مجله آموزش مهندسی ایران، شماره ۲، جلد ۱، ص. ۷۲-۵۵

# پیشنهادی برای نظام آموزش مهندسی مواد

**جلال حجازی دهاقانی، پرویز دوامی، غلامحسین دانشی، سعید ناطق، افسر سیار، ناصر توحیدی، کمال جانقربان و پرویز فرهنگ**

**اعضای شاخهٔ مهندسی مواد و معدن گروه علوم مهندسی فرهنگستان علوم**

**چکیده :** با تکیه بر اهداف و فلسفه آموزش مهندسی مواد [۱، ۲] در این مقاله، تدوین و تألیف نظامهای آموزشی بر اساس مراتب و درجه‌های تحصیلی و شغلی و همچنین رشته‌های متفاوت تحصیلی به عنوان مقدمه‌ای بر نظام آموزشی مهندسی مواد، مورد بررسی قرار گرفته است. دامنه آموزش مهندسی مواد در محورهای متفاوت علم و مهندسی مواد، شناسایی و با توجه به عوامل مؤثر در نظام آموزشی (دانشجو، موضوع درس، روش آموزش و ...) پیشنهادهایی برای تنظیم و تدوین نظام آموزش مهندسی مواد ارائه شده است. در این نظام، شرایط و استعداد دانشجو، نحوه پذیرش، موضوعهای درسی و روش آموزش تشریح شده است.

در پایان با ترکیب عوامل مؤثر، نظام آموزش مهندسی مواد، به عنوان یک مجموعه اختصاصی برای آموزش مهندسی مواد معرفی می‌شود.

## ۱. توجیه نظامهای آموزشی

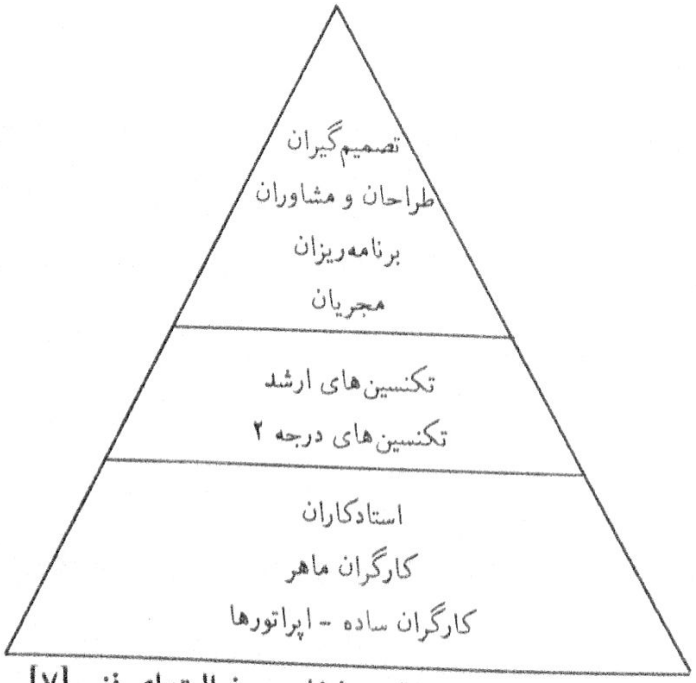
بر اساس یک تفاهم و درک مشترک جهانی، دانش و فن‌آوری از دو بخش جدایی‌ناپذیر آموزش و پژوهش ریشه می‌گیرند [۳، ۴]. هر گونه اشتغال، احراز مسئولیت، طراحی، توسعه، تکامل و تحول اعم از آنکه "حال‌نگر" باشد یا "آینده‌نگر"، "خلق و نوآوری" باشد یا "کپی و ترجمه"، "کمیت شمار" باشد یا "کیفیت‌پذیر" و "برنامه‌ریزی" باشد یا "اجرا"، ناگزیر باید با نظام آموزشی خاصی پرورش یابد و با نظام پژوهشی منطبق با نیازهای حال و آینده، رشد و تکامل پیدا کند. بنابراین، هر مجموعه آموزشی با توجه به کاربری و انتظاراتی که آموزشگیر در طی عمر کاری خود باید برآورده سازد، نظام آموزشی جداگانه‌ای دارد که تعریف جامع و توجیه هدفهای حال و آینده را مشخص می‌سازد و روشهای اجرایی، نیل به اهداف را نیز تعیین می‌کند [۵].

با آنکه تمام دوره‌های آموزشی هدفمند هستند، بعضی از این دوره‌ها، علاوه بر درجه تحصیلی نوع اشتغال را نیز در یک دامنه معین تعیین می‌کنند. پزشکی، دندانپزشکی، مهندسی و حقوق از این نوع دوره‌ها محسوب می‌شوند، این درجه‌های تحصیلی کاملاً کاربردی هستند و الزامی در استفاده از پسوندهایی نظیر کاربردهای آنها وجود ندارد. بخش اعظم مبانی آموزشی این دوره‌ها به اشتغال و تمرین بر اساس واقعیتها، مربوط و بر محور حل مسائل واقعی، کارآموزی و کارورزی استوار می‌شود [۵، ۶].

در هر یک از مجموعه‌های شغلی، رده‌ها و مراتب کاری گوناگونی وجود دارد که هر مرتبه نظام آموزشی خاص خود را دارد و معمولاً نباید، نظامهای آموزشی آنها را در هم ادغام یا مشابه‌سازی کرد [۷]. در فعالیتهای فنی به طور عام، سه مرتبه شغلی کارگران، تکنسین‌ها، مهندسان و مدیران وجود دارد که ارتقا در داخل هر مرتبه با تجربه و آموزشهای ضمن کار انجام می‌گیرد، ولی ارتقا از یک مرتبه به مرتبه دیگر، فقط از طریق دوره‌های آموزش کلاسیک و با نظام آموزشی خاص آن مرتبه امکان‌پذیر است، نمودار (۱).

در نمودار (۱)، در گروه اول کارگران قرار دارند که آموزش خاص این مرتبه را عموماً به صورت رفتاری گذرانده‌اند و در اثر کسب تجربه و بازآموزی، امکان ارتقا تا مرحله استادکاری را دارند. در بالاترین مرتبه مهندسان قرار می‌گیرند که در مراکز فنی تا سطح تصمیم‌گیری پیش می‌روند. بدترین اشتباه آن است که نظام آموزشی این سه گروه، در هم ادغام شود. این اشتباه، که از نظر اقتصادی و کارایی توجیه‌پذیر نیست، عموماً از تفکرات صنعتی قرون ۱۷ و ۱۸، مقابله

استادکاران حرفه‌ای با مهندسان جدید و مطالعه پدیده‌های استثنایی و عدم تعریف کامل اهداف آموزشی، ناشی می‌شود [۸، ۹، ۱۰، ۱۱]. بنابراین، اولین گام در تدوین و تألیف نظام آموزشی، تعریف کامل و هدفمند شغلی آموزشگیران، بر اساس نیازهای واقعی و حقیقی جامعه یا صنعت، پس از خاتمه تحصیلات کلاسیک دانشگاهی است. آموزش عالی برای تربیت نیروی انسانی مرتبه سوم نیز از گروههای آموزشی مختلف تشکیل می‌شود، در داخل هر گروه نیز رشته‌ها و گرایشهای مختلف و مقاطع آموزشی متفاوت (کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکترا) وجود دارد که با اندک تغییراتی در تمام جهان شرایط، یکسانی دارند [۹]، ولی در توجیه طبقه‌بندیهای گروهها، رشته‌ها و مقاطع تحصیلی نکات اساسی و مهمی وجود دارد که باید به عنوان اصل پذیرفته شود.




**نمودار ۱ طبقه‌بندی مراتب شغلی در فعالیتهای فنی [۷]**

این اصول عبارتند از:

الف: گروهها، رشته‌ها، گرایشها و مقاطع مختلف تحصیلی، فقط برای یک طبقه‌بندی صوری و حداکثر اداری به وجود نیامده‌اند و هر یک موظف هستند به پاره‌ای از نیازهای واقعی حال و آینده پاسخ دهند. با توجه به آنکه نیازهای واقعی جوامع نوصنعتی و در حال توسعه با نیازهای کشورهای پیشرفته صنعتی متفاوت است، برنامه‌های آموزشی مهندسی نیز در ایران بایستی بر اساس نیازمندیهای کشور، در حال و آینده، طراحی و اجرا شود.

ب: هر یک از طبقه‌بندیها و مقاطع آموزشی هدف معینی دارد و آموزشگیر را برای دامنه‌ای معین از فعالیتهای شغلی پرورش می‌دهد.

پ: نیاز به نیروی انسانی از لحاظ کمی و کیفی در گرایشها و مقاطع تحصیلی مد نظر قرار می‌گیرد و بررسی جامعی در مورد آنها به عمل می‌آید.

ت: برای تعیین استعداد داوطلب و پذیرش در رشته‌ها و گرایشهای مختلف، آزمون و سنجش مناسبی به عمل می‌آید.

ث: امکانات مورد نیاز برای هر یک از رشته‌ها و گرایشها، نظیر استاد، فضای آموزشی، فضای آزمایشگاهی، کتابخانه، نشریات علمی، تجهیزات کمک‌آموزشی و شبکه‌های اطلاعاتی تعریف شده است و این امکانات وجود دارند.

علاوه بر پذیرش اصول کلی فوق، هر رشته یا گرایش از نظر محتویات آموزشی، نحوه آموزش و ارتباط آموزش با واقعیتها با توجیه علمی مطلوب و شرایط آموزشی خاص تعریف شده است که الزاماً با رشته یا گرایش دیگر یکی نیست. به طور مثال، نظام آموزشی هنر نمی‌تواند با نظام آموزشی فیزیک یکسان باشد و نظام آموزشی کشاورزی با نظام آموزشی مهندسی یا پزشکی متفاوت است. از طرف دیگر، چون نیازها و امکانات جامعه دایماً در حال ارتقا و تغییر است، بازنگری مستمر در برنامه‌های آموزشی به عنوان یک ضرورت بنیادی همواره مطرح است.

چون در ترجمه و تشریح مطالب، اختلاف نظرهای فراوانی وجود دارد، مقصود از نظام آموزشی در این مقاله، مجموعه عوامل مؤثر بر آموزش هستند که به طور خلاصه عبارتند از:

۱. دانشجو (استعداد، قابلیتهای فیزیکی، تعداد)؛

۲. نحوه پذیرش (آزمون کتبی، مصاحبه، استعدادسنجی)؛

۳. موضوعهای درس (تنوع، تعداد، ارزش، زمان و ارتباط دروس)؛

۴. نحوه و روش آموزش (اثباتی، تحقیقی، استنتاجی، تحلیلی، گزارشی، رفتاری و ...)؛

۵. روشهای ارزشیابی؛

۶. استاد (توانایی، تجربه، احاطه علمی و عملی، علاقه‌مندی و تعهد به آموزش ...)؛

۷. امکانات (کتابخانه، آزمایشگاه، کارگاه، کامپیوتر و ...)؛

۸. خدمات و آموزشهای جنبی (کارآموزی، کارورزی، بازدید، اطلاع‌گیری، بررسی و تحقیق).

## ۲. دامنه آموزش مهندسی مواد

هر چند قرنهای دور با نام مواد نامگذاری (عصر سنگ، عصر سفال، عصر مفرغ، عصر آهن و ...) و عصر حاضر نیز با نام مواد همراه شده است (قرن آلومینیم، قرن کامپوزیت، عصر مواد هوشمند، عصر مواد مهندسی شده و ...)، آموزش مهندسی مواد به عنوان یک گروه و رشته آموزشی مستقل، محصول قرن بیستم است [۱۱]. تا مدتها وظیفه آموزش مهندسی مواد یا علم مواد را فیزیکدانان، شیمیدانان و مهندسان مکانیک بر عهده داشتند [۱۲]. از طرف دیگر در طول تاریخ، ریخته گران، سفال‌سازان و آهنگران به صورت سنتی و در چهارچوب فعالیتهای صنفی و بر اساس نظام استاد - شاگردی و بر محور رفتاری به تربیت شاگران می‌پرداختند [۱۳].

با تحولات قرن بیستم و نیازهای روزافزون به شناخت و توسعه مواد مهندسی، بتدریج زمینه برای آموزش مهندسی مواد به صورت مستقل فراهم شد، و از همان ابتدا نظام آموزشی آن تحت تأثیر فیزیکدانان و شیمیدانان یا تحت تأثیر مهندسان مکانیک و گاه تحت تأثیر استادکاران فنی قرار گرفت که هنوز هم تأثیر آن نگرش‌های چندگانه در آموزش مهندسی مواد مشاهده می‌شود. با بررسی دامنه آموزش مهندسی مواد، مشخص می‌شود که چندگانگی فوق، اگرچه در ماهیت مهندسی مواد نهفته است، اگر در نظام هماهنگ و مشخصی تعریف نشود، در آینده نیز ادامه خواهد یافت. شایان ذکر است که نقش فیزیکدانان و شیمیدانان در توسعه مواد جدید سنتزی بسیار مهم و تجربیات ارزنده تکنسین‌ها و استادکاران در آموزش مهندسی بسیار مغتنم است و لذا هدف از درج مطالب فوق توجیه روشهای آموزشی است و نه عدم نیاز به استادان علمی یا عملی.

دامنه آموزش مهندسی مواد را می‌توان در مفاهیم زیر جستجو کرد:

**الف: علمی**

مهندسی مواد که ریشه در علوم کلاسیک دارد، در جایی که طیفهای مرئی علوم تمام می‌شود با ارائه مفاهیم علمی - کاربردی نظیر شیمی - فیزیک، ترمودینامیک، متالورژی فیزیکی و ... آغاز می‌شود [۱۴].

درک این واقعیت که:

بین اجزای تشکیل‌دهنده یک جسم (طبیعی یا انسان ساخته) قوانینی وجود دارد که قابل کشف است و با کشف آنها زمینه گسترش مواد جدید فراهم می‌شود، زمینه قوی علم در مهندسی مواد را

مشخص می‌سازد.

**ب: مهندسی**

هر جسم انسان‌ساخته دارای شکل، طراحی و مهندسی ویژه خود است. مهندسی مواد در جایی تمام می‌شود که طیفهای مرئی و بارز مهندسی طراحی آغاز شده است [۱۴].

درک این واقعیت که:

خواص و کارایی یک جسم علاوه بر ساختار و ترکیب، تحت تأثیر شکل هندسی آن است که زمینه قوی مهندسی طراحی در مواد را نمایان می‌سازد.

**پ: فن‌آوری**

تولید مواد، بر حسب اتفاق، ابتکار و یا دانش، عرصه زندگی بشر را متحول ساخت، و از همان ابتدا این تفکر وجود داشت که با تغییر شرایط و تغییر فرایند، بسیاری از خواص و کارایی‌ها نیز تغییر می‌کند، به طوری که خواص مواد را هیچ گاه نمی‌توان مستقل از فن‌آوری و فرایند تولید آنها مطالعه کرد.

درک این واقعیت که:

شرایط اعمال شده (دما، زمان، فشار، کار، حرارت و ...) و چگونگی اعمال آنها بر اساس قوانینی است که باید کشف شود و گسترش یابد، زمینه‌های قوی فن‌آوری، سنتز و تحلیل روشها را در مهندسی مواد بارز می‌سازد [۱۵].

**ت: تولید**

تأثیرهای چندجانبه ترکیب، ساختار، طراحی مواد و فرایندهای تولید محصول، نشانگر پراکنش خواص محصول در تولید مهندسی مواد است و لذا آموزش آن مستلزم توجه کامل به مبانی تولید و کنترل، شبیه‌سازی مجازی طراحی مواد، فرایندهای فراوری و تولید و مدیریت فنی است.

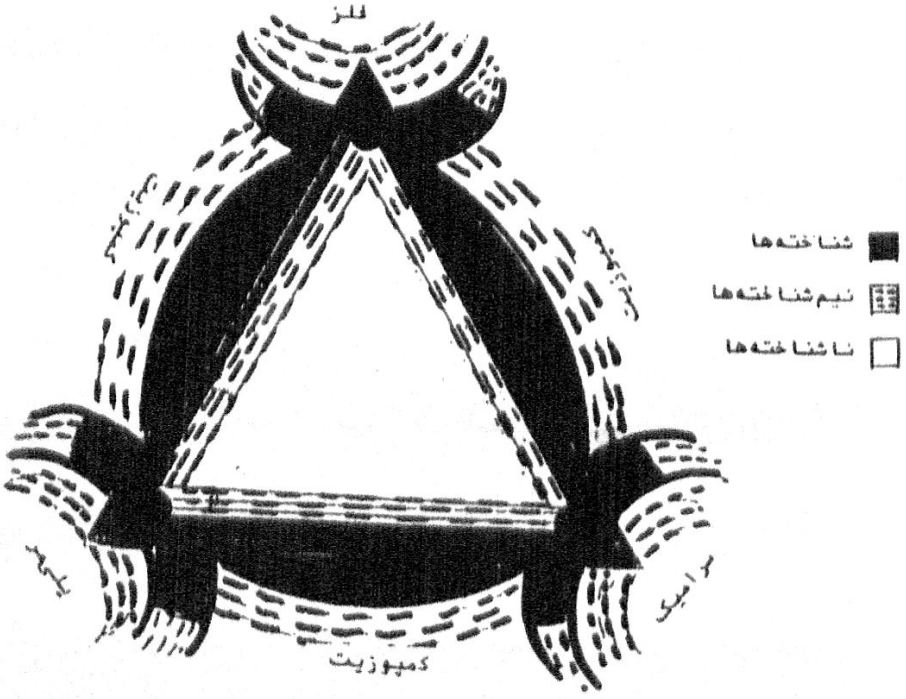
درک این واقعیت که:

تولید محصولات مشابه و تکرارپذیری تولید و محصول و کوتاه کردن فاصله بین طراحی و تولید، انعطاف‌پذیری فرایندهای تولید، قیمت و کیفیت، زمینه‌های اصلی تولید در مهندسی مواد را

مشخص می‌سازد.

**ث: پژوهش و تجربه‌های آزمایشگاهی**

مواد، هسته مرکزی و اصلی رشد، پیشرفت، تکامل، امنیت، بهسازی و توانایی انسان است که ریشه در طبیعت آفرینش دارد و فقط با تکیه بر دانش و پژوهش می‌توان آنها را شناخت و کشف کرد و از طرف دیگر، با طراحی، فراوری، ساخت و کاربرد محصولات "انسان‌ساخته" در ارتباط است که آن را نیز پایانی نیست. در نمودار (۲) مثلث مواد، نشان داده شده است. واقعیت آن است که میزان موادی که در آینده کشف خواهد شد، بسیار بیشتر از دانسته‌های امروزی است و از این رو آموزشگیران مهندسی مواد، چنانچه بستر آن فراهم شود، باید ظرافت و قابلیت کشف، کاربرد و تولید مواد آینده را دارا شوند [۷، ۱۶].




نمودار ۲ دامنه مهندسی مواد

بین ترکیب، ساختار، طراحی مواد و محصول، فرایندهای تولید، خواص، کاربری و افزایش عمر محصول، ارتباطات اساسی وجود دارد که بسیاری از این پدیده‌ها باید کشف شوند و حتی کشف‌شده‌ها نیز باید مجدداً شناخته شوند، شناخت و کشف پیوندهای فوق، اساس پژوهش و تجربه‌های آزمایشگاهی در حوزه علم و مهندسی مواد را تشکیل می‌دهد.

علاوه بر ۵ زمینه فوق، مفاهیم دیگری نیز وجود دارد که در عرصه آموزش مهندسی، به طور کلی مورد نظر قرار می‌گیرند. این مفاهیم را می‌توان در اخلاق و اقتصاد مهندسی به صورت زیر خلاصه کرد:

● **انسانی**

درک این واقعیت که هرگونه پیشرفت باید در جهت ارتقای جامعه و سلامت انسان باشد، از این رو رسوخ مفاهیمی چون عدم آلودگی محیط زیست، روانشناسی محیط کار و بازگشت ضایعات به چرخه تولید، اجتناب‌ناپذیر است. لذا پذیرش مفهوم تولید پایدار یا توسعه پایدار در کشور و تعهد مهندسان به طراحی مواد، فن‌آوری و تولید سازگار با محیط زیست، یک ضرورت اساسی است.

● **اجتماعی**

درک این واقعیت که انجام کار گروهی، شناسایی و ارتباط با مراتب شغلی بالاتر و پایین‌تر و دیگر تخصصها، عملاً زیربنای اجتماعی آموزش مهندسی را در برمی‌گیرد و از این رو تأثیر مفاهیمی چون جامعه‌شناسی، تاریخ انسان، تاریخ صنعت، هنر و مدیریت بارز می‌شود، مهمتر آنکه یک فرد باید بتواند عملکرد توأمان عضویت در یک گروه و رهبری گروه دیگر را در خود بارور سازد. همان طور که قبلاً گفته شد، مهندسی فعالیتی در جهت تأمین نیازهای جامعه است و بنابراین نمی‌تواند بدون در نظر گرفتن جنبه اجتماعی و جامعه‌شناختی، مطرح شود.

● **اقتصادی**

رقابتهای جهانی بر محور توجیه اقتصادی، کیفیت، قیمت و سوددهی قرار دارد. لذا مباحث اقتصاد مهندسی، تجارت و موقعیت فعالیتهای صنعتی - تجاری در مهندسی از اهمیت زیادی برخوردار است.

و بالاخره توانایی در جذب و انتقال، توانایی مدیریت و رهبری و درک ارزشهای هنری، به عنوان یک صفت عمومی مهندسی، باید در آموزش مهندسی مواد مد نظر قرار گیرد. مهمتر آنکه با توجه به گستردگی و پیشرفتهای آینده در تمام زمینه‌های مهندسی، باید صفات خود مطالعه کردن، خود استنتاج کردن و خود انتخاب کردن به گونه‌ای در آموزش راه یابد، که به صورت شخصیت و

اخلاق مهندسی در دانشجو تبلور یابد.

## ۳. پیشنهادهایی برای نظام آموزش مهندسی مواد

با توجه به مجموعه مطالب فوق و طبقه‌بندیهای انجام شده، عوامل مؤثر در نظام آموزشی مهندسی مواد، باید بررسی و در هر مورد تصمیم‌گیری شود.

### ۱.۳. دانشجو و نحوه پذیرش

با ترسیم سیما و دامنه آموزش مهندسی مواد، این نتیجه حاصل می‌شود که مهندسی مواد، در میان رشته‌های مهندسی، نزدیکترین رشته به علوم است. از طرف دیگر ارزش و وابستگی این رشته به طراحی و خلاقیت، عملاً آن را در گروه رشته‌های مهندسی قرار می‌دهد و به عبارت دیگر می‌توان گفت، مهندسی مواد در میان رشته‌های علوم، نزدیکترین رشته به مهندسی طراحی (مکانیک) است. در مرحله سوم، درک ارزشهای کاری، مهارت در توسعه فرایند و ارتباط با دیگر گروهها و رشته‌ها، مهندسان مواد را به تکنولوژیست‌ها، بسیار نزدیک می‌کند. درک ارزشهای تحقیقاتی علمی و توسعه‌ای نیز چهره شاخص دیگر مهندسی مواد را تعیین می‌کند که همراه با عوامل عمومی مهندسی، وظایف سنگینی را برای مهندسی مواد حاصل می‌کند، نمودار (۳).

نمودار ۳ وظایف و رابطه‌های شغلی مهندسی مواد

بنابراین، انتخاب دانشجویان و تشخیص استعدادهای آنان از مهمترین ویژگیها در نظام آموزش مهندسی مواد محسوب می‌شود که با توجه به دامنه استعدادها [۱]، دانشجویان این رشته باید از میان بهترین استعدادهای ممکن در کشور انتخاب شوند. سنجش این استعدادها مشتمل بر نکات زیر است:

۱. داشتن زیربنای قوی در علوم پایه نظیر شیمی، فیزیک و ریاضیات (چپ مغزی قوی)؛

۲. درک ارزشهای هنری و خلاقیت و استعداد خلق و ابتکار (راست مغزی قوی)؛

۳. سرعت انتقال قوی، به منظور درک نوآوری‌ها و رسوخ آنها در مواد جدید، فرایندهای جدید و ...؛

۴. خودآموزی و خوداستنتاجی قوی که لازمه تمام زمینه‌های مهندسی است؛

۵. درک ارزشهای اجتماعی، انسانی و هنری؛

۶. قابلیت ایجاد ارتباط کتبی و شفاهی؛

۷. و بالاخره تعهد حرفه‌ای، مسئولیت‌پذیری و آمادگی برای کار گروهی که در تمام رشته‌های مهندسی مشترک است.

آیا شرایط پذیرش دانشجوی مهندسی مواد، در حال حاضر نیازهای فوق را برآورده می‌سازد؟ این پذیرفتنی است که در میان دانشجویان فعلی و فرهیختگان دوره‌های قبل، افرادی با ویژگیهای فوق وجود دارند، ولی در هر حال باید برای پذیرش دانشجو تمهیدات جدیدی اندیشیده شود.

**جدول ۱ پذیرش دانشجو در سال ۱۳۷۵ در شته‌های مهندسی [۱۷].**

**(آمار دانشجویان آزاد در دست نبود)**

| مقطع /رشته | برق | شیمی | عمران | معماری | کامپیوتر | صنایع | مکانیک | معدن | نفت و پتروشیمی | نمایی * | مواد | جمع |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| کارشناسی | ۳۰۰۱ | ۴۷۱ | ۳۰۴۹ | ۵۶۴ | ۱۹۳۳ | ۲۱۲۶ | ۲۳۰۱ | ۵۷۸ | ۳۶۴ | ۷۴۵ | ۷۳۶ | ۱۵۸۷۶ |
| کارشناسی ارشد | ۴۷۰ | ۱۹۹ | ۴۳۵ | | ۶۴ | ۳۰۵ | ۶۴ | ۴۱ | ۱۷ | ۲۰۵ | ۱۳۲ | ۱۹۳۲ |
| دکترا | ۴۰ | ۲۱ | ۲۵ | ۱۱ | | ۵ | ۲۰ | - | - | ۱۸ | ۹ | ۱۴۹ |
| جمع | ۳۵۱ | ۶۹۹ | ۳۵۰۱ | ۵۷۵ | ۱۹۹۷ | ۲۴۳۶ | ۲۳۸۵ | ۶۱۹ | ۳۸۱ | ۹۶۸ | ۸۷۷ | ۱۷۹۵۷ |

* (هوافضا، صنایع دریایی، مهندسی پزشکی، مهندسی هسته‌ای و مهندسی نساجی)

از طرف دیگر، تعداد پذیرش دانشجو بر اساس نیاز کشور، باید مورد مطالعه و تحقیق جدی قرار گیرد. این موضوع فقط به مهندسی مواد مربوط نیست، بلکه به کل پذیرش دانشگاهها ارتباط دارد و در رشته‌هایی که در ارتباط مستقیم با شغل بعد از فرهیختگی است (مهندسی، پزشکی، حقوق و ...)، اهمیت موضوع چندین برابر می‌شود، بنابر یک اصل، بیکاری در جامعه یک درد و ناهنجاری اجتماعی است، ولی بیکاری یک متخصص فاجعه است و فاجعه‌بارتر بیکاری یک متخصص از تخصص خود می‌باشد. در حالت سوم، بی‌اعتمادی به بنیانهای آموزش و تحقیق، مانعی بزرگ برای هرگونه گسترش و توسعه علمی و بنیادی خواهد بود.

نگاهی آماری به پذیرش دانشجو در سال ۱۳۷۵ در آزمون سراسری [۱۷]، در دوره کارشناسی و مقایسه آن با پاره‌ای از کشورها [۱۸]، روند غیرعلمی بر مبنایی غیر از نیاز واقعی کشور را نشان می‌دهد، (جدول ۲). در مقایسه جدولها، به رشد فن‌آوری، تولید ناخالصی داخلی و چرخه خارج شدن متخصصان از شغل (بازنشستگی) نیز باید توجه شود.

**جدول ۲ مقایسه آماری پاره‌ای از کشورها در پذیرش دانشجوی مهندسی [۱۸]**

**میانگین سال‌های ۱۹۹۱ تا ۱۹۹۳**

| نام کشور | جمعیت (میلیون نفر) | علوم و کامپیوتر (هزار نفر) | مهندسی (هزار نفر) | جمع (هزار نفر) | دانشجوی مهندسی / صدهزارنفر جمعیت |
|---|---|---|---|---|---|
| اتریش | ۷/۶ | ۱/۲ | ۱/۱ | ۲/۳ | ۰/۰۱۴ |
| بلژیک | ۱۰ | ۱/۳ | ۴/۶ | ۵/۹ | ۰/۰۴۶ |
| فرانسه | ۵۸ | ۳۴/۸ | ۱۶/۶ | ۵۱/۴ | ۰/۰۲۸ |
| آلمان | ۷۸ | ۱۷/۲ | ۳۱ | ۴۸/۲ | ۰/۰۴۰ |
| انگلستان | ۵۷ | ۲۵/۶ | ۲۲/۵ | ۴۸/۱ | ۰/۰۳۹ |
| آمریکا | ۲۵۰ | ۹۵/۶ | ۷۸/۸ | ۱۷۴/۴ | ۰/۰۳۱ |
| ژاپن | ۱۲۳ | ۱۴/۲ | ۸۷/۴ | ۱۰۱/۴ | ۰/۰۷۱ |

در آمریکا برای سال ۱۹۹۰، آمار جالبی در دست است که علاوه بر نمایش نسبتهای پذیرش در رشته‌های مختلف مهندسی [۱۹]، شرایط ویژه مهندسی مواد را نیز بارز می‌سازد. جدول (۳) خلاصه آماری از پذیرش و تعداد دانشجو در سال ۱۹۹۰ را نشان می‌دهد.

علاوه بر تصحیح روش پذیرش و تدوین نظام سیاستگذاری برای تعیین تعداد دانشجوی ورودی در برنامه‌های ۵ ساله، نکته مهم دیگری که باید مد نظر قرار داد، ترغیب بهترین استعدادها برای انتخاب رشته مهندسی مواد است.

جدول ۳ آمار دانشجویان رشته‌های مختلف مهندسی در پاییز ۱۹۹۰ در آمریکا [۱۹]

| رشته | کارشناسی | | | | تحصیلات تکمیلی | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | پذیرش سال اول | | کل دانشجویان | | کارشناسی ارشد | دکترا | مجموع |
| | تعداد | درصد | تعداد | درصد | تعداد | تعداد | |
| برق | ۱۶۴۲۵ | ۱۷/۴۱ | ۸۲۸۸۳ | ۲۴/۵۰ | ۱۱۶۳۳ | ۷۶۰۲ | ۱۹۲۳۷ |
| شیمی | ۴۹۰۷ | ۵/۲۰ | ۲۰۰۴۸ | ۵/۹۲ | ۲۱۴۶ | ۳۲۱۸ | ۵۳۶۴ |
| عمران | ۷۱۸۲ | ۷/۶ | ۳۶۰۸۱ | ۱۰/۶۵ | ۵۰۶۳ | ۲۵۷۷ | ۷۶۴۰ |
| معماری | ۷۳۸ | ۰/۷۸ | ۲۶۰۱ | ۰/۷۷ | ۳۹ | – | ۳۹ |
| کشاورزی | ۴۲۴ | ۰/۴۵ | ۱۵۵۸ | ۰/۴۶ | ۳۱۳ | ۳۰۶ | ۶۱۹ |
| کامپیوتر | ۵۲۴۶ | ۵/۵۶ | ۲۰۸۷۸ | ۶/۱۶ | ۴۶۱۹ | ۲۹۸۳ | ۶۴۳۷ |
| صنایع | ۱۵۷۸ | ۱/۶۷ | ۱۳۹۱۰ | ۴/۱ | ۳۲۰۱ | ۱۰۷۹ | ۴۲۸۰ |
| مکانیک | ۱۳۰۱۵ | ۱۳/۸۰ | ۶۴۴۷۵ | ۱۹/۰۳ | ۶۵۷۰ | ۴۶۷۴ | ۱۱۲۴۴ |
| هوا-فضا | ۴۷۹۶ | ۵/۰۸ | ۱۷۱۶۲ | ۵/۰۶ | ۱۶۵۱ | ۱۰۷۱ | ۲۷۲۲ |
| دریایی | ۵۳۱ | ۰/۵۶ | ۲۰۹۸ | ۰/۶۲ | ۲۶۵ | ۱۸۵ | ۴۵۰ |
| معدن | ۲۴۵ | ۰/۲۶ | ۱۱۰۴ | ۰/۳۳ | ۴۹۱ | ۳۹۸ | ۸۸۹ |
| مهندسی پزشکی | ۹۰۲ | ۰/۹۶ | ۳۵۲۸ | ۱/۰۴ | ۹۷۲ | ۶۹۰ | ۱۶۶۲ |
| مهندسی عمومی | ۵۴۴۷ | ۵/۷۷ | ۱۱۸۳۹ | ۳/۴۹ | ۳۷۰ | ۲۲۶ | ۵۹۶ |
| علوم مهندسی | ۸۰۷ | ۰/۸۶ | ۴۳۰۲ | ۱/۲۷ | ۸۵۱ | ۱۲۲۴ | ۲۰۷۵ |
| هسته‌ای | ۳۲۵ | ۰/۳۵ | ۱۳۸۰ | ۰/۴۱ | ۴۴۱ | ۶۳۳ | ۱۰۷۴ |
| نفت | ۶۰۶ | ۰/۶۴ | ۱۵۳۰ | ۰/۴۵ | ۲۴۵ | ۱۷۴ | ۴۱۹ |
| مهندسی بدون مشخص شدن رشته اصلی و سایر رشته‌ها | ۳۰۶۱۹ | ۳۲/۴۵ | ۴۹۰۲۰ | ۱۴/۴۶ | ۴۰۱ | ۷۱ | ۴۷۲ |
| مواد | ۵۵۳ | ۰/۵۹ | ۴۴۴۵ | ۱/۳۱ | ۱۵۴۳ | ۲۲۴۷ | ۴۷۹۰ |
| جمع | ۹۴۳۴۶ | ۱۰۰ | ۳۳۸۸۴۶ | ۱۰۰ | ۴۲۴۱۵ | ۳۰۰۴۱ | ۷۲۴۵۶ |

با توجه به سابقه دیرینه رشته‌های مهندسی نظیر عمران، برق، الکترونیک، معماری و مکانیک در ایران، کاملاً مشخص است که به استثنای تعداد معدودی که با شناخت ماهیت مهندسی مواد به این رشته وارد می‌شوند، سایر پذیرفته‌شدگان، این رشته را پس از رشته‌های فوق انتخاب می‌کنند، از این رو شناساندن رشته مهندسی مواد، ترغیب داوطلبان برای انتخاب این رشته از مسائل مهم برنامه‌ریزی نظام آموزشی مهندسی مواد است. از طرف دیگر، با توجه به آنکه تعداد مورد نیاز در این رشته بسیار کمتر از تعداد دانشجویان رشته‌های شناخته شده سایر رشته‌های مهندسی است و با توجه به شرایط اجتماعی داخل کشور، می‌توان به تمهیدات جدیدی اندیشید. یکی از راههای ترغیب داوطلبان حایز شرایط به این رشته در کنار کاهش منطقی تعداد پذیرفته‌شدگان، تبدیل دوره کارشناسی به کارشناسی ارشد بر طبق ضوابط خاص است که می‌تواند انگیزه بالایی را برای انتخاب این رشته فراهم آورد.

### ۲.۳. موضوعهای درسی

با توجه به ماهیت مهندسی مواد و دامنه آموزشی آن، طبقه‌بندی موضوعهای درسی، خود نیازمند تحقیقات مستقلی است. در یک روند تحقیقاتی که به مدت ۲ سال اجرا شده است [۲۰]، از ادغام دروس پایه نظیر ریاضیات، فیزیک، دینامیک در یک درس با عنوان مبانی علمی مهندسی ۱ و همچنین ادغام دروسی نظیر شیمی، فیزیک و متالورژی با عنوان مبانی علمی مهندسی ۲، گزارشهای موفقیت‌آمیزی ارائه شده است.

در آموزش مهندسی مواد در حال حاضر، نظیر سایر رشته‌های مهندسی، ۴ گروه درسی، عمومی، علوم پایه، اختصاصی و تخصصی ارائه می‌شود که دروس مربوط به هر گروه در دپارتمان‌ها و گروههای آموزشی خاص خود تدریس می‌شود، دروس عمومی و علوم پایه بیش از ۱/۵ سال از دوره آموزشی اولیه را شامل می‌شود. به عبارت دیگر، دانشجویان در بدو ورود به دانشگاه، در دپارتمان‌هایی آموزش می‌بینند که با روش آموزش و محتوای کلی دروس آن آشنایی دارند. به همین دلیل تغییرات اساسی و نوآوریهای مورد انتظار پذیرفته‌شدگان در برنامه‌های دانشگاهی مشاهده نمی‌شود. از طرف دیگر، ویژگیهای مهندسی مواد، ایجاب می‌کند که پذیرفته‌شدگان این رشته، تا قبل از آنکه انسجام فکری، آموزشی و مطالعاتی مطلوبی پیدا نکرده‌اند در دپارتمان خود به آموزش بپردازند.

بنابراین پیشنهاد می‌شود:

الف: هرچه ممکن است تنوع دروس کمتر شود و دروس به گونه‌ای طراحی شوند که از مجموعه مرتبط مطالعاتی، آزمایشگاهی، گزارشی و تحقیقاتی تشکیل و تحت سرپرستی یکی از استادان حایز شرایط و با همکاری گروهی از اعضای هیئت علمی به آموزش آنها پرداخته شود.

ب: دروس علوم پایه، با نگرشی کاملاً کاربردی دوباره تعریف شوند، این دروس به دلیل وابستگی شدید به مبانی علمی مهندسی مواد، نظیر ترمودینامیک، شمیی فیزیک یا متالورژی فیزیکی، به سهولت قابلیت تجدیدنظر دارند و می توان دروس علمی پایه‌ای نظیر اصول مهندسی مکانیک مواد و اصول مهندسی فیزیک مواد ... را به جای آنها تعریف کرد [۲۰].

پ: دروس تخصصی در یک مجموعه کلی با تکیه بر مبانی علمی، تاریخ تحولات، انواع فرایندها و اقتصاد مهندسی و همچنین فعالیتهای آزمایشگاهی، کارگاهی، بازدید و حتی کارآموزی تعریف شوند [۲۱].

ت: با توجه به آنکه شبیه‌سازی تولید مجازی فرایندهای مهندسی مواد، در طراحی مواد و فرایند آن نقش اساسی دارد، دروس باید به گونه‌ای طراحی شوند که در ارتباط هماهنگ با شبیه‌سازی و پایه‌های ریاضیات مقدماتی آن باشند و در پایان هر موضوع درسی، طراحی یا کنترل به وسیله کامپیوتر به عنوان جزیی از آزمون پایانی محسوب شود.

ث: به طور کلی برنامه‌ریزی به گونه‌ای باشد که دانشجو در بدو ورود به طور تمام وقت در دپارتمان مواد یا دانشکده‌های مربوط به آن فعالیت کند.

به عنوان یک نتیجه گیری کلی به دلیل آنکه دروس کوچک و مجزا از هم، عملاً استقلال نسبی درس و مدرس را فراهم می‌آورد و در بسیاری از موارد، کاربری‌های دروس در یکدیگر شناخته نمی‌شوند، گروههای آموزشی (نه به مفهوم گروههای آموزشی کنونی) تعریف شوند که در هر گروه مجموعه‌ای از اعضای هیئت علمی و کادر آموزشی آزمایشگاهها، با کمک یکدیگر یک مجموعه علمی یا تخصصی را ارائه می‌کنند و به طور کلی این اصل پذیرفته شود که هیچ درسی به طور انتزاعی عملاً نمی‌تواند نتایج مطلوبی حاصل کند.

### ۳.۳. روش و نحوه آموزش

یکی از مهمترین اصول در نظام آموزشی، روش و نحوه تدریس است. با توجه به مفاهیم مورد نظر

در این مقاله، تمام موضوعهای درسی، باید به نحوی تدریس شوند تا نتایج مورد انتظار به دست آید.

نظام آموزشی مهندسی مواد از نظر نحوه و روش تدریس، جامع تمام نظامهای علمی، رفتاری، طراحی و گزارشی است که به دلیل اجتناب از تکرار مطالب، اختصاصاً "نظام آموزشی مهندسی مواد" نامیده می‌شود.

شاخصهای عمده این نظام در نحوه تدریس عبارتند از:

الف: تمام موضوعهای درسی (حتی زمینه‌های علمی) از نظر توجیه و حل مسائل، ویژگیهای چندجوابی دارند که بر اساس تحلیل و مزیت‌های اختصاصی در شرایط مختلف یکی از جوابها، می‌تواند انتخاب شود و در این انتخاب رأی و نظر دانشجو و روند تحلیلی برخورد با مسائل، بسیار مهم است.

ب: تمام مثالها و روندهای طراحی، محاسباتی و استنتاجی، از شرایط واقعی الهام می‌گیرند، هرچند در حل مسائل ممکن است بسیاری از عوامل، مجهول یا متغیر باشند [۱].

پ: هر یک از دروس در مراحل مختلف با توجه به شرایط آزمایشگاهی، کارگاهی و یا مطالعاتی که حضور دانشجو در آنها موثر است، به نتیجه می‌رسند و بنابراین مفاهیم درسی در کلاس فقط آغاز می‌شوند و در مراکز و مراجع دیگر تداوم می‌یابند.

ت: دروس تخصصی در حالی که از قوانین کلی فوق پیروی می‌کند، با بازدید از مراکز صنعتی، تحقیقاتی و تهیه گزارشهای گروهی دانشجویان تکامل می‌یابد.

ث: سوژه‌های طراحی و انتخاب با توجه به دروس اختصاصی پیش‌نیاز در تمام مراحل جزء لاینفک دروس تخصصی محسوب می‌شوند [۲۲]. در این مورد بهره گیری از سیستمهای پیشرفته شبیه‌سازی، الزامی است.

ج: با توجه به آنکه از تعداد دروس کاسته می‌شود، هر درس با پروژه‌های میانی به صورت پروژه‌های بررسی و تحلیل یا پروژه‌های تحقیقاتی همراه و تکمیل می‌شود.

چ: علاوه بر حضور مؤثر دانشجو در تمام زمینه‌های فوق به عنوان تمام‌کننده، حضور استادان و گروه مدرسان نیز در تمام موارد به عنوان راهنمای قضاوت کننده بارز است.

ح: ارزشیابی نهایی دروس، بر محور تمام فعالیتهای مشروح فوق انجام می‌شود.

## ۴. نتیجه گیری

نظام آموزشی مهندسی مواد، یک نظام کاملاً علمی، رفتاری طراحی، تحقیقی و مطالعاتی است، که اختصاصاً به نام خود آن نامگذاری می‌شود. عامل محوری در تدریس، تلاش در ایجاد عادت فکری عملی و تشکیک‌های تحقیقاتی و مطالعاتی است و پذیرش دانشجو با توجه به استعدادهای مورد انتظار انجام می‌شود.

ایجاد زمینه‌های علمی، رفتاری، آزمایشگاهی و تحقیقاتی، موجب می‌شود که آموزش مهندسی مواد گرانترین نوع آموزش محسوب شود. در پاره‌ای از آمارها، هزینه سرانه جاری آموزش مهندسی مواد تا ۱۰ برابر آموزش سرانه بسیاری از رشته‌های دیگر علوم و مهندسی گزارش شده است [ ]. افزایش چنین هزینه‌هایی در سرمایه گذاریهای ثابت این رشته نیز قابل پیش‌بینی است.

انتخاب بهترین استعدادها برای این آموزش، به تشویق و ترغیب عوامل محرکه نیازمند است و مهمترین عوامل محرکه در درجه تحصیلی و مشاغل بعد از فرهیختگی خلاصه می‌شود.

در صورت تشویق این محرکات، دوره آموزشی با تکیه بر نظام پیشنهادی، محرکه‌های دیگری را که برای بقا و پیشرفت رشته و فرهیختگان آن ضرورت دارد، تأمین می‌کند. که از میان آنها می‌توان به محرکه‌های کاوش‌گری، محرکه خلق و نوآوری و محرکه ظهور ارتباط، اشاره کرد.

## مراجع


۱. جلال حجازی، پرویز دوامی، غلامحسین دانشی، افسر سیار، ناصر توحیدی، محمود احمدزاده هروی، کمال جانقربان، فلسفه و اهداف آموزش مهندسی مواد، نامهٔ فرهنگستان علوم، شمارهٔ ۲، سال ۲، ۱۳۷۴.

۲. همان مقاله ویژه‌نامه ریخته گری، شماره ۵، سال ۱۷، زمستان ۱۳۷۵.

3. J.S. Fairweather and K. Paulsom, Teaching and Research in Engineering Education, Int. J. of Engineering Education, No. 3, **8**(1993) pp. 175-183.

۴. امان‌الله صفوی، تعلیم و تربیت جهانی در قرن بیستم، انتشارات وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی، ۱۳۶۶.

۵. گاستون بالاره، تاریخ جهانی آموزش و پرورش، جلد دوم، ترجمه: محمدرضا شجاع‌رضوی، معاونت فرهنگی آستان قدس، ۱۳۷۱.

6. J. Robinson, Keeping Engineering and Science Students on Course, JOM, March

**43**(1991) pp. 29-39.

7. F.J. Alaya, The Case for Scientific Litracy, World Science Report UNESCO Publishing, 1996.

۸. جان برنال، علم در تاریخ، جلد اول، ترجمه: اسد هرانفر - کامران خانی، انتشارات امیرکبیر، ۱۳۵۴.

۹. نصرت‌الله صفی‌نیا - الما داودیان، آموزش عالی در جهان - دبیرخانه یونسکو، انتشارات ۱۳۷۰.

۱۰. و. ف. کانل، تاریخ آموزش و پرورش در قرن بیستم، ترجمه: حسن افشار، نشر مرکز، ۱۳۶۸.

11. B.B. Argen and I.C. Ross, Education in Materials Disciplines for the 1990's, Metal and Materials, November 1992, pp. 606-612.

12. International Compress on the Development of Technical and Vocational Education, Final Report, Berlin, 1987.

۱۳. ابراهیم فیوضات، تحولات نظام استاد - شاگردی، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، ۱۳۷۲.

14. L.C. Kaounides, Materials Science and Engineering, World Science Report, UNESCO Publishing, 1996.

15. M.E. Schlesinquer and D.E. Mikkola, Design Education in Metallorgical and Materials Engineering, JOM, December, **45**(1993), pp. 11-19.

16. L.V. Azaroff, The Key to the Future of Materials Interdisciplinary, JOM, February, **43**(1991), pp. 27-41.

۱۷. آمار آموزش عالی ایران ۷۶-۷۵، گروه پژوهش‌های آماری و انفورماتیک، تیرماه ۱۳۷۶.

18. R. Herman, Science and Engineering Report Western Europe, World Science Report, UNESCO Publishing, 1996.

19. R.A. Ellis, Engineering and Engineering Emrollment 1990, Engineering Education, May No. 5, **8**(1991), pp. 408-419.

20. D.H. Thomas and A. Lowley, Drexel's Project, An Enhanced Educational Exp. in Engineering, JOM, March **42**(1991), pp. 39-50.

21. K. Bahttachery and V.V. Mundke, Designing Imeractive Teaching Education, Int. J. of Engineering Education, No. 2, **8**(1992) pp. 154-167.

22. D.A. Wodford, Preparing Materials Engineering Students for Design, JOM, March, **42**(1990), pp. 25-34.

(تاریخ دریافت مقاله: ۷۸/۷/۲۱)