

ارائه مجموعه راهکارهای مهندسی مدیریت کیفیت و بهره‌وری با

رویکرد مهندسی خلاقیت زیست الگو

سید مهدی گلستان هاشمی^۱، استادیار، ندا قائمی^۲، دانشجوی کارشناسی ارشد

۱- دانشکده مهندسی صنایع- دانشگاه صنعتی مالک اشتر- شاهین شهر- ایران

golestanhashemi@gmail.com-

۲- دانشکده مهندسی صنایع- دانشگاه صنعتی مالک اشتر - شاهین شهر- ایران

ngh.ghaemi@gmail.com -

که ویژگی‌های سیستم‌های زیستی را به خوبی نمایش داده و بتوانند مسیر الهام‌گیری از سازوکارهای این سیستم‌ها را برایمان هموار نمایند. در آخر نیز جدولی از این اصول ارائه گردیده تا چگونگی الگو قرار دادن طبیعت جهت بهره‌مندی در سازمان‌ها تسهیل گردد.

چکیده: در این پژوهش قصد داریم به منظور بهینه‌سازی اقدامات سازمانی و نوآوری در بکارگیری روش‌های بهینه‌سازی، سیستم‌های زیستی را که مظهر آفرینش الهی و طراحی دست آفریدگاری بی‌همتا هستند را به عنوان مرجعی برای الگوگیری معرفی کرده و در این راستا به معرفی اصولی در طبیعت بپردازیم

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری، مهندسی خلاقیت زیست الگو، تیم‌های زیستی، اصول زیستی، الگوریتم‌های فرا ابتکاری

۱. مقدمه

کارایی فنی یک اندازه‌گیری جامع از عملکرد ارائه می‌دهد ولی تنها مولفه رشد بهره‌وری محسوب نمی‌شود و عوامل دیگری مانند نوآوری و توسعه خروجی نیز در رشد بهره‌وری موثر هستند [۱]. به همین منظور برای افزایش بهره‌وری سازمانی باید همواره به مقوله نوآوری توجه داشته و خروجی حاصل از کلیه بخش‌ها و فرایندهای سازمان را بهبود بخشید. از طرفی می‌دانیم که طی حدود ۳/۸ میلیارد سال از آفرینش زمین، بسیاری از انواع جانداران توانسته‌اند به وسیله راهکارهای گوناگون با محیط خود سازگار شده و با استفاده از کمترین منابع و با کمترین آسیب به محیط زیست خود، تا به امروز پایدار بمانند. این موضوع مبین این مطلب است که می‌توان از سیستم‌های موجود در طبیعت به منظور الگوگیری و نوآوری در سیستم‌های سازمانی بهره برد و به کمک آن انواع فرایندها و اقدامات سازمان‌ها را بهبود بخشیده و در نتیجه به رشد بهره‌وری کمک شایانی نمود.

۲. بهره‌وری

بهره‌وری فعالیت‌ها را می‌توان به دو دسته تقسیم نمود: یکی کثرت سرمایه و دیگری اصطلاحی به نام بهره‌وری کل عوامل (TFP)^۱ که شامل تعدادی از عوامل مانند پیشرفت فنی و سازمانی، استفاده بهینه از ظرفیت، کیفیت عوامل تولید، تلاش‌های تحقیق و توسعه، آموزش و پرورش و غیره می‌شود. در میان این عوامل، بالک^۲ کارایی مولد را برجسته می‌داند [۲]. بهره‌وری را می‌توان به این صورت تعریف نمود که با توجه به سطح تکنولوژی موجود، چه مقدار خروجی می‌تواند از یک مقدار مشخص ورودی داده شده تولید شود. با توجه به این تعریف، شاخص بهره‌وری کل عوامل به صورت نسبت خروجی تولید شده به کل ورودی داده شده تعریف می‌گردد [۱].

^۱ total factor productivity

^۲ Balk

۳. طراحی زیست الگو

بیومیمیکری^۱ مطالعاتی در زمینه مدل‌های طبیعت و سپس تقلید از شکل‌ها، فرایندها، سیستم‌ها و استراتژی‌های طبیعت به منظور حل مسائل انسانی به روشی پایدار است. اصطلاحات دیگری از قبیل بیونیک^۲، بیومیمتیک^۳ و طراحی زیست الگو^۴ نیز برای تشریح اقدامات یادگیری از طبیعت و تقلید از سیستم‌های آن بکار می‌روند. طیف گسترده‌ای از شرکت‌ها و سازمان‌های چندملیتی، بیومیمیکری را در تلاش‌های خود برای اثربخشی، کارایی و پایداری، مد نظر قرار می‌دهند. اساس بیومیمیکری این است که طبیعت در طول ۳.۸ میلیارد سال تحقیق و توسعه، فرایندها و سیستم‌های بسیار کارآمد خود را تکامل بخشیده بطوریکه آنها می‌توانند راه‌حلی را برای بسیاری از اتلاف‌ها، کارایی منابع و سایر مسائل محیطی که انسان امروز در تقابل با آنها است، ایجاد کنند [۳]. سیستم‌های زیستی به طور طبیعی بهینه‌سازی شده‌اند و با توسعه نوآوری می‌توان آنها را مورد بررسی قرار داد. الگوگیری از این سیستم‌ها را می‌توان به چند حوزه کاربردی تقسیم کرد. حوزه‌های کاربردی غالب در زمینه فنی و مهندسی می‌باشد. با این حال، بیونیک دارای پتانسیل زیادی برای نوآوری در سازمان و مدیریت نیز می‌باشد. استفاده موفق از ایده‌های طبیعی زمانی بهتر است که آنها به عنوان یک منبع الهام بخش برای قابلیت‌های انسان شناخته و اینکه نه صرفاً کپی برداری شوند [۴].

اگر ساختارها و سازوکارهای جنبه‌های گوناگون حیات با نگرشی خلاق و اکتشافی و به نحوی الگوگیرانه مورد مطالعه و تحلیل قرار گیرند، حاصل آن می‌تواند راهکارهای نوین و بسیار موثری برای افزایش بهره‌وری مدیریت نوین در بخش‌های مختلف سازمان و صنعت به دست آید [۵].

علاوه بر اینکه می‌توان با توجه مواد مورد استفاده در طبیعت، آنها را در ساخت منابع بهینه‌تر به کار گرفت، می‌توان از اصول مدیریتی و رفتاری موجود در طبیعت نیز بیاموزیم و در بهینه‌سازی اقدامات سازمانی خود استفاده نماییم.

۲-۱. بهره‌وری در سیستم‌های زیستی

شاخص بهره‌وری کل عوامل، مستقیماً منعکس کننده افزایش کارایی است [۶]. فاکتورهایی از کارایی در سیستم‌های زیستی در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱، هفت فاکتور کارایی زیستی [۷]

کارایی سیستم‌های زیستی	کاهش میزان مواد کالاهای و خدمات
	کاهش میزان انرژی کالاهای و خدمات
	کاهش انتشار مواد سمی
	افزایش قابلیت بازیابی مواد
	به حداکثر رساندن استفاده پایدار از منابع تجدیدپذیر
	افزایش دوام محصولات
	افزایش میزان سرویس دهی کالاهای و خدمات

تکنولوژی‌های انسانی برای حل مسائل خود بیشتر از انرژی و مواد استفاده می‌نمایند درحالیکه سیستم‌های بیولوژیکی بیشتر مبتنی بر اطلاعات و ساختار به حل مسئله می‌پردازند [۸].

۳-۲. تیم‌های زیستی^۵

تیم‌های زیستی از کاربردی‌ترین جنبه‌های الگوگیری از طبیعت در سازمان‌ها می‌باشند و مرتبط با تیم‌های شبکه‌ای و مجازی هستند، که بر مبنای اصول موفق‌ترین تیم‌های طبیعت عمل می‌کنند. برخی از این گروه‌ها شامل موجودات تک سلولی و چند سلولی، سیستم ایمنی بدن انسان، سیستم عصبی (از جمله مغز)، میکروارگانیسم‌هایی مانند باکتری‌ها و حشرات اجتماعی (مورچه‌ها، زنبورها و موربان‌ها)، عروس دریایی، غازها، میمون‌ها، دلفین‌ها، گربه‌سانان، جنگل‌ها، رودخانه‌ها، اکوسیستم‌ها، زمین و غیره می‌باشند. اساساً، تیم‌های زیستی مجموعه‌ای از قوانین و رویه‌های ساده برای تیم‌های خود سازماندهی، مجازی و غیر سلسله مراتبی هستند که توسط مدیران برای مدیران نوشته شده و در ارتباطات کسب و کار مورد توجه قرار می‌گیرند [۹].

^۱ Biomimicry

^۲ Bionic

^۳ Biomimetic

^۴ Bio-inspired design

^۵ Bioteaming



۴. اصول زیستی

نیروی محرک اصلی تکامل^۱ و یک ویژگی کلیدی الگوریتم تکاملی چند هدفه، انتخاب است. هدف این انتخاب، ترویج بقا و بازتولید افراد متناسب با محیط اطراف می‌باشد. در طبیعت، انتخاب مسئول تطبیق گونه‌ها با محیط آنهاست و احتمال زنده ماندن و تولید مثل را به افراد متناسب‌تر با محیط می‌دهد [۱۲]. استراتژی‌های تکاملی برای اجتناب از به دام افتادن در نقاط بهینه موضعی، از شرایط نامساعد با همگرایی اندک تا سطح بهینه، بسیار موثر و مناسب می‌باشند [۱۳]. الگوریتم‌ها و استراتژی‌های مختلفی مورد مطالعه واقع شده‌اند که نمونه‌ای از آن در شکل ۱ نمایش داده شده است.

در این جا به منظور بیان چگونگی بهره‌گیری از سیستم‌های زیستی در سیستم‌های سازمانی و افزایش بهره‌وری در سازمان‌ها به معرفی اصولی در طبیعت می‌پردازیم که هر کدام از این اصول از رفتارهای موجود در طبیعت استخراج شده و می‌توانند راهنمای خوبی برای الگوگیری از طبیعت محسوب گردند. با توجه به همبستگی بین اصول اساسی تولید و رویکردهای تحلیل شده زیستی، کانون برخی از تحقیقات شناسایی شده در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲، هماهنگی اصول زیستی و اصل عملکرد افزوده در سازمان تولیدی [۱۰]

الگوریتم‌های تکاملی	
اصول پایه تکاملی	الگوریتم‌های ژنتیک
	استراتژی‌های تکامل (در طبیعت)
	برنامه ریزی ژنتیک
	برنامه ریزی تکاملی (در طبیعت)
الگوریتم‌های ارگانی خاص	الگوریتم تکاملی باکتریایی
	الگوریتم کپک لجن

اصول	تعداد مقالات در حوزه "عملکرد افزوده"
تکامل	۲۴
غیر سلسله مراتبی	۲۲
نشانه ورزی	۱۶
خود کنترلی	۱۴
ساختار و رشد	۱۱
یادگیری و تجربه	۸
شبکه‌های عصبی	۸
همزیستی و همکاری	۵
انعطاف پذیری	۳
تطابق	۱

شکل ۱، الگوریتم‌های تکاملی برای مسائل سازمانی [۱۰]

۴-۲. غیرسلسله مراتبی بودن

سیستم غیر سلسله مراتبی^۲ ممکن است به عنوان رابطه‌ی عناصر به یکدیگر تعریف شود، زمانی که آنها رتبه بندی نشده‌اند یا زمانی که آنها دارای توان بالقوه برای رتبه بندی به روش‌های مختلف هستند. در یک سیستم سلسله مراتبی، یک لایه به یک لایه دیگر، در یک نظم دقیق تعریف شده بستگی دارد، در حالی که سیستم غیرسلسله مراتبی می‌تواند روابط وابستگی هر لایه را تغییر دهد [۱۴].

۴-۱. تکامل

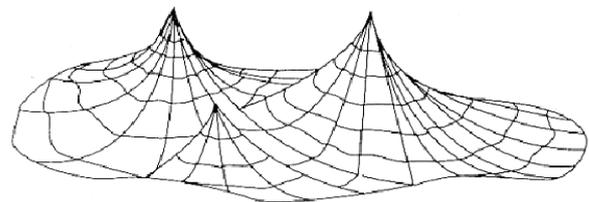
شبکه‌های زیستی، مانند بسیاری از شبکه‌های مهندسی شده، محصول یک طراحی منحصر به فرد نیستند، بلکه نتیجه یک فرآیند طولانی پالایش و بهینه‌سازی هستند. بسیاری از شبکه‌های بزرگ دنیای واقعی از ماژول‌های کوچکتر و معقول‌تر تشکیل شده‌اند. شبکه‌های مهندسی شده توسط انسان طراحی شده و با اهداف ذهنی خاصی اصلاح شده‌اند، در حالی که شبکه‌های زیستی با فشارهای انتخابی تکامل ایجاد می‌شوند [۱۱].

^۱ Evolution
^۲ Heterarchy

ایده یک سازمان غیرسلسله مراتبی ناشی از تحقیق عصبی -

روانشناختی مغز انسان است که توسط وارن مک کاللو^۱ در سال ۱۹۴۵ انجام شده است. وی نتیجه‌گیری کرد که در مقایسه با مدل‌های سلسله مراتبی^۲ که قبلاً تعریف شده است، مغز انسان باید یک سازمان غیرسلسله مراتبی داشته باشد. او این سازمان را به عنوان یک شبکه عصبی توصیف کرد که به طور خاص برای پردازش اطلاعات موازی طراحی شده است. مفهوم یک سازمان غیر سلسله مراتبی (یا سازمان شبکه‌ای) بر اساس اصول زیر است: الف) یک سازمان متشکل از واحدهای سازمانی به طور متقابل از طریق لینک‌های اطلاعاتی (اغلب براساس تکنولوژی اطلاعات مدرن) متصل می‌شوند، ب) متقابلاً مستقل هستند، ج) غیرسلسله مراتبی سازماندهی شده‌اند (برعکس سلسله مراتبی)، د) به صورت داخلی و خارجی عمل می‌کنند (با محیطشان)، ه) اغلب موارد برخی از هدف‌های مشترک را به اشتراک می‌گذارند. اگر ما چنین مفهومی را به یک سازمان اعمال کنیم، ساختاری ایجاد می‌کنیم که ارتباطات آن به طور دقیق تعریف نشده است، بلکه به صورت فعال یا خود تنظیم، بسته به شرایط خاص می‌باشد [۹].

جهت درک بهتر سیستم غیرسلسله مراتبی، یک تور ماهیگیری^۳ در ساحل را در نظر بگیرید. این تور کلاً غیرسلسله مراتبی به نظر می‌آید. اما اگر مطابق شکل ۲، یکی از گره‌های آن را گرفته و بالا بیاوریم، یک ساختار سلسله مراتبی به دست می‌آید. با بلند کردن گره‌های بیشتر و پایین آوردن گره‌های قبلی، می‌توانیم ایجاد پویایی جدید و تخریب سازه‌های سلسله مراتبی قدیمی را ببینیم. بنابراین سازمان تور ماهی تلاش می‌کند تا مفهوم مدرن غیرسلسله مراتبی و عادت معمولی انسان که همان تمایل به سلسله مراتب و نظم است را ترکیب کند.



شکل ۲، سازمان تور ماهی جهت نمایش مفهوم سازمان غیرسلسله مراتبی [۹]

۴-۳. نشانه ورزی

نشانه ورزی^۴ نوعی مکانیزم خود به خودی می‌باشد، نوعی هماهنگی غیر مستقیم بین عوامل و اعمال، بطوریکه آثار باقیمانده از یک عمل در محیط، سبب تحریک اعمال پس از آن می‌شود [۱۵].

نشانه ورزی بیان کننده یک تعامل غیرمستقیم میان افراد است. حشرات اجتماعی مانند مورچه‌ها یا زنبورها یک مجموعه الهام بخش دیگر برای الگوریتم‌های زیستی هستند. فعالیت‌های خود سازمان یافته مانند جستجوی غذا، که میان جانوران اجتماعی صورت می‌گیرد و منجر به حجم زیادی از برنامه‌های کاربردی مختلف می‌شود [۱۰]. به عنوان مثال‌هایی برای نشانه ورزی، زنبورها از روش فیزیولوژی خاص خودشان استفاده می‌کنند تا زنبورهای دیگر را درباره کیفیت و مکان‌های غذایی مطلع کنند. همچنین مورچه‌ها از یک شکل ارتباط غیر مستقیم استفاده می‌کنند که بوسیله تغییر در محیط زیست انجام می‌شود [۱۶]. یکی از الگوریتم‌های مهم، الگوریتم بهینه سازی مورچه^۵ براساس اصل نشانه ورزی است که نوعی ارتباط غیر مستقیم بین افراد را توصیف می‌کند [۱۰]. در واقع نشانه ورزی به معنای اشتراک اطلاعات بین اعضای یک تیم می‌باشد که به وسیله ماده‌ای نشانگر بین اعضای گونه صورت می‌گیرد و منجر به یافتن کوتاهترین مسیرها و بهینه‌ترین روش‌ها می‌گردد.

از نتایج نشانه ورزی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- ۱) رفتاری که از همکاری گروهی ظاهر می‌شود.
- ۲) عوامل فردی تا حد زیادی همگن می‌باشند.
- ۳) هر یک از عوامل وظایف ساده‌ای را به صورت موازی انجام می‌دهند.
- ۴) دارای یک روش غیر همزمان می‌باشند.

^۴ Stigmergy

^۵ Ant Colony Optimization (ACO)

^۱ Warren McCulloch

^۲ Hierarchy

^۳ Fishnet



۵) بدون هماهنگی مرکزی یا با هماهنگی مرکزی اندک عمل می‌کنند [۱۵].

۴-۴. خودسازماندهی

خودکنترلی^۱ به معنای کنترل اهداف به روشی غیرمتمرکز و خودکار از طریق تطبیق با محیط خارجی می‌باشد [۱۰]. مفهومی گسترده‌تر از خودکنترلی، خودسازماندهی^۲ می‌باشد که یکی از مهمترین دلایل جلب توجه سیستم‌های الهام گرفته از بیوفیزیک می‌باشد. در سیستم‌های طبیعی، پویایی سازمان به طور خودبخودی از ساختار داخلی آنها بوجود می‌آید. سیستم‌های طبیعی خود سازمانی، معمولا غیرخطی و غیرقابل پیش بینی هستند. تعاملات بازخوردی بین بخش‌های سیستم دائما برای جستجوی یک نقطه پایدار در سازمان صورت می‌گیرد [۱۵].

۴-۵. ساختار و رشد

پس از میلیاردها سال انتخاب طبیعی، طبیعت انواع توپولوژی‌های عالی را برای حل همه نوع مشکلات، تکامل بخشیده است. یک نوع آشکار از چنین توپولوژی‌ها، ساختارهای انشعابی در سیستم‌های زیستی متعدد است. به عنوان مثالی برای شبیه سازی رشد^۳، گیاهان باید جهت انطباق با محیط بومی به منظور زنده ماندن، آب و مواد مغذی را به هر بخش از خود بوسیله ریشه و رگه‌های خود با همان سرعت ممکن منتقل نمایند و در طول فرایند رشد، محدودیت‌های هیدرودینامیکی فشار مایع باید مرتفع گردد. تکامل و ساختارهای انشعابی محققان را چندین دهه مجذوب و مشغول خود کرده‌اند [۱۷]. پدیده رشد در بسیاری از زمینه‌های طبیعی و اجتماعی یافت می‌شود. در حمایت از این فرایندها، برخی از جنبه‌های کلیدی که پایه مفهومی مشترک را تعریف می‌کنند، شناسایی می‌شوند. این سیستم‌ها شامل تعداد زیادی از واحدها یا عامل‌هایی هستند که در مجموعه‌ای از شکل‌های ارتباطی بوسیله زبان مشترک تعیین شده، مرتبط می‌شوند. به عنوان مثال، جستجو برای غذا بر اساس بکارگیری زنبورهای کارگر، مبتنی بر اطلاعات اولیه ارائه شده از سوی برخی از زنبورهای کاشف، از طریق رقص‌های رایج، بسیاری از کارگران دیگر اقدام به وارد شدن به سایت

می‌کنند، به طور پویا زنبورهای دیگر را شامل می‌شوند. آغاز کردن فرآیند اطلاعات و گسترش آن از طریق تعامل محلی، از ویژگی‌های اساسی رشد است [۱۸]. این مفهوم بیان می‌دارد که با ایجاد مشترکاتی، می‌توان فرایندها را به طور یکپارچه توسعه و رشد بخشید.

یک نمونه دیگر، مراحل رشد و تبدیل یک کرم حشره به یک پروانه می‌تواند بینش مفیدی را برای برنامه تحول کسب و کار به ویژه در شرایط آسیب پذیری ایجاد نماید [۱۹]. به منظور الگوگیری از ساختارهای زیستی، پژوهشی به منظور بررسی ساختارها و فرایندهای رشد پوسته ناتیلوس^۴ (جانوری دریایی) انجام شده که نشان می‌دهد این اصول و ساختارهای بیولوژیکی به افزایش تخصیص منابع عملیاتی در طرح بندی کارخانه کمک می‌کنند [۲۰].

۴-۶. یادگیری و تجربه

حافظه اغلب به صورت توانایی آن در یادآوری و ذخیره اطلاعات گذشته مورد تفکر واقع می‌شود، اما عملکرد آن احتمالا بر این واقعیت است که اجازه سازگاری با تجربه فعلی و آینده را می‌دهد. بنابراین، مدار مغزی که حافظه را رمزگذاری می‌کند، باید به گونه‌ای عمل کند که احتمالا اطلاعات ذخیره شده، توسط تجربه بعدی اصلاح شود. تجربه قبلی می‌تواند تأثیر عمیقی بر یادگیری بعدی داشته باشد [۲۱].

۴-۷. شبکه عصبی

شبکه عصبی^۵ نسل جدیدی از نرم افزارهای کامپیوتری طراحی شده برای عملکرد مشابه مغز انسان است. چنین نرم افزاری شامل عناصر پردازش عصبی می‌شود. هر عنصر پردازش قادر به ارسال و دریافت سیگنال به عناصر دیگر است. بعضی از دانشمندان شباهت جالب بین چنین سازمانی و ارتباطات در سازمان‌ها را می‌بینند. بعضی از خطوط ارتباطی در طول زمان قوی‌تر می‌شوند، در صورت استفاده شدید، در حالی که کانال‌های دیگر تضعیف می‌شوند و یا حتی از بین می‌روند [۹].

۴-۸. همزیستی و همکاری

^۱ Self-controlling

^۲ Self-organization

^۳ Growth

^۴ Nautilus Shell
^۵ Neural Networks

پستانداران نور توسط رودوپسین^۵ (رنگ دانه ی سرخ رنگ که در در مردمک چشم وجود دارد و به بینایی به ویژه در نور کم کمک می‌کند) از گروه گیرنده‌های جفت شونده با پروتئین جی^۶، احساس شده که انتقال سیگنال بصری را آغاز می‌کند ولی همچنین از طریق یک حلقه بازخورد تاخیری، خود را غیرفعال می‌کند [۲۵].

طبیعت منطبق می‌شود از طریق:

- ✓ ایجاد حلقه‌های بازخورد برای حس کردن و پاسخ دادن در تمام سطوح سیستم.
- ✓ پیش بینی و یکپارچه سازی فرایندهای چرخه‌ای
- ✓ فرصت طلبی و مدبر بودن، زمانیکه دسترسی منابع تغییر می‌کند [۲۴].

۵. نتیجه گیری

خلاصه ای از اصول زیستی را در جدول ۳ نشان می‌دهیم تا به عنوان راهنمایی برای الگوگیری در بخش های مختلف سازمان مورد استفاده قرار گیرد. با شناخت هر کدام از این اصول می‌توان ایده ها و نوآوری های گوناگونی را برای ارتقای بهره‌وری و کیفیت در سیستم های سازمانی خلق نمود.

همزیستی^۱ در طبیعت استعاره‌ای از اعتماد بین همکاران در سیستم‌های زیستی می‌باشد [۹] که بر مبنای این اصل جانداران یک گونه و یا گونه‌های مختلف جهت رسیدن به اهدافشان با یکدیگر همکاری می‌کنند.

به عنوان مثال نوعی قارچ در طبیعت به نام قارچ‌های میکوریز آربوسکولار^۲ می‌باشد که عمدتاً با ریشه گیاهان ارتباط دارند. این قارچ‌ها مواد مغذی آب را برای گیاه میزبان فراهم کرده و از همه مهمتر در مقابل عوامل بیماری زا از آن حفاظت می‌کنند. در این همکاری تامین مواد مغذی گیاه مانند نیتروژن و فسفر بهبود یافته و در مقابل قارچ‌ها ۲۰ درصد از کربن تولیدی گیاه را دریافت می‌کنند [۲۲]. این همکاری‌ها می‌تواند برای انواع ارتباطات سازمانی و نوآوری‌های فرهنگی مورد توجه واقع شود.

۴-۹. انعطاف

مفهوم انعطاف پذیری^۳ زیستی بر تغییرات غیرخطی در سیستم‌های زیستی تاکید دارد. بویژه زمانیکه روش‌های جایگزین وجود دارد. هنگامی که یک آستانه اختلال رخ می‌دهد، سیستم می‌تواند تغییرات ناگهانی را در ساختاردهی فرایندها ایجاد کرده و در شرایط تحمیلی جدید بوسیله تغییر در مجموعه فرایندها، ساختارها، عملکردها و بازخوردها سازماندهی مجدد انجام دهد [۲۳].

ایجاد انعطاف پذیری بسیار مؤثرتر از تصحیح تصمیمات ضعیف مبتنی بر ریسک است که براساس اطلاعات جزئی اتخاذ شده‌اند. طبیعت انعطاف پذیری را ایجاد می‌کند به وسیله‌ی:

- استفاده از تغییر و اختلال به عنوان فرصت‌ها به جای ترس از آنها به عنوان تهدید.
- تنوع، توزیع و عدم تمرکز در دانش، منابع، تصمیم گیری و اقدامات.
- پرورش تنوع در افراد، روابط، ایده‌ها و رویکردها [۲۴].

۴-۱۰. انطباق

اغلب ارگان‌ها نیاز به تنظیم محیط داخلی خود دارند تا با تغییرات خارجی سازگار شوند. به عنوان مثال برای انطباق^۴، در

^۱ Symbiosis
^۲ Arbuscular Mycorrhiza Fungi (AMF)
^۳ Resilience
^۴ Adaptation

^۵ Rhodopsin

^۶ G-protein coupled receptor



جدول ۳، اصول الگوگیری از سیستم‌های زیستی برای سیستم‌های سازمانی

نام اصل در سیستم زیستی	مفهوم کلیدی	کاربرد در سیستم سازمانی	روش
تکامل	انتخاب بهینه گونه‌ها و صفات برتر	انتخاب بهینه افراد، منابع و خصوصیات مثبت سازمان	استفاده از الگوریتم‌ها و استراتژی‌ها و برنامه‌های تکاملی
غیرسلسله مراتبی	عدم رتبه بندی ثابت سطوح و تعامل واحدهای سازمانی در عین استقلال	بهینه سازی ساختار سازمانی و تعاملات	الگوگیری از ساختار سازمانی و انواع تعاملات سیستم‌های زیستی دارای این اصل
نشانه ورزی	اشتراک اطلاعات جهت یافتن مناسب‌ترین مسیرها	بهینه سازی فرایندهای کسب و تسهیم اطلاعات و به طور کلی مدیریت دانش و همچنین یافتن کوتاهترین روش‌ها و فرایندها	استفاده از راهکارهای بکارگرفته شده در سیستم‌های زیستی دارای این اصل و الگوریتم‌های فرا ابتکاری مرتبط با این اصل
خود سازماندهی	ساختار غیرمتمرکز و خودکار	بهینه سازی عملکرد تیم‌های سازمانی و نحوه مدیریت آنها	الگوگیری از ساختارها و روش‌های تیم‌های زیستی که به صورت خودسازمانده عمل می‌کنند
ساختار و رشد	رشد و توسعه یکپارچه	بهینه سازی رشد و توسعه یکپارچه سازمان‌ها و همچنین بهینه سازی طرح ریزی فرایندها و اشکال سازمانی و ساختاری	الگوگیری از مکانیزم‌های رشد در سیستم‌های زیستی و همچنین تقلید از ساختارهای موجود در طبیعت
یادگیری و تجربه	یادگیری از تجربیات قبلی	بهینه سازی یادگیری و الگوگیری در سازمان‌ها	الگوگیری از مکانیزم‌های طبیعت در کسب تجربه از رخداد‌های گذشته و یادگیری از آنها
شبکه‌های عصبی	واحدها و کانال‌های ارتباطی	بهینه سازی بخش بندی‌های سازمانی و روابط آنها	الگوگیری از شبکه‌های زیستی
همزیستی و همکاری	اعتماد و تعامل متقابل	بهینه سازی همکاری‌های درون و بیرون سازمانی و فرهنگ همکاری	الگوگیری از شیوه‌ها و دلایل تعاملات زیستی
انعطاف	تغییرات غیرخطی	بهینه سازی نحوه رویارویی با تغییرات محیط سازمان	الهام از مکانیزم‌های مورد استفاده در طبیعت جهت رویارویی با تغییرات محیط
تطابق	سازگاری با تغییرات	بهینه سازی سازگاری با تغییرات محیطی	الهام از مکانیزم‌های مورد استفاده در طبیعت جهت سازگاری با تغییرات محیط



۶. منابع
- Laws or Metaphors?," Interdisciplinary Description of Complex Systems, 2011, vol. 9, no. 1, pp. 39-55.
- [10] K. Reisen, U. Teschemacher, M. Niehues, and G. Reinhart, "Biomimetics in Production Organization—A Literature Study and Framework," *Journal of Bionic Engineering*, 2016, vol. 13, no. 2, pp. 200-212.
- [11] A.-A. Bader et al., "Modeling and analysis of modular structure in diverse biological networks," *Journal of Theoretical Biology*, 2017, vol. 422, pp. 18-30.
- [12] R. Denysiuk and A. Gaspar-Cunha, "Multiobjective Evolutionary Algorithm Based on Vector Angle Neighborhood," *Swarm and Evolutionary Computation*, 2017.
- [13] D. Giagopoulos and A. Arailopoulos, "Computational framework for model updating of large scale linear and nonlinear finite element models using state of the art evolution strategy," *Computers & Structures*, 2017, vol. 192, pp. 210-232.
- [14] D. T. Mihailovic, I. Balaž, and D. Kapor, *Time and Methods in Environmental Interfaces Modelling: Personal Insights*. Elsevier, 2016.
- [15] D. Câmara, *Bio-Inspired Networking*. Elsevier, 2015.
- [16] M.-I. Sanchez-Segura, G.-L. Dugarte-Peña, F. Medina-Dominguez, and A. Ruiz-Robles, "A model of biomimetic process assets to simulate their impact on strategic goals," *Information Systems Frontiers*, 2017, vol. 19, no. 5, pp. 1067-1084.
- [17] B. Li, J. Hong, S. Yan, H. Liu, and L. Ge, "Generating optimal heat conduction paths based on bionic growth simulation," *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 2017, vol. 83, pp. 55-63.
- [18] R. Guseo, "Diffusion of innovations dynamics, biological growth and
- [1] A. G. Assaf and M. Tsionas, "The estimation and decomposition of tourism productivity," *Tourism Management*, 2018, vol. 65, pp. 131-142.
- [2] M.-Á. Tarancón, M.-J. Gutiérrez-Pedrero, F. E. Callejas, and I. Martínez-Rodríguez, "Verifying the relation between labor productivity and productive efficiency by means of the properties of the input-output matrices. The European case," *International Journal of Production Economics*, 2017.
- [3] O. O. Aanuoluwapo and A. C. Ohis, "Biomimetic Strategies for Climate Change Mitigation in the Built Environment," *Energy Procedia*, 2017, vol. 105, pp. 3868-3875.
- [4] A. Worobei and H. Flämig, "Towards a methodology for bio-inspired programme management design," *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2014, vol. 119, pp. 877-886.
- [۵] ع. منصوریان, "مدیریت دانش و مدیریت خلاق بیونیکي," دومین کنفرانس ملی خلاقیت شناسی و مهندسی و مدیریت ایران و دومین کنفرانس ملی تفکر و آثار علمی تخیلی و کاربردهای آن در آموزش، پژوهش، اختراع و نوآوری. TRIZ 1388.
- [6] M. Schiffbauer, I. Siedschlag, and F. Ruane, "Do foreign mergers and acquisitions boost firm productivity?," *International Business Review*, 2017.
- [7] W.-C. Chen and J. L. Chen, "Eco-innovation by integrating biomimetic design and ARIZ," *Procedia CIRP*, 2014, vol. 15, pp. 401-406.
- [8] N. Chayaamor-Heil and N. Hannachi-Belkadi, "Towards a Platform of Investigative Tools for Biomimicry as a New Approach for Energy-Efficient Building Design," *Buildings*, 2017, vol. 7, no. 1, p. 19.
- [9] M. Schatten and M. Žugaj, "Biomimetics in Modern Organizations—



- catenary function," *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 2016, vol. 464, pp. 1-10.
- [19] P. Richardson, "Fitness for the future: applying biomimetics to business strategy," University of Bath, 2010.
- [20] D. Tinello, D. Jodin, and H. Winkler, "Biomimetics applied to factory layout planning: Fibonacci based patterns, spider webs and nautilus shell as bio-inspiration to reduce internal transport costs in factories," *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 2016, vol. 13, pp. 51-71.
- [21] R. G. Parsons, "Behavioral and neural mechanisms by which prior experience impacts subsequent learning," *Neurobiology of learning and memory*, 2017.
- [22] S. Basu, R. C. Rabara, and S. Negi, "AMF: The future prospect for sustainable agriculture," *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 2018, vol. 102, pp. 36-45.
- [23] B. C. Chaffin et al., "Biological invasions, ecological resilience and adaptive governance," *Journal of environmental management*, 2016, vol. 183, pp. 399-407.
- [24] E. Dargent, "BIOMIMICRY FOR BUSINESS? A business literature and critical review of nature's principles applied to business practice, as suggested by Biomimicry for Creative Innovation.," University of Exeter as a dissertation towards the degree of Master of Business Administration, 2011.
- [25] R. Bhatnagar and H. El-Samad, "Tradeoffs in adapting biological systems," *European Journal of Control*, 2016, vol. 30, pp. 68-75.