

## گزارش مطالعه در

### انستیتوی فعالیتهای عالی عصبی و

### انستیتو پاولف روسیه

بی گمان فعالیتهای گروهی دانشجویان در هر سطحی از دوران تحصیلشان، متضمن رشد و تعالی دانشجویان آینده و نیز خود آنها خواهد بود. دوستان ارجمندی که در گروه عصب شناسی سمپاد مشغول مطالعه و تحقیق هستند، همواره از حمایتهای بی دریغ سازمان ملی پرورش استعدادهای درخشان و ریاست محترم آن، که همواره در تهیه منابع علمی و مکان این گروه پیگیری و کوشش نموده اند، بهره مند بوده اند. این سفر علمی - که با ارائه کارهای گروه عصب شناسی سمپاد به «انستیتوی فعالیتهای عالی عصبی» و «انستیتوی پاولف» روسیه و اخذ دعوتنامه از این دو بود و در جهت پیشبرد مطالعات عصب شناسی و آشنایی بیشتر این گروه با فعالیتهای علمی بین المللی در رشته عصب شناسی انجام شد - با حمایت پیگیر و بی دریغ ریاست محترم سازمان ملی پرورش استعدادهای درخشان، همراه بود. امید است در فصل جداگانه ای گزارش این حمایتها و تلاشها به استحضارتان برسد. متن ذیل حاوی کلیات گزارش علمی این دو انستیتو می باشد.

آرش یزدانبخش ، آرش فضل ، سیدرضاافراز

○ ○ ○ ○

تسمیه انستیتوی اول نامی است که پاولف به اعمال عالی دستگاه اعصاب مرکزی داده است. (IHNA در جنوب غربی مسکو که اکثر مراکز علمی و دانشگاهی در آن بخش متمرکز هستند،

در این سفر گروه سه نفره ما موفق به مطالعه در دو انستیتو گردید:

انستیتوی فعالیتهای عالی (برتر) عصبی<sup>۱</sup> (IHNA) در مسکو و انستیتوی پاولف<sup>۲</sup> در سن پترزبورگ (لنینگراد سابق). (وجه

قرار دارد و شامل پنجاه آزمایشگاه است. این رسم متمرکزسازی از زمان اتحاد شوروی سابق باقی مانده است. شما در IHNA می‌توانید انواع رویکردها را به مطالعه مغز نظاره کنید. این رسم در ممالک غربی وجود ندارد و همکاری چند انستیتوی نه چندان بزرگ در سراسر کشور، برای رویکرد به یک مسأله، تشریک مساعی می‌کنند. برای مثال انستیتوی ماکس پلانک آلمان کتابخانه ندارد بلکه تنها کارتی به شما می‌دهد تا از هر کتابخانه‌ای در آلمان بتوانید کتاب دریافت کنید. هزینه IHNA - که زیرمجموعه آکادمی علوم شوروی است - توسط دولت کمونیستی تأمین می‌گردید بنابراین پس از فروپاشی اتحاد شوروی و نابسامانیهای اقتصادی،

IHNA دچار مشکلات مالی بسیاری شده است تا حدی که پرداخت حقوق محققین، نامنظم و برای اداره زندگی ساده، ناکافی گردیده است. (در حالی که امکانات و منابع مالی قبل از ۱۹۹۱ از آسمان می‌باریده است). این ضربه نامنتظره تا حدود دوسال، تمام فعالیتهای انستیتو را مختل کرد ولی بعد از آن اساتید و پژوهشگران به تدریج راه جذب پستوانه‌های مالی<sup>۳</sup> را از تجار و بعضی مراکز ویژه در غرب یافتند و با تکیه بر بنیه قوی و بالای علمی و عرضه مقالات و یافته‌های خود به مراکز بین‌المللی، به مرور چرخ تحقیق و پژوهش را در انستیتو به گردش درآورده‌اند.

### شروع کار در انستیتوی فعالیتهای عالی عصبی

پس از پیاده شدن در فرودگاه نه چندان مدرن مسکو، توسط دکتر الکساندر سرگیویچ تیخامیرف<sup>۴</sup> استقبال شدیم. همچنین دکتر علی مقیمی که از دانشجویان برجسته ایرانی مقیم مسکو در رشته نور و فیزیولوژی و آقای قربانی از طرف سفارت ایران - به سفارش جناب آقای دکتر اژه‌ای - به استقبال آمده بودند. با این هیأت استقبال دیگر جایی برای حس غربی و ناآشنایی باقی نمی‌ماند! همراه دکتر

تیخامیرف با خودروی سفارت، به سفارت ایران رفتیم و الحق که از سفارت روسیه در تهران خیلی بهتر و زیباتر بود. (ما از این بابت احساس غرور کردیم). سپس بدون درنگ به IHNA رفتیم و کارمان را شروع کردیم. با دکتر شولف<sup>۵</sup>، رئیس بخش بینایی انستیتو - که دعوت ما از طرف او بود - ملاقات کردیم. او بعد از گفتگو با ما و پرسیدن علایق ما، برنامه‌ای برای بازدید از مراکز مختلف انستیتو تنظیم نمود. انستیتو

حرکت الکتروود به داخل مغز با دقت ۱ میکرون تنظیم می‌گردید. بنابراین یک الکتروود می‌توانست در اعماق مختلف مغز، سلولهای مختلفی را پیدا کند و پاسخ آنها را ثبت کند. آزمایشگاه دیگری که زیر نظر دکتر شولف کار می‌کرد، آزمایشگاه EEG<sup>۱۴</sup> بود که به مطالعه ریتیم منظم امواج آلفا روی قشر پس‌سری و تداخل عمل آن با فعالیت دستگاه عصبی بینایی می‌پرداخت. گاهی به علت حرکت خاص این موج در قشر مغز و در شرایط خاص آزمایشگاهی می‌شد برای فرد مورد آزمایش، توهّمات بینایی به وجود آورد. در یکی از آزمایشگاههای طبقه دوم دکتر ایوانیتسکی<sup>۱۵</sup> - که فرزند یکی از محققین مشهور روسیه به نام پروفیسور ایوانیتسکی بود - روی انجام آزمایشهای رفتاری با رویکرد به EEG کار می‌کرد. فرد مورد آزمایش بایستی به سؤالاتی در مورد رابطه فضایی اشیا و نیز به سؤالاتی در مورد معلومات عمومی و معماهای کلامی پاسخ می‌داد و در همان حین امواج EEG او ثبت می‌گردید. اصل کار از اینجا شروع می‌شد. با انجام FFT<sup>۱۶</sup>، امواج EEG به فرکانسهای مختلف تشکیل دهنده آن شکسته می‌شد. سپس هم‌فازی<sup>۱۷</sup> این امواج در سطح سر محاسبه می‌شد و مقدار هم‌فازی از ۱ تا صفر درجه‌بندی می‌شد. سپس مناطق با هم‌فازی خاص با

ساختمانی شش طبقه داشت. چهار آزمایشگاه در طبقه پنجم مربوط به دکتر شولف بود و تحقیقات بینایی در آنها انجام می‌گردید. دکتر تیخامیرف در یکی از آنها که مربوط به ثبت تک‌سلولی<sup>۱۸</sup> بود، کار می‌کرد. از زمان هوبل<sup>۱۹</sup> و ویزل<sup>۲۰</sup> سلولهای حساس به جهتی خاص در ناحیه ۱۷ مغز - یا همان منطقه اول بینایی (V<sub>1</sub>) - شناسایی شده‌اند (سلولهای میله‌یاب). ولی دکتر شولف و تیم او با ثبت رفتار تک‌سلولی در این منطقه نشان داده‌اند که بخش قابل توجهی از این سلولها عملاً میله‌یاب<sup>۲۱</sup> نیستند بلکه به اشکالی صلیب‌مانند<sup>۲۲</sup> و زاویه‌مانند<sup>۲۳</sup> تا سه برابر و حتی در مواردی تا ۱۷ برابر بهتر پاسخ می‌دهند. این تحقیق هنوز در کتب مرجع چاپ نشده ولی مورد قبول محققین جهانی واقع شده است. در روش ثبت تک‌سلولی، حیوان آزمایشگاهی (در اینجا گربه) در دستگاه استریوتاکی قرار می‌گرفت و سوراخی در جمجمه‌اش باز می‌شد و پرده سخت شامه به ملایمت کنار زده می‌شد و الکتروود شیشه‌ای مخصوصی وارد مغز می‌گردید که به ترتیب به تقویت‌کننده اول<sup>۲۴</sup> و بعد آمپلی‌فایر اصلی و سپس به دستگاه ADC<sup>۲۵</sup> و بالاخره به کامپیوتر وصل می‌گردید و محرکهای دلخواه ماکه روی مانیتور نمایش داده می‌شد، ثبت می‌کرد.

یک رنگ و همین طور مقادیر مختلف هم‌فازی، با رنگ‌های مختلف نمایش داده می‌شد و شما سطح مغز را به صورت یک نقشه توپوگرافی مشاهده می‌کردید. تا اینجای کار معمول است. نکته جالب در کارهای ایوانیتسکی این بود که با آنالیزهای دقیقتر، ارتباط مناطق مختلف کورتکس را با توجه به این نقشه به دست می‌آورد و عملاً در اثبات تئوری پدرش (پروفسور ایوانیتسکی) که واحدهای پردازشگر را برای اعمال خاص پیشنهاد می‌کرد، گام برمی‌داشت. در آزمایش فوق‌الذکر کوشش این بود که نشان داده شود، امواج مغزی در دو نوع فعالیت «تصور فضایی، بصری» و «تفکر گزاره‌ای و کلامی» متفاوت است. پس از بررسی این دو نوع EEG به وسیله یک شبکه عصبی مصنوعی این امر ثابت می‌گردد و شبکه عصبی مصنوعی قادر می‌گشت با بررسی موج ارائه‌شده، قضاوت کند که فرد در حال چه نوع فعالیتی بوده است. در آزمایشگاه دکتر ژاوورونکو<sup>۱۸</sup> از همین روش برای بررسی مراحل بیهوشی و نیز تفاوت‌های افراد سالم و قربانیان انفجار نیروگاه اتمی چرنوبیل استفاده می‌شد. او همچنین به تفاوت‌های افراد به اصطلاح غیرعلمی چپ‌دست و راست‌دست و نیمکره‌های چپ و راست مغز علاقمند بود. نکته جالب در مورد او این بود که به هر مسأله‌ای به عنوان

سوژه‌ای برای آزمایش نگاه می‌کرد؛ مثلاً وقتی ما تقویمها و وسایل یادداشت‌مان را جلوی او باز کردیم، با علاقمندی اظهار کرد که حروف و نوشتن و نیز باز کردن کتابهایمان برعکس ماست و شاید این به علت تفاوت‌های مغزی باشد! در آزمایشگاه جالب دیگری دکتر باگدانف<sup>۱۹</sup> روی ارتباط خاص بین نرونی و تغییرات سریع آنها هنگام تغییر رفتار حیوان آزمایشگاهی کار می‌کرد. روش کار ثبت برون سلولی<sup>۲۰</sup> در موجود زنده (In vivo) بود. مبنای این روش، یک دسته الکتروود فلزی کنار هم بود که هر کدام از آنها پاسخ یک دسته ۷-۸ نرونی را ثبت می‌کردند. با درخواست ما دکتر باگدانف روش ساخت این الکتروودها را عملاً نشانمان داد. هنگام مشاهده روش، به این فکر افتادیم که همین روش را برای کار روی قشر بینایی مغز به کار ببریم. وقتی نظرم‌ان را به دکتر باگدانف هم گفتیم، در کمال تعجب به ما گفت ایرادی ندارد ولی حتماً در مقاله‌تان قید کنید که در این کار از روش باگدانف برای ساخت الکتروود استفاده کرده‌اید! او به ما گفت این روش ابداع خود او است و تا قبل از آن، از دسته الکتروودی استفاده می‌شده است که امکان اندازه‌گیری دقیق فواصل بین الکتروودهای آنها وجود نداشته است. در هنگام آزمایش روی موجهایی که از

هر یک از الکترودها دریافت می‌شد، عمل هم‌ارتباطی<sup>۲۱</sup> انجام می‌گرفت و موجهای تکرار حذف می‌گردید. سپس معین می‌شد که بین کدام موجها ارتباط تنگاتنگتری وجود دارد (پس از انجام اعمال فوق، هر موج یا Spike عملاً نشان‌دهنده یک سلول عصبی بود) و میزان ارتباط به عنوان قدرت ارتباطی دو سلول عصبی تلقی می‌گردید. با گدائف تغییر این ارتباطها را در جریان دو فعالیت «صبر کردن خاموش» و «صبر کردن فعال» نشان داده بود. یعنی حیوانی که منتظر یک قطعه خوراکی بود اول بدون عجله و آرام صبر می‌کرد ولی وقتی که زمان غذا خوردن نزدیک می‌شد حیوان بی‌صبر می‌گردید. در آزمایشگاه دکتر پاولوا روی ایجاد مکانیسمهای شرطی شدن پاولفی در سگها کار می‌شد. حیوان یاد می‌گرفت که برای به دست آوردن گوشت باید وضعیتی به خود بگیرد که کاملاً با شکل رفتار عادی و غریزی او تفاوت داشت. سگ معمولاً دست و سر خود را در یک جهت خم می‌کند ولی اینجا او می‌بایست در دو جهت متفاوت خم می‌کرد! به غیر از ثبت سلولی، محققین این رشته، ایجاد ضایعات مغزی را در قسمت خاصی از قشر روی تشکیل این یادگیری - قبل و بعد از یادگیری - مطالعه کرده بودند. در طبقه آخر انستیتو آزمایش کوچک

و ابتکاری حلزونها که دکتر زاخارف<sup>۲۲</sup> در آن کار می‌کرد جلب توجه می‌نمود. حلزون موجود شگفت‌انگیزی است! می‌توان آن را راحت شرطی کرد و چون تعداد کمی سلول عصبی دارد، شما می‌توانید در سطح نرونی شبکه عصبی مسئول این رفتار را پیدا کنید! اندر عجایب این موجود این نکته که اگر مغز یک حلزون را بیرون آورید و به یک حلزون دیگر پیوند بزنید، حیوان دوم دو شاخک جدید درمی‌آورد و چهار شاخک می‌شود! منظور این که حیوان بسیار مقاوم و مستعدی برای آزمایشهای ابتکاری مختلف می‌باشد. آرش افراز آن قدر موی دماغ دکتر زاخارف شد که علاوه بر انبوهی از کتاب و مقاله و مجله توانست یک ظرف پتری حاوی یک کودکستان بچه حلزون نژاد مدیترانه‌ای از دکتر زاخارف بگیرد. در تمام طول این سفر کودکستان عجیب در جیب کت او قرار داشت و او به آنها غذا و هوا می‌داد! دکتر زاخارف ضمناً با آزمایشگاه Photo imaging همکاری داشت و مدلهای رفتاری حیوان را با این وسیله هم مورد ارزیابی قرار می‌داد. کار این آزمایشگاه تصویربرداری از فعالیت عصبی است و براساس تغییر جذب نوری نرون، هنگام فعالیت و در نتیجه تغییر تصویر بازتاب نور از شبکه نرونی، زیر میکروسکوپ بنا شده است. لازم به ذکر است که تغییر

در بازتاب نور، توسط مجموعه‌ای از مقاومتهای نوری ثبت می‌شد زیرا دوربین ویدیویی دقت زمانی (نه مکانی) لازم برای این کار را ندارد. در یکی دیگر از اتاقهای طبقه ششم به آزمایشگاه دکتر فرولف<sup>۲۳</sup> رفتیم که یک ریاضی‌دان بود و عملاً روی تئوریهای حرکتی کار می‌کرد. او بعد از فروپاشی شوروی سابق با یکی از آزمایشگاههای دانشگاه پیر و ماری کوری فرانسه همکاری می‌کرد، بدین صورت که تحقیقات آزمایشگاهی در فرانسه انجام می‌شد و مدل‌سازیهای ریاضی در روسیه. با پیگیریهایی که انجام دادیم، دکتر فرولف کتابی حاوی معلومات ریاضی برنامه‌ریزی برای EEG و سایر اعمال مورد نیاز در مطالعات مختلف عصب‌شناسی را در اختیارمان قرار داد. اکنون که صحبت به اینجا رسید اجازه دهید کمی به عقب برگردیم و توضیح دهیم که چرا این کتاب این قدر برای ما مهم بود. با گزارش فشرده‌ای که از نظرتان گذشت احتمالاً دریافته‌اید که در کارهای عصب‌شناسی، روسها چقدر روی EEG تأکید می‌کنند. ما به این نتیجه رسیدیم که یک دلیل عمده این کار، ارزانی تکنیک است. روسها آزمایشگاههای ثروتمندی ندارند و شما اگر یک کامپیوتر خوب و برنامه مناسب را داشته باشید، عملاً نصف وسایل را دارید؛ می‌ماند یک آمپلی‌فایر و یک

مبدل آنالوگ به دیجیتال؛ نه دارو، نه مواد شیمیایی. با داشتن اینها شما می‌توانید هر چه دلتان بخواهد آزمایش کنید. ولی نکته مهمی که وجود دارد و پس از بحثهای فراوان و سر و کله زدنهای زیاد با روسها به آن رسیدیم این است که در طول آزمایش، نیاز شما به عنوان پژوهشگر تغییر می‌کند و باید در این ارتباط، برنامه کامپیوتری شما هم تغییر کند. این بدان معنی است که شما باید نویسنده برنامه را همواره در کنار خود داشته باشید و یا این که خودتان نویسنده برنامه باشید. حالت سوم این است که برنامه شما آنقدر حالات انتخاب داشته باشد که شما بسته به نیازتان هر پارامتری را می‌خواهید، انتخاب کنید. حالت سوم مردود است: نوشتن چنین برنامه‌ای نه تنها بسیار پرهزینه و گران‌قیمت است بلکه گاهی از نظر عملی نیز غیرممکن است. در مورد دو حالت اول و دوم باید بگوییم که هر دو در انستیتو وجود داشتند: در آزمایشگاه دکتر شولف دو تن برنامه‌ریز وجود داشتند - که یکی از آنها به نام دکتر شارایف<sup>۲۴</sup> اطلاعات تکنیکی بسیاری در اختیار ما گذاشت - و حالت دوم هم دکتر لئونید الکساندروف<sup>۲۵</sup> بود که شخصاً برنامه‌هایش را می‌نوشت و اصلاحات لازم را طبق شرایط آزمایش انجام می‌داد. برنامه مربوط به سیستم بینایی گران، (در حدود هزار دلار) بود

و ما برای این که قادر باشیم دانش فنی برنامه‌نویسی را به دست آوریم، کتاب دکتر فرولف گنج بی‌نظیری به حساب می‌آمد. دکتر فرولف توضیح داد که همه برنامه‌هایش را شخصاً می‌نویسد و بر حسب نیازهایش تغییرات لازم را در آنها می‌دهد. مرجع اصلی او همین کتاب بود که با جمع کردن حقوق چند ماهش خریده بود. بنابراین از آن کتاب یک فتوکپی تهیه کردیم. در طبقه چهارم، آزمایشگاه جالبی در زمینه هوشیاری<sup>۲۶</sup> زیر نظر دکتر کاستاندوف<sup>۲۷</sup> اداره می‌شد که در آن زمان روی ناخودآگاه تحقیق می‌کردند. حالات ناخودآگاه فرد که روی اعمال او تأثیر می‌گذارد، set نامیده می‌شود. آزمایش جالب این گروه چنین بود: می‌دانید که الفبای روسی تفاوت‌های زیادی با غربی دارد؛ مثلاً حرف S در الفبای روسی یا سرلیک وجود ندارد و حرف P در روسی صدای R می‌دهد یا B صدای V می‌دهد. پس مسلم است که کلمه SARB روسی نیست چون S دارد. فرد مورد آزمایش کلماتی نظیر این را که مشخصاً روسی نیستند می‌بیند و باید آنها را بلند بخواند. بعد از سی کلمه این چنین، بدون اطلاع فرد به او کلماتی دوپهلوی نشان داده می‌شود که هم می‌شود آنها را به روسی و هم به انگلیسی خواند؛ مثل CAP که در روسی «سار» و در انگلیسی «کپ» خوانده می‌شود. منتها این کلمات اخیر

تنها در روسی دارای معنی هستند و اگر به صورت انگلیسی خوانده شوند، بی‌معنی خواهند بود. ولی فرد به علت حالت درونی خود - که به انگلیسی خواندن عادت کرده است - متوجه این تغییر نمی‌شود و همیشه اولین کلمه دوپهلوی را انگلیسی می‌خواند. البته این که تا چه حد به اشتباه ادامه می‌دهد، بستگی به نوع فرد(!) دارد. افراد را با این آزمایش به دو نوع تقسیم می‌کردند. یک سری افرادی که کمتر از ۶ کلمه را اشتباه می‌خواندند، افراد ناپایدار<sup>۲۸</sup> نامیده می‌شدند (زیرا حالت درونی یا set ایجاد شده در آزمایش کوتاه مدت بود). افرادی هم که بیش از ۶ کلمه را اشتباه می‌خواندند افراد پایدار<sup>۲۹</sup> می‌گفتند. نکته جالب اینجا بود که امواج مغزی (EEG) این افراد در منطقه پیشانی<sup>۳۰</sup> متفاوت بود و افراد ناپایدار فعالیت بیشتری در این منطقه مغز داشتند! می‌دانستیم که منطقه پیشانی با «توجه کردن» ارتباط دارد و به این خاطر، آزمایش بسیار برایمان جالب بود.

در آزمایش ترمورادیوگرافی که در آزمایشگاه دیگری انجام می‌شد، امواج مادون قرمز از سطح مغز ثبت می‌کردید و می‌شد با آن نقشه مناطق مغزی را در حین انجام فعالیت‌های گوناگون رسم کرد. ایراد تکنیک این بود که بایستی مجموعه باز می‌شد زیرا مجموعه ضخیم باعث جذب این امواج می‌گردید ولی در حین

عمل جراحی تکنیک سودمندی بود. در یک بررسی کلی انستیتوی فعالیتهای عالی عصبی در اکثر موارد رویکردی کل‌گرایانه به سیستم اعصاب در بخشهای مختلف آن داشت زیرا EEG فعالیت مناطق زیادی از قشر مغز را به اطلاع ما می‌رساند. البته در موارد ویژه‌ای مانند تکنیکهای ثبت تک‌سلولی این دیدگاه وجود نداشت ولی این موارد هم جزیی از یک نگرش کل‌گرایانه را نشان می‌داد که در کارهای دکتر شولف پیگیری می‌شد. ما هیچ‌گاه قبل از آن به اهمیت EEG در کارهای تحقیقاتی تا این درجه پی نبرده بودیم. به عنوان دانشجویان پزشکی، ما از EEG تنها موارد استفاده محدودی در تشخیص صرع و یا تعیین کانون سرطانی در مغز و نظایر آن استفاده می‌کردیم ولی در IHNA شاهد بودیم که چگونه با کمی پردازش امواج<sup>۳۱</sup> می‌توان اطلاعات ذی‌قیمتی از همین EEG ارزان‌قیمت به دست آورد و نقشه دوبعدی از سطح مغز - و یا حتی با پردازشهای پیچیده‌تر

نقشه سه‌بعدی - آن را دید و همینطور شاهد بودیم که چطور در این نقشه‌ها امواج خاصی با سرعت بسیار زیاد روی سطح مغز منتشر می‌شود. بعد از فروپاشی اتحاد شوروی سابق، مغزهای علمی این کشور به دنیای ثروتمند غرب جذب شده‌اند ولی هنوز ارتباط خود را با سرزمین خود حفظ کرده‌اند. یکی از این مهندسان هوشمند را به نام ولادیمیر کونیچوف<sup>۳۲</sup> در مؤسسه دیدیم. او در کمپانی بزرگ نیکون ژاپن کار می‌کرد و با طرح یک برنامه عظیم توانسته بود اطلاعات سه‌بعدی از EEG به دست آورد و محل دقیق ایجاد امواج را در حین فعالیت خاص ذهنی مثل سخن گفتن یا مثلاً در جریان حرکت یک انگشت خاص نشان دهد. برنامه عظیم او همچنین می‌توانست اطلاعات حاصل از تصویرنگاری تشدید مغناطیسی<sup>۳۳</sup> را با این داده‌ها تلفیق نماید. این کار او کمک شایانی به مشخص کردن محل دقیق مراکز درگیر در فعالیت ذهنی می‌نمود.

### در انستیتوی پاولف چه دیدیم

از ابتدای سفر تصمیم گرفته بودیم که پس از مرحله مقدماتی آشنایی با انستیتو - که اکثر بازدیدها به همین مرحله ختم می‌شوند - باز هم در مورد فعالیتها و پژوهشها کندوکاو کنیم (چون تازه در

این حالت است که نتایج ارزشمند به دست می‌آیند و کار از یک بازدید صرف فراتر می‌رود. به همین علت تصمیم گرفتیم که از کل ۲۰ روزی که در روسیه هستیم، ۱۵ روز را به مسکو



آزمایشگاهی، قسمت آزمایشگاههای بیولوژیک غیرفعال بود و تنها آزمایشهای رفتاری و EEG در آن جریان داشت. دکتر شلپین<sup>۳۴</sup> که میزبان ما به حساب می‌آمد، روی تشخیص فرکانسهای فضایی (مثل تصاویری که از تداخل امواج نور ایجاد می‌شوند) کار می‌کرد و نشان داده بود که بیشترین حساسیت چشم در فرکانس 4-6/min است (یعنی در هر دقیقه فضا ۴ تا ۶ موج وجود داشته باشد).

کار جالبی بود ولی این سؤال برایمان ایجاد شد که این روش به چه درد می‌خورد؟ بعد فهمیدیم که او همکار نزدیکی ریاضی‌دانی به نام کروسلینیکوف<sup>۳۵</sup> است. این دو نفر با همکاری هم مدل‌های ریاضی برای تبیین این امر درست می‌کردند و نشان داده بودند که مدل آنها در شرایط مشابه، دقیقاً مانند مغز انسان رفتار می‌کند و با کمک نتایجی که از این تئوری به دست می‌آمد، اقدام به طرح‌ریزی آزمایشهایی برای درک تصاویر در مغز حیوانات آزمایشگاهی کرده بودند. جالب است بدانید با وجود آماده بودن همه وسایل کار، به دلیل نبودن نیروی جوان، کار متوقف مانده بود! یعنی هیچ دانشجوی Ph.D که راه‌اندازی آزمایش را به عهده گیرد، نداشتند و عجیب اظهار علاقه می‌کردند که ما در فعالیتشان شرکت کنیم. در کالتوشه توانستیم به حضور رییس

و انستیتوی IHNA اختصاص دهیم که حاصل آن هم کتاب دکتر فرولف و حلزونهای دکتر زاخارف و مقالات متعدد و اطلاعات تکنیکی زیاد بود. ضمناً توانستیم برنامه‌های کامپیوتری دکتر شارایف را هم به دست آوریم. به همین علت برای مؤسسه تحقیقاتی پاولف در سنت پترزبورگ تنها سه روز فرصت داشتیم که همان را هم غنیمت شمردیم. برای این که وقت مفیدمان در سفر گرفته نشود، شب هنگام از مسکو با قطار عازم سنت پترزبورگ شدیم و صبح آماده دیدن انستیتو پاولف بودیم. قبل از رسیدن به آنجا برایمان گفته بودند که تنها یک ساختمان به انستیتو در داخل شهر اختصاص دارد ولی در خارج شهر (یک ساعت راه با اتوبوس)، دهکده‌ای به نام کالتوشه به طور ویژه به پاولف و تحقیقات فیزیولوژیک اختصاص داده شده است. معروف است که لنین برای نگه داشتن پاولف در شوروی سابق، این دهکده را برای تحقیقات او اختصاص داده است. همان تمرکزگرایی زمان کمونیسم هم در کالتوشه به چشم می‌خورد. هر ساختمان این دهکده پژوهشکده یک سیستم بدن مثل دستگاه گوارش، دستگاه قلب و عروق، دستگاه تنفس و... بود و ساختمان مرکزی دهکده اختصاص به تحقیقات سیستم عصبی داشت. متأسفانه به علت نبود داروها و مواد شیمیایی

قدیمی بخش عصب‌شناسی یعنی پروفیسور گلیر<sup>۳۶</sup> برسیم و در آنجا بود که به زیبایی کار کالتوشه پی بردیم. تمامی آزمایشهایی که در کالتوشه در بخش عصب‌شناسی طرح و اجرا می‌شد، در چارچوب یک تئوری واحد بود (تئوری متحد بینایی) و آزمایشهای شلپین و تمام مدل‌سازیهای او، آزمایشهای بخش رفتاری و چند آزمایشگاه دیگر برای بسط و اثبات تئوری پروفیسور گلیر کار می‌کردند. این تئوری حتی در زمینه توضیح تفاوت‌های نیمکره‌های چپ-و راست مغز هم توانا بود. حتی در مواردی تئوری گلیر با تئوری عدم قطعیت هایزنبرگ در فیزیک شباهت‌های زیادی داشت. در ضمن تئوری او با نتایج آزمایشگاهی نیز مطابقت می‌کرد. ما به خود جرأت دادیم و درباره مقالات تحقیقی خود از پروفیسور سؤال کردیم. در کمال تعجب گلیر سرش را بلند کرد و گفت اینها خیلی جالب هستند و ما هم به همین نتایج در کارهای آزمایشگاهیمان رسیده‌ایم. او وقتی شنید که ما این نتایج را چاپ نکرده‌ایم (که اکنون این مقالات در مجله Brain & Cognition پذیرفته شده‌اند) توصیه کرد که حتماً آنها را برای کنفرانس اروپایی تحقیقات بینایی ارسال کنیم و قول داد که آدرس کنفرانس را برای ما بفرستد.

در فرصت محدودی که داشتیم از قسمتهای برنامه‌ریزی کالتوشه هم دیدار کردیم و اینجا هم سیستمی مشابه IHNA ولی کاملتر و متمرکزتر دیدیم. البته سیستم از مسکو کاملتر بود اما در مجموع به نظر می‌رسید شاید به خاطر مسایل اقتصادی، فعالیت در مسکو (IHNA) بیشتر باشد. برنامه‌نویسان اینجا در قلب کار حضور داشتند و اشکالات را رفع می‌کردند. اکثر آنان به علت زمان طولانی خدمت در این گروه، عملاً مبانی علم اعصاب را هم می‌دانستند. دکتر شلپین همکار برنامه‌ریز نزدیکی به نام چیکمن<sup>۳۷</sup> داشت که اطلاعات مفیدی در زمینه دوربین تلویزیونی و ویدیویی در کارهای عصب‌شناسی در اختیار ما گذاشت. در ساده‌ترین مقایسه بین این دو انستیتوی تحقیقاتی در مسکو و در سن پترزبورگ می‌توان گفت که کار در مسکو وسیع و سن پترزبورگ عمیق بود. در سن پترزبورگ تعداد آزمایشگاهها مثل مسکو زیاد نبود ولی آن تعداد محدود، هدف واحدی را نشانه رفته بودند. در سن پترزبورگ شخصاً در چند آزمایش شرکت کردیم و جالب است که بدانید نتایج حاصل از ما با هیچ کدام از نتایج قبلی مطابقت نداشتند و تکرار آزمایش هم سودی نکرد. وقتی دکتر شلپین و همکار جوانش آلکساندر حسابی دود از کله‌شان بلند شد، ما توضیح دادیم که از چه سرنخهایی برای

پیرامون آزمایشهای انجام شده در این زمینه گذراندیم. جالب این که اینجا هم EEG وسیله اصلی آزمایش بود و به علت نزدیکی گرایش گروه آنها با ما، آینده همکاریهایمان بسیار روشن می‌نماید. در گزارشهای آینده هر کدام از بخشهای IHNA و کالتوشه را به صورت کاملتری به استحضار خوانندگان عزیز خواهیم رساند.

۱۳۷۶/۱/۱۵

و من الله التوفیق

گروه عصب‌شناسی سمپاد

جواب دادن استفاده کرده‌ایم و به اصطلاح چه کلکی سوار کرده‌ایم! آنها فکر چنین حالتی را نمی‌کردند و قرار شد که این ایراد آزمایششان را برطرف کنند! در سن پترزبورگ به شخصیت بسیار جالب دیگری هم به نام ایگور نیکلایوویچ<sup>۳۸</sup> و همکار جوانش به نام دیمتری برخورد کردیم که دقیقاً روی علائق ما - یعنی تفاوت‌های دونیمکره در ادراک بینایی - کار می‌کردند. ما تقریباً یک روز کامل را به بحث و تبادل نظر

یادداشت‌ها :

- |  |                             |
|--|-----------------------------|
| 1- Institute of Higher Nervous Activities (IHNA) | 20- Extracellular Recording |
| 2- I.P. Pavlov Inst.                             | 21- Transcorrelation        |
| 3- Grant   | 22- I.S Zakharov            |
| 4- Alexander Sergeivich Tikhomirov               | 23- A.A Frolov              |
| 5- I.A Shevelev                                  | 24- G.A Sharaev             |
| 6- Single Cell Recording                         | 25- L. Alexandrov           |
| 7- D. Hubel                                      | 26- Consciousness           |
| 8- T. Weisel                                     | 27- E.A Kostandov           |
| 9- Bar Sensitive                                 | 28- unstable                |
| 10- Crosslike                                    | 29- stable                  |
| 11- Angle  | 30- frontal                 |
| 12- Preamplifier                                 | 31- Signal Processing       |
| 13- Analogue to Digital Convertor                | 32- V. Konychev             |
| 14- Electroencephalography                       | 33- MRI                     |
| 15- Ivanitsky                                    | 34- Y.E. Shelepin           |
| 16- Fast Forurier Transform                      | 35- Krosilnikov             |
| 17- Cohearence                                   | 36- V.D Glezer              |
| 18- Zhavoronkova                                 | 37- Chikman                 |
| 19- Yu.D Bagdanov                                | 38- Igor Nickolaievich      |