

نگاهی به گستره و تحولات علوم مغز



رضا لشگری*

را برای محققان پیچیده‌تر می‌سازد. پیشرفت‌هایی که در سال‌های اخیر در حوزه شناخت مغز به دست آمده، مرهون ابزارهای دقیق، فناوری‌های نوین و پیشرفته دهه اخیر است که شامل دستگاه‌های تصویربرداری با بزرگنمایی فضایی بالا از جمله MRI و Neuroimaging، ابزارهای دقیق نمونه‌برداری همزمان سیگنال‌های الکتریکی از صدها نورون با قابلیت کاشت و ردیابی درازمدت^۳، ابزارهایی همچون اپتوژنتیک (Optogenetics)، و دهها نوع ابزار جدید دیگر است. در روش اپتوژنتیک با به‌کارگرفتن وکتورهای ویروسی می‌توان بیان نوع خاصی از کانال‌های یونی در نواحی بسیار موضعی خاص قشر و هسته‌های زیرقشری مغز را القا کرد و سپس با تابش طول موج خاصی از نور، فعالیت کانال‌های یونی هدف را تحریک یا مهار کرد. تکنیک اپتوژنتیک از دقت فضایی و زمانی خیلی زیادی برخوردار است. برای هر نوع ژن انتقالی به کانال‌های یونی، طیف خاصی از نور نیاز است که به کانال‌های یونی حساس به نور معروف‌اند. اهمیت این روش از مطالعه تا آنجاست که در سال ۲۰۱۰ در مجله‌های Nature Methods و Science به عنوان روش سال “Method of the year” و دستاورد مهم دهه “Breakthrough of the decade” مورد توجه قرار گرفت. در حال حاضر روش اپتوژنتیک در بسیاری از مطالعات تحقیقاتی شامل اختلالات حرکتی (برای نمونه بیماری پارکینسون)، بیماری آلزایمر، اختلالات روانشناختی مانند اوتیسم، اسکیزوفرنیا،

مغز انسان حاوی میلیاردها نورون است که نتیجه فعالیت و تعامل دسته‌های گوناگون نورون‌ها در بخش‌های مختلف با یکدیگر، رفتارهای حسی و حرکتی انسان را کنترل می‌کند و همچنین اعمال شناختی عالی مغز از قبیل قضاوت، تفکر، یادگیری، حافظه، احساسات، و هوشیاری ما از محیط بیرون را شکل می‌دهد. ارتباطات بین نورون‌های مغز شبکه پیچیده عصبی را تشکیل می‌دهد و این ارتباطات شامل چندین نوع اتصال‌اند: اتصالات کوتاه برد (ارتباط بین و درون لایه‌های قشر مغز)^۱ و اتصالات دوربرد (ارتباط بین نیمکره‌ها و لوب‌های مختلف قشر مغز)^۲. قسمت اعظم ساختار ارتباطات نورونی و عملکرد فعالیت نورون‌های مغز با وجود مطالعات گسترده و دستیابی به دانش مکانیسم‌های نورونی مغز برای دانشمندان تا حدود زیادی ناشناخته است و نیاز به تحقیقات بیشتر برای رمزگشایی و شناخت کامل‌تر دارد. در حقیقت، ساختار و عملکرد فعالیت‌های نورونی مغز پیچیده‌ترین سیستم دینامیکی در طبیعت است.

امروزه پیشرفت‌های بسیار قابل توجهی در جنبه‌هایی از شناخت عملکرد مغز حاصل شده است اما هر چه به دانش و اطلاعات ما در این حوزه افزوده می‌شود سؤالات بیشتری در ذهن تداعی می‌شود که فهم عملکرد مغز

* مرکز آزمایشگاه‌های مهندسی عصبی مغز.

1. inter-and intra-laminar connections
2. inter-and intra-cortical connections; cortical and subcortical connections

3. ultra-thin multi-electrodes & nanoprobes with hundreds of recording sites

افسردگی و مطالعات الکتروفیزیولوژیک مورد استفاده قرار می‌گیرد. به طور کلی تکنیک‌های فوتونیک این امکان را فراهم آورده‌اند که محقق طیف خاصی از نورون‌ها را در یک ناحیه ویژه به صورت طولانی مدت (long-term) مورد ارزیابی قرار دهد.

پیشرفت‌های علمی در حوزه فناوری‌های نوین در شناخت عملکرد مغز فرصت‌ها و چالش‌های زیادی را به همراه آورده است. از جمله فرصت‌هایی که تأثیر عمیقی در زندگی بشر ایجاد نموده می‌توان فناوری‌های تحسین‌برانگیز و روبه‌رشد در حوزه واسطه‌های عصبی مغز (brain prosthetic interfaces) را نام برد که به منظور درمان اختلالات حسی، حرکتی، و شناختی مغز در حال توسعه است. به طوری که ساخت و کاشت تراشه‌های عصبی در مغز همچون پروتزهای حسی (برای نمونه پروتزهای بینایی و شنوایی)، پروتزهای حرکتی (تحریکات عمقی مغز جهت درمان بیماری پارکینسون، بیماری صرع و کنترل اندام فلج یا قطع شده) و پروتزهای شناختی (مانند پروتز هیپوکامپ به منظور reset کردن حافظه از افکار بد و خاطرات ناخوشایند، تقویت و به یادآوری حافظه در بیماران آلزایمری و دمانس) را می‌توان از فعالیت‌های روبه‌رشد دهه اخیر در این حوزه ذکر کرد. با پیدایش تکنولوژی و روش‌های مطالعاتی نوین، اخیراً پژوهشگران طراحی و ساخت حسگرهای میکروسکوپی یا ریزگردهای عصبی (Neural Dust)، که به ضخامت موی سر و کوچکی یک دانه برنج بوده و قابلیت جایگزینی در قشر مغز و هسته‌های مغزی را دارند، را به مرحله کاربردی رسانده‌اند. مهم‌تر اینکه، ادعا می‌شود ریزگردهای عصبی به روش اولتراسوند (امواج فوق صوتی) و به صورت بی‌سیم (wireless) قابلیت انتقال و دریافت سیگنال‌های عصبی را از قشر مغز دارند.

از رویکردهای روبه‌رشد دیگر در این حوزه، مدل‌کردن عملکرد نورون‌ها و مدارهای عصبی با استفاده از الگوریتم‌های محاسباتی است. برای مثال در پروژه Blue Brain که در سوئیس از سال ۲۰۰۵ در حال اجراست، با الگوسازی ساختار و عملکرد مدارهای نورونی مغز موش آزمایشگاهی در تلاش هستند تا یک مدل مناسب از چگونگی عملکرد پویای نورون‌های مغز را شبیه‌سازی کنند. در راستای این اهداف، در چندین پروژه دیگر با سرمایه‌گذاری‌های کلان توسط اتحادیه اروپا (با عنوان Human Brain Project، متمرکز بر فعالیت نورونی مغز موش آزمایشگاهی و انسان با بودجه‌ای بالغ بر یک میلیارد یورو)، مؤسسه ملی سلامت آمریکا (با عنوان پروژه BRAIN Initiative^۱)، متمرکز بر فعالیت نورونی مغز حیوانات آزمایشگاهی پرایمت و انسان با بودجه بالغ بر صد میلیون دلار)، انجمن‌های علمی ژاپن (با عنوان Brain/MIND)، متمرکز بر روی مدل حیوان آزمایشگاهی مارموس، کانادا، کره جنوبی، چین، و تایوان (متمرکز بر مدل‌کردن ساختار و عملکرد فعالیت نورونی مگس سرکه) در تلاش هستند تا نگاهی دقیق‌تری از ساختار نوراناتومیک و عملکرد پیچیده و دینامیک مدارهای نورون‌های مغز را ارائه کنند. پروژه BRAIN Initiative جهت پروژه‌ای است که با هدف ساخت ابزار و فناوری‌های نوین تحقیقاتی، جهت

1. Brain Research Through Advancing Innovative Neurotechnologies

تسریع در فرایند نگاشت کامل مغز بر روی ساختار و عملکرد نورون‌ها و مدارهای پیچیده عصبی شکل گرفته است. دانشمندان علوم اعصاب و مهندسی مغز امیدوارند با مدل‌کردن فعالیت مدارهای نورونی، بتوانند بیماری‌ها و اختلالات عصبی پیچیده را شبیه‌سازی و با دستکاری در این شبکه نورونی، علت اختلالات مربوطه را کشف و درمان مناسبی برای اختلالات عصبی ناشناخته ارائه دهند.

رشد سریع علم و فناوری، چالش‌های اخلاقی مهمی نیز برای بشر ایجاد کرده است. برای مثال سوءاستفاده‌های احتمالی غیر علمی از ابزارهای توسعه یافته چالش‌های جدیدی را از قبیل ذهن خوانی، نسخه برداری اطلاعات از ذهن افراد و انتقال آن به فرد دیگر و دستکاری (manipulation) در نگرش و تصمیم‌گیری افراد، ایجاد خواهد کرد. از طرفی همچنین با وجود ابزارهای پیشرفته تشخیصی موجود، امکان درمان بسیاری از اختلالات عصبی، ناشناخته مانده است. چالش پیش رو این است که با وجود تشخیص بیماری و اختلالات عصبی و عدم دانش کافی در درمان بیماری تشخیص داده شده، آیا مطلع کردن بیمار و خانواده‌اش از بیماری، که احساس ناامیدی و حسرت از عدم دسترسی به درمان را در بیمار و خانواده وی ایجاد می‌کند، قابل توجیه است یا خیر.

به طور کلی با وجود پیشرفت‌های بارز در حوزه مطالعات مغز، شناخت دقیق و ارائه تصویر جامعی از رفتار و برهم‌کنش‌های رفتاری و شناختی نورون‌های مغز، نیازمند هر چه بیشتر سرمایه‌گذاری‌های کلان کشوری و جهانی جهت توسعه ابزارها و فناوری‌های نوین تشخیصی و درمانی، ایجاد مراکز پژوهشی مجهز به تجهیزات پیشرفته، و تشکیل تیم‌های تحقیقاتی خیره‌مکب از محققان علوم اعصاب، علوم پایه مهندسی، و ریاضیات و فیزیک متمرکز بر روی پروژه‌های جامع و مشترک است. با فراهم کردن شرایط و نیازمندی‌های مطالعات پژوهشی، ایجاد پایگاه جهانی کلان‌داده‌های نورونی (Big Data) و دسترسی محققان سرتاسر دنیا به این کلان‌داده‌ها، کشف ساختار و عملکرد مدارهای پیچیده مغز جهت مدل‌کردن عملکرد یک مغز ساده دینامیک می‌تواند قابل تصور باشد.

پیش‌بینی می‌شود که با گسترش وسیع دانش و فناوری در حوزه علوم مغز، رویکردهای علمی این حوزه در دو دهه آینده به سمت طراحی، ساخت و توسعه ریزگردها و تراشه‌های پیشرفته عصبی، در مقیاس میکرو و نانو (Nano/Microchips) با قابلیت عملکردی به عنوان مدارهای پیچیده نورونی و جایگزین شدن در بافت مغز، طراحی و ساخت نسل جدید دستگاه‌های تصویر برداری مغزی با وضوح و بزرگنمایی بالا از مدارهای نورونی در لایه‌های قشر مغز، ظهور ابزارهای جدید و سیار نمونه برداری حجیم سیگنال‌های مغز و انتقال معکوس سیگنال به روش بی‌سیم به بافت مغز نیز از فناوری‌های محتمل آینده خواهند بود. با پیشرفت این حوزه از دانش تفسیر علمی روشن‌تری از مدارهای پیچیده نورونی درگیر در فعالیت‌های عالی مغز از قبیل آگاهی (consciousness)، احساسات (feelings)، خواب و رویا (dream)، تشخیص و درمان اختلالات ناشناخته عصبی که از مسائل همواره مبهم و سؤال‌برانگیز بشر بوده را شاهد خواهیم بود. ■