

مدلی برای آموزش مهندسی در ایران^۱

پرویز دوامی

دانشکده مهندسی و علم مواد، دانشگاه صنعتی شریف

چکیده: با تحولات پرشتاب علوم و فناوری در جهان به همراه پدیده جهانی شدن اقتصاد، صنعت و فناوری و ورود مفاهیمی چون دهکده جهانی، توسعه پایدار، فرار مغزها و گردش اندیشه‌ها، آموزش‌های فنی و مهندسی با نیازها و الزامات جدیدی روبرو شده است. از طرف دیگر، کشورها ضمن پذیرش این واقعیت‌ها در جهت تأمین و اولویت‌های اقتصادی خود ناگزیر به تعیین نیازهای جامعه بر اساس مزیت‌های نسبی کشور و اولویت‌های اقتصادی ملی هستند.

برای درک چشم‌انداز یاد شده کشور ما ناگزیر است تا ضمن بررسی وضعیت آموزش مهندسی در دیگر کشورهای جهان یک "مدل آموزش مهندسی ملی" مخصوص به خود را طراحی و اجرا کند. واقعیت آن است که تقلید کامل از الگوهای دیگران در زمینه‌های توسعه و آموزش مهندسی در ایران می‌تواند با محدودیت‌های جدی روبرو شود. چنین مدلی باید در جهت پیشرفت و پایداری ملی کشور باشد و بازیگران اصلی؛ یعنی دانشگاه‌ها و صنایع نیز به هدف‌های خود برسند و از آنها بهره‌مند شوند.

مهندسان ایرانی باید از نظر فنی شایستگی لازم را دارا باشند، به حرفه خود علاقه‌مند باشند و به آن به دیده احترام بنگرند و از طریق استفاده از فناوری موجبات افزایش توان اقتصادی کشور و رفاه عمومی را فراهم آورند.

کشور ما علی‌رغم دارا بودن شش دهه برنامه‌ریزی اقتصادی و برخورداری از مزیت‌های نسبی بسیار؛ یعنی منابع معدنی و زیرزمینی غنی، موقعیت استراتژیک جغرافیایی و نیروی انسانی هوشمند و خلاق هنوز در زمره کشورهای صنعتی جهان قرار نگرفته و لذا، نیازهای آموزشی آن متفاوت از کشورهای صنعتی و نو صنعتی است.

در این مقاله با توجه به آنچه گفته شد، توصیه‌ها و ایده‌هایی ارائه شده است.

واژه‌های کلیدی: آموزش مهندسی متالورژی و علوم و مهندسی مواد در ایران و مدلی برای آموزش مهندسی متالورژی در ایران.

۱. مقدمه

واقعیتی است که ایران همانگونه که از نظر تاریخی کشور کهنسالی است، از نظر صنعت و فن نیز دیرینه‌پاست. کشف سفال‌های قدیمی در فلات ایران که تاریخ آنها را بین ده تا پانزده هزار سال پیش می‌دانند، تاریخ کهن فناوری در ایران را گواهی می‌دهد.

دو کشف بزرگ که بیش از دیگر اکتشافات تمدن بشری را تحت تأثیر قرار داده است، کشف آتش است که حداقل به ۷۵ میلیون سال پیش بر می‌گردد و چرخ که به هزاره دوم پیش از میلاد نسبت داده شده است. بر اساس شواهد تاریخی مکان آفرینش چرخ بین‌النهرین و به روایتی کشور ما بوده است.

آهن در زمان هخامنشیان به کمال رسیده است. صنعت شیشه‌سازی در سده پانزدهم پیش از میلاد در ایران رواج داشته است. ایرانیان مخترع تکنیک متالوگرافی به روش حکاکی با اسیدها بوده‌اند.

ایران یکی از بزرگترین مراکز حیات صنعتی آسیا و سرچشمه مهم‌ترین، زیباترین و پردوام‌ترین هنرهای زیباست که در جهان بشریت به وجود آمده است. تاریخ ایران نشان‌دهنده کلیه مراحل پیشرفت بشری از پنج هزاره پانصد سال پیش از میلاد تا زمان کنونی است. جرج سارتون تاریخ علم را به عصرهایی تقسیم می‌کند که هر عصر معمولاً پنجاه سال قدمت دارد، اما عصر

^۱ چاپ شده در مجله آموزش مهندسی ایران، شماره ۲۶، سال هفتم، صفحه ۴۰-۲۱.

بیرونی و خیام (۷۰۰-۱۱۰۰ بعد از میلاد) چهارصد سال در جهان پیشرو دیگر عصرهاست. هجوم قبایل به ایران و حاکمیت آنها در کشور، تمرکز قدرت در دست حکومت های خودکامه و گسیختگی توسعه تمدن ایران در طول تاریخ دلایل این نزول تاریخی علم و هنر در کشور ماست. امروزه، اهمیت مواد به گونه ای است که مورخان دوران تمدن بشری را بر اساس موادی که در آن زمان به کار می رفت، دسته بندی کرده اند.

هفت عصر تمدن بشری

عصر حجر	۱۰۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح
عصر برنز	۳۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح
عصر آهن	۱۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح
عصر سیمان	همزمان با تولد حضرت مسیح
عصر فولاد	۱۸۰۰ سال بعد از میلاد مسیح
عصر سیلیسیم	۱۹۵۰ سال بعد از میلاد مسیح
عصر مواد نو	۱۹۹۰ سال بعد از میلاد مسیح

ایران در طول ۱۰۰ سال گذشته، تلاش هایی را برای انتقال فناوری های مختلف انجام داده است.

برنامه ریزی توسعه در ایران از سال ۱۳۲۵ آغاز شده کشور ما یکی از نادر کشورهای جهان است که برنامه چند سال توسعه ای داشته است. در طول ۵۰ سال گذشته، کشور ما ۶۰۰ میلیارد دلار سرمایه گذاری فیزیکی داشته است و به دلیل نبود یک تفکر توسعه ای همه جانبه ملی هموار با جهان و تجربه اندوزی از عدم موفقیت های گذشته، حاصل این سرمایه گذاری ها ناچیز بوده است.

اولین صنایع در ایران در سال ۱۳۴۳ به وجود آمده و در سال ۴۸-۴۷ به تولید رسیده است. یک تفاوت در نیازهای آموزش مهندسی در ایران با دیگر کشورها در این واقعیت نهفته است که هر کشوری از میان ۱۲۸ رشته صنعتی [بر اساس آمار سازمان ملل] حداکثر در ۲۰ رشته بر اساس مزیت های نسبی خود سرمایه گذاری کرده، در حالیکه در ایران حداقل در ۷۰ رشته سرمایه گذاری شده است. در ایران ۳۸۰ هزار واحد صنعتی وجود دارد که ۹۲ درصد آنها کارگاه های کوچک (زیر ۶۰ نفر) هستند که حدود ۶۰-۵۰ هزار مدیر موجود دارد که آموزش آنان نیازمند برنامه ریزی های ویژه ای است. بر اساس معیارهای بین المللی هر کشوری که بالای ۲۵ درصد تولید ناخالص ملی آنها از طریق صنعت تأمین شود، کشوری صنعتی نامیده می شود. از آنجایی که در حساب های ملی ما سهم بخش صنعت حدود ۱۷ تا ۱۸ درصد تولید ناخالص داخلی است، لذا کشور ما در حال صنعتی شدن است.

سرمایه گذاری های ایران در صنایع مس، آلومینیوم و روی، فولاد، نفت و گاز و پتروشیمی است. زمینه های مربوط به فناوری های نو توصیه شده عبارتند از: الکترونیک، بیو تکنولوژی، مواد نو و فناوری اطلاعات. در حوزه متالورژی و مهندسی مواد صنایع بسیاری به این حوزه از مهندسی ارتباط دارند که آنها را "صنایع مبتنی بر مواد" می گویند، زیرا مواد مهندسی شالوده این صنایع را تشکیل می دهند.

صنایع مبتنی بر مواد عبارت اند از:

۱. خودرو
۲. فلزات
۳. شیمیایی
۴. انرژی

۵. مخابرات
۶. الکترونیک
۷. مواد زیستی
۸. عمران شهری

به طور کلی، بیشترین کاربرد آموزش مهندسی مواد و متالورژی در این حوزه های هشت گانه است و مخاطبان اصلی دانشکده ها و گروه های مهندسی مواد و متالورژی در کشور را تشکیل می دهند.

حوزه بسیار مهم کاری دیگر برای مهندسان متالورژی و مهندسی مواد در خدمات تولید، طراحی و مهندسی است. اصولاً کشورهای نفتی نظیر ایران باید در کنار توسعه صنایع استخراجی خود (نفت، گاز و پتروشیمی) به توسعه صنایع مهندسی نیز بپردازند.

بزرگ ترین مشکلی که در حال حاضر در صنعت ما وجود دارد، بحران رقابت پذیری است. کل تولید ناخالص داخلی جهان در سال ۲۰۰۲ حدود ۳۶ هزار میلیارد دلار است که سهم ایران در این سال ۱۳۶ میلیارد دلار بوده است (سال ۲۰۰۴ به ۱۶۵ میلیارد دلار رسیده است). برای کشور ما که دارای منابع محدود مالی است [به استثنای منابع مالی ایرانیان خارج از کشور]، اولویت سرمایه گذاری ها باید در حوزه صناعی باشد که به سرعت به نتیجه برسند و بهره وری کار به سهولت افزایش یابد و اشتغال زا باشند. الگوی توسعه هر کشوری منحصر به همان کشور است و به صورت کامل از کشورهای توسعه یافته قابل تقلید نیست. بانک جهانی فهرست ۲۰ کشور ثروتمند جهان را بر اساس تولید ناخالص داخلی آنها در سال ۲۰۰۴ میلادی منتشر کرده است. به نوشته جام جم فهرست ۲۰ کشور ثروتمند جهان به شرح زیر است:

۱- ایالات متحده	۱۱۶۶۸	میلیارد دلار
۲- ژاپن	۴۶۲۳	میلیارد دلار
۳- آلمان	۲۷۱۴	میلیارد دلار
۴- انگلستان	۲۱۴۱	میلیارد دلار
۵- فرانسه	۲۰۰۳	میلیارد دلار
۶- ایتالیا	۱۶۷۲	میلیارد دلار
۷- چین	۱۶۴۹	میلیارد دلار
۸- اسپانیا	۹۹۱	میلیارد و ۴۴۰ میلیون دلار
۹- کانادا	۹۷۹	میلیارد و ۷۷۰ میلیون دلار
۱۰- هند	۶۹۱	میلیارد و ۸۸۰ میلیون دلار
۱۱- کره جنوبی	۶۷۹	میلیارد و ۸۸۰ میلیون دلار
۱۲- مکزیک	۶۷۶	میلیارد و ۶۷۰ میلیون دلار
۱۳- استرالیا	۶۳۱	میلیارد و ۲۶۰ میلیون دلار
۱۴- برزیل	۶۰۴	میلیارد و ۸۶۰ میلیون دلار
۱۵- روسیه	۵۸۲	میلیارد و ۴۰۰ میلیون دلار
۱۶- هلند	۵۷۷	میلیارد و ۲۶۰ میلیون دلار
۱۷- سوئیس	۳۵۹	میلیارد و ۴۷۰ میلیون دلار
۱۸- بلژیک	۳۴۹	میلیارد و ۸۳۰ میلیون دلار
۱۹- سوئد	۳۴۶	میلیارد و ۴۰۰ میلیون دلار
۲۰- ترکیه	۳۱۰	میلیارد و ۹۵۰ میلیون دلار

سرمایه گذاری در حوزه فناوری ها و مواد نو اگرچه دارای ارزش افزوده بسیار بالاتری است، اما ریسک پذیری آنها بسیار بالا و امکان تحقق آنها بسیار کم است، لذا ورود به این مقوله ها مدیریت خردمندانه و بسیار پرتوانی را طلب می کند. در طول چهار دهه گذشته، تنها چند کشور در حال توسعه توانسته اند تکنولوژی های جدیدی را جذب کنند و به رشد اقتصادی از طریق انتقال تکنولوژی نایل آیند. یکی از این گروه ها کشور کوچک سنگاپور است.

اصولا مهم ترین عوامل توسعه سریع اقتصادی کشورهای توسعه یافته تاکید بر سه عامل زیر بوده است:

۱- دارا بودن امکانات سخت افزاری (سرمایه، منابع طبیعی و فیزیکی)

۲- نیروی انسانی مجرب

۳- استفاده خردمندانه از فناوری

نقش آموزش در عوامل ۲ و ۳ بسیار اساسی و زیربنایی است و در مورد عامل دوم تاکید بر آموزش و استقرار نظام آموزشی قوی و عامل سوم وظیفه دانشگاه ها در پرداختن به تحقیقات و کاربردی کردن نتایج تحقیقات علمی و پرورش پژوهشگران بخش های صنعت را نشان می دهد؛ یعنی وجود نظام پژوهشی پویا در دانشگاه ها. تجربه کشورهای نظیر کره جنوبی نشان داده است که با تاکید بر آموزش برخورداری از مزایای عوامل ۲ و ۳ چنانچه کشوری حتی فاقد منابع طبیعی باشد، مادامی که به آموزش بپردازد می تواند به سطوح بالایی از توسعه اقتصادی دست یابد. این واقعیت را باید در نظر داشت که امروزه، مزیت های نسبی کشورها در توسعه به تدریج جایگاه خود را از دست می دهد. در توسعه، تئوری مزیت نسبی که کشورهای در حال توسعه نظیر ایران بر آن تاکید زیادی دارند، در جهان معاصر جایگاه خود را از دست می دهد. مزیت نسبی متعلق به دورانی بود که توسعه و تحول فناوری نیازمند زمان طولانی بود. مشکل اقتصادی ایران سرمایه گذاری در صنایع خاصی نظیر فناوری های پیشرفته نیست، زیرا اگر چنین بود درآمد ارزی ۶۰۰ هزار دلاری در چهار دهه گذشته کشور در اقتصاد ایران بازدهی معقولی داشت. رشد اقتصادی و صنعتی گام به گام به موازات پیدایش دولت های مدرن به وقوع می پیوندد. در حالی که دیرآمدگان نظیر کشور ما می توانند به مدیریتی خردمندانه از مزیت های دیرآمدن بهره مند شوند، اما واقعیت آن است که با تحولات سریع علوم و فناوری در جهان و تغییر جهان از کشورهای شمال و جنوب، شرق و غرب، سوسیالیست و سرمایه داری، جهان اول و دوم و سوم به کشورهای تند و کند، مزیت های کشورمان به تدریج رنگ می بازد و جایگاه خود را از دست می دهد. واقعیت آن است که علیرغم آنکه در سال های ۸۳-۷۶ به قیمت ثابت به ازای هر نفر جمعیت فعال کشور میزان سرمایه گذاری سالانه بیش از چهار برابر افزایش پیدا کرده [ظاهرا نشان دهنده تولید بالاست]، اما موجبات افزایش بهره وری، صادرات و اشتغال کشور را فراهم نکرده است.

مشکلات صنایع ایران را می توان به اختصار به صورت زیر طبقه بندی کرد:

۱- فرسودگی ماشین آلات

۲- فناوری پایین تولید

۳- مشکلات مالی

۴- کیفیت پایین محصولات تولیدی

۵- رقابت های جدی خارجی

۶- عدم دسترسی به بازارهای خارجی

۷- مشکلات مدیریتی

۸- کمبود نیروی انسانی

۹- کمبود پژوهش و توسعه

مشخصه مطلوب یک جامعه در حال صنعتی شدن افزایش تولید و قدرت بهره وری است که این خود در سایه "فناوری" "نیروی انسانی مجرب" میسر است. متأسفانه، در حال حاضر کشور ما فاقد یک سیاست روشن صنعتی است و علل اساسی عدم توفیق اقتصادی در ایران ناشی از عوامل داخلی است.

با بررسی فهرست مشکلات صنایع ایران، تأکید بر آموزش های فنی و مهندسی یک نیاز اساسی است. در ارتباط با آموزش های مهندسی و گرایش های متالورژی و مهندسی مواد برای مشارکت مذکور تأکید اصلی دانشکده ها و گروه های متالورژی و مهندسی مواد باید افزایش بهره وری صنایع موجود از طریق تأمین و آموزش کارکنان ماهر بخش های صنعتی و توسعه فناوری صنایع متالورژی کشور باشد.

اهمیت و نقش مواد در تأمین نیازهای حیاتی جامعه در حال و آینده و توسعه تمدن ها واقعیتی انکارناپذیر است و توجه کافی به تدوین یک استراتژی ملی در زمینه مواد و آینده نگری در تأمین آنها برای نسل های حال و آینده یک ضرورت زیربنایی است.

۲. الگویی برای آموزش مهندسی مواد و متالورژی در ایران

قبل از پرداختن به برنامه ریزی های آموزش مهندسی لازم است مخاطبان و متقاضیان آموزش ها یا به عبارت دیگر، نیازها ابتدا تعیین و سپس الگوی بهینه آموزش مهندسی ارائه شود.

مهندسی یا دانش عملی عبارت از شناختی است که انسان از آن بهره برداری عملی می کند و آن را در سازندگی خویش یا جامعه به کار می بندد. در خصوص وظایف مهندسان در ایران تا کنون نهاد یا سازمان مسئولی در کشور نظرهایی را ارائه نکرده است، اما بر اساس نیازهای کشوری چون ایران این وظایف را می توان به این گونه تعریف کرد: "مهندسان ایرانی باید از نظر فنی شایستگی لازم را داشته باشند و به گونه ای عمل کنند که حرفه آنان مورد احترام جامعه ایران قرار گیرد و از طریق به کارگیری فناوری در ارتقای پروت و رفاه عمومی اقدام کنند." ماهیت حرفه مهندسی تجربه کردن در حوزه علوم مهندسی و فناوری است که هر دو ریشه های عمیقی در علوم پایه دارند، بنابراین مهندسان باید دارای دانش کافی در زمینه علوم با توانایی بالای مهارتی برای خودآموزی این زمینه باشند تا بتوانند از دانش های جدیدی که با شتاب در جهان رو به افزایش هستند، در جهت توسعه امکانات رفاهی جامعه بهره گیرند. در الگوهای جدید آموزش مهندسی بر "خودآموزی" و توسعه این قابلیت مهم تأکید شده است.

فارغ التحصیلان رشته مهندسی باید مبانی و اصول مدیریت و مهارت های وابسته به آن را بشناسند تا بتوانند در صنایع به مشاغل کلیدی و بالایی نایل آیند. از آنجایی که مهندسان در آینده بیشتر در وظایف مدیریتی ادای وظیفه خواهند کرد، لذا برخی از نگرانی ها در مورد وجود فارغ التحصیلان مازاد بر نیاز بخش های خاص از صنعت کمرنگ جلوه خواهد کرد.

مهندسان باید قابلیت تطبیق با تأکیدات در حال تغییر در حوزه های علمی را داشته باشند، نظیر زمینه های فناوری اطلاعاتی، مهندسی زیستی، جهان بدون مرز، پدیده جهانی شدن، اقتصاد مبتنی بر دانش و صنایع خدماتی. در سازگاری با مفهوم دهکده جهانی مهندسان باید بتوانند در خارج از کشور کار کنند و لذا، آنان باید دانش لازم را در خصوص مفاهیم و الزامات در دهکده جهانی داشته باشند.

مهندسان ایرانی آموخته‌هایی هستند که نه تنها از نظر فنی شایستگی های لازم را دارا هستند، بلکه از سطوح قابل قبولی از استانداردهای اخلاقی نیز برخوردارند. مهندسان باید مهارت های فکری نوآور، ارتباطات، راهبری و مدیریتی را به همراه قابلیت سازگاری با مردم در تمام سطوح داشته باشند.

برای تعیین مدل مناسب آموزش مهندسی در ایران لازم است دو عامل مورد ارزیابی قرار گیرد: ورودی به دانشگاه (مدرک تحصیلی پذیرفته شدن در دانشگاه) و خروجی (نوع مهندسان مورد نیاز). خروجی نیازهای دوره تحصیلات را تعریف، در حالی که ورودی سطح آموزش های در نظر گرفته شده را تعیین می کند. سومین عامل فرایند آموزش مهندسان در دانشگاه هاست.

وظیفه مهندسان ایرانی تحقق اهداف زیر است:

۱. قابلیت به کار گیری ریاضیات، علوم و مهندسی در حل مسائل مهندسی؛

۲. قابلیت درک اثرهای محیطی، اقتصادی و اجتماعی بر توسعه کشور؛

۳. قابلیت ادای وظایف حرفه ای خویش به صورت اخلاقی و موثر.

به طور کلی، مهندسان مورد نیاز صنایع کشور را می توان به دو گروه تکنولوژیست ها و مهندسان تقسیم کرد که این طبقه بندی در زیر ارائه شده است.

۱.۲. تقسیم بندی مهندسان

۱. تکنولوژیست^۱

فردی که تکنولوژی های کاملا تطبیق یافته یا نو را در فرایندهای مهندسی و در تولید، عملیات و حفظ تولید محصول مهندسی به کار می گیرد یا به عبارت ساده تر، مسئولیت اداره تولید بر عهده اوست، تکنولوژیست نامیده می شود.

۲. مهندس عملی یا طراح^۲

فردی که علوم و تکنولوژی را در تکامل مهندسی از سخت افزار، نرم افزار و فرایندهای صنعتی به کار می گیرد، مهندس عملی یا طراح نام دارد.

۳. مهندس سیستم ها^۳

کسی که تعیین کننده مشخص طراحی گسترده برای سیستم های معقول به منظور تامین نیازهای واقعی جامعه است یا به عبارت ساده تر، وظیفه طراحی سیستم های متالورژیکی را عهده دار است، نظیر مهندسان صنایع، مهندس سیستم ها نامیده می شود.

۴. مهندس علوم^۴

فردی که وظیفه گسترش علوم مهندسی را به منظور زیربنای تکنولوژی نو بر عهده دارد، مهندس علوم نامیده می شود. هدف از تاسیس دانشگاه های جامع تکنولوژی تربیت تکنولوژیست ها و دانشگاه های مهندسی آموزش مهندسان گروه های ۲، ۳ و ۴ است.

اینکه چه نسبتی از دانشگاه های مهندسی باید به تربیت تکنولوژیست ها و چه درصدی به آموزش مهندسان بپردازند، به نیازهای حال و آینده صنایع کشور بستگی دارد. در مورد صنایع متالورژی در حال حاضر، هر دو مورد از اهمیت یکسانی برخوردارند. تکنولوژیست ها وظیفه اداره واحدهای صنعتی و تولیدی را بر عهده دارند، مهندسان عملی یا طراح در بخش های مهندسی متد وظیفه طراحی فرایندهای تولید را بر عهده دارند، مهندسان سیستم ها در بخش های مهندسی صنایع و مهندسان علوم در قسمت های پژوهشی شرکت ها به کار می پردازند.

در حال حاضر، چنین تقسیم بندی در دانشگاه های ایران مشکل و بهتر است آموزش مهندسی در دو طبقه بندی آموزش تکنولوژیست ها و مهندسان باشد. در این گزارش تاکید بیشتر بر دانشگاه های مهندسی است تا دانشگاه های تکنولوژی.

¹ Technologist

² Systems Engineer

³ Systems Engineer

⁴ Engineering Scientist

با توجه به اهداف یادشده خصوصیات یک فارغ التحصیل رشته مهندسی چیست؟

به طور کلی، مهندسان باید دارای دو ویژگی باشند:

۱. داشتن دانش کافی در زمینه رشته تخصصی خود؛

۲. درک و برداشت منطقی از مسئولیت های حرفه ای خود در جامعه.

در سال های اخیر، موسسات ارزیابی کننده دانشگاه های مهندسی نظیر ABET در ایالات متحده امریکا به جای توجه به سرفصل های درسی فارغ التحصیلان دانشگاه های مهندسی، نحوه ادراک و برداشت آنها از حرفه مهندسی را مورد ارزیابی و تاکید قرار می دهند. به طور کلی، ABET (هیئت ارزشیابی مهندسی و فناوری آمریکا در سال ۲۰۰۳) مشخصه مهندسان در آمریکا را به صورت زیر تعیین کرده است [۳]:

مهندسان باید دارای مشخصه های زیر باشند:

- قابلیت طراحی سیستم های قطعات یا فرایند برای تامین نیازهای جامعه؛
 - قابلیت عملکرد در حوزه مهندسی در گروه های چند منظوره تخصصی؛
 - قابلیت شناخت، فرموله کردن و حل مسائل مهندسی؛
 - درک تعهدات اخلاقی و حرفه ای؛
 - قابلیت برقراری ارتباط موثر؛
 - آموزش گسترده برای درک اثرهای حل مسائل مهندسی ابعاد اجتماعی و جهانی؛
 - آگاهی از تحولات روز؛
 - قابلیت به کار بردن تکنیک ها، مهارت ها و ابزارهای مدرن مهندسی در انجام دادن عملیات مهندسی.
- خصوصیات یک فارغ التحصیل رشته مهندسی با توجه به شرایط حال حاضر ایران و تحولات علوم و تکنولوژی در آینده بر اساس مطالعات انجام شده در ایران ارائه شده است [۴].

خصوصیات فارغ التحصیلان رشته مهندسی

۱. داشتن پایه قوی در علوم پایه، ریاضیات و علوم مهندسی؛
۲. قابلیت به کار گیری اصول یادشده در حل بسیاری از مسائل واقعی؛
۳. داشتن دانش و تجربه در انجام دادن روش های آزمایشی؛
۴. داشتن دانش بالا در تکنولوژی های مربوط به تخصص خود؛
۵. مهارت زیاد در برقراری ارتباطات و تبادل نظرهای کتبی و شفاهی و ایجاد ارتباط موثر؛
۶. آشنایی با اصول تجارت و شرکت ها؛
۷. داشتن احساس مسئولیت های اجتماعی، اخلاقی، سیاسی و انسانی (اخلاق مهندسی)؛
۸. داشتن دیدگاه تاریخی و اجتماعی از اثرهای تکنولوژی بر جامعه و طبیعت؛
۹. دارابودن تصویری هماهنگ از شاخه های مختلف مهندسی؛
۱۰. داشتن روحیه و تفکر خلاق و هوشمند؛
۱۱. دارابودن قابلیت انعطاف در تغییرات شغلی؛
۱۲. توانایی اتخاذ تصمیمات خطیر در مسائل بحرانی؛
۱۳. داشتن اشتیاق همیشگی و فرهنگ آموختن در زندگی؛
۱۴. دارابودن فرهنگ کار عمومی؛

۱۵. اشتیاق و ایجاد زمینه لازم برای انجام دادن فعالیت های پژوهشی؛

۱۶. پایبندی به حفظ محیط زیست؛

۱۷. آشنایی با علوم حیاتی؛

۱۸. درک ارزش های فرهنگی و هنری.

ارزیابی فارغ التحصیلان ایرانی در دانشگاه های مهندسی کشور نشان می دهد که این گروه در ویژگی های ردیف شایستگی کافی دارند و در ویژگی های ردیف های ۷، ۱۰، ۱۱، ۱۵ و ۱۸ متوسط اند و در دیگر ردیف ها با کمبودهای اساسی روبرو هستند. پایبندی به حفظ محیط زیست و داشتن احساس مسئولیت های اجتماعی، اخلاقی، سیاسی و انسانی از اصول اساسی آموزش مهندسی در توسعه و تولید پایدار و نیازی اساسی برای عصر حاضر است. پیچیدگی های فناوری امروز نیازمند آن است که مهندسان دارای دانش و تصویری هماهنگ از شاخه های مهندسی و به دلیل چند منظوره بودن فناوری دارای فرهنگ کار گروهی باشند. از طرف دیگر، آنان باید توانایی اتخاذ تصمیمات خطیر در مسائل بحرانی را داشته باشند. امروزه، در چرخه عمر محصولات و سیستم های صنعتی حتی بنگاه های اقتصادی تحولات اساسی رخ داده است که مهم ترین آنها کوتاه شدن چرخه عمر محصول، ناپدید شدن فعالیت های صنعتی و ظهور فناوری های جدید است. لذا، آموزش مهندسی باید به گونه ای صورت گیرد که آنان دارای قابلیت انعطاف در تغییرات شغلی باشند و بتوانند خود را به سهولت با شرایط جدید کسب و کار تطبیق دهند. مهندسان امروز ضمن شایستگی در زمینه های علمی و فنی در دو سطح نظری و زیربنایی و تخصصی، باید از مهارت های غیرفنی نیز که از ضروریات رهبری و مدیریت صنعتی است، برخوردار باشند. لذا، در سال های اخیر در برنامه های درسی دانشگاه های مهندسی جهان به موضوعات غیرمهندسی نظیر مدیریت، برنامه ریزی، گزارش نویسی، ارتباطات انبوه^۱ و موضوعات اقتصادی اجتماعی نیز پرداخته می شود.

تقویت روحیه خودآموزی و توسعه اشتیاق همیشگی و فرهنگ آموختن در طی زندگی از مهم ترین وظایف دانشگاه ها در آموزش مهندسی است، زیرا تحولات علوم و فناوری به گونه شگفت آوری با شتابی زیاد در حال صورت گرفتن است که آشنایی و آموزش این حوزه ها اکثرا از طریق خودآموزی و آموزش های مجازی امکانپذیر می شود.

آگاهی از فشارهای حاصل از عوامل اقتصادی سیاسی و اجتماعی در ارتباط با سیستم های مهندسی، حساسیت در برابر مسئولیت های حرفه ای، داشتن قابلیت سازماندهی و ارائه ایده های نوآورانه امروز از الزامات آموزش مهندسی است. دانشگاه توکیو برای سال ۲۰۰۰ سرفصل یکسانی را برای تمام رشته های مهندسی، همان طوری که در جدول آمده، پیشنهاد کرده است.

تعداد واحدهای گرایش کارشناسی ۱۳۳ واحد است. ۵۲ واحد دروس تخصصی است که بر حسب رشته خاص در نظر گرفته می شود، نظیر ۵۲ درصد دروس متالورژی و مهندسی مواد و بقیه دروس عمومی هستند که از میان آنها ۲۳ واحد دروس غیرفنی است.

آموزش مهندسی برای سال ۲۰۰۰

مدل آموزشی پیشنهاد شده

¹ Mass Communication

نیمسال اول	نیمسال دوم
------------	------------

سال اول

۳	سیستم های نرم افزار	۳	مقدمات کامپیوتر
۴	فیزیک مهندسی I	۴	شیمی عمومی
۳	زبان خارجی	۳	زبان خارجی
۳	علوم حیاتی	۳	طراحی و مهندسی و تصمیم گیری
۳	ریاضیات کامپیوتر	۳	معادلات جبری و خطی و....
--		--	
۱۶		۱۶	

سال دوم

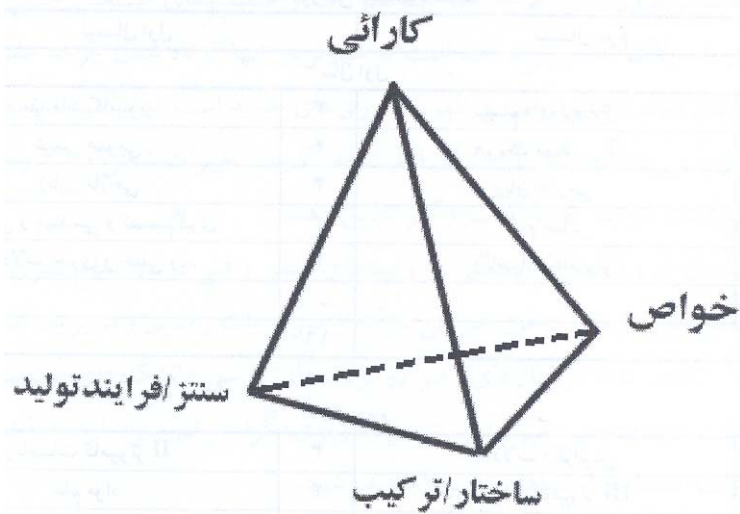
۳	معادلات دیفرانسیل	۳	ریاضیات کامپیوتر II
۳	ریاضیات کامپیوتر III	۴	علم مواد
۳	دروس عمومی (اختیاری)	۴	فیزیک مهندسی II
۳	برنامه درسی مورد نیاز	۳	برنامه درسی مورد نیاز
۲	اخلاق مهندسی	۳	ارتباطات فنی
--		--	
۱۷		۱۷	

سال سوم

۱۲	دروس خاص	۱۲	دروس خاص
۳	طراحی و مهندسی	۳	آمار و احتمالات
۳	مدیریت پروژه	۳	دروس عمومی (اختیاری)
--		--	
۱۸		۱۸	

سال چهارم

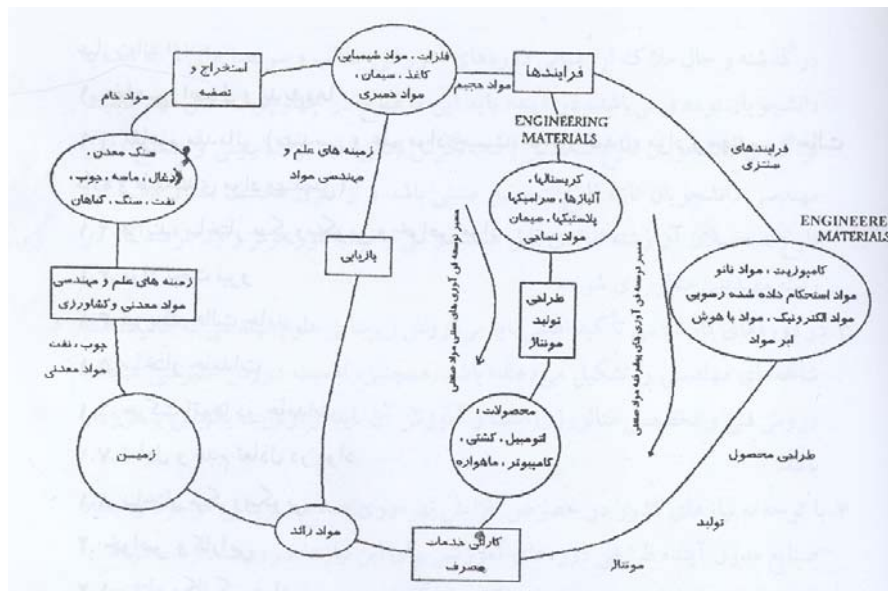
۳	دروس عمومی (اختیاری)	۳	اقتصاد مهندسی
	پروژه مهندسی ۶	۳	دروس عمومی (اختیاری)
۴	دروس اختیاری	۳	روش های محاسباتی
۳	مهندسی سیستم ها	۳	طراحی مهندسی (اختیاری)
--		--	
۱۵		۱۵	



شکل ۱. چهار عامل تشکیل دهنده عم و مهندسی مواد

همانطوری که در شکل ۱ نشان داده شده است، چهار عامل تشکیل دهنده علم و مهندسی مواد عبارتند از: ترکیب/ ساختار، خواص، فرایند تولید و کارایی ماده [یا اجزای یک سیستم، فلز، آلیاژ و غیره]. فرایند تولید مربوط به مواد مهندسی^۱ که از طریق فرآوری مواد معدنی و فرایندهای حجیم تولید می شود و سنتز معمولاً مربوط به مواد فرامهندسی^۲ است که همچون روش های شیمیایی از طریق فرایندهای سنتزی تولید می شوند (شکل ۲).

از آنجایی که سهم نیروی کار در هزینه محصول در کشور آلمان حدود ۶۳ درصد و در کشور انگلستان ۴۵ درصد است، لذا هیچگونه توجیه اقتصادی برای تولید مواد با استفاده از منابع معدنی و فرآوری حجیم وجود ندارد و این کشورها ناگزیرند بر تولید مواد فرامهندسی تاکید کنند.



شکل ۲. سیکل جدید جامع مواد

به طور کلی، فارغ التحصیلان دانشگاه های مهندسی در رشته متالورژی و مهندسی مواد در زمینه های ترکیب/ ساختار و خواص

¹ Engineering Materials

² Engineered Materials

آموزش های خوبی دیده اند و در ارتباط با کارایی محصولات با کمبودهایی رو به رو هستند و به بخش فراوری مواد (فرایند مواد) که زیربنای فناوری تولید است، در آموزش مهندسی متالورژی و مهندسی مواد کشور توجه چندانی نشده است. این مشکل نه تنها در مورد مواد مهندسی است، حتی در کشورهای پیشرفته صنعتی در خصوص مواد فرامهندسی و فرایندهای سنتزی نیز وجود دارد. بهترین مثال در این زمینه تولیدی نیمه هادی هاست، که از نظر علمی و فیزیک حالت جامد دانش امروز به حد تکاملی ملی رسیده است، اما روش های بهینه ای که بتواند تک کریستال خوب این مواد [عاری از عیوب شبکه ایعاری از عیوب شبکه ای] را با قیمت ارزان تولید کند، هنوز در مراحل توسعه ای آن قرار دارد. مثالی از یک برنامه درسی کارشناسی در دانشگاه نیویورک در سال ۱۹۹۱ در مجله JOM در زمینه علم و مهندسی مواد به صورت زیر ارائه شده است:

سرفصل ها و دروسی که زمینه های علم و مهندسی مواد را تحت پوشش قرار می دهد، عبارتند از:

۱. مفاهیم، اصول و پدیده ها

۱.۱. مفاهیم مقدماتی (مهندسی و علم مواد چیست، مواد و تمدن، مواد و مهندسی، حالت ماده و طبقه بندی مواد مهندسی)

۱.۲. فرایند، ساختار میکروسکوپی و خواص مواد

۱.۳. مواد تحت نیرو

۱.۴. فیزیک حالت جامد

۱.۵. ساختار جامدات

۱.۶. حرکت اتم ها در جامدات

۱.۷. تعادل و عدم تعادل در مواد

۱.۸. ساختار میکروسکوپی

۲. خواص و کارایی

۱.۲. رفتار مکانیکی مواد

۲.۲. شکست

۳.۲. خواص الکتریکی و مغناطیسی مواد

۴.۲. تخریب مواد

۳. طراحی، فرایند و ساخت

۱.۳. فرایندهای طراحی

۲.۳. انتخاب مواد

۳.۳. ارتباط بین طراحی، انتخاب مواد و فرایندهای ساخت آنها

۳. مدل آموزش مهندسی متالورژی پیشنهادی

این مدل بر اساس مفروضاتی طراحی شده است که توجه و اجرای آنها ضرورت کامل دارد.

۱. هر کشوری باید بر اساس نیازهای حال و آینده جامعه خود برنامه های آموزش مهندسی خود را طراحی کند.

۲. تاکید اصلی در آموزش مهندسی باید توسعه قابلیت های خودآموزی در دانشجو باشد. اگر در گذشته و حال ملاک ارزشیابی دوره های آموزشی مطالب و سرفصل های ارائه شده به دانشجویان بوده و می باشد، در آینده باید این موضوع در چهارچوب اصل مهم قابلیت فراگیری دانشجویان فارغ التحصیل باشد. نگرش اصلی باید بر کارایی و سطح دانش مهندسی دانشجویان تازه فارغ التحصیل مبتنی باشد و از طرق مختلف نشان دهد که فارغ التحصیلان آن رشته افرادی قابل هستند و می توانند به طور موثر وارد عرصه کار در رشته مهندسی متالورژی شوند.
 ۳. در دوره های کارشناسی تاکید اصلی باید بر دروس زیربنایی علوم مهندسی که شالوده همه شاخه های مهندسی را تشکیل می دهند، باشد. همچنین، اهمیت دروس غیرفنی معادل دروس فنی و تخصصی متالورژی است و آموزش آن باید از اولویت یکسانی برخوردار باشد.
 ۴. با توجه به نیازهای کشور در خصوص افزایش بهره وری صنایع زیربنایی موجود و ایجاد صنایع مدرن آینده طراحی دوره های آموزشی برای این نیازها ضرورت دارد. به هر حال، با توجه به شرایط ایران هدف اصلی اکثر دانشگاه های مهندسی مواد و متالورژی کشور باید تامین نیازهای حاضر صنایع متالورژی و صنایع مبتنی بر مواد کشور باشد.
 ۵. آموزش مهندسی کشور باید هرساله توسط نمایندگان انجمن های تخصصی ایران ارزیابی شود.
 ۶. در طراحی و برنامه ریزی های دروس مهندسی به ویژه دوره های کارشناسی ارشد آموزش مجازی باید مورد توجه قرار گیرد.
 ۷. با توجه به گسترش اهمیت فناوری در توسعه اقتصادی ملت ها، ظهور آموزش مجازی و جایگزینی اصل مهم خودآموزی به جای آموزش، تاکید بیشتر در دانشگاه های آینده بر پژوهش خواهد بود.
 ۸. تغییر در روش اداره کلاس از معلم محوری به فراگیر محوری (خودآموزی یا دانشجو محوری)، از طریق آموزش های مجازی، توسعه پروژ های گروهی و چند رسانه ای یا رشته ای در آموزش، توسعه مهارت های مشارکتی، همکاری، تصمیم گیری و مهارت های حل مسئله، قابلیت دانشجویان در پروژه های تولید و ساخت مجازی محصول.
 ۹. تغییر در نظام پژوهشی از سازمان محوری به استاد محوری.
 ۱۰. در استانداردها و فرایند ارزشیابی آموزش نگرش اصلی به کارایی و سطح دانش مهندسان فارغ التحصیل است، نه دروس خوانده شده یا امکانات آزمایشگاهی و تجربی موجود.
 ۱۱. دادن اختیار و آزادی بیشتر به استادان تا بتوانند برنامه های آموزشی خود را نوآورانه طراحی کنند.
 ۱۲. ایجاد پروژه های گروهی که احتیاج به دانش مابین رشته ای و چندرشته ای دارد [نظیر کار گروهی دانشجویان مهندسی متالورژی، مکانیک و کامپیوتر]. دانشجویان ضمن انجام دادن کار گروهی به اهمیت و نقش دیگر تخصص های مهندسی پی می برند و برای اجرای پروژه های بزرگ آماده می شوند.
- در برنامه پیشنهادی از ۱۴۰ واحد دروس کارشناسی ۳۰ تا ۵۰ واحد دروس باید به حوزه حرفه ای و بقیه به دروس علمی اختصاص یابد. هر قدر تعداد دروس حرفه ای بیشتر باشد، شانس اشتغال فارغ التحصیلان بیشتر می شود و آنان آزادی عمل بیشتری برای جذب در بخش های صنعتی، بازرگانی، تجارت و خدمات دارند.
- در چنین برنامه هایی دروس علمی و حرفه ای می توانند به قرار زیر باشند:

برنامه آموزش مهندسی پیشنهاد شده (۱۴۰ واحد)

واحد درسی	مهارت	موضوع
۹۰-۷۰	علمی	ریاضیات مهندسی مواد مهندسی پدیده های انتقال ترمودینامیک علم مواد شیمی فیزیک مهندسی (استاتیک، دینامیک و مقاومت مصالح) علوم حیاتی مفاهیم، اصول و پدیده ها در علم و مهندسی مواد خواص، فراوری و ساخت مواد اصول، مبانی و کاربرد کامپیوتر و مدلسازی فرایندها
۱۵	زبان خارجی (دارای تاکید زیاد) برنامه ریزی استراتژیک فناوری اطلاعات تجارت محیط زیست	عمومی / استراتژیک
۱۵	مدیریت مبانی مهندسی اقتصاد نقش مهندسان در جامعه ارتباطات فنی ایمنی و بهداشت نوآوری	صنعتی
۱۰	اخلاق مهندسی تمدن اسلامی تمدن آسیایی علوم اجتماعی روانشناسی	انسانی
۱۵	پروژه کارشناسی پروژه صنعتی طراحی	عملی

۴. نتیجه گیری

برنامه ریزی حال و آینده آموزشی کشور اساسا باید مرتبط با نیازهای صنعتی ایران و توسعه فناوری باشد، فناوری هایی که ضرورتا باید تامین کننده نیازهای ملی باشند و به کارگیری کامل نیروی کار کشور و تامین شغلی آن را تضمین کند. ماهیت آموزش باید با نیازهای توسعه ملی منطبق باشد و ایجاد سطح قابل پذیرش اقتصادی- اجتماعی جامعه و آماده سازی بستر پژوهش برای توسعه کشور را تامین کند. از آنجا که فعالیت های مهندسان و دانشمندان علوم مهندسی باید در چهارچوب

نیازهای صنایع کشور متمرکز شود، باید ارتباطی قوی و منطقی بین صنایع و سیستم آموزش مهندسی کشور برقرار و برنامه ریزی مناسبی برای سیستم آموزش مهندسی کشور فراهم شود.

در این مقاله مشخصات مطلوب یک مهندس با توجه به نیازهای حال و آینده کشور ارائه شده است. همچنین، توصیه شده است که در کنار تعداد معدودی دانشکده های علم و مهندسی مواد در کشور که برنامه ریزی های آنان مبتنی بر حوزه های مواد نو و فناوری های پیشرفته است، توجه اصلی دانشکده های موجود در حوزه مهندسی متالورژی بر تامین نیازهای صنایع مبتنی بر مواد کشور باشد. در این مقاله فهرست چنین صنایعی ارائه شده است.

با تاکید بر اهمیت دروس غیرفنی مدلی برای اجرا در دانشکده ها و گروه های مهندسی متالورژی توصیه شده است.

مراجع

۱. مهدخت اقبالی، سمیرا سیدمیرزا و پرویز دوامی، "موانع توسعه صنعت در ایران"، گزارش پژوهشی، فرهنگستان علوم، ۱۳۸۴.
۲. رضا بابایی و پرویز دوامی، "رویکردهای ممکن برای دستیابی به ایجاد صنعت مواد نو در کشور"، گزارش پژوهشی مرکز پژوهش متالورژی رازی به وزارت صنایع و معادن، ۱۳۸۰.
۳. سعید شاکرین، "ارزشیابی آموزش مهندسی در قرن بیست و یکم در آمریکا"، مجله آموزش مهندسی ایران، شماره ۴، جلد ۳، ۱۳۸۰.
۴. پرویز دوامی، "آموزش مهندسی و نیازها در ایران"، مجله آموزش مهندسی ایران، شماره ۱، جلد ۱، ۱۳۷۸.