

## آموزش مهندسی در ایران: محتوا و روش مقایسه‌ای

### با برخی کشورهای صنعتی\*

#### جمشید پرویزیان<sup>۱</sup> و فرشاد تويسرکاني<sup>۲</sup>

**چکیده:** مقایسه محتوا و روشهای آموزش مهندسی در کشور ایران و برخی از کشورهای صنعتی با تطبیق موردی می‌تواند نشان دهنده تفاوتی اساسی در فلسفه آموزش عالی در ایران و کشورهای پیشرفته باشد که به نگاه تاریخی ما به علم به عنوان فضیلت و نه به عنوان ابزار بر می‌گردد. با این حال، چنین مطالعه‌ای را می‌توان به سطوح عملی‌تر آموزش تعمیم داد و آموزش مهندسی به عنوان یک روش تجربی را با آموزش آن در قالب آموزش یافته‌های تاریخی مقایسه کرد. این مقایسه را می‌توان در طی دهه‌های اخیر دنبال کرد و از جمله به محتوای آموزش، ابزارهای آموزش، حجم آموزش، دوره‌های کارآموزی و قابلیت کارآفرینی دانش‌آموختگان پرداخت. از نگاه دیگر، می‌توان روش پذیرش دانشجو و تعداد پذیرش، طول دوره تحصیل، محتوای دروس عمومی، ساختار نظام آموزشی و نقش دانشجویان کارشناسی ارشد و دکتری در آموزش را مقایسه کرد. هسته‌های آموزشی - پژوهشی از سویی ارائه دروس و اجرای پژوهش را با هم می‌آمیزند و از سوی دیگر به عنوان واحدهای مستقل مالی به فعالیت پژوهشی می‌پردازند و این می‌تواند از تفاوت‌های اساسی نظام آموزشی ایران با نظامهای آموزشی - پژوهشی باشد.

در این تحقیق، به عنوان نمونه، مقایسه‌ای در ساختار و محتوای آموزش مهندسی مکانیک در دانشگاه‌های ایران، آلمان، انگلستان و آمریکا انجام شده است. این مطالعه متوجه روشها و محتوای آموزش است، نه نتایج آن. در بخشهای پژوهشی و فنی با نشان دادن کاستیهایی در به روزکردن محتوا و روش، به ارائه مفاهیمی نو در فلسفه آموزش مهندس و ابزارهای آن از جمله آموزش دانشجو محور، آموزش مبتنی بر مسئله و آموزش در محیط سرشار از فناوری پرداخته شده است.

واژه‌های کلیدی: آموزش مبتنی بر مسئله، آموزش دانشجو محور و مشارکت در آموزش.

\* این مقاله در کنفرانس آموزش مهندسی در ۱۴۰۴ در دانشگاه تهران ارائه شده است.

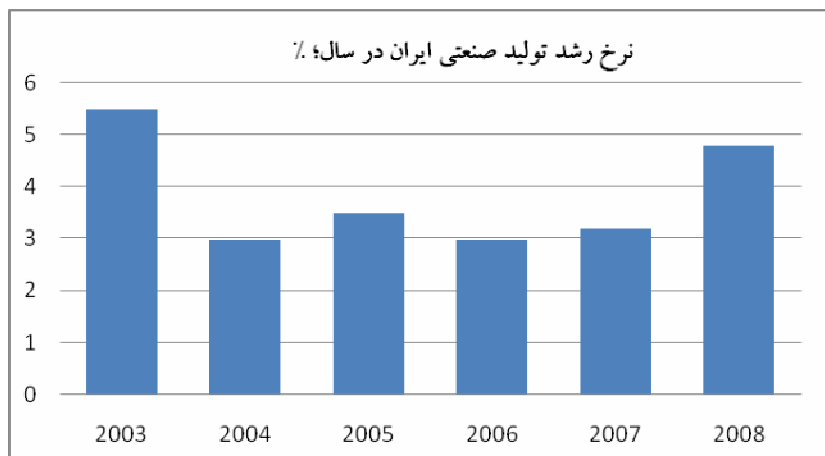
۱. دانشیار دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی اصفهان [japa@cc.iut.ac.ir](mailto:japa@cc.iut.ac.ir)

۲. مربی دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی اصفهان [f\\_tooyserkani@cc.iut.ac.ir](mailto:f_tooyserkani@cc.iut.ac.ir)

## ۱. مقدمه

هدف از آموزش مهندسی تربیت مهندسانی است که بتوانند بر اساس آموخته‌هایشان در محیط خود تغییراتی ایجاد کنند که زندگی را برای دیگران آسوده‌تر سازد و از این راه زندگی خود را بگذرانند. می‌توان عملکرد دانشگاه را به عنوان یک تولیدکننده با معیارهای مختلفی سنجید، از جمله تولید علم [۱]، تأثیر گذاری بر جامعه، تعداد دانش‌آموختگان کیفیت دانش‌آموختگان و هزینه سرانه آموزش. در کنار اینها می‌توان بدین موارد اشاره کرد: میزان رضایت دانش‌آموختگان از آنچه آموخته‌اند، شدت و پایداری انگیزه‌هایی که با آنها آزمون دشوار ورودی را پشت‌سر گذارده‌اند، میزان تغییرات واقعی ناشی از به‌کارگیری یک دانش‌آموخته در یک سازمان، رضایتمندی یک دانش‌آموخته از زندگی در مقایسه با کسی که به دانشگاه وارد نشده است و امکانی که آموزش برای ورود به طبقه نخبگان، که دسترسی بیشتری به قدرت و ثروت دارند، فراهم می‌آورد. در برآورد عملکرد یک دانشگاه یا نظام آموزشی مشخص می‌توان برخی اندازه‌های دیگر مانند علاقه‌مندی دانش‌آموختگان برجسته به ادامه تحصیل در همان دانشگاه یا به طور کلی، در همان نظام آموزشی را نیز به معیارهای یاد شده افزود. بنا به تأکید بسیاری از پژوهشگران، آموزش مهندسی در ایران چه از نگاه دانشجویان و خانواده ایشان و چه از نگاه استادان نوعی سرمایه‌گذاری برای رشد صنعتی به حساب نمی‌آید و تأکید بر دانش‌افزایی و بی‌توجهی به توسعه مهارتها و نگرشهای دانش‌آموختگان [۲] بیشتر متوجه تربیت مهندسانی است که با علم به مبانی و کلیات آماده کارکردن در زمینه برخی مباحث نظری و علوم هستند، نه لزوماً آماده پاسخگویی به نیازهای فنی کشور، مدیریت صنعت و افزایش و بهبود تولید ملی [۳].

از تاریخ تأسیس مدرسه فنی در ایران نزدیک به یک و نیم قرن و از تاریخ تأسیس دانشکده فنی دانشگاه تهران بیش از هفتاد سال می‌گذرد. با این حال، به دشواری می‌توان گفت که دانش‌آموختگان مهندسی در صنعت ایران کارکردی مشابه با همتران خود در کشورهای صنعتی یا حتی کشورهای در راه صنعتی‌شدن دارند. از آشکارترین نمایه‌های ضعف تأثیر مهندسی در ایران نرخ رشد تولید صنعتی (صنعت - معدن - ساختمان) است که به ندرت از ۵٪ تجاوز می‌کند (شکل ۱). در حالی که در دوره مشابه نرخ رشد تولید صنعتی کشور ترکیه از ۵٪ کمتر نبوده و گاه تا ۱۶٪ نیز افزایش یافته است و این نرخ در کشور مالزی میان ۳ تا ۱۱٪ در نوسان بوده است [۴]. این مقایسه وقتی معنای جدی‌تری می‌یابد که در نظر بگیریم ۸۰٪ صادرات صنعتی ایران را نفت و محصولات وابسته به آن تشکیل می‌دهد و بهای نفت در این مدت تا ۳ برابر افزایش یافته است، در حالی که ترکیه یک کشور واردکننده نفت است. تولید ناخالص سرانه نیز با هیچ کشور صنعتی قابل مقایسه نیست.



شکل ۱: درصد نرخ رشد تولیدات صنعتی ایران در فاصله سالهای ۲-۱۳۸۲.

در این مقاله تلاش شده است تا تصویری از برخی جنبه‌های آموزش مهندسی در کشور ایران در مقایسه با چند دانشگاه غیر ایرانی ترسیم شود که به سنجش عملکرد دانشگاهها در آموزش مهندسی کمک می‌کند و لزوم پاره‌ای تغییرات در نظام آموزشی مهندسی را برجسته می‌سازد. آموزش مهندسی مکانیک در امپریال کالج لندن، دانشگاه فنی مونیخ و دانشگاه برکلی به عنوان نمونه انتخاب شده است تا با آموزش این رشته مهندسی مادر در دانشگاههای ایران مقایسه شود. اطلاعات داخلی از دانشگاه صنعتی اصفهان کسب شده است. در خصوص آموزش این رشته در ایران پژوهشهای متعددی منتشر شده [۸ و ۵]، از جمله اینکه نشان داده شده است که برنامه آموزشی مهندسی مکانیک از نظر ساختاری تفاوت فاحشی با دانشگاههای کشورهای صنعتی ندارد، ولی از نظر اجرای دروس و نحوه ارائه مفاهیم متفاوت است [۹].

پیش از ورود به بحث می‌توان به آموخته‌های یک دانش‌آموز در پایان دوره دبیرستان و آغاز ورود به دانشگاه توجه کرد. دانش‌آموزان آلمانی، انگلیسی و آمریکایی پیش از ورود به دانشگاه دروسی مانند اقتصاد عمومی، موسیقی، قانون و حقوق شهروندی، ورزش و زبان را فرا می‌گیرند و آماده زندگی کردن به عنوان یک شهروند می‌شوند. همچنین آنها در دروسی مانند فیزیک و شیمی با روش تجربی علم آشنا می‌شوند و وقت زیادی را در آزمایشگاه می‌گذرانند و در درس ریاضی با مباحث نوتری چون احتمالات و تئوری بازیها آشنایی می‌یابند. گزارش‌نویسی و کار گروهی هم در دروسهای مختلف به دانش‌آموزان تمرین داده می‌شود. وجود دروس انتخابی در سالهای پایانی باعث می‌شود تا دانش‌آموزانی که وارد یک رشته مهندسی می‌شوند، دارای سابقه بیشتری در دروس متفاوت باشند. جایگزین کنکور معمولاً میانگین دو سال آخر است که حاصل فعالیتهای مختلف در طول دو سال و آزمونهای نهایی

#### ۴ آموزش مهندسی در ایران: محتوا و روش مقایسه‌ای با برخی کشورهای صنعتی

است. در بسیاری از موارد [به ویژه در آلمان] پسران معمولاً پس از دوره اختیاری سربازی دوره دانشگاه خود را شروع می‌کنند و از نظر رفتاری بالغ‌ترند. در کشور آلمان دانش‌آموزانی که فیزیک را بر ریاضی ترجیح می‌دهند هم می‌توانند برای مهندس شدن به جای دانشگاهها در مدارس فنی ادامه تحصیل دهند. دانش‌آموزان ایرانی برای ورود به رشته مهندسی دروس یکسانی را می‌گذرانند، از دروسی مانند اقتصاد و هنر بی‌خبرند و در سال آخر دبیرستان ورزش را هم رسماً به کنار می‌گذارند تا وقت خود را برای آمادگی آزمون کنکور ذخیره کنند.

#### ۲. مقایسه برخی جنبه‌های آموزشی مهندسی

در نظام آموزشی فعلی کشور ایران مقطع کارشناسی دارای ۱۴۰ واحد درسی است که عناوین ۱۲۰ واحد درسی مشابه با دانشگاههای مورد مقایسه و ۲۰ واحد آن عمومی است. در این صورت، طول اسمی دوره کارشناسی در ایران باید هفت نیمسال باشد، در حالی که هشت نیمسال است و درصد عمده‌ای از دانشجویان در زمان طولانی‌تری دوره خود را به پایان می‌برند. در نظام نوین آموزشی اتحادیه اروپا دانشجویان مهندسی در طول چهار سال دوره کارشناسی و کارشناسی ارشد را می‌گذرانند، در حالی که در ایران در بهترین شرایط دوره‌های کارشناسی و کارشناسی ارشد مجموعاً شش سال به درازا می‌انجامد.

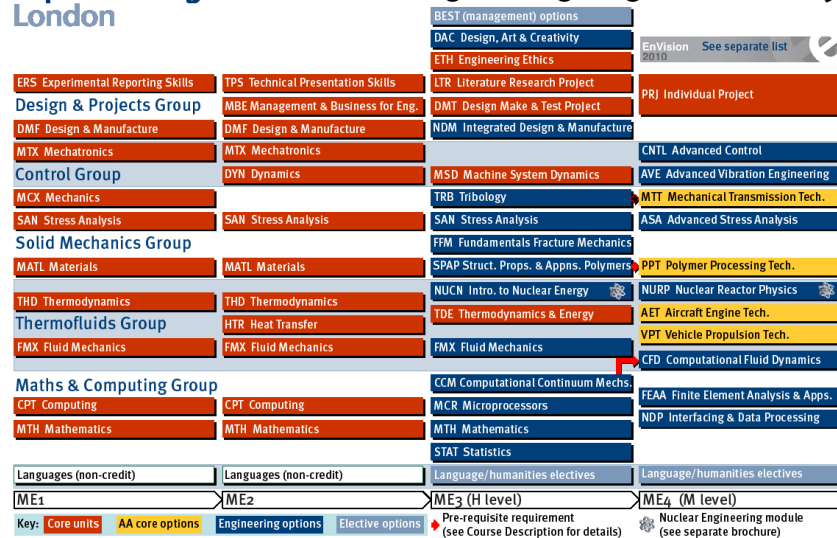
متقاضیان دوره مهندسی مکانیک در کشور آلمان پیش از شروع دوره مهندسی باید حداقل شش هفته در یک کارگاه فلزی کارآموزی کنند تا از درستی علاقه خود به این رشته اطمینان یابند و درک درستی از مواد درسی، که پس از آن با آنها آشنا خواهند شد، داشته باشند. مدت کارآموزی الزامی در طول دوره سه ساله کارشناسی حداقل ۱۸ هفته (شش هفته برای هر سال) است. در کشور ایران دانشجویان رشته مهندسی مکانیک معمولاً در تابستان آخر دوره چهار ساله ۸ هفته (دو هفته برای هر سال) کارآموزی می‌کنند که می‌تواند در شرکتهای مهندسی و نه لزوماً کارگاهها رخ دهد.

دانشجویان ایرانی در رشته مهندسی مکانیک در سال اول علاوه بر دروس عمومی، دروس فیزیک و ریاضی را می‌گذرانند و در نیمسال دوم اولین و تنها درس مهندسی خود را با استاتیک شروع می‌کنند. دروس ریاضی و فیزیک دارای بیشترین نرخ ریزش است و معمولاً اخذ دروس مهندسی را یک یا دو ترم به عقب می‌اندازد و دانشجو در نیمسال چهارم و پنجم با اولین دروس مهندسی آشنایی می‌یابد. تجربه شخصی نگارنده شاهد آن است که بسیاری از تقاضاهای تغییر رشته دانشجویان ایرانی در سال اول یا دوم ارائه می‌شود، در حالی که آنان هنوز با دروس اصلی رشته خود آشنایی نیافته‌اند. در امپریال کالج [۱۰] دانشجویان در سال اول دروس مهندسی درسهای استاتیک، مکانیک سیالات، ترمودینامیک، علم مواد، مقاومت مصالح و طراحی مهندسی را می‌گذرانند؛ به علاوه، آنان با مهارتهای گزارشدهی تجربی آشنایی می‌یابند. با پایان سال دوم دانشجوی مکانیک تمام دروس اصلی مهندسی

جمشید پرویزیان و فرشاد تویسرکانی ۵

مکانیک و همچنین، دروس مهارت‌های ارائه، مدیریت افراد و سازمانها و زبان مورد علاقه خود را گذرانده است و سال سوم فقط به ارائه دروسی مانند مکانیک شکست یا یاتاقان، که مباحثی ویژه به حساب می‌آیند، می‌گذرد (شکل ۲). در میان دروس سال سوم عناوینی مانند پلیمرها، میکروپروسور و مهندسی انرژی قابل توجه‌اند.

## Imperial College London Mechanical Engineering Programme 2008-9



شکل ۲: برنامه درسی دانشجویان مهندسی مکانیک در امپریال کالج لندن.

در دانشگاه فنی مونیخ [۱۱] دانشجوی مهندسی مکانیک در سال اول از مجموعه دروس مهندسی، درسهای استاتیک، دینامیک، مقاومت مصالح، علم مواد، روشهای تولید و اصول طراحی مهندسی را می‌گذراند و در سال دوم مکانیک سیالات، ترمودینامیک، طراحی اجزا و کنترل اتوماتیک را می‌گذراند و در نتیجه، در دو سال اول مجموعه دروس اصلی مهندسی مکانیک را می‌گذراند (شکل ۳).

| 1st and 2nd semester   | 1st sem. | 2nd sem. | 3 and 4th semester                                   | 3rd sem. | 4th sem. |
|--|----------|----------|--|----------|----------|
| Advanced Mathematics I, II                                       | 4/2      | 4/2      | Advanced Mathematics III, V                          | 3/1      | 2/1      |
| Technical Mechanics I, II  | 3/2      | 3/2      | Technical Mechanics III                              | 4/2      |          |
| Technical Electricity I, II                                      | 2/1      | 2/1      | Machine Elements I, II                               | 3/2      | 2/4      |
| Material Sciences I, II  | 2/1      | 3/1      | Thermodynamics I + Heat transfer                     | 3/2      | 2/1      |
| Fundamentals of experimental chemistry or mechanical engineering | 3/0      |          | Practical Course in Physics for Mechanical Engineers | 0/3      |          |
| Fundamentals of production                                       | 1/0      |          | Fundamentals of Economics for Engineers              | 2/0      |          |
| Fundamentals of Product Development                              |          | 2/0      | Control Engineering                                  |          | 2/1      |
| Technical and Computer Aided Drawing                             | 1/1      | 1/1      | Fluid Mechanics I                                    |          | 2/1      |
| Software Engineering I, II                                       | 2/1      | 2/1      |  |          |          |
| Experimental Physics   | 2/0      | 1/0      |  |          |          |

شکل ۳: برنامه درسی دانشجویان مهندسی مکانیک در سالهای اول و دوم دانشگاه فنی مونیخ

دانشجوی ایرانی رشته مهندسی مکانیک در پایان سال اول فقط درس استاتیک را از دروس مهندسی می‌گذراند و در صورتی که در دروس ریاضی با مشکلی برخورد نکند، در سال دوم است که با مهندسی مکانیک آشنا می‌شود، (شکل ۴)، اتفاقی که دیر رخدادن آن می‌تواند انگیزه و علاقه به مهندسی را پژمرده کند.

| نیمسال اول        | نیمسال دوم           | نیمسال سوم        | نیمسال چهارم    |
|-------------------|----------------------|-------------------|-----------------|
| ریاضیات عمومی ۱   | ریاضیات عمومی ۲      | معادلات دیفرانسیل | ریاضی مهندسی    |
| فیزیک ۱           | استاتیک              | دینامیک ۱         | مقاومت مصالح ۲  |
| شیمی عمومی مهندسی | فیزیک ۲              | ترمودینامیک ۱     | مکانیک سیالات ۱ |
| معارف اسلامی ۱    | زبان خارجه           | مقاومت مصالح ۱    | ترمودینامیک ۲   |
| تربیت بدنی ۱      | معارف اسلامی ۲       | محاسبات عددی      | علم مواد        |
| نقشه کشی صنعتی ۱  | تربیت بدنی ۲         | آز فیزیک ۲        | فارسی           |
| آز فیزیک ۱        | برنامه سازی کامپیوتر | ریشه های انقلاب   | ریاضی مهندسی    |

شکل ۴: برنامه درسی دانشجویان مهندسی مکانیک در سالهای اول و دوم دانشگاه صنعتی

اصفهان

۷ جمشید پرویزیان و فرشاد توپسراکانی

زمان برنامه‌ریزی شده حضور در کلاس یک دانشجوی سال اول مکانیک در دانشگاه فنی مونیخ بالغ بر ۳۰ ساعت در هفته است (شکل ۵)، در حالی که برای دانشجوی ایرانی مشابه این زمان فقط ۱۶ ساعت برای ۱۶ واحد درسی است.

Semester: WS 2007/2008

| UnivIS - Lehrveranstaltungsplan |   |  |   |  |
|---------------------------------|---|--|---|--|
| Mo                              | Di  | Mi   | Do  | Fr   |
| 08:00                           | 08:15-10:00<br>CHEADMW<br>(Stamm) MW 0001, MW 1801 West   | 08:30-10:00<br>IT<br>(Stamm) MW 2001, MW 1801 West                         |   | 08:00-10:00<br>Tech. Mech. 1 C<br>(08:10-09:00)<br>(Ullrich) MW 2001, MW 1801 West |
| 09:00                           | 09:00-10:00<br>Tech. Mech. 1 V<br>(09:20-10:00)<br>(Ullrich) MW 2001, MW 1801 West  |  | 09:00-10:00<br>Techn. Elektriz. Lehrrel.<br>(Stamm) MW 2001, MW 1801 West   |  |
| 10:00                           | 10:00-12:00<br>Tech. Mech. 1 V<br>(09:20-10:00)<br>(Ullrich) MW 2001, MW 1801 West  |  | 10:00-12:00<br>Höhere Mathematik 1 für<br>Maschinenwesen und<br>Chemie-Ingenieurwesen<br>(Friesche) MW 2001, MW 1801 West | 10:00-12:00<br>PE-MW1<br>(Müller-Buschbaum) MW 2001, MW 1801 West                  |
| 11:00                           |   |  |   | 11:00-12:00<br>GEP<br>(Löffmann) MW 2001, MW 1801 West                             |
| 12:00                           |   | 12:00-13:00<br>Tech. Mech. 1 Koll. 2<br>(08:10-10:00)<br>(Ullrich) MW 0001 |   |  |
| 13:00                           | 13:00-14:00<br>WK 1 UE<br>(Warme) MW 2001, MW 1801 West   | 13:15-14:00<br>CHEADMW<br>(Stamm) MW 0001, MW 1801 West                    | 13:00-14:30<br>WK 1<br>(Warme) MW 2001, MW 1801 West  |  |
| 14:00                           | 14:15-15:00<br>MEZ<br>(Stamm) MW 2001, MW 1801 West   | 14:00-16:00<br>TE 1 Übung<br>(Hetzog) MW 2001, MW 1801 West                |   |  |
| 15:00                           | 15:15-16:00<br>Höhere Mathematik 1 für<br>Maschinenwesen und<br>Chemie-Ingenieurwesen<br>(Friesche) MW 2001, MW 1801 West | 15:15-16:00<br>IT-D<br>(Stamm) MW 2001, MW 1801 West                       |   |  |
| 16:00                           |   |  |   |  |
| 17:00                           |   |  |   |  |

Stand: Samstag, 20 Oktober 2007 14:17:27

شکل ۵: برنامه هفتگی دانشجوی سال اول مهندسی مکانیک در دانشگاه فنی مونیخ

مجموع دانشجویانی که در مقطع کارشناسی در سال ۲۰۰۶-۷ در بریتانیا در رشته‌های مهندسی مکانیک ثبت نام کرده‌اند، ۲۱/۰۰۰ نفر است. در کشور آلمان در رشته مهندسی مکانیک فقط در دانشگاه‌های فنی مونیخ، فنی برلین و آخن ۱۶/۵۰۰ دانشجوی مکانیک ثبت نام شده‌اند، (شکل ۶).

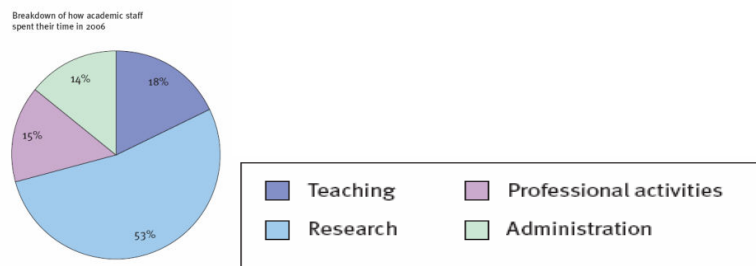
|                       |      |            |      |
|-----------------------|------|------------|------|
| RWTH Aachen           | 5448 | FH Aachen  | 792  |
| Technical Uni. Berlin | 3966 | TFH Berlin | 970  |
| Technical Uni. Munich | 3695 | FH Munich  | 1802 |

شکل ۶: تعداد دانشجویان رشته مهندسی مکانیک در برخی از دانشگاهها و مدارس فنی آلمان

|        |                |                              |     |
|--------|----------------|------------------------------|-----|
| مکانیک | مکانیک         | مهندسی مکانیک - گرایش نامشخص | ۵۸۷ |
| مکانیک | مکانیک         | مهندسی مکانیک                | ۲۹  |
| مکانیک | طراحی و جامدات | مهندسی مکانیک-طراحی کاربردی  | ۱۰۱ |
| مکانیک | طراحی و جامدات | مهندسی مکانیک-طراحی جامدات   | ۴۲  |
| مکانیک | حرارت و سیالات | مهندسی مکانیک-تبدیل انرژی    | ۸۹  |
| مکانیک | حرارت و سیالات | مهندسی مکانیک-حرارت و سیالات | ۴۰  |
| مکانیک | ساخت و تولید   | مهندسی مکانیک-ساخت و تولید   | ۴۴  |

### شکل ۷: تعداد دانشجویان رشته مهندسی مکانیک در دانشگاه صنعتی اصفهان؛ مجموع: ۹۳۲ دانشجو

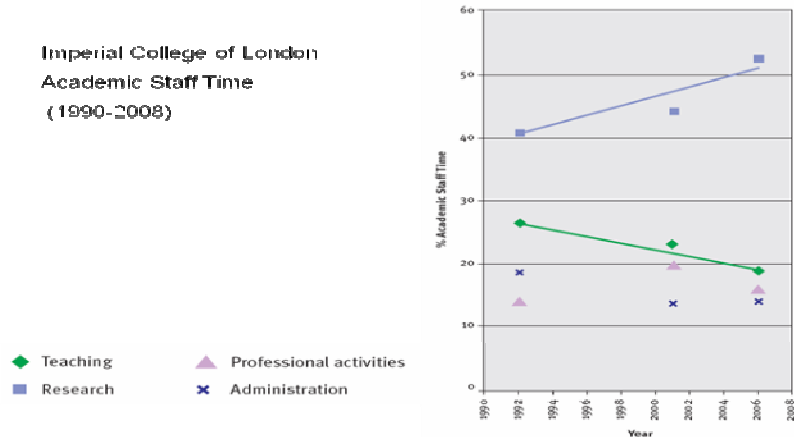
در مقطع کارشناسی مجموع دانشجویان رشته مهندسی مکانیک در کلیه مراکز آموزش عالی کشور در سال ۸۵ از ۱۶/۰۰۰ نفر فراتر نمی‌رود [۱۲]. با پذیرش تعداد زیادتر دانشجو می‌توان بهره‌وری نظام آموزشی را افزایش داد، مشروط بر آنکه تدریس یک درس به یک استاد و گروه او شامل دستیاران و دانشجویان دکتری و کارشناسی ارشد واگذار شود. در این صورت، نه تنها وقت استاد به آموزش صرف نمی‌گردد، بلکه زمان زیادی هم برای برنامه‌ریزی و پژوهش باقی می‌ماند [۱۳]. شکل ۸ نشان می‌دهد ۵۳٪ وقت یک عضو هیئت علمی در امپریال کالج به پژوهش می‌گذرد. شکل ۹ نشان می‌دهد که در طی سالهای گذشته این درصد رو به افزایش بوده است.



شکل ۸: توزیع چگونگی صرف وقت اعضای هیئت علمی در امپریال کالج لندن



Imperial College of London  
Academic Staff Time  
(1990-2008)



شکل ۹: نسبت زمانی که به پژوهش می‌گذرد در مقایسه با زمانی که به آموزش می‌گذرد برای اعضای هیئت علمی در امپریال کالج لندن در حال افزایش است.

عناوین و محتوای دروس نیز موضوعی قابل مقایسه است. در سه دهه گذشته در دروس گروه مکانیک دانشکده فنی تغییراتی پیش آمده و دروس روشهای تولید و نقشه‌کشی صنعتی اختیاری شده‌اند. در کنار این تغییر دروس اختیاری "سازه‌های هوشمند"، "دینامیک خودرو"، "مواد مرکب"، "رباتیک"، "کنترل نوین و آکوستیک صنعتی"، "مکاترونیک" و "انرژیهای تجدیدپذیر" به فهرست دروس اختیاری اضافه شده‌اند. شکل ۱۰ دروس مهندسی مکانیک را در دانشگاه برکلی نشان می‌دهد [۱۴]. توجه ویژه به دروس مواد و تولید، بیو و نانومکانیک در این فهرست قابل توجه است. در فهرست مشابهی می‌توان ساختارهای آموزشی - پژوهشی دانشگاه آخن را در دانشکده مهندسی مکانیک مشاهده کرد [۱۵]؛ شکل ۱۱. محورهای پژوهشی مواد نو، انرژی، تکنولوژی نانو، تکنولوژی اطلاعات (IT)، اقتصاد و تکنولوژیهای تولید در این فهرست نیز قابل توجه‌اند. در مجموع می‌توان گفت فیزیکیهای نوین به تدریج جای خود را در مهندسی باز کرده است.

۱۰ آموزش مهندسی در ایران: محتوا و روش مقایسه‌ای با برخی کشورهای صنعتی

|  |  |
|--|--|
| <p>Basic Engineering Design Graphics<br/>         Introduction to Computer<br/>         Programming for Scientists and<br/>         Engineers<br/>         Methods of Engineering Analysis<br/>         Advanced Engineering Design<br/>         Graphics<br/>         Advanced Programming with<br/>         MATLAB<br/>         Engineering Ethics<br/>         Mechanical Engineering Courses<br/>         Introduction to Mechanical<br/>         Engineering<br/>         High Mix/Low Volume<br/>         Manufacturing<br/>         Mechanical Engineering Design<br/>         Engineering Mechanics II<br/>         Thermodynamics and<br/>         Biothermodynamics<br/>         Thermodynamics<br/>         Fluid Mechanics<br/>         Experimentation and Measurement<br/>         Mechanical Engineering Laboratory<br/>         Heat Transfer<br/>         Introduction to Product Development<br/>         Structural Aspects of Biomaterials<br/>         Introduction to Nanotechnology and<br/>         Nanoscience<br/>         Introduction to MEMS<br/>         (Microelectromechanical Systems)<br/>         Processing of Materials in<br/>         Manufacturing</p> | <p>Mechanical Behavior of<br/>         Engineering Materials<br/>         Composite Materials--Analysis,<br/>         Design, Manufacture<br/>         Computer-Aided Mechanical<br/>         Design<br/>         Design of Planar Machinery<br/>         Dynamic Systems and Feedback<br/>         Mechanical Vibrations<br/>         Automatic Control Systems<br/>         Design of Microprocessor-Based<br/>         Mechanical Systems<br/>         Combustion Processes<br/>         Thermal Environmental Control<br/>         Advanced Heat Transfer<br/>         Engineering Aerodynamics<br/>         Marine Statics and Structures<br/>         Ocean-Environment Mechanics<br/>         Microscale Fluid Mechanics<br/>         Engineering Mechanics III<br/>         Fundamentals of Acoustics<br/>         Intermediate Dynamics<br/>         Orthopedic Biomechanics<br/>         Engineering Analysis Using the<br/>         Finite Element Method<br/>         Introduction to Continuum<br/>         Mechanics</p> |
|--|--|

شکل ۱۰: فهرست دروس مهندسی مکانیک در دانشگاه برکلی کالیفرنیا

|  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Institute for Automotive Engineering</li> <li>• Institute and Chair of Aeronautics and Astronautics</li> <li>• Chair of Flight Dynamics</li> <li>• Shock Wave Laboratory</li> <li>• Institute for Ceramic Components in Mechanical Engineering</li> <li>• Department of Computer Science in Mechanical Engineering</li> <li>• Institute for Enterprise Cybernetics</li> <li>• Institute of Automatic Control</li> <li>• Chair of Fluid Mechanics and Institute of Aerodynamics</li> <li>• Institute for Fluid Power Drives and Controls</li> <li>• Chair for Fuel Cells</li> <li>• Institute of Heat and Mass Transfer</li> <li>• Institute for Industrial Engineering and Ergonomics</li> <li>• Institute for Internal Combustion Engines</li> <li>• Institute for Jet Propulsion and Turbo Machinery</li> <li>• Chair for Laser Technology</li> <li>• Institute for Laser Technology</li> <li>• Chair for Technology of Optical Systems</li> <li>• Department of Aerospace Structures Lightweight Construction</li> <li>• Institute for Machine Elements and Machine Design</li> <li>• Institute for Materials Applications in Mechanical Engineering</li> <li>• Research Field Materials Science</li> <li>• Mathematical Models in Material Science</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Surface Engineering Institute</li> <li>• Institute of Energy Research - Microstructure and Properties of Material</li> <li>• Institute for Engineering Design</li> <li>• Department of Continuum Mechanics</li> <li>• Institute for General Mechanics</li> <li>• Institute of Combustion Technology</li> <li>• Chair of Biomedical Engineering</li> <li>• Chair for Computation Analysis of Technical Systems</li> <li>• Research and Teaching Area: Construction and Development of micro systems</li> <li>• Research Institute for Operations Management</li> <li>• Institute of Plastics Processing</li> <li>• Institute for Chemical Engineering</li> <li>• Department of Biochemical Engineering</li> <li>• Process Systems Engineering</li> <li>• Thermal Unit Operations</li> <li>• Laboratory for Machine Tools and Production Engineering</li> <li>• Institute for Production Engineering IPT</li> <li>• Department of Rail Vehicles and Materials-Handling Technology</li> <li>• Institute for Reactor Safety and Reactor Technology</li> <li>• Research Area: Solar Technology</li> <li>• Institute of Steam and Gas Turbines</li> <li>• Institute for Textile Technology and Mechanical Engineering</li> <li>• Chair of Technical Thermodynamics</li> <li>• Research Field Laser Measurement Processes in Thermo-fluid-dynamics</li> <li>• Welding and Joining Institute</li> </ul> |
|--|--|

شکل ۱۱: فهرست کرسیهای آموزشی - پژوهشی و زمینه پژوهشی آنها در دانشکده مهندسی مکانیک در دانشگاه آخن

۱۲ آموزش مهندسی در ایران: محتوا و روش مقایسه‌ای با برخی کشورهای صنعتی

اطمینان از یادگیری را نمی‌توان به نمره رد یا قبولی آخر دوره واگذار کرد. هر تولیدکننده‌ای امروزه باید اطمینان یابد که فقط محصول کیفی خود را به بازار عرضه می‌کند. دانشگاه هم باید به ازای وقت و ثروتی که هزینه می‌شود، برای کیفیت عموم دانش‌آموختگان و نه فقط بخشی از ایشان برنامه‌ریزی کند. با توجه به محتوای ۱۴۰ واحدی دوره کارشناسی، طول زمان استاندارد این دوره در ایران ۷ نیمسال تحصیلی است. در حالی که همه دوره‌های کارشناسی در ایران در حال حاضر در ۸ نیمسال تعریف می‌شوند. در واقع، کاهش ۱۴ واحدی دوره کارشناسی از ۱۵۴ به ۱۴۰ هیچ تغییری در طول دوره به وجود نیاورده است. از سوی دیگر، نظام‌های آموزشی ۱۲۰ واحدی در ۶ نیمسال تعریف می‌شوند. با وجود این، وقتی به آمار واقعی نگاهی بیندازیم، فقط ۵۰٪ دانشجویان دانشگاهی مانند صنعتی اصفهان در ۸ نیمسال دوره خود را تمام کرده‌اند. در بهترین حالت حداقل برای نیمی از دانشجویان ۱۵٪ وقت و سرمایه اضافی در دانشگاه گذارده شده است. به طور متوسط ۴۰٪ زمان و هزینه اضافی برای هر دانشجو صرف می‌شود تا دوره کارشناسی خود را تمام کند. (شکل ۱۲). در دوره‌های کارشناسی ارشد و دکتری وضعیت از این بهتر نیست. در نظام آموزشی نامطمئنی که ترکیبی از نظام‌های آمریکایی و اروپایی را برگزیده است، دوره‌های کارشناسی ارشد و دکتری حداقل ۵ و ۱۰ نیمسال به طول می‌انجامند. در کشورهای اروپایی و آمریکا این دوره‌ها به ۳ و ۶ نیمسال محدود می‌شوند.

| نام دانشکده    | تعداد کل | در ۸ ترم | درصد   | در ۹ ترم | درصد   | مساوی یا بیش از ۱۰ ترم | درصد   |
|----------------|----------|----------|--------|----------|--------|------------------------|--------|
| مواد           | ۷۱       | ۳۱       | ٪۴۳٫۶۶ | ۱۳       | ٪۱۸٫۳۱ | ۲۷                     | ٪۳۸٫۰۳ |
| معدن           | ۴۷       | ۱۲       | ٪۲۵٫۵۳ | ۲۰       | ٪۴۲٫۵۵ | ۱۵                     | ٪۳۱٫۹۲ |
| صنایع          | ۸۱       | ۳۸       | ٪۴۶٫۹۱ | ۱۹       | ٪۲۳٫۴۶ | ۲۴                     | ٪۲۹٫۶۳ |
| مهندسی شیمی    | ۹۲       | ۴۵       | ٪۴۸٫۹۱ | ۱۹       | ٪۲۰٫۶۵ | ۲۸                     | ٪۳۰٫۴۴ |
| مکانیک         | ۱۴۴      | ۶۷       | ٪۴۶٫۵۳ | ۴۱       | ٪۲۸٫۴۷ | ۳۶                     | ٪۲۵٫۰۰ |
| عمران          | ۷۸       | ۳۵       | ٪۴۴٫۸۷ | ۲۰       | ٪۲۵٫۶۴ | ۲۳                     | ٪۲۹٫۴۹ |
| برق و کامپیوتر | ۱۵۰      | ۷۵       | ٪۵۰٫۰۰ | ۲۰       | ٪۱۳٫۳۳ | ۵۵                     | ٪۳۶٫۶۷ |
| علوم ریاضی     | ۵۴       | ۲۵       | ٪۴۶٫۳۰ | ۱۰       | ٪۱۸٫۵۲ | ۱۹                     | ٪۳۵٫۱۸ |
| فیزیک          | ۴۹       | ۲۲       | ٪۴۴٫۹۰ | ۱۴       | ٪۲۸٫۵۷ | ۱۳                     | ٪۲۶٫۵۳ |
| شیمی           | ۵۱       | ۲۹       | ٪۵۶٫۸۶ | ۱۲       | ٪۲۳٫۵۳ | ۱۰                     | ٪۱۹٫۶۱ |
| نساجی          | ۶۵       | ۳۶       | ٪۵۵٫۳۸ | ۱۱       | ٪۱۶٫۹۲ | ۱۸                     | ٪۲۷٫۷۰ |
| کشاورزی        | ۱۸۹      | ۱۱۷      | ٪۶۱٫۹۰ | ۴۲       | ٪۲۲٫۲۲ | ۳۰                     | ٪۱۵٫۸۸ |
| منابع طبیعی    | ۷۷       | ۴۹       | ٪۶۳٫۶۴ | ۱۲       | ٪۱۵٫۵۸ | ۱۶                     | ٪۲۰٫۷۸ |
| مجموع          | ۱۱۴۸     | ۵۸۱      | ٪۵۰٫۶۱ | ۲۵۳      | ٪۲۲٫۰۴ | ۳۱۴                    | ٪۲۷٫۳۵ |

شکل ۱۲: طول دوره کارشناسی در رشته‌های مختلف دانشگاه صنعتی اصفهان

نظام نمره دهی از صفر تا بیست عملاً به نظامی محدود به ۲۰ تا ۹ تبدیل شده است. این به خودی خود اشکالی ندارد، ولی فاصله میان رد و قبول در این نظام بسیار پایین است. به علاوه، معمولاً دانشجویی که فقط ۳۰ تا ۵۰ درصد مطالب لازم را بداند، می‌تواند نمره حداقل قبولی را کسب کند. این نظام نمره دهی با یک نظام ارزیابی مطابقت دارد که تا حدودی از دور خارج شده است. در حالت بدیل می‌توان نظامی را جایگزین کرد که در آن فقط دانشجویی درس را بگذراند که حداقل ۷۰٪ مطالب لازم را می‌داند. در این صورت، البته باید به دانشجویان اجازه داد که تا زمان آمادگی کامل در آزمون شرکت نجویند و پس از آن نیز در صورتی که در یک بار نمره قبولی نیاوردند، امکان آزمون مجدد را داشته باشند، بی‌آنکه آینده دوره تحصیلی‌شان تهدید شود. این‌گونه فقط دانش‌آموختگان کاملاً کیفی می‌توانند دانشگاه را ترک کنند.

از ترکیب و محتوای دروس و تعداد دانشجویان که بگذریم، روش تدریس می‌تواند قابل توجه باشد. در روش تدریس حاکم بر دانشگاه‌های مهندسی ایران اهمیت حل مسائل ریاضی بیشتر از توان مدلسازی ریاضی است. به علاوه، در آموزش استاد - محور دانشجو در آموختن و تضمین نمره خود مشارکتی ندارد. در نظام آموزشی دانشجو - محور تضمین کیفیت دانش‌آموختگان حاصل مشارکت فعالی است که یکایک ایشان در یادگیری دارند. ارزیابی بر اساس عملکرد دانشجو انجام می‌شود و محدود به برگه آزمون پایانی نیست. در ادامه به برخی از مبانی نوین آموزش مهندسی اشاره شده است.

### ۳. روشهای نو در آموزش مهندسی

در این قسمت سه مفهوم اساسی در آموزش نوین مهندسی معرفی شده است: آموزش دانشجو - محور<sup>۱</sup>، آموزش مبتنی بر مسئله<sup>۲</sup> و آموزش در محیط غنی از فناوری<sup>۳</sup>.

آشکارا آموزش مهندسی با هدف تربیت مهندسانی که توانایی تغییر و ایجاد ارزش افزوده داشته باشند، صورت می‌گیرد. آشنایی با فیزیک اساس هر تغییری در فیزیک است. دانش "فیزیک" که در دانشگاه تدریس می‌شد، با آرمانهای مهندسی در دو سده گذشته؛ یعنی حرکت، پرواز، کامپیوتر و مانند آنها متناسب بود. قرن بیستم دست یافتن به این آرمانها را ممکن کرد و پیدایش آرمانهای نوی را سبب شد که تحقق آنها مستلزم آشنایی و توسعه جنبه‌های نوی از دانش فیزیک است. از این جنبه‌های نو می‌توان به ویژه به مواد و فناوریهای نو، اطلاعات، انرژیهای نو و بیومکانیک اشاره کرد.

- 
1. Student-Centered Learning
  2. Problem-Based Learning
  3. Technology Enriched Active Learning

مدلسازی ریاضی، که از اساسی‌ترین روشهای درک فیزیک و تغییر آن برای مهندسان است، نیز باید متناسب با فیزیک تدریس شود.

فیزیک برای مهندسان را می‌توان تا حد امکان در محیط آزمایشگاهی آموزش داد. همزمانی آموزش نظریه و آزمون عمدتاً به دلیل آن است که دانشجو راهی را که تخیل و ابزار ریاضی از یک واقعیت فیزیکی تا مدل انتزاعی آن پیموده است، مشاهده کند و فرا گیرد. در شرایطی که در کشور ما آموزش علم روایی برای قرن‌ها بر علم تجربی پیشی دارد آموزش تجربی علم هنوز پا نگرفته و روشهای آن توسعه نیافته است. آوردن یک ابزار ساده مثلاً یک آونگ به کلاس و شروع آموزش از آزمون می‌تواند قدرت دانش‌پردازی دانشجو را توسعه دهد و به ماندگاری آموخته‌ها در ذهن او یاری رساند. مشارکت دانشجو در نظام آموزشی دانشجو - محور از همین جا آغاز می‌شود. در این نظام آموزشی همچنان استاد در رأس هرم آموزشی قرار می‌گیرد، اما بدنه این هرم را کلیه دانشجویان در مراتب مختلف می‌سازند. بهره‌گیری از دانشجویان سالهای بالاتر برای هدایت گروه‌های کاری راهی برای اطمینان از یادگیری همه دانشجویان است. دانشجو شنونده نیست، بلکه آزمایشگر است. این به درسهای آزمایشگاهی محدود نمی‌شود که می‌توان آن را حتی برای آموزش ریاضی هم به کار بست. استفاده از محیطهای غنی از فناوری، از فناوری اطلاعات و نرم‌افزار شبیه‌سازی گرفته تا استفاده از اپلتها<sup>۱</sup> و فضاهای شبیه‌سازی مجازی می‌تواند نقش مؤثری در تفهیم مبانی فیزیکی آموزشهای مهندسی ایفا کند.

آموزش بسیاری از دروس مهندسی را می‌توان با طرح مسئله آغاز کرد و حل آن را بر عهده گروههای دانشجویان سپرد. این مبنای فلسفه‌ای است که به نام "آموزش مبتنی بر مسئله" شناخته می‌شود. در این روش آموزشی گروههای دانشجویی برای حل مسئله‌ای که به آنان واگذار شده است، تلاش می‌کنند و در کلاس با گزارش پیشرفت خود دیگر دانشجویان را هم در یافته‌های خود شریک می‌سازند. کلاس از وضعیت گفت یک سو به استاد خارج و به محیطی برای حل مسئله با تبادل نظر و گفت و گو تبدیل می‌شود.

زیرگروههای کوچک‌تر آموزشی، مشارکت تک‌تک دانشجویان در یادگیری و تأکید بر حضور دانشجو در همه فعالیتها توانسته است درصد افتادن در دروس را در انستیتو تکنولوژی ماساچوست بیش از ۵۰٪ کاهش دهد [۱۶].

جایگزینی کتاب و جزوه‌های درسی با نیم نوشته‌هایی که دانشجو با حضور در کلاس آنها را تکمیل می‌کند، می‌تواند نقش مؤثری در آموزش فعال بازی کند.

#### ۴. نتیجه‌گیری

محتوای دروس، طول دوره و فلسفه آموزش در علوم مهندسی در ایران قابل بازنگری است. توجه بیشتر به آموزش تجربی و افزودن مباحث نوین تر فیزیک می‌تواند میدان را برای دانش‌آموختگان مهندسی در ایران باز کند تا نوآوری‌هایی در فناوری نو داشته باشند.

کاهش طول رسمی دوره کارشناسی با بسیاری از نظامهای آموزشی جهانی هماهنگ است، با تعداد واحدهایی که در این دوره ارائه می‌شود، همخوانی دارد، از گذر بیهوده وقت پیشگیری می‌کند و باعث بدآموزی کار با بازده کم نمی‌شود. دوره‌های کارشناسی ارشد و دکتری نیز می‌توانند به ترتیب به یک و سه سال کاهش یابند.

آموزش دانشجو - محور تضمین کننده کیفیت دانش‌آموختگان است. این آموزش در محیطی غنی از فناوری به ویژه با امکانات شبیه‌سازی مجازی می‌تواند به بهبود عملکرد دانشجویان کمک کند، بی آنکه به طور ساختگی نتایج دستکاری شوند. برای عملی کردن این روش مشارکت دانشجویان دکتری و ارشد در آموزشهای جانبی برای دانشجویان جوان تر الزامی است. کاستن از بار آموزشی استاد مجال بیشتری هم برای ارتباط با صنعت و پژوهش باقی می‌گذارد.

هدف از آموزش مبتنی بر حل مسئله تربیت دانش‌آموختگانی است که نه تنها با دانش روز مهندسی، که با روش شناسی مهندسی آشنایی یابند. این روش شناسی مستلزم تجربه، مدل‌سازی انتزاعی و حل خلاق مسئله است.

#### مراجع

۱. یعقوبی، محمود، سعید سهراب پور، محمدرضا اسلامی و محمد مهدی غفاری، "توسعه علمی و فناوری در زمینه علوم مهندسی در ایران و مقایسه آن با چند کشور جهان"، **فصلنامه آموزش مهندسی ایران**، سال هشتم، شماره ۳۱، ۱۳۸۵.

۲. معماریان، حسین، "ارزیابی داخلی برنامه‌های آموزش مهندسی ایران"، **فصلنامه آموزش مهندسی ایران**، سال یازدهم، شماره ۴۲، ۱۳۸۸.

۳. کمیته برنامه‌ریزی دانشکده مهندسی برق دانشگاه صنعتی شریف، "تجدید ساختار در آموزش مهندسی برق در کشور"، **فصلنامه آموزش مهندسی ایران**، سال دهم، شماره ۳۸، ۱۳۸۷.

4. [http://indexmundi.com/iran/industrial\\_production\\_growth\\_rate.html](http://indexmundi.com/iran/industrial_production_growth_rate.html)

۵. شیرانی، ابراهیم، "ضرورت تحول در آموزش مهندسی مکانیک"، **فصلنامه آموزش مهندسی ایران**، سال نهم، شماره ۳۳، ۱۳۸۶.

۶. محزون، مجتبی، "معرفی رهیافتی جامع در آموزش مهندسی مکانیک"، **فصلنامه آموزش مهندسی ایران**، سال نهم، شماره ۳۳، ۱۳۸۶.

۱۶ آموزش مهندسی در ایران: محتوا و روش مقایسه‌ای با برخی کشورهای صنعتی

۷. یعقوبی، محمود، "آموزش مهندسی مکانیک و فناوریهای نوین"، فصلنامه آموزش مهندسی ایران، سال نهم، شماره ۳۳، ۱۳۸۶.

۸. شاکری، محمود، "گونگونی آموزشی مهندسی مکانیک"، فصلنامه آموزش مهندسی ایران، سال نهم، شماره ۳۳، ۱۳۸۶.

۹. صفار اول، مجید، مینا روحانی، امیرحسین قاسمی، فرزاد قنبری، وحید فخاری، فریدالدین بهزاد، و وحید نظری "شناخت ساختار آموزش کارشناسی مهندسی مکانیک در ایران و مقایسه آن با برخی دانشگاههای جهان"، فصلنامه آموزش مهندسی ایران، سال نهم، شماره ۳۳، ۱۳۸۶.

10. [www.ic.ac.uk](http://www.ic.ac.uk)

11. [www.tum.de](http://www.tum.de)

12. [www.irphe.ir](http://www.irphe.ir) (مؤسسه پژوهش و برنامه‌ریزی آموزش عالی)

13. <http://www3.imperial.ac.uk/portal/pls/portallive/docs/1/20901696.PDF>

14. [www.me.berkeley.edu](http://www.me.berkeley.edu)

15. [www.maschinenbau.rwth-aachen.de](http://www.maschinenbau.rwth-aachen.de)

16. Sara Rimer, "At M.I.T., Large Lectures Are Going the Way of the Blackboard", The New York Times, Jan. 12, 2009 .

(پذیرش مقاله: ۱۳۸۸/۱۰/۲)