

آینده ذهن

Kaku, Michio

سرشناسه: کاکو، میچیو

عنوان و نام پدیدآور: آینده ذهن: جستجوی علمی برای شناخت، افزایش توانایی و پیشرفت ذهن

مشخصات نشر: تهران: ققنوس، ۱۳۹۴.

مشخصات ظاهری: ۴۷۲ ص.

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۲۷۸-۱۷۸-۹

وضعیت فهرست‌نویسی: فیهیای مختصر

یادداشت: فهرست‌نویسی کامل این اثر در نشانی: <http://opac.nlai.ir> قابل دسترسی است

یادداشت: کتاب حاضر در سال‌های مختلف توسط ناشران متفاوت منتشر شده است.

یادداشت: نمایه.

شناسه افزوده: فلزی، محمداسماعیل، ۱۳۴۳-، مترجم

شماره کتاب‌شناسی ملی: ۳۸۴۴۸۳۷

آینده ذهن

جستجوی علمی برای شناخت،
افزایش توانایی و پیشرفت ذهن

میچیو کاگو

ترجمه محمد اسماعیل فلزی



این کتاب ترجمه‌ای است از:

The Future of the Mind
*The Scientific Quest to Understand, Enhance,
and Empower the Mind*

Michio Kaku
Doubleday, 2014



انتشارات قنووس

تهران، خیابان انقلاب، خیابان شهدای ژاندارمری،

شماره ۱۱۱، تلفن ۴۰ ۸۶ ۴۰ ۶۶

ویرایش، آماده‌سازی و امور فنی:

تحریریه انتشارات قنووس

* * *

میچیو کاکو

آینده ذهن

جستجوی علمی برای شناخت، افزایش توانایی و پیشرفت ذهن

ترجمه محمد اسماعیل فلزی

چاپ اول

۱۱۰۰ نسخه

۱۳۹۴

چاپ شمشاد

حق چاپ محفوظ است

شابک: ۹ - ۱۷۸ - ۲۷۸ - ۶۰۰ - ۹۷۸

ISBN: 978 - 600 - 278 - 178 - 9

www.qoqnoos.ir

Printed in Iran

۲۴۰۰۰ تومان

فهرست

پیشگفتار.....	۱۵
انقلاب دوگانه.....	۱۹
تقویت ذهن.....	۲۱
بیماران روانی.....	۲۴
چه عاملی این انقلاب را پیش می‌برد؟.....	۲۵
یادداشت.....	۲۷

بخش اول: ذهن و خودآگاهی

۱. واکاوی ذهن.....	۳۱
مغز بروکا.....	۳۲
نقشه مغز.....	۳۵
مغز در حال تحول.....	۳۷
<i>MRI</i> : دریچه‌ای رو به مغز.....	۴۰
اسکن‌های نوار مغز (<i>EEG</i>).....	۴۵
اسکن‌های <i>PET</i>	۴۶
مغناطیس مغز.....	۴۸
تحریک عمقی مغز.....	۵۰

- اپتورنتیک-روشن سازی مغز ۵۱
- مغز شفاف ۵۱
- چهار نیروی بنیادی ۵۲
- مدل های جدید مغز ۵۴
- آیا «واقعیت» به راستی واقعیت دارد؟ ۵۹
- پارادوکس دو نیمکره مغز جدا از هم ۶۰
- چه کسی مسئول اعمال ماست؟ ۶۳
۲. خودآگاهی از دیدگاه فیزیکدان ها ۶۵
- فیزیکدان ها چگونه جهان را درک می کنند؟ ۶۶
- تعریف خودآگاهی ۶۸
- سطح ۳ خودآگاهی: بازسازی آینده ۷۱
- شوخ طبعی چیست؟ چرا ما عاطفه داریم؟ ۷۵
- چرا به شایعات و بازی علاقه داریم؟ ۷۷
- سطح ۱: جریان خودآگاهی ۷۹
- سطح ۲: تعیین جایگاه در اجتماع ۷۹
- سطح ۳: شبیه سازی آینده ۸۳
- راز خودهوشیاری ۸۵
- «من» کجا هستیم؟ ۸۶
- یادداشت ۸۹

بخش دوم: ذهن در برابر ماده

۳. تله پاتی: دارید به چه چیزی فکر می کنید؟ ۹۳
- ویدئوی ذهن ۹۵
- خواندن ذهن ۹۹

- ۱۰۱ تایپ کلمات با ذهن
- ۱۰۲ موسیقی و دستور کلامی از راه تله پاتی
- ۱۰۳ کلاهک‌های تله پاتی
- ۱۰۴ قرار دادن دستگاه MRI در تلفن همراه
- ۱۰۶ دارپا و افزایش توانمندی بشر
- ۱۱۰ حفظ حریم خصوصی
- ۱۱۱ تله پاتی با کمک نانوپروب‌ها در مغز
- ۱۱۳ مسائل حقوقی
- ۱۱۷ ۴. تله‌کینزی: چیرگی ذهن بر ماده
- ۱۱۹ ترمیم آسیب‌های نخاعی
- ۱۲۱ انقلاب در عرصه ساخت پروتز
- ۱۲۲ تله‌کینزی در زندگی روزمره
- ۱۲۴ دست‌های چابک و ذهن‌های هوشمند
- ۱۲۷ سرگرمی و تفریح تمام‌عیار
- ۱۲۸ ساخت شبکه مغزی
- ۱۲۹ شبکه مغزی و تمدن
- ۱۳۰ «ما بخشی از سیستم عامل آن‌ها خواهیم بود»
- ۱۳۱ اسکلت بیرونی
- ۱۳۳ آواتارها و بدل‌ها
- ۱۳۹ آینده
- ۱۴۲ قدرت خدا
- ۱۴۴ حکایت اخلاقی
- ۱۴۶ تغییر هویت: حافظه و هوش
- ۱۴۷ ۵. ساخت سفارشی حافظه و افکار

- ۱۴۸ چگونه به یاد می آوریم
- ۱۵۲ ثبت حافظه
- ۱۵۴ هیپوکامپ مصنوعی
- ۱۵۵ راه‌های آینده
- ۱۵۷ دیدن و حافظه انسان
- ۱۵۹ به یاد آوردن آینده
- ۱۶۰ کورتکس مغز مصنوعی
- ۱۶۱ مخچه مصنوعی
- ۱۶۲ آلزایمر: قاتل حافظه
- ۱۶۴ موش هوشمند
- ۱۶۶ مگس‌های هوشمند و موش‌های خنگ
- ۱۶۸ قرص هوشمند
- ۱۶۹ آیا می توان حافظه را پاک کرد؟
- ۱۷۱ داروی فراموشی
- ۱۷۴ کجای کار ممکن است اشتباه باشد؟
- ۱۷۵ مسائل اجتماعی و حقوقی
- ۱۷۷ کتابخانه ارواح
- ۱۷۸ نیمه تاریک فناوری
- ۱۸۰ یادداشت
- ۱۸۱ ۶. مغز اینشتین و ارتقای هوش ما
- ۱۸۵ آیا نبوغ آموختنی است؟
- ۱۸۷ هوش چگونه اندازه گیری می شود؟
- ۱۸۸ آزمون‌های هوش دکتر ترمن
- ۱۸۹ توفیق در زندگی و تأخیر در تحقق لذت

۱۹۱	..... معیارهای جدید هوش
۱۹۳	..... ارتقای هوش
۱۹۵	..... ساوانت‌ها: ابرنابغه‌ها؟
۱۹۹	..... آسپرگر و درهٔ سیلیکن
۲۰۰	..... اسکن‌های مغزی ساوانت‌ها
۲۰۳	..... آیا می‌توانیم به ساوانت تبدیل شویم؟
۲۰۵	..... فراموش کردن فراموشی و حافظهٔ تصویری
۲۰۷	..... کاربرد سلول‌های بنیادی در مغز
۲۰۸	..... ژنتیک هوش
۲۱۵	..... میمون‌ها، ژن‌ها و نبوغ
۲۱۸	..... منشأ هوش
۲۲۰	..... آیندهٔ تکامل
۲۲۱	..... فیزیک مغز
۲۲۳	..... نظرهای نهایی

بخش سوم: خودآگاهی تغییر یافته

۲۳۱	..... ۷. درون رؤیاهای شما
۲۳۴	..... ماهیت رؤیاها
۲۳۵	..... اسکن مغزی رؤیاها
۲۳۷	..... چگونه رؤیا می‌بینیم؟
۲۳۹	..... تصویربرداری از رؤیا
۲۴۱	..... رؤیاهای شفاف
۲۴۳	..... ورود به رؤیا
۲۴۵	..... ۸. آیا می‌توان ذهن را کنترل کرد؟

- ۲۴۷ کنترل ذهن و جنگ سرد
- ۲۴۹ سیا و مطالعات کنترل ذهن
- ۲۵۱ شما دارید به خواب فرومی روید.....
- ۲۵۳ داروهای روانگردان و سرم حقیقت یاب
- ۲۵۴ چگونه مخدرها ذهن را دگرگون می سازند.....
- ۲۵۷ بررسی مغز با اپتوژنتیک
- ۲۵۹ کنترل ذهن و آینده.....
- ۲۶۳ ۹. حالات تغییر یافته خودآگاهی.....
- ۲۶۹ بیماری روانی.....
- ۲۷۲ توهمات.....
- ۲۷۳ وسواس ذهنی.....
- ۲۷۵ اختلال دوقطبی.....
- ۲۷۷ نظریه خودآگاهی و بیماری روانی.....
- ۲۸۰ تحریک عمقی مغز (DBS).....
- ۲۸۲ بیرون آمدن از حالت اغما.....
- ۲۸۴ ژنتیک بیماری های روانی.....
- ۲۸۵ چشم اندازهای آینده.....
- ۲۸۹ ۱۰. هوش مصنوعی و خودآگاهی سیلیکونی.....
- ۲۹۱ جنجال رسانه ای: روبات ها دارند می آیند.....
- ۲۹۲ دوره های فراز و نشیب در عرصه هوش مصنوعی.....
- ۲۹۴ شناسایی الگو و عقل سلیم.....
- ۲۹۷ آیا مغز نوعی رایانه است؟.....
- ۲۹۹ آیا روبات ها هوشیارند؟.....
- ۳۰۱ موانع سر راه.....

۳۰۳	درهٔ مرموز
۳۰۵	خودآگاهی سیلیکنی
۳۰۹	روبات‌های عاطفی
۳۱۱	عواطف: شناسایی عناصر مهم
۳۱۳	فهرستی از عواطف
۳۱۵	برنامه‌ریزی عواطف
۳۱۶	آیا روبات‌ها می‌توانند دروغ بگویند؟
۳۱۷	آیا روبات‌ها درد را احساس می‌کنند؟
۳۱۹	روبات‌های پایبند اخلاق
۳۲۲	آیا روبات‌ها قادرند درک کنند و احساس داشته باشند؟
۳۲۵	روبات‌های خودهوشیار
۳۲۹	آیا روبات‌ها بر انسان‌ها چیره خواهند شد؟
۳۳۲	هوش مصنوعی دوستانه
۳۳۴	«من ماشین هستم»
۳۳۵	یکی شدن تدریجی با روبات‌ها؟
۳۳۹	۱۱. مهندسی معکوس مغز
۳۴۱	ساختن مغز
۳۴۳	سه راه بررسی مغز
۳۴۶	ساخت مغز
۳۴۹	آیا این به‌راستی مغز است؟
۳۵۰	رویکرد برش و تکه
۳۵۲	پروژهٔ کانکتوم انسان [نقشهٔ جامع ارتباط‌های نورونی مغز]
۳۵۴	اطلس مغز آلن
۳۵۴	مخالفت‌ها با مهندسی معکوس

- آینده..... ۳۵۵
۱۲. آینده: ذهن و رای ماده..... ۳۵۹
- تجربه خروج از بدن..... ۳۶۱
- تجربه نزدیکی به مرگ..... ۳۶۳
- آیا خودآگاهی می تواند جسم را ترک کند؟..... ۳۶۵
- جاودانگی..... ۳۷۰
- بیماری روانی و جاودانگی..... ۳۷۲
- اصل مرد غارنشین..... ۳۷۳
- مرد غارنشین و علوم اعصاب..... ۳۷۴
- انتقال تدریجی..... ۳۷۷
- پیری چیست؟..... ۳۷۹
- نانوبات ها - واقعیت یا خیال؟..... ۳۸۰
۱۳. ذهن همچون انرژی ناب..... ۳۸۳
- موجوداتی شناور از جنس انرژی..... ۳۹۰
- سریع تر از نور؟..... ۳۹۲
۱۴. ذهن موجودات بیگانه..... ۳۹۷
- نخستین تماس ها در این قرن..... ۳۹۹
- SETI و تمدن های بیگانه..... ۴۰۱
- شکارچیان فرازمینی..... ۴۰۳
- معادله دریک..... ۴۰۴
- چرا به دیدارمان نمی آیند؟..... ۴۰۵
- نخستین تماس..... ۴۰۶
- خودآگاهی حیوانی..... ۴۰۸
- زنبورهای باهوش؟..... ۴۱۲

۴۱۶	ظاهر آن‌ها چه شکلی است؟
۴۱۸	عصر فرازیستی
۴۲۰	آن‌ها چه می‌خواهند؟
۴۲۴	ملاقات با فضانورد فرازمینی
۴۲۷	۱۵. نکات پایانی
۴۳۰	پاسخ به مقالهٔ بیل جوی
۴۳۱	جنبه‌های کاربردی این بحث برای آیندهٔ ذهن
۴۳۴	خرد و بحث آزاد
۴۳۴	پرسش‌های فلسفی
۴۳۷	فلسفه و علوم اعصاب
۴۴۰	معجزهٔ خودآگاهی
۴۴۱	پیوست
۴۴۱	خودآگاهی کوانتومی؟
۴۴۶	خودآگاهی کیهانی و جهان‌های چندگانه
۴۴۸	جهان‌های چندگانه
۴۵۱	نگریستن به درون آینه
۴۵۱	ارادهٔ آزاد
۴۵۵	مغز کوانتومی
۴۵۹	برای مطالعهٔ بیشتر
۴۶۱	نمایه

پیشگفتار

ذهن و کیهان در زمره بزرگ‌ترین رازهای طبیعت‌اند. با فناوری پیشرفته توانسته‌ایم از کهکشان‌هایی که میلیاردها سال نوری با ما فاصله دارند عکس بگیریم. امروزه قادر به ایجاد تغییر در ژن‌هایی هستیم که زندگی را کنترل می‌کنند و توانسته‌ایم به حریم اتم‌ها راه یابیم. اما ذهن و کیهان هنوز دور از دسترس ما و مایه نگرانی و دغدغه خاطر ما هستند. این دو مسئله از مرموزترین و جذاب‌ترین مسائل علمی امروز به شمار می‌روند.

برای پی بردن به عظمت کیهان کافی است نگاهی به آسمان شب بیندازید که میلیاردها ستاره در آن می‌درخشند. از زمانی که نیاکان ما عظمت آسمان پرستاره را دریافتند تاکنون ما همواره حیرت‌زده از پرسش‌های ازلی به آن چشم دوخته‌ایم: از کجا آمده‌ایم؟ این جهان چه معنایی در بر دارد؟

برای تأیید پیچیدگی و رازگونه بودن ذهن کافی است در آینه به خود نگاه کنیم و پرسیم در پس نگاه ما چیست؟ این خود پرسش‌های چندی برمی‌انگیزد مانند این‌که: آیا روح داریم یا نداریم؟ پس از مرگ چه بر سر ما می‌آید؟ و سرانجام این‌که «من کیستم؟» و مهم‌تر از همه، این سؤال نهایی که ما در کجای این جهان پر عظمت قرار داریم؟ چنان‌که تامس هاکسلی،^۱ زیست‌شناس بزرگ عهد ویکتوریا، زمانی گفته است: «بزرگ‌ترین پرسش انسان، مشکلی که در پس همه مشکلات دیگر قرار دارد و از همه آن‌ها جالب توجه‌تر است، تعیین جایگاه انسان در طبیعت و رابطه او با کیهان است.»

1. Thomas Huxley

در کهکشان راه شیری حدود صد میلیارد ستاره وجود دارد و تعداد نورون‌های مغز انسان نیز کم و بیش همین اندازه است. شما احتمالاً باید حدود چهل تریلیون کیلومتر سفر کنید تا به نخستین ستاره خارج از منظومه شمسی برسید و بتوانید به چیزی نزدیک شوید که به اندازه مغز سرتان پیچیدگی دارد.^(۱) ذهن و کیهان در زمره بزرگ‌ترین مسائل علمی پیش روی ما هستند، اما ارتباط عجیبی نیز بین آن‌ها وجود دارد. از طرفی آن‌ها قطب‌های مقابل هم‌اند. یکی با گستردگی و وسعت فضای بیرونی مرتبط است که در آن عجایی مانند سیاه‌چاله‌ها، ستاره‌های در حال انفجار و کهکشان‌های در حال تصادم وجود دارند و دیگری با فضایی درونی مرتبط است که در آن به امیدها و آرزوهای بسیار شخصی و نهان خود پی می‌بریم. ذهن ما همان افکاری است که در سر داریم. اما اگر کسی از ما بخواهد در شرح آن‌ها سخنی بگویم درمی‌مانیم. اگرچه از این دیدگاه ذهن و کیهان در تقابل با یکدیگرند، تاریخچه و داستان مشترکی دارند. لیکن ما از دیرباز به خرافه و جادو عادت کرده‌ایم. طالع‌بین‌ها و مجسمه‌خوانان‌ها^۱ مدعی اند که معنی کیهان را در هر صورت فلکی دایرة البروج و هر بخش مغزمان می‌توانند دریابند. در عین حال در میان ذهن‌خوان‌ها و آینده‌بینانی که در طول تاریخ ظهور کرده‌اند هم افراد برجسته و هم بدنام بسیاری وجود داشته‌اند.

به مدد ایده‌های رازگشای بسیاری که در قلمرو علمی-تخیلی عرضه شده می‌دانیم که ذهن و کیهان از جنبه‌های بسیاری به هم شبیه‌اند. از زمان بچگی با خواندن این کتاب‌ها خودم را در قالب عضوی از اسلن‌ها^۲ می‌دیدم. این‌ها نژادی از افرادی با توانایی تله‌پاتی بودند که نویسنده‌ای به نام ون وت^۳ آن‌ها را خلق کرده بود. و از این‌که می‌دیدم فردی به نام میول^۴ می‌تواند با قدرت تله‌پاتی عظیم خود بر امپراتوری کهکشان در سه گانه بنیاد^۵ اثر ایزاک آسیموف^۶ تسلط یابد

1. phrenologist 2. Slan 3. A.E.van Vogt 4. Mule

۵. *Foundation Trilogy*، این فیلم در ایران با نام امپراتوری کهکشانی شناخته می‌شود. -م.

6. Issac Asimov

حیرت می‌کردم. در فیلم سیاره ممنوعه^۱ به شگفت می‌آمدم از این‌که می‌دیدم تمدنی پیشرفته که میلیون‌ها سال نوری با ما فاصله داشت می‌توانست با قدرت تله‌کینزی^۲ نامحدود واقعیت را به میل خود تغییر دهد.

حدود ده سالم بود که برنامه «داینیگر عجیب»^۳ از تلویزیون پخش می‌شد. او مخاطبان خود را با نمایش‌های جادویی و دیدنی متحیر می‌کرد و تکیه کلامش این بود: «برای کسانی که باور دارند هیچ توضیحی لازم نیست، اما برای کسانی که باور ندارند هیچ توضیحی کافی نیست.» روزی او گفت می‌خواهد افکارش را برای میلیون‌ها نفر در سراسر کشور بفرستد. چشم‌هایش را بست و تمرکز کرد و گفت می‌خواهد نام رئیس‌جمهور آینده آمریکا را به ذهن دیگران ارسال کند. سپس از مردم خواست نامی را که به ذهنشان رسیده بود روی کارت پستال بنویسند و برایش بفرستند. هفته بعد با ظاهری پیروزمندانه گفت هزاران کارت پستال که نام روزولت بر آن‌ها نقش بسته از راه رسیده است و این نامی بود که او برای مردم فرستاده بود.

البته من زیاد تحت تأثیر قرار نگرفتم. روزولت برای کسانی که دوره رکود و جنگ جهانی دوم را از سر گذرانده بودند چهره شناخته شده‌ای بود. لذا این نکته تعجبی نداشت. اگر او می‌توانست نام رئیس‌جمهور میلارد فیلمور را ارسال کند خیلی تعجب‌آور بود.

با این حال این داستان قوه تخیلم را برانگیخت و سعی کردم تله‌پاتی را در مورد خودم امتحان کنم و با تمرکز قوی سعی کنم ذهن دیگران را بخوانم. چشم‌هایم را می‌بستم و ذهنم را متمرکز می‌کردم و تلاش می‌کردم به صدای افکار دیگران گوش کنم و اشیای اتاقم را با قدرت تله‌کینزی حرکت دهم. اما اتفاق خاصی نیفتاد.

شاید تله‌پات‌هایی وجود داشتند، اما قطعاً من یکی از آن‌ها نبودم. به این ترتیب آموختم که فعالیت‌های شگفت‌آور تله‌پات‌ها حداقل بدون دخالت یک

1. *Forbidden Planet*

۲. telekinesis، حرکت دادن اشیاء از راه دور. -م.

3. *The Amazing Duninger*

عامل خارجی، ناممکن است. اما در سال‌های بعد به تدریج نکته دیگری را دریافتم. برای پی بردن به رازهای دیرینه کیهان نیازی به تله پاتی یا استعدادهای ابرانسانی نبود، کافی بود آدم ذهنی باز و مصمم و کنجکاو داشته باشد. به این نتیجه رسیدم که به ویژه برای درک این‌که آیا شگردهای جالب توجه داستان‌های علمی امکان‌پذیرند یا نه، بایست فیزیک پیشرفته می‌خواندم. برای پی بردن به مرز دقیق بین ممکن و ناممکن لازم بود قوانین فیزیک را درک کنم.

این دو عامل قوه تخیل را تا سال‌ها برمی‌انگیخت: یکی درک قوانین فیزیک و دیگری این‌که علم چگونه آینده زندگی انسان را شکل می‌دهد. برای روشن شدن این موضوع و سهم کردن دیگران در علاقه‌ام به بررسی قوانین غایی فیزیک، کتاب‌هایی چون ابرفضا^۱ و فراسوی اینشتین^۲ و جهان‌های موازی^۳ را نوشتم. نیز برای آن‌که شیفتگی خود را در خصوص آینده بیان کنم کتاب‌های فیزیک ناممکن‌ها^۴ و فیزیک آینده^۵ را نوشتم. در طی تحقیق و نگارش این کتاب‌ها همواره دلمشغول این موضوع بودم که ذهن بشر همچنان یکی از پیچیده‌ترین و رازآلودترین نیروهای دست‌اندرکار جهان است.

در واقع ما در بخش عمده تاریخ از درک کارکرد ذهن عاجز بوده‌ایم. در مصر باستان با وجود پیشرفت‌های چشمگیر در عرصه علوم و هنر معتقد بودند مغز عضوی فایده‌ای است و آن را به هنگام مومیایی کردن فراعنه دور می‌انداختند. ارسطو معتقد بود که جایگاه روح قلب است نه مغز و کار مغز از دید او خنک کردن دستگاه قلب و عروق بود. دیگران مانند دکارت فکر می‌کردند که روح از سوراخ ریز غده صنوبری به مغز راه می‌یابد. اما هیچ دلیل محکمی نداشتند و لذا هیچ‌یک از فرضیه‌ها اثبات‌پذیر نبودند.

«عصر تاریک» این‌گونه نظریه‌ها بنا به دلایل فراوان هزاران سال طول کشید. وزن مغز فقط حدود ۱/۳۶۰ گرم است؛ لیکن پیچیده‌ترین پدیده موجود در منظومه شمسی است. هرچند وزن مغز تنها ۲ درصد کل وزن بدن ماست، مصرف بالایی دارد و حدود ۲۰ درصد انرژی بدن را می‌بلعد (نکته جالب توجه

1. *Hyperspace* 2. *Beyond Einstein* 3. *Parallel Worlds* 4. *Physics of the Impossible*
5. *Physics of the Future*

این‌که در کودکان مغز ۶۵ درصد انرژی بدن را مصرف می‌کند) و رمزگزاری ۸۰ درصد ژن‌های ما در مغز انجام می‌شود. بنا به تخمین حدود صد میلیارد نورون در داخل مجسمه وجود دارد و بین این نورون‌ها ارتباط‌ها و مسیرهایی چندین برابر این تعداد شکل گرفته است.

در سال ۱۹۷۷ کارل سیگن فزانورد در کتاب خود موسوم به هیولاهای بهشت^۱ که برنده جایزه پولیتزر شد مطالبی در زمینه باورهای زمان خود درباره مغز نوشت. او این کتاب را به شیوه جالب توجهی نوشت و در آن سعی کرد با اتکا به سه شیوه عمده، جایگاه هنر را در قلمرو علوم اعصاب نشان دهد. اول، مقایسه مغز انسان با سایر گونه‌ها. این کار بسیار دشوار و طاقت‌فرسایی بود چرا که مستلزم کالبدشکافی مغز هزاران جانور بود. شیوه دوم نیز به همان اندازه غیرمستقیم بود: بررسی بیماران مبتلا به سکتة مغزی و اختلالات عصبی که دچار رفتارهای عجیب و غریب بودند. اما فقط پس از مرگ آن‌ها و کالبدشکافی مغزشان می‌شد دریافت به کدام قسمت مغزشان صدمه وارد شده است. شیوه سوم این بود که دانشمندان برای بررسی مغز الکترودهایی را روی سطح آن قرار می‌دادند و با زحمت و به تدریج پی می‌بردند که چه قسمت مغز مسئول کدام رفتار است.

اما با ابزارهای ابتدایی علم اعصاب نمی‌شد با شیوه‌ای سازمان‌یافته مغز را تحلیل کرد. مثلاً نمی‌شد برای مطالعه ناحیه خاصی از مغز کسی را دچار سکتة کرد. چون مغز سامانه زنده و پویایی است، کالبدشکافی پس از مرگ نیز نمی‌تواند بسیاری از مسائل از جمله چگونگی تعامل بخش‌های مختلف مغز را نشان دهد تا چه رسد به چگونگی پیدایش حالات پیچیده‌ای چون عشق، نفرت، حسادت و کنجکاوی.

انقلاب دوگانه

حدود چهارصد سال قبل تلسکوپ اختراع شد و با این ابزار شگفت‌آور شب‌ها به کاوش اعماق فضا و اجرام سماوی پرداختند. تلسکوپ یکی از انقلابی‌ترین و سودمندترین ابزارهای علمی تاریخ است. ناگهان در پرتو کاربرد آن اسطوره‌ها و

1. *The Dragons of Eden*

خرافه‌ها مانند مه صبحگاهی محو شدند. ماه به جای آن‌که تمثال عقل باشد سیاره‌ای با دهانه‌های بزرگ آتشفشانی بود و خورشید بر سطح خود لکه‌های سیاهی داشت و مشتری قمرهایی داشت و زهره تنها در دوره‌های خاصی دیده می‌شد و دور زحل حلقه‌هایی وجود داشت. ظرف پانزده سال به مدد تلسکوپ به اندازه کل تاریخ بشر تا آن هنگام اطلاعات گردآوری شد.

اختراع دستگاه‌های MRI و انواع اسکن‌های مغز در میانه دهه ۱۹۹۰ و دهه ۲۰۰۰، مانند اختراع تلسکوپ، عرصه علوم اعصاب را متحول کرد. ما طی پانزده سال به اندازه کل تاریخ بشر درباره مغز اطلاعات به دست آوردیم و ذهن بشر که زمانی دور از دسترس تحقیق بود سرانجام در مرکز مطالعه و توجه قرار گرفت. اریک آر. کندل برنده جایزه نوبل از مؤسسه ماکس پلانک در توپینگن آلمان می‌نویسد: «معرفت عمده درباره ذهن انسان در این دوره از راه‌های سنتی بررسی آن — نظیر فلسفه، روان‌شناسی یا روان‌کاوی — به دست نیامد، بلکه زیست‌شناسی مغز بود که رهگشا شد...»

فیزیکدان‌ها تلاش‌های عمده‌ای در این زمینه انجام دادند و انواع دستگاه‌های جدید را با سرواژه‌های MRI، EEG، PET، CAT، TCM، TES و DBS ساختند که به کمک آن‌ها انقلابی در مطالعه مغز به وجود آمد. با این دستگاه‌ها مشاهده فکر درون مغز موجود زنده متفکر امکان‌پذیر شد. چنان‌که دکتر وی. اس. رامچاندران متخصص بیماری‌های اعصاب دانشگاه کالیفرنیا در سن دیگو می‌گوید: «اینک دانشمندان می‌توانند به سؤال‌هایی که فلاسفه سالیان سال درگیر آن بودند با تصویربرداری مغز و معاینه و پرسیدن سؤال‌های بجا از بیماران پاسخ دهند.»

با نگاهی به گذشته می‌توانم رابطه بسیاری از جستجوهایم در قلمرو فیزیک را با فناوری‌هایی که تحقیق درباره ذهن را برای دانشمندان عملی کرده بودم دریا بدم. مثلاً موقع تحصیل در دبیرستان از وجود شکل خاصی از ماده آگاه شدم که ضدماده نام داشت و تصمیم گرفتم درباره آن تحقیق کنم. چون ضدماده یکی از عجیب‌ترین مواد موجود در زمین است مجبور شدم به کمیسیون انرژی اتمی آن موقع متوسل شوم تا مقدار اندکی ایزوتوپ سدیم ۲۲ — ماده‌ای که به طور طبیعی از خود الکترون مثبت یا آنتی‌الکترون یا همان پوزیترون از خود خارج می‌کند — به دست آورم. با داشتن این مقدار ماده می‌توانستم اتاقک ابر و میدان

مغناطیسی قوی بسازم و از این طریق تصویر رشته‌های بخاری را که ذرات ضدماده از خود به جا می‌گذاشتند ثبت کنم. من آن موقع خبر نداشتم که دارند از همین سدیم ۲۲ در فناوری جدیدی به نام PET^۱ (توموگرافی با گسیل پوزیترون) استفاده می‌کنند که برای درک فعالیت مغز بسیار مفید بود.

فناوری دیگری که در دبیرستان با آن آشنا شدم، رزونانس مغناطیسی بود. در سخنرانی دکتر فلیکس بلوخ^۲ (که در سال ۱۹۵۲ مشترکاً با دکتر ادوارد پرسل به دلیل کشف رزونانس مغناطیسی هسته‌ای برنده جایزه نوبل فیزیک شده بود) در دانشگاه استنفورد شرکت کردم. دکتر بلوخ برای ما دبیرستانی‌ها شرح داد که اگر یک میدان مغناطیسی قوی داشته باشیم اتم‌ها در آن مانند عقربه قطب‌نما در راستای میدان قرار می‌گیرند. سپس اگر یک پالس رادیویی با فرکانس معین به این اتم‌ها بفرستیم می‌توانیم آن‌ها را به حرکت درآوریم. وقتی اتم‌ها دوباره سر جای خود برگردند پالس دیگری از خود صادر می‌کنند (مثل پدیده پژواک صوتی) که با آن می‌شود به ماهیت اتم‌های مورد نظر پی برد. (من بعدها با تکیه بر همین اصل رزونانس مغناطیسی، یک شتاب‌دهنده ۲/۳ میلیون الکترون ولتی در گاراژ منزلمان ساختم).

چند سال بعد که دانشجوی دانشگاه هاروارد شدم برایم مایه افتخار بود که می‌توانستم در کلاس الکترودینامیک دکتر پرسل شرکت کنم. در همان ایام، کار تابستانی دانشجویی گرفتم و از خوش‌اقبالی‌ام توانستم با دکتر ریچارد ارنست که در صدد تعمیم کار دکتر پرسل و بلوخ در زمینه رزونانس مغناطیسی بود همکاری کنم. موفقیت او حیرت‌آور بود و سرانجام در سال ۱۹۹۱ جایزه نوبل فیزیک را به دلیل ایجاد بستر مناسبی برای ساخت MRI (دستگاه تصویربرداری رزونانس مغناطیسی) دریافت کرد. دستگاه MRI امکان مشاهده اجزای دقیق مغز را حین فعالیت با دقتی بیش از دستگاه اسکن PET فراهم کرد.

تقویت ذهن

سرانجام استاد فیزیک نظری شدم اما مطالعه ذهن همچنان برایم جذاب بود.

خیلی جالب توجه است که فقط طی دهه گذشته پیشرفت‌های فیزیک به حدی بوده که توانسته‌اند به سؤال‌هایی که در ایام کودکی درباره ذهن داشتیم پاسخ دهند. دانشمندان با کاربرد اسکن‌های MRI اینک قادرند افکاری را که در مغزمان در گردش‌اند ببینند. نیز می‌توانند تراشه‌ای را داخل مغز بیمار فلج قرار دهند و آن را به رایانه وصل کنند تا شخص قادر باشد و بگردد کند، ایمیل بخواند و بنویسد و با بازی‌های ویدئویی خود را سرگرم کند، ویلچرش را هدایت کند، از ابزارهای خانگی استفاده کند و اهرم‌های مکانیکی را به کار گیرد. در واقع چنین شخصی می‌تواند مثل کاربری معمولی از رایانه استفاده کند.

دانشمندان اینک در پی کسب توفیق‌های بیشتری هستند. آن‌ها دارند مغز را به طور مستقیم به یک اسکلت بیرونی وصل می‌کنند که فرد می‌تواند آن را مثل لباسی بپوشد. افرادی که دچار فلج چهار عضو هستند با کمک این وسیله شاید بتوانند روزی زندگی معمولی داشته باشند. این اسکلت‌های بیرونی در موارد اورژانس نیز مددکارند. ممکن است روزی فضاانوردان بتوانند از اتاق استراحت خود با کنترل و هدایت ذهنی دستگاه‌های مکانیکی به کاوش سیاره‌ها بپردازند. چنان‌که در فیلم ماتریکس دیدیم شاید روزی بتوانیم با کمک رایانه حافظه‌ها و مهارت‌هایی را در مغز پیاده‌سازی کنیم. در آزمایش‌هایی روی حیوانات دانشمندان موفق شده‌اند حافظه را در مغز پیاده‌سازی کنند. شاید با گذشت زمان بتوانیم با قرار دادن حافظه‌های مصنوعی در مغز انسان از آن برای یادگیری مطالب جدید، گردش در محیط‌های تازه و تسلط بر سرگرمی‌های جدید استفاده کنیم. اگر بشود مهارت‌های فنی را در مغز کارگران و دانشمندان پیاده‌سازی کرد اقتصاد جهان دگرگون خواهد شد. می‌توانیم حتی حافظه را به اشتراک بگذاریم. دانشمندان ممکن است روزی نوعی «اینترنت ذهنی» یا شبکه مغزی بسازند که با آن بتوان افکار و عواطف را به شیوه الکترونیک به سراسر جهان ارسال کرد. حتی رؤیاها را به نوار ویدئویی تبدیل کرد و با پست مغزی^۱ در اینترنت پخش کرد.

فناوری همچنین قادر به افزایش هوش ماست. اینک پیشرفت‌هایی در فهم

1. brain mail

قدرت خارق‌العاده افراد مبتلا به اختلال ساوانت^۱ که توانایی محاسبات ذهنی و ریاضی بسیار بالایی دارند به عمل آمده است و نیز ردیف ژن‌هایی که حد فاصل ما و میمون‌ها هستند کشف شده‌اند و بدین‌گونه می‌توانیم به منشأ تکاملی مغز بهتری بپریم. ژن‌هایی در حیوانات کشف شده‌اند که می‌توانند قدرت حافظه و ذهن را بالا ببرند.

امیدها و هیجان‌های بسیاری که با این پیشرفت‌های روشنگرانه انجام شده توجه سیاستمداران را نیز به خود جلب کرده است. در واقع علوم مغزی به موضوع رقابت میان قدرت‌های اقتصادی تبدیل شده‌اند. در ژانویه ۲۰۱۳ باراک اوباما (رئیس‌جمهور آمریکا) و اتحادیه اروپا اعلام کردند که سرانجام سرمایه‌ای چند میلیارد دلاری برای دو پروژه مستقل که مهندسی مغز را متحول خواهد کرد فراهم شده است. کشف مدارهای نورونی پیچیده مغز که زمانی دور از دسترس علم جدید بود اینک به هدف اصلی این دو پروژه مهم تبدیل شده است. دنیای علم و پزشکی نیز با انجام این دو پروژه در کنار کشف ژنوم انسان موجب تحول فعالیت‌های اقتصادی می‌شود و دریچه‌های تازه‌ای به روی علوم اعصاب خواهد گشود.

سرانجام با شناسایی راه‌های عصبی مغز می‌توان منشأ دقیق بیماری‌های روانی را یافت و شاید این بیماری‌های دیرینه درمان شوند. این رمزگشایی ممکن است منجر به ساخت یک کپی از مغز شود؛ مقوله‌ای که با خود پرسش‌های فلسفی و اخلاقی به همراه خواهد آورد. اگر خودآگاهی^۲ ما قابل انتقال به رایانه شود پس ما کیستیم؟ مفهوم جاودانگی نیز بحث‌برانگیز می‌شود. بدن‌های ما سرانجام تجزیه خواهند شد و ما خواهیم مرد، اما آیا خودآگاهی ما می‌تواند تا ابد به حیات خود ادامه دهد؟

علاوه بر این شاید روزی در آینده‌ای دور ذهن بتواند خود را از قید تن برهاند و به‌زعم برخی از دانشمندان، در میان ستارگان به گردش درآید. قرن‌ها بعد شاید بتوانند هویت عصبی ما را روی پرتو لیزری سوار کنند و به فضاها دور بفرستند و این روش شاید ساده‌ترین راه سفر ذهنی ما در میان ستارگان باشد. اینک دریچه‌های نو و درخشان علمی که می‌توانند تقدیر انسان را دگرگون

1. Savant 2. consciousness

کنند به روی ما گشوده می شوند و در حال ورود به عصر زرین دیگری از علوم اعصاب هستیم.

به منظور شرح این پیش‌بینی‌ها با دانشمندان بسیاری مصاحبه کردم و از راهنمایی‌های ایشان بهره گرفتم و ایده‌هایشان را از راه رادیو به سمع مردم رساندم و حتی با یک گروه فیلمبرداری از تلویزیون به آزمایشگاهشان رفتم. این دانشمندان با کارهای تحقیقی خود بستری برای آینده ذهن فراهم می‌کنند. برای ذکر ایده‌های آنها در این کتاب بر دو اصل متکی بودم: (۱) سازگاری ایده‌هایشان با قوانین فیزیک، (۲) وجود نمونه‌هایی به عنوان شاهد برای ایده‌های دور از دسترسشان.

بیماران روانی

زمانی زندگینامه‌ای دربارهٔ اینشتین به نام کیهان اینشتین^۱ نوشتم و در آن به جزئیات زندگی خصوصی‌اش پرداختم. می‌دانستم که کوچک‌ترین پسرش مبتلا به اسکیزوفرنی بود اما به درد و رنج عمیق ناشی از این مسئله در زندگی این دانشمند بزرگ پی نبرده بودم. اینشتین خود نیز به نوعی گرفتار بیماری روانی بود. یکی از نزدیک‌ترین همکارانش به نام پاول ارنفست فیزیکدانی بود که در تألیف نظریه نسبیت عام به او کمک کرده بود. ارنفست پس از طی چندین دوره افسردگی متأسفانه پسرش را که مبتلا به سندرم داون بود کشت و سپس خودکشی کرد. من طی سال‌ها دریافتم که بسیاری از همکاران و دوستانم با بیماری‌های روانی در خانواده‌هایشان درگیر بوده‌اند.

بیماری روانی بر زندگی خود من نیز تأثیر عمیقی گذاشت. چند سال قبل مادرم پس از مبارزه‌ای طولانی با آلزایمر درگذشت. از این‌که می‌دیدم خاطره عزیزانش به تدریج از ذهنش پاک می‌شود، این‌که به چشم‌هایش خیره می‌شدم و می‌دیدم دیگر مرا نمی‌شناسد بسیار دلگیرم می‌کرد. می‌توانستم شعله کم‌فروغ انسانیت را که در وجودش رو به خاموشی می‌رفت ببینم. او سال‌های سال رنج برده بود تا خانواده‌ای را به سرانجام برساند و بعد در بهترین سال‌های عمر همهٔ خاطرات شیرینش را از دست داده بود.

1. *Einstein Cosmos*

با توجه به این‌که ما متعلق به نسل فراوانی اولاد بوده‌ایم، تجربه من و بسیاری از اشخاص دیگر با رسیدن افراد این نسل به سن پیری در سراسر دنیا تکرار خواهد شد. امیدوارم با پیشرفت سریع علوم اعصاب روزی از درد و رنج بیماران روانی و زوال مغزی (دمانس) کاسته شود.

چه عاملی این انقلاب را پیش می‌برد؟

امروزه دانشمندان در حال تفسیر اسکن‌های مغز هستند و پیشرفت‌های شگفتی در این زمینه صورت گرفته است. هر چند سال یک بار خبر تحولی بزرگ به سرتیتر رسانه‌ها تبدیل می‌شود. از اختراع تلسکوپ تا ورود به عصر فضا ۳۵۰ سال طول کشید. اما از زمان معرفی و عرضه MRI تا فراهم شدن امکان استفاده از اسکن‌های پیشرفته مغزی برای ارتباط مغز با دنیای خارج فقط پانزده سال طول کشید. چگونه تا این حد به سرعت پیش رفتیم و چه وقایعی در راه‌اند؟

بخشی از این پیشرفت به دلیل درک خوب فیزیکدان‌های امروزی از اصول الکترومغناطیس است که حرکت سیگنال‌های الکتریکی نورون‌ها از آن پیروی می‌کند. معادلات ریاضی مکسول که برای محاسبه فیزیک آنتن‌ها، رادار، گیرنده‌های رادیویی و برج‌های مایکروویو از آن‌ها استفاده می‌شود، اساس فناوری MRI را تشکیل می‌دهند. قرن‌ها طول کشید تا راز الکترومغناطیس آشکار شود، اما اینک علوم اعصاب می‌توانند از ثمرات این توفیق بزرگ برخوردار شوند. در بخش اول، با بررسی تاریخ مغز، شرح می‌دهم که چگونه انبوهی از دستگاه‌های جدید که ساخته آزمایشگاه‌های فیزیک بودند توانستند تصاویر رنگی جالبی از مکانیک فکر به ما ارائه دهند. چون خودآگاهی نقش عمده‌ای در موضوعات مربوط به مغز ایفا می‌کند با ذکر دیدگاه خود، در جایگاه فیزیکدان، تعریفی از آن به دست دادم که قلمرو جانوری را نیز در بر می‌گیرد. در واقع، خودآگاهی را رتبه‌بندی کردم و نشان دادم که می‌توان با عدد خاصی انواع خودآگاهی را مشخص کرد.

اما برای آن‌که معلوم کنیم این فناوری در آینده چگونه پیشرفت خواهد کرد باید نگاهی به قانون مور بیندازیم که می‌گوید قدرت رایانه‌ها هر دو سال دو برابر می‌شود. من اغلب با گفتن این نکته به مردم که موبایل‌های شما بیش از همه

رایانه‌های ناسا در سال ۱۹۶۹ قدرت دارند آن‌ها را شگفت‌زده می‌کنم. امروزه رایانه‌ها به اندازه‌ای قوی‌اند که می‌توانند سیگنال‌های الکتریکی مغزی را ثبت کنند و آن‌ها را تا حدی به زبان آشنای دیجیتال برگردانند. این امر به مغز امکان می‌دهد به طور مستقیم با رایانه‌ها برای کنترل اشیای اطراف در ارتباط باشند. این زمینه رو به گسترش BMI^۱ (میانجی مغز و ماشین) نام دارد و فناوری اصلی آن همان رایانه است. در بخش دوم ابعاد این فناوری جدید را بررسی می‌کنیم که ثبت حافظه، خواندن ذهن، تبدیل رؤیاها به نوار ویدئویی و تله‌کینزی را برای ما امکان‌پذیر ساخته است.

در بخش سوم اشکال مختلف خودآگاهی را از رؤیاها گرفته تا اثر داروها و بیماری‌های روانی و روبات‌ها و حتی خودآگاهی موجودات فرازمینی را بررسی خواهیم کرد. در این‌جا نیز در مورد امکان کنترل و تغییر مغز برای مهار بیماری‌هایی مثل افسردگی، پارکینسون، آلزایمر و غیره بحث خواهیم کرد. همچنین «تحقیق درباره مغز با فناوری‌های عصبی پیشرفته»^۲ یا پروژه BRAIN که باراک اوباما آن را اعلام کرد و «پروژه مغز انسان»^۳ زیر نظر اتحادیه اروپا^۳ یا (HBP) در این زمینه راهگشا خواهد بود. در این پروژه‌ها با صرف میلیاردها دلار سعی در شناخت و رمزگشایی راه‌های مغز تا سطح نورون دارند و این برنامه‌ها قطعاً زمینه‌های تحقیقی جدیدی ایجاد می‌کنند و راه‌هایی را برای درمان بیماری‌های روانی و نیز پی بردن به ژرف‌ترین اسرار شعور و خودآگاهی معرفی خواهند کرد.

پس از تعریف خودآگاهی می‌توانیم از آن برای کشف خودآگاهی موجودات دیگر غیر از انسان از جمله خودآگاهی روبات‌ها استفاده کنیم. روبات‌ها تا چه حد می‌توانند پیشرفت کنند؟ آیا می‌توانند از عواطف برخوردار شوند؟ آیا تهدیدی برای بشر به حساب می‌آیند؟ نیز خودآگاهی موجودات فرازمینی را بررسی خواهیم کرد که شاید اهدافی کاملاً متفاوت با خودآگاهی انسان داشته باشد.

1. brain - machine interface

2. Brain Research Through Advancing Innovative Neurotechnologies

3. Human Brain Project of European Union

در پیوست کتاب به بحث دربارهٔ عجیب‌ترین ایده‌ای خواهم پرداخت که شاید برای اولین بار در قلمرو علم مطرح شده است؛ مفهومی از فیزیک کوانتوم که طبق آن ممکن است خودآگاهی شالوده اصلی واقعیت باشد.

در این زمینهٔ رو به گسترش ایده‌های فراوانی مطرح‌اند. فقط گذشت زمان ثابت می‌کند که آیا این ایده‌ها صرفاً رؤیاهای توخالی نویسندگان علمی-تخیلی بوده‌اند یا راه‌های اصلی تحقیق‌های علمی در آینده؟ علوم اعصاب طی سال‌های اخیر به گونه‌ای نجومی رشد کرده‌اند. از بسیاری جهات کلید اصلی این پیشرفت‌ها فیزیک جدید بوده که با استفاده بهینه از نیروی الکترومغناطیس و هسته‌ای به کشف اسرار ذهن پرداخته است.

باید تأکید کنم که من متخصص علوم اعصاب نیستم، بلکه فیزیکدانی نظری‌ام که به فلسفهٔ ذهن علاقه دارم. امیدوارم مزیت بررسی مسئله از دید یک فیزیکدان بتواند بر عمق دانش ما بیفزاید و درک تازه‌ای از آشناترین و در عین حال غریب‌ترین پدیده موجود در کیهان یعنی مغز ارائه دهد.

اما نخست با توجه به سرعت گسترش افق‌های علم باید فهم خوبی از چگونگی تکامل مغز داشته باشیم. پس ابتدا دربارهٔ سرآغازهای علوم اعصاب جدید بحث می‌کنیم. برخی از تاریخ‌نگاران معتقدند داستان از آن‌جا شروع شد که میله‌ای آهنی وارد سر شخصی به نام فینیاس گیج شد. این اتفاق پیامدهایی داشت و انجام تحقیق‌های علمی دربارهٔ آن‌ها به کشف اسرار مغز بسیار کمک کرد. اگرچه جای تأسف است که خود آقای گیج برای هموار کردن راه پیشرفت علم جدید قربانی شد.

یادداشت

۱. برای درک این نکته باید واژه «پیچیده» را با توجه به تعداد کل اطلاعات قابل ذخیره‌سازی تعریف کنیم. نزدیک‌ترین رقیب مغز انسان برای ذخیره‌سازی اطلاعات، DNA است. سه میلیارد جفت باز در DNA انسان وجود دارد که هر یک محتوی یکی از چهار اسید نوکلئیک‌اند که با علائم A, G, C و T نشان داده می‌شوند. بنابراین تعداد کل اطلاعاتی که می‌توانیم در DNA ذخیره کنیم چهار به توان سه میلیارد است. ولی مغز می‌تواند اطلاعات بسیار بیشتری را در یکصد میلیارد نورون (که می‌توانند شلیک بکنند یا نکنند و لذا هر یک دو حالت دارند) ذخیره کند. لذا حالت احتمالی

پایه مغز برای ذخیره‌سازی اطلاعات دو به دو به توان یکصد میلیارد است. DNA حالتی ایستاد دارد اما حالت مغز هر چند میلی‌ثانیه یک بار تغییر می‌کند. یک فکر ساده ممکن است مشتمل بر یکصد بار شلیک نورونی باشد، لذا عدد دو به دو به توان یکصد میلیارد را باید به توان صد برسانیم تا افکار احتمالی را که در یکصد بار فعالیت مغزی می‌گنجند نشان دهیم. اما مغز ما روز و شب، پیوسته در حال فعالیت و محاسبه بی‌وقفه است. بنابراین تعداد کل افکار ممکن در N بار فعالیت عبارت خواهد بود از دو به دو به توان یکصد میلیارد به توان N ، که عددی نجومی خواهد بود. لذا حجم اطلاعاتی که می‌توانیم در مغز خود ذخیره کنیم از اطلاعاتی که در DNA قابل ذخیره است به مراتب بالاتر خواهد بود. در واقع این بیشترین حجم اطلاعاتی است که در منظومه شمسی یا حتی بخشی از کهکشان راه شیری قابل ذخیره‌سازی است.

بخش اول
ذهن و خود آگاهی

