

ابعاد و مؤلفه‌های آموزش مهندسی: تحلیلی مبتنی بر ائتلاف‌های بین‌المللی

The Dimensions and Components of Engineering Education: An Analysis Based on International Consortiums

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۱/۱۲/۰۱

تاریخ دریافت مقاله: ۹۱/۰۸/۰۷

Hossein Motahhari Nejad
Nader Gholi Ghourchian
Parivash Jafari
Mahmoud Yaghoubi

حسین مطهری نژاد *
نادرقلی قورچیان ***
پریوش جعفری ***
محمود یعقوبی ***

Abstract: The aim of this paper is to determine the dimensions and components of engineering education based on content analysis of global models. The society in this research includes the derived models of three international consortiums and agreements. The instruments for data collection were checklist and researcher-made forms and for data analysis the open coding and axial coding were used. Based on the content analysis of studied models, seven dimensions including twenty-seven components were identified for engineering education. The models studied mainly emphasize the philosophy and objectives of engineering education, the instructional space and facilities, assessment and evaluation, curriculum, faculty members, students and the teaching-learning process, respectively. The outstanding points of the studied models were: specific and accurate educational objectives; the focus of engineering education on science and practice; integrated curricula and learning activities; design-implement experiences in the curricula; equipped instructional space suitable for experiential and practical learning; focus on society's and industry's needs; competence of faculty members, student admission and counseling services; and continuous improvement of engineering programs.

Keywords: Engineering Education, Dimensions, Components, Accreditation, International Consortiums

چکیده: هدف این مقاله، تعیین ابعاد و مؤلفه‌های آموزش مهندسی براساس تحلیل محتوای مدل‌های جهانی است. جامعه مورد مطالعه شامل مدل‌های مستخرج از سه ائتلاف و توافقنامه بین‌المللی بود که به صورت سرشماری انتخاب شدند. ابزار گردآوری داده‌ها چک‌لیست و فرم‌های محقق ساخته بود و برای تحلیل داده‌ها از روش کدگذاری باز و کدگذاری محوری استفاده شد. براساس تحلیل انجام شده، هفت بعد برای آموزش مهندسی تعیین شده که در مجموع دارای ۲۷ مؤلفه است. مدل‌های مورد بررسی بر ترتیب بر فلسفه و هدف‌های آموزشی، فضا و امکانات آموزشی، سنجش و ارزشیابی، برنامه درسی، هیئت علمی، دانشجویان و فرایند تدریس-یادگیری بیشترین تأکید را دارند. وجود هدف‌های آموزشی مشخص و دقیق، تأکید آموزش مهندسی بر علم و عمل، تلفیقی بودن برنامه‌های درسی و فعالیت‌های یادگیری، وجود تجارب طراحی-اجرا در برنامه‌های درسی، فضای آموزشی مجهز و متناسب با یادگیری عملی و تجربی، تأکید بر نیازهای صنعت و جامعه، شایستگی اعضای هیئت علمی، پذیرش و هدایت دانشجو و بهبود مستمر برنامه‌های آموزشی از جمله نکات برجسته در مدل‌های مورد بررسی است.

واژگان کلیدی: آموزش مهندسی، ابعاد، مؤلفه‌ها، اعتباربخشی، ائتلاف‌های بین‌المللی

* استادیار دانشگاه شهید باهنر کرمان، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، بخش علوم تربیتی (مسئول مکاتبات):

(hmotahhari@yahoo.com)

** استاد دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، گروه مدیریت آموزشی

*** استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، گروه مدیریت آموزشی

**** استاد دانشگاه شیراز، دانشکده مهندسی، بخش مهندسی مکانیک

مقدمه

مهندسی به عنوان میانجی بین علم در یک دست و جامعه در دست دیگر واقع شده است و با کاربرد سیستماتیک اصول علمی و ریاضیات در جهت نتایج عملی برای بهبود زندگی واقعی ارتباط دارد (گرمسون^۱، ۲۰۰۲). از آنجا که مهندسان در ایجاد فرصت‌های اشتغال و در نتیجه تولید ثروت ملی نقش کلیدی ایفا می‌کنند، لازم است که روندهای موجود در آموزش مهندسی به طور اساسی بررسی شوند تا کیفیت و سودمندی این آموزش‌ها برای روبرو شدن با چالش‌های قرن بیست و یکم تضمین شود (ساکتیول^۲ و راجو^۳، ۲۰۰۶). در دو دهه گذشته، توجه به کیفیت آموزش مهندسی در نتیجه عواملی از قبیل تحرک‌پذیری سریع، محیط کاری چند فرهنگی، بین‌المللی و جهانی شدن آموزش مهندسی، افزایش تعداد دانشجویان و فارغ‌التحصیلان مهندسی و گسترش آموزش از راه دور و یادگیری الکترونیکی افزایش یافته است (پاتیل^۴ و کودنر^۵، ۲۰۰۷) که به تدوین معیارهای حرفه‌ای در سطح جهانی برای طراحی، اجرا و ارزشیابی (اعتباربخشی) برنامه‌های آموزش مهندسی منجر شده است.

نیاز و تقاضا برای آموزش فنی و مهندسی در کشورهای در حال توسعه نیز افزایش یافته است (بردیا^۶، ۲۰۰۱؛ ممون^۷ و دیگران، ۲۰۰۹). در نتیجه، دانشکده‌های فنی و مهندسی زیادی به صورت دولتی و خصوصی ایجاد شده‌اند که تأمین آموزش با کیفیت خوب در این شرایط قارچ‌گونه (شرایطی که مؤسسات آموزش عالی به سرعت در حال افزایش هستند) برای آنها بشدت دشوار شده است. مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که رشد اقتصادی و صنعتی در کشورهای آسیا نظیر چین، هندوستان، سنگاپور و غیره سریع‌تر از مناطق دیگر دنیاست، اما اجرای سازوکارهای تضمین کیفیت آموزش مهندسی در این کشورها بسیار کندتر از جاهای دیگر است (پاتیل و کودنر، ۲۰۰۷؛ ممون و دیگران، ۲۰۰۹). در چنین شرایطی، آموزش مهندسی نیازمند به رسمیت شناخته شدن جهانی است که این امر می‌تواند از طریق استفاده از مدل‌های اعتباربخشی جهانی تحقق یابد.

1. Grimson
2. Sakthivel
3. Raju
4. Patil
5. Codner
6. Bordia
7. Memon

طراحی، اجرا و ارزشیابی برنامه‌های آموزش مهندسی براساس معیارها و ترازهای منطقه‌ای و بین‌المللی، یک جنبه مهم از تضمین کیفیت آموزش مهندسی به شمار می‌رود. استفاده از این پارامترها در برنامه‌های آموزش مهندسی، باعث اطمینان دولت و صنعت به دانش و مهارت‌های فارغ التحصیلان مهندسی می‌شود (ممون و دیگران، ۲۰۰۹). نتایج بررسی پیشینه و مشاهدات مرتبط نشان می‌دهد که چندین ائتلاف و توافقنامه به طور منطقه‌ای و همچنین بین‌المللی برای اعتباربخشی آموزش مهندسی و به رسمیت شناختن آن در سرتاسر جهان تدوین شده است (پاتیل و کودنر، ۲۰۰۷؛ آگوستی^۱، ۲۰۰۶). توافقنامه‌های بین‌المللی در پی آن هستند تا الزامات آموزش مهندسی را مشخص سازند که جهانی بودن این الزامات به همترازی آموزش مهندسی در کشورهای مختلف منجر خواهد شد.

اعتباربخشی فراملی آموزش، بویژه در رشته‌هایی با مشخصات بین‌المللی مانند مهندسی، به دلایلی چون تحرک فیزیکی و مجازی رو به افزایش مهندسان، رشد مدارک تحصیلی جدید (که هدفشان همیشه قابل درک نیست) و گسترش مؤسسات آموزشی جدید (که بعضی از وقت‌ها کیفیت لازم را ندارند) از اهمیت زیادی برخوردار است (آگوستی، ۲۰۰۷). توجه به الزامات آموزش مهندسی در توافقنامه‌های بین‌المللی به تعیین ابعاد و مؤلفه‌های غایب آموزش مهندسی موجود در ایران منجر می‌شود و ما را به اصلاح و تغییر آن رهنمون می‌سازد، لذا توجه نظام آموزش مهندسی کشور به ائتلاف‌ها و توافقنامه‌های بین‌المللی، آموزش مهندسی را با استانداردهای بین‌المللی نزدیک و آن را به گونه‌ای واقعی‌تر باز تعریف می‌کند (سجادیه و لیاقت، ۱۳۸۸).

برای طراحی، اجرا و ارزشیابی برنامه‌های آموزش مهندسی، باید داده‌های لازم را در خصوص وضعیت موجود و مطلوب گردآوری و با یکدیگر مقایسه کرد. برای تعیین وضعیت مطلوب می‌توان از الزامات آموزش مهندسی برای قضاوت درباره کیفیت استفاده کرد. پژوهش‌های انجام شده در مورد گروه‌های آموزشی ایران نشان می‌دهند که شش دسته الزامات شامل مدیریت و سازماندهی، دانشجویان، دوره‌های آموزشی و برنامه‌های درسی، اعضای هیئت علمی، فرآیند تدریس - یادگیری و دانش‌آموختگان می‌تواند برای قضاوت درباره کیفیت کافی باشد (بازرگان، ۱۳۸۸). این الزامات مربوط به تمام گروه‌های آموزشی است که با الزامات گروه‌های آموزش

مهندسی برخی از وجوه مشترک و متفاوت دارد؛ لذا توجه به الزامات آموزش مهندسی در ائتلاف‌ها و توافقنامه‌های بین‌المللی می‌تواند این نقص را جبران نماید و به ارائه آموزش با کیفیت در سطح ملی و بین‌المللی یاری رساند که هدف این پژوهش محسوب می‌شود.

در راستای ائتلاف‌ها و توافقنامه‌های بین‌المللی، مدل‌های متعددی به طور ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی برای آموزش مهندسی تدوین شده است که از یک سو، بر برنامه‌های آموزشی تمرکز دارند تا مؤسسات آموزشی (پاتیل و کودنر، ۲۰۰۷؛ آگوستی، ۲۰۰۶)، و از سوی دیگر، مبتنی بر نتیجه هستند؛ یعنی دستیابی به نتایج برنامه را مورد تأکید قرار می‌دهند تا چگونگی دستیابی به این نتایج (پاتیل و کودنر، ۲۰۰۷؛ آگوستی، ۲۰۰۷؛ پایزین و آران، ۲۰۰۷؛ آگوستی، ۲۰۰۶)؛ لذا به عنوان "مدل‌های مبتنی بر نتایج" شهرت دارند. این مدل‌ها معیارها و استانداردهای کم و بیش مشابهی را برای طراحی، اجرا و ارزشیابی برنامه‌های آموزش مهندسی مطرح کرده‌اند که تحلیل وجوه مهم و مشترک این معیارها، گامی جدید و مؤثر برای تعیین ابعاد و مؤلفه‌های آموزش مهندسی با توجه به روندهای جهانی در این زمینه محسوب می‌شود؛ بنابراین، مسأله اصلی پژوهش حاضر این است که با در نظر گرفتن مدل‌های مستخرج از ائتلاف‌ها و توافقنامه‌های بین‌المللی، چه ابعاد و مؤلفه‌هایی در طراحی، اجرا و ارزشیابی برنامه‌های آموزش مهندسی اهمیت دارند و باید رعایت شوند تا به ارائه آموزش مهندسی با کیفیت در سطح ملی و جهانی منجر شوند؛ در این خصوص، پاسخگویی به سئوال‌های زیر مدنظر است:

- ۱- آموزش مهندسی با توجه به مدل‌های موجود دارای چه ابعادی است؟
- ۲- هر بعد آموزش مهندسی با تأکید بر مدل‌های موجود دارای چه مؤلفه‌هایی است؟
- ۳- میزان ارتباط ابعاد و مؤلفه‌های آموزش مهندسی با مدل‌های موجود چقدر است؟

روش پژوهش

این پژوهش، از نوع توصیفی-تحلیلی است و در آن از روش "تحلیل محتوای کیفی"^۱ استفاده شده است. از آنجا که تحلیل محتوای کیفی می‌تواند از طریق چند رویکرد انجام شود (زانگ و ویلدموث^۲، ۲۰۰۹؛ هسیه و شانون^۳، ۲۰۰۵؛ مایرینگ^۴، ۲۰۰۰). رویکرد مورد استفاده در پژوهش حاضر، "تحلیل محتوای تراکمی"^۵ است. این رویکرد با شمارش واژه‌ها و محتوای آشکار شروع می‌شود و سپس؛ تحلیل محتوا برای دربرگرفتن معانی و مضمون‌های پنهان ادامه می‌یابد. این رویکرد در ابتدا کمی به نظر می‌رسد، اما هدفش این است که کاربرد واژه‌ها و نشانگرها به شیوه‌ای استقرایی کشف شود (زانگ و ویلدموث^۲، ۲۰۰۹؛ هسیه و شانون^۳، ۲۰۰۵).

جامعه مورد مطالعه تحقیق شامل مدل‌های مستخرج از سه ائتلاف و توافقنامه بین‌المللی در زمینه آموزش مهندسی است که به صورت سرشماری انتخاب شده‌اند. ابزار گردآوری داده‌های پژوهش، چک لیست و فرم‌های محقق ساخته بوده است. برای تحلیل و تفسیر داده‌ها از روش "کدگذاری باز"^۶ برای جزء به جزء کردن داده‌ها و تعیین ابعاد آموزش مهندسی، و "کدگذاری محوری"^۷ برای مشخص کردن مؤلفه‌های آموزش مهندسی و دسته‌بندی آنها در ارتباط با هر بعد استفاده شده است. تحلیل محتوا در پنج مرحله انجام شد. در مرحله اول با بررسی پیشینه و جست‌وجو در پایگاه‌های اطلاعاتی، سه ائتلاف و توافقنامه بین‌المللی در خصوص آموزش مهندسی شامل "پیمان واشنگتن"^۸، "مهندس اعتباریافته اروپا"^۹، و رویکرد "تصور، طراحی، اجرا و بهره‌برداری"^{۱۰} مشخص شد. در این ائتلاف‌ها و توافقنامه‌ها بر استقلال اعضا در طراحی و اجرای سازوکارهای دستیابی به استانداردها تأکید شده است که بومی ماندن آموزش مهندسی را تضمین می‌کند؛ یعنی، هر کشور برای رعایت معیارها و استانداردهای مورد توافق می‌تواند از سازوکارهای متناسب با شرایط نظام آموزش مهندسی کشورش استفاده کند. در مرحله دوم، مدل‌های مستخرج از این توافقنامه‌ها به شرح زیر انتخاب شدند:

1. Qualitative Content Analysis
2. Zhang and Wildemuth
3. Hsieh and Shannon
4. Mayring
5. Summative Content Analysis
6. Open Coding
7. Axial coding
8. Washington Accord
9. European Accredited Engineer (EUR-ACE)
10. Conceive-Design-Implement-Operate (CDIO)

- ۱- مدل مهندسی آفریقای جنوبی^۱ (۲۰۰۸)
- ۲- مدل شورای اعتباربخشی مهندسی و تکنولوژی آمریکا^۲ (۲۰۰۹)
- ۳- مدل مهندس اروپایی (شبکه اروپایی اعتباربخشی آموزش مهندسی^۳، ۲۰۰۸)
- ۴- مدل مهندسان استرالیا^۴ (۲۰۰۸)
- ۵- مدل مهندسان ایرلند^۵ (۲۰۰۷)
- ۶- مدل آموزش مهندسی تایوان^۶ (۲۰۰۹)
- ۷- مدل آموزش مهندسی ژاپن^۷ (۲۰۰۹)
- ۸- مدل مهندسان سنگاپور^۸ (۲۰۰۸)
- ۹- مدل آموزش مهندسی CDIO (کراولی و دیگران^۹، ۲۰۰۷)
- ۱۰- مدل مهندسان کانادا^{۱۰} (۲۰۰۹)
- ۱۱- مدل آموزش مهندسی کره^{۱۱} (۲۰۰۵)
- ۱۲- مدل مهندسان مالزی^{۱۲} (۲۰۰۷)
- ۱۳- مدل مهندسان حرفه‌ای نیوزیلند^{۱۳} (۲۰۰۹)
- ۱۴- مدل مهندسان هنگ کنگ^{۱۴} (۲۰۰۳)

در مرحله سوم از طریق کدگذاری باز، معیارها و استانداردهایی که در اکثر مدل‌ها مطرح شده بودند و به طور مستقیم با فعالیت‌های آموزش مهندسی ارتباط داشتند، به عنوان ابعاد آموزش مهندسی انتخاب شدند؛ لذا معیارهای مربوط به فعالیت‌های مدیریتی و پشتیبانی نادیده گرفته شدند. اگرچه این عناصر برای تضمین کیفیت آموزش مهندسی اهمیت دارند، ولی به طور مستقیم با استانداردهای آموزش مهندسی ارتباط ندارند (فریستون^{۱۵}، ۲۰۰۹). در مرحله چهارم، هر بعد آموزش مهندسی به

1. Engineering Council of South Africa (ECSA)
2. Accreditation Board of Engineering and Technology (ABET)
3. European Network for Accreditation of Engineering Education (ENAAEE)
4. Engineers Australia
5. Engineers Ireland
6. Institute of Engineering Education Taiwan (IEET)
7. Japan Accreditation Board for Engineering Education (JABEE)
8. Institution of Engineers Singapore (IES)
9. Crawley
10. Engineers Canada
11. Accreditation Board for Engineering Education of Korea (ABEEK)
12. Board of Engineers Malaysia (BEM)
13. Institution of Professional Engineers New Zealand (IPENZ)
14. The Hong Kong Institution of Engineers (HKIE)
15. Freeston

عنوان یک عامل در نظر گرفته شد و از طریق کدگذاری محوری، گزاره‌های هر مدل که با آن بعد ارتباط داشتند، انتخاب شدند که وجوه مشترک آنها در مدل‌های مختلف نشان‌دهنده مؤلفه‌های هر بعد است.

سرانجام، در مرحله پنجم به منظور تعیین میزان ارتباط ابعاد و مؤلفه‌های آموزش مهندسی با مدل‌های بررسی شده، مؤلفه‌هایی که با گزاره‌های مدل‌های موجود به طور آشکار همخوانی داشتند با علامت • مشخص شدند که بیانگر ارتباط قوی بین آنهاست و مؤلفه‌هایی که در بطن گزاره‌های این مدل‌ها وجود داشت با علامت O مشخص شدند که نشان‌دهنده ارتباط مناسب بین آنها است.

یافته‌ها

سؤال اول پژوهش: آموزش مهندسی با توجه به مدل‌های موجود دارای چه ابعادی است؟

با بررسی پیشینه تحقیق و جست‌وجوی در پایگاه‌های اطلاعاتی، سه ائتلاف و توافقنامه در خصوص آموزش مهندسی تشخیص داده شد که در سطح بین‌المللی فعال هستند.

۱) **پیمان واشنگتن:** یک ائتلاف جهانی مهم برای اعتباربخشی آموزش مهندسی، پیمان واشنگتن است که با نمایندگان شش آژانس اعتباربخشی برنامه‌های آموزش مهندسی از کشورهای ایالات متحده آمریکا، استرالیا، کانادا، انگلستان، ایرلند و نیوزیلند در سال ۱۹۸۹ میلادی شروع به کار کرد. در سال‌های بعد، هفت کشور دیگر شامل هنگ کنگ، آفریقای جنوبی، ژاپن، سنگاپور، تایوان، کره و مالزی به کشورهای اولیه اضافه شدند. اخیراً نیز چهار کشور دیگر از جمله آلمان، هند، روسیه و سریلانکا درخواست کرده‌اند که به عضویت این پیمان درآیند. هدف اصلی این پیمان، تشخیص همترازی واقعی سیستم اعتباربخشی برنامه‌های آموزش مهندسی در کشورهای امضاءکننده پیمان است؛ به طوری که الزامات آموزش مهندسی برای ورود به حرفه مهندسی برآورده شود (اتحاد بین‌المللی مهندسی^۱، ۲۰۰۸).

از آنجا که در پیمان واشنگتن، هر کشور فرآیندهای اعتباربخشی خاص خودش را دارد، معیارهای اعتباربخشی و همچنین مستندات و فرآیندهای گزارش نویسی در این

کشورها متنوع و متفاوت است (پاتیل و کودنر، ۲۰۰۷)؛ لذا در این پژوهش، مدل‌های آموزش مهندسی تمامی کشورهای عضو این پیمان به جز مدل مهندسی انگلستان به دلیل اینکه معیارهایش به تفصیل بیان نشده است تحلیل شدند.

۲) مهندس اعتبار یافته اروپا: پروژه EUR-ACE تحت حمایت "چشم انداز پایدار اروپایی برای حرفه و آموزش مهندسی"^۱ در سال ۲۰۰۴ میلادی مطرح، تصویب و به اجرا گذاشته شد که با ۱۴ عضو، دامنه گسترده‌ای از سازمان‌های مرتبط با اعتباربخشی برنامه‌های آموزش مهندسی را پوشش می‌دهد. ۶ عضو آن، انجمن‌ها یا شبکه‌هایی هستند که به نوبه خود چندین کشور اروپایی را دربر می‌گیرند؛ در حالی که ۸ عضو دیگر در زمینه اعتباربخشی برنامه‌های مهندسی در سطح ملی فعال هستند (آگوستی، ۲۰۰۶). هدف اصلی این پروژه، تدوین چارچوبی برای اعتباربخشی برنامه‌های آموزش مهندسی در حیطه آموزش عالی اروپا است به طوری که آموزش لازم برای ورود به حرفه مهندسی، ابزاری برای مقایسه صلاحیت‌های آموزشی و افزایش تحرک فارغ‌التحصیلان مهندسی فراهم شود (شبکه اروپایی اعتباربخشی آموزش مهندسی، ۲۰۰۸).

این پروژه، یک سیستم غیرمتمرکز است که براساس آن، آژانس‌های ملی برنامه‌های مهندسی خودشان را اعتباربخشی می‌کنند و به آنها یک عنوان مشترک اروپایی اضافه خواهد کرد که از سوی همه آژانس‌های عضو به رسمیت شناخته می‌شوند (پایزین و آران، ۲۰۰۷؛ آگوستی، ۲۰۰۷).

۳) رویکرد تصور، طراحی، اجرا و بهره برداری: در دهه اخیر، چهار دانشگاه مهندسی برای ایجاد یک رویکرد جدید آموزش مهندسی به نام CDIO با یکدیگر مشارکت کردند. این دانشگاه‌ها عبارتند از: "دانشگاه صنعتی چالمرز"^۲، "دانشگاه لینکوپینگ"^۳ و "مؤسسه صنعتی رویال"^۴ در سوئد و همچنین "مؤسسه صنعتی ماسوچست"^۵ در آمریکا (کراولی و دیگران، ۲۰۰۷؛ بانکل و دیگران، ۲۰۰۵). اصول مهندسی، CDIO نامش را از اصول طراحی سیستم و محصول شامل تصور، طراحی، اجرا و بهره برداری گرفته است. این رویکرد سرعت در سطح جامعه جهانی گسترش

1. European Standing Observatory for Engineering Profession and Education (ESOPE)
 2. Chalmers University of Technology
 3. Linköping University
 4. The Royal Institute of Technology
 5. The Massachusetts Institute of Technology
 6. Bankel

یافته و در بیش از چهل دانشکده مهندسی در ایالات متحده، اروپا، کانادا، انگلستان، آفریقا، آسیا، استرالیا و نیوزیلند اجرا می‌شود (کمپبل و دیگران^۱، ۲۰۰۹).
 در مفهوم کلی، هدف CDIO ارتقای کیفیت برنامه‌های آموزشی است که این رویکرد را به کار می‌برند؛ از این رو، دارای یک سرفصل در خصوص نتایج یادگیری، دوازده استاندارد برای طراحی و توسعه برنامه‌های آموزش مهندسی و مدل خود ارزشیابی به منظور سنجش و بهبود مستمر برنامه‌هاست که به عنوان ابزارهای تضمین کیفیت و اعتباربخشی مطرح هستند (ملمکوئیست^۲، ۲۰۰۹).
 همان‌طور که در جدول (۱) مشخص است، چهارده مدل که مستخرج از ائتلاف‌ها و توافقنامه‌های بین‌المللی هستند تحلیل و بررسی شدند و از طریق کدگذاری باز، معیارها و استانداردهایی که در اکثر مدل‌ها مطرح شده بودند و به طور مستقیم با فعالیت‌های آموزش مهندسی ارتباط داشتند، به عنوان ابعاد آموزش مهندسی انتخاب شدند. این ابعاد عبارتند از: (۱) فلسفه و هدف‌های آموزش مهندسی، (۲) برنامه درسی، (۳) فضا و امکانات آموزشی، (۴) فرآیند تدریس-یادگیری، (۵) هیئت علمی، (۶) دانشجویان و (۷) سنجش و ارزشیابی.

جدول (۱) ابعاد آموزش مهندسی براساس مدل‌های مورد بررسی

ابعاد	مدل	مشخصه	عنوان/ گزاره‌ها
۱- فلسفه و هدف‌های آموزش مهندسی	آفریقای جنوبی	معیار ۱	- واحدهای درسی، وضعیت و طرح منسجم دانش
	آمریکا	معیار ۲	- سنجش نتایج سطح خروجی
		معیار ۳	- هدف‌های آموزشی برنامه - نتایج برنامه
	اروپا	معیار ۱-۱	- نیازهای گروه‌های ذی‌علاقه
		معیار ۱-۲	- هدف‌های آموزشی
		معیار ۱-۳	- نتایج برنامه
	استرالیا	معیار ۱-۲-۴	- تعیین نتایج آموزشی
		معیار ۴-۲-۴	- برنامه درسی
	ایرلند	معیار A-۱-۵	- نتایج برنامه
		معیار A-۱-۶	- حیطه‌های برنامه
تایوان	معیار ۱	- هدف‌های آموزشی	
	معیار ۳	- نتایج برنامه و سنجش آن	
ژاپن	معیار ۱	- ایجاد و آشکار ساختن هدف‌های آموزشی و یادگیری	

عنوان / گزاره‌ها	مشخصه	مدل	ابعاد
- مأموریت و هدف‌های برنامه - نتایج برنامه و فرآیندهای تدریس - ارتباط بین مؤسسه آموزشی و صنعت - تحقیق و توسعه	معیار ۱ معیار ۲ معیار ۸ معیار ۹	سنگاپور	
- زمینه آموزش مهندسی - نتایج یادگیری	استاندارد ۱ استاندارد ۲	CDIO	
- ویژگی‌های فارغ‌التحصیلان	معیار ۳-۱	کانادا	
- هدف‌های آموزشی برنامه - نتایج برنامه و سنجش آنها	معیار ۱ معیار ۲	کره	
- برنامه تحصیلی / فلسفه و رویکرد برنامه	معیار ۱	مالزی	
- نتایج فارغ‌التحصیلان - آگاهی از صنعت	معیار ۱ معیار ۱۲	نیوزیلند	
- استانداردهای حرفه مهندسی - مقاصد و هدف‌ها - توسعه / تأکید روی نیازمندی‌های جامعه محلی و بین‌المللی و حرفه مهندسی	معیار ۲-۲ معیار ۲-۳ معیار ۲-۱۱	هنگ کنگ	
- واحدهای درسی، وضعیت و طرح منسجم دانش - سنجش نتایج سطح خروجی - برنامه درسی	معیار ۱ معیار ۲ معیار ۵	آفریقای جنوبی آمریکا	۲- برنامه درسی
- برنامه‌ریزی	معیار ۳-۱	اروپا	
- برنامه درسی - تأکید بر عمل حرفه‌ای	معیار ۴-۲-۴ معیار ۴-۲-۵	استرالیا	
- حیطه‌های برنامه - رهنمودهایی در مورد ساختار و منابع برنامه / مدت و ساختار برنامه	معیار A-۱-۶ معیار A-۱-۸	ایرلند	
- برنامه درسی	معیار ۴	تایوان	
- الزامات کمی برنامه درسی - شیوه‌های آموزشی / روش‌های آموزش	معیار ۲ معیار ۳	ژاپن	
- ارتباط بین مؤسسه آموزشی و صنعت	معیار ۸	سنگاپور	
- برنامه درسی تلفیقی - مقدمه‌ای بر مهندسی - تجارب طراحی - اجرا	استاندارد ۳ استاندارد ۴ استاندارد ۵	CDIO	
- محتوای برنامه درسی	معیار ۳-۳	کانادا	
- برنامه درسی	معیار ۳	کره	
- برنامه تحصیلی / برنامه درسی و محتوای آموزشی	معیار ۱	مالزی	
- برنامه درسی - آگاهی از صنعت	معیار ۲ معیار ۱۲	نیوزیلند	
- طول دوره - سرفصل و برنامه درسی	معیار ۲-۴ معیار ۲-۶	هنگ کنگ	

ابعاد	مدل	مشخصه	عنوان/ گزاره‌ها
۳- فضا و امکانات آموزشی	آفریقای جنوبی	معیار ۴	- منابع برنامه و پایداری آن/ تجهیزات و امکانات
	آمریکا	معیار ۷	- امکانات
	اروپا	معیار ۳-۲	- امکانات
	استرالیا	معیار ۴-۱-۴	- امکانات و منابع فیزیکی
	ایرلند	معیار ۸-۱-A	- رهنمودهایی در مورد ساختار و منابع برنامه/ بناها، آزمایشگاه‌ها و تجهیزات
	تایوان	معیار ۶	- فضا و امکانات
	ژاپن	معیار ۴	- محیط آموزشی/ امکانات و تجهیزات
	سنگاپور	معیار ۵	- امکانات و محیط یادگیری
	CDIO	استاندارد ۶	- فضاهای آموزش مهندسی
	کانادا	معیار ۳-۴	- محیط برنامه/ کیفیت تجربه آموزشی
	کره	معیار ۶	- پشتیبانی سازمانی/ تجهیزات و امکانات
	مالزی	معیار ۴	- امکانات
	نیوزیلند	معیار ۷	- آزمایشگاه‌ها
	نیوزیلند	معیار ۸	- امکانات مطالعه مستقل
	هنگ کنگ	معیار ۲-۸	- منابع/ مکان و تجهیزات، امکانات کامپیوتری و خدمات اطلاعاتی
	۴- فرآیند تدریس- یادگیری	آفریقای جنوبی	معیار ۳
آمریکا		معیار ۵	- برنامه درسی/ عمل مهندسی
اروپا		معیار ۲-۲	- ارائه آموزش
استرالیا		معیار ۳-۱-۴	- رهبری تحصیلی و فرهنگ آموزشی
استرالیا		معیار ۳-۲-۴	- ساختار برنامه و چارچوب اجرا
استرالیا		معیار ۴-۲-۴	- برنامه درسی
استرالیا		معیار ۴-۲-۵	- تأکید روی عمل حرفه‌ای
ایرلند		معیار ۶-۱-A	- حیطه‌های برنامه
تایوان		معیار ۴	- برنامه درسی
ژاپن		معیار ۳	- شیوه‌های آموزشی/ روش‌های آموزش و سیستم آموزش
سنگاپور		معیار ۲	- نتایج برنامه و فرایندهای تدریس
سنگاپور		معیار ۸	- ارتباط بین مؤسسه آموزشی و صنعت
CDIO		استاندارد ۷	- تجارب یادگیری تلفیقی
CDIO		استاندارد ۸	- یادگیری فعال
کانادا		معیار ۳-۳	- محتوای برنامه درسی
کره			
مالزی	معیار ۱	- برنامه تحصیلی/ روش‌ها و فعالیت‌های یاددهی- یادگیری	
نیوزیلند	معیار ۲	- برنامه درسی/ ترکیب و طراحی مهندسی، عمل حرفه‌ای، پایداری و تجربه عملی در محل کار	
هنگ کنگ	معیار ۶-۲	- سرفصل و برنامه درسی/ طراحی و ترکیب مهندسی، آزمایشگاه و کار زمینه‌ای، پروژه و مطالعات تکمیلی	

عنوان / گزاره‌ها	مشخصه	مدل	ابعاد
- منابع برنامه و پایداری ان / اعضای هیئت علمی	معیار ۴	افریقای جنوبی	۵- هیئت علمی
- هیئت علمی	معیار ۶	امریکا	
- هیئت علمی و کارکنان پشتیبانی	معیار ۳-۱	اروپا	
- وضعیت هیئت علمی و کارکنان پشتیبانی	معیار ۴-۱-۲	استرالیا	
- رهنمودهایی در مورد ساختار و منابع برنامه / اعضای هیئت علمی	معیار A-۱-۸	ایرلند	
- هیئت علمی	معیار ۵	تایوان	
- شیوه‌های آموزشی / سیستم آموزش	معیار ۳	ژاپن	
- اعضای هیئت علمی	معیار ۴	سنگاپور	
- تحقیق و توسعه	معیار ۹		
- افزایش شایستگی هیئت علمی در عمل مهندسی	استاندارد ۹	CDIO	
- افزایش شایستگی تدریس هیئت علمی	استاندارد ۱۰		
- محیط برنامه / تخصص و شایستگی، و موقعیت حرفه‌ای اعضای هیئت علمی	معیار ۳-۴	کانادا	
- هیئت علمی	معیار ۵	کره	
- هیئت علمی و کارکنان پشتیبانی	معیار ۳	مالزی	
- اعضای هیئت علمی	معیار ۵	نیوزیلند	
- فرهنگ آموزشی و حرفه‌ای	معیار ۹		
- اعضای هیئت علمی	معیار ۲-۷	هنگ کنگ	
- منابع برنامه و پایداری ان / دانشجویان	معیار ۴	افریقای جنوبی	۶- دانشجویان
- دانشجویان	معیار ۱	امریکا	
- ارائه آموزش	معیار ۲-۲	اروپا	
- دانشجویان	معیار ۴-۱		
- مدیریت استراتژیک وضعیت دانشجو	معیار ۴-۱-۶	استرالیا	
- وضعیت هیئت علمی و کارکنان پشتیبانی	معیار ۴-۱-۲		
- رهبری تحصیلی و فرهنگ آموزشی	معیار ۴-۱-۳		
- رهنمودهایی در مورد ساختار و منابع برنامه / استانداردهای ورودی	معیار A-۱-۸	ایرلند	
- دانشجویان	معیار ۲	تایوان	
- شیوه‌های آموزشی / پذیرش و ثبت نام	معیار ۳	ژاپن	
- محیط آموزشی / سیستم پشتیبانی دانشجو	معیار ۴		
- دانشجویان	معیار ۳	سنگاپور	
- تحقیق و توسعه	معیار ۹		
- مقدمه‌ای بر مهندسی	استاندارد ۴	CDIO	
- یادگیری فعال	استاندارد ۸		
- دانشجویان	معیار ۳-۲	کانادا	
- دانشجویان	معیار ۴	کره	
- دانشجویان	معیار ۲	مالزی	
- استانداردهای پذیرش	معیار ۳	نیوزیلند	
- فرهنگ آموزشی و حرفه‌ای	معیار ۹		
- سطح ورودی	معیار ۲-۱۰	هنگ کنگ	

ابعاد	مدل	مشخصه	عنوان/ گزاره‌ها
۷- سنجش و ارزشیابی	آفریقای جنوبی	معیار ۲ معیار ۳ معیار ۵	- سنجش نتایج سطح خروجی - کیفیت تدریس و یادگیری - توانایی بررسی و بهبود برنامه
	آمریکا	معیار ۱ معیار ۴	- دانشجویان/ ارزشیابی عملکرد دانشجو و نظارت بر پیشرفت دانشجو - بهبود مستمر
	اروپا	معیار ۲-۳ معیار ۴-۱ معیار ۴-۲ معیار ۵-۲	- سنجش یادگیری - دانشجویان/ سنجش نتایج - فارغ‌التحصیلان - سیستم تضمین کیفیت
	استرالیا	معیار ۳-۴	- سیستم‌های کیفیت
	ایرلند	معیار ۷-۱-۸	- سنجش عملکرد دانشجو
	تایوان	معیار ۲ معیار ۳	- دانشجویان/ مشاوره و ارزشیابی دانشجویان - نتایج برنامه و سنجش آن
	ژاپن	معیار ۵ معیار ۶	- ارزشیابی سطح پیشرفت دانشجویان در ارتباط با هدف‌های آموزشی - بهبود آموزشی/ سیستم بازخورد آموزشی و بهبود مستمر
	سنگاپور	معیار ۲ معیار ۳	- نتایج برنامه و فرایندهای تدریس/ فرایندهای سنجش و بهبود مداوم - دانشجویان/ ارزشیابی دانشجو
	CDIO	استاندارد ۱۱ استاندارد ۱۲	- سنجش یادگیری - ارزشیابی برنامه
	کانادا	معیار ۳-۱ معیار ۳-۲ معیار ۳-۵	- ویژگی‌های فارغ‌التحصیلان/ سنجش نتایج و بهبود مداوم برنامه - دانشجویان/ ارتقاء و فارغ‌التحصیل شدن - رویه‌های اعتباربخشی و کاربرد آنها
	کره	معیار ۲ معیار ۴ معیار ۷	- نتایج برنامه و سنجش آنها - دانشجویان/ ارزشیابی، مشاوره و نظارت و الزامات فارغ‌التحصیل شدن - بهبود برنامه
	مالزی	معیار ۱ معیار ۵	- برنامه تحصیلی/ روش‌های سنجش و ارزشیابی - سیستم‌های مدیریت کیفیت
	نیوزیلند	معیار ۴ معیار ۱۳ معیار ۱۳	- سنجش - آگاهی از صنعت - سیستم‌ها و فرایندهای کیفیت
	هنگ کنگ	معیار ۲-۹ معیار ۲-۱۱ معیار ۲-۱۲	- سنجش - توسعه/ بهبود برنامه متناسب با نیازها و استانداردها - اصلاحات برنامه

- با توجه به تحلیل انجام شده، جدول (۱) بیانگر نتایج زیر است:
- در تمامی مدل‌های بررسی شده، معیار اول یا دوم به هدف‌های آموزشی و نتایج یادگیری اشاره دارد که به طور مشخص و دقیق بیان شده‌اند؛ به همین دلیل این مدل‌ها به عنوان مدل‌های مبتنی بر نتایج شهرت دارند.
 - برنامه درسی از جایگاه ویژه‌ای در این مدل‌ها برخوردار است که زمینه‌ساز دستیابی به هدف‌های آموزشی و نتایج یادگیری است و بر تناسب آن با علم و عمل مهندسی تأکید شده است.
 - بر خلاف الزامات تعیین شده برای گروه‌های آموزشی ایران (بازرگان، ۱۳۸۸) در مدل‌های آموزشی مهندسی بر فضا و امکانات آموزشی تأکید ویژه‌ای شده است؛ به نحوی که به یادگیری عملی و تجربی منجر شود.
 - در مقایسه با ابعاد دیگر، فرآیند تدریس-یادگیری در برخی از مدل‌های آموزش مهندسی به طور مستقیم مورد توجه قرار نگرفته است؛ اما برای اجرای مناسب برنامه درسی، استفاده از فعالیت‌ها و روش‌های تدریس و یادگیری مؤثر ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است (پاتیل و کودنر، ۲۰۰۷؛ کراولی و دیگران، ۲۰۰۷)؛ به همین دلیل در برخی از مدل‌های بررسی شده و همچنین در گروه‌های آموزشی ایران (بازرگان، ۱۳۸۸) به عنوان یک الزام اصلی در نظر گرفته شده است.
 - از آنجا که اعضای هیئت علمی در طراحی، اجرا و ارزشیابی برنامه‌های آموزش مهندسی، نقش تعیین‌کننده‌ای بر عهده دارند، به تخصص و شایستگی آنها در تمامی مدل‌ها توجه شده است.
 - به بعد دانشجو در تمامی مدل‌های مورد بررسی اشاره شده است؛ ولی بیشتر مدل‌ها بر پذیرش و ثبت نام دانشجویان تأکید کرده‌اند.
 - به دلیل اینکه مدل‌های بررسی شده به عنوان مدل‌های تضمین کیفیت و اعتباربخشی مطرح هستند، بر بهبود مستمر از طریق سنجش یادگیری دانشجو و ارزشیابی برنامه‌های آموزش مهندسی تأکید خاصی دارند؛ لذا سنجش و ارزشیابی، یک بعد اصلی در مدل‌های آموزش مهندسی به شمار می‌رود.
- سؤال دوم پژوهش:** هر بعد آموزش مهندسی با تأکید بر مدل‌های موجود دارای چه مؤلفه‌هایی است؟

برای عملیاتی کردن ابعاد آموزش مهندسی باید مؤلفه‌های هر بعد را مشخص کرد؛ به نحوی که آن بعد به نحو احسن پوشش داده شود. در مدل‌های بررسی شده، برای هر معیار یا استاندارد، اجزا و عناصر چندی در نظر گرفته شده است که گویای دامنه شمول آن معیار یا استاندارد است؛ در این راستا، در پژوهش حاضر هر بعد آموزش مهندسی به عنوان یک عامل در نظر گرفته شد و از طریق کدگذاری محوری، گزاره‌های هر مدل که با آن بعد ارتباط داشتند انتخاب شدند که وجوه مشترک آنها در مدل‌های مختلف، نشان‌دهنده مؤلفه‌های هر بعد است. جدول شماره ۲ دسته‌بندی مؤلفه‌های آموزش مهندسی در ارتباط با ابعاد مختلف را نشان می‌دهد.

جدول (۲) ابعاد و مؤلفه‌های آموزش مهندسی

ابعاد	مؤلفه‌های مرتبط با هر بعد
۱- فلسفه و هدف‌های آموزش مهندسی	۱-۱- تأکید همزمان آموزش بر علم و عمل مهندسی
	۱-۲- تأکید آموزش مهندسی بر چرخه حیات سیستم، محصول و فرآیند
	۱-۳- هدف‌های آموزشی و نتایج یادگیری مشخص و دقیق
	۱-۴- تأکید هدف‌ها بر دانش، مهارت‌ها و نگرش‌های مورد نیاز مهندسان
۲- برنامه درسی	۲-۱- تلفیق دانش، مهارت‌ها و نگرش‌ها در برنامه درسی
	۲-۲- تلفیق علم، تکنولوژی، مهندسی و ریاضیات در برنامه درسی
	۲-۳- تجارب طراحی-اجرا در برنامه درسی
	۲-۴- تناسب محتوا با دانش، مهارت‌ها و نگرش‌های مورد نیاز مهندسان
۳- فضا و امکانات آموزشی	۳-۱- تناسب فضای آموزشی با یادگیری عملی و تجربی
	۳-۲- تجهیز فضای آموزشی با ابزارهای ضروری و مدرن مهندسی
	۳-۳- وجود خدمات اطلاعاتی و کامپیوتری مناسب و روزآمد
۴- فرآیند تدریس- یادگیری	۴-۱- تلفیق دانش، مهارت‌ها و نگرش‌ها در فعالیت‌های یادگیری
	۴-۲- تلفیق علم، تکنولوژی، مهندسی و ریاضیات در فعالیت‌های یادگیری
	۴-۳- روش‌های تدریس و یادگیری فعال و تجربی
	۴-۴- فعالیت‌های یادگیری متناسب با نیازهای صنعت و جامعه

مؤلفه‌های مرتبط با هر بعد	ابعاد
۵-۱- سطح دانش پژوهی اعضای هیئت علمی	۵- هیئت علمی
۵-۲- توانایی در زمینه دانش، مهارت‌ها و نگرش‌های مورد نیاز مهندسان	
۵-۳- توانایی در زمینه تدریس، یادگیری و سنجش فعالیت‌های دانشجویان	
۵-۴- ارتباط با صنعت و انجمن‌های حرفه‌ای	
۵-۵- ارتباط مناسب با دانشجویان و راهنمایی آنها	
۶-۱- پذیرش دانشجو متناسب با ماهیت و شرایط رشته‌های مهندسی	۶- دانشجویان
۶-۲- افزایش علاقه و اشتیاق دانشجویان به یادگیری مهندسی	
۶-۳- مشاوره به دانشجویان در زمینه‌های تحصیلی و شغلی	
۷-۱- سنجش یادگیری دانشجویان براساس کلیه هدف‌های آموزشی	۷- سنجش و ارزشیابی
۷-۲- تعیین پیشرفت تحصیلی دانشجویان براساس روش‌ها و داده‌های پایا و معتبر	
۷-۳- ارزشیابی برنامه‌های آموزش مهندسی با گردآوری داده‌ها از ذی‌نفعان مختلف	
۷-۴- اصلاح و بهبود مستمر برنامه‌های آموزش مهندسی براساس نتایج ارزشیابی	

سؤال سوم پژوهش: میزان ارتباط ابعاد و مؤلفه‌های آموزش مهندسی با مدل‌های موجود چقدر است؟

از آنجا که در این پژوهش، ابعاد و مؤلفه‌های آموزش مهندسی از مدل‌های موجود بدست آمده‌اند، می‌توان براساس فرآیند مهندسی معکوس از این مدل‌ها برای اعتباریابی ابعاد و مؤلفه‌های تعیین شده نیز استفاده کرد؛ برای این منظور، مؤلفه‌هایی که با گزاره‌های مدل‌های موجود به طور آشکار همخوانی داشتند، با علامت • مشخص شدند که بیانگر ارتباط قوی بین آنهاست، و مؤلفه‌هایی که در بطن گزاره‌های این مدل‌ها وجود داشت با علامت 0 مشخص شدند که نشان‌دهنده ارتباط مناسب بین آنهاست. جدول (۳) نشان می‌دهد که مدل‌های بررسی شده ابعاد و مؤلفه‌های آموزش مهندسی را به نحو مطلوبی پوشش می‌دهند که این موضوع، بیانگر اعتبار ابعاد و مؤلفه‌های تعیین شده است.

جدول (۳) ارتباط ابعاد و مؤلفه‌های آموزش مهندسی با مدل‌های مورد بررسی

مدل مهندسی	مدل مهندسان هنگ کنگ	مدل مهندسان حرفه‌ای نیوزیلند	مدل مهندسان مالزی	مدل آموزش مهندسی کره	مدل مهندسان کانادا	مدل آموزش مهندسی CDIO	مدل مهندسان سنگاپور	مدل آموزش مهندسی ژاپن	مدل آموزش مهندسی تایوان	مدل مهندسان ایرلند	مدل مهندسان استرالیا	مدل مهندسی اروپایی	مدل مهندسی و تکنولوژی آمریکا	مدل مهندسی آفریقای جنوبی	مدل‌های آموزش مهندسی	ابعاد و مؤلفه‌های آموزش مهندسی
																۱-۱- تأکید همزمان آموزش بر علم و عمل مهندسی
																۱-۲- تأکید آموزش مهندسی بر چرخه حیات سیستم، محصول و فرآیند
																۱-۳- هدف‌های آموزشی و نتایج یادگیری مشخص و دقیق
																۱-۴- تأکید هدف‌ها بر دانش، مهارت‌ها و نگرش‌های مورد نیاز مهندسان
																۲-۱- تلفیق دانش، مهارت‌ها و نگرش‌ها در برنامه درسی
																۲-۲- تلفیق علم، تکنولوژی، مهندسی و ریاضیات در برنامه درسی
																۲-۳- تجارب طراحی- اجرا در برنامه درسی
																۲-۴- تناسب محتوا با دانش، مهارت‌ها و نگرش‌های مورد نیاز مهندسان
																۳-۱- تناسب فضای آموزشی با یادگیری عملی و تجربی
																۳-۲- تجهیز فضای آموزشی با ابزارهای ضروری و مدرن مهندسی
																۳-۳- وجود خدمات اطلاعاتی و کامپیوتری مناسب و روزآمد
																۴-۱- تلفیق دانش، مهارت‌ها و نگرش‌ها در فعالیت‌های یادگیری

۰ • ۰ ۰ • ۰ ۰ • ۰ ۰ ۰	۲-۴- تلفیق علم، تکنولوژی، مهندسی و ریاضیات در فعالیتهای یادگیری	۵-۱
۰ ۰ ۰ • • ۰ ۰ • ۰ ۰ •	۳-۴- روشهای تدریس و یادگیری فعال و تجربی	۵-۱
• • • ۰ • • ۰ ۰ • • ۰ ۰ •	۴-۴- فعالیتهای یادگیری متناسب با نیازهای صنعت و جامعه	۵-۱
• • • • ۰ ۰ • • • •	۱-۵- سطح دانش پژوهی اعضای هیئت علمی	۵-۱
• • • • • • • • ۰ ۰ • • • • •	۲-۵- توانایی در زمینه دانش، مهارت‌ها و نگرش‌های مورد نیاز مهندسان	۵-۱
۰ • • • • • • • ۰ ۰ ۰ ۰ • • • •	۳-۵- توانایی در زمینه تدریس، یادگیری و سنجش فعالیتهای دانشجویان	۵-۱
• • • • • • • • • ۰ •	۴-۵- ارتباط با صنعت و انجمن‌های حرفه‌ای	۵-۱
• • • • ۰ ۰ • ۰ •	۵-۵- ارتباط مناسب با دانشجویان و راهنمایی آنها	۵-۱
• • • • ۰ • • • • • • • •	۱-۶- پذیرش دانشجو متناسب با ماهیت و شرایط رشته‌های مهندسی	۵-۱
۰ • • • • • ۰ • • • • ۰	۲-۶- افزایش علاقه و اشتیاق دانشجویان به یادگیری مهندسی	۵-۱
• • • • • ۰ • • • • ۰	۳-۶- مشاوره به دانشجویان در زمینه‌های تحصیلی و شغلی	۵-۱
• • • • • ۰ • • • • • • • • •	۱-۷- سنجش یادگیری دانشجویان براساس کلیه هدف‌های آموزشی	۵-۱
۰ • • • • • ۰ • • • • • ۰ •	۲-۷- تعیین پیشرفت تحصیلی دانشجویان براساس روشها و داده‌های پایا و معتبر	۵-۱
۰ • • • • ۰ ۰ • ۰ • ۰ ۰ • • • • ۰	۳-۷- ارزشیابی برنامه‌های آموزشی با گردآوری داده‌ها از ذی‌نفعان مختلف	۵-۱
• • • • • • • • • ۰ • • • • •	۴-۷- اصلاح و بهبود مستمر برنامه‌های آموزش مهندسی براساس نتایج ارزشیابی	۵-۱
• ارتباط قوی ۰ ارتباط مناسب		نوع ارتباط

بحث و نتیجه‌گیری

براساس تحلیل محتوای ۱۴ مدل مستخرج از ائتلاف‌ها و توافقنامه‌های بین‌المللی، هفت بعد برای آموزش مهندسی تعیین شد که در مجموع دارای ۲۷ مؤلفه است. مدل‌های بررسی شده بترتیب بر فلسفه و هدف‌های آموزش مهندسی، فضا و امکانات آموزشی، سنجش و ارزشیابی، برنامه درسی، هیئت علمی، دانشجویان و فرآیند تدریس - یادگیری بیشترین تأکید را دارند؛ از سوی دیگر، ابعاد و مؤلفه‌های آموزش مهندسی بترتیب در (۱) مدل مهندسان حرفه‌ای نیوزیلند و مدل مهندسان مالزی، (۲) مدل مهندسان استرالیا، (۳) مدل آموزش مهندسی CDIO، (۴) مدل مهندسان سنگاپور، (۵) مدل مهندس اروپایی و مدل مهندسی و تکنولوژی آمریکا، (۶) مدل مهندسان کانادا و مدل آموزش مهندسی کره، (۷) مدل مهندسی آفریقای جنوبی، (۸) مدل مهندسان هنگ کنگ و مدل مهندسان ایرلند، (۹) مدل آموزش مهندسی ژاپن، و (۱۰) مدل آموزش مهندسی تایوان بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند.

با توجه به تحلیل محتوای انجام شده می‌توان نکات برجسته مدل‌های بررسی شده را به شرح زیر خلاصه کرد:

- وجود هدف‌های آموزشی مشخص و دقیق در زمینه دانش، مهارت‌ها و نگرش‌های مورد نیاز مهندسان؛

- تأکید آموزش مهندسی بر علم و عمل و چرخه حیات سیستم، محصول و فرآیند؛

- تلفیقی بودن برنامه‌های درسی و فعالیت‌های یادگیری دانشجویان در رشته‌های مهندسی؛

- وجود تجارب طراحی - اجرا در برنامه‌های درسی رشته‌های مهندسی؛

- فضای آموزشی مجهز و متناسب با یادگیری عملی و تجربی در دانشگاه‌ها و دانشکده‌های مهندسی؛

- تأکید بر نیازهای صنعت و جامعه در برنامه‌های آموزش مهندسی؛

- شایستگی تخصصی اعضای هیئت علمی رشته‌های مهندسی و توانایی آنها در زمینه تدریس و یادگیری؛

- پذیرش دانشجو متناسب با ماهیت و شرایط رشته‌های مهندسی و ارائه خدمات مشاوره‌ای به آنها؛

- اصلاح و بهبود مستمر آموزش مهندسی از طریق سنجش مناسب یادگیری دانشجویان و ارزشیابی مؤثر برنامه‌های آموزشی.

نتایج حاصل از این پژوهش با پژوهش‌های قبلی همخوانی دارد. پژوهش‌های اخیر بیانگر این هستند که در ارائه رویکردها و طراحی مدل‌ها برای آموزش مهندسی باید علاوه بر دانش فنی (علم مهندسی) بر آموزش مهارت‌ها و نگرش‌ها (عمل مهندسی) تأکید ویژه‌ای شود که هر کدام از این بررسی‌ها، دانش، مهارت‌ها و نگرش‌های مورد نیاز مهندسان را به گونه‌ای دسته‌بندی کرده‌اند (تریولاین^۱، ۲۰۰۹؛ اسپینکس^۲ و دیگران، ۲۰۰۷؛ پاتیل و کودنر، ۲۰۰۷؛ کراولی و دیگران، ۲۰۰۷؛ پاسکیل^۳، ۲۰۰۶). در خصوص برنامه درسی، پژوهش‌های اخیر بیشتر بر برنامه‌های درسی و فعالیت‌های یادگیری تلفیقی متمرکز شده‌اند؛ از جمله می‌توان به تلفیق دانش، مهارت‌ها و نگرش‌ها (کراولی و دیگران، ۲۰۰۷) و همچنین به تلفیق علم، تکنولوژی، مهندسی و ریاضیات (دانش چند رشته‌ای و میان رشته‌ای) (فروید^۴ و اوهندل^۵، ۲۰۰۵) در برنامه درسی رشته‌های مهندسی اشاره کرد.

از آنجا که در برنامه‌های درسی آموزش مهندسی بر مواجهه دانشجویان با مسائل مهندسی و طراحی و اجرای سیستم‌ها، فرآورده‌ها و فرآیندها تأکید ویژه‌ای شده است (اتحاد بین المللی مهندسی، ۲۰۰۹؛ کراولی و دیگران، ۲۰۰۷)، استفاده از فضا، تجهیزات و ابزارهای مناسب در دوره‌های آموزش مهندسی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. پژوهش‌های انجام شده نشان داده‌اند که "فضاهای کار مهندسی"^۶ از قبیل آزمایشگاه‌ها، کارگاه‌ها و ... تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر یادگیری مؤثر و کاربردی دانشجویان دارند (پیچ^۷ و دیگران، ۲۰۰۹؛ کراولی و دیگران، ۲۰۰۷؛ یانگ^۸ و دیگران، ۲۰۰۵؛ کارلسون^۹ و سالیوان^{۱۰}، ۱۹۹۹).

پژوهش‌های انجام شده در خصوص فرآیند تدریس - یادگیری در دوره‌های آموزش مهندسی، بیشتر بر روش‌های تدریس و یادگیری فعال و تجربی تأکید داشته‌اند و بیانگر اثربخشی این روش‌ها در آموزش مهندسی هستند (زاپی^{۱۱} و کاپلی^{۱۲}، ۲۰۰۸؛ گراف^{۱۳} و دیگران، ۲۰۰۵؛ پرنس^{۱۴}، ۲۰۰۴). اما نتایج این پژوهش نشان

1. Trevelyan
2. Spinks
3. Pascail
4. Froyd
5. Ohland
6. Engineering workspaces
7. Page
8. Young
9. Carlson
10. Sullivan
11. Zappe
12. Kapli
13. Graaff
14. Prince

داد که مدل‌های بررسی شده در مقایسه با ابعاد دیگر، کمتر بر فرآیند تدریس-یادگیری تمرکز دارند؛ در صورتی که این بعد برای اجرای مؤثر برنامه‌های آموزش مهندسی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. همانند پژوهش حاضر، در پژوهش‌های قبلی نیز اهمیت شایستگی تخصصی اعضای هیئت علمی و توانایی آنها در زمینه تدریس و یادگیری مورد تأکید قرار گرفته است (کراولی و دیگران، ۲۰۰۷؛ برنت^۱ و فلدر^۲، ۲۰۰۳؛ براونر و دیگران^۳، ۲۰۰۲) که می‌تواند نقش تعیین‌کننده‌ای در بهبود کیفیت برنامه‌های آموزش مهندسی ایفا کند.

یکی دیگر از ابعاد اصلی برنامه‌های آموزش مهندسی، سنجش یادگیری دانشجو و ارزشیابی برنامه است؛ در این راستا، پژوهش‌های انجام شده بیانگر اهمیت استفاده از روش‌های متنوع سنجش و ارزشیابی، گردآوری داده‌های پایا و معتبر، گردآوری داده‌ها از ذی‌نفعان مختلف برنامه و استفاده از نتایج سنجش و ارزشیابی برای اصلاح و بهبود مستمر هستند (اگراول^۴ و خان^۵، ۲۰۰۸؛ کریستوفر^۶ و یاگیت^۷، ۲۰۰۸؛ مادوکس^۸، ۲۰۰۷؛ اولدز^۹ و دیگران، ۲۰۰۵).

در این پژوهش، برای تعیین ابعاد و مؤلفه‌های آموزش مهندسی از مدل‌های مبتنی بر ائتلاف‌ها و توافقنامه‌های بین‌المللی استفاده شد که این ابعاد و مؤلفه‌ها می‌توانند از طریق مصاحبه با صاحب‌نظران آموزش مهندسی و مطالعات میدانی در دانشکده‌های مهندسی و بازار کار ایران بررسی، مقایسه و اعتباریابی شوند. همچنین توجه صرف به برخی از ابعاد یا مجموعه خاصی از مؤلفه‌ها نمی‌تواند گویای کلیت نظام آموزش مهندسی باشد؛ لذا تمامی ابعاد و مؤلفه‌های آموزش مهندسی و نوع ارتباط آنها باید در قالب یک مدل سیستماتیک مورد توجه قرار گیرد تا بتوان از آنها در راستای توسعه نظام آموزش مهندسی در ایران استفاده کرد. برخی از پژوهش‌های انجام شده در ایران نشان می‌دهد که برنامه‌های آموزش مهندسی کشور در بسیاری از این ابعاد و مؤلفه‌ها از وضعیت مناسبی برخوردار نیستند؛ بنابراین، اصلاح و تغییر برنامه‌های آموزش مهندسی کشور براساس یافته‌های مطالعات جدید لازم به نظر می‌رسد (یعقوبی و مطهری‌نژاد، ۱۳۹۰؛ معماریان، ۱۳۹۰).

-
1. Brent
 2. Felder
 3. Brawner
 4. Agrawal
 5. Khan
 6. Christoforou
 7. Yigit
 8. Maddocks
 9. Olds

منابع

- بازرگان، عباس (۱۳۸۸). ظرفیت‌سازی برای تضمین کیفیت آموزش مهندسی در ایران: ضرورت ملی و فرصت‌سازی برای عرضه آموزش مهندسی فراملی. *فصلنامه آموزش مهندسی ایران*، سال یازدهم، شماره ۴۳، صص ۳۸-۲۹.
- سجادیه، نرگس و لیاقت، سمیه (۱۳۸۸). آموزش مهندسی، توافق‌نامه‌های بین‌المللی: چالش‌ها و چشم‌اندازها. *فصلنامه آموزش مهندسی ایران*، سال یازدهم، شماره ۴۳، صص ۱۲۹-۱۰۹.
- معماریان، حسین (۱۳۹۰). کاستی‌های برنامه‌های آموزش مهندسی ایران. *فصلنامه آموزش مهندسی ایران*، سال سیزدهم، شماره ۵۱، صص ۷۴-۵۳.
- یعقوبی، محمود و مطهری‌نژاد، حسین (۱۳۹۰). ضرورت‌های اصلی در تدوین راهبردهای آموزش مهندسی ایران. *فصلنامه آموزش مهندسی ایران*، سال سیزدهم، شماره ۵۱، صص ۵۱-۳۱.
- Accreditation Board for Engineering Education of Korea (2005). *Criteria for Accrediting Engineering Programs*. Retrieved from [http://www.abEEK.or.kr/htmls_kr/en/data/KEC2005_120329\(rev8\).pdf](http://www.abEEK.or.kr/htmls_kr/en/data/KEC2005_120329(rev8).pdf)
- Accreditation Board of Engineering and Technology (2009). *Criteria for Accrediting Engineering Programs: Effective for Evaluations during the 2010-2011 Accreditation Cycle*, Retrieved from http://www.abet.org/uploadedFiles/Accreditation/Accreditation_Process/Accreditation_Documents/Archive/criteria-eac-2010-2011.pdf
- Agrawal, D. K. and Khan, Q. M. (2008). A Quantitative Assessment of Classroom Teaching and Learning in Engineering Education. *European Journal of Engineering Education*, Vol. 33, No. 1, pp. 85-103.
- Augusti, G. (2006). Transnational Recognition and Accreditation of Engineering Educational Programmes in Europe: Perspectives in a Global Framework. *European Journal of Engineering Education*, Vol. 31, No. 3, pp. 249-260.
- Augusti, G. (2007). Accreditation of Engineering Programmes: European Perspectives and Challenges in a Global Context. *European Journal of Engineering Education*, Vol. 32, No. 3, pp. 273-283.
- Bankel, J. et al. (2005). Benchmarking Engineering Curricula with the CDIO Syllabus. *International Journal of Engineering Education*, Vol. 21, No. 1, pp. 121-133.

- Board of Engineers Malaysia (2007). *Engineering Accreditation Council: Engineering Programme Accreditation Manual*. Retrieved from <http://www.eac.org.my/web/document/EACManual2007.pdf>
- Bordia, S. (2001). Problems of Accreditation and Quality Assurance of Engineering Education in Developing Countries. *European Journal of Engineering Education*, Vol. 26, No. 2, pp. 187-193.
- Brawner, C. E., Felder, R. M. and Brent, R. (2002). A Survey of Faculty Teaching Practices and Involvement in Faculty Development Activities. *Journal of Engineering Education*, Vol. 91, No. 4, pp. 393-396.
- Brent, R. and Felder, R. M. (2003). A Model for Engineering Faculty Development. *International Journal of Engineering Education*, Vol. 19, No. 2, pp. 234-240.
- Campbell, D., Beck, H., Buisson, D. and Hargreaves, D. (2009). Addressing Challenges for Internationalisation and Mobility in Engineering through CDIO Standards. *20th Australasian Association for Engineering Education Conference*, University of Adelaide, 6-9 December.
- Carlson, L. E. and Sullivan, J. F. (1999). Hands-on Engineering: Learning by Doing in the Integrated Teaching and Learning Program. *International Journal of Engineering Education*, Vol. 15, No. 1, pp. 20-31.
- Christoforou, A. P. and Yigit, A. S. (2008). Improving Teaching and Learning in Engineering Education through a Continuous Assessment Process. *European Journal of Engineering Education*, Vol. 33, No. 1, pp. 105-116.
- Crawley, E. F., Malmqvist, J., Ostlund, S. and Brodeur, D. (2007). *Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach*. New York: Springer.
- Engineering Council of South Africa (2008). *Criteria for Accreditation of Engineering Programmes Meeting Stage 1 Requirements*. Retrieved from http://www.ecsa.co.za/documents/080207_E-03-P_Criteria_For_Accreditation.pdf
- Engineers Australia (2008). *Accreditation Management System Education Programs at the Level of Professional Engineer: Accreditation Criteria Summary*. Retrieved from <http://www.engineersaustralia.org.au/sites/default/files/shado/Education/Program%20Accreditation/AMS%20Professional%20Engineer/S02%20Accreditation%20Criteria%20Summary.pdf>
- Engineers Canada (2009). *Canadian Engineering Accreditation Board: Accreditation Criteria and Procedures*. Retrieved from http://www.engineerscanada.ca/e/files/Accreditation_Criteria_Procedures_2009.pdf

- Engineers Ireland (2007). Accreditation Criteria for Engineering Education Programmes. Retrieved from [http://www.engineersireland.ie/media/engineersireland/services/Download%20the%20accreditation%20criteria%20\(PDF,%20240kb\).pdf](http://www.engineersireland.ie/media/engineersireland/services/Download%20the%20accreditation%20criteria%20(PDF,%20240kb).pdf)
- European Network for Accreditation of Engineering Education (2008). *EUR-ACE Framework Standards for the Accreditation of Engineering Programmes*. Retrieved from http://www.enaee.eu/wp-content/uploads/2012/01/EUR-ACE_Framework-Standards_2008-11-0511.pdf
- Freeston, I. (2009). Progressing Towards Global Standards in Engineering Education. *Presented at the ENAEE Workshop, Brussels, 22 January*, pp. 1-9.
- Froyd, J. E. and Ohland, M. W. (2005). Integrated Engineering Curricula. *Journal of Engineering Education*, January: 147-164.
- Graaff, E., Saunders-Smits, G. N. and Nieweg, M. R. (Eds) (2005). *Research and Practice of Active learning in Engineering Education*. Pallas Publications, Amsterdam University Press.
- Grimson, J. (2002). Re-engineering the Curriculum for the 21st Century. *European Journal of Engineering Education*, Vol. 27, No. 1, pp. 31-37.
- Hsieh, H. and Shannon, S. E. (2005). Three Approaches to Qualitative Content Analysis. *Qualitative Health Research*, Vol. 15, November, pp. 1277-1288.
- Institute of Engineering Education Taiwan (2009). *Accreditation Criteria 2010*. Retrieved from <http://www.ieet.org.tw/english/acccri/acccri2010.htm>
- Institution of Engineers Singapore (2008). *Engineering Accreditation Board: Accreditation Manual*. Retrieved from <http://www.ies.org.sg/professional/eab/EABAM060808.pdf>
- Institution of Professional Engineers New Zealand (2009). *IPENZ Requirements for Initial Academic Education for Professional Engineers*. Retrieved from http://www.ipenz.org.nz/ipenz/forms/pdfs/Initial_Academic_Policy_Prof_Eng.pdf
- International Engineering Alliance (2008). *The Washington Accord*. Retrieved from <http://www.ieagreements.com/Washington-Accord/>
- International Engineering Alliance (2009). *Graduate Attributes and Professional Competencies*. Retrieved from <http://www.washingtonaccord.org/IEA-Grad-Attr-Prof-Competencies-v2.pdf>

- Japan Accreditation Board for Engineering Education (2009). *Criteria for Accrediting Japanese Engineering Education Programs Leading to Bachelor's Degree*. Retrieved from http://www.jabee.org/english/OpenHomePage/Criteria_Bachelor_2009.pdf
- Maddocks, A. P. (2007). EASIMAP: A Coherent Approach to the Assessment of Learning Outcomes on Engineering Degree Programmes. *Engineering Education*, Vol. 2, No.2, pp. 26-32.
- Malmqvist, J. (2009). A Comparison of the CDIO and EUR-ACE Quality Assurance Systems. *Proceedings of the 5th International CDIO Conference*, Singapore Polytechnic, Singapore, June 7-10.
- Mayring, P. (2000). Qualitative Content Analysis. *Forum: Qualitative Social Research*, Vol. 1, No. 2, Retrieved from <http://www.uts.utoronto.ca/~kmacd/IDSC10/Readings/text%20analysis/CA.pdf>
- Memon, J. A., Demirdogen, R. E. and Chowdhry, B. S. (2009). Achievements, Outcomes and Proposal for Global Accreditation of Engineering Education in Developing Countries. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, Vol. 1, pp. 2557-2561.
- Olds, B. M., Moskal, B. M. and Miller, R. L. (2005). Assessment in Engineering Education: Evolution, Approaches and Future Collaborations. *Journal of Engineering Education*, January, pp. 13-25.
- Page, K., Levesley, M., Read, E., Hanson, B. and Gallagher, J. (2009). Data Sharing (DaSh) for Collaborative Learning in Laboratories. *Engineering Education*, Vol. 4, No. 2, pp. 37-51.
- Pascail, L. (2006). 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, pp. 55-61.
- Patil, A. and Codner, G. (2007). Accreditation of Engineering Education: Review, Observations and Proposal for Global Accreditation. *European Journal of Engineering Education*, Vol. 32, No. 6, pp. 639-651.
- Payzin, A. E. and Aran, A. (2007). *International Developments on Accreditation of Engineering Education and The Case for Turkey*. Retrieved from [http://www.mudek.org.tr/doc/sun/20071002\(Payzin+Aran-GCEE07-paper\).pdf](http://www.mudek.org.tr/doc/sun/20071002(Payzin+Aran-GCEE07-paper).pdf)
- Prince, M. (2004). Does Active Learning Work? A Review of the Research. *Journal of Engineering Education*, July, pp. 1-9.

- Sakthivel, P. B. and Raju, R. (2006). Conceptualizing Total Quality Management in Engineering Education and Developing a TQM Educational Excellence Model. *Total Quality Management & Business Excellence*, Vol. 17, No. 7, pp. 913-934.
- Spinks, N., Silburn, N. L. J. and Birchall, D. W. (2007). Making It All Work: The Engineering Graduate of the Future, a UK Perspective. *European Journal of Engineering Education*, vol. 32, No. 3, pp. 325-335.
- The Hong Kong Institution of Engineers (2003). *Professional Accreditation Handbook (Engineering Degrees)*. Retrieved from <http://www.hkie.org.hk/docs/accreditation/AcrdHB-EngDeg.pdf>
- Trevelyan, J. (2009). Engineering Education Requires a Better Model of Engineering Practice. *Proceedings of the Research in Engineering Education Symposium 2009*, Palm Cove, QLD.
- Young, P. W., Malmqvist, J., Hallstrom, S., Kutteneuler, J., Svensson, T. and Cunningham, G. (2005). Design and Development of CDIO Student Workspaces: Lessons Learned. *Proceedings of the 2005 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*.
- Zappe, S. and Kapli, N. (2008). *An Investigation of the Relationship between Graduate Teaching Assistant Perceptions and Success of Active Learning Techniques in an Engineering Education Course*. Retrieved from <http://soa.asee.org/paper/conference/paper-view.cfm?id=7418>
- Zhang, Y. and Wildemuth, B. M. (2009). Qualitative Analysis of Content. In B. Wildemuth (Ed.), *Applications of Social Research Methods to Questions in Information and Library Science*, pp.308-319, Westport, CT: Libraries Unlimited.