین ویژگی جداگانه را در پیمان واشنگتن پوشش می‌دهد؛ بنابراین، تفاوت‌های بین این دو مستند بیشتر در نحوه ارائه و بیان هدف‌ها و نتایج است تا یک تفاوت اساسی [۳۶].

با توجه به پژوهش‌های انجام شده و فرآیندی که در این پژوهش طی شده است، هدف‌های آموزش مهندسی به نحو مطلوبی با مستندات موجود ارتباط دارند و این گویای اعتبار هدف‌های تعیین شده است که در جدول ۳ منعکس گردیده است.

۴- نتیجه‌گیری

در این مطالعه کوشش به عمل آمد تا یک طبقه‌بندی از هدف‌های آموزش مهندسی مطرح شود که از شرایط زیر برخوردار باشد:

- مبتنی بر عمل مهندسی معاصر باشد؛
 - ترکیبی از منابع و طبقه‌بندی دیگر باشد؛
 - با روندهای جهانی آموزش مهندسی تناسب داشته باشد؛
 - برگرفته از نظر متخصصان این رشته و نیازهای بازار کار باشد؛
 - متناسب با آموزش‌های دانشگاهی باشد؛
 - قابل تبدیل به نتایج یادگیری مشخص و دقیق باشد.
- با توجه به نتایج حاصل از تحلیل محتوای مستندات موجود، ۲۴ هدف برای آموزش مهندسی تعیین گردید که در پنج طبقه قرار گرفتند. طبقه اول بیانگر دانش و مهارت‌های ذهنی است. طبقه دوم مهارت‌ها و نگرش‌های فردی را مدنظر قرار داده است. طبقه سوم مهارت‌ها و نگرش‌های حرفه‌ای و اخلاقی را پوشش می‌دهد. طبقه چهارم بر مهارت‌ها و تعامل‌های بین فردی تأکید دارد و

در ابتدا سرفصل CDIO با معیارهای ABET، معیارهای UK-SPEC و الزامات آموزش مهندسی سوئد مورد مقایسه قرار گرفت. یافته مشترک این بود که سرفصل CDIO نتایج یادگیری بیشتر و مفصل‌تری برای آموزش مهندسی بیان می‌کند [۳۳].

طبق مطالعه کراولی، همبستگی سرفصل CDIO با نتایج برنامه ABET قوی می‌باشد و حتی سرفصل نسبت به آن جامع‌تر است. برای مثال، نتایج برنامه ABET به طور واضح تفکر سیستمی را نشان نمی‌دهد و از بین مهارت‌ها و نگرش‌های فردی که در سرفصل CDIO آمده است، فقط نیاز به یادگیری مادام‌العمر و توانایی انجام آن را فهرست می‌کند. همچنین از بین چندین مهارت و نگرش حرفه‌ای و اخلاقی فقط روی درک مسئولیت‌پذیری حرفه‌ای و اخلاقی تأکید زیاد می‌نماید [۳۴و۳۶].

پژوهش انجام شده به‌وسیله والکات نشان داد که طبقه‌بندی شایستگی‌های مهندسی حدود ۹۰ درصد از محتوای سرفصل CDIO را پوشش می‌دهد. بنابراین، ارتباط زیادی بین هدف‌های آموزش مهندسی در این دو مستند وجود دارد [۲۱].

بریوم، هانمن و میکلسون ارتباط بین شایستگی‌های کاری ISU و نتایج برنامه ABET را مورد بررسی قرار دادند. نتایج بررسی نشان داد که همه شایستگی‌ها در ارتباط با نتایج ABET رتبه متوسط و بالاتر کسب کردند و این امر نشان‌دهنده اعتبار شایستگی‌های کاری ISU است [۳۵و۳۴].

همچنین سرفصل CDIO با ویرایش ۲۰۰۴ استاندارد UK-SPEC مقایسه شد. اگرچه استاندارد UK-SPEC نتایج یادگیری بیشتری را نسبت به ABET دربر می‌گیرد؛ اما در حد سرفصل CDIO به تفصیل بیان نشده است. همچنین مهارت‌های حرفه‌ای و مهارت‌های مرتبط با چرخه حیات محصول، فرآیند و سیستم در استاندارد UK-SPEC به طور مشخص پوشش داده نشده‌اند [۶]؛ اما ویرایش ۲۰۱۰ این استاندارد، اکثریت هدف‌های آموزش مهندسی را در بر می‌گیرد [۲۳].

مطالعه انجام شده به‌وسیله مملکوئیست نشان داد که سرفصل CDIO دیدگاه کامل‌تری از مهندسی نسبت به نتایج EUR-ACE منعکس می‌سازد؛ یعنی سرفصل

مراجع

- [1] Engineering Education Research Colloquies., *Special report: the research agenda for the new discipline of engineering education*, Journal of Engineering Education, Vol.95, No.4, 2006, pp.259-261.
- [2] National Academy of Engineering., *Educating the Engineer of 2020: Adapting Engineering Education to the New Century*, USA: National Academy of Sciences, 2005.
- [3] Grimson J., *Re-engineering the curriculum for the 21st century*, European Journal of Engineering Education, Vol.27, No.1, 2002, pp.31-37.
- [4] Dym C. L., Agogino A.M., Eris O., Frey D.D. and Leifer L.J., *Engineering Design Thinking, Teaching, and Learning*, Journal of Engineering Education, January, 2005, pp.103-120.
- [5] Bankel J. and et al., *Benchmarking engineering curricula with the CDIO syllabus*, International Journal of Engineering Education, Vol.21, No.1, 2005, pp.121-133.
- [6] Crawley E.F., Malmqvist J., Ostlund S. and Brodeur D., *Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach*, New York, 2007.
- [7] Faiz M., *Study of Required Professional Competencies of Engineering Graduate in Iran (Case study: Graduates of SHARIF University of Technology)*, Ph.D. Thesis, School of Psychology and Educational Science, Shahid Beheshti University, 2010.
- [8] Bahadori-Nejad M., *Engineering Ethics and Ethics Engineering*, Tehran, Yazda, 2008.
- [9] Memarian H., *Internal assessment of Iran's engineering education programs*, Iranian Journal of Engineering Education, Vol.11, No.42, 2009, pp.1-18.
- [10] Pascaill L., *The emergence of the skills approach in industry and its consequences for the training of engineers*, European Journal of Engineering Education, Vol.31, No.1, 2006, pp.55-61.
- [11] Spinks N., Silburn N.L.J. and Birchall D.W., *Making it all work: the engineering graduate of the future, a UK perspective*, European Journal of Engineering Education, Vol.32, No.3, 2007, pp.325-335.
- [12] Sevindik T. and Akpınar B., *The effects of the changes in postmodern pedagogical paradigms on engineering education in Turkey*, European Journal of Engineering Education, Vol.32, No.5, 2007, pp.561-571.
- [13] Haghi A.K., *New visions in engineering education: breaking from conventional models creative approaches*, Iranian Journal of Engineering Education, Vol.7, No.28, 2006, pp.1-12.
- [14] Bahadori-Nejad M. and Namaki A., *Parallel engineering education at universities and industries*, Iranian Journal of Engineering Education, Vol.10, No.39, 2008, pp.63-74.

طبقه پنجم حاکی از مهارت‌های مرتبط با چرخه حیات سیستم، محصول و فرآیند است.

همچنین، گزاره‌های مستندات موجود به نحو مطلوبی هدف‌های تعیین شده را مورد حمایت قرار دادند که این موضوع بیانگر تأکید مستندات و مطالعات انجام شده بر گستره هدف‌های آموزش مهندسی در زمینه دانش، مهارت‌ها و نگرش‌های مورد نیاز مهندسان است. برقراری ارتباط بین هدف‌های مورد نظر با مستندات موجود براساس پژوهش‌های انجام شده نیز نشان داد که هدف‌های تعیین شده از اعتبار لازم برخوردارند و با توجه به موضوع جهانی شدن آموزش مهندسی می‌توانند مبنای عمل در نظام آموزش مهندسی ایران و پژوهش‌های بعدی در این زمینه قرار گیرند.

با توجه به اهمیت تدوین هدف‌های مناسب در برنامه‌های آموزش عالی، توسعه طبقه‌بندی‌ها از هدف‌های آموزش مهندسی که از یک سو، منطبق با طبقه‌بندی‌های جدید از دانش و مهارت‌ها باشند و از سوی دیگر، نیازها و شرایط حاکم بر مؤسسات آموزش عالی را در بر گیرند، ضرورتی اجتناب ناپذیر است.

از جمله محدودیت‌های این پژوهش، نبود مستندات و پژوهش‌های مدون در زمینه هدف‌های آموزش مهندسی متناسب با نیازها و شرایط قرن جدید در ایران بود؛ لذا مستندات جهانی در این زمینه مبنای تعیین هدف‌ها قرار گرفتند که این هدف‌ها می‌توانند از طریق مصاحبه با صاحب نظران آموزش مهندسی و مطالعه پیمایشی در دانشکده‌های مهندسی و بازار کار ایران مورد بررسی، مقایسه و اعتباریابی قرار گیرند.

پی نوشت

- ¹ National Academy of Engineering (NAE)
- ² Conceive-Design-Implement-Operate
- ³ UK Standard for Professional Engineering Competence
- ⁴ Iowa State University
- ⁵ European Accredited Engineer
- ⁶ Accreditation Board of Engineering and Technology

- [15] Rahimi G.H., *Engineering education and future developments of the country*, Iranian Journal of Engineering Education, Vol.1, No.3, 1999, pp.1-11.
- [16] Motahhari-Nejad H., Yaghoubi M. and Davami P., *Requirements of engineering education for meeting the needs of industry in Iran*, Iranian Journal of Engineering Education, Vol.13, No.52, 2012, pp.23-39.
- [17] Yaghoubi M. and Motahhari-Nejad H., *Requirements for codifying strategies of engineering education in Iran*, Iranian Journal of Engineering Education, Vol.13, No.51, 2011, pp.31-51.
- [18] Hsieh H. and Shannon S.E., *Three approaches to qualitative content analysis*, Qualitative Health Research, Vol.15, 2005, pp.1277-1288.
- [19] Mayring P., *Qualitative content analysis*, Forum: Qualitative Social Research, Vol.1, No.2, 2000.
- [20] Zhang Y. and Wildemuth B.M., *Qualitative analysis of content*, in: Wildemuth B., (Ed.), *Applications of Social Research Methods to Questions in Information and Library Science*, 2009, pp.308-319.
- [21] Woollacott L.C., *Validating the CDIO syllabus for engineering education using the taxonomy of engineering competencies*, European Journal of Engineering Education, Vol.34, No.6, 2009, pp.545-559.
- [22] Woollacott L.C., *Dealing with under-preparedness in engineering education, part 1: defining the goal- taxonomy of engineering competency*, Proceedings of the 2003 WFEO/ASEE e-Conference, Available at: <http://wiredspace.wits.ac.za/bitstream/handle/10539/5027/LC%20Woollacott.pdf?sequence=1>, 2010.
- [23] UK Engineering Council., *UK Standard for Professional Engineering Competence, Engineering Technician, Incorporated Engineer and Chartered Engineer Standard*, Engineering Council, 2010.
- [24] Brumm T.J., Hanneman L.F. and Mickelson S.K., *Assessing and developing program through workplace competencies*, International Journal of Engineering Education, Vol.22, No.1, 2006, pp.123-129.
- [25] Iowa State University., *Engineering and technology workplace competencies*, Available at: <http://learn.ae.iastate.edu/competencydefinitions.pdf>, 2010.
- [26] Augusti G., *Accreditation of Engineering Programmes: European Perspectives and Challenges in a Global Context*, European Journal of Engineering Education, Vol.32, No.3, 2007, pp.273-283.
- [27] European Network for Accreditation of Engineering Education., *EUR-ACE Framework Standards for the Accreditation of Engineering Programmes*, 2008.
- [28] International Engineering Alliance., *Graduate attributes and professional competencies*, Available at: <http://www.washingtonaccord.org/IEA-Grad-Attr-Prof-Competencies-v2.pdf>, 2009.
- [29] Accreditation Board of Engineering and Technology, *Criteria for accrediting engineering programs: effective for evaluations during the 2010-2011 accreditation cycle*, Available at: http://www.abet.org/uploadedFiles/Accreditation/Accreditation_Process/Accreditation_Documents/Archive/criteria-eac-2010-2011.pdf, 2009.
- [30] National Academy of Engineering, *The Engineer of 2020: Visions of Engineering in the New Century*, Washington, DC: National Academies Press, 2004.
- [31] Patil A. and Codner G., *Accreditation of engineering education: review, observations and proposal for global accreditation*, European Journal of Engineering Education, Vol.32, No.6, 2007, pp.639-651.
- [32] Trevelyan J., *Engineering education requires a better model of engineering practice*, Proceedings of the Research in Engineering Education Symposium, Palm Cove, QLD, Available at: http://rees2009.pbworks.com/f/rees2009_submission_52.pdf, 2009.
- [33] Malmqvist J., *A Comparison of the CDIO and EUR-ACE Quality Assurance Systems*, Proceedings of the 5th International CDIO Conference, Singapore Polytechnic, Available at: <http://www.cdio.org/files/document/file/CDIO-Eur-Ace-Paper-final.pdf>, 2009.
- [34] Crawley E.F., *Creating the CDIO syllabus, a universal template for engineering education*, 32nd ASEE/IEEE frontiers in education conference, Available at: <http://www.cdio.org/knowledge-library/documents/creating-cdio-syllabus-universal-template-engineering-education>, Boston, 2002.
- [35] Brumm T.J., Hanneman L.F. and Mickelson S.K., *The Data Are In: Student Workplace Competencies in the Experiential Workplace*, Proceedings of the 2005 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, Available at: <http://soa.asee.org/paper/conference/paper-view.cfm?id=21310>, 2005.
- [36] Freeston I., *Progressing towards Global Standards in Engineering Education*, Presented at the ENAEE Workshop, Brussels, Available at: http://www.enaee.eu/wp-content/uploads/2012/01/Brussels-09-Freeston_GAss220109_v21.pdf, 2009, pp.1-9.