

چشم‌اندازی از علوم اعصاب شناختی *

«اصطلاح 'شناخت' به همه فرایندهایی اطلاق می‌شود که به وسیله آنها درون‌داد حسی تغییر و تحول می‌یابد، ساده می‌شود، به پردازش می‌شود، ذخیره و استفاده می‌شود.»

بینایی

دونالد هب (Donald Hebb) در کتاب پیشرو خود که برای اولین بار ۵۰ سال پیش چاپ شد چنین آورده است:

«ما تقریباً هیچ نمی‌دانیم که از زمان رسیدن یک تحریک به نواحی حسی مغز تا هنگامی که این تحریک ناحیه حرکتی مغز را ترک می‌کند، چه می‌گذرد.»

«چیزی شبیه تفکر در این بین مداخله می‌کند، و گرچه نفی کردن این گزاره دشوار است. هدف علوم اعصاب شناختی این بوده است که همین «چیز» را به صورتی کامل و دقیق روشن سازد به طوری که برای روانشناسان و نوروبیولوژیست‌ها قابل قبول باشد.»

سیستم بینایی از این جهت که عملکردش شکافی را که هب متذکر شده بود، پر می‌کند، به عنوان زمینه اثبات این هدف به کار آمده است.

با دنبال کردن جریان اطلاعات بینایی از شبکه‌ها تا مدارهای کنترل حرکتی، اصولاً می‌توان تعیین کرد که نمایش داده‌های بینایی در مغز، در فرایندهای شناختی مختلفی از قبیل ادراک، بازشناخت، تصور، تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی حرکتی چه نقشی دارد.

دهه ۱۹۹۰ همواره به عنوان نقطه عطفی در این مسیر به یاد آورده خواهد شد. پیشرفت‌های اخیر علوم اعصاب شناختی فراوان هستند. این وضعیت تا حد زیادی مرهون این است که نوروبیولوژیست‌ها به طور روزافزونی از لحاظ راهبردی، ایده‌های کلی و ابزارها به روانشناسی تجربی روی آورده‌اند.

ماحصل این موفقیت میان‌رشته‌ای تازه، شامل کشف تناظر وقایع عصبی و ادراکات، نقش سرخ‌های زمینه‌ای در پردازش ادراکات، معادل عصبی توجه و تصمیم‌گیری، تحول‌پذیری بازنمایی‌های حسی در افراد بالغ و نقش یادگیری حسی و نیز تبدیلات مختصات فضایی حسی-حرکتی است.

برقراری تناظر بین وقایع عصبی و ادراکات

ما در حالی وارد دهه گذشته شدیم که اطمینان داشتیم پاسخ‌های انتخابی نورون‌های بینایی به محرک‌های مشابه، سنگ‌بنای تجارب ادراکی است؛ از قبیل شکل‌های ساده، حرکت‌ها و رنگ‌ها. ولی شواهدی دال بر یک ارتباط علی منحصراً به فرد میان وقایع ادراکی و عصبی در دست نبود. این

آخرین دهه قرن بیستم، یا دهه مغز، دهه علوم اعصاب شناختی نیز بوده است. در این دهه، درهم آمیختگی روانشناسی شناختی و علوم اعصاب به بار نشست. به هم پیوستن علوم اعصاب و روانشناسی شناختی از متأخرترین موارد وحدت بین شاخه‌های علمی است که زیرگروه‌های مجزای علوم زیستی را به صورت یک شاخه منسجم درآورده است. تقریباً تمام وحدت‌های علمی دیگر، ناشی از قدرت وحدت بخش زیست‌شناسی مولکولی بوده است.

علوم اعصاب شناختی از این جهت متمایز است که نیروی محرکه اصلی آن از سایر منابع، به‌ویژه روانشناسی و نیز علوم اعصاب، آمده است. اینکه روانشناسی محرک چنین پیوندی باشد، شگفت‌انگیز نیست. روانشناسی در اصل دستورکار علوم مغزی را تعیین می‌کند چون پرسش‌هایی درباره فعالیت ذهنی مطرح می‌کند که هدف نهایی ما پرداختن به آنهاست. علاوه بر این در نیمه اول قرن بیستم، توان توجیهی روانشناسی افزایش قابل ملاحظه‌ای یافت، به طوری که از یک دیدگاه سنتی-فلسفی مبتنی بر درون‌گرایی به یک شاخه علمی مستقل متمرکز بر سایکوفیزیک و رفتارگرایی تبدیل شد. همچنانکه روانشناسی در نیمه اول قرن بیستم به پختگی می‌رسید، به طور روزافزونی مدافع یک رویکرد تجربی رفتارگرایانه شد به طوری که توجه روانشناسی فقط به جنبه‌های قابل مشاهده رفتار منحصر گشت. روانشناسان تلاش در جهت کمی کردن وقایع ذهنی غیرقابل مشاهده‌ای چون ادراک، تصور، تفکر، حافظه، حل مسئله یا هشیاری را کاری می‌دانستند که در بهترین حالت، جنبه فرضیه‌ای و ناپایدار دارد. چنین تأکیدی بر جنبه‌های قابل مشاهده رفتار، منجر به این شد که روانشناسی به یک شاخه علمی بسیار تجربی تبدیل شود ولی برچنان حوزه محدودی متمرکز شده بود که در بررسی رفتار، بیشتر جنبه‌های واقعاً شگفت‌آور زندگی ذهنی را در بر نمی‌گرفت.

احیای توجه به وقایع داخلی ذهن به پیدایش روانشناسی شناختی نوین منتهی شد، که همگان را متقاعد کرد که علم ما درباره جهان بر اساس ادراک بنا می‌شود و اینکه ادراک فرایندی ساخت یافته است که نه تنها به داده‌های ذاتی محرک بلکه به ساختار ذهنی دریافت‌کننده تحریک بستگی دارد.

اولریش نیسر (Ulrich Neisser) که روانشناسی شناختی را مطرح کرده است، در سال ۱۹۶۷ چنین نوشت:

«... دنیای تجربه را کسی که آن را تجربه می‌کند، می‌سازد ... مسلماً دنیایی واقعی از درخت‌ها، آدم‌ها، ماشین‌ها و حتی کتاب‌ها وجود دارد که بخش عمده تجارب ما از این چیزها به همین دنیای واقعی مربوط می‌شود ولی ما هیچ دسترسی مستقیم و بی‌واسطه‌ای به دنیا یا ویژگی‌های آن نداریم، بلکه هر آنچه ما درباره واقعیت می‌دانیم با واسطه اعضای حسی مان و نیز سیستم‌های پیچیده تفسیر و تعبیر داده‌های حسی، درک شده است.»

در تحقیق دیگری، جان اسد (John Assad) و جان مانسل (John Maunsell) به این واقعیت رسیدند که مشاهده‌گران عموماً وقتی یک شیء متحرک در پشت یک سطح پوشاننده حرکت می‌کند، تداوم حرکت آن را برداشت می‌کنند.

این محققان، با استفاده از سرنخ‌های زمینه‌ای که مسیر حرکت پوشاننده شده را درون میدان گیرندگی نورون‌های حساس به حرکت MT قرار می‌داد، به این نتیجه رسیدند که پاسخ نورون‌های بسیاری، با ادراک استنباطی حرکت تطابق دارد درحالی‌که هیچ حرکت واقعی در میدان گیرندگی آنها رخ نداده است.

اهمیت این یافته‌ها، در این واقعیت نهفته است که تظاهرات نورونی که همان ادراک ماست-بازنمایی ساختارهای دنیای اطراف مشاهده‌گر و روابط با آنهاست.

تصمیم‌های ادراکی

همانطور که رفتار هوشمندانه به آگاهی فرد از محیط اطراف (همان ادراکات) بستگی دارد، تصمیم‌گیری درباره اقدامات مناسب بر اساس این آگاهی نیز لازم است. این فرایند تصمیم‌گیری موضوع چندین آزمایش مهم در دهه گذشته بوده است. یک هدف این بوده است که فعالیت نورونی مرتبط با تصمیم‌گیری تعیین شود به طوری که هر الگوی معین رفتاری در پاسخ به یک محرک حسی معین بروز کند، و نه اینکه فعالیت نورونی فقط با محرک یا رفتار به تنهایی مرتبط باشد. در یک رشته تحقیقات، ارل میلر (Earl Miller) و همکارانش دریافتند که پاسخ نورون‌های قشر آهیانه‌ای (Prefrontal) در اثر یادگیری ارتباطات جدید حسی-حرکتی تغییر می‌کند. نقش ناحیه پیش‌پیشانی از مدت‌ها پیش در سازماندهی رفتارهای پیچیده پذیرفته شده بود. در این مطالعه نشان داده شد در اثر یادگیری، تک نورون‌ها ترکیب‌های جدید محرک و رفتار را نمایش می‌دهند.

گروه‌های دیگر رویکرد متفاوتی به فرایند تصمیم‌گیری برگزیده‌اند، که جزء اصلی آن جستجوی پاسخ‌های نورونی است که می‌تواند یک پاسخ حرکتی قریب‌الوقوع را به‌زای هر محرک بینایی پیش‌بینی کند. در یک تحقیق اخیر، مایکل شدلن (Michael Shadlen) و همکارانش، نشان دادند که در تصمیمات دشوار، عموماً برای انباشت اطلاعات مربوط، به زمان نیاز است، بنابراین نورون‌های پیش‌بینی‌کننده بایستی طوری پاسخ دهند که به موازات افزایش درجه اطمینان تصمیم مشاهده‌گر، اندازه پاسخ نیز افزایش یابد. این محققان دریافتند که نورون‌های قشر پیش‌پیشانی دقیقاً همین‌طور کار می‌کنند. در مجموع، این مطالعات نوین، ماده خام نورونی مربوط به فرایند تصمیم‌گیری را شناسایی کرده است و نظریه‌های نوید بخشی درباره چگونگی پیش‌بینی عملکرد رفتاری از روی اطلاعات بینایی ارائه می‌دهد.

مسئله را ویلیام نیوسام (William Newsome) و همکارانش حل کردند بدین صورت که روش‌های کلاسیک روانشناسی تجربی را با تکنیک‌های نوین نوروبیولوژی ترکیب کردند. این محققان میان حساسیت درک حرکت و حساسیت نورون‌های قشر بینایی در ناحیه MT ارتباط نزدیکی کشف کردند که قویاً حاکی از آن بود که فعالیت عصبی ناحیه MT سازنده تجربه ادراک حرکت است. در قالب مطالعه دیگری، نیوسام و همکارانش تجربه درک حرکت را با القاء فعالیت در دسته‌های کوچکی از نورون‌های MT تغییر دادند.

نتایج این آزمایش‌ها قویاً حاکی از آن است که پاسخ‌های انتخابی نورون‌های بینایی به محرک، مبنای تجربه ادراکی است، و راه را برای فهم مکانیسم‌های زمینه‌ای هموار کرده است.

احساس در برابر ادراک

آزمایش‌های نیوسام یک معما را حل کرد ولی به تدریج که بسیاری از نوروبیولوژیست‌های دهه ۹۰ به اطلاعات پیشرفته‌ای در زمینه روانشناسی ادراک دست یافتند، ناگزیر دچار تقابل با یکدیگر شدند:

تا آن زمان دانسته شده بود که پاسخ‌های انتخابی نورون‌های بینایی به محرک، ویژگی‌های محرک روی شبکیه را کد می‌کند ولی آنچه درک می‌شود مفهوم محرک را انعکاس می‌دهد که در واقع محتوای منظره بینایی است که به پیدایش آن منجر شده است. چندین مطالعه در دهه گذشته برای تشخیص بازنمایی عصبی وقایع حسی و ادراکی انجام شده است. در یک رشته آزمایش که تامس آلبرایت (Thomas Albright)، جین استونر (Gene Stoner) و همکاران انجام دادند، نشان داده شد که سرنخ‌های زمینه‌ای غیرمرتبط به حرکت بینایی (مثل شدت روشنایی یا دید دو چشمی که درک عمق را میسر می‌کند) به‌طور قابل ملاحظه‌ای درک حرکت را تغییر می‌دهد، حتی اگر حرکت محرک بینایی تغییری نکرده باشد.

علاوه بر این، معلوم شد که پاسخ نورون حساس به حرکت در ناحیه قشر بینایی MT هماهنگ با حرکت درک شده تغییر می‌کند و نه با حرکت محرک روی شبکیه. این امر نشان‌دهنده این است که بازنمایی عصبی «مبتنی بر صحنه» یا ادراک در مراحل اولیه پردازش بینایی شکل می‌گیرد. شواهد مربوط به بازنمایی مبتنی بر صحنه، از آزمایش‌هایی به دست آمده است که در آنها اجزای سازنده تصویر در محرک شبکیه حضور فیزیکی ندارند، بلکه حضور آنها در صحنه بینایی از سرنخ‌های زمینه‌ای برمی‌آید.

در تحقیقی در این زمینه، رودیگر فوندر هایدت (Rüdiger von der Heydt) و همکارانش، مبانی عصبی یک پدیده ادراکی بنام «حاشیه‌های موهومی» (illusory contours) را بررسی کردند که در آن سرنخ‌های زمینه‌ای به حضور یک سطح پوشاننده دلالت دارد و لبه‌های این سطح دیده می‌شود، درحالی‌که چنین سطحی وجود خارجی ندارد. این محققان دریافتند که نورون‌های بسیاری چنان منطبق با این ادراک فعال می‌شوند که گویی حاشیه‌های واقعی در میدان گیرندگی آنها قرار گرفته است.

جوانه زدن (sprouting) و نوزایش سیناپسی (synaptogenesis) است. این باور که چنین تحول پذیری در واقع زیرساخت یادگیری ادراکی در افراد بالغ است با شواهدی چند تقویت می شود، از جمله اینکه آموزش آزمون های ادراکی به سازمان یابی مجدد نقشه های قشر حسی و بهبود حساسیت نورون های قشری منجر می شود.

* منبع:

T.D. Albright, E.R. Kandel, and M.I. Posner, *Cognitive Neuroscience*, Curr. Opin. Neurobiol. 10 (2000), 612-624.

ترجمه مهسا عسگری حاتم آبادی، پژوهشکده علوم شناختی.

یکی از عقاید نورو بیولوژیست ها این است که سازمان بندی قشر حسی پس از یک دوره کوتاه تحول پذیری (plasticity) در ابتدای زندگی که دوره بحرانی نامیده می شود، به حالت بلوغ خود می رسد. یکی از مهم ترین اکتشافات دهه گذشته، این بوده است که این تحول پذیری تا حدود زیادی در سراسر زندگی ادامه می یابد. تحول پذیری مغز در فرد بالغ، انواعی از انعطاف پذیری شناختی از قبیل یادگیری ادراکی را امکان پذیر می سازد که عبارت است از بهبود عملکرد در توانایی افتراق ویژگی های حسی.

شواهد اولیه در باره این پتانسیل تحویل پذیری از تحقیقاتی به دست آمد که نشان می داد قشر مغز افراد بالغ برای جبران آسیب اعصاب حسی محیطی، سازمان دهی عملکردی اش به طور موضعی تغییر می کند. این واکنش جبرانی ممکن است به واسطه تغییر اتصالات درون قشری اعمال شود که تغییرات سریع کارآمدی سیناپسی را به دنبال دارد و نیز فرایند آهسته تری شامل

پروژه تحقیقاتی تالاموس

پروژه تحقیقاتی «تالاموس» در سال ۱۳۷۸ در پژوهشکده علوم شناختی تعریف شد. این پروژه با هدف بررسی اثرات تحریک مستقیم مغز بر فعالیت های شناختی و مدل سازی سیستم عصبی آغاز شد. با توجه به نقش «تالاموس» به عنوان شاهراه ارتباطی جهان خارج و فعالیت های عالی قشر مغز این تحقیقات تاکنون جنبه های متنوعی از عملکرد مغز را در بر گرفته و در سال های اخیر با عطف توجه به فعالیت های شناختی حرکتی ادامه یافته است.

با انتشار چندین مقاله در این زمینه در سال های اخیر و ایجاد جریان تحقیقاتی ثبت سیگنال های الکتریکی مغز انسان، زمینه های لازم برای انجام پژوهش های گسترده تر و عمیق تر در این حوزه مهم علوم شناختی فراهم آمده است.