مجله آموزش مهندسی ایران، شماره ۲۴، سال ششم، ص. ۵۷-۴۹

آموزش مهندسی زیستی

علیرضا منصوریان

پژوهشگر گروه خلاقیت و نوآوری دانشگاه صنعتی مالک اشتر

فاطمه حیدریان نائینی

کارشناس ارشد زیست‌شناسی

چکیده: مهندسی زیستی[۱] یکی از علوم بین‌رشته‌ای نوین است که در این علم ارتباط مباحث علمی - پژوهشی متقابل و کارآمدی از تداخل گرایش‌های مختلف مهندسی و زیست‌شناسی ایجاد می‌شود. اخیراً در اکثر کشورهای پیشرفته تمایل فراوانی برای اصلاح یا ایجاد برنامه‌های تحصیلی دوره‌های مهندسی زیستی پیدا شده است. مهندسی زیستی دارای مفاهیم و ساختارهای بسیار گسترده از دو جنبه زیست‌شناسی و مهندسی است. بعضی مواقع در ظاهر مفاهیم اساسی مهندسی و زیست‌شناسی با یکدیگر ناهماهنگ هستند که با ایجاد دوره‌های کارشناسی در این رشته نوین امکان درک متقابل رشته‌های زیست‌شناسی و مهندسی و استفاده از آن در حل ابداعانه مسائل صنایع مختلف کشور فراهم می‌آید. در این دوره تحصیلی موضوعات مهندسی، موضوعات علم حیات و دوره‌های ترکیبی این دو مورد بحث قرار می‌گیرد و در این مقاله مختصری از برنامه‌های تحصیلی مهندسی زیستی در کشورهای مدرن ارائه و ایجاد این رشته در آموزش عالی کشور پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: مهندسی زیستی، زیست‌شناسی، مهندسی.

---

۱. Biological Engineering

۱. مقدمه

گسترش علم درخت دانش انسانی را پربارتر کرده است. صدسال پیش مباحث ترمودینامیک، نور و الکتریسیته با هم تمام علم فیزیک را تشکیل می‌دادند، ولی امروزه هیچ کس نمی‌تواند ادعا کند که همه چیز را در باره نور می‌داند. بین فیزیکدانان متخصص نور که روی پارامترهای عدسی دوربین عکاسی کار می‌کنند و پژوهشگری که با نور لیزر آزمایش انجام می‌دهد، شکاف بزرگی به‌وجود آمده است. امروزه، تعداد علوم مختلف به‌طور روزافزون رو به افزایش است و تقسیم‌بندی هر موضوع به موضوع‌های جدید لزوماً ادامه پیدا می‌کند، چرا که بر تعداد پژوهشگران و متخصصانی که به بررسی موضوع‌های بیشتر و تازه‌تر می‌پردازند، مرتباً افزوده می‌شود.

در دهه‌های جدید، به‌دنبال این گسترش و پراکندگی علمی سؤالی پیش آمده است که آیا افراط در تخصص ثمرات تلخی را به‌بار نمی‌آورد و توسعه علمی را سرانجام فلج نخواهد کرد؟ دانشی که از علوم تخصصی به‌دست می‌آید باید به وسیله‌ای گسترش یابد و به یک دانش عمومی تبدیل شود تا به صورت کارآمد در رشته‌های مختلف از آن استفاده به‌عمل آید. به همین سبب، از نیمه دوم قرن بیستم علوم رابط (بین‌رشته‌ای) ظهور پیداکرده است تا در حوزه این علوم بین‌رشته‌ای از برخورد اندیشه‌ها شرایط روشنی به‌وجود آید تا موجب پیشرفت پژوهش‌ها و حل بهتر مسائل مختلف در صنایع متنوع شود [از علوم بین‌رشته‌ای می‌توان به مهندسی صنایع اشاره کرد که از تداخل علوم مدیریتی و مهندسی ابداع شده است].

مطالعاتی (پژوهش‌هایی) که از جنبه‌های به‌ظاهر گوناگون [و در واقع نزدیک به‌هم] در علوم بین‌رشته‌ای آغاز می‌شود، افکار تازه و جدیدی را برمی‌انگیزد و امکانات گسترده‌ای را به‌دست خواهد داد که در این زمینه نیاز به علم مهندسی زیستی احساس می‌شود تا بتوان تداخلی از اندیشه‌های زیست‌شناسان و مهندسان درکانون یک علم بین رشته‌ای فراهم آورد.

تغییرات ویژه در زیست‌شناسی از چهل سال پیش آغاز شده است که در این دوره بیولوژیست‌ها نه تنها به جمع‌آوری اطلاعات عمومی از حقایق ویژه پرداخته، بلکه اطلاعات اساسی جدیدی در زمینه‌های مختلف به‌دست آورده‌اند که علاقه به طراحی تولیدات و فرایندهای جدید بر پایه بیولوژی را فراهم آورده است و در این زمینه یک علم رابط دیگر به

نام بیونیک[۱] نیز گسترش پیدا کرده که هدف آن الگوبرداری از طبیعت برای پرداختن به مسائل فنی است که می‌توان به الگوگیری‌های متنوع و مختلف اشاره کرد که تعدادی از آنها عبارت‌اند از: برج ایفل، مواد هوشمند، Robofly و ... [۱].

با گسترش زیست‌شناسی موج تداخل افکار زیست‌شناسان و مهندسان فراهم می‌شود؛ به عنوان مثال، منجر به ارتباطی بین پزشکان و مهندسان الکترونیک و تولیدات کنترلی بسیار مؤثر یا تجهیزات درمانی کارآمد خواهد شد که در این صورت، قطعات مصنوعی اجزای بدن با سازگاری بهتری ابداع می‌شود. رشته‌های مختلف مهندسی در حال حاضر نیز از کمک‌های فراوان علم بیولوژی بهره می‌برند که می‌توان به این موارد اشاره کرد: مهندسی محیط زیست و مهندسی کشاورزی که اغلب عناصر بیولوژیکی را در اجزای گیاهان اندازه‌گیری می‌کند و اخیراً نیز دستکاری‌های ژنتیکی، فرایندهای سلولی و ملکولی و کشت بافته علاقه مهندسان را به مهندسی بیوشیمی و فرایندهای زیستی برانگیخته است. با وجود اثبات کاربرد زیست‌شناسی در بعضی از رشته‌های کاربردی مهندسی مانند کشاورزی، بیوشیمی، پزشکی، صنایع و... و نیز ارتباط بسیار قوی که با آن دارند، مهندسان از این علم استفاده نمی‌کنند و در نتیجه، کارآیی بهتر را برای انجام‌دادن امور محول‌شده به‌دست نمی‌آورند. به همین دلیل؛ موج بزرگی از علاقه‌های دانشجویان و استادان به ایجاد دوره‌های تحصیلی با ترکیب علوم مهندسی با زیست‌شناسی ایجاد شده است که به تعریف برنامه‌های تحصیلی مناسب نیاز دارد تا دانشجویان را برای تلاش در کاربردهای ویژه و بهتر در سطح پیشرفته آماده سازد [۲]. به همین سبب، در این مقاله به طور مختصر به آموزش مهندسی زیستی و برنامه‌های درسی این علم بین رشته‌ای پرداخته می‌شود.

۲. چهارچوب ادراکی آموزش مهندسی زیستی

پژوهشگران در تلاش هستند که اساس مهندسی زیستی را تشریح کنند تا مراحلی که باید در این دوره ایجاد گردد، مشخص شود و دوره‌های مهندسی زیستی موجود بهتر اجرا شود. این دوره باید شامل دیدها و ظیف‌های ترقی‌خواه و پیشرو باشد. مهندسان در آینده باید به جای

---

۱. Bionics

طراحان محض، سنتزکنندگان دقیق باشند و سیستم‌های کامپیوتری نیز بسیار قوی شوند تا اجازه طراحی مجدد عملکردها را پیدا و عملکردهای تکنولوژیکی مهندسان را پشتیبانی کنند. مهندسان زیستی نیز باید قادر به تفکر مشابه‌سازی (تفکر آنالوگی توانایی برای انتقال اطلاعات از یک سیستم به یک غیرمشابه) باشند [۱].

رشته مهندسی زیستی باید بتواند ایده‌ها و مفاهیم رشته‌های مختلف مهندسی و زیست‌شناسی را در یک علم رابط درهم آمیزد. به همین دلیل، یک برنامه تحصیلی (دوره کارشناسی) پیشنهاد می‌شود تا در این راستا مهندسان بیولوژیکی با توانایی بهتر حل خلاق مسئله، پلی بین مهندسی و زیست‌شناسی باشند و آموزش‌ها باید بتوانند بین مهندسان و زیست‌شناسان ارتباطی ایجاد کنند. در این دوره باید بین دروس ویژه مهندسی و زبان زیست‌شناسی نظم خاصی ایجاد شود و بسیار حایز اهمیت است که این مهندسان برای حل مسائل از راه‌حل‌هایی استفاده کنند که برای هر دو گروه آشنا باشد. در این بین، مهندسان تمایل دارند که از راه‌های ریاضی ـ فیزیک برای حل مسئله استفاده کنند که این تکنیک برای سیستم‌های زیست‌شناسی معمول نیست و زیست‌شناسان نیز از بعضی تکنیک‌های ویژه استفاده می‌کنند که برای مهندسان رایج و آشنا نیست. بنابراین، دانشجویان مهندسی زیستی باید توسط هر دو گروه آموزش ببینند تا راه‌حل‌های ابداعی آنها برای سیستم‌های تکنیکی و سازگاری با محیط زیست کارآمد باشد [۳].

برنامه تحصیلی کارشناسی مهندسی بیولوژیکی یک برنامه تحصیلی عمومی است که آموزش اساسی در علوم فیزیک، ریاضی، شیمی، زیست‌شناسی و مهندسی را ارائه می‌کند. دانشجویان باید قادر باشند تمام افق‌های کاربردی بالقوه زیست‌شناسی را از سطح زیرسلولی (مولکولی) تا اکولوژیکی مشاهده کنند. البته، شایان ذکر است که آنها نیاز ندارند تمام جزئیات هر سطح کاربردی را فرابگیرند. یک چنین برنامه تحصیلی لازم است تا دانشجویان را به سمت آموزش کاربردی سیستم‌های زیست‌شناسی پیش ببرد. دانشجویان باید تفکر آنالوگی را بیاموزند و تجربه‌هایی در انتقال اطلاعات از یک سیستم به سیستم دیگر را درک کنند.

همچنین، مهندسی زیستی یک علم بین‌رشته‌ای مهندسی مبتنی بر علم بیولوژی است. مهندسان زیستی برای علم زیست‌شناسی باید مانند مهندسان شیمی برای شیمی، مهندسان

الکتریسیته برای الکتریسیته و مهندسان مکانیک برای مکانیک باشند. مهندسی زیستی بر یک کاربرد یا صنعت ویژه اشاره ندارد و در این راه با مهندسی پزشکی، محیط زیست یا کشاورزی تفاوت دارد و در آن اطلاعات زیست‌شناسی برای کاربردهای ویژه استفاده می‌شود که در این خصوص، زنجیره‌ای از مهندسی با زیست‌شناسی درگیر است و مهندسی را که دارای اطلاعات اساسی در زمینه زیست‌شناسی است، مهندس زیستی می‌نامند [۴].

این دوره تحصیلی کارشناسی پیشنهادی بسیار مشابه برنامه تحصیلی بسیاری از علوم مهندسی است که در دانشگاه‌ها رایج است. مهندسی زیستی آموزشی اساسی در مورد اطلاعات ویژه و کاربردی ارائه می‌کند و دانشجویان این رشته با تجربه علمی به متخصصان مؤثری تبدیل خواهند شد. همچنین، آموزش این رشته تحصیلی به پیشرفت‌های ویژه در دوره‌های دانشگاهی دیگر مانند مهندسی پزشکی، بیوتکنولوژی، کشاورزی و... منجر می‌شود.

البته، برای هر هیبریدی تعریف کامل ارتباط بین اولاد و پدر و مادر سخت است. با اینکه این رشته تحصیلی در کشورهای مختلف جهان ارائه شده است، ولی اختلاف نظر در مورد دروس آن مشاهده می‌شود. بعضی مهندسان عقیده دارند که مهندسان بیولوژی باید اول مهندس شوند، سپس بیولوژی را آموزش ببینند و عده‌ای نیز آنها را جدا فرض می‌کنند. حال برای حل مسئله باید پژوهشی گسترده در مورد نیازها و خواسته‌های صنایع، سازمان‌ها و مراکز مختلف علمی، صنعتی، نظامی و ... صورت گیرد [مهندسی خواسته‌ها به درستی انجام شود]. سپس با شناخت هرچه بهتر خواسته‌ها و قابلیت‌های متنوع رشته‌های مختلف مهندسی و زیست‌شناسی برنامه تحصیلی متناسب با نیازها ارائه شود [۳].

۳. نتایج و ثمرات

بعضی از نتایج و ثمرات این رشته به شرح زیر است:

- توسعه توانایی برای درک بهتر پدیده‌های فیزیکی؛
- درک چهارچوب اساسی از علوم مهندسی؛
- آشنایی با کامپیوتر و تکنیک‌های کامپیوتری برای حل مسائل در زمینه‌های مختلف؛
- توانایی برای طراحی فرایند حل مسئله؛

- توسعه و گسترش اصول مهندسی؛
- به‌دست آوردن اطلاعات در مورد جهان اطراف انسان؛
- توانایی برای ایجاد فرضیات مهندسی مستدل به‌منظور تولیدات ویژه و راه‌حل‌های مؤثر.

۴. مفاهیم اساسی مهندسی زیستی

مهندسان زیست‌شناسی باید در دو حوزه زیست‌شناسی و مهندسی آموزش ببینند. در این بین آموزش مهندسی به سمت توسعه توانایی‌های ادراکی و محاسبه‌ای پیش می‌رود و آموزش زیست‌شناسی به‌منظور پیشرفت توانایی‌های بحث و ادراک است و قابلیت‌های تشریحی و ارتباطی را توسعه می‌دهد که هر دو جنبه مذکور برای مهندسان بیولوژی حایز اهمیت است.

بعضی از مواردی که مهندسان زیست‌شناسی باید مطالعه کنند، عبارت‌اند از:

- ارتباط حداقل با لغات ویژه زیست‌شناسی و توانایی برای استفاده از این لغات در ارتباطات تکنیکی مؤثر با زیست‌شناسی، فلسفه، علوم کاربردی، مهندسی و ...؛
- قلمرو زیست‌شناسی به ویژه تکنیک‌های حل مسئله مرتبط با عملکردهای زیست‌شناسی؛
- مفاهیم اساسی مهندسی مانند تعادل، تغییر، آنتروپی مثبت، فرایندهای معکوس و مهندسی مجدد، مشابه‌سازی، ساده‌سازی و ...؛
- مفاهیم اساسی زیست‌شناسی: عدم خطی بودن، فراوانی، بهینه‌سازی، تکامل و ....

بعضی مفاهیم نیز وجود دارند که مهندسان زیست‌شناسی باید از هر دو جنبه آنها را مورد بررسی قرار دهند تا بتوانند با به کاربردن مفاهیم اساسی مهندسی و زیست‌شناسی به بهترین نحو در زمینه حل مسائل تکنولوژی پیشرفت کنند.

شایان ذکر است که تعدادی از موفق‌ترین راه‌حل‌های مهندسی از مطالعه راه‌حل‌های موجود در طبیعت الگو گرفته شده‌اند که این حوزه علمی مرتبط با علم بیونیک یا بیومیمتیک[1] است. می‌توان به بعضی از این الگوگیری‌ها اشاره کرد: برج ایفل از استخوان ران، Velcro از قلاب‌های گیاهان چسبنده، شبکه‌های عصبی کامپیوتری، زیردریایی‌ها و

---

۱. Biomimetics

هواپیماها و... در این راه سیستم‌های بیولوژی به عنوان مدل‌های بسیار عالی برای ارائه راه‌حل‌هایی در بسیاری از مسائل پیچیده هستند و یکی از مهم‌ترین دلیل‌های تدریس دوره‌های مقدماتی بیولوژیکی برای مهندسان نیز همین مورد است [۵].

۵. دوره‌های رایج

در کشور ما دوره‌های علوم مهندسی بیشتر به جزئیات مفاهیم مهندسی پرداخته و دوره‌های علوم زیست‌شناسی نیز فقط به زیست‌شناسی مشغول شده‌اند و حتی به کاربردی کردن پژوهش‌های خود نیز مبادرت نمی‌ورزند. در کشورهای مختلف جهان تلاش‌های فراوانی برای تعریف برنامه تحصیلی مهندسی زیستی انجام شده است و برنامه‌های تحصیلی کارشناسی زیادی نیز گزارش شده که بیشتر این گزارش‌ها حول دوره‌های مهندسی است و موارد درسی آن نیز شامل فیزیک [به ویژه مقیاس ماکروسکوپیک]، شیمی [آلی، غیرآلی و بیوشیمی]، ریاضی، استاتیک، دینامیک، ترمودینامیک، علم مواد و کامپیوتر است و در زمینه دروس زیست‌شناسی پژوهش‌های فراوانی انجام شده است. بعضی اعتقاد دارند که فقط یک درس دو واحدی کافی است و عده‌ای دیگر نیز بر تعداد درس‌های بیشتر اشاره دارند، به عنوان مثال در دانشگاه مریلند [۱] بیشتر از درس دو واحدی در زمینه‌های مختلف زیست‌شناسی از قبیل گیاه‌شناسی، جانورشناسی، تکوین و... ارائه شده است تا دانشجویان به مقدار کافی با مفاهیم علوم زیست‌شناسی آشنا شوند.

در سطوح بالاتر [یعنی دروس تخصصی] نیز تداخل اطلاعات و آموزش‌های سیستم‌های زیستی و مهندسی بسیار ضروری است و در هر کدام از سطوح باید موارد مهندسی با نمونه‌هایی از یک ترتیب وسیعی از کاربردهای زیست‌شناسی در هم آمیخته شوند و دانشجویان مهندسی زیستی در معرض کاربردهای پزشکی، الکترونیک، کامپیوتر، علوم محیط‌زیست، بیوشیمی و... قرار گیرند. البته، باید طراحی و ارتباط بسیار مؤثری در برنامه تحصیلی طراحی شود تا دانشجویان اکثر مهارت‌های مهندسی را نیز کسب کنند.

یکی دیگر از دانشگاه‌های آمریکا، ۵ درس تخصصی را در برنامه تحصیلی دانشجویان

---

۱. Maryland

مهندسی زیستی قرار داده است که عبارت‌اند از:

۱. بیولوژی برای مهندسان

۲. پاسخ‌های بیولوژیکی به محرک‌های محیطی

۳. فرایندهای انتقال زیستی

۴. خواص مهندسی مواد زیستی

۵. کنترل سیستم‌های زیستی

مؤسسه National Science Foundation نیز برنامه تحصیلی بین رشته‌ای با عنوان Biomedical Engineering برنامه‌ریزی کرده و دروس مهندسی زیستی را با دروس پزشکی درهم آمیخته است که در این رشته تحصیلی مهندسان زیستی به‌طور محض به کاربردهای این علم در پزشکی می‌پردازند.

۶. بحث و نتیجه‌گیری

در این مقاله به معرفی یک رشته کارشناسی بین‌رشته‌ای با عنوان مهندسی زیستی پرداخته شده و این رشته تحصیلی با توجه به محدودیت‌ها و تخصص‌گرایی‌های علمی در زمینه‌های مختلف به عنوان یک راه‌حل کارآمد در جهت پیشرفت پروژه‌های تحقیقاتی و صنایع مختلف کشور ارائه شده است و پیشنهاد می‌شود که با برگزاری رشته‌های مشابه یا حداقل گنجاندن دوره‌های زیست‌شناسی در برنامه‌های تحصیلی مهندسان و برنامه‌ریزی این قبیل امور در آموزش عالی کشور، مهندسان را با راه‌حل‌ها و قابلیت‌های طبیعت آشنا ساخت تا آنهابتوانند با الگوگیری از جهان طبیعت پیشرفت‌های چشمگیری در زمینه‌های مختلف به‌دست آورند.

مراجع

1. Julian F.V. Vincent and Darrell L. Mann., Systematic technology transfer from biology to engineering. Royal Society, p. 159-173, 2002.

2. Julian F.V. Vincent, Stealing Ideas form nature. Center for biomimetics, The university of reading, 2002.

3. Philip Ball., Lifes lessons in design. nature. 409, 413-416, 18 January, 2001.
4. Michael H.Dickinson, Bionics: Biological insight into mechanical design, Proc. Natl. Acad. USA., December 7, Vol. 96, No. 25, pp. 14208-14209, 1999.
5. P Ramachandera RAO, Biomimetics, Sadhana, Vol. 28, parts 3 & 4, printed in India, 2003.

(تاریخ دریافت مقاله: ۸۳/۳/۳۱)

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی