مجله آموزش مهندسی ایران، شماره ۲۶، سال هفتم، ص. ۴۰-۲۱

مدلی برای آموزش مهندسی متالورژی در ایران

پرویز دوامی

دانشکده مهندسی و علم مواد، دانشگاه صنعتی شریف

چکیده: با تحولات پر شتاب 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 روبه رو 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 چشم انداز 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 روبه رو شود. چنین مدل هایی 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 علاقمند 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 علی رغم دارا بودن شش دهه برنامه ریزی اقتصادی و برخورداری از مزیت‌های نسبی بسیار؛ یعنی منابع معدنی و زیر زمینی 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 نوصنعتی است.

در این مقاله با توجه به آنچه گفته شد، توصیه‌ها و ایده هایی 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 دیرینه پاست. 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 ۱/۵ میلیون سال پیش برمی‌گردد و چرخ که به هزاره دوم پیش از میلاد نسبت داده شده است. بر اساس شواهد تاریخی مکان آفرینش چرخ بین النهرین و به روایتی کشور ما بوده است.

آهن در زمان هخامنشیان به کمال رسیده است. صنعت شیشه سازی 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 هزار و 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 بیرونی و خیام (۷۰۰-۱۱۰۰بعد از میلاد) چهارصد سال در جهان، پیشرو دیگر عصرهاست. هجوم قبایل به ایران و حاکمیت آنها در کشور، تمرکز قدرت در دست حکومت‌های خودکامه و گسیختگی توسعه تمدن ایران در طول تاریخ دلایل این نزول تاریخی علم و هنر در کشور ماست.

امروزه، اهمیت مواد به گونه‌ای است که مورخان دوران تمدن بشری را بر اساس موادی که در آن زمان به کار می‌رفت، دسته بندی کرده‌اند.

هفت عصر تمدن بشری

عصر حجر	۱۰۰۰۰سال قبل از میلاد مسیح
عصر برنز	۳۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح
عصر آهن	۱۰۰۰ سال قبل ار 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	۱۹۹۰سال بعد از میلاد مسیح

ایران در طول ۱۰۰ سال گذشته، تلاشهایی را برای انتقال فناوری‌های مختلف انجام داده است.

برنامه‌ریزی توسعه در ایران از سال ۱۳۲۵ آغاز شده و کشور ما یکی از نادر کشورهای جهان است که برنامه چند ساله توسعه‌ای داشته است. در طول ۵۰ سال گذشته، کشور ما ۶۰۰ میلیارد دلار سرمایه‌گذاری فیزیکی داشته است و به دلیل نبود یک تفکر توسعه‌ای همه جانبه ملی هماورد با جهان و تجربه اندوزی از عدم موفقیت‌های گذشته، حاصل این سرمایه گذاری‌ها 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 |براساس آمار سازمان ملل| حداکثر در ۲۰ رشته بر اساس مزیت‌های نسبی خود سرمایه‌گذاری کرده، در حالی که در ایران حداقل در ۷۰ رشته سرمایه گذاری شده است. در ایران ۳۸۰ هزار واحد صنعتی وجود دارد که ۹۲درصد آنها کارگاه‌های کوچک (زیر ۶۰ نفر) هستند که حدود ۶۰-۵۰ هزار مدیر وجود دارد که آموزش آنان نیازمند برنامه ریزی‌های ویژه‌ای است.

بر اساس معیارهای بین المللی هر کشوری که بالای ۲۵ درصد تولید ناخالص ملی آنها از طریق صنعت تأمین شود، کشوری صنعتی نامیده می‌شود. از آنجایی که در حساب‌های ملی ما سهم بخش صنعت حدود ۱۷ تا ۱۸ درصد تولید ناخالص داخلی است، لذا کشور ما در حال صنعتی شدن است.

سرمایه‌گذاری‌های ایران در صنایع مس، آلومینیم و روی، فولاد، نفت و گاز و پتروشیمی است.

زمینه‌های مربوط به فناوری‌های نو توصیه شده عبارت‌اند از: الکترونیک، بیوتکنولوژی، 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" می‌گویند، زیرا مواد مهندسی شالوده این صنایع را تشکیل می‌دهند.

صنایع مبتنی بر مواد عبارت‌اند 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 حوزه‌های هشت‌گانه است و مخاطبان اصلی دانشکده‌ها و گروه‌های مهندسی مواد و متالورژی در کشور را تشکیل می‌دهند.

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.

بزرگ‌ترین 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 گذاری‌ها باید در حوزه صنایعی 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 :

۱ـ ایالات متحده ۱۱۶۶۸ میلیارد دلار
۲ـ ژاپن ۴۶۲۳ میلیارد دلار
۳ـ آلمان ۲۷۱۴ میلیارد دلار
۴ـ انگلستان ۲۱۴۱ میلیارد دلار
۵ـ فرانسه ۲۰۰۳ میلیارد دلار
۶ـ ایتالیا ۱۶۷۲ میلیارد دلار
۷ـ چین ۱۶۴۹ میلیارد دلار
۸ـ اسپانیا ۹۹۱ میلیارد و ۴۴۰ میلیون دلار
۹ـ کانادا ۹۷۹ میلیارد و ۷۷۰ میلیون دلار

۱۰- هند	۶۹۱	میلیارد و ۸۸۰ میلیون دلار
۱۱- کره جنوبی	۶۷۹	میلیارد و ۶۷۰ میلیون دلار
۱۲- مکزیک	۶۷۶	میلیارد و ۵۰۰ 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 فناوری‌ها و مواد نو اگر چه دارای ارزش افزوده بسیار بالاتری است، اما ریسک پذیری آنها بسیار بالا و امکان تحقق آنها بسیار کم است، لذا ورود به این مقوله‌ها مدیریت خردمندانه و بسیار پر توانی را طلب می‌کند. در طول چهاردهه گذشته، تنها چند کشور در حال توسعه توانسته‌اند تکنولوژی‌های جدیدی را جذب کنند و به رشد اقتصادی از طریق انتقال تکنولوژی نایل آیند. یکی از این گروه‌ها کشور کوچک سنگاپور است.

اصولاً مهم‌ترین عوامل توسعه سریع اقتصادی کشورهای توسعه یافته تأکید بر سه عامل زیر بوده است:

۱. دارا بودن امکانات سخت افزای (سرمایه، منابع طبیعی و فیزیکی)

۲. نیروی انسانی مجرب

۳. استفاده خردمندانه از فناوری

نقش آموزش در عوامل ۲ و ۳ بسیار اساسی و زیر بنایی است و در مورد عامل دوم تأکید بر آموزش و استقرار نظام آموزشی قوی و عامل سوم وظیفه دانشگاه‌ها در پرداختن به تحقیقات و کاربردی کردن نتایج تحقیقات علمی و پرورش پژهشگران بخش‌های صنعت را نشان می‌دهد؛ یعنی وجود نظام پژوهشی پویا در دانشگاه‌ها. تجربه کشورهایی نظیر کره جنوبی نشان داده است که با تأکید بر آموزش برخورداری از مزایای عوامل ۲ و ۳ چنانچه کشوری حتی فاقد منابع طبیعی باشد، مادامی که به آموزش بپردازد می‌تواند به سطوح بالایی از توسعه اقتصادی دست یابد. این واقعیت را باید در نظر داشت که امروزه، مزیت‌های نسبی کشورها در توسعه به تدریج جایگاه خود را از دست می‌دهد. در توسعه، تئوری مزیت نسبی

که کشورهای در حال توسعه نظیر ایران بر آن تأکید زیادی دارند، در جهان معاصر جایگاه خود را از دست می‌دهد. مزیت نسبی متعلق به دورانی بود که توسعه و تحول فناوری نیازمند زمان طولانی بود. مشکل اقتصاد ایران سرمایه گذاری در صنایع خاصی نظیر فناوری‌های پیشرفته نیست، زیرا اگر چنین بود درآمد ارزی ۶۰۰ هزار دلاری در چهار دهه گذشته کشور در اقتصاد ایران بازدهی معقول داشت. رشد اقتصادی و صنعتی گام به گام به موازات پیدایش دولت‌های مدرن به وقوع می‌پیوندد. در حالی که دیر آمدگان نظیر کشور ما می‌توانند به مدیریتی خردمندانه از مزیت‌های دیر آمدن بهره‌مند 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، مزیت‌های کشورمان نیز به تدریج رنگ می‌بازد و جایگاه خود را از دست می‌دهد. واقعیت آن است که علی‌رغم آنکه در سال‌های ۸۳ ـ ۷۶ به قیمت ثابت به ازای هر نفر جمعیت فعال کشور میزان سرمایه گذاری سالانه بیش از چهار برابر افزایش پیدا کرده[ظاهراً نشان دهنده تولید بالاست]، اما موجبات افزایش بهره وری، صادرات و اشتغال کشور را فراهم نکرده است.

مشکلات صنایع ایران را می‌توان به اختصار به صورت زیر طبقه‌بندی کرد:

۱. فرسودگی ماشین آلات
۲. فناوری پایین تولید
۳. مشکلات مالی
۴. کیفیت پایین محصولات تولیدی
۵. رقابت‌های 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 بهره‌وری 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 آموزش‌های فنی و مهندسی یک نیاز اساسی است. در ارتباط با آموزش‌های مهندسی و گرایش‌های متالورژی و مهندسی مواد برای مشارکت مذکور تأکید اصلی دانشکده‌ها و گروه‌های متالورژی و مهندسی مواد باید افزایش بهره‌وری صنایع موجود از طریق تأمین و آموزش کارکنان ماهر بخش‌های صنعتی و توسعه فناوری صنایع متالورژی کشور باشد.

اهمیت و نقش مواد در تأمین نیازهای حیاتی جامعه در حال و آینده و توسعه تمدن‌ها واقعیتی انکارناپذیر است و توجه کافی به تدوین یک استراتژی ملی در زمینه مواد و آینده‌نگری در تأمین آنها برای نسل‌های حال و آینده یک ضرورت زیربنایی است.

۲. الگویی برای آموزش مهندسی مواد و متالورژی در ایران

قبل از پرداختن به برنامه‌ریزی‌های آموزش مهندسی لازم است مخاطبان و متقاضیان آموزش‌ها 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 می‌کند و آن را در سازندگی خویش یا جامعه به کار می‌بندد. در خصوص وظایف مهندسان در ایران تاکنون نهاد یا سازمان مسئولی در کشور نظرهایی را ارائه نکرده است، اما بر اساس نیازهای کشوری چون ایران این وظایف را می‌توان این گونه تعریف کرد. "مهندسان ایرانی باید از نظر فنی شایستگی لازم را داشته باشند و به گونه‌ای عمل کنند که حرفه آنان مورد احترام جامعه ایران قرار گیرد و از طریق به کارگیری فناوری در ارتقای ثروت و رفاه عمومی اقدام کنند." ماهیت حرفه مهندسی تجربه کردن در حوزه علوم مهندسی و فناوری است که هر دو ریشه‌های 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 دانش‌های 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.

فارغ‌التحصیلان رشته مهندسی باید مبانی و اصول مدیریت و مهارت‌های 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 نگرانی‌ها در مورد وجود فارغ‌التحصیلان مازاد بر نیاز بخش‌های خاص از صنعت کمرنگ جلوه خواهد کرد.

مهندسان باید قابلیت تطبیق با تأکیدات در حال تغییر در حوزه‌های علمی را دارا باشند،

نظیر زمینه‌های 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 کار در دهکده جهانی داشته باشند.

مهندسان ایرانی آزموده آنهایی هستند که نه تنها از نظر فنی شایستگی‌های لازم را دارا هستند، بلکه از سطوح قابل قبولی از استانداردهای اخلاقی نیز برخوردارند. مهندسان باید مهارت‌های 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 پذیرفته‌شدن به دانشگاه) و خروجی (نوع مهندسان مورد نیاز). خروجی نیازهای دوره تحصیلات را تعریف، در حالی که ورودی سطح آموزش‌های درنظر گرفته شده را تعیین می‌کند. سومین عامل فرایند آموزش مهندسان در دانشگاه‌هاست.

وظیفه مهندسان ایرانی تحقق اهداف زیر است:

۱. قابلیت به کارگیری ریاضیات، علوم و علوم مهندسی در حل مسائل مهندسی؛
۲. قابلیت درک اثرهای محیطی، اقتصادی و اجتماعی بر توسعه کشور؛
۳. قابلیت ادای وظایف حرفه‌ای خویش به‌صورت مؤثر و اخلاقی.

به‌طور کلی، مهندسان مورد نیاز صنایع کشور را می‌توان به دو گروه تکنولوژیست‌ها و مهندسان تقسیم کرد که چنین طبقه‌بندی در زیر آورده شده است.

۱.۲ تقسیم‌بندی مهندسان

۱. تکنولوژیست[۱]

فردی که تکنولوژی‌های کاملاً تثبیت یافته یا نو را در فرایندهای مهندسی و در تولید، عملیات و حفظ تولید محصول مهندسی به کار می‌گیرد یا به عبارت ساده‌تر، مسئولیت اداره تولید بر عهده او است، تکنولوژیست نامیده می‌شود.

---

۱. Technologist

۲. مهندس عملی یا طراح[۱]

فردی که علوم و تکنولوژی را در تکامل مهندسی از سخت‌افزار، نرم‌افزار و فرایندهای صنعتی به‌کار می‌گیرد، مهندس عملی یا طراح نام دارد.

۳. مهندس سیستم‌ها[۲]

کسی که تعیین‌کننده مشخص طراحی گسترده برای سیستم‌های معقول به‌منظور تأمین نیازهای واقعی جامعه است یا به عبارت ساده‌تر، وظیفه طراحی سیستم‌های متالورژیکی را عهده‌دار است، نظیر مهندسان صنایع، مهندس سیستم‌ها نامیده می‌شود.

۴. مهندس علوم[۳]

فردی که وظیفه گسترش علوم مهندسی را به منظور زیربنای تکنولوژی نو بر عهده دارد، مهندس علوم نام دارد.

هدف از تأسیس دانشگاه‌های جامع تکنولوژی تربیت تکنولوژیست‌ها و دانشگاه‌های مهندسی آموزش مهندسان گروه‌های ۲، ۳ و ۴ است.

اینکه چه نسبتی از دانشگاه‌های مهندسی باید به تربیت تکنولوژیست‌ها 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. تکنولوژیست‌ها وظیفه اداره واحدهای صنعتی و تولیدی را بر عهده دارند، مهندسان عملی یا طراح در بخش‌های مهندسی متد وظیفه طراحی فرایندهای تولید را عهده‌دارند، مهندسان سیستم‌ها در بخش‌های مهندسی صنایع و مهندسان علوم در قسمت‌های پژوهشی شرکت‌ها به‌کار می‌پردازند.

---

۱. Engineer and Designer Practicing

۲. Systems Engineer

۳. Engineering Scientist

در حال حاضر، چنین تقسیم‌بندی در دانشگاه‌های ایران مشکل و بهتر است آموزش مهندسی در دو طبقه‌بندی آموزش تکنولوژیست‌ها و مهندسان باشد. در این گزارش تأکید بیشتر بر دانشگاه‌های مهندسی است تا دانشگاه‌های تکنولوژی.

با توجه به اهداف یاد شده خصوصیات یک فارغ‌التحصیل رشته مهندسی چیست؟

به‌طور کلی، مهندسان باید دارای دو ویژگی باشند:

۱. داشتن دانش کافی در زمینه رشته تخصصی خود؛

۲. درک و برداشت منطقی از مسئولیت‌های حرفه‌ای خود در جامعه.

در سال‌های اخیر، مؤسسات ارزیابی کننده دانشگاه‌های مهندسی نظیر ABET در ایالات متحده آمریکا به‌جای توجه به سرفصل‌های درسی فارغ‌التحصیلان دانشگاه‌های مهندسی، نحوه ادراک و برداشت آنها از حرفه مهندسی را مورد ارزیابی و تأکید قرار می‌دهند. به‌طور کلی، ABET (هیئت ارزشیابی مهندسی و فناوری آمریکا در سال ۲۰۰۳) مشخصه مهندسان در آمریکا را به‌صورت زیر تعیین کرده است [۳]:

مهندسان باید دارای مشخصه‌های زیر باشند:

- قابلیت طراحی سیستم‌های قطعات یا فرایندها برای تأمین نیازهای جامعه؛
- قابلیت عملکرد در حوزه مهندسی در گروه‌های چندمنظوره تخصصی؛
- قابلیت شناخت، فرموله کردن و حل مسائل مهندسی؛
- درک تعهدات اخلاقی و حرفه‌ای؛
- قابلیت برقراری ارتباطات مؤثر؛
- آموزش گسترده برای درک اثرهای حل مسائل مهندسی ابعاد اجتماعی و جهانی؛
- آگاهی از تحولات روز؛
- قابلیت به کاربردن تکنیک‌ها، مهارت‌ها و ابزارهای مدرن مهندسی در انجام‌دادن عملیات مهندسی.

خصوصیات یک فارغ‌التحصیل 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 فارغ‌التحصیل رشته مهندسی

۱. داشتن پایه قوی در علوم پایه، ریاضیات و اصول مهندسی؛
۲. قابلیت به کارگیری اصول یاد شده در حل بسیاری از مسائل واقعی؛
۳. داشتن دانش و تجربه در انجام‌دادن روش‌های آزمایشی؛
۴. داشتن دانش بالا در تکنولوژی‌های مربوط به تخصص خود؛
۵. مهارت زیاد در برقراری ارتباطات و تبادل نظرهای کتبی و شفاهی و ایجاد ارتباط مؤثر؛
۶. آشنایی با اصول تجارت و شرکت‌ها؛
۷. داشتن احساس مسئولیت‌های 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 شاخه‌های 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 طی زندگی؛
۱۴. دارا بودن فرهنگ کار گروهی؛
۱۵. اشتیاق و ایجاد زمینه لازم برای انجام‌دادن فعالیت‌های پژوهشی؛
۱۶. پایبندی به حفظ محیط زیست؛
۱۷. آشنایی با علوم حیاتی؛
۱۸. درک ارزش‌های فرهنگی و هنری.

ارزیابی فارغ‌التحصیلان ایرانی در دانشگاه‌های مهندسی کشور نشان می‌دهد که این گروه در ویژگی‌های ردیف ۱ شایستگی کافی دارند و در ویژگی‌های ردیف‌های ۷، ۱۰، ۱۱، ۱۵ و ۱۸ متوسط‌اند و در دیگر ردیفها با کمبودهای اساسی روبه‌رو هستند. پایبندی به حفظ محیط‌زیست و داشتن احساس مسئولیت‌های اجتماعی، اخلاقی، سیاسی و انسانی از اصول اساسی آموزش مهندسی در توسعه و تولید پایدار و نیازی اساسی برای عصر حاضر است. پیچیدگی‌های فناوری‌های امروز نیازمند آن است که مهندسان دارای دانش و تصویری هماهنگ از شاخه‌های مختلف مهندسی و به دلیل چندمنظوره بودن فناوری دارای فرهنگ

کارگروهی باشند. از طرف دیگر، آنان توانایی اتخاذ تصمیمات خطیر در مسائل بحرانی را داشته باشند. امروزه، در چرخه عمر محصولات و سیستم‌های صنعتی حتی بنگاه‌های اقتصادی تحولات اساسی رخ داده است که مهم‌ترین آنها کوتاه شدن چرخه عمر محصول، ناپدید شدن فعالیت‌های صنعتی و ظهور فناوری‌های جدید است. لذا، آموزش مهندسان باید به‌گونه‌ای 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 زمینه‌های علمی و فنی در دو سطح نظری و زیربنایی و تخصصی، باید از مهارت‌های غیرفنی نیز که از ضروریات رهبری و مدیریت صنعتی است، برخوردار باشند. لذا، در سال‌های اخیر در برنامه‌های درسی دانشگاه‌های مهندسی جهان به موضوعات غیرمهندسی نظیر مدیریت، برنامه‌ریزی، گزارش‌نویسی، ارتباطات انبوه[1] و موضوعات اقتصادی اجتماعی نیز پرداخته می‌شود.

تقویت روحیه خودآموزی و توسعه اشتیاق همیشگی و فرهنگ آموختن در طی زندگی از مهم‌ترین وظایف دانشگاه‌ها در آموزش مهندسی است، زیرا تحولات علوم و فناوری به‌گونه شگفت‌آوری با شتابی زیاد در حال صورت‌گرفتن است که آشنایی و آموزش این حوزه‌ها اکثراً از طریق خودآموزی و آموزش‌های مجازی امکان‌پذیر می‌شود.

آگاهی از فشارهای حاصل از عوامل اقتصادی سیاسی و اجتماعی در ارتباط با سیستم‌های مهندسی، حساسیت در برابر مسئولیت‌های حرفه‌ای، داشتن قابلیت سازماندهی و ارائه ایده‌های نوآورانه امروز از الزامات آموزش مهندسی است.

دانشگاه توکیو برای سال ۲۰۰۰ سرفصل یکسانی را برای تمام رشته‌های 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 می‌شود، نظیر ۵۲ درصد دروس متالورژی و مهندسی مواد و بقیه دروس عمومی هستند که از میان آنها ۲۳ واحد دروس غیرفنی است.

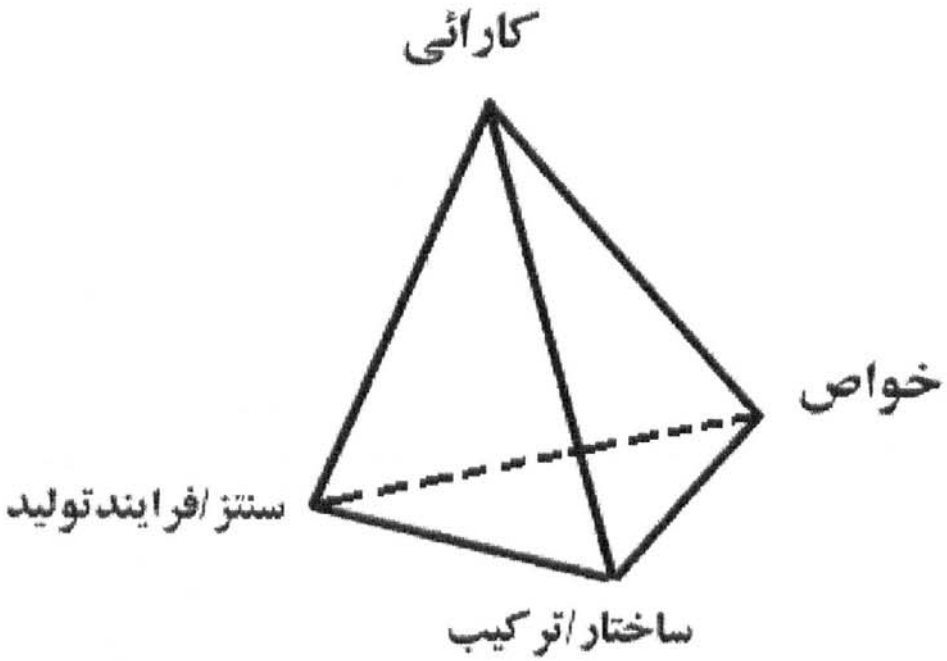
---

۱. Mass Communication

آموزش مهندسی برای سال ۲۰۰۰

مدل آموزشی پیشنهاد شده

نیمسال اول		نیمسال دوم	
سال اول			
مقدمات کامپیوتر	۳	سیستم‌های نرم‌افزار	۳
شیمی عمومی	۴	فیزیک مهندسی I	۴
زبان خارجی	۳	زبان خارجی	۳
طراحی و مهندسی و تصمیم‌گیری	۳	علوم حیاتی	۳
معادلات جبری و خطی و...	۳	ریاضیات کامپیوتر	۳
	--		--
	۱۶		۱۶
سال دوم			
ریاضیات کامپیوتر II	۳	معادلات دیفرانسیل	۳
علم مواد	۴	ریاضیات کامپیوتر III	۳
فیزیک مهندسی II	۴	دروس عمومی (اختیاری)	۳
برنامه درسی مورد نیاز	۳	برنامه درسی مورد نیاز	۳
ارتباطات فنی	۳	اخلاق مهندسی	۲
	--		--
	۱۷		۱۷
سال سوم			
دروس خاص	۱۲	دروس خاص	۱۲
آمار و احتمالات	۳	طراحی و مهندسی	۳
دروس عمومی (اختیاری)	۳	مدیریت پروژه	۳
	--		--
	۱۸		۱۸
سال چهارم			
اقتصاد مهندسی	۳	دروس عمومی (اختیاری)	۳
دروس عمومی (اختیاری)	۳	پروژه مهندسی ۶	
روش‌های محاسباتی	۳	دروس اختیاری	۴
طراحی مهندسی (اختیاری)	۳	مهندسی سیستم‌ها	۳
	--		--
	۱۵		۱۵



شکل ۱. چهار عامل تشکیل دهنده علم و مهندسی مواد

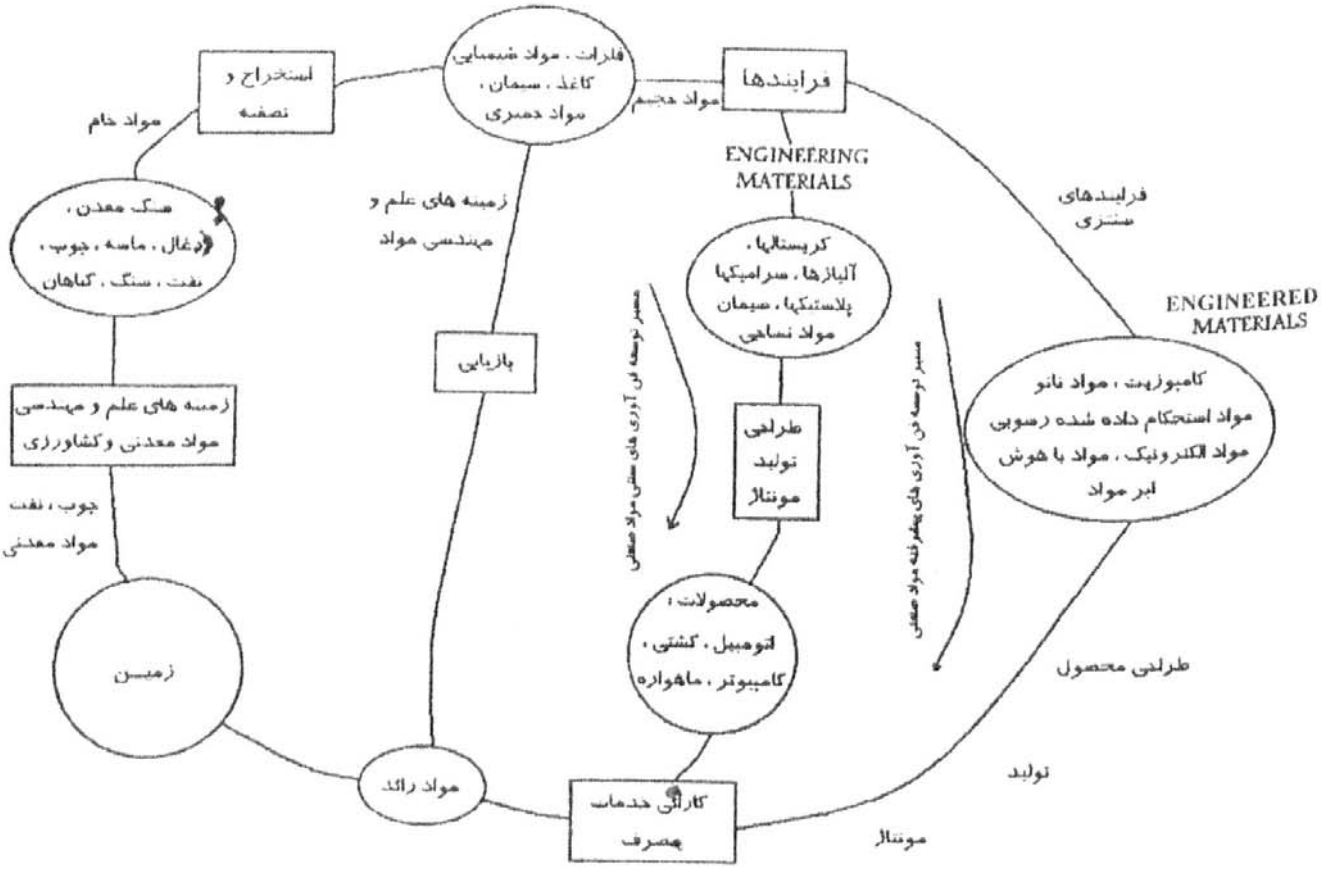
همان‌طوری که در شکل ۱ نشان داده شده است، چهار عامل تشکیل دهنده علم و مهندسی مواد عبارت‌اند از: ترکیب/ساختار، خواص، فرایند تولید و کارایی ماده [یا اجزای یک سیستم، فلز، آلیاژ و غیره]. فرایند تولید مربوط به مواد مهندسی [۱] که از طریق فراوری مواد معدنی و فرایندهای حجیم تولید می‌شود و سنتز معمولاً مربوط به مواد فرامهندسی [۲] است که همچون روش‌های شیمیایی از طریق فرایندهای سنتزی تولید می‌شوند (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 هیچ گونه توجیه اقتصادی برای تولید مواد با استفاده از منابع معدنی و فراوری حجیم وجود ندارد و این کشورها ناگزیرند بر تولید مواد فرامهندسی تأکید کنند.

---

۱. Engineering Materials

۲. Engineered Materials



شکل ۲. سیکل جدید جامع مواد

به‌طور کلی، فارغ‌التحصیلان دانشگاه‌های مهندسی در رشته متالورژی و مهندسی مواد در زمینه‌های ترکیب / ساختار و خواص آموزش‌های خوبی دیده‌اند و در ارتباط با کارایی محصولات با کمبودهایی روبه‌رو 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 نیمه‌هادی‌هاست که از نظر علمی و فیزیک حالت جامد دانش امروز به حد تکامل ملی رسیده است، اما روش‌های بهینه‌ای که بتواند تک کریستال خوب این مواد |عاری از عیوب شبکه‌ای| را با قیمت ارزان تولید کند، هنوز در مراحل توسعه‌ای آن قرار دارد.

مثالی از یک برنامه درسی کارشناسی در دانشگاه نیویورک در سال ۱۹۹۱ در مجله JOM در زمینه علم و مهندسی مواد به‌صورت زیر ارائه شده است:

سرفصل‌ها و دروسی که زمینه‌های علم و مهندسی مواد را تحت پوشش قرار می‌دهد،

عبارت‌اند از:

۱. مفاهیم، اصول و پدیده‌ها

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

۲.۱. فرایند، ساختار میکروسکوپی و خواص مواد

۳.۱. مواد تحت نیرو

۴.۱. فیزیک حالت جامد

۵.۱. ساختار جامدات

۶.۱. حرکت اتم‌ها در جامدات

۷.۱. تعادل و عدم تعادل در مواد

۸.۱. ساختار میکروسکوپی

۲. خواص و کارایی

۱.۲. رفتار مکانیکی مواد

۲.۲. شکست

۳.۲. خواص الکتریکی و مغناطیس 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 برنامه‌های آموزش مهندسی خود را طراحی کند.

۲. تأکید اصلی در آموزش مهندسی باید توسعه قابلیت‌های خودآموزی در دانشجو باشد. اگر

درگذشته و حال ملاک ارزشیابی دوره‌های آموزشی مطالب و سرفصل‌های ارائه شده به دانشجویان بوده و می‌باشد، در آینده باید این موضوع در چهارچوب اصل مهم قابلیت فراگیری دانشجویان فارغ‌التحصیل باشد. نگرش اصلی باید بر کارایی و سطح دانش مهندسی دانشجویان تازه فارغ‌التحصیل مبتنی باشد و از طرق مختلف نشان دهد که فارغ‌التحصیلان آن رشته افرادی قابل هستند و می‌توانند به‌طور مؤثر وارد عرصه کار در رشته مهندسی متالورژی شوند.

۳. در دوره‌های کارشناسی تأکید اصلی باید بر دروس زیربنایی علوم مهندسی که شالوده همه شاخه‌های مهندسی را تشکیل می‌دهند، 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 بهره‌وری صنایع زیربنایی موجود و ایجاد صنایع مدرن آینده طراحی دوره‌های آموزشی برای این نیازها ضرورت دارد. به‌هر حال، با توجه به شرایط ایران هدف اصلی اکثر دانشگاه‌های مهندسی مواد و متالورژی کشور باید تأمین نیازهای حاضر صنایع متالورژی و صنایع مبتنی بر مواد کشور باشد.

۵. آموزش مهندسی کشور باید هر ساله توسط نمایندگان انجمن‌های تخصصی ایران ارزیابی شود.

٦. در طراحی و برنامه‌ریزی‌های دروس مهندسی به‌ویژه دوره‌های کارشناسی ارشد آموزش مجازی باید مورد توجه قرار گیرد.

۷. با توجه به گسترش اهمیت فناوری در توسعه اقتصادی ملت‌ها، ظهور آموزش مجازی و جایگزینی اصل مهم خودآموزی به‌جای آموزش، تأکید بیشتر در دانشگاه‌های آینده بر پژوهش خواهد بود.

۸. تغییر در روش اداره کلاس از معلم‌محوری به فراگیرمحوری (خودآموزی یا دانشجومحوری)، از طریق آموزش‌های مجازی، توسعه پروژه‌های گروهی و چندرسانه‌ای یا رشته‌ای در آموزش، توسعه مهارت‌های مشارکتی، همکاری، تصمیم‌گیری و مهارت‌های حل مسئله، قابلیت دانشجویان در پروژه‌های تولید و ساخت مجازی محصول.

۹. تغییر در نظام پژوهشی از سازمان‌محوری به استادمحوری.

۱۰. در استانداردها و فرایند ارزشیابی آموزش نگرش اصلی به کارایی و سطح دانش مهندسان فارغ‌التحصیل است، نه دروس خوانده شده یا امکانات آزمایشگاهی و تجربی موجود.

۱۱. دادن اختیار و آزادی بیشتر به استادان تا بتوانند برنامه‌های آموزشی خود را نوآورانه طراحی کنند.

۱۲. ایجاد پروژه‌های گروهی که احتیاج به دانش مابین‌رشته‌ای و چندرشته‌ای دارد [نظیر کار گروهی دانشجویان مهندسی متالورژی، مکانیک و کامپیوتر]. دانشجویان ضمن انجام‌دادن کار گروهی به اهمیت و نقش دیگر تخصص‌های مهندسی پی می‌برند و برای اجرای پروژه‌های بزرگ آماده می‌شوند.

در برنامه پیشنهادی از ۱۴۰ واحد دروس کارشناسی ۳۰ تا ۵۰ واحد دروس باید به حوزه حرفه‌ای و بقیه به دروس علمی اختصاص یابد. هر قدر تعداد دروس حرفه‌ای بیشتر باشد، شانس اشتغال فارغ‌التحصیلان بیشتر می‌شود و آنان آزادی عمل بیشتری برای جذب در بخش‌های صنعتی، بازرگانی، تجارت و خدمات دارند.

در چنین برنامه‌هایی دروس علمی و حرفه‌ای می‌توانند به قرار زیر باشند:

برنامه آموزش مهندسی متالورژی پیشنهاد شده (۱۴۰ واحد)

موضوع	مهارت	واحد درسی
ریاضیات مهندسی مواد مهندسی پدیده‌های انتقال ترمودینامیک علم مواد شیمی فیزیک مهندسی (استاتیک، دینامیک و مقاومت مصالح) علوم حیاتی مفاهیم، اصول و پدیده‌ها در علم و مهندسی مواد خواص، فرآوری و ساخت مواد اصول، مبانی و کاربرد کامپیوتر و مدلسازی فرایندها	علمی	۷۰-۹۰

موضوع	حرفه‌ای	واحد درسی
عمومی / استراتژیک	زبان خارجی (دارای تأکید زیاد) برنامه‌ریزی استراتژیک فناوری اطلاعات تجارت محیط زیست	۱۵ واحد
صنعتی	مدیریت مبانی مهندسی اقتصاد نقش مهندسان در جامعه ارتباطات فنی ایمنی و بهداشت نوآوری	۱۵ واحد
انسانی	اخلاق مهندسی تمدن اسلامی تمدن آسیایی علوم اجتماعی روانشناسی	۱۰ واحد
عملی	پروژه کارشناسی پروژه صنعتی طراحی	۱۵ واحد

۴. نتیجه‌گیری

برنامه‌ریزی حال و آینده آموزشی کشور اساساً باید مرتبط با نیازهای صنعتی ایران و توسعه فناوری باشد، فناوری‌هایی که ضرورتاً باید تأمین‌کننده نیازهای ملی باشند و به کارگیری کامل نیروی کار کشور و تأمین شغلی آن را تضمین کند.

ماهیت آموزش‌ها باید با نیازهای توسعه ملی منطبق باشد و ایجاد سطح قابل پذیرش

اقتصادی - اجتماعی جامعه و آماده‌سازی بستر پژوهش برای توسعه کشور را تأمین کند. از آنجا که فعالیت‌های 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 برنامه‌ریزی 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 دانشکده‌های علم و مهندسی مواد در کشور که برنامه‌ریزی‌های آنان مبتنی بر حوزه‌های مواد نو و فناوری‌های پیشرفته است، توجه اصلی دانشکده‌های موجود در حوزه مهندسی متالورژی بر تأمین نیازهای صنایع مبتنی بر مواد کشور باشد. در این مقاله فهرست چنین صنایعی ارائه شده است.

با تأکید بر اهمیت دروس غیرفنی در کنار دروس فنی مدلی برای اجرا در دانشکده‌ها و گروه‌های 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.