

فناوری های جدید بر مبنای دانش زیست الگو و الهام زیستی

زینب موسوی موحدی*

چکیده

زمینه زیست الگو، مطالعه طبیعت و پدیده های طبیعی برای درک اصول زیربنایی مکانیسم های طبیعت است تا بتوان از آن ایده و الگو برداری نمود. این موضوع برای رشته های علوم پایه، مهندسی، علوم دارویی و سایرین می تواند الگوی زیست سازگار باشد که از مفاهیم آن بهره مند شوند. از آنجاکه سرعت بشر در صنعتی شدن موجب خطر تهدید بقا شده است، راه حل الگوبرداری از طبیعت و الهام گرفتن از آن به طور بالقوه می تواند بهترین روش برای از بین بردن آلودگی و کمبود منابع و زندگی سالم باشد. این الگو منطبق با منطق تکوین و مطمئناً دارای بازدهی بهینه نسبت سایر الگوها می باشد. اساس دانش زیست الگو، از نو خلق نمودن و بازتولید برخی از جنبه های بیولوژیکی مانند روابط ساختار-عملکردی است که در موجودات زنده مشاهده می شود و در نهایت می تواند به الهام زیستی هدایت شود که در آن خواص ساختار-عملکرد به سطوح بسیار متعالی کشانده می شود. طبیعت دارای تجربه میلیاردها سال است و بشر می تواند با یادگیری و الگوبرداری از این بانک بزرگ ایده ها، مجهز به نقشه ها و راهبرد های آن گردد و اقتصادی را بنا کند که تکامل و فناوری های آن از جنس طبیعت، زیست سازگارتر و با ثبات تر باشد.

واژگان کلیدی: زیست الگو، الهام زیستی، فناوری، ساختار عملکرد، زیست سازگار.

*عهده دار مکاتبات، استادیار، پژوهشگاه شیمی و مهندسی شیمی ایران، تهران، ایران. تلفن: +۹۸۲۱۴۴۷۸۷۷۹۷، آدرس الکترونیکی: z.moosavi@ccerci.ac.ir

است. در این مسیر دستاوردهایی بدست می آید که موجب حذف ضایعات و صرفه جویی در هزینه تحقیقاتی می گردد. بنابراین دانش زیست الگو، یادگیری از طبیعت و سپس الگوبرداری از شکل، فرآیند و زیست بوم است که برای ایجاد طرح ها و تدبیرهای پایدارتر و مداوم تر به کار می رود.

قلمرو های زیست الگو

بشر به شدت با صنعتی شدن و استخراج منابع، طبیعت را تحت فشار قرار داده است. ولی دانش زیست الگو می تواند با استفاده از ویژگی های طبیعی به عنوان اساس نوآوری برای محصولات جدید زیست سازگار پیشرفت نماید. این محصولات می توانند با استفاده از زمینه های شیمی، زیست شناسی، معماری، مهندسی، پزشکی و سایر رشته ها طراحی شوند تا بتواند برای بشر تسهیلات خوبی به ارمغان آورند. ارتباط بین این رشته ها (که بوسیله دانش زیست الگو به هم اتصال دارند) نقش اساسی را در همزیستی بشر با طبیعت ایفا می کند و استفاده از آن می تواند بی حد و مرز باشد. بنابراین شناخت این رشته ها در قالب زیست الگو و دانستن مثال هایی از آنها بسیار مهم می باشد.

تاریخچه دانش زیست الگو

دانش زیست الگو زمینه ای گسترده، با سابقه ای بسیار طولانی است که در زندگی روزمره بدون اطلاع وارد شده و بسیار مورد استفاده است. از وسایلی مانند چاقو و تبر که از ساختار دندان حیواناتی که در حال حاضر منقرض شده اند، الهام گرفته شده تا قوی ترین لبه های برش نانو کربنی، زیست مهندسی^۲ همیشه با تاریخ بشر همراه بوده است. بشر در دوران های بسیار دور زندگی و لوازم مورد نیاز خود را از طبیعت الهام گرفته است اما در دوران های نزدیک می توان نمونه هایی از موارد زیر را مثال زد:

لئوناردو داوینچی (۱۴۵۲-۱۵۱۹) یکی از افرادی است که در زمینه زیست الگو کار کرده است. او یک ماشین پرنده که با الهام از پرواز پرنندگان

اگر تاریخ سیاره زمین را به یک سال فشرده نمایم، انسان در پانزده دقیقه آخر ظاهر می شود. از این پانزده دقیقه، پیشرفت های صنعتی در کمتر از یک دقیقه آخر رخ داده است [۱]. اگرچه سرعت سریع صنعتی شدن باعث زندگی طولانی تر و غلبه بر بیماری ها شده است، اما باعث تخریب و آلودگی محیط زیست گشته و این موضوع خود بقای بشر را تحت تاثیر قرار می دهد. در جریان صنعتی شدن، بشر برای محصولات بیشتر که می تواند زندگی ما را بهبود بخشد، تلاش کرده است اما با معضل کمبود منابع و دستکاری در طبیعت مواجه شده است که بقایش را تهدید می نماید. راه حل ها برای رفع کمبود منابع و مشکل بقا به خوبی برای ما روشن نیست ولی با تعامل و الگو گیری از طبیعت^۱ (زیست الگو) به عنوان الگویی استاندارد و راهنما می توان مشکلات امروز را در آینده نزدیک هموار کرد [۱، ۲].

به تازگی بشر چشم های خود را به فن آوری زیست الگو گشوده است و تلاش هایش در این زمینه با موفقیت همراه بوده است. این مقاله به شناخت نمونه هایی از علم و فناوری زیست الگو و چگونگی استفاده از آن در حال و آینده پرداخته است.

الگوبرداری از طبیعت (زیست الگو): گذشته، حال و آینده

اصطلاح بیومیمتیک یا زیست الگو از دو کلمه یونانی BIOS به معنی حیات و MIMESIS به معنای تقلید برگرفته شده است. به طور خاص علم زیست الگو، فناوری خلاقانه الگوبرداری از طبیعت است که بتواند زندگی بشر را بهبود بخشد. موضوع زیست الگو ایده ای است که بشر از زمان های بسیار دور، با نگاه کردن به طبیعت الهاماتی (الهام زیستی) گرفته که در زندگی خویش استفاده کرده است. این علم بر این اساس پایه گذاری شده است که هیچ الگویی بهتر از طبیعت برای توسعه جدید وجود ندارد و این ایده نتایج بسیار خوبی در عملکرد و بهره وری ایجاد کرده

1. Biomimetics
2. bioengineering

و رابطه دقیق مابین این دو است. رابطه مابین ساختار و عملکرد به طور معمول از ساختار سطح نشات می گیرد که برای مثال توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی مشاهده می شود. این ساختار های مطلوب نقش مهمی را در ارگانسیم، به عنوان اولین مرحله از الگوبرداری از طبیعت، ایفا می کنند. ماهیت مواد زیست الگوی جدید در کشف سلسله مراتب ساختار آنها و عملکرد مربوط به هر کدام می باشد و در این صورت است که به آنچه مورد استفاده ما قرار می گیرد نزدیک می شود. بزرگترین و مهمترین چالش در زیست الگو این است که چگونه نانو یا میکرو ساختارها در ارتباط با ارگانسیم و محیط عملکرد دارند، به ویژه زمانی که هنوز معضل این تحقیقات کامل نشده باشد [۲]. به همین منظور محققان این رشته از طبقه بندی های خاص زیست الگو، به عنوان پایگاه داده های عملی^۵ استفاده می نمایند [۸]. ماهیت مواد زیست الگوی جدید در کشف سلسله مراتب ساختار آنها و عملکرد مربوط به هر کدام است و در اینصورت است که به آنچه مورد استفاده ما قرار می گیرد نزدیک می شود. یافتن نمونه هایی مهم و پایه از طریق پیوند زیست شناسی با تاریخچه طبیعت و علم مواد مرحله بعدی تحقیقات زیست الگو است. شناسایی و تشخیص مکانسیم های یک عملکرد در یک ارگانسیم و الگوی به حداقل رسیدن انرژی آنها در مرحله بعدی تحقیقات زیست الگو قرار می گیرد [۲].

الهام زیستی^۱، روشی که با استفاده از پدیده های زیست شناسی، تحقیقات علوم غیر زیستی و تکنولوژی را بر می انگیزد، موضوعی است که زمینه های مختلفی را برای پژوهش نشان می دهد. الهام زیستی فراتر از پتانسیل خود برای ایجاد هسته ایده های جدید، دارای دو ویژگی مهم دیگر است و آن اینکه می تواند موضوعات را در تحقیقات از نظر روش و تکنیک نسبتاً ساده نماید. دیگر آنکه می تواند به زمینه هایی منجر شود که در آن نتایج، راحت تر و مستقیم تر از دیگر روشها، به عملکردی مناسب منجر شود [۹]. اصطلاح های زیست الگویی و الهام زیستی اغلب

طراحی نمود [۳]. در خاور دور ژنرال سان سین کشتی جنگی ای با الهام از مدل لاک پشت برای مبارزه با مهاجمان ژاپنی ساخت [۴]. برادران رایت (۱۸۶۷-۱۹۴۸) با ایده گرفتن از بال عقاب، هواپیمایی با قدرت ساختند که با آن بشر توانست برای اولین بار پرواز کند و در قرن بعد این هواپیماها سریع تر، پایدار تر و آیرودینامیک تر شدند [۵، ۶]. اشمیت^۱ اولین نفر بود که اصطلاح الگوبرداری از طبیعت (زیست الگو) را در سال ۱۹۵۷ ابداع نمود و آنرا نقطه عطفی برای زیست شناسی و فناوری اعلام نمود [۷]. در سال ۱۹۹۷، خانم جنین بنیوس^۲ در زمینه علوم طبیعی کتاب خود را با عنوان الگوبرداری از طبیعت (زیست الگو)^۳ چاپ نمود که در آن تاکید می کند که زیست الگو و درس گرفتن از آن، راهی برای رسیدن به عصر جدید توسعه فناوری و محصولات آن می باشد [۱]. خانم جنین بنیوس و همکارانش شرکتی اجتماعی^۴ به نام Biomimecry ۳.۸ را راه اندازی نمودند تا بتوان در آن ایده ها و مفاهیم علم زیست الگو را به اشتراک گذاشت که در آن پژوهشگران بین رشته ای، دانشمندان علوم پایه، هنرمندان، مهندسين، رهبران تجارت و سهامداران بتوانند از طریق آن با هم ارتباط داشته باشند. Biomimecry ۳.۸ ادعا دارد که می تواند خود را در جهت یادگیری و تعلیم از میلیارد ها سال عمر جهان قرار دهد و مجهز به نقشه ها و استراتژی های آن گردد.

روش تحقیق و پژوهش در علم زیست الگو

اساس پژوهش برای دانش زیست الگو مراحل دارد که می تواند برای طراحی، محصول دهی، خدمات و کاربری آن مورد استفاده قرار گیرد [۲]. عملکرد یک ارگانسیم، و اصولی که تحت اثر آن عملکرد خاص پدید می آید و روابط مابین این دو، باید برقرار شود. دانش و استفاده از مواد مختلف لازم است که از طریق تحقیق و تدوین در پایگاه داده ها جمع آوری گردد. ساختار مناسب و شبیه سازی آن اولین مرحله الگوبرداری است. اولین قدم، شناخت ساختار و عملکرد ارگان طبیعی

1. Schmitt
2. Janine Benyus
3. biomimecry

4. social enterprise
5. Practical database
6. Bioinspiration



شکل ۱- میوه درخت زانتیوم استراماریوم و ایده چسب ولکرو از آن

نایلون طراحی شد. نوار چسب شامل یک نوار با حلقه و یک نوار با قلاب است که امروزه در انواع لباس و کفش به کار می رود.

هواپیما

رویای طولانی مدت بشر برای پرواز، توسط ظهور هواپیما به تحقق پیوست. اساس ساختار بال های هواپیما، تفاوت در اندازه سطح منحنی شکل روی بال با سطح زیرین بال است که موجب نیروی هیدرودینامیکی می شود و با اثر برنولی^۱ آنرا شرح می دهند. از طریق این ساختار هیدرودینامیکی، سرعت جریان هوا بر روی سطح بالایی بال ها تندتر و در زیر بال ها کندتر است. فشار بالاتر در زیر بال ها و سرعت اوج گرفتن، هواپیمایی با وزن ۱۰۰ تن را قادر به پرواز می نماید. اگرچه این قاعده ای کلی بود که باعث شد برادران رایت در اولین پرواز موفق شدند ولی نتیجه سال های متمادی از تحقیقات زیست الگویی بشر روی ساختار و طرح بال پرندگان و پر های آنان بود.

فراتر از پرواز فردی پرندگان، پرواز گروهی پرندگان نیز می تواند مورد الگوبرداری قرار گیرد. پرواز یک دسته غاز وحشی به صورت V شکل باعث جریان صعودی هوا می گردد که موجب می شود پرندگان عقبتر با انرژی کمتری پرواز

به جای یکدیگر استفاده می شوند، زیرا که این دو اصطلاح توصیفگر مفاهیم بسیار مشابه به هم هستند. در هر دو مورد، ایده ها باید به گونه ای باشد که بعضی از خواص یا عملکرد سیستم بیولوژیکی در سیستم غیر زیستی تکرار و اجرا شود. دیدگاه زیست الگو اغلب در تلاش برای رسیدن به این هدف، از طریق باز تولید برخی از جنبه های بیولوژیکی است در حالیکه رویکرد الهام زیستی، کشف و جذب ایده های ضروری تر است؛ ایده هایی که یک سیستم بیولوژیکی را پی ریزی می کند (حکمت خلق) به طوریه همان ایده بتواند در یک فناوری اجرا شود [۱۰]. میزان عملکرد مورد انتظار که از طریق ساده سازی الگوبرداری از سیستم های زنده بدست می آید، موجب درک عمیق از عوامل کنترل کننده فرآیندهای بیولوژیکی مورد بررسی نیز می گردد. در حالی که دانش زیست الگو نقش مهمی در تحقیقات اکتشافی و در علوم پایه ایفا می کند، در پیاده سازی فناوری خود تا حدی محدود است. انتقال این موضوع از علوم پایه به علوم کاربردی را دانش الهام زیستی به عهده می گیرد. مهندسی الهام زیستی نیاز به درک درستی از اینکه چگونه سیستم های زیستی کار می کنند دارد. با این حال طراحی و مهندسی سیستم های الهام گرفته شده اجازه می دهد ویژگی هایی به سیستم اضافه شود که در سیستم های بیولوژیکی نیست. بنابراین ممکن است یک سیستم الهام گرفته شده با عملکردی برتر از سیستم بیولوژیکی یا زیست الگو باشد [۱۱].

مثال هایی از دانش زیست الگو در صنعت چسب ولکرو^۲

چسب ولکرو، چسب متداول قلاب و حلقه [۱۱] در سال ۱۹۴۰ مهندس سویسی «جورج د ماسترال»^۳ متوجه شد که میوه درخت زانتیوم استراماریوم^۴ به شلوار او چسبیده است. با استفاده از میکروسکوپ متوجه شد که این میوه دارای قلاب هایی است (شکل ۱) که باعث اتصال آن به پارچه می شود. با ایده گرفتن از این میوه چسب ولکرو از جنس

1. Underpin
2. Velcro
3. George de mastral

4. Xanthium strumarium
5. Bernoulli effect



شکل ۲- ماهی باکس فیش و ایده خودروی زیست الگو از آن

در معماری دارد. قابل توجه ترین نمونه معماری زیست الگو لانه موریانه در مراتع آفریقا با شش متر ارتفاع است. این لانه ها از خاک، پوسته درخت، شن و ماسه و بزاق موریانه ساخته شده است که هنوز هم از بتن محکم تر هست [۱۵]، [۱۶]. موریانه ها بسیار به حرارت حساس هستند ولی بقایای آنها بیشتر از دو میلیون سال است. حتی اگر دمای بیرون از لانه آنها ۴۰ درجه سانتی گراد باشد، دمای داخل لانه ۳۰ درجه می ماند. انسان از این سیستم برای فناوری تهویه، گرمایش و سرمایش الگوبرداری کرده است. مایک پیرس از زیمبابوه با توجه به این ویژگی های لانه موریانه، مرکز ایست گیت^۲ که دارای اولین خنک کننده طبیعی در جهان است را در پایتخت زیمبابوه، حراره (شکل ۳) ساخته است. این ساختمان دارای روزنه هایی بر روی سقف هر طبقه و بام شبیه لانه موریانه می باشد که اجازه می دهد تهویه طبیعی صورت بگیرد. هوای گرم از سقف بام خارج شده و هوای سرد از زیر جایگزین می شود. اینگونه هوای داخل ساختمان

نمایند. ایرباس برای ساخت هواپیماهای خود از این مدل الگو گرفته است. پرندگان که مدت زمان طولانی تری پرواز می کنند نسبت به پرندگان که مدت زمان کوتاهتری پرواز می کنند، دارای شکل بال و پاهای متفاوتی هستند که این ایده در هواپیماهای کم پرواز و بلند پرواز پیاده شده است.

اتومبیل

در طول دهه های اخیر، طراحی خودرو نه تنها در اشکال خارج اتومبیل ها بلکه در عملکرد آنان اثر داشته است. دیدگاه انرژی از جوانب صرفه جویی و کارایی در اتومبیل توسط دانش زیست الگو پیاده شده است و نمونه اولیه آن توسط دایملر کرایسلر^۱ با مفهوم بیونیک شرح داده شده است. بیرون این خودرو شبیه به باکس- فیش (ماهی جعبه ای)^۲ طراحی شده است (شکل ۲) که باعث ثبات و آیرودینامیکی بیشتر خودرو می گردد. ساختار این خودروی زیست الگو دارای ظاهری بزرگ و چرخ هایی کوچک است. این طراحی از طریق شبیه سازی کامپیوتری برای رسیدن به تنش حداقل مورد بررسی قرار گرفته است. این خودرو با سرعت بیشینه ۱۹۰ کیلومتر بر ساعت دارای راندمان سوخت ۲۳ کیلومتر بر لیتر، کارآمدترین اتومبیل در میان اتومبیل های موجود از نظر مصرف سوخت است [۱۲].

قسمت جلوی قطار سریع السیر ژاپن از منقار مرغ ماهیخوار الگوبرداری شده است. این موضوع باعث شده است که وقتی قطار از تونل خارج شده و داخل شهر می شود، صدایی که در اثر شکافتن و مقاومت هوا ایجاد می شود، کمتر شده و آلودگی صوتی به حداقل برسد، این در حالی است که شتاب و بهره وری انرژی افزایش می یابد [۱۳، ۱۴]. این ایده از مشاهده شیرجه مرغ ماهیخوار عمود بر سطح آب به هنگام شکار که موجب حداقل صدای پاشش آب برای شکار آرام می شود، گرفته شده است.

معماری

استفاده از دانش زیست الگو تاریخچه بلند مدتی

1. Daimler Chrysler
2. boxfish

3. EASTGATE

حتی اگر بیرون دمای هوا بالا تر از ۳۸ درجه سانتی گراد باشد، ۲۴ درجه باقی می ماند.

دانش زیست الگو در علوم پایه، مهندسی پزشکی و علوم دارویی

دانش زیست الگو موجب تسهیل و بهبود زندگی بشر شده است. در آینده دانش زیست الگو از طریق ترکیب شدن طب، علوم پایه و مهندسی پزشکی برای درمان بیماری ها، معلولیت های جسمی و زخم ها تاثیر بیشتری خواهد داشت. به خصوص احیای پزشکی و مهندسی بافت در این زمینه بسیار امیدوار کننده است. اصول و عملکردهایی که از دانش الگوبرداری در مهندسی پزشکی، از جمله اینکه چگونه یک مارمولک دم خود را بازسازی می کند و یک گوزن شاخدار تحقیقات زیست الگو در زمینه شیمی از دسته اولین تحقیقات زیست الگو است و هدف آن الگوبرداری در سطح ملکولی است [۱۷]. در این مطالعات آنزیم ها و غشا های زیستی مورد الگوبرداری قرار گرفته اند [۱۸].

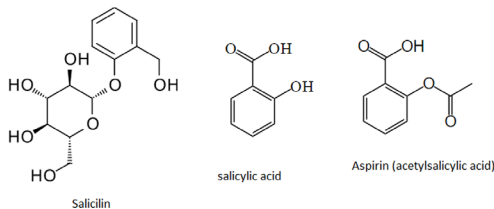
مطالعات فتوسنتز مصنوعی که پایه و اساس سلول های خورشیدی حساس به رنگ است نیز در زمینه این رشته فعال شد. نسل بعدی دانش زیست الگو، ترکیب زیست شناسی با فناوری های دیگر برای حل مسائل می باشد. نانوذرات مهندسی شده نقش بسیار مهمی در علوم زیست پزشکی و نانو دارویی ایفا می کند. علی رغم پیشرفت های قابل توجه در این زمینه، هنوز ساخت نانو ذرات حمل داروها با اثرات تعریف شده درمانی دقیق، در زمان و مکان خاص مورد هدف انتشار دارو، دشوار باقی مانده است. بدن سیستم بسیار پیچیده ای است که در مقابل مواد خارجی، موانع فیزیولوژیک و سلولی متعددی را ایجاد می کند. پس از وارد شدن نانوذرات در جریان خون برای رسیدن به هدف اصلی موانع زیادی را طی می کند. یک طراحی ویژه موفق در این زمینه، پنهان کردن این نانوذرات، توسط پوشش دهی سطح خارجی آن با الگو گرفتن از ترکیب ساختاری و عملکردی از غشا بیرونی سلول است [۱۹]. امروزه، برای درمان بیماری ها از سامانه های زیستی برای

مدل سازی اثر داروها در سلول های هدف با کمترین عوارض جانبی و همچنین شناخت سیستمی بیماری های انسان و حیوان استفاده می شود [۲۰]. تاریخچه داروی آسپرین که نام دیگر آن استیل سالیسیک اسید^۱ است، ریشه در دانش زیست الگو دارد. استفاده داروهای ساخته شده از پوسته درخت بید و دیگر گیاهان غنی از سالیسیلات از هزاره دوم قبل از میلاد در پایروس های مصر ظاهر شده است. در یونان باستان، بقراط از چای سالیسیک برای پایین آوردن تب بیماران استفاده می نموده است. سالیسیلین ماده موثره پوسته درخت بید در سال ۱۸۲۳ استخراج شد و از روی آن، در سال ۱۸۵۳ اسید سالیسیلیک سنتز شد، اما این ماده دارویی محرک روده بود. در سال ۱۸۹۳ یک دانشمند آلمانی با افزودن یک گروه استیل به اسید سالیسیلیک (آسپرین)، محرک نمودن آنرا برای روده کم نمود. امروزه آسپرین دارویی عمومی به عنوان داروی ضد التهاب، جلوگیری کننده از سکنه های قلبی و مغزی، ضد سرطان روده، ضد دیابت و ... برگرفته از سالیسیلین درخت بید است (شکل ۴).

دانش زیست الگو در بسیاری از زمینه های مهندسی پزشکی نیز پیشرفت کرده است. سوزن های سرنگ بدون درد که در دانشگاه کانسای ژاپن توسعه یافته است، یکی از مثال های زیست مهندسی است که عملیات پزشکی را بهبود داده است. این گروه قسمت های ساختار دهان پشه که قادر به مکش خون از میزبان با حداقل التهاب است را مدل نموده اند. آنها با استفاده از پلیمر زیست تخریب پلی لاکتیک اسید سوزن سرنگی را ساخته اند که از سوزن های مرسوم بی خطر تر و کاربردی تر است [۲۱]. علاوه بر اینها، رویکرد دانش طبیعت الگو زمینه های جدیدی را در مهندسی بافت فراهم می کند. ساختارهای فیبری چند عملکردی پتانسیل بالایی برای بازسازی بافت دارد. این نانو فیبر ها الهام گرفته از نانوفیبرهای کربناتی طبیعی است که کارایی بالایی در مرمت و احیای بافت دارد [۲۲].

با توجه به ماهیت ناهمگن بودن سلول و ریز محیط اطرافش، طرح های زیست الگو با الگو گرفتن از محیط های پیچیده سلول در حالت زنده مورد مطالعه قرار گرفته است تا ویژگی ها و شاخص

1. Acetylsalicylic acid, ASA



شکل ۴- مراحل الگوبرداری آسپیرین از سالیسین درخت بید

شکل ۳- لانه موربانه و ایده مرکز ایست گیت در زیمبابوه از آن

بنابراین شناخت و الگوبرداری از طبیعت، ایده بسیار خوبی برای همگرایی علوم می باشد. برای دستیابی به این الگو نیاز به دانش علوم بنیادی، شناختی و حکمت است که موجب زایش فناوری های پیشرفته می گردد [۲۴]. حیوانات، گیاهان و حشرات نیز از دانش و فناوری زیست الگو برای ایجاد زیست بوم، بدون هیچ عارضه جانبی بر روی طبیعت، استفاده می کنند و این رفتار و روش زندگی موضوعی است که بشر در عصر کنونی به آن نیاز دارد و لازم است آن را فراگیرد. برای مثال ما می توانیم از مجموعه ای از فناوری های فشرده و نهفته در DNA یا ساختار سطح موجودات میکروسکوپی که در طول مدت زمان زیاد برای تکامل و بقا به کار گرفته اند، درس فرا بگیریم [۲۵]. بنابراین در دانش زیست الگو لازم است یادگیری درباره طبیعت را سر مشق زندگی خود قرار دهیم و با طبیعت که مادر تکوینی ماست بیشتر انس بگیریم تا به ما بیاموزد چگونه زندگی نمائیم. حکمت و قوانین صحیح در طبیعت موجب شده است که بشر این علم را الگوی دیگر علوم قرار دهد و با تقلید از علوم و فن آوری های طبیعت پس از شناخت آن می تواند با الگو گرفتن از آن جوامع انسانی را از منافع آن بهره مند سازد [۲۴، ۲۵].

جهانی را تصور کنید که آموزگار آن نبوغ طبیعت باشد و آینده ای پیش می آید که در آن توسعه انسان هوشمند منجر به زیست بوم پر رونق می گردد. به زودی بشر

های ارتباط سلول و اطرافش را مورد بررسی قرار دهند. با طراحی ریز محیطی مانند میکرو-ول، محققان بر هم کنش های سلول به سلول را در گره های لفتاوی یا دیگر بافت هایی که دو نوع سلول به صورت پویا با زبان ایمونولوژی با هم ارتباط دارند، الگوبرداری نموده اند [۲۳].

نتیجه گیری

علم الگوبرداری از طبیعت (زیست الگو)، در بسیاری از زمینه ها حتی بدون تحقیقات رسمی استفاده شده و پیشرفت کرده است. ایده های خلاق بشر موجب پیشرفت سریع توسعه و تکامل شده است اما این سرعت زیاد در صنعتی شدن موجب آلودگی محیط زیست و کمبود منابع طبیعی گردیده است که تهدیدی جدی برای بقا و آینده بشریت می باشد. در نتیجه یافتن روش هایی جایگزین برای مهندسی مواد، محصولات و خدمات مساله ای بحرانی و جدی شده است. علم زیست الگو به طور بالقوه بهترین روش برای کمک جهت مقابله با آلودگی محیط زیست و تهدید کمبود منابع در آینده می باشد. ما بر این باوریم که دانش زیست الگو و الهام زیستی بهترین پتانسیل را برای هماهنگ شدن با طبیعت را داراست و این در حالی است که بهترین نتیجه بازدهی را در میان محصولات مصنوعی نسبت به توسعه های دیگر از خود نشان می دهد. پدیده های طبیعت دارای دانش گوناگون فراوان و علوم تلفیقی متنوعی هستند،

منابع و مأخذ

- [1] Benyus, J. M. (1997). *Biomimicry*, William Morrow New York.
- [2] Hwang, J. Jeong, Y. Park, J. M. Lee, K. H. Hong, J. W. Choi, J. (2015). *Biomimetics: forecasting the future of science, engineering, and medicine*, International journal of nanomedicine, Vol.10, PP. 5701-5713
- [3] Vincent, J.F. Bogatyreva, O. A. Bogatyrev, N. R. Bowyer, A. Pahl, A. K. (2006). *Biomimetics: its practice and theory*, Journal of the Royal Society Interface, Vol. 3, No.9. pp. 471-482.
- [4] Pemsel, H. (1977). *A history of war at sea: an atlas and chronology of conflict at sea from earliest times to the present*, Naval Institute Press.
- [5] Freedman, R. (1991). *The Wright brothers: How they invented the airplane*, Holiday House.
- [6] Jakab, P.L. (2014). *Visions of a flying machine: The Wright brothers and the process of invention*, Smithsonian Institution.
- [7] Schmitt, O.H. (1969). *Some interesting and useful biomimetic transforms*. Third International Biophysics Congress Boston, MA.
- [8] Kennedy, E. B. Thomas, A. M. (2016). *Streamlining the Front End of Innovation for Environmentally Sustainable Products*, Technology Management, Vol.59, No.4. PP. 40-48
- [9] Whitesides, G.M. (2015). *Bioinspiration: something for everyone*, Interface focus, Vol.5, No.4. PP. 1-10
- [10] Vullev, V.I. (2011). *From biomimesis to bioinspiration: what's the benefit for solar energy conversion applications?*, The Journal of Physical Chemistry Letters, Vol. 2, No.5. PP. 503-508.
- [11] Velcro, S. (1955). *Improvements in or relating to a method and a device for producing a velvet type fabric*, Swiss patent, 721338.
- [12] Neurohr, R. Dragomirescu, C. (2007). *Bionics in engineering-defining new goals in engineering education at "politehnica" university of bucharest*. in International Conference on Engineering Education-ICEE.
- [13] Hood, C.P. (2006). *Shinkansen: from bullet train to symbol of modern Japan*, Routledge.
- [14] Wai, R. J. Lee, J. D. Chuang, K. L. (2011). *Real-time PID control strategy for maglev transportation system via particle swarm optimization*, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol.58, No.2. PP. 629-646.
- [15] Emerson, A.E. (1938). *Termite nests—a study of the phylogeny of behavior*, Ecological Monographs, Vol.8, No.2. PP. 247-284.
- [16] Noirot, C. Darlington, J. P. (2000). *Termite nests: architecture, regulation and defence*. in *Termites: evolution, sociality, symbioses, ecology*, Springer: 121-139.
- [17] Breslow, R. (2006). *Artificial enzymes*, John Wiley & Sons.

قادر خواهد بود خود را به مراحل جدید برساند جایی که اصول جدید دانش الگوبرداری به او کمک خواهد کرد تا اقتصادی را بنا کند که تکامل و توسعه از جنس طبیعت را بهتر دنبال نماید. با ایجاد اینگونه فناوری زیست سازگار و سبز آینده ای با ثبات تر و پر حاصل تر بنا می شود که در آن محصولات سبز به محصولات و فراورده های زیست سازگارتر^۱ قوه ابتکار و خلاقیت ما برای نوآوری توسعه می یابد. لذا می باید به فکر بانک ایده های بزرگ از پدیده های طبیعت^۲ باشیم. همه ارگانسیم ها بر روی زمین از طریق انطباق و بقای اصلح تکامل یافته است. مخلوقات در طول زمان آنچه آنان ضعیف کرده است را از دست داده و فناوری هایی که آنها را قوی نگه داشته است حفظ کرده اند.

بشر به عنوان نگهبان و کارگزار این بانک ایده ها، باید کیفیت زندگی را بالا ببرد در حالیکه بر نیروهای تحلیل برنده که امکان از بین بردن محیط زیست را دارند غلبه کند. پیشرفت در دانش زیست الگو نگه داری از کلیدی است که موجب همکاری مابین تکامل و توسعه فناوری می شود.

1. More biocompatible
2. Great idea bank of nature

- [22] Bao, M. Lou, X. Zhou, Q. Dong, W. Yuan, H. Zhang, Y. (2014). Electrospun biomimetic fibrous scaffold from shape memory polymer of PDLA-co-TMC for bone tissue engineering, ACS applied materials & interfaces, Vol. 6, No.4. PP. 2611-2621.
- [23] Choi, J. Hwang, M. P. Lee, J. W. Lee, K. H. (2014). A glimpse into the interactions of cells in a microenvironment: the modulation of T cells by mesenchymal stem cells, International journal of nanomedicine, Vol. 9, PP. 127-139
- [24] موسوی موحدی، ع.ا. (۱۳۹۲). زیست الگو: همگرایی در علم و حکمت، نشریه نشاء علم، مجلد ۴، شماره ۱، صص ۶-۹.
- [25] دانشگر، پ. تقوی، ف. صبوری، ع.ا. موسوی موحدی، ع.ا. (۱۳۹۰). تولید دانش در علوم زیستی: پیشتاز در ایران و جهان، نشریه نشاء علم، مجلد ۱، شماره ۲، صص ۲۴-۳۰.
- [18] Gharibi, H. Moosavi-Movahedi, Z. Javadian, S. Nazari, K. Moosavi-Movahedi, A. A. (2011). Vesicular Mixed Gemini- SDS-Hemin- Imidazole Complex as a Peroxidase-Like Nano Artificial Enzyme, The Journal of Physical Chemistry B, Vol.115, No.16. PP. 4671-4679.
- [19] Gong, Y.k. Winnik, F. M. (2012). Strategies in biomimetic surface engineering of nanoparticles for biomedical applications, Nanoscale, Vol.4, No. 2. PP. 360-368.
- [20] معصومی اصل، ا. (۱۳۹۲). تحقق دانشگاه های نسل سوم سامانه های زیستی: الگویی برای شناخت پدیده های هستی، نشریه نشاء علم، مجلد ۳ شماره ۲، صص ۱۱۹-۱۲۱.
- [21] Kim, Y.C. Park, J.H. Prausnitz, M. R. (2012). Microneedles for drug and vaccine delivery, Advanced drug delivery reviews, Vol. 64, No.14. PP. 1547-1568.