فصلنامه آموزش مهندسی ایران، سال پانزدهم، شماره ۵۸، تابستان۱۳۹۲، صص. ۱۳۴- ۱۱۳

جدایی هوا و فضا؛ رویکردی جدید در برنامه درسی کارشناسی مهندسی هوافضا

رضا اسماعیل زاده [۱]

چکیده: رشد روز افزون فناوریها و فعالیتهای فضایی در تمام کشورها موجب افزایش تقاضا در بازار نیروی کار مهندسی هوافضا با تخصص فضایی شده است. با گذشت بیش از دو دهه از آخرین بازنگری در برنامه درسی مهندسی هوافضا، لازم است با توجه به تحول فناوری بازنگری دوباره صورت گیرد. برنامه درسی فعلی بر حوزه هوایی متمرکز است و در آن به حوزه فضایی چندان توجه نشده است. در این مقاله با بررسی نقاط ضعف و قوت برنامه درسی موجود و مطالعه برنامه درسی مهندسی هوافضا در تعدادی از دانشگاههای معتبر آمریکا و همچنین، توجه به استانداردهای آموزشی جدید، برنامه آموزشی نوینی پیشنهاد شده است که به دانشجویان امکان انتخاب تخصص هوایی یا فضایی را درون یک برنامه خواهد داد. دانش‌آموخته هر تخصص به مدرک کارشناسی مهندسی هوافضا نایل خواهد شد. تغییر برنامه درسی طیف گسترده‌ای را شامل می‌شود که از دروس پایه، اصلی و میانی تا دروس اختیاری تخصصی، آزمایشگاهها و کارگاهها و نحوه اجرای آنها را در برمی‌گیرد..

واژه‌های کلیدی: مهندسی هوافضا، مهندسی فضایی، اصلاح برنامه درسی.

---

۱. استادیار دانشگاه صنعتی مالک اشتر، مجتمع دانشگاهی هوافضا، تهران، ایران.rsmael@gmail.com

(دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۵/۱۱)
(پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۱/۲۶)

۱. مقدمه

مهندسی هوافضا حوزه‌ای از مهندسی با تحولات بسیار زیاد و شامل گرایشهای آیرودینامیک، سازه، جلوبرنده، دینامیک و کنترل است. کاربرد اصلی این رشته در طراحی و توسعه وسایل پرنده نظیر هواپیما، موشک، فضاپیما و ماهواره است. فعالیت این رشته را به دو شاخه اصلی هوایی و فضایی می‌توان تقسیم کرد. تحلیل و طراحی وسایل پرنده‌ای که درون اتمسفر عمل می‌کنند، در شاخه هوایی و وسایل پرنده‌ای که خارج از اتمسفر عمل می‌کنند، در شاخه فضایی انجام می‌شود.

تلاشهای اخیر برای بازگشت به ماه و مریخ موجب اشتیاق و انگیزه دانشجویان این رشته به فعالیت در حوزه فضایی در سراسر دنیا شده است. این تمایل فضایی در بین دانشجویان و دانش‌آموزان ایرانی نیز با ارسال موفق چند ماهواره و اخیراً موجود زنده به خوبی مشاهده می‌شود. موفقیت مسابقه X-Prize در توسعه توانمندی بخش خصوصی در مأموریتهای فضایی سرنشین‌دار نیز دانشجویان را ترغیب کرده است تا به مطالعه درباره موضوعات مرتبط با فضا بپردازند و دوره‌های دانشگاهی را طی کنند تا برای کار در صنایع فضایی آماده شوند. امروزه، نمونه بومی چنین مسابقه‌هایی با حمایت سازمان فضایی ایران و ستاد توسعه فناوری هوافضا برگزار می‌شود. تحقیقات غیررسمی[۱] نشان می‌دهند نزدیک به نیمی از دانشجویان ورودی این رشته علاقه‌مند به کار کردن در حوزه‌های مرتبط با فضا هستند. امروزه، حجم فعالیتهای ستاد توسعه فناوری هوافضا نیز مبین سرمایه‌گذاری دوچندان ایران در بخش فضایی است که شانس اشتغال دانش‌آموختگان هوافضا در صنایع فضایی را به مراتب بیشتر از بخش هوایی می‌کند.

از طرفی، برنامه درسی متعارف مهندسی هوافضا تقریباً بر طراحی هواپیما متمرکز شده است. دلیل این امر ممکن است ریشه در اهمیت تاریخی صنایع هوایی بعد از جنگ جهانی دوم داشته باشد که به گسترش هوانوردی نظامی و غیرنظامی در دهه‌های ۵۰ و ۶۰ میلادی منجر شد. با پیشرفت فعالیتهای فضایی در دهه‌های ۶۰ و ۷۰ میلادی بود که بسیاری از دانشکده‌های هوانوردی ترغیب شدند تا حوزه‌های دیگری از مهندسی هوافضا را نیز در برنامه درسی خود بگنجانند [۲]. اینک این روند تحول تاریخی اگرچه با تأخیر طبیعی، ولی به درستی در جامعه هوافضایی کشور در حال رخ دادن است. برنامه فعلی آموزش این رشته در کشور نزدیک به دو دهه دچار رکود شده و به ناهماهنگی با فناوریهای روز منجر شده است که بالطبع نیازهای صنعتی و اجتماعی روز کشور را برآورده نمی‌کند. برنامه درسی مهندسی هوافضا برای آموزش تخصص هوایی، که به تحلیل و طراحی هواپیما می‌پردازد، تدوین شده است و نیازهای کارفرمایان صنایع فضایی برای مهندسان آشنا به مبانی فضایی را تقریباً بی‌پاسخ گذارده است. لزوم بازنگری در برنامه درسی این رشته نیز به خوبی در سند توسعه هوافضا دیده شده است.

شایان ذکر است که باید بین برنامه آموزشی و برنامه درسی تمایز قایل شد. برنامه آموزشی به کل فرایند آموزش گفته می‌شود که شامل نه شاخص است و مهم‌ترین آنها عبارت‌اند از[۳]: وضعیت دانشجویان و آموزشگران، هدفها و دستاوردهای برنامه، برنامه درسی، فرایند بهبود کیفیت برنامه و امکانات و حمایتهای صورت گرفته از برنامه. این تحقیق بر بررسی برنامه درسی متمرکز است.

در این مقاله موضوع انتخاب تخصص فضایی در مقطع کارشناسی مهندسی هوافضا پیشنهاد و بر این اساس و رویکردهای جدید آموزش این رشته در دانشگاههای معتبر، سرفصل دروس ارائه شده است. ابتدا تاریخچه این رشته و وضعیت جاری آن بررسی و سپس، اشکالات موجود و پیشنهادهای اجرایی ارائه شده است.

۲. تاریخچه

رشته مهندسی هوافضا نخستین بار در سال ۱۳۶۵ در دانشگاه صنعتی مالک اشتر(علوم و صنایع دفاعی سابق) و در قالب دانشکده مهندسی مکانیک و هوافضا ایجاد شد و در سال بعد در دانشگاه صنعتی امیرکبیر و سپس، دانشگاههای صنعتی شریف، امام حسین، ستاری، خواجه نصیرالدین طوسی، فردوسی مشهد و شیراز راه‌اندازی شد و گسترش یافت، به‌طوری‌که امروزه در بسیاری از واحدهای دانشگاه آزاد اسلامی و پیام نور نیز این رشته آموزش داده می‌شود. متأسفانه، از سال ۱۳۷۲ هیچ اصلاح و بازنگری در برنامه درسی این رشته انجام نشده است. علی‌رغم تفاوتهای جزئی در اجرای چند درس، مرجع اصلی بررسی این گزارش برنامه مصوب شورای عالی برنامه ریزی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری[۴] است. بر اساس سند مذکور هدف از ایجاد این رشته تربیت متخصصان صنایع هوایی است که جایگزین رشته مهندسی صنایع هوایی شده است. واضح است برنامه‌ریزان از ابتدا نیز به حوزه فضا توجهی نداشته‌اند و برنامه بر حوزه هوایی متمرکز شده است. از سال ۱۳۷۲ دوره‌های کارشناسی ارشد این رشته در چهار گرایش آیرودینامیک، جلوبرنده، سازه و دینامیک پرواز و کنترل در دانشگاههای صنعتی امیرکبیر و صنعتی شریف آغاز شد و توسعه یافت. امروزه، در دانشگاههای صنعتی مالک‌اشتر، علم و صنعت ایران، تربیت مدرس، شهید بهشتی، خواجه نصیرالدین طوسی، آزاد اسلامی، امام حسین، ستاری، فردوسی مشهد و شیراز و پژوهشکده هوافضا نیز این رشته در مقطع کارشناسی ارشد دایر شده است. از سال ۱۳۸۶ نیز گرایش فضایی در این مقطع ایجاد شد و دانشگاههای صنعتی امیرکبیر، تهران، شهید بهشتی، مالک‌اشتر، خواجه‌نصیرالدین طوسی و پژوهشکده هوافضا در این گرایش دانشجو می‌پذیرند. باتوجه به اینکه بسیاری از محققان صنایع فضایی کشور تحصیلاتشان در سطح کارشناسی مهندسی هوافضا دارند و همچنین، ظرفیت محدود این گرایش در مقطع کارشناسی ارشد، چنین اقدامی پاسخگوی نیازهای مذکور نیست. علاوه بر این،

در بخشهای بعد نشان داده خواهد شد که دروس ارائه شده در این گرایش دروسی‌اند که باید در دوره کارشناسی گذرانده شوند و لازم است در دوره کارشناسی ارشد مباحث پیشرفته‌تری ارائه شود. مقطع دکتری رشته هوا و فضا نیز از سال ۱۳۷۸ در بسیاری از دانشگاههای مذکور راه‌اندازی شده است. در زمینه بررسی برنامه آموزشی این رشته تاکنون نتایج تحقیقی در کشور [به خصوص فصلنامه آموزش مهندس ایران و کنفرانس انجمن هوافضای ایران] انتشار نیافته است.

جدول ۱: مشخصات و سازماندهی درسی مهندسی هوافضا

ترم اول سال اول (۱۶ واحد)	ترم دوم سال اول (۱۷ واحد)	ترم اول سال دوم (۱۸ واحد)	ترم دوم سال دوم (۱۸ واحد)
دروس پیش دانشگاهی(000) ریاضی عمومی I (203) فیزیک I (203) آز فیزیک I (601) معارف اسلامی I (102) مقدمه‌ای بر مهندسی هوافضا (302) زبان انگلیسی (103) نقشه‌کشی صنعتی I (302)	معادلات دیفرانسیل (203) ریاضی عمومی II (203) استاتیک (303) فیزیک II (203) آز فیزیک II (601) اخلاق اسلامی (102) تربیت بدنی I (101) کارگاه ورقکاری و جوشکاری (601)	مکانیک سیالات (303) ریاضی مهندسی (303) دینامیک (304) تاریخ اسلام (102) ترمودینامیک I (303) مبانی مهندسی برق (303)	آیرودینامیک I (403) ارتعاشات (303) الگوریتمها و برنامه‌نویسی کامپیوتر (203) مقاومت مصالح (303) ترمودینامیک II (302) آز مبانی مهندسی برق (601) معارف اسلامی II (102) تربیت بدنی II (101)
ترم اول سال سوم (۱۹ واحد)	ترم دوم سال سوم (۱۷ واحد)	ترم اول سال چهارم (۱۸ واحد)	ترم دوم سال چهارم (۱۷ واحد)
مکانیک پرواز I (403) کنترل خودکار (303) محاسبات عددی (202) آیرودینامیک II (403) آز سیالات (601) فارسی (103) نقشه‌کشی صنعتی II (302) کارآموزی (702)	مکانیک پرواز II (403) علم مواد (303) آز مقاومت مصالح (601) آز آیرودینامیک I (601) انتقال حرارت (303) انقلاب اسلامی (102) کارگاه ابزاردقیق و اندازه‌گیری (602) کارگاه موتور بدنه و سیستمها (602)	طراحی هواپیما I (403) تحلیل سازه‌های هوایی (303) اصول جلوبرنده‌ها (403) آیین نگارش و گزارش‌نویسی فنی (302) متون اسلامی (102) زبان تخصصی هوافضا (402) درس اختیاری (503)	طراحی هواپیما II (403) درس اختیاری (503) درس اختیاری (503) طراحی سازه‌های هوایی (403) مکانیک مدارهای فضایی (402) پروژه (603)

جدول ۲: دروس اختیاری مهندسی هوافضا

درس	واحد	درس	واحد	درس	واحد
مقاومت مصالح II	۳	آیرودینامیک هلی‌کوپتر	۳	اصول راکتها	۳
تئوری تنش حرارتی		روشهای‌تجربی در آیرودینامیک		توربوماشینها	۳
پلاستیسیته آیروالاستیسیته		تئوری آیرودینامیک ملخ		آیرودینامیک III	۳
طراحی اجزای I		طراحی به‌کمک کامپیوتر		آمار و احتمالات	۴
طراحی کنترل و کاربرد		جریان لزج		طراحی اجزای II	۲
سیستم‌های ماهواره‌ای		مقدمه‌ای بر مکانیک سیالات عددی		مدیریت صنعتی	۱
سیستم‌های اتوماتیک در فضا		موتورهای احتراق داخلی		آز آیرودینامیک II	
کاربرد المان‌های محدود		سوخت و احتراق			

۳. برنامه موجود

این دوره با ۱۴۰ واحد آموزشی(۲۰ واحد عمومی، ۲۲ واحد پایه، ۵۰ واحد اصلی، ۲۹ واحد تخصصی، ۹ واحد تخصصی اختیاری، ۸ واحد کارگاه و پروژه و ۲ واحد کارآموزی) در قالب هشت ترم و چهار سال برنامه‌ریزی شده است. در برنامه مصوب مؤکداً توصیه شده است که دروس تخصصی اختیاری، پروژه و کارآموزی با راهنمایی استاد راهنما و دانشکده در یکی از زمینه‌های آیرودینامیک، سازه، جلوبرنده و مکانیک پرواز انتخاب شوند. در جدول ۱ مشخصات دروس و سازماندهی درسی بر اساس برنامه دانشگاه صنعتی امیرکبیر [۵] آورده شده است. این سازماندهی تقریباً در تمام دانشکده‌های هوافضا مشابه است.

به دلیل ناهماهنگی در واحد درسهای آیرودینامیک II و مکانیک پرواز II با سرفصل مصوب، واحد این دو درس(سه واحد) از برنامه مصوب آورده شده‌اند. همچنین، درس بسیار مهم آیین نگارش و گزارش نویسی فنی که درسی اجباری و اصلی است، در هیچ‌یک از دانشکده‌ها ارائه نمی‌شود و به جای آن درس اختیاری آزمایشگاه آیرودینامیک II و درس تعریف نشده در برنامه درسی آزمایشگاه ترمودینامیک و انتقال حرارت به‌عنوان درسهای تخصصی اجباری ارائه می‌شوند! علاوه بر این، درس مکانیک مدارهای فضایی به‌عنوان درس اختیاری در بعضی از دانشکده‌ها ارائه می‌شود که بنا بر برنامه مصوب درس اصلی اجباری است. این جدول بر اساس برنامه مصوب اصلاح شده است. عدد داخل پرانتز مقابل هر درس در جدول ۱ بدین معناست که رقم یکان نشان‌دهنده تعداد واحد، رقم دهگان نشان‌دهنده اجباری(0) یا اختیاری (1) بودن درس و رقم صدگان مبین نوع درس پیش دانشگاهی(0)، عمومی (1)، پایه (2)، اصلی (3)، تخصصی (4)، اختیاری (5)، کارگاه و پروژه (6) و کارآموزی (7) است.

برای مثال، عدد 302 به معنای درس دو واحدی اجباری و اصلی است. دانشجو مجاز به انتخاب ۹ واحد اختیاری از بین دروس جدول ۲ است.

٤. کاستیهای برنامه درسی موجود

ساختار کنونی برنامه درسی آموزش کارشناسی مهندسی هوافضا در کشور تا حد زیادی از برنامه‌های مشابه کشور آمریکا الگوبرداری شده است. یکی از مشکلات برنامه‌های کنونی، بی‌توجهی به دستاوردهای نوین آموزش مهندسی است که در چند دهه اخیر حاصل شده است[۳]. برای شناخت بهتر نقاط ضعف و قوت برنامه درسی این رشته، برنامه درسی شش دانشگاه برتر [از ۱۰ دانشگاه اول] آمریکا در مهندسی هوافضا در سال ۲۰۱۲ انتخاب و بررسی شدند. شایان ذکر است که این دانشگاهها در بین ۵۰ دانشگاه برتر دنیا در حوزه مهندسی نیز حضور دارند. رتبه‌بندی از سوی مجله *U.S. News & World Report [6]* صورت گرفته است که یکی از معتبرترین مراکز رتبه‌بندی دانشگاههای آمریکاست. معیارهای انتخاب عبارت‌اند از:

- دانشگاه مورد نظر دارای دانشکده مستقل مهندسی هوافضا باشد؛
- برنامه درسی منتشر شود و در دسترس باشد؛
- برنامه درسی چهارساله و مشابه نظام آموزشی ایران باشد.

تقریباً تمام دانشگاههای اروپایی، آسیایی و استرالیایی که در مهندسی هوافضا صاحب نام هستند نیز بررسی شدند که متأسفانه، حداقل یکی از شرایط مذکور را نداشتند و لذا، دامنه تحقیق به شش دانشگاه جورجیاتک، میشیگان، پوردو، ایلینویز، مریلند و ایالتی پنسیلوانیا محدود شد[۵]. کاستیهای برنامه درسی موجود در ادامه در بخشهای جداگانه بررسی شده است.

۴. ۱. تعداد واحد برنامه آموزشی

امروزه، به ندرت یک برنامه درسی کارشناسی مهندسی در سراسر دنیا یافت می‌شود که دانشجو ملزم به گذراندن بیش از ۱۳۰ واحد باشد. این موضوع در جدول ۳ در بین دانشگاههای مطرح مهندسی هوافضا نیز مشاهده می‌شود. با توجه به اینکه بسیاری از دانشجویان ورودی ملزم به گذراندن دروس پیش‌دانشگاهی نیز می‌شوند، مجموع دروس الزامی بیش از ۱۵۰ واحد شده است که دستکم ۹ ترم تحصیلی دانشجو را به خود مشغول می‌کند.

با توجه به اینکه در سالهای اخیر نیز بحثهایی مبنی بر کاهش واحدهای درسی دوره‌های کارشناسی از سوی کارشناسان مطرح شده است، خوب است این موضوع به‌طور جدی در دستور کار

قرار گیرد و از اتلاف فرصت و سرمایه جلوگیری شود. سیاست کاهش واحدهای درسی مهندسی هوافضا همواره مورد توجه برنامه‌ریزان دانشگاههای آمریکا بوده است[۷].

۴. ۲. ناهماهنگی در برنامه درسی جاری با برنامه درسی مصوب

ناهماهنگی در برنامه درسی جاری با برنامه درسی مصوب را در دو دسته از دروس می‌توان خلاصه کرد: دسته اول شامل دروس عمومی است که علی‌رغم تغییرات اندکی که از سال ۱۳۷۲ تاکنون در این خصوص صورت گرفته است، ولی در برنامه مصوب اصلاح نشده‌اند. برای مثال، درس متون اسلامی در عمل حذف شده است و درسهای جمعیت و تنظیم خانواده و کارآفرینی در بسیاری از دانشکده‌ها ارائه می‌شوند. به‌نظر می‌رسد این مشکل ناشی از نقص فرایند صدور اصلاحیه در برنامه آموزسی شورای برنامه‌ریزی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری یا شورای برنامه‌ریزی دانشگاهها باشد.

دسته دوم و بسیار مهم شامل دروس تخصصی این رشته است. همان‌طورکه در بخش سه مطرح شد، درسهای آیرودینامیک II و مکانیک پرواز II در برنامه مصوب سه واحدی است، ولی در تمام دانشکده‌ها چهار واحدی ارائه می‌شوند. همچنین، درس بسیار مهم اجباری و اصلی آیین نگارش و گزارش نویسی فنی در هیچ‌یک از دانشکده‌ها ارائه نمی‌شود و به جای آن درس اختیاری آز آیرودینامیک II و درس تعریف نشده در برنامه درسی آز ترمودینامیک و انتقال حرارت به‌عنوان درسهای تخصصی اجباری ارائه می‌شوند. جالب است تعدادی از دانشگاهها به دلیل نیاز دانشجویان به گذراندن درس روش تحقیق، اخیراً تصویب کرده‌اند این درس [که می‌تواند در قالب این درس ارائه شود] به برنامه درسی دوره‌های مهندسی آنان اضافه شود، با احتساب این قید که مجموع تعداد واحدهای دوره بیشتر از ۱۴۰ واحد نشود؛ فارغ از اینکه چنین درسی در برنامه درسی تعریف شده است و به جای آن درسهای غیر الزامی و تعریف نشده ارائه می‌شوند. علاوه بر این، درس مکانیک مدارهای فضایی به‌عنوان درس اختیاری در بعضی از دانشکده‌ها ارائه می‌شود که بنا بر برنامه مصوب، درس اصلی اجباری است. ممکن است ایجاد چنین مشکلی نیز مشابه درس روش تحقیق باشد که مجدداً نیاز به اصلاح فرایند ایجاد تغییرات خودنمایی می‌کند.

جدول ۳: مقایسه تطبیقی سهم دروس مهندسی هوافضا

دانشگاه	دروس عمومی	دروس پایه	دروس اصلی و تخصصی	دروس اختیاری	مجموع	گرایش
ایران	٪۱۴	٪۱۶	٪۶۴	٪۶	۱۴۰	هوایی
پیشنهاد جدید	٪۱۴	٪۲۴	٪۴۹	٪۱۳	۱۴۰	هوایی و فضایی
جورجیاتک	٪۱۸	٪۲۰	٪۵۲	٪۱۰	۱۳۲	هوایی و فضایی
میشیگان	٪۲۰	٪۲۴	٪۴۸	٪۸	۱۲۸	هوایی و فضایی
پوردو	٪۱۴	٪۲۵	٪۴۵	٪۱۶	۱۲۹	هوایی و فضایی
ایلینویز	٪۱۶	٪۲۶	٪۴۴	٪۱۴	۱۲۸	هوافضا
مریلند	٪۱۹	٪۲۸	٪۴۸	٪۵	۱۲۴	هوایی و فضایی
ایالتی پنسیلوانیا	٪۱۴	٪۲۵	٪۵۲	٪۹	۱۳۱	هوایی و فضایی

۴. ۳. تناسب نداشتن برنامه درسی با نیازهای امروز و فردای مهندسی هوافضا

با توجه به برنامه مهندسی هوافضا روشن است که تمرکز برنامه‌ریزان بر تربیت مهندسان مورد نیاز در بخش هوایی است و توجه به حوزه فضا چندان مورد توجه نبوده است. امروزه، رشد فناوری فضایی و اهمیت آن به قدری روزافزون است که بسیاری از کشورهای در حال توسعه که از آنها به عنوان قدرتهای آینده جهان یاد می‌شود (نظیر هند و برزیل)، دانشگاههای فضایی تأسیس کرده‌اند. کمیته مشورتی پژوهشهای ملی آمریکا در گزارش [۸] به سازمان فضایی ناسا مؤکداً توصیه کرده است که در زمینه آموزش دانشجویان برای طراحی و ساخت ماهواره، مهندسی سیستم و عملیات فضاپیما سرمایه‌گذاری کند و لذا، نیروی هوایی آمریکا و سازمان فضایی ناسا راهبرد حمایت بیشتر از این گرایش را اتخاذ کرده‌اند [۹]. جدول ۱ نیز نشان می‌دهد دانشگاههای برتر(بخش ۴) این رشته، گرایشهای دوگانه هوایی و فضایی را ایجاد کرده‌اند. اگر چه دانشگاه ایلینویز دارای یک گرایش هوافضاست، ولی برنامه درسی آن به‌گونه‌ای تعریف شده است که هر دو حوزه هوایی و فضایی را پوشش می‌دهد. گفتنی است تمام دانشگاههای مذکور به دانش‌آموختگان این رشته با هر زمینه هوایی یا فضایی مدرک مهندسی هوافضا اعطا می‌کنند. همچنین، نشان داده شده است با اتخاذ چنین راهبردی تعداد دانشجویان ثبت‌نام کننده در گرایش فضایی طی ده سال شش برابر شده است[۹].

۲۵ دانشگاه آمریکا که دارای برنامه درسی مستقل این رشته هستند، بررسی شده‌اند که ۵۶٪ آنها دارای گرایش جداگانه فضایی بوده‌اند[۹]. البته، دوباره یادآوری می‌شود که در اغلب دانشگاههای بدون گرایش فضایی، برنامه درسی به گونه‌ای طراحی شده است که دانشجو با انتخاب دروس اختیاری بتواند تا حد قابل قبولی وارد این گرایش شود.

با نگاهی به ترکیب برنامه درسی مهندسی هوافضا در جدول ۳ ، مشاهده می‌شود که سهم دروس عمومی دانشگاههای ایران می‌تواند افزایش اندکی داشته باشد. البته، لازم است مطالعه‌ای کامل در باره نقاط ضعف و قوت درسهای فعلی و تأثیر آنها در اهداف تعریف شده انجام و برنامه با دیدگاهی جدید اصلاح شود. امروزه، درسهای مرتبط با رشته‌های هنر، ادبیات، تاریخ، حقوق، فلسفه علم، روانشناسی، اخلاق، محیط زیست و ورزش در این حوزه مورد توجه‌اند. برخی نیز معتقدند در این خصوص برنامه‌های آموزش مهندسی در کشور کاستیهایی دارد و پیشنهادهایی ارائه کرده‌اند[۳، ۱۰ و ۱۲]. اهمیت بازنگری در این حوزه به حدی است که پیشنهاد ایجاد دانشکده علوم انسانی و هنر در دانشگاههای صنعتی مطرح شده است[۱۰]. از آنجا که بررسی این دروس از اهداف این تحقیق نبوده است و دروس فرا رشته‌ای هستند، بازنگری و اصلاح آن از سوی نهادهای مسئول ضروری به نظر می‌رسد. در پژوهشی تأکید بیشتر بر زبان انگلیسی و محیط زیست پیشنهاد شده است[۱۳].

سهم دروس پایه مهندسی هوافضا در مقایسه با دانشگاههای مرجع کم است و فاصله معناداری با متوسط دانشگاههای مرجع دارد. با توجه به جدول ۴ که در آن مقایسه‌ای تطبیقی از دروس این رشته ارائه شده است، به نظر می‌رسد این اختلاف ناشی از وجود نداشتن درسهای جبرخطی و آمار و احتمالات باشد. اگر چه در بعضی از دانشگاههای مرجع ممکن است درس آمار و احتمالات به‌صورت جداگانه ارائه نشود، ولی مباحث آن در درس ریاضی ارائه می‌شود. شایان ذکر است عنوان درسهای جدول ۴ ممکن است با عنوان درسهای دانشگاههای مرجع تا حدی تفاوت داشته باشند، ولی دسته‌بندی بر اساس محتوای درس انجام یافته است.

جدول ۴: مقایسه تطبیقی دروس مهندسی هوافضا

درس	ایران	پیشنهاد جدید	جورجیا تک	میشیگان	پوردو	ایلینویز	مریلند	ایالتی پنسیلوانیا
ریاضی	6	6	4	4	8	7	8	8
جبر خطی	-	2	4	4	3	2	3	2
فیزیک	8TP	8TP	8TP	10TP	7	10	11	10
شیمی یا زیست‌شناسی	-	3	4	5	4	4	3	3

برنامه‌نویسی کامپیوتر	F 3TP	C 3 TP	C 3 TP	C 4 TP	C 3 TP	-	-	C 3 TP
معادلات دیفرانسیل	3	3	4	2	6	3	3	3
محاسبات عددی	2	3	-	2	2	3	3	4
ریاضی مهندسی	3	3	4	4	2	4	4	3
آمار و احتمالات	3E	3	-	-	3	-	-	-
نقشه‌کشی صنعتی	4TP	4TP	3 TP	-	2 TP	-	-	-
استاتیک	3	3	2	4	3	2	3	5
مقاومت مصالح	4TP	3	4TP		4TP		3	
مبانی مهندسی برق	4TP	4TP	2	4	3	4TP		-
دینامیک	4	4	3	4	3	3	3	3
مقدمه‌ای بر مهندسی هوافضا	2	2	2	7	3	1	2	3
سیالات	4TP	-	2 TP	-	4TP	-	-	-
ترمودینامیک	5	3	3	-	3	3	3	-
ارتعاشات	3	3E	-	-	3 E	-	-	-
علم مواد	3	3	3	4	3 E	3		3
کنترل خودکار	3	4 TP	6 TP	-	4 TP	8 TP	-	3
انتقال حرارت	3	3E	-	-	3 E		-	3
آیرودینامیک	7 TP	4 TP	6	4	4 TP	8 TP	3+3SE	6
طراحی هواپیما	6	6 SE	6 SE	4 SE	3 SE	6	6 SE	5SE
طراحی فضاپیما	-	6 SE	6 SE	4 SE	3 SE		6 SE	5SE
مکانیک پرواز	3	3 SE	3	-	3 E	3	-	3
دینامیک و کنترل هواپیما	3	3 SE	4	3	3 SE	3	3 SE	3 SE
دینامیک و کنترل فضاپیما	3E	3 SE	-	3	3 SE	-	3 SE	3 SE
زبان تخصصی	2	-	-	-	-	-	-	-
اصول جلوبرنده‌ها	3	3 SE	-	4	3 SE	3	3 SE	3

اصول راکت‌ها	3E	3 SE	3	-	3 SE	-	3 SE	-
مکانیک مدارهای فضایی	2	3 SE	-	3	3 E		3 SE	3
تحلیل سازه‌های هوایی	3	3	4	3	3 E	3	3	3
طراحی سازه‌های هوایی	3					4		
کارگاه عمومی	1P	2 P	1 P	8 P	-	-	3P	3P
اندازه‌گیری و ابزاردقیق	2 P							
کارگاه موتور، بدنه و سیستم	2 P	2 P					3P	
کارآموزی	2	2	-	-	-	-	-	-
پروژه	3	3	-	-	2	2	3	4
سمینار یا گزارش‌نویسی‌فنی (روش تحقیق)	2		-	-			3	
ارتباطات مهندسی	-	3	2	-	6	-	-	9
دینامیک گاز	-	3E	-	4	3 E	-	-	-
مهندسی سیستم	-	3	-	-	3 E	3	6+ 3SE	-
ایروالاستیسیته	3E	3E	3	-	3 E	-	3	-
سیستم‌های نرم‌افزاری پرواز	-	-	-	-	-	-	3	-

توجه: TP به معنای تئوری و عملی، P عملی، E اختیاری، SE اجباری در گرایش اختیاری، C زبان برنامه‌نویسی C و F زبان برنامه‌نویسی فرترن است.

جدول ۳ نشان می‌دهد که دروس اصلی و تخصصی در مقایسه با دانشگاههای مرجع سهم بسیار زیادی را به خود اختصاص داده‌اند که دلیل آن نبود گرایش در این رشته است. دانشگاههای مرجع با اتخاذ سیاست انعطاف‌پذیری برنامه درسی[۷] با راهبرد افزایش دروس اختیاری و کاهش دروس اصلی

به دانشجویان حق این انتخاب را می‌دهند که در دو زمینه هوایی و فضایی و چهار تخصص دینامیک پرواز و کنترل، آیرودینامیک، سازه و جلوبرنده تحصیل کنند. البته، دروس اختیاری در چهار تخصص مذکور دسته‌بندی شده‌اند که دانشجو با تأیید استاد راهنمای خود آنها را اخذ می‌کند. نکته قابل توجه دیگر در دروس اختیاری، وجود داشتن سیاست بین رشته‌ای در بسیاری از این دروس است. برای مثال، دانشجوی متقاضی تخصص دینامیک پرواز و کنترل یا سازه مجاز به انتخاب دروس اختیاری خود از دانشکده مکانیک یا برق است.

۴. ۴. نواقص درسی

با مرور سرفصلهای دروس برنامه کنونی آموزش مهندسی هوافضا مشاهده می‌شود که تعدادی از دروس دارای سرفصل مصوب نیستند و سایر دروس با درجات مختلفی از جزئیات و بدون هدف تدوین شده‌اند که تعدادی از آنها در حال حاضر نامناسب‌اند یا حتی خود درس زاید است. همچنین، نیاز به ارائه برخی دروس جدید در برنامه محسوس است. به‌طورکلی، چنین نواقصی تقریباً در تمام برنامه‌های درسی مهندسی کشور وجود دارد[۱۴].

با توجه به جداول ۳ و ۴ واضح است که سهم دروس پایه و به خصوص ریاضی در برنامه درسی این رشته در کشور ایران بسیار کم است. با توجه به جدول ۴ ، در برنامه موجود درس بسیار مهم جبرخطی وجود ندارد و لازم است حداقل به‌عنوان یک درس دو واحدی در برنامه تعریف شود. لزوم قرار دادن این درس از سوی برخی پژوهشگران نیز تذکر داده شده است[۱۵]. همچنین، بسیاری از دانشگاهها آموزش و استفاده از نرم‌افزار MATLAB را با تمام دروس ریاضی و تخصصی همراه ساخته‌اند. علاوه بر این، با توجه به کمبود دروس ریاضی، اضافه کردن درس آمار و احتمالات به این مجموعه پیشنهاد می‌شود. گفتنی است نبود درس آمار و احتمالات در برنامه درسی بعضی از دانشگاههای مرجع به معنای اهمیت نداشتن آن نیست، بلکه مباحث کلی آن در درس ریاضی آن دانشگاهها گنجانده شده است. دوامی[۱۶] تسلط بر آمار و احتمالات را یکی از مهارتهای اساسی برای مهندسان می‌داند. همچنین، با توجه به استفاده روزافزون کامپیوتر در حل مسائل مهندسی، لازم است درس محاسبات عددی از دو واحد به سه واحد افزایش یابد. درس ریاضی مهندسی نیز همانند سایر دانشگاههای مرجع بهتر است در مجموعه دروس پایه در نظرگرفته شود.

درس فیزیک و آزمایشگاه وضعیت قابل قبولی دارد، اگر چه سیاست بسیاری از دانشگاهها این است که درس و آزمایشگاه در هم ادغام شوند و دانشجو دروس نظری و عملی را با هم یا در یک ترم بگذراند. تجربه نگارنده در ترکیب این دو درس نیز مؤید این مطلب است و توصیه می‌شود تا حد مقدور درسهای نظری و کارگاه یا آزمایشگاه مربوط ادغام شوند. در برنامه جدید آموزش مهندسی برق

که کمیته برنامه‌ریزی دانشکده مهندسی برق دانشگاه صنعتی شریف آن را پیشنهاد کرده است[۱۱] و در پژوهش صفار اول و همکاران[۱۷] در باره آموزش مهندسی مکانیک در ایران و جهان، چنین رویکردی در ارائه آزمایشگاهها توصیه شده است.

درس شیمی در برنامه اولیه آموزشی مصوب به عنوان یک درس سه واحدی وجود داشت که در برنامه جدید حذف شده است. در این مطالعه در هیچ دانشگاهی مشاهده نشد که حداقل یک درس سه واحدی در شیمی عمومی یا زیست‌شناسی برای این رشته ارائه نداده باشد. لازم است حضور مجدد درس شیمی عمومی یا زیست‌شناسی درنظر گرفته شود.

برنامه‌نویسی‌کامپیوتر یکی از درسهای پایه است که متأسفانه، نه تنها در رشته مهندسی هوافضا، بلکه در اغلب رشته‌های مهندسی ایران توجه شایسته‌ای به آن نشده است. آشنایی با مبانی کامپیوتر و سیستم عامل DOS نیمی از سرفصل مصوب این درس را تشکیل می‌دهد و نیمی دیگر درباره الگوریتمها و برنامه‌نویسی به‌زبان فرترن است. امروزه، رشد سریع فناوری کامپیوتر به حدی است که کتابخانه‌های بزرگ دنیا کتابهای مربوط به این حوزه و به خصوص نرم‌افزاری را خریداری نمی‌کنند، زیرا هر سال نسخه‌های جدید جایگزین می‌شود و در عمل کتابهای قدیمی بدون استفاده می‌مانند. لازم است سرفصل این درس حداقل هر دوسال بازنگری و به روز شود. وقتی که امروزه کمتر اثری از سیستم عامل DOS دیده می‌شود و همچنین، دانشجویان ورودی، اطلاعات زیادی در باره مبانی کامپیوتر و حتی برنامه‌نویسی اولیه دارند، انتظار می‌رود سطوح بالاتر برنامه‌نویسی کامپیوتر ارائه شود و دانشجو با گذراندن این درس قادر به برنامه‌نویسی برای استفاده در سایر دروس باشد. نکته دیگر در برنامه این درس، تدریس زبان فرترن است که ریشه در قدرت گذشته این زبان در محاسبات ریاضی دارد. با توجه به جدول ۴ مشاهده می‌شود که امروزه، تمام دانشگاههای معتبر این رشته، آموزش زبان C را جایگزین سایر زبانهای برنامه‌نویسی کرده‌اند. علاوه بر این، آموزش و استفاده از نرم‌افزار/زبان MATLAB نیز یا همراه این درس یا همراه دروس ریاضی گنجانده شده است. به‌طورکلی، استفاده از کامپیوتر در سایر دروس به‌منظور مدلسازی و شبیه‌سازی یا حل عددی تکالیف پیشنهاد می‌شود. در نظرسنجی صورت گرفته از ۱۹۱ نفر از اعضای ۳۰ کمیته تخصصی انستیتو هوافضای آمریکا (AIAA)، انجام شده، نشان داده شده است چنین رویکردی برای ارتقای مهارت مهندسان هوافضا در قرن ۲۱ ضروری است[۱۸]. پژوهشی که در داخل کشور نیز انجام شده، مؤید این رویکرد است[۱۳].

سرفصل درس نقشه‌کشی صنعتی باید به‌طور کامل بازنگری و با تمرکز بر استفاده از نرم‌افزارهای مربوط بازتعریف شود.

به نظر می‌رسد که آزمایشگاه مقاومت مصالح از زمان انشقاق مهندسی هوافضا از مهندسی مکانیک به ارث رسیده باشد. از این رو، پیشنهاد می‌شود آزمایشگاه این درس به‌عنوان واحد اختیاری برای دانشجویان متقاضی تخصص سازه در نظرگرفته شود.

با توجه به اینکه مباحث مورد نیاز و لازم در درس آیرودینامیک در حد کافی ارائه می‌شود، درس سیالات تأثیر چندانی در اهداف این رشته نداشته باشد و می‌تواند حذف شود. این پیشنهاد را برخی از پژوهشگران نیز ارائه کرده‌اند[۱۵].

مقایسه تطبیقی درس ترمودینامیک نشان می‌دهد که تعریف پنج واحد برای این درس بسیار زیاد است و همانند سایر دانشگاههای مرجع می‌توان با ترکیب آنها با درس انتقال حرارت، حداکثر یک درس سه واحدی تعریف کرد.

در خصوص درس ارتعاشات، با توجه به بررسی جامع در بین ۴۳ دانشگاه آمریکایی که دارای برنامه درسی مهندسی هوافضا بودند، فقط سه دانشگاه گذراندن این درس را الزامی کرده‌اند که برنامه درسی مهندسی هوافضا در هر سه دانشگاه نیز با برنامه درسی مهندسی مکانیک ادغام شده است[۱۵]. از این رو، حذف این درس و تبدیل آن به‌عنوان درس اختیاری برای دانشجویان متقاضی تخصص سازه ضروری به‌نظر می‌رسد.

در باره درس کنترل، جدول ۴ نشان می‌دهد که نیاز به تعریف حداقل یک واحد آزمایشگاه این درس وجود دارد که همراه این درس یا جداگانه در همان ترم گذرانده شود.

درس و کارگاه آیرودینامیک II و مباحث مربوط در تمام دانشگاههای مرجع به‌عنوان درس اختیاری برای تخصصهای آیرودینامیک و جلوبرنده تعریف شده است، لذا، اختیاری کردن این درس همانند کارگاه آن پیشنهاد می‌شود.

با توجه به تک‌گرایشی‌بودن برنامه درسی مهندسی هوافضا و تمرکز بر گرایش هوایی، درسهای طراحی هواپیما، مکانیک پرواز II و اصول جلوبرنده‌ها در حال حاضر اجباری تعریف شده‌اند، ولی با رویکرد جدید مبنی بر ایجاد زمینه(نه گرایش) فضایی، این دروس در زمینه هوایی اجباری خواهند شد و دانشجویان زمینه فضایی به ترتیب دروس طراحی فضاپیما، دینامیک و کنترل فضاپیما و اصول راکتها را خواهند گذراند. توضیح بیشتر در بخشهای بعد ارائه شده است.

اگر مراجع درسهای تخصصی به زبان اصلی باشند یا حداقل استاد هر درس تخصصی، دانشجویان را با اصطلاحات آن درس به خوبی آشنا کند، از درس زبان تخصصی نه تنها در مهندسی هوافضا، بلکه در تمام رشته‌های مهندسی می‌توان چشم‌پوشی کرد. گذشته از آن، بررسی میزان تأثیر این درس بر کارایی دانشجویان مهندسی هوافضا نشان می‌دهد که این درس نتوانسته است و نمی‌تواند هدف طراحان آن را جامه عمل بپوشاند.

پیشنهاد می‌شود درس مکانیک مدارهای فضایی که در حال حاضر اجباری است، ولی یا در اغلب دانشگاههای کشور حذف شده است یا به عنوان درس اختیاری ارائه می‌شود، به‌عنوان درس اجباری در گرایش فضایی تعریف شود.

با توجه به جدول ۴، می‌توان دو درس تحلیل و طراحی سازه‌های هوایی را در قالب یک درس سه واحدی سازه‌های هوایی ادغام کرد.

در باره سه کارگاه موجود، پیشنهاد می‌شود محتوای آنها در قالب دو کارگاه هوافضای I و II در مجموع ۴ واحد برنامه‌ریزی شوند.

دانش‌آموختگان مهندسی باید بتوانند به‌طور مؤثری با دیگر مهندسان و جامعه ارتباط شفاهی، نوشتاری، الکترونیکی و تصویری برقرار کنند. آنان اغلب به‌طور غریزی یا با آزمون و خطا یاد می‌گیرند که چطور یک نامه اداری، یک گزارش آزمایشگاه، یک پروژه درسی یا پروژه کارشناسی خود را بنویسند. همچنین، اغلب آنان هیچ آموزشی را در خصوص ارائه شفاهی یا الکترونیکی نداشته‌اند. به‌همین ترتیب، آنان رسم یک نمودار، شکل یا جدول را امری بدیهی می‌دانند و به دنبال روش صحیح آموزش آن نیستند. ارتباطات مهندسی مهارتهایی‌اند که به‌خوبی می‌توان آنها را آموزش داد و ارزیابی کرد. در اغلب دانشگاههای بزرگ در سال اول دوره کارشناسی درسی برای تقویت چنین مهارتهایی منظور شده است[۳ و ۱۹]. مدنی‌فر[۲۰] الزام تعریف چنین درسی را در تمام دوره‌های مهندسی، به‌طور خاص، مطرح و بررسی کرده است. پیشنهاد تعریف چنین درسی نیز در برنامه جدید آموزش مهندسی برق مطرح شده است[۱۱]. مقداری و صلاحی مقدم [۱۲] نیز لزوم تعریف این درس را در قالب دروس عمومی مطرح کرده‌اند. در نظرسنجی نشان داده شده است چنین درسی [حتی در مقایسه با دروس فنی] اولین اولویت آموزشی و مهارتی مهندسان هوافضا در قرن ۲۱ است[۱۸]. با توجه به محتوای این درس و درس گزارش‌نویسی فنی پیشنهاد می‌شود درس سه واحدی ارتباطات مهندسی تعریف شود.

از آنجا که در حال حاضر هیچ آموزشی در زمینه روش تحقیق به دانشجویان ارائه نمی‌شود و آنان واحد پروژه را اخذ و با سعی و خطا به یادگیری تحقیق اقدام می‌کنند، لازم است در این خصوص اصلاحی صورت گیرد. پیشنهاد می‌شود واحد پروژه به صورت واحد روش تحقیق و پروژه تعریف شود؛ به عبارتی، درس روش تحقیق و واحد پروژه ادغام شوند به‌طوری‌که دانشجو در پایان درس ملزم به ارائه تحقیق خود در قالب گزارش و سمینار باشد.

تجربه سایر دانشگاههای مرجع نشان می‌دهد که ارائه یک درس سه واحدی مهندسی سیستم به ایجاد یک نگاه سیستمی در دانشجو می‌تواند کمک بسزایی باشد. ضیایی [۲۱] تعریف چنین درسی را برای تمام رشته‌های مهندسی پیشنهاد و نقش آن را در اقتصاد دانش پایه بررسی کرده است. در سال

۲۰۰۸ نیازهای روزافزون سازمان ناسا باعث شد چنین درسی با رویکرد سیستم‌های فضایی توسط ناسا در دانشگاه تگزاس اجرا شود که الگو و تجربه‌های سودمند آن منتشر شده است[۲۲ و ۲۳]. امروزه، سازمان ناسا با روشهای تشویقی گوناگون سایر دانشگاههای آمریکا را نیز به تقویت این حوزه آموزشی سوق می‌دهد، به‌طوری‌که سایتی بدین منظور راه‌اندازی شده است و اطلاعات کاملی را در این حوزه ارائه می‌دهد[۲۴].

۵. برنامه درسی پیشنهادی

رشد سریع فناوری موجب شده است تا در رویکرد آموزشهای مهندسی در قرن جدید بازنگری صورت گیرد[۲۵ و ۲۶]. ملاکهای جدید، تمرکز ارزشیابی را از اینکه «برنامه چه انجام می‌دهد؟» به «دانشجویان چه می‌توانند انجام دهند؟» تغییر داده است. بدین‌ترتیب، ارزیابی دستاوردهای یادگیری دانشجویان و بهبود مداوم برنامه آموزشی در رأس فعالیتهای آموزش مهندسی قرار گرفته است [۲۷]. در سه دهه گذشته، برنامه‌ریزی آموزش مهندسی کشور حالتی متمرکز داشته است و دانشگاهها یک برنامه درسی واحد را اجرا کرده‌اند، از این رو، در این روش خلاقیتها و نوآوریهای آموزشی دانشگاههای مختلف بروز نیافته است[۳]. اگر چه در سالهای اخیر (از سال ۱۳۷۹) اختیارهایی به دانشگاههای بزرگ برای بازنگری و تغییر برنامه درسی داده شده است، ولی به نظر می‌رسد در عمل، فرایند جدید نه تنها مشکل را حل نکرده، بلکه آن را دشوارتر کرده است، چرا که در گذشته تصمیمات شورای عالی برنامه‌ریزی با سرعت قابل اجرا بود، ولی امروزه بوروکراسی اداری و کمیته‌های متعدد درون دانشگاه مانع اصلاحات مؤثر برنامه آموزشی شده‌اند. پیشنهاد می‌شود برای رفع این معضل، همانند سایر دانشگاههای پیشرو، اختیارات مذکور به دانشکده‌ها واگذار شود.

هر برنامه‌ریزی جدید آموزش مهندسی در کشور باید با برنامه‌های تجویز شده توسط مؤسسات و مراکز ارزیابی جهانی همخوان باشد[۱۴]. از مهم‌ترین این مؤسسات می‌توان به شورای ارزشیابی مهندسی و فناوری (ABET[1]) در کشور آمریکا، شورای ارزشیابی مهندسی کانادا (CEAB[2]) و سازکار ارزشیابی برنامه‌های مهندسی اروپا[3] اشاره کرد. معرفی جامعی از چنین سازمانهایی صورت گرفته است[۲۸]. با توجه به جامعیت سیستم ABET و تشابه نظام آموزش‌عالی کشور ما با آمریکا، در این تحقیق سیستم مذکور مد نظر قرار گرفته است. شایان ذکر است که مرجعیت این سیستم در مقالات مرتبط نشریه فصلنامه آموزش مهندسی ایران نیز همواره مطرح بوده است. ABET در سال ۱۹۹۷ و

---

1. Accreditation Board of Engineering and Technology, ABET, www.abet.org
2. Canadian Engineering Accreditation Board (CEAB), www.engineerscanada.ca
3. European Accreditation Engineering (EUR-ACE)

پس از حدود یک دهه بررسی، ملاکهای جدیدی را برای ارزشیابی آموزش مهندسی عرضه کرد[۲۶]. این ملاکها که به EC2000 معروف شده، مبنای ارزشیابی در بسیاری از کشورهای دیگر قرار گرفته است[۲۸ و ۲۹]. این ملاکها بسیار مشابه سیستم ایزو است، به‌طوری‌که مؤلفان زیادی به وجوه مشترک بین EC2000 و ISO9001 اشاره کرده‌اند[۳۰-۳۲]. تصویب چنین معیارهایی منجر به این شد که دانشگاههای آمریکا در پی اصلاح و توسعه برنامه‌های آموزش مهندسی خود باشند. بر اساس معیار مذکور، تواناییهای مشخصی برای دانش‌آموختگان مهندسی هوافضا به شرح زیر برشمرده شده است که یک برنامه درسی باید از آن حمایت کند[۱ و ۱۵]:

- توانایی به‌کارگیری ریاضیات، علوم و اصول مهندسی در شناسایی، فرمول‌بندی و حل مسائل مهندسی هوافضا؛
- توانایی طراحی و هدایت آزمایشهای تونل باد و آب و تحلیل و تفسیر داده‌های چنین آزمایشهایی؛
- توانایی طراحی مفهومی و اولیه هواپیما یا فضاپیما بر اساس الزامات مأموریت با در نظر داشتن محدودیتهای واقعی نظیر محدودیتهای اقتصادی، محیطی، اجتماعی، سیاسی، اخلاقی، ایمنی و سلامت، ساخت و قابلیت تحمل؛
- توانایی همکاری با افرادی با فرهنگها، تواناییها، پیش‌زمینه‌ها و قوانین و مقررات متفاوت برای تکمیل پروژه‌های مهندسی هوافضا؛
- توانایی برقراری ارتباط مؤثر با افراد از طریق گزارشهای فنی، یاداشت و ارائه شفاهی در نشستهای کوچک؛
- درک پاسخگویی حرفه‌ای و اخلاقی؛
- آموزش وسیع برای درک چگونگی تأثیر وقایع اخیر بر مهندسی هوافضا و تأثیر وسایل هوافضایی بر مقولات جهانی و اجتماعی؛
- شناسایی نیاز و توانایی به‌کارگیری یادگیری مادام‌العمر؛
- توانایی استفاده از فنون، مهارتها و ابزار (تحلیلی، تجربی و محاسباتی) مدرن مهندسی مورد نیاز برای کارهای مهندسی هوافضا.

واضح است که آموزشهای مورد نیاز مهندسی هوافضا باید شامل آموزش مهارتهای فنی و غیرفنی باشد و در هر برنامه آموزشی لازم است مد نظر قرار گیرد[۱۸]. با توجه به مباحث مطرح شده و استفاده از تجربه دانشگاههای موفق در مهندسی هوافضا، برنامه درسی با رویکردی جدید پیشنهاد می‌شود. در این رشته دو زمینه هوایی و فضایی تعریف شده است که دانشجو با انتخاب هر زمینه موظف به گذراندن ۱۵ واحد اجباری تخصصی مربوط به آن زمینه است. همچنین، صرف‌نظر از زمینه

انتخابی، کلیه دانشجویان می‌توانند ۱۸ واحد نیز به‌صورت اختیاری در یکی از چهار تخصص آیرودینامیک، سازه، جلوبرنده یا دینامیک پرواز و کنترل اخذ کنند. این رویکرد نه تنها به ایجاد ارتباط منطقی بین دروس منجر می‌شود، بلکه برنامه درسی را انعطاف‌پذیر می‌سازد و لذا، دانشجو دروسی را می‌گذراند که در آنها روند و هدفی روشن دنبال می‌شود. همچنین، دانشگاهها با توانمندیهای متفاوت می‌توانند آزادی عمل بیشتری داشته باشند. این دوره شامل ۲۰ واحد دروس عمومی فعلی، ۳۴ واحد دروس پایه افزوده شده به برنامه فعلی و ۶۸ واحد دروس تخصصی اصلی (شامل ۱۵ واحد اجباری در زمینه اختیاری) است. در شکل ۱ روند طی این دوره نشان داده شده است.

علاوه بر اصلاحات یادشده، روشهای تدریس نیز باید اصلاح شوند. پرداختن به این بحث خارج از هدف این مقاله است، ولی به‌طورکلی، می‌توان اشاره کرد که دانشگاههای پیشرو رویکرد تدریس تیمی با استفاده از مهندسان حرفه‌ای و مبتنی بر پروژه را اتخاذ کرده‌اند.

دروس اجباری در زمینه اختیاری (۱۵ واحد)			
زمینه هوایی		زمینه فضایی	
مکانیک پرواز، طراحی هواپیما I و II، دینامیک و کنترل هواپیما، اصول جلوبرنده‌ها		مکانیک مدارهای فضایی، طراحی فضاپیما I و II، دینامیک و کنترل فضاپیما، اصول راکت‌ها	
دروس تخصصی اختیاری(۱۸)			
آیرودینامیک	سازه	دینامیک پرواز و کنترل	جلوبرنده
انتقال حرارت، آیرودینامیک II، آز آیرو II، دینامیک گاز، آیرودینامیک III، آیرودینامیک هلی‌کوپتر، روشهای تجربی در آیرودینامیک، تئوری آیرودینامیک ملخ، جریان لزج، مقدمه‌ای بر CFD، مدیریت صنعتی	آیروالاستیسیته، ارتعاشات، مقاومت مصالح II، آز مقاومت مصالح، تئوری تنش حرارتی، پلاستیسیته، طراحی اجزای I و II، مدیریت صنعتی، طراحی به‌کمک کامپیوتر	مدیریت صنعتی، طراحی به‌کمک کامپیوتر، کنترل دیجیتال، کنترل مدرن، کنترل غیرخطی، کنترل مقاوم، شناسایی سیستم، اصول ناوبری، مبانی هدایت اجسام پرنده، مدیریت حمل و نقل هوایی	انتقال حرارت، آیرودینامیک II، آز آیرو II، دینامیک گاز، جریان لزج، مقدمه‌ای بر CFD، مدیریت صنعتی، تئوری آیرودینامیک ملخ، آیرودینامیک III، موتورهای احتراق داخلی، توربوماشینها،
دروس اصلی(۵۳): نقشه‌کشی صنعتیI و II، استاتیک، مقاومت مصالح، مبانی برق، دینامیک، مقدمه‌ای بر AE، ترمودینامیک، علم مواد، کنترل، کارگاه هوافضاI و II، کارآموزی، روش تحقیق و پروژه، ارتباطات مهندسی، مهندسی سیستم، آیرودینامیک، سازه‌های هوافضا،			
دروس‌پایه(۳۴): ریاضی، جبرخطی، فیزیک، شیمی، برنامه‌نویسی‌کامپیوتر، معادلات‌دیفرانسیل، محاسبات‌عددی، آمار و احتمال، ریاضی‌مهندسی.			

شکل۱:ساختار برنامه پیشنهادی آموزش رشته مهندسی هوافضا(واحد دروس در جدول ۴ آورده شده است)

٦. جمع‌بندی

در این مقاله در باره لزوم تجدیدنظر در برنامه کنونی آموزش رشته مهندسی هوافضا به‌دلیل تمرکز بر حوزه هوایی بحث شد. با توجه به رشد روزافزون فناوریهای فضایی و نیاز صنایع فضایی به دانش‌آموختگان هوافضا با تخصص فضایی، بسیاری از دانشگاههای معتبر جهان به ایجاد زمینه داخلی در برنامه درسی مهندسی هوافضا اقدام کرده‌اند. با توجه به تجربه‌های دانشگاههای موفق و نگاه دقیق‌تر به نواقص برنامه موجود، برنامه جدیدی پیشنهاد شد. به‌طورکلی، موارد پیشنهادی عبارت‌اند از:

- برنامه فعلی به درستی اجرا شود؛
- دانشگاههای دارای هیئت ممیزه از ظرفیت خود برای اصلاح برنامه‌های آموزش مهندسی بیشتر استفاده کنند؛
- صنعت در آموزش از طریق تدریس تیمی مشارکت داده شود؛
- سقف واحدها تا ۱۳۰ واحد کاهش یابد؛
- سهم دروس پایه بسیار کم است و لازم است حداقل سه درس جبر خطی، آمار و احتمال و شیمی مهندسی اضافه شوند؛
- حتی الامکان آزمایشگاهها با درس یا در یک ترم همراه درس ارائه شوند؛
- تدریس زبان C در درس برنامه‌نویسی مورد توجه قرار گیرد و به آموزش زبان/نرم‌افزار MATLAB توجه شود؛
- دروس ارتعاشات، آز مقاومت، ترمودینامیکII، کارگاه عمومی، آیرودینامیک II، تحلیل‌سازه حذف، ادغام یا اختیاری شوند؛
- سهم دروس اختیاری به ۱۸ واحد افزایش یابد و این دروس در چهار تخصص آیرودینامیک، سازه، جلوبرنده و دینامیک پرواز و کنترل دسته‌بندی و اختیاری شوند؛
- دو زمینه هوایی و فضایی ایجاد شود، به‌طوری‌که دانشجو در سال آخر تحصیل خود با انتخاب هر یک از زمینه‌ها ۱۵ واحد مرتبط با آن را بگذراند و با مدرک کارشناسی مهندسی هوافضا دانش آموخته شود؛
- درس پروژه و گزارش‌نویسی با هم ادغام و به‌عنوان درس روش تحقیق و پروژه ارائه شود؛

- درسهای ارتباطات مهندسی، مهندسی سیستم و آزمایشگاه کنترل به دروس اصلی اضافه شوند.

مراجع

1. Hannigan, T., Olsen, C., Bridges, D., Koenig, K., (2006), Separating aero and space: Establishing a dual track for aerospace engineering students", *ASEE Annual Conference and Exhibition.*
2. De Weck, O. L., Young P.W. and Adams D., (2003), The three principles of powered flight, an active learning approach, *ASEE Annual Conference and Exhibition.*

۳. معماریان، حسین(۱۳۹۰)، کاستیهای برنامه‌های‌آموزش مهندسی ایران، *فصلنامه آموزش مهندسی ایران*، سال۱۳، شماره ۵۱.

۴. مشخصات کلی برنامه و سرفصل دروس دوره کارشناسی هوافضا، مصوب دویست و شصتمین جلسه شورای عالی برنامه‌ریزی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری ۱۳/ ۴/ ۱۳۷۲.

۵. برنامه‌های آموزشی دانشگاهها:

برنامه آموزشی AE دانشگاه جورجیاتک	www.catalog.gatech.edu
برنامه آموزشی AE دانشگاه میشیگان	http://aerospace.engin.umich.edu
برنامه آموزشی AE دانشگاه پوردو	http://engineering.purdue.edu
برنامه آموزشی AE دانشگاه ایلینویز	www.ae.illinois.edu
برنامه آموزشی AE دانشگاه مریلند	www.umd.edu
برنامه آموزشی AE دانشگاه ایالتی پنسیلوانیا	www.aero.psu.edu
برنامه آموزشی AE دانشگاه صنعتی امیرکبیر	www.aut.ac.ir

6. http://colleges.usnews.rankingsandreviews.com
7. Öz, H. and Foster, M. R. (1998), The New Aerospace Engineering Curriculum at The Ohio State University, *ASEE Annual Conference and Exhibition.*
8. Space Studies Board (2007), Building a better NASA workforce: Meeting the workforce needs for the national vision for space exploration, National Academies Press.
9. Gruntman, M., Erwin, D. A., Kunc, J. A., (2005), USC astronautics and space technology program: From humble beginning to new academic unit, ASEE Annual Conference and Exhibition.

۱۰. مقداری، علی و صلاحی‌مقدم، سهیلا (۱۳۸۸)، آیا مهندسی و علوم انسانی در دانشگاههای صنعتی ایران آشتی‌ناپذیرند؟، *فصلنامه آموزش مهندسی ایران*، سال ۱۱، شماره ۴۳، صص. ۱۲-۱.

۱۱. کمیته برنامه‌ریزی دانشکده مهندسی برق دانشگاه صنعتی شریف(۱۳۸۷)، تجدید ساختار در آموزش مهندسی برق در کشور، *فصلنامه آموزش مهندسی ایران*، سال ۱۰، شماره ۳۸، صص. ۲۷-۱.

۱۲. مقداری، علی و صلاحی‌مقدم، سهیلا (۱۳۸۶)، علوم انسانی و هنر عواملی مؤثر و ضروری در آموزش رشته‌های مهندسی، *فصلنامه آموزش مهندسی ایران*، سال ۹، شماره ۳۳، صص. ۸۶-۷۳.

۱۳. یعقوبی، محمود و مطهری‌نژاد، حسین(۱۳۹۰)، ضرورتهای اصلی در تدوین راهبردهای آموزش مهندسی ایران، *فصلنامه آموزش مهندسی ایران*، سال ۱۳، شماره ۵۱، صص. ۵۱-۳۰.

۱۴. معماریان، حسین و جوادی، مهرنوش(۱۳۸۸)، بازنگری برنامه درسی کارشناسی مهندسی اکتشاف معدن، *فصلنامه آموزش مهندسی ایران*، سال ۱۱، شماره ۴۴، صص. ۷۴-۵۱.

15. Mourtos, N.J. (2011), "ABET self-study report for the B.S. in aerospace engineering at San Jose State University", San Jose, California.

۱۶. دوامی، پرویز و خدابخش، مریم (۱۳۸۹)، مهندسی چیست و یک مهندس کیست ، *فصلنامه آموزش مهندسی ایران*، سال ۱۲، شماره ۴۵، صص. ۵۵-۳۵.

۱۷. صفار اول، مجید، روحانی، مینا، قاسمی، امیر حسین، قنبری، فرزاد، فخاری، وحید، بهزاد، فریدالدین و نظری، وحید (۱۳۸۶)، شناخت ساختار آموزش کارشناسی مهندسی مکانیک در ایران و مقایسه آن با برخی دانشگاههای جهان، *فصلنامه آموزش مهندسی ایران*، سال ۹، شماره ۳۳، صص. ۱۵۸-۱۲۵.

18. Walker, B. K., Jeng, S. M., Orkwis, P. D., Khosla, P. K. and Simitses, G. J., (1998), Redesigning an aerospace engineering curriculum for the twenty-first century: Results of a survey, *Journal of Engineering Education*.

19. Craig, J.L. (2006), Teaching undergraduate aerospace engineering students to reason and to communicate about complex design choices, *ASEE Annual Conference and Exhibition.*

۲۰. مدنی‌فر، محمدرضا و سجادیه، نرگس (۱۳۸۸)، برنامه درسی مغفول در آموزش مهندسی، *فصلنامه آموزش مهندسی ایران*، سال ۱۱، شماره ۴۳، صص. ۹۸-۸۱.

۲۱. ضیایی، مظاهر (۱۳۸۶)، آموزش مهندسی در اقتصاد دانش پایه، *فصلنامه آموزش مهندسی ایران*، سال ۹، شماره ۳۵، صص. ۲۹-۱۵.

22. Guerra, L., L., Fowler, W.,and Christian, J., (2009), Space systems engineering a NASA-sponsored approach for aerospace undergraduates, *ASEE Annual Conference and Exhibition*, Austin, TX, 14 – 17 June.

23. Guerra, L., L., Fowler, W., Brennan, M., (2011), Systems engineering and spacecraft subsystems modeling as prerequisites for capstone design, *ASEE Annual Conference and Exhibition,* Vancouver, BC, Canada, 26-29 June.

24. http://spacese.spacegrant.org

25. ABET (2006), Engineering change, A study of the impact of EC-2000", Executive Summary.

26. ABET (1998), Engineering criteria 2000: Criteria for accrediting programs in engineering in the United States," 2nd ed., Engineering Accreditation Commission, Accreditation Board for Engineering and Technology, Inc.

۲۷. معماریان، حسین (۱۳۹۰)، سازکار ارزیابی درونی برنامه‌های آموزش مهندسی ایران، *فصلنامه آموزش مهندسی ایران*، سال ۱۳، شماره ۵۱، صص. ۳۰-۱.

۲۸. معماریان، حسین (۱۳۹۰)،نهضت جهانی ارزشیابی آموزش مهندسی، *فصلنامه آموزش مهندسی ایران*، سال۱۳، شماره ۵۰.

29. Saunders-Smits, G. N. (2005), The secret of their success, What factors determine the career success of an AE trained in the Netherlands*?, ASEE Annual Conference and Exhibition.*
30. Karapetrovic, S., Rajamani, D. and Willborn, W. (1998), Quality assurance in engineering education: comparison of accreditation schemes and ISO 9901, *Euro. J. Eng. Educ.*, Vol. 23, No. 2, pp. 199-212.
31. Waks, S. and Frank, M. (1999), Application of the total quality management approach principles and the ISO 9000 standards in engineering education, *Euro. J. Eng. Educ*., Vol. 24, No. 3, pp. 249-258 .
32. Sarin, S. (2000), Quality assurance in engineering education: a comparison of EC-2000 and ISO-9000, *J. Eng. Educ*., Vol. 89, No. 4, pp. 495-501.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی