



الگوها در طبیعت

سرشناسه	تفقدی نیا، بهرام ۱۳۴۶ - نفیسی، وحیدرضا، ۱۳۴۷-
عنوان و نام پدید آور	الگوها در طبیعت / نویسنده: Philip Ball، مترجمین: بهرام تفقدی نیا، وحیدرضا نفیسی
مشخصات نشر	تهران: سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران، ۱۳۹۹.
مشخصات ظاهری	۳۱۹ ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک	۹۷۸-۶۲۲-۹۹۵۷۸-۱-۳
وضعیت فهرست نویسی	فیپا
یادداشت	کتابنامه.
موضوع	الهام از طبیعت - الگوهای زیستی
موضوع	Biomimetic- Patterns in nature
شناسه افزوده	سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران
رده بندی کنگره	۱۳۹۸ الف۶/ن۷: ۸۵۶/۶
رده بندی دیویی	۶۸۱/۷۶۱
شماره کتاب شناسی ملی	۵۶۷۱۳۴۵



سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران

نام کتاب: الگوها در طبیعت

مترجمین: دکتر بهرام تفقدی نیا - دکتر وحیدرضا نفیسی

نوبت چاپ: اول

چاپ اول: ۱۳۹۹

شمارگان: ۵۰۰ نسخه

چاپ و صحافی: نشر پرچین

طراح روی جلد: بهرام تفقدی نیا

قیمت: ۲۵۰۰۰۰۰ ریال

ناشر: سازمان پژوهش های علمی و صنعتی ایران

نشانی: احمدآباد مستوفی، بعد از میدان پارسا، خیابان انقلاب، خیابان شهید احسانی راد،

صندوق پستی: ۱۱۵ - ۳۷۵۷۵

ISBN: 978-622-99578-1-3

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۹۹۵۷۸-۱-۳

مقدمه مترجمین

علم تقلید زیستی^۱، شامل دامنه بسیار وسیعی از بخش‌های همپوشانی شده علوم فنی مهندسی و پایه، مانند ریاضی و فیزیک با علوم زیستی است که گستره آن را می‌توان از کهکشان‌ها تا نانوذرات زنده و غیرزنده تعریف کرد. بر این اساس، چنین تصوّر می‌شود که در جوار ما، آزمایشگاهی با $\frac{3}{8}$ میلیارد سال سابقه وجود دارد که $\frac{7}{8}$ میلیون محقق مختلف در آنجا مشغول تحقیق و بهینه‌سازی هستند. به گفته داوینچی: "هوش انسان ممکن است بتواند سرچشمه اختراعات متعددی باشد، اما هرگز نمی‌تواند چیزی را زیباتر، ساده‌تر و هدف‌دارتر از آنچه در طبیعت وجود دارد خلق کند، زیرا در طبیعت هیچ چیز بی‌دلیل و غیرضروری نیست." از این رو، لزوم هم‌فکری محققین علوم زیستی و فنی-مهندسی پررنگ‌تر می‌شود؛ چیزی که تا کنون در مجامع دانشگاهی و تحقیقاتی کشورمان کمتر به چشم خورده است که علت آن، شاید ترس بیولوژیست‌ها از علوم ریاضی، نداشتن انگیزه و آشنایی محققین رشته‌های ریاضی و فنی با دانش گران‌بهای نهفته در طبیعت باشد.

در حال حاضر پیشرفت در عرصه‌های عملی از یک سو و شناخت طبیعت از سوی دیگر، دیدگاه‌های بسیار جدیدی را پیش روی ما آشکار ساخته است که براساس آن‌ها، شاخه‌های مختلفی از علوم، مانند: محاسبات سلولی-مولکولی، بیولوژی سیستمی، محاسبات کوانتومی، هوش مصنوعی، هوش جمعی، شبکه عصبی، الگوریتم ژنتیک، الگوریتم مورچه، بیوانفورماتیک و بسیاری علوم و الگوریتم‌های دیگر شکل گرفته‌اند.

برای گسترش این علوم و دستیابی به علوم ناشناخته نهفته در طبیعت، لازم است با زبان طبیعت آشنا باشیم؛ بنابراین هرگونه اقدام خردمندانه در این حوزه‌ها، نیازمند یادگیری مباحث نظری بنیادی است؛ از جمله موضوع این کتاب.

در اواخر قرن نوزدهم میلادی، *داری تامپسون* علم ریخت‌شناسی را پایه‌گذاری کرد. او در کتاب دو جلدی معروف خود، به نام «فرم و رشد»، نشان داد که شکل‌ها و ساختارهای طبیعی، باوجود تنوع، پیچیدگی، ظرافت، غنا و زیبایی، بر پایه‌ی اصل بقا و میل به ادامه حیات موجودات زنده شکل گرفته‌اند. *آندریاس فانینگر* نیز در کتاب خود به نام «آناتومی طبیعت»، تکامل ساختار و فرم در طبیعت را، واکنشی هوشیارانه برای بقا دانسته است.

فرم، فقط زمانی خصوصیت مکانیکی می‌یابد که ماده‌ای را بر اساس یک فرم از پیش تعیین‌شده تحت فشار قرار دهیم، درست مثل وقتی که یک توده گل را برای به‌دست آوردن شکلی خاص، میان دست‌های خود می‌فشاییم، در حالی که یک فرم طبیعی دارای خصوصیتی ذاتی است و به همان ترتیبی که از درون خود رشد می‌کند، فرم نیز می‌پذیرد؛ یعنی شکل‌گیری آن، یک ویژگی کلی و واحد است و در نهایت آنچه می‌بینیم از همین خصوصیت ذاتی نشأت گرفته است. این الگوها همه‌جا هستند که با تشخیص آن‌ها می‌توانیم درک بهتری از جهان داشته باشیم و آن را پیش‌بینی کنیم. در واقع، تمام اجزای عالم به شکل الگو هستند. بعضی از این الگوها یکسان و ثابت

اند و بعضی دیگر، نظم و قاعده بالایی دارند؛ البته برخی نیز ظاهراً به‌طور اتفاقی شکل می‌گیرند. انسان در مواجهه با این حجم وسیع دانش در طبیعت، اگر درک صحیحی از این الگوها نداشته باشد، نمی‌تواند دریافت‌کننده خوبی محسوب شود. شاید شناخته‌شده‌ترین نمونه امروزی الگوبرداری از طبیعت، خودروی «بیونیک» باشد. کارشناسان شرکت مرسدس بنز، برای ساخت خودرویی که مصرف سوخت کمی داشته باشد، به موزه تاریخ طبیعی رفتند تا ماهی کوسه و ... را بررسی کنند، اما نوعی ماهی کوچک و چاق به دامشان افتاد!

این ماهی به راحتی در آب سرعت می‌گیرد و می‌ایستد و حرکت رو به عقب و زیگزاگ نیز دارد. خودروی شرکت مرسدس بنز، به نام بیونیک، مانند این ماهی سریع حرکت می‌کند و از قدرت مانور بالایی برخوردار است و با توجه به طراحی بدنه‌ی آن، مصرف سوخت بسیار پایینی دارد.

هدف مترجمین از انتخاب و ترجمه این کتاب، معرفی منبعی ارزشمند جهت شناخت رویکرد، زبان و نحوه الگوبرداری از طبیعت بوده است. در واقع، این نوشتار یک منبع الهام‌بخش^۲ از طبیعت است. پروفیسور آرتور بنجامین^۳ در یکی از سخنرانی‌های تد می‌گوید: "ما در اصل به سه دلیل ریاضیات را می‌آموزیم: محاسبه، کاربرد و الهام‌بخشی. ریاضی علم الگوهاست که با مطالعه آن یاد می‌گیریم چگونه منطقی، منتقدانه و خلاقانه فکر کنیم ...". کتاب حاضر، به ما گوشزد می‌کند که طبیعت مجموعه‌ای است از الگوها که می‌توانند الهام‌بخش تفکر خلاقانه ما باشند؛ چراکه پیوسته بین طبیعت و ریاضیات ارتباطی دوطرفه وجود دارد. نمونه مناسب این تعامل، سری اعداد فیبوناچی است که از نظر محاسباتی، خواص بسیار جالبی دارند؛ نسبت طلایی^۴ نیز که کاربردهای مختلفی در محاسبات مهندسی دارد، از دل این سری اعداد به‌دست می‌آید. بسیار شگفت‌انگیز است که این سری اعداد، در طبیعت نیز یافت می‌شوند؛ اغلب، تعداد گلبرگ‌های یک گل و یا ماریچ‌های موجود در گل آفتابگردان و چینش برگ‌ها بر روی ساقه گیاهان، از این سری عددی پیروی می‌کنند.

از آنجا که ساختار این کتاب اندکی متفاوت از کتب دانشگاهی است، رویکرد ما جهت اعتباربخشی به مطالب مذکور استفاده از مقالات پژوهشی منتشرشده در مجلات معتبر بوده است که توضیحات مرتبط با آن‌ها را به‌صورت پاورقی آورده‌ایم؛ از این رو به هر فصل کتاب، بخشی تحت عنوان مراجع نیز افزوده شده که با منابع ذکر شده در پاورقی‌ها مرتبط هستند. امیدواریم با مطالعه این نوشتار، به درک بهتری از طبیعت نائل شویم و با برقراری پیوند نزدیک‌تر بین علوم مختلف و تبادل دانش محققان، از آنچه که خداوند در طبیعت برایمان به ودیعه نهاده به قدر شایستگی و تلاشمان الهام بگیریم.

بهرام تفقیدی‌نیا

وحیدرضا نفیسی

^۱ Inspiration

^۲ آرتور بنجامین (۱۹۶۱ - تاکنون) پروفیسور ریاضی در کالج Harvey Mudd

^۳ Golden ratio 1.618

فهرست

مقدمه	۱۰
فصل اول: تقارن ها	۱۸
فصل دوم: برخال ها	۶۰
فصل سوم: مارپیچ ها	۹۸
فصل چهارم: جریان ها و آشوب ها	۱۳۰
فصل پنجم: امواج و ریگ های روان	۱۶۶
فصل ششم: حباب ها و کف ها	۱۹۲
فصل هفتم: آرایه ها و کاشی کاری ها	۲۲۲
فصل هشتم: شکاف ها	۲۵۶
فصل نهم: لکه ها و نوارها	۲۸۸

دنیا مکانی آشفته و گیج‌کننده است ولی ما می‌فواهیم با پیدا کردن نظم، آن را قابل درک کنیم. مثلاً اگر چرخه‌های معمول شب و روز، تیره و روشن شدن ماه، جزر و مد و تکرار فصل‌ها را در نظر بگیریم، درواقع در مال جست‌وجوی تشابهات، قابلیت پیش‌بینی و نظم هستیم. اینها همگی اصول راهنمایی هستند که در ورای آنچه ما می‌بینیم، قرار دارند که ما را وامی‌دارند تا پیچیدگی‌هایی موجود در طبیعت را به قوانین ساده بشکنیم، تا نظام‌هایی را که آشفتگی به نظر می‌رسند پیدا کنیم؛ این امر ما را به کاشف الگوها تبدیل می‌کند.

داخل مغز ما همانند یک محیط سیم‌کشی شده است. از آغازین صدای تکراری نوزاد تا تجربه‌های بعدی ما در زندگی، نظم‌ها، الگوهای تشخیص و تصمیم‌گیری‌ها کمک می‌کنند تا بقا پیدا کنیم و مسیرمان را در زندگی بسازیم. الگوها نان روزانه دانشمندان هستند؛ اما هر کسی می‌تواند ارزش آن را دریابد و به آن با لذت، شوق و حیرتی همراه با زیبایی شناختی و احساسی خردمندانه، واکنش نشان دهد؛ مانند همه فرهنگ‌های روی کره زمین، از مصر باستان گرفته تا بومیان استرالیا و آمریکا که محصولاتشان را با الگوهای منظم تذهیب می‌کردند. به نظر می‌رسد این ساختارها نه تنها به ما لذت و آرامش بلکه اطمینان می‌دهد و کمک می‌کند تا باور کنیم که صرف‌نظر از اینکه سرنوشت چه چیزی برای ما رقم زده، منطق و نظمی خاص هم در پشت آن وجود دارد. وقتی ما الگوهای خودمان را درست می‌کنیم، ساخت و طراحی دقیق انجام می‌شود و هر قطعه به تنهایی بریده می‌شود تا به شکل خاصی در جای خود قرار گیرد و یا در یک زمان مشخص بافته شود. از این مطلب درمی‌یابیم که برای ساخت یک الگو، به یک الگوساز نیاز داریم. به همین اساس، در زمان‌های گذشته وقتی مردم الگویی در طبیعت پیدا می‌کردند - مثل شان زنبور عسل، نشانه‌گذاری حیوانات (حریم)، مارپیچ بذرها در سر آفتابگردان، ستاره ۶ نقطه‌ای در دانه برف - همه را اثر سرانگشت طراحی هوشمند تلقی می‌کردند؛ نشانه‌ای باقی‌مانده از کاردستی خالق قادر مطلق.

امروز ما به این فرضیه نیاز نداریم.^۱ پرواضح است که این الگوهای منظم و فرم‌ها می‌توانند از نیروهای پایه و اصول فیزیک و شیمی به‌دست آیند و حتی ممکن است بر اساس اصول تکامل زیستی، انتخاب و اصلاح شوند؛ البته این مطلب فقط اسرار را عمیق‌تر می‌کند. چگونه گلدوزی پیچیده طبیعت می‌تواند بدون نقشه یا پیش‌بینی اولیه، خود را سازمان‌دهی کند و الگویی بسازد؟ چگونه الگوها به خودی خود شکل می‌گیرند؟

۱. البته این استدلال، نظر نویسنده کتاب است. چرا که مبتنی بودن پدیده‌ها بر اصول فیزیک، شیمی یا تکامل نفی‌کننده وجود خالق ماهر نیست؛ چرا که می‌توان اعتقاد داشت که خالق هوشمند این اصول را پایه‌گذاری کرده است.