فصلنامه‌ی علمی ـ پژوهشی
روش‌شناسی علوم انسانی
س۱۴، ش۵۷، زمستان ۱۳۸۷
صفحات ۱۴۷ ـ ۱۶۵

Methodology of
Social Sciences and
Humanities Journal
Vol.14, No.57, Winter 2008

علم و ساختارهای زیستی ـ عصب‌شناختی

آرش موسوی*

چکیده

مدیریت مؤثر نهاد علم و سیاست‌گذاری عالمانه برای دست‌یابی به جامعه‌ی علمی خلاق و مولد نیازمند شناختی تفصیلی از عوامل مؤثر بر فرایند تولید علم است. مجموعه‌ای از عوامل زیستی، روان‌شناختی، اجتماعی و اقتصادی بر دانشمند در جایگاه بازیگر اصلی میدان علم تأثیر می‌گذارد و رفتار علمی او را مشروط می‌سازد. مقاله‌ی حاضر عوامل زیست‌شناختی مؤثر بر فعالیت علمی و نحوه‌ی تأثیرگذاری آنها را آن طور که در ادبیات روان‌شناسیِ زیست‌شناختیِ علم بازتاب یافته، بازخوانی می‌کند. نسبت ساختارهای ژنی و عصب‌شناختی با هوش انسانی و فعالیت‌های سطح بالای علمی در محققان، رابطه‌ی ساختمان مغز و مناطق گوناگون آن با فعالیت‌های گوناگون علمی و تأثیر جنسیت بر استعداد و علاقه‌ی علمی و کم و کیف تولیدات علمی سرفصل‌های عمده‌ی مورد بحث در مقاله است. مقاله علاوه بر این، به تأمل در باب اتخاذ رویکردی زیستی ـ روان‌شناختی در سیاست‌گذاری علمی و به بحث پیرامون نتایج رویکرد پیشنهادی برای تخصیص مؤثرتر منابع پژوهشی می‌پردازد.

واژه‌های کلیدی: ژنتیک، هوش، مغز، روان‌شناسی علم، عصب‌شناسی، جنسیت، سیاست علم

---

* عضو مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور
Email: arashmoussavi_ir@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۸۷/۷/۱۴ تاریخ تأیید: ۸۷/۱۰/۲

مقدمه

جایگاه علم و خلاقیت علمی به عنوان موتور محرک رشد اقتصادی، ارتقای امنیت ملی، رفاه اجتماعی و روزآمد ساختن بنیادهای فرهنگی جامعه‌ی ایرانی اینک، در میان تصمیم‌سازان بلندپایه‌ی کشور کاملاً معتبر است. طرح مفاهیمی همچون نهضت نرم‌افزاری و تولید علم توسط مقامات عالیه‌ی سیاسی کشور چندی است که موضوع نظریه‌پردازی و تولید علم اصیل را به عنوان یکی از اولویت‌های راهبردی کشور، در مرکز توجهات پژوهشگران و سیاست‌گذاران قرار داده است. مدیریت علمی علم و تلاش برای دست‌یابی به جامعه‌ی علمی مولد و خلاق، موکول به شناخت دقیق و تفصیلی از تمام عوامل مؤثر بر فرایند تولید علم است. دانشمند در جایگاه اصلی‌ترین بازیگر صحنه‌ی علم، موجودی جدا از شرایط زیستی، اجتماعی، اقتصادی، روان‌شناختی و فرهنگی خویش نیست. این عوامل، در کنارِ (و در تعامل با) رویه‌های شناختی و سنت‌های خاصِ درونِ نهاد علم، متفقاً به تولید علم می‌انجامد.

مقاله‌ی حاضر به عنوان قدمی کوچک، در مسیر بلندِ یک بررسی جامع درباره‌ی عوامل روان‌شناختی تولید نظریه در علم، روی متغیرهای زیستی ـ عصب‌شناختی مؤثر بر فرایند نظریه‌پردازی و نحوه‌ی تأثیر آنها بر کم و کیف کار دانشمند تمرکز و دستاوردهای روان‌شناسی زیست‌شناختی علم را مرور خواهد کرد. در فرایند بازخوانی این دستاوردها عمدتاً، بر مرور و جمع‌بندی گرگوری فیست از این زیرحوزه‌ی روان‌شناسی علم اعتماد شده، گزینشی هدفمند از گزارش‌های او، در مقالات متعدد (فیست و گورمن، ۱۹۹۸؛ فیست، ۲۰۰۶ بی و ۲۰۰۶ سی و ۲۰۰۶ دی) و در کتاب اخیرش، *روان‌شناسی علم و سرچشمه‌های ذهن علمی* (همو، ۲۰۰۶ ای) ارایه شده است. مقاله‌ی حاضر، علاوه بر این، شامل تأملاتی در باب به کارگیری دستاوردهای روان‌شناسانِ علم در قلمرو سیاست علم است. سیاست‌گذاری در باب علم سنتاً، مشتمل بر مسائلی مرتبط با نحوه‌ی تخصیص بودجه‌های پژوهشی به دانشمندان و سازمان‌های علمی بوده است. در مقاله‌ی حاضر استدلال خواهیم کرد که این مسائل قدیمی می‌تواند با اتخاذ رویکردی روان‌شناختی، به مفاهیمی همچون بهره‌وری و تولید علمی راه‌حل‌های نوینی بیابد و بیازماید.

تحولات سریع و شگرف دهه‌های اخیر در علوم مرتبط با مغز و اعصاب به ما آموخته است که ساختمان مغز انسان و رفتارهایی که تحت هدایت این نظام پیچیده انجام می‌شود، محصول همکاری دو عامل اساسی و تعیین‌کننده است. عامل تعیین‌کننده‌ی نخست ساختار ژنتیکی فرد است و عامل دوم عبارت است از تجربیاتی که فرد، در حین فرایند رشد به دست می‌آورد. در حقیقت، مطالعات گسترده‌ی دانشمندان، در حوزه‌هایی همچون ژنتیک و علوم اعصاب، اینک این موضوع را به طور کامل روشن ساخته است که محیط فرد و تجربه‌های به دست آمده از آن نقشی تعیین‌کننده در نحوه‌ی ابراز و تعین ساختار ژنی او ایفا می‌کند. تعامل عوامل ژنتیکی و محیطی در شکل‌دهی به ساختار و پتانسیل‌های مغز انسانی و فرایندهای شناختی هدایت‌شده توسط این ساختار، محور بحث ما را در این مقاله تشکیل می‌دهد.

همان طور که در تحقیقات روان‌شناسان زیست‌شناختی مرسوم است، در مقاله‌ی حاضر، مرز قاطعی میان فرایندهای شناختی خاص علم و فرایندهای عمومی شناخت قایل نخواهیم شد. دلیل اصلی این امر این است که بنیادهای ژنتیک و عصب‌شناختی تفکر انسانی تنها، مختص فعالیت‌های علمی نیست. خواهیم دید که ذهن هر انسانی، چه دانشمند و چه غیر دانشمند، حوزه‌های خاصی را همچون اجتماعی، فیزیکی، زیستی و ریاضی شامل می‌شود که در هر یک از آنها، فعالیت‌های شناختی ویژه‌ای روی طبقه‌ای از موجودات (اجتماعی، فیزیکی، زیستی و ریاضی) انجام می‌شود. این قلمروهای شناختی، در حقیقت، سرچشمه‌های طبیعی علوم نظام‌مند و رسمی همچون علوم اجتماعی، فیزیکی، زیستی و ریاضی هستند؛ بنا بر این، آنجا که تحقیقات ژنتیکی و عصب‌شناختی بصیرت‌هایی را در زمینه‌ی هر یک از این حوزه‌ها، در ذهن افراد عادی ایجاد می‌کند، در واقع، بنیادهای فرایندهای پیچیده‌تر علم همچون استدلال علمی، حل مسئله و خلاقیت را بر آفتاب می‌افکند.

ژنتیک و هوش

از آنجا که ژن‌ها مسئول ساخت پروتئین‌ها بوده، پروتئین‌ها مسئول ساخت تمام ساختارهای موجود در بدن انسان، به خصوص شبکه‌ی عصبی هستند، مروری کوتاه بر

چند ایده‌ی بنیادی در دانش ژنتیک به ما کمک خواهد کرد تا تفاوت‌های گسترده میان انسان‌ها از جمله در مهارت‌ها و استعدادهای علمی‌شان را به شکل روشنی درک کنیم.

اندیشه‌ی اساسی موجود در بنیاد ژنتیک ایده‌ی نسبتاً ساده‌ای است. این ایده می‌گوید که ژن‌ها، پروتئین‌ها را کُد می‌کند؛ برخی از این پروتئین‌ها، آنزیم‌ها را می‌سازد؛ برخی از این آنزیم‌ها ناقلان عصبی را به وجود می‌آورد و برخی از این ناقلان عصب‌ها را می‌سازد و بالأخره، عصب‌ها رفتار را کنترل و هدایت می‌کند. مسیری که با ژن‌ها آغاز می‌گردد و به رفتار ختم می‌شود، بلند و پیچیده است. با نگاهی به این مسیر می‌بینیم که ژن‌ها نقطه‌ی شروع فرایندی است که به رفتار ختم می‌شود؛ با وجود این، ژن‌ها رفتار را به طور مستقیم به وجود نمی‌آورند. آنچه باعث می‌شود که یک دسته از ژن‌ها بیان و کارکرد ویژه‌ای را در یک فرد پیدا کنند، مسیر رشد فرد و تأثیراتی است که او از محیط خود کسب می‌کند.

اصل دیگری که شاید بیشتر از هر ایده‌ی دیگری در ژنتیک مورد بدفهمی عمومی واقع شده، این است که تفاوت‌های فردی میان انسان‌ها عمدتاً، از فُرم‌ها و چیدمان‌های ژنی متفاوت ناشی است؛ نه از حضور یا غیاب یک ژن خاص در یک فرد انسانی. در واقع، از نظر حضور و غیاب ژن‌ها، هر انسانی تقریباً ۹۹/۹ درصد شبیه به تمامی انسان‌های دیگر است. این باور نسبتاً عام که یک شخص ژنِ فلان کار را دارد و دیگران آن را ندارند، درست نیست. آنچه در میان انسان‌ها تغییر می‌کند، فرم و هندسه‌ی ژن‌هاست و این خصوصیتی است که دانشمندان علم ژنتیک آن را چندریختی[1] می‌نامند. یک معنیی ضمنی این اصل، این است که صفات رفتاری معدودی وجود دارد که تنها نتیجه‌ی یک ژن باشد؛ اکثر صفات رفتاری، به ویژه تمام صفات روان‌شناختی، نتیجه‌ی ده‌ها و بلکه صدها ژن است.

ارتباط میان ژن‌ها و اندازه‌ی مغز و ساختار آن ارتباطی مشتمل بر زنجیره‌ای طولانی از حلقه‌های عِلی، مستقیم است. عصب‌شناسان اخیراً گزارش داده‌اند که ۶۵ درصد تغییرات در حجم مغز از عوامل ژنتیک تأثیر می‌پذیرد (گِری و تامپسون، ۲۰۰۴). مغز از تریلیون‌ها سلول عصبی تشکیل شده است که هم از نوع سفید[2] و هم از نوع

1. polymorphism
2. myelin

خاکستری[1]، در میان آنها وجود دارد. این سلول‌ها، با تجمع خود، ساختارهای مغزی متنوع و متعددی را به وجود می‌آورند. اینکه ساختارهای مغز چگونه از کانال‌های[2] عصبی اشتقاق می‌یابد، وابسته به ژن‌هاست و تحقیقات اخیر نشان می‌دهد که توسعه‌ی عصبی اساساً، فرایندی به شدت پیچیده و پویاست؛ علاوه بر این، صدها ماده‌ی شیمیایی عصبی وجود دارد که پیغام‌ها را میان عصب‌ها منتقل می‌کند. عصب‌ها و مواد شیمیایی عصبی البته، از پروتئین‌ها ساخته می‌شود که محصول مستقیم فرایندهای کدکردن ژنتیک است. تفاوت‌های فردی در ساختار عصبی و کارآیی این ساختارها و مواد شیمیایی عصبی، بنا به ضرورت، باید دست کم، تابعی از تفاوت در ژن‌ها و مخصوصاً، تفاوت در فرم آنها باشد؛ بدین ترتیب، تا اندازه‌ای که هوش وابسته به ساختار مغز، کارآیی انتقالات میان عصبی (سرعت ذهنی) و توانایی این ساختارها برای پردازش، نگهداری و تألیف ورودی‌های حسی است، هوش را باید تحت تأثیرات ژنتیک دانست.

موضوع هوش و تأثیر ساختارهای ژنی بر آن برای روان‌شناسی علم، اهمیت ویژه‌ای دارد؛ به این دلیل که هوش اگرچه شرط کافی نیست، قطعاً شرطی لازم و عنصری ضروری برای شکل‌گیری علاقه، توانایی و دستاوردهای علمی است؛ البته مفهوم هوش مفهومی است که در برابر تعریف مقاومت می‌کند. اخیراً جمعی از متخصصان روان‌شناسی، در نشستی، هوش را بدین گونه تعریف کرده‌اند: «توانایی افراد از نظر درک ایده‌های پیچیده، تطبیق مؤثر با محیط، یادگیری از تجربه، درگیر شدن با شکل‌های مختلف استدلال و فایق آمدن بر موانع، از طریق تفکر» (نیسر و دیگران، ۱۹۹۶).

در یک نظر سنجی مشابه از ۶۶۱ تن از روان‌شناسان و متخصصان تربیتی در این زمینه، ۵۰ درصد شرکت‌کنندگان موافق بودند که این موارد، عناصر تشکیل‌دهنده‌ی هوش است: تفکر و استدلال انتزاعی، توانایی حل مسئله، ظرفیت کسب دانش، حافظه، تطبیق با محیط، سرعت ذهنی، تسلط بر مهارت‌های زبانی و ریاضی، معلومات عمومی و خلاقیت (سنایدرمن و راثمن، ۱۹۸۷).

برای ارزیابی تأثیر سازه‌های ژنتیک بر هوش سه تکنیک اساسی وجود دارد. اولین تکنیک به ارتباط میان چیدمان مکانی ژن‌ها و صفات می‌پردازد. دومین تکنیک بر

1. neurons
2. tube

ساختارهای مغزی مرتبط با هوش متمرکز می‌گردد و سومین تکنیک، از طریق مطالعه‌ی دو قلوها، به ارزیابی اندازه‌ی به ارث‌رسیدگی صفات می‌پردازد. در زمینه‌ی ژنتیک هوش، یکی از معدود مطالعاتی که روابط چیدمان مکانی ژن‌ها و هوش را بررسی کرده، تحقیقی است که مایکل کورنی و همکارانش کرده‌اند (کورنی و همکاران، ۱۹۹۸). این محققان، در سال ۱۹۹۸، تفاوتی را میان گروه‌های با بهره‌ی هوشی بالا و کم، در زمینه‌ی برخورداری از فرم ژنی IGF2R (ژن عامل رشد) گزارش کردند. این تفاوت می‌توانست تنها دو درصد تغییرات را در هوش عمومی تبیین کند و بنا بر این مشخص بود که مقدار بسیار زیادی، شاید صدها ژن دیگر، مسئول این تغییرات در هوش بوده، فرم IGF2R تنها، یکی از آنهاست.

روش دوم ارزیابی تأثیرات ساختار ژنی بر هوش، اهمیت ژنتیک در توسعه‌ی ساختار مغز و کارکرد آن را تأیید کرد. پاول تامپسون و همکاران او، با استفاده از این تکنیک، به شباهت بیشتر میان ساختار مغزی افرادی رسیدند که ساختار ژنتیکی مشابه دارند. آنها مخصوصاً، با مقایسه‌ی دو قلوهای همسان و غیر همسان، به تعداد تقریباً مساوی از سلول‌های خاکستری در دوقلوهای همسان (در کورتکس‌های پیشانی و زبان) دست یافتند؛ در حالی که این نتیجه در مورد دوقلوهای غیر همسان به دست نیامد (تامپسون و همکاران، ۲۰۰۱). این مناطق مغز، به طور کلی، با هوش عمومی مرتبط است. جرمی گری و تامپسون، علاوه بر این، دو گزارش جالب توجه دیگر را در سال ۲۰۰۴ ارایه دادند (گری و تامپسون، ۲۰۰۴). آنها نشان دادند که اولاً، همبستگی متوسطی میان هوش و میزان سلول‌های خاکستری (در کل مغز) مخصوصاً، در قسمت‌های جلویی مغز وجود داشت و دوم، میزانی از واریانس در هوش که می‌توانست از طریق عوامل ژنتیکی توضیح داده شود، عملاً با افزایش سن افزایش می‌یافت.

تکنیک سوم که برای آزمایش نقش ژنتیک در هوش استفاده شد، مطالعات درباره‌ی دوقلوها بود. در این روش، محقق در جست و جوی ژن‌های خاص یا مکان‌های خاص ژن‌ها نیست؛ بلکه به دنبال میزانی از تغییر در رفتار می‌گردد که ممکن است به دلیل حضور ژن‌ها رخ داده باشد. منطق بنیادین مطالعات درباره‌ی دوقلوها عبارت است از تفکیک تأثیرگذاری نسبی ژنتیک و محیط. این تفکیک با استفاده از این واقعیت انجام می‌گیرد که دوقلوها، در حقیقت آزمونی طبیعی را به ما می‌دهند.

دوقلوهای همسان، از نظر ژنتیکی، صد در صد مشابه هستند. این عدد برای دوقلوهای غیر همسان پنجاه درصد است و هر دو نوع دوقلو معمولاً، در محیط یکسانی رشد می‌کنند و بزرگ می‌شوند. اگر قرار باشد که ژن‌ها نقش مهمی در یک صفت بازی کنند، باید همبستگی بالاتری میان دوقلوهای همسان نسبت به دوقلوهای غیر همسان در آن صفت مشاهده کنیم. محققان با مقایسه‌ی میزان تشابه در یک صفت خاص میان دوقلوهای همسان و غیر همسان می‌توانند تخمینی از اندازه‌ی تأثیرپذیری تغییرات در آن صفت از عوامل ژنتیکی به دست دهند.

پژوهشگران مختلف تا کنون، بارها از تکنیک مطالعه درباره‌ی دوقلوها، استفاده کرده‌اند. نتیجه‌ی کلی مطالعات مبتنی بر این روش این بوده که تقریباً، هفتاد تا هشتاد درصد تغییرات در هوش ناشی از عوامل ژنتیکی است (فیست، ۲۰۰۶ ای، ص۴۲). اگر به این موضوع توجه کنیم که دو زیرمجموعه از سه زیرمجموعه‌ی تشکیل‌دهنده‌ی آزمون IQ، مرتبط با هم هستند (استدلال‌های کمی و فضایی)، آن گاه رسیدن به این نتیجه چندان دشوار نخواهد بود که اندازه‌های مشابهی از تغییرات در علاقه و اشتیاق علمی نیز باید، ناشی از تأثیرات ژنتیکی باشد؛ البته باید منتظر باشیم تا این فرضیه، به طور مستقیم، آزمون شود.

مطالعات در زمینه‌ی رابطه‌ی ژنتیک و هوش هنوز، در ابتدای مسیر بلند خویش است. آنچه اکنون می‌دانیم این است که حدود هشتاد درصد تغییرات در هوش منشأ ژنتیکی دارد؛ ساختار مغزی در انسان‌هایی با ساختار ژنی مشابه، مشابه‌تر است، و بالأخره به نظر می‌رسد که مهارت‌ها و توانایی‌های نبوغ‌آمیز حاصل هندسه‌ی ژن‌هاست؛ نه حضور و غیاب ژن‌های خاص. این نتایج در مجموع نشان می‌دهد که مطالعه‌ی هوش و مدیریت موضوعات مرتبط با آن (از جمله تولید علمی) در آینده، حتماً باید بر ژنتیک در جایگاه یکی از عوامل تعیین‌کننده و اساسی در این زمینه اتکا داشته باشد.

رشد عصبی انسان

تقریباً تمام موجودات زنده‌ای که مغز دارند، این توانایی را دارند که تجربه‌های حسی‌شان را طبقه‌بندی و تفسیر کنند؛ با وجود این، فعالیت‌هایی همچون تفکر نمادین، انتزاعی و شناخت مرتبه‌ی دوم (شناختِ شناخت) مختص انسان است و تنها، از مغز

انسانی برمی‌آید. این توانایی‌های منحصر به فرد مغز انسان، از کجا ناشی می‌شود؟ نحوه‌ی رشد و تحولات نظام عصبی در انسان به چه نحو به شکل‌گیری چنین ظرفیت‌هایی در مغز او می‌انجامد؟ ساختار یک مغز بالغ چه نسبتی با توانایی‌های تخصصی ذهن برای پرداختن به حوزه‌های گوناگون شناخت برقرار می‌سازد؟ آنچه در این قسمت و قسمت بعد مقاله بدان خواهیم پرداخت، تلاشی است برای یافتن پاسخ‌هایی برای این پرسش‌ها و پرسش‌های مشابه.

نگاه کردن به مکانیسم‌های رشد عصبی در انسان بخشی از پاسخ‌های مورد نیاز را فراهم خواهد ساخت. بخش بزرگی از فرایند رشد عصبی در انسان، غیر تخصصی است. سلول‌های عصبی، در این بخش از فرایند، در مسیرهایی عمومی و مشابه به رشد خود ادامه می‌دهند و هیچ‌گونه مهارت یا ویژگی خاصی در آنها به وجود نمی‌آید که آنها را از لحاظ کارکردی، از سایر سلول‌ها ممتاز سازد. در این زمینه، آنچه به عنوان اصلی مهم در علم اعصاب شناخته می‌شود، این است که رشد عصبی خصلتاً، یک فرایند داروینی است؛ سلول‌های عصبی درست مثل تمام موجودات زنده‌ی دیگر برای بقا با یکدیگر رقابت می‌کنند و به طور معمول، قوی‌ترین و انطباق‌پذیرترین آنها در این مبارزه پیروز می‌گردند و ما بقی می‌میرند. در واقع، هنگامی که انسان متولد می‌گردد و وارد مرحله‌ی رشد می‌شود، حادثه‌ای پیوسته و مکرر در مغز او به وجود می‌آید که آن را می‌توان انفجار سلول‌های عصبی نامید. در این فرایند، تعداد سلول‌های عصبی مغز، به طرز شگفت‌انگیزی افزایش می‌یابد. این روند صعودی، در دو تا سه سالگی، به اوج خود می‌رسد و پس از آن، همان طور که فرد بیشتر و بیشتر می‌آموزد، سلول‌های عصبی بیشتری را هم از دست می‌دهد؛ بنا بر این، فرایند یادگیری نوعی هرس کردن و به دور ریختن سلول‌های عصبی ناکارآ و حفظ سلول‌های انطباق‌پذیر با محیط خاص فرد است. تعامل عوامل ژنتیک و محیطی، در این فرایند، رشد انبوه و هرس کردنِ پس از آن، به وضوح نکته‌ای کلیدی را در مورد مغز انسان در خود نهفته دارد: عواملِ ژنتیک باعث می‌شود انواعی از سلول‌های عصبی با پتانسیل‌های گوناگون به وجود آید؛ اما نهایتاً، عوامل محیطی در مورد سلول‌های باقیمانده و تشکیل‌دهنده‌ی مغز تصمیم می‌گیرد.

آنچه باعث می‌شود فرایند داروینی رشد عصبی در انسان به شدت غنی و مؤثر باشد میزانی از انعطاف‌پذیری است که این فرایند به مغز انسان می‌بخشد. تولید انبوه

سلول‌های عصبی و سپس به دور ریختن بخش بزرگی از آنها باعث می‌شود تا محیط خاص دربرگیرنده‌ی مغز نقشی تعیین‌کننده در ساختار نهایی و مهارت‌های آن ایفا نماید. حادثه‌ها و تجربه‌های ویژه‌ای که شخص، در فرایند یادگیری، با آنها مواجه می‌گردد، می‌تواند چگالی، سازمان و تعداد سلول‌های عصبی را در بخش‌های ویژه‌ای از مغز تغییر دهد و آن را برای زیستن در موقعیت‌های خاص احاطه‌کننده‌ی فرد آماده سازد. این نکته را نیز باید به این تصویر افزود که انعطاف‌پذیری مغز اگرچه پس از دورانی متعاقب تولد کاهش می‌یابد، هرگز به صفر نمی‌رسد.

فرایند تطبیق مغز با موقعیت‌های محیطی، البته به شکل محدود، در موجودات زنده‌ی دیگر هم مشاهده می‌شود. یکی از تفاوت‌های اساسی رشد عصبی، در انسان، با سایر موجودات مدت زمان مورد نیاز برای بلوغ مغز در انسان است که نسبت به سایر موجودات زنده بسیار بیشتر است و گاهی «نابالغ‌ماندگی طولانی»[1] نامیده شده است. مغز ما پس از تولد، هم به شکل مطلق و هم به صورت نسبی، رشد بیشتری نسبت به مغز تمام انواع موجودات زنده‌ی دیگر دارد. در حقیقت، موقعی که متولد می‌شویم، اندازه‌ی مغز ما درصد بسیار کوچکی (۲۳ درصد) از اندازه‌ی مغز انسان بالغ را دارد؛ این نسبت برای انسان‌نماهای بزرگ (اورانگوتان، شمپانزه و گوریل) دقیقاً پنجاه درصد است. قرار داشتن طولانی در وضعیت بی‌دفاع بودن و نابالغ ماندن، امتیاز بزرگی برای نوع ما ایجاد کرده است. مغزهای ما فرصت بیشتری برای رشد و انطباق یافتن با موقعیت‌های محیطی دارد.

اگر مهارت‌ها و رفتارهای علمی همچون تفکر نمادین را اشکال رشدیافته و پیشرفته‌ی مهارت طبقه‌بندی و تفسیر ورودی‌های حسی بدانیم که در سایر موجودات زنده نیز مشاهده می‌شود، می‌توانیم به روشنی دریابیم که بنیادهای رفتار علمی در انسان چگونه در فرایندهای رشد عصبی خاص این موجود زنده، در انعطاف‌پذیری خارق‌العاده‌ی مغز او و در دوران طولانی نابالغ‌ماندگی او، در حین یادگیری ریشه دارد. فرایندهای رشد عصبی در انسان، در نهایت، به نوعی ساختار مغزی تخصص‌یافته ختم می‌شود که به شکل کلی، طبقات مختلف علوم را در خود منعکس می‌سازد.

1. elongated immaturity

از میان وظایف شناختی تخصصی‌شده‌ی مغز، روان‌شناسی روزمره[1] یکی از مهم‌ترین‌هاست. وظایفی همچون تشخیص چهره‌ی آشنایان و احساسات درونی افراد و توضیح دادن رفتارشان بر اساس آن احساسات درونی، آشناترین این وظایف است. دانشمندان و محققان، هم اکنون، در حال تلاش برای مشخص کردن مکان‌هایی از مغز هستند که این وظایف، در آنها انجام می‌شود؛ برای مثال یافته‌های تحقیقات در زمینه‌ی پردازش چهره‌های آشنایان نشان می‌دهد که آویزهای گیجگاهی[2] سمت راست که درست، روی گوش راست است، به همراه آویزهای مغزی پیشانی مسئول تشخیص چهره‌های آشناست.

حوزه‌ی تخصصی دیگری که در مغز انسان وجود دارد، فیزیک روزمره[3] است. این قلمرو تخصصی شامل توانایی‌های متعددی از قبیل شناخت و تشخیص اشیا، درک ارتباط علی میان آنها، درک حرکت، توانایی درک فضا، استفاده از ابزارآلات و امور مشابه است. هم اکنون بخش‌هایی از مغز که با انجام این وظایف مرتبط است، به طور گسترده‌ای شناخته شده است. زیست‌شناسی روزمره[4] و ریاضیات روزمره[5] در قطعاتی از مغز پردازش می‌گردد که به طور ویژه، برای این منظورها تخصص یافته است.

در میان مناطق مختلف مغز، یکی از مهم‌ترین مکان‌ها از نظر فعالیت‌های سطح بالای شناختی، آویزهای مغزی پیشانی است. بیشتر ظرفیت‌هایی که از لحاظ زیستی، انسان بودن ما را تعیین می‌کند (همچون طراحی، تفکر انتزاعی، کنترل اجرایی، تمرکز، کنترل رانش‌های درونی، تشخیص حالات درونی دیگران، تألیف خلاقانه‌ی ایده‌های گوناگون، خودآگاهی و آگاهی) همراه سطح بالایی از فعالیت، در آویزهای پیشانی[6] به وجود می‌آید. این کارکردهای اجرایی و مؤلفانه، بنیاد تمام توانایی‌های ما برای تولید ترکیبات خلاقانه‌ی ذهنی و تفکر استعاره‌ای و نمادین را تشکیل می‌دهد. یکی از شواهدی که اهمیت آویزهای پیشانی را تأیید می‌کند، این است که جلوترین منطقه‌ی آویزهای پیشانی منسجم‌ترین ساختارهای قشری در مغز ماست. در واقع، همان گونه که دانالد استاس و دیگران گفتند، منطقه‌ای از مغز که بالا و پشت چشم‌هاست؛ نوع انسان را منحصر به فرد ساخته است. این منطقه محمل برترین ویژگی‌های طبیعی انسان همچون آگاهی، خلاقیت، شخصیت و اخلاقیات است (استاس و دیگران، ۲۰۰۱).

1. folk psychology
2. temporal lobe
3. folk physic
4. folk biology
5. folk mathematics
6. prefrontal cortex

برخی از محققان، به طور مستقیم، رابطه‌ی میان فعالیت‌های آویزهای مغزی پیشانی و خلاقیت را مطالعه کردند؛ برای مثال تیفانی چو و جفری کامینگز آن دسته از شواهد عصب‌شناختی ـ روانی را که به فقدان تفکر خلاقانه در نتیجه‌ی جراحت‌های کمربندی، در پشت و کنار آویزهای مغزی پیشانی اشاره می‌کند، بازخوانی کردند (چو و کامینگز، ۱۹۹۹). بروس میلر و همکاران او موردی را گزارش کردند که در آن، زنی مبتلا به جنون مرتبط با شقیقه‌ی جلویی نقاشی‌هایی می‌کشید که از مراحل آماتور تا مراحل کاملاً پیچیده و خلاقانه را دربرمی‌گرفت (مل و هوارد و میلر، ۲۰۰۳). توضیحی که نویسندگان در این مثال ارایه کردند، این بود که ممکن است مناطق زبانی مغز، در منطقه‌ی شقیقه‌ی جلویی سمت چپ، انواع مشخصی از خلاقیت بصری را به گونه‌ای بازداشته باشد؛ اما این بازداشت، از طریق جنون مرتفع گردیده است. مطالعات دیگری نیز هست که فعالیت آویزهای مغزی پیشانی را در علم به طور مستقیم مطالعه کرده و به این نتیجه رسیده است که توسعه‌ی آویزهای مغزی پیشانی ممکن است پیش‌شرطی اساسی برای توانایی استدلال به شیوه‌ی علمی باشد (کوان و لاسون، ۲۰۰۰).

در مجموع، از این بحث برمی‌آید که شواهد عصب‌شناختی، به شکل روزافزونی، بر این امر صحه می‌گذارد که مناطق خاصی، در مغز انسان، در هنگام فعالیت‌هایی از قبیل تفکر، استدلال و حل مسئله در حوزه‌های اصلی دانش همچون روان‌شناسی، فیزیک، زیست‌شناسی و ریاضی روزمره فعال است؛ با وجود این، مناطق گوناگون مغز، تطابق یک به یک مطلقی با کارکردهای خاص ندارد؛ چرا که معمولاً، ناحیه‌های گوناگون اما منسجمی از مغز مسئول یک کارکرد ویژه است.

جنسیت و علم

رابطه‌ی ساختارهای ژنی و عصب‌شناختی با پتانسیل‌ها و عملکرد علمی دانشمندان بخش مهمی از حوزه‌ی روان‌شناسی زیست‌شناختی علم است. موضوع مهم دیگری که توجه این زیرحوزه از روان‌شناسی علم را به خود معطوف داشته و تحقیقات وسیعی را به سمت خود جلب نموده، ارتباط میان جنسیت و علم است. تأثیر جنسیت در برخورداری از توان علمی و دستاوردهای علمی همواره، موضوعی مجادله‌برانگیز بوده، شاید به همین دلیل ادبیات گسترده‌ای درباره‌ی این موضوع شکل گرفته است. آنچه در

اینجا بدان خواهیم پرداخت، مروری کوتاه است بر پاسخ‌های مهم سه مسئله‌ی کلیدی در این حوزه: توانایی ریاضی، نرخ تولید علمی و کیفیت تولیدات علمی در زنان و مردان.

در میان یافته‌های تحقیقاتی مرتبط با موضوع جنسیت و علم، یکی از مورد اجماع‌ترین نتایج مربوط است به برتری محسوس مردان بر زنان در زمینه‌ی نبوغ و استعداد ریاضی (فیست و گورمن، ۱۹۹۸). تمام داده‌های تجربی، در سه دهه‌ی گذشته، بر این امر صحه می‌گذارد که تفاوت جنسی در این زمینه تقریباً، اطراف انحراف معیار پنجاه درصد به نفع مردان ثابت می‌ماند. این یافته‌ها لزوماً به معنای این نیست که زنان، از لحاظ زیستی، پتانسیل پایین‌تری برای پرداختن به ریاضیات دارند. همان طور که بنبو[1] (۱۹۸۸) نشان می‌دهد، بخشی از تفاوت زنان و مردان در استعداد بالفعل ریاضیاتی ممکن است از طریق عوامل محیطی دربرگیرنده‌ی دو جنس مخالف قابل تبیین باشد؛ برخی از مهم‌ترین این عوامل عبارت است از: میزان گرایش به ریاضیات، تلقی شخصی درباره‌ی سودمندی علم ریاضی، اعتماد به نفس، برخورداری از تشویق والدین و معلمین، کلیشه‌های جنسیتی، الگوی انتخاب درس و بالأخره، انگیزه‌های مرتبط با موفقیت شغلی. بنبو برای مثال نشان می‌دهد که دختران علاقه‌ی کمتری به ریاضیات دارند؛ آن را برای آینده کمتر سودمند می‌دانند و نسبت به پسران، اعتماد به نفس پایین‌تری در نگاه به توانایی‌هایشان دارند؛ علاوه بر این، به ریاضیات در جامعه، همیشه به شکلی کلیشه‌ای، در جایگاه یک فعالیت مردانه توجه شده است؛ والدین و معلمین معمولاً، پسران را برای دست‌یابی به موفقیت‌های ریاضی بیشتر ترغیب می‌کنند و بالأخره، نظام انگیزشی پسران در مقایسه با دختران، استقلال بیشتری (در برابر تأثیرات والدین یا معلمین) دارد.

بنبو البته بر آن است که بخشی از قضیه واقعاً، از زمینه‌های زیستی نشئت می‌گیرد و مجموعاً بدین نتیجه می‌رسد که ترکیبی از عوامل اجتماعی و فیزیولوژیک را باید مسئول تفاوت جنسیتی در زمینه‌ی استعداد ریاضی دانست (همان). روشن است که تبیین‌های نظری موجود در این زمینه هنوز، در مرحله‌ی حدس و گمان است و تا رسیدن به یک نظریه‌ی پخته و نیرومند در این باب راه درازی در پیش است.

موضوع دیگری که در رابطه‌ی میان جنسیت و علم توجه بسیاری از محققان را معطوف داشته، مقایسه‌ی میزان تولیدات علمی در مردان و زنان است. در این زمینه

1. Benbow

یافته‌ها نشان می‌دهد که مردان همواره، خروجی علمی بیشتری از زنان دارند و این تفاوت جنسی هم در محاسبه‌ی کل تولیدات علمی یک دانشمند و هم در متوسط تولیدات سالیانه مشهود است.

تفاوت‌های جنسی در میزان تولیدات علمی، درست مثل موضوع استعداد ریاضی، هنگامی که از مرحله‌ی توصیف واقعیت به مرحله‌ی تبیین و ریشه‌یابی می‌رسیم، دچار اختلاف نظرهای شدید می‌گردد. یک پاسخ شهودی جذاب برای این موضوع این بوده که زنان معمولاً، با الزامات نقش‌های چندگانه‌ای همچون دانشمند، همسر و مادر درگیر هستند و به همین دلیل، به بخش‌های حاشیه‌ای و کم‌اهمیت سوق داده می‌شوند؛ البته به نظر می‌رسد که این تبیین حمایت تجربی کافی پیدا نکرده است. از لحاظ آماری، زنان دانشمند متأهل، زنان مجرد را از نظر تولید علمی پشت سر می‌گذارند و همچنین زنانی که یک یا دو فرزند دارند، تولید علمی بالاتری از زنان بدون فرزند یا زنان دارای سه فرزند یا بیشتر دارند (کول و زوکرمن، ۱۹۸۷). در هر حال، به نظر می‌رسد که توضیح نرخ‌های متفاوت تولید علمی میان زنان و مردان موضوعی است مربوط به تلاش‌های آینده.

اندازه‌گیری کیفیت تولیدات علمی معمولاً، از طریق محاسبه‌ی تعداد ارجاعات[1] که مقیاسی است از میزان تأثیرگذاری آثار علمی صورت می‌گیرد. با معیار قرار دادن این مقیاس، اینک مشخص شده است که مردانِ دانشمند ارجاعات بیشتری را به خود جلب می‌کنند تا زنانِ دانشمند (فیست و گورمن، ۱۹۹۸)؛ البته ممکن است این امر صرفاً، به دلیل تعداد بیشتر مقاله‌های مردان باشد. در حقیقت، هنگامی که تعداد مقاله‌های چاپ‌شده ثابت نگاه داشته می‌شود، می‌بینیم که تولیدات علمی زنان تأثیرگذاری بالاتری از تولیدات علمی مردان دارد (سونرت، ۱۹۹۵)؛ بنا بر این به نظر می‌رسد که متغیر جنسیت و نحوه‌ی تأثیرگذاری آن بر رفتار علمی چندان متغیر آسان‌یاب و ساده نیست.

ساختار زیستی دانشمندان و سیاست‌گذاری علمی

ادبیات سیاست علم و مباحث آکادمیک مرتبط با مدیریت علم در واحدهای ملی، تا کنون، به طور عمده، تحت سیطره‌ی مسائل اقتصادی ناشی از نیاز حکومت‌ها به یک «منطق بودجه‌ریزی» بوده است. در حقیقت، هنگامی که در ادبیات موجودِ

1. citation

سیاست‌گذاری علم غور می‌کنیم، با گذشت زمانی اندک می‌توانیم با نتیجه‌گیری بنتاک لاندوال و سوزانا بوراس هم رأی شویم؛ آنجا که در مقاله‌ای، برای بازخوانی سر تا سری حوزه‌ی سیاست علم می‌نویسند: «مسائل اصلی در حوزه‌ی سیاست علم مرتبط است با تخصیص کافی منابع مالی به علم، توزیع هوشمندانه‌ی این منابع در میان فعالیتهای گوناگون علمی و اطمینان یافتن از اینکه این منابع، به طرزی مؤثر استفاده می‌شود و به رفاه جامعه کمک خواهد کرد» (لاندوال و بوراس، ۲۰۰۴).

پاسخ‌های این مسائل اساسی قلمروی نوین از علم پژوهی را به وجود آورده است که اقتصاد علم[1] نامیده می‌شود. پارادایم غالب در اقتصاد علم دیدگاهی نسبتاً سرراست در مورد علم دارد؛ در این نظر، بازار الگویی اساسی برای سازمان مدرن جوامع است و علم نمونه‌ای (البته ویژه) از این الگوی بنیادین است: بازاری برای ایده‌ها (ن.گ. میروسکی و سنت، ۲۰۰۲، ص۳۹). منطق درونی تولید معرفت علمی ممکن است با منطق سایر نهادهای معمول بازار متفاوت باشد؛ با وجود این، نتیجه‌ی امر از یک نظر اقتصادی در باب تخصیص منابع یکسان است: آنان که بیشتر تولید می‌کنند، بیشتر دریافت خواهند کرد (و باید دریافت کنند). از این منظر، بهره‌وری علمی[2] مهم‌ترین متغیر برای تصمیم‌گیری‌های مرتبط با تخصیص منابع به علم است و اندازه‌گیری آن اهمیت بسیار بالایی دارد.

توجه به دستاوردهای قلمرو روان‌شناسی علم می‌تواند نور تازه‌ای بر پارادایم غالب بیفکند و زوایای نوینی را در مقابل سیاستگذاران علمی بگشاید. از منظر روان‌شناختی، بهره‌وری علمی یک متغیر داده‌شده[3] نیست که بر مبنای آن باید تصمیم‌های مرتبط با تخصیص منابع گرفته شود؛ بلکه تابعی از متغیرهای روان‌شناختی از جمله ساختار ژنتیکی و عصب‌شناختی دانشمندان است. اهداف سیاست‌گذاری علمی حتی اگر محدود به افزایش سطح بهره‌وری دانشمندان باشد و حتی اگر تنها ابزار موجود برای افزایش سطح بهره‌وری، ابزارهای مالی در نظر گرفته شود، فرصت‌ها و راه‌های بیشتری از صرفِ تخصیص منابع به دانشمندانِ دارای بالاترین سطح بهره‌وری وجود دارد و باید به این فرصت‌ها توجه نمود.

1. economics of science
2. scientific productivity
3. given

روان‌شناسی زیست‌شناختی علم می‌تواند برخی از این شیوه‌ها و فرصت‌های جدید را به ما نشان بدهد. آنچه در بخش‌های اولیه‌ی مقاله‌ی حاضر درباره‌ی رابطه‌ی ژنتیک، هوش و رشد عصبی انسان گفته شد، ابزارهای بسیار کارآیی در اختیار سیاست‌گذاران علمی قرار می‌دهد تا بهره‌وری علمی نسل‌های آینده را با استفاده از شیوه‌های پیشرفته‌تری برای تعریف معیارهای انتخاب دانشجویان، در مقاطع و رشته‌های تحصیلی گوناگون افزایش دهند. معیارها و فیلترهای سنتی برای انتخاب افرادی که دانشمندان آینده‌ی جامعه را تشکیل می‌دهد، قرار نیست که در یک فرایند یک‌شبه به کناری نهاده شود. روان‌شناسی زیست‌شناختی علم می‌تواند ابزاری سودمند در اختیار ما بگذارد تا این فیلترهای سنتی را بازبینی کرده، کارآیی آنها را ارتقا دهیم.

مباحث مربوط به «جنسیت و علم» زمینه‌ی مناسب دیگری برای اشاره به برخی از کاربردهای روان‌شناسی زیست‌شناختی در مدیریت علم فراهم می‌آورد؛ برای مثال تفاوت‌های جنسیتی در توانایی ریاضی ـ همان طور که دیدیم ـ تا حدودی، از طریق عوامل محیطی قابل تبیین است: دختران علاقه کمتری به ریاضیات دارند و آن را برای آینده کمتر سودمند تشخیص می‌دهند و نسبت به پسران اعتماد به نفس پایین‌تری در نگاه به توانایی‌هایشان دارند؛ علاوه بر این، به ریاضیات در جامعه همیشه، به شکلی کلیشه‌ای، در جایگاه یک فعالیت مردانه توجه شده است؛ والدین و معلمین معمولاً، پسران را برای دست‌یابی به موفقیت‌های ریاضی بیشتر ترغیب می‌کنند و بالأخره نظام انگیزشی پسران در مقایسه با دختران، استقلال بیشتری (در برابر تأثیرات والدین یا معلمین) دارد. بخشی از این تأثیرات محیطی می‌تواند از طریق سیاست‌گذاری‌های مناسب تعدیل گردد و بدین ترتیب، زمینه برای افزایش احتمال ابراز توانایی‌های ریاضی دختران فراهم گردد.

فهرست مثال‌های آمده می‌تواند ادامه یابد. در پسِ تمام این مثال‌ها منطق نسبتاً ساده‌ای است: یک رژیم بودجه‌ریزی که صرفاً، بر مبنای ملاحظات اقتصادی شکل گرفته باشد، رژیمی پسینی[1] است. چنین رژیمی وضعیت گذشته و حالِ بهره‌وری علمی را همچون وضعیتی داده‌شده و به مثابه‌ی یک «جعبه‌ی سیاه» در نظر می‌گیرد و از طریق اعمال محاسبات معمول در علم اقتصاد تلاش می‌کند به تخصیص بهینه‌ی منابع برسد.

1. ex post

در نقطه‌ی مقابل، آن نوع سیاست‌گذاری در باب بودجه‌ریزی علمی که ملاحظات روان‌شناسانه را نیز در تصویر خود قرار می‌دهد، نوعی رویکرد پیشینی[1] را نیز به جعبه‌ی ابزار سیاست‌گذاری می‌افزاید. رویکرد پیشینی در سیاست علم، به بهره‌وری علمی همچون تابعی از چندین متغیر روان‌شناختی می‌نگرد که بخشی از آن متغیرها می‌تواند با اعمال سیاست‌گذاری‌های مناسب تغییر کند و در مجموع، بهره‌وری علمی را در نسل‌های آینده افزایش دهند.

نتیجه‌گیری

روان‌شناسی زیستی علم اکنون، در ابتدای مسیر بلند و شگفت‌انگیزش است. علم ژنتیک و عصب‌شناسیِ شناختی، در ابتدای راه نشان دادند که برای آشکار ساختن ساختارها و فرایندهای درگیر در فعالیت‌های سطح بالای علمی چقدر مستعد و توانا هستند. هم اکنون، برخی از اصول ژنتیک هوش کاملاً خود را تثبیت نموده است. اکنون ما می‌دانیم که در حدود هشتاد درصد تغییرات در هوش منشأ ژنتیکی دارد؛ ساختار مغزی در انسان‌هایی با ساختار ژنی مشابه، مشابه‌تر است، به نظر می‌رسد که مهارت‌ها و توانایی‌های نبوغ‌آمیز حاصل هندسه‌ی ژن‌هاست؛ نه حضور و غیاب ژن‌های خاص.

علاوه بر این، شواهد عصب‌شناختی، به شکل روز افزونی، بر این امر صحه می‌گذارد که مناطق خاصی، در مغز انسان، در هنگام فعالیت‌هایی از قبیل تفکر، استدلال و حل مسئله در حوزه‌های اصلی دانش همچون روان‌شناسی، فیزیک، زیست‌شناسی و ریاضی روزمره فعال است؛ با وجود این مناطق گوناگون مغز، تطابق یک به یک مطلقی با کارکردهای خاص ندارند؛ چرا که معمولاً، ناحیه‌های گوناگون اما منسجمی از مغز مسئول یک کارکرد ویژه است.

روان‌شناسی زیست‌شناختی علم علاوه بر نقطه‌ی تمرکز اصلی خود که رابطه‌ی مغز و فعالیت‌های علمی است، از حوزه‌های جذاب دیگری همچون رابطه‌ی جنسیت و عملکرد علمی غافل نبوده است؛ هم اکنون توصیفات نسبتاً قانع‌کننده‌ای از این رابطه داریم و برای فراهم کردن تبیین‌های با کفایتی از شواهد تلاش‌های بسیاری می‌شود.

1. ex ante

دستاوردهای روان‌شناسان علم یافته‌های به ویژه روان‌شناسانِ زیستی علم می‌تواند در قلمروهای کاربردی‌ترِ علم پژوهی همچون «سیاست علم» استفاده شود. سیاست‌گذاری علمی به شکل سنتی همواره، با موضوع تخصیص بهینه‌ی منابع به دانشمندان و سازمان‌های پژوهشی درگیر بوده است. اتخاذ رویکردی روان‌شناختی به مفهوم بهره‌وری علمی که در نقطه‌ی ثقل تلاش‌های نظری در حوزه‌ی سیاست علم قرار داشته، می‌تواند جعبه‌ی ابزار سیاست‌گذاران علم را مجهزتر و غنی‌تر سازد.

منابع

Benbow, C. P. "Sex differences in mathematical reasoning ability in intellectually talented preadolescents: Their nature, effects, and possible causes," *Behavioral and Brain Sciences*, 11, 1988, p. 169-183.

Chorney, M. J. & K. Chorney & N. Seese & others. "A quantitative trait locus associated with cognitive ability in children," *Psychological Science*, Vol. 9, 1998, p. 159-66.

Chow, T. W. & J. L. Cummings. "Frontal-subcortical circuits", *The human frontal lobes: Functions and disorders*, ed. B. L. Miller & J. L. Cummings. New York: Guilford Press, 1999.

Cole, S. & H. Zuckerman. "Marriage, motherhood, and research performance in science," *Scientific American*, Vol. 256, 1987, p. 119-25.

Feist, G. J. & M. E. Gorman. "Psychology of science: Review and integration of a nascent discipline," *Review of General Psychology*, 1998, 2, 3-47.

Feist, G. J. The psychology of science and origins of the scientific mind. New Haven, CT: Yale University Press, 2006a.

----------. "The Past and Future of the Psychology of Science," *Review of General Psychology*, Vol. 10, No. 2, 2006b, 92-97.

----------. "How Development and Personality Influence Scientific Thought, Interest, and Achievement," *Review of General Psychology*, Vol. 10, No. 2, 2006c, 163-182.

----------. "Why the Studies of Science Need a Psychology of Science," *Review of General Psychology*, Vol. 10, No. 2, 2006c, 183-187.

Gray, J. R. & P. M. Thompson. "Neurobiology of intelligence: Science and ethics," *Nature Reviews: Neuroscience*, 2004, p. 471-82.

----------. "Neurobiology of intelligence: Science and ethics," *Nature Reviews: Neuroscience*, 2004, p. 471-82.

Kwon, Y. J. & A. E. Lawson. "Linking brain growth with the development of scientific reasoning ability and conceptual change during adolescence," *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 37, 2000, p. 44-62.

Lundvall, B. & S. Borras, "Science, Technology, and Innovation Policy", J. Fagerberg et al. (Eds.), The Oxford Handbook of Innovation, Oxford: Oxford University Press, 2004.

Mell, J. C. & S. M. Howard & B. L. Miller. "Art and the brain: The influence of frontotemporal dementia on an accomplished artist", *Neurology*, Vol. 60, 2003, p. 1707-10.

Mirowski P. & E. Sent. *Science: Bought and Sold*, Chicago: Chicago University Press, 2002.

Neisser, U. & G. Boodoo & T. J. & others."Intelligence: Knowns and unknowns", *American Psychologist*, Vol. 51, 1996, p. 57-101.

Snyderman, M. & S. Rothman. "Survey of expert opinion on intelligence and aptitude testing", *American Psychologist*, Vol. 42, 1987, p. 137-44.

Sonnert, G. "What makes a good scientist?: Determinants of peer evaluation among biologists", *Social Studies of Science*, Vol. 25, 1995, p. 35-55.

Stuss, D. T. & T. W. Picton & M. P. Alexander. "Consciousness and self-awareness, and the frontal lobes", *The frontal lobes and neuropsychiatric illness*, ed. S. P. Salloway, P. F. Malloy, and J. D. Du.y. Washington, D.C.: American Psychiatric Publishing, 2001.

Thompson, P. M. & T. D. Cannon & K. L. Narr, & others. "Genetic influences on brain structure", *Nature Neuroscienc*, Vol. 4, 2001, p. 1253-58.