

علم شناخت یا شناخت پژوهی

مقدمه‌ای بر رویکردها، نظریه‌ها

و پژوهش‌های علمی دربارهٔ ذهن

ویراست سوم

جلد دوم

فهرست

۱۱	یادداشتی بر جلد دوم
۱۳	۸: رویکرد عصب‌پژوهی
۱۳	دیدگاه عصب‌پژوهی
۱۴	روش‌شناسی در عصب‌پژوهی
۱۴	تکنیک‌های مطالعه آسیب مغزی
۱۶	روش‌های نوین تصویربرداری مغزی
۲۰	تکنیک‌های تحریک مغز
۲۱	اُپتورنتیکس
۲۱	تصویر کوچک: آناتومی و فیزیولوژی سلول عصبی
۲۴	تصویر بزرگ: آناتومی مغز
۲۵	راهنماها در سیستم عصبی
۲۵	قشر خاکستری مغز
۲۸	عصب‌پژوهی بازشناسی دیداری اشیا
۲۹	ناشناسی (آگنوزی) بینایی
۳۰	ناشناسی (آگنوزی) ادراکی
۳۱	ناشناسی ارتباطی
۳۳	ادراک چهره
۳۶	عصب‌پژوهی توجه
۳۹	مدل‌های توجه
۴۲	اختلال‌های توجه
۴۴	عصب‌پژوهی حافظه
۴۵	یادگیری و حافظه
۴۶	سیستم هیپوکامپ
۴۷	بنیان‌های عصبی حافظه کارآیند
۵۰	ارزیابی عصب‌پژوهی حافظه کارآیند
۵۱	بنیان‌های عصبی حافظه بلندمدت

۵۲	عصب‌پژوهی کارکرد اجرایی و حلّ مسأله
۵۵	نظریه‌های کارکرد اجرایی
۵۷	ارزیابی کلی رویکرد عصب‌پژوهی
۶۱	۹: رویکرد شبکه‌ای
۶۱	دیدگاه شبکه‌ای
۶۳	شبکه‌های عصبی مصنوعی
۶۶	ویژگی‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی
۶۷	مفهوم‌سازی‌های اولیه درباره شبکه‌های عصبی
۷۰	پس‌انتشار و پویایی همگرا
۷۲	نِت تاک: نمونه‌ای از شبکه‌های عصبی مصنوعی پس‌انتشار
۷۴	ارزیابی رویکرد پیوندگرا
۷۴	مزایا
۷۵	مشکلات و معایب
۷۷	شبکه‌های معنایی: معنا در شبکه
۷۸	ویژگی‌های شبکه‌های معنایی
۸۰	شبکه معنایی سلسله‌مراتبی
۸۳	ارزیابی مدل سلسله‌مراتبی
۸۴	شبکه‌های معنایی گزاره‌ای
۸۸	علم شبکه
۸۹	مرکزیت
۹۰	شبکه‌های سلسله‌مراتبی و مغز
۹۲	شبکه‌های جهان کوچک: این در اساس یک جهان کوچک است.
۹۳	ارتباط‌های منظم و تصادفی
۹۶	علم عصب‌شناسی و شبکه‌ها
۹۸	شبکه‌های جهان کوچک و هم‌زمانی
۹۸	اشاعه
۱۰۱	آینده علم شبکه
۱۰۲	ارزیابی کلی رویکرد شبکه‌ای
۱۰۹	۱۰: رویکرد تکاملی
۱۰۹	دیدگاه تکاملی
۱۱۱	پیشینه‌ای کوتاه: انتخاب طبیعی و علم وراثت
۱۱۳	شناخت تطبیقی

۱۱۳	سازگاری شناختی در حیوانات
۱۱۸	عصب‌پژوهی تطبیقی
۱۲۱	ارزیابی رویکرد تطبیقی
۱۲۲	روان‌شناسی تکاملی
۱۲۴	سازوکارهای روان‌شناختی تکامل یافته
۱۲۵	تکامل و فرایندهای شناختی
۱۳۶	اقتصاد رفتاری: به سود و زیان چه طور فکر می‌کنیم؟
۱۳۹	تفاوت‌های جنسی در شناخت
۱۴۲	ارزیابی روان‌شناسی تکاملی
۱۴۶	ارزیابی کلی رویکرد تکاملی

۱۵۰	۱۱: رویکرد زبان‌شناختی
۱۵۰	رویکرد زبان‌شناختی: اهمیت زبان
۱۵۱	ماهیت زبان
۱۵۵	ارزیابی فرضیه نسبیت زبانی
۱۵۶	کاربرد زبان در نخستین‌ها
۱۵۸	ارزیابی کاربرد زبان در نخستین‌ها
۱۶۰	زبان‌آموزی
۱۶۲	سازوکارهای همگانی و ویژه‌بنیاد در فرآیند یادگیری زبان
۱۶۴	ارزیابی اکتساب زبان
۱۶۵	محرومیت‌های زبانی
۱۶۸	ارزیابی محرومیت‌های زبانی
۱۶۹	شناخت و زبان‌شناسی: نقش دستور زبان
۱۷۲	ارزیابی دستور زبان همگانی
۱۷۲	علم عصب‌پایه و زبان‌شناسی
۱۷۲	مدل ورنیکه - گشویند
۱۷۵	ارزیابی مدل ورنیکه - گشویند
۱۷۶	هوش مصنوعی و زبان‌شناسی: پردازش زبان طبیعی
۱۷۷	تشخیص گفتار
۱۷۹	تحلیل نحوی
۱۸۰	تحلیل معناشناختی
۱۸۱	تحلیل کاربردشناختی
۱۸۲	برنامه‌های زبان رایانه‌ای و رایانه واتسون IBM

۱۸۳	ارزیابی پردازش زبان طبیعی
۱۸۴	ارزیابی عمومی رویکردهای زبان‌شناختی
۱۸۷	۱۲: رویکرد هوش مصنوعی
۱۸۷	علم شناخت و هوش مصنوعی
۱۸۹	پیش‌زمینه‌های تاریخی
۱۹۰	تعریف هوش مصنوعی
۱۹۵	مجادله‌های نظری
۱۹۸	میراث نقادانه تورینگ
۲۰۱	هوش مصنوعی کاربردی
۲۰۶	تفکر فازی: میراث لطفی‌زاده
۲۰۸	گفتمان جنجالی و تکامل هوش مصنوعی
۲۱۰	مدل شبکه عصبی و قابلیت‌های آن
۲۱۳	هزاره جدید: رایانش شناختی (آیا مغز را می‌توان "ساخت"؟)
۲۱۴	مدل‌های نوظهور نورون: پیش‌درآمدهای عوامل هوشمند
۲۱۸	سازمان‌دهی قشر نوین مغز
۲۲۰	مدلی خود-تداعی‌گر برای ستون‌های قشر نوین مغز
۲۲۲	برنامه "سیناپس" دارپا
۲۲۲	پیشرفت‌های نوظهور در فیزیولوژی و عرصه‌های دیگر
۲۲۵	ارزیابی هوش مصنوعی
۲۲۹	پانوشت‌ها
۲۳۱	۱۳: عامل‌های هوشمند و روبات‌ها
۲۳۱	مقدمه
۲۳۳	الگوی نمونه‌وار عامل هوشمند
۲۳۵	چرا زیست‌شناسی مهم است؟
۲۳۶	مدل‌سازی ابعادی از سامانه‌های بیولوژیک
۲۳۶	به‌کارگیری اصول برای طراحی عامل‌های هوشمند
۲۳۹	معماری‌های عامل هوشمند و کاربردهای آن‌ها
۲۵۳	پیشرفت‌های نوظهور
۲۵۴	بن‌گویرتزل و هوش عمومی مصنوعی
۲۵۶	روبات‌های اجتماعی و ساختار هیجانی آن‌ها
۲۵۷	عامل به مثابه ماشین احساسات

۲۶۱	ارزیابی کلی عینیت‌بخشی‌های عامل هوشمند
۲۶۴	پانوش
۲۶۶	۱۴: نتیجه‌گیری
۲۶۶	مزیت‌های علم شناخت
۲۶۷	مسائل قابل بحث در علم شناخت
۲۶۷	محیط‌های فیزیکی
۲۷۱	تفاوت‌های فردی و فرهنگی
۲۷۲	آگاهی
۲۷۳	فقدان نظریه‌ای وحدت یافته
۲۷۵	رویکرد سیستم‌های دینامیک
۲۷۵	رابطه غیرخطی
۲۷۶	پیش‌بینی پذیری
۲۷۷	فضای حالت (وضعیت) و مسیرهای حرکت
۲۷۸	کشش‌گاه‌ها
۲۷۹	بازنمایی دینامیک
۲۸۱	دینامیک نمادین
۲۸۴	شناخت‌پژوهی دینامیک در تقابل با شناخت‌پژوهی کلاسیک
۲۸۴	پیوستاری ذهن
۲۸۵	تک‌سازه‌مندی در تقابل با توزیع‌پذیری
۲۸۶	جزء محوری (پاره‌محوری) در تقابل با تعامل محوری
۲۸۷	درونی‌دگی و برونی‌دگی
۲۸۷	شناخت موقعیت‌مند در تقابل با شناخت جسم‌آگین (پیکرینه)
۲۸۸	پیش‌خورد در تقابل با پس‌خورد
۲۸۸	ارزیابی دیدگاه دینامیک
۲۹۰	یک‌پارچه‌سازی علم شناخت
۲۹۰	تلفیق سطوح
۲۹۱	تلفیق رشته‌ها
۲۹۲	تلفیق روش‌شناسی‌ها و روش‌مندی‌ها
۲۹۲	آینده
۲۹۵	واژه‌نامه توضیحی
۳۰۹	منابع
۳۴۱	نمایه

یادداشتی بر جلد دوم

اینک جلد دوم کتاب علم شناخت یا شناخت پژوهی، اثر فریدن برگ و سیلورمن (۲۰۱۶)، با تأخیر، آماده چاپ و انتشار می شود. توضیح درباره تأخیر، احتمالاً "عذر بدتر از گناه" خواهد بود. بنابراین، از ذکر آن خودداری می کنیم. چنان که در جلد اول توضیح داده شده است، متن انگلیسی کتاب در یک جلد تدوین شده است. اما ما ترجیح دادیم به منظور سهولت استفاده از کتاب، آن را در دو جلد تنظیم کنیم. جلد یک شامل فصل های مقدمه، رویکرد فلسفی، رویکرد روان شناختی، رویکرد شناختی ۱، رویکرد شناختی ۲، رویکرد مبتنی بر هیجان، و رویکرد اجتماعی می شود. جلد دو فصل هایی را در بر می گیرد که در مقایسه با جلد یک، می توان آن ها را تخصصی تر تلقی کرد. فصل های این جلد عبارتند از رویکرد عصب پژوهی، رویکرد شبکه ای، رویکرد تکاملی، رویکرد زبان شناختی، رویکرد هوش مصنوعی، رویکرد سیستم های هوشمند و روبات ها، و نتیجه گیری. ترجمه این فصل ها را همکارانی عهده دار شده اند که اطلاعات وسیعی در زمینه های مورد نظر داشته اند و از متخصصان شناخته شده کشور ما به شمار می روند. ما در این جا از همکاری این دوستان، کمال تشکر را داریم.

علاقه مندانی که مایلند اطلاعات کلی و اولیه ای درباره تاریخچه، مفهوم و اصطلاح علم شناخت کسب کنند، بهتر است به یادداشت مترجم (ح.ق) (جلد اول) مراجعه کنند و اگر می خواهند اطلاعات منظمی درباره رویکردها به این علم پیدا کنند، مطالعه کلیه فصل های جلد ۱، پیش از مطالعه فصل های جلد ۲، ضروری است.

آن گونه که در جلد یک توضیح داده ایم، کل این کتاب (جلدهای ۱ و ۲) را باید مقدمه ای دانست برای ورود به بحث بالنده، پرکشش و پردامنه علم شناخت. مطالب به نحوی روشن، ساده و تا حد زیادی دقیق نوشته شده اند و می توان آن را در سطح دوره های کارشناسی بسیاری از رشته ها از قبیل روان شناسی، زبان شناسی، فلسفه، علوم رایانه ای، انسان شناسی، و مراحل و مقاطعی از آموزش های عصب شناسی، عصب پژوهی، روان پزشکی و توان بخشی تدریس کرد. در صورتی که بتوان دانش جو را به سمت وسوی تحقیقات منظم پیش تری سوق داد و او را تشویق کرد که به منابع اصلی این کتاب و بررسی های جدیدتر مراجعه کند، در مقاطع تحصیلی بالاتر از کارشناسی و حتی تخصصی نیز قابل استفاده است. به نظر ما وقت آن فرا رسیده است که علم شناخت، در برنامه های آموزشی کارشناسی و حتی شاید دوره دبیرستان گنجانده شود و وسایل و شرایط لازم برای تدریس آن فراهم گردد.

در این جا لازم می‌دانیم از کمک‌های مؤثر سرکار خانم الهام اشتاد، دانش‌جوی دوره دکترای روان‌شناسی دانشگاه تهران، در ویرایش، بازخوانی مطالب، رفع نواقص، و یک‌سان‌سازی برخی از اصطلاحات و معادل‌ها، سپاس‌گزاری کنیم.

ح.ق

ح.ر.ن

تابستان ۱۳۹۸

رویکرد عصب‌پژوهی

ذهن به مثابه مغز

ترجمه زهرا مرادی و عبدالرحمن نجل رحیم

با اشاره به مغز: "دومین عضو مورد علاقه من!"

— وودی الن، ۱۹۷۳

دیدگاه عصب‌پژوهی

عصب‌پژوهی مطالعه آناتومی و فیزیولوژی دستگاه عصبی است. این علم هم به ساختار دستگاه عصبی و هم به کارکرد آن در انسان‌ها و دیگر جانوران می‌پردازد. بدین‌سان، عصب‌پژوهی پیکره‌ای از دانش را فراهم می‌آورد که شالوده فهم چه‌گونگی انجام کارکردهای شناختی است. عصب‌پژوهی، بنیانی از یک توصیف سخت‌افزاری یا مرتبط با پیاده‌سازی را در اختیار ما می‌گذارد که بر پایه آن می‌توانیم به توصیفی الگوریتمی و رایانه‌ای دست بیابیم. از این منظر، عصب‌پژوهی بسیار ارزشمند است، زیرا به انواع مدل‌هایی که در رویکردهای دیگر برای کارکرد مغز ساخته می‌شوند چارچوب می‌بخشد.

در عرصه عصب‌پژوهی، روند نسبتاً تازه‌ای با هدف تلفیق زیست‌شناسی و شناخت شکل گرفته است. ره‌آورد این یگانگی، پیدایش دانش جدیدی بوده است که **عصب‌پژوهی شناختی** نامیده می‌شود. آرمان عصب‌پژوهی شناختی تبیین ساختارها و فرآیندهای فیزیولوژیکی است که اساس کارکردهای خاص شناختی را تشکیل می‌دهند. ما در این فصل، با بهره‌گیری از رویکرد عصب‌پژوهی شناختی، عملیات شناختی واری شده در دو فصل مرتبط با رویکرد شناختی (فصل‌های ۴ و ۵) را مورد توجه قرار می‌دهیم. این عملیات شناختی شامل بازشناسی دیداری اشیاء، توجه، حافظه و توانایی حل مسئله است. رویکرد عصب‌پژوهی حاضر بر پایه مدل‌هایی از پردازش اطلاعات که پیش‌تر، برای این گونه عملیات شرح داده شد بنا می‌شوند و گسترش می‌یابند. برای آگاهی از تبیین‌های عصب‌پژوهانه

تصویرسازی دیداری و زبان می‌توانید بخش‌های مربوط را به ترتیب در فصل‌های ۵ و ۹ ببینید. تفسیر یافته‌های مطالعات عصب‌پژوهی، نیازمند مقادیر معتدلی از دانش زمینه‌ای است. به‌همین سبب، ما پیش از پرداختن به حوزه‌های موضوعی خاص، دانستنی‌هایی عمومی را در زمینه روش‌شناسی، آناتومی، فیزیولوژی و واژگان فنی ارائه می‌دهیم. بحث ما در این‌جا با معرفی ابزارهایی که عصب‌پژوهان از آن‌ها بهره می‌گیرند آغاز می‌شود، آن‌گاه در ادامه بحثی درباره جغرافیا (وضعیت) و کارکرد سلول‌های عصبی و کلیت مغز ارائه خواهد شد. در پایان، به عصب‌پژوهی کارکردهای شناختی و مدل‌های مرتبط با شیوه کار آن‌ها خواهیم پرداخت.

روش‌شناسی در عصب‌پژوهی

شیوه‌های فراوانی برای جمع‌آوری داده‌ها در عصب‌پژوهی وجود دارد. ما در این بخش این شیوه‌ها را به سه گروه اصلی تقسیم می‌کنیم. گروه اول شامل پژوهش درباره آسیب‌های مغزی است. در مطالعات انسانی، پژوهشگران، با استفاده از شیوه مطالعه موردی، نقایص رفتاری را در بیماران که بر اثر یک سانحه بخش‌هایی از مغز آن‌ها آسیب دیده است واکاوی می‌کنند. در مطالعات صدمه‌های حیوانی، این آسیب‌ها به صورت عمدی ایجاد می‌شوند. دومین گروه از شیوه‌های عصب‌پژوهی، شامل ثبت فعالیت مغزی در افراد سالم است. فعالیت الکتریکی سلول‌های عصبی منفرد یا گروه‌های کوچکی از این سلول‌ها را می‌توان با استفاده از تکنیک‌های ثبت فعالیت سلولی که از کاشتن الکترودها بهره می‌گیرند اندازه‌گیری کرد. الگوهای فعالیت مغزی در مقیاس وسیع‌تر را می‌توان از طریق الکترودهای سطحی که بر روی جمجمه تعبیه می‌شوند یا به کمک ابزارهای پیشرفته تصویربرداری مغزی ثبت کرد. گروه سوم از این شیوه‌ها تحریک مستقیم خود مغز را شامل می‌شود.

تکنیک‌های مطالعه آسیب مغزی

مسئلاً، وارد کردن صدمه عمدی به مغز یک شخص، به منظور مطالعه اثرات آن، عملی غیر اخلاقی است. به همین دلیل، پژوهشگران، آسیب‌های مغزی و آثار آن‌ها را در افرادی که بر اثر یک سانحه دچار آسیب شده‌اند بررسی می‌کنند - شیوه‌ای که روش مورد پژوهی نامیده می‌شود. گونه‌های متفاوتی از آسیب‌های مغزی وجود دارند. در بیماری که دچار سکته مغزی شده است، یکی از رگ‌های خونی که بخشی از مغز را تغذیه می‌کند می‌گسلد و خون‌رسانی به آن بخش متوقف می‌شود. آسیب مکانیکی مستقیم در مغز به دنبال ضربه سر پیش می‌آید. این نوع آسیب می‌تواند در پی یک سانحه رانندگی یا سقوط وارد شود. آسیب مغز می‌تواند پی‌آمد پایانی قرار گرفتن در معرض گاز مونواکسید کربن هم باشد. در این گونه موارد، به‌طور معمول، آسیبی موضعی بروز می‌کند و ارزیابی‌های بعدی در افراد مبتلا می‌تواند معلوم کند که دقیقاً کدام نواحی دچار آسیب شده‌اند. آن‌گاه می‌توان نقایص شناختی و

رفتاری پیش‌آمده را در تناظر با نواحی آسیب‌دیده نقشه‌نگاری کرد. به عنوان مثال، اگر بخش قدامی مغز آسیب‌دیده، باشد و به دنبال آن بیمار در تصمیم‌گیری دچار مشکل شده باشد، می‌توانیم نتیجه بگیریم که این بخش از مغز در کارکرد شناختی برنامه‌ریزی نقش دارد.

شیوه دیگری از مطالعه، در همین ارتباط، شامل تخریب عمدی بخش‌هایی از مغز جانوران و سپس بررسی کاستی‌های رفتاری برخاسته از این ضایعه است. هر ضایعه مغزی شامل ایجاد یک جراحت یا آسیب در نسج مغز است. مطالعاتی که از این روش استفاده می‌کنند، آسیب‌پژوهی نامیده می‌شوند. ضایعه مغزی را می‌توان به چند روش ایجاد کرد. نسج مغز را می‌توان از طریق مکنده‌ها برداشت، یا از طریق فرستادن جریان رادیویی با فرکانس بالا تخریب کرد و یا از طریق کار گذاشتن میله سردکننده منجمد ساخت. در روش اخیر (انجماد بافت) نسج حفظ می‌شود و پس از گرم شدن، فعالیت عادی به ناحیه گرفتار باز می‌گردد. هدف از به‌کارگیری این روش‌ها شبیه به هدف موردپژوهی است و به همین دلیل همه این مطالعات دارای ضعف‌های مشابهی هستند که در ادامه به آن‌ها می‌پردازیم.

ارزیابی روش‌های مطالعه آسیب مغزی

مطالعات موردی در انسان و مطالعات ضایعه مغزی در حیوانات منطق خاص خود را دارند. وقتی ناحیه X در مغز دچار ضایعه می‌شود و در پی آن نقیصه‌ای در رفتار Y بروز پیدا می‌کند، پژوهشگران به این نتیجه می‌رسند که ناحیه X در کنترل رفتار Y نقش دارد. این منطق ظاهراً بدیهی به نظر می‌رسد، ولی عملاً با پیچیدگی‌های فراوانی روبه‌روست. برخی، این کار را با شرایطی همانند می‌دانند که ما بخشی از موتور یک خودرو را برمی‌داریم تا ببینیم این مسأله چه‌طور بر کارکرد خودرو اثر می‌گذارد. اگر ما کاربراتور یا انژکتور یک خودرو را برداریم، موتور کار نخواهد کرد، زیرا شمع مولد جرقه، بنزینی دریافت نمی‌کند. اما برداشتن مخزن بنزین هم همین نتیجه را در پی خواهد داشت. نکته این است که در یک خودرو کارکرد بسیاری از سیستم‌ها به هم وابسته است. برداشتن برخی از اجزای متفاوت می‌تواند نتیجه مشابهی در پی داشته باشد. مناطق مغزی هم به همین سان وابسته به یک‌دیگرند. پی‌آمدهای آسیب یک منطقه از مغز می‌تواند از نظر کارکردی به صورت‌های مختلفی تعبیر و تفسیر شود. این منطقه ممکن است به تنهایی مسئولیت کامل یک توانایی شناختی را بر عهده داشته باشد و یا بخشی از مجموعه مناطقی باشد که به همراه آن توانایی را کنترل می‌کنند. منطقه درگیر، هم‌چنین، ممکن است جایی باشد که اطلاعات در آن پردازش می‌شود یا صرفاً محل عبور راه‌هایی باشد که یک مرکز را به گذرگاه دیگری متصل می‌کند.

روش‌های سنتی ثبت فعالیت مغز

در روش ثبت فعالیت تک‌سلول (نورون)، میکروالکترودی بسیار ظریف یا در داخل تک‌سلول عصبی

و یا در مایع خارج سلولی مجاور آن کاشته می‌شود. به این ترتیب، می‌توان تغییر در قابلیت هدایت جریان الکتریکی و یا میزان فعالیت سلول عصبی را اندازه‌گیری کرد. در روش ثبت چندسلولی، از یک الکتروود بزرگ‌تر استفاده می‌شود تا امکان ثبت فعالیت الکتریکی به‌طور هم‌زمان در گروهی از سلول‌ها فراهم شود. در یک آزمایش کلاسیک، هابل و ویزل فعالیت الکتریکی را در تک‌سلول‌های قشر بینایی یک گربه ثبت کردند. آن‌ها دریافتند که برخی از سلول‌ها به خطوطی با جهت خاص پاسخ می‌دادند؛ این یافته بدان معنا بود که جهت خط، یکی از ویژگی‌های دیداری اولیه در بازشناسی الگوهاست. اگرچه روش ثبت فعالیت الکتریکی، اطلاعات بسیار دقیقی را در باره کارکرد یک سلول عصبی معین یا تعداد محدودی از آن‌ها در اختیار می‌گذارد، قادر به ارائه یک "تصویر بزرگ" نیست. به عبارت دیگر، این شیوه ما را از کارکرد کلی‌تر مغز آگاه نمی‌کند.

اگر کسی بخواهد این موضوع را که مغز در کلیت خود چه می‌کند و ارسی نماید، می‌تواند یکی از ابزارهای چندگانه دیگر را به کار بگیرد. **الکتروانسفالوگرافی (EEG)** شیوه‌ای برای ثبت فعالیت الکتریکی کلان مغز است. در این روش، از الکتروودهای بزرگی استفاده می‌شود که بر روی جمجمه قرار می‌گیرند. برون‌داد الکتروانسفالوگرافی به شکل الگوهای موج‌مانند است. از این روش به‌طور گسترده برای اندازه‌گیری فعالیت مغز در هنگام خواب استفاده شده است. با بهره‌گیری از پژوهش‌هایی که این شیوه را به کار گرفته‌اند، ما دریافته‌ایم که مغز مراحل متمایز گوناگونی از خواب را سپری می‌کند که هر کدام الگوی فعالیت موجی خاص خود را دارند.

از الکتروانسفالوگرافی هم‌چنین می‌توان برای اندازه‌گیری فعالیت مغزی فرد در هنگام تجربه یک رویداد معین استفاده کرد. در این حالت، امواج حاصل از ثبت فعالیت را پتانسیل وابسته به رویداد (ERPs) می‌نامند. به عنوان مثال، با این روش پژوهشگر می‌تواند یک محرک صوتی را به آزمودنی ارائه نماید و فعالیت مغزی پدیدار شده در پی آن را بررسی کند. از این روش در مطالعات زیادی به منظور فهم سازوکارهای مغزی مرتبط با توجه و ادراک استفاده شده است. یکی از اشکالات الکتروانسفالوگرافی این است که شیوه‌ای بسیار غیردقیق است. با این روش می‌توان فعالیت مغزی را تنها در نواحی بزرگی مانند لوب‌های مختلف مغزی اندازه‌گیری کرد. بسیاری از پژوهشگران مایل‌اند به لحاظ زمانی و مکانی تصویر دقیق‌تری از فعالیت مغز داشته باشند.

روش‌های نوین تصویربرداری مغزی

فن‌آوری نوین، تکنیک‌های تازه‌ای از تصویربرداری مغز را ایجاد کرده است که به ما امکان می‌دهند با دقتی بیش از آن چه تا کنون داشته‌ایم درون سر را "نظاره" کنیم. این تکنیک‌ها امکان تصویرسازی هم از ساختار مغز و هم از کارکرد آن را در اختیار ما می‌گذارند. آن‌ها ما را قادر می‌سازند تا نه تنها

سازمان‌دهی سه‌بعدی مناطق مغزی را در حالت ایستا، بلکه هم‌چنین فعالیت‌های پویای این مناطق را به گونه‌ای که در گذر زمان پدیدار می‌شوند نظاره‌گر باشیم.

برش‌نگاری با روش پرتوافکنی پوزیترونی (PET)

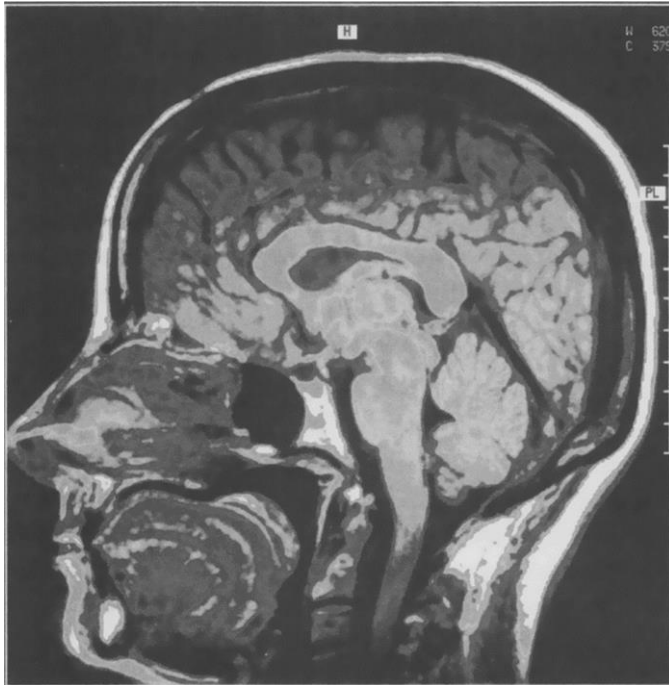
برش‌نگاری با روش پرتوافکنی پوزیترونی (PET) جریان خون را در مغز در هنگامی که فرد در حال انجام یک آزمایش شناختی است اندازه‌گیری می‌کند. این کار با استفاده از ایزوتوپ‌های رادیواکتیو یا نشانگرهایی که به مواد خاصی مثل مولکول گلوکز یا اکسیژن متصل می‌شوند، انجام می‌گیرد. این مولکول‌های نشان‌دار به جریان خون فرد مورد آزمایش تزریق می‌شوند و از آن‌جا راه خود را به سوی مغز باز می‌کنند. جریان خون در مناطقی از مغز که حین انجام آزمون فعال هستند بیش‌تر می‌شود و بنابراین تجمع مولکول‌های نشان‌دار که ایزوتوپ را با خود حمل می‌کنند در این مناطق بیش‌تر می‌شود. فعالیت این مناطق با استفاده از یک ابزار ردیابی اندازه‌گیری می‌شود که تعداد ذرات پوزیترونی را که تشعشع پیدا کرده‌اند شمارش می‌کند. روش PET خصوصاً برای نقشه‌نگاری مناطقی از مغز که در کارکردهای شناختی خاص نقش دارند، مانند تصویرسازی ذهنی، زبان و حافظه کاربرد دارد.

اسکن‌های PET وضوح فضایی نسبتاً خوبی دارند و با استفاده از این روش می‌توان تغییرات فعالیت مغزی را در درون فضایی به وسعت تنها چند میلی‌متر ردیابی کرد. البته اسکن‌های مغزی که به این روش ثبت می‌شوند به لحاظ زمانی از دقتی برابر با روش‌های دیگر تصویربرداری مغز برخوردار نیستند. این اسکن‌ها نمی‌توانند تغییرات بسیار سریع فعالیت مغزی را که در برهه‌هایی کم‌تر از چند هزارم ثانیه رخ می‌دهند به نمایش بگذارند. ایزوتوپ‌های رادیواکتیو که در این روش استفاده می‌شوند گران و نیمه‌عمر آن‌ها کوتاه است. علاوه بر این، استفاده مداوم از این مواد رادیواکتیو ممکن است برای بدن ضرر داشته باشد.

تصویربرداری کارکردی با روش تشدید مغناطیسی: fMRI

در بیش‌تر بررسی‌هایی که با روش ام. آر. آی کارکردی (fMRI) انجام می‌شود بیمار در داخل مجرای قرار می‌گیرد که دربرگیرنده یک میدان مغناطیسی قوی است. پروتون‌ها، که بخشی از اتم را تشکیل می‌دهند و در همه جای بدن وجود دارند، تحت تأثیر این میدان مغناطیسی آرایشی تازه به خود می‌گیرند، درست همان‌گونه که براده‌های آهن در اطراف یک مغناطیس کوچک خودشان را می‌آیند. آن‌گاه مغز یا هر بخش دیگری از بدن که در نظر است اسکن شود در معرض ضربانی از موج رادیویی قرار می‌گیرد. سیگنال‌های رادیویی باز می‌گردند و توسط بخش ردیاب شناسایی می‌شوند.

تصویر ۸.۱ یک اسکن مغزی (MRI) را از نمای برش فرق‌سری نشان می‌دهد.



منبع: Comstock/Thinkstock

در روش fMRI هم مانند PET تغییرات جریان خون موضعی و سطح اکسیژن شناسایی می‌شود. مناطقی از مغز که در این شاخص‌های اندازه‌گیری افزایش نشان می‌دهند آن‌هایی هستند که در کارکرد شناختی خاص مورد نظر، نقش بازی می‌کنند. بنابراین از fMRI هم مانند PET برای تصویر کردن این نواحی فعال در مغز استفاده می‌شود. fMRI نسبت به PET از وضوح فضایی بهتری برخوردار است بدون این‌که خطر مرتبط با تزریق ماده رادیواکتیو را ایجاد کند. در حال حاضر، این دو روش برای بررسی فعالیت مغزی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

انسفالوگرافی مغناطیسی (MEG)

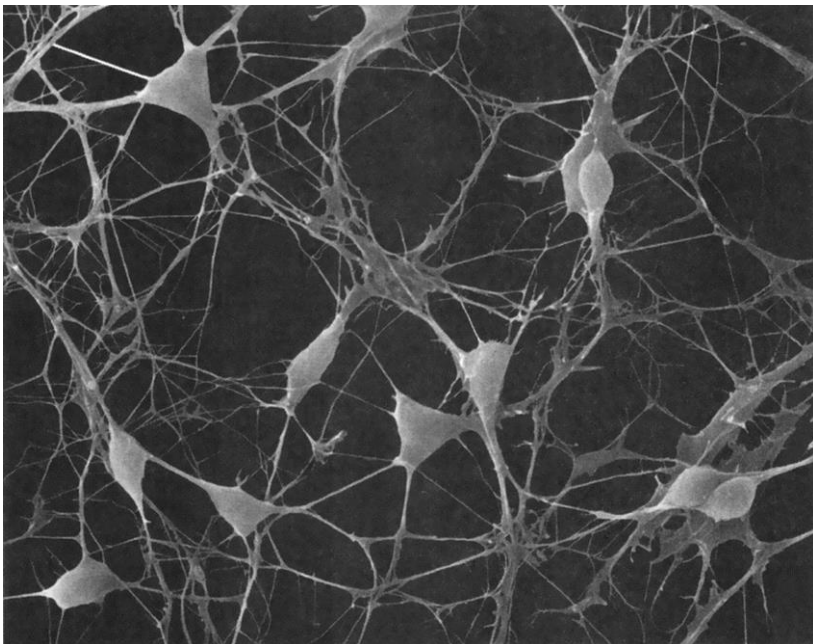
وقتی که نوروها فعال می‌شوند تغییرات کوچکی در میدان مغناطیسی اتفاق می‌افتد. در تکنیکی که انسفالوگرافی مغناطیسی (MEG) نامیده می‌شود، از این تغییرات برای شناسایی الگوهای فعالیت

مغزی استفاده می‌شود (شوارتز، ۱۹۹۹). MEG از دقت فضایی و زمانی نسبتاً خوبی برخوردار است. با استفاده از این تکنیک می‌توان فعالیت مغز را با وضوح فضایی چند میلی‌متر و دقت زمانی کم‌تر از چند هزارم ثانیه ثبت کرد. بیمار ابتدا وسیله‌ای شبیه کلاه ایمنی پر از ردیاب‌های مغناطیسی بسیار سرد را می‌پوشد. سپس در حالی که فرد در حال انجام آزمون است فعالیت مغناطیسی مغز او ثبت می‌شود. داده‌های حاصل سپس به ویدیوهایی سه‌بعدی تبدیل می‌شوند که مکان دقیق و الگوهای فعالیت مغز را نشان می‌دهند.

میکروسکوپ تصویری با برش‌های بسیار ظریف (KESM)

یک پیشرفت اخیر در زمینه تکنولوژی تصویری مغزی میکروسکوپ تصویری با برش‌های بسیار ظریف (KESM) است. این وسیله شامل یک چاقو با لبه‌ای از الماس است که برش‌هایی بسیار ظریف از بافت ایجاد می‌کند. در هنگام برش، یک منبع نور سفید، نوار باریکی از بافت جداشده از لبه

تصویر ۸.۲ تصویر سه‌بعدی از سلول‌های عصبی مغز موش.



چاقو را نورانی می‌کند و تصویر بافت به دوربین منعکس می‌شود. ویدیویی دقیق از بازسازی سه‌بعدی در سطح سلولی به وسیله یک سیستم رایانه‌ای فراهم می‌شود (تصویر ۲. ۸ را ببینید). KESM می‌تواند تمام مغز موش را که در حدود یک سانتی‌متر مکعب است با وضوح ۳۰۰ نانومتر در عرض ۱۰۰ ساعت به صورت رایانه‌ای بازسازی کند. اگر ماشین‌هایی مثل این قرار بود برای تصویربرداری از مغز انسان به کار رود، ما قادر بودیم محل قرار گرفتن و نحوه اتصالات هر سلول عصبی را ثبت کنیم و به این ترتیب داده‌های ایستا ولی بسیار با ارزشی تهیه کنیم که بر پایه آن بتوان کارکرد مغز را پیش‌بینی نمود.

تکنیک‌های تحریک مغز

تحریک از طریق الکتروود

تا این‌جا، به بررسی روش‌هایی پرداختیم که ضایعه مغزی و یا کارکرد مغز سالم را بررسی می‌کنند. تکنیک سومی وجود دارد که نه تهاجمی است و نه غیرتهاجمی. این روش شامل ایجاد فعالیت واقعی در مغز از طریق تحریک الکتریکی یا مغناطیسی است. در روش **تحریک الکتریکی**، جریان الکتریکی از طریق یک الکتروود دوقطبی عبور داده می‌شود، این کار باعث می‌شود که سلول‌های عصبی در ناحیه متمرکزی در بافت مغز فعال شوند. نتایج رفتاری حاصل از این تحریک معمولاً برعکس چیزی است که در موارد ضایعه مغزی می‌بینیم. ضایعات مغزی از فعال شدن سلول‌های عصبی جلوگیری می‌کنند و باعث بروز علائم منفی می‌شوند و باعث فقدان رفتارهایی می‌شوند که ناحیه آسیب‌دیده مسئول اجرای آن‌ها است. تحریک از طرف دیگر، فعالیت سلول‌های عصبی را تهییج می‌کند و باعث بروز علائم مثبت می‌شود و رفتار کنترل‌شده توسط ناحیه تحریک‌شده را تسهیل می‌کند. مشکل این روش این است که تحریک می‌تواند به کارکردی ماورای عادی بیانجامد، فعالیتی بیش از حد معمول در ناحیه مزبور و نواحی مرتبط با آن که می‌تواند رفتارهایی را ایجاد کند که ارتباطی با کارکرد طبیعی ندارند.

تحریک مغناطیسی از روی جمجمه (TMS)

در روش **تحریک مغناطیسی از روی جمجمه (TMS)** یک سیم پیچ بزرگ روی سر فرد قرار می‌گیرد. جریان الکتریکی از میان این سیم پیچ می‌گذرد و یک میدان مغناطیسی ایجاد می‌کند. این میدان مغناطیسی مستقیماً باعث تحریک سلول‌های عصبی می‌شود. اگر ما میدان مغناطیسی را از روی جمجمه بر روی نواحی مختلف قشر خاکستری مغز بگذاریم می‌توانیم شاهد کارکرد ویژه هر کدام از این مناطق باشیم. فعال کردن قشر خاکستری حرکتی، باعث حرکت در قسمت‌های مختلف بدن مثلاً انگشتان می‌شود (پاسکوال- لئون و همکاران، ۱۹۹۸). اگر سیم پیچ را روی ناحیه بینایی اولیه بگذاریم عمل دیدن موقتاً متوقف می‌شود (والش و پاسکوال- لئون، ۲۰۰۵). اگر TMS طی مدت زمانی به‌طور

متناوب استفاده شود از آن می‌توان برای درمان اختلال‌هایی از قبیل افسردگی استفاده کرد. این تکنیک، تحریک تکرارشونده مغناطیسی از روی جمجمه (rTMS) نامیده می‌شود.

اُپتورنتیکس

اُپتورنتیکس یک تکنولوژی جدید و جالب توجه است که به پژوهشگران این اجازه را می‌دهد که بتوانند نورون‌ها را از طریق استفاده از نور کنترل کنند (دیسروت، ۲۰۱۰). در این روش از گروهی از ژن‌ها استفاده می‌شود که پروتئین‌هایی به نام آپسین‌ها می‌سازند. آپسین‌ها که در غشاء سلول نشسته‌اند جریان‌های الکتریکی در گذر از غشاء را تنظیم می‌کنند. این کار آن‌ها بر روی چه‌گونگی علامت‌دهی نورون‌ها و انتقال پیام‌ها به سایر نورون‌های اطراف تأثیر می‌گذارد. وقتی ژن‌های آپسین در داخل نورون‌ها تزریق می‌شوند، پروتئین در درون سلول ساخته می‌شوند و در ساختمان غشاء سلولی ادغام می‌شوند. به هر حال، این پروتئین‌ها حساس به نور هستند و می‌توانند توسط طول موج‌های مخصوص نور چون آبی یا سبز فعال شوند. این حساسیت به نور به پژوهشگران اجازه می‌دهد که به‌طور دقیق روی رفتار هر نورون کنترل داشته باشند. این نورون‌ها می‌توانند تنها با تاباندن یک پالس نوری فعال یا نافعال شوند. به‌علاوه، این عمل می‌تواند با سرعت زیاد یعنی در عرض چند هزارم ثانیه انجام شود. برای مثال، در کانال‌های رودوپسین‌ها، پتانسیل‌های فعالیتی در حد بیش از ۲۰۰ بار در ثانیه ایجاد می‌کند. با این وسیله پژوهشگران می‌توانند حتی گروه‌های مختلف سلولی را هم‌زمان کنترل کنند، به طوری که یک گروه با نور آبی و دسته دیگر با نور زرد تحریک شوند. استفاده از این تکنیک، توانایی بیش از حدی ایجاد می‌کند. جدیداً تکنولوژی‌های اپتیک، اجازه می‌دهد که نور به هر جای مغز حیوان تابانده شود و از ترکیب آن با تکنیک‌های ثبت اپتیکی جدید، کنترل بافت عصبی می‌تواند بدون مداخله‌ای، تحریک و اندازه‌گیری شود. این کار را می‌شود حتی در حیوانات در حال حرکت انجام داد و با دقت بیش‌تری از عمل رایانشی مجموعه‌های نورونی اطلاع کسب کرد. هم‌اکنون نه تنها با تحریک فعالیت با یک محرک، بلکه فعالیت را، آن‌طوری که اتفاق می‌افتد می‌توان تبدیل کرد. مزایای دیگر این روش شامل فهم بهتر درمان‌های آینده برای بیماری‌های پارکینسون، اسکیزوفرنیا و اتیسم می‌باشد.

تصویر کوچک: آناتومی و فیزیولوژی سلول عصبی

سلول‌های عصبی اساس میکروسکوپیک مغز را تشکیل می‌دهند. آن‌ها یگان‌های کارکردی منفردی هستند که عمل رایانش را انجام می‌دهند. هدف سلول عصبی انتقال پیام به شکل تکانه الکتریکی است. یک سلول عصبی را می‌توان به عنوان حلقه ارتباطی در زنجیره پیچیده‌ای فرض کرد که پیام‌هایی را از

سایر سلول‌های عصبی دریافت می‌کند و سپس "تصمیم می‌گیرد" که پیام خود را هم بفرستد. تصویر ۸.۳ ساختار کلی یک سلول عصبی نمونه را نشان می‌دهد. پیام‌ها از طریق شاخه‌های پرماند به نام **دندریت‌ها** دریافت می‌شوند. دندریت‌ها چون شاخه‌های گسترده یک درخت، سلول عصبی را به تعداد زیادی سلول عصبی دیگر وصل می‌کنند. پیامی که توسط دندریت دریافت می‌شود به جسم سلولی فرستاده می‌شود.

پیام‌های دریافت‌شده از سلول‌های دیگر از طریق آکسون در محل التصاق آکسون به جسم سلولی می‌رسد. در این جا، سلول عصبی تمام اطلاعات دریافتی را جمع‌بندی می‌کند. اگر مجموع داده‌های

تصویر ۸.۳ آناتومی سلول عصبی.

