

فهرست مطالب

پیشگفتار	۹
فصل ۱ دیباچه	۱۳
فصل ۲ دیدگاه انسان از اندازه	۱۸
فصل ۳ فیزیک اندازه	۲۵
فصل ۴ تکامل اندازه	۶۲
فصل ۵ اندازه و تقسیم کار	۷۶
فصل ۶ اندازه و زمان	۱۰۵
فصل ۷ پایانه	۱۳۰
کتاب‌شناسی	۱۳۵
نمایه	۱۳۹

می توان در سایه ایده‌ای زندگی کرد
بدون آنکه آن را فهمید
—الیزابت بوون

پیشگفتار

علاقة ما به اندازه چیزها در جوهر ما است. این علاقه از داستان سفرهای گالیور و داستان‌های پریان اثر برادران گریم گرفته تا آلیس در سرزمین عجایب خودش را در ادبیات ظاهر می‌کند. ما آن رادر افکار روزانه‌مان در مورد فرزندان در حال رشدمان می‌بینیم، در مردمی که دورادور ما هستند، حیواناتمان، آن ماهی را که می‌گیریم، مقدار غذایی که جلویمان می‌گذارند، لباس‌هایی که می‌خریم — آیا اندازه شما کوچک، متوسط، و یا بزرگ است؟ — و شخص می‌تواند همین طور ادامه دهد. به ندرت چیزی در زندگی روزمره وجود دارد که ما، آگاهانه یا ناآگاهانه، اندازه‌اش را نمی‌گیریم. ما دوست داریم هر چیزی را با خط کش، ترازو و ساعت اندازه بگیریم.

سال‌ها پیش از این هنگامی که برای اولین بار فصل شکوهمند «درباره بزرگی» را در کتاب در مورد داشد و شکل اثر دارسی و تئورث تامسون خواندم شروع به اندیشه درباره موضوع اندازه بیولوژیکی کردم. این کتاب نمونه‌ای است از بینش، دانش، و نظر زیبا. او به من نشان داد که اندازه و شکل واقعاً به هم مربوط هستند و دلیل آن هم چنین است که موضوع فیزیک زیربنای زیست‌شناسی است. از همین الهام اولیه در درونم به آهستگی این احساس به وجود آمد که بُعد پنهانی دیگری از این موضوع وجود دارد که از من

می‌گریزد. آن احساس درونی سال‌ها ادامه یافت و به آهستگی چیزی شروع به شکل گرفتن کرد. سرانجام که همه آن را در این کتاب می‌آورم - حس می‌کنم گویا آن اندیشه‌های سایه‌وار به سطح فوران کرده است.

این کتاب خلاصه‌ای از آن اندیشه‌ها است. موضوع عظیمی است که سعی می‌کنم آن را به اندازه منطقی برسانم تا بتوانم همه آن را بگنجانم. همچنان که معلوم خواهد شد، علاقمندم که تصویر بزرگ را بر روی یک پرده کوچک نقاشی کنم.

اگر ما یک باکتری، فیل، یا انسان هستیم جهان‌های اندازه خود را داریم، و برای هر یک از ما چیزهایی وجود دارد که کوچک‌تر یا بزرگ‌تر از ما است. ولی هیچ کس نمی‌تواند از قواعد همگانی که توسط اندازه تحمیل شده است بگریزد.

با نگاهی به کل موضوع اندازه بیولوژیکی، از بزرگ تا کوچک، از گیاه تا جانور و میکروب آشکار خواهد شد که هر چیزی به همدیگر ارتباط دارد. بررسی اثرهای اندازه شیوه‌ای است برای نزدیک کردن تمامی حیات به همدیگر. همان طور که محتوای این کتاب تقریباً یک عمر طول کشیده است تا هم چنان که پیش می‌رفتم با تغییرات و اصلاحات بیشماری همراه شده است. در این کار از لطف و بصیرت افراد متعددی یاری گرفته‌ام که عمیقاً به آن‌ها مدیون هستم. بیش از آن که حتی کتاب را شروع کنم، همکارم هنری هورن در خالص کردن افکارم در مورد اندازه بی نهایت مفید بود (هم چنان که همیشه طی این سال‌ها بوده است). در همان مراحل اولیه نوشتن، من از کمک دوستم جاناتان وینر بهره‌مند شدم که به جهت داشتن کتاب اصرار داشت. اولین دست‌نوشته کامل کتاب (که هنوز ویرایش نشده بود) نابهنجام برای دو خواننده فرستاد شد، با این که نظر یکی از آن‌ها بسیار انتقادی بود، در لحظه مناسب تکان لازم را به من داد. دست‌نوشته‌های بعدی با اظهارنظرهای سام الورثی، بربان هال، اسلاؤ لامونت، مری جین وست - ابرهارد، و خواننده گمنام دیگری بسیار بهتر شد. نیز می‌خواهم از دیوید کیریک به خاطر یاری‌اش در بخش مربوط به ولووکس و خویشاوندان آن و همکارم تد کاکس در

مورد برخی مسائل مربوط به فیزیک سپاسگزاری کنم. من تا حدودی حس می‌کنم که نام آن‌ها باید به عنوان مؤلف آورده شوند. تشکر ویژه خود را از آلیس کالاپریس و دبورا تگاردن به خاطر مهارت و کمک‌های فراوان آن‌ها تا آخرین مراحل چاپ کتاب ابراز می‌دارم. سرانجام دوست دارم که از هانا بازرن به خاطر مهارت در تصویرسازی عالی‌اش که هفت تصویر اولیه را کشید تشکر کنم.

بندر مارگاری

کیپ برتون، نوا اسکاتیا، کانادا

دیباچه

۱ فصل

در قرن هفدهم بعضی‌ها باور داشتند که درون اسپرم هر انسان یک انسان کوچک دیگری – یا هومونکولوس – قرار دارد که درون زهدان کاشته می‌شود. رشد عبارت بود از بزرگ شدن این هومونکولوس ریزاندام و گذار از تولد به بلوغ، درست مانند باد کردن یک بادکنک. کسان دیگری همانند ارسسطو و کسان دیگری که پس از او آمدند این نظر را داشتند که در فاصله میان تخم و بلوغ جانور تغییرهای عظیمی در شکل آن به وجود می‌آید، زیرا به وضوح دیده می‌شد که مراحل اولیه رشد هر جانوری هیچ شباهتی با مراحل بعدی ندارد. این دو دیدگاه نکته‌ای را مشخص می‌کند که می‌خواهم در این کتاب ابراز دارم. در مورد هومونکولوس، شکل هیچ ارتباطی با اندازه ندارد، هم چنان که اندازه افزایش می‌یابد شکل تغییری نمی‌کند. در مورد نظریه دیگر – که اکنون کاملاً پذیرفته شده است – هم چنان که اندازه از تخم به بلوغ افزایش می‌یابد، شکل باید تغییر کند؛ هیچ راه دیگری وجود ندارد.

بگذارید آن را به شکل دیگری بیان کنم. اگر مهندسی مأمور شد تا دو پل بسازد، یکی بر روی رودخانه هودسن و دیگری بر روی رودی که پهناش بیش از ده متر نیست، واضح است که ظاهر هر دو پل بسیار متفاوت خواهد بود. حتی مهم‌تر این که از نظر ساختمان و مصالح با هم تفاوت خواهند داشت. این تفاوت‌ها هیچ ارتباطی با ذوق هنری آن مهندس ندارد، حداقل برای پل بزرگ‌تر، بلکه از شرایط ضروری هستند. هر کوششی برای ساخت پل بر روی رودخانه هودسن با تخته‌های چوبی پیش از آن که حتی به پایان بررسد در آب فرو ریخته خواهد شد. ستون‌های فولادی پیچیده و معماری این پل بزرگ که به دقت طراحی شده است به علت پهناهی هودسن است – به

علت اندازه بزرگش لازم شده است. همان طور که خواهیم دید، این موضوع کاملاً انعکاس چیزی است که در موجودات زنده رخ می‌دهد، آن‌ها نیز نمی‌توانند از شرایطی که اندازه برایشان تعیین می‌کند فرار کنند، هیچ چاره‌ای ندارند.

با در نظر داشتن این نکات، بگذارید بحث اصلی این کتاب را اعلام کنم. تغییر در اندازه در نتیجه تغییر شکل نیست، بلکه برعکس: تغییر در اندازه اغلب تغییر در شکل را لازم دارد. به عبارت دیگر، اندازه تنظیم کننده بزرگ تمام مواد زیست‌شناختی است. هیچ موجود زنده بدون در نظر گرفتن اندازه نمی‌تواند تکامل یابد و یا رشد کند. مهم‌تر از آن، اندازه حرکت دهنده اصلی در تکامل است. شواهد فراوانی در مورد انتخاب طبیعی اندازه، هم در جهت افزایش و هم برای کاهش، وجود دارد. تغییر اندازه اثر قابل ملاحظه‌ای داشته و اندام‌های تازه‌ای را در ساختار همه موجودات ایجاد می‌کند. اندازه فقط یک محصول فرعی تکامل نیست، بلکه یک بازیگر عمد است. افرایش اندازه، تغییر در ساختمان کارکرد و همان طور که خواهیم دید در سایر نوآوری‌های تکاملی آشنا را لازم می‌سازد. تغییر این‌ها را لازم دارد، برای این که فرد برای زنده ماندن به آن‌ها نیاز دارد. حیات بدون اصلاحات مناسب مربوط به اندازه ناممکن است.

موضوع اندازه در گذشته هم نادیده گرفته نشده است و کاملاً برخلاف آن همان طور که در صفحات آینده روشن خواهد شد، مطالب زیادی در مورد اندازه وجود دارد که با یونانی‌ها آغاز شده و با گالیله به شکوفایی می‌رسد. این موضوع در مورد غرب صحت دارد و شکی نیست که سنت‌های مشابهی در فرهنگ‌های دیگر وجود دارد.

در هر حال این موضوع همیشه پراکنده بوده است و عموماً به شکل ضمیمه پدیده‌ها و خواص زیست‌شناصی ارائه شده است. برای مثال، موضوع ممکن است سرعت دویدن، یا میزان متابولیسم و یا یکی از امکانات متعدد دیگر باشد، و هنگام بحث از هر یک از این پدیده‌ها نقش قاطع اندازه نیز به میان آورده شود. بسیاری از موضوع‌هایی که در این کتاب به آن‌ها

پرداخته شده است را می‌توان در جاهای دیگر هم پیدا کرد. در این جا می‌خواهم از دیدگاه دیگری به آن بپردازم – از انتهای دیگر تلسکوپ – و نشان دهم که جهان زیست‌شناسی به دور اندازه می‌گردد.

این فکر که اندازه موضوع اصلی نیست کاملاً قابل فهم است. گفتن این که فیل بزرگ است در مورد تمام اعضایی که فیل را می‌سازد چیزی نمی‌گوید؛ یعنی کالبدشناسی، فیزیولوژی، و حتی رفتار آن. این‌ها هستند جنبه‌هایی که توجه ما را جلب می‌کنند و موضوع‌هایی که می‌خواهیم بررسی کنیم. با این حال اندازه مقوله مهمی است. اثر آن به حدی است که هیچ موجودی، از کوچک‌ترین باکتری تا بزرگ‌ترین نهنگ، نمی‌تواند از آن فرار کند. اندازه شکل و تمام فعالیت‌های آن‌ها را کنترل می‌کند به حدی که اهمیت بنیادین دارد. اندازه خصوصیات تمام موجودات زنده را تعیین می‌کند. اندازه عالم نهایی و همگانی است در این که هر موجودی چه می‌تواند باشد و بکند. بنابراین چرا اندازه موضوعی است که همیشه در حاشیه بوده است تا در وسط صحنه؟

دلیل اصلی این است که موجودات چیزهایی مادی هستند، در حالی که اندازه یک ساختار بی‌روح هندسی است. هر موجودی، چه جاندار چه بی‌جان، اندازه‌ای دارد. هواپیما، قایق، یا ابزارهای موسیقی همانند گیاهان و جانوران از نظر اندازه متفاوت هستند و در همه این موارد، اندازه و ساختمن مصالح آن‌ها موضوع کاملاً متفاوتی است، اگرچه بر روی هم اثر می‌گذارند. این که چرا در مورد اندازه در زیست‌شناسی تا حدودی غفلت شده است ممکن است به خاطر سادگی آن باشد. اندازه ممکن است خاصیتی باشد که بر همه اشکال حیات اثر می‌گذارد، اما در مقایسه با ماده‌ای که حیات را می‌سازد کم اهمیت به نظر می‌رسد. با این حال اندازه، جنبه‌ای از موجود زنده است که نقش قابل ملاحظه و فراگیری دارد که بر ماده حیات در همه اشکال آن اثر می‌گذارد.

چیزهای زیادی در مورد اندازه وجود دارد که همه می‌خواهند بدانند، به ویژه چیزهایی که به تکامل مربوط می‌شود. برای مثال، شواهد مربوط به استدلال من در این باره که تفاوت‌های بین اندازه‌ها موضوع اصلی انتخاب