

روان شناسی فیزیولوژیک

جلد اول

۷	درباره نویسنده.....
۱۱	سخن مترجم.....
۱۳	پیشگفتار.....
۱۷	تقدیر و تشکر.....

۲۳	فصل ۱ بنیادهای سلولی رفتار.....
۲۴	واحد یادگیری ۱-۱: رویکرد زیست‌شناختی به رفتار.....
۳۸	واحد یادگیری ۱-۲: نورون‌ها و سایر سلول‌ها.....
۵۲	واحد یادگیری ۱-۳: پتانسیل عمل.....

۶۹	فصل ۲ سیناپس‌ها.....
۷۰	واحد یادگیری ۲-۱: مفهوم سیناپس.....
۸۰	واحد یادگیری ۲-۲: رویدادهای شیمیایی در سیناپس.....

۱۰۳	فصل ۳ آناتومی و روش‌های تحقیق.....
۱۰۴	واحد یادگیری ۳-۱: ساختار دستگاه عصبی مهره‌داران.....
۱۲۲	واحد یادگیری ۳-۲: قشر مخ.....
۱۳۵	واحد یادگیری ۳-۳: روش‌های تحقیق.....

۱۴۹	فصل ۴ ژنتیک، نمو و شکل‌پذیری.....
۱۵۰	واحد یادگیری ۴-۱: ژنتیک و تکامل رفتار.....
۱۶۸	واحد یادگیری ۴-۲: نمو مغز.....
۱۹۳	واحد یادگیری ۴-۳: شکل‌پذیری پس از آسیب مغزی.....

۲۰۷	فصل ۵ بینایی.....
۲۰۸	واحد یادگیری ۵-۱: رمزگذاری بینایی.....
۲۲۶	واحد یادگیری ۵-۲: پردازش بینایی در مغز.....
۲۴۵	واحد یادگیری ۵-۳: پردازش‌های تخصصی بینایی.....

۲۵۹	فصل ۶ سایر دستگاه‌های حسی.....
۲۶۰	واحد یادگیری ۶-۱: شنوایی.....
۲۷۳	واحد یادگیری ۶-۲: حواس مکانیکی.....
۲۹۰	واحد یادگیری ۶-۳: حواس شیمیایی.....

فصل ۷ حرکت ۳۰۹

واحد یادگیری ۷-۱: کنترل حرکت ۳۱۰

واحد یادگیری ۷-۲: مکانیسم‌های مغزی حرکت ۳۱۹

واحد یادگیری ۷-۳: اختلالات حرکتی ۳۳۹

واژه‌نامه ۳۴۹

نمایه ۳۷۳

فصل ۱



اقدام برای «دستیابی به درون ذهن» انسان‌ها و حیوانات برای درک افکار یا احساسات آنها و سوسه‌انگیز است. در مقابل، روان‌شناسان زیستی تلاش می‌کنند تا رفتار را برحسب فیزیولوژی، رشد، تکامل و کارکرد آن تبیین کنند.

(منبع سی. دی. ال. وین، ۲۰۰۴)

بنیادهای سلولی رفتار

رئوس مطالب فصل

واحد یادگیری ۱-۱

رویکرد زیست‌شناختی به رفتار

توجیه‌های زیست‌شناختی رفتار

فرصت‌های شغلی

اخلاق عصب‌شناسی

در خاتمه: مغز شما و تجربه شما

واحد یادگیری ۱-۲

نورون‌ها و سایر سلول‌ها

نورون‌ها

گلیاها

سد خونی - مغزی

تغذیه در نورون‌های مهره‌داران
سایر سلول‌ها: فلور میکروبی دستگاه گوارش
در خاتمه: سلول‌ها

واحد یادگیری ۱-۳

پتانسیل عمل

پتانسیل استراحت نورون

پتانسیل عمل

گسترش پتانسیل عمل

غلاف میلین و رسانش جهشی

نورون‌های محلی

در خاتمه: نورون‌ها و پیام‌ها

اهداف یادگیری

پس از مطالعه این فصل انتظار می‌رود بتوانید:

۱. مسئله ذهن - مغز را بیان کرده و یگانه‌نگری و دوگانه‌نگری را با یکدیگر مقایسه کنید.
۲. سه نکته اصلی را که لازم است از این فصل به خاطر داشته باشید فهرست کنید.
۳. برای هر یک از توجیه‌های فیزیولوژیکی، تکوینی، تکاملی و کارکردی رفتار مثال‌هایی را ارائه کنید.
۴. در مورد مسائل اخلاقی در تحقیق با حیوانات آزمایشگاهی بحث کنید.
۵. نورون‌ها و گلیاها، که سلول‌های تشکیل‌دهنده دستگاه عصبی هستند توصیف کنید.
۶. آکسون‌ها و دندریت‌ها را با یکدیگر مقایسه کنید.
۷. به‌طور خلاصه بیان کنید که چگونه سد خونی - مغزی با

۸. محافظت و تغذیه نورون‌ها ارتباط دارد.
۹. اهمیت باکتری‌های روده‌ها را توصیف کنید.
۱۰. پتانسیل عمل را با انتقال الکتریکی مقایسه کنید.
۱۱. توضیح دهید که چه عواملی باعث پتانسیل استراحت نورون می‌شود.
۱۲. در این زمینه بحث کنید که چگونه حرکت یون‌های سدیم و پتاسیم پتانسیل عمل و مرحله بازگشت پس از آن را تولید می‌کند.
۱۳. قانون همه - یا - هیچ در پتانسیل عمل را بیان کنید.
۱۴. توضیح دهید که پتانسیل عمل چگونه در امتداد آکسون گسترش می‌یابد.
۱۵. اهمیت دوره تحریک‌ناپذیری، غلاف میلین و نورون‌های محلی را توصیف کنید.

اغلب گفته می‌شود که آدمی، در میان حیوانات، موجودی بی‌همتا است. بهتر است قبل از پرداختن به بحث اصلی، نگاهی به اصطلاح بی‌همتا داشته باشیم. این کلمه در این جمله، دارای دو معنی با کمی تفاوت است. یک معنی ممکن است این باشد که انسان به‌طور قابل توجهی، موجودی متفاوت است - یعنی او شبیه هیچ حیوان دیگری نیست. البته این معنای درستی است. همچنین این مسئله در مورد همه حیوانات دیگر درست است: تمام گونه‌ها و حتی یکایک افراد از این نقطه‌نظر منحصر به فرد و بی‌همتا هستند. اما این کلمه اغلب در یک مفهوم مطلق‌تر نیز به کار برده می‌شود: انسان آن‌قدر متفاوت است، آن‌قدر «تفاوت اساسی» (از هر جهت) دارد که هیچ چیزی نمی‌تواند شکاف میان او و حیوانات را پر کند - او در مجموع موجود جدیدی است. استفاده از این مفهوم، به صورت مطلق، از نظر علمی کاملاً بی‌معنا است. استفاده از واژه مذکور بیانگر و ترغیب‌کننده حس خودپسندی آدمی است و به خودخواهی و مغلوب کردن حیوانات منجر می‌شود، زیرا بر این فرض بنا شده است که حتی جستجوی ریشه‌های حیوانی آدمی کاری بیهوده است، این نوعی پیش‌داوری است.

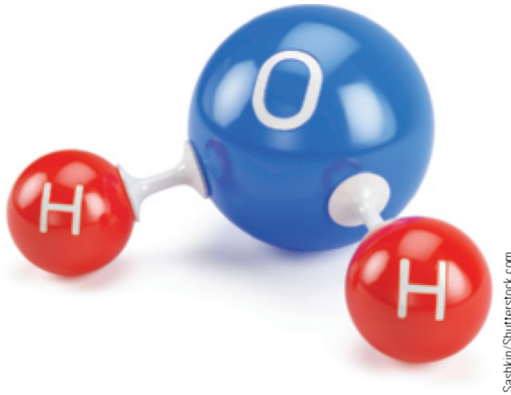
نیکو تینبرگن (۱۹۷۳، صفحه ۱۶۱)

واحد یادگیری ۱-۱

رویکرد زیست‌شناختی به رفتار

شکل ۱-۱ مولکول آب

به دلیل زاویه بین هیدروژن، اکسیژن و هیدروژن، یک سر مولکول آب مثبت‌تر و سر دیگر، منفی‌تر است. میزان دقیق اختلاف بار الکتریکی موجب می‌شود که مولکول‌های آب یکدیگر را جذب کنند- درست با قدرتی کافی برای اینکه مایع باشد.



Sashkin/Shutterstock.com

اهداف یادگیری

- ۱- پس از مطالعه این واحد انتظار می‌رود بتوانید:
۱- مسئله ذهن- مغز را بیان کرده و یگانه‌نگری و دوگانه‌نگری را با یکدیگر مقایسه کنید.
- ۲- سه نکته اصلی را که لازم است از این فصل به خاطر داشته باشید فهرست کنید.
- ۳- برای هر یک از توجه‌های فیزیولوژیکی، تکوینی، تکاملی و کارکردی رفتار مثال‌هایی را ارائه کنید.
- ۴- در مورد مسائل اخلاقی در تحقیق با حیوانات آزمایشگاهی بحث کنید.

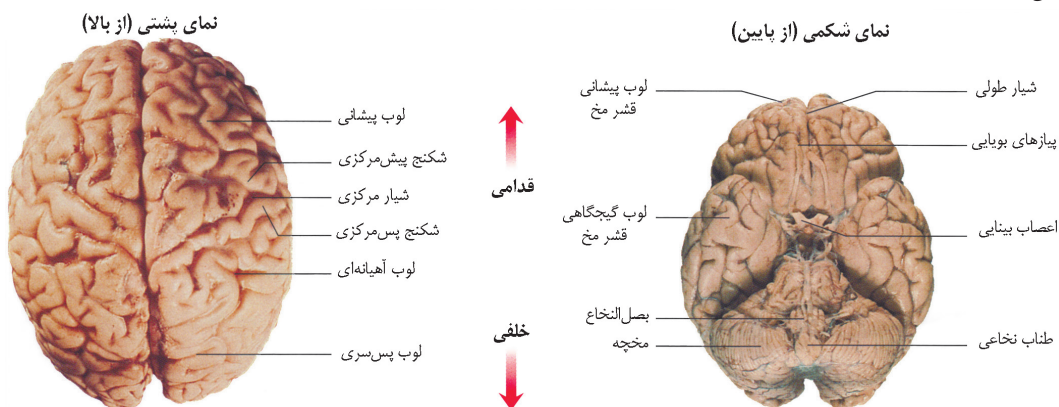
از بین همه سؤالاتی که مردم می‌پرسند، دو مورد از آنها از همه عمیق‌تر است. یکی از این سؤالات مربوط به فیزیک و دیگری مربوط به رابطه فیزیک و روان‌شناسی است. گاتفرید لاینیتز (۱۷۱۴) اولین سؤال را بدین گونه مطرح کرد که: «چرا به جای اینکه هیچ چیزی نباشد، یک چیزهایی هست؟». به نظر می‌رسد حالت پیش‌فرض یا اولیه، هیچ چیز نبودن باشد. واضح است که جهان- یا هر کس یا هر چیزی که جهان را آفریده است- باید خودآفریده باشد.

نمی‌توانست وجود داشته باشد. جهان ما، پروتون‌ها، نوترون‌ها و الکترون‌هایی با میزان خاصی از جرم و بار الکتریکی دارد. جهان، دارای چهار نیروی بنیادین است- گرانش، الکترومغناطیس، نیروی هسته‌ای قوی، و نیروی هسته‌ای ضعیف. آن ویژگی‌ها و ابعاد مقادیری دارند که قراردادی به نظر می‌رسند، اما اگر متفاوت‌تر بودند ستاره‌ها و سیاره‌ها نمی‌توانستند شکل بگیرند و حتی در صورت تشکیل، به اندازه‌ای دوام نمی‌آوردند تا زندگی تکامل یابد. ممکن بود زندگی در یک جهان نسبتاً متفاوت تحول یابد - و چه کسی می‌داند، شاید برخی جهان‌ها می‌توانستند حتی بهتر باشند (آدامز، ۲۰۱۹) - اما باز هم بسیاری از جنبه‌های جهان باید تقریباً به‌طور کامل همان گونه که هستند می‌بودند. یک مورد که باید به‌دقت حفظ می‌شد ساختار یک مولکول آب است. در مولکول

پس... چگونه این اتفاق رخ داد و کسی خودش را آفرید؟ علاوه بر این، حال که جهان وجود دارد، چرا به این شکل خاص است؟ چنان‌که استیون ویگدور (۲۰۱۸، ص. ۱) اشاره کرده: «جهان ما قابل سکونت است، اما لازم نبود این گونه باشد.» مهبانگ یا انفجار بزرگ که آغازگر جهان محسوب می‌شود شامل یک عدم تقارن بود؛ این وضعیت که همچنان فاقد توجیه است، باعث شکل‌گیری تعداد ماده بیشتری نسبت به ضد ماده شد. اگر ماده و ضد ماده برابر بودند، هیچ ستاره، سیاره یا چیز دیگری

شکل ۱-۲ دو نما از مغز انسان

مغز، بخش‌ها و مناطق فرعی بسیاری دارد؛ منطقه‌های مشخص‌شده روی شکل، تعداد کمی از مناطق اصلی سطح مغز را نشان می‌دهند.



بدون اینکه هشیار باشند، می‌توانند عملیات بسیار هوشمندانه‌ای را اجرا کنند، اما زمانی که ما چنین عملیاتی را اجرا می‌کنیم، با تجربه هشیار همراه است. چرا؟ **مسئله ذهن-مغز یا مسئله ذهن-بدن** پرسشی مربوط به چگونگی و چرایی هشیار بودن انواع خاصی از فعالیت مغزی است. این پرسش را به‌طور مفصل‌تر در فصول آتی بررسی خواهیم کرد.

رشته روان‌شناسی زیستی

از یک نظر، تمام روان‌شناسی، زیستی است. شما یک موجود زیستی هستید و هر کاری که انجام می‌دهید بخشی از زیست‌شناسی شما است. هرچند، بهتر است میان سطوح مختلف تبیین تمایز قائل شد. برخی از جنبه‌های روان‌شناسی به بهترین شکل برحسب اثرات فرهنگی، اجتماعی و شناختی توصیف می‌شوند، در حالی که سایر جنبه‌ها نیازمند ارجاع به ژنتیک، تکامل، هورمون‌ها، فیزیولوژی بدن و مکانیسم‌های مغزی هستند.

روانشناسی زیستی عبارت است از مطالعه مکانیسم‌های فیزیولوژیکی، تکاملی و تحولی رفتار و تجربه. این واژه تقریباً مترادف با واژه‌های زیست‌روان‌شناسی، روان‌زیست‌شناسی، روان‌شناسی فیزیولوژیک و علوم اعصاب رفتاری است. واژه روان‌شناسی زیستی بر این هدف تأکید می‌کند که زیست‌شناسی با موضوع‌های روان‌شناسی مرتبط شود. علوم اعصاب نه تنها به

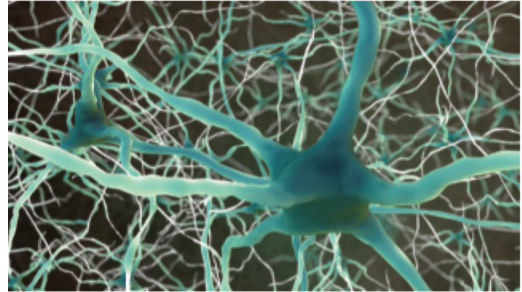
آب، دو یون هیدروژن یک زاویه $104/5^\circ$ را به وجود می‌آورد (شکل ۱-۱). در نتیجه، یک سر مولکول آب، بار الکتریکی اندکی مثبت و سر دیگر آن، بار الکتریکی اندکی منفی دارد. این اختلاف بار الکتریکی باعث می‌شود که مولکول‌های آب دقیقاً به میزان درست و به صورت الکتریکی یکدیگر را جذب کنند. اگر آنها یکدیگر را ذره‌ای کمتر جذب می‌کردند، همه آب‌ها گاز (بخار) می‌شدند. اما اگر مولکول‌های آب، یکدیگر را کمی با قدرت بیشتر جذب می‌کردند، آب همواره جامد (یخ) می‌شد.

چرا جهان برای تداوم زندگی مناسب است؟ شاید این تنها یک اتفاق باشد. (چه خوش‌شانسیم، نه؟) یا شاید یک عامل هوشمند، به طریقی شکل‌گیری جهان را هدایت کرده باشد. این فرضیه، به‌وضوح خارج از دسترس علوم تجربی است. یک احتمال دیگر این است که جهان‌های دیگری واقعاً وجود دارند، و ما فقط درباره جهانی اطلاع داریم که در آن می‌توانستیم تکامل یابیم. فیزیک‌دان‌ها دلایل نظری متقاعدکننده‌ای برای حمایت از وجود جهان‌های دیگر دارند، اما این ایده نیز از دسترس علوم تجربی خارج است.

در آغاز سخن، از دو سؤال عمیق یاد کردم. سؤال دوم این است با توجه به اینکه جهان از ماده و انرژی تشکیل شده است، چرا چیزی مثل هشیار وجود دارد؟ در جهان ما هشیار وجود دارد. اما نباید این‌گونه می‌بود. فرض بر این است که کامپیوترها

شکل ۳-۱ نورون‌ها با بزرگنمایی زیاد

مغز از سلول‌های اختصاصی تشکیل شده است که نورون و گلیا نامیده می‌شوند.



بیشتر موضوعات مرتبط با رفتار می‌پردازد، بلکه این شاخه جزئیات بیشتری در مورد آناتومی و شیمی دارد.

روان‌شناسی زیستی نه تنها یک رشته مطالعاتی است، بلکه یک دیدگاه محسوب می‌شود. این رویکرد معتقد است از آنجا که ما دارای مکانیسم‌های مغزی معینی هستیم، بدین ترتیب فکر و عمل می‌کنیم. و از آنجا که حیوانات قدیمی با این مکانیسم‌ها زنده مانده‌اند و تولیدمثل کرده‌اند، این مکانیسم‌های مغزی در ما تکامل یافته‌اند.

بیشتر موضوع‌های روان‌شناسی زیستی به فعالیت‌های مغز مربوط است. شکل ۲-۱ نمایشی از مغز انسان را از بالا (آنچه که علم آناتومی به آن نمای پشتی می‌گوید) و از پایین (نمای شکمی) نشان می‌دهد. نواحی‌ای که اسامی آنها مشخص شده‌اند، بخش‌هایی هستند که هر قدر شما در مطالعه این کتاب پیش بروید، با آنها آشنایی بیشتری پیدا خواهید کرد. با نگاهی به مغز می‌توان مناطق فرعی را به‌طور مجزا مشخص کرد. در سطح میکروسکوپی، ما دو نوع سلول را خواهیم یافت: نورون‌ها (شکل ۳-۱) و گلیاها. نورون‌ها، سلول‌هایی هستند که پیام‌های عصبی را به سایر نورون‌ها و ماهیچه‌ها و غدد انتقال می‌دهند. این نورون‌ها از نظر کارکردی، شکل و اندازه با هم تفاوت چشمگیری دارند. گلیاها معمولاً از نورون‌ها کوچک‌ترند و کارکردهای زیادی دارند، اما قادر نیستند اطلاعات را در فواصل بسیار طولانی انتقال دهند. فعالیت نورون‌ها و گلیاها «به نحوی» باعث تولید رفتارها و تجارب بسیاری می‌شود. این کتاب در مورد تلاش‌های پژوهشگران برای شرح دقیق واژه «به نحوی» است.

سه نکته از کتاب که باید به خاطر سپرد

این کتاب حجم زیادی از اطلاعات واقعی را ارائه می‌کند. فارغ از این که چه مقدار از جزئیات را به خاطر خواهید آورد یا فراموش خواهید کرد، توصیه می‌شود حداقل سه نکته اصلی را همواره به یادگار داشته باشید:

۱- ادراک در مغز شما اتفاق می‌افتد. هنگامی که چیزی به دست‌تان برخورد می‌کند، دست پیامی را به مغز ارسال می‌کند. شما آن را در مغزتان حس می‌کنید، نه در دست‌تان. حتی اگر دستی نداشته باشید، تحریک الکتریکی مغز می‌تواند همین تجربه را در دست فراهم آورد. دستی که ارتباطش با مغز قطع باشد، هیچ تجربه‌ای نخواهد داشت. به همین ترتیب، هنگامی که چیزی را می‌بینید، تجربه در سر شما قرار دارد، نه در «خارج از آن». شما از چشمان‌تان «پرتوهای بینایی» ساطع نمی‌کنید، و حتی اگر هم ساطع می‌کردید، فایده‌ای برای‌تان نداشت. فصل بینایی، این نکته را بیش‌تر باز می‌کند. علاوه بر این، آنچه ادراک می‌کنید آن چیزی نیست که واقعاً هست. رنگ‌ها چیزهایی هستند که پرتوهای نور باعث می‌شوند که مغز شما بسازد و صداها چیزهایی هستند که امواج هوا باعث می‌شوند مغز شما تولید کند. امواج نوری رنگ و امواج هوایی صدا نیستند.

۲- تا جایی که تاکنون می‌توانیم بگوییم، فعالیت ذهنی و انواع مشخصی از فعالیت مغز جدایی‌ناپذیر هستند. این جهت‌گیری به **یگانه‌نگری** معروف است. یگانه‌نگری یعنی جهان فقط از یک موجودیت تشکیل شده است (نقطه مقابل این جهت‌گیری **دوگانه‌نگری** است. دوگانه‌نگری یعنی ذهن یک جوهره خاص و ماده از جوهره‌ای دیگر است). تقریباً همه دانشمندان علوم اعصاب و فیلسوفان از یکی از انواع یگانه‌نگری حمایت می‌کنند.

سازگار شدن با مفهوم یگانه‌نگری ساده نیست. انسان‌ها گاهی اوقات می‌پرسند که آیا فعالیت مغزی باعث افکار می‌شود یا اینکه افکار فعالیت مغز را هدایت می‌کنند (به‌عنوان مثال، میلر، ۲۰۱۰). طبق دیدگاه یگانه‌نگری این سؤال مثل پرسیدن این است که آیا دما حرکت مولکول‌ها را کنترل می‌کند یا اینکه حرکت مولکول‌ها باعث دما می‌شود. هیچ کدام باعث دیگری نمی‌شود. آنها صرفاً شیوه‌های متفاوت



پژوهشگران به بحث در مورد اینکه خمیازه کشیدن به چه کار می‌آید، ادامه می‌دهند. مکانیسم‌های مغزی رفتارهای زیادی را تولید می‌کنند که لزوماً علت‌شان را نمی‌دانیم.

این نوع توجیه با فعالیت ماشینی بدن سروکار دارد. به‌عنوان مثال، واکنش‌های شیمیایی را در نظر بگیرید که هورمون‌ها را قادر می‌سازند بر فعالیت مغز و همچنین بر مسیرهایی اثر بگذارند که از طریق آنها فعالیت مغز، انقباضات عضلانی را کنترل می‌کند.

واژه *آنتونوتیک* ریشه یونانی دارد و به معنای منشأ (تکوین) هستی است. **توجیه تکوینی** به توصیف نحوه پیدایش چیزی‌ها می‌پردازد. به‌عنوان مثال، چنانچه بخواهیم توضیح دهیم که چرا موجودات نر و ماده به‌طور میانگین از برخی جهات با یکدیگر متفاوت هستند، ممکن است رفتار را در سنین مختلف بررسی کنیم و آن را با تغییرات در دستگاه عصبی مرتبط کنیم.

توجیه تکاملی به بازسازی سابقه تکاملی یک ساختار یا رفتار می‌پردازد. خصوصیات بارز یک حیوان تقریباً همیشه شکل اصلاح‌شده خصوصیتی است که در نیاکان آن گونه یافت می‌شود. به‌عنوان مثال، بال‌های خفاش شکل اصلاح‌شده بازوها است، و تیغ‌های جوجه‌تینی شکل اصلاح‌شده موها هستند. در زمینه رفتاری، میمون‌ها گهگاه از ابزارها استفاده می‌کنند، و در انسان‌ها تغییرات ظریفی در این توانایی‌ها پدید آمده‌اند که ما را

توصیف یک چیز هستند.

۳- انسان‌ها به شیوه‌های بی‌شماری با یکدیگر تفاوت دارند و بسیاری از تفاوت‌ها را می‌توان به اختلاف‌ها در مغز نسبت داد. چشمان خود را ببندید و برج ایفل را تصور کنید. آیا فرض می‌کنید که سایر انسان‌ها در هنگام تصور کردن آن در «چشم ذهن‌شان»، تجربه تقریباً مشابهی دارند؟ خیر. تجربه برخی از افراد تقریباً با وضوح و جزئیات و همانند زمانی است که واقعاً آن را مشاهده می‌کنند و بعضی دیگر اصلاً هیچ تجربه بصری ندارند. انسان‌ها در کیفیت تشخیص چهره‌ها با یکدیگر تفاوت دارند. آنها در حساسیت به مزه‌ها، بوها و درد متفاوت هستند. آنها در توانایی درک صداها در یک محیط شلوغ و توانایی‌شان برای یادآوری تجارب شخصی با یکدیگر فرق دارند. نیاز آنها به میزان خواب شبانه یکسان نیست. این فهرست ادامه دارد و تفاوت‌های رفتاری در تفاوت‌های مغزی ریشه دارند.

توجیه‌های زیست‌شناختی رفتار

توجیه‌های مبتنی بر عقل سلیم از رفتار، اغلب به اهداف عمدی نظیر «او این کار را انجام داد، چون سعی می‌کرد که ...» یا «او این کار را انجام داد، چون می‌خواست که ...» اشاره دارند. اما اغلب، ما هیچ استدلالی برای عاقلانه دانستن این رفتارها نداریم. یک پرندۀ چهارماهه که برای اولین بار به جنوب مهاجرت می‌کند، قاعدتاً نمی‌داند که چرا این کار را انجام می‌دهد. در بهار بعد، او تخم‌گذاری می‌کند، روی آن می‌نشیند و از تخم خود در برابر شکارچیان محافظت می‌کند و نمی‌داند که چرا این رفتارها را انجام می‌دهد. حتی انسان همیشه نمی‌داند که به چه دلیل برخی رفتارها از او سر می‌زند، مثل خمیازه کشیدن و خندیدن؛ شما می‌خندید و خمیازه می‌کشید اما آیا می‌توانید بگویید که این رفتارها چه حاصلی دارند؟ حتی هنگامی که قصد کاملاً روشن باشد - مثلاً شما ساندویچ می‌خرید زیرا می‌خواهید آن را بخورید - این قصد چیزی را تبیین نمی‌کند. با این همه، چیز دیگری باعث این قصد شده است.

برخلاف توجیه‌های عقل سلیم، توجیه‌های زیست‌شناختی رفتار به چهار طبقه تقسیم می‌شوند: فیزیولوژیکی، تکوینی یا آنتونوتیک، تکاملی و کارکردی (تینبرگن، ۱۹۵۱). **توجیه فیزیولوژیکی**، رفتار را به فعالیت مغز و سایر اندام‌ها مرتبط می‌کند.

شکل ۴-۱ ازدهای دریایی نوعی ماهی استرالیایی از گونه اسب دریایی است که در میان گیاهان جلبکی زندگی می‌کند و شبیه جلبک‌ها است و معمولاً مانند جلبک بدون هدف و به آرامی حرکت می‌کند.

توجیه کارکردی این موضوع، آن است که شکارچیان احتمالی به ماهی‌هایی که شبیه گیاهان غیرخوردنی هستند، توجه نمی‌کنند. توجیه تکاملی این است که اصلاحات ژنتیکی در این ماهی‌ها موجب گسترش یافتن زائده‌های کوچک‌تری شده است که در نیاکان این ماهی‌ها وجود داشته‌اند.



قمری‌ها و کبوترها، برخلاف سایر پرندگان، قادرند در حالی که سرشان پایین است آب بنوشند، اما سایر پرندگان، اول دهان‌شان را پر از آب می‌کنند و بعد سرشان را بالا آورده و بعد آب را می‌بلعند. توجیه فیزیولوژیکی برای این رفتار، اعصاب و عضلات حلق این پرندگان را توصیف می‌کند. توجیه تکاملی برای این رفتار، آن است که همه انواع کبوترها و قمری‌ها، ظرفیت این نوع رفتار را دارند، چون ژن‌های این رفتار را از اجداد مشترک خود به ارث برده‌اند.

قادر می‌سازند حتی بهتر از میمون‌ها از ابزار استفاده کنیم (پیترز و همکاران، ۲۰۰۹). توجیهات تکاملی توجه ما را به شباهت‌های رفتاری میان گونه‌های وابسته به هم جلب می‌کند.

توجیه کارکردی بیانگر آن است که چرا یک ساختار یا رفتار، به این صورت تکامل یافته است. در میان یک جمعیت کوچک و منزوی، یک ژن می‌تواند به صورت تصادفی از طریق فرآیند تنوع ژنتیکی گسترش یابد. به عنوان مثال، یک مذکر غالب با تولید فرزندان زیاد، همه ژن‌های خود اعم از ژن‌های بی‌ربط یا حتی ژن‌های مضر را پخش می‌کند. با وجود این، ژنی که در میان یک گونه به‌طور رایج وجود دارد، احتمالاً حداقل در گذشته، مزایایی ایجاد کرده است، اگرچه ممکن است برای محیط امروزی وجود آن ضروری نباشد. یک توجیه کارکردی آن مزایا را مشخص می‌کند. به عنوان مثال، بسیاری از گونه‌ها دارای ظاهری هماهنگ با محیط خود هستند (شکل ۴-۱). توجیه کارکردی این مسئله آن است که استتار باعث می‌شود که حیوان بتواند خود را از دید شکارچیان پنهان سازد و جلب توجه نکند. برخی از گونه‌ها از رفتارشان جهت استتار استفاده می‌کنند، مثل ماهی‌ها که در میان جلبک‌ها زندگی می‌کنند، مانند جلبک‌ها به نظر می‌رسند و همچون جلبک‌ها رفتار می‌کنند.

مثال آوازخوانی پرندگان

ناحیه خاصی از مغز در پرندگان آوازخوان تحت تأثیر تستوسترون رشد می‌کند. لذا این ناحیه در پرندگان نر دارای توانایی تولیدمثل، نسبت به پرندگان نابالغ و پرندگان ماده بزرگ‌تر است. این ناحیه مغزی، پرندۀ نر بالغ را قادر می‌سازد که آواز بخواند.

در بسیاری از گونه‌ها، پرندۀ نر جوان از طریق گوش دادن به آواز پرندگان نر بزرگسال، آواز خواندن را یاد می‌گیرد. تحول این آواز، نیاز به مجموعه معینی از ژن‌ها و فرصت شنیدن آوازهای مناسب در طول دورۀ حساس در اوایل زندگی پرندۀ نر دارد.

آواز جفت‌های خاصی از گونه‌های مختلف، شباهت زیادی به یکدیگر دارد. به عنوان مثال، دو گونه از پرندگان ساحلی - آبچلیک‌های بیرد و تیلیه‌های شکم‌سیاه، برخلاف سایر پرندگان ساحلی در پالس‌های مجزا آواز می‌خوانند. این شباهت نشان می‌دهد که هر دو گونه دارای اجداد مشترکی بوده‌اند.

در اکثر گونه‌های پرندگان، تنها، جنس نر آواز می‌خواند و پرندۀ نر هم تنها در فصل تولیدمثل و فقط در قلمروی خودش آواز می‌خواند. کارکردهای آواز عبارت‌اند از: جلب توجه پرندگان ماده و اخطار برای دور شدن سایر پرندگان نر.

نوع توجیه

فیزیولوژیکی

تکوینی

تکاملی

کارکردی