

بررسی وضعیت آموزشی مهندسی خلاقیت بیونیک

علیرضا منصوریان^۱

چکیده: فرایندهای خلاقیت و نوآوری نقش بسیار مهمی در رشد و توسعه آموزش و پژوهش در نظام آموزشی و پژوهشی کشور دارند، چنان که فعالیتهای جهانی در نظامهای آموزش و پژوهش کشورهای پیشرفته بر اساس خلاقیت و نوآوری است. همچنین، طبیعت به عنوان منبع خلاقیت و نوآوری از مظاهر قدرت خداوند بزرگ در دسترس انسانها برای آموزش و پژوهش است. در این مقاله ضمن معرفی مهندسی خلاقیت بیونیک، وضعیت آموزشی این حوزه نوین و بین رشته‌ای بررسی و پیشنهاد شده است که این دانش به عنوان یک رشته یا دروس انتخابی در دانشگاههای کشور تدوین و برنامه ریزی شود.

واژه‌های کلیدی: مهندسی خلاقیت بیونیک، آموزش، بیونیک و خلاقیت.

۱. مقدمه

بیونیک^۱ از ترکیب دو کلمه بیولوژی^۲ (زیست شناسی) و تکنیک^۳ ساخته شده و در فرهنگ لغت‌های مختلف واژه، بیونیک با بیان‌های مختلفی معرفی شده است. در فرهنگ لغت وبستر^۴ بیونیک کاربرد اصول زیست شناسی برای مطالعه و طراحی نظام‌های مهندسی توصیف شده است [۶].

طبق تعریف جانین بنیوس^۵ (۱۹۹۷)، نویسنده کتاب *Biomimicry*، بیونیک علم مطالعه مدل‌های طبیعت و الهام‌گیری از این طرح‌ها و فرایندها برای رفع مشکلات انسانی است [۲ و ۳]. مهندسی خلاقیت بیونیک را می‌توان به عبارتی علم استفاده از نتایج تکاملی زیست شناسی دانست. ایده بیونیک بر این حقیقت استوار است که تکامل به طور مداوم در طبیعت صورت می‌گیرد و فناوری‌های حیاتی بهترین حالت و نظم را با یکدیگر دارند، لذا، بهتر است برای فناوری‌های مدرن از حالت‌های تکاملی حیات الگو برداری شود [۴].

به طور کلی، فرایند الگوگیری از طبیعت که یکی از مهم‌ترین روش‌های خلاقیت، نوآوری و حل خلاق مسئله است، بیونیک یا بیونیکس^۶، بیومیمتیک^۷ و در حوزه علوم خلاقیت و نوآوری با عناوین مهندسی بیونیک، خلاقیت شناسی بیونیک^۸، خلاقیت شناسی طبیعت محور^۹ و مهندسی خلاقیت بیونیک^{۱۰} نامیده می‌شود و می‌تواند یکی از شاخه‌های مهم علم خلاقیت شناسی محسوب شود.

بیونیک رویکرد خلاقانه‌ای است که به مسائل موجودات زنده و ماشین‌ها از طریق گردآوری پژوهش‌های زیست شناسان، روانشناسان، ریاضیدانان، مهندسان و ... می‌نگرد. بیونیک به رشته‌ای خاص محدود نمی‌شود بلکه برای دامنه گسترده‌ای از مسائل قابل اجراست. بیونیک عملکرد حیاتی موجودات زنده را به طور منظم بررسی می‌کند، به نحوی که اصول کشف شده از این مطالعه را می‌توان در ساخته‌های دست ساز بشر استفاده کرد. البته، کاربرد بیونیک به میزان تفاهم و همکاری بین رشته‌ای میان متخصصان بستگی دارد که می‌تواند موجب پیشرفت روز افزون فناوری‌ها شود [۱].

عده‌ای بیونیک را هنر به کار گرفتن دانش سیستم‌های زنده برای حل مسائل تکنیکی می‌دانند. هدف از علم بیونیک تولید ماشین‌ها و مواد پیچیده تر به وسیله تقلید از طبیعت است [۵]. طبیعت

1. Bionics
2. Biology
3. Technic
4. Webster
5. Janine Benyus
6. Bionics
7. Biomimetics
8. Bionical Creatology
9. Nature Oriented Creatology
10. Bionical Creativity Engineering

بدون ایجاد آلودگی محصولاتی تولید می‌کند که از نظر کارایی بسیار بهتر از تولیدات دست ساز بشر عمل می‌کنند. برای مثال، در مقیاس برابر، استخوان سخت تر از فولاد است. دلیل این مهم چیست؟ قسمتی از پاسخ این سؤال به مهندسی عالی آن [که دلایل کلیدی آن دقیق تر است] به سطح مولکولی بر می‌گردد. پژوهشگری به نام گیتز^۱ (۱۹۹۶) در این خصوص بیان می‌دارد که موفقیت ساختارهای زنده به طراحی و تقارن کوچک ترین اجزای آنها بر می‌گردد [۸]. با نگاهی دقیق تر به کوچک ترین اجزای طبیعت، دانشمندان موادی از آن جدا سازی و مشخص می‌کنند (برای مثال استخوان و ابریشم) که از نظر دوام و سبکی به آنها رشک می‌برند .

در دهه های اخیر، تقلید از طبیعت گسترش پیدا کرده و بسیاری از طرحها از طبیعت الهام گرفته شده است که برای پیشرفت صنایع از آنها استفاده می‌شود. این الهام گیرها، اندیشه ها، خطوط تولیدات و استراتژیهای بازاریابی را تغییر می‌دهند و به همین دلیل است که شرکتهای تولیدی و مراکز پژوهشی صنعتی و دانشگاهی به الگوهای طبیعت اهمیت می‌دهند و از طریق فعالیتهای تحقیق و توسعه مبتنی بر بیونیک همواره محصولات جدیدی طراحی و تولید می‌کنند. اهمیت این موضوع بدین دلیل است که درسهای طبیعت به طور دقیق ظرفیت تکمیل کردن نیازهای انسانی را دارند و به توسعه یک دید جدید در طراحی کمک می‌کنند [۶].

جانوران و گیاهان دارای ساز کارهای بسیار متنوعی هستند. پیچیدگی یک ویژگی حتمی و ممتاز آنها نیست. با استفاده از روشهای تحلیلی پیشرفته می‌توان بسیاری از این سازکارها را درک و در توسعه فناوریهای پیشرفته از آنها استفاده کرد. در این خصوص، دکتر ویلینسکی^۲ (۱۹۹۸) این گونه بیان می‌دارد: «طبیعت چند جانبه ترین، عملی ترین، دقیق ترین، بی ضررترین و برای محیط زیست دوستانه ترین راه حلها را در پیش روی ما گذاشته و فقط کافی است دقت نظر داشته باشیم و آنها را تشخیص بدهیم و سپس، با داشتن درک فنی آنها را در صنعت پیاده کنیم و به آنها جنبه عملی ببخشیم» [۸].

به طور کلی، طبیعت با تنوع زیاد در ساختارهای کارآمد منبع بسیار مناسبی برای الگوگیری خلاق و کشف راههای جدید برای حل مسائل مختلف است. نمونه های بسیار زیادی در طبیعت وجود دارند که می‌توانند ابزارهای خلاق در فرایند خلق راه حلها برای مشکلات باشند. قاعده های تکامل زیست شناختی که راهکارهای جانوران برای سازگاری با محیط، اثربخشی و کارایی فعالیتها و ... را ارائه می‌کنند، می‌توانند برای تعیین هدفها و اصول عملکردهای ساختارها و سازمانها استفاده شوند.

همان گونه که طبیعت با بررسی شرایط محیطی و آینده نگری برای ادامه حیات اهداف بلند مدت و کوتاه مدت خود را مشخص و راهبردهایی برای دستیابی به این اهداف تعیین می‌کند، می‌توان با

1. Gates

2. Wilinsky

بررسی طبیعت در حوزه های مورد نظر به نحوه تعیین و راهبردهای کارآمد برای دستیابی به این اهداف برنامه ریزی کرد. اینجاست که راه بیونیک با استفاده از موضوعات طبیعت برای فناوری، شکاف بین جهان خلاقتهای انسان و طبیعت را کاهش می دهد [۶].

۲. تاریخچه مهندسی بیونیک

میلیونها سال است که ساختار جانداران توسعه و تکامل پیدا کرده است و از جنبه های مختلف بهترین وضعیت را دارد؛ بنابراین، ضروری است که پژوهشگران با کسب شناخت در باره مواد، ساختارها و سازکارهای طبیعت و موجودات زنده، آنها را برای الگوگیری خلاق و ابداع و اختراع مورد توجه عمیق و جدی قرار دهند [۷].

تمام جانداران از گونه های مشابه یا متفاوت برای دسترسی به انرژی با یکدیگر رقابت می کنند. گیاهان به سمت خورشید رشد می کنند تا از سایه دیگر رقیبان خارج شوند، حیوانات برای دسترسی به قلمرو، آمیزش و غذا نزاع می کنند و در طبیعت با توجه به سبک زندگی و مکان سکونت جانداران، انرژی بین عملکردهای متنوع به طور بهینه تقسیم می شود. از این موضوع پژوهشگران حوزه های مختلف می توانند الگو بگیرند و به طریق مشابه، انرژی را بین بخشها و فعالیتهای مختلف، متناسب با ساختار و نظام کاری خود توزیع کنند [۷].

برای انسان هوشمند و خلاق طبیعت و ساختارهای زیست شناختی همواره برای حل مسائل مختلف الهام بخش بوده است. ساختار و عملکرد گیاهان و جانوران در فرایند تکاملی طی میلیونها سال بهینه شده است. این الگو که به تدریج و در طی زمانی طولانی شکل گرفته است، نمی تواند به آسانی برای اختراع و نوآوری و حل خلاق مسائل فناوری مورد استفاده قرار گیرد. به همین دلیل، برای به دست آوردن راه حلهای بهتر از طبیعت باید آن را با نگرش خلاق مورد مطالعه قرار داد. معیارهای زمان ممکن است متفاوت باشد، اما اهداف و اجبارهای طراحی کردن بسیار مشابه است. توجه به کارایی و مؤثر بودن دو عامل اصلی هستند که موجب اعمال فشار در طراحیها و رسیدن به بهترین وضعیت می شوند. از این رو، انسان همواره ساختارهای زیست شناختی را تحسین و اغلب سعی می کند تا آنجا که می تواند برای خلاقیت و نوآوری حوزه های مختلف علمی، فنی و ... از آنها الهام بگیرد و الگوسازی کند [۸].

مطالعه منابع نشان می دهد نخستین کسی که برای اولین بار واژه بیونیکس یا بیونیک را به کار برد، سرگرد جک ای استیل^۱ بود. او در سال ۱۹۶۰ مقاله ای در باره بیونیک در همایش نیروی هوایی ارائه و بیونیک را چنین معرفی کرد:

"بیونیک علم سیستم‌هایی است که شالوده آنها سیستم های زنده است یا خصوصیات سیستم های زنده را دارند یا به سیستم های زنده شباهت دارند" [۱۰].

بین علوم مهندسی و طبیعت یک وجه مشترک وجود دارد و آن تلاش برای استفاده از کمترین میزان انرژی است. انواع گیاهان و جانوران برای زنده ماندن معمولاً با یکدیگر در حال رقابت هستند و همیشه تلاش می‌کنند با کمترین میزان انرژی زنده بمانند [در سوخت و ساز (متابولیسم) و تقسیم بهینه انرژی بین عملکردهای متنوع حیات کاراییهای پیچیده‌ای وجود دارد]. محققان علوم مهندسی نیز همواره می‌خواهند فعالیت‌هایی انجام دهند که با کمترین مصرف انرژی بیشترین بازدهی را داشته باشند.

اگر ساختارها و سازکارهای جنبه های گوناگون حیات با نگرشی خلاق و اکتشافی و به نحوی الگوگیرانه مورد مطالعه و تحلیل قرار گیرند، حاصل آن می‌تواند دستیابی به راهکارهای نوین و بسیار مؤثر برای افزایش کارایی و اثربخشی در بخشهای مختلف مانند صنعت باشد [۸].

از ابتدایی که انسان پا بر روی کره خاکی نهاده است، برای انجام دادن فعالیت‌های خود به سراغ طبیعت رفته و با الگوگیری از آن به هدف خود دست یافته است که می‌توان به نحوه دفن کردن هابیل توسط قابیل اشاره کرد؛ خداوند این منبع مهم اطلاعاتی را در اختیار بشر به ودیعه نهاده است تا با الگوگیری از آن به او نزدیک‌تر شود. پس تاریخچه واقعی این دانش به ابتدای خلقت انسان برمی‌گردد، ولی در این متن به مواردی اندک از تاریخچه آن در دوران کنونی و از زمانی که بشر اصطلاح بیونیک و الگوگیری از طبیعت را به کار برد، اشاره شده است.

۱. ۲. قصر کریستال پالاس در شهر لندن در سال ۱۸۵۱ از شیشه و آهن ساخته شد. این قصر ۳۵ متر ارتفاع و ۷۵۰۰ متر مساحت دارد و از ۲۰۰ هزار قطعه شیشه ساخته شده که هر ۳۰ عدد آن ۱۲۰ سانتی‌متر مساحت داشته است. این قصر توسط جوزف پاکستون^۱ با الگوگیری از نیلوفر آبی^۲ ساخته شد. برگ‌های این گیاه قادر است فشارهای بسیار بالا را تحمل کند. پاکستون با بررسی برگ‌های گیاه متوجه رگبرگ‌های بسیار محکم آن شد و دلیل استحکام برگ‌های آن را رگبرگها دانست. هر برگ از رگبرگ‌های بزرگ تشکیل و هر رگبرگ نیز خود منشعب شده است. برگ‌های این گیاه بیش از ۲ متر پهنا دارد و بیشتر سطح رودخانه‌ها را می‌پوشاند تا بتواند بیشترین فتوسنتز را انجام دهد [۶].

-
1. Joseph Paxton
 2. Victoria Amazonica

۲.۲. در سال ۱۸۶۶ پژوهشگر مشهور، کالمن^۱، در زوریخ به طراحی یک جرثقیل جدید فکر می‌کرد و با مشکل مواجه شد. در همین دوران وی برای تفریح به آزمایشگاه آناتومیست معروف، هرمن مایر^۲ که بر روی برش عرضی استخوان کار می‌کرد، رفت و با مشاهده چگونگی قرار گرفتن استخوانها بر روی یکدیگر فریاد زد این جرثقیل من است و با الهام گیری از آن جرثقیل پیشرفته تری اختراع کرد [۶].

۳.۲. در سال ۱۹۲۷ مهندس سویسی، جورج د مسترال^۳، متوجه شد که دلیل چسبیدن نوعی گیاه به نام کوکلیبرس^۴ به پوستین او (شکل ۱-۱) هزاران قلاب کوچکی است که هر جوانه گیاه را پوشانده است. او هشت سال بعد ولکرو^۵ (کفپوش و قلابهای چسبنده) را مشابه قلابهای این گیاه ابداع کرد [۶].



شکل ۱: گیاه Cockleburs که منجر به ساخت ولکرو شد [۶]

۴.۲. محققى به نام پل اسپرى^۶ در سال ۱۹۳۵ بر روی ساخت کفشهایی تحقیق می‌کرد که او را از لغزش بر روی سطح کشتی بادبانی محفوظ بدارد. در زمستان او متوجه شد وقتی که بر روی پیاده رو لیز می‌خورد، سگ پشمالوی او بدون لغزش حرکت می‌کند. وقتی او به خانه برگشت کف پنجه های سگ را آزمایش و مشاهده کرد که کف پنجه های سگ گود است [گودی

1. Culmann
2. Hermann Mayer
3. George de Mestral
4. Cockleburs
5. Velcro
6. Paul Sperry

علیرضا منصوریان ۷۵

شبيه موج] و با الهام گيري از آن كفشهايي ساخت كه انسان مي تواند به راحتی بر روي جاهاي شيب دار راه برود[۹].

۵.۲. در سال ۱۹۶۶ محققان آزمايشگاه مربوط به صدای حیوانات در فرانسه يك مقاله با عنوان "مدلهای بیولوژیکی سیستم های امواج صوتی حیوانات" در مرکز تحقیقات ناوال^۱ ارائه کردند[۱۰].

۲. ۶. الگوگیری از Boxfish (شکل ۲) برای ساخت ماشین مرسدس بنز(شکل ۳) برای ایجاد ساختاری با بهترین حالت آیرودینامیک و کمترین میزان اصطکاک ماشین ساخته شده با عنوان Bionic Car (شکل ۴) معروف است [۲۰].



شکل ۲: ماهی Boxfish [۲۰]



شکل ۳: اسکلت ماشین [۲۰]



شکل ۴: ماشین بنز ۲۰۰۵ Bionic Car [۲۰]

۷.۲. محققان دانشگاه تافتس آمریکا با بررسی ساختار سیستم بویایی سگها و دیگر جانورانی که از قوه بویایی قوی برخوردارند، موفق شده اند دستگاه بویاب نوینی را تکمیل کنند که از حسگرهای متعارف به مراتب کارآمدتر است.

نتیجه این پژوهش در سال ۲۰۰۶ در هفته نامه علمی نیچر به چاپ رسیده است. محققان دانشگاه تافتس در بررسی ساختار سیستم بویایی سگها و برخی دیگر از پستانداران به این نکته پی برده اند که درون بینی این جانوران دارای دالانهای باریک و پر پیچ و خم مینیاتوری فراوانی است که درون آنها از هوا پر شده است و به این جانوران در تشخیص رایحه‌های مختلف کمک می‌کند [۶].

محققان برای مشابه سازی این شبکه بویایی طبیعی، با اسکن کردن آن تصویری دقیق از نحوه پراکندگی گذرگاههای مینیاتوری هوا تهیه کردند و مدل بزرگ تری از آن را با استفاده از لوله های پلاستیکی تکمیل کردند. آزمایش بر روی این مدل نشان داد که میزان کارآمدی آن ۱۰ درصد بهتر از حسگرهایی است که در حال حاضر برای تشخیص رایحه ها مورد استفاده قرار می گیرند. در داخل بینی سگها ردیفهای گوناگونی از سلولهای بویایی وجود دارد که هر یک برای تشخیص یک دسته از رایحه ها مناسب هستند و ترکیب این ردیفها به جانور امکان می دهد تا شمار زیادی از بوها را شناسایی کند [۶].

یک گروه از دانشمندان کالیفرنایی نیز با استفاده از فیبرهای نوری که بر سر هر یک دانه تسبیح کوچکی نصب شده است، سلولهای بویایی درون بینی سگها را شبیه سازی کرده اند. هر یک از مولکولهای یک ماده دارای بو، در هنگام اتصال به این دانه تسبیحها، موجب می شوند رنگ فیبر نوری به نحو مشخصی متناسب با نوع رایحه تغییر کند. آن گاه یک رایانه با استفاده از این تغییر رنگها انواع رایحه ها را مشخص می سازد. در بینی سگها نیز رشته های مشابهی انواع رایحه ها را تشخیص می دهد. اما جالب ترین جنبه این آزمایش آن است که دانشمندان اثر انتقال رایحه ها از دالانهای تنگ و پر پیچ و خم مینیاتوری درون بینی سگها، فیبرهای نوری ردیفهای عقب تر را با فاصله ۱۵ ثانیه تأخیر نسبت به فیبرهای نوری ردیفهای جلو، بررسی کرده اند. در این حال، الگوهایی که بر روی رایانه ظاهر شد مشخص ساخت که پیچ و خم دالانهای عبور دهنده هوا در بینی سگها نقش مهمی در شناسایی دقیق نوع رایحه ها دارد [۱۰].

۲. ۸. گروهی از محققان مرکز زیست مهندسی تافت در دانشگاه ماساچوست در سال ۲۰۰۶ توانسته اند راز اسرارآمیز تارهای عنکبوتها و کرمهای ابریشم را بر ملا و مواد جدید خیلی مستحکم تهیه کنند. ابریشم به کار رفته در تار عنکبوت و پيله کرم ابریشم محکم ترین الیاف طبیعی شناخته شده است و حتی با وجود آنکه می توان در آزمایشگاهها ابریشم مصنوعی تولید کرد، باز هم ابریشم طبیعی کیفیت خاص خود را دارد و به مراتب بهتر از نوع مصنوعی است. مهم ترین ابهام موجود در روند تولید ابریشم طبیعی آن است که عنکبوت و کرم ابریشم چگونه می توانند یک محلول آبی را بدون استفاده از چسب به رشته های نخ و الیاف تبدیل کنند و چگونه بلافاصله پس از خروج محلول آبی از غده تولید ابریشم یک الیاف مقاوم جامد تولید می شود [۱۱].

پس از سالها مطالعه، زیست شیمیدانها توانسته اند با حل کردن مجدد ابریشم به دست آمده از پيله و باز سازی روند سفت شدن آن راز این فرایند را آشکار کنند. هنگامی که بخشی از آب محلول ابریشم بخار و محلول غلیظ تر شود، جزیره های کروی شکل و کوچکی که همان هسته های اولیه الیاف جامدند در محلول تشکیل می شوند. از دست دادن آب مساوی با مجتمع شدن این هسته ها در

ساختارهای بزرگ تر ژله‌ای است. اما هنوز فرایند تبلور و بلور سازی شروع نشده است. در این هنگام دانشمندان ژل را میان دو صفحه شیشه‌ای قرار دادند و صفحات را به هم فشردند، گویچه‌ها تغییر شکل و خود را در راستای خط نیرو قرار دادند و در نهایت، یک رشته الیاف را تشکیل دادند و ابریشم محکم به دست آمد.

کشف این روند می‌تواند به تولید مواد بهتر و با کیفیت منجر شود و این الیافهای با دوام در صنایع و فعالیتهای بسیار زیادی کاربرد خواهند داشت که امور زیست‌درمانی و لوازم حفاظتی نیروهای نظامی و انتظامی، ابزارهای ورزشی و لباسهای پیاده روی از آن جمله‌اند. اما مهم‌ترین استفاده این مواد جدید را باید در کاربرد آنها در مهندسی بافت و ترمیم بافت جستجو کرد [۱۲].

۹.۲. شایان ذکر است که تحقیقات و پروژه‌های بسیار زیادی در موضوعات مختلف انجام شده و سرمایه‌گذاری بر روی آنها صورت گرفته است. یکی از این طرحها پروژه ۵۰ میلیون دلاری بود که اجرای آن از سوی وزارت دفاع آمریکا به کارشناسان مؤسسه تکنولوژی ماساچوست (MIT) محول شد. هدف این پروژه ساخت پوشش خارجی محافظتی برای سربازان بود که قدرت و استحکام بیشتری به آنان ببخشد و از آنها در برابر سلاحهای شیمیایی و بیولوژیکی حفاظت کند و حتی در بهبود جراحتهای سربازان یاری رساند. یکی از محققان مشغول به کار در این پروژه در مؤسسه تکنولوژی ماساچوست یول فینیک^۱ است که همراه با اعضای تیم خود قصد دارد با الگوگیری از طبیعت و استفاده از علم بیونیک بهترین ریسمانهای پلیمری لازم برای تولید اونیفورم برای سربازان آینده را ابداع کند. این پلیمرها می‌توانند به طور انتخابی طول موج ویژه‌ای از نور را به خود جذب کنند و دارای یک بار نوری هستند. به واسطه ویژگیهای خاص این پلیمرها، با استفاده از عینک مخصوص در شب می‌توان به راحتی سربازان خودی را که اونیفورم مذکور بر تن آنان است، از نیروهای دشمن تشخیص داد. این ویژگی در شبهای عملیات بسیار حایز اهمیت است و کاربرد چشمگیری دارد. این طرح از جمله مواردی است که پیشرفتهای جدید در عرصه نانو تکنولوژی، در خدمت سربازان اهداف نظامی مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱۴].

فینیک و همکارانش همچنین، توانسته‌اند فیبرهای نوری ویژه‌ای ابداع کنند. این فیبر می‌تواند پرتوهای نوری را با کارایی بسیار بالا به فواصل دور هدایت کند و فناوری یاد شده هم اینک توسط شرکت Ommi Gukde در حال توسعه و سرمایه‌گذاری است [۱۵].

۲. ۱۰. در سیر تکاملی انتخاب طبیعی ساختارهایی تولید می‌شود که در بسیاری از جنبه‌ها بهینه شده‌اند، برای مثال یک درخت سعی می‌کند که در طول خود رشد کند تا به حداکثر نور دست پیدا کند و از کمترین مقدار چوب نیز استفاده کند. از این رو، ساختارهای طبیعی به صورت ذاتی مواد زاید را حذف می‌کنند. یک مثال خوب از یک ساختار طبیعی گیاه خیزران است. این گیاه به وسیله فیبرهای طویل محکم می‌شود و دسته‌های آوندی به عنوان تقویت کننده دیواره نازک سلولها در ماتریکس این ترکیب قرار گرفته‌اند. تفاوت در توزیع و ساختار دسته‌های آوندی در دیواره نازک سلولها موجب تفاوت خاصیت در قسمتهای مختلف می‌شود. درجه شکاف و فاصله فیبرها در یک شیب از سطح داخلی به سطح خارجی در برش عرضی خیزران افزایش می‌یابد که موجب افزایش دوام و استحکام آن می‌شود. چگونگی افزایش بهینه شدن ترکیبات به وسیله طراحی از طریق مقایسه با خیزران بسیار جالب توجه است. همچنین، ساختار نهایی فیبرهای خیزران درجه چوبی شدن یکنواختی در برش عرضی از خود نشان نمی‌دهند. البته، دلیل این غیر یکنواختی توسط لی و همکارانش در کشور ژاپن در سال ۱۹۹۴ کشف شد. آنان نشان دادند که ضخیم شدن لایه خارجی در یک فیبر مرکب به طور نسبی مقدار کمی از استحکام معمولی را کم می‌کند، در صورتی که با این کار یک افزایش چشمگیری در دوام و سختی در مقابل بریدن پیدا می‌کند که این موجب بهبود استحکام در فیبرهای ساخته شده می‌شود [۱۳].

۲. ۱۱. انتقال نور از راه فیبر شیشه‌ای صورت می‌گیرد و کاربردهای بسیار زیادی در صنایع مخابرات (ارتباطات دوربرد) دارد و استفاده از آن در کاربردهای فناورانه فقط با پوششهای پلیمری امکان پذیر است و مقاومت مکانیکی فیبرها را با درزگیری سطحی در مقابل ترکها افزایش می‌دهد. البته، این خاصیتها در طبیعت نیز وجود دارد، برای مثال برخی خواص مکانیکی در یک اسپیکول اسفنجی مشاهده می‌شود که از یک شیشه سیلیسی هیدراته شده برای انتقال آب استفاده می‌کند. البته، آن با مکانیسم ساده‌ای از آب دریا بیوسنتز شده است که گونه‌های Demosponge از این خاصیت استفاده می‌کنند [۱۶].

نوعی آبی به نام روسیلا^۱ در ۱۲۰ متری زیر دریا زندگی می‌کند. اسپیکولهای پنج تایی آن ۱۰ سانتی متر طول و ۲۰۰ - ۶۰۰ میلی متر قطر دارند و به شکل یک ذره بین فعالیت و نور را از تمام جهات جذب می‌کنند [۱۷].

حضور یک جلبک سبز رشته‌ای شکل درون اسفنج آن را با زندگی در شرایط کم نور سازگار کرده است. گفته می‌شود که نور ممکن است از راه اسپیکولهای سیلیسی شکل که خود با نور امواج آب کار

می‌کنند، به داخل بدن اسفنج راه پیدا کند. در این وضعیت اسفنج و جلبک از یک نظام همزیستی استفاده می‌کنند که اسپیکولها ذره بینهای نوری و فیبرهای نوری اند و نور کم موجود را به داخل اسفنج برای جلبک می‌فرستند و جلبک نیز مواد غذایی برای اسفنج تهیه می‌کند. در یک پژوهش خواص اپتیکی اسپیکول روسیلا اندازه گرفته و مشخص شد که نور را شکست می‌دهد و ضخامت آن مشابه فیبر سیلیکاتی تجارتي است. به همین دلیل، برای ساخت فیبرهای اپتیکی شیشه‌ای و برای ارزیابی دوام و تمامیت مکانیکی این فیبرها از خواص اسپیکول اسفنج الگو گرفته شده است [۱۷].

میکرو ساختارهای اسپیکول با برش گیری از سطح و استفاده از میکروسکوپیهای الکترونیکی آزمایش شده‌اند. به جای یک سطح صاف که در میله سیلیکاتی مشاهده می‌شود، تمام اسپیکولها دارای یک سطح خشن با ساختار لایه لایه اند. لایه ها به ضخامت ۲ تا ۱۵ میکرو متر در اطراف یک فیلامنت مرکزی پروتئینی قرار دارند. تمام صفحات حدود ۵۰ تا ۲۰۰ لایه برای اسپیکولهاست. طبیعت لایه لایه شده این ساختار نقش مهمی در خواص مکانیکی اسپیکول دارد و یک ارتباط بسیار ضعیف بین لایه ها، ترکها را بر طرف و منحرف می‌سازد و در حین شکست نور، از ایجاد شکاف جلوگیری می‌کند.

خواص مکانیکی اسپیکولهای اسفنج نیز آزمایش شدند و مشخص شد که نیروی انکسار، فشار برای شکست و انرژی انکسار نسبت به میله های شیشه ای سیلیکاتی با قطر مشابه بیشتر است. این آزمایش نشان داد که در فشارهای بسیار زیاد، اسپیکولهای اسفنج برخلاف میله های شیشه‌ای که به صورت فاجعه انگیز می‌شکنند، نرم و انعطاف پذیرند که این خاصیت مکانیکی اسپیکولها می‌تواند از ساختار لایه لایه آنها نشئت بگیرد. خواص اپتیکی لایه بندیها یک طراحی مهم برای انکسار نور است که به طور ویژه عملکردهای مکانیکی فیبرها را افزایش می‌دهد و با الگوگیری از این اسپیکولها می‌توان فیبرهای بسیار قوی برای کاربردهای مهندسی چند عملکردی ساخت [۱۷].

۲.۱۲. پیتر هوینگاتون^۱ روانشناس معروف در دانشگاه آکسفورد انگلستان به خاطر ضعف قلبی روزهای سختی را می‌گذراند و به همین دلیل، نام او در فهرست کاندیدهای پیوند قلب قرار گرفت. بعد از مدتی وی قبول کرد که یک قطعه شصت مانند به نام Jarvik ۲۰۰۰ را بپذیرد. وقتی آن قطعه در بدن چپ او قرار گرفت، این پمپ کوچک موجب شد که قلب ضعیف او بهتر عمل کند. پس از گذشت دو سال حال او در کنفرانسهای پزشکی در سراسر جهان سخنرانی می‌کند و خود را یک کوهنورد می‌نامد. او می‌گوید که یک انسان دستکاری شده است، ولی کارهایش را بهتر انجام می‌دهد. حتی وی

به قدم زدن و رسیدگی به باغش علاقه مند شده است و احساس می‌کند که دوباره به دوران بچگی‌اش بازگشته است [۱۸].

۲. برخی دوره های مهندسی خلاقیت بیونیک در دانشگاههای جهان

۱.۳. مؤسسه Biomimicry Guid^۱ هر ساله کارگاههای آموزشی متنوعی درخصوص بیومیمتیک برگزار می‌کند. این مؤسسه یکی از مراکزی است که به صورت خاص به تحقیق در این حوزه می‌پردازد [۱۹].

۲.۳. دانشگاه بریستول^۲ و دانشگاه فلوریدا^۳، بیومیمتیک را در سرفصل دپارتمانهای مهندسی هوافضا و مهندسی مکانیک گنجانده‌اند. در این دوره ضمن معرفی و تشریح مهندسی خلاقیت بیونیک، به جنبه‌های خلاقانه و راهکارهای نوآورانه طبیعت در حرکت، پرواز، ساختار و ... پرداخته و در نهایت، مواردی از نمونه های قبلی شده است [۱۹].

۳.۳. در دانشگاه نیویورک، گروه بیومیمتیک و مواد زیستی^۴ دوره کارشناسی ارشد علوم مواد زیستی را برگزار می‌کند. در این دوره مهندسی خلاقیت بیونیک به عنوان درس ۳ واحدی و همچنین، درس مواد بیومیمتیک ارائه می‌شود. در این دروس ضمن معرفی مهندسی خلاقیت بیونیک، به کاربردهای آن در حوزه مواد پرداخته می‌شود [۲۰].

۴.۳. برگزاری دوره حل مسئله و حل مسئله بیومیمتیک^۵ در دانشگاه بث انگلیس در این دوره مهندسی خلاقیت بیونیک به عنوان یکی از روشهای خلاقیت و حل مسئله ارائه می‌شود و ارتباط آن با تئوری حل مسئله ابداعی یا نوآوری نظام یافته (TRIZ) مورد بررسی قرار می‌گیرد [۲۱].

۵.۳. برگزاری دوره فناوری و بیومیمتیک^۶ در دانشگاه کلرادو^۷ آمریکا که این دوره به صورت عمومی برای دانشکده‌های فنی مهندسی ارائه و به زمینه های کاربرد مهندسی خلاقیت بیونیک در فناوری و ارتباط متقابل آنها پرداخته می‌شود [۲۱].

1. www.biomimicry.net

2. Bristol

3. Florida

4. Department of biomaterials and biomimetics master of science degree in Biomaterials science. www.nyu.edu/gsas

5. Problem Solving & Biomimetic Problem Solving

6. Biomimicry and Technology

7. Colorado State University

۸۲ بررسی وضعیت آموزشی مهندسی خلاقیت بیونیک

- ۳.۶. دوره یادگیری از پیشگامان^۱ در دانشگاه کلرادو که به بررسی جنبه های اعجاز آمیز و مهم طبیعت به عنوان پیشگام علوم پرداخته می شود [۲۰].
- ۳.۷. دوره الگوگیری محاسبات از بیولوژی^۲ در دانشگاه استرلینگ انگلیس [۲۰].
- ۳.۸. دوره عمومی مقدمه ای بر بیونیک^۴ در دانشگاه ایلینویز^۵ [۲۲].
- ۳.۹. دوره نانوتکنولوژی بیومیمتیک^۶ در دانشگاه کلارسون آمریکا^۷ که به کاربردهای مهندسی خلاقیت بیونیک در توسعه نانوتکنولوژی می پردازد [۲۲].
- ۳.۱۰. دوره کنترل محاسباتی موتور و رباتیک بیومیمتیک^۸ در دانشگاه کالیفرنیا جنوبی^۹ [۲۳].
- ۳.۱۱. دوره مقدمه ای بر مهندسی بیومیمتیک^{۱۰} در دانشگاه بٹ انگلیس^{۱۱} [۲۱].
- ۳.۱۲. دوره شیمی بیومیمتیک^{۱۲} در دانشگاه فوردهام^{۱۳} [۲۰].
- ۳.۱۳. دوره بیومیمتیک در کالج طراحی و هنر اونتاریو^{۱۴} [۲۳].
- ۳.۱۴. دوره توسعه محصول با استفاده از مفاهیم الگوگیری شده از بیولوژی^{۱۵} در گروه مهندسی دانشگاه مریلند^{۱۶} [۲۳].
- ۳.۱۵. دوره مواد بیومیمتیک^{۱۷} کارشناسی ارشد رشته مواد زیستی دانشگاه علوم پزشکی رومانی [۲۲].
- ۳.۱۶. مقدمه ای بر بیومیمتیک در دانشگاه علوم پزشکی رومانی [۱۹].

-
1. Learning From the Pioneers
 2. Biologically Inspired Computing
 3. University of Sterling, UK
 4. Introduction to Bionics
 5. University of Illinois
 6. Biomimetic Nanotechnology
 7. Clarkson University
 8. Computational Motor Control and Biomimetic Robotics
 9. University of Southern California
 10. Introduction to Biomimetic Engineering
 11. University of Utah
 12. Biomimetic Chemistry
 13. Fordham University
 14. Ontario College of Art and Design
 15. Product Development Using Bio-inspired Concepts
 16. Department of Mechanical Engineering , University of Maryland
 17. Biomimetic Materials

۴. برخی دوره‌ها که در سرفصل آنها مهندسی خلاقیت بیونیک گنجانده شده عبارت‌اند از:

- ساخت و طراحی کمپوزیتها^۱ در دانشگاه ردینگ انگلستان^۲ [۲۳].
- قابلیت سازگاری و محیط زیست^۳ در دانشگاه کلرادو [۲۰].
- کنترل هوشمند^۴ در دانشگاه اوهایو^۵ [۲۲].
- اکولوژی صنعتی^۶ در دانشگاه میشیگان^۷ [۲۴].
- مواد زیستی^۸ در دانشگاه کالیفرنیا^۹ [۱۹].
- اکولوژی و انرژی در طراحی^۹ در کالج هنر کالیفرنیا^{۱۰} [۱۸].
- طراحی سازگازپذیر و چرخه حیات^{۱۱} در مؤسسه فناوری ایلینویز^{۱۲} [۱۹].

۵. سرفصل برخی دروس

سرفصل برخی دروس ارائه شده عبارت‌اند از:

- آموزش درس مقدمه‌ای بر مهندسی عصبی بیومیمتیک^{۱۳} ۳ واحدی در دانشگاه کالیفرنیا
- اصول مهندسی [مکانیک، الکترونیک، مواد و شیمی]
- بیولوژی [سلولی و مولکولی، اعصاب، فیزیولوژی اعصاب و..]
- مقدمه ای بر بیومیمتیک
- چالشهای تکنولوژیکی و توسعه مراحل هنر در طراحی قطعات میکروالکترونیک بیومیمتیک با الگوگیری از اعصاب [۱۸]
- دوره مواد بیومیمتیک در دانشگاه ردینگ انگلستان

-
1. Composites Design and Manufacture
 2. Reading University
 3. Sustainability and the Built Environment
 4. Intelligent Control
 5. Ohio State University
 6. Industrial Ecology
 7. University of Michigan
 8. Biomaterials
 9. Energetics and Ecology in Design
 10. California College of the Arts
 11. Life Cycle and Sustainable Design
 12. Illinois Institute of Technology
 13. Introduction to Biomimetic Neural Engineering

مباحث:

مواد بیومیمتیک: تعریف خصوصیات مواد منشأ بیولوژیکی جذابیت‌های مواد بیولوژیکی
قسمت اول - میکروساختارهای مواد بیولوژیکی فرایند تشکیل مواد بیولوژیکی
قسمت دوم - سنتر مواد بیومیمتیک: اصول اساسی ارتباط‌های متقابل مواد آلی و معدنی
قسمت سوم - دینامیک فرایند معدنی سازی زیستی
قسمت چهارم - نمونه‌هایی از کاربردهای مواد بیومیمتیک [۱۹]

- دوره بیومیمتیک و بیومکانیک - راه‌حلهای هوشمند از طبیعت
گروه بیومیمتیک و Network Biokon در آلمان
- بیولوژی
- اصول مکانیک
- مکانیک در سیستم‌های طبیعی
- بیومیمتیک [۱۹]

- دوره بیونیک دانشکده فناوری اطلاعات دانشگاه بات چکسلواکی Czech Republic But^۱

هدف دوره

هدف این دوره برای پرورش دانشجویان با تشریح فنی و تکنولوژیکی ساختار و عملکرد زیرسیستم‌های انتخاب شده بدن انسان و کاربرد این دانش برای حل مسائل فنی (الگوریتم‌های ژنتیک، شبکه‌های عصبی مصنوعی، تحلیل چشم‌انداز و ...) و انتخاب روش صحیح برای اندازه‌گیری خصوصیات و حالت‌های سیستم‌های تشریح شده است [۲۰].

محتویات دوره

- بیونیک، مفاهیم، مبانی، اهداف، اصول و ... طراحی اندام‌های مصنوعی بیونیک جایگزین مواد زیستی و ...
- ارگانسیم انسان به عنوان یک سیستم، سازگاری و هموستازی. اصول کنترل سازگاری انسان با محیط، نمونه‌هایی از کنترل در بدن انسان، فیزیک بیولوژیکی.
- سیستم کنترل و اطلاعاتی در بدن انسان. سیستم ژنتیک. اصول ژنتیک و الگوریتم‌های ژنتیک

1. <http://www.Fit.Rutbr.cz>(2007)

- سیستم فیزیولوژیکی. سیستم غدد درون‌ریز، پانکراس و تجهیزات مصنوعی جایگزین
- سیستم عصبی - الکتروفیزیولوژی سیستم عصبی
- اندازه‌گیری کیفیت عملکرد سیستم عصبی
- شبکه‌های عصبی مصنوعی. ارتباط بین شبکه‌های عصبی مصنوعی و طبیعی
- سیستم‌های حسگر - سیستم شنوایی، خصوصیات فیزیکی، اندازه‌گیری گوش مصنوعی
- سیستم دیداری، پاسخهایی برای ترتیب حس بینایی، اندازه‌گیری اندامهای مصنوعی جایگزین
- اسکلت، ساختار و عملکرد حرکت، مواد مصنوعی و اسکلت مصنوعی
- ماهیچه‌های اسکلت، فیزیولوژی، اندازه‌گیری فعالیت ماهیچه - انگشت مصنوعی
- سیستم تغذیه، سیستم ماهیچه قلبی - فرایند مکانیکی و الکتریکی در قلب، اندازه‌گیری فعالیت قلب
- جریان خون - قلب مصنوعی [۲۰]

مباحث آزمایشگاه

- الگوریتمهای ژنتیک - شبکه‌های عصبی مصنوعی
- نکات فعال بیولوژیکی - اندازه‌گیری مقاومت پوست
- اندازه‌گیری خصوصیات شنوایی و بینایی
- اندازه‌گیری و تشریح نسبت قابلیت تغییر قلب
- اندازه‌گیری فشارخون - اندازه‌گیری میزان اشباع گازی خون
- الکتروکاردیوگرافی - وکتروکاردیوگرافی

۳۹ ساعت کلاس ۱۳ ساعت آزمایشگاه بیونیک [۲۱]

- دانشگاه Bath. دانشکده مهندسی مکانیک کارشناسی خلاقیت فنی و بیومیمتیک

اهداف

- درک چگونگی استخراج و انتقال اطلاعات از بیولوژیف اکولوژی و هر حوزه دیگر در علوم طبیعی برای طراحی هواپیما، اتومبیل و دیگر مواد و نظامهای مهندسی
- به کارگیری یک ترتیبی از روشهای مفهومی برای حل خلاق مسئله مانند TRIZ و WOIS
- توسعه یک سری طراحیها مطابق با اصول بیومیمتیک و بهبود یا خلق فناوریهای جدید [۲۱]

دروس

- طراحی پیشرفته و نوآوری^۱
- بیومیمتیک^۲
- انتخاب مواد در طراحی مهندسی^۳
- مواد طبیعی و پزشکی زیستی^۴
- طراحی به کمک کامپیوتر^۵
- اتوماسیون، الگوگیری و شبیه سازی
- Manufacturing Automation, Modeling and Simulation
- الگوگیری عناصر محدود^۶
- الگوگیری هندسی^۷
- الگوگیری و شبیه سازی سیستم‌ها^۸
- اندازه‌گیری و مفاهیم در علوم اجتماعی و طبیعی^۹
- تئوری ارتباطات^{۱۰}
- تئوری نوآوری استراتژیک^{۱۱}
- تضاد، شبیه‌سازی و سازماندهی طراحی طبیعی^{۱۲}
- پروژه^{۱۳}
- روش تحقیق^{۱۴}
- دیالوگ بین سیستم و تئوری^{۱۵} [۲۲]

-
1. Innovation & Advanced Design
 2. Biomimetics
 3. Materials Selection in Engineering Design
 4. Biomedical Aids for Design
 5. Computer Aids for Design
 6. Finite Element Modelling
 7. Geometric Modelling
 8. Systems Modelling and Simulation
 9. Measurement & Meaning in the Natural & Sciences
 10. Communication Theory
 11. Strategic Innovation Theory
 12. Conflict, Analogy and Natural Design Organization
 13. Project Research Methodology
 14. Research Methodology
 15. Dialogue Between System & Theory

۶. پروژه اصلی برای دوره کارشناسی

- کاربرد سازماندهای در آشیانه مورچه‌ها برای مدیریت
- مکانیسم‌های قابل ارتجاع برای تقویت نیرو در رباتها
- راه‌حلهای طراحی برای اسکلت‌های جانوران
- پوشش انعطاف‌پذیر مبتنی بر پوست کوسه
- مکانیسم‌های سخت شدن چوب برای مواد سلولی
- طراحی بر پنگوئن برای ایزولاسیون
- باله‌های ماهی برای نیروی محرکه زیردریایی
- سازگاری مکانیسم‌های سوراخ کردن زمین از سوسکها
- مکانیسم‌های حرکت کرمها برای اجزای پمپ کردن (تلمبه زدن) [۲۲]

۶. محتویات کلی درس بیومیمتیک در بسیاری از دانشگاهها

اهداف: معرفی مواد، ساختارها و مکانیسم‌های موجودات زنده، چگونگی آنالیز ارگانیسم‌ها برای ساختارهای مهندسی با استفاده از روشهای استاندارد – استخراج اصول ساختارهای بیولوژیکی و فرموله کردن مجدد آنها به عنوان ساختارهای مهندسی، استفاده از مفاهیم بیولوژی برای حل مسائل مهندسی، بعد از گذراندن این درس دانشجو باید قادر باشد که مفاهیم اساسی طراحی بیولوژیکی مانند سلسله مراتب ساختارها و مواد، طراحی رشته‌های بلند و کوتاه، حفاظت انرژی، طراحی سازگار، کنترل خرابی و ... را درک کند و کاربرد بیولوژی برای مهندسی و طراحی محصول پیشرفته را متوجه شود. محتوای فیبرهای بیولوژیکی، سرامیکها و میله استحکام، کمپوزیتها، ساختارهای نرم، ساختارهای قابل تورم، آزمایش و غواصی مکانیکی، سلسله مراتب ساختار کنترل شکستگی، فاکتورهای ایمنی، مواد سلولی، طراحی اسکلت و دیگر ساختارهای حمایتی، جابه جایی (راه‌رفتن، دویدن، پرواز، شناکردن) مکانیسم‌های تقویت نیرو، طراحی گیاهان، تقویت کردن، ساختارهای قابل توسعه، طراحی رباتهای ساده، مواد سخت، طراحی برای فرسودگی، ساختارهای سازگار، مواد هوشمند، شبکه‌های عصبی، برنامه‌ها و الگوریتمهای ژنتیک، ساختارهای ساخته شده توسط جانوران و فواید محیطی آنها، معماری. شایان ذکر است که درس بیومیمتیک برای دانشجویان دوره کارشناسی مهندسی مکانیک، مواد، صنایع، الکترونیک و ... تدریس می‌شود [۲۳].

۷. برخی پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد و دکتری در دانشگاههای مختلف جهان

- شبیه سازی و الگوگیری سنسورهای (حسگرهای) بیومیمتیک برای کنترل پرواز یک حشره پروازکننده میکرومکانیکی (دکتری در علوم رایانه و مهندسی برق توسط وین. کونگ وو –

دانشگاه کالیفرنیا - برکلی بهار ۲۰۰۶).

- طراحی آیرودینامیک قوی بالهای جستجوگر مریخ با روشهای بهینه سازی جدید و دانشگاه توکیو ژاپن، درجه دکتری، دانش هوانوردی و کیهان شناسی کوچی شیمویاما ۲۰۰۶.
- میکرو سیستم‌های متحرک (سیال) بیومیمتیک برای حسگرهای آکوستیک (پایان نامه دکتری مهندسی مکانیک دانشگاه میشیگان ۲۰۰۵).
- بررسی سطوح برگها برای ساخت قسمت سر سیستم سونار بیومیمتیک (پروژه در حوزه هوش مصنوعی توسط نیکو کامپکن در دانشگاه ادینبورگ سال ۲۰۰۰).
- به سوی جستجوی بیومیمتیک: یک بررسی (تحقیق) بیومیمتیک در خصوص فعالیت حسگرها و ریخت‌شناسی گوش برای طراحی ربات متحرک پروژه دکتری انفورماتیک در دانشگاه ادینبورگ سال ۲۰۰۱ توسط جوز ام. کارمنا^۱.
- بررسی آیرودینامیک پرواز پرندگان با استفاده از یک روش بازخوردگیری (پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی هوافضا توسط کارل آر کلینگیل^۲ در دانشگاه پنسیلوانیا دانشکده مهندسی هوافضا).
- روشی برای طراحی بیومیمتیک یک سیستم ربات متحرک مشارکتی برای انجام دادن وظایف اکتشافی توسط روبرت دیوید وایت^۳ (پایان نامه کارشناسی ارشد هوافضا).
- الگوگیری از حشرات، ربات شش پا. (پایان نامه کارشناسی ارشد توسط ویلیام آنتونی لوینگر^۴ کارشناس ارشد علوم کامپیوتر و مهندسی برق دانشگاه

Case Western Reserve University

- سطوح بیومیمتیک، کاربرد، تدارک و توصیف (آنکیا بروگ^۵ شاخه فیزیک مولکولی دانشگاه لینکوپینگ^۶ سوئد ۲۰۰۶) [۲۴].

1. Jose N. Carmena
2. Karl R. Klingebiel
3. Robert David White
4. William Anthony Lewinger
5. Annika Borgh
6. Linkoping University

۸. پیشنهادها

با توجه به موارد بررسی شده پیشنهاد می شود که دوره مهندسی خلاقیت بیونیک در دانشگاههای ایران به عنوان یک یا چند درس برای هر رشته به صورت مجزا تدوین شود. برای عنوان مثال، دوره مهندسی خلاقیت بیونیک با محتوای زیر پیشنهاد می شود^۱ :

- آشنایی با مبانی خلاقیت و نوآوری؛
- تعاریف و مفاهیم خلاقیت و نوآوری؛
- انواع تفکر: (تفکر خلاق، تفکر همگرا، تفکر واگرا و ...)
- تعاریف و مفاهیم مسئله (مسئله باز و بسته)، مفهوم حل خلاقانه مسئله (CPS)؛
- آشنایی با مبانی مهندسی خلاقیت بیونیک، تعاریف و مفاهیم، تاریخچه مهندسی خلاقیت بیونیک، نمونه های کلی از مهندسی خلاقیت بیونیک؛
- طبیعت، اختراع و نوآوری (بررسی اهمیت طبیعت و نقش آن در نوآوری)؛
- مهندسی خلاقیت بیونیک مبتنی بر جانوران^۲ (نمونه های کاربردی الگوگیری از جانوران)؛
- مهندسی خلاقیت بیونیک مبتنی بر پرندگان^۳ (نمونه های کاربردی الگوگیری از پرندگان)؛
- مهندسی خلاقیت بیونیک مبتنی بر ماهیها^۴ (نمونه های کاربردی الگوگیری از ماهیها)؛
- مهندسی خلاقیت بیونیک مبتنی بر انسان^۵ (نمونه های کاربردی الگوگیری از انسان)؛
- بررسی کاربرد مهندسی خلاقیت بیونیک در نانو فناوری؛
- مقایسه مهندسی خلاقیت بیونیک با مهندسی خلاقیت TRIZ.

همچنین، پیشنهاد می شود که در رشته های مختلف نیز به صورت تخصصی به این حوزه پرداخته شود.

۹. نتیجه گیری

مهندسی خلاقیت بیونیک یکی از علوم بین رشته ای جدید است که در حوزه های مختلف کاربرد دارد و به طور کلی، به الگوگیری از ساختارها و اصول طبیعت برای حل خلاقانه مسائل و ایجاد نوآوری

۱. شایان ذکر است در حال حاضر درسی با عنوان مهندسی خلاقیت بیونیک در رشته مدیریت خلاقیت و نوآوری دانشگاه صنعتی مالک اشتر توسط نگارنده ارائه می شود.

2. Animals
3. Birds
4. Fishes
5. Human

در حوزه های متنوع می پردازد. با توجه به مطالب ارائه شده در این مقاله و با توجه به بررسیهای به عمل آمده و کاربردهای فراوان این دانش در پیشبرد و رشد فناوریهای پیشرفته و در نتیجه، رشد همه جانبه کشور پیشنهاد می شود که دوره مهندسی خلاقیت بیونیک در دانشگاههای ایران به عنوان یک یا چند درس برای هر رشته به صورت مجزا تدوین شود، برای مثال دروس مواد زیستی (بررسی ساختار مواد در سطح ماکرو، میکرو و نانو و همچنین، از جنبه های مختلف سرامیک، کامپوزیت و ...)، مواد بیومیمتیک برای رشته مهندسی مواد، دروس آیرودینامیک پرندگان و حشرات و مهندسی خلاقیت بیونیک برای رشته مهندسی هوافضا و ... به صورت تخصصی برای هر رشته تدوین و همچنین، درس مبانی مهندسی خلاقیت بیونیک به صورت انتخابی برای بیشتر رشته ها ارائه شود که در این درس به طور کلی، به مهندسی خلاقیت بیونیک، تاریخچه و کاربردهای آن در حوزه های مختلف پرداخته شود، زیرا ساختارهای زیست شناختی به دلیل چند عملکردی بودن می تواند ایده های متنوعی را ارائه کند، برای مثال از استخوان می توان ایده های بسیاری در حوزه های مختلف استنتاج کرد که هر محقق و دانشجو برحسب اطلاعات علمی و نیازهای رشته و تخصص خود می تواند از آن استفاده کند.

مراجع

۱. بی آزار شیرازی، عبدالکریم، **بیونیک یا الهام صنعت از خلقت**، دفتر نشر فرهنگ اسلامی، ۱۳۶۹.
۲. ژراردن، لوسین، **بیونیک: تکنولوژی از جانداران الهام می گیرد**، ترجمه دکتر محمود بهزاد و مهندس پرویز قوامی (چاپ سوم)، انتشارات سروش، ۱۳۷۹.
۳. منصوریان، علی رضا "مهندسی خلاقیت بیونیک (BCE)"، **مجله خلاقیت شناسی، کارآفرینی و TRIZ**، شماره اول.
۴. منصوریان، علی رضا، "کاربرد مهندسی خلاقیت بیونیک در صنایع هوافضا"، **مجله خلاقیت شناسی، مجله خلاقیت شناسی، کارآفرینی و TRIZ**، شماره دوم، ۱۳۸۲.
۵. منصوریان، علی رضا، "کاربرد خلاقیت بیونیک در مهندسی"، **فصلنامه آموزش مهندسی ایران**، سال پنجم، شماره ۲۰، زمستان ۱۳۸۲.
۶. منصوریان، علیرضا و سید مهدی گلستان هاشمی، **مهندسی خلاقیت بیونیک**، انتشارات دانشگاه صنعتی مالک اشتر، ۱۳۸۷.
7. Beukers and E. V. Hinte, Smart by Nature Lightness, the Inevitable Renaissance of Minimum Energy Structures. WWW. Bath. ac. Uk. 2006.
8. Franco, Lodato, Biomimetics: Lessons from Nature for Engineering University of Montreal, 1996.
9. Julian, F. V. Vincent, Stealing Ideas From Nature, Center for Biomimetics, the University of Reading. UK, 2007.

10. Helweg, D. A. and P.W.B. Moore, Classification of Aspect – Dependent Targets by a Biomimetic Neural Network, Technical Report 1747, Navel Command, Control and Ocean Surveillance Center, 2004.
11. Old Nature Can Still US a Trick Orton, WWW. Arachnophiliac. Com/ burrow/ news. 2005.
12. Curren and Recent Projects, MIME Attachment View Projects at the Center for Biomimetics, WWW. Bath. Ac. UK/ mech – eng/ Biosensorcs/ Projects. 2006.
13. B. Dave, Y. and Tang, Design of Electron – Transfer Biosensors Based on Encapsulation of Enzymes in Sol – Gel Thin Films, Southern Illinois University, WWW. Sem. Org. 2001.
14. Khanna, S., **Application of Reinforced Polymer Foams for Energy Absorption in Lightweight Structures**, University of Missouri Columbia, 2002.
15. Bionics from Nature to Technology, Continental Tire North America, Inc . Legal, WWW. Continental. USA. car\ Light Truck. 2002.
16. Morley, Stone, Biomimetics: New Faster, Better Ways to Solve Air Force Needs, WWW. Afosr. Af. Mil. Com. 2006.
17. Recent Research in Biomimetics, Innovation by Analogy, An Introduction to Biomimetics and its Application in the Design of New Materials and Machines, 2006.
18. Craelius, William, The Bionic: Restoring Mobility, WWW. Geocitise. Com/ amputspt. 2007.
19. International Max Planck Research School on Biomimetic Systems, <http://www.Imprs.Org>.2007.
20. University of Bath, Department of Mechanical Engineering, Biomimetic & Technical Creativity, www.bath.ac.uk. 2007.
21. Barthlott, W. and C. Neinhuis, Purity of Sacred Lotus or Escape from Contamination in Biological Surface PLANTA, 202. 2002.
22. Lawrence, Chris and Maryanne C. J. Larye, “Biomimetics”, Vol. 3., no, 5., Optical Biomimetics, 2002.
23. Mike Lord, J. and John Davey, Essential Cell Biology: A Practical Approach, 2003.
24. David E. Sadava, Cell Biology: Organelle Structure and Function Bruce Alberts, et al. 2007, Essential Cell Biology An Introduction to the Molecular Biology of the Cell, 2006.

(دریافت مقاله: ۱۳۸۷/۴/۴)

(پذیرش مقاله: ۱۳۸۷/۱۰/۱۶)