

بستر سازی برای آموزش مهندسی مکترونیک در مقطع کارشناسی

مهدی بامداد^۱

چکیده: مکترونیک رشته‌ای متشکل از مهندسی مکانیک، مهندسی برق، و علوم رایانه است. اساس اولیهٔ محث مکترونیک برای دانشجویان دورهٔ کارشناسی قابل درک است. ظرفیت کامل مکترونیک در صورتی محقق می‌شود که از همان نقطهٔ آغاز نگاهی تلفیقی داشته باشیم. در مقایسه با مباحث درسی مرسوم مهندسی، که به علوم گرایش دارند و یا تحلیل محور هستند، مکترونیک باید از چنین تقسیم‌بندیهای سرسختانهٔ مهندسی امتناع کند. از آن جایی که مکترونیک در فرایند تکاملی در ایران در وضعیتی بی‌شکل است، از این رو، مؤسسات آموزشی باید تغییرات یکسانی را هر چه سریعتر در مباحث درسی ایجاد کنند. بنابراین اهداف این مقاله به دو بخش قابل تقسیم است؛ اول خلاصه کردن مفاهیم مکترونیک بر اساس گردآوریها یا آنچه در مؤسسات آموزشی و محیطهای صنعتی در کل دنیا دایر است و ارائهٔ تعریفی جامع و جدید، دوم، پیشنهاد طراحی محور برای مواد درسی بر اساس تعریف جدید مکترونیک.

واژه‌های کلیدی: آموزش مهندسی مکترونیک، برنامهٔ کارشناسی، گسترش برنامهٔ آموزشی

۱. استادیار دانشکده مهندسی مکانیک و مکترونیک، دانشگاه شاهرود، شاهرود، ایران. bamdad@shahroodut.ir

(دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۱۱/۱۹)

(پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/ ۹/۱۲)

۱. مقدمه

امروزه توسعه صنعت و فناوری با رشد علوم مرتبط، مرزهای اختصاصی بین‌رشته‌ای مهندسی را کمرنگ کرده است. گسترش حوزه‌های فعالیت مشترک مهندسی سبب ایجاد زمینه‌های تخصصی بین‌رشته‌ای شده است و بسیاری از دروس هرچند با دیدگاه‌های متفاوت، در چارچوب رشته‌های مستقل ارائه شده است.

مکاترونیک رشته‌ای متشکل از مهندسی مکانیک، مهندسی برق، و علوم رایانه است. واژه مکاترونیک، ترکیبی از «مکا» برگرفته از واژه مکانیک و «ترونیک» برگرفته از واژه الکترونیک است. این ترکیب اولین بار توسط مهندس تسوروموری ژاپنی از شرکت یاسکوا در سال ۱۹۶۹ ابداع و جایگزین واژه سیستم‌های الکترومکانیکی شد. مهندسی مکاترونیک به‌عنوان رشته تحصیلی در سال ۱۹۸۳ در ژاپن برای پاسخ به نیاز صنایع روز دنیا ایجاد شد. این رشته تحصیلی بین‌رشته‌ای سعی دارد نگاهی یکپارچه داشته باشد.

تمرکز آموزش مهندسی در دانشگاه‌های نظامی از قرن هجدهم تا قرن بیستم و قبل از جنگ جهانی اول بر کارگاه‌های عملی بود. نیاز صنعت بعد از جنگ جهانی تغییراتی در حرفه مهندسی ایجاد کرد. تحقیقات و نوآوری لزوم استفاده از تئوریها و تحلیلهای ریاضی را ایجاب کرد. این امر با مهاجرت دانشمندان و رقابت فضایی تقویت شود. به این ترتیب روشهای تحلیلی، جایگزین روشهای تقریبی شدند که به کاربرد مهندسی نزدیک‌تر بودند. هدف از تعلیم مهندسی مکاترونیک، علاوه بر گسترش دانش فنی و ایجاد ارتباط میان مباحث مهندسی، آموزش و تقویت متخصصان تازه‌کار است تا با پویایی، توانایی‌هایشان را به سمتی هدایت کنند که نیازهای بازار کار را برآورده کنند؛ کار گروهی، انگیزه، ابتکار، مدیریت و انعطاف.

مکاترونیک را می‌توان راهی نو برای به دست آوردن منافع رقابتی در بازار جهانی محسوب کرد. چراکه مکاترونیک ظرفیت نمایاندن مفاهیم نوظهور مهندسی را دارد. این مفاهیم می‌تواند الهام‌بخش طراحیهای خلاق، پرورش تحولات مدیریتی، و تقویت روحیه همکاری در متن داد و ستدهای رقابتی باشد.

اهمیت آموزش مکاترونیک، هیئت‌تحریریۀ مجله بین‌المللی آموزش مهندسی^۱ را بر آن داشت تا یک شماره از مجله را به آخرین نظرات آموزش مکاترونیک تا سال ۲۰۰۳ اختصاص دهد [۱]. مکاترونیک در دنیا به‌ویژه در کشورهای پیشرفته صنعتی گسترش یافته و توسط مؤسسات و صنایع کاملاً پذیرفته شده است. اگرچه امر ارتقا آموزش مکاترونیک در سطح وسیع‌تر نیازمند همکاری میان

دولتها، مراکز صنعتی و مراکز آموزشی است اما امروزه شاهدیم که مکترونیک بسیاری از مواد آموزشی مهندسی را دربرمی‌گیرد.

گفتنی است آموزش، با بسترسازی کارساز است. برای دانشجویانی که در نظام آموزشی ایران دروس مجزایی در دانشکده‌های مکانیک و برق می‌گذرانند، طرزفکر خاص نشأت گرفته از مفاهیم مکترونیک در مواجهه با سیستم‌های پیچیده قابل‌درک نیست. زمانی می‌رسد که مهندسین مکانیک در صنایع مختلف، باید بدانند چگونه حسگر یا پردازنده‌ای برای کنترل قطعات متحرک به سیستم مکانیکی اضافه کنند. برای تحقق این امر برنامه‌ریزی دقیق باتوجه به ساختارهای آموزشی مهندسی موجود در کشور ضروری است. بنابراین اهداف این مقاله به دو بخش تقسیم می‌شود:

- خلاصه کردن مفاهیم مکترونیک، براساس گردآوری‌های موجود در مؤسسات آموزشی و محیط‌های صنعتی در کل دنیا؛
- پیشنهاد مدلی فراگیر برای مواد درسی براساس تعریف مکترونیک.

۲. مقطع تحصیلی در آموزش مکترونیک

باتوجه به ساختار بین‌رشته‌ای مکترونیک، ابتدا دوره‌های پیشرفته در مقاطع تحصیلات تکمیلی ارائه شد [۲ و ۴] که این روند به مرور، برای معرفی ابتدایی این رشته در دوره‌های کارشناسی تغییر کرد سپس تجربه نشان داد که اصول اولیه مکترونیک برای دانشجویان دوره کارشناسی [۵ و ۱۴] و حتی دبیرستان نیز قابل‌درک است [۱۵ و ۱۶]. دوره‌های مکترونیکی که در آن دانشجویان با انجام پروژه‌های مختلف مفاهیم را فرامی‌گیرند، در این مراجع توصیف شده است.

بررسی این تحقیقات نشان می‌دهد که نه‌تنها در بحث آموزش در مقطع کارشناسی، بلکه در مقطع کارشناسی ارشد، اولویت با مطالعات آزمایشگاهی است. بنابر خصوصیت میان‌رشته‌ای این حوزه توجه به این نکته، نقش بسزایی در ارتقا کیفیت آموزش دارد. در این مقاله مقطع کارشناسی مدنظر است و هدف سیاستگذاری برای سرفصل این مقطع تحصیلی است.

۳. نیاز به تلفیق و هم‌افزایی

مکترونیک یک ترکیب هم‌افزایانه از مهندسی مکانیک، الکترونیک، رایانه، سیستم‌های کنترل و فناوری اطلاعات است. این درحالی است که عموماً مباحث درسی مرسوم مهندسی یا به علوم گرایش دارند و یا تحلیل‌محورند، و دانشجو را فردی می‌انگارد که بر آن رشته خاص تمرکز کرده است. در مقایسه با چنین شیوه تحصیلی که فقط در یک دانشکده یا گروه، بدون آگاهی از آنچه در صنعت رخ می‌دهد، آموزش مکترونیک باید تفاوتی بنیادی داشته باشد.

برای دستیابی به این مهم لازم است که درجهت تقویت ساختار میان‌رشته‌ای مکاترونیک، کوشش‌های بیشتری در زمینه همکاری‌های بیناگروهی و دانشکده‌ای، تعاملات صنعتی و کار گروهی صورت گیرد.

باید اذعان داشت که آموزش مکاترونیک توجه بسیاری را به خودش جلب کرده و در آینده‌ای نه چندان دور تعداد زیادی از مواد آموزشی مهندسی را دربرمی‌گیرد. پیشرفت‌ها در حوزه رایانه، برق و مکانیک باعث شده محصولات با سطح پیچیدگی و انعطاف بالا تولید شود. بنابراین بخش‌های تشکیل‌دهنده عمیقاً با یکدیگر تلفیق شده و به هم وابسته‌اند. مهندسِ کاردانی که در حیطه مکاترونیک کار می‌کند یک تلفیق‌گر عالی است. او می‌تواند بهترین بخش از هر علم یا فناوری را استخراج کرده و دانشی ارائه دهد که در راستای ساخت محصول نهایی باشد.

۴. مکاترونیک و ساختار برنامه درسی در دنیا

۴.۱. رویکرد مطلوب در آموزش جدید

با نگاهی کلی به تعاریف برنامه درسی، مشاهده می‌شود که از آن به‌عنوان محتوا، موضوع مسئله، برنامه، تجربه، سیستم، و رشته تحصیلی یاد می‌شود. دید امروزی به برنامه آموزشی متشکل از مفاهیم سنتی و معاصر است. نگاه سنت‌گرایان به برنامه آموزشی مبنی بر آن است که محتوای برنامه باید طوری طراحی شود که موضوعهای محوری و مهارت‌های ضروری در آن گنجانده شود؛ بنابراین مدل دانشگاهی هم‌افزایی در تعارض با نگاه سنتی به آموزش مهندسی قرار می‌گیرد.

امروزه روش‌های مرسوم مهندسی محدود اجرا شده و نیاز به مهندسی چندرشته‌ای در عرصه صنایع آشکار شده است. به این ترتیب مکاترونیک شدیداً اصول آموزش مهندسی را تحت‌تأثیر قرار داده است، و با ارائه مدل چندرشته‌ای، برنامه درسی مرسوم مهندسی را به تعادلی تازه می‌رساند.

بسیاری از برنامه‌ها و دوره‌های جدید مکاترونیک در دهه اخیر طراحی شده است. مهندسی مکانیک و یا مهندسی برق در دوره‌ها و سرفصل‌ها، اصالت دارند. اینجاست که، مکاترونیک به‌عنوان یک طرح بین‌رشته‌ای، جایگزین برنامه‌های آموزشی رشته‌های مرسوم در تمام کشورهای توسعه‌یافته می‌شود.

تمایز دیگر محتوای آموزش جدید مکاترونیک، با آموزش کلاسیک مهندسی، تدبیر و پیش‌بینی درجهت ایجاد هسته‌های مهندسی در طول دوران تحصیل دانشجویان است. در سرفصل‌های متداول، که در ایران هم بسیار رایج است، دانشجویان کارشناسی پس از گذراندن دروس سنگین پایه نظیر ریاضی و فیزیک برخلاف داشتن دیدگاه فیزیکی، با مجموعه دروس پراکنده مهندسی مواجه می‌شوند که از دیدگاه دانشجویان ارتباط مفاهیم در ابتدا بسیار دشوار می‌نماید. در این راستا، دانشگاه

تگراس برنامه درسی سازمان یافته‌ای تحت عنوان A&M/NSF را جایگزین برنامه درسی متداول مهندسی پیشنهاد می‌کند [۱۷]. از آنجا که، دروس مکاترونیک از رشته‌های مهندسی مستقل گردآوری شده است، معرفی و اعمال این رهیافت جامع در آموزش مهندسی مقطع کارشناسی مکاترونیک بسیار مهم است.

هسته مهندسی سازماندهی شده در این رهیافت عبارت است از تحلیل سیستمها، اصول پایستگی محاسباتی و مدل سازی. شیوه تجمیعی دروس این امکان را به برنامه ریزان درسی می‌دهد تا با حذف عناوین و محتوای تکراری، بدون کاهش ارزشی آموزش مهندسی تعداد کل واحدهای درسی را کاهش دهند [۱۸].

۲.۴. نمونه‌های قابل استناد کارشناسی مکاترونیک

در بسیاری از دانشگاههای دنیا، مبانی مکاترونیک به عنوان دروس مرسوم مهندسی تدریس می‌شود. در اکثر موارد میزان آموزش مکاترونیک به یک تا دو درس خلاصه شده است [۱۹ و ۲۰]. تعدادی از کتابهای درسی منتشر شده با موضوع مکاترونیک هم این نظر را تأیید می‌کند؛ یعنی هدف اصلی دستیابی به مفهوم کلی بوده است نه تمرکز بر زمینه‌های مکاترونیک [۲۱ و ۲۲]. امروزه بنا به ضرورت‌های موجود، متصدیان آموزش مهندسی به این دروس بسیار محدود اکتفا نکرده بلکه پا را فراتر نهاده و دوره‌های مخصوص مهندسی مکاترونیک را پایه‌ریزی کرده‌اند. در این بین می‌توان روشهای مختلفی برای اجرای دوره‌های مکاترونیک ارائه و طراحی کرد. برای نمونه، اضافه کردن دروسی از مهندسی برق، علوم رایانه و تئوری کنترل به طرح درس موجود مهندسی مکانیک و یا تحصیل دانشجویان مهندسی برق در دوره‌های مهندسی مکانیک و رشته مکاترونیک. مسئله این است که در این بین، کدام روش با ساختار دانشگاهی ما تطابق بیشتری دارد. به عبارت دیگر چه کسانی و با چه تواناییهایی می‌توانند عهده‌دار پیشرفت و توسعه نسل بعدی سیستمهای مکاترونیکی باشند.

ایالات متحده آمریکا

از نخستین دانشگاههای دنیا که پیشنهاد تحصیل در رشته مکاترونیک را مطرح کرده‌اند می‌توان به دانشگاه ایالتی کالیفرنیا، دانشگاه ایالتی کارولینای شمالی و دانشگاه ایالتی کلرادو اشاره کرد.

باتوجه به رویکرد این سه دانشگاه در زمینه آموزش مکاترونیک به این پرسش پاسخ داده می‌شود که از میان مهندسان برق، رایانه و یا مکانیک کدام یک متولی دانش مهندسی مکاترونیک هستند.

نگارندگان کتاب «معرفی مکاترونیک و سیستمهای اندازه‌گیری» از دانشگاه کلرادو به پیشرو بودن مهندسان مکانیک آموزش‌دیده در الکترونیک اذعان دارند. چراکه در پروژه‌های مکاترونیک، مهندسان مکانیک درک درستی نسبت به سفتی، اصطکاک و اثرات آن روی عملکرد ماشین دارند و معمولاً نسبت به مهندسين برق بهتر قادر به حل مشکلات نرم‌افزار مرتبط با ماشین هستند [۱۹ و ۲۱].

کرایگ باتوجه‌به گستردگی انضباط مهندسی مکانیک همین اعتقاد را در ساخت سیستمهای فیزیکی دارد و سیستمهای الکترونیکی و کنترل را به‌عنوان بخش افزودنی به طراحی مکانیکی می‌داند [۲۰]. از این‌رو باتوجه‌به فضای حاکم بر حوزه مکاترونیک و نیازمندیهای رشته، دانشکده‌های مکاترونیک در دنیا در بسیاری از موارد تنها یک عضو دارد و یا از اعضای تشکیل شده‌اند که ترجیح می‌دهند مهندسی مکانیک را وارد حوزه مکاترونیک کرده و توسعه دهند [۲۳].

هدف، تربیت دانشجویانی است که هم مهندسی مکانیک باشند و هم دانش پایه‌ای در زمینه مهندسی برق و علوم رایانه داشته باشند [۲۴].

در نتیجه، با توجه به اینکه غالباً مهندسی مکانیک اصیل‌تر فرض می‌شود، مفیدترین روش آموزش افزودن دوره‌هایی از مهندسی برق، علوم رایانه و تئوری کنترل به طرح درس فعلی مهندسی مکانیک است.

ادعای مطرح‌شده و طرح پیاده‌سازی شده در دانشگاههای آمریکا بر مبنای نظرات شورای ارزشیابی مهندسی و فناوری است. علاوه‌بر امتیاز قدمت و اعتبار دانشگاهی و بنا به دلایل قانع‌کننده‌ای نظیر تشابه نظام آموزشی کشور با آمریکا، استفاده از نظام امتیازدهی استاندارد ABET برای آموزش مکاترونیک در کشور لازم‌الاجرا است.

کانادا

اولین دوره کارشناسی مکاترونیک در کانادا در دانشگاه واترلو برگزار شده و از سال ۲۰۰۳ با پذیرش ۱۲۰ دانشجو همراه بوده است. این دوره موجب افزایش چشمگیر همکاری گسترده بین سه دانشکده مهندسی مکانیک و مکاترونیک، برق و رایانه و طراحی سیستمها شده است. این دوره در پاییز ۲۰۱۴ با افزایش ۴۵ دانشجوی جدید به ظرفیت پذیرش ۱۶۵ دانشجوی کارشناسی خواهد رسید. دانشجویان در طول دوره درسی چهارساله، نیمی از سالهای دوم و سوم را در دانشکده برق و رایانه می‌گذرانند. البته باتوجه‌به ارتباط این دانشگاه با صنایع خودروسازی، رویکرد سیستمهای مکاترونیکی هم تجهیزات هوشمندی نظیر سیستمهای ترمز است [۲۵].

در دانشگاه یوبی سی (بریتیش کلمبیا) فقط دانشجویان سال دوم مجازند دروس اختصاصی به کارشناسی مکترونیک را بگذرانند. اگرچه تعداد ۸ درس برای این دانشجویان کم است اما دانشجویان دانشکده مهندسی مکانیک، باید پایان‌نامه خود را با موضوع مرتبط با مکترونیک انتخاب کنند [۲۶].

انگلستان

دانشگاه ساوت‌مپتون انگلستان از پیشگامان حوزه مکترونیک است. دو سال نخست از دوره چهارساله کارشناسی کاملاً با مهندسی مکانیک مشترک است. دانشجویان سال سوم نیز برای پروژه باید دروس مرتبط با حوزه مهندسی برق و رایانه را بگذرانند. در نهایت دانشجویان سال چهارم در قالب چند تیم روی پروژه طراحی کار می‌کنند [۲۷].

در دانشگاه اسکاتلندی گلاسگو، دوره در دانشکده مکانیک برگزار می‌شود. سال اول و دوم به مطالعه ریاضیات پایه، محاسبات عددی و اصول مهندسی مکانیک و برق شامل دینامیک، الکترونیک دیجیتال و آنالوگ و علم مواد پرداخته می‌شود. در سال سوم مجموعه دروس طراحی در اولویت است. طراحی سیستم‌های الکترونیک، سیستم‌های کنترل و برنامه‌ریزی و نیز طراحی‌های مکانیکی. در سال آخر هم دروس تخصصی رباتیک و مکترونیک با تمرکز بر دیدگاه یکپارچه ارائه می‌شود و کار پاره‌وقت دانشجوی مهم است [۲۸].

۳.۴. درس طراحی خلاق

در آینده بسیار نزدیک مهندسين مکانیک باید به‌طوری آموزش دیده باشند که مهندس مکترونیک تلقی شوند. همچنین مهندسی مکترونیک با چارچوبهای مطرح جای مهندسی مکانیک کلاسیک را خواهد گرفت. با اشاره به اینکه غالباً مهندسی مکانیک در حوزه مکترونیک اصیل تر فرض می‌شود، این روش نه تنها مفیدترین روش آموزش مهندسی مکترونیک را تبیین می‌کند بلکه فلسفه‌ای جدید در آموزش مهندسی مکانیک کلاسیک را نیز مطرح می‌نماید. اضافه کردن دروسی در هسته طراحی می‌تواند به تدوین برنامه‌ریزی آموزش نوین مهندسی مکانیک کمک کند. موضوعات فرایند طراحی، مفاهیم ابتدایی مکترونیک، ارتباطات فنی، و همچنین کار در محیط‌های گروهی می‌تواند بستر ساز یک سرفصل مکترونیک باشد. به‌عنوان نمونه، درس تصمیمات و طراحی خلاق با کد ME2110 در دانشگاه صنعتی جرجیا تدوین شد و ارائه بسیار موفق داشت [۲۹]. در این درس به دانشجویان فرصت داده شد تا بتوانند از طریق فعالیتهای عملی در گروه‌های طراحی، بدون محدودیت، و با رعایت اصول اولیه مکترونیک، طراحی را تمرین کنند. درس تصمیمات و طراحی خلاق در فهرست دروس طراحی سال دوم ادغام شد. در نهایت اهداف ذیل با این درس تحقق یافت [۳۰]:

- تدریس روشهای طراحی مکانیکی؛

- تدریس مهارت‌های ارتباطات فنی؛
- توسعه مهارت‌های پایه ساخت و ماشین‌کاری؛
- معرفی مفاهیم مکاترونیک؛
- معرفی مفاهیم نیوماتیک؛
- گسترش مهارت‌های کار تیمی در پروژه مهندسی؛
- تولید یک دستگاه مکاترونیکی.

۵. سرفصل‌های مرتبط داخلی

در این بخش به دو مورد از سرفصل‌های مرتبط اشاره می‌شود. رویکرد اتخاذ شده آن است که نقایصی که در این سرفصل‌ها برای گسترش حوزه مکاترونیک مشاهده می‌شود، می‌تواند در جهت ایجاد بستری مناسب برای طرح‌ریزی دوره کارشناسی مهندسی مکاترونیک استفاده شود. شایان ذکر است که این مقاله به بحث پیرامون لزوم استقلال رشته مکاترونیک در مقطع کارشناسی نمی‌پردازد بلکه با فرض دلایل متقن برای این کار، چگونگی ارتقای کیفیت آموزش را بررسی می‌کند.

عموماً در دنیا برنامه درسی مکاترونیک در مقطع کارشناسی، گرایش‌های رباتیکی دارد. دوره کارشناسی مهندسی رباتیک مورخ ۸۱/۲/۲۹ در شورای عالی برنامه‌ریزی تصویب شد. مهندسی رباتیک برای پاسخ به نیاز صنعت در طراحی، تولید، نگهداری و تعمیرات ربات‌ها شکل گرفته است. اگرچه اقتضای رشته باتوجه‌به‌عنوان آن، تمرکز بر رباتیک است اما این امر دروس تخصصی و به‌ویژه اختیاری را تحت‌تأثیر قرار داده است. برای نمونه، در سرفصل رباتیک دانشگاه شاهرود به بسته درسی رایانه شامل هوش مصنوعی و بینایی، علی‌رغم اهمیت آن در مباحث رباتیک، بها داده نشده است [۳۱]. در این مقاله مجال پرداختن بیشتر و نقد برنامه درسی رباتیک در مقطع کارشناسی نیست.

اگرچه برنامه درسی مکاترونیک شامل دروس تخصصی رباتیک است، اما برای دانشجویانی که صرفاً محدود به مطالعه پیرامون یک ربات در آزمایشگاه هستند و در بهترین وضعیت سیستم آموزشی ایران، دروس مجزایی در دانشکده‌های مکانیک و برق می‌گذرانند، درک مفهوم مکاترونیک سخت است.

مکاترونیک به‌عنوان طرز فکری خاص در مواجهه با سیستم‌های پیچیده امروزی، عملاً با بازی با مقاومت و یا چرخ‌دنده‌ها محقق نمی‌شود و به برنامه‌ریزی دقیق مطابق با ساختارهای آموزشی مهندسی موجود در کشور نیاز دارد. سرفصل مکاترونیک باید به‌گونه‌ای باشد که توانایی دانشجویان را به سمت کار گروهی، انگیزه، ابتکار، مدیریت و انعطاف‌پذیری تولید هدایت کند.

از طرف دیگر، برای برنامه‌ریزی آموزش نوین مهندسی مکانیک در ایران توصیه‌هایی شده است [۳۲]. استخدام اعضای هیئت‌علمی با تخصص‌های جدید و تشویق استادان به توسعه مهارت‌ها، تجدیدنظر در برنامه درسی و ایجاد گرایش‌های متنوع با پشته‌های آزمایشگاهی جدید می‌تواند به آموزش در حوزه مکترونیک نیز کمک شایانی کند.

شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری مورخ ۸۸/۱۰/۱۹ مشخصات کلی، برنامه آموزشی و سرفصل دروس دوره کارشناسی رشته مهندسی مکانیک در گروه فنی و مهندسی را بازنگری کرد. اگرچه این برنامه از تاریخ تصویب به مدت پنج سال قابل اجرا بوده و پس از آن نیازمند بازنگری مجدد است، اما به نظر می‌رسد که ساختار به‌روزرسانی شده مهندسی مکانیک حوزه‌های مختلف را به خوبی پوشش می‌دهد؛ به نحوی که دروس تخصصی انتخابی مکترونیک بسته‌ای از دروس مهندسی مکانیک را در مقطع کارشناسی به خود اختصاص داده است.

بسته دروس انتخابی مکترونیک مجموعاً ۱۱ درس دارد: دو درس عملی - نظری رباتیک و آزمایشگاه، سیستم‌های هیدرولیک و نیوماتیک و آزمایشگاه و همچنین تک درس آزمایشگاه کنترل اتوماتیک است. البته نیاز به یادآوری است که باتوجه به اهمیت تجربه عملی در افزایش میزان یادگیری، دروس آزمایشگاهی نادیده گرفته شده است؛ کما اینکه فرایند یادگیری را نیز لذت‌بخش‌تر می‌کند. پروژه‌های مکترونیک در بسیاری از زمینه‌ها تجربه‌های عملی مرتبط و جذابی فراهم می‌کند که با هدف یادگیری عمیق، درجهت فراگیری دانش تلفیقی است.

اگرچه اشاره به اصالت غالب مهندسی مکانیک در حوزه مکترونیک می‌تواند به یک روش آموزش مهندسی مکترونیک منجر شود اما نباید مهندسی مکترونیک را فقط منحصر به مهندسان مکانیک دانست. از طرفی آنها باید به‌طوری آموزش دیده باشند که در حوزه مکترونیک صاحب‌نظر باشند.

۶. سرفصل پیشنهادی مکترونیک

با تحلیل تاریخچه بیان‌شده در قالب محورهای توسعه رشته، پیشنهاد ریزدرس برای آموزش مکترونیک در مقطع کارشناسی با پشته برنامه‌ریزی آموزشی مطرح می‌شود.

۶.۱. ساختار برنامه درسی

از آنجا که مهندسی مکترونیک پیوسته به سوی تکاملی پویا در حرکت است، این مفهوم هم‌اکنون در ایران، در وضعیتی بی‌شکل و ازهم‌گسسته باقی مانده است. از این‌رو، مؤسسات آموزشی باید تغییراتی یکسان را هرچه سریع‌تر در مباحث درسی ایجاد کنند.

در این مقاله، بنا به توصیه‌ها و پیشنهادهای استادان دانشگاه‌های تراز اول دنیا در تأسیس و راه‌اندازی رشته‌های مکترونیک و همچنین سرفصل‌های مرتبط در کشور، پیشنهادهایی برای تعیین و

تألیف محورهای سرفصل دروس مهندسی میکاترونیک در مقطع کارشناسی در دانشگاههای ایران ارائه می‌شود. این محورها اصول تلفیق و هم‌افزایی را برای این رشته کاملاً در نظر گرفته است. برای میکاترونیک در ایران نیز به تبع سایر دانشگاههای دنیا، با توجه به ساختار بین‌رشته‌ای، ابتدا دوره‌های پیشرفته در مقطع تحصیلات تکمیلی راه‌اندازی شد. در این مقاله سرفصل دروس مقطع کارشناسی مدنظر است. تصور بر آن است که دانشجویان در ترمهای اول مهندسی به دلیل نداشتن تجربه کافی قادر به درک و به‌کارگیری مفاهیم میکاترونیکی نیستند. اگرچه این مسائل در مورد مباحث پیشرفته میکاترونیک صدق می‌کند، اما مستندات نشان می‌دهد که اساس اولیه مبحث میکاترونیک برای آنها دشوار نیست. آنچه در این مقاله مورد بحث قرار می‌گیرد، چگونگی طرح و چیدمان مباحث میکاترونیک برای دانشجویان مقطع کارشناسی است. با استناد به بخشهای گذشته، ساختار برنامه درسی در شکل ۱ ترسیم شده است. برنامه درسی در سه سطح مشخص شده است. از دیدگاه میکاترونیک، طراحی هر سیستم فیزیکی، با تلفیق و نگاهی آگاهانه به کنترل، الکترونیک و رایانه امکان‌پذیر است.

۲.۶. مقایسه تطبیقی

اخیراً دانشگاهها برخلاف حالت متمرکز گذشته که ملزم به اجرای تصمیمات شورای عالی برنامه‌ریزی بودند، برای بازنگری در برنامه درسی اختیاراتی دارند. این امر در عمل موجب می‌شود که کارگروه‌های مختلف و بعضاً نامرتب درون دانشگاهی تصمیم‌گیرنده باشند. تنوع این کارگروه‌ها و جلسات اداری نتیجه‌گیری در زمان مطلوب را سخت کرده است. اگر کار کارشناسی و مقایسه‌های تطبیقی در گروه‌های مربوطه توسط مراجع ذی‌صلاح تأیید شود، روند بازنگری و تغییر و تدوین برنامه درسی سریع‌تر صورت می‌گیرد.

بنابراین هر برنامه‌ریزی جدید آموزش عالی باید با برنامه‌های مراکز معتبر جهانی منطبق باشد. از طرفی مرجعیت برنامه‌های درسی با ملاکهای ارزشیابی جدید در راه توسعه و اصلاح دانشگاههای آمریکا و اروپا انکارنشده است. در این بخش، در یک نگاه، سهم دروس مهندسی میکاترونیک در چندین دانشگاه تحلیل شده است. مقایسه تطبیقی سهم دروس در نیمسالهای طول دوره در جدول ۱ نمایش داده شده است. سه دانشگاه زیر به ترتیب شمارگان در جدول ذکر شده‌اند:

- دانشگاه سیمون فریزر در کانادا دوره چهارساله کارشناسی میکاترونیک را در دانشکده سیستمهای میکاترونیکی برگزار می‌کند. این دانشکده از وجود استادان ایرانی بهره‌مند است [۳۳]؛

- دانشگاه لیدز، رتبه چهارم در مهندسی مکانیک و رتبه هفتم در مهندسی برق را در انگلستان دارد. به‌عنوان نمونه‌ای از دانشگاههایی که رشته کارشناسی میکاترونیک در دانشکده برق اجرا

شده است. فهرست دروس نشان می‌دهد که علی‌رغم محل برگزاری دوره، به دیدگاه مکترونیک توجه شده است [۳۴]؛

• دانشکده مکانیک در دانشگاه استرالیایی کاتین که وظیفه برگزاری دوره کارشناسی را برعهده داشته است [۳۵].

شایان ذکر است که واحدهای مرتبط با پروژه، مدیریت و علم اقتصاد در بخش دروس تلفیقی طرح کلی و دروس با مبنای شبیه‌سازی رایانه‌ای در بخش رایانه و کنترل در نظر گرفته شده‌اند. اطلاعات جدول ۱، روند اخذ دروس در طول دوره، ترکیب و جانمایی آنها برای هر سه دانشگاه مینا، شباهت معناداری نشان می‌دهد.

چهارچوب مدل طراحی محور پیشنهادشده به انضمام مقایسه تطبیقی که برای آموزش مکترونیک در نظر گرفته شده، به آموزش‌دهندگان امکان می‌دهد که برای کاستیهای موجود در برنامه کنونی خود، مجدداً اهداف و اولویتها را تنظیم و به‌روزرسانی کنند.

برای مثال، علاوه بر واحدهای نظری، آموزشهای عملی و کارگاهی نیز در برنامه‌های آموزشی گنجانده شده است. در ابتدای امر، پیاده‌سازی کامل آن برای دانشگاههایی که بستر لازم برای تحقق فضاهای آزمایشگاهی و کارگاهی ندارند، مشکلاتی به همراه دارد. اولویت‌بندی در این زمینه می‌تواند به ساختن تدریجی و هوشمندانه بستر لازم کمک شایانی کند.

۳.۶. مکترونیک یعنی راهبرد طراحی

از جایی که مکترونیک در درجه اول، راهبرد طراحی است و کار طراحی برای یک مسئله یا پروژه‌های صنعتی در گروههای ناهمگون بهتر انجام می‌شود، داشتن مباحث درسی طراحی محور، نیازهای خاص آموزشی مکترونیک را سریع‌تر و مناسب‌تر پاسخ می‌دهد. با استناد به توضیحات درس طراحی خلاق در بخش ۴ و ۳، هدف این بخش پیشنهاد مدل طراحی محور برای مواد درسی بر اساس مفاهیم مرتبط با مکترونیک است.

۴.۶. مکترونیک پروژه محور

این مباحث درسی با هدف تربیت متخصصان طراحی مکترونیک ارائه می‌شود. افرادی توانمند که قادر باشند آگاهی و نگاه جامع‌تری نسبت به جزئیات سطوح سیستم داشته باشند؛ کسانی که بتوانند طرح کلی یک سیستم کامل را به صورت طرح اولیه ارائه دهند و گروه‌های توسعه تولید را، که شامل افراد متخصص و متفاوت‌اند، به نحو مؤثری راهنمایی کنند.

طبق داده‌های مقایسه‌ای در دنیا، اغلب دوره‌های موفق مکترونیک پروژه محور هستند و پیوند محکمی با تمرینات آزمایشگاهی دارند. گواه این امر نگاهی به آموزش مکترونیک در آسیا از سال

۱۹۹۲ در دانشگاه هنگ‌کنگ است [۳۶]. تصور کلی این است که دانشجویان خلاقیت به خرج می‌دهند، برنامه می‌نویسند و محصولات مکاترونیکی تولید می‌کنند. بنابراین برای یادگیری عمیق دانش تلفیقی، باید بر برنامه‌داری و مباحث نظری همراه با آزمایش و پروژه‌های طراحی گروهی تمرکز داشته باشند.

۵.۶. مکاترونیک و مکانیک

نظام آموزشی دانشگاه‌های ایران به سبب قدمت و اعتبار دانشگاهی با دانشگاه‌های آمریکا، در بسیاری موارد شباهت دارد. می‌توان گفت درحالی‌که برنامه‌داری مهندسی برق شدیداً متمرکز و اغلب تخصصی است، برنامه‌داری مهندسی مکانیک عمومی‌تر تنظیم شده است [۲۰]. با دقت در برنامه‌های مهندسی برق و مکانیک در ایران نیز، تقدم مهندسی مکانیک در حوزه مکاترونیک بیشتر نمایان می‌شود.

۶.۶. تشریح ساختار

مبنای این ساختار دروس اصلی و تخصصی اجباری است. دروس تخصصی انتخابی (اختیاری) متناسب با زمینه تخصصی، که قطعاً از گستردگی بیشتری در زمینه مهندسی مکاترونیک برخوردار است، گذرانده می‌شود.

دوره‌های سطح پایه، بر اصول و مفاهیم اولیه تأکید می‌کند و این دروس معمولاً برای رشته‌های مهندسی است.

دوره‌های میانی، زمینه‌های اساسی برای دانش تخصصی را فراهم می‌آورند که بخش عظیمی از مهارت‌های تحلیلی و عملی را دربرمی‌گیرد. دوره‌های سطح بعدی بر اساس موضوع طراحی و ساخت مکانیکی، طراحی الکترونیکی و رایانه و کنترل دسته‌بندی می‌شود. دروسی که در قالب راهبردهای طراحی ارائه می‌شوند در این قسمت بسیار مهم‌اند. دانشجویان در این دسته از دروس باید قابلیت پروراندن موارد زیر را داشته باشند:

- درک بنیادی از تحلیل و طراحی دستگاه‌های مکانیکی و برقی؛
- درک پایه‌ای از استفاده رایانه در ارتباطات؛
- درک پایه‌ای از اصول کنترل حرکت و فرایند.

در دوره‌های پیشرفته بر کاربردهای علمی با رویکرد تلفیقی تکیه می‌شود و طراحی و توسعه محصولات مکاترونیکی با دانش سخت‌افزاری و نرم‌افزاری طراحی می‌شود. هدف اصلی همان ایجاد مهارت تلفیق در دانشجویان است. این دروس به آموزش طراحی مهندسی با دیدگاه مکاترونیکی جامعه عمل می‌پوشانند.

ساختار برنامه‌درسی به شکلی طراحی می‌شود که دوره‌ها زنجیره‌وار، با در نظر گرفتن دروس پیش‌نیاز تدریس شوند. تعامل میان دوره‌ها، دسته‌بندی و در شکل نشان داده شده‌اند. باتوجه‌به مفاهیم و اهداف عالی مکترونیک باید پذیرفت که دوره‌ای که گرایش بیشتری به طراحی نسبت به علوم یا تحلیلی محور بودن دارد به سرفصلهای ایده‌آل مکترونیک نزدیک‌تر است. توجه به اجماع حداکثری مبانی آزمایشگاههای موجود در سه دانشکده مهندسی مکانیک، مهندسی برق و حتی مهندسی رایانه مسائل تحلیلی و تمرینات آزمایشگاهی ادغام می‌شود. در پروژه نهایی از دانشجویان خواسته می‌شود که یک سیستم کامل مکترونیک که ارزش صنعتی داشته باشد، طراحی کنند. از کار گروهی در این نوع آموزش که با همکاری گره خورده است حمایت می‌شود. گروههای کوچک متشکل از دانشجویان که برای اخذ پروژه نهایی خود با استادان تعامل دارند، به‌نحوی که عملکرد گروهی در نمرات فردی دانشجو تأثیر بسزایی دارد. این مدل درسی تلاش می‌کند دانشجو را در حد مدیری مقتدر توانا کرده تا بتواند از تمام ظرفیتهای کاری مکترونیک در عرصه طراحی محصول، در محیط صنعتی، بهره‌بردار.

۷. نتیجه‌گیری

اگرچه درک مفاهیم مکترونیکی در ترمهای نخست مهندسی و یا حتی در طول مقطع کارشناسی برای دانشجویان به دلیل نداشتن تجربه کافی آسان نیست، بسترسازی مناسب در این حوزه می‌تواند کارا باشد. فارغ از مباحث پیشرفته مکترونیک، مستندات نشان می‌دهد که اساس اولیه مبحث مکترونیک برای دانشجویان دوره کارشناسی قابل فهم است.

هدف از این مقاله سرفصل دروس مقطع کارشناسی است. با استناد به برنامه‌های درسی داخل و خارج از کشور چیدمان دروس اصلی و الزامی در برنامه درسی مقطع کارشناسی بررسی شده است. مدل پیشنهادی سرفصل دروس مکترونیک در مقطع کارشناسی، راهبرد طراحی مهندسی مدرن مبتنی بر دیدگاه تلفیقی مکترونیک را در کل طول دوره لحاظ کرده است.

اشاره به اینکه غالباً برنامه درسی مهندسی مکانیک در حوزه مکترونیک اصیل‌تر فرض می‌شود [۲۴]، نه تنها برنامه درسی به‌روزرشده مهندسی مکانیک می‌تواند مفیدترین روش آموزش مهندسی مکترونیک را تبیین کند بلکه فلسفه‌ای جدید در آموزش مهندسی مکانیک کلاسیک را نیز مطرح می‌کند.



شکل ۱: طرح کلی دروس اصلی پیشنهادشده

مراجع

1. Wald, M., (Editor-in-Chief) and Kurfess, T., (Guest Editor), (2003), Special Issue on Mechatronics Education, *Int. J. of Engineering Education*, Vol. 19, No. 4.
2. Lima, M., Gomes, M.P., Putnik, G., Silva, S., Monteiro, J., and Couto, C., (2002), Mechatronics education at the University of Minho: A summary of the present; perspectives for the future, *Mechatronics*, Vol. 12, No. 2, pp. 295-302.
3. Meek, S., Field, S., Devasia, S. (2003), Mechatronics education in the Department of Mechanical Engineering at the University of Utah, *Mechatronics*, Vol. 13, No. 1, pp.1-11.

4. Ramasubramanian, M. K., Noori, M. N., and Lee, GK. (2003), Evolution of mechatronics into a graduate degree program in the United States: the NC State University Master of Science program with mechatronics concentration. *Int. J. of Engineering Education*, Vol. 19, No. 4, pp. 519–24.
5. Hargrove, J. B. (2002), Curriculum, equipment and student project outcomes for mechatronics education in the core mechanical engineering program at Kettering University, *Mechatronics*, Vol. 12, No. 2, pp. 343–56.
6. Kurfess T, Singhose W, Fortgang J. (2002), Genesis and evolution of an undergraduate mechatronics course. In: Second IFAC Conference of Mechatronic Systems.
7. Kurfess, T. R., Witzel, J. G. (2002), Using mechatronics in early design, *Mechatronics*, Vol. 2, No. 2, pp. 241–9.
8. Durfee, W. K. (2003), Mechatronics for the masses: A hands-on project for a large, introductory design class, *Int. J. of Engineering Education*, Vol. 19, No. 4, pp. 593–6.
9. Brown, N. J., Brown, O.T. (2002), Mechatronics a graduate perspective, *Mechatronics*, Vol. 12, No. 2, pp. 159–67.
10. Geddam, A. (2003), Mechatronics for engineering education: undergraduate curriculum, *Int. J. of Engineering Education*, Vol. 19, No. 4, pp. 575–80.
11. Gupta, S.K., Kumar, S., and Tewari, L. (2003), A design-oriented undergraduate curriculum in mechatronics education, *Int. J. of Engineering Education*, Vol. 19, No. 4, pp. 563–8.
12. Salami, M. J. E., Mir-Nasiri, and N., Khan, MR. (2003), Development of mechatronics engineering degree program: challenges and prospects, *Int. J. of Engineering Education*, Vol. 19, No. 4, pp. 537–43.
13. Wright, A. B. (2002), Planting the seeds for a mechatronic curriculum, UALR. *Mechatronics*, Vol. 12, No. 2, pp. 271–80.
14. Rogers, G. G. (2003), The teaching philosophy of the REAL units of a mechatronic engineering degree program, *Int. J. of Engineering Education*, Vol. 19, No. 4, pp. 515-518.
15. Robertson M, Vaughan J, Singhose W, Pastirik M, Usselman M, Llewellyn D. (2005), Involving high schools students in a university-level mechanical engineering design competition. In: *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*, p. 9039–49.
16. Kolberg, E., Reich, Y., and Levin, I., (2003), Project-based high school mechatronics course, *Int. J. of Engineering Education*, Vol. 19, No. 4, pp.557–62.
17. Richards, D. E. (2001), Integrating the mechanical engineering core. In Web) *Proceedings, 2001 Frontiers in Education Annual Conference* (pp. 77845-3405).
۱۸. محزون، مجتبی (۱۳۸۵)، معرفی رهیافتی جامع در آموزش مهندسی مکانیک، فصلنامه آموزش مهندسی /یران، سال ۹، شماره ۳۳، صص. ۷۱-۵۱.
19. Alciatore, D. and Histad, M. (1994), Mechatronics and measurement systems course at Colorado State University, *Proc. Workshop on Mechatronics Education*, Stanford, CA, pp. 7-11.
20. Craig, K., Mechatronics systems design at Rensselaer, *Proc. Workshop on Mechatronics Education*, Stanford, CA, July 1994, pp. 24-27.

21. Histand, M. B., and Alciatore, D. G. (1999), Introduction to mechatronics and measurement systems. McGraw Hill.
22. Bolton, W. (1999), Mechatronics: electronic control systems in mechanical engineering, Addison Wesley Longman Publishing, 2nd Ed.
23. Craig, K. (2001), Is anything really new in mechatronics education?, *IEEE Robotics & Automation Magazine*, pp. 12-19.
24. Grimheden, M., and Hanson, M. (2005), Mechatronics—the evolution of an academic discipline in engineering education, *Mechatronics*, Vol. 15, No. 2, pp. 179-192.
25. <http://uwaterloo.ca/mechanical-mechatronics-engineering>
26. <http://mech.ubc.ca/undergraduate-students/mechatronics/curriculum/>
27. http://www.southampton.ac.uk/engineering/undergraduate/courses/mechanical_engineering/hh37_meng_mechanical_engineering_mechatronics.page#overview
28. <http://www.gla.ac.uk/undergraduate/degrees/mechatronics/>
29. <http://singhose.marc.gatech.edu/courses/me2110/>
30. Vaughan, J., Fortgang, J., Singhose, W., Donnell, J., and Kurfess, T. (2008), Using mechatronics to teach mechanical design and technical communication, *Mechatronics*, Vol. 18, No. 4, pp. 179-186.
31. <http://shahroodut.ac.ir/fa/schools/index.php?id=S013>
۳۲. شیرانی، ابراهیم (۱۳۸۵)، ضرورت تحول در آموزش مهندسی مکانیک، فصلنامه آموزش مهندسی ایران، سال ۹، شماره ۳۳، صص. ۲۹-۵۰.
33. <http://mse.ensc.sfu.ca>
34. <http://www.engineering.leeds.ac.uk/electronic/>
35. <http://www.curtin.edu.au/>
36. Kamineni, R. P., Geddani, A., & Tso, S. K. (2000), A perspective on mechatronics education: undergraduate program at the City University of Hong Kong, Proc. *Pacific Conference on Manufacturing*, Detroit, pp. 625-630.

جدول ۱: مقایسه تطبیقی دروس و زمان بندی سه دانشگاه در کانادا - انگلستان و استرالیا

تلفیقی			الکترونیک - برق			طراحی و ساخت مکانیکی			رایانه و کنترل			پایه				
۳	۲	۱	۳	۲	۱	۳	۲	۱	۳	۲	۱	۳	۲	۱		
												۲۰			۸۰	نیمسال ۱
								۲۰							۸۰	نیمسال ۲
				۵۰			۳۰						۲۰			سال ۱
۲۰			۲۰		۲۰	۲۰		۲۰	۲۰			۲۰		۴۰		نیمسال ۳
۲۰					۲۰			۴۰	۴۰		۴۰	۲۰				نیمسال ۴
	۱۷						۵۰			۳۳						سال ۲
۲۰		۲۰	۲۰		۲۰	۲۰		۲۰	۲۰		۲۰					نیمسال ۵
۶۰		۴۰	۲۰		۲۰	۲۰		۲۰			۲۰					نیمسال ۶
	۷۰						۱۵			۱۵						سال ۳
۱۰۰		۶۰						۲۰			۲۰					نیمسال ۷
۱۰۰		۸۰									۲۰					نیمسال ۸
	۶۶			۱۷						۱۷						سال ۴