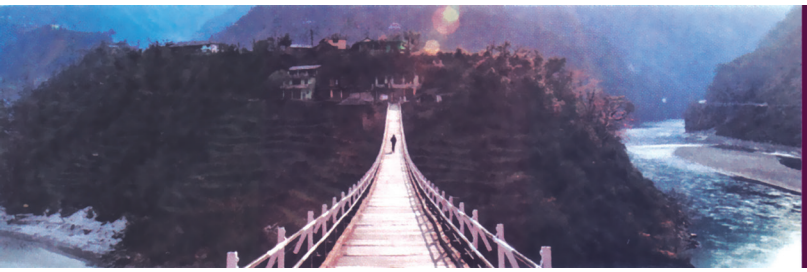
روان‌شناسی شناختی
و کاربردهای آن

ویرایش نهم

جلد دوم



فهرست اجمالی

جلد ۱

دربارهٔ نویسنده

قدردانی

مقدمه‌ای بر ترجمه

پیش‌گفتار

فصل ۱ علم شناختی

فصل ۲ ادراک

فصل ۳ توجه و عملکرد

فصل ۴ تصویرسازی ذهنی

فصل ۵ بازنمایی دانش

فصل ۶ حافظهٔ انسان: رمزگردانی و ذخیره‌سازی

فصل ۷ حافظهٔ انسان: نگهداری و بازیابی

جلد ۲

فصل ۸ حل مسئله

فصل ۹ خبرگی

فصل ۱۰ استدلال

فصل ۱۱ تصمیم‌گیری

فصل ۱۲ ساختار زبان

فصل ۱۳ درک زبان

فصل ۱۴ تفاوت‌های فردی در شناخت

واژه‌نامه

منابع

فهرست

جلد ۱

دربارهٔ نویسنده xi
قدردانی xi
مقدمه‌ای بر ترجمه xiii
پیش‌گفتار xvii

فصل ۱ علم شناختی ۱

انگیزه‌های مطالعهٔ روان‌شناسی شناختی ۱
کنجکاوی ذهنی ۱
کاربرد در سایر گرایش‌ها ۳
برنامه‌های کاربردی ۳

تاریخچهٔ روان‌شناسی شناختی ۵
تاریخچهٔ دور روان‌شناسی شناختی ۵
روان‌شناسی در آلمان: تمرکز بر مشاهدات درون‌نگری ۵
روان‌شناسی در آمریکا: تمرکز بر رفتار ۶
انقلاب شناختی: هوش مصنوعی، نظریهٔ اطلاعات و زبان‌شناسی ۸
تجزیه و تحلیل پردازش اطلاعات ۱۰
علوم اعصاب شناختی ۱۲

پردازش اطلاعات: یاخته‌های عصبی به‌هم‌پیوسته ۱۳
یاختهٔ عصبی ۱۳
بازنمایی عصبی اطلاعات ۱۵

سازمان مغز ۱۷
منطقه‌بندی کارکردی مغز ۲۰
مکان‌نگاری یا توپوگرافی مغز ۲۲

روش‌های متداول در علوم اعصاب شناختی ۲۳
تکنیک‌های تصویربرداری عصبی ۲۳
استفاده از fMRI در پژوهش‌های حل معادلات ریاضی ۲۸

آیا یک انقلاب در علوم اعصاب شناختی رخ داده است؟ ۳۱

فصل ۲ ادراک ۳۵

ادراک دیداری در مغز ۳۵
پردازش اولیهٔ اطلاعات دیداری ۳۷
رمزگردانی اطلاعات توسط نورون‌ها در سیستم دیداری ۴۰
ادراک عمق و سطح ۴۲
قطعه‌بندی شیء ۴۴

بازشناسی الگوی دیداری ۴۶
مدل همتاسازی با الگو ۴۶
تحلیل ویژگی ۴۸
بازشناسی اجسام از طریق شبکه‌های پیچشی عمیق ۵۱
بازشناسی چهره ۵۳

بازشناسی گفتار ۵۴
تحلیل ویژگی گفتار ۵۶

ادراک طبقه‌ای ۵۸

زمینه در بازشناسی الگو ۶۰
مدل FLMP ماساورو برای ترکیب اطلاعات زمینه و ویژگی ۶۲
مثال‌های دیگری از زمینه و بازشناسی ۶۴

نتیجه‌گیری ۶۶

فصل ۳ توجه و عملکرد ۶۹

گلوگاه‌های پیاپی ۶۹

توجه شنیداری ۷۱
نظریهٔ صافی ۷۲
نظریهٔ تضعیف و نظریهٔ انتخاب دیرهنگام ۷۳

توجه دیداری ۷۵
زیربنای عصبی توجه دیداری ۷۸
نابینایی ناشی از بی‌توجهی ۷۹
جستجوی دیداری ۸۱
مسئلهٔ ترکیب کردن ۸۳
غفلت در میدان دید ۸۵
توجه مبتنی بر شیء ۸۷

توجه مرکزی: انتخاب مسیرهای فکری برای پیگیری ۹۰
خودکارسازی: چیرگی از طریق تمرین ۹۳
اثر استروپ ۹۵
مکان‌های مرتبط با کنترل اجرایی در قشر پیش‌پیشانی ۹۸

نتیجه‌گیری ۱۰۰

فصل ۴ تصویرسازی ذهنی ۱۰۳

تصویرسازی کلامی در مقابل تصویرسازی

دیداری ۱۰۴
تصویرسازی دیداری ۱۰۷
چرخش ذهنی ۱۰۷
پویش (اسکن) تصویر ۱۰۹
مقایسهٔ ذهنی اندازه‌ها ۱۱۱
آیا تصاویر ذهنی مانند ادراک دیداری هستند؟ ۱۱۲
تصویر ذهنی دیداری و مناطق مغزی ۱۱۳
تصویرسازی دارای مؤلفه‌های دیداری و فضایی است ۱۱۵
تفاوت‌های فردی در تصویرسازی دیداری ۱۱۷
نقشه‌های شناختی ۱۱۸
بازنمایی‌های خودمدار و جمع‌مدار از فضا ۱۲۲
تحریفات نقشه ۱۲۴
نتیجه‌گیری: ادراک دیداری و تصویرسازی دیداری ۱۲۶

فصل ۵ بازنمایی دانش ۱۲۹
دانش و مناطق مغزی ۱۳۰
حافظهٔ مربوط به تفسیرهای معنادار از رویدادها ۱۳۰
حافظهٔ اطلاعات کلامی ۱۳۱
حافظهٔ اطلاعات دیداری ۱۳۲
اهمیت تفسیر معنادار برای حافظه ۱۳۴
بازنمایی‌های گزاره‌ای ۱۳۹
ادراک آمودال (فاقد ماهیت) در مقابل ادراک نشانه‌ای ۱۴۲
تجسم شناخت ۱۴۴
دانش مفهومی ۱۴۷
شبکه‌های معنایی ۱۴۸
طرحواره‌ها ۱۵۰
نظریه‌های نمونهٔ اولیه در برابر نظریه‌های نمونه ۱۵۷
ساختارهای مبتنی بر قانون و مبتنی بر نظریهٔ طبقات ۱۵۸
طبقات طبیعی و بازنمایی‌های آنها در مغز ۱۶۰
نتیجه‌گیری ۱۶۲

فصل ۶ حافظهٔ انسان: رمزگردانی و ذخیره‌سازی ۱۶۵
حافظه و مغز ۱۶۶
حافظهٔ حسی ۱۶۶
حافظهٔ حسی دیداری ۱۶۷
حافظهٔ حسی شنیداری ۱۶۸
حافظهٔ کوتاه‌مدت و حافظهٔ کاری ۱۶۹
نظریهٔ حافظهٔ کوتاه‌مدت ۱۶۹
نظریهٔ حافظهٔ کاری بدلی ۱۷۱
قشر پیشانی و حافظهٔ کاری نخستی‌سانان ۱۷۴
فعال‌سازی و حافظهٔ بلندمدت ۱۷۶
محاسبات فعال‌شدن ۱۷۷
انتشار فعال‌شدگی ۱۷۹
تمرین و توان حافظه ۱۸۱
قانون توان یادگیری ۱۸۲
همبسته‌های عصبی قانون توان ۱۸۳
عوامل تأثیرگذار بر حافظه ۱۸۶
اثرات فاصله‌گذاری ۱۸۶
پردازش تفصیلی ۱۸۸
تکنیک‌هایی برای مطالعهٔ اطلاعات متنی ۱۸۹
یادگیری ضمنی در برابر یادگیری هدفمند ۱۹۲
حافظهٔ برقی ۱۹۳
نتیجه‌گیری ۱۹۶

فصل ۷ حافظهٔ انسان: نگهداری و بازیابی ۱۹۹
آیا خاطرات واقعاً فراموش می‌شوند؟ ۱۹۹
تابع نگهداری ۲۰۱
چگونگی تأثیر تداخل بر حافظه ۲۰۴
اثر پرطرفداری: شبکه‌های تداعی ۲۰۵
اثر تداخل حافظه‌های از پیش موجود ۲۰۸
آیا تداخل و واپاشی اطلاعات هر دو در فراموشی اثرگذار هستند؟ ۲۰۸
تبیین اثر بازدارندگی در فراموشی؟ ۲۰۹
ارتباط برخلاف تداخل، بازیابی را محافظت می‌کند ۲۱۲
بازیابی و استنباط ۲۱۳
بازیابی قابل قبول ۲۱۵
تعامل بین بسط و بازسازی استنباطی ۲۱۷
شهادت شهود عینی و بحث حافظهٔ نادرست ۲۱۸
حافظه‌های نادرست و مغز ۲۲۲
ساختار تداعی‌ها و بازیابی ۲۲۴
تأثیر زمینه در هنگام رمزگردانی ۲۲۴
اصل ویژگی رمزگردانی ۲۲۷
تشکیلات هیپوکامپ و یادزدودگی ۲۲۸
حافظهٔ ضمنی در برابر حافظهٔ صریح ۲۳۰
حافظهٔ ضمنی در برابر حافظهٔ صریح در آزمودنی‌های عادی ۲۳۲
حافظهٔ رویه‌ای ۲۳۴
نتیجه‌گیری: انواع زیاد حافظه در مغز ۲۳۶
نمایه ..... I-i

جلد ۲

فصل ۸ حل مسئله ۲۳۹

ماهیت حل مسئله ۲۴۰

یک دیدگاه تطبیقی دربارهٔ حل مسئله ۲۴۰

فرایند حل مسئله: فضای مسئله و جستجو ۲۴۱

گرداننده‌های حل مسئله ۲۴۳

فراگیری گرداننده‌ها ۲۴۴

قیاس و تقلید ۲۴۸

قیاس و تقلید از دیدگاه تحولی و مغزی ۲۵۰

انتخاب گرداننده ۲۵۲

کاهش تفاوت ۲۵۳

تحلیل میان‌راه–پایان ۲۵۵

مسئلهٔ برج هانوی ۲۵۷

ساختارهای هدف و قشر پیش‌پیشانی ۲۵۹

تسلیم شدن در برابر حل مسئله ۲۶۱

بازنمایی مسئله ۲۶۲

اهمیت بازنمایی صحیح ۲۶۲

تثبیت کارکردی ۲۶۴

اثرات استقرار ۲۶۸

اثرات دورهٔ نهفتگی ۲۷۱

بینش ۲۷۳

نتیجه‌گیری ۲۷۵

فصل ۹ خبرگی ۲۷۹

کسب مهارت و فعالیت مغز ۲۸۰

خصوصیات کلی مهارت‌آموزی ۲۸۰

سه مرحلهٔ مهارت‌آموزی ۲۸۱

قانون توان یادگیری ۲۸۲

ماهیت خبرگی ۲۸۵

رویه‌مندسازی ۲۸۵

یادگیری ترفندی ۲۸۷

یادگیری راهبردی ۲۸۸

ادراک مسئله ۲۹۱

یادگیری الگو و حافظه ۲۹۳

حافظهٔ بلندمدت و خبرگی ۲۹۶

نقش تمرین با برنامه ۲۹۸

استعداد در مقابل تمرین با برنامه ۳۰۰

انتقال مهارت ۳۰۱

نظریهٔ عناصر یکسان ۳۰۴

کاربردهای آموزشی ۳۰۵

نتیجه‌گیری ۳۰۷

فصل ۱۰ استدلال ۳۰۹

استدلال و مغز ۳۱۰

استنتاج از قیاس‌های شرطی ۳۱۱

دو قاعده در استنتاج معتبر ۳۱۲

دو قاعده در استنتاج نامعتبر ۳۱۳

استنتاج علّی ۳۱۴

تکلیف انتخاب ویسون ۳۱۸

تفسیر مجاز بودن از قیاس شرطی ۳۱۹

تفسیر احتمالی از قیاس شرطی ۳۲۰

جمع‌بندی در مورد حرف ربط *اگر* ۳۲۲

استدلال در مورد کمیت‌سنج‌ها ۳۲۳

قیاس اقترانی ۳۲۳

فرضیهٔ اتمسفر ۳۲۴

محدودیت‌های فرضیهٔ اتمسفر ۳۲۶

تبیین فرآیند ۳۲۷

استدلال استقرایی و آزمون فرضیه ۳۲۹

تشکیل فرضیه ۳۳۰

آزمایش فرضیه ۳۳۱

کشف علمی ۳۳۴

نظریه‌های فرایند دوگانه ۳۳۶

نتیجه‌گیری ۳۳۷

فصل ۱۱ تصمیم‌گیری ۳۳۹

مغز و تصمیم‌گیری ۳۳۹

قضاوت احتمالی ۳۴۱

قضیهٔ بیز ۳۴۱

نادیده گرفتن نرخ پایه ۳۴۳

محافظه‌کاری ۳۴۵

انطباق تجربه با قضیهٔ بیز ۳۴۶

قضاوت‌های احتمال ۳۴۸

ماهیت انطباقی بازشناسی ابتکاری ۳۵۰

تصمیم‌گیری در شرایط عدم قطعیت ۳۵۳

اثرات چارچوب‌بندی ۳۵۵

انتخاب از بین تعداد زیادی گزینه ۳۶۱

جایگاه عصبی سودمندی ذهنی و احتمالات ۳۶۲

نتیجه‌گیری ۳۶۶

فصل ۱۲ ساختار زبان ۳۶۹
زبان و مغز ۳۶۹
رشتهٔ زبان‌شناسی ۳۷۱
زایایی و قاعده‌مندی ۳۷۱
شهود زبانی ۳۷۳
صلاحیت در مقابل عملکرد ۳۷۴
صورت‌بندی نحوی ۳۷۵
ساختار عبارت ۳۷۵
ساختار مکث در گفتار ۳۷۶
خطاهای گفتاری ۳۷۷
گشتارها ۳۷۹
آیا زبان انسان خاص است؟ ۳۸۱
پیوند قراردادی بین نشانه و معانی ۳۸۱
جابه‌جایی در زمان و مکان ۳۸۱
گسستگی و زایایی ۳۸۲
آیا نخستی‌سانان می‌توانند از زبان انسان استفاده کنند؟ ۳۸۲
رابطهٔ بین زبان و تفکر ۳۸۴
نظر رفتارگرایی ۳۸۵
جبرگرایی زبانی ۳۸۶
آیا زبان به تفکر وابسته است؟ ۳۸۹
پودمانی بودن زبان ۳۹۱
فراگیری زبان ۳۹۲
قواعد زبان و بحث در مورد زمان گذشته ۳۹۵
کیفیت ورودی ۳۹۷
آیا یک دورهٔ حساس برای فراگیری زبان وجود دارد؟ ۳۹۸
جهان‌شمول بودن زبان ۴۰۳
محدودیت در گشتارها ۴۰۴
تنظیم پارامتر ۴۰۵
نتیجه‌گیری: منحصربه‌فرد بودن زبان: خلاصه .. ۴۰۶

فصل ۱۳ درک زبان ۴۰۹
مغز و درک زبان ۴۱۱
تجزیه‌وتحلیل نحوی ۴۱۱
ساختار سازه ۴۱۱
بی‌واسطه بودن تفسیر ۴۱۴
پردازش ساختار نحوی ۴۱۶
ملاحظات معنایی ۴۱۸
ادغام نحو و معناشناسی ۴۱۹
شاخص‌های عصبی پردازش نحوی و معنایی ۴۲۰
ابهام ۴۲۱
شاخص‌های عصبی پردازش ابهام گذرا ۴۲۳
ابهام واژگانی ۴۲۵
پودمانی بودن در مقایسه با پردازش تعاملی ۴۲۶
کاربرد ۴۲۸
استنباط‌های پل زدن و استنباط‌های تفصیلی ۴۲۸
استنباط مرجع ۴۳۰
مرجع وابسته به ضمیر ۴۳۱
منفی‌ها ۴۳۳
پردازش متن‌های گسترده: سطوح بازنمایی و الگوهای موقعیت ۴۳۵
ابعاد اطلاعات در الگوهای موقعیت ۴۳۶
نتیجه‌گیری ۴۳۹

فصل ۱۴ تفاوت‌های فردی در شناخت ۴۴۱
تحول شناختی ۴۴۱
مراحل تحول از نظر پیاژه ۴۴۳
نگه‌داری ذهنی ۴۴۴
چه چیزی تحول می‌یابد؟ ۴۴۷
مباحثهٔ تجربه‌گرایی در برابر طبیعت‌گرایی ۴۴۹
ظرفیت ذهنی افزایش‌یافته ۴۵۱
تجمیع دانش ۴۵۴
شناخت و سالمندی ۴۵۶
مطالعات روان‌سنجی شناخت ۴۶۰
آزمون‌های هوش ۴۶۰
تحلیل عاملی ۴۶۴
ابعاد مختلف هوش ۴۶۶
توانایی کلامی ۴۶۶
توانایی فضایی ۴۶۷
همبسته‌های شناختی و عصبی هوش ۴۶۹

نتیجه‌گیری ۴۷۱

واژه‌نامهٔ فارسی به انگلیسی ۴۷۳
واژه‌نامهٔ انگلیسی به فارسی ۴۷۷
منابع ۴۸۱
نمایه ..... I-i

۸

حل مسئله

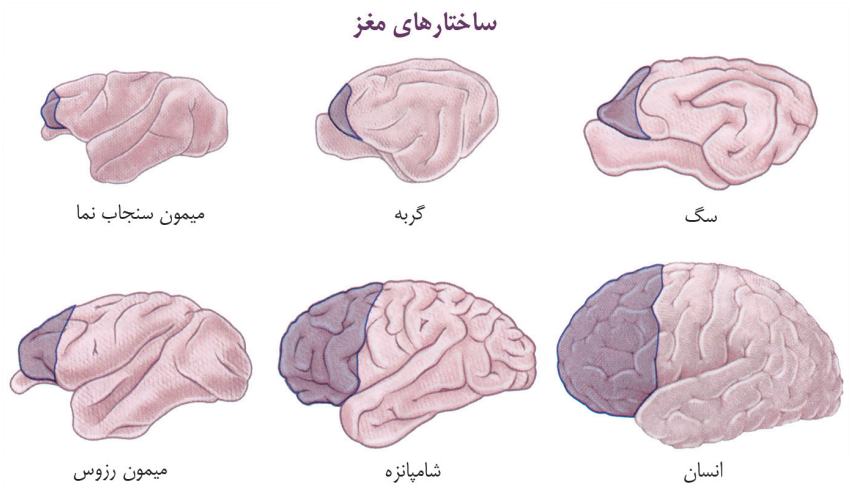
توانایی بشر در حل مسائل جدید فراتر از سایر گونه‌ها است. این توانایی از تکامل پیشرفتهٔ قشر پیش‌پیشانی مغز ما ناشی می‌شود. همان‌طور که در فصل ۱ گفته شد، قشر پیش‌پیشانی نقش بسیار حیاتی در تعدادی از کارکردهای شناختی سطح بالاتر ازجمله زبان، تصویرسازی و حافظه ایفا می‌کند. به‌طورکلی گفته می‌شود که عملکرد قشر پیش‌پیشانی فراتر از چند کارکرد خاص ذکرشده است و در سازمان‌دهی کلی رفتار نیز نقش اساسی دارد. نواحی قشر پیش‌پیشانی که در فصل‌های پیشین توضیح داده شد متمایل به شکمی[1] (به سمت پایین) و خلفی[2] (به سمت عقب) هستند و بسیاری از این نواحی در نیمکرهٔ چپ مغز جانبی شده‌اند. در مقایسه، نواحی پشتی[3] (به سمت بالا) و قدامی[4] (به سمت جلو) و ساختارهای دوطرفهٔ پیش‌پیشانی بیشتر در سازمان‌دهی رفتار نقش دارند.

گوئل و گرفمن (۲۰۰۰) بیماری به نام پی اف را که مبتلا به آسیب قشر پیش‌پیشانی قدامی در نتیجهٔ سکتهٔ مغزی بود توصیف کردند. پی اف مانند بسیاری از بیماران دچار آسیب قشر پیش‌پیشانی به‌ظاهر از نظر هوشی عادی و حتی باهوش به نظر می‌رسید، حتی در آزمون هوش نمرهٔ بالایی کسب کرده بود. باوجود تمام این بهنجاری‌های ظاهری، پی اف نقایص هوشی عمیقی داشت. او قبل از سکتهٔ مغزی معمار موفقی بود اما به دلیل از دست دادن توانایی‌اش در طراحی به طور اجباری بازنشست شد. پس از سکته، او فقط به عنوان یک منشی ساده توانست کار پیدا کند. گوئل و گرفمن به‌عنوان بخشی از مطالعهٔ خود به پی اف مسئله‌ای را ارائه کردند که شامل طراحی مجدد فضای آزمایشگاهشان می‌شد. او قادر بود دربارهٔ مسئله به طور منسجمی صحبت کند، اما نمی‌توانست هیچ‌گونه پیشرفت واقعی در راه‌حل داشته باشد. در مقایسه با پی اف، یک معمار مجرب بدون آسیب مغزی توانست در چند ساعت به راه‌حل مناسبی دست یابد. به نظر می‌رسد که سکتهٔ مغزی فقط توانایی‌های عقلی بسیار توسعه‌یافتهٔ پی اف را متأثر کرده بود.

در این فصل و فصل ۹ به آنچه دربارهٔ ماهیت و مبنای عصبی حل مسئله در انسان می‌دانیم نگاهی خواهیم کرد. در این فصل، به سؤالات زیر پاسخ خواهیم داد:

- توصیف حل مسئله در انسان به عنوان یافتن فضای مسئله[5] چه معنایی دارد؟
- چگونه انسان‌ها برای یافتن فضای مسئله روش‌ها یا به اصطلاح، *گرداننده‌ها*[6] را یاد می‌گیرند؟
- چگونه انسان‌ها برای یافتن فضای مسئله از میان گرداننده‌های متفاوت دست به انتخاب می‌زنند؟
- تجربه گذشته چگونه می‌تواند قابلیت دسترسی به گرداننده‌های متفاوت و موفقیت در تلاش‌های

1. ventral
2. posterior
3. dorsal
4. anterior
5. problem space
6. operators



شکل ۸.۱ قشر پیش‌پیشانی در شش پستاندار. نواحی سایه‌دار نسبت قشر پیش‌پیشانی در هر مغز را نشان می‌دهد. (مغزها براساس اندازه ترسیم نشده‌اند؛ به ویژه اینکه مغز انسان بسیار بزرگ‌تر از آن است که در اینجا در مقایسه با سایر مغزها به نظر می‌رسد. اما اندازهٔ نسبی قشر پیش‌پیشانی در هر مغز به طور صحیح بازنمایی شده است).

حل مسئله را تحت تأثیر قرار دهد؟

ماهیت حل مسئله

ما بررسی خود دربارهٔ حل مسئله را با نگاهی به برخی تفاوت‌های ساختاری مغز بین انسان و سایر پستانداران با تمرکز روی شامپانزه‌ها و با استفاده از نمونه‌ای از حل مسئله توسط یک شامپانزه برای تعریف ویژگی‌های اساسی حل مسئله آغاز می‌کنیم. سپس نشان می‌دهیم که چگونه فرایند حل مسئله را می‌توان با پیدا کردن فضای مسئله (فضایی که شامل وضعیت‌های مختلف مسئله است) از وضعیت شروع و از طریق برخی میانجی‌ها به وضعیت هدف (راه‌حل)، با استفاده از گرداننده‌ها از یک وضعیت به وضعیت دیگر رساند.

یک دیدگاه تطبیقی دربارهٔ حل مسئله

انسان‌ها مغز بزرگ‌تری نسبت به سایر گونه‌ها دارند، اما همان‌طور که **شکل ۱-۸** نشان می‌دهد تفاوت چشمگیر ناشی از اندازهٔ نسبی قشر پیش‌پیشانی است. اندازهٔ بزرگ‌تر قشر پیش‌پیشانی در انسان‌ها به حل مسئله که تنها انسان‌ها قادر به انجام آن هستند کمک می‌کند. با وجود این، می‌توان نمونه‌های جالبی از حل مسئله را در سایر گونه‌ها به ویژه در میمون‌های مرتبه‌بالاتر از جمله شامپانزه‌ها یافت. مطالعهٔ حل مسئله در سایر گونه‌ها، چشم اندازی دربارهٔ توانایی‌های انسان ارائه می‌کند. کهلر روانشناس آلمانی مکتب گشتالت که در دههٔ ۱۹۳۰ به آمریکا آمد برخی مطالعات کلاسیک دربارهٔ حل مسئله را بر روی شامپانزه‌ها انجام داد (کهلر، ۱۹۲۷). او در طول جنگ جهانی اول در جزیرهٔ تنریف واقع در جزایر قناری گیر افتاد. در آن جزیره، او به گروهی از شامپانزه‌هایی که در قفس زندگی می‌کردند دسترسی پیدا کرد و آنها را مورد مطالعه قرار داد. او علاقهٔ خاصی به مطالعهٔ رفتار حل مسئله در حیوانات داشت. بهترین آزمودنی او یک شامپانزه به نام سلطان بود. مسئله‌ای که سلطان با آن مواجه شد این بود که تعدادی موز که در خارج از قفس او قرار داشت را بردارد. زمانی که به سلطان یک چوب‌دستی داده شد تا بتواند به موزها دسترسی پیدا کند مشکلی در حل مسئله نداشت؛ او به راحتی از چوب‌دستی برای کشیدن موزها به درون قفس استفاده کرد. مسئله زمانی سخت‌تر شد که به سلطان دو تیرک کوتاه‌تر داده شد که با هیچ یک از آنها نمی‌توانست به موزها برسد. شامپانزهٔ ناکام با ناراحتی در قفسش نشست. ناگهان او به سمت تیرک‌ها رفت و یکی از آنها

را بـه داخل دیگری فرو برد تا یک تیرک بلند برای رسـیدن به موزها درست کند (**شکل ۲–۸** را ببینید).

ویژگی‌های اساسی که منجر به پذیرش رویداد ذکرشده به‌عنوان نمونه‌ای از حل مسـئله می‌شـود کدام است؟ به نظر می‌رسد سه ویژگی اصلی موارد زیر باشند:

۱. *هدفمند بودن*[1]. رفتار در جهت رسیدن به یک هدف سازمان یافته است. در این مورد، به دست آوردن موزها.

۲. *تجزیه به خرده اهداف*[2]. اگر سلطان می‌توانست موزها را به راحتی با حرکت دادن دستش به دست آورد، این رفتار حل مسئله محسوب می‌شد اما بدیهی‌ترین شکل ممکن را داشت. سلطان اساساً هدف اصلی را به **خرده‌هدف‌ها**[3]، از جمله برداشتن تیرک‌ها و قرار دادن آنها در کنار هم تجزیه کرد.

۳. *استفاده از گرداننده*. تجزیهٔ هدف کلی به خرده‌هدف‌ها سودمند است زیرا به این طریق شامپانزه گرداننده‌هایی را که به او در دستیابی به این خرده‌هدف‌ها کمک می‌کنند می‌شناسد. اصطلاح **گرداننده** به عملی اشاره دارد که وضعیت مسئله را به وضعیت بعدی منتقل می‌کند (در این مورد، قرار دادن تیرک‌ها در کنار هم گردانندهای است که وضعیت مسئله را از یک وضعیت (در آن هیچ ابزار قابل استفاده‌ای برای رساندن موز به وضعیت دوم وجود ندارد) به وضعیت دیگری (در آن چنان ابزاری وجود دارد) تبدیل می‌کند. راه‌حل کلی مسئله یک توالی از این گردانندههای شناخته‌شده است.

شکل ۸.۲ میمون کهلر، به اسم سلطان. شامپانزه مسئله را با متصل کردن دو قطعه چوب کوتاه و ایجاد یک تیرک بلندتر که می‌توانست به غذایی که در خارج از قفسش بود برسد حل کرد.

حل مسئله رفتاری هدفمند است که اغلب شامل تنظیم خرده‌هدف‌هایی می‌شود که استفاده از گردانندهها را فعال می‌کند.

فرایند حل مسئله: فضای مسئله و جستجو

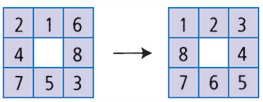
حل مسئله اغلب بر اساس جستجوی **فضای مسئله** توصیف می‌شود. فضای مسئله (*فضای وضعیت‌ها* نیز نامیده می‌شود) شامل وضعیت‌های مختلف مسئله و گردانندهها (برای تبدیل یک وضعیت مسئله به وضعیت دیگـر اسـت) می‌شـود. هر **وضعیت**[4] مسـئله، بازنمایـی میزان نزدیکـی آن به راه‌حل اسـت. اولین وضعیت مسـئله، *وضعیت شـروع* اسـت. وضعیت‌هایی که در مسـیر هدف قرار دارند *وضعیت‌های میانی*؛ و وضعیتی که در آن مسـئله حل می‌شـود **وضعیت هدف**[5] نامیده می‌شـود. در وضعیت شروع و میانی، راه‌های متنوعی (گردانندههای بسیار زیادی) وجود دارد که با استفاده از آنها فرد می‌تواند وضعیت را به وضعیت بعدی تغییر دهد. برای مثال، در وضعیت شـروع سـلطان راه‌های متنوعی داشت، می‌توانست چوب‌دستی را بردارد، روی

1. goal directedness
2. subgoal decomposition
3. subgoals
4. state
5. goal state

سرش بایستد، ناراحت شود، یا راه‌های دیگری را امتحان کند. فرض کنید او چوب‌دستی را برمی‌دارد. اکنون او وارد وضعیت جدیدی شده است، یک وضعیت میانی که می‌تواند این وضعیت را به وضعیت دیگری تبدیل کند. برای مثال، ممکن است چوب‌دستی را رها کند (بنابراین به وضعیت اولیه بازگردد)، به کمک چوب‌دستی به غذا دست یابد، چوب‌دستی را به‌طرف غذا پرت کند، یا به چوب‌دستی دیگری دسترسی پیدا کند. فرض کنید او به چوب‌دستی دیگری دسترسی پیدا کرد. دوباره، او یک وضعیت جدید خلق کرده است. به‌واسطه این وضعیت جدید، سلطان می‌تواند انتخاب کند که روی چوب‌دستی‌ها راه برود، آنها را کنار هم بگذارد، یا آنها را بخورد. فرض کنید او انتخاب کرد که چوب‌دستی‌ها را کنار هم بگذارد. در این وضعیت جدید، او می‌تواند انتخاب کند که به غذا دسترسی پیدا کند، چوب‌دستی‌ها را بیرون بیندازد، یا آنها را تکه‌تکه کند. اگر او به غذا دسترسی پیدا کرد و غذا را به درون قفسش کشید، به وضعیت هدف می‌رسد.

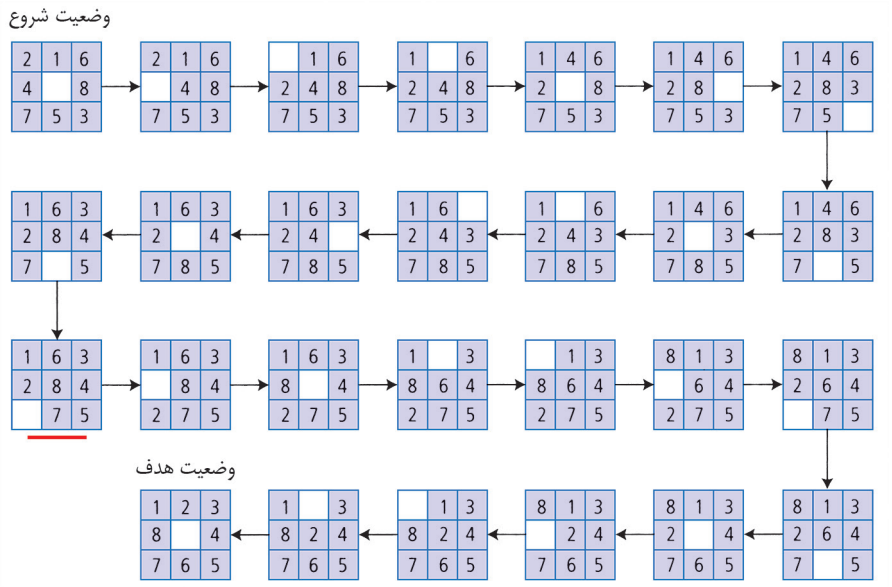
وضعیت‌های مختلفی که حل‌کنندهٔ مسئله می‌تواند تولید کند بیانگر یک فضای مسئله است. گرداننده‌های حل مسئله را می‌توان به‌عنوان راه‌هایی برای تغییر یک *وضعیت* در فضای مسئله به *وضعیت* دیگر در نظر گرفت. فضای مسئله را می‌توان به‌عنوان مازی پیچ‌درپیچ از *وضعیت*‌ها و گرداننده‌ها توصیف کرد که باید مسیرهای حرکت در آن را یافت. چالش اصلی یافتن توالی‌های مختلفی از گرداننده‌ها در فضای مسئله است که موجب می‌شود مسئله از وضعیت شروع به *وضعیت* هدف برسد. با توجه به این ویژگی، حل مسئله را می‌توان به‌عنوان فرایند درگیر شدن در یک جستجو توصیف کرد؛ یعنی، حل‌کنندهٔ مسئله باید یک مسیر مناسب را در مازی از وضعیت‌ها پیدا کند. این مفهوم‌پردازی از حل مسئله که به‌صورت جستجو در فضای وضعیت‌ها، توسط آلن نیوئل و هربرت سیمون بیان شد با انتشار کتاب آنها با عنوان *حل مسئله بشر* (۱۹۷۲) به اوج خود رسید. هم‌اکنون این رویکرد، به رویکرد اصلی حل مسئله در روان‌شناسی شناختی و هوش مصنوعی تبدیل‌شده است.

مسئلهٔ پازل ۸تایی (هشت قطعهٔ متحرک که هر کدام با عددی مشخص شده است، این قطعات در ۹ سلول که در یک چارچوب ۳ × ۳ قرار دارد می‌توانند جابجا شوند) مثال خوبی از فضای مسئله را فراهم می‌کند که مجموعه‌ای از *وضعیت*‌ها و گرداننده‌ها را نشان می‌دهد. هر قطعهٔ مجاور به سلول خالی را می‌توان به سلول خالی حرکت داد (در نتیجه «حرکت دادن» سلول خالی نیز امکان‌پذیر است). هدف رسیدن به یک شکل‌بندی خاص از قطعه‌ها است که از یک شکل‌بندی متفاوت آغاز می‌شود. به‌عنوان مثال، ممکن است مسئله تبدیل شکل‌بندی سمت چپ به شکل‌بندی سمت راست باشد:

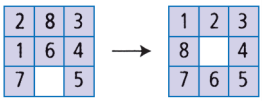


وضعیت‌های ممکن این مسئله به صورت شکل‌بندی‌های قطعات در پازل ۸تایی بازنمایی می‌شوند. بنابراین، شکل‌بندی سمت چپ وضعیت شروع و شکل‌بندی سمت راست وضعیت هدف است. گرداننده‌هایی که وضعیت‌ها را تغییر می‌دهند حرکات قطعات به فضاهای خالی هستند. **شکل ۳–۸** راه‌حل من برای این مسئله را نشان می‌دهد. این راه‌حل از ۲۶ حرکت تشکیل می‌شد که هر حرکت گرداننده‌ای بود که وضعیت مسئله را تغییر می‌داد (حرکتی که با خط قرمز مشخص شده است بعداً در این فصل مورد بحث قرار می‌گیرد). آیا شما می‌توانید توالی کوتاه‌تری از حرکات را پیدا کنید؟ (کوتاه‌ترین توالی ممکن (فقط با ۱۸ حرکت) در پیوست انتهایی این فصل، در شکل ۱–A۸ نشان داده شده است.)

بحث دربارهٔ حل مسئله اغلب مستلزم استفاده از یک **درخت جستجو** است. **شکل ۴–۸** بخشی از درخت جستجو را برای مسئله‌ای ساده‌تر از پازل ۸تایی که در زیر مشاهده می‌کنید نشان می‌دهد:



شکل ۸.۳ یک راه‌حل برای پازل ۸تایی. در تصویر، توالی‌های حل پازل ۸تایی که نویسنده کتاب در سطحی پایین‌تر از حد مطلوب با ۲۶ حرکت انجام داده است دیده می‌شود.

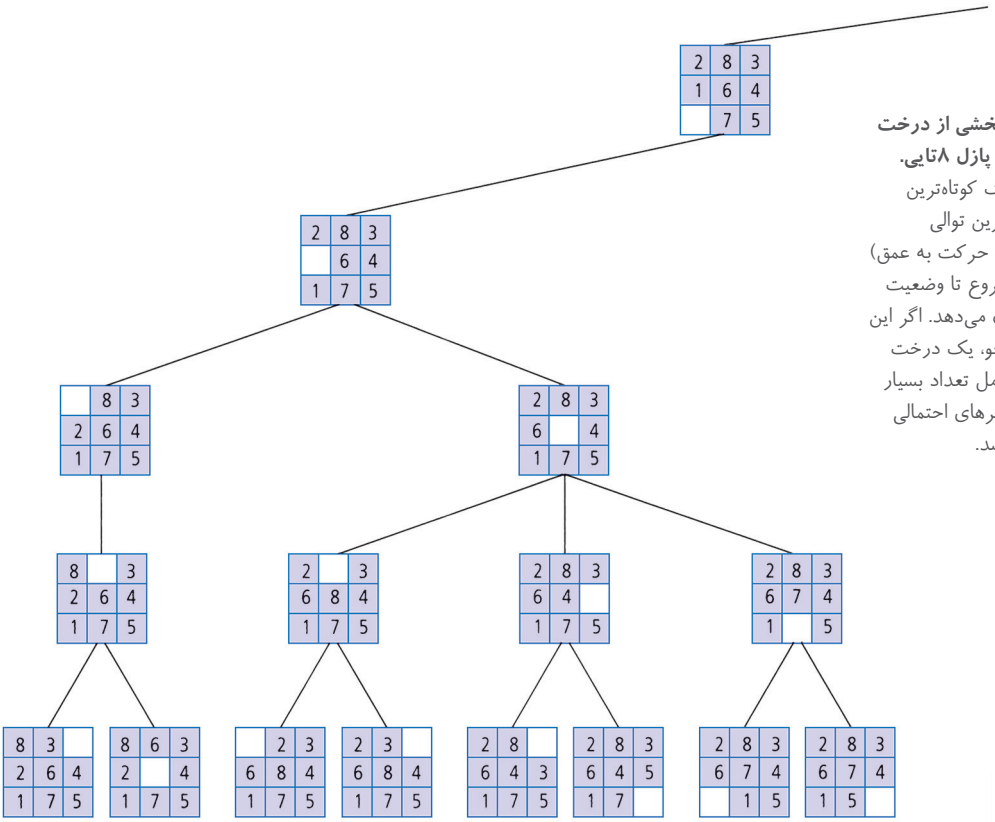


شکل ۴–۸ شبیه یک درخت وارونه با یک تنه (وضعیت شروع) و شاخه‌های بیرون‌زده از آن می‌باشد. این درخت تمام سه وضعیت قابل دسترسی از وضعیت شروع را نشان می‌دهد، و اگر کامل باشد، سپس تمام وضعیت‌های قابل دسترسی از آن سه وضعیت و نیز وضعیت‌های دیگر را به همین ترتیب نشان می‌دهد. هر مسیر در این درخت یک توالی ممکن از حرکات را که حل‌کنندهٔ مسئله احتمال دارد بسازد بازنمایی می‌کند. با ایجاد یک درخت کامل، ما نیز می‌توانیم کوتاه‌ترین توالی گرداننده‌ها بین وضعیت شروع و وضعیت هدف را پیدا کنیم. شکل ۴–۸ قسمتی از فضای مسئله را نشان می‌دهد. در توضیح این مثال‌ها، اغلب فقط یک مسیر در فضای مسئله که به راه‌حل منجر می‌شود ارائه می‌گردد (همان‌طور که در شکل ۳–۸ نشان داده شد). شکل ۴–۸ طرح بهتری از اندازهٔ فضای مسئله برای حرکات ممکن در این نوع مسئله را ارائه می‌کند.

> ***گرداننده‌های حل مسئله فضایی از وضعیت‌های ممکن را به وجود می‌آورند که از طریق آن فضا، حل‌کنندهٔ مسئله باید به جستجو بپردازد تا مسیری به سوی هدف پیدا کند.***

گرداننده‌های حل مسئله

رویکرد فضای جستجو که در بالا موردبحث قرار گرفت گام‌های احتمالی را که شخص حل‌کنندهٔ مسئله



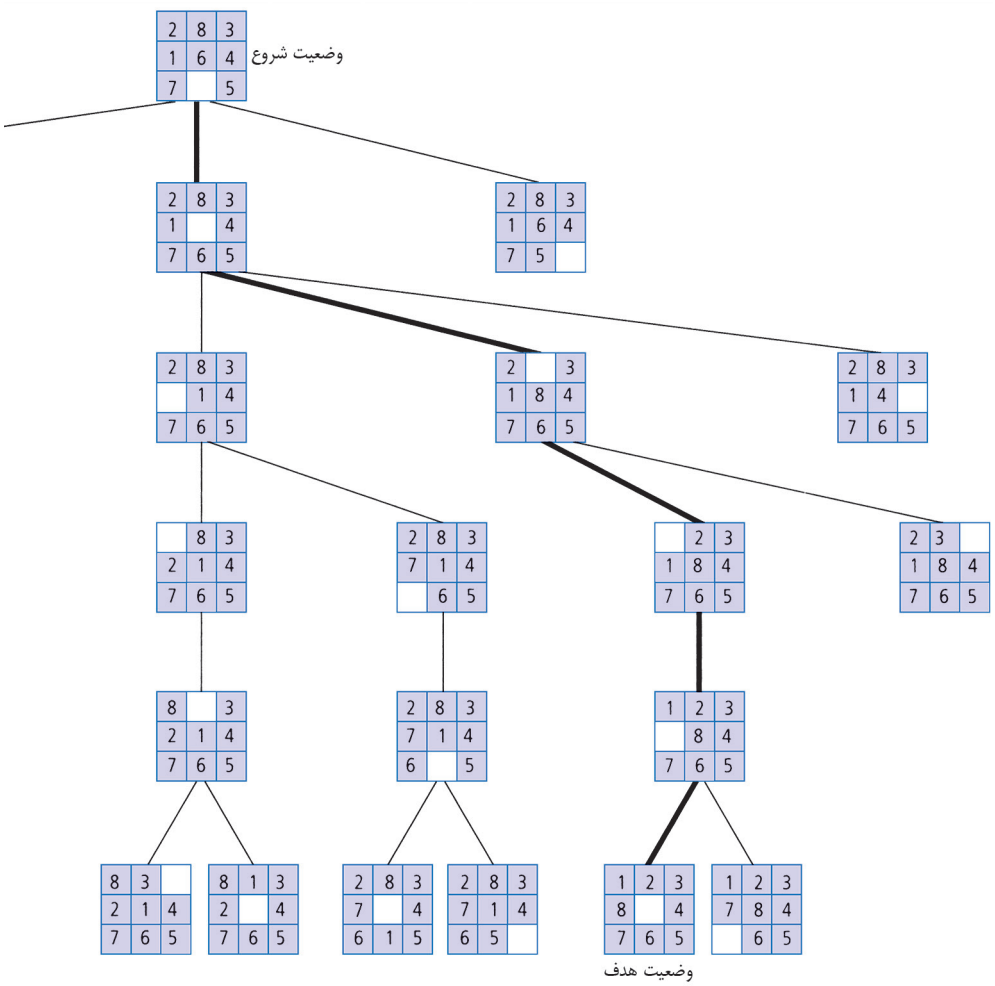
شکل ۸.۴ بخشی از درخت جستجو برای پازل ۸تایی. خطوط پر رنگ کوتاه‌ترین مسیر (کوتاه‌ترین توالی گرداننده‌ها، ۵ حرکت به عمق) از وضعیت شروع تا وضعیت هدف را نشان می‌دهد. اگر این درخت جستجو، یک درخت کامل بود، شامل تعداد بسیار زیادی از مسیرهای احتمالی دیگر نیز می‌شد.

ممکـن اسـت بـردارد توصیف می‌کند. اما هنوز دو سـؤال مهم باقـی می‌ماند که قبل از اینکـه بتوانیم رفتار فـرد حل‌کنندهٔ خاص مسـئله را توضیح دهیم نیاز اسـت به آنها پاسـخ دهیم. اول، چـه چیزی گرداننده‌های در دسـترس حل‌کنندهٔ مسـئله را تعیین می‌کند؟ دوم، چگونه فرد حل‌کنندهٔ مسـئله یک گرداندهٔ خاص را از بین گرداننده‌های دردسترس انتخاب می‌کند؟ پاسخ به سؤال اول فضای مسئله را که فرد حل‌کنندهٔ مسئله در آن کار می‌کند تعیین می‌کند. پاسـخ به سـؤال دوم مسـیری را که فرد حل‌کنندهٔ مسـئله انتخاب می‌کند مشخص می‌کند.

فراگیری گرداننده‌ها

حداقل سه راه برای فراگیری گرداننده‌های حل مسئله وجود دارد: به وسیلهٔ اکتشاف، شنیدن چیزهایی دربارهٔ آنها، و با استفاده از مثال (با مشاهدهٔ فردی دیگر که از آنها استفاده می‌کند).

اکتشـاف ممکن اسـت در حوالی خانهٔ خود تعمیرگاه جدیدی که تازه باز شـده اسـت را پیدا کنیم و بنابراین به‌وسـیلهٔ اکتشـاف از وجود یک تعمیرگاه جدید برای تعمیر اتومبیل خود باخبر شـویم. کودکان ممکن است کشـف کنند که والدینشـان نسـبت به حملات خشم حساس هسـتند و بنابراین گردانندهٔ جدیدی را برای به دست آوردن آنچه می‌خواهند یاد می‌گیرند. ما ممکن است با کار کردن با یک ماکروویو جدید کشف کنیم



که فر آن چگونه کار می‌کند و بنابراین گردانندهٔ جدیدی را برای آماده کردن غذا فرابگیریم. یا یک دانشمند ممکن است داروی جدیدی را که باکتری‌ها را نابود می‌کند کشف کند و بنابراین گردانندهٔ جدیدی را برای مبارزه با عفونت‌ها اختراع کند (هر یک از این مثال‌ها شامل انواعی از فرایندهای استدلال می‌شوند که آنها را در فصل ۱۰ بررسی خواهیم کرد).

کشف گرداننده‌های جدید ممکن است مستلزم فرایندهای استدلال پیچیده در انسان‌ها باشد، اما تنها روشی است که اغلب موجودات دیگر به‌وسیلهٔ آن گرداننده‌های جدید را فرامی‌گیرند و آنها قطعاً درگیر فرایندهای پیچیدهٔ استدلال نمی‌شوند. در مطالعهٔ مشهوری در سال ۱۸۹۸، ادوارد ثرندایک روان‌شناس آمریکایی چند گربه را در «جعبه‌های پازل» قرارداد. جعبه‌ها به وسیلهٔ ابزارهای غیرقابل تشخیص مختلفی می‌توانستند باز شوند. به‌عنوان‌مثال، در یکی از جعبه‌ها، اگر گربه به یک حلقه سیم ضربه می‌زد، در به‌طور ناگهانی باز می‌شد. گربه‌ها، که گرسنه بودند، پس از خروج از جعبه پاداش دریافت می‌کردند. در ابتدا، گربه به‌طور تصادفی به این‌طرف و آن‌طرف حرکت می‌کرد، به جعبه چنگ می‌زد و رفتار ناکارآمدی داشت تا اینکه به‌طور اتفاقی به ابزاری که قفل را باز می‌کرد ضربه می‌زد. بعد از تکرار چند کوشش در همان جعبهٔ پازل، گربه‌ها سرانجام به نقطه‌ای رسیدند

جدول ۱-۸ عبارت هرمی چیست؟

شرح

N$M یک عبارت هرمی است که برای جمع تکرارشوندهٔ هرمی[۱] طراحی‌شده است. در این جمع عددی که در دفعهٔ بعدی اضافه می‌شود یکی کمتر از عدد قبلی است.
قاعده (N): اولین عددی که جمع با آن شروع می‌شود.
ارتفاع (M): تعداد دفعاتی است که اعداد به قاعده اضافه می‌شود.

مثال

قاعده
↓
7$3=7+6+5+4=22
↑
ارتفاع

۱. در یک هرم قاعدهٔ هرم پهن‌ترین قسمت است و هرچه به نوک هرم می‌رسیم پهنا کمتر می‌شود. جمع هرمی ظاهری شبیه به هرم دارد که در آن یک سری اعداد به‌طور متوالی باهم جمع می‌شوند و هر عدد از عدد قبلی کمتر است در این عبارت علامت$ به معنای جمع متوالی به‌کاررفته است. م.

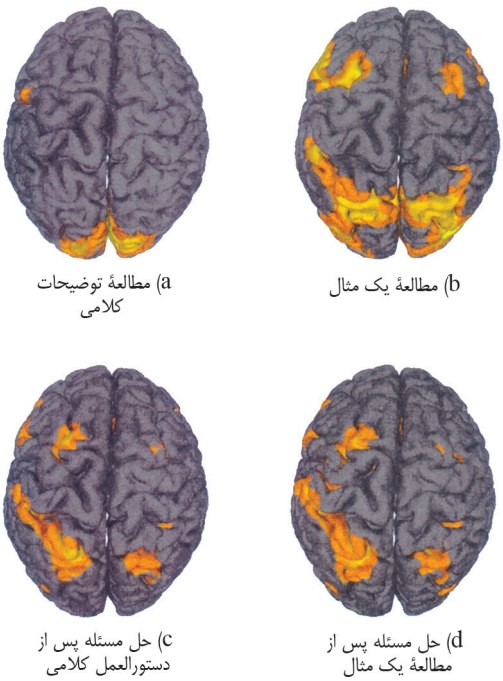
که در آنجا به ابزار بازکنندهٔ در بلافاصله ضربه زدند و از جعبه خارج شـدند. تا به امروز مباحثه‌ای بر سـر این موضـوع وجـود دارد کـه آیا گربه‌ها گردانندهٔ جدیدی را که فراگرفته بودند واقعاً درک کردند یا فقط یک تداعی بدون فکر بین خارج شدن از جعبه و ضربه زدن به ابزار بازکنندهٔ در ایجاد کردند. تصور می‌رود نیازی نیست که فقط این یا آن باشـد. داو، نیو و دایان (۲۰۰۵) مدارکی را مرور کردند که نشـان می‌دهد دو مبنا برای یادگیری چنین گردانندههایی از طریق تجربه وجود دارد. یکی از آنها مرتبط با عقده‌های قاعده‌ای اسـت (شـکل ۸-۱ را ببینید)، ناحیه‌ای که در آن تداعی‌های ساده به‌تدریج تقویت می‌شوند، و دیگری مرتبط با قشر پیش‌پیشانی است، ناحیه‌ای که در آن یک الگوی ذهنی از چگونگی عمل این گردانندهها ساخته می‌شود. این فرض منطقی است که سیستم دوم در پستانداران با قشر پیش‌پیشانی بزرگ‌تر اهمیت بیشتری پیدا می‌کند.

یادگیـری از طریق شـنیدن دربـارهٔ گردانندهها یا از طریق مثـال ما می‌توانیـم گردانندههای جدید را از طریـق شـنیدن دربـارهٔ آنها یا با مشـاهدهٔ فـردی دیگر که در حال اسـتفاده از آنها اسـت فرابگیریم. اینها نمونه‌هایی از یادگیری اجتماعی هستند. روش اول منحصر به بشر است چون وابسته به زبان می‌باشد. روش دوم ظرفیتی اسـت که در نخستی‌سـانان شـایع اسـت: «میمون‌ها می‌بینند، بعد میمون‌ها تقلید می‌کنند». با وجود این، ظرفیت نخستی‌سانان غیرانسان برای یادگیری از طریق تقلید اغلب بیش‌ازحد برآورد شده است.

شـاید به نظر برسـد که کارآمدترین روش برای یادگیری گردانندههای جدید حل مسـئله، صرفاً شنیدن دربارهٔ آنها اسـت اما مشـاهدهٔ چگونگی حل یک مسـئله اغلب به اندازهٔ شـنیدن دربارهٔ راه‌حل مؤثر است. در آزمون اینکه کدام نوع آموزش مؤثرتر اسـت **جدول ۱-۸** دو نوع آموزش دربارهٔ یکی از مفاهیم جبر به نام عبارت هرمی (اندرسون و فینچام، ۲۰۱۴) که برای اغلب دانشجویان دورهٔ کارشناسی مفهومی جدید است را نشان می‌دهد. دانشجویان یا توضیحی را مطالعه کردند که عبارت هرمی را با کلمات شرح می‌داد یا مثالی را که نمونه‌ای از یک عبارت هرمی را با برچسب‌هایی برای روشن شدن تعاریف نشان می‌داد مشاهده کردند. سپس از آزمودنی‌ها خواسته شد عبارت‌های هرمی مانند مورد زیر را ارزیابی کنند:

۱۰$۲

فکـر می‌کنید کدام‌یک از انـواع آموزش‌ها مفیدتر بود؟ لی، فینچام و اندرسـون (۲۰۱۵) دریافتنـد که شـرکت‌کنندگان با دو نـوع یادگیری مفاهیم ریاضی مانند آنچه در جدول ۱–۸ نشان داده‌شده است، یکسان عمل کردند. پژوهشـگران یک مطالعهٔ تصویربرداری مغزی انجام دادند تـا ببیننـد کـدام نواحی درزمانـی که شـرکت‌کنندگان در حـال مطالعهٔ آموزش کلامی بودند و یا درزمانی که در حال مطالعهٔ یک مثال بودند، بیشـترین فعالیت را دارد. آنها همچنین بررسی کردند که در هنگام حل مسـائل بعد از هریک از آموزش‌ها، چه مناطقی از مغز فعال‌تر اسـت. در هنـگام مطالعهٔ توضیحـات کلامی نواحی دیداری قطعهٔ پس‌سـری (در پایین تصویر مغز در **شکل ۸–۵a**) فعال می‌شود، که فرایند خواندن را منعکـس می‌کند، درحالی‌که هنگام مطالعهٔ یـک مثال نواحی آهیانه‌ای و پیشـانی فعال می‌شوند (همان‌طور که در شکل ۸–۵b نشان داده‌شده اسـت)، جایی کـه فعالیت در آن نواحی اغلب زمانی مشـاهده می‌شـود که شـرکت‌کنندگان درگیر عملیات ریاضی هسـتند. جالب آنکه، فعالیت مغز در زمانی که شـرکت‌کنندگان به دنبال دو روش مطالعه مسـائل را حل می‌کردند، تقریباً یکسـان بود (شکل‌های ۸–۵c و ۸–۵d را ببینید). ایـن نشـان می‌دهد که دو نوع آمـوزش، در صورت موفقیـت، منجر به وضعیت‌های مشابه ادراک می‌شوند، که در فعالیت مشابه مغز در هنگام حل مسئله منعکس می‌شود.



a) مطالعهٔ توضیحات کلامی

b) مطالعهٔ یک مثال

c) حل مسئله پس از دستورالعمل کلامی

d) حل مسئله پس از مطالعهٔ یک مثال

شکل ۸.۵ یادگیری از طریق آموزش کلامی و یادگیری از طریق مثال. فعالیت مغز در زمان مطالعهٔ توضیحات کلامی از یک مفهوم ریاضی (a) اساساً در نواحی دیداری قطعهٔ پس‌سری رخ می‌دهد. در حالی که فعالیت در زمان مطالعهٔ یک مفهوم ریاضی از طریق یک مثال (b) در نواحی آهیانه‌ای و پیشانی متمرکز است. با وجود این، فعالیت مغز در زمان حل یک مسئلهٔ ریاضی پس از دستورالعمل کلامی (c) با فعالیت در زمان حل یک مسئله بعد از مطالعهٔ یک مثال (d) تقریباً یکسان است.

مطالعات زیادی با هدف مقایسهٔ اثربخشی کاربرد مثال‌ها و آموزش‌های کلامی در یادگیری مهارت‌های حـل مسـئلهٔ ریاضی انجام شـده اسـت (برای مرور، لـی و اندرسـون، ۲۰۱۳ را ببینید). البتـه، آموزش واقعی ریاضیات به‌طورمعمول شامل ترکیبی از این دو نوع آموزش است. همچنین تعدادی از مطالعات اثر افزایشی آموزش کلامی بر کاربرد مثال‌ها را بررسی کرده‌اند. به‌طورمعمول، ارائه آموزش کلامی علاوه بر مثال‌ها به یادگیری کمک می‌کند. اما گاهی واقعاً به یادگیری آسـیب می‌زند و گاهی هیچ اثری ندارد. آموزش کلامی به‌ویژه در مثال‌هایی که مبهم هستند یا نتیجه‌گیری‌های نادرست ارائه می‌کنند، سودمند هستند. برای مثال، اگر به کودکان یک مثال مانند مثال زیر نشان داده شود

$$۳ \times ۲ + ۵ = ۶ + ۵ = ۱۱$$

و سپس از آنها خواسته شود مسئلهٔ زیر را حل کنند

$$۴ + ۶ \times ۲ = ؟$$

بسـیاری از کودکان پاسـخ ۲۰ را ارائه خواهند کرد، یعنی به‌طور اشـتباه ۴ و ۶ را برای به دسـت آوردن ۱۰ جمع می‌بندند و حاصل جمع را ضربدر ۲ می‌کنند. با استفاده از آموزش می‌توان به آنها آموخت که اول عمل ضرب را انجام دهند (۱۲ = ۲ × ۶) و سـپس عمل جمع را انجام دهند (۱۶ = ۱۲ + ۴) باوجودآنکه در این مورد عمل جمع اولین عملیات در عبارت است.

گرداننده‌های حل مسئله را می‌توان از طریق اکتشاف، آموزش مستقیم یا به وسیلهٔ مشاهدهٔ مثال‌ها فراگرفت.

جدول ۲-۸ قیاس: الگوبرداری ساختار منظومهٔ شمسی در مدلی از اتم

منظومهٔ شمسی	*اتم*
خورشید سیاره‌ها را به سمت خود می‌کشد.	هسته الکترون‌ها را به سمت خود می‌کشد.
خورشید از سیاره‌ها بزرگ‌تر است.	هسته از الکترون‌ها بزرگ‌تر است.
سیاره‌ها به دور خورشید می‌چرخند.	الکترون‌ها به دور هسته می‌چرخند.
سیاره‌ها به دلیل جاذبه و تفاوت وزن به دور خورشید می‌چرخند.	الکترون‌ها به دلیل جاذبه و تفاوت وزن به دور هسته می‌چرخند.
در سیارهٔ زمین زندگی جریان دارد.	قابل الگوبرداری نیست

قیاس و تقلید

قیاس[1] فرایندی است در حل مسئله که از طریق آن، فرد حل‌کنندهٔ مسئله گردانندهای استخراج‌شده از یک مورد یا موقعیت را با الگوبرداری از آن به موارد یا موقعیت‌های دیگر تعمیم می‌دهد. گاهی اوقات، فرایند قیاس می‌تواند ساده باشد. به‌عنوان‌مثال، دانشجویی ممکن است ساختار یک مثال را که در مبحث درس ریاضی آمده است به‌سادگی الگوبرداری کند تا یک مسئله در تمرینات انتهای آن بخش را حل کند. در مواقعی دیگر، الگوبرداری ممکن است پیچیده‌تر باشد. برای مثال، در سال ۱۹۱۱ ارنست راترفورد فیزیکدان بریتانیایی اعتبار یک قیاس را با استفاده از منظومهٔ شمسی به‌عنوان الگویی برای ساختار اتم که در آن الکترون‌ها به دور هستهٔ اتم می‌چرخند همان‌طور که سیاره‌ها به دور خورشید می‌چرخند نشان داد (گنتنر، ۱۹۸۳؛ کوئستلر، ۱۹۶۴؛ **جدول ۲-۸** را ببینید). این مثال خیلی مشهوری از کاربرد فراوان قیاس در علم و مهندسی است. کریستنسن و شوان (۲۰۰۷) در یک مطالعه دریافتند که مهندسان در مدت‌زمان ۹ ساعت حل مسئله ۱۰۲ قیاس انجام می‌دهند (دانبار و بلانچیت، ۲۰۰۱).

مثالی از قدرت قیاس در حل مسئله در آزمایش گیک و هولیوک (۱۹۸۰) مشخص می‌شود. این محققان مسئلهٔ زیر را به آزمودنی‌های خود ارائه کردند (اقتباس‌شده از دانکر، ۱۹۴۵):

> فرض کنید که شما پزشک هستید و با بیماری که دارای یک تومور بدخیم در شکمش است مواجه می‌شوید. عمل جراحی بر روی این بیمار غیر ممکن است، اما اگر تومور از بین نرود، بیمار خواهد مرد. اشعهٔ خاصی را می‌توان برای از بین بردن تومور به کار برد. اگر همهٔ اشعه‌ها در یک زمان و به اندازهٔ کافی با شدتی بالا به تومور برسند، تومور از بین خواهد رفت. متأسفانه، با این شدت بافت‌های سالمی که در مسیر رسیدن اشعه به تومور هستند نیز از بین خواهند رفت. اشعه‌هایی با شدت کمتر به بافت‌های سالم آسیب وارد نمی‌کنند، اما برای از بین بردن تومور مؤثر نخواهند بود. چه نوع شیوه‌ای می‌تواند برای تخریب تومور با اشعه به کار رود و در عین حال از تخریب بافت سالم جلوگیری کرد؟ (ص. ۳۰۷-۳۰۸)

این مسئله بسیار دشوار است و تعداد بسیار کمی از افراد قادر به حل آن هستند. اما، گیک و هولیوک علاوه بر مسئلهٔ ذکر شده داستان زیر را به آزمودنی‌های خود ارائه کردند:

1. analogy

کشـور کوچکی از درون یک قلعهٔ نظامی توسـط یک فرمانروای دیکتاتور اداره می‌شد. قلعهٔ نظامی در وسـط کشـور قرار داشـت. مزارع و روسـتاها اطراف آن را احاطه کرده بودند. جاده‌های زیادی از حومهٔ اطراف به قلعه می‌رسـید. ژنرال متمردی سوگند خورد کـه قلعـه را فتح کند. ژنرال می‌دانسـت که با حمله‌ای توسـط کل ارتش خود قلعه را فتـح خواهـد کرد. او ارتش خود را در ابتدای یکی از جاده‌ها گرد هم آورد و آمادهٔ یک حملهٔ تمام‌عیار و مستقیم شدند. اما، ژنرال متوجه شد که فرمانروا مین‌هایی را در هر یک از جاده‌ها جایگذاری کرده است. ازآنجاکه فرمانروا نیاز داشت سربازان و کارگرانش از ایـن جاده‌هـا حرکت کنند، مین‌ها طوری قرارگرفته بودنـد که گروه کوچکی از افراد می‌توانسـتند بـا امنیـت از آنها عبور کننـد. اما حرکت نیروهای بـزرگ نظامی موجب انفجار مین‌ها می‌شد. انفجار نه‌تنها موجب تخریب جاده بلکه موجب انفجار بسیاری از روستاهای مجاور نیز می‌شد. بنابراین، به نظر می‌رسید که تسخیر قلعه غیرممکن باشـد. اما ژنرال نقشـهٔ سـاده‌ای کشـید. او ارتش خود را به گروه‌های کوچکی تقسـیم کرد و هر گروه را به ابتدای یک جاده اعزام کرد. وقتی همهٔ گروه‌ها آماده شـدند ژنرال علامت داد و هر گروه از جادهٔ متفاوتی حرکت کرد. هر گروه مسـیر خود را در همان جاده به سـمت قلعه ادامه داد تا اینکه کل ارتش باهم و در یک‌زمان به قلعه رسـیدند. به‌این‌ترتیب، ژنرال قلعه را تسخیر کرد و فرمانروا را سرنگون کرد. (ص. ۳۵۱)

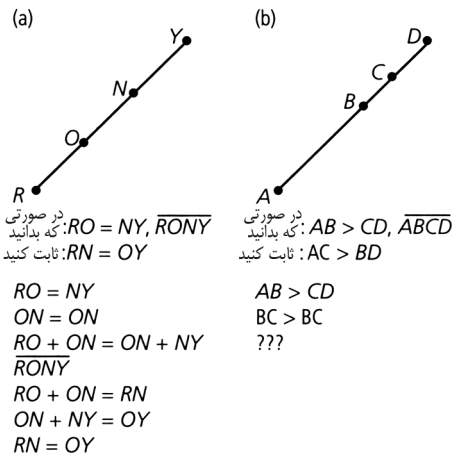
اغلب آزمودنی‌هایی که داسـتان بالا را به‌عنوان الگویی برای حل مسـئلهٔ تومور شـنیده بودند قادر به ایجاد راه‌حل مشابهی بودند.

شـکل ۶–۸ مثال جالبی از تلاش ناموفق برای اسـتفاده از قیاس در حل یک مسـئلهٔ هندسـه را نشان می‌دهد. شکل ۶–۸a گام‌های حل مسئله که در کتاب درسی تحت عنوان یک مثال ارائه‌شده است را نشان می‌دهـد و شـکل ۶–۸b تـلاش دانش‌آموزی برای اسـتفاده از آن مثـال به‌عنوان راهنمایـی برای حل یک مسـئله مربوط به تکلیف درسـش را نشـان می‌دهد. در شـکل ۶–۸a ، دو قطعهٔ خط مسـتقیم طول یکسانی دارند. هدف اثبات این موضوع است که دو قطعهٔ بزرگ‌تر طول برابری دارند. در شکل ۶–۸b، دو قطعهٔ خط مستقیم طول یکسانی ندارند و تکلیف این است که دانش‌آموز نابرابری طول دو قطعهٔ بزرگ‌تر را اثبات کند.

دانش‌آموز موردنظر متوجه شباهت آشکار بین دو مسئله شد و جلو رفت تا قیاس واضحی را ایجاد کند. او تصـور کرد کـه به‌راحتی می‌تواند نقاط روی یک خـط را جایگزین نقاط روی خط دیگر و نابرابری را جایگزین برابری کند. یعنی، او تلاش کرد که R را با A، B را با O، N را با C، Y را با D و = را با > جایگزین کند. با این جایگزینی‌ها، او خط اول را درست نوشت: مشابه با RO = NY، او نوشت AB > CD. سپس می‌بایست چیزی مشابه ON = ON می‌نوشت، بنابراین نوشت !BC > BC این مثال خطر استفاده از قیاس در ایجاد گردانندهها برای حل مسئله را بدون اینکه بپرسیم قیاس معنا دارد یا نه نشان می‌دهد[۱].

مشـکل دیگر قیاس پیدا کردن مثال‌های مناسـبی اسـت که بتـوان از آنها گردانندهـا را اسـتخراج کـرد. آزمودنی‌هـا اغلـب توجه نمی‌کنند کـه چه زمانی قیـاس امکان‌پذیر اسـت. گیک و هولیوک (۱۹۸۰) آزمایشـی انجام دادند که در

شکل ۸.۶ استفادهٔ نادرست از قیاس. (a) برهان ارائه‌شده در یکی از درس‌های هندسه. (b) تلاش نادرست یک دانشجو برای استفاده از قیاس به منظور به کار بردن راه‌حل (a) برای یک مسئلهٔ مشابه.



۱. در ادبیات فارسی به این نکته که قیاس در همه جا صحیح نیست اشاره‌های زیادی شده است از جمله در حکایت بقال و طوطی در دفتر اول مثنوی معنوی. م.

آن ابتدا داستانی دربارهٔ ژنرال و فرمانروا را برای آزمودنی‌ها خواندند و سپس مسئلهٔ اشعهٔ دانکر (۱۹۴۵) (هر دو در بالا بیان شـد) را به آنها دادند. تعداد بسـیار کمی از آزمودنی‌ها به‌طور خودانگیخته متوجه ارتباط بین داسـتان اول با حل داسـتان دوم شدند. برای موفق شـدن در یافتن راه‌حل، باید به آزمودنی‌ها به‌طور صریح گفته می‌شد که از داستان ژنرال و فرمانروا می‌بایست به‌عنوان قیاسی برای حل مسئلهٔ اشعه استفاده کنند.

زمانی که آزمودنی‌ها به‌طور خودانگیخته از مثال‌های پیشـین برای حل یک مسـئله اسـتفاده می‌کنند، اغلب تحت‌تأثیر شباهت‌های ظاهری در انتخاب موردهای قبلی قرار می‌گیرند. به‌عنوان‌مثال، راس (۱۹۸۴، ۱۹۸۷) چند روش برای حل مسائل احتمالات به آزمودنی‌ها آموزش داد. این روش‌ها با استفاده از مثال‌های خاصی تدریس شدند، به‌طور نمونه از آنها پرسیده شد، احتمال آنکه در پرتاب دو تاس مجموع اعداد رو شده ۷ باشد چقدر است؟ سپس آزمودنی‌ها با مسئله‌های جدیدی که شباهت ظاهری با مثال‌های پیشین داشتند مورد آزمون قرار گرفتند. شـباهت ظاهری بود زیرا مثال و مسـئله هر دو محتوای یکسـانی داشـتند (مثلاً، تاس) اما لزوماً شـامل اصل یکسـانی از احتمال نمی‌شد. آزمودنی‌ها سعی کردند مسئلهٔ جدید را با استفاده از گردانندهای موجود در مثال پیشین که شباهت ظاهری با مسئله داشت حل کنند. زمانی که اصل بیان‌شده در مثال با اصل موردنیاز برای حل مسـئله یکسـان بود، آزمودنی‌ها قادر به حل مسـئله بودند، اما زمانی که اصل‌ها یکسـان نبود، آنها قادر به حل مسـئله نبودند. رییِد (۱۹۸۷) به نتایج مشـابهی در مورد مسـئله‌های داستانی ریاضی دست‌یافت.

در هنـگام حـل تمرین‌هـای مربوط به تکالیف کلاسـی، دانش‌آمـوزان اغلب از طریق قرابت مسـئله با مبحث درسی به‌عنوان علامتی که تعیین می‌کند که از کدام مثال‌ها در ساختن قیاس‌ها استفاده کنند بهره می‌گیرند. به‌عنوان‌مثال، دانش‌آموزی که روی تمرین‌های پایان فصل کتاب فیزیک خود کار می‌کند انتظار دارد که روش‌های مورداستفاده برای حل مثال‌های فصل با روش‌های موردنیاز برای حل تمرین‌های انتهای فصل یکسان باشد (چی، باسوک، لوئیز، ریمن و گلیزر، ۱۹۸۹).

حل مسئله با استفاده از قیاس مستلزم شناسایی مسئله‌ای متناسب با مسئلهٔ فعلی است که در گذشته حل‌شده باشد و اکنون با الگوبرداری از مؤلفه‌های آن، راه‌حلی برای تولید گرداننده‌ها برای مسئلهٔ فعلی یافت شود.

قیاس و تقلید از دیدگاه تحولی و مغزی

چنین نقل‌شده که استدلال قیاسی[1] نشانی از شناخت در انسان است (هالفورد، ۱۹۹۲). توانایی حل مسئله‌ها با استفاده از قیاس تقریباً منحصر به انسان است. به نظر می‌رسد نخستی‌سانان رده‌پایین‌تر ازجمله میمون‌ها از انجام این تکالیف کاملاً ناتوان هستند ولی برخی شواهد نشان می‌دهد که در شامپانزه‌ها این توانایی وجود دارد (اودن، تامسـون، و پرماک، ۲۰۰۱). به‌عنوان‌مثال، پرماک (۱۹۷۶) گزارش کرد که سـارا، شـامپانزه‌ای که در مطالعات زبان از آن استفاده می‌شد (فصل ۱۲ را ببینید)، می‌توانست قیاس‌هایی مثل قیاس‌های زیر را حل کند:

نسبت کلید به قفل مانند نسبت چه چیزی به قوطی کنسرو است؟
پاسخ: دربازکن.

امـا، اودن و همکارانـش (۲۰۰۱) بـا مطالعـهٔ دقیق‌تر توانایی‌های سـارا پـی بردند که اگرچه او می‌توانسـت

1. analogical reasoning

(a) مسئلهٔ قیاس

(b) فعالیت مغز پیش‌بینی‌کنندهٔ انتخاب صحیح

شکل ۸.۷ قیاس و فعالیت مغز. (a) مسئلهٔ قیاس مورد استفاده توسط ویتاکر و همکاران (۲۰۱۸). آزمودنی‌ها باید یخچال را برای تکمیل صحیح قیاس انتخاب می‌کردند: نسبت لباس به کمد مانند نسبت شیر پاکتی به یخچال است (لباس در کمد نگهداری می‌شود و شیر پاکتی در یخچال نگهداری می‌شود). (b) افزایش فعالیت در ناحیهٔ پیش‌پیشانی قدامی چپ تکمیل موفقیت‌آمیز قیاس را در کوشش‌ها در تمام آزمودنی‌های سنین ۱۹-۶ سال (بعد از تصحیح اثرات سن) پیش‌بینی کرد.

مسئله‌هایی مانند مسئله‌های بالا را فراتر از سطح شانس حل کند، با وجود این بیشتر از آزمودنی‌های انسانی گرایش به خطا داشت.

مطالعات تصویربرداری مغزی نواحی قشری که در استدلال قیاسی فعال می‌شوند را بررسی کرده‌اند. **شکل 7a–۸** محرک‌هایی مشابه با محرک‌های استفاده‌شده در مطالعه‌ای توسط ویتاکر، وندتی، وندلکن و بانگ (۲۰۱۸) را نشان می‌دهد. این محرک‌ها یک مسئلهٔ قیاس دیداری را برای آزمودنی‌ها مانند آنچه در شکل 7a–۸ آمده است طرح می‌کنند.

لباس را در *کمد قرار می‌دهند*، *شیر پاکتی* را در کجا؟

آزمودنی‌ها باید گزینهٔ صحیح (در این مورد، یخچال) را از یک مجموعهٔ چهارگزینه‌ای انتخاب می‌کردند. ۱۳۸ آزمودنی ۶ تا ۱۹ ساله در آزمایش شرکت کردند. آزمودنی‌های مسن‌تر اغلب انتخاب درستی داشتند، اما پژوهشگران به فعالیت مغز آنها که پیش‌بینی‌کنندهٔ انتخاب صحیح بود علاقه‌مند بودند. شکل 7b–۸ نشان می‌دهد که فعالیت در ناحیهٔ پیش‌پیشانی قدامی چپ پیش‌بینی‌کنندهٔ موفقیت بود. این ناحیه رشد چشمگیری در این محدودهٔ سنی دارد. در یک مطالعهٔ دیگر، وندلکن، اوهار، ویتاکر، فرر و بانگ (۲۰۱۱) دریافتند که فعالیت در این ناحیه در کودکان متناسب با دشواری تکلیف تغییر نمی‌کند، درحالی‌که در بزرگسالان به‌طور متناسبی تغییر می‌کند.

در مسئله‌هایی مانند مسئله‌ای که در شکل ۷–۸ نشان داده شد، کامل کردن قیاس هدف نهایی

است. اما از دیدگاه این فصل، اهمیت واقعی قیاس این است که می‌توان از آن برای یافتن گردانندههایی برای حل مسئلهٔ جدید از طریق مسئلههای مشابه استفاده کرد (مانند مورد مثال‌های کارشده در آموزش ریاضیات). انسان‌ها توانایی ویژه‌ای در تقلید کردن از دیگران برای حل مسائل دارند. وقتی از کسی دربارهٔ نحوهٔ استفاده از یک ابزار ناآشنا می‌پرسیم، احتمالاً او به‌جای توضیح کلامی دربارهٔ آن وسیله به ما نحوهٔ استفاده از آن ابزار را نشان می‌دهد. برخلاف ضرب‌المثلی که می‌گوید «تقلید کار میمون است»، میمون‌ها و بوزینه در تقلید کردن کاملاً ضعیف هستند (تامازلو و کال، ۱۹۹۷). بنابراین، به نظر می‌رسد که یکی از عواملی که باعث می‌شود انسان‌ها در حل مسئله تا این اندازه کارآمد باشند این است که انسان‌ها توانایی ویژه‌ای برای یافتن گردانندههای حل مسئلهٔ جدید از طریق فرایندهای قیاسی که با مشاهدهٔ دیگران حاصل می‌شود دارند.

به نظر می‌رسد که حل مسئله از طریق قیاس تقریباً منحصر به انسان‌ها است و به توسعهٔ پیشرفتهٔ قشر پیش‌پیشانی وابسته است.

انتخاب گرداننده

همان‌طور که قبلاً بیان کردیم، در هر وضعیت خاصی، گردانندههای متعددی برای حل مسئله قابل استفاده است و تکلیف مهم انتخاب یکی از این گردانندهها است. فرد حل‌کنندهٔ مسئله ممکن است گردانندهها را به شیوه‌های مختلفی انتخاب کند. هوش مصنوعی موفق به شناسایی تکنیک‌های نیرومند متفاوتی شده است اما به نظر می‌رسد اغلب این روش‌ها، به اندازهٔ رویکردهای حل مسئله در انسان‌ها طبیعی نیستند. در ادامه سه معیاری را که انسان‌ها برای انتخاب گردانندهها به کار می‌برند بررسی خواهیم کرد: پشتیبانی اجتنابی[1]، کاهش تفاوت[2]، و تحلیل میان‌راه–پایان[3]

پشتیبانی اجتنابی موجب می‌شود فردی که در حال حل مسئله است هر گردانندهای را که اثر یک یا چند گردانندهٔ قبلی را خنثی می‌کند نادیده بگیرد. به‌عنوان مثال، در مسئلهٔ پازل ۸تایی، افراد بی‌میلی زیادی به برداشتن یک گام به طرف عقب دارند حتی اگر این گام برای حل مسئله ضروری باشد. پشتیبانی اجتنابی، اگرچه گردانندههای خاصی را حذف می‌کند اما در واقع هیچ کمکی به انتخاب از بین گردانندههای باقی‌مانده نمی‌کند.

کاهش تفاوت به گرایش انسان‌ها برای انتخاب گردانندهای اشاره دارد که بیشتر از سایر گردانندهها تفاوت بین وضعیت فعلی و وضعیت هدف را کاهش می‌دهد. کاهش تفاوت یک اصل بسیار کلی است که رفتار بسیاری از موجودات دیگر را نیز توصیف می‌کند. به‌عنوان مثال، کهلر (۱۹۲۷) می‌گوید وقتی یک حصار توری راه رسیدن یک مرغ خانگی را به غذا مسدود کند مرغ خانگی مستقیماً به طرف غذا حرکت می‌کند و حصار را دور نمی‌زند. حیوان بیچاره تقریباً فلج می‌شود. از یک طرف نمی‌تواند به جلو حرکت کند و از طرف دیگر میلی به دور زدن و حرکت به عقب ندارد زیرا دور زدن فاصلهٔ او را از غذا افزایش می‌دهد. به نظر می‌رسد که کاهش تفاوت و پشتیبانی اجتنابی تنها اصول مورد استفادهٔ یک مرغ خانگی برای انتخاب گردانندهها است و همین باعث می‌شود که آنها نتوانند راه‌حلی برای این مسئله پیدا کنند.

در مقایسه، سلطان شامپانزه‌ای که پیش‌تر توصیف کردیم (شکل ۲–۸ را ببینید) در تلاش برای

1. backup avoidance
2. difference reduction
3. means-ends analysis