چاپ دوم

علوم اعصاب هوش

(مجموعهٔ مبانی علوم اعصاب در روان‌شناسی کمبریج)

ویراست دوم

تألیف

دکتر ریچارد جی. حایر

ترجمه

محمدرضا یعقوبی

دانشجوی دکترای روان‌شناسی بالینی

دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی زنجان

دکتر سجاد بشرپور

دکترای روان‌شناسی عمومی

عضو هیئت علمی دانشگاه محقق اردبیلی

کتاب ارجمند

این ترجمه را تقدیم می‌کنیم به:

خانواده‌هایمان، پشتیبانان خاموش و پرتلاشمان، و به یاد پدران و مادرانی که برای آینده‌ای روشن‌تر فداکاری کردند.

«دانش بی‌کار نیرزد به هیچ» این ترجمه نیز میوهٔ کوشش و عشق به دانش است.

م. ی.
س. ب.

فهرست

مقدمهٔ مترجم ۹
علوم اعصاب هوش ۱۳
مبانی علوم اعصاب در روان‌شناسی کمبریج ۱۴
کتاب‌های این مجموعه ۱۴
پیش‌گفتار (ویراست اول) ۱۷
پیش‌گفتار (ویراست دوم) ۲۱
تقدیر و تشکر (ویراست اول) ۲۳
تقدیر و تشکر (ویراست دوم) ۲۵

فصل اول: مفاهیم و ابعاد مطالعات هوش ۲۷

مقدمه ۲۸
۱-۱ هوش چیست؟ آیا هنگامی که آن را مشاهده کنید، می‌شناسید؟ ۲۸
۱-۲ تعریف هوش در پژوهش تجربی ۳۱
۱-۳ ساختار توانایی‌های ذهنی و عامل g ۳۲
۱-۴ مدل‌های جایگزین ۳۶
۱-۵ تمرکز بر عامل g ۳۷
۱-۶ اندازه‌گیری هوش و IQ ۳۸
۱-۷ آزمون‌های دیگر هوش ۴۲
۱-۸ شایعه: آزمون‌های هوش یا سوگیری دارند یا بی‌معنا هستند. ۴۵
۱-۹ چالش اصلی در اندازه‌گیری هوش ۴۷
۱-۱۰ چهار نوع اعتبار پیش‌بین برای آزمون‌های هوش ۴۸
۱-۱۰-۱ توانایی یادگیری ۴۸
۱-۱۰-۲ عملکرد شغلی ۵۰
۱-۱۰-۳ زندگی روزمره ۵۱
۱-۱۰-۴ مطالعات طولی در مورد IQ و استعداد ۵۵
۱-۱۱ چرا شایعات پیرامون تعاریف و اندازه‌گیری هوش تداوم دارند؟ ۶۳
خلاصه فصل ۱ ..... ۶۵
سؤالات مروری ۶۵
برای مطالعهٔ بیشتر ۶۵

فصل دوم: طبیعت بیشتر از تربیت ۶۷
تأثیر ژنتیک بر هوش ۶۷
مقدمه ۶۸
۲-۱ دیدگاه در حال تحول ژنتیک ۷۰
۲-۲ شکست‌های اولیه در افزایش IQ ۷۳
۲-۳ «اتهام کلاه‌برداری» مانع پیشرفت ژنتیکی نمی‌شود ۷۷
۲-۴ یافته‌های ژنتیک کمی نیز از نقش عوامل محیطی حمایت می‌کنند ۸۱
۲-۵ ژنتیک مولکولی و جست‌وجو برای «ژن‌های هوش» ۸۸
۲-۶ هشت مطالعهٔ توصیفی از رویکردهای ژنتیک مولکولی ۹۳
۲-۷ پیش‌بینی هوش از طریق DNA با استفاده از نمرات چندژنی ۹۸
خلاصه فصل ۲ ..... ۱۰۱
سؤالات مروری ۱۰۱
برای مطالعهٔ بیشتر ۱۰۲

فصل سوم: نگاهی به درون مغز زنده ۱۰۳
تصویربرداری عصبی؛ تحولی در پژوهش‌های هوش ۱۰۳
مقدمه ۱۰۴
۳-۱ اولین مطالعات PET ۱۰۵
۳-۲ کارایی مغز ۱۰۹
۳-۳ همه مغزها به یک روش عمل نمی‌کنند ۱۱۲
۳-۴ ابعاد آشکار و پنهان مطالعات اولیهٔ PET ۱۱۶
۳-۵ اولین مطالعات MRI ۱۱۸
۳-۶ یافته‌های اولیهٔ MRI ساختاری ۱۲۰
۳-۷ تحلیل‌های بهبود یافته MRI نتایج مختلطی به همراه داشت ۱۲۱
۳-۸ دو روش تصویربرداری از مجاری مادهٔ سفید ۱۲۶
۳-۹ MRI عملکردی (fMRI) ۱۲۷
۳-۱۰ نظریهٔ یکپارچگی آهیانه‌ای-پیشانی (PFIT) ۱۲۸
۳-۱۱ مغز انیشتین ۱۳۲
خلاصه فصل ۳ ..... ۱۳۳
سؤالات مروری ۱۳۳
برای مطالعهٔ بیشتر ۱۳۴

فصل چهارم: ابهاماتی پیرامون ماده خاکستری ۱۳۵
تصویر مغزی از هوش، ارزشی بیشتر از هزار کلمه دارد. ۱۳۵
مقدمه ۱۳۶

۴-۱ شبکه‌های مغزی و هوش ۱۳۷
۴-۲ کارایی عملکردی مغز: آیا نتایج تصویربرداری این است که هر چه ساده‌تر بهتر؟ ۱۵۳
۴-۳ پیش‌بینی IQ از تصاویر مغزی ۱۶۱
۴-۴ آیا «هوش» و «استدلال» مترادف هستند؟ ۱۶۹
۴-۵ ژن‌های مشترک ساختار مغز و هوش ۱۷۱
۴-۶ تصویربرداری عصبی و ژنتیک مولکولی ۱۷۶
خلاصه فصل ۴ ۱۷۹
سؤالات مروری ۱۸۰
برای مطالعهٔ بیشتر ۱۸۰

فصل پنجم: رویای ناممکن ۱۸۱

آیا علوم اعصاب می‌تواند هوش را ارتقا دهد؟ ۱۸۱
اهداف یادگیری ۱۸۱
مقدمه ۱۸۲
۵-۱ مورد ۱: مغز و موتزارت ۱۸۴
۵-۲ مورد ۲: شما باید این، این و این ... را به یاد داشته باشید ۱۸۸
۵-۳ مورد ۳: آیا بازی‌های رایانه‌ای می‌توانند IQ کودکان را افزایش دهند؟ ۱۹۵
۵-۴ قرص‌های IQ کجا هستند؟ ۲۰۳
۵-۵ میدان‌های مغناطیسی، شوک‌های الکتریکی و لیزرهای سرد بر فرایندهای مغزی تأثیر می‌گذارند ۲۰۶
۵-۶ اعتبار از دست رفته شواهد ارتقا ۲۱۲
خلاصه فصل ۵ ۲۱۵
سؤالات مروری ۲۱۵
برای مطالعهٔ بیشتر ۲۱۵

فصل ششم: با پیشرفت‌های علوم اعصاب، آینده پژوهش‌های هوش چه خواهد شد؟ ۲۱۷

اهداف یادگیری ۲۱۸
مقدمه ۲۱۸
۶-۱ از روان‌سنجی تا زمان‌سنجی تا «بازی‌سازی» ۲۲۰
۶-۲ علوم اعصاب شناختی حافظه و ابرحافظه ۲۲۳
۶-۳ یکپارچه‌سازی تحقیقات انسانی و حیوانی با ابزارهای نوین در مقیاس نورونی ۲۲۸
۶-۴ یکپارچه‌سازی هوش انسانی و ماشینی در مقیاس مداری ۲۳۲
۶-۵ هوشیاری و خلاقیت ۲۳۷
۶-۶ فقر-عصب و SES-عصب: پیامدهای سیاسی بر مبنای علوم اعصاب هوش ۲۴۶
۶-۷ سخن پایانی ۲۵۸

خلاصه فصل ۶ ..... ۲۵۹
سؤالات مروری ۲۶۰
برای مطالعهٔ بیشتر ۲۶۰
واژه‌نامه ۲۶۳
منابع ۲۶۹
واژه‌نامه انگلیسی به فارسی ۳۱۷
واژه‌نامه فارسی به انگلیسی ۳۱۹
اطلس رنگی ۳۲۱

مقدمهٔ مترجم

«هوش، توانایی سازگاری با تغییرات است.» **- استیون هاوکینگ**

در عصر پیشرفت‌های شگرف علمی، جایی که فناوری و دانش مرزهای جدیدی را درمی‌نوردند، هوش انسانی همچنان یکی از رازآمیزترین و کلیدی‌ترین موضوعات مطالعه باقی مانده است. کتاب علوم اعصاب هوش، نوشتهٔ ریچارد جی. حایر، استاد برجستهٔ روان‌شناسی و علوم اعصاب در دانشگاه کالیفرنیا، اِروایِن، اثری پیشگام است که خوانندگان را به سفری عمیق در قلب این توانایی شگفت‌انگیز انسانی دعوت می‌کند. ویراست دوم این کتاب، که اکنون به فارسی ترجمه شده، نه‌تنها چکیده‌ای از بیش از چهل سال پژوهش نویسنده در حوزهٔ علوم اعصاب و هوش است، بلکه نقشه‌راهی جامع برای درک چگونگی شکل‌گیری، سنجش، و حتی ارتقای هوش ارائه می‌دهد.

ریچارد حایر، که از پیشگامان استفاده از تصویربرداری عصبی در مطالعهٔ هوش به شمار می‌رود، در این اثر با تکیه بر شواهد علمی معتبر و فناوری‌های پیشرفته، به کاوش در ریشه‌های بیولوژیکی هوش می‌پردازد. او با زبانی دقیق و در عین حال قابل فهم، نشان می‌دهد که هوش یک پدیدهٔ صرفاً ذهنی نیست، بلکه ریشه در فرایندهای مغزی و تعامل پیچیدهٔ ژن‌ها و محیط دارد. این کتاب باورهای نادرست رایج، مانند بی‌اعتبار بودن آزمون‌های هوش (IQ) یا تأثیر صرف محیط بر هوش، را به چالش می‌کشد و خوانندگان را با واقعیات علمی مبتنی بر داده‌های تجربی آشنا می‌کند. از نقش ژنتیک در شکل‌گیری هوش از کودکی گرفته تا ارتباط نمرات آزمون‌های هوش با مناطق خاص مغز، حایر با نگاهی جامع، ابعاد مختلف این موضوع را روشن می‌سازد.

علوم اعصاب هوش بخشی از مجموعهٔ ارزشمند «مبانی علوم اعصاب در روان‌شناسی کمبریج» است که برای دانشجویان، پژوهشگران، و خوانندگان غیرمتخصص طراحی شده تا مفاهیم پیچیدهٔ علوم اعصاب را به شکلی قابل دسترس ارائه دهد. این کتاب با مرور تاریخچهٔ تحقیقات هوش، از تعریف و سنجش آن تا پیشرفت‌های اخیر در ژنتیک مولکولی و تصویربرداری عصبی، خوانندگان را به کاوش در پرسش‌های بنیادین دعوت می‌کند: هوش چیست؟ چگونه می‌توان آن را اندازه‌گیری کرد؟ آیا می‌توان هوش را ارتقا داد؟ حایر همچنین به موضوعات چالش‌برانگیزی مانند تأثیر فقر و وضعیت اجتماعی-اقتصادی بر هوش، و مسائل اخلاقی مرتبط با افزایش هوش می‌پردازد و چشم‌اندازی نو برای آیندهٔ این حوزه ترسیم می‌کند.

ترجمهٔ این اثر به زبان فارسی گامی مهم در جهت دسترسی جامعهٔ علمی و فرهنگی ایران به یکی از برجسته‌ترین آثار در حوزهٔ علوم اعصاب است. هوش، به مثابهٔ پایه‌ای برای یادگیری، حل مسئله، خلاقیت، و تعاملات اجتماعی، نقشی محوری در زندگی فردی و جمعی ایفا می‌کند. این کتاب نه‌تنها برای روان‌شناسان، دانشمندان علوم اعصاب، و ژنتیک‌دانان منبعی غنی به شمار می‌رود، بلکه برای معلمان، سیاست‌گذاران، والدین، و هر فردی که به فهم بهتر توانایی‌های ذهنی خود و دیگران علاقه‌مند است، ارزشمند خواهد بود. ترجمهٔ حاضر با دقت و تعهد به حفظ اصالت علمی و سبک نگارش نویسنده انجام شده تا مفاهیم پیچیده برای خوانندگان ایرانی ملموس و قابل درک باشد.

از ویژگی‌های کلیدی این کتاب می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

شواهد علمی مستدل: حایر با استناد به مطالعات گسترده، از جمله پژوهش‌های دوقلوها و تحلیل‌های DNA، نقش اساسی ژنتیک در هوش را نشان می‌دهد، در حالی که تأثیر محیط را نیز در نظر می‌گیرد.

فناوری‌های پیشرفته: کتاب به بررسی تکنیک‌های تصویربرداری عصبی و تحلیل شبکه‌های مغزی می‌پردازد که امکان شناسایی مدارهای مغزی مرتبط با هوش را فراهم کرده‌اند.

چشم‌انداز آینده‌نگرانه: نویسنده با کاوش در امکان افزایش هوش از طریق دستکاری ژنتیکی یا تحریک مغزی، پرسش‌هایی نو برای پژوهش‌های آینده مطرح می‌کند.

دسترسی‌پذیری: علی‌رغم عمق علمی، متن کتاب به گونه‌ای نگاشته شده که برای خوانندگان با پیش‌زمینه‌های متنوع قابل فهم است.

این اثر همچنین به موضوعات اجتماعی و اخلاقی مرتبط با هوش می‌پردازد، از جمله تأثیر فقر بر رشد شناختی و پیامدهای افزایش هوش برای جوامع. حایر با تأکید بر سه اصل بنیادین خود – «هیچ روایتی دربارهٔ مغز ساده نیست»، «هیچ مطالعه‌ای به‌تنهایی قطعی نیست»، و «حل مسائل نیازمند زمان و پژوهش گسترده است» – خوانندگان را به تفکری نقادانه و باز دعوت می‌کند. این رویکرد نه‌تنها به درک بهتر هوش کمک می‌کند، بلکه زمینه‌ساز گفتمانی سازنده در زمینهٔ آموزش و سیاست‌گذاری خواهد بود.

ترجمهٔ علوم اعصاب هوش فرصتی است برای تقویت پیوند میان پژوهش‌های جهانی و جامعهٔ علمی ایران، و ایجاد فضایی برای بحث و تأمل در مورد یکی از مهم‌ترین توانایی‌های انسانی. امیدوارم این کتاب به مانند منبعی علمی و انگیزه‌ای برای کاوش در ذهن انسان و امکانات بی‌پایان آن، خوانندگان را به خود جلب کند.

از تمامی کسانی که در این مسیر مرا همراهی کردند، به‌ویژه خانواده‌ام، دوستان و استاد ارجمند، دکتر سجاد بشرپور، که با حمایت و راهنمایی‌هایشان این ترجمه را ممکن ساختند، صمیمانه سپاسگزارم.

همچنیـن از پروفسـور ریچـارد حایر قدردانی می‌کنم کـه با پژوهش‌های پیشـگامانه‌اش، راه را برای فهم عمیق‌تر هوش انسانی روشن کرده است.

با آرزوی اینکه مطالعهٔ این کتاب، سفری الهام‌بخش به دنیای علوم اعصاب و هوش باشد، شما را به همراهی در این کاوش علمی دعوت می‌کنم. باشـد که این اثر، نه‌تنها به درک بهتر خود و دیگران، بلکه به ساخت جهانی هوشمندتر و عادلانه‌تر کمک کند.

با احترام،

محمدرضا یعقوبی

mrezayaghobii@gmail.com

اسفند ۱۴۰۴

علوم اعصاب هوش

ویراست جدید، راهنمایی جامع برای پیشرفت‌های پژوهشی در حوزهٔ علوم اعصاب و ابعاد مختلف هوش فراهم آورده است. شواهد علمی معتبر، حاکی از آن است که ژنتیک از دوران کودکی نقشی اساسی در شکل‌گیری هوش ایفا می‌کند و نمرات آزمون‌های هوش با مناطق خاصی از مغز که با استفاده از تصویربرداری عصبی مورد ارزیابی قرار گرفته است، مطابقت زیادی دارند. ریچارد جی. حایر با زبانی دقیق و در عین حال قابل فهم، فنون پیشرفته مبتنی بر DNA و تصویربرداری از ارتباطات و عملکرد مغزی را شرح می‌دهد. او تصورات رایج نادرستی مانند باور به سوگیردار بودن یا بی‌معنی بودن آزمون‌های IQ را به چالش می‌کشد. خوانندگان، با امکان واقعی افزایش قابل توجه هوش و پیامدهای مثبت آن برای آموزش و سیاست‌های اجتماعی آشنا می‌شوند. این کتاب همچنین به بررسی اختلاف نظرهای پیرامون فقر–عصب، وضعیت اجتماعی–اقتصادی–عصبی و اخلاقیات افزایش هوش برای عموم می‌پردازد.

ریچارد جی. حایر، استاد بازنشسته دانشگاه کالیفرنیا، اِروایِن، ایالات متحده است. او مدرک دکترای خود از دانشگاه جانز هاپکینز دریافت کرده است. او از سال ۱۹۸۸، در استفاده از تصویربرداری عصبی برای مطالعهٔ هوش پیشگام بوده است و سخنرانی‌های متعددی در کنفرانس‌هایی که به وسیلهٔ بنیاد ملی علوم، آکادمی ملی علوم، مؤسسه پژوهش‌های تحقیقاتی پیشرفته دفاعی، سازمان زیست مولکولی اروپا و آزمایشگاه گلد اسپرینگ هاربر برگزار شده است، ارائه کرده است. در سال ۲۰۱۳، او مجموعه سخنرانی‌های ویدیویی تحت عنوان «مغز هوشمند» را برای «گریت کورس» تولید کرد. در سال ۲۰۱۶، رئیس جامعه بین‌المللی تحقیقات هوش و همچنین سردبیر مجله هوش شد. دکتر حایر در سال ۲۰۲۰، جایزه‌ای به خاطر دستاوردهایش از سوی جامعه بین‌المللی تحقیقات هوش، دریافت کرد. او همچنین ویراستار «دست‌نامه کمبریج دربارهٔ هوش و علوم اعصاب شناختی» (۲۰۲۱) و نویسندهٔ مشترک «علم هوش انسانی» (۲۰۲۳) می‌باشد. دکتر حایر در بسیاری از پادکست‌ها، از جمله با جردن پیترسون، اسکات باری کافمن و لکس فریدمن، به بحث در مورد تحقیقات هوش پرداخته است.

مبانی علوم اعصاب در روان‌شناسی کمبریج

این مجموعه به منظور پاسخگویی به نیاز روزافزون برای دسترسی به علوم اعصاب برای دانشجویان و خوانندگان غیرمتخصص طراحی شده است و مقدمه‌های مختصری را در حوزه‌های مهم تحقیقاتی علوم اعصاب در زمینه‌های اصلی روان‌شناسی ارائه می‌دهد. کتاب‌های این مجموعه که توسط متخصصان در زمینه‌های علوم اعصاب شناختی، اجتماعی، هیجانی، رشدی، بالینی و کاربردی تألیف شده‌اند، به مثابهٔ مبانی اولیه برای دانشجویان و سایر خوانندگان که به دنبال ورود به دنیای چالش‌برانگیز علوم اعصاب هستند، عمل خواهند کرد.

کتاب‌های این مجموعه

- علوم اعصاب تخصص توسط مِریم بیلالیچ
- علوم اعصاب هوش توسط ریچارد جی. حایر
- علوم اعصاب شناختی حافظه توسط اسکات دی. اسلاتنیک
- علوم اعصاب نوجوانی توسط آدریانا گالوان
- علوم اعصاب رفتار خودکشی توسط کِس وان هیرینگن
- علوم اعصاب خلاقیت توسط آنا آبراهام
- علوم اعصاب شناختی و اجتماعی کهنسالی توسط آنجلا گوتچس
- علوم اعصاب خواب و رویا توسط پاتریک مک‌نامارا
- علوم اعصاب اعتیاد توسط فرانچسکا مپوآ فیلبی
- علوم اعصاب خواب و رویا، ویراست دوم، توسط پاتریک مک‌نامارا
- علوم اعصاب هوش، ویراست دوم، توسط ریچارد جی. حایر

«چهـل سـال تحقیـق و تفکر ریچارد حایر در حـوزهٔ علوم اعصاب هوش به شـکل مختصری در این اثر جذاب گردآوری شـده اسـت. ایشـان همواره با دقت و انصاف به مسائل پیچیده‌ای چون ژنتیک پرداخته است. این کتاب به طرزی هوشمندانه و صادقانه نگاشته شده است».

رابرت پلومین، مؤسسه روان‌پزشکی، استاد روان‌شناسی و علوم اعصاب، کینگز کالج لندن.

«مروری اصیل و تفکر برانگیز بر تحقیقات مدرن در زمینهٔ هوش انسانی از یکی از پیشگامان این حوزه».

آرون کی. باربی، مدیر آزمایشگاه علوم اعصاب تصمیم‌گیری، استاد روان‌شناسی، علوم اعصاب و مهندسی زیستی، مؤسسه علوم پیشرفته و فناوری بکمن، دانشگاه ایلینوی در اوربانا–شمپین.

«بـا ارائـهٔ بینش‌های نویـن از ژنتیک و تصویربرداری عصبی، **حایر** تبییـن فوق‌العاده‌ای از یافته‌های علمی اخیر در رابطه با زیست‌شناسـی هوش ارائه می‌دهد. این کتاب به موقع و با قلمی روان نوشـته شده است و قطعاً برای علاقمندان به علوم اعصاب هوش ضروری است!»

دنیل پستما، استاد ژنتیک صفات پیچیده، دانشگاه ورایج آمستردام، هلند.

«سـفر در میـان هزارتـوی تحقیقات اخیر با اسـتفاده از ابزارهای مدرن علوم اعصـاب و ژنتیک مولکولی، پژوهشگران جوان را مشتاق می‌کند. اشتیاق نویسنده به کشفیات پیش رو به شدت همه‌گیر است. آفرین برشما!»

توماس جی. بوشارد جی‌آر، استاد بازنشسته روان‌شناسی، دانشگاه مینه‌سوتا.

«**ریچـارد حایـر** مـا را به ماجراجویی جذاب در طول یک قـرن از اوج و فرود در تحقیقات هوش دعوت می‌کند و به مرور مباحث قدیمی و طرح سؤالات جدید برای نسل‌های آینده می‌پردازد. از ارتقا شناختی تا مدل‌هایی که IQ را بر اسـاس اسـکن‌های مغزی پیش‌بینی می‌کنند، جسـت‌وجو برای مشـخص کردن زیربنای نوروبیولوژیکی هوش انسانی هرگز به این اندازه هیجان‌انگیز نبوده است».

امیلیانو سانترنچی، استاد، مرکز برنسان–آلن برای تحریک غیرتهاجمی مغز، دانشکده پزشکی هاروارد.

«صدای بلند برخی افراد، تحقیق در خصوص تفاوت‌های هوش انسانی، ریشه‌های ژنتیکی آن و ارتباطات آن با سـاختار و عملکرد مغز را نادیده گرفته و به تمسـخر می‌کشـد. اگر به داده‌ها احترام گذاشـته شـود، کتاب **ریچارد حایر** می‌تواند این صداها را خاموش کند. ارزشمند است که به این نکته بیندیشیم که چقدر کتاب «علوم اعصاب هوش» در گذشته کم حجم بود و به زودی به چه ابعادی خواهد رسید؛ کتاب زنده و پویای حایر، نشانه‌ای از مسیرهای پیشرفت این حوزهٔ حیاتی را نمایان می‌سازد».

ایان جی. دیری، استاد بازنشسته روان‌شناسی افتراقی، دانشگاه ادینبرو.

«زیست‌شناسی چند تفاوت روان‌شناختی به‌خوبی از زیست‌شناسی هوش درک نشده است. **ریچارد حایر** پیشگام حوزهٔ علوم اعصاب هوش است که همچنان در صف مقدم آن قرار دارد. این کتاب، وضعیت قابل توجه این حوزه را خلاصه کرده و آنچه ممکن است در آینده اتفاق بیفتد را پیش‌بینی می‌کند.»

لارس پِنکه، استاد روان‌شناسی بیولوژکی شخصیت، دانشگاه جورج آگوست گوتینگن.

«بـه طـور فزاینـده‌ای به نظر می‌رسـد که ما در عرض چند سـال، نـه چند دهه، به درک هوش در سـطح مولکولـی نزدیـک می‌شـویم – پیشـرفت علمی که جهان را دگرگـون خواهد کرد. کتـاب «علوم اعصاب هوش» از **ریچارد حایر**، نمای کلی از وضعیت فعلی این حوزه را ارائه می‌دهد که نه تنها حوزه تخصصی خود او، یعنی مغز، بلکه شامل تحولات اخیر در ژنتیک نیز می‌شود. او این موضوعات را به طور جذاب و قابل فهم برای غیرمتخصصان عرضه می‌کند. من به شدت خواندن این کتاب را توصیه می‌کنم.»

چارلز موری، پژوهشگر بازنشسته دابلیو.اِچ بریدی، موسسهِ امریکن اینترپرایز.

«این کتاب باید زودتر نوشـته می‌شـد؛ روایتی جذاب و الهام‌بخش از پیشـرفت‌های علوم اعصاب هوش انسانی است. این اثر، نوشته **ریچارد حایر**، یکی از بنیان‌گذاران برجسته در این حوزهٔ تحقیقاتی، مقدمه‌ای جامع برای مبتدیان و منبعی معتبر برای متخصصان فراهم آورده است».

دکتر اَلجاشا نئوبائر، دانشگاه گراتس، اتریش و رئیس سابق
انجمن بین‌المللی مطالعه تفاوت‌های فردی.

این کتاب سفری اکتشافی در علوم اعصاب هوش می‌باشد. مطالعه این اثر شگفت‌انگیز تفکر را به چالش می‌کشـد، امـری کـه دربارهٔ تعداد بسـیار کمی از کتاب‌ها می‌تـوان آن را اظهار کـرد. در مطالعهٔ این کتاب خواننده به آگاهی معقولی از پیشـرفت‌های هیجان‌انگیز در زمینهٔ علوم اعصاب هوش و سـه اصل اساسی نویسنده: ۱) هیچ روایتی در مورد مغز ساده نیست، ۲) هیچ مطالعه‌ای به تنهایی نمی‌تواند قطعی باشد، و ۳) حل مسائل نیازمند صرف زمان و انجام تحقیقات گسترده است.

روبرتو کُلُم، استاد روان‌شناسی افتراقی، دانشگاه اتونوما مادرید.

کتـاب علـوم اعصـاب هـوش **ریچارد حایـر**، خلاصـه‌ای جامـع از پیشـرفت‌های عمـده در حوزه‌های روان‌شناسـی، ژنتیک و علوم اعصاب شـناختی است که بر مبنای پژوهش‌های بنیادین «منحنی زنگوله‌ای» بنا شـده اسـت. او به بررسـی بسیاری از تصورات غلط و شایعه‌هایی که این توانایی انسانی مهم را احاطه کرده‌اند، می‌پردازد و با ارائه خلاصه‌ای شـفاف از تمام تحقیقات کنونی در زمینهٔ مغز و ژنوم انسـانی، این موضوعات را روشن می‌سازد.

رکس ای. یونگ، استاد پژوهشی روان‌شناسی، دانشگاه نیومکزیکو.

پیش‌گفتار (ویراست اول)

چرا برخی افراد از سایرین باهوش‌تر هستند؟ این کتاب به بررسی آنچه علوم اعصاب دربارهٔ هوش و مغز به ما می‌آموزد، اختصاص یافته است. هر فرد دیدگاه خاصی در مورد تعریف هوش و اینکه چگونه تفاوت‌های فردی می‌تواند بر موفقیت‌های تحصیلی و دستاوردهای زندگی تأثیر بگذارد، دارد. نظرات متضاد و چالشی در مورد چگونگی ایجاد هوش وجود دارد. ممکن است از اینکه یافته‌های علمی در این زمینه‌ها به طور قابل توجهی از آنچه تصور می‌کنید مستندتر و قطعی‌تر است، شگفت‌زده شوید. شواهد به‌دست‌آمده از پژوهش‌های علوم اعصاب به سرعت باورهای قدیمی و نادرست را اصلاح می‌کند.

این کتاب را برای دانشجویان روان‌شناسی و علوم اعصاب، معلمان، سیاست‌گذاران و سایر علاقه‌مندان به اهمیت هوش نوشته‌ام. از طرفی، این کتاب مقدمه‌ای برای این حوزه به شمار می‌رود که نیازی به پیش‌زمینه‌ای خاص ندارد و از سوی دیگر، مباحث را عمیق‌تر از تحلیل‌های کلی موجود در رسانه‌ها بررسی می‌کند. هدف من توضیح علم هوش به زبانی ساده و قابل فهم است. نقطه نظر کلی هر فصل این است که هوش فارغ از اینکه تحت تأثیر عوامل ژنتیکی است یا محیطی، ۱۰۰ درصد پدیده‌ای بیولوژیکی است و فرایندهای زیستی مرتبط در مغز، در ایجاد هوش نقشی اساسی دارد. به همین دلیل است که علوم اعصاب به مطالعهٔ هوش می‌پردازد.

این کتاب بی‌طرف نیست، اما عادلانه است. نوشته‌های من مبتنی بر بیش از ۴۰ سال تجربه در پژوهش دربارهٔ هوش، با استفاده از آزمون‌های سنجش توانایی‌های ذهنی و فناوری تصویربرداری عصبی است. به عقیدهٔ من پژوهش‌هایی که باید در این کتاب گنجانده شوند، باید بر اساس میزان اهمیت شواهد موجود باشد. اگر میزان اهمیت شواهد در مورد هر یک از موضوعات مطرح شده تغییر کند، من نیز نظر خود را تغییر خواهم داد و شما نیز باید چنین کنید. بدون شک، شیوهٔ قضاوت من دربارهٔ میزان اهمیت شواهد ممکن است برای همه خوشایند نباشد، اما این موضوع دقیقاً نشان‌دهندهٔ اهمیت این کتاب در برانگیختن گفتگوها، گشودن ذهن‌ها و احتمال ایجاد بینش‌های جدید است.

به شما هشدار می‌دهم که اگر بر این باور هستید که هوش به طور کامل یا عمدتاً ناشی از محیط است، ممکن است پذیرش حقایق جدید علوم اعصاب برایتان دشوار باشد. انکار، زمانی که اطلاعات جدید با باورهای قبلی در تضاد قرار می‌گیرند، پاسخی رایج است. با افزایش سن، باورهای افراد ممکن است بیشتر در برابر تغییر مقاومت کنند. سانتیاگو رامون کاخال[1] (۱۹۳۴ – ۱۸۵۲)، پدر علوم اعصاب، زمانی بیان کرده است: «هیچ چیز مانند کهنسالی که می‌تواند عقیده‌اش را تغییر دهد، حیرت و احترام مرا

1. Santiago Ramon Cajal

برنمی‌انگیزد» (کاخال، ۱۹۲۴)، دانشجویان که دیگر هیچ عذر و بهانه‌ای ندارند.

چالش علوم اعصاب، شناسایی فرایندهای مغزی لازم برای هوش و کشف نحوهٔ ایجاد آنهاست. چرا ایـن موضـوع اهمیت دارد؟ هدف نهایی تمامی تحقیقات هوش، ارتقای هوش اسـت. یافتن راهکارهایی برای حداکثر کردن اسـتفاده افراد از هوش خود، یکی از اهداف آموزش اسـت. هنوز مشـخص نیست که علـوم اعصـاب چگونـه می‌تواند به معلمان یا والدین در این زمینه یاری رسـاند. کشـف روش‌هایی برای افزایش هوش از طریق دسـتکاری مکانیسـم‌های مغزی، موضوعی کاملاً متفاوت اسـت که علوم اعصاب در این زمینه پتانسـیل قابل توجهی دارد. بدون شـک، بیشـتر افراد با این دیدگاه که افزایش هوش هدفی مثبت برای کمک به افراد با بهره هوشی پایین که اغلب نمی‌توانند از خودشان مراقبت کنند یا مهارت‌های شغلی فرا بگیرند، موافق خواهند بود. بنابراین، استدلال علیه ارتقای هوش به منظور ارتقای توانمندی‌های یادگیری دانش‌آموزان یا افزایش احتمال دسـتیابی بزرگسـالان به موفقیت‌های بیشتر چیست؟ در صورتی که به این ادعا واکنشی منفی نشان داده‌اید، امید دارم که در پایان این کتاب نظرتان تغییر کرده باشد.

سـه اصـل بـر این کتـاب حاکم اسـت: (۱) هیچ روایتی در مورد مغز سـاده نیسـت؛ (۲) هیچ مطالعه‌ای به تنهایی نمی‌تواند قطعی باشـد؛ (۳) سـال‌ها زمان نیاز اسـت تا نتایج متناقض و ناسـازگار را تفکیک کرده و شـواهد قانع‌کننـده‌ای بـرای اثبات نظریه‌ها پیـدا کنیم. با توجه به این موارد، فصل اول در تلاش اسـت تا اطلاعات نادرست رایج را اصلاح کند و خلاصه‌ای از چگونگی تعریف و اندازه‌گیری هوش در پژوهش‌های علمی ارائه دهد. برخی از داده‌های معتبر ممکن است شما را شگفت‌زده کند. برای مثال، نمرات IQ دوران کودکی پیش‌بینی‌کنندهٔ مرگ و میر در بزرگسـالی اسـت. فصل دوم به بررسـی شـواهد قاطعی می‌پردازد که نشان می‌دهد تأثیرات عمدهٔ ژنتیکی بر هوش و شکل‌گیری آن وجود دارد. مطالعات اساسی در عرصه ژنتیک کمّی و مولکولی هیچ شکی در این مورد باقی نمی‌گذارند. از آنجا که ژن‌ها از طریق مکانیزم‌های بیولوژیکی عمل می‌کنند، باید مبنایی نوروبیولوژیکی برای هوش وجود داشـته باشـد، حتی زمانی که تأثیرات محیطی بر آن مکانیزم‌ها مستولی باشد. ژن‌ها در خلأ عمل نمی‌کنند و در محیط بیان می‌شوند و عمل می‌کنند. این تعامل موضوعی از «اپی‌ژنتیک[1]» است که نقش آن را در پژوهش‌های هوش مورد بررسی قرار خواهیم داد.

فصل‌هـای سـوم و چهارم به تجزیـه و تحلیل تصویربرداری عصبی و چگونگـی تأثیر این فناوری‌های نوآورانه بر تجسم هوش در مغز و شناسایی مکانیزم‌های نوروبیولوژیکی می‌پردازند. مطالعات جدید هوش روی دوقلوها، تصویربرداری عصبی و تحلیل‌های DNA را ترکیب می‌کنند. نتایج نشان می‌دهد که ژن‌های مشترکی برای ساختار مغز و هوش وجود دارد. فصل پنجم بر ارتقا تمرکز دارد. این فصل با نقد سه ادعای مطرح‌شـده نادرسـت در خصوص افزایش IQ آغاز می‌شـود و با روش‌های تحریک الکتریکی مغز به پایان می‌رسـد. تا کنون، روشـی برای افزایش هوش اثبات نشـده است، اما در ادامه توضیح خواهم داد که چگونه

1. Epigenetics

اپی‌ژنتیک به تغییراتی در مولکول DNA یا پروتئین‌هایی که با DNA برهم‌کنش می‌کنند اشاره دارد که می‌تواند بیان ژن را بدون تغییر توالی DNA اصلی تحت تأثیر قرار دهد. (م)

توسـط دسـتکاری برخـی از ژن‌ها و فرایندهـای بیولوژیکی آنها احتمـال زیادی وجود دارد کـه این فرایند موفقیت‌آمیز باشـد. تصور کنید که پژوهشـی مشـابه پروژه‌های پرتاب فضاپیما، برای دستیابی به این هدف وجود داشته باشد؛ حدس بزنید که کدام کشور چنین قصدی دارد (این کشور ایالات متحده نیست!).

فصل ششم چندین روش خارق‌العاده در علوم اعصاب را برای مطالعهٔ سیناپس‌ها، نورون‌ها، مدارها و شبکه‌های عصبی معرفی می‌کند که تحقیقات هوش را به عمق بیشتری در مغز هدایت می‌کند. به زودی ممکن اسـت بتوانیم هوش را بر اسـاس سـرعت عملکرد مغز اندازه‌گیری کنیم و دستگاه‌های هوشمندی بر اسـاس نحوهٔ کارکرد واقعی مغز طراحی نماییم. اقداماتی جهانی در حال جسـت‌وجو برای شناسـایی ژن‌های مرتبط با هوش، ایجاد مغزهای مجازی و نقشه‌برداری از اثرانگشت‌های مغزی[1] منحصر به هر فرد هستند – اثرانگشت‌هایی که می‌توانند هوش را پیش‌بینی کنند. مدارهای عصبی مشترک مربوط به هوش، هوشـیاری و خلاقیت نیز مورد بررسـی قرار گرفته‌اند. در نهایت، اصطلاحات «فقر–عصب[2]» و «وضعیت اجتماعی– اقتصادی –عصبی[3]» را معرفی خواهم کرد و توضیح خواهم داد که چرا پیشرفت‌های پژوهشی علوم اعصاب هوش می‌تواند به سیاست‌های آموزشی کمک کند.

به شـخصه بر این باورم که ما در حال ورود به عصری طلایی در تحقیقات هوش هسـتیم که در آن مباحـث فراتـر از چالش‌های گذشـته (تعریف و اندازه‌گیری هوش و نقش ژن‌ها در آن) می‌رود. اشـتیاق مـن بـه این حوزه در تمامی فصول لحاظ شـده اسـت. اگر شـما معلم، سیاسـت‌گذار، والد یـا دانش‌آموز هسـتید، لازم اسـت که با یافته‌های علوم اعصاب قرن بیسـت و یکم در زمینهٔ هوش آشنا شوید و نیز اگر در جسـت‌وجوی شـغلی در روان‌شناسـی یا علوم اعصاب هسـتید و چالش‌های تحقیقات هوش را دنبال می‌کنید، در آن صورت این امتیاز بزرگی خواهد بود.

---

۱. Brain fingerprint: انگشـت‌نگاری مغزی روشـی علمی برای تشـخیص اطلاعات پنهان ذخیره شـده در مغز اسـت که با اندازه‌گیری پاسخ‌های مغزی الکترونسفالوگرافی (EEG) یا امواج مغزی، به روشی غیرتهاجمی از طریق حسگرهایی که روی پوست سر قرار می‌گیرند، انجام می‌شود. (م)

2. neuro-poverty

3. neuro-SES (social economic status)

پیش‌گفتار (ویراست دوم)

از زمان ارسال نسخه نهایی ویراست اول این کتاب در سال ۲۰۱۵، تحولات زیادی رخ داده است، ولی تغییرات عمده‌ای در محتوا به وجود نیامده است. در حین نوشتن ویراست دوم در سال ۲۰۲۲، متوجه شدم که شواهد دربارهٔ موضوعات کلیدی اکنون بیشتر و قوی‌تر شده‌اند. این موضوع به نسل جدیدی از پژوهشگران مرتبط است که به فناوری‌های پیشرفته و روش‌های جدید تحلیل داده دسترسی دارند و می‌توانند از پایگاه داده‌های کلان شامل DNA، تصویربرداری عصبی و آزمون‌های شناختی بهره ببرند. پژوهش در زمینهٔ هوش تحت تأثیر پیشرفت‌های روزافزون در سایر حوزه‌های علمی قرار دارد که عمدتاً به واسطه مشاهدات و بینش‌های ناشی از تحولات روش‌شناختی و فنی صورت می‌گیرد. باعث خوشحالی است در هفت سال گذشته، درک ما از علوم اعصاب به صورت قابل توجهی افزایش یافته و سؤالات بیشتری شکل گرفته که نیاز به پاسخ‌گویی دارند.

این ویراست شامل بخش‌های جدیدی در خصوص پیش‌بینی معیارهای هوش از طریق DNA با استفاده از نمرات چندژنی[1] است. ممکن بودن چنین پیش‌بینی‌هایی، دیدگاه‌های متعصبانه‌ای مبنی بر ارتباط ضعیف هوش با ژن‌ها و اینکه هوش نمی‌تواند به طور علمی مورد ارزیابی قرار گیرد را زیر سؤال می‌برد. اما مهم‌تر از همه، این یافته‌ها از اقداماتی که برای فهم چگونگی تأثیر بیان ژن بر هوش انجام می‌شود، حمایت می‌کنند. آن‌ها دریچه‌ای به سوی پژوهش‌های زیست مولکولی می‌گشایند که قادر به شناسایی مکانیزم‌های زیربنایی فرایندهای شناختی مرتبط با هوش خواهند بود. این نوع پژوهش را می‌توان راهی برای پیشرفت‌های عظیم در افزایش هوش افراد تصور کرد. همچنان بر این باورم که این هدف نهایی و درخور پژوهش در زمینهٔ هوش است.

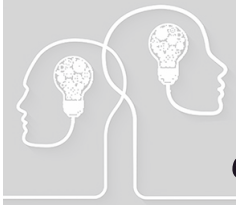
بخش‌های جدیدی نیز به بررسی تصویربرداری عصبی و تجزیه و تحلیل ارتباطات برای شناسایی شبکه‌ها و مدارهای خاص مغزی مرتبط با هوش و تفاوت‌های فردی می‌پردازد. این نوع پژوهش امکان شناسایی راه‌هایی برای دستکاری جریان اطلاعات شبکه درونی و بین نواحی مغز به منظور افزایش هوش را فراهم می‌کند. در ارتباط با این پیشرفت‌ها، بسیاری از دانشمندان علوم اعصاب شناختی که پیش از این بر یادگیری و حافظه تمرکز داشتند، تمرکز پژوهش‌های خود را به طور ویژه به مطالعهٔ هوش و تفاوت‌های فردی تغییر دادند. موضوع پژوهش‌ها دیگر تنها در دامنهٔ سنجش هوش خلاصه نمی‌شود، اما مشارکت‌های هدفمند همچنان نیازمند خبرگی در سنجش هوش است.

مطالب این ویراست با استفاده از یافته‌ها و منابع جدید تحقیقاتی به‌روزرسانی شده‌اند. گزینه‌های

1. Polygenic

متعددی برای انتخاب وجود داشت که متأسفانه امکان گنجاندن تمامی آنها فراهم نشد. به طور عمده، نتایج این تحقیقات با مباحث مطرح‌شده در ویراست اول هماهنگ هستند. این ممکن است حاصل انتخاب گزینشی[1] ناخودآگاه من باشد یا به نوعی نشان‌دهندهٔ اعتبار پدیده‌های بنیادی باشد. زمان مشخص خواهد کرد و من اولین فردی خواهم بود که در صورت تغییر اهمیت شواهد، نظر خود را مورد بازنگری قرار می‌دهد. با این حال، همواره در علم، داده‌های جدید معمولاً باعث پیچیده‌تر شدن مطالب می‌شوند. این وضعیت را می‌توان در تصاویر شگفت‌انگیز تلسکوپ جیمز وب و تأثیر آن‌ها بر نظریه‌های کیهان‌شناسی مشاهده کرد. در این تصاویر می‌توان عنصر شعر و جادو را لمس کرد. با پیشرفت‌های علوم اعصاب که به بررسی عمیق‌تر ساختارهای مغزی کوچکتر و عملکردهای سریع‌تر می‌پردازند، پیچیدگی نتایج، هم زیبا و هم به طرز چالش‌برانگیزی دشوار است. این پویایی، هیجان پژوهش‌های هوش است که امیدوارم در هر صفحهٔ کتاب وجود داشته باشد. تأثیر عنصر شعر و جادو به عهدهٔ خود شماست.

1. cherry-picking



فصل اول

مفاهیم و ابعاد مطالعات هوش

انتقاد بیش از حد از آزمون‌های هوش، توسط افرادی که با واقعیت‌های ناخوشایندی مواجه هستند، انتقـاد از خـود حقیقـت اسـت؛ آنان به انـکار این واقعیت‌ها و تـلاش برای تخریب شـواهد مرتبط می‌پردازند.

- باربارا لِرنر (۱۹۸۰)

مسـلماً هوش تنها قابلیت حائز اهمیت نیسـت، اما فقدان بهره‌مندی کافی از آن، مانع از شـکوفایی کامـل و بهره‌بـرداری مؤثـر از سـایر توانایی‌ها و اسـتعدادها می‌گـردد. هوش را می‌تـوان به منزلهٔ «ظرفیت یکپارچه‌سازی» ذهن تلقی نمود.

- آرتور جنسن (۱۹۸۱)

مزیت علم این است که حقیقت دارد، فارغ از اینکه به آن اعتقادی داشته باشید یا نه.

- نیل دِگرس تایسون (۲۰۱۱)

از این به بعد دانشگاه کالیفرنیا نمرات SAT[1] و ACT[2] را در نظر نخواهد گرفت.

- لس آنجلس تایمز، ۱۵ مه ۲۰۲۱

اهداف یادگیری

- هوش در پژوهش‌های علمی چگونه تعریف می‌شود؟
- ساختار توانایی‌های ذهنی چگونه به مفهوم هوش عمومی مرتبط است؟
- چرا نمرات آزمون هوش، صرفاً هوش را تخمین می‌زنند و نمرهٔ دقیق آن را اندازه‌گیری نمی‌کنند؟
- چهار نوع از شواهدی که ثابت می‌کنند نمرات آزمون هوش قابلیت پیش‌بینی دارند، کدامند؟
- چرا شایعات و تصورات اشتباه از هوش همچنان ادامه دارند؟

1. Scholastic Assessment Test

۲. American College Testing: این آزمون‌ها جهت ورود به دانشگاه انجام می‌گیرند.

مقدمه

هنگامی که رایانه، فردی را در بازی‌هایی مانند شطرنج یا گو[1] که نیاز به راهبردی خاص دارند، یا در بازی اطلاعات عمومی مانند جپردی[2] شکست می‌دهد، آیا می‌توان گفت که رایانه از آن فرد باهوش‌تر است؟ چرا برخی افراد توانایی خارق‌العاده‌ای در حفظ اعداد تصادفی طولانی دارند یا می‌توانند بگویند که هر تاریخی در گذشته، حال یا آینده چند شنبه است؟ نبوغ چیست و آیا ارتباطی با هوش دارد؟ این پرسش‌ها برخی از چالش‌های تعریف هوش در تحقیقات علمی محسوب می‌شوند. بدیهی است که هر تعریفی از هوش، الزماً باید ارتباطی با مغز داشته باشد و به همین سبب، این کتاب بر تحقیقات علوم اعصاب متمرکز است.

در میان انبوه شایعات پیرامون هوش، شاید مخرب‌ترین آن‌ها این باشد که هوش مفهومی مبهم و غیرقابل تعریف است که برای مطالعهٔ علمی مناسب نیست. در واقع، تعاریف و روش‌های اندازه‌گیری مورد استفاده در پژوهش‌ها به حدی پیشرفت کرده‌اند که برای مطالعات تجربی کافی هستند و این وضعیت بیش از ۱۰۰ سال است که وجود دارد. این سنت طولانی پژوهش، از انواع مختلف آزمون‌های توانایی ذهنی و روش‌های آماری پیچیده، که به طور کلی با عنوان روان‌سنجی (سنجش هوش) شناخته می‌شوند، استفاده کرده است. علم نوین هوش بر اساس این داده‌ها بنا شده و آن‌ها را با فناوری‌های جدید دو دههٔ اخیر، به ویژه ژنتیک و تصویربرداری عصبی[3]، ترکیب کرده است. این پیشرفت‌ها، که محور اصلی این کتاب را تشکیل می‌دهند، به ایجاد رویکردی مبتنی بر علوم اعصاب در پژوهش دربارهٔ هوش یاری می‌رسانند. مسیر این پژوهش، مشابه مسیری است که در سایر زمینه‌های علمی طی شده است که با استفاده از ابزارهای اندازه‌گیری بهتر منجر به تعاریف و ادراکات پیچیده‌تری از مفاهیمی چون «اتم» و «ژن» شده است. پیش از آنکه در فصول آتی به بررسی مغز پرداخته شود، این فصل به تحلیل وضعیت کنونی مسائل بنیادی پژوهش دربارهٔ تعریف هوش به مثابهٔ توانایی کلی ذهنی، اندازه‌گیری هوش نسبت به دیگران و اعتبار نمرات آزمون‌های هوش در پیش‌بینی متغیرهای واقعی می‌پردازد.

۱-۱ هوش چیست؟ آیا هنگامی که آن را مشاهده کنید، می‌شناسید؟

شاید عجیب به نظر برسد، اما اجازه دهید بحث خود دربارهٔ هوش را با مفهوم عدد پی، یعنی نسبت محیط دایره به قطر آن آغاز کنیم. همان‌طور که می‌دانید، عدد پی همواره ثابت است: ...۱۴/۳ که این رقم به دنباله‌ای نامتناهی و غیرتکراری از اعداد اعشاری ادامه می‌یابد. برای اهداف کنونی، این فقط دنباله‌ای بسیار طولانی از اعداد به ظاهر تصادفی است که همواره یکسان است. این دنبالهٔ عددی، آزمونی ساده است که برای سنجش حافظه مورد استفاده قرار می‌گیرد. برخی افراد در مقایسه با سایرین می‌توانند دنباله‌ای طولانی‌تر از عدد پی را به خاطر بسپارند و تنها تعداد اندکی توانایی حفظ دنباله‌ای بسیار طولانی را دارند.

---

1. Go
2. Jeopardy
3. Neuroimaging