بخش پنجم) نظریات و مدل‌های مهم در مورد آگاهی:

$$(\exists Y)(X) = \mathbf{Dem}^{(X,Y)}$$

آگاهی، مفهومی است که از سپیده‌دم تاریخ مدون بشری مورد بحث و گمانه‌زنی اندیشمندان و نخبگان بوده است. به ندرت فیلسوف و دانشمندی پیدا می‌شود که در سطح جهانی به شهرت و افتخار رسیده باشد و در مورد این واژه نظری ویژه را ابراز نکرده باشد. به همین دلیل هم مرورکردن همه‌ی آنچه که در این‌باره گفته و نوشته شده زمان و مکانی فراختر از آنچه که در دست است را طلب می‌کند. درگفتار (۱-۱) از بخش نخست، تاریخچه‌ای کوتاه از نظرات مشهور در این مورد ذکر شد، و من در اینجا همان را برای معرفی آنچه که قدما در این‌باره می‌اندیشیدند کافی می‌دانم. از آنجا که هدف این رساله پیشنهاد مدلی تازه برای آگاهی است. لازم است پیش از آن با مدل‌هایی که هم‌اکنون در این زمینه وجود دارد آشنا شویم و هریک را به جای خود نقد نماییم. این زمینه، به نوعی راه آینده را برای مدلسازی نشان می‌دهد، و تا حدودی دیالکتیک منجر شده به مدل مورد نظرم را نشان خواهد داد.

ناگفته پیداست که بررسی سیر تاریخی و روند تکامل دیدگاه‌ها در مورد مفهوم آگاهی، خود یکی از راه‌های مهم و کارگشایی است که می‌تواند ما را به نقد دیدگاه‌های کنونی هم برانگیزاند و نگرشی تاریخمند از روال تفاسیر آگاهی را در طول زمان به دست دهد. در واقع هم در طول دو صده‌ی گذشته بیانهایی که از مفهوم آگاهی به دست آمده، هریک نشانگر تمرکز توجه پژوهشگران در آن دوران خاص بوده است. در دهه‌ی پنجاه میلادی که پژوهشهای مربوط به سیستم فعالگر مخطط (**RAS**[۱]) خیلی رواج داشت، آگاهی را نتیجه‌ی فعالیت این دستگاه می‌پنداشتند. در دهه‌ی شصت که تالاموس و هیپوتالاموس درکانون پژوهشهای عصب‌شناختی قرارگرفت، آگاهی را به عنوان نوعی بازنمایی خارجی در تالاموس تعبیر می‌کردند، و امروز که پژوهشهای زیادی در مورد خواب و رویا انجام می‌شود **locus coerolus** را به عنوان یکی از نامزدهای مهم در این زمینه مورد اشاره قرار می‌دهند. همچنین پا به پای پیشرفت راهکارهای پردازشی و امکان مدلسازی شبکه‌های عصبی در رایانه‌ها، مدل‌های فراوانی هم در این قلب ارائه شده‌اند که نوشتار کنونی هم تا حدودی در همین دسته قرار می‌گیرد. خلاصه اینکه رویکردها به مغز و آگاهی، همواره از پیشرفتهای علمی و فنی دوران خاص خود تأثیر می‌پذیرفته و دیدگاه معرفی شده در این رساله هم ناگزیر چنین است. از آنجا که پرداختن به این رشد و تکوین تاریخمند زمان و فضای زیادی را می‌طلبد، در اینجا در این زمینه زیاد سخن نخواهم گفت و علاقمندان را به خواندن مراجع توصیه می‌کنم.

در میان نظریات کنونی، دو دیدگاه برجسته‌ی مهم در مورد آگاهی وجود دارد. نخست دوانگاری[۲]، و دوم تک‌انگاری[۳]. نظر نخست، چنان که خواهیم دید برمبنای گزاره‌ای ایمانی بنا نهاده شده و بنابراین مورد انتقاد خواهد بود. دیگری هم نارسایی‌های ویژه‌ی خود را دارد ولی امروز مورد توجه بیشتر علاقمندان است. هریک از این دو دیدگاه، نظریات متنوع وابسته به خود را دارند که به اختصار به معرفی هریک خواهم پرداخت. دقت داشته باشید که تقسیم‌بندی یاد شده بر اساس رویکرد فلسفی -و نه علمیِ محض- به مفهوم آگاهی انجام گرفته و بنابراین ترجیح یکی از این دو بر دیگری باید پیش از هرچیز با ابزارهای فلسفی -یعنی منطق- انجام گیرد.

۱- Reticular Activating System

۲- Dualism

۳- Monism

۵-۱) مدل‌های دوانگارانه:

این مدل‌ها بر این مبنا ساخته شده‌اند که در جهان دو پدیدار متفاوت و مستقل -یکی روحانی و دیگری جسمانی- وجود دارند. بیشتر این مدل‌ها قابلیت آزمون‌پذیری و ابطال‌پذیری را ندارند و به همین دلیل هم امروزکمترکسی یافت می‌شود که این چهارچوب‌ها را به عنوان دیدگاهی علمی مورد اشاره قرار دهد[۱]. من در اینجاکمی در مورد ریشه‌های پیدایش این دیدگاه‌ها، و علت ادعای علمی بودنشان که توسط عده‌ای مطرح می‌شود خواهم نوشت، و بعد بیشترین توجه خود را بر مهمترین مدافع این نگرش یعنی اکلز متمرکز خواهم کرد.

استراوسون[۲] یکبار در یکی از رساله‌هایش نوشته بود: ویژگی یک فیلسوف بزرگ، *این است که اشتباهات بزرگ‌کند.* با این تعبیر، به گمان عده‌ی زیادی دکارت یک فیلسوف بسیار بزرگ محسوب می‌شود.

در تاریخچه‌ی سنت غربی در بخش نخست دیدیم که دکارت از بنیانگذاران سنت فلسفی /منطقی دوانگاری در جهان مدرن بود و اولین کسی بود که کوشید تا این نگرش کهن را با قواعد و زبان دقیق فلسفی بیان کند. به زعم او، کل گزاره‌های قابل‌بیان در زبانهای طبیعی، بر دو نوع بود. نخست گزاره‌های مربوط به ماده (پدیدارهای عینی) و دوم گزاره‌های مربوط به پدیدارهای غیرمادی (ذهنی). به گفته‌ی دکارت، وجود این دو نوع گزاره به این معنا بود که دو جوهر مجزا و مستقل مادی و غیرمادی هم در جهان وجود دارد که به نوعی با هم اندرکنش می‌کند. این حرف، همان بیان صورتبندی شده‌ی دوانگاری سنتی بود که دیدیم در نهایت به مشکل جسم /ذهن ختم می‌شد و باعث فروپاشی دیدگاه‌های برآمده از آن شد.

انتقاد مهمی در روش‌شناسی متکی بر زبانشناسی دکارت وجود دارد که اشاره به آن در اینجا لازم است. این که گزاره‌های زبانی را به دو شکل عینی و ذهنی می‌توان تقسیم کرد، به هیچ عنوان به این معنا نیست که در بیرون هم دو جهان موازی ما به ازای این گزاره‌ها وجود دارند. فلسفه‌ی تحلیل زبان و مجادلات ویتگنشتین به خوبی این امر را روشن کرده است که وجود گزاره‌ی زبانی لزوماً به معنای نمودمند بودنش در جهان خارج نیست. وجود گزاره‌ها حتی دلیل بر معنادار بودن مفاهیم منتقل شده توسطشان هم نیستند، چه رسد به وجود پدیدارهایی که آن مفاهیم فرضی را منعکس می‌کنند. برای اینکه انتقادم روشنتر شود بد نیست مثالی بزنم. اگر به زبانهای طبیعی نگاه کنید می‌بینید که برخی از خواص دیگر هم وجود دارد که می‌تواند به عنوان معیار تقسیم کردن گزاره‌های زبانی مورد استفاده قرارگیرد. مثلاً می‌توان تمام گزاره‌های زبانی را به دو بخش مثبت و منفی -بر اسا نوع فعل به کار رفته در آنها- تقسیم کرد. اما این بدان معنا نیست که پدیدارهایی منفی هم -در مقابل پدیدارهای مثبت- در جهان خارج وجود دارند. در بسیاری از زبانهای طبیعی -مثل فرانسه و عربی- گزاره‌ها می‌توانند به دو نوع نرینه و مادینه -بر اساس جنسیت اسامی به‌کار رفته در آنها- تقسیم شوند. اما این بدان معنا نیست که در جهان خارج هم واقعاً دو جوهره‌ی نر و ماده‌ی واقعی وجود دارد که همه‌ی پدیدارهای واقعی را در برمی‌گیرد. مثلاً نرینه یا مادینه بودنی که در زبانی مانند عربی به خورشید و ماه نسبت

۱-توجه داشته باشید که دیدگاه یاد شده می‌تواند به عنوان یک چهارچوب ایمانی توسط کسانی که به آن علاقمندند پذیرفته شود. آنچه در اینجا مورد نقد است و رد می‌شود، ادعای علمی بودن و مبنای تجربی داشتن گزاره های ابطال‌ناپذیر نهفته در این دیدگاه است. امکان فلسفی راست بودن آن رد نشدنی است و در اینجا مورد بحث ما نیست. پس دقت کنید که ما تنها داریم در چهارچوب علم حرف می‌زنیم و محکهایمان هم در قالب علم امروز معنا دارد.

۲-**P.F.Strawson**

داده می‌شود بی‌تردید نمودی در جهان خارج ندارد. به بیان دیگر، مبنا قرار دادن نوع و بیان گزاره های زبانی برای اثبات یا تأیید تقسیم‌بندیهایی مانند آنچه دوانگاران می‌طلبند، نادرست است.

با اینهمه، دوانگارانی هستند که مبنای دیدگاه خود را چیزی متفاوت با زبان فرض می‌کنند. آنها بر اساس پایه‌ای که مورد نظرشان است، می‌توانند دستگاهی با دو جوهره‌ی متفاوت را برای توجیه پدیدارها بسازند، اما در نهایت باید به نوعی از بن‌بست مشکل جسم/ذهن بگذرند. تفاسیر دیگری هم در این زمینه وجود دارد که همگی در تقسیم جهان واقع به دو بخش مادی و غیرمادی مشترک بودند. نظریاتی مانند **Panpsychism**[۱]، توازی‌انگاری[۲]، و ایده‌آلیسم کسانی مانند شوپنهاور مثالهایی از این دست هستند. تمام این نظریات به نوعی در پی این هستند که مشکل رابطه‌ی بین ذهن و جسم را حل کنند. حالا این کار یا به وسیله‌ی نادیده گرفتن جوهر مادی انجام می‌شود، یا از راه انکار رابطه و تأثیر این دو بر یکدیگر. دیدگاه دوانگارانه، در میان دانشمندان امروزی طرفدار چندانی ندارد. دلایل این عدم محبوبیت و انتقادات وارد بر این دیدگاه را به زودی ذکر خواهم کرد. اما پیش از آن باید به معرفی دیدگاه یکی از معدود مدافعان بازمانده از دوانگاری بپردازم.

سر جان اکلز[۳]، دانشمندی بزرگ بود که به تازگی درگذشته است. او شاگرد شرینگتون -فیزیولوژیست افسانه‌ای و پیشنهاد کننده‌ی نامهای مشهوری مانند سیناپس، نورون[۴]، و...- بود. او کسی بود که دیدگاه‌های استادش در مورد انتقال سیناپسی را آزمایش و تأیید کرد و به همین دلیل هم جایزه‌ی نوبل را در رشته‌ی فیزیولوژی در ربود. به این ترتیب، در صلاحیت علمی او شکی نیست. با اینهمه، این دانشمند بزرگ که حجم عظیمی کتاب و مقاله دارد، از طرفداران پر و پا قرص دوانگاری بود و تقریباً در تمام نوشته‌هایش بخشی را برای اشاره به نظرات فلسفیش اختصاص داده است. اکلز، اندرکنش‌گرا بود و نظریه‌ی جدیدی را برای توجیه چگونگی ارتباط ذهن با مغز پیشنهاد کرد که به نام خودش دیدگاه اکلز، یا نظریه‌ی سایکون[۵] نامیده می‌شود. این دیدگاهی بود که مورد توجه و پذیرش کارل ریموند پوپر، از برجسته‌ترین فلاسفه‌ی علم قرن حاضر هم قرارگرفت. ببینیم نظریه‌ای که مورد علاقه و پشتیبانی غولهایی به این بزرگی است، چه می‌گوید؟

اکلز معتقد بود که کوانتوم‌هایی برای آگاهی وجود دارند که در دستگاه او سایکون نامیده می‌شدند. این واژه از **psyche** یونانی به معنای روان و ذهن، و پسوند **on-** به معنای واحد گرفته شده است. اکلز مدعی بود که نورون‌های مغز دارای یک رفتار آماری و احتمالاتی در سطوح خرد هستند که می‌تواند زیر تأثیر این اتمهای ذهنی تغییر کند. به بیان دیگر، او با بقیه‌ی دانشمندان در این نکته که ذهن عبارت است ازکارکرد شبکه‌ی عصبی موافق بود. اما این کارکرد را منوط به دخالت سایکون‌هایی می‌دانست که در سیناپس‌های نورون‌های قشر مخ با وزیکولهای سیناپسی اندرکنش می‌کنند و معادلات احتمالاتی رها شدن ناقلهای عصبی و در نتیجه الگوی شلیک نورون‌ها راکنترل می‌کنند. به گمان او، شکاف بین نورون‌ها که موسوم به فضای سیناپسی است، محل اندرکنش کوانتوم‌های ذهن با جسم بود. او نتیجه‌ی

۱-یعنی این ایده که تمام جهان از جوهر ذهنی ساخته شده و ماده نمودی از این ذهن است. فلاسفه‌ی قدیمی‌ای مانند تالس، فیثاغورث، و حتی افلاطون، و جدیدترهایی مانند تلسیوس، برونو، و لایب‌نیتز از این گروه بوده‌اند.

۲-**Parallelism**

۳-**Sir John Eccles**

۴-البته واضع واقعی نا نورون، ویلهلم والدیر (**Wilhelm Waldeyer**) بود که در سال ۱۸۹۱.م برای نخستین بار به نظریه‌ی شبکه ای بودن مغز اشاره کرد و این واژه را هم به‌کار برد. اما دیدگاه او تا ظهور شرینگتون نادیده گرفته شد تا اینکه او بار دیگر نظریه‌ی شبکه‌ای را با شواهد تجربی تأیید کرد.

۵-**Psychon theory**

قابل مشاهده‌ی این اندرکنش را رفتارهای ذهنی مانند تفکر، حافظه و اراده می‌دانست (Eccles.- 1992)[۱۰۶].

اکلز در یکی از آخرین نوشته‌هایش انتهای دندریتی نورون‌های هرمی قشر مخ را به عنوان محل اندرکنش سایکون‌ها و سازوکار عصبی پیشنهاد کرده است (Eccles & McGeer.- 1986)[۱۰۴]. چنین نفکری لزوماً باید به این جا بینجامد که برخی از جانوران دارای آگاهی و برخی فاقد آن باشند. در نهایت هم اکلز ادعایی مشابه را عنوان کرده و قشر نوی مخ[۱] را به عنوان تنها مرکز اندرکنش دو ماهیت مادی و معنوی در نظر گرفته است. بر مبنای دیدگاه او، خزندگان که فاقد قشر نوی مخ هستند فاقد آگاهی محسوب می‌شوند و از اندرکنش با سایکون‌ها محرومند. همچنین به دلیل موازی بودن مسیر تکامل مغز پرندگان و پستانداران، وجود ساختاری هم‌ارز با قشر نویس مخ در آنها محل تردید است و بنابراین در مورد وجود یا عدم وجود آگاهی در آنها هم نمی‌توان نظری ابراز کرد. به این ترتیب تاریخ وجود آگاهی بر روی سیاره‌ی ما تنها به ۲۰۰ میلیون سال پیش برمی‌گردد، و این همان زمانی است که پستانداران اولیه‌ی دارای نخستین قشرهای نوی مغزی بر سطح زمین پدیدار شدند (Eccles.- 1992)[۱۰۶].

آنچه که اکلز با عنوان سایکون‌ها ارائه می‌کرد، با دیدگاه پوپر در مورد استقلال پدیدارهای معنایی از مادی نزدیکی داشت. به نظر پوپر، سلسله مراتبی معنایی برجهان حاکم است که بر مبنای آن می‌توان سه مرتبه از وجود - جهانهای اول تا سوم- را در نظر گرفت. جهان اول پوپر با سیستم مادی کلاسیک مطرح در علم یکسان بود، و جهان دوم و سومش با جهان غیرمادی و ذهنی مورد علاقه‌ی دوانگاران اشتراکاتی داشت (پوپر.- ۱۳۷۴)[۸].

این شباهت دیدگاه‌ها، در نهایت منجر به همکار بین این دو دانشمند شد و کتابی که حاصلش بود، با عنوان خویش و مغزش چندین سال قبل به بازار آمد (Popper & Eccles.- 1986)[۲۵۸] به این ترتیب دوانگاری دکارتی به نوعی سه‌انگاری پوپر/اکلزی دگردیسی یافت.

دیدگاه اکلز چندان پیچیده نیست، با این همه در مورد توافق آن با سه‌گانه‌گرایی پوپر و تفاسیر مختلف ممکن در این مورد بسیار می‌توان نوشت. این مدل با وجود شهرت و سر و صدایی که به پاکرده است، هوادار چندانی در جوامع علمی ندارد و به گمان برخی به تاریخ علم تعلق دارد. با اینهمه به دلیل مطرح بودنش در این مقطع خاص زمانی تصمیم دارم در اینجا آن را نقد کنم و این نقد را به سایر دیدگاه‌های دوانگار هم وارد می‌دانم.

۵-۱-الف) نقد نظریه‌ی سایکون:

نخست) نقض اصل خست:

این دیدگاه یک ایراد منطقی اساسی دارد: اصل منطقی خست[۲] در آن نقض می‌شود. اصل خست، اصلی است که بر مبنای آن نباید عنصر جدیدی را برای توجیه یک پدیده فرض کرد، مگر آنکه شواهد ما را مجبور به فرض کردنش کند. به بیان دیگر، این همان جمله‌ی مشهور فرانسیس بیکن است که می‌گفت:

ساده‌ترین راه‌حل، همیشه بهترین راه‌حل است.

در مورد آگاهی شواهد فراوانی وجود دارد، این شواهد، چهارچوبی معنایی را برای توجیه خود می‌طلبند که صورت مسئله‌ی ما را تشکیل می‌دهد. اما این شواهد را به هزاران روش گوناگون می‌توان توجیه کرد. می‌توان آگاهی را به

۱- neocortex

۲- Parsimony principle

هزاران هزار جن کوچک هم منسوب دانست که هریک در اتمی قرار دارند و الکترون‌ها را در مسیرشان به دور هسته هل می‌دهند. اما این توضیح، یک ایراد اساسی دارد، و آن هم این است که اصل خست را نقض می‌کند. شواهد در دسترس ما را مجبور به پذیرش وجود این لشکر جن‌ها نمی‌کند، بنابراین فرض آنها برای توجیه رفتار اتم‌ها غیرمنطقی، و بنابراین غیرعلمی است.

در مورد نظریه‌ی سایکون هم چنین مشکلی وجود دارد. هیچ دلیل برای پذیرش کوانتوم‌هایی به نام سایکون وجود ندارد. تمام شواهدی که مورد ادعای این نظریه هستند، در دیدگاه‌های دیگر بدون فرض این جوهره‌ی غیرمادی قابل‌توجیهند. پس فرض این کمیت نه تنها گرهی از کار نمی‌گشاید، که اصل کمینه بودن پیش‌فرضها را هم نقض می‌کند. تیاردوشاردن، در اوایل همین قرن برای توجیه پدیده‌ی زندگی بر سیاره‌ی ما وجود نوعی نیروی زنده‌ی فراگیر به نام **elan vitale** را پیشنهاد کرد که پیش از او هم با نامی دیگر (**entelechi**) توسط دانشمندی دیگر (هانس دریش) پیشنهاد شده بود. علت بی‌فایده بودن این توجیهات این بود که چیزی جز یک نام را به دستگاه‌های فکری ما اضافه نمی‌کردند. این نام در واقع جانشین پرسشی می‌شد که در دست بود، اما پاسخی در خور را به آن نمی‌داد. به همان دلایلی که انتلخیِ دریش و نیروی زنده‌ی تیاردوشاردن عقیم و بی‌فایده‌اند، سایکون هم سودمند نیست. چرا که پرسشی بزرگ را با اختراع یک واژه‌ی جدید پاسخ می‌دهد. واژه‌ای که لزوم تجربی برای وضعش وجود ندارد و توانایی پاسخگوی چندانی هم ندارد.

پس نخستین ایراد در این نظریه، این است که اصل خست را نقض می‌کند، و به نحو افراطی‌ای هم این کار را می‌کند، چرا که وجود جوهره‌ای بسیار متفاوت و بحث‌برانگیز -وجودی بدون ساختار شناخته شده‌ی مادی/انرژیایی- را فرض می‌کند. بدون آن که لزومی برای آن وجود داشته باشد. تمام حوادثی که در نورون و شکاف سیناپسی رخ می‌دهد، بدون در نظر گرفتن این سایکونها و به کمک نظریات تحلیل‌تر به خوبی قابل توجیهند و چیز مجهول بزرگی در این میان وجود ندارد که سایکون بخواهد جای خالیش را پر کند.

دوم) بی‌معنا بودن مفهوم سایکون:

مهمترین اصلی که باید در هر دستگاه علمی و منطقی مورد توجه قرار گیرد، معنا داشتن کلیدواژه‌های به کار رفته در آن و دقیق بودن حد و مرز استفاده‌شان است. از این منظر، مفهوم سایکون مشکلاتی اساسی را برمی‌انگیزد. سایکون چیزی است که غیرمادی فرض می‌شود. پس با ذکر همین نخستین ویژگیش، امکان بیان هیچ چیز دیگری در موردش از دست می‌رود. یعنی هرصفت یا تحلیل که در علم وجود دارد، به پدیدارهای مادی مربوط می‌شود، و اگر چیزی خارج از این مجموعه فرض شود، لاجرم باید دارای خواص و صفاتی متفاوت با آنچه که شناخته شده است باشد، وگرنه همان ماده خواهد بود نه غیرماده. سایکون واژه‌ای است که هیچ صفت و خاصیتی را از خود نشان نمی‌دهد، بنابراین معنای مشخصی هم ندارد. فکر می‌کنم اگر ویتگنشتین در زمان شهرت یافتن این نظریه هنوز زنده بود، بی‌تردید از این واژه به عنوان یکی از موارد تهی از معنا بودن در نظریات شبه‌علمی[1] یاد می‌کرد.

پس دومین ایراد موجود در این مفهوم، این است که معنای مشخصی را تعیین نمی‌کند و تنها چیزی مبهم را در ذهن متبادر می‌کند. اینکه سایکون دقیقاً چیست، خواصش چیست، دقیقاً چه می‌کند، و به چه صورتی وجود دارد، همه با

۱- pseudoscientific

ابراز غیرمادی بودنش مبهم و نامشخص می‌مانند و بنابراین نمی‌توان از این واژه به عنوان مفهومی معنادار که چیز مشخصی را در دستگاهی مشخص نشان دهد استفاده کرد.

سوم) گنگ و مبهم بودن توجیه سایکون:

توجیهی ارزش علمی دارد که به شکلی منطقی و دقیق پرسش مورد نظر ما را پاسخ دهد. فرض بی دلیل جوهری اینقدر متفاوت، که از یکسو ادعای حل پرسش چگونگی تغییر معادلات آماری/احتمالاتی مربوط به شبکه‌ی عصبی را دارد، و از سوی دیگر مشکلاتی بزرگتر را ایجاد می‌کند، نمی‌تواند در این چهارچوب معتبر باشد. در این دستگاه اینکه این جوهره‌ی غیرمادی و نامشخص چطور بر سیناپس‌ها اثر می‌کند کماکان مجهول مانده است. یعنی اکلز همان دوانگاری شکست‌خورده‌ی دکارتی را با این تغییر احیا کرده است که به جای غده‌ی صنوبری واژه‌ی سیناپس را به کار می‌برد. همانطور که دکارت از توجیه چگونگی اندرکنش مفهومی مادی و ملموس مانند مغز با جوهره‌ای یکسره متفاوت مانند ذهن ناتوان بود، اکلز هم نمی‌تواند چگونگی تأثیر سایکون بر معادلات آماری بیانگر شلیک نورون را نشان دهد. بیان تنهای اینکه چنین تأثیری وجود دارد، گرهی از مشکل باز نمی‌کند، چون دلیل موجهی برای فرض آن وجود ندارد و ادعای این اندرکنش خاص همانقدر گنگ و بی‌پشتیبان است که فرض وجود جنهای هل دهنده‌ی الکترون در اتم. در آنجا هم می‌توان رفتار الکترون را بدون فرض این اجنه توجیه کرد، و اطلاعات بیشتری را هم در مورد رفتار خاص الکترونی بر زبان آورد.

پس فرض سایکون، بدون اینکه مشکل چگونگی عملکرد آگاهی را پاسخ دهد، مشکل جدید و به ظاهر غیرقابل‌حلی را ایجاد می‌کند که آن هم عبارت است از چگونگی اندرکنش سایکون غیرمادی با وزیکول سیناپسی مادی. اگر امکان اندرکنش بین این دو جوهره را در نظر بگیریم، خواه ناخواه وجود ویژگی مشترکی بین این دو را فرض کرده‌ایم که با غیرمادی و مستقل بودن سایکون از ساختار مادی مغز در تضاد است.

چهارم) عقیم بودن رویکرد اکلز:

یکی از معیارهای مهم سنجه زدن به نظریات علمی، بارور بودن و زایایی‌شان است. هرچه سوالات بیشتری از دل یک دیدگاه علمی بیرون بیایند و اطلاعات بیشتری در قلمرو آن تولید شود، آن نظریه کاربردی‌تر و روشنگرتر خواهد بود. ایراد عمده‌ای که نظریه‌ی سایکون دارد این است که راه را بر هر تحلیل دیگری از مفهوم آگاهی می‌بندد و شانس ایجاد دیدگاه‌های نو و رقیب را از بین می‌برد. در عمل سایر دیدگاه‌های رقیب تک‌انگار تمام پیکره‌ی اطلاعاتی موجود و شواهد در دسترس در مورد آگاهی را به دست داده‌اند و نگرشهای دوانگارانه همواره در طراحی آزمونهای موفق و زایا ناکام بوده‌اند.

در عمل، نظریه‌ی سایکون، یک بن‌بست منطقی است که با وضع یک واژه‌ی بی‌معنا، راه را بر کنجکاوی بیشتر و آزمونهای دقیقتر می‌بندد. این نظریه، نه راهکاری برای سنجیدن خواص سایکون به دست می‌دهد، و نه اطلاعاتی در این مورد به دست می‌دهد. توانایی توجیه پدیده‌های مورد سوال در سایر نظریات را هم ندارد و به این ترتیب تنها چیزی را که ادعا می‌کند، کتمان ناتوانی خودش است. با توجه به این چهار ایراد، به گمان من نظریه‌ی سایکون دارای معیارهای لازم برای یک نظریه‌ی علمی نیست. شاید بتوان آن را نوعی برداشت فلسفی از برخی از شواهد

عصب‌شناختی دانست، اما به هیچ عنوان نمی‌تواند به عنوان یک نظریه‌ی علمی رقیب برای سایر رویکردها به مفهوم آگاهی مطرح شود.

۵-۱-ب) تذکر:

دیدگاه رایج در بین مردم، به ویژه درکشور ما، نوعی از دوانگاری است و به تمایزی بین روح و بدن قایل است. باید بر این نکته پای فشرد که حرفهای ما در اینجا به معنای رد کردن مفهوم روح نیست. وجود یک جوهر غیرمادی، که می‌تواند روح یا چیزهای دیگری نام بگیرد، فرضی است که به لحاظ کیفیت خود -یعنی متمایز شمردن تمام خواص این جوهره با پدیدارهای مادی- قابل‌آزمایش نیست. و به همین دلیل هم در قلمرو علم نمی‌توان در موردش بحث کرد. اینکه فرد گزاره‌های مربوط به دوانگاری فلسفی را بپذیرد یا نه، چیزی است که ربطی به بحث ما ندارد. من در اینجا دارم در قلمرو علم حرف می‌زنم و تلاش می‌کنم تا بر اساس شواهد تجربی مدلی علمی از آگاهی بسازم. فرض وجود یا عدم وجود یک جوهره‌ی غیرمادی، مقوله‌ای ایمانی است که هرکس می‌تواند به فراخور اعتقاداتش به آن باور داشته باشد یا نداشته باشد. اما در نهایت رد یا قبول ایمانی این جوهره، ارتباطی با بحث علمی ما ندارد. ما در اینجا گزاره‌های علمی و شواهد تجربی را بررسی می‌کنیم و کاری به مفاهیم ایمانی و گزاره‌های پیشینی مورد مجادله‌ی فلاسفه‌ی علاقمند به مابعدالطبیعه نداریم. بحث در مورد آن مفاهیم فرصتی دیگر و چهارچوب دیگر را طلب می‌کند که حالا مورد توجه این نوشتار نیست.

باید بار دیگر بر این نکته پای فشرد که رد دیدگاه دوانگار اکلز، نه به معنای رد فلسفی دوانگاری، که به معنای رد علمی آن است. اگر دوانگاری چنانکه اکلز ادعا کرده به عنوان یک دیدگاه علمی طرح شود، با توجه به دلایل یاد شده مردود خواهد بود. یعنی ادعای من در اینجا این است که چنین دیدگاهی به دلیل نوع گزاره‌های خاصی که ادعا می‌کند، در خارج از قلمرو علوم تجربی قرار دارد و بنابراین در این چهارچوب نباید در موردش بحث کرد. اگر در این زمینه بخواهیم گزاره‌های یاد شده را ادعا کنیم، به همان مشکلاتی برمی‌خوریم که مرور شد.

باور داشتن یا نداشتن به جوهره‌ای غیرمادی را نباید با ادعای تجربه‌پذیر بودن آن مخلوط کرد. هروقت سخن از تجربه‌پذیری و نقدپذیری علمی پیش می‌آید، خواه ناخواه پای حسی بودن و بنابراین مادی بودن هم به میان کشیده می‌شود و اگر بخواهیم آن زمینه را بدون توجه به اصولش پیش بکشیم به اشکالاتی از نوع آنچه که گذشت دچار می‌شویم. پس بار دیگر تأکید می‌کنم که گزاره‌های مابعدالطبیعی مربوط به وجود یا عدم وجود روح و جوهرهای غیرمادی، نه مورد توجه این رساله است و نه در قلمرو مورد ادعایش، یعنی علم. هرآنچه اینجا گفته می‌شود و پذیرفته یا رد می‌شود، در حوزه‌ی علوم تجربی معنا دارد و در خارج از آن مفهوم خود را از دست می‌دهد. پس برداشتهای فلسفی قطعی و دگم از مطالب موجود در این نوشتار به دلیل ماهیت علمیش، اصولاً نادرست است.

۵-۲) دیدگاه‌های تک‌انگارانه:

تنه‌ی اصلی نظریات موجود در مورد آگاهی در این بخش می‌گنجند. چنانکه گفتیم، بهترین رویکرد -و در واقع تنها رویکرد علمی معتبر- به مفهوم آگاهی این است که آن را پدیداری هم‌جنس با سایر پدیدارهای قابل مشاهده در نظر بگیریم. این کاری است که در دیدگاه‌های تک‌انگار انجام می‌شود و برخوردی که با مفهوم آگاهی صورت می‌گیرد، همان است که با سایر پدیدارهای مورد بحث در علم انجام می‌شود.
در این حیطه، نظریات بسیار متنوع و فراوانی وجود دارد که طیف وسیعی از نگرشهای فلسفی را پشتیبانی یا تولید می‌کنند. من در این نوشتار چنان که گفتم به رویکردها و نتایج فلسفی مربوطه کمتر نظر دارم و بیشتر در پی یافتن راهی برای مدلسازی آگاهی هستم. پس بر اساس چهارچوب‌های معنایی ویژه‌ی مورد پیشنهاد، نظریات این حوزه را تقسیم‌بندی می‌کنم و از میان آنها مهمترین و مطرح‌ترین مدل‌های کنونی را معرفی خواهم کرد.

۵-۲-الف) دیدگاه حذف‌انگار[۱]:

در این دیدگاه، آگاهی نوعی خطای زبانی فرض می‌شود و چنین گفته می‌شود که پدیداری مستقل و مجزا با عنوان آگاهی در جهان وجود ندارد. دو رویکرد مهم در این دیدگاه وجود دارد که هریک را به طور مختصر شرح خواهم داد:

نخست) رویکرد فلسفی:

ریشه‌های این نگرش را در آثار فلاسفه‌ی صده‌ی گذشته می‌توان بازیافت. یکی از نخستین کسانی که به طور جدی در این مورد چیز نوشت، جان استوارت میل[۲] بود که این پرسش مشهور را مطرح کرد:
ازکجا معلوم که آدمهای دیگر هم دارای ذهنی مانند آنچه که من دارم، باشند؟
توجه داشته باشید که زمینه‌ی پرسش میل، این بود که گزاره‌های ذهنی و عینی با هم تفاوت دارند و بنابراین پرسش در نوعی فضای دکارتی مطرح شده است. به هر تقدیر، نتیجه‌ی پرسش این فیلسوف نام‌آور، همان است که امروز با عنوان مشکل ذهن دیگری[۳] شهرت یافته است.
ناگفته پیداست که دلیلی منطقی و دقیقی برای وجود ذهنی جز ذهن خودمان وجود ندارد. یکی از علل پذیرش مفهومی به نام ذهن، همین دریافت بی‌واسطه و درونی مفاهیم ذهنی است، و این چیزی است که در مورد سایر افراد مصداق نمی‌یابد. پس اگر معیارمان درک درونی باشد، نباید وجود ذهن را برای سایر آدمیان فرض کنیم.
اگر معیارمان شباهت آنها با ما و شباهت رفتارهایشان با ما باشد، باز به مشکل برمی‌خوریم. چون معیار نتیجه‌گیری در اینجا شباهت و هم‌ارز بودن[۴] است و این معیاری درست و منطقی برای همانند پنداشتن دو پدیده -یکی ذهنی و دیگری عینی- نیست. راه دیگری که برای فرض ذهن در دیگران وجود دارد این است که گزارش زبانی آنها را به عنوان

۱- eliminativism
۲- J.S.Mill
۳- other minds problem
۴- analogy

مبنا قرار دهیم. در این حالت هم باز نوع دیگری از شباهت را بین زبان خود و زبان دیگران برقرار کرده‌ایم. که باز بنابر اصول منطقی معیار چندان معتبر محسوب نمی‌شود. به اضافه‌ی این که تولید سیستم‌های به ظاهر فاقد آگاهی که حضور آگاهی را گزارش دهند - مثل یک برنامه‌ی رایانه‌ای یا نوار ضبط صوت - هم چندان دشوار به نظر نمی‌رسد. به این ترتیب، مشکل ذهن دیگری به این بن‌بست می‌انجامد که هیچ معیار منطقی و معقولی برای فرض ذهن در دیگران وجود ندارد، و به این ترتیب تنها موردی که از وجود آگاهی یا ذهن وجود دارد، منحصر به خود فرد است، و این هم چیزی است که به سادگی می‌تواند به عنوان یک توهم، نامعتبر تلقی شود (**Malcolm.- 1991**)[۲۱۴].

مشکلاتی که در پی مسئله‌ی ذهن دیگری ایجاد شد، به این جا کشید که گروهی اصل وجود ذهن را به عنوان یک پدیدار واقعی زیر سوال بردند. یکی از مهمترین کانونهای مقاومت در برابر این حذف انگاری فلسفی، مفهوم کیف نفسانی[(۱)] است. این مفهوم، عبارت است از همان ادراک درونی و بی‌واسطه‌ای که ما به عنوان برداشت ذهنی از محرکهای محیطی می‌فهمیم. یعنی به عنوان مثال چیزی به نام کیف نفسانی قرمز وجود دارد که مستقل از تمام اشیای قرمز رنگ در ذهن ما ایجاد، و معنا می‌شود.

فلاسفه‌ی زیادی بوده‌اند که مفهوم کیف نفسانی را بی‌فایده و دست و پاگیر می‌دانسته‌اند و به غیرواقعی پنداشتن آن گرایش داشته اند. اگر کیف نفسانی به عنوان مفهومی موهوم و غیرواقعی در نظر گرفته شود، خود مفهوم ذهن هم زیر سوال می‌رود. به این ترتیب مشکلاتی مانند ذهن دیگری هم حل می‌شود. مدعی مهم این رویکرد در روزگار ما، فیلسوفی است به نام دنت که قبلاً هم نامش را شنیدیم. او در یکی از نوشته‌هایش راهکاری شهودی را برای رد مفهوم کیف نفسانی پیشنهاد می‌کند (**Dennett.- 1993**)[۹۶].

دنت در مقاله‌ی مشهوری که چند سال قبل نوشته، دوازده گزاره‌ی شهودی را به کمک گرفته تا نادرست بودن مفهوم کیف مطلق نفسانی را نشان دهد. مبنای همه‌ی شهودهای او عبارتند از این واقعیت که کیفیات نفسانی در بین افراد گوناگون و زمانهای گوناگون تغییر می‌کنند. مثلاً عده‌ای از مردم مزه‌ی زیتون را دوست دارند و گروهی دیگر ندارند. بنابراین کیف نفسانی مربوط به زیتون باید چیزی متغیر در میان ذهن‌های گوناگون باشد. از سوی دیگر، تغییر کیف نفسانی در یک ذهن را هم فراوان می‌بینیم. مثلاً همه‌ی ما روز اولی که زیتون خوردیم آن را چیزی تلخ و تند و بدمزه یافته‌ایم اما به تدریج به آن عادت کرده‌ایم و در واقع کیف نفسانی مربوط به آن در ما دگرگون شده است.
شواهد مورد بحث این تفکر را در فرد الفا می‌کنند که کیف نفسانی مطلق و ثابتی به ازای پدیدارهای خارجی در ذهن همه‌ی افراد وجود ندارد. به بیان دیگر، چنین به نظر می‌رسد که باید کیف نفسانی را از حالت مرجعیت سابقش برداشت و جایگاهی پایینتر و نسبی‌تر را برایش قایل شد (**Dennett.- 1993**)[۹۶]. ما در ادامه‌ی بحث ترجمه‌ی مفهوم کیف نفسانی در مدل خودمان را ذکر خواهیم کرد. اما در اینجا همینقدر کافیست بدانیم که در رویکرد فلسفی، وجود و صلاحیت معنایی این عبارت محل تردید است (**Dennett.- 1991**)[۹۵].

دوم) رویکرد عصب شناختی:

این دیدگاه در واقع یک برداشت افراطی از شواهد عصب شناختی است. پیروان این دیدگاه، معتقدند که همه‌ی آنچه که سابق با عنوان ذهن و پدیدارهای ذهنی مورد اشاره قرار می‌گرفت، به زودی با اصطلاحات عصب‌شناختی

۱- **qualia**

ویژه‌ای بیان خواهد شد و نیاز کلی ما به واژگان مربوط به ذهنی‌گرایی برطرف خواهد شد.
پر سر و صداترین مدافع این دیدگاه، یک فیلسوف/عصب‌شناس آمریکایی به نام بانو چرچلند است که در کنار خود همکارانی نامدار مانند سجنوفسکی و شوهرش -آقای چرچلند- را هم دارد.

آنچه که چرچلند بیان می‌کند بسیار ساده است. او معتقد است که علم روان‌شناسی به عصب‌شناسی قابل تحویل است، و علت غیرقابل‌تحویل نمودنش در زمان حاضر تنها این است که هر دو علم هنوز جوان هستند و هنوز به قدر کافی تکامل موازی نیافته‌اند تا بتوانند واژگانی مشترک بیابند و در هم ادغام شوند (Churchland & Sejnowski.- 1992)[۷۷]. به گمان چرچلند، روانشناسی امروزی نوعی نگرش ناپخته و عامیانه به مفهوم پدیدارهای ذهنی است. همانطور که در گذشته کیمیاگری را به عنوان شیمی عامیانه داشته‌ایم، امروز هم نوعی روانشناسی عامیانه[۱] داریم که با واژگان مبهم و غیرعلمیش مایه‌ی اغتشاش در دانش عصب‌شناسی شده است. به زعم این فیلسوف جنجالی، به زودی روانشناسی هم دوران بلوغ خود را سپری خواهد کرد و در زمینه‌ی عصب‌شناسی حل خواهد شد (Churchland.- 1993)[۷۸]. همانطور که واژگان مبهم کیمیاگران در مورد سنگ فلاسفه و عناصر اربعه جای خود را به نامهای دقیق عناصر شیمیایی داد، اصطلاحات روانشناختی هم به زودی همتاهای دقیقتر فیزیولوژیک پیدا خواهند کرد و در آن روز می‌توان به راحتی از تحویل شدن روانشناسی به عصب‌شناسی سخن گفت. تحویل این دو علم به یکدیگر به معنای آن خواهد بود که واژگان و مفاهیم موجود در آنها هم با هم یکی شوند. یعنی همانطور که علم نورشناسی[۲] قدیمی به نظریه‌ی الکترومغناطیس ماکسول تحویل شد، پدیده‌ی نور هم به عنوان نوعی موج الکترومغناطیس در نظر گرفته شد و با بیانهای مربوطه تفسیر شد.

چرچلند از این بیان تحویل انگار استفاده می‌کند تا تمام نظریات دیگر را که به نوعی پدیدارهای تحویل‌ناپذیر را بررسی می‌کنند، به عنوان رسوباتی از دوانگاری در نظر بگیرد. او دو نوع دوانگاری تازه را در زمینه‌ی نظریات یاد شده تشخیص می‌دهد (Churchland & Sejnowski.- 1992)[۷۷]:

نخست دوانگاری صفت، که دانشمندان و فلاسفه‌ی مشهوری را از پشتیبانان آن می‌داند (Sperry.- 1977[۲۹۳], Jackson.- 1982, Nagel.- 1986,[۲۳۸]). به گمان او، این نوع دوانگاری با وجود ادعاها و زمینه‌ی نظری مادی‌گرایانه و علمیش، به دلیل تحویل‌ناپذیر دانستن برخی از پدیدارهای عصبی و غیرقابل‌بیان بودن برخی از شواهد مربوط به آگاهی با زبان فیزیولوژیک، در واقع تفسیری جدیدتر از همان دوانگاری قدیمی را به دست می‌دهد.

دوم دوانگاری نظری، که بازنمایی پدیدارهای خارجی را به صورت گزاره‌های منطقی موازی با منطق گزاره‌ها فرض می‌کند (Pylyshyn.- 1984, Fodor.- 1975,1982, 1990[۱۱۸], [۲۶۱]). در بخشهای بعدی در مورد این دیدگاه به طور مفصل صحبت خواهد شد. فقط در اینجا به این نکته اشاره می‌کنم که چرچلند این دو دیدگاه را نادرست می‌داند و به دلیل فرض کیفیاتی غیرقابل بیان به زبان فیزیولوژیک، آغشته به پس‌مانده‌های دوانگاری قدیمی می‌پنداردشان.

نتیجه‌ی مستقیم دیدگاه چرچلند این است که آگاهی را به عنوان یک پدیدار مستقل و منفرد شناسایی نکند و آن را مجموعه‌ای از پدیدارهای ناهمگن و متفاوت بداند که همراه با یکدیگر در قالب این واژه دسته‌بندی شده‌اند. به بیان دیگر، چرچلند هم با حذف‌انگاران فلسفی در این نکته اشتراک نظر دارد که واژه‌ی آگاهی -به همراه سایر اصطلاحات روانشناختی- حقیقت خارجی ندارد و تنها یک برداشت ذهنی است (Churchland & Sejnowski.- 1990)[۷۶].

۱- folk psychology

۲- optic

۵-۲-ب) نقد دیدگاه حذف انگار:

اگر از دیدگاه فلسفی به موضوع بنگریم، چیز زیادی برای ایراد گرفتن نمی‌بینیم. این نظریات حذف‌انگار با پاک کردن صورت مسئله کمترین اشکال ممکن را ایجاد می‌کنند. از آنجا که دیگر مفهومی به نام ذهن وجود ندارد، مشکلاتی هم که می‌تواند ایجاد کند از بین می‌رود. با اینهمه، این دیدگاه به نظر افراطی می‌رسد و حالت قانع‌کننده‌ای را که ما در نظریات علمی معمول می‌جوییم حاصل نمی‌کند. من با برخی از انتقادات دنت و چرچلند بر مطلق‌انگاری رایج در مورد واژگان بیانگر حالات ذهنی موافقم و به زودی سیستم معنایی مورد نظر خود را در مورد این مفاهیم ارائه خواهم کرد. اما گمان می‌کنم این واژگان با تمام مشکلاتی که برای ما ایجاد می‌کنند، نباید به این ترتیب یکباره و از ریشه انکار شوند. بخش مهمی از ادعاهای مربوط به تحویل شدن روانشناسی در عصب‌شناسی، امروز دور از واقع به نظر می‌رسند. من با این نکته موافقم که تاریخ این دو علم نزدیکی و ادغام مفاهیم رایج در بین دو شاخه‌ی روانشناسی و فیزیولوژی اعصاب را نوید می‌دهد، اما نباید پیش از تولد بچه‌ای که ممکن است سقط شود، برایش جشن تولد گرفت.

مشکل دیگری که نگرش حذف‌انگار دارد، عقیم بودن و غیربارور بودنش است. هنوز روانشناسی و فیزیولوژی با هم ادغام نشده‌اند و فرض قطعی بودن چنین تحویلی می‌تواند به برنامه‌های تحقیقاتی زاینده‌ی رایج آسیبی جدی بزند. همانطور که در مورد دوانگاری گفتیم، دیدگاه حذف‌انگار هم به دلیل کنار گذاشتن برخی از مفاهیم، امکان استفاده از آنها را هم به عنوان انگیزه‌ای در تحقیقات از دست می‌دهد. درست است که کیمیاگران قدیمی با مفاهیم نادرست کار می‌کردند، اما به کمک همان واژگان غلط اسید سولفوریک و الکل و جیوه را تخلیص کردند و چه بسا که اگر از پیش به امکان تحویل این علم در اتم‌گرایی دموکریتی -نزدیکترین نظریه‌ی آن روزگار به دیدگاه‌های کنونی- آگاهی داشتند، به این پیشرفت‌ها نایل نمی‌آمدند.

در نهایت، بیانها و برداشتهای گوناگون از نگرشهای حذف‌انگارانه وجود دارد که می‌توانند در این عقیم بودن اثری کم یا زیاد گذارند. اما در هر صورت، برنامه نداشتن برای تحقیقات نو، و قانع نکردن یک ذهن کنجکاو، مهمترین ایرادات آن است.

۵-۲-پ) دیدگاه زبانشناختی:

این دیدگاه در نیمه‌ی قرن حاضر شهرت زیادی به دست آورد و هنوز هم در بسیاری از محافل اعتبار خود را حفظ کرده است. محور اصلی این دیدگاه، آزمایشات و تحقیقات جالبی است که ویگوتسکی بر رشد فعالیتهای شناختی کودکان انجام داده است (ویگوتسکی.- ۱۳۶۷)[۳۴]. او در جریان تحقیقات خود به این نتیجه رسید که زبان یک امل مهم در رشد شناخت کودک است. این نتایج در نهایت او را به آنجا رهنمون شد که با فیلسوف ایتالیایی مرلوپونتی به توافق رسید که *خودآگاهی و تفکر همان مکالمه‌ی درونی است*.

در این دیدگاه، مهمترین نماد تفکر و آگاهی توانایی دسته‌بندی[۱] و تعمیم[۲] است. یعنی مهمترین کاری که یک ذهن آگاه می‌کند، شکستن جهان در قالب چندین دسته‌ی مشخص و دارای حد و مرز است، که هر دسته دارای صفاتی

۱- categorization

۲- generalization

برچسب‌گونه و تعمیم‌پذیر در بین اعضایش باشد. این توانایی، بنابر آنچه که پیشتر پیاژه نشان داده بود، در طی چند فاز در کودک شکل می‌گیرد و به تدریج از حالت درونگرایانه به برونگرایانه تبدیل می‌شود. به گمان پیاژه، این درونگرایانه بودن زبان در ابتدای کودکی، و به تدریج معطوف به بیرون شدنش، همان روند اجتماعی شدن کودک را باز می‌نمایاند و همان است که در نهایت آگاهی مورد نظر ما را پدید می‌آورد.

ویگوتسکی در جریان تجربیات خود نشان داد که جریان هدفگیری زبان بر خلاف آنچه که پیاژه گفته بود، از بیرون به درون است. یعنی زبان ابتدا به عنوان ابزاری برای ارتباط با بیرون در کودک تکوین می‌یابد و بعد به تدریج درونی می‌شود و به عنوان راهی برای حل مسئله به شکل خودآگاه به کار گرفته می‌شود. در همین مرحله است که کودک از زبان به عنوان یک عامل بازخورد مثبت استفاده می‌کند و به اصطلاح به هنگام بازی یا حل مسئله با خود حرف می‌زند. ادامه‌ی این نتیجه‌گیری به اینجا می‌انجامد که کل تفکر کودک را از این پس به عنوان نوعی تکلم خاموش در نظر بگیریم. گفتگویی که در آن هردو طرف خود کودک است، و در جریان مکالمه مشکلی که باید حل شود در قالب گزاره‌های زبانی به روشنی و دقت بیان می‌شود.

پس از ویگوتسکی، شاگرد و همکارش لوریا به ادامه‌ی تحقیقات او در زمینه ی زبان همت گماشت و دیدگاهی پخته‌تر و پیچیده‌تر را بر همان مبنای زبان پدید آورد. لوریا با بررسی کودکان دوقلویی که زبان مشترکی برای خود تولید می‌کردند کار خود را آغاز کرد (لوریا.- ۱۳۶۸)[۲۳]، و در نهایت چهارچوبی عصب‌شناختی را برای پشتیبانی دیدگاهش معرفی کرد (لوریا.- ۱۳۷۶)[۲۱]. او همچنین در حین بررسی یک مورد مشهور از **hypermnesia** به اهمیت کارکردهای زبانی در جریان حافظه هم اشاره کرده است (لوریا.- ۱۳۷۲)[۲۰].

این نتیجه‌ی گزاره‌ای بودن آگاهی، چنان که خواهیم دید با یکی از دیدگاه‌های معتبر دیگر در زمینه‌ی مورد بحث ما همخوانی دارد. اما تفاوت آنچه لوریا و ویگوتسکی می‌گفتند، با آنچه که فودور می‌گوید، این است که گروه اخیر کارکردهای زبانی و گزاره‌ای را تا سطح نورونی کاهش می‌دهند، و این کاری بود لوریا به درستی از انجام دادنش ابا داشت (لوریا.- ۱۳۷۶)[۲۲].

امروز یکی از بزرگترین هواداران دیدگاه زبانشناختی، دانشمندی به نام لنه‌برگ است. او زبان را به عنوان پدیداری شناختی که در سطح کلان زاییده می‌شود در نظر می‌گیرد، و آن را محمول اصلی داده‌آمایی در سطوح خودآگاه فرض می‌کند. او وجود ساختارهای آناتومیک ویژه برای زبان، و سیم‌کشی عصبی وراثتی برای این کارکرد را به عنوان شاهدی برای تأیید اهمیت شناختی این رفتار در نظر می‌گیرد، و وجود الگوی وراثتی شبکه‌ی عصبی زبان را به عنوان ویژه‌ی گونه[۱] بودن آن ترجمه می‌کند (**Lenneberg.- 1992**)[۲۰۳].

گروه دیگری که تا حدودی با رویکرد زبانشناختی موافقت دارند، کسانی هستند که شکست تقارن کارکردی بین دو نیمکره‌ی مخ را نماد تمایز خودآگاه/ناخودآگاه می‌پندارند و به این ترتیب نیمکره‌ی چپ را به عنوان مرکز خودآگاهی در نظر می‌گیرند. با توجه به متمرکز بودن سخت‌افزار پشتیبان زبان در این نیمکره، این دیدگاه را می‌توان دنباله‌ی آناتومیک نظر ویگوتسکی فرض کرد. پافشاری بر تمایزهای موجود بین نیمکره‌ها، که در بین عصب‌شناسان رایج است، یکی از ریشه‌های این طرز تلقی است. بر اساس این دیدگاه، نیمکره‌ی راست یک سازمان خودکار[۲] ناآگاه است که توسط نیمکره‌ی چپِ آگاه و فعال به کار گرفته می‌شود (**Eccles.- 1976**)[۱۰۵]. به ویژه تجربه بر روی بیماران مبتلا به

۱- species specific

۲- automaton

صرع که زیر عمل جراحی برش رابط پینه‌ای[۱] دارای مغز دوپاره[۲] شده‌اند این دیدگاه را تقویت می‌کند. منتها مشکل در اینجاست که در اینجا هم بخش مهمی از شواهد مربوط به کارکرد فعال نیمکره‌ی راست در فعالیتهای آگاهانه نادیده‌انگاشته شده است و اصل سیستمی بودن رفتار آگاهانه نقض شده است.

یک برداشت جامعه‌شناختی هم از این حرفها وجود دارد که مارگارت مید مدافع آن است. مید هم زبان را منشأ آگاهی می‌داند، اما بافت جامعه‌شناختی پشتیبان زبان را نیز به عنوان عاملی مهم برای نوع و شکل آگاهی ایجاد شده در نظر می‌گیرد. به گمان او این سخن ویگوتسکی که آگاهی در واقع نوعی مباحثه‌ی درونی با خود است درست می‌باشد، اما چهارچوب و اهداف این مباحثه را سازماندهی نرم‌افزاری جامعه‌ی اطراف فرد تعیین می‌کند. این دیدگاه را برخی از پژوهشگران به عنوان برداشتی متمایز از تفسیر زبانشناختی ویگوتسکی در نظر گرفته‌اند و سرفصلی جدید برایش گشوده‌اند (**Oathley.- 1993**)[۲۴۸].

۵-۲-ت) نقد دیدگاه زبانشناختی:

مخالفان دیدگاه زبانشناختی بر چند گروهند. عده‌ای گزارش زبانی و اصولاً زبان را روبنایی از کارکردهای عصب‌شناختی سطح پایینتر می‌دانند و توصیف آگاهی در این سطح زیرین را هم راهکاری درست‌تر می‌پندارند. این دانشمندان نه تنها زبان را سازنده‌ی خودآگاهی نمی‌دانند، که آن را تنها یکی از محصولات فرعی آن فرض می‌کنند. این بی‌اعتباری زبان در دید این افراد تا آنجا پیش می‌رود که در شرایطی خاص، که رفتار نورونی ناقض گزارش زبانی باشد، مورد نخست را شاخص تعیین‌کننده‌ی آگاهی می‌دانند، نه دومی را. یعنی اگر ثبت نوار مغزی کسی نشان دهد که نورون‌های کد کننده‌ی حس درد او فعالند، اما فرد خود گزارشی زبانی از درد ندهد، ثبت **EEG** را مبنا می‌گیرند و گزارش زبانی را محصول فرعی بی‌اهمیتی فرض می‌کنند (**Rotry.- 1991**)[۲۷۱].

عده‌ای دیگر، رفتارشناسانی مانند ویلسون هستند که آگاهی را پدیده‌ای فراگیرتر و عامتر در جهان جانوران می‌دانند (**Wilson.- 1995**)[۳۲۸]. به گمان این دانشمندان، -که شواهد فراوانی هم در تأیید حرفشان دارند،- آگاهی عبارت است از رفتار هدفمند و خودسازمانده سیستم‌های پردازش اطلاعاتی ویژه، و می‌تواند در سایر گونه‌ها و شاخه‌های زندگی جانوری هم به فراوانی دیده شود. مثلاً رفتارهای چشمگیر مورچگان یکی از مواردی است که معمولاً به عنوان رفتار آگاهانه‌ی فاقد زبان مورد اشاره قرار می‌گیرد (**Wilson.- 1990**)[۳۲۹].

از سوی دیگر، شواهد روانشناختی دیگری وجود دارد که وجود آگاهی را در موجودات فاقد زبان نشان می‌دهد. شواهد اندکی که در مورد کودکان محروم از زبان‌آموزی در دست است، نشان می‌دهد که پس از سن بحرانی ویژه‌ای توانایی شکل‌دهی به زبان در کودکان انسانی از بین می‌رود، اما پس از آن افراد فاقد زبان حاصل را نمی‌توان به هیچ عنوان ناآگاه در نظر گرفت (اچیسون.- ۱۳۶۴)[۳]. در این زمینه به ویژه گزارش خیره کننده‌ی هلن کلر جالب توجه است که لحظه‌ی ادراک زبانی را در سنی تجربه کرده که می‌توانسته آن را گزارش دهد. اتفاقاً گزارش او تا حدودی با نظریه‌ی زبانشناختی همخوانی دارد. اما این همخوانی تنها در صورتی معنا دارد که آگاهی را به معنای محدود *امکان گزارش زبانی* در نظر بگیریم.

همچنین در مقابل این شواهد، تجربیات جالب دیگری وجود دارد که از امکان آموزاندن زبان انسانی (مانند زبان

۱- commisurectomy

۲- split brain

اشاره‌ی **ASL**[۱]) به میمونهای عالی حکایت می‌کند. شواهد در این زمینه آنقدر زیادند که در اینجا نمی‌توان به شرحشان پرداخت (**Gardner & Gardner.- 1992**)[۱۲۶]، اما کافیست بدانیم که با وجود امکان یادگیری زبان در این میمونها، و تغییرات رفتاری معمولی که در پی آن قابل‌مشاهده است، هیچ تغییر فاز شناختی خاصی به صرف آموختن زبان در آنها دیده نمی‌شود (اچیسون.- ۱۳۶۴)[۳].

اگر بخواهیم مدلی فراگیر و دقیق از آگاهی به دست دهیم، ناچاریم تا قدری عامتر به این پرسش نگاه کنیم و به ویژه از نمودهای شووَنیسم نژادی مرسوم در بین متفکرین **Homo sapiens** بپرهیزیم. برای نیل به این مقصود، نگارنده نیز رویکرد زبانشناختی را بیش از حد محدود می‌داند و شواهد یاد شده را برای کم‌اعتبار کردنش کافی می‌داند.

۵-۲-ث) دیدگاه نمادین:

مهمترین مدافع و مفسر این دیدگاه، فیلسوف نام‌آور جری فودور است که از دهه‌ی هفتاد به این طرف مرتب در مورد مدل خود از آگاهی مطلب می‌نویسد. به گفته‌ی فودور، عناصر ذهنی عبارتند از گزاره‌هایی که به صورت نمادهایی در سیستم عصبی ما کدگذاری شده‌اند. این نمادها، بر اساس قوانینی با هم اندرکنش می‌کنند که به قواعد موجود در جبر گزاره‌های بول[۲] شباهت دارد و در کل زبان تفکر[۳] نامیده می‌شود. این زبان تفکر، شکل پیش‌تنیده شده و درونیِ منطق است، و در خردترین صورت خود در تک نورون‌ها کدگذاری می‌شود (**Fodor.- 1990**)[۱۱۸].

فودور برای بیان دیدگاه خود چنان که درگذشته هم اشاره کردیم چهار پیش‌فرض را در نظر گرفته است:

نخست این که بین بازنمایی در سطوح مولکولی و اتمی (یعنی پایه‌ای و ترکیبی) تفاوت مشخص وجود دارد. یعنی اطلاعات در دو سطح متفاوت به دو صورت گزاره‌های مرکب و ساده در سیستم عصبی ما بازنمایی می‌شوند.

دوم این که بازنمایی ترکیبی خود یا از گزاره‌های ساده ترکیب شده و یا ترکیبی.

سوم این که محتوای معنایی بازنمایی ترکیبی مستقیماً از عناصر دستوری[۴] آن مشتق می‌شود. یعنی معنای یک گزاره با سازماندهی دستوری گزاره‌ی بازنماینده‌ی آن یکی است.

چهارم این که به دلیل سلسله مراتبی و پیچیده بودن بازنمایی در سیستم مغزی ما، قوانین تغییر خاصی بر این ساختار حاکمند. این قوانین تغییر، اگر سطح بازنمایی مورد بحث ما سطح زبانی باشد، عبارت خواهند بود از قواعد استنتاج عام منطقی.

بر اساس همین شروط و قواعد بود که نیول صورتبندی مشهور خود را از آگاهی به دست داد. او شرط لازم و کافی برای نشان دادن رفتار هوشمندانه را دارا بودن یک سیستم فیزیکی که بتواند نمادهای مشخصی را بازنمایی کند. در تعریف او هوشمند بودن به معنای داشتن رفتار عقلانی تعریف شده بود، که خود این اصطلاح اخیر عبارت بود از اینکه اگر سیستم هدف خاصی را به همراه داشتن اطلاعات در مورد راه رسیدن به آن هدف داشته باشد، همان راه را انتخاب کند. بنابر تعریف نیول، آگاهی عبارت است از مجموعه‌ی گزاره‌های شبه‌زبانی کدگذاری شده در نورون‌های سیستم عصبی انسان (**Newell.- 1980**)[۲۴۲].

۱- **American Sighn Language**: زبان اشاره‌ی مخصوص ناشنوایان در آمریکا.

۲- **George Bool**

۳- **language of thought**

۴- **syntactic**

این دیدگاه مورد علاقه‌ی کسانی است که تمایل دارند مغز را با یک رایانه‌ی خیلی پیچیده همانند کنند. در دید این افراد، پردازش اطلاعات در درون مدل یاد شده از آگاهی، به صورت سریال و در چهارچوب روابط سخت و جبری بین واحدهای بازنماینده‌ی گزاره‌های نورونی انجام می‌شود. این روابط با قوانین معتبر هِب[1] در شبکه‌های عصبی ناهمخوانی دارد و برخلاف آن در سطوح زیر روابط آماری و تصادفی‌ای را فرض نمی‌کند.

۵-۲-ج) نقد دیدگاه نمادین:

این دیدگاه را می‌توان از چند زاویه مورد انتقاد قرار داد. نخست ایراد متدولوژیک است که عقیم بودن این دیدگاه برای بازآفرینی راهکارهای نو و تجربیات جدید را مورد تأکید قرار می‌دهد. این نگرش در برخی از سطوح می‌تواند زاینده و مفید باشد، اما در سایر موارد -به ویژه موارد جزئی- سودمند نیست. از سوی دیگر، مدل‌های نمادین در تفسیر و توجیه کارکردهای خاص مربوط به آگاهی ناتوانند و مثلاً حتی رفتار مشابهی مانند رفتار زبانی را هم نمی‌توانند به خوبی مدلسازی کنند. ازاین شیوه تنها برای مدلسازی برخی از رفتارهای کلان مانند تصمیم‌گیری و منطق علمی می‌توان سود جست. ایراد دیگر این است که ساز و کار فرض شده در این مدل خیلی شکننده و سخت است و انعطاف و خودسازماندهی مورد انتظار برای آگاهی را نتیجه نمی‌دهد. این شکنندگی به حدی است که دانشمندی مانند هوفشتادلر آنرا با عنوان رویای بولی[2] نامگذاری کرده است.

دومین ایراد عمده، به خود چهار شرط فودور وارد شده است. شاید بحث برانگیزترین پیش‌فرض موجود در این مجموعه این باشد که معنای موجود درگزاره‌های ترکیبی نتیجه‌ای از اتحاد معناهای عناصر سازنده‌شان است (شرط چهارم). یا این که معنا دقیقاً همان دستور حاکم برگزاره است (شرط سوم). ایراد شرط چهارم این است که نمی‌تواند بیشتر شدن اطلاعات در جریان ایجاد گزاره‌های ترکیبی پیچیده‌تر را توجیه کند. بر اساس این دیدگاه، باید محتوای اطلاعاتی گزاره‌های ترکیبی پیچیده (یا بازنمایی آنها را) برابر با محتوای اطلاعاتی عناصر سازنده‌شان فرض کرد و این پیش‌فرض آشکارا در سیستم‌های نمادین پیچیده‌ای مانند زبان‌های طبیعی نقش می‌شود. شرط سوم هم با شواهد موجود در زمینه‌ی هم‌افزایی که پیدایش عناصر معنای جدیدی را با بیشتر شدن سطوح پیچیدگی نشان می‌دهد، ناهمخوانی دارد (**Fetzler.- 1992**)[۱۱۳].

ایراد دیگر در اینجا نهفته است که برخی از پیش‌بینی‌های مشهور موجود در این دیدگاه توسط شواهد عصب شناختی رد می‌شوند. در بخش مربوط به تصویر ذهنی و بازنمایی تصورات در ذهن دیدیم که یکی از نظریات رایج در این مورد عبارت است از بازنمایی گزاره‌ای، و همانجا هم دیدیم که این دیدگاه با بسیاری از شواهد عینی موجود درگزارشات پژوهشگران در تضاد است (**Kosslyn.- 1990**)[۱۹۵].

اما مهمترین ایراد این دیدگاه، این است که مغز را با یک سیستم نمادین گزاره‌ای ساده مانند رایانه هم‌ارز فرض می‌کند. این گرایشی است که در سایر نظریات هم کمابیش دیده می‌شود، و من همینجا از زمینه‌ی موجود استفاده می‌کنم تا ایرادات خود را بر این برابرنهی ایراد کنم.

نخست این که سیستم شبکه‌ی پردازنده‌ی نورونی تفاوتهای ساختاری مشخصی با سیستم رایانه‌ای دارد. به این معنا که تعداد واحدهای پردازنده (نورون‌ها) در مغز حدود شصت میلیارد است و هریک از این واحدها با حدود ده

۱- **Donald Hebb**

۲- **Boolean dream**

هزار اتصال به هم مرتبط می‌شوند. در مقابل، رایانه‌ها دست بالا چند هزار واحد ریزپردازنده دارند که هریک با حدود چهار اتصال به بقیه مربوط می‌شود.به این ترتیب با توجه به تعریفی که از مفهوم پیچیدگی کردیم، مغز بسیار بسیار پیچیده‌تر از رایانه است.

دوم این که نوع پردازش در مغز و رایانه با هم فرق می‌کند. در مغز پردازش به صورت موازی و در هزاران واحد به صورت همزمان انجام می‌گیرد. سرعت انجام پردازش هم به نسبت کم است و در حدود 10^{-3} ثانیه -سرعت شلیک نورون- طول می‌کشد. در برابر این سیستم کندِ موازی، رایانه با سرعتی در پایه‌ی 10^{-9} ثانیه و به صورت سری عمل می‌کند. بنابراین الگوی کلی سازماندهی پردازش اطلاعات در دو سیستم، کاملاً متفاوت است.

سوم این که بنابر آنچه گفته شد، دینامیسم حاکم بر اتصالات موجود در شبکه‌ی عصبی بسیار پویاتر و متغیرتر از قواعد جبری و سخت حاکم بر پویایی اطلاعات در رایانه‌ها هستند. شبکه‌ی عصبی، از دیدگاه سیستمی رفتاری بسیار خودسازمانده‌تر و سازگارپذیری بسیار بیشتری نسبت به رایانه دارد.

چهارم این که روش ذخیره‌ی اطلاعات در دو سیستم مورد بحث متفاوت است. در رایانه اطلاعات به صورت موضعی[۱] در مکان مشخص ذخیره می‌شوند. اما در مغز ثبت اطلاعات به صورت غیرموضعی[۲] و پراکنده در شبکه‌ی عصبی انجام می‌شود.

پنجم اینکه تعداد سطوح سلسله مراتب در مغز بسیار بیشتر از رایانه است. در رایانه با فرض دو سطح *سخت‌افزار* و *نرم افزاری* کار توجیه رفتار اطلاعاتی سیستم ممکن می‌شود. اما در مغز تعداد دقیق این سطوح مشخص نیست ولی بی‌تردید بیشتر از دو سطح در آن وجود دارد.

و بالاخره ششم این که کدهای به کارگرفته شده در بازنمایی گزاره‌های رایج در پردازش رایانه‌ای برای خود رایانه فاقد معنا هستند، در حالی که همین نمادها برای سیستم پردازنده‌ی عصبی معنا دارند (**Dreske.- 1990**)[۱۰۱]. این همان است با عنوان اسناد مورد تأکید فلاسفه‌ای مانند جان سِرل هم قرارگرفته است (**Searl.- 1979**)[۲۷۹].

به این ترتیب، این نکته روشن است که مغز رایانه نیست. هردوی این سیستم‌ها در یک تحلیل کلان می‌توانند به عنوان ساختارهای پردازنده‌ی اطلاعات دسته‌بندی شوند. اما این اشتراک رفتاری در توصیف خیلی سطح بالا از سیستم‌ها کاربرد دارد و اگر در پی یافتن تحلیل دقیقتر و ریزتر از رفتار این دو هستیم، ناچاریم بر نقاط اختلاف کارکرد دو سیستم بیشتر تأکید کنیم. با وجود راست بودن این گزاره که مغز و *رایانه هردو سیستم‌هایی پیچیده‌ی پردازنده‌ی اطلاعات* هستند، نباید از تفاوتهای موجود در بین رفتارشان غافل شد. یکی گرفتن رفتار پردازشی این دو ساختار متفاوت، به بروز اشتباهاتی از نوع آنچه که فودور به آن دچار است می‌انجامد. در هوش مصنوعی این حقیقت مدتهاست شناخته شده که مدلسازی رفتارهای پردازشی مغز در رایانه بسیار بسیار با شهود عادی ما در مورد درجه‌ی پیچیدگی و سختی عمل مورد نظر تفاوت می‌کند. کارکردهای آسان برای مغز -مانند بازشناسی چهره و تشخیص اشیا- به سختی در رایانه قابل‌مدلسازی هستند، و کارکردهای دشواری مانند شطرنج بازی کردن و حل معادلات پیچیده‌ی ریاضی را رایانه به سادگی انجام می‌دهد. پس خصلت پرسشهایی که باید در دو سیستم یاد شده حل شوند با هم تفاوت می‌کنند. یک سیستم برای حل مشکل چگونه زیستن و *زنده ماندن* طراحی شده و دیگری به قصد حل مسائل تحلیلی ویژه و از پیش طراحی شده سازمان یافته است.

به گمان من، این اقبال به مدل رایانه‌ای مغز، تا حدودی منتج از مقطع خاص زمانی است که ما در آن زندگی

۱- **local**

۲- **non-local**

می‌کنیم. در حال حاضر رایانه‌ها نشانگر اوج پیشرفت فن‌آوری ما هستند و به پیروی از یک سنت قدیمی، مغز در هر برش زمانی به چنین شاهکارهایی نسبی تشبیه می‌شده است. شاید فرض این هم‌ارزی افراطی بین دو ساختار تا به این حد متفاوت، ناشی از چنین رسوباتی در قالب کلی الگوسازی ما باشد. رایانه‌ها بی‌تردید راهکارهایی گره‌گشا را برای حل مسائل ما به دست می‌دهند و تا حدود زیادی اصل استقلال سطح پردازشی -به قول مار- از سطوح پایینی را نشان می‌دهند، اما در نهایت در شکل کنونی ابزارهایی کامل برای مدلسازی آگاهی نیستند.

۵-۲-چ) دیدگاه شبکه‌ای[۱]:

این دیدگاه، با نامهای دیگری هم خوانده شده است. دیدگاه HE[۲] (Nunn.- 1996)[۲۴۶]، نظریه‌ی پردازش عصبی[۳] (Churchland & Sejnowski.- 1992)[۷۷]، و نگرش زیرنمادین[۴] (Smolensky.- 1990)[۲۹۱] نامهای دیگری هستند که به آن داده شده‌اند. بر اساس این دیدگاه، آگاهی عبارت است از پیامد کارکرد یک شبکه‌ی نورونی بسیار پیچیده، که بر خلاف رایانه از اتصالات و روابطی بسیار گسترده و آماری برخوردار است. این شبکه‌ی عصبی طبیعی بر اساس قوانین هِبی[۵] کار می‌کند و مثل مدل گزاره‌ای از قوانین سخت و جبری پیروی نمی‌کند. شواهد آناتومیک فراوانی وجود دارند که اصل وجود فیزیکی این شبکه در مغز جانوران را بدیهی می‌نمایند. در (شکل-۲۶) یک نمای ساده از ارتباطات اصلی این شبکه‌ی نورونی را در قشر مخ می‌بینید.

دیدگاه شبکه‌ای پس از پیدایش رایانه‌های قدرتمند امروزی انسجام یافت و به ویژه پس از انتشار نظریه‌ی عمومی پردازنده‌های فون‌نویمان[۶] به شکل امروزین خود در آمد. لازم به یادآوری است که همین نظریه ستون فقرات اصلی رایانه‌های دودویی امروزی را تشکیل می‌دهد.

در اواسط قرن حاضر بود که نخستین شبکه‌های عصبی مصنوعی توسط ریاضیدانان علاقمند به سازمان عصبی تولید شدند. مدل مک‌کولاچ و پیتز در اوایل دهه‌ی چهل یکی از نخستین نمونه‌های شهرت یافته در این چهارچوب است (McCulloch & Pits.- 1943)[۲۲۸]. مبنای کار این ریاضیدانان، قانون موسوم به قانون هِب بود که تازه در این زمان کشف شده بود و نیرومند شدن ارتباط سیناپسی بین نورون‌های همسایه را در اثر شلیک عصبی و تجربه‌ی مشابه بیشتر بیان می‌کرد (Hebb.- 1949)[۴۷]. پس از مدل ساده‌ی این دو دانشمند، روزنبلات مدل مشهور خود را با عنوان perceptron ارائه کرد (Rosenblott.- 1958)[۴۷].

شبکه‌ها، در واقع نوعی مدلسازی بسیار ساده‌انگارانه از سیستم عصبی جانداران هستند. هر شبکه‌ی عصبی مصنوعی به این ترتیب عبارت است از مجموعه‌ای از نورون‌های فرضی، که توسط اتصالاتی با وزن پویا و متغیر به سایر نورون‌های شبکه متصل است. وزن هر اتصال درجه‌ی انتشار پیام عصبی از یک نورون به نورون همسایه را تعیین می‌کند. هر نورون دو حالت رفتاری (۰و۱) دارد. حالت صفر همان حالت پتانسیل استراحت و حالت ۱ پتانسیل

۱- connectionist

۲- کوتاه شده‌ی Hofstadler/Edelman

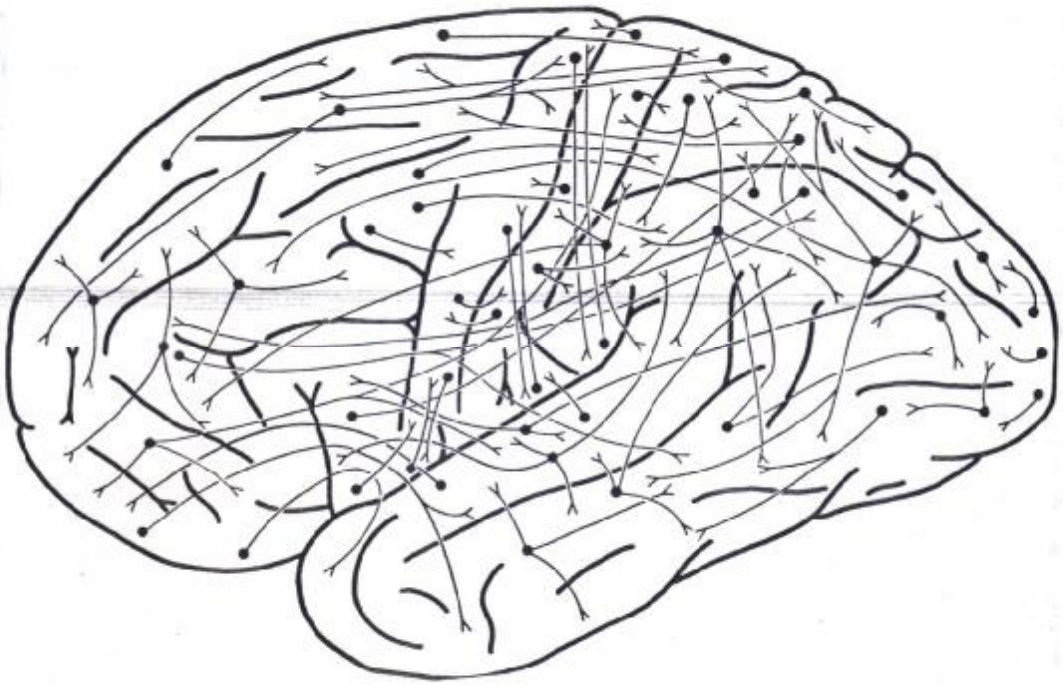
۳- neurocomputational

۴- subsymbolic

۵- Hebb's rule: قانونی که بر مبنای آن سیستم‌های عصبی در سطوح زیرین سلسله مراتب گسسته و آماری هستند، اما در سطوح بالا پیوسته رفتار می‌کنند و قوانین منطقی را در درون خود می‌زایند.

۶- Von Neumann

فعالیت را در نورون‌های طبیعی شبیه‌سازی می‌کند. در هر لحظه، پتانسیل رفتاری نورون در وزن خاصی که با هر نورون همسایه دارد، ضرب می‌شود و پیامی را که به نورون‌های اطراف گسیل می‌شود تشکیل می‌دهد.
فعالیت هریک از این نورون‌ها توسط یک تابع ریاضی تعریف می‌شود که آستانه‌ی شلیک آنها را تعیین می‌کند. ساده‌ترین قانونی که می‌توان برای یک نورون در نظر گرفت، قانون جمع نام دارد و عبارت است از اینکه هر نورون همه‌ی محرکهایی را که از سوی ارتباطاتش با سایر نورون‌ها دریافت می‌کند، با هم جمع کند و اگر مقدارش از آستانه‌ی خاصی بیشتر شد وارد فاز رفتاری شلیک (یا ۱) شود (**Alison & Carling.- 1992**)[۴۷].



شکل-۲۶: ارتباطات اصلی موجود در قشر مخ شامپانزه.

شبکه‌ی عصبی مصنوعی، به کمک این قواعد ساده نوعی رفتار بسیار جالب توجه را از خود آشکار می‌سازد، و آن هم توانایی یادگیری، استنتاج، و حل مسئله است. تکنیکی مشهور در این شاخه از تجربیات وجود دارد که انتشار پسین نام[۱] دارد. انتشار پسین عبارت است از نوعی بازخورد مداوم که ورودی و خروجی مربوط به سیستم شبکه‌ی عصبی را با ورودیهای مشابه و خروجی های مطلوب ما برقرار می‌کند. به این شکل که ابتدا به یک شبکه‌ی عصبی با وزنهای سیناپسی کاتوره‌ای (یابرابر صفر)، پرسشی در قالب یه آرایه از ورودی‌ها داده می‌شود. مثلاً اگر منظور آموزاندن بازشناسی اشیا به شبکه باشد، آرایه‌ای که تعیین کننده‌ی یک تصویر است به شبکه خورانده می‌شود. خروجی شبکه

۱- **back-propagation**

طبیعتاً اطلاعاتی کاتوره‌ای و بی‌معنا خواهد بود. چرا که پردازش اطلاعات در شبکه‌ای فاقد تخصص و با وزنها و ارتباطات تصادفی صورت گرفته است. مرحله‌ی بعدی این است که تفاوت خروجی مطلوب و مورد نظرمان -که مثلاً کدهای نشانگر نام شخصی است- با خروجی واقعی و تصادفی به دست آمده در جهت عکس به شبکه ارائه شود. اگر این شیوه‌ی آموزش -یعنی تکرار یادآوری فاصله‌ی پاسخ شبکه از پاسخ مطلوب- ادامه یابد، شبکه یاد می‌گیرد که در برابر دسته‌ی خاصی از محرکها به شکل خاصی پاسخ دهد. یعنی وزن بین نورون‌های خود را به شکلی تغییر می‌دهد که پاسخ مورد نظر ما را تولید کند. این شکل خاص، همان است که مورد نظر ما بوده و برای نیل به آن شبکه را آموزش داده‌ایم. یادگیری در این معنا تنظیم شدن خود به خود وزنها و ارتباطات بین نورون‌هاست، به شکلی که پردازش ویژه‌ی اطلاعات ورودی را نتیجه دهد.

در طی چند دهه‌ی گذشته مدل‌های شبکه‌ی عصبی مصنوعی یا **ANN**[1] به سرعت رواج یافته‌اند و تلاش برای تفسیر رفتارهای مغزی به کمک این ابزار همه‌گیر شد. به زودی دستاوردهای درخشانی هم در این زمینه حاصل شد. توانایی یادگیری شبکه‌ی عصبی ساده‌ی مزبور در شرایط گوناگون سنجیده شد (**Heskes et al.- 1991**)[۱۵۸] و در جریان تحقیقاتی که پس از این شیوع ناگهانی انجام گرفت، نشان داده شد که برخی از شبکه‌های به نسبت پیچیده می‌توانند رفتارهایی هم‌افزا مانند خودسازماندهی را از خود بروز دهند (**Carpenter et al.- 1991**)[۱۲۴]. این هم‌افزایی به ویژه در سازماندهی سیناپسهای پیچیده کاربرد بیشتری دارد (**Lucas.- 1991**)[۲۱۳].

همچنین برخی از پژوهشگران به نمونه‌های مشهوری مانند **perceptron**ها به عنوان یک سیستم پیچیده‌ی ویژه نگریستند (**Rosenblott.- 1961**)[۲۷۰]. این مدل به قدری نیرومند بود که هنوز هم پس از گذشت حدود سه دهه از معرفی این رویکرد، هم مورد توجه و علاقه‌ی پژوهشگران قرار می‌گیرد (**Amaldi.- 1991**)[۳۸]. پدیده‌های آماری‌تری مانند آشوب هم در شبکه‌های مشابهی قابل‌بازآفرینی هستند (**Grabec et al.- 1991**)[۱۳۸]

علاوه بر ارزش قابل‌توجه این مدل‌های عصبی در نظریه‌ی سیستم‌های پیچیده، در قلمرو فیزیولوژی اعصاب و فلسفه‌ی ذهن محض هم رویکردهای زیادی با چشمداشت به این مدل‌ها شکل گرفته‌اند. در زمینه‌ی فیزیولوژی اعصاب و به ویژه در زمینه‌ی خاص مورد مثال ما -بینایی- مدل‌های فراوانی در این چهارچوب ساخته شد و شبکه‌های عصبی به عنوان سازمانی توانا در شبیه‌سازی رفتارهای پیچیده‌ی ذهنی شناخته شدند. به زودی نشان داده شد که این رفتارها می‌توانند در شبکه‌ی عصبی مصنوعی بازسازی شوند: بازشناسی اشیا (**Lee & Patterson.- 1991**)[۲۰۱]، ناوردایی و ثبات هویت اشیای با وجود حرکت کردنشان و تغییر زاویه‌ی دید ناظر نسبت به آنها (**Kollias et al.- 1991**)[۱۹۰]، درک بافت تصاویر (**Atalay et al.- 1991**)[۳۹]، و استخراج تصاویر قابل‌بازشناسی از محرکهای مخدوش شده یا آلوده به حشو (**Lansner.- 1991**)[۲۰۰].

این توانایی بازسازی پدیده‌های هم‌افزا و سیستمی به قدری در سیستم‌های شبکه‌ای مصنوعی چشمگیر است که برخی از پژوهشگران رفتارهای ویژه‌ی سازمان آگاهی -مثل تغییر فازهای ادراکی که حرفش بود- را دلیلی بر حقانیت این دیدگاه می‌دانند (**Rutkowska.- 1992**)[۲۷۴]. تحلیلهای شبکه‌ای فراوانی هم وجود دارد که کارکردهای عصبی فیزیولوژیک را مدلسازی می‌کند (**Gerstner. et al- 1993**)[۱۳۰].

شبکه‌های عصبی مصنوعی در حل برخی از پرسشها به قدری توانا بودند که به زودی به عنوان یک ابزار محاسباتی نیرومند در میان فیزیکدانان برای خود جا بازکردند و در مدلسازی سیستم‌های پیچیده موارد استفاده‌ی فراوانی یافتند

۱- **Artificial Neural Network**

(Vepsalainen.- 1991)[۳۱۶].

در نهایت از این قالب برای تولید یک ساختار کارآمد برای مدلسازی و تحلیل ریاضی پدیده‌ی یادگیری در سیستم‌های پیچیده‌ی خودسازمانده استفاده شده است (Hertz et al.- 1991)[۱۵۷]. گروهی از پژوهشگران، کارآیی چشمگیر این مدل‌ها در شبیه‌سازی رفتارهایی مانند یادگیری و استنتاج را به عنوان شاهدی برای موفق بودنشان در توصیف آگاهی مورد توجه قرار می‌دهند (Clarkson et al.- 1991)[۸۰]. بنابر نظر این دانشمندان، آنچه که یک شبکه‌ی عصبی مصنوعی انجام می‌دهد در نهایت با رفتار یک شبکه‌ی مشابه طبیعی یکسان است و توصیفی واقع‌بینانه از کارکردهای عالی ذهنی را به دست می‌دهد. شباهت در ذخیره‌ی اطلاعات، پراکنده و منتشر بودن مفهوم بازنمایی در کل شبکه‌ی عصبی، پویایی و متغیر بودن همیشگی بازنمایی و حافظه در طول زمان، و اشتباهات رایج در هر دو سیستم شبکه‌ی طبیعی و مصنوعی دلایلی هستند که این دانشمندان برای درست پنداشتن این نوع مقایسه از آن استفاده می‌کنند (Hrycej.- 1991)[۱۶۷]. به این ترتیب دست کم یک شاخه‌ی تناور از دیدگاه‌های رایج در دنیای متخصصین رایانه و پژوهشگران اعصاب وجود دارد که شبکه‌ی عصبی مصنوعی را رویکردی کامل و کافی برای تحلیل مفهوم آگاهی می‌داند (Mrsic- Flogel.- 1991)[۲۳۷]

۵-۲-ح) نقد دیدگاه شبکه‌ای:

دیدگاه شبکه‌ای دستاوردهای فراوان و برجسته‌ای برای پژوهشگران فراهم آورده و به خرافه‌زدایی از بسیاری از پدیده‌های کلیدی موجود در دانش عصب‌شناسی کمک شایانی نموده است. به ویژه در زمینه‌ی یادگیری و آموزش سیستم عصبی، نگرش به دست آمده از این زاویه بسیار ارزشمند بوده است.

همین کارنامه‌ی درخشان، علت اقبال زیاد پژوهشگران و نظریه‌پردازان به این چهارچوب فکری و مدل معنایی بوده است. به شکلی که امروز در کمتر نوشتاری در زمینه‌ی مدلسازی ذهن است که یادی از این نگرش نشده باشد، و دیدگاه‌های بسیار نادری هستند که ردپای این نوع تحلیل پردازش اطلاعات را در خود آشکار نکنند. امروزه تنها نگرش مهمی که در مقابل نگاه شبکه‌ای صاحب ادعاست، نگرش نمادین است و آن هم به دلیل انعطاف زیاد و قدرت سازش زیادی است که این نظریه‌ی رقیب نسبت به شواهد تجربی دارد. در هرحال، امروز این دیدگاه اخیر بیشتر از آن رو مطرح می‌شود تا نقد شود و بیش از آن که به عنوان رقیبی قدرتمند نگریسته شود، به عنوان نوعی سوءبرداشت آزاردهنده نگریسته می‌شود.

با اینهمه، نباید فرض کرد که دیدگاه شبکه‌ای تمام پاسخها را در خود دارد. هرچند وجود حافظه‌ی پراکنده و غیرمتمرکز در بخشهایی از سیستم عصبی به طور تجربی نشان داده شده (Potter.- 1990)[۲۵۹]، اما با اینهمه هنوز شواهد زیادی در دست است که وجود نوعی بازنمایی نقطه‌ای و متمرکز را هم در مغز نشان می‌دهد. چنان که دیدیم، بازنمایی برخی از اطلاعات یادگرفته شده به صورت ترکیبی در چند نورون معدود به طور تجربی در مغز نشان داده شده است. به بیان دیگر، شواهد تجربی، با وجود همخوانی خبره کننده با دیدگاه شبکه‌ای، تمام پیش‌بینی‌های نهفته در آن را برآورده نمی‌کنند.

مهمترین ایراد وارد بر نگرش شبکه‌ای، ساده‌انگاری مفرط آن است. امکان به نمایش در آوردن کارکردهای مغزی در شبکه‌ای مصنوعی که از صد نورون تشکیل شده، البته راهگشا و شگفت‌انگیز است، اما نباید به این اشتباه بینجامد که تنها صد نورون را مورد تحلیل قرار دهیم و از سایر پدیدارهای موجود در سیستم که می‌توانند اعجاب‌برانگیزتر هم

باشند غفلت کنیم.

یکی از پیامدهای نه چندان خوشایند این تب شبکه‌ای، این بوده که بخش عمده‌ای از کارکردهای غیرقابل مدلسازی توسط شبکه های مصنوعی، اصولاً نادیده انگاشته شده است. به این معنا که کاربرد فراوان و قابل‌تحسین این راهکار پژوهشی، باعث شده بخش مهمی از شواهد و اطلاعات موجود در زمینه‌ی آگاهی مورد بی‌مهری قرارگیرد و به نفع رفتارهای ساده‌تر و قابل تقلیدتر کنار گذاشته شود.

اگر دست‌یافته‌های این رویکرد، که درخشان و شایان توجه هم هستند، درکنار روشهای دیگر نگریسته شوند و به عنوان روشی کمکی، و نه تنها روش موجود فهمیده شوند، راه دراز ما را برای درک بهتر پدیده‌ی آگاهی هموارتر خواهند کرد. اما اگر در دام خوشنمای ساده‌انگاری بیفتیم، بعید نیست که همان نمایش اشتباهی که در دهه‌ی شصت میلادی (پس از درخشش رفتارگرایی) بر صحنه رفت را، بار دیگر شاهد باشیم.

شبکه‌ی عصبی طبیعی (مغز)	شبکه‌ی عصبی مصنوعی (ANN)
حالات سیستم با متغیرهای پیوسته (مثل پتانسیل غشاء، مکان اتصالات سیناپسی و...) قابل تعریف است.	حالات سیستم با متغیرهای پیوسته (مثل شکل فعالیت (۰ و ۱)، وزن ارتباطات و...) قابل تعریف است.
متغیرهای سیستم بیانگر اندرکنش بین واحدهای فعال (نورون‌ها) هستند.	متغیرهای سیستم بیانگر اندرکنش بین واحدهای فعال (نورون‌های مصنوعی) هستند.
متغیرهای مورد بحث با توجه به تجربه و اطلاعات دریافتی از محیط دگرگون می‌شوند.	متغیرهای مورد بحث با توجه به تجربه و اطلاعات دریافتی از محیط دگرگون می‌شوند.
تعداد متغیرهای نشانگرِ حالت سیستم به نسبت زیاد است.	تعداد متغیرهای نشانگرِ حالت سیستم بسیار زیاد است.
پیچیدگی سیستم در اثر اندرکنش بسیار زیاد بین تعداد بسیار زیادی از عناصر فعال (نورون‌ها) پدید می‌آید.	پیچیدگی سیستم در اثر اندرکنش زیاد بین تعداد معدودی از عناصر فعال (نورون‌ها) پدید می‌آید.
نورون‌ها در سه بعد پراکنده شده‌اند و با تعداد بسیار زیادی از نورون‌های همسایه ارتباط دارند.	نورون‌ها در دو بعد پراکنده شده‌اند و فاقد جایگیری فضایی مشخص هستند و هرکدامشان با تعداد کمی از نورون‌های همسایه ارتباط دارد.
هر نورون با نورون‌های دوردست هم اتصالات ویژه برقرار می‌کند.	هر نورون تنها با نورون‌های نزدیک خود ارتباط دارد.
سیناپس‌ها در سه بعد پراکنده شده‌اند و جایگیری فضاییشان در پردازش نهایی اطلاعات تعیین کننده است.	اتصالات جایگیری فضایی مشخصی ندارند و مکان آنها در رفتار شبکه مهم نیست.
اتصالات پیچیده و موثر بر یکدیگر است (مثل مهارهای پیش‌سیناپسی).	اتصالات ساده و مستقیم است.
اندرکنشهای با فواصل دور دارای ماهیت گسسته است.	همه‌ی اندرکنشها پیوسته است.
رفتار تک نورون دارای معادله‌ی پیچیده و گاه آشوبناک است.	رفتار تک نورون دارای معادله‌ی ساده و خطی است.
تعداد پیامهای ارسالی متنوع است (وابسته به مهاری یا تحریکی بودن سیناپس و نوع ناقل عصبی).	همه‌ی پیامها شبیه به یکدیگر است.

جدول (ج- ۵): مقایسه‌ی پدیده‌های قابل‌مشاهده در مغز و سیستم عصبی مصنوعی.

۵-۲-خ) دیدگاه پردازش اطلاعاتی:

این نظریه پس از نیمه‌ی قرن حاضر میلادی که نظریه‌یی اطلاعات توسط ویور و شانون[۱] بنیان نهاده شد پدید آمد و از دستاوردهای نظریه‌ی یاد شده هم بسیار بهره برد. مبنای این دیدگاه، کارکرد ویژه‌ی نورون‌ها در پردازش اطلاعات، و نتایج مستقیم رفتاری آن است. یکی از مهمترین مدافعان و مفسران این دیدگاه در دهه‌ی کنونی داگلاس هوفشتادلر[۲] است که در کتاب شگفت‌انگیزش "*گودل، اِشر، باخ*"، نظریات جدید را برای پشتیبانی از این دیدگاه ارائه کرد (**Hofstadler.- 1979**)[۱۶۲]. او در این کتاب جالب توجه، آثار سه متفکر پرآوازه را مورد مقایسه قرار می‌دهد. او الگویی مشترک را بین نقاشیهای موریس کرنلیوس اِشر -نقاش هلندی-، قضیه‌ی کورت گودل -ریاضیدان آلمانی- و موسیقی یوهان سباستیان باخ -آهنگساز آلمانی- نشان می‌دهد، و آن هم عبارت است از چرخه‌ای[۳] بودن انتقال و آمایش اطلاعات در تولیدات فرهنگی این سه تن. قضیه‌ی گودل، که در واقع جستاری است در فلسفه‌ی ریاضیات، ناممکن بودن خودبسندگی در یک سیستم نمادین به حد کافی بزرگ را آشکار می‌کند. یعنی بر خلاف آنچه که هیلبرت و پیروانش می‌پنداشتند، هر سیستم نمادین منطقی‌ای[۴]، یک ساختار منظم و خودبسنده برای تولید گزاره‌های منطقی نیست. برعکس، هیچ ساختار نمادین کلانی نیست که بتواند گزاره‌های نامحدود منطقی را از راه استنتاج به دست دهد، و به بن‌بستی منطقی بر نخورد. گزاره‌ی فراریاضی[۵] مشهور گودل که در آغاز این بخش آمده است، در واقع می‌تواند اینطور خوانده شود:

دست کم یک گزاره در هر سیستم استنتاجی کلان وجود دارد که خودش و نقیضی غیرقابل اثبات باشند.

به بیان دیگر، در هر سیستم گزاره‌ایِ کلان، دست کم یک گزاره‌ی غیرقابل تصمیم‌گیری وجود دارد.

این گزاره، با تحلیلی فراریاضیاتی حاصل شده است. به این معنا که سیستمی نمادین در بالای سطح ریاضیِ عادی در نظر گرفته شده تا در آن قضاوت در مورد گزاره‌های ریاضی ممکن شود. این روش افزودن سطوح توصیفی به پدیده‌ی مورد بررسی، همان است که در زیست‌شناسی سابقه‌ای طولانی دارد و ظاهراً یکی از بنیانگذاران بن‌بست موجود کنونی در تحلیل سیستم‌های سلسله مراتبی دارای سطوح گوناگونِ طبیعی است. علوم تجربی کنونی ما هم که در پی یافتن راه حلی برای تفسیر و تبیین پدیدارهای طبیعی هستند، در نهایت ناچارند تا یک سیستم نمادین مشابه را برای دستکاری کردن اطلاعات انباشته شده در رشته‌ی تخصصی خود ایجاد کنند. این ساختار کلان پردازی هم مانند خود ریاضیات، نوعی ناخودبسندگی ذاتی را در دل خود نهفته است، و این ناخودبسندگی به بیان هوفشتادلر ریشه در چرخه‌ای بودن توصیفات، استدلالات، و منطق ما دارد (ناگل.- ۱۳۶۴)[۲۶].

جالب این که هوفشتادلر در آثار هنری باخ و اشر نمونه‌های زیادی را نشان می‌دهد که چنین روند چرخه‌ای خاصی را

۱- Weaver & Shanon

۲- Daugas Haufstadler

۳- recursive

۴- دراینجا سیستم نمادین و سیستم استنتاجی را در برابر **formal system** به کار برده‌ام. برای درک بهتر این کلیدواژه به مراجع یاد شده در این دو پاراگراف مراجعه کنید.

۵- **meta-mathematical**: یعنی گزاره‌هایی که نه در مورد ریاضی، بلکه در مورد گزاره‌های ریاضی بیان شده باشند.

نشان می‌دهند. از لیتوگراف *آبشار* گرفته تا *دستها*، و از کانون خرچنگ[۱] باخ گرفته تا آثار کلیساییش، ردپای ادراک از تناقض آمیز بودن استنتاج‌های چرخه‌ای را می‌توان بازجست.

ادعای بزرگ هوفشتادلر در این کتاب مهم، این است که صفاتی مانند ارجاع به خود[۲]، تکرار خود[۳]، و نمو بازخوردی[۴]، در مجموعه‌ای از سیستم‌های پیچیده‌ی تناقض‌آمیز و مشهور وجود دارند. و در نهایت نتیجه می‌گیرد که آگاهی هم نوعی از این سیستم‌هاست. بر اساس این دیدگاه، مغز یک پردازنده‌ی اطلاعات تخصص یافته است که بر اساس بازخوردهای فراوان و مسیرهای چرخه‌ای داده‌آمایی توانایی اعجاب‌آور خود را به دست می‌آورد. این سازمان پردازشی، به کمک همین رفتار خودمحورانه و چرخه‌ای، پدیدارهای هم‌افزا را از خو نشان می‌دهد، و این‌ها همان نمودهای آگاهی هستند (**Edelman.- 1989**)[۱۰۹].

از این دیدگاه برداشتهایی متنوع در دست است. بخش مهمی از آن با رویکرد شبکه‌ای قابل تلفیق است و این نگرشی است که بیشتر پژوهشگران علاقمند به مدلسازی آگاهی در زمان ما اختیار کرده‌اند (**Hofstadler.- 1986**)[۱۶۳]. از سوی دیگر، برخی از برداشتهای مشهور ناشی از آن، آنقدر به پردازش اطلاعات و رفتار خرد سیستم عصبی بها داده‌اند که نمودهای کلانی مانند آگاهی را مورد بی‌مهری قرار داده و آن را به مثابه یک پدیده‌ی فرعی[۵] معرفی کرده‌اند . به عنوان مثال پژوهشگری مانند براس، مفهومی با عنوان فضای عام کارکردی[۶] را تعریف کرده و مغز را به عنوان نمونه‌ای برجسته از آن معرفی نموده است. بر اساس دیدگاه این محقق، این فضای نظری عام، از چندین زیرواحد پردازنده‌ی اطلاعات، با چرخه‌ها و مسیرهای برگشتی خاص خود تشکیل شده است که در نهایت آگاهی را به عنوان یک پدیده‌ی فرعی و موهوم در نظر ما ظاهر می‌کند (**Bras.- 1993**)[۲۴۶]

نظریات وابسته به پردازش اطلاعات، با وجود مشکلاتی که در ابتدای کار داشتند، بسیار زایا و سودمند بوده‌اند و در پیشبرد پژوهشهای نتیجه‌بخش در شاخه‌های مختلف عصب‌شناسی موفق بوده‌اند.

۵-۲-د) نقد دیدگاه پردازش اطلاعاتی:

این دیدگاه چنان که گفتیم توانایی تلفیق با سایر دیدگاه‌های موفق مطرح در این زمینه را دارد. شاید بتوان آمیزه‌ی دیدگاه شبکه‌ای با پردازش اطلاعاتی را پویاترین و مورد قبول‌ترین رویکرد به آگاهی دانست. اما با اینهمه، چندین نقص در این نگرش وجود دارد که لازم است مورد اشاره قرار گیرد.

نخست این که توانایی خیره کننده‌ی شبکه‌های عصبی مصنوعی برای باززایی پدیدارهای شناختی، این توهم را دامن زده است که مدل صِرفِ شبکه‌ای برای پاسخگویی به تمام پرسشهای مطرح در این زمینه کافی است. این برداشت از نتایج جالب توجه یاد شده، با نادیده گرفتن انبوهی از داده‌ها همراه است که شبکه‌ی عصبیِ تنها را برای داده‌آمایی در مغز کافی نمی‌دانند. به زودی در مدل مورد نظر این نوشتار شواهدی در مورد کارکرد اطلاعاتی سیستم‌های جانبی نورون‌ها -مانند سیستم یاخته‌های گلیا- ارائه خواهد شد. در اینجا همینقدر کافی است بدانیم که این ساده‌کردن مغز به مجموعه‌ی نورون‌ها، هرچند در برخی از مدلسازی‌های عددی و معادلاتی می‌تواند کاربرد داشته باشد، اما در

۱- Crab canon
۲- self reference
۳- self iteration
۴- reflective development
۵- epiphenomenon
۶- global workspace

نهایت ساده‌انگارانه است.

نکته‌ی دوم این که دیدگاه شبکه‌ای، با وجود ارزش معناییش، قدرت زیادی در شبیه‌سازی کارکردهای ساده‌ای مانند بازشناسی چهره یا واژگان گفتاری را به دست نیاورده است. شبکه‌های عصبی پیچیده می‌توانند برخی از کارکردهای تحلیل زبانی و ادراک گفتاری را شبیه سازی کنند، اما این توانایی هم مانند توان بازشناسی اشیا، دامنه‌ای محدود دارد و با آنچه که مغز انجام می‌دهد به سختی قابل‌مقایسه است.

۵-۲-ذ) دیدگاه کوانتومی:

این دیدگاه، بی تردید پر سر و صداترین و جنجالی‌ترین مدل از آگاهی را تشکیل می‌دهد. تغذیه‌کننده‌ی اصلی این نظریه فیزیک کوانتوم است و ریاضیدانان و فیزیکدانان بیش از زیست‌شناسان در شکل‌دادن به آن کوشیده‌اند. این نظریه را به احترام مدافعان بزرگش، دیدگاه **PM**[۱]، نظریه‌ی میدانی ذهن[۲]، و نظریه‌ی ریزلوله‌ای هم می‌نامند.
داده‌های پشتیبان این نظریه به تدریج در طی دو دهه‌ی گذشته جمع‌آوری شده‌اند و در طی ده سال گذشته ساختار نظری محکمی به خود گرفته‌اند.

می‌دانیم که در کل موجود زنده و یاخته‌ی فعال، از نظر الکتریکی خنثی نیست و به دلیل تفاوت غلظت یونهای مثبت و منفی در دو سوی غشاء، نوعی بار منفی را در داخل سیستم خود انباشته می‌کند. این خصلت الکتریکی به ویژه در نورون‌ها و یاخته‌های عضلانی نمود بیشتری به خود می‌گیرد و حالتی بحرانی پیدا می‌کند. چنان که می‌دانیم، اساس کل فعالیت نورونی بر همین رفتار الکتریکی نورون‌ها بنیان نهاده شده است.
ولتاژ تولید شده در یک نورون بسیار اندک است، اما با این وجود، به دلیل قطر بسیار کم آکسونی که ناقل این بار الکتریکی‌ست، امکان تولید میدان مغناطیسی زیاد در اطراف آکسون وجود دارد. گروهی این میدان را با مقادیر کلانی تخمین زده‌اند و میدان حاصله را برای تولید برانگیختگی در مولکولهای باردار درون سیستم نورونی کافی پنداشته‌اند (**Rowlands.- 1983**)[۲۷۲]. برای نمودهای رفتاری ناشی از این میدان مغناطیسی طبیعی موجود در آکسون، نامی هم ابداع شده که به فونون[۳] مشهور است.

منبع دیگر نیروی الکتریکی در سیستم عصبی، از سرشته و واسرشته شدن[۴] پروتئین‌ها ناشی می‌شود. این تغییرات ریختی مولکولهای پروتئین که دارای بار سطحی زیادی هم هستند، شکلی جدید از امواج الکتریکی را در سیستم یاخته‌ای ایجاد می‌کند که به سولیتون[۵] مشهور است. این مفهوم برای بار نخست در مورد بسپارش[۶] و وابسپارش[۷] ریزلوله‌های[۸] درون یاخته عنوان شد و به افتخار پیشنهاد دهنده‌اش به نام سولیتونِ داویدوف[۹] شهرت یافت. بر اساس محاسبات این دانشمند، انرژی لازم برای تولید یک موج سولیتون، تقریباً برابر بود با انرژی حاصل از شکسته شدن یک مولکول **ATP**.

۱-کوتاه شده‌ی نام دو دانشمند: **Penrose- Marshall**
۲-**field theory of mind**
۳-**Phonon**
۴-**fold and unfold**
۵-**Soliton**
۶-**polymerization**
۷-**depolymerization**
۸-**microtubul**
۹-**Davydov soliton**

سولیتون در این تعبیر عبارت بود از نوعی موج غیرخطی که در سیستم‌های زنده -یعنی محلولهای کلوئیدی از مواد آلی- وظیفه‌ی انتقال اطلاعات را بر عهده دارد. در عمل این موجها می‌توانند عملکردی شبیه به الکترون در رایانه داشته باشند و در نتیجه کمترین مقدار اتلاف انرژی را به ازای انتقال مقدار مشخصی از اطلاعات برای سیستم پردازنده‌ی موجود حاصل کنند. مدت کوتاهی پس از پیشنهاد داویدوف، یک بیوشیمیست دیگر موفق شد در یک سیستم ساده‌ی تشکیل شده از محلول پلی‌استیلن مدارهایی را بسازد که توسط سولیتون کار می‌کردند و اطلاعات را در درون خود رد و بدل می‌کردند (**Carter.- 1981**)[۱۴۶].

حدود ده سال قبل بود که پل ارتباطی بین این دو مفهوم کشف شد، به این معنا که نشان داده شد سولیتون‌های ایجاد شده در اثر تغییر ریخت فضایی پروتئین‌های موجود در محلول آبی، انرژی کافی برای تولید فونون را دارا می‌باشند (**Del Guidice.- 1986**)[۹۱]. این کشف، بلافاصله با این یافته دنبال شد که نوع خاصی از بوزون‌ها[۱] (موسوم به بوزون گلدستون[۲]) می‌توانند توسط مولکولهای فاقد میدان مغناطیسی مشخص -با شرط قرارگیری در الگوی فضایی ویژه- تولید شوند (**Pessa.- 1988**)[۲۴۶]. این نوع بوزون می‌توانست علت اصلی شکسته شدن تقارن در پویایی پیچیده‌ی نورونها باشد، و سازماندهی فضایی مولکولها در مغز هم به فرض وجود آن کمک می‌کرد.

این شواهد، در نهایت به دانشمندی به نام هَمِروف کمک کرد تا مدل خود از آگاهی را بر اساس پدیده‌های کوانتومی ممکن در سیستم عصبی شکل دهد (**Hameroff.- 1987**)[۱۴۶]. به عبارت دیگر، دو مفهوم سولیتون -موجه‌ی انرژیایی کوانتومی- و فونون -نمود ظاهری تأثیر پدیده‌های انرژیایی کوانتومی بر مولکولها- به یکدیگر پیوند خوردند.

بر اساس دیدگاه همروف، کل ساختار مغز یک دستگاه کوانتومی است که بر اساس پردازش اطلاعاتی سازمان یافته در سطوح زیرسلولی کار می‌کند. پردازش اطلاعات، روندی است که می‌تواند در هر سطح مولکولی‌ای انجام گیرد و مهمترین ساختارهای شناخته شده که در جهان زنده به عامترین شکل ممکن به انجام این کار مشغولند، مولکولهای پروتئین هستند که به کمک ریخت فضایی سه بعدی خود محتوای اطلاعات مشخصی را حمل می‌کنند و به کمک همین محتوای اطلاعاتی به پردازش مولکولهای دیگر -مثلاً در قالب یک آنزیم- مشغول می‌شوند.

به نظر همروف و همفکرانش ساده‌ترین و مهمترین پردازنده‌ی اطلاعاتی که در سیستم زنده قابل‌فرض است، شبکه‌ی ریزلوله‌هاست (**Jibu et al.- 1993**)[۱۷۳]. شواهدی در این زمینه وجود دارد که شکست تقارن حاکم بر دینامیسم ریزلوله‌ها زیر تأثیر نیروهای بنیادی ضعیف قرار دارد و این نخستین جایی است که حساسیت سیستم‌های زنده به این نیروها را می‌بینیم. اگر شواهد به دست آمده در این مورد پذیرفته شود، پایگاهی محکم برای بنا کردن

۱-در فیزیک ذرات بنیادی، دو نوع ذره تعریف می‌شوند:
نخست بوزون‌ها (**boson**)، که از قانون بوز-انشتین پیروی می‌کنند. این ذرات اسپینی صحیح (برابر با ۰،۱و۲) دارند، و در اصل طرد پائولی (**Pauli**) صدق نمی‌کنند.
دوم فرمیون‌ها (**fermion**) که از قانون فرمی- دیراک پیروی می‌کنند. این ذرات اسپین غیر صحیح ($\frac{1}{2}$ و $-\frac{1}{2}$) دارند و از اصل طرد پائولی تبعیت می‌کنند. اصل مزبور این را بیان میکند که دو ذره‌ی متفاوت نمی‌توانند همزمان دارای یک حالت کوانتومی مشابه -با اعداد کوناتومی یکسان- باشند. بوزون‌ها چنان که ذکر شد این اصل را نقض می‌کنند و بنابراین می‌توانند پدیده‌ای موسوم به برهم‌نهی (**superposition**) را از خود آشکار کنند. در این پدیده تمام ذرات بنیادی سازنده‌ی یک جسم در یک حالت کوانانتومی قرار می‌گیرند و بنابراین می‌توانند پدیده‌هایی عجیب مثل ابررسانایی و ابرشارگی را از خود آشکار کنند.
۲-**Goldstone**: نام مکانی است که آزمایشگاه کاشفان این نوع بوزون در آنجا قرار داشت.

سازماندهی پردازش اطلاعات در یاخته‌ها به دست می‌آید. چنانکه همروف هم در کتاب مشهور خود "*پردازنده‌ی کامل*" اشاره کرده، رفتار تک‌یاخته‌هایی مانند پارامسی، با وجود بی‌بهره بودنشان از حتی یک سیناپس، کاملاً هوشمندانه و آغشته به آگاهی به نظر می‌رسد، اگر در پی تعریف دقیق و جامع مفهوم آگاهی باشیم، نخواهیم توانست بین هوشمندی نهفته در رفتار یک پارامسی یا آمیب، و آنچه که در رفتار کلان یک انسان می‌بینیم حد و مرز مشخصی قائل شویم. از دید نظریه‌ی سیستم‌ها، هردوی این نظامها رفتاری با الگوهای کمابیش یکسان را از خود نشان می‌دهند که می‌تواند با واژگانی از قبیل خودسازماندهی، شکست تقارن، اصل غلبه، و... توصیف شود. بنابراین باید به دنبال عناصری گشت که از یکسو پردازش اطلاعات در سطح مورد انتظار ما را انجام دهند، و از سوی دیگر در سطحی به این خردی هم وجود داشته باشند.

ریزلوله‌ها از جهتی بهترین نامزد برای چنین نقشی هستند. عملاً تمام کارکردهای رفتاری مهم یاخته‌ها، از شکار کردن آمیب و شنای پارامسی گرفته تا آزاد شدن وزیکول سیناپسی در فضای بین دو غشای نورونی توسط شبکه‌ای بسیار پیچیده از این پروتئین‌ها انجام می‌گیرند که رفتار خودشان توسط متغیرهای متنوعی که در محیط وجود دارند کنترل می‌شوند. به بیان دیگر، هر ریزلوله‌ی در حال بسپارش یا وابسپارش، نوعی پویایی انتشاری آشکار را از خود نشان می‌دهد که توسط برآیند اطلاعات وارد شده بر سیستم پروتئینی سازنده‌اش کنترل می‌شود. و این یکی از نمودهای ساده‌ی پردازش اطلاعات است. از آنجا که ریزلوله‌ها به نیروهای ضعیف و پدیده‌های طیف کوانتومی هم واکنش نشان می‌دهند، می‌توان این عناصر یاخته‌ای را محملی مناسب برای پیدایش فونون‌ها از سولیتون‌ها دانست.

کتاب مهم همروف، با کتاب مشهور دیگری بدرقه شد که "*ذهن تازه‌ی امپراتور*" نام گرفت. این کتاب نوشته‌ی ریاضیدان مشهوری بود که پیش از آن در زمینه‌ی فلسفه هم ماجراجویی‌هایی کرده بود و حالا به زمینه‌های زیست‌شناختی متمایل می‌شد (**Penrose.- 1989**)[۲۵۶].

نخستین ادعای مطرح شده در این کتاب، ناکافی بودن منطق کلاسیک و نگرشهای سنتی برای پرداختن به مفهوم آگاهی است . این ادعایی است که به بیانهایی دیگر در کل کتاب تکرار می‌شود. پنروز در بیان نظریاتش به ویژه به قالبهای جدید ریاضی/فیزیکی نظر دارد و به تحلیلهای موجود از این زاویه به پدیده‌های نوظهوری مانند ابرشارگی و ابررسانایی بها می‌دهد. بخش مهمی از نوشته‌های پنروز به نقد کردن نگرش پردازشی سنتی اختصاص یافته که مغز انسان را نوعی ماشین تورینگ[۱] می‌پندارند. او نقدهایی به حق در این مورد دارد که به دلیل مقبول بودن بین همه و زیر سوال بودن دیدگاه ماشین تورینگ در بین اکثریت صاحبنظران، به تفصیل واردش نمی‌شوم.

در نهایت، پنروز آگاهی را نوعی کارکرد کوانتومی می‌بیند که در اثر بروز پدیده‌های وابسته به برهم‌نهی در سازمان خرد سیستم عصبی به وقوع می‌پیوندد (**Penrose.- 1994**)[۲۵۷].

پس از پنروز، فیزیکدانان و ریاضیدانان دیگری پیدا شدند که رویکرد فیزیولوژیکِ صِرف را برای پرداختن به مشکل آگاهی کافی ندانستند و دست به دامان نظریات فیزیک کوانتومی شدند. به گمان این گروه از دانشمندان، پدیده‌ی آگاهی چیزی فراطبیعی و غیرقابل توصیف با ابزارهای کنونی نبود، و تنها کاری که باید درست انجام می‌گرفت، استفاده‌ی بهینه از تمام وسایل و امکانات معنایی موجود در دامنه‌ی علوم -و به ویژه مکانیک کوانتوم- بود. به بیان دیگر این متفکران معتقد بودند آگاهی نوعی میدان کوانتومی ویژه است (**Stapp.- 1994**)[۲۹۹].

۱-**Turing**: نامی که به مدل مشهور تورینگ از پردازش اطلاعات آگاهانه داده شده است. برای اطلاعات بیشتر مراجعه کنید به (**Turing.- 1980**)[۳۰۸].

آگاهی، چنان که می‌دانیم پدیداری است که در دستگاه عصبی ما بروز می‌کند و بنابر خصلت یاخته‌های عصبی، ماهیت الکتریکی دارد. از آنجا که تفسیر و تحلیل جهان خارج در این دستگاه انجام می‌شود، هریک از موجه‌های الکتریکی و میدانهای مغناطیسی تولید شده توسط آنها، می‌توانند به عنوان نماد یک توصیف از جهان خارج باشند. موجه‌های متنوع گوناگونی به ازای هر محرک خارجی و هر شرایط خاص محیطی در مغز قابل تعریفند، و در یک دیدگاه تکاملی، می‌توان تنها موجه‌ی واقعی موجود در سیستم عصبی را به عنوان حاصل رقابت این موجه‌ها (بخوانید تفاسیر) گوناگون توصیفگر جهان خارج دانست. به بیان دیگر، در مقابل ما چندن جهان موازی وجود دارد که تنها یکی از آنها توسط میدان کوانتایی پیروز در رقابت تکاملی موجه‌های درون مغزمان، توصیف می‌شود (**Lockwood.- 1989**)[۲۱۰]. این گفته از سویی به سخنان دون خوان[۱] شباهت دارد و از سوی دیگر مثال مشهور گربه‌ی شرودینگر[۲] را به یاد می‌آورد (**Nunn.- 1996**)[۲۴۶]. در بخشی که به شرح مدل مورد نظرم اختصاص داده شده در مورد این نگرش رقابتی بیشتر خواهید خواند. ضمیمه‌ی دوم هم کمی بیشتر در مورد مفاهیم یاد شده در مورد گربه‌ی شرودینگر و ارتباطش با جملاتی که گذشت اطلاعات خواهد داد.

با وجود تمام محبوبیتی که این دیدگاه کوانتومی در میان پژوهشگران این قلمرو پیدا کرده است، این پرسش همچنان مطرح مانده که رابطه‌ی بین رفتارهای کوانتومی سطوح خردِ زیرسلولیِ مغز، با میدان مورد ادعایی که بایست در آخر آگاهی نام‌گیرد، چیست. این پرسش با چندین رویکرد مختلف مورد تحلیل قرارگرفته است و من در اینجا تنها به مهمترین و موفقترین بیان آن اشاره می‌کنم و خواننده‌ی علاقمند را به مطالعه‌ی مراجع تشویق می‌کنم.

دیدگاه مورد بحث، چیزی است که با عناوین فراوانی خوانده شده است، اما معمولاً با اشاره به مبنای فیزیکی‌اش، نظریه‌ی **BEC** خوانده می‌شود.

پیش از پرداختن به این دیدگاه، باید ابتدا اندکی بیشتر در مورد برخی از پدیده‌های کوانتومی مشهور در فیزیک بگوییم. گفتیم که ذرات بنیادی بر دو نوع می‌توانند باشند: فرمیون و بوزون. و گفتیم که تفاوت کوانتومی این دو ذره در عدد اسپین‌شان، و تفاوت رفتاری‌شان در پیروی کردن یا نکردن از اصل طرد پائولی نهفته است.

می‌دانیم که ذرات در فیزیکی ذرات بنیادی با تعدادی عدد از یکدیگر تمیز داده می‌شوند. مثلاً یک ذره بر اساس اعداد و علائمی که اسپین، جرم، بار، و سایر خواصش به خود می‌گیرد، تعریف می‌شود. اصل طرد پائولی، این را بیان می‌کند که دو یا چند ذره، نمی‌توانند در یک زمان حالت کوانتومی یکسانی داشته باشند. یعنی ممکن نیست همگی دارای اعداد یکسانی باشند.

بوزون‌ها، چنان که گفته شد این اصل را نقض می‌کنند، یعنی این امکان برایشان وجود دارد که در یک زمان همگی هم‌حالت شوند. این هم حالت شدن -یا یکسو و برابر شدن وضعیت کوانتومی- را در فیزیک با عنوان چگالش[۳] مورد اشاره قرار می‌دهند. یکی از انواع مشهور این چگالش، *چگالش بوز-انشتین*[۴] (**BEC**) نامیده می‌شود که در

۱-منظور همان عارف سرخپوستی است که کتابهای مشهور کارلوس کاستاندا به معرفی دیدگاه‌هایش می‌پردازد. دون خوان هم در این کتابها مفهوم موازی بودن جهانها، رقابتی بودن تفاسیر ما از جهان و اکتسابی بودنشان، و عدم قطعیت ناشی از کارکرد سیستم عصبی رامورد اشاره قرار می‌دهد. برای شرح بیشتر مراجعه کنید به نُه کتابی که از کاستاندا به فارسی ترجمه شده است.

۲-مثالی است در فیزیک کوانتوم، که در آن خصلت دوگانه‌ی برخی از ذرات بنیادی در قالب مثالی جالب تبیین شده است. برای بیشتر دانستن در مورد ارتباط این مفهوم فیزیکی محض با موضوعات مورد علاقه‌ی ما، به مرجع داده شده نگاه کنید.

۳-**condensation**

۴-**Bose-Einstein Condensation**

بوزون‌ها رواج دارد. مشهورترین بوزونی که می‌شناسیم، فوتون است، و بنابراین مشهورترین نمونه‌ی چگالش یاد شده هم به فوتون مربوط می‌شود و با نام آشنای لیزر خوانده می‌شود.

چگالش بوز-انشتین برای تمام بوزون‌ها می‌تواند رخ دهد، و پدید آمدن چنین وضعی است که رفتارهای کوانتومی و به ظاهر نامعقول مواد را در شرایط خاص ممکن می‌سازد. مثلاً پدیده‌ی ابررسانایی -یعنی نقض شدن قانون اُهم و از بین رفتن مقاومت یک سیم ساخته شده از آلیاژی خاص، در دمای خیلی پایین- نمونه‌ای از آن است. پدیده‌ی ابرشارگی که در هلیوم مایع دیده می‌شود هم از همین دسته است. در این چسبندگی بین مولکولهای هلیوم مایع و ظرفشان به صفر می‌رسد و بنابراین چنین مایعی اگر در ظرفی چرخانده شود تا ابد به چرخش خود ادامه خواهد داد!

یکی از نمونه‌های مشهور چگالش بوز انشتین - یعنی ابررسانایی - توسط فیزیکدانی به نام فرولیش در دهه‌ی هفتاد کشف شد. این دانشمند پس از ادامه‌ی تحقیقاتش، در اواسط دهه‌ی هشتاد میلادی نظریه‌ای را پیشنهاد کرد که بنا به تعریف آن آگاهی هم نوعی پدیده‌ی **BEC** شناخته می‌شد. پیشنهاد دقیق فرولیش این بود که اندرکنش بین فونون‌های موجود در سیستم‌های زنده هم می‌توانند نوعی **BEC** تولید کنند. شیوه‌ی پیدایش این پدیده در این سیستم‌ها، عبارت بود از برهم‌نهی نوسانات غیرخطی دوقطبی‌ای که در مولکولهای آلی موجود در غشاء سلولی وجود داشتند. این نوسانات می‌توانست در سیستمی مانند یاخته‌ی عصبی هم ایجاد شود و شلیک نورونی را با پیدایش میدانی کوانتومی مربوط کند (**Frohlich.- 1986**)[۱۲۳].

کسی که به این نظریه بسط بیشتری داد، دانشمند دیگری بود به نام مارشال، که آگاهی را به عنوان پدیده‌ای کلان، نتیجه‌ی رفتارهای سطوح خرد کوانتومی در نظر گرفت و میدان عمومی ناشی از چگالش یاد شده را همان آگاهی دانست (**Marshal.- 1989**)[۲۲۱]. به نظر این دانشمند، به دلیل وجود بسامدهای دامنه‌ی ریزموجی[۱] در پدیده‌های چگالشی، آگاهی هم می‌بایست قاعدتاً با چنین بسامدی کارکند و از چنین امواجی تأثیر پذیرد. این استدلالی بود که مارشال به کمکش نظریه‌ی خود را ابطالپذیر و علمی قلمداد می‌کرد. این ادعایی بی‌پایه نبود، چراکه حتی در همان زمان هم شواهدی در دست بود که نشان می‌داد در واقع چنین ریزموج‌هایی در سطح نورون‌ها وجود دارند (**Adey.- 1981**)[۳۵].

البته در مورد اهمیت این ریزموج‌ها دیدگاه‌های متفاوتی در اردوگاه گروندگان به دیدگاه کوانتومی وجود دارد. گروهی اندرکنش بین این ریزموج‌هارا پدیدآورنده‌ی تفکر فعال می‌دانند، و گروهی دیگر هم مانند خود فرولیش این اندرکنش را برای پیدایش آگاهی لازم نمی‌دانند. به نظر افراد اخیر، آگاهی چیزی شبیه به تصاویر سه بعدی[۲] است که توسط پرتوی -که همان میدان ناشی از **BEC** باشد- روشن می‌شود و خاطره یا اندیشه‌ی مشخصی را ظاهر می‌کند. این دیدگاه، بیشتر زیر تأثیر دستاوردهای زمینه‌ی عکاسی سه بعدی است. قلمروی که زمانی به نظر می‌رسید برای مشکل حافظه و بازنمایی منتشر، کلیدی طلایی باشد.

این دیدگاه، توسط دانشمندی به نام دنیس گابور[۳] پیشنهاد شد، کسی که در سال ۱۹۷۱.م به دلیل کشف پدیده‌ی تصویر سه بعدی جایزه‌ی نوبل را در رشته‌ی فیزیک برد و بعد به دانش عصب‌شناسی و مدلسازی آگاهی روی آورد (رز.- ۱۳۶۸)[۱۲]. رویکرد او برای پرداختن به موضوع با آنچه که در عکاسی سه بعدی یافته بود یکسان بود. روش عکاسی سه بعدی، آنقدرها پیچیده هست که در اینجا لزومی به پرداختن به آن نباشد. اما تنه به عنوان یک اشاره،

۱- microwave

۲- hologram

۳- Denis Gabour

بگوییم که این تصویر توسط منتقل کردن اطلاعات مربوط به یک منظره بر تک تک نقاط یک صفحه‌ی عکاسی به دست می‌آید. این انتقال به کمک پرتوهای نور لیزر یا نورهای همدوس دیگر انجام می‌شود و انجامش بسیار پیچیده است. تصویر سه بعدی مذکور در صورتی که توسط نور مشابه دیگری از زوایای گوناگون روشن شود، همان تصویر اولیه را از همان زوایای مختلف برای ما ظاهر می‌کند. نکته‌ی جالب اینکه ذخیره‌ی اطلاعات در هولوگرام شبیه به انچه که برای مغز گفتیم به صورت منتظر انجام می‌شود. یعنی اگر تکه‌ی کوچکی از یک تصویر سه بعدی را بشکنیم، تمام تصویر مربوطه را با وضوحی کمتر در آن خواهیم دید (**Metherell.- 1969**)[۲۲۹].

شبهه‌های زیادی در مدل هولوگرامی آگاهی وجود دارد، به عنوان مثال، ماهیت نور لیزر فرضی‌ای که قرار است اطلاعات موجود در شبکه‌ی سه بعدی مغز را روشن کند، به درستی مشخص نشده است. البته یک پیشنهاد جالب در این مورد وجود دارد که ادعا می‌کند منشأ **BEC** در مغز فوتون است نه فونون. یعنی ریزلوله‌های پر شده توسط آب[۱]، در طی واکنشهای زیراتمی خود قابلیت رهاسازی فوتون‌های نور را هم دارند. اگر چنین باشد، چگالش فوتون‌های یاد شده می‌تواند به پیدایش نوعی لیزر درونی در مغز بینجامد (**Jibu.- 1993**)[۱۷۳].

با وجود جالب و هیجان‌انگیز بودن تجسم مغزی که در نور کار کند، این دیدگاه‌های افراطی چندان مورد توجه نیستند. همه‌ی این حرفها بر اساس یک مدل فیزیک -تصویر سه بعدی- درست شده که شباهت چندانی به ساختار آللی موجودات زنده ندارد. تنها آزمونی هم که می‌توانست یکی از معدود پیش‌بینی‌های این مدل هولوگرامی را محک بزند، نتیجه‌ی منفی داده است (**Valentine.- 1968**)[۳۱۳]. به این ترتیب پژوهشگران این دهه دیگر توجه چندانی به مدل گابور برای حافظه و آگاهی نشان نمی‌دهند.

در طول سالیانی که از انتشار پیشنهادات مدافعان این دیدگاه گذشته تاست، شواهدی چند برای تأیید این ردگیری آگاهی تا سطوح کوانتومی به دست آمده است، مثلاً تحلیل جالبی که از رقص زنبورهای عسل انجام شده، نشان می‌دهد که این مشهورترین زبان طبیعی رایج در جهان حشرات، با الگوهای کوانتومی میدان مغناطیسی و میادین نیروهای ضعیف همخوانی دارد (**Frank.- 1997**)[۱۱۹].

تمام آنچه که گفته شد، نشانگر طیف وسیع نظریات و رویکردهایی بود که در دیدگاه کوانتومی مطرح هستند. تمام این نگرشها، در این دو نکته مشترکند که توسط فیزیکدانان یا ریاضیدانان طرح شده‌اند، و توسط صورتبندی‌های پیچیده‌ی ریاضی پشتیبانی می‌شوند. شاید آنچه که گذشت کمی گسیخته و فاقد روند پیوسته جلوه کند، اما برای نشان دادن برجسته‌ترین نظریات رایج در این حیطه راه دیگری جز مرور سریع مفاهیم رایج در آن وجود نداشت.

۵-۲-ر) نقد دیدگاه کوانتومی:

دیدگاه کوانتومی یکی از بحث‌برانگیزترین و محبوب‌ترین دیدگاه‌های کنونی در مورد ذهن و آگاهی است. این دیدگاه نقاط قوت و ضعف گوناگونی دارد که در اینجا به طور خلاصه به آنها خواهم پرداخت.

نخست این که درکل، ایجاد شدن یا نشدن **BEC** در ساختاری پیچیده و ناهمگن مانند مغز مورد سوال است. نظریات پیشرو در این قلمرو، چنین میدانی را برای تک‌یاخته‌ها هم تعریف می‌کنند و ساز و کار آن را در سطوح مولکولی

۱-یادآوری این نکته لازم است که ریزلوله‌ها پلیمری از دو نوع پروتئین توبولین هستند که لوله‌ای توخالی را در سیتوپلاسم تولید می‌کنند. معمولاً درون و بیرون این مجموعه توسط مولکولها آب پوشانده شده است.

می‌بینند. این نگرش به فراگیر و عمیقتر فهمیدن معنای آگاهی کمک شایانی می‌کند، اما در نهایت ما را به این موضوع مطمئن نمی‌کند که اصولاً پیدایش چنین چگالشی در سیستم زنده ممکن هست یا نه؟

ایراداتی بر معادلات ریاضی پشتیبان دیدگاه کوانتومی وارد شده است. به عنوان مثال در یک مقاله‌ی تند، امکان پیدایش چنین چگالشی در سیستم‌های کلوئیدی/آلی را رد می‌کند (**Cark.- 1994**)[۷۹]. به گفته‌ی این دانشمند، اگر ساده‌انگاری‌های فرولیش را در نظر نگیریم، امواج تولید شده توسط مولکولهای دو قطبی موجود در سیستم نورونی، برای تولید چگالش مورد بحث کفایت نمی‌کنند.

البته در مقابل این حمله، شواهد دیگری هم وجود دارد که از دید فرولیش پشتیبانی می‌کند، چند سال قبل از انتشار مقاله‌ی کلارک، یکی دیگر از مدافعان دیدگاه کوانتومی در تحلیل ریاضی پیچیده و گسترده‌ای که به ساده‌گراییهای یاد شده هم آلوده نبود، نشان داد که انرژی رها شده در واکنش هیدرولیز **ATP** و **GTP** برای تولید سولیتون‌هایی کافیست، که بتوانند در آبِ همسایه‌ی زنجیره‌های بلند آلی -مثل پروتئین‌ها- نوسانات لازم برای تولید چگالش را درست کنند (**Del Guidice.- 1984**)[۹۱].

از سوی دیگر، این نقطه‌ی قوت در مورد دیدگاه کوانتومی وجود دارد که برخی از پدیده‌های تا به حال نادیده انگاشته شده را به خوبی تفسیر می‌کند. در علم کلاسیک، شواهد به دست آمده در مورد تواناییهای غیرعادی مغز، همواره به عنوان یک شبه‌علم[۱] مورد بی‌توجهی قرار می‌گرفتند و راه را برای خرافه‌انگاریها و اسطوره‌سازی‌ها باز می‌کردند. اما به کمک دیدگاه کوانتومی، می‌توان برخی از این پدیده‌ها را توجیه کرد. در ضمیمه‌ی سوم برخی از این موارد را خواهید یافت.

ایراد دیگری که در این مورد وجود دارد، این است که بنابر تفاسیر به دست آمده، بخش عمده‌ی مغز باید دست اندرکار تولید **BEC** باشد. گروه عظیمی از دانشمندان، خودآگاهی را به عنوان برجسته‌ترین نمود میدان تولید شده از این چگالش می‌بینند (**Germine.- 1991**)[۱۲۹]. اگر چنین فرض شود، بخش عمده‌ای از اطلاعات پردازش شده در مغز -که به نورون‌های سازنده‌ی این میدان بستگی دارد- باید به صورت خودآگاه درک شوند در حالی که چنین نیست. البته این ایراد با این تبصره قابل رفع است که خودآگاهی را تنها به عنوان یکی از سطوح فرازین سلسله مراتب آگاهی در نظر بگیریم. سطحی که مانند سایر سطوح پایینتر از خود در واقع عبارت است از همان میدان ناشی از چگالش فونون‌ها در مغز. با این تبصره این گره هم گشوده می‌شود که دیگر جای مشخصی برای آغاز آگاهی لزوم تعیین نمی‌یابد.

یکی از مشکلات عمده‌ی دیدگاه‌های سنتی این است که ناچارند خطی را در سیر تکامل موجودات در نظر بگیرند و آن را به عنوان آستانه‌ی آغاز آگاهی در نظر بگیرند. با مربوط کردن **BEC** به سیستم زنده و آگاهی به **BEC**، مشکل تعیین آستانه حل می‌شود. یعنی آگاهی آستانه‌ای همتا با زندگی پیدا می‌کند که آن هم خود بحثی جداگانه دارد. به این ترتیب دیگر مشکلاتی از نوع آنچه که در مدل انسان‌مدارانه‌ی اکلز دیدیم، حل می‌شود.

سومین ایرادی که بر این دیدگاه وارد است، مشکل بسامد و زمان است. با توجه به تعابیر وابسته به خودآگاهی‌ای که از **BEC** می‌شود، باید پذیرفت که این چگالش، (اگر واقعاً نماینده‌ی خودآگاهی باشد) باید موجهایی با بسامد بیشتر از ۴۰۰ هزارم ثانیه را در بر بگیرد[۲]. این زمان‌بندی امواج در میدان چگالیده‌ی **BEC**، با آنچه که در مورد کارکردهای تناوبی کلان موجودات زنده می‌بینیم تعارض دارد (**Nunn.- 1996**)[۲۴۶].

۱- **pseudoscience**

۲- چنان که دیدیم، این حدود زمان آستانه‌ای است که باید محرک پیچیده طول بکشد تا به صورت خودآگاه درک شود.

با وجود اینکه نگارنده این رویکرد به پدیده‌ی آگاهی را بسیار جذاب و زیبا و در برخی موارد راهگشا می‌یابد، اما با اینهمه نمی‌تواند ایراداتی را که بر آن وارد است نادیده بگیرد. به گمان من، رویکرد کوانتومی می‌تواند در نهایت راهی فراخ و هموار برای تحلیل آگاهی در خردترین سطوح پیدایشش باشد. اما امروز به دلیل نقص ابزارهای تحلیلی و نارسا بودن ریاضیاتی که قرار است چنین مدل دقیقی را صورتبندی کنند، نمی‌توان به این مدل تکیه کرد.

دیدگاه کوانتومی، بینشی در مورد مفهوم *واقعی* آگاهی به ما می‌دهد. اینکه در جهان خارج نمود فیزیکی آگاهی چیست، به این ترتیب تبیین می‌شود. اما این شهود هنوز برای به دست دادن روشهای آزمایشی دقیق و گزاره‌های ابطالپذیر جوان است.

بخش ششم) پیشنهاد مدل هم‌افزایانه‌ی آگاهی:

مدلی که در اینجا ارائه خواهد شد،تاجایی که نگارنده خبر دارد، جدید است و از جای دیگری اقتباس نشده است. راهکار کلی من در تعریف این مدل با آنچه که در نظریه‌ی سیستم‌های پیچیده و هم‌افزایی در پیش گرفته می‌شود یکسان است و بنابراین شباهتهایی بین مدل مورد نظر و سایر مدل‌های زبانزد در این زمینه خواهید یافت. رویکرد یاد شده، به گمان من پیشروترین و کارگشاترین روش پرداختن به مسئله‌ی آگاهی است، و فکر می‌کنم در نهایت مدل‌هایی با چهارچوب معرفی شده خواهند توانست بینش دقیق و درستی در مورد آگاهی را برای ما به ارمغان آورند. در هرجای مدل که از شواهد جدید استفاده شده باشد، منبع آن ذکر خواهد شد و هرجا هم شباهتی بین نظر دیگران با مدل خودم ببینم که قبلاً گوشزد نشده، ذکرش خواهم کرد. در متن صورتبندی‌هایی خواهید دید که برخی از آنها صورتبندی نادقیق کلانی خواهند بود که باید بعدها به کمک شواهد آزمایشگاهی محک بخورند و دقت بیشتری بیابند. برخی از آنها که از جاهای دیگر گرفته شده‌اند با ذکر منبع مشخص خواهند شد. این معادلات بر مبنای آزمایشاتی نوشته شده‌اند که برخی از آنها را در ضمیمه‌ی آخر رساله خواهید دید. در نهایت این نتایج و صورتبندی‌ها قابل‌ابطالند و به هیچ عنوان ادعای تغییرناپذیر بودنشان را ندارم.

ثبت ایده‌ی شخصی در مورد آگاهی کاری دشوار است. همه‌ی ما در عدم‌قطعیتی که شرایط تاریخی و جغرافیایی برایمان فراهم کرده گرفتاریم و نوشتن در مورد پدیده‌ای به پیچیدگی آگاهی، وقتی فرد بر این عدم قطعیت سترگ آگاه است، کاری ناسودمند جلوه می‌کند. چراکه شاید جز بخش کوچکی از حقیقت در گفتار ما یافت نشود.
با اینهمه، جسارت نهفته در همین نوشتن‌ها بوده که مدل‌های ساده‌ی امپدوکلسی[1] از آگاهی را به مدل پیچیده‌ی کوانتومی رسانده است. مقصود از این مقدمه اینکه نویسنده‌ی این سطور بر خطاهای جبری موجود در نوشتارش آگاه است، و ادعایی جزگمانه‌زنی در قلمرو مورد علاقه‌اش را ندارد.

وقتی به سیر مدل‌های موجود در مورد آگاهی نگاه می‌کنیم، روندی منظم را می‌بینیم که قبلاً هم اشاره‌ای به آن کردیم. بشر در هر مقطعی از زمان، آگاهی را با بزرگترین دستاورد فن‌آورانه‌ی دوران خود مانند می‌کرده است. افلاطون بازنمایی را با تصویر ساده‌ی مهری که بر موم می‌خورد تجسم می‌کرده، فروید زیر اثر تصور غالب زمین‌شناختی در قرن نوزدهم بوده که توجهش بر مدفون شدن لایه‌های قدیمی زمین (تجربیات ناخودآگاه) در زیر لایه‌های نو (تجربیات جدید خودآگاه) متمرکز بوده، و امروز هم ما در تصاویر متصل شده به باستان‌انگاره‌ی[2] عصرمان -یعنی رایانه- گیر افتاده‌ایم. طبعاً دانستن اینکه مدل‌های امروزی بازتاب وضعیت صنعتی و روابط فنی قرنمان هستند، عدم قطعیت بزرگی را به تلاش در راستای ارائه‌ی مدل‌های تازه تحمیل می‌کند. با اینهمه، باید این عدم قطعیت را پذیرفت و مدلی ساخت که ناگزیر تا حدودی درگیر بندهای تفکر غالب بر زمان و مکان است.

من ارائه‌ی مدل خود را به این شکل انجام خواهم داد. نخست ساختار سیستم آگاه را به طور مختصر تعریف می‌کنم و به تدریج صفات مهم آن را ذکر می‌کنم و دقت مفهوم مورد نظرم را بیشتر می‌کنم. در این رهگذر از تعاریف فلسفی و زبانشناختی هم سود خواهم جست تا تصویری تا حد امکان دقیق از موضوع به دست دهم. بعد مدل مورد نظرم را توصیف خواهم کرد. در نهایت هم برخی از شواهد و پدیدارهای باقی‌مانده را در مدل خود تحلیل خواهم کرد.

۱-منسوب به امپدوکلس فیلسوف یونانی که زیر اثر آیین زرتشت بود.

۲-archetype

۶-۱) تعریف ساختار:

خودآگاهی با هر تعریفی که در نظر گرفته شود، دست کم در یک گونه از پستانداران (یعنی انسان) وجود دارد. شواهد بیشمار تجربی و منطقی نشان می‌دهند که جایگاه و محل تولید این پدیده، مغز است. ولی آیا مغز به عنوان یک پردازنده توانایی تولید چنین پدیدار مشکل‌زایی را دارد؟

مغز انسان، پیچیده‌ترین سیستم منفرد شناخته شده در جهان است. به این معنا که تعداد عناصر تشکیل دهنده‌ی آن - حدود 10^{10} نورون و 10^{11} نوروگلی (جان‌کوئیرا- ۱۳۶۹)[۱۰]- و روابط بین آنها -دست‌کم 10^{3} سیناپس به ازای هر نورون- ارقامی نجومی را در بر می‌گیرند. سیستم مورد نظر ما، از نظر رشد جنینی بیشترین زمان را برای تکمیل شدن نیاز دارد و آخرین دستگاه دارای تمایز پیوسته است که بالغ می‌شود[۱]. بافت عصبی از نظر تعداد سلول و تنوع یاخته‌ها پیچیده‌ترین بافت بدن است، و حدود یک سوم محتوای کلی ژنوم انسانی صرف کدکردن اطلاعات مربوط به آن می‌شود (**Sutcliffe.- 1988**)[۳۰۲]. مغز نمونه‌ای از یک پردازنده‌ی بسیار پیچیده است.

در این مدل، پردازنده، واحد پایه‌ی تعریف آگاهی است. هر پردازنده عبارت است از یک سیستم باز پیچیده‌ی خودسازمانده. هریک از این چهار واژه معنای خود را دارند سیستم باز یعنی سازمانی از ماده، انرژی و اطلاعات که حد و مرزی مشخص و قابل تعریف با محیط خارج را دارا باشد و با محیط اطراف خود داد و ستد ماده و انرژی داشته باشد. پیچیده بودن چنان که گفتیم بدان معناست که ۱) دارای تعداد عناصری زیاد باشد که ۲) اندرکنش بالایی بین خود داشته باشند. خودسازماندهی هم عبارت است از زیاد شدن خودجوش محتوای اطلاعاتی درون سیستم نسبت به زمان. نتیجه این که رفتار سیستم پردازنده‌ی مورد بحث ما، پیچیده و غیرقابل پیش‌بینی است و پدیده‌های هم‌افزا را هم می‌توان در درون آن دید. از آنجا که هدف من در اینجا پرداختن به مدلی برای آگاهی انسان است، از اینجا به بعد مغز انسان را به عنوان یک پردازنده در نظر می‌گیرم. اما این نکته را گوشزد می‌کنم که نتایج و گزاره‌هایی که پس از این می‌آیند، در کلیات به سایر پردازنده‌ها هم قابل تعمیم هستند.

مغزانسان هم مانند هر موجود دیگر سیستمی است متشکل از ماده، انرژی و اطلاعات. هریک از این سه شکلِ وجود، با کمیتهایی مثل گرم، ژول، و بیت قابل سنجشند، و بنابراین قابلیت صورتبندی شدن را دارند. هرچند ممکن است دانش کنونی ما برای صورتبندی دقیق این مفاهیم کافی نباشد (چنانکه در مورد اطلاعات نیست).

ساختار مادی مغز، شناخته‌شده‌ترین بخش پردازنده‌ی مورد نظر ماست. صدها کتاب آناتومی اعصابی که هر ساله در بخشهای گوناگون جهان چاپ می‌شوند، محتوای اطلاعاتی کلان ما را در مورد سازماندهی مادی این سیستم نمودار می‌کنند. در مورد ساختار مادی مغز، نیازی به بحث زیاد نمی‌بینم چرا که اطلاعات پایه در این مورد را به عنوان پیش‌فرض درنظر گرفته‌ام. کوتاهِ سخن اینکه این ۱۴۰۰ میلی‌لیتر محلول کلوئیدی‌ای که متنوع‌ترین بافت بدن ما را با بیشترین تراکم یاخته‌ها را در خود جای داده و یک پنجم سوخت مصرف شده در بدن ما را به خود اختصاص می‌دهد، همان سازمان مادی پردازنده‌ی مورد بحث ماست. این ساختار توسط دقیقترین صافی و سد مادی شناخته شده در بدن از سایر جریانهای مواد رایج در بدن جدا می‌شود. سد خونی مغزی (**BBB**[۲]) که این وظیفه را بر عهده دارد، تنها

۱-اندامهای تناسلی پس از مغز بالغ می‌شوند، اما رشدشان بر خلاف مغز گسسته است. یعنی به طور گسسته (**phasic**) در یک مقطع شروع و تمام می‌شود.

۲-**Blood-Brain Barrier**

به برخی از مواد -مانند گلوکز- اجازه‌ی عبور می‌دهد و بنابراین نوعی انزوای سیستم عصبی از سایر روندهای مادی بدن را رقم می‌زند. تنها نکاتی که باید در مورد ساختار خردِ مغز دوباره خاطرنشان شوند، عبارتند از:

نخست اینکه واحد کلاسیک پردازش اطلاعات در مغز سیستمی مادی و مستقل است به نام نورون که حدود شصت میلیارد تا از آن در هر مغز وجود دارد. هر نورون می‌تواند به تنهایی به عنوان یک پردازنده در نظر گرفته شود.

دوم این که هر واحد یاد شده به طور متوسط با ده‌هزار واحد دیگر اتصال برقرار می‌کنند. در برخی از بخشهای مغز ممکن است تعداد سیناپس بر نورون خیلی از این حدود بیشتر شود. مثلاً در یاخته‌های لایه‌ی پورکنژ مخچه، تا صدهزار سیناپس در هر نورون دیده می‌شود. چنانکه گفتیم حداقلِ در نظرگرفته شده در مورد این ارتباطات برابر است باهزار سیناپس به ازای هر نورون.

سوم این که نورون‌ها با وجود دارا بودن بیشینه‌ی اهمیت، تنها بخشهای سازنده‌ی مغز نیستند. به ازای هر نورون ده یاخته‌ی گلیا در مغز وجود دارد که علاوه بر پشتیبانی جایگیری فضایی یاخته‌های عصبی، به عنوان تغذیه کننده و پردازنده‌ی مواد هم عمل می‌کنند (یعنی نقش متابولیک دارند).

از نظر انرژیایی، یافته‌های موجود در مورد مغز کمتر است. می‌دانیم که تنها سوخت رایج در نورون‌ها گلوکز است و به ساختار انرژیایی و واکنشهای منجر به رهایی انرژی از مولکول قند مزبور هم آگاهی داریم. می‌دانیم که یک پنجم کل انرژی مصرف شده در بدن -دست کم ۵۰۰ کالری در روز- در مغز صرف می‌شود. و این را هم می‌دانیم که بخشی از این انرژی به صورتهای دیگر -انرژی الکتریکی، مغناطیسی و گرمایی- تبدیل می‌شود. اشکال مورد بحثی از سازماندهی انرژی هم در مغز مورد بحث قرارگرفتند که چگالش بوز-انشتین مهمترینشان بود.

شکل رایج انرژی در دستگاه عصبی، که به کار پردازش اطلاعات هم می‌آید، انرژی الکتریکی است. نوسانات الکتریکی با بیشینه بسامد هزار تکانه بر ثانیه انرژی الکتریکی را به کار می‌گیرند تا پیامهای عصبی را به نورون‌های همسایه مخابره کنند.

از نظر اطلاعاتی، مغز یک مجموعه‌ی شگفت‌انگیز است. پردازش اطلاعات به طور عمده در این بخش از بدن متمرکز شده، و کل توان پردازش اطلاعاتی آن را به ۴×۱۰^{۱۲} بیت بر ثانیه تخمین زده‌اند. مجرای اصلی انتقال اطلاعات در هر نورون سیستم نورونی /سیناپسی است و در این سیستم ورودی‌های هر پردازنده‌ی منفرد هم بیشینه‌ی اهمیت را دارا هستند. نورون چنانکه گفتیم ساختاری است که برای جذب، پردازش و انتقال اطلاعات سازگار شده است. نمود این سازگاری و تخصص بالا در ریخت آناتومیک یک نورون قابل مشاهده است. درکل ۴۰ ٪ سطح غشای یک نورون قشر مخ را سیناپسها پوشانده‌اند و این در حالی است که بخش مهمی از فیبرهای عصبی در همین نورون‌ها -که بخش عمده‌ی حجم یاخته را تشکیل می‌دهند، توسط میلین عایق‌کاری شده‌اند و فاقد سیناپس‌های زیادی می‌باشند. در یک نورون، ورودی‌های اطلاعات اهمیتی بیشتر دارند و پردازش داده‌ها -و در نهایت تعیین رفتار نورون- به نوع آنها بستگی دارد. مقایسه‌ی تعداد سیناپس‌های موجود بر آکسونها(خروجی‌های نورون) و دندریت‌ها (ورودی‌های نورون) نشان می‌دهند که بیشتر از ۹۰ ٪ این اتصالات بر دندریت‌ها قرارگرفته و فقط ۲ ٪ آنها بر آکسون‌ها قرار دارند (گانونگ.- ۱۳۷۲)[۱۹]. ظاهراً یکی از نقاطی که اهمیتی زیاد در پردازش اطلاعات نورونی دارد و تعیین‌کننده‌ی شلیک کردن یا نکردن آکسون است، تپه‌ی آکسونی باشد. بنابراین می‌توان در چهارچوب فضایی، این بخش را به عنوان نقطه‌ی بحرانی پردازش اطلاعات در نورون در نظر گرفت.

۶-۲) دامنه‌ی تعریف آگاهی:

بی‌تردید مهمترین واژه‌ای که باید در این بند مورد بحث قرار گیرد، خود *آگاهی* است. مدل ما در پی ساختن چهارچوبی برای درک کارکرد و پیش‌بینی رفتار پدیده‌ای به نام آگاهی است، و باید معنای شفافی از این واژه در ذهن باشد تا کل تلاش ما معنی‌دار باشد. پیش از هرچیز باید ببینیم پدیده‌ی آگاهی در چه سیستم‌هایی دیده می‌شود.
برخی دیدگاه‌های متعصبانه‌ی غیرعلمی وجود دارند که آگاهی را بدون توجه به محمول مادیش تنها منسوب به انسان می‌دانند. این دیدگاه‌های خودبزرگ‌بینانه و انسان‌محورانه خوشبختانه در جوامع علمی توجه چندانی را برنمی‌انگیزانند و بنابراین من در اینجا نیازی نمی‌بینم تا در صدد نقض کردنش برآیم. شباهت ساختار سیستم پردازنده‌ی ما با سایر جانوران، و همتا بودن رفتارهای معمول در میان ما و دیگران به قدری روشن و آشکار است که هرگونه بحثی را برای اثبات نادرستی این دیدگاه قدیمی بیهوده می‌کند. پس من از این نوع برداشت از آگاهی درمی‌گذرم که ارتباطی با کار ما ندارد.

برداشت سنتی مهمی که از این واژه در دست است، برداشتی است که آن را پدیده‌ای مربوط به شبکه‌ی عصبی جانوران می‌داند، و به این ترتیب ساختارهای غیرجانوری -گیاهان، آغازیان، تکزیان و قارچها- را فاقد این ویژگی می‌دانند. این دیدگاه، آگاهی را پدیده‌ای مربوط به دو عامل مربوط به هم می‌داند. نخست حرکت، و دوم پیچیدگی رفتاری. متحرک بودن موجود به برخوردش با محیط‌های گوناگون می‌انجامد، و پیچیدگی بیشتر را برای بالا بردن شانس بقا لازم می‌سازد. اما این تعریف که بیشتر بر مبنای شهودی عینی استوار است تا شواهد تجربی، از توضیح این که حد آستانه‌ی متحرک بودن -یا جانور بودن- موجود برای پدیدار شدن آگاهی چیست، ناتوان است. این دیدگاه امروزه جز در میان برخی از زیست‌شناسان بی‌توجه به موضوع آگاهی طرفداری ندارد و فعالان و نظریه پردازان این حیطه به آن اشاره‌ای نمی‌کنند. ابهام این برداشت از مفهوم آگاهی به گمان من دلیل کافی برای نادیده گرفتنش است. چرا که در این دیدگاه دلیل مشخصی برای آگاه‌تر شمردن دروزرا[۱] از بالانوس[۲] وجود ندارد. اینکه چرا باید مفهوم آگاهی را به یک آمیب نسبت داد، و جلبک را فاقد آن شمرد، در این نگرش روشن نیست.

ساده‌ترین دیدگاه علمی‌ای که می‌کوشد تا آگاهی را تعریف کند، برداشتی است که از دیدگاه شبکه‌ای سرچشمه می‌گیرد. این دیدگاه، آگاهی را پدیده‌ای وابسته به پیچیدگی سیستم می‌داند. یعنی معتقد است که سیستم‌ها در روند پیچیده‌تر شدنشان در مسیر تکامل، حد آستانه‌ای را پشت‌سر می‌گذارند که در آن تغییر فاز سیستم *ناآگاه* به سیستم *آگاه* انجام می‌گیرد. دانشمندان مختلف برای این آستانه مقادیر متنوعی را ذکر کرده‌اند. برخی حد چند میلیارد یاخته‌ای را برای پیدایش آگاهی لازم دانسته‌اند که اکلز نمونه‌ای از طرفداران این دیدگاه بود. برخی دیگر حد چند صد هزار نورون را برای بروز این امر لازم گرفته‌اند. برخی دیگر، مانند همروف، ساختارهایی بسیار ساده‌تر را به عنوان واحدهای پدیدآورنده‌ی آگاهی در نظر گرفته‌اند. به عنوان مثال، رفتار پروتئین‌هایی مانند واحدهای سازنده‌ی ریزلوله‌ها در دید این متفکران می‌تواند نقطه‌ی شروع آگاهی فرض شود.

۱- **Drosera**: یک نوع گیاه گوشتخوار که حشرات را شکار می‌کند.

۲- **Balanus**: یا کشتی‌چسب، نوعی سخت‌پوست که اندامهای حرکتی اصلی خود را از دست داده و به صورت انگل خارجی به سطح چوبهای شناور در دریا و کف کشتی‌ها می‌چسبد.

در نهایت آنچه که تمام دیدگاه‌های جدید در نظر می‌گیرند، این است که مبنای پیدایش آگاهی، پردازش اطلاعات است. حالا اینکه واحد پایه‌ی پردازش لازم برای پیدایش آگاهی را چه بگیرند، مورد مناقشه است. اما در کلیت این حرف توافقی وجود دارد که مورد پذیرش نگارنده هم هست.

به گمان من، اگر بخواهیم به روشی قانونمند آگاهی را از پردازش اطلاعات استخراج کنیم، باید نخست ساده‌ترین سیستم‌های زیستی پردازنده‌ی اطلاعات را در نظر بگیریم و بعد گام به گام در سلسله مراتب پیچیدگی سیستم پیش برویم تا ببینیم در چه سطحی رفتارهای آگاه پنداشته شده می‌توانند ظهور کنند.

من در کل با دیدگاه کسانی که پروتئین‌ها را ساده‌ترین واحدهای پردازنده‌ی اطلاعات در سیستم زنده می‌دانند موافقم. در واقع اگر بخواهیم مفهوم علمی اطلاعات را با چشمداشت به نظریه‌ی اطلاعات مورد استفاده قرار دهیم و پردازش را هم بنابر آنچه که گذشت تعریف کنیم، باید بپذیریم که یک آنزیم یا کانال غشایی هم که در حال تنظیم چینش ماده و انرژی اطرف خود، بر مبنای سازماندهی خود است، به نوعی به پردازش اطلاعات مشغول است. در این چهارچوب، بر خلاف دیدگاه‌های رایج مدعی این نگرش، نمی‌توان پروتئینهایی مانند توبولین‌ها را تافته‌ی جدا بافته در نظر گرفت و کارکردی جادویی و منحصر به فرد را به آنها نسبت داد. توبولین‌ها هم مانند هر پروتئین دیگر دارای عملکرد بیوشیمیایی در یاخته، به پردازش اطلاعاتی مشغول است که ساختارش برای آن تخصص یافته است.

اما نماد گرفتن توبولین چیز دیگری است. بخش عمده‌ای از رفتارهای یاخته‌ای -از تشکیل پای دروغین در آمیب گرفته تا انتقال ناقلهای عصبی به سیناپس‌ها و آزاد شدنشان- در اثر اندرکنش واحدهای سازنده‌ی ریزلوله‌ها با هم انجام می‌گیرد. در اینجا من هم با همروف موافقم که می‌توان توبولین و سازمان ساخته شده از آن -یعنی ریزلوله- را به عنوان برجسته‌ترین نماد پردازش اطلاعات در سطح زیرسلولی در نظر گرفت.

به این ترتیب، من هم باید خود را از قبیله‌ی گروندگان به مفهوم عام آگاهی محسوب کنم. چرا که با تعریف مورد بحث ما، آگاهی ریشه در واکنشهای بیوشیمایی -بیوفیزیکیِ رایج در سطح زیریاخته‌ای دارد، و بنابراین سطوح گوناگونی از آگاهی را می‌توان به یاخته‌های گوناگون -بنابه پیچیدگی و سطح پردازش اطلاعاتشان- نسبت داد.

پس آشکار شد که در این مدل، مفهوم آگاهی در واقع عبارت است از *پردازش اطلاعات متصل به رفتار در سیستم‌های پیچیده‌ی زیستی*. بر این مبنا یک یاخته هم از سطحی از آگاهی برخوردار است که با حجم و نوع اطلاعاتی که پردازش می‌کند ارتباط دارد. یعنی شاخصهای تعیین سطح آگاهی عبارتند از حجم، و نوع اطلاعات پردازش شده در سیستم، و پیچیدگی رفتارهای نتیجه شده از این پردازش‌ها. آگاهی، مفهومی مدرج و طیفی پیوسته است و همزمان با پیچیده‌تر شدن سیستم و بالاتر رفتن سطح هم‌افزایی در آن معنایش تفاوت می‌کند. به این ترتیب، آگاهی‌ای که ما به طور شهودی درک می‌کنیم و آن را منحصر به خودمان می‌پنداریم، تنها یکی از نمودهای این پدیده‌ی عام است که در سطح خاصی از پیچیدگی و در گونه‌ای خاص ظهور کرده است.

آنچه که گفته شد شاید از نظر شهودی عجیب به نظر برسد، اما دقت داشته باشد که شهود معمول در میان ما به شدت زیر تأثیر محدودیتهای ساختاری ما قرار دارد. ما بر اساس اندازه، ریخت، ساز و کار، و عمر خاص خود جهان را درک می‌کنیم و در این راستا بیشترین تنوع مفاهیم را برای سطوحی از مشاهده وضع می‌کنیم که با آنچه در خودمان وجود دارد بیشترین شباهت را داشته باشد. کسانی که در رده‌بندی جانوری تخصص دارند، شاید از این مشاهده تعجب کرده باشند که دقت و جزئی‌نگری واحدهای تقسیم‌بندی شاخه‌های رده‌بندی، با نزدیکتر شدن به شاخه‌ی تکاملی انسان بیشتر و مفصلتر می‌شود. صفاتی که در دو گونه از نخستی‌ها باعث تمایز دو گونه‌ی مجزا از هم می‌شود، هرگز در سطح دو تک یاخته‌ای یا دو حشره در نظر گرفته نمی‌شود. این در واقع بازتابی از گرایش ذاتی همه‌ی ما، برای

شکستن دقیقتر پدیده‌های نزدیک به خودمان است. این تمایل ذتی هم نمود دیگری از این حقیقت است که دستگاه عصبی ما نه برای فهماندن واقعیات، که برای زنده نگهداشتن ما تکامل یافته است.

شهود همه‌ی ما در مورد آگاهی هم نتیجه‌ای از انسان‌محوری کوربینانه است. ما عادت کرده‌ایم هر آنچه را که در اندازه، ریخت، و رفتار به خودمان شباهت دارد دارای رفتار ذهنی شبیه به خودمان بدانیم و در این کار آنقدر افراط می‌کنیم که مرزی غیرقابل‌عبور را بین خودمان و سایر جانداران متفاوت -از نظر اندازه، رفتار یا ریخت- فرض می‌کنیم. اگر یک پارامسی به اندازه‌ی یک اسب بزرگ شود و رفتارهایش مشاهده و تحلیل شود، ناآگاهانه پنداشتن عملکردش بسیار دشوار خواهد بود. آنچه که بین ما و سایر جانداران ایستاده و مرزهای دروغینی را در تعاریفمان ایجاد کرده، بیش از آنکه تحلیل دقیق شواهد تجربی باشد، توجه یا بی‌توجهی نسبت به پدیده‌ها، برمبنای خودمحوری‌مان است.

با این تفاصیل، من آگاهی را پدیداری وابسته به پردازش اطلاعات می‌دانم که آستانه‌ی بروزش با آستانه‌ی ظهور زندگی یکی‌ست و مانند مفهوم زندگی سازمانی سلسله مراتبی دارد که در بین طیفی گسترده در میان رفتارهای آمیب تا انسان ادامه یافته است. آگاهی، عبارت است از پردازش اطلاعات جاری شده از محیط در سیستم زنده. پردازشی که در نهایت به نمودهای رفتاری گوناگونی می‌انجامد و دینامیسمی را که زنده می‌نامیم، معنی می‌کند.

۶-۳) حواشی فلسفی مفهوم آگاهی:

در مورد مفهوم آگاهی، اخلاف نظرهای فراوانی وجود دارد. این واژه در دامنه‌ی وسیعی به کار گرفته می‌شود. چنان که گفتیم، در میان صاحبنظران این زمینه، گروهی این واژه را تنها برای انسان به کار می‌برند، برخی دیگر مفهوم آن را منحصر به جانوران عالی می‌دانند، و برخی دیگر کل جانداران -حتی تک‌یاخته‌ای‌ها- را هم به عنوان جایگاه آگاهی مورد بحث قرار می‌دهند. در این میان رویکرد مورد علاقه‌ی نگارنده، چنان که مورد تأکید قرار گرفت، هم‌افزایانه است و پردازش اطلاعات را به عنوان شاخص اصلی تعریف پدیده‌ی مورد نظرمان محل تمرکز قرار می‌دهد. بر این مبنا، چنانکه خواهیم دید، تفاوتی بین پردازش اطلاعات در سطح پروتئینی و نورونی نمی‌توان قائل شد و بنابراین بنابر تعریف ما تمام موجودات زنده دارای خاصیت آگاهی خواهند بود. با توجه به رویکرد خاصی که برای رسیدن به این گزاره در پیش گرفته شده، باید بر این نکته پای فشرد که آگاهانه فرض کردن رفتارهای تمام سیستم های پردازنده‌ی اطلاعات زنده، در واقع پیامد منطقی و مستقیم مربوط دانستن این مفهوم با پردازش اطلاعات است.

به گمان عده‌ای، شناخت ما در مورد آگاهی، با انتشارکتاب مهم گیلبرت رایل به نام مفهوم ذهن وارد عصر جدیدی شده است (**Ryle.- 1949**)[۲۷۵]. رایل در این اثر مهم، ادعا می‌کند که کل فلسفه‌ی شناخت بر مبنای غلطی بنیان نهاده شده، چرا که ذهن مفهومی یکتا و منسجم نیست و عنوانی است که بر چندین روند نامتجانس و متفاوت نهاده شده است. به گمان رایل، ذهن یک نوع طبیعی نبود و نباید به عنوان چنین چیزی مورد بررسی قرار می‌گرفت. دیدیم که در فلسفه‌ی تحلیلی، عبارت نوع طبیعی برای پدیده‌هایی به کار می‌رود که جدای ازگرایشهای شخصی ما برای شکستن پدیده‌ها به شیوه‌ای خاص، به صورتی مجزا و دسته‌بندی شده در جهان خارج وجود داشته باشند. به عنوان مثال، واژه‌ی رایانه، تعیین کننده‌ی یک نوع طبیعی نیست. زیرا چنان که گفتیم دو پدیده‌ی بسیار متفاوت در ساختار مثل الک و مغز انسان را می‌توان با گشاد تعریف کردن حد و مرز این پدیده، مصادیقی از آن شمرد.

باز هم در این مورد نوشتیم که گروهی از فلاسفه و متفکران، واژه‌ی آگاهی را نشانگر یک نوع طبیعی نمی‌دانند. یعنی برخی از فلاسفه و متفکران معتقدند این واژه طیفی گسترده از عناصر نامتجانس را در خود گرد آورده است که در جهان

خارج به عنوان یک گروه طبیعی و ذاتی از هستی‌های مجزا و مستقل قابل تعریف نیستند.

به گمان من، این گزاره درست است. آگاهی، تنها در صورتی می‌تواند به دقت تعریف شود که با واژگان نظریه اطلاعات بیان شود و بر مبنای پردازش اطلاعات هم‌افزایانه تعبیر گردد. در این حالت، این مفهوم به قدری پردامنه و گسترده می‌شود که تعیین حد و مرز دقیقی برایش دشوار خواهد بود. آگاهی، از بسیاری از جنبه‌ها به واژه‌ی همتایش -یعنی زندگی- شباهت دارد. زندگی هم پدیداری است که برای تعریف دقیقش ناچاریم دشواری‌های فراوانی را به جان بخریم و در نهایت هم آنچه که به دست می‌اید طیفی پیوسته از ویژگی‌هاست که تعیین حد و مرزش با پدیدارهای غیرزنده آسان نیست.

در مورد آگاهی هم این مشکل وجود دارد. روشن‌بینانه‌ترین درکی که در مورد مفهوم این پدیده در دست است، همان است که گفتیم: پویایی ویژه‌ی اطلاعات پردازش شده در سیستم‌های پیچیده‌ای مانند سیستم‌های زنده. اما در این حالت هم باز مشکل اصلی در جای خود باقی می‌ماند و آن هم این است که حد و مرز پیچیدگی لازم برای پدید آوردن آگاهی معلوم نیست.

در عمل، اگر به معنای آگاهی با دیدی تحلیلی نگاه کنیم، می‌بینیم که این واژه در واقع معرف مجموعه‌ای از رفتارهای ناهمگون مربوط به پردازش اطلاعات است که به ویژه در سازمانهای زنده نمودار می‌شود. یعنی دینامیسم یکتا و همگنی وجود ندارد که بتوان با نام آگاهی مشخصش کرد. به این ترتیب، مایلم در اینجا به تعریفی کلان از آگاهی برگردم و آن را با عبارت *پردازش اطلاعات سلسله‌مراتبی هم‌افزا در پردازنده‌های زنده* تعریف کنم.

بر اساس این تعریف، تمام رفتارهای اطلاعاتی قابل‌مشاهده در سیستم‌های مورد بحث، آگاهانه فرض می‌شوند. دقت داشته باشید که خود مفهوم سیستم زنده هم تعریفی به همین اندازه مبهم و ذهنی را طلب می‌کند که اینجا مجال پرداختن به آن نیست[۱].

مفهوم دیگری که باید به هنگام پرداختن به فلسفه‌ی ذهن مورد توجه قرار گیرد، مفهومی است که فرانز برنتانو[۲] در اواخر قرن نوزدهم با عنوان *اِسناد*[۳] معرفی کرد. مقصود او از این واژه، این بود که برخی از گزاره‌های زبانی، که دکارت ذهنیشان می‌پنداشت، دارای ویژگی مشترکی هستند و آن هم این است که به بیرون معطوف شده‌اند. مثلاً عبارات دارای افعالی مانند فهمیدن، حس کردن، خوش یا بد آمدن، نمونه‌هایی از این گزاره‌ها هستند.

مفهوم اسناد در گزاره‌ها مدتها به عنوان یک سرفصل فلسفی و بودشناختی مورد بررسی قرار می‌گرفت، تا اینکه در قرن کنونی چیشولم[۴] آن را در قالب تحلیل زبانی از نو معنا کرد و معنایی زبانشناختی را از آن برداشت کرد. به گمان او، این گزاره‌ها اگر به درستی تحلیل می‌شدند، ارتباطی را بین مردم و جهان خارج بیان می‌کردند، که زادگاه اصلی معنا در سایر گزاره‌ها هم بود (**Dennett.- 1990**)[۹۴]. چنان که قبلاً هم گفتیم، همین مفهوم اسناد چیزی بود که بعدها جان سرل هم از

۱-در نوشتارهای دیگر به طور مفصل در مورد مفهوم پدیده‌ی زندگی بحث کرده‌ام. در اینجا همینقدر کافیست تا یادآوری کنم که دیدگاه مورد علاقه‌ام از دانش جوان زندگی مصنوعی (**artificial life**) تغذیه می‌شود و به عبارتی من طرفدار دیدگاه زندگی مصنوعی قوی هستم. برای بحث بیشتر مراجعه کنید به (**Langton et al.- 1991**)[۱۹۹].

۲-**Franz Brentano**

۳-**intentionality**: شاید می‌بایست این واژه را به صورت "قصد" گرته‌برداری می‌کردم ولی اسناد را ترجیح دادکه با وجود تفاوت با معنای برابرنهاد انگلیسی، در فارسی مفهوم را بهتر منتقل می‌کند.

۴-**Chisholm**

آن استفاده کرد تا امکان پدید آمدن ذهنیت در ماشین‌ها را رد کند (**Searl.- 1979**)[۲۷۹].

برای این که مدل ما در مورد این مفهوم روشن باشد، لازم است تا تعبیری دقیق و روشن از اسناد داشته باشد. در برخی از مدل‌ها، به ویژه مدل‌های رفتارشناختی، اسناد (یا به عبارت بهتر معنادار بودن تجربیات ذهنی برای خود مغز) را به عنوان نوعی از تجربه‌ی ذهنی پدیداری[۱] در نظر گرفته‌اند. به ویژه بسیاری از مدل‌های شبکه‌ای به چنین راهکاری علاقمندند. بر اساس این تعبیر از اسناد، رفتارهای درون سیستم، آنگاه که نمود رفتاری و پدیداری مشخصی را در سیستم اعمال کنند، دارای اسناد یا معنا محسوب خواهند شد.

در مدل‌های پردازش اطلاعاتی، که یکی از چهارچوبهای اصلی مورد اتکای من برای ساختن مدل کنونی است، اسناد با تجربه‌ی درونی پدیداری برابر فرض نشده است. هرچند این ادعا وجود دارد که با پردازش اطلاعات در سطوح خیلی پیچیده، ممکن است تجربه‌ی ذهنی‌ای از نوع منسوب به اسناد پدیدار شود.

برخی دیگر از فلاسفه، اسناد را امری جدا از پردازش اطلاعات و تجربه‌های دارای نمود رفتاری دانسته‌اند و فضای ذهنی را به اسناد -که امری درونی است- و ذهنیت خام -که با پردازش زیاد قابل حصول است- تقسیم کرده‌اند . این امر با آنچه که سرل می‌گوید شباهت دارد. چراکه او هم ادراک را به دو بخش دستوری و معنایی تقسیم کرده و اسناد را با معنادار بودن هم‌ارز گرفته است (**Searl.- 1990**)[۲۸۱].

فیلسوف دیگری که در این میان نظرات خود را اظهارکرده و با سرل نزدیکی زیادی دارد، تام ناگل است. وجه اشتراک دیدگاه او و سرل در مورد اسناد، در یک عبارت خلاصه می‌شود: *اسناد درونی*[۲].

اسناد درونی به تعبیر ناگل، عبارت است از نوعی از اسناد که نتواند ازگزاره‌ها و نمادهای منطقی استخراج شود، و با اسناد نمادین[۳] در سیستم‌های کنترلی هم تفاوت داشته باشد. این اسناد نمادین به این معناست که برخی از خواص منسوب به اسناد را در سیستم‌های کنترلی ساده‌ای مانند ترموستات هم می‌توان دید. به گفته‌ی این دو فیلسوف این معنا با اسناد واقعی قابل مشاهده در سیستم‌های آگاه تفاوت دارد (**Nagel.- 1986**)[۲۳۸]. ناگل یک صفات دیگر هم برای اسناد قایل است و آن هم این است که اسناد درونی را در برابر اسناد بیرونی تعریف می‌کند. معنای نهایی تعریف این دو شکل از اسناد، این است که معنای ذهنی درونی ما چیزی وابسته به محیط است و در واقع دو سیستم معنایی بیرونی و درونی هستند که با هم داد و ستد اطلاعات دارند و برآیند اندرکنش این دو است که اسناد را به معنای جاری کلمه برای ما ایجاد می‌کند. سرل با این نکته‌ی اخیر مخالف است و اسناد را تنها درونی می‌داند واعتقاد دارد که اگر مغز خودش را به دیگری پیوند بزنند، با وجود تغییر کردن روابطش با محیط ،اسناد درونی و حالت ذهنیش تغییری نمی‌کند.

اگر بخواهیم جزئیات دعواهای منطقی رایج در مورد این مفهوم را یک به یک ذکر کنیم، بحث در مورد اسناد و حالت ذهنی درونی سیستم‌های آگاه به درازا خواهد کشید. پس همینقدر را برای طرح مسئله کافی می‌دانم و تعبیر خود را از اسناد می‌نویسم.

اسناد به گمان من، عبارت است از نوعی پردازش چرخه‌ای اطلاعات در درون سیستم پردازنده. یعنی هرگاه کدهای سازنده‌ی معنا در سیستم، خود برای سیستم معنا داشته باشند، آنگاه اسناد درونی ایجاد خواهد شد (برخی از نوشته‌های سرل نشان می‌دهد که او هم چنین تعریفی را از اسناد در ذهن دارد). این اسناد، برخلاف آنچه که فلاسفه‌ی

۱- **phenomenal**

۲- **intrinstic intentionality**

۳- **metaphoric intentionality**

مورد بحث می‌گفتند، به‌گمان من چیزی است که به طور خالص به پردازش اطلاعات در درون سیستم مربوط می‌شود، و تنها توسط پیچیدگی پردازش مزبور تعیین می‌شود. یعنی این امکان وجود دارد که سیستمی مکانیکی یا مصنوعی به قدری پیچیده شود که کدهای درون خود را به عنوان عناصری معنادار در درون خود بازنمایی کند. در این حالت سیستم مورد بحث به گمان من دارای اسناد درونی خواهد بود.

من در این مورد با وانگولیک موافقم که معنادار بودن کدها برای سیستم حالتی پیوسته و مدرج دارند و شکلی گسسته و آستانه‌دار نمی‌توان برایشان تعریف کرد. همچنین با ناگل موافقم که اندرکنش سیستم با محیطش است که این اسناد درونی و معنای ویژه‌ی کدها رادر سیستم ایجاد می‌کند (**Van Gulick.- 1993**)[۳۱۴]. با این گزاره‌ی سرل هم کاملاً مخالفم که درونگرایی و تفکر منفعل بتواند ذره‌ای از رازهای نهفته در ساز و کار اسناد درونی را برای ما روشن کند.

۶-۴) خاستگاه آگاهی:

۶-۴-الف) آگاهی شکلی از پردازش اطلاعات است.

از نظر عینی، روند آگاهی با روند پردازش اطلاعات هم‌ارز است. البته هرنوع پردازش اطلاعاتی را نمی‌توان آگاهانه دانست، و به زودی معیارهایی برای تشخیص سطوح گوناگون پردازش اطلاعات و آستانه‌ی مورد نظر ما برای جدا کردن آگاهی از سطوح پایینتر پردازش اطلاعات ارائه خواهد شد. اما تا اینجای کار، مهمترین چیزی که در مورد آگاهی درک کردیم و بزرگترین توافقی که بین متفکرین این زمینه دیدیم، این بود که آگاهی در واقع نوعی از پردازش اطلاعات است که به طور کلاسیک در سیستم‌هایی زنده دیده می‌شود. حالا این که آستانه‌ی پردازش اطلاعات لازم برای ظهور آگاهی چقدر باشد چنان که دیدیم مورد مناقشه است.

اصطلاح پردازش اطلاعات، در دل خود مفهوم پویا بودن و ناایستا بودن را هم مخفی کرده است. یعنی پردازش اطلاعات –و به تبع آن آگاهی که نوعی از این پردازش است– روندی است فعال و متغیر که دست‌کم در برخی از در سیستم‌های پیچیده‌ی زنده رخ می‌دهد. در مورد ماهیت پیکره‌ی مادی/انرژیایی پشتیبان این روند چنان که دیدیم اختلاف نظر وجود دارد. اما به گمان من، رویکرد کارکردگرایانه در این میان از باقی نگرشها عمیقتر است و راهکارهایی زایاتر و مفیدتر را برای پیشبرد پژوهشهای این قلمرو در برابرمان آشکار می‌سازد. پس با وجود اینکه برخی از پژوهشگران پردازش اطلاعات منحصر به موجود جاندار پرسلولی جانوری را تنها فرآیند لایق نام آگاهی می‌دانند، من با نظر آن گروهی بیشتر توافق دارم که آگاهی را مستقل از نوع سخت‌افزار پشتیبانش، با واژگان هم‌افزایانه و متکی بر مفهوم اطلاعات تفسیر می‌کنند. به بیان دیگر، من واژگان مرتبط با مفهوم اطلاعات را برای تعریف پدیده‌ی آگاهی کافی می‌دانم و نیازی به ذکر محدودیتهای ساختمان پشتیبان این پردازش نمی‌بینم. آگاهی در واقع نوعی کارکرد وابسته به پردازش اطلاعات است و هرجا که کارکردی مشابه با آن یافت شود، می‌توان ردپای آگاهی را هم در آنجا دید. به این ترتیب، اگر روزی ماشینی با بافت متفاوت با سیستم‌های زنده –مثلاً با پردازنده‌ی سیلیکونی– ساخته شود که بتواند کارکردهای کلان موجود در سیستم اطلاعاتی سازمان زنده را در خود ظاهر کند، در نسبت دادن صفت آگاه به آن تردید نخواهم کرد.

۶-۴-ب) نمود مشهور آگاهی بازنمایی است.

چنان که گذشت، بازنمایی برجسته‌ترین نمود رفتاری آگاهی است. سیستمی که اطلاعات جذب شده از محیط را به شکلی سامان‌مند و منظم در خود کد کند، به طوری که ارتباطی یک به یک بین سیستم منبع اطلاعات -مثلاً جهان خارج- و سیستم پردازنده -مثلاً شبکه‌ی عصبی- برقرار شود، آنگاه آن سیستم دارای بازنمایی خواهد بود.
در مورد بازنمایی، تعریفش، انواعش، کاربرد تحلیلی‌اش در بخشهای گذشته به اندازه‌ی کافی نوشته شد. در اینجا به همین بسنده می‌کنم که این مفهوم را به عنوان مهمترین نمود آگاهی در سیستم‌های پردازنده‌ی اطلاعات پیچیده در نظر بگیرم. ناگفته پیداست که از تعریف ما وجود داشتن آگاهی در تمام سیستم‌های پردازنده‌ی دارای بازنمایی مفهوم نمی‌شود. یعنی ممکن است پردازنده‌ای به فرض ساده، بازنمایی داشته باشد اما آگاه نباشد[۱]. مثلاً یک ترموستات هم به نوعی مشغول بازنمایاندن تغییرات دمای موجود در محیط خود است، اما در مدل ما آگاه پنداشته نمی‌شود. چون از آستانه‌ی پیچیدگی لازم برای زنده فرض شدن عبور نکرده است.

۶-۴-پ) برجسته‌ترین و رایجترین جایگاهش شبکه‌ی عصبی طبیعی است.

آنچه که پردازش اطلاعات را به آگاهی تبدیل می‌کند، تنها پیچیدگی است. یعنی اگر پردازش اطلاعات از حد آستانه‌ای پیچیده‌تر باشد، آگاهانه خوانده خواهد شد. پیچیده‌ترین سیستم‌های پردازش داده‌ی شناخته شده، شبکه‌های عصبی طبیعی هستند. اینها ساختارهایی هستند که با سازماندهی شگفت‌انگیز بیوشیمیایی خود، میلیاردها سال برای تکامل یافتن زمان داشته‌اند و به همین دلیلی هم قابل‌مقایسه با دستاوردهای مصنوعی ما نیستند. اما باید در نظر داشت که علت این تفاوت، نه در ذات و ماهیت، که تنها در درجه‌ی پیچیدگی است. به قول داروین، تفاوت مهم در اینجاکمی است نه کیفی. اگر روزی بتوانیم شبکه‌ی عصبی مصنوعی‌ای با درجه‌ی پیچیدگی‌ای چنان بالا بسازیم که رفتارهای اطلاعاتی یک مغز واقعی را شبیه‌سازی کند، آنگاه آن شبکه هم به نوبه‌ی خود آگاه خواهد بود.
ناگفته پیداست که همه‌ی حرفهای بالا به این مفهوم نیست که شبکه‌ی عصبی تنها جایگاه آشکار شدن پدیده‌ی آگاهی است. برعکس چنان که گفتم آگاهی را باید به هر سیستم پردازنده‌ی دارای پیچیدگی بیشتر از آستانه‌ی خاصی نسبت داد. این آستانه در سطوحی مولکولی -مثلاً در سطح زیرلوله‌ها- آغاز می‌شود و می‌تواند در نردبانی به درازای تکامل تا سطح مغز انسان عروج کند.

۱-مثل یک نوار ویدئو.

۶-۵) ویژگی‌های آگاهی:

پیش از ارائه‌ی مدلی برای آگاهی، لازم است ببینیم ویژگی‌های پدیدارشناختی قابل‌استخراج از شواهد در مورد آن کدام است. برای نیل به این مقصود، از شواهدی که تا اینجا ذکر شد استفاده خواهم کرد و در صورت لزوم به شواهد بیشتری هم استناد خواهم نمود. از اینجا به بعد شواهدی که در مورد پردازش اطلاعات به طور مفصل ارائه شد، به عنوان زمینه‌ی پشتیبان دیدگاه ما عمل خواهند کرد. سیستم بینایی، سلسله مراتب پردازشی آن، و پدیدارهای هم‌افزایانه‌ی مورد اشاره در بخش گذشته همگی در اینجا به عنوان تأیید تجربی عمل خواهند کرد و دیگر نیازی به رجوع به آنها نمی‌بینم. پس به یاد داشته باشیم که هرآنچه در مورد سیستم بینایی گفته شد به عنوان چهارچوبی تجربی برای تقویت گزاره‌های به کار رفته در این بخش عمل خواهد کرد و دیگر تأکیدی این عملکردشان نخواهد شد.
هدف از این بند، به دست دادن زمینه‌ای نظری در مورد خواص و صفات پدیده‌ای است که در پی مدلسازیش هستیم. آگاهی پدیده‌ای است با این ویژگیها:

۶-۵-الف) به شدت پویا است.

$\pi\alpha\nu\tau\alpha\ \rho\epsilon\iota$[1] هراکلیتوس

وقتی به رفتارهای رایج در سیستم عصبی جانوران توجه می‌کنیم، به این نتیجه می‌رسیم که گزاره‌ی مشهور هراکلیتوس دست‌کم یک نمونه‌ی متبلور مادی دارد. به راستی هم در دینامیسم سیستم عصبی معنای واقعی پویایی را می‌توان دید. سیستم عصبی در کل به دلیل پیچیدگی بالای خود و انبوه اطلاعاتی که باید مورد پردازشش قرار گیرد، پویاترین سیستم شناخته شده در بدن است و این گزاره را بر اساس تعداد متغیرهایی که سیستم را تعیین می‌کنند و سرعتی که این متغیرها در حالت عادی تغییر می‌کنند متکی است. در واقع این دگرگون شوندگی شرطی لازم برای بقای موجود است، چراکه مغز در هر لحظه ناچار است اوضاع و احوال جهانی به همین اندازه پیچیده و دینامیک را تفسیر کند و در مقابلش واکنشهای لازم را نشان دهد.
کوتاهِ کلام اینکه، مغز یک سیستم به شدت پویا است و مرتب در معرض دگرگونی قرار دارد. این دگرگونی و تغییر به قدری مهم ست که بیشتر کلیدواژگان طرح شده در مدل ما برای اشاره کردن به دینامیسم‌هایی ویژه در این سیستم، و نه نقاط و بخشهای مادی مشخصی، به کارگرفته شده‌اند. آنچه که از این پس با عناوینی مانند توجه، آگاهی، خودآگاهی، و اختیار مورد تحلیل قرار خواهد گرفت، تنها نوعی دینامیسم را نشان می‌دهد و نه چیزی ایستا و ثابت را. آگاهی، و بیشتر عناصر سازنده‌ی آن، در واقع نوعی روند هستند که خصلت اطلاعاتی دارند و نباید آنها را به عنوان چیزهایی با نمود ایستا و ثابت مادی در نظر گرفت.

۱-به یونانی یعنی: همه‌چیز در جریان است. این شعار هراکلیتوس -از فلاسفه‌ی یونانی پیش سقراطی- بود.

۶-۵-ب) پیوسته تجربه می‌شود.

می‌دانیم که بر اساس دیدگاه‌های رسمی فیزیک کوانتوم، جهان خصلتی گسسته دارد. در برداشت رسمی از مکانیک کوانتوم، جهان کلی است که از به هم پیوستن نداخل کردن بیشمار موجه‌ی گسسته پدید آمده است. حالا بیانهای مختلفی از این موجه‌ها در دست است، برخی نام ذرات بنیادی را به آن نسبت می‌دهند و برخی آنها را به عنوان موج خالص در نظر می‌گیرند. اما اصل کلام این که بنابر آخرین دستاوردهای علمی، جهان گسسته است.
از سوی دیگر می‌دانیم که نورون‌ها بر اساس تولید پتانسیل عمل، و شلیک کردن اطلاعات را پردازش کرده و در بین خود منتقل می‌کنند. می‌دانیم که فرآیند تولید پتانسیل عمل نوعی پدیده‌ی گسسته است و بسامد بیشینه‌ی مشخصی هم دارد. یعنی انتقال اطلاعات در نورون به شکلی گسسته انجام می‌گیرد. در مورد ساز و کارهای بیوشیمیایی منتهی به شلیک عصبی هم بسیار می‌توان گفت و نوشت، اما خلاصه‌ی سخن این که در سطوح مولکولی هم رهایی وَزیکول‌های سیناپسی به شکلی گسسته وکوانتایی انجام می‌گیرند. از سوی دیگر می‌دانیم که انتقال اطلاعات به سیستم عصبی، از راه محرکهایی گسسته -فوتون‌های نور، مولکولهای حاوی بو یا مزه، و...- به گیرنده‌های ما وارد می‌شود. صوت و گرما، شاید تنها حواسی باشند که بتوانند به صورت پیوسته در نظر گرفته شوند، و تازه آنها هم بلافاصله پس از برخورد با گیرنده‌های حسی به پیامهای عصبی گسسته تبدیل می‌شوند. به این ترتیب در ساختار جهانی که منبع اطلاعات برای سیستم زنده است، و در خصلت خود سیستمی که قرار است این اطلاعات را پردازش کند، گسستگی به روشنی دیده می‌شود. اما شواهدی جالب در این میان وجود دارد و آن هم این است که گویا موجودات زنده جهان را پیوسته درک می‌کنند. تجربه‌ی شخصی هریک از ما این گزاره را تأیید می‌کند، و وجود داده‌های تجربی بیشماری که در مورد حافظه و استنتاج منطقی در سایر جانوران در دست است هم فرض این پیوستگی را پشتیبانی می‌کند. نتیجه اینکه، سیستم پردازنده‌ی ما، با وجود گسسته بودن تمام عناصر ورودی‌اش، و گسسته کارکردنش، جهان را به شکلی پیوسته بازنمایی می‌کند.

این پیوستگی چندان مورد توجه دانشمندان قرار نگرفته است و به ندرت در متون تخصصی عصب‌شناسی یا فلسفه‌ی ذهن به آن اشاره می‌شود، اما به گمان من دستیابی به توضیحی در مورد علت این تغییر فازگسسته به پیوسته در بازنمایی ذهنی، بسیار اهمیت دارد. ساده‌ترین توضیحی که می‌تواند پیوسته بودن جهان بازنمایی شده در ذهن ما را توجیه کند،این است که ما به این پیوستگی برای بقا نیازمند بوده‌ایم. این ادعا مشکل چندانی برای ما ایجاد نمی‌کند، چون دلایل زیادی را می‌توان برای پشتیبانیش ذکرکرد. سیستم حافظه‌ای بهینه‌کار می‌کند که پدیدارهای بازنمایی کرده را به عنوان پیوستاری قابل‌بازشناسی در نظر بگیرد، نه واحدهایی جدا از هم و قابل تجزیه که بازشناسی ترتیب و الگویشان برای سیستم گیج کننده شود. این پیوسته درک کردن جهان، نوعی ساده‌انگاری است که به سیستم پردازنده‌ی ما کمک می‌کند تا بیشترین شباهت‌ها را در بین آنچه که تجربه می‌کنیم و آنچه که تجربه کرده‌ایم، تشخیص دهد.

مدل‌های فراوانی در مورد حافظه وجود دارند که با همین نگاه به پدیده‌ی پیوسته بودن فضای ذهنی ما نگاه کرده‌اند. همچنین شواهد زیادی هم در دست هستند که راهکارهای مغز برای آفریدن این پیوستگی را برای ما آشکار می‌کنند. مثلاً این تجربه‌ی ساده وجود دارد که اگر محرکی صوتی، با وقفه‌ای بسیار کوتاه در میانش برای آزمودنی‌های انسانی پخش شود، آزمودنی‌ها صدا را پیوسته درک می‌کنند و متوجه سکوت کوتاه موجود در میانش نمی‌شوند. این تنها می‌تواند به یک معنا باشد و آن هم اینکه مغز خودش جاهای خالی را در یک روند بالا به پایین پر می‌کند. شواهدی

از این دست، به عنوان چهارچوب تجربی دیدگاه‌هایی مانند نظریه‌ی *تشدید سازگار* (**ART**)[1] مورد استفاده قرار گرفته‌اند (**Grossberg.- 1995**)[۱۴۲]. در این نظریه، اثر محرک بر سیستم عصبی به صورت حافظه‌ی کوتاه مدتی بازنمایی می‌شود، که با محتوای اطلاعاتی حافظه‌ی بلند مدت مقایسه می‌شود و اگر الگوهای این دو از حد خاصی بیشتر با هم شبیه بود، نقاط خالی و متفاوت توسط روندی بالا به پایین حک و اصلاح می‌شوند تا بازشناسی ممکن گردد. این حک و اصلاح بر اساس دیدگاه ارائه شده در این نوشتار، همان غلطیدن خطراهه‌ی پویایی سیستم به درون چاه پتانسیل نزدیکش خواهد بود (مراجعه کنید به تحلیل آزمون تغییر فاز بازشناسی بینایی در ضمیمه).

۶-۵-پ) بر اساس منطق شولایی[2] کار می‌کند.

در منطقِ کلاسیک، هر گزاره‌ی معنی‌دار، یا درست است و یا نادرست. به این ترتیب اگر این دو صفت را با ۱ و ۱- نشان دهیم، هر گزاره‌ی معنی‌دار لزوماً یکی از این دو عدد را به خود خواهد گرفت. یعنی یا راست خواهد بود و یا دروغ. به این ترتیب ارزش صحت هر گزاره در دستگاه کلاسیک حالتی گسسته دارد.

این گسسته بودن منطق رسمی، در واقع رسوبی است از *اصل طرد میانه*[3] که برای بار نخست توسط ارسطو بیان شد و بر مبنای آن برخی از صفات -مانند درستی /نادرستی، سردی /گرمی، زوج /فرد و...- حالت دودویی داشتند و دارا بودن یکی از آنها منجر به از بین رفتن استعداد محمولشان، برای داشتن دیگری می‌شد.

این اصل منطقی تا مدتها در حیطه‌ی علوم و فنون حکومت می‌کرد و نقضش ناممکن فرض می‌شد، به شکلی که فون نویمان هم به هنگام طراحی و ساخت رایانه‌های خود -که امروز در هر اداره‌ای دیده می‌شود- همین اصل طرد میانه را رعایت کرد.

تا مدتها، چنین پنداشته می‌شد که منطق دودویی رایج در علوم محاسباتی تنها منطقی است که می‌تواند بر سیستم‌های پردازنده‌ی اطلاعات سوار شود. این توهم پا برجا بود تا اینکه یک ریاضیدان ایرانی به نام دکتر لطفی‌زاده، نوع جدیدی از منطق را پیشنهاد کرد که به نام منطق شولایی شهرت یافت. این منطق تازه، برخلاف آنچه که تا پیش از این بدیهی پنداشته می‌شد، به هر گزاره‌ی به کار گرفته شده در جبر گزاره‌هایش، مقدار صحتی پیوسته نسبت می‌دهد. یعنی منطق شولایی به هر گزاره اجازه می‌دهد تا در دامنه‌ای شامل بی‌شمار حالت بینابینی نوسان کند. زیبایی این نوع منطق در این است که بین دو مقدار صفر و یکِ یاد شده، طیفی از درستی را فرض می‌کند که هر مقداری در آن می‌تواند به گزاره‌ی مورد بحث ما اختیار شود. یعنی مثلاً امکان دارد گزاره‌ای در آن دارای ارزش ۰/۸ یا ۰/۴- باشد.

منطق شولایی امروزه در قلمرو صنعت هم اهمیت زیادی پیدا کرده است. در دهه‌ی هفتاد میلادی، ابراهیم ممدانی نخستین سیستم‌های شولایی کنترل کننده‌ی مونورهای بخاری را طراحی کرد و به زودی ژاپن -که میزبان برخی از این دانشمندان پیشرو بود- انواع محصولات فنی خود را که با منطق شولایی کار می‌کرد وارد بازار کرد. تنها در سال ۱۹۹۲.م میزان تولید لوازم خانگی شولایی ژاپن حدود دو میلیارد دلار بود (**Kosko & Isaka.- 1993**)[۱۹۱] و به تازگی یخچال‌هایی از همین نسل به بازارهای ایران هم وارد شده است.

شواهد زیادی در مورد شولایی کارکردن مغز انسان وجود دارد. این شواهد، درکل، با آنچه که برای رد کردن دیدگاه

۱- **Adaptive Resonance Theory**

۲- **fuzzy logic**

۳- **law of excluded middle**

نمادین در مورد آگاهی گفتیم، یکسان است. دیدگاه نمادین تبلور اندیشه‌ی ارسطویی و منطق کلاسیک در قالب دیدگاه‌های توجیه کننده‌ی آگاهی بود. چنان که دیدیم، برخی شواهد عصب‌شناختی وجود دارند که وجود گزاره‌های برآمده از اتمهای نمادین را در سیستم عصبی نقض می‌کنند. برخی از این شواهد به نحوه‌ی بازنمایی نقشه‌ای و غیرمتمرکز مربوط می‌شوند که ارتباطی با نوع منطق به کار گرفته شده در سیستم ندارند، اما بخش دیگری از داده‌های تجربی به نحوه‌ی پردازش اطلاعات و استنتاج در سیستم عصبی مربوط می‌شوند و این موارد برای هر دو زمینه اهمیت دارند. این شواهد نشان می‌دهند که مغز انسان در چهارچوب منطق کلاسیک مرتب اشتباه می‌کند، نتیجه گیری دقیق دودویی از بسیاری از گزاره‌ها و شواهد نمی‌کند، و معمولاً رفتارش را بر اساس نسبتی آمیخته از درست و غلط بودن فرضیات و استنتاجات -و نه درست یا غلط بودن آنها- تنظیم می‌کند (**Krebs & Davis.- 1993**)[۱۹۶].

۶-۵-ت) سلسله مراتبی است:

یعنی دارای سطوح گوناگونی از پردازش اطلاعات است. هر سطح بالایی به شکلی هم‌افزایانه ازکارکردهای سطوح زیرین زاییده می‌شود و پدیدارهایی تازه را هم از خود نمودار می‌کند. تعداد سطوح تشکیل دهنده‌ی آگاهی به نظر نظریات گوناگون متفاوت است. چنان که دیدیم، در نگرش نمادین، تعداد این سطوح دو تا بود (سطح نورونی -نمادین و سطح گزاره‌ای منطقی). در نگرش شبکه‌ای سه سطح مورد بحث قرار می‌گیرد (نورونی، الگوی شبکه‌ای، و منطقی)، و دیدگاه کوانتومی سطوح فراوانی را -از سطوح زیراتمی تا شبکه‌ی عصبی -مفروض می‌گیرد.
من در این مدل، آگاهی را در سه سطح مورد بحث قرار می‌دهم، سطح زیراتمی، سطح شبکه‌ی عصبی، و سطح دینامیسم اطلاعاتی.

برای روشن شدن مبنای این حرفها باید کمی بیشتر در مورد مفهوم سلسله مراتب در مغز کنکاش کنیم.
گفتیم که سلسله مراتب یک ویژگی سیستم‌های پیچیده است و همان است که از نحوه‌ی سازمان یافتن ماده و انرژی و اطلاعات در سیستم ریشه می‌گیرد و در نهایت در سطوح گوناگونِ معمولاً ابعادی، پدیدارهایی با طبیعتهای متفاوت را ایجاد می‌کند.
آنچه که در تعریف کردن سلسله مراتب در یک مدل باید در نظر گرفته شود، بیش از هرچیز دو اصل است: نخست حد و مرز بین سطوح همسایه‌ی پیچیدگی باید به دقت تعریف شود، و دوم پدیدارهای ظاهر شده در سطوح گوناگون باید مشخص شوند و از هم تفکیک داده شوند. اگر در مدلی این دو مفهوم مبهم باشد، سطوح پیچیدگی در آن روشن نخواهند بود.

در مدل مورد نظر من، حد و مرز بین دو سطح پیچیدگی همسایه، توسط یک پدیدار مهم بازشناسی می‌شود، که عبارت است از بازنمایی. در مدل هم‌افزایانه‌ی آگاهی، هر سطح سلسله مراتب، سطحی است که اطلاعات را به شکلی مستقل از، و متفاوت با سطوح دیگر بازنمایی کند. با این تعریف، اطلاعات نهفته در ماده و انرژیِ موثر بر سیستم‌های حسی موجود زنده، در سه سطح می‌توانند در درون سیستم بازنمایی شوند. نخست سطح مولکولی که در آن دگرگونی‌هایی در ساختار میکروسکپی سیستم پردازنده ایجاد می‌شود. تغییر شکل مولکول **۱۱-cis- retinal** به **all-trans retinal**، بسپارش و وابسپارش مولکولهای توبولین در هنگام واکنشهای منجر به رهاسازی کیسه‌های سیناپسی، اتصال مولکولهای ناقل عصبی به گیرنده‌های نورون بعدی، و... همگی نمودهایی از بازنمایی اطلاعات ورودی در سطح نخست هستند.

اگر پدیدارهای کوانتومی زیراتمی‌ای مثل **BEC** به واقع در سیستم نورونی رخ دهند، باید در سطحی جداگانه و زیر سطح مولکولی در نظر گرفته شوند، چرا که بیشتر رفتارهای منسوب به آنها در سطح زیراتمی -و نه مولکولی- انجام می‌شود، و نوع بازنمایی اطلاعات هم در آنها متفاوت است. اما چون هنوز شواهد کافی برای فرض چنین سطحی وجود ندارد، من در مدل خود آن را در نظر نمی‌گیرم. هرچند به وجود سطحی در زیر سطح مولکولی، که بازنمایی‌ای مشابه با **BEC** داشته باشد، باور دارم. در واقع باید در مدل هم‌افزایانه‌ی آگاهی، این فرض را در نظر گرفت که تمام مدل بر سطحی غایب بنیان نهاده شده است. نظریه کوانتومی به گمان من رویکردی راهگشا برای پرداختن به این سطح را به دست می‌دهد، اما به دلیل وسواس علمی و مشکوک بودن اصل وجود میدانی ناشی از **BEC** در مغز، من در این مدل جای آن را خالی می‌گذارم. شاید که بعدها به نوعی پر شود.

بازنمایی اطلاعات در سطح مولکولی، آنگاه که در کل سیستم عصبی به صورتی هم‌افزا و با اندرکنش با سایر بازنمایی‌ها نگریسته شود، بازنمایی دیگری را در سطحی دیگر پدید می‌آورد، که من در اینجا آن را سطح شبکه‌ای می‌نامم. این سطح کمابیش همان است که در نظریه‌ی شبکه‌ای مورد بحث است. اطلاعات موجود در سطح مولکولی، پس از اندرکنش با هم، در سطح مورد نظر ما الگوهایی از شلیک نورونی را در شبکه‌های عصبی پدید می‌آورد که به نوعی بازنمایی اطلاعات وارد شده به سیستم هستند. این بازنمایی بیشتر بر مبنای پردازش اطلاعات استوار است و دینامیسم اطلاعات در سیستم مورد بحث ما شکل آن را تعیین می‌کند. دقت داشته باشید که ما در اینجا با شبکه های محلی و کوچکی سر و کار داریم که هر یک برای پردازش اطلاعات خاصی تخصص یافته‌اند و چیز خاصی را هم بازنمایی می‌کنند. الگوی شلیک نورون‌های لوب بویایی خرگوش در پاسخ به بویی ویژه، الگوی شلیک نورون‌های **MT** میمون در پاسخ به درک حرکتی ویژه، الگوی شلیک نورون‌های حاشیه‌ی بیرونی- جلویی لوب گیجگاهی در برابر شنیدن یک نام و... مثالهایی از پدیده‌های این سطح هستند.

سومین سطح، مربوط به کل شبکه‌ی عصبی می‌شود، و من در اینجا نام آن را سطح خودآگاه می‌گذارم. در این سطح، از اندرکنش بازنمایی‌های سطح شبکه‌ای، نوعی ویژه از بازنمایی چرخه‌ای[1] ایجاد می‌شود که ما به صورت ادراک خودآگاهانه آن را تجربه می‌کنیم. خودآگاهی به این معنا، عبارت است از مجموعه‌ی بازنمایی‌های شبکه‌ای، که دوباره در سطحی پیچیده‌تر بازنمایی شوند. یعنی بازنماییِ بازنمایی شبکه‌ای خودآگاهی را می‌سازد.

سطح خودآگاه، توسط عملکرد توجه انتخابی به سطح شبکه‌ای مربوط می‌شود، یعنی تنها بخشی از اطلاعات سطح زیرین که از صافی توجه عبور کند، به قلمرو خودآگاهی وارد می‌شود و در آنجا بازنمایی می‌شود.

به دلیل همین خصلت انتخابی بودن محتوای خودآگاهی، حجم اطلاعات موجود در آن به نسبت کم است و از درک کل پیکره‌ی حجیم اطلاعات سطح شبکه‌ای ناتوان می‌باشد.

شواهد زیادی در مورد وجود این سلسله مراتب سه گانه و محلهای تمرکز کارکرهای مربوطه‌شان در مغز وجود دارد. من در اینجا فقط به یکی از نتایج تازه به دست آمده اشاره می‌کنم. در عکسبرداری مغزی شش نفر آزمودنی سالم راست دست که با صدای بلند اشیای مشاهده شده در تصویری را نام می‌بردند، نشان داده شده که پردازش اطلاعات مربوط به بازشناسی اشیا به همان ترتیبی که در گفتار (۴-۴) ذکر شد، از لب پس‌سری آغاز می‌شود و پس از گذر از دستگاه‌های بالایی و پایینی به سطح خودآگاه می‌رسد (**Salmeline et al.- 1994**)[۲۷۶]. یعنی مسیر جریان اطلاعات در مغز همین مسیری را که گفتیم دارد، و این اطلاعات در مسیر عبور خود از سطوح مختلف این سلسله مراتب،

۱- **recursive**

پردازش‌های بیشتری پیدا کرده و معنای جدید را ایجاد می‌کنند. یعنی سطوح گوناگون سلسله مراتب مورد نظر ما، در مورد حس بینایی از پشت قشر مخ به جلو قابل تعریف است. ناگفته پیداست که این جریان نشانگر پویایی اطلاعات برای وارد شدن به سیستم خودآگاه است و سطوح مولکولی و شبکه‌ای پا به پای این سطح بالایی پردازش در همه‌ی نقاط مغز حضور دارند.

۶-۵-ث) تخصص یافته است:

تخصص یافتن سیستم عصبی برای پردازش اطلاعات ویژه، چیزی است که نمودهای فیزیولوژیک آن را فراوان دیدیم. تمرکز یافتن پردازش اطلاعات مربوط به یک حس خاص در بخش ویژه‌ای از مغز (مثلاً بینایی در قشر پس‌سری مخ) یا تمرکز یافتن کارکردهایی جزئی‌تر و دقیقتر در یک شبکه‌ی عصبی موضعی، نمودهایی از این تخصص یافتن هستند.

اگر بخواهیم این حرف را به زبان نظریه‌ی عمومی سیستم ها بیان کنیم، چنین نتیجه می‌گیریم: مغز سیستمی کلان است که به کار پردازش اطلاعات مشغول است، اما این کار را به شکل همگن و منتشر انجام نمی‌دهد. در درون مغز زیرسیستم‌های تخصص یافته‌ای وجود دارند که به طور موازی یا سری به هم مربوط هستند و در هر لحظه به دقیقترین شکل ممکن گزاره‌های قابل استفاده برای موجود را از شواهد ورودی استنتاج می‌کنند. هریک از این زیرسیستم‌ها در واقع با یک شبکه‌ی عصبی موضعی که پردازش داده‌های خاصی را بر عهده دارد، یکسان است. تقسیم‌بندی‌های گوناگونی از این زیرسیستم‌ها وجود دارد که روش بافت‌شناختی برودمن یکی از مشهورترین آنهاست، در (شکل - ۱۶) نمایی از این تقسیم‌بندی را خواهید دید.

ممکن است این زیرسیستم‌ها کوچک باشند (مثل هسته‌ی بالای چلیپایی **SCN**[1] که فقط دو هزار نورون دارد)، و یا اندازه‌ای بزرگ داشته باشد (مثل کل قشر پس‌سری و سیستم‌های مربوطه که در بخش چهارم مورد بحث بود).

ممکن است این شبکه برای انجام کاری بسیار ویژه تخصص یافته باشد (مثل درک زمان در **SCN**) و ممکن هم هست که کاری بسیار عامتر را انجام دهد (مثل قشر حرکتی). در برخی از موارد، کاری که شبکه انجام می‌دهد به قدری پیچیده است و حجم پردازنده‌های درون آن به قدری زیاد است که نوعی سلسله مراتب فرعی را در درون زیرسیستم مزبور هم می‌توان بازیافت. مثلاً تقسیماتی که در سیستم پردازنده‌ی اطلاعات بینایی شاهدش بودیم نمودی از این امر است.

اگر بخواهم از زیرسیستم‌های دارای کار سری و موازی در سیستم بینایی مثل بزنم، باید به این موارد رجوع کنم. دو زیرسیستم تشخیص شیء و تشخیص روابط فضایی و محل شیء نمونه‌ی از پردازش موازی در مغز هستند و پردازش سطح بالای بینایی -مثل تشخیص چهره- نمونه‌ای از پردازش سری در سیستم عصبی است.

یکی از نمودهای مشهور تخصص یافتن مغز، شکستن تقارن بین دو نیمکره است. نیمکره‌ی چپ و راست چنان که می‌دانیم وظیفه‌ی پردازش دو چهارچوب متفاوت از اطلاعات را بر عهده دارند. ظاهراً هریک از این دو نیمکره از اطلاعات ورودی به دیگری بی‌خبرند، و هریک تنها بخشی از اطلاعات نشت کرده به سیستم خودشان را دریافت می‌کنند (**Gazzaniga.- 1993**)[۱۲۸]. مثلاً اگر به نیمکره‌ی راست بیماران دوپاره مغز، محرکی نشان دهیم که برانگیختگی عاطفی در ایشان ایجاد کند، عواطف تجربه شده در نیمکره‌ی چپ هم تغییر خواهند کرد و توسط ابزار

۱- **Supra Chiasmic Nucleus**

زبانی متمرکز در این نیمکره گزارش خواهند شد (**Gazzaniga.- 1970**)[۱۲۷].

در کل، به نظر می‌رسد نیمکره‌های چپ و راست برای انجام دو کار متفاوت تخصص یافته باشند. چنان که می‌دانیم، پردازشهای تحلیلی، خودآگاه، و جزءانگار بیشتر در نیمکره‌ی چپ و کارکردهای کل‌گرا، ناخودآگاه، و توصیفی بیشتر در نیمکره‌ی راست تمرکز یافته‌اند (**Kinsbourne.- 1975**)[۱۸۵]. به قول یکی از پژوهشگران این زمینه، نیمکره‌ی چپ عمق آگاهی و نیمکره‌ی راست سطح آگاهی را تعیین می‌کند. یعنی در سمت چپ اطلاعات مربوط به ارتباط حال باگذشته به طور سریال پردازش می‌شوند و معمولاً هم در سطح خودآگاه بازنمایی می‌شوند، در حالی که نیمکره‌ی راست اطلاعات عام مربوط به زمان حال را دریافت می‌کند و به کمک پردازش موازی همه‌شان تصویری کلی از جهان خارج به دست می‌آورد (**Kinsbourne.- 1993**)[۱۸۶].

اگر بخواهیم تحلیل خود را از کارکرد دو نیمکره ادامه دهیم، به این نتیجه می‌رسیم که نیمکره‌ی راست مرکز بازنمایی وضعیت عمومی بدن، و نیمکره‌ی چپ مرکز کدگذاری و گزارش آن است. شواهد بالینی نشان می‌دهد که بیماران دارای اختلال در نیمکره‌ی چپ، خودشان از وجود ایراد در کارکرد مغزشان آگاهند، اما بیمارانی که نیمکره‌ی راستشان آسیب دیده، از درک اختلال پردازشی خود ناآگاهند. به عنوان مثال کسانی که بینایی‌پریشی نیمه‌ی چپ میدان دید -مربوط به نمیکره‌ی راست- را دارند، از فهم اینکه مشکلی در درک بینایی‌شان وجود دارد ناتوانند وسرسختانه ادعا می‌کنند جهان را به درستی بدون نقص درک می‌کنند. آنهایی که اختلال مشابه را در نیمکره‌ی چپ دارند، برعکس از اختلال خود آگاهند و به آزمایشگرها گزارش می‌دهند که چیزهایی در میدان بینایی را درک نمی‌کنند (لوریا.- ۱۳۷۰)[۲۲].

۶-۵-ج) بخش خودآگاه آن، محتوای اطلاعاتی محدودی دارد:

چنان که در مورد بینایی دیدیم، پردازش سطح بالای اطلاعات همواره به شکل سریال انجام می‌شود. شواهد رفتاری فراوانی در این زمینه وجود دارند. مثلاً نشان داده شده که زمان مورد نیاز برای انجام دو کنش پردازشی ساده‌ی خودآگاهِ پیاپی، با نزدیک شدن زمانشان دستخوش تغییر می‌گردند. به عنوان مثال، اگر دو محرک گزینشی ساده‌ی s_1 و s_2 -مثل ذکر زیر یا بم بودن صدایی- به آزمودنی‌ها داده شود، و زمان بین ورود محرکهای مورد نظر به تدریج کم شود، در مقطعی خواهیم دید که بدون تغییر در زمان s_1، زمان s_2 افزایش خواهد یافت. کنشهای ساده‌ای که در آزمایشگاه برای تحلیل این تداخل عملکرد مورد استفاده قرار می‌گیرند، کارهایی هستند که دارای سه فاز *ادراک*، *پردازش وانتخاب*، و *پاسخگویی* هستند. یعنی محرکی مثل صدا وارد سیستم پردازنده‌ی فرد می‌شود (ادراک) که باید از نظر زیر و بم بودن تحلیل شود، و بعد با عملی مثل فشردن یک کلید خاص نتیجه‌ی این پردازش اعلام شود. تداخل بین رفتار اول و دوم در هریک از این سه مرحله می‌تواند رخ دهد. یک توضیح برای پدیده‌ی تداخل زمانی یاد شده، این است که یکی یا همه‌ی این مراحل در مورد عمل s_2 آنقدر منتظر می‌مانند تا سه فاز مربوط به عمل s_1 تکمیل شود. به نظریاتی که معتقدند چنین اتفاقی می‌افتد، نظریات قیفی[۱] می‌گویند.

اگر این تداخل مربوط به درک محرک دوم باشد، باید زمان تأخیر پاسخ دوم هم همراه با پیچیده‌تر شدن محرک

۱-**bottle neck theories**: معنای دقیق این عبارت نظریات لوله‌ی بطری‌ای است، اما به دلیل طولانی و ناخوشایند بودن عبارت یاد شده ترجیح دادم از واژه‌ی قیف استفاده کنم که معنا را می‌رساند.

بیشتر شود، اما چنین اتفاقی در عمل نمی‌افتد، چراکه جذب اطلاعات مربوط به این محرک در فاصله‌ی زمانی بین دو پاسخ انجام می‌شود. اگر این تداخل مربوط به مرحله‌ی پاسخگویی باشد، باید با پیچیده‌کردن پاسخ اول زمان پاسخ دوم هم بیشتر به تأخیر بیفتد، اما چنین اتفاقی هم نمی‌افتد. بنابراین تنها راهی که در نظریات قیفی باقی می‌ماند، این است که فرض کنیم پردازش اطلاعات در دو کنش با هم تداخل می‌کنند. شواهد دیگری هم وجود دارند که درست بودن این دیدگاه را تأیید می‌کنند. به بیان دیگر، این آزمونها نشان می‌دهند که مغز در سطوح بالای پردازشی -که نتایج به صورت خودآگاه قابل‌دستیابی هستند- لزوماً به صورت سری عمل می‌کند و ازکارکردهای موازی زیرسیستم‌های ساده‌تر در این سطح خبری نیست (Pashler.- 1993)[۲۵۴].

تداخل کنشهایی که لازم است به بالاترین سطح بازنمایی اطلاعات -سطح خودآگاه که به زودی معرفی خواهد شد- وارد شوند، نشانگر این امر است که کل فضای اطلاعاتی قابل‌تعریف در این سطح حجم محدودی دارند. یعنی کارکردن با اطلاعاتی که مربوط به دو کنش رفتاری ساده شوند هم در این سطح ممکن نیستند. این امر تا حدودی بازتاب عملکرد مهاری توجه است که تنها به مقدار کمی از مهمترین اطلاعات موجود در محیط امکان ورود به این سطح را می‌دهد.

۶-۶) مدل هم‌افزایانه‌ی آگاهی:

مدل ارائه شده در این نوشتار، به دلیل تأکیدی که در آن نسبت به نظریه‌ی هم‌افزایی وجود دارد، از این پس با نام *مدل هم‌افزایانه‌ی آگاهی* خوانده خواهد شد. این مدل، در طرح نمادین صفحه‌ی بعد نمایش داده شده است. عناصر برجسته‌ی سازنده‌ی این مدل عبارتند از:

۶-۶-الف) آگاهی و سطوح آن:

کل پیکره‌ی اطلاعاتی سازنده‌ی آگاهی در این مدل، به صورت سه استوانه‌ی روی هم قرارگرفته نمایش داده شده است. دقت داشته باشید که مفهوم آگاهی در این چهارچوب، همان است که در بند گذشته ذکر شد. یعنی گستره‌ای از پردازش اطلاعات که بسته به پیچیدگی خود می‌تواند در سطوح گوناگونی از سلسله مراتب قرارگیرد. آنچه که سطوح گوناگون پردازش را از هم جدا می‌کند، عبارت است از بازنمایی. یعنی پیچیدگی، نوع و دقت بازنمایی انجام شده در مسیر این پردازش اطلاعات، تعیین کننده‌ی جایگاه سلسله مراتبی یا مرتبه‌ی *آگاهی* است. به این ترتیب، در ساده‌ترین مرتبه که سطح پردازش حسی توسط گیرنده‌های بدن است، با مرتبه‌ی حسی آگاهی روبرو می‌شویم که مهمترین ویژگی‌اش دست اول بودن بازنمایی جهان خارج است. یعنی بازنمایی تشکیل شده در این سطح مستقیماً از پویایی عناصر جهان خارج برآمده‌اند و توسط بازنمایی عصبی دیگری تغذیه نمی‌شوند. من برای تأکید بر خصلت مولکولی این نوع بازنمایی، سطح ادراک حسی را به عنوان نمادی برای بازنمایی سطح مولکولی در نظرگرفته‌ام. در شکل مورد بحث، استوانه‌ی حجیم پایه، نشانگر بازنمایی اطلاعات در سطح مولکولی است. چنان که می‌بینید این نوع بازنمایی در ارتباط مستقیم با حواس قرار دارد و به طور سرراست از پویاییِ در جریان در عناصر محیطی تأثیر می‌پذیرد.

دومین سطح بازنمایی، که از سطح مولکولی تغذیه می‌شود، سطح شبکه‌ای نام دارد. حجم زیاد و ارتفاع بالای استوانه‌ی نماینده‌ی این نوع بازنمایی، نشانگر حجم زیاد اطلاعات پردازش شده در این سطح است.

چنان که گفتیم، در هر سطح بازنمایی هایی داریم که هریک از پردازش شدن بازنمایی های سطوح پایینی نتیجه شده‌اند و ارتباط مستقیمی با محرک‌های خارجی ندارند. پس طبیعی است که با بالا رفتن در سلسله مراتب پیچیدگی، حجم اطلاعات باقی مانده از آنچه که توسط حواس گرفته شده است، کمتر شود. اما این کمتر شدن به این معنا نیست که محتوای اطلاعاتی هر سطح لزوماً کمتر از سطح زیرین خود است، چرا که ویژگی مهم سیستم عصبی -یعنی خودسازماندهی- در هر سطح می‌تواند به آفرینش اطلاعات جدید بینجامد. این بیشتر شدن حجم اطلاعات کلی از راه پردازش زیاد داده‌های ورودی، در ارتباط میان سطوح مولکولی و شبکه‌ای دیده می‌شود. کمتر بودن سطح لایه‌ی شبکه‌ای نشانگر تصفیه شدن بخشی از اطلاعات غیرلازم در سطح حسی، و بنابراین از دست رفتن برخی از اطلاعات ورودی به سیستم است، و بیشتر بودن ارتفاع، و در نتیجه حجمِ این بخش نمایانگر بیشتر بودن محتوای کلی اطلاعات در آن است.

اگر بخواهیم مدلی ریاضی برای آگاهی و سطوح گوناگون آن ارائه دهیم، باید چنین بگوییم:
هر مرتبه از آگاهی، عبارت است از سیستمی از چینش ماده و انرژی و اطلاعات، که در شکل ساده‌انگارانه‌اش می‌تواند با ماتریسی **N** بعدی نمایش داده شود. هر عدد در این ماتریس نشانگر مقدار منسوب به یکی از ابعاد بازنمایانده شده بر فضای فاز **N** بعدی سیستم خواهد بود. متغیرهای تعیین کننده‌ی **N** هم عبارت خواهند بود از همان عناصری که تغییرشان، به تغییر در دینامیسم سیستم در سطح مطلوب می‌انجامد. یعنی تعداد متغیرهای تعیین کننده‌ی تعداد ابعاد هر سطح از آگاهی، به این شکل قابل‌نمایش خواهند بود:

$$\mathbf{N= \{X_1, X_2,...,X_n\}}$$

که در آن $\mathbf{X_n}$ بیانگر منغیرهای ویژه‌ی سطح مورد بحث خواهد بود. مثلاً در سطح شبکه‌ای، تعداد نورون‌ها، تعداد لایه‌های مرتبط با هم، تعداد ارتباطات هر نورون با همسایه‌هایش، نوع ناقل عصبی، وجود یا عدم وجود مهارهای پیش‌سیناپسی، و... تعیین کننده‌ی تعداد ابعاد فضای فاز مورد نظر ما خواهد بود. در این حالت ماتریس مورد نظر ما (**M**) عبارت خواهد بود از:

$$\mathbf{M= F(\xi, N)}$$

که در آن **F** عبارت خواهد بود از تابعی که تبدیل متغیرها به اعداد را بر محورهای فضای فاز ما کنترل می‌کند، و ξ متغیری خواهد بود که سطح پیچیدگی، یا همان مرتبه‌ی آگاهی را تعیین خواهد کرد. ξ در واقع متغیری است که به ابعاد مشاهده‌ی ما بستگی دارد. بسته به تغییرات این متغیر، ما سطوح تازه‌ای از پردازش اطلاعات را در سیستم مشاهده خواهیم کرد. به عنوان مثال اگر این کمیت در سطح نانومتر تعریف شود، به سطح مولکولی و اگر در سطح میلی‌متر تعریف شود به سطح شبکه‌ای مربوط خواهد بود. سطح خودآگاهانه به دلیل درگیر بودن با کل سیستم عصبی باید با واحدی مانند سانتی‌متر مربوط باشد.

به ازای تغییرات رایج در جهان خارج هم می‌توان ماتریسی مشابه را فرض کرد که به این ترتیب تعریف شود:

$$\mathbf{M'= F'(\psi, N')}$$

که در آن تمام متغیرها وضعی شبیه به ماتریس تعریف کننده‌ی سیستم عصبی دارند. در اینجا ψ نشانگر تعداد ابعاد فضای فازی است که واقعاً در جهان خارج وجود دارد. این ابعاد توسط سیستم ما درک نمی‌شوند و تنها شکل تغییر یافته و مختصر شده‌اش در بازنمایی‌های عصبی تفسیر می‌شوند. یعنی:

$$\psi > \xi \text{ و } \mathbf{N' > N}$$

حالا ما در صورتی می‌توانیم سطح ξ را بازنماینده‌ی جهان خارج بدانیم که ارتباطی یک به یک بین دو ماتریس **M** و **M'**

وجود داشته باشد. وقتی در سطوح سلسله مراتب بالاتر برویم، به ازای هر تاژه، بازنمایی تازه‌ای خواهیم داشت، با این تفاوت که در سطوح بالایی، دیگر ارتباطی با ماتریس مربوط به جهان خارج (**M'**) وجود ندارد و تنها عامل تعیین‌کننده‌ی بازنمایی شدن یا نشدن اطلاعات خارجی، وجود رابطه بین دو ماتریس با تاهای متفاوت خواهد بود. در اینجا برای ساده‌تر شدن بحث، سه ماتریسی را که به ازای فضاهای فاز مولکولی، شبکه‌ای، و خودآگاهانه تشکیل می‌شوند، به ترتیب با عناوین M_m، M_n، و M_c مورد اشاره قرار خواهیم داد.

اگر بخواهیم جایگاه مکانی خاصی را به عنوان مرکز آگاهی در نظر بگیریم، ناچار خواهیم بود تا تمام شبکه‌ی عصبی سازنده‌ی یک جاندار پرسلولی را به عنوان عنصر سازنده‌ی نخستین سطح بازنمایی در نظر بگیریم. یعنی پیکره‌ی مورد بحث در تمام سیستم عصبی موجود جای دارد.

گوشزد نخست: ظاهر تحویل‌گرا و ساده‌ی مدل پیشنهادی نباید باعث به اشتباه افتادن خواننده شود. در مدلهای عصبی از آگاهی در برخی جاها می‌توان رویکرد تحویل‌گرا را -به ویژه هنگام تحلیل آزمونها- به کار گرفت. اما صِرف فرض پدیدارهای هم‌افزا در سیستم، با تحویل‌گرا بودن آن منافات دارد. پس فرض کردن تعداد مشخصی از لایه‌های پردازشی در مدل مورد نظر ما بیشتر از آنکه تفسیری واقع‌بینانه باشد یک تدبیر کاربردی است. چنانکه قبلاً هم اشاره کردم، آگاهی پدیده‌ای است که تنها در سطح پیدایشش -یعنی در سطح تعریف زندگی- آستانه‌دار است و بعد از آن تمام صورتبندی‌هایی که ما از آستانه‌ی لازم برای پیدایش بازنمایی‌های سطوح گوناگون می‌کنیم لزوماً به برداشتهای غیرواقعیِ ذهنی آلوده‌اند.

به بیان دیگر، بازنمایی‌های پیشنهاد شده در اینجا در سطوح گوناگون با همدیگر بازخورد دارند و شاید فرض سه سطح مجرد با روابطی تا این اندازه تر و تمیز چندان درست نباشد. با اینهمه، کمترین تعداد سطوحی که می‌توان برای پردازنده‌ی کلان عصبی فرض کرد و پدیدارهای مورد توجه ما را از آن استخراج کرد. همین سه سطح هستند. پس این سطوح را در مدل خود فرض می‌کنیم، و فراموش نمی‌کنیم که این در واقع نوعی شکست پدیده‌ی ارادی است و ما در واقع داریم یک طیف درهم تنیده را به اجزایی متمایز می‌شکنیم تا تحلیلش ساده‌تر شود.

گوشزد دوم: دقت داشته باشید که سه سطح یاد شده لزوماً در هر سیستم زنده‌ای وجود ندارند. آگاهی در موجودات تک‌یاخته‌ای تنها به سطح مولکولی منحصر می‌شود و در گیاهان و قارچها و سایر پریاخته‌های غیرجانوری که فاقد دستگاه عصبی هستند هم تعریف سطح شبکه‌ای -با توجه به وجود نداشتن شبکه‌ی نورونی- باید به شکلی متفاوت در نظر گرفته شود. مثلاً شاید بتوان در این موجودات ارتباطات اطلاعاتی بین یاخته‌های همسایه و بافتهای نزدیک را به عنوان نوعی پردازش شبکه‌ای خیلی ساده در نظر گرفت. در جانورانی هم که ساختار سیستم عصبی‌شان ساده است و (مثل کرمها) نمی‌توان خودآگاهی‌شان را با ابزارهای تجربی نشان داد، فرض وجود سطح بازنمایی خودآگاه غیرواقع‌بینانه است. یعنی آنچه که در شکلهای مورد ارائه نشان داده شده است، بیش از آنکه مدلی عام از آگاهی در تمام موجودات زنده باشد، مدلی از آگاهی است که می‌توان در پیچیده‌ترین سطح -یعنی سطح پردازش جانوران خودآگاه- تعریف کرد. از آنجا که هدف اصلی این رساله تولید مدلی عام است، به پیچیده‌ترین حالت ممکن (انسان) پرداخته‌ام و حالات ساده‌تر را با تغییر دادن در جزئیات مدل پیچیده کنونی و حذف برخی از سطوح قابل استخراج می‌دانم.

۶-۶-ب) بازنمایی اطلاعات در سطح نورونی:

می‌دانیم که در نظریات سنتی و کلاسیک مربوط به کدگذاری اطلاعات در مغز، چنین فرض می‌شود که بسامد انتقال اطلاعات توسط نورون تعیین کننده‌ی نوع اطلاعات منتقل شده است. یعنی نتایج پردازش درون-نورونیِ اطلاعات، در قالب بسامد شلیک نورون‌ها کد می‌شود. شواهد محکمی هم در مورد برخی از اطلاعات این دیدگاه را پشتیبانی می‌کنند. مثلاً نشان داده شده که بسامد شلیک نورون‌های گره‌ای در شبکیه، تعیین کننده‌ی شدت درخشش محرک نورانی مربوطه است.

اما این دیدگاه ایرادات زیادی دارد. سطح شبکه‌ای، با وجود حجم عظیم اطلاعاتی که پردازش می‌کند، با تعداد گامهای اندکی از سطح بالایی خود جدا می‌شود. زمان لازم برای پاسخدهی نورون‌های قشر گیجگاهی -پس‌سری نیمکره‌ی راست که به بازشناسی چهره اختصاص یافته‌اند، تنها ۱۴۰-۱۰۰ هزارم ثانیه است. یعنی زمان لازم برای ثبت پاسخ آزمودنی در برابر یک محرک خاص، چیزی در همین حدود است. این مقدار اندک را، در کنار این واقعیت مورد توجه قرار دهید که از شبکیه تا قشر گیجگاهی -که پردازش اطلاعات در آنجا به خودآگاه وارد می‌شود،- تنها ده سیناپس وجود دارد[۱]. به این ترتیب هر سیناپس به طور متوسط چیزی در حدود ده هزارم ثانیه برای انتقال پیام به نورون بعدی فرصت دارد، از آنجا که بسامد متوسط شلیک نورون‌های قشر مخ هم ده هرتز[۲] است (**Nunn & Osselton.- 1974**)[۲۴۷]، هر نورون در این مسیر تنها فرصت دارد تا با یک شلیک اطلاعات را به نورون بعدی منتقل کند. به این ترتیب آشکار است که کل اطلاعات مورد نیاز نورون‌های شبکه برای شکل‌دهی به بازنمایی محیط خارج، نمی‌تواند بنابر مدل کلاسیک توسط بسامد نورون‌ها کد شود.

ایرادی که در اینجا ذکر شد، ذهن بسیاری از تحلیلگران محتوای اطلاعاتی شبکه های عصبی را به خود مشغول کرده است. یکی از پیشنهادات خوبی که می‌تواند جایگزین نگرش قدیمی شود، این است که راه‌های گوناگونی با سرعتهای متفاوت شلیک در شبکه پیش‌تنیده شده باشند و ترتیب شلیک نورون‌های بافته شده در این مجموعه به نوعی پویایی کل سیستم را تعیین کند و به عبارتی منجر به تشخیص اطلاعات مربوط به راه‌های مختلف شود (**Thorpe.- 1990**)[۳۰۵]. این رویکرد ترتیب زمانی -به جای بسامدی- به تازگی نظر بسیاری از متخصصان را به خود جلب کرده است. به گمان من هم این راهکاری مناسب‌تر برای توضیح چگونگی کدگذاری این انبوه اطلاعات در عرض شبکه‌ای گسترده، در زمانی کم است. اگر بخواهیم مدلی ریاضی برای این کدگذاری بر حسب ترتیب زمانی ارائه دهیم، من شخصاً مدلی را می‌پسندم که هاپفیلد به تازگی پیشنهاد کرده است. در این مدل ترتیب و چینش زمانی شلیک نورون‌ها به جای بسامد تعیین کننده‌ی نوع اطلاعات است. برای اطلاعات بیشتر نگاه کنید به (**Hopfield.- 1995**)[۱۶۵]. می‌توان برای واقعگرایانه‌تر کردن مدل پیشنهادی‌مان، متغیرهای دیگری مانند الگوی فضایی شلیک نورون، و قالب ارتباطی هر نورون با نورون‌های همسایه را هم در شیوه‌ی کد کردن اطلاعات توسط آن نورون دخیل دانست. مدلسازی این بازنمایی خاص در سطح نورونی مجالی دیگر و فرضتی بیشتر را می‌طلبد و بنابراین در اینجا به همین اشاره بسنده می‌کنم.

۱-دو تا در شبکیه، یکی در **LGB**، در هریک از نواحی V_1، V_2، و V_3 دوتا، و یکی در ناحیه‌ی **Inferotemporal**.

۲-این بسامد در دامنه‌ی صفر تا صد هرتز نوسان می‌کند، اما معمولاً ده هرتز فرض می‌شود.

۶-۶-پ) خودآگاهی:

خودآگاهی در واقع عبارت است از بالاترین سطح سلسله مراتب یاد شده. اگر سیستم به قدری پیچیده باشد که بازنمایی پدیدارهای جهان خارج در سیستم، دوباره در خود سیستم به شکلی نمادین بازنمایی شوند، آنگاه خودآگاهی ایجاد شده است. یعنی خودآگاهی عبارت است از توانایی سیستم، برای بازنماییِ بازنمایی‌های دیگرش. چنانکه در شکل هم آشکار است، خودآگاهی تنها بخش اندکی از کل اطلاعات در جریان در سیستم را به خود اختصاص می‌دهد و بنابراین نمی‌توان آن را به عنوان مرجعی برای سنجش رفتار کلی پردازشی مغز در نظر گرفت. با وجود اهمیتی که خودآگاهی برای خود ما دارد، تنها بخش بسیار کوچکی از اطلاعات است که در این محدوده پردازش می‌شود. بی‌تردید شهود ذهنی همه‌ی ما، به دلیل در دسترس بودن بازنمایی مربوط به این سطح اندک از اطلاعات، برای آن اهمیتی فراوان قائل است، اما باید بر این نکته پای فشرد که این مهم پنداشتن خودآگاهی هم مثل بسیاری از شهودهای مشهور دیگر، چندان درست نیست. چنانکه در مورد اختلالات حس بینایی دیدید، در خیلی از موارد با وجود آسیب دیدن رأس مخروط ناقص مورد بحث، به دلیل اندک بودن اطلاعات مربوط به آن، کل رفتار فرد چندان دچار ایراد نمی‌شود و بقای فرد به طور جدی در خطر نمی‌افتد.

مدلسازی ریاضی خودآگاهی به این ترتیب خواهد بود:

دیدیم که به هر سطح از پردازش عصبی، می‌توان ماتریسی مثل **M** را نسبت داد. اگر به ازای ماتریس $\mathbf{M_n}$، ماتریس دیگری مثل $\mathbf{M_c}$ در سطح کلان‌تر پیچیدگی وجود داشته باشد، به طوری که رابطه‌ی یک به یک یاد شده بین این دو برقرار باشد، و علاوه بر این ماتریس $\mathbf{M_c}$ به سیستم نمادینی مانند **Sym (i,j)** هم قابل تحویل باشد، آنگاه آن بازنمایی خودآگاه خواهد بود. پس مهمترین ویژگی بازنمایی خودآگاه، امکان صورتبندی آن در یک چهارچوب نمادین خالص است. این گفته از سویی با گزاره‌های مورد علاقه‌ی دیدگاه زبانشناختی نزدیکی دارد، و از سوی دیگر برخی از دستاوردهای پیروان دیدگاه نمادین را توجیه می‌کند. از آنچه که گفته شد، این بر می‌آید که:

$$\mathbf{M_C} \; \alpha \; \mathbf{Sym\ (i,j)}$$

که در آن **Sym** بیانگر نمادین بودن سیستم بازنمایی، و **i** و **j** نشانگر متغیرهای لازم برای تعریف سیستم مورد بحث هستند. مثلاً این دو متغیر می‌توانند به ترتیب تعداد نمادها و دستور ترکیب آنها رابا هم نشان دهند. دقت داشته باشید که در تمام مدل مورد نظر ما، بازنمایی و پردازش دو کنش همراه و همزمان هستند. سیستمی که در حال بازنمایی اطلاعات به شکلی خاص است، در واقع این اطلاعات را به شکلی ویژه پردازش می‌کند.

نتیجه‌ی مهمی که از تعریف خودآگاهی به این ترتیب به دست می‌آید، امکان گزارش زبانی برخی از تجربیات بازنمایی شده در سطح خودآگاهی است. یعنی با وجود اینکه گزارش دادن توسط ابزار زبانی لازمه‌ی پیدایش خودآگاهی نیست، اما *امکان* چنین کاری در مورد عناصر این سطح وجود دارد. اگر بخواهیم جایگاه خاصی را برای خودآگاهی در نخستیها نشان دهیم، باید به قشر مخ -به ویژه بخشهایی از لوب گیجگاهی نیمکره چپ و لوب پیشانی هردو نیمکره- اشاره کنیم. چنانکه گفتیم این بازنمایی خاص منحصر به گونه‌های معدودی با پیچیدگی پردازش خیلی زیاد است و در تمام جانوران وجود ندارد. مهمترین نمود رفتاری تأیید کننده‌ی وجود این لایه از پردازش در مغز، وجود زبان نمادین در موجود است. شواهد موجود نشان می‌دهد که دست کم در میمونهای عالی مثل شامپانزه و گوریل، و در زنبورهای عسل زبان نمادینی مشابه با آنچه که گفتیم وجود دارد.

۶-۶-ت) زبان:

زبان در واقع عبارت است از سیستم نمادین مورد بحث **[Sym (i,j)]** که می‌تواند تجربیات بازنمایی شده در سطح خودآگاه را بیان کند. زبان می‌تواند به شکل نوشتاری یا گفتاری یا حتی پساوایی -مثل زبان کر و لال‌ها- نمود یابد. درمورد اینکه زبان موسیقی را تا چه حدی در این چهارچوب می‌توان جای داد، بحث وجود دارد، اما به دلیل نمادین بودن و شباهت الگوی معنایی ایجاد شده در اثر این کدهای صوتی در ذهنهای گوناگون، گرایش شخصی من این است که این نوع بیانها را هم نوعی کارکرد زبانی در نظر بگیریم. هرچند در یک تعریف تنگتر از واژه‌ی زبان چنین کاری مجوز ندارد.

مهمترین ویژگی زبان، امکان گزارش شدن آن است. در واقع زبان ابزاری است که اطلاعات بازنمایی شده در سطح خودآگاه را به بیرون منتقل می‌کند و امکان درک شدنشان را توسط مغزهای دیگر فراهم می‌سازد. به این ترتیب ماده‌ی خام زبان عبارت است از اطلاعات خودآگاه. اما نباید زبان را در قلمرو سطح خودآگاه محدود پنداشت. شواهدی وجود دارد مبنی بر اینکه کارکردهای زبانی در سطح شبکه‌ای هم نمودهایی دارند. به عنوان مثال، بخش عمده‌ی رفتارهای زبانی که ما در در جریان زندگی هر روز خود انجام می‌دهیم، با وجود گنجیدن در چهارچوب سیستم نمادین زبان، به صورتی ناخودآگاه و عادت‌گونه مورد استفاده قرار می‌گیرند. به همین دلیل هم در مدل ارائه شده در اینجا، زبان را به عنوان بخشی از سطح خودآگاهانه می‌بینیم که در سطح شبکه‌ای هم رگ و ریشه‌ای دارد. علاوه بر اینکه تمام رفتارهای زبانی را نمی‌توان خودآگاهانه دانست، تمام پردازشهای خودآگاهانه را هم نمی‌توان زبانی فرض کرد. چنان که گفتیم، خودآگاه بودن به معنای امکان تبدیل شدن پردازش به کد زبانی است، و این معنا را در بر ندارد که این تبدیل لزوماً صورت می‌گیرد. بنابراین بخشی از لایه‌ی پردازش خودآگاه زیر پوشش زبان قرار ندارد. هرچند بنابر آنچه که گذشت این امکان برایش وجود دارد.

اگر بخواهیم جایگاه مشخصی را به این کارکرد نسبت دهیم، بی‌تردید پیش از هرچیز باید به قشر گیجگاهی نیمکره‌ی چپ فکر کنیم. شواهد موجود در مورد کد شدن اطلاعات زبانی در این منطقه به قدری برجسته و مشهور است که در اینجا نیازی به ذکر مجدد آنها نمی‌بینم. با وجود اینکه دیدگاه رسمی در عصب‌شناسی سنتی فقط کارکردهای نمادین نیمکره چپی را به عنوان زبان به رسمیت می‌شناسد، اما به گمان من رفتارهای بیانی نیمکره‌ی راست -مانند موسیقی- را هم باید در این چهارچوب نگریست. چرا که اینجا هم نمودهایی از بیانگری را داریم که به موازات زبان طبیعی تکامل یافته است. در هر صورت زبان یک ابزار بیانگری است که معمولاً برای انتقال اطلاعات موجود در سطح خودآگاه مورد استفاده قرار می‌گیرد و مهمترین جایگاه آن در نخستیها، لوب گیجگاهی نیمکره‌ی چپ است.

۶-۶-ث) توجه:

برای نخستین بار، ویلیام جیمز به این نکته اشاره کرد که در آگاهی، نوعی شکل در زمینه‌ای اطلاعاتی به صورت برجسته‌تر دیده می‌شود. به عبارت دیگر، نخستین کسی که تمایز بین ادراک آگاهانه و درک خودآگاهانه‌ی همراه با توجه را به تمایز شکل و زمینه در بینایی تشبیه کرد، جیمز بود (**James.- 1890**)[۲۸۴]. او توجه را به دو بخش فعال و

غیرفعال تقسیم کرد و هریک را دارای خواصی دانست. بعد از او، اوانز توجه فعال را به دو بخش توجه عملکردی[۱] و توجه تفکرآمیز[۲] تقسیم کرد (Evans.- 1970)[۲۸۴].

توجه در مدل ما عبارت است از پنجره‌ای که از طریق آن لایه‌ی خودآگاه اطلاعات مورد نیاز برای بازنمایی دقیقتر را از سطح شبکه‌ای دریافت می‌کند. با وجود گرایش پژوهشگران به فعال و انتخابی دانستن نقش توجه، ظاهراً کارکرد آن مهاری و تصفیه کننده است و بیش از آنکه به طور فعال به بازنمایی اطلاعات بینجامد، از راه حذف داده‌های غیرلازم مفاهیم ضروری را به سطح سوم پردازش مغزی وارد می‌کند. شواهدی که در گفتار (۴-۱۰) ذکر شد به خوبی نشان می‌دهند که کارکرد توجه بسیار انتخابی، و قدرت تصفیه‌اش بسیار بالاست. چرا که از حجم عظیم اطلاعات پردازش شده در سطح شبکه‌ای تنها بخش اندکی را به سطح خودآگاه راه می‌دهد.

پیش از این گفتیم که تنها بخش اندکی از اطلاعات پردازش شده در سطح شبکه‌ای در سطح خودآگاه بازنمایی می‌شود. اگر ارتباط بین دو فضای فاز یاد شده را با تابعی مانند $\mathbf{G}(\sigma_n\lambda)$ نمایش دهیم، این رابطه را خواهیم داشت:

$$\mathbf{M_c} \; \alpha \; \mathbf{G}(\sigma_n\lambda)\, \mathbf{M_n}$$

که در آن تابع $\mathbf{G}$ به عنوان رابطی بین دو سطح پیچیدگی در پردازش عصبی عمل می‌کند. در صورتبندی یاد شده، σ_n نشانگر محتوای اطلاعاتی محدود مورد توجه، و λ نشانگر کانال اطلاعاتی تغذیه کننده‌ی σ است. یعنی مثلاً λ خاصی تعیین کننده‌ی ورودی‌های سیستم بینایی است، و σ ویژه‌ای محتوای اطلاعاتی خودآگاه شده‌ی آن را نشان می‌دهد.

در مورد توجه، باید به چند نکته اشاره کرد، نخست آنکه چنان که گفتیم، کارکرد آن مهاری است و بیشتر از راه واپس زدن اطلاعات نامربوط، داده‌های مطلوب را برجسته می‌کند. دوم این که محتوای اطلاعاتی گرفته شده توسط آن در مقطع زمان بسیار اندک است. در مورد حس بینایی، شنوایی، چشایی و پساوایی تجربیاتی انجام شده‌اند که وجود آستانه‌ای به نسبت کم را برای محتوای اطلاعاتی پنجره‌ی توجه نشان می‌دهند. مثال مشهور موجود در این زمینه، محدودیتی است که در حس بینایی وجود دارد و تنها ادراک سریع کمتر از هفت شیء را در هر لحظه برای ما ممکن می‌کند. چنین آستانه‌ی قاطعی برای سایر حواس هم وجود دارد و تعداد محرکهای قابل توجه در سایر ورودی‌ها هم از الگویی مشابه تبعیت می‌کند. این آستانه‌ی جذب اطلاعات توسط توجه به قدری اندک است که محتوایش در حدود ۴ -۱/۹ بیت در هر مقطع زمانی تخمین زده می‌شود (Miller.- 1956)[۲۳۳].

کارکرد تکاملی توجه نیازی به شرح ندارد. آشکار است که در جریان تکامل این نیاز برای سیستم‌های پیچیده‌ی پردازنده به وجود آمده تا در میان انبوه اطلاعاتی که بنابر پیچیده بودن ساختارشان امکان دریافتشان را داشته‌اند، موارد مهم و ضروریِ مورد نیاز را انتخاب کنند و رفتارشان را بر اساس آن تعیین کنند. سیستم انتخابگر مورد نظر، طوری تکامل یافته که با مهار بخش عمده‌ای از اطلاعات، مانند آنچه که در مورد توجه بینایی گفتیم، تمرکز پردازش را بر پدیده‌هایی مهم و دست‌چین شده اعمال کند.

۶-۶-ج) حافظه:

حافظه عبارت است از توانایی سیستم برای حفظ اطلاعات انباشته شده در اثر تجربه. این توانایی در تمام سیستم‌های پیچیده‌ی هم‌افزا وجود دارد و به ویژه در دستگاه عصبی نمودهای برجسته‌ای به خود می‌گیرد.

۱- executive

۲- interrogative

در مدل مورد نظر ما حافظه به صورت سطح پایه‌ی هریک از سطوح بازنمای اطلاعات نمایش داده شده است. این نمایش سه لایه نشانگر این مطلب است که هر سطح از پردازش، حافظه‌ی خاص خود را دارد. رفتار مولکولهای ناقل عصبی و به ویژه تسهیل سیناپسی که بر اساس قانون هب صورت می‌گیرد، نمود حافظه در سطح مولکولی است. تسهیل مسیرهای نورونی ویژه در شبکه‌ی عصبی، که علاوه بر قوانین هبی با مدل‌های هاپفیلدی هم قابل تحلیل است، حافظه‌ی شبکه‌ای را تشکیل می‌دهد، و اطلاعات نمادین قابل ذخیره در سیستم پردازش زبانی، نمونه‌ای از حافظه‌ی خودآگاه است.

در مورد حافظه و چگونگی عملکرد و ذخیره‌اش در سیستم عصبی کارهای زیادی انجام شده و مدل‌های موفق و جالبی هم در دست است که در اینجا نیازی به تکرارشان نمی‌بینم. علاقمندان می‌توانند به مراجع نگاه کنند تا برخی از این مدل‌ها را بازیابند. نکته‌ی مهم اینکه محتوای اطلاعاتی وابسته به لایه‌ی خودآگاه در مدل ما، با آنچه که در سایر مدل‌ها با عنوان حافظه‌ی کوتاه مدت **STM**[1] شهرت یافته یکسان است. این نوع حافظه به طور مشخص خصلت مولکولی دارد و عمر کوتاه آن نشانگر وابسته بودنش به دینامیسم شبکه‌ای در مقاطع مشخص زمانی است. چنانکه در مورد سطح خودآگاه گفتیم، حجم اطلاعات عناصر موجود در این لایه اندک است. این حرف در مورد **STM** هم صدق می‌کند. آزمونهای به کارگرفته شده برای سنجش مقدار توانش اطلاعاتی این نوع حافظه، اعدادی متفاوت را به دست داده‌اند. یکی از آزمونهای انجام گرفته شده توسط نگارنده هم به سنجش این محتوای اطلاعاتی اختصاص داده شده که در آخر رساله آن را خواهید دید.

نکته‌ی دیگری که باید خاطرنشان شود این است که حافظه مفهومی مجرد و جدای از پردازش عصبی نیست. به بیان دیگر، حافظه را هم نمی‌توان به عنوان یک نوع طبیعی در نظر گرفت. در واقع ما در مغز حافظه‌هایی داریم که هریک بنابر تجربه‌ی خاص شبکه‌ی عصبی مربوط به خودشان شکل می‌گیرند و در همان نورون‌های ویژه هم ذخیره می‌شوند. ما به ازای تعداد زیرسیستم‌های مغزی حافظه داریم، و بنابراین نامی که در اینجا برای نامیدن همه‌ی نمودهای آن به کارگرفته شده در واقع نوعی ساده‌انگاری است.

۶-۶-چ) تکامل آگاهی:

می‌دانیم که مرکز خودآگاهی انسان در قشر مخ قرار دارد. یعنی پردازش اطلاعات محدودی که بازنمایی نهایی از مفاهیم خارجی را در بالاترین سطح پردازشی ایجاد می‌کنند، عمدتاً در قشر مخ قرارگرفته‌اند[2]. قشر مخ که به ظاهر در پستانداران مرکز انجام پردازشهای سطوح بالایی مدل ماست، در طول تکامل دگرگونی‌های زیادی را به خود پذیرفته است. در واقع آنچه که ما امروز به عنوان مغز انسان داریم، مقطعی از یک روند پویا و متغیر در طول زمان است. مقایسه‌ی مغز پستانداران به خوبی نشان می‌دهد که رقابت تکاملی مهمی در برخی از شاخه‌های تکاملی -مثل شاخه‌ی نخستی‌ها- برای حجیمتر شدن تعداد عناصر شبکه‌ی عصبی قشری در جریان بوده است. سطح قشر مخ در موش صحرایی نسبت به وزنش یک صدم مساحت مشابه در شامپانزه است و در این میمونها هم این سطح به یک دهم

۱- **Short Term Memory**

۲- دقت کنید که این حرف مطلق نیست. مثلاً ادراک خودآگاه حس درد -که از نظر اطلاعاتی خیلی مهم است- در ماده‌ی خاکستری اطراف قنات سیلویوس (**PAG**) در مغز میانجی انجام می‌گیرد.

مقدار مشابه در انسان نمی‌رسد (Rakic.- 1992)[۲۶۳].

تکامل بخشهای مختلف قشر مخ هم همزمان و همگن صورت نگرفته است. به عنوان مثال درگونه های مختلف، می‌بینیم که بخشهای متفاوتی از قشر مخ برجسته و بزرگتر شده‌اند. مثلاً در تغییر فاز از شامپانزه به انسان نئاندرتال (Homo sapiens neanderthalensis)، می‌بینیم که ناحیه‌ی ششم برودمان که سازماندهی حرکات ظریف را بر عهده دارد، رشد بیشتری کرده است. در میمونها سطح این ناحیه با ناحیه‌ی چهارم که راهبر حرکات خشن است برابر است، اما در انسانِ یاد شده این بخش دو برابر ناحیه‌ی چهارم مساحت دارد (Eccles.- 1992)[۱۰۷]. مثال دیگر، قشر مخطط که پردازش اولیه‌ی بینایی را در مغز رهبری می‌کند تنها ۳ ٪ سطح قشر مخ انسان را می‌پوشاند اما همین بخش در شامپانزه‌ها ۱۵ ٪ از قشر مخ را به خود اختصاص داده است (Rakic.- 1992)[۲۶۳]. مثالهای کلانتر و برجسته‌تری را هم می‌توان با مقایسه‌ی آناتومی مغز رده‌های موازی جانوران مطرح کرد. مثلاً بزرگتر بودن چشمگیر اجسام قارچی در مغز حشرات راسته‌ی نازک بالان (Hymenoptera) که زندگی اجتماعی دارند، نسبت به پروانگان (Lepidoptera) که خویشاوند تکاملی زنبوران و مورچگان هستند، یا بزرگ و حجیم شدن برجستگی‌های چهارگانه‌ی بالایی[۱] در پرندگان و ایفای نقششان به جای lobus occipitalis پستانداران نمونه‌هایی از این تغییرات هستند (Pearson & Pearson.- 1976)[۲۵۵]. نمایی از این تغییرات تکاملی را در (شکل - ۲۷) می‌بینید.

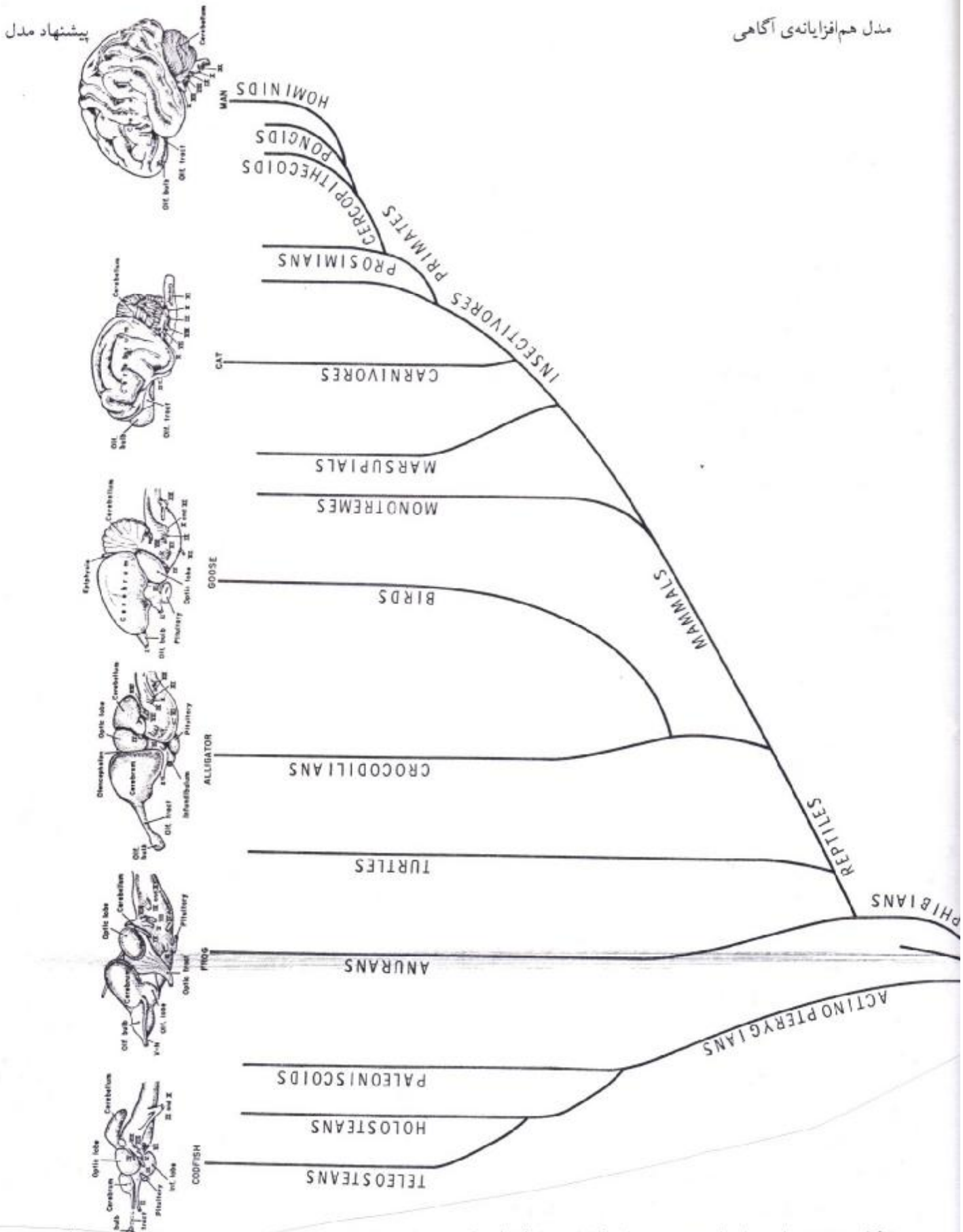
در روند تکامل، بخشهای جدید هم درگونه‌های تازه به وجود آمده‌اند نمونه‌ی مشهور و برجسته‌ی آن، ناحیه‌ی بروکا[۲] در قشر گیجگاهی انسان است که در میمونهای نزدیک به انسان دیده نمی‌شود و می‌تواند نمایشگر جدید بودن سخت‌افزار پشتیبان زبان باشد (Rakic.- 1992)[۲۶۳]. از سوی دیگر، در یک فرد هم ممکن است ساختارهای متقارن اولیه‌ی مغز تخصص بیشتری پیدا کنند و از حالت متقارن خارج شوند. نمونه‌ی مشهور چنین حالتی، در یکسوشدگی نیمکره‌های انسان دیده می‌شود. مثلاً ناحیه‌ای به نام planum temporalis در نیمکره‌ی چپ انسان از سمت راست بزرگتر است، و این نابرابری ابعاد در اندازه‌ای کمتر در میمونها هم دیده می‌شود (کالات.- ۱۳۷۳)[۱۶].

رقابت تنگاتنگی که گفتیم برای رشد مغز و بالا بردن توانشهای پردازشی سیستم عصبی جانوران وجود داشته، هنوز هم وجود دارد. امروز هم که ما به ساختار مغز خود نگاه می‌کنیم و برتری نسبی ابعاد آن را بر سایر پستانداران خویشاوندمان نتیجه می‌گیریم، این رقابت همچنان وجود دارد و نباید خودمان را جز مقطعی از یک روند پیوسته در نظر بگیریم. با اینهمه، به نظر می‌رسد راهکار افزایش حجم سیستم و بالا بردن تعداد نورون‌ها -که تا به حال مهمترین راهکار مورد انتخاب جانوران برای بردن این رقابت بوده- با شرایط فعلی امکان موفقیت بیشتر نداشته باشد. شواهد فراوانی در تأیید این فرضیه وجود دارد که گنجایش کنونی مغز انسان به بیشینه‌ی خود رسیده است و بالاتر رفتن حجم مخ از آنچه که هست، به بروز ناهنجاریهای مرگبار اسکلتی می‌انجامد[۳]. یعنی چنین به نظر می‌رسد که افزایش حجم مغز نسبت به وزن میانگین پایه‌ای که جانوران دارند، نتواند در شرایط کنونی به پیدایش مغزهایی حجیمتر از مال ما در جانوران منجر شود. به این ترتیب گامهای بعدی تکامل مغز را باید در پیچیده شدن بیشتر ساختارهایی شبکه‌ایِ جای گرفته در این حجم محدود دانست. شاید پیچیده‌تر شدن مغز، که پا به پای بزرگتر شدن حجمش انجام گرفته، بتواند پس از محدود ماندن حجم پایه‌ی آن تا مدتی ادامه یابد و رقابت زیستی را در مسیر تازه‌ای رهبری کند.

۱- superior colliculus

۲- Broca area

۳- برای درک چگونگی ارتباط بین حجم مخ و شکل و سازماندهی عناصر اسکلتی سر، به کتاب زیبای "منشأ زبان" نگاه کنید (Wind et al.- 1992)[۳۳۰].



شکل-۲۷: تغییرات ساختار مغز در جریان تکامل. روابط فیلوژنیک دودمانهای اصلی مهره‌داران به همراه نمونه‌هایی از مغز هر گروه مهم نمایش داده شده است.

۶-۶-ح) لذت:

چیز دیگری که در سیستم مورد پیشنهاد ما اهمیت زیادی دارد، مفهوم لذت است. به زودی بحثی در مورد پویایی رفتار نورونی در مغز ارائه خواهد شد، و در آنجا خواهید دید که لذت مبنای دستگاه مختصات ذهنی تمام جانداران را تشکیل می‌دهد. در این مدل، لذت به صورت یک محور مدرج نشان داده شده که در میان سه لایه‌ی مورد بحث قرار گرفته است. این محور در نهایت شکستهای تقارن در سیستم را کنترل می‌کند و به زودی به شرحی در این مورد خواهیم رسید. در اینجا فقط لازم است برخی از کلیات مطرح در این مورد را ذکر کنم.

لذت، عبارت است از الگویی مولکولی که در جریان تکامل در موجودات جانوری شکل گرفته است تا بقای ایشان را تضمین کند. نمود فیزیکی لذت در سطح مولکولی عبارت است از برخورد و پیوند فیزیکی یک نوع ناقل عصبی (موسوم به نوروپپتید[۱]) با گیرنده‌های خاص خود (که می‌توانند از نوع δ ،κ ،π و یا μ باشد). با وجود ظاهر تحویل‌گرایانه‌ی این تعبیر از لذت، به نظر می‌رسد اینهمانی یاد شده بین رفتار مولکولی نورون‌ها و ادراک ذهنی لذت به راستی برقرار باشد. رفتارهایی که در جهت بقای ژنوم فرد عمل می‌کنند، به رهاسازی نوروپپتیدها در سیستم‌های زیستی می‌انجامند و همین رهاسازی است که در نهایت به ادراک ذهنی لذت می‌انجامد. در اینجا می‌توان با دقتی به نسبت بالا ادعا کرد که احساس درونی لذت از دیدگاه تکاملی نوعی محصول جانبی یا **epiphenomenon** محسوب می‌شود. چرا که هدف نهایی، تنظیم رفتار توسط یک سیستم پاداش دهنده‌ی قراردادیِ مولکولی بوده، تا رفتارهای منجر به بقای ژنوم موجود تقویت شوند. حالا این رفتارها می‌توانند از ساده -مانند جفتگیری و تغذیه- شروع شوند و تا پیچیده -مانند حل یک معما- ادامه یابند. آنچه که ما با عنوان لذت قرارداد کرده‌ایم و داریم در موردش بحث می‌کنیم، در واقع بیان زبانی آگاهی از بازنمایی این ساز و کار بر سطح خودآگاه است.

از دید تکاملی، مولکولهای ناقل و گیرنده‌ی مربوط به درک لذت دارای پایدارترین ساختار مولکولی هستند. یعنی روند بیوشیمیایی‌ای که در تک‌یاخته‌ای‌هایی مانند **Tetrahymena diadema** پس از خوردن غذا رخ می‌دهد، همان است که در انسان هم پدید می‌آید (**Chiesa et al.- 1993**)[۷۴]. یعنی در این موجود هم درست مانند انسان یا فیل، اتصال آندورفین به گیرنده‌ی μ تنظیم کننده‌ی رفتار تغذیه است (**Ching-Heung & Yamashiro.- 1991**)[۷۵]. رفتارهای یاد شده، در تمام جانوران با الگوی بیوشیمیایی مشابهی کدگذاری شده‌اند و این مقاومت مولکولهای ناقل لذت در طول تکامل خود دلیل بر اهمیت آنها در حفظ بقاست. من در اینجا فضای کافی برای پرداختن به اهمیت لذت در تنظیم رفتار و آوردن شاهد برای اثبات فراگیر بودنش را ندارم. پس خواننده را به مطالعه‌ی نوشتاری که در این مورد به تفصیل بحث می‌کند تشویق می‌کنم (وکیلی.- ۱۳۷۶)[۳۲].

کارکرد لذت در سیستم عصبی را می‌توان به سادگی مدلسازی می‌کرد، می‌توان محوری را با معیار سنجش یک تا منفی یک در نظر گرفت که وضعیت پاداش‌گیری موجود را در واحد زمان بازنمایی کند. در این مدل، منفی یک برابر است با بیشینه‌ی درد ممکن در سیستم -مثلاً تحریک تمام گیرنده‌های مربوط به ناقل عصبی درد (**P**)،- و یک برابر است با بیشینه‌ی لذت مکن در سیستم. یعنی مثلاً تحریک تمام گیرنده‌های μ موجود در سیستم.

در حالت عادی، دو انتهای محور مفروض برای سیستم دست نیافتنی هستند. چرا که در شرایط فیزیولوژیک امکان تحریک تمام گیرنده‌های درد یا لذت در سیستم وجود ندارد. معمولاً سیستم‌های جانوری در اطراف وسط این دو حد،

۱- **neuropeptide**

یعنی صفر نوسان می‌کنند، البته معمولاً این نوسانات به سوی قسمت مثبت محور بیشتر حرکت می‌کند، چرا که موجود در هر مقطع زمان می‌کوشد تا مقدار لذت تولید کرده در سیستم خود را بیشینه کند، و این تلاش فعال در نهایت به جابجا شدن منحنی نشانگر وضعیت موجود به سمت مثبت‌ها می‌انجامد.

به این ترتیب با کمی ساده‌انگاری می‌توان استراتژی تکاملی شکل گرفته در رفتار جانوران را به سادگی مدلسازی کرد. در واقع تمام رفتارهای جانوران -که در اشتراک سازمان مولکولی درک لذتشان توافق وجود دارد،- در راستای بیشینه کردن حجم کل لذت کسب شده در طول عمر است. یعنی رفتار کلی جنورا به شکلی برامه‌ریزی شده که بیشترین مقدار پیوند خوردن نوروپپتیده با گیرنده‌هایشان را در کل عمر تضمین کند. با کمی تلاش می‌توان این حرفها رادر قالب نظریه‌ی بازی‌ها صورتبندی کرد و به شکلی فرموله‌تر بیانش کرد.

می‌توان به ازای هر نیاز موجود، و هر راهکار تکاملی سرچشمه گرفته از نیاز سیستم خودسازمانده به حالت شبه‌تعادلی، محوری را در سیستم تعریف کرد. در واقع تعریف این محورها، تدبیری بوده که در مسیر تکامل برای برآورده شدن نیاز موجود و میل کردن دینامیسمش به سویی که بقا را برآورده کند، به وجود آمده است.

به عنوان مثال، می‌توان این محورها را به سه دسته تقسیم کرد:

برخی از محورها، به تعادل مادی سیستم مربوطند. محوری که تعیین کننده‌ی حالت گرسنه/سیر است، مقدار مولکولهای آلی حل شده در سوپ کلوئیدی بدن را تنظم می‌کند. محوری که نشانگر تشنه/سیراب است، مقدار آب موجود در این محلول را، و فشار اسمزی آن را بازنمایی می‌کند، و در نهایت، محور نماد خفگی/تنفس نیاز سیستم به اکسیژن را نشان می‌دهد. در تمام این موارد، نیل کردن سیستم به سمت مثبت محور (سیری، سیرابی، تنفس) برای سیستم لذتبخش است و سوی دیگر محور واکنشهای ناخوشایند را در سیستم عصبی پدید می‌آورد.

برخی از محورها، نیازهای انرژیایی سیستم را نشان می‌دهند، مثلاً محور "گرما ---- 35°-25° ---- سرما"، نیاز سیستم به حالت ویژه‌ی ترمودینامیکی نسبت محیط را نشان می‌دهد. محور خواب/بی‌خوابی هم می‌تواند به شکلی دیگر تعادل انرژیایی درون سیستم را تعبیر کند.

دسته محور دیگری که می‌توان فرض کرد، محورهای مربوط به حالت اطلاعاتی سیستم است. محوری که اطلاعات/نادانی، زیبایی/زشتی، و درست/خطا را تعیین می‌کند، در واقع با این مفاهیم اطلاعاتی سر و کار دارد.

همراه با پیچیده‌تر شدن سیستم در مسیر تکامل، نیازهای تازه‌ای هم برای سیستم پدید می‌آیند و محورهای جدیدی هم در فضای فاز لذت موجود به ازای آنها ظاهر می‌شود. این محورها، در نهایت منجر به این می‌شوند که موجود پویایی رفتار خود را بر اساس راهکارهایی انتخاب کند که حجم لذت برده شده در کل زندگی را بیشینه کند، و این همان راهکاری است که شایستگی زیستی را برای موفقیت در قمار تکامل بیشینه می‌کند. لذت، در واقع یک ادراک ذهنی و پدیده‌ی فرعی است که از عملکرد یک ساز و کار دقیق کنترل کننده‌ی سیستم‌های زنده حاصل می‌شود. ساز و کاری که در جریان تکامل تکوین یافته و عملکردی که بقای گونه‌ها را در نهایت ممکن ساخته است.

اطلاعات هم، درست مانند ماده و انرژی برای سیستم اهمیت حیاتی دارد و کنترل پویایی آن هم به اندازه‌ی پویایی ماده و انرژی می‌تواند برای بقای موجود سرنوشت‌ساز باشد. اگر امروز ما از شنیدن سمفونی نهم بتهوون لذت می‌بریم، به این دلیل است که روزگاری توانایی تشخیص صدای جانوران هم‌قبیله‌ای برای اجداد دور ما اهمیت حیاتی داشته است. اگر احساس زیبایی شناختی‌ای مبتنی بر درک لذت داریم که چهره‌ای را زیبا و صورتی را زشت می‌بیند، برای این است که زمانی برای اجدادمان مهم بوده تنها برای جفتگیری و هم‌آوری با افراد دارای شایستگی زیستی بالا انرژی و وقت صرف کنند. اگر برای خواندن یک کتاب خوب وقت صرف می‌کنیم و اگر برای حل یک معما تلاش

می‌کنیم، همه‌اش به این دلیل است که روزگاری اجدادی داشته‌ایم که بسته به پیچیدگی مغزشان شانس بقا داشته‌اند. اجدادی که بنابر معیار توانایی تولید ابزار و حل مشکلات روزمره‌شان، باقی می‌مانده‌اند یا منقرض می‌شده‌اند.

امروزه تحلیلهای زیادی از رفتارهای جانوری بر اساس این محورهای تعیین کننده‌ی لذت می‌شود. یک نمونه‌ی مشهور آن به بیماری‌های کنشی /عصبی و به ویژه اعتیاد مربوط می‌شود. حالا دیگر رویکرد عصب‌شناختی به اعتیاد، که این ناهنجاری رفتاری را نوعی اختلال درگیرنده‌های تولید کننده‌ی لذت می‌داند، حالا دیگر به عنوان یک نگرش رسمی و جا افتاده شهرت یافته است (**Leshner.- 1997**)[۲۰۴]. درکنار این رویکرد، برخی از پژوهشگران استفاده از داروهای روانگردان را نوعی میان‌بر تکاملی برای بیشینه کردن تجربه‌ی لذت می‌دانند (**Nesse & Berridge.- 1997**)[۲۴۱]، راهکاری که تنها در جانورانی که بر سیستم لذت خود به نوعی آگاهی دارند -مثل انسان یا مورچه (**Wilson.- 1990**)[۳۲۹]- قابل انتخاب است. روشهای جدیدتر تشخیص، مقابله و ریشه‌کنی اعتیاد هم در سالهای اخیر به شدت زیر تأثیر این گاه به مفهوم لذت‌انگارانه‌ی اعتیاد قرار دارد.

۶-۶-خ) تحلیل یک مثال:

بد نیست برای روشن‌تر شدن معنای مرتبه‌ی آگاهی، یک مثال از سیستم بینایی را در این مدل تحلیل کنیم.

فرض کنید یک تصویر آشنا -مثلاً تصویر یک سیب- بر شبکیه‌ی چشمی بیفتد. نخستین لایه از آگاهی ما، که بیشترین سطح -بخوانید بیشترین محتوای اطلاعاتی ورودی- را هم در برمی‌گیرد، به بازنمایی این تصویر در سیستم بیوشیمیایی درون یاخته‌های گیرنده مربوط می‌شود. در همینجاست که مفهوم نور و تاریکی و رنگ و مکان آفریده می‌شوند. در سطح بعدی، این تغییرات مولکولی بر رفتار نورون‌های ناقل و گیرنده‌های تحریک شده اثر می‌گذارند و رفتارهایی مانند شلیک را در آنها ایجاد می‌کنند. به محض پدید آمدن نخستین شلیک‌های نورونی در سیستم بینایی، ارتباط سیستم پردازنده با اطلاعات مستقیم به دست آمده از محیط قطع می‌شود و آنچه که از اینجا به بعد برای داده‌آمایی مورد استفاده قرار می‌گیرد، سایه‌ی بازنمایی شده‌ی سیب، بر شبکه‌ی عصبی است.

چنانکه دیدیم همین شلیکهای اولیه، الگویی از شلیک نورونی را در شبکه پدید می‌آورد که بازنمایی شبکه‌ای سیب است. در همین لایه بخش عمده‌ای از عناصر مهم برای بازآفرینی پدیده‌ای به نام سیب از محرکهای محیطی استخراج می‌شود. نخستین ردپاهای لبه، رنگ، و شکل در همین مرحله توسط نورون‌های گانگلیونی موجود در پشت شبکیه کدگذاری و بازنمایی می‌شوند.

انتقال و پردازش اطلاعات مربوط به محرک سیب، پا به پای هم در سیستم عصبی انجام می‌گیرد، و چنانکه گفتیم همزمان می‌توان در دو سطح به آن نگاه کرد. نخست سطح مولکولی که بستر فعالیت نورون‌ها -یعنی واحدهای پردازنده‌ی موضعی اطلاعات- است، و دیگری سطح شبکه‌ای که مرکز توجه عصب‌شناسان و مدل‌سازان آگاهی است. این دو سطح موازی، چنانکه گفتیم، درکنار هم پردازش اطلاعات سیب را طوری تحلیل می‌کنند که *پدیده‌ای* به نام سیب به آن نسبت داده شود. و اگر این تحلیل تا سطح زبانی و خودآگاه ادامه یابد فرد از وجود سیب در میدان بینایی‌اش آگاه می‌شود و می‌تواند آن را با ابزارهای زبانی -نه لزوماً در مفهوم چامسکیایی آن- بیان کند.

ناگفته پیداست که هرچه به سمت قشر مخ و شبکه‌های پردازنده‌ی مستقر در آنجا پیش برویم، پردازش شبکه‌ای اهمیتی بیشتر پیدا می‌کند، اما نباید فراموش کرد که خود پردازش شبکه‌ای در هرجا که وجود داشته باشد، همیشه نماینده‌ی وجود بازنمایی مولکولی ویژه‌ای در سطح زیرین خود خواهد بود. اما در تحلیل ادراک آگاهانه، هرچه به

گیرنده‌های نزدیک به محیط خارج نزدیکتر شویم، بازنمایی مولکولی، و هرچه به پردازنده‌های پیچیده‌ی قشر مخ نزدیکتر شویم، پردازش شبکه‌ای و خودآگاهانه اهمیت بیشتری می‌یابند.

بازنمایی تشکیل شده از پدیده‌ی مورد بحث ما در سطح شبکه‌ای، از مجراهایی که شرح داده شد به سمت مغز پیش می‌رود و در مسیر خود مرتباً پردازش می‌شود. این پردازش در نهایت منجر به این می‌شود که از پدیده‌ی سیب، چندین بازنمایی در سطوح گوناگون سلسله مراتب، و زیرسیستم‌های گوناگون موجود در مغز ایجاد شود. مثلاً یک بازنمایی از سیب در قشر برجستگی‌های چهارگانه‌ی زبرین به وجود می‌آید، و در سطح دیگری بازنمایی دیگری در قشر پس‌سری پدید می‌آید. در نهایت، این سطوح گوناگون از پردازش، که مثل نمونه‌ی اخیر می‌توانند به طور موازی هم تشکیل شوند، اشکال گوناگون آگاهی ما از سیب را تعیین می‌کنند. در مدل یاد شده برای ساده‌تر شدن کار زیرسیستم‌های موجود در پیکره‌ی اطلاعاتی مغز نشان داده نشده، اما می‌توانید نمونه‌ای از این تقسیم‌بندی را در شکل صفحه‌ی بعد ببینید.

در آخر، هنگامی که بازشناسی سیب - به عنوان پدیده‌ای با خواص ویژه‌ی خود- کامل می‌شود، پویایی کلان شبکه‌ی عصبی در قشر مخ (مثلاً در **IT**) طوری دگرگون می‌شود که در چاه پتانسیل مربوط به جذل کننده‌ی سیب بیفتد. این امر در شکل دوم از نمودارهای نشانگر آگاهی نمایش داده شده و صورتبندی ریاضی آن را در بخش تحلیل آزمونهای انجام شده توسط نگارنده در ضمیمه خواهید دید.

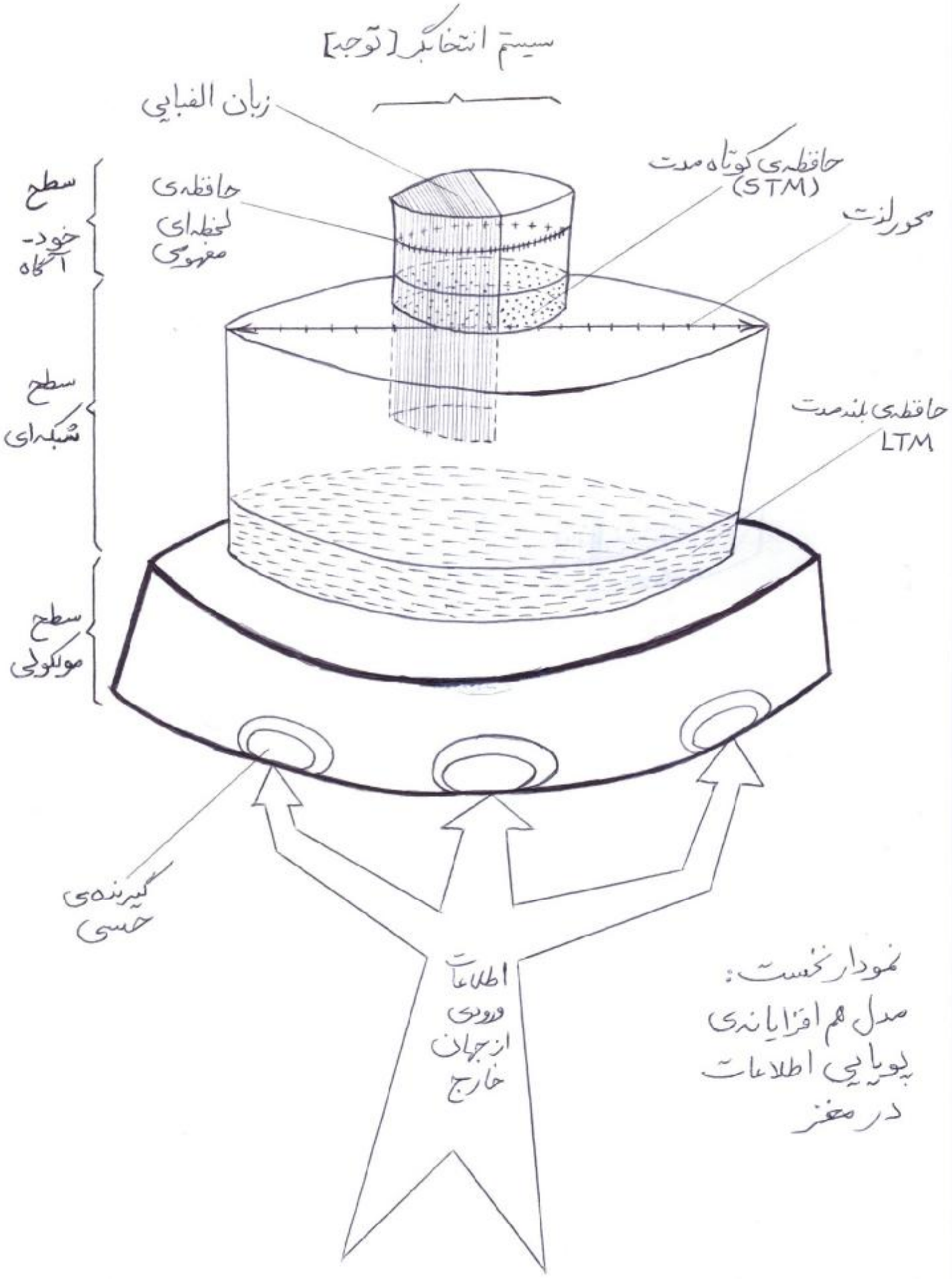
گوشزد: باید به این نکته توجه کرد که آنچه در مورد سازماندهی اطلاعات در مغز گفته شد به هیچ عنوان کامل نیست. در نظر گرفتن نورون‌ها به عنوان تنها ناقلها و پردازندگان اطلاعات، هرچند به عنوان ترفندی برای مدلسازی می‌تواند سودمند باشد، اما در نهایت یک فرض ساده‌انگارانه است.

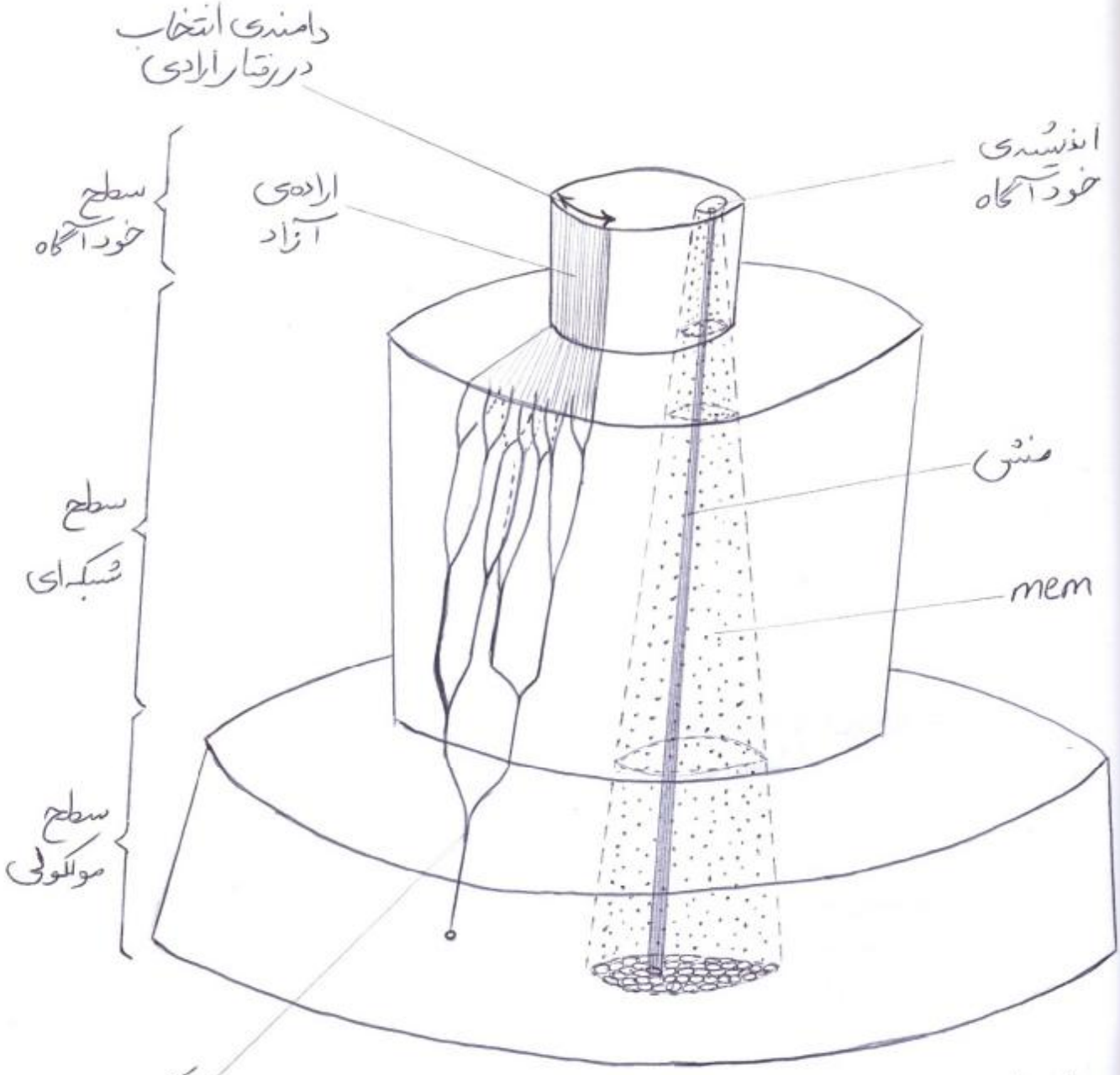
مدتهاست که روشن شده یاخته‌های گلیا، که گفتیم تعدادشان ده تا پانزده برابر بیش از نورون‌هاست، در پردازش و ذخیره‌ی اطلاعات نقش مهمی را بر عهده دارند. به عنوان مثال، دخالت بیوشیمیایی این یاخته‌ها در حفظ و ذخیره‌ی اطلاعات مربوط به حافظه‌ی بلندمدت مدتها مورد بحث بوده است. شواهد مربوط به این ادعا به قدری چشمگیرند که برخی از پژوهشگران سیستم گلیا را به عنوان یک **CNS** دیگر در درون مغز مورد اشاره قرار داده‌اند (**Rowlands.- 1983**)[۲۷۲]. همچنین نشان داده شده که یاخته‌های گلیا در تنظیم شلیک نورون‌های همسایه‌شان هم نقش مهمی بر عهده دارند (**Nedergaard.- 1994**)[۲۴۶].

همچنین بر اساس یک نظریه‌ی جدید به نام انتقال در حجم[۱]، فضای بین سلولی هم زمینه‌ی تازه و مهمی برای انتقال اطلاعات در نظرگرفته می‌شود. درکل ۲۰ ٪ حجم کلی مغز از فضای بین سلولی تشکیل شده است که می‌تواند به عنوان واسطه‌ای مناسب برای انتقال مولکولهای شبه‌هورمونی ناقل اطلاعات عمل کند. در واقع هم این فضا به عنوان زمینه‌ی تهیه کننده‌ی یونهای سدیم و کلسیم که مورد نیاز یاخته‌ی عصبی برای تولید پتانسیل عمل، نقش ایفا می‌کنند. به عنوان مثال سروتونین و **NPY** نمونه‌ای از مولکولهای ناقل اطلاعات هستند که بنابر شواهدی از طریق این فضای زمینه‌ای الگوهای تغییر رفتار را به نورون‌های دور دست منتقل می‌کنند (**Agnati et al.- 1992**)[۳۶].

بنابراین کل سازماندهی مورد نظر ما می‌تواند با سخت‌افزاری بزرگتر و کاملتر از سیستم عصبیِ تنها پشتیبانی شود.

۱- **volume transition**


سیستم انتخابگر [توجه]
زبان الفبایی
حافظه‌ی کوتاه مدت (STM)
محور لذت
سطح خود-آگاه
حافظه‌ی لحظه‌ای مغزی
سطح شبکه‌ای
حافظه‌ی بلندمدت LTM
سطح مولکولی
گیرنده‌ی حسی
اطلاعات ورودی از جهان خارج
نمودار نخست:
مدل هم افزایانه‌ی پویایی اطلاعات در مغز



نمودار دوم:
پدیدارهای سطح خودآگاه

۶-۷) پویایی عناصر ذهنی در سیستم عصبی:

آنچه که به عنوان مدل تا اینجا توصیف شد، پیکره‌ی کلی آنچه را که به گمان من سازنده‌ی آگاهیست را تشکیل می‌دهد. این مدل، شواهد عصب‌شناختی، فیزیولوژیک، و روانشناختی به دست آمده تا اینجا را به خوبی تفسیر می‌کند، اما با اینهمه نیاز به پی‌نوشتی در مورد شکل پویایی اندیشه‌ها در سیستم مورد نظرمان دارد.
در این بخش، تلاش من بر این متمرکز خواهد بود تا مدلی منطقی برای چگونگی پدید آمدن اندیشه‌ها و ایده‌ها در سیستم اطلاعاتی هم‌افزایانه‌مان به دست دهم.

ایده، اندیشه، و هر چیز دیگری که با عباراتی شبیه به این در زندگی روزانه‌ی ما توصیف می‌شود، زیرسیستمی از اطلاعات در سیستم ماست که واحدهایش این سه بخش را داشته باشد:
حتماً یک بخش مولکولی دارد، یعنی در سطح مولکولی حتماً بازنمایی می‌شود.
حتماً یک بخش شبکه‌ای هم دارد، یعنی لزوماً پردازش منجر به تولید آن در سطح کلافهای نورونی هم انجام می‌شود.
گاهی در سطح خودآگاه هم بازنمایی می‌شود، چرا که می‌تواند توسط فرد بیان شود و عنوان ایده، اندیشه، فکر یا هرچیز دیگر را به خود بگیرد. در واقع این نامها همان گزارش زبانی زیرسیستم‌های اطلاعاتی یاد شده هستند و کدبندی شدن بازنمایی‌های یاد شده را در قالب یک سیستم نمادین مانند زبان طبیعی آشکار می‌کنند.

برای تحلیل پویایی زیرسیستم‌های دارای سه بخش یاد شده، نیاز به واحدهایی پایه داریم تا بتوانیم اندیشه‌های یاد شده را دسته‌بندی کنیم. من در اینجا برای ساده شدن مفاهیم، واژه‌ای به نام **منش**[1] را برای نامیدن هر واحد اطلاعاتی دارای سه بخش یاد شده، پیشنهاد می‌کنم. منش به این ترتیب عبارت است از یک پیکره‌ی اطلاعاتی که در هر سه سطح پیچیدگی سیستم ما بازنمایی شود. محتوای اطلاعاتی یک منش می‌تواند بزرگ یا کوچک باشد. هر واژه، یک منش است، و هر کد زبانی که پدیده‌ی خاصی را معرفی کند هم نوعی منش محسوب می‌شود. در واقع منش، بازنمایی پدیده‌ی آفریده شده در دستگاه عصبی است، در سطح خودآگاه. به این ترتیب هر عنصر اطلاعاتی قابل‌صورتبندی به صورت زبانی -هر زبانی که باشد- نوعی منش است. دقت کنید که در اینجا به تعریف عامتر خود از زبان بازگشته‌ام و منظورم لزوماً زبان طبیعی آوایی/نوشتاری نیست. یعنی زبان کر و لالها، یک پاساژ موسیقی، یک حرکت معنادار عضلات چهره (مثل اخم)، و اشاره‌ای بدنی را هم به عنوان منش در نظر می‌گیرم.

منش‌ها، واحدهای سازنده‌ی تفکرات ما هستند. مجموعه‌ی این منشها، می‌تواند به ایجاد یک فکر یا ایده‌ی خاص منجر شود. فعلاً در اینجا واژه‌ی فکر را برای نامیدن مجموعه‌های تولید شده از منش‌ها به کار می‌گیرم، تا بعد کلیدواژه‌ی بهتری را برایش معرفی کنم.
هر فکر، بنابه تعریف ما عبارت است از پیکره‌ای اطلاعاتی که از منش‌ها تولید شده باشد (و بنابراین خودآگاه باشد) و بتواند به عنوان پیکره‌ای خودبسنده توسط کدهای زبانی -از هرنوع که باشند و نه لزوماً زبان الفبایی- از مغزی به مغز دیگر منتقل شود.

فکر، به این ترتیب شباهت زیادی با سیستم‌های زنده پیدا می‌کند. مثلاً یک ویروس، شباهتهای زیادی با یک فکر دارد:

۱- این واژه را از منیش MNWC در زبان پهلوی گرفته‌ام که فکر، ایده، یا اندیشه‌ی جزئی ترجمه شده است.

الف: ویروس هم مانند فکر تنها یک الگوی اطلاعاتی است که در چهارچوب مادی/انرژیایی خاصی فعال است. یعنی در درون سلول خواص زندگی از خود نشان می‌دهد و بیرون از سیستم زنده رفتاری ویروس‌گونه از خود نشان نمی‌دهد. فکر هم تنها در چهارچوب سیستم عصبی مؤثر است و در بیرون از این ساختار می‌تواند به اشکال گوناگون ذخیره شود، اما پویایی معمول در فکرها را از خود نشان نمی‌دهد.

ب: ویروس و فکر، هردو در واقع نوعی الگوی اطلاعاتی خاص هستند. ویروس الگویی از قرارگیری مولکولهای اسید نوکلئیک است، و فکر الگویی از شلیک نورون‌ها. آنچه که هردو را صاحب فعالیت می‌سازد، همین الگوی اطلاعاتی خاص، و محیط مناسب است.

پ: می‌توان یک ویروس را در خارج از سیستم زنده متبلور کرد و یا محتوای اطلاعاتی ژنوم آن را با کدهایی متفاوت با کدهای ژنتیکی -مثلاً با چهارکد **T**، **C**، **G**، و **A** نمایش داد. فکر را هم می‌توان در خارج از مغز به اشکال مختلف ثبت کرد. کتاب، نوار موسیقی، نقاشی و... نمودهایی از این بازنمایی فکرها در کدهای غیرعصبی هستند. در این حالت هم فکر متبلور شده در چهارچوبی غیرنورونی، توانایی نشان دادن رفتار ویژه‌ی فکرها را از دست می‌دهد، هرچند می‌تواند مانند ویروس متبلوری که پس از ورود به سلول دوباره فعال می‌شود، فکر رسوب کرده در خود را به مغزی دیگر منتقل کند.

ت: فکر هم مانند ویروس انگل یک سیستم پیچیده‌ی پردازش اطلاعاتی بسیار پیچیده‌تر از خود است. فکر هم مانند ویروس تولید مثل می‌کند و می‌تواند از میزبانی (بخوانید مغزی) به میزبان دیگر منتقل شود. هر فکری مانند ویروس به میزبان مستعد خود نیاز دارد، و مثل ویروس هرچه پیچیده‌تر باشد میزبانی خاصتر و انتخابی‌تر را می‌طلبد. فکری مثل جدول ضرب به سادگی توسط همه‌ی مغزها پذیرفته می‌شود اما معادلات هم‌افزایانه‌ی تحلیل کننده‌ی دینامیسم فکرها، تنها توسط عده‌ی اندکی جذب می‌گردد.

ث: فکرها هم مانند ویروسها در جریان تکثیر و پراکنده شدن تغییراتی در ساختار اطلاعاتی خود را تجربه می‌کنند و در نهایت به صورتهایی تازه تکامل می‌یابند. در واقع تغییرات مشاهده شده در افکار را در طول زمان می‌توان نوعی جهش در نظر گرفت.

ج: فکرها هم مانند ویروسها، بر سر حضور در میزبانهای خاصی با هم رقابت می‌کنند و افکاری که از این رقابت سربلند بیرون نیایند مانند انگلهای ناموفق منقرض می‌شوند.

شاخه‌ای جوان از دانش سیستم‌های پیچیده وجود دارد که با نام زندگی مصنوعی[۱] شهرت دارد. کار دانشمندانی که در این رشته فعالیت می‌کنند، این است که رویکردی میان‌رشته‌ای به مفهوم زندگی داشته باشند و سیستم‌های زنده را مدلسازی و در صورت امکان بازتولید کنند. از نظریات این علم دو برداشت وجود دارد. یکی زندگی مصنوعی قوی، و دیگری زندگی مصنوعی ضعیف نامیده می‌شود. تفاوت این دو در این است که نسخه‌ی اولی همه‌ی ساختارهای مادی/انرژیایی/اطلاعاتیِ دارای پویایی ویژه‌ی سیستم‌های زنده را با برچسب زنده می‌پذیرند. اما در برداشت دوم این ساختارها را فقط در صورتی زنده می‌دانند که با تعاریف سنتی و مبتنی بر شیمی آب/کربن همخوانی داشته باشد (**Langton et al.- 1992**)[۱۹۹]. نگارنده، به زندگی مصنوعی قوی گرایش دارد. یعنی بر مبنای رویکرد کارکردگرایانه‌ی خود، هرچه را که پویایی هم‌افزایانه‌ی ویژه‌ی سازمانهای زنده را از خود نشان دهد، زنده می‌نامد.

در میان هواداران برداشت قوی از این علم، افراد سرشناس بزرگی مانند راسموسن[۲]، لنگتون[۳]، و داوکینز[۴] دیده

۱- **artificial life**

۲- **Rasmussen**

می‌شوند که هریک در قله‌ی یکی از علوم سخت -از شیمی گرفته تا رایانه- قرار دارند.
در این میان، نظریات ریچارد داوکینز از اهمیت زیادی برخوردار است. داوکینز پیشنهاد دهنده‌ی نظریه‌ی ژن خودخواه است و کسی است که با عنوان داروین قرن بیستم شهرت دارد. او در همین کتاب مشهور *ژن خودخواه*، حرفهایی مشابه با آنچه که گذشت را ذکر کرده است و در نهایت پیشنهاد کرده که نوع دیگری از تکامل در سطح اطلاعاتی به رسمیت شناخته شود (**Dawkins.- 1989**)[۸۹]. به گفته‌ی او، فکرهای مورد بحث ما هم می‌توانند به عنوان واحدهای فعال در انتخاب طبیعی عمل کنند و نوعی ویژه از تکامل را رقم بزنند. در علم تکامل، این امر به خوبی شناخته شده است که هر سیستم دارای سه ویژگی، می‌تواند تکامل یابد. آن سه ویژگی عبارتند از: وجود یک کد اطلاعاتی وراثتی که بتواند در جریان تکثیر سیستم اطلاعات آن رادر خود حفظ کند، یک مکانیسم تصادفی تغییر جزئی این اطلاعات که همان جهش باشد، و یک قانون انتخاب طبیعی که برخی از کدهای تصادفی ایجاد شده را از دور حذف کند. سیستم‌های بیوشیمیایی مبتنی بر آب و کربن برجسته‌ترین نمودهای این سیستم های تکاملی هستند. ما واحدهای اطلاعاتی سازنده‌ی این سیستم‌ها را با نام ژن می‌خوانیم و روندهای زیستی را به پویایی این ژن‌ها در طول زمان مربوط می‌دانیم. پیشنهاد داوکینز این است که الگوی مشابهی از پیچیدگی راکه در سطح اطلاعاتی و در افکار وجود دارد هم به رسمیت بشناسیم و آن را هم به عنوان نوعی پدیده‌ی تکاملی، -و به قول گروهی زنده- در نظر بگیریم. داوکینز نام **Meme** را برای اشاره به این واحدهای تکاملی برگزیده است و من هم در اینجا از همین نام برای اشاره به فکرها استفاده خواهم کرد. هر نظریه، داستان، قطعه‌ی موسیقی، اثر هنری، و... اگر به صورت یک پیکره‌ی اطلاعاتی کلی از مغزی به مغز دیگر منتقل شود، می‌تواند یک مِم باشد.

مم، با وجود غریب و انقلابی نمودنش، در طی دو دهه‌ای که از پیشنهادش می‌گذرد، در محافل علمی برای خود جا باز کرده است، به همین دلیل هم فکر می‌کنم بتوان آن را به همان ترتیبی که داوکینز تعریف کرده است پذیرفت. پیشنهاد تازه‌ی من در اینجا این است که منش را به عنوان واحدهای پایه‌ی اطلاعاتی سازنده‌ی مِم‌ها در نظر بگیریم، و کار خود را با تحلیل آنها شروع کنیم. یعنی موازی با سیستم‌های زنده‌ی بیولوژیک که نوکلئوتیدها سازنده‌ی ژنهایشان هستند. می‌توانیم یک بوم اطلاعاتی را هم در نظر بگیریم که واحدهایش منش‌ها هستند و مم‌ها راتولید می‌کنند. این بوم، در سیستم عصبی جانوران وجود دارد و به ویژه در سطح شبکه‌ای به خوبی قابل تحلیل است.

فرض کنید بتوان به هر الگوی شلیک نورون‌ها در هر شبکه‌ی عصبی برداری مثل Φ_n را نسبت داد. این بردار عبارت خواهد بود از نماد آرایش خاص زمانی مکانی شلیک نورون‌های موجود در شبکه. بردار یاد شده را می‌توان بر اساس متغیرهای رایج در مدلسازی شبکه‌ی عصبی تعریف کرد. یعنی:

$$\Phi_n = (\phi_1, \phi_2, ..., \phi_r)$$

که در آن هر ϕ_rای نشانگر یک متغیر سیستم عصبی خواهد بود.
حالا فرض کنیم این الگوی خاص، این ویژگیها را داشته باشد:
نخست، اگر شبکه مربوط به انسان باشد، بتواند تا سطح خودآگاه پردازش شود.
دوم، توانایی تولید مثل داشته باشد، یعنی بتواند توسط کدهای زبانی -از هرنوع زبانی- ذخیره شود و در قالب پیکره‌ای اطلاعاتی وارد سیستم پردازنده‌ی دیگری شود و در آن هم الگویی

۳- Langton

۴- Dawkins

مشابه با Φ_n را ایجاد کند[۱].

سوم این که بتواند در طول زمان و در اثر این تکثیرها، از سایر اطلاعات موجود در شبکه‌ی عصبی میزبان تأثیر پذیرد و تغییراتی کاتوره‌ای را تحمل کند.

به این ترتیب به ازای هر تکثیر، یک یا چند بردار Φ_n جدید خواهیم داشت که در شبکه‌های عصبی متفاوتی با میزبان اولیه‌ی خود جایگزین شده‌اند. این بردار تازه، در صورتی می‌تواند به عنوان تکثیر Φ_n فرض شود که از نظر اطلاعاتی خارج از دامنه‌ی کوچکی نوسان نکند. یعنی تنها زمانی Φ_m تکثیر شده‌ی Φ_n است که:

$$\Phi_m = \Phi_n \pm [R]$$

که **R** در آن دامنه‌ی نوسان مجاز برای تفاوت داشتن دو بردار از هم است. یعنی اگر دو نفر با یک مم (مثلاً نظریه‌ای علمی) روبرو شوند (از راه شنیدن، خواندن و...) و هر یک برداشت خاص خود را از آن داشته باشند، تنها در صورتی بردار Φ آن دو یکسان فرض خواهد شد که برداشتشان از مطلب بیشتر از حد پایه‌ای تفاوت نداشته باشد.

این دامنه‌ی مجاز نوسان در مدل‌های زیست‌شناختی رسمی هم ما به ازای مشهوری دارد که عبارت است از بسامد تغییرات ژنومی درون‌گونه‌ای[۲]. این مقدار در سیستم‌های زنده‌ی رسمی عبارت است از بسامدی از تغییرات ژنومی که برای یک گونه فرض کردن دو موجود متفاوت مجاز تلقی می‌شود. مثلاً این مقدار در گیاهان برابر است با ۴/۶ ٪ و در مهره‌داران مقدار آن به ۶ درصد می‌رسد. در انسان این بسامد ۶/۷ ٪ است (آیالا- ۱۳۶۹)[۱]. یعنی دو آدمی که با هم تا این مقدار تفاوت ژنومی داشته باشند، هنوز جزئی از یک گونه در نظر گرفته می‌شوند.

به این ترتیب تولید مثل در مم‌ها تعریف می‌شود.

هر مم، مجموعه‌ای از عناصر ساده‌تر اطلاعاتی را در خود گردآورده است که ما در اینجا عنوان منش را برایش پیشنهاد کردیم. هر منشی، بسته به درجه‌ی پیچیدگیش، محتوای اطلاعاتی خاصی را دارد. اما با توجه به پایه‌ای بودن منشها، وابسته بودنشان به مفهوم پدیده (که برداشتی خودآگاه است)، و کم بودن محتوای اطلاعاتی حافظه‌ی کوتاه مدت (که برزخ نگهداری موقت پدیده‌هاست)، محتوای اطلاعاتیش معمولاً اندک است. اگر در سطح زبانی به پدیده‌ها و محتوای اطلاعاتی **STM** نگاه کنیم، می‌بینیم که هر واژه در زبان فارسی چیزی حدود ۳۰-۲۰ بیت اطلاعات دارد، و محتوای حافظه‌ی کوتاه مدت هم در همین زبان ۳۰۰ -۲۰۰ بیت است. یعنی در هر مقطع زمانی حافظه‌ی کوتاه مدت توانایی نگهداری حدود ده کلمه را دارد (به شرح آزمون‌ها نگاه کنید). از آنجا که این مقدار تقریباً با تنوع زبانی لازم برای ساختن یک جمله در فارسی یکسان است، می‌توان چنین نتیجه گرفت که ساده‌ترین مم‌ها، از حدود ده منش تشکیل شده‌اند. این نتیجه با این شواهد پشتیبانی می‌شود که در هر لحظه بیش از یک فکر خودآگاه (یا مم) را نمی‌توان اندیشید.

به این ترتیب، ما در هر مغز، مجموعه‌ای از منشها را داریم که بخش اندکی از آنها در هر لحظه به مرتبه‌ی خودآگاه می‌رسند و توسط گزارش زبانی آزمون‌پذیر می‌گردند. این منشها، رفتاری شبیه به رفتار مجموعه‌ای از انگلها در یک

۱- دقت داشته باشید که ایجاد الگوی عصبی مشابه به معنای وجود فعالیت عصبی دقیقاً همانند نیست. یعنی یک مم که در ذهن من و شما وجود دارد، به دلیل متفاوت بودن جزئیات شبکه‌بندی و تجربیات ما لزوماً الگویی همانند از فعالیت نورون‌ها را ایجاد نمی‌کند. آنچه که بین الگوی مربوط به مم مشترک بین من و شما، مشترک است، نوعی همریختی **[isomorphism]** (و نه اینهمانی **[identity]**) است. یعنی الگوی عصبی دو ذهن دارای مم مشترک به نوعی دارای بازنمایی تعریف شده در سطوح شبکه‌ای است.

۲- **intraspecies genomic variation frequency**

جمعیت از میزبانان را دارند. شبکه‌های عصبی بیشماری که به صورت زیرواحدهای دستگاه عصبی جانوران در ارتباط نسبی با یکدیگر کار می‌کنند، بومی هستند که این موجودات در آن به سر می‌برند. در همین بوم، این کدهای اطلاعاتی دچار جهش می‌شوند، و دگرگون می‌شوند. جهشهای این کدها بسته به پویایی ویژه‌ی شبکه‌ای دارد که محل زیستشان را تشکیل می‌دهد. اگر نورونی در شبکه بمیرد، یا دارویی مانند **LSD** بر پویایی شبکه‌ای -مثلاً شبکه‌ای سروتونرژیک- اثر کند، مم‌ها هستند که عواقب آن را مستقیماً تجربه می‌کنند.

پویایی مم‌ها، مانند هر سیستم تکاملی دیگری، بر مبنای رقابت و انتخاب طبیعی تعیین می‌شود. می‌توان به ازای هر مم، یک شایستگی زیستی[1] ($\mathbf{F_n}$) به این شکل تعریف کرد:

$$\mathbf{F_n = \frac{rep(\lambda)\ M\ \Delta(s)}{com(n)\ V_n}}$$

که در آن، $\mathbf{V_n}$ عبارت است از بزرگی مم بر حسب بیت، $\mathbf{com(n)}$ عبارت است از تابعی که به پیچیدگی مم بستگی دارد و توانایی جذب شدنش توسط شبکه‌های عصبی دیگر را تعیین می‌کند، $\mathbf{\Delta(s)}$ که پارامتری است که با لذت تعیین می‌شود و نشانگر مقدار لذت به دست آمده در اثر ورود مم مورد بحث به شبکه‌ی عصبی است، **M** سرعت جهش را نشان می‌دهد، و $\mathbf{rep(\lambda)}$ نماد سرعت تکثیر است.

این معادله را بر اساس معادلات رایج در تکامل ژنتیکی استخراج کرده‌ام، که البته در چند متغیر، مثل لذت و درجه‌ی نفوذ، با معادلات کلاسیک تفاوت دارد. هر مم در رفتار خود از معادله‌ای مشابه پیروی می‌کند و این همان است که در نهایت پویایی کلان اطلاعات در سیستم عصبی را پدید می‌آورد.

بد نیست برای روشن‌تر شدن صورتبندی بالا مثالی را با توجه به آن تحلیل کنیم.

دو مم را در نظر بگیرید، یک شعر (مثلاً قصیده‌ی عقاب خانلری)، و یک نظریه‌ی علمی مثل نظریه‌ی ژن خودخواه. شعر، محتوای اطلاعاتی کوچکتری دارد، ساده‌تر است، سرعت تکثیرش بین مردم بسیار زیاد است، امکان جهش در آن زیاد نیست، و با بیشتر سیستم های عصبی همخوانی دارد. یعنی همه‌ی فارسی زبانان می‌توانند آن را به راحتی بخوانند و حفظش کنند. مقداری لذت هم در اثر خواندن و درک این شعر برای فرد حاصل می‌شود که با لذت حاصل از درک نظریه‌ی پیچیده‌ای مثل ژن خودخواه برای یک دانشمند قابل‌مقایسه است. دقت داشته باشید که این لذت می‌تواند توسط پیامدهای وجود مم خاصی در شبکه‌ی عصبی هم تعریف شود. مثلاً شاگرد مدرسه‌ای که شعر عقاب را حفظ است می‌تواند با نمایش این توانایی مقداری لذت (مثل نمره، تشویق، و...) را به دست آورد.

در مقابل، نظریه‌ی ژن خودخواه، بسیار پیچیده‌تر است و محتوای اطلاعاتی بسیار بیشتری هم دارد، امکان جهش و تغییر در آن فراوان است، و امکان پدید آمدن برداشتها و تفاسیر گوناگون از رویش زیاد است، به سادگی توسط هر ذهنی جذب نمی‌شود، و برای باقی ماندن باید حتماً در ذهنی وارد شود که به قدر کافی ورزیده و آگاه باشد. سرعت تکثیر این نظریه در بین مردم کمتر است و انتقالش نیاز به یک دوره‌ی فشرده‌ی ژنتیک و تکامل دارد. به بیان دیگر، اگر شعر عقاب را با **h** و نظریه‌ی ژن خودخواه را با **s** نمایش دهیم، معادله‌ی ما در مورد دو مم یاد شده این نابرابری‌ها را نتیجه خواهد داد.

$$\mathbf{rep_h(\lambda) > rep_s(\lambda)} \quad \mathbf{M_h < M_s} \quad \mathbf{\Delta_h(s) > \Delta_s(s)} \quad \mathbf{com(h) < com(s)} \quad \mathbf{V_h < V_s}$$

۱- **fitness**

به این ترتیب می‌بینیم که با توجه به حساب و کتابهای بالا، یک مم مثل شعر عقاب، پراکنش بیشتری نسبت به نظریه‌ی ژن خودخواه پیدا می‌کند. ناگفته پیداست که این پراکنش، بستگی مستقیمی با نوع بوم نگهدارنده‌ی مم دارد. یعنی مثلاً پراکنش شعر عقاب در وابستگان به دانشکده‌ی ادبیات دانشگاه تهران بیشتر از نظریه‌ی ژن خودخواه است، و در مقابل در بخش زیست‌شناسی دانشگاه هاروارد پراکنش نظریه‌ی ژن خودخواه بیشتر است.

مم‌ها، موجوداتی چندان انتزاعی و ناموثر بر رفتارهای سیستم زنده هم نیستند. هر ممی، بر اساس الگویی که در شبکه‌ی عصبی پدید می‌آورد، می‌تواند مقدار لذت و رنج به دست آمده در واحد زمان را در سیستم تعیین کند. مغزی که مم *نظریه‌ی نسبیت عام*، یا مم مربوط به *خواندن و ترجمه کردن چینی* را دارد، این امکان را دارد که به کمک این اطلاعات زندگی کند. یک انسان دارای مم مربوط به نقاشی کردن، ساختن ابزارهای صنعتی، و یا خواندن و نوشتن، شایستگی بیشتری از انسان مشابه خود دارد که فاقد این مم‌ها باشد. پس شاید بهتر باشد مم‌ها را نه به عنوان انگلهای سیستم عصبی، که به عنوان سازواره‌های اطلاعاتی همزیست با آن در نظر بگیریم.

اندرکنش بین مم ها و رفتار جانداران، یکطرفه نیست، یعنی چنین نیست که فقط مم‌ها شایستگی زیستی میزبانان خود را کم یا زیاد کنند. برعکس این امر هم زیاد دیده می‌شود، یعنی در خیلی از موارد، این رفتار جانداران است که دینامیسم تکثیر و پراکنش مم‌های خاصی را تعیین می‌کند. مفهوم سانسور، که از دوران ملکه هت‌شپ‌سوت[1] تا امروز معنای عینی دارد، نمونه‌ای از این رفتارهاست. نمونه‌ی دیگر هجوم سپیدپوستان به قاره‌ی آمریکا و در پی آن منقرض شدن مغزهایی است که مم‌هایی ویژه -از زبان گرفته تا اساطیر خاص خود - را با خود به گور بردند.

این نظریه‌ی منش /مم، یک خوبی دارد و آن هم این است که می‌توان به کمک آن بخشی از دامنه‌ی تحقیقات علوم انسانی را هم وارد قلمرو تحقیقات تحلیلی‌تر زیست‌شناسی کرد و به دقیقتر شدن واژگان موجود در این حیطه کمک کرد. به عنوان مثال به کمک همین مفاهیم که تا اینجا تعریف شد، می‌توان برداشتی روشنتر از مفهوم فرهنگ کرد. فرهنگ بر مبنای تعاریف ما، عبارت است از مجموعه‌ای از مم‌ها که بتوانند به دلیل داشتن منش‌های مشترک، بر هم تأثیر گذارند و با یکدیگر در قلمروی یکسان رقابت کنند.

برای تعیین حد و مرز فرهنگ تعاریف جامعه‌شناختی و فلسفی فراوانی در دست است، که در اینجا مورد توجه ما نیست. اگر بخواهم در مدل خود مفهوم فرهنگ را تعبیر کنم، باید بگویم فرهنگ عبارت است از مجموعه‌ی تمام مم‌هایی که منش‌های یکسان دارند. به این ترتیب ،حد و مرز اصلی جدایی فرهنگها از هم، الگوهای زبانی خواهد بود.

فرهنگ به این مفهوم، چیزی نیست که مختص انسان باشد. ادوارد ویلسون، در کتاب بزرگ خود جامعه‌شناسی زیستی، بدون اشاره به مفهوم مم، نمونه‌هایی زیادی از این نرم‌افزارهای رایج در بین جمعیت مشخصی از جانوران را ذکر می‌کند. نمونه‌های مشهور در این زمینه عبارتند از زبان فرومونی خاص مورچگان که وابسته به کلنی -در درون یک گونه- تعریف می‌شود، زبان پرندگان آوازه‌خوان که با یادگیری در زمان کودکی لهجه‌اش تغییر می‌کند، رفتارهای آموخته شده‌ای مانند مهاجرت در یک مسیر خاص در گله‌های رمه‌ی وحشی و مهارتی مانند شستن سیب‌زمینی در آب که توسط انسان به میمونهای ژاپنی یاد داده شد و بعد در کل جمعیتشان منتشر شد (Wilson.- 1995)[۳۲۸].

پژوهشگران زیادی به کمک کلیدواژه‌های تحلیل‌پذیری از این دست، مفاهیم جامعه‌شناسی را مورد بررسی قرار

---

۱ -از فراعنه‌ی دودمان دوازدهم مصر. زنی بود که برای خود ریش مصنوعی گذاشت و تاج و تخت پسرخوانده‌اش را غصب کرد، پس از مرگش فرعون تازه که از او دلگیر بود فرمان داد نامش را از همه‌ی کتیبه‌ها بتراشند و در مکاتبات به وقایع دوران سلطنت او اشاره نکنند.

می‌دهند. یک نمونه از این کارها، نظریه‌ی جالب‌توجه تکامل موازی ژن/فرهنگ[۱] است که به تازگی دستاوردهای جالبی را ارائه کرده است (Feldman & Laland.- 1996)[۱۱۲].

مم‌ها، به روشن‌شدن اهمیت و پویایی برخی از عناصر فرهنگی تا به حال نادیده انگاشته شده هم کمک می‌کنند. به عنوان مثال، تحلیلهای جالبی در مورد پویایی انتشار شایعه در جمعیتهای انسانی انجام شده که نگارنده هم برخی از آنها را به اشکال دیگری تکرار کرده است. در مورد پراکنش جوک‌ها هم تحلیلهای مشابهی وجود دارد که اینجا مجالی برای تکرارش نیست، اما مختصر اینکه این نوع تحلیل‌ها در شناخت، پیش‌بینی و صورتبندی کردن سرنوشت یک جوک می‌توانند بسیار مفید باشند (وکیلی.- ۱۳۷۶)[۲۹].

بد نیست این بخش را با ذکر دو مثال از امکانات به دست آمده به کمک این تحلیل‌ها پایان دهم.

نخستین مثال برای همه به قدر کافی آشناست، ویروس‌های رایانه‌ای هم درست از الگویی مشابه برای تکثیر و رفتار استفاده می‌کنند و بی تردید می‌توانند به عنوان مم‌هایی موفق در بومهایی گوناگون (یعنی رایانه‌ها) در نظر گرفته شوند.

مثال دوم، به یک نمونه‌ی مولکولی از مم‌ها مربوط می‌شود. به تازگی بازار بحث در مورد پریون[۲]ها خیلی داغ شده است. این مولکولهای پروتئینی، توسط ژنی به نام PrP_C در پستانداران کد می‌شوند، اما دو شکل ساختاری دارند. یکی از این دو شکل برای بدن عادی است و مشکلی ایجاد نمی‌کند و شکل دیگر اثرات بیماری‌زایی دارد. نکته‌ی جالب این که برخورد پروتئینهای دارای شکل فضایی بیمارکننده، با پروتئینهای طبیعی، منجر به انتقال اطلاعات ساختاری بیماریزایی می‌شود. در مدتی کوتاه این برخوردها منجر به تغییر شکل همه‌ی پروتئینهای سالم، و تبدیلشان به حالت بیمار می‌شود. بیماری‌های فراوانی مانند مرض کروتزفلد-ژاکوب (CJD)[۳]، کورو، و جنون گاوی (BSE)[۴] نمونه‌هایی از این بیماری‌ها هستند (Brusiner.- 1996)[۶۶].

از آنجا که برخورد پروتئینها، هیچ ماده و انرژی خاصی را به هم منتقل نمی‌کند، تنها چیزی که در این برخورد حمل می‌شود اطلاعات نهفته در ساختار سیستم پروتئینی است. این انتقال اطلاعات از راه تماس و مجاورت، همان است که در پویایی مم‌ها اهمیت دارد، و شاید بتوان انتقال اطلاعات در سیستم پریونی را ساده‌ترین سرچشمه‌ی رفتار شبیه به مم دانست (Pagel & Krakauer.- 1996)[۲۵۲].

مثال سوم به موردی مربوط میشود که شاید خواننده هم با آن برخورد کرده باشد. حدود یک سال قبل نوشتن و پراکنده کردن نامه‌هایی در تهران رواج یافت که از جهاتی یک مم بسیار موفق بودند. این نامه‌ها، از سه بخش تشکیل شده بودند، یک بخش که به خواننده مژده‌ی یک خوش‌شانسی غیرقابل‌تصور را در صورت اجرا کردن مفاد نامه می‌داد، و چند مثال وسوسه کننده از افراد خوش‌اقبال مشابه را ذکر می‌کرد. بخش دوم که سرنوشت دردناک و غم‌انگیز افراد بی‌اعتنا به دستورات نامه را شرح می‌داد، و بالاخره بخش اصلی نامه که دستور می‌داد یابنده بیست بار از روی آن کپی کند و آن را به طور ناشناس در خانه‌ی دیگران بیندازد. این نامه، ترجمه‌ی کلمه به کلمه‌ی نامه‌ای بود که در محافل علاقمندان به زندگی مصنوعی با عنوان *نامه‌ی زنجیره‌ای جهود مقدس*[۵] شهرت دارد و داوکینز هم تحلیلی کوتاه از ساختارش ارائه کرده است (Dawkins & Goodenough.- 1995)[۸۷].

این نمونه از ویروسهای نرم‌افزاری، به زودی تهران را در خود گرفت و پس از وقفه‌ی کوتاهی یک نسخه‌ی تازه‌تر و

۱- gene/culture coevolution

۲- prion

۳- Crutzfeldt-Jacob Disease

۴- Bovine Spongiform Encephalite

۵- St.Jude chain letter

بومی‌ترش ظهورکرد که آشکارا از نسخه‌ی اولیه‌ی انگلیسی سرمشق گرفته بود و در واقع جهش یافته‌ی آن بود. این متن بیشتر حالت مذهبی و بومی داشت و خوش‌شانسی را با رحمت و بدبختی را با قهر الهی جایگزین کرده بود. نامه‌هایی با ساختارهای متفاوت توسط نگارنده تهیه شد و در محیطهای محدودتری پراکنشش آزمایش شد. در تمام موارد وقتی پراکنش به حدی می‌رسید که آدم باهوشی متوجه حقه بودن شکل نامه شود، نسخه‌های تازه‌ی متفاوتی در صحنه ظاهر می‌شد. همچنین اگر در نامه ذکر می‌شد که باید حتماً تکثیر نامه‌ها از راه نوشتن با دست صورت گیرد، سرعت پراکنش ($\mathbf{rep}(\lambda)$) کمتر، و احتمال جهش ($\mathbf{M}$) بیشتر می‌شد.

۶-۸) عمومیت سطوح گوناگون آگاهی:

به احتمال زیاد تا اینجای کار دقت کرده‌اید که گزاره‌های به کار گرفته شده در مورد مدلسازی پویایی آگاهی، و عناصر آن، به سایر جانوران غیر انسان هم قابل‌تعمیم هستند. در واقع تمایز بین انسان و سایر جانوران، اگر در سایه‌ی نور شکاک و صریح منطق نگریسته شود، کمتر از آن است که بتواند تفاوت کیفی مهمی را باعث شود. به زودی به شواهدی اشاره خواهد شد که وجود الگوهای منطقی مشابه با انسان را در سایر جانوران هم نشان می‌دهد. همچنین بخش عمده‌ای از شواهدی که در بخشهای گوناگون این رساله مورد استناد قرار گرفت، بر اساس تجربه بر مدل‌های جانوری غیرانسان به دست آمده‌اند.

شکی در این نیست که ساختار سیستم عصبی انسان، مانند ساختار سیستم عصبی هرجانور دیگری، یک پدیده‌ای شگفت‌انگیز و منحصر به فرد است. روشن است که با وجود شباهتها و همانندی های چشمگیر، مغز انسان از مغز سایر جانوران پیچیده‌تر است، و تنوع رفتاری رایج در انسان هم در سایر جانوران دیده نمی‌شود.

اینکه مغز سایر جانوران هم از پویایی‌ای شبیه به آنچه که تا اینجا مدلسازی شد پیروی می‌کند، آشکار است، چون شواهد بیشماری در این مورد وجود دارد که در همین رساله هم فراوان مورد استناد قرار گرفت. اما اینکه پیچیدگی پویایی در این جانوران با آنچه در انسان دیده می‌شود چقدر تفاوت دارد، هنوز محل بحث است.

بازنمایی در سطوح مولکولی، حتی در جانداران غیرجانور، و در جانوران تک یاخته‌ای مانند آمیب و پارامسی هم دیده می‌شود. به این ترتیب چنان که گفتیم می‌توان آگاهی را طیفی وسیع فرض کرد که در دامنه‌ای به وسعت زندگی گسترده شده است. بازنمایی سطح شبکه‌ای ظاهراً فقط در جانوران دارای دستگاه عصبی وجود دارد. مرجانها و کرم‌های پهن ساده‌ترین بازنمایی از این نوع را دارند و در سر دیگر طیف پیچیدگی این نوع بازنمایی، مهره‌داران و حشرات قرار گرفته‌اند.

بحث‌برانگیزترین پرسشی که می‌تواند در اینجا مطرح شود، این است که آیا بازنمایی خودآگاه هم در سایر جانوران غیرانسان دیده می‌شود یانه؟

پاسخ دادن به این پرسش، بسیار دشوار است. ما عادت کرده‌ایم مهمترین شاهد برای خودآگاه بودن موجود را گزارش زبانی خودش فرض کنیم، و بنابراین در مورد لشکر انبوه جانورانی که زبانشان برای ما قابل‌درک نیست، هیچ حرفی نمی‌توانیم بزنیم. تقریباً مسلم است که پیچیدگی سیستم‌های غیرجانوری، و تک‌یاخته‌ای برای پشتیبانی این نوع بازنمایی کفایت نمی‌کند. اما در مورد آستانه‌ی پیچیدگی لازم در خطراهه‌ی تکاملی جانوران هنوز توافق قطعی بین پژوهشگران وجود ندارد.

گروهی از پژوهشگران کوشیده‌اند این پرسش را با روشی دقیقتر پاسخ دهند. به نظر ایشان، بازنمایی در سطح

خودآگاه، می‌تواند توسط بررسی وجود یا عدم وجود زبان طبیعی در جانور پیگیری شود. به‌گمان من هم این راهکاری مناسب است. تعریفی که معمولاً از عبارت زبان طبیعی می‌شود، همان است که چامسکی با برچسب گشتاری/زایشی[۱] بودن زبان مشخص کرده است. این عبارت بدان معناست که در یک زبان طبیعی کدهایی وجود دارند که می‌توانند بر اساس دستوری با هم ترکیب شده و بیشمار معنا تولید کنند. تنها زبان نمادینی که به این معنا در جانوران یافت شده است، در زنبور عسل (**Apis melifera**) وجود دارد (فون فریش.- ۱۳۷۵)[۱۵]. البته خود چامسکی در مورد نامحدود بودن زبان زنبور عسل انتقادات سختی دارد، اما شواهد موجود برای زایشی پنداشتن این زبان رقص‌گونه کافی به نظر می‌رسد. البته ناگفته نماند که شواهد فراوانی هم در مورد محدودیتهای ذاتی این زبان وجود دارد. مثلاً نشان داده شده که در زبان این حشرات دادن نشانیِ *بالا* توسط رقصی که نشانگر محل غذاست، ممکن نیست[۲].

تلاشهایی به موازات این تحقیقات، در مهره‌دارانی مانند دلفین و شامپانزه هم انجام گرفته است. تجربه بر دلفین‌ها نشان داده که زبانی با پیچیدگی زیاد در این جانوران وجود دارد، اما ظاهراً حجم معانی قابل انتقال توسط زبان آنها به معنای مورد نظر چامسکی نامحدود نباشد. با اینهمه شواهد چشمگیری در مورد توانایی دلفین‌ها برای یادگیری زبان انسانی وجود دارد. شواهد یاد شده تا حدودی فرض وجود دستور زبان[۳] را در زبان دلفین‌ها تأیید می‌کند (**Goulde.- 1991**)[۱۳۷]. در زمینه‌ی زبان‌آموزی به شامپانزه‌ها داده‌های چشمگیر و بحث برانگیزی وجود دارد که توانایی میمونهای عالی را برای آموختن زبان کر و لال‌ها (**ASL**) نشان می‌دهد (**Gardner & Gardner.- 1992**)[۱۲۶].

یک راه ساده برای سنجیدن وجود یا عدم وجود بازنمایی‌در سطح خودآگاه، این است که ببینیم در او نظریه‌ی ذهن[۴] پدیدار شده است یا نه. نظریه ذهن به این معناست که فرد داشتن حالات ذهنی شبیه به حالات ذهنی خودش را به موجودات زنده (یا حتی غیرزنده‌ی) دیگری هم که می‌بیند، نسبت دهد. ناگفته پیداست که اگر در موجودی نظریه‌ی ذهن وجود داشته باشد، لزوماً درک از ذهن خودش هم در او وجود دارد. به این ترتیب وجود این نظریه می‌تواند شاخص وجود خودآگاهی در موجود تلقی شود. هرچند شاید نتوان عدم وجود آن را به معنای شاخص عدم وجود خودآگاهی دانست.

برای آزمودن وجود نظریه‌ی ذهن درکودکان، روشی ساده وجود دارد. آزمونی به نام *آزمایش سالی-آن*[۵] هست که به صورت یک نمایش عروسکی به کودک نشان داده می‌شود. در این نمایش عروسکی -یا شخصیتی بازیگر- به نام سالی وارد اتاقی می‌شود و مرواریدی را در داخل جعبه‌ای می‌گذارد. بعد او از اتاق بیرون می‌رود و عروسک دیگری به نام آن وارد می‌شود و مروارید را از داخل جعبه برمی‌دارد و در جای دیگری (مثلاً زیر تخت) پنهان می‌کند. بعد سالی بار دیگر وارد اتاق می‌شود وکودک با این پرسش روبرو می‌شود که سالی باید کجا دنبال مروارید بگردد. اگر نظریه ذهن درکودک تشکیل نشده باشد، نمی‌تواند بین اطلاعات آن و سالی فرق بگذارد و این را که هریک دید خاص خود را از جهان دارند درک کند. به همین دلیل هم در این حالت کودک زیر تخت را به عنوان جایی که سالی باید دنبال مروارید بگردد ذکر می‌کند. اگر نظریه ذهن تشکیل شده باشد، کودک درک محدود سالی از وقایع را می‌فهمد و پاسخش درون

۱- **generative-transformative**

۲- علتش هم روشن است، در حالت طبیعی هرگز عسلی یا گلی در بالای کندو نمی‌توان یافت.

۳- **syntax**

۴- **theory of mind**

۵- **Sally- Anne test**

جعبه خواهد بود[۱].

شواهد کلاسیک مشهور در روانشناسی کودک چنین می‌گوید که نظریه‌ی ذهن تا حدود پنج سالگی در کودکان تشکیل نمی‌شود و تنها پس از آن است که بازنمایی از ذهن دیگران در ذهن کودک تشکیل می‌شود. امروزه در سایه‌ی دقیقتر شدن ابزارهای آزمایشی، این گزاره با تردید روبرو شده است. اگر حرکات چشم و واکنشهای زیستی کودک را در سنین کمتر از پنج سال ثبت کنیم و هنگام قرار گرفتن در برابر آزمون سالی-آن به دنبال واکنشهای تعجبی بگردیم، می‌بینیم که کودک در سنین خیلی کمتر از پنج سال هم با دیدن رفتار حیران و متعجب سالی عادی برخورد می‌کند و علم غیب سالی را (اگر مستقیم زیر تخت را بگردد) با تعجب تلقی می‌کنند. نتیجه اینکه به نظر می‌رسد نظریه ذهن در سنین خیلی کمتر پدیدار شود، و تنها در سن پنج سالگی ابزارهای خودآگاه‌گزارش دادن آن -مثل زبان- تکمیل شوند.

یکی از شاخصهای به نسبت خوب برای سنجش وجود یا عدم وجود نظریه‌ی ذهن، مشاهده‌ی دروغ است. کسی که بین ذهن خود و دیگران تمایزی قایل نیست، یا دیگران را دارای رفتارهای ذهنی مشابه با خود نمی‌داند، نمی‌تواند برنامه‌ای گمراه کننده را برای فریب دادن او طراحی کند. اما در کودکان می‌بینیم که در حدود سه ماهگی رفتارهای مربوط به دروغ‌گویی تکامل می‌یابد. کودک در این سن رفتارهایی مثل الکی گریه کردن و قایم کردن اشیا از چشم بزرگترها را از خود نشان می‌دهد و بنابراین می‌توان فرض کرد که در همین سن نظریه ذهن در او شکل گرفته است (Spinney.- 1998)[۲۹۵].

شواهد خیره کننده‌ای در مورد وجود نظریه‌ی ذهن در سایر پستانداران عالی هم وجود دارد. یک شامپانزه که در اتاقی با یک انسان به دنبال غذا می‌گردد، و با او رقیب است[۲]، به انسان اطلاعات غلطی (با اشاره) در مورد محل غذا می‌دهد و اطلاعات دریافتی از سوی رقیبش را هم جدی نمی‌گیرد. از سوی دیگر هنگامی که همین میمون ناچار است برای پیدا کردن غذا با همان آدم همکاری کند، اطلاعات درستی را به او می‌دهد و اطلاعات دریافتی را هم به عنوان گزاره‌های درست ارزیابی می‌کند و بر اساسش واکنش نشان می‌دهد (Premack & Woodruff.- 1979)[۲۹۵].

شواهد زندیگنامه‌ای[۳] زیادی هم در مورد وجود پدیده‌ی دروغ در میان میمونها وجود دارد. به عنوان مثال دیده شده که شامپانزه‌های ماده به هنگام جفتگیری با نرهای مرئوس و متعلق به رده‌های پایین سلسله مراتب، زیاد از خود سر و صدا در نمی‌آورند تا توجه نر رهبر را به خود جلب نکنند. همچنین اگر یک میمون وِروِت[۴] مورد حمله‌ی میمونهای دیگر هم قبیله‌ایش قرار گیرد و در گوشه‌ای گیر بیفتد، به آسمان نگاه می‌کند و فریادهای اخطارآمیز مربوط به دیده شدن عقاب را سر می‌دهد و به این ترتیب با دروغ گفتن مهاجمان را متفرق می‌کند (Witen & Byrne.- 1989)[۲۹۵].

شامپانزه و اورانگ‌اوتان در آزمون سالی-آن رفوزه می‌شوند، اما اگر شاخصهایی دقیقتر -مانند آنچه که در نوزاد استفاده شد- مورد توجه قرار گیرد، نتیجه فرق می‌کند. به تازگی مارک هاوسر از دانشگاه هاروارد آزمون سالی-آن را برای میمونهای تامارین تکرار کرده است و به جای دو هنرپیشه‌ی آدم‌یا عروسک، از دو بازیگر میمون استفاده کرده تا فیلمی مشابه راتولید کند. بعد این فیلم را برای میمون‌ها نمایش داده و حرکت چشمشان را ثبت کرده است.

نتایج آزمون او نشان داده که حرکت چشم و مدت زمان خیره شدن به تصاویر برای موجوداتی مانند نوزادان و میمونها که قادر به گزارش زبانی وضعیتشان نیستند، به عنوان راهی برای سنجش تعجب کاربرد دارد. با این ترتیب، نشان داده

۱-چون سالی هنوز فکر می‌کند مروارید در جعبه است و از جابجا شدنش توسط آن بی‌خبر است.

۲-یعنی هرکس غذا را پیدا کرد خودش می‌خورد

۳-anecdotal

۴-Vervet monkey

شده که میمونها هنگامی که می‌بینند سالی (البته نسخه‌ی میمونش) در جایی غلط دنبال غذا (یعنی نسخه‌ی میمونیِ مروارید) می‌گردد دچار تعجب می‌شوند. یعنی *انتظار دارند* میمون جستجوگر در جاهایی که باید بر اساس اطلاعاتش تعریف شود به دنبال غذا بگردد (**Spinney.- 1998**)[۲۹۵].

۶-۹) منطق:

در مدل پیشنهاد شد در این نوشتار، منطق جایگاهی ویژه دارد. در این مدل، ساز و کار شبکه‌ی عصبی و قانونمندی‌های حاکم بر آن، برنامه‌ای را برای پردازش اطلاعات در سطح شبکه‌ای به دست می‌دهد، که بازنمایی‌اش در سطح خودآگاه منطق نامیده می‌شود. به بیان دیگر، روندهای حاکم بر دینامیسم نورونی در سطوح پایین -سطح مولکولی و شبکه‌ای- می‌توانند در سطح خودآگاه بار دیگر بازنمایی شده و در قالب قوانینی کدبندی شده توسط زبان درک شوند. این قوانین، پیکره‌ای معنایی را تولید می‌کنند که منطق نامیده می‌شود.

می‌دانیم که بر اساس اصول هبی، شبکه‌های عصبی در ابعاد خرد رفتاری آماری و شبه‌کاتوره‌ای، و در ابعاد کلان رفتاری قانونمند و برنامه‌دار دارند. این برنامه به دلیل خصلت چرخه‌ای بودن پردازش اطلاعات در مغز، می‌تواند خود در سطح خودآگاه ادراک شود و بنابر خصلت بازنمایی اطلاعات در این سطح، به صورت نمادهای زبانی بیان گردد. این بیان، در نهایت مجموعه قوانین حاکم بر دینامیسم عصبی و پردازش و استنتاج از اطلاعات را نشان خواهد داد.

منطق، در نهایت عبارت است از قانونمندی حاکم بر پردازنده‌ای که ورودی‌اش عبارت است از اطلاعات حسی، و خروجیش متشکل است از قضاوتهای تا حد امکان درست در مورد پدیده‌ها. یعنی منطق، قانونمندی حاکم بر سیستمی است که برای زنده نگهداشتن جاندار در محیطی آشفته و نیازمند تحلیل تکامل یافته است. کارکرد اصلی این سیستم، این است که تشخیص دهد در هر مقطع زمانی کل سیستم چه رفتاری را به عنوان انتخاب بهینه باید برگزیند. چنین کارکردی به خوبی در قالب مفاهیم محاسباتی قابل‌صورتبندی است.

فرض کنیم بتوان به هر رخدادی مانند S_i که در جهان خارج روی می‌دهد، یک تابع احتمالاتی مانند $P(S_i)$ نسبت داد. پیش‌فرضهای اساسی هر سیستم منطقی با توجه به این عنصر، عبارت خواهد بود از:

۱) $P(\sim S_i) >= 0$

۲) اگر رخداد روی دهد، ($S_i = T$)، آنگاه: $P(S_i) = 1$

۳) اگر S_1 و S_2 اشتراکی با هم نداشته باشند، آنگاه: $P(S_1 \text{ OR } S_2) = P(S_1) + P(S_2)$

حالا فرض کنیم سیستم منطقی یاد شده، این چهار شرط را هم داشته باشد:

۱) $P(\sim S_i) = 1 - P(S_i)$

۲) اگر به لحاظ منطقی $S_1 = S_2$، آنگاه $P(S_1) = P(S_2)$

۳) اگر $P(S_2) = 0$، آنگاه $P(S_1 | S_2) = \frac{P(S_2 | S_1)\, P(S_1)}{P(S_2)}$

۴) $P(S_1 \& S_2) < P(S_1)$

می‌توان به طور ریاضی ثابت کرد که هر دستگاه دارای این چهار شرط، توانایی تولید یک نظریه‌ی کلاسیک احتمالات را دارد. چهار شرط بالا، با عنوان گزاره‌های کولموگوروف[۱] شهرت دارند. به ویژه گزاره‌ی (۳) خیلی اهمیت دارد که به

۱- **Kolmogorov's axioms**

طور جداگانه با نام گزاره‌ی بایزین[1] خوانده می‌شود.

در منطق، نوع خاصی از قمارها را می‌توان تعریف کرد که بازیگر مستقل از شانس و شرایط موجود، حتماً بازنده شود. مثلاً به این شرط‌بندی دقت کنید:

سه کارت داریم که هر دو روی یکی از آنها سفید، هر دو روی یکی از آنها سرخ، و یک روی سومی سرخ و روی دیگرش سفید است. حالا فرض کنید حق دارید به طور تصادفی از این سه کارت یکی را بکشید، و به طرفی که بالاست نگاه کنید، به سه شرط پایین توجه کنید:

الف: اگر کارت هر دو رویش سرخ بود، ۴۲۰ تومان می‌برید و اگر نبود ۲۱۰ تومان می‌بازید.

ب: اگر سفید رو بود ۲۰۰ تومان می‌برید و اگر نبود ۲۰۰ تومان می‌بازید.

پ: اگر طرف قرمز کارت دو رنگ (یک رو سفید/یک رو قرمز) آمد ۴۰۰ تومان می‌برید و اگر هردو روی کارت قرمز بود ۴۰۰ تومان می‌بازید.

دقت داشته باشید که نسبت مبالغ برد و باخت با احتمالات معمول مربوط به هر حالت یکسان است. اما اگر هر سه گزاره‌ی بالا را به عنوان شرط‌بندی بپذیرید، حتماً خواهید باخت. چون بیشتر از سه حالت برای آمدن کارت‌ها امکان ندارد:

یا کارتی جز قرمز قرمز میاید و روی سفیدش بالا می‌افتد.

یا کارت دو رنگ میاید و روی قرمزش بالا می‌افتد.

یا کارت قرمز می‌آید.

در هر سه حالت شرط به باخت خواهد انجامید. در حالت اول و دوم ۱۰ تومان، و در حالت سوم ۱۸۰ تومان باخت عاید طرف شرط خواهد شد. چنین شرط‌هایی را در متون اروپایی با عنوان **Dutch book** مشخص می‌کنند (**Osheron.- 1990**)[۲۵۰].

می‌توان نشان داد که سیستم منطقی مسلح به گزاره‌ی بایزین، هرگز شرطی از این دست را قبول نخواهد کرد، و بنابراین در برابر خطر انتخاب چنین قمارهای نافرجامی روبین‌تن خواهد بود.

با وجود سود فراوانی که سیستم منطقی بایزین به ظاهر دارد، شواهد فراوانی وجود دارد که نشان می‌دهد انسان به طور مرتب از این الگوی منطقی برای قضاوت در مورد پدیده‌ها و تنظیم رفتارش استفاده نمی‌کند. در اینجا به برخی از این شواهد اشاره خواهم کرد تا راه برای نتیجه‌گیری‌های بعدی هموارتر باشد.

در یک آزمون، ازگروهی از آزمودنی‌ها خواسته شد تا درصدی راکه قرار است یک لاتاری به طور تصادفی تولید کند، حدس بزنند. پیش از اینکه حدس زدن انجام شود، از آزمودنی‌ها خواسته شد تا بگویند مقدار مورد نظرشان بیشتر از درصدی خاص است یا کمتر از آن، و بعد درصد حدس زده شده یادداشت شد. در عمل این آزمودنی‌ها در حال تولید عددی تصادفی بودند. شواهد آماری نشان داد که عدد حدس زده شده به شکل معنی‌داری با عددی که قبل از حدس به افراد داده می‌شده رابطه دارد. مثلاًکسانی که اعداد ۱۰ ٪ و ۶۵ ٪ را دریافت کرده بودند، به ترتیب با میانگین ۲۵ ٪ و ۴۵ ٪ حدس خود را اعلام کردند. یعنی اختلاف اعداد اولیه میانگین عدد تصادفی تولید شده را حدوداً دو برابر کرده بود (**Tverski & Kahneman.- 1974**)[۳۰۹].

در آزمونی دیگر از عده‌ای پرسشی را در دو شکل متفاوت پرسیدند، این پرسش‌ها عبارت بود از:

۱- **Bayesian theorem**

الف: حدس می‌زنید به ازای هر صد هزار نفر مبتلا به فشار خون، چند نفر در اثر سکته می‌میرند؟
ب: حدس می‌زنید به ازای هر فردی که در اثر سکته می‌میرد، چند نفر مبتلا به فشار خون دیگر زنده می‌مانند؟
نتایج نشان داد که گروه دریافت کننده‌ی پرسش اول میانگینی برابر با ۱۳۰۱۱، و گروه گیرنده‌ی پرسش دوم میانگینی برابر با ۱۳۱ نفر را تخمین زده بودند. یعنی وجود عدد صد هزار باعث شده بود پایه‌ی حدس آزمودنی‌ها صد برابر بیشتر شود (**Slovic et al.- 1980**)[۲۸۹].

در آزمونی دیگر، از ۸۵ آزمودنی خواسته شد تا زندگینامه‌هایی خیالی را بخوانند و یکی از چهار گزینه‌ی مربوط به شخصیت ذکر شده در زندگینامه را انتخاب کنند. نتیجه نشان داد که آزمودنی‌ها به شکل عجیبی گزینه‌های دارای دو بخش را بیش از نمونه‌های دارای یک بخش انتخاب می‌کردند (**Tverski & Kahneman.- 1983**)[۳۱۱]. یعنی مثلاً جمله‌ی "*فلانی کارمند بانک و طرفدار محیط زیست است.*" را بیشتر از "*فلانی کارمند بانک است*" انتخاب می‌کردند. این امر به سادگی خدشه‌ای بر گزاره‌ی چهارم کولموگوروف محسوب می‌شود. یعنی در اینجا احتمال بروز ترکیب عطفی دو پدیده بیشتر از احتمال وقوع یکی از آنها به تنهایی فرض شده است.
اشتباهات منطقی‌ای از این دست را *خطای حرف ربط*[۱] می‌نامند. شواهد بیشتری هم در مورد رواج چنین شکلی از تصمیم‌گیری در انسان وجود دارد. (برای یک مرور کامل نگاه کنید به (**Osheron.- 1990**)[۲۵۰].

این شواهد در نهایت منجر به این شد که تورسکی و کانمن دیدگاه رقیبی برای منطق سیستم عصبی انسان پیشنهاد کنند که دیدگاه شباهت نام گرفت (**Kahhneman & Tverski.- 1973**)[۱۸۱]. بر اساس این دیدگاه، آنچه که محرک انتخاب کردن یک گزینه از بین چند احتمال است، شباهتی است که برخی از جنبه های مهم پنداشته شده‌ی آن گزینه، با تصاویر ذهنی اولیه‌ی ما دارند. یعنی آنچه که باعث می‌شود انحراف از سیستم پاک از خطای بایزین ایجاد شود، پیش‌فرضهایی است که در سیستم پردازنده‌ی ما وجود دارد و باعث دگرگون درک شدن محرک‌های ورودی می‌شود. به این ترتیب کسانی که در آزمایش زندگینامه با برگزیدن گزاره‌ی دارای ترکیب عطفی جواب می‌دادند، در واقع شباهت بین این تصویر دقیقتر با آنچه را که تصور کرده بودند را بیان می‌کردند. به این ترتیب حالت پایه‌ی بازنمایی پرسش و مشکل در ذهن ما، تا حدود زیادی تعیین کننده‌ی نوع پاسخی است که به آن می‌دهیم.

این شواهد، در نگاه اول دلیلی برای نادرست پنداشتن منطق بایزین، و خالی بودن جایش در پردازشهای عصبی به نظر می‌رسند. اما شواهد زیاد دیگری هم در برابر این موارد وجود دارد که وجود قضاوتهای مبتنی بر منطق بایزین را نشان می‌دهد. به عنوان مثال، نشان داده شده که در تمام موارد فوق، اگر پرسش به شکلی تحلیل مطرح شود و بر تصادفی بودن پدیده تأکید کافی شود، پاسخهای فرد با معیارهای بایزین سازگار خواهد شد (**Nisbett et al.- 1983**)[۲۴۵].

شواهد و بررسی‌های یاد شده، به پدید آمدن سه دیدگاه متفاوت در مورد عقلانیت و منطق منجر شده‌اند. نخست دیدگاه فلاسفه‌ی عقل‌گرایی مانند دنت است که عقلانیت و وجود منطقی تحلیلی مثل دستگاه بایزین را مبنای تمام انتخابات و تفکرات می‌داند. این در واقع مرده‌ریگ سنت ارسطویی در فلسفه است که عقلانیت گزاره‌ای را مبنای همه‌ی شناخت‌ها می‌دانست (**Dennett.- 1978**)[۹۳].
رویکرد دنت به عقلانیت یک مشکل عمده دارد که به زیبایی توسط یک فیلسوف-روان‌شناس تصویر شده است. اگر ما ابرپردازنده‌ای عظیم را در نظر بگیریم که سرعتی بسیار بالا داشته باشد (یعنی حد پایه‌ی پردازش اطلاعاتش در حد

۱- **conjunction fallacy**

زمان رد شدن یک فوتون نور از قطر یک پروتون باشد)، و تعداد پردازنده‌هایش هم خیلی زیاد باشد، و زمانی در حد بیست میلیارد سال (عمر عالم) هم در اختیارش بگذاریم تا تکامل یابد، سیستمی منطقی را تولید نخواهد کرد که دارای ۱۳۸ گزاره‌ی منطقی مجزا در درون خود باشد. با توجه به اینکه سیستم منطقی ما بیشتر از این حد گزاره‌های پایه را در خود دارد، و توان پردازشی‌اش هم بسیار از این رایانه‌ی کوانتومی مفروض کمتر بوده، روشن است که بخش عمده‌ای از محتوای منطقی سیستم ذهنی ما غیرگزاره‌ای و غیرقابل‌تحویل به سیستم‌های کولموگوروفی است (Cherniak.- 1986)[۷۳].

در مقابل دیدگاه نه چندان مقبولِ دنت، نگرش آشوبگرانه‌ی فلاسفه‌ای مانند فایرآبند وجود دارد که اصولاً وجود عقلانیت را به عنوان یک مبنای تصمیم‌گیری نفی می‌کند (فایرآبند.- ۱۳۷۵)[۱۴]. یکی از دستاویزهای این فیلسوف، همین شواهدی است که نشانگر عدم رعایت قواعد بایزین در خیلی از تصمیم‌گیری‌های رایج است (Feyerabend.- 1963)[۱۱۴]. در میان این دو دید افراطی، نگرشی بینابینی سومی وجود دارد که وجود حد پایه‌ای از منطق را در سیستم پردازنده‌ی عصبی به رسمیت می‌شناسد، اما آن را از نوع افراطی مورد قبول دنت نمی‌داند. خود چرنیاک که انتقادش از دنت را دیدیم، از این دانشمندان است.

دراین میان، فکر می‌کنم مدل مورد علاقه‌ی من پاسخی مناسب به این دعوا داشته باشد.

چنانکه دیدیم، سطوح سه‌گانه‌ی پردازش اطلاعات در مدل من توسط خصلت بازنمایی و پیچیدگی پردازش اطلاعات از هم جدا می‌شدند. منطق هم چنانکه در ابتدای این بخش تعریف شد، عبارت است از قانونمندی حاکم بر پردازش اطلاعات. در این نکته شکی نیست که بنابر شواهد تجربی قانونمندی خاصی بر هرنوع پردازش اطلاعات حاکم است. دعوا بر سر این است که این قانونمندی به چه شکل و در چه قالبی وجود دارد.

چنانکه دیدیم، شواهد زیادی مبنی بر این وجود دارد که در سطوح پایین، پردازش اطلاعات نورونی خصلت غیربایزین دارد. به عبارت دیگر، به نظر می‌رسد قانونمندی حاکم بر سطوح مولکولی و شبکه‌ای، بیش از آنکه بر منطقی گزاره‌ای متکی باشد، بر نوعی انتخاب طبیعی بین مم‌ها استوار است. یعنی قانونمندی حاکم بر آن سطح، بیشتر نوعی اندرکنش بازنمایی‌های گوناگون از جهان است، که در نهایت به بقای شایسته‌ترین مم می‌انجامد. این رقابت طبیعی و گزینش ریشه گرفته از رفتار موجود در محیط، همان منطقی است که بر بخش عمده‌ی پیکره‌ی اطلاعاتی موجود در مغز حاکم است. این نوع پویایی تکاملی، همان است که در دید کلان‌تر، صورتبندی‌هایی مانند دیدگاه شباهت را ممکن می‌سازد.

اما در سطحی بالاتر از پردازش، نوع دیگری از منطق نمود می‌یابد و این همان منطق گزاره‌ای و بایزین است. صرف اینکه چنین منطقی توسط مغز آدمی اندیشیده شده و می‌تواند توسط همه‌ی مغزهای سالم درک شود و پس از درک شدن درستی تحلیلهای خودآگاه را تعیین کند، بیانگر این اصل است که چنین راهکاری به عنوان یک قانونمندی کلان در سیستم پردازنده‌ی ما قابل‌توجه است. برخی از شواهد چشمگیر وجود دارند که وجود سیستم منطقی مشابهی در جانوران پیچیده‌ی دیگر را هم نشان می‌دهد. برای مثال، یک اصل ساده‌ی منطقی -اصل تعمیم[۱]- را در نظر بگیرید. این اصل، همان است که می‌گوید اگر دو چیز با هم برابر باشند و دومی با چیز سومی برابر باشد، چیز اول هم با سومی برابر خواهد بود. این اصل به صورتهایی دیگری هم قابل صورتبندی است، مثلاً می‌توان آن را به این ترتیب نشان داد که اگر **A>B** و **B>C**، آنگاه **A>C**. این اصل در واقع همان است که قانون صفرم ترمودینامیک را می‌سازد و وزن

۱- **transitive principle**

بخش عمده‌ای از منطق علمی ما را بر خود تحمل می‌کند.

آزمون برکبوترها نشان داده که این جانوران توانایی دسته‌بندی محرک‌های بینایی را بر اساس اصول منطقی انسانی داند. یعنی فرآیند دسته‌بندی کردن[۱] که یکی از نخستین گامهای پردازش منطقی است، در این موجودات با الگویی شبیه به انسان دیده می‌شود. از سوی دیگر، مشتقات قانون صفر ترمودینامیک هم که در اصل یک قاعده‌ی منطقی است توسط این جانوران درک شده و به کارگرفته می‌شود (**Wasserman.- 1995**)[۳۱۸]. یعنی این پرندگان هم درک می‌کنند که اگر جسم الف شبیه جسم **ب** و جسم **پ** شبیه جسم **د** باشد، و از سوی دیگر **الف** و **پ** به ترتیب با **ت** و **ث** هم شبیه باشند، آنگاه **ب** و **ت** از یکسو و **د** و **ث** از سوی دیگر با هم شبیه خواهند بود.

بیان ریاضی این حرف این است که:

$$(A\cong B \;\&\; C\cong D) \;\wedge\; (A\cong B' \;\&\; C\cong D') == (B\cong B' \;\&\; D\cong D')$$

توانایی مشابهی در شیرهای دریایی هم مشاهده شده است. مثلاً در یک آزمون بر یک شیر دریایی اهلی به نام ریو[۲]، نشان داده شده که مربوط کردن دسته‌ی **الف** از اشیای بی‌ربط به دسته‌ی **ب**، و مربوط کردن دسته‌ی **ب** به دسته‌ی **پ**، برای ریو کافی بود تا دسته‌ی **الف** و **پ** را به هم مربوط بداند (**Crabbe.- 1993**)[۸۴]. یعنی:

$$A\cong B \;\&\; B\cong C == A\cong C$$

همچنین گزارشی از یک ماکاک ژاپنی به نام توکی[۳] در دست است که قانون دوم نیوتون را درک می‌کرده. در یک آزمون لوله‌ای دراز و شفاف به این میمون داده شد که در وسطش یک سیب بود. میمون پس از مدتی کلنجار رفتن با لوله می‌فهمید که تنها راه بیرون آوردن سیب این است که سنگی را از یک طرف به داخل آن پرتاب کند تا سیب از سوی دیگر بیرون بیاید. جالب اینکه این میمون در حضور دیگران سنگها را آرامتر می‌انداخت تا سیب ناگهان از سوی دیگر با سرعت غیرقابل کنترلی بیرون نزند و توسط رقیبان همراهش برداشته نشود[۲۴۰].

این شواهد نشان می‌دهد اصول منطقی رایج در شبکه‌های عصبی تکامل یافته در شاخه‌های گوناگون زندگی جانوری از اصولی یکسان پیروی می‌کنند. یعنی در بالاترین سطح پردازش، قانونمندی‌های مشابهی در سازمانهای پردازنده‌ی متفاوت تکوین یافته‌اند.

از سوی دیگر، می‌توان نشان داد که همین قانون ساده هم توسط سطوح پایینتر رفتاری در پردازنده‌هایی بسیار پیچیده نقض می‌شود. نشان داده شده که همین اصل تعمیم، در بسیاری از از شرایط در انتخاب‌ها و قضاوتهای انسانی نقض می‌شود. مثلاً در یک آزمون پیچیده نشان داده شده که آزمودنی‌های انسانی پس از ترجیح دنباله‌ای از جفت گزینه‌های موازی، به این ترتیب عمل می‌کنند: **A>B**، **B>C**، **C>D**، **D>E**، **E>F**، و **F>A**. یعنی این قضاوتها غیرتعمیمی است (**Tverski.- 1969**)[۳۱۰].

یعنی، پردازش اطلاعات در سطوح بالایی و پایینی از قانونمندی‌های گوناگونی پیروی می‌کنند که گاه می‌تواند نمودهای رفتاری متناقضی را هم تولید کند. ظاهراً، منطق مبتنی بر عقلانیت کمینه‌ی مورد ادعای چرنیاک بر رقابت و انتخاب طبیعی و بقای شایسته‌ترین در سطح شبکه‌ای حاکم است و منطق بایزین تنها به عنوان راهکاری جدیدتر و محدودتر برای سنجیدن و تصحیح قضاوتهای خیلی مهم در برخی از جانوران خیلی پیچیده تکامل یافته است.

به این ترتیب ما مبنایی تجربی برای تعریف شهود هم در دست داریم. بخش مهمی از نتایج حاصل از پردازش

۱- **categorization**

۲- **Rio**

۳- **Tokei**

اطلاعات در سطوح غیربایزین شبکه‌ای در نهایت به هنگام رفتار توسط سیستم خودآگاه درک می‌شوند، و این ادراک پاسخ‌ها که انگار از هیچ بیرون می‌پرند، همان است که شهود نامیده می‌شود. در مورد شهود بسیار می‌توان گفت و نوشت. اما من در اینجا تنها سر آن دارم تا به یک نکته در این زمینه اشاره کنم و آن هم این است که این جرقه زدن پاسخ در مورد حل بسیاری از مسائل، تنها عبارت است از خودآگاه شدن نتایج حاصل از پردازش اطلاعات که در سطوح پایینتر صورت گرفته است. این خودآگاه شدن، چیزی است که در درجات کم یا زیاد در زندگی روزانه‌ی ما مرتب رخ می‌دهد. چراکه سیستم خودآگاه چنان که گفتیم از محدودیت شدیدی در حجم اطلاعات قابل‌پردازش رنج می‌برد. به این ترتیب موجود نمی‌تواند تنها به نتایج حاصل از این نوع داده‌آمایی بسنده کند. در واقع بخش عمده‌ی تصمیمات و نتایجی که موجود می‌گیرد، بستگی مستقیم به پردازش شبکه‌ای دارد و تنها ادراکی که خود موجود در موردش دارد این است که پاسخ ناگهان جایی در افق خودآگاه وی آشکار می‌شود.

اینکه چطور نتایج پردازش اطلاعات در سطح شبکه‌ای به سطح خودآگاه نشت می‌کند، توسط صورتبندی‌های نظریه‌ی اطلاعاتی قابل‌بیان است. اما نکته‌ی مهم این که نتایج یاد شده معمولاً توسط سیستمی گرفته می‌شوند که بر اساس منطق غیربایزین کار می‌کند و بنابراین نسبت به خطا ایمن نیست. نتیجه‌ی اخلاقی اینکه بازآمایی نتایج حاصله در سطح خودآگاه راهی مناسب برای پرهیز از بروز خطا در مورد پردازشهای خیلی حساس و مهم است. شاید صوفیان و عرفای کلاسیک را بد آید، اما این نتیجه نشان می‌دهد که شهودهای ناگهانی مبنای منطقی سست‌تری از پردازشهای خودآگاه و تحلیلی دارند.

۶-۱۰) اراده‌ی آزاد و اختیار:

از تحلیل‌های جالبی که می‌توان بر مبنای مدل ما انجام داد، یکی هم مربوط به اراده‌ی آزاد است. اگر سیستم عصبی ما به شکلی هم‌افزایانه کار کند، امکان این که اختیار به شکلی زاینده در سطوح بالاتر پیچیدگی پدیدار شود وجود دارد. چراکه در کلیه‌ی سیستم‌های پیچیده‌ی مشابه، افزایش درجه‌ی آزادی سیستم و منعطف‌تر شدن سیستم را همراه با بیشتر شدن پیچیدگی شاهد هستیم. برداشتهای هم افزایانه‌ای به طور جسته وگریخته از موضوع اختیار در هم‌افزایی انجام شده است که من در اینجا قصد مرورکردنشان را ندارم. بلکه بیشتر تمایل دارم تفسیر مدل خود را از این مفهوم ارائه دهم.

اراده‌ی آزاد، چنان که تعریف می‌شود، عبارت است از توانایی سیستم، برای تعیین پویایی خود، بدون این که این رفتار زیر اثر عوامل خارجی تعیین شود (**Libet.- 1985**)[۲۰۷].

تعریف مورد نظر، نکات مبهم و بحث‌برانگیز زیادی را در خود دارد. نخست اینکه در نهایت هر سیستم بازی، حاصل اندرکنش ماده و انرژی با محیط اطراف خود است، و تا به حال هم تمام سیستم‌هایی که به نوعی مختار پنداشته شده‌اند، همگی باز (و تقریباً همه زنده) بوده‌اند. اینکه چطور ممکن است دینامیسم کلان یک سیستم باز از قید اثرات محیطی آزاد شود، حرفی است که جای بحث زیادی دارد. به گمان من، می‌توان تحلیل خاصی از رفتار هم‌افزایانه به دست داد که چنین چیزی را تا حدودی برآورده کند.

اما پیش از ورود به بحث، لازم است کمی بیشتر درباره‌ی زمینه‌ی مورد صحبتمان اطلاعات داشته باشیم.

از نظر تاریخی، بحث علمی در مورد انتخاب آزاد و اراده در نیمه‌ی قرن کنونی پس از انتشار یک تحلیل روانشناختی از این موضوع آغاز شد (**Edwards.- 1954**)[۱۰۸]. به زودی انبوهی از مقالات و مدل‌ها در این زمینه منتشر شد و بازار

بحث در این زمینه داغ شد. این دیدگاه‌ها دو شاخه‌ی مهم فکری را در این قلمرو ایجاد کردند که یکی با عنوان نگرش ماجراجویانه، و دیگری با عنوان رویکرد محافظه‌کارانه شهرت دارند. هردوی این دیدگاه‌ها، در این نکته توافق دارند که هدف از انتخاب (چه با اراده‌ی آزاد همراه باشد و چه نباشد)، بیشینه کردن سود برای موجود است. این اصل بیشینه کردن سود را معمولاً به این ترتیب نشان می‌دهند:

$$EU(A)= \Sigma_{i=1} P(E_i) U(x_i)$$

که در آن $U(x_i)$ عبارت است از سود حاصل از عمل x_i، $P(E_i)$ برابر است با احتمال بروز نتیجه‌ی E از عمل x، و $EU(A)$ هم نماد درجه‌ی سودمندی عمل A است. دقت داشته باشید که در اینجا A عملی است که می‌تواند نتایجی مانند $\{x_1, x_2,...x_n\}$ داشته باشد، که هر نتیجه به واقعه‌ای مانند $(E_1,E_2,...E_n)$ مربوط می‌شود (Slovic.- 1990)[۲۸۹]. این در واقع معادله‌ای است که ریاضیدانان قرن نوزدهم برای تحلیل رفتار قماربازان ابداع کرده بودند.

تفاوت دو دیدگاه ماجراجویانه و محافظه‌کارانه این است که به گفته‌ی اولی، اعمال ما به عدم‌قطعیت بالایی در مورد نتایج آغشته است و اطلاعات کافی در مورد پیامدهای یک کار ویژه در فاعل عمل وجود ندارد. در برابر، دیدگاه دوم عقیده دارد که عملگرهای مختار بیشینه‌ی اطلاعات در مورد رفتار خود را گردآوری می‌کنند و با حساسیت و توجه کامل نسبت به نتایج، از ابزار عقلانیت استفاده می‌کنند تا به بیشینه‌ی سود قابل‌محاسبه برسند. این دیدگاه اخیر به ویژه زیر اثر آرای جرمی بنتام در مورد اراده‌ی آزاد و ارتباط آن با اقتصاد بوده و برداشتی عقلانیگرا و سنتی از مفهوم اراده را به دست می‌دهد.

بر مبنای دیدگاه اخیر، بسیاری از پژوهشگران کوشیده‌اند تا به کمک الگوریتم‌هایی منظم و منطقی، بهینه‌ی راهکار ممکن در مورد یک انتخاب ویژه را تعیین کنند. مثلاً مشاوران ژنتیک در مورد تعیین بیشینه‌ی سود زنی که مایل به باردار شدن است، جدولی ساخته‌اند که در (شکل-۲۸) نمونه‌ای از آن را می‌بینید (Behn & Vaupel.- 1982)[۵۱].

آنچه که در مورد منطق گفته شد، می‌تواند با اندکی تغییر، در مورد این مسئله‌ی انتخاب هم تکرار شود. آنچه که مسلم است اینکه سیستم‌های زنده همه هدفمند هستند و تنها هدف تکاملی قابل تعریف در سطح کلان جانداران هم میل به بقای ژنوم است. این تمایل، منجر به این می‌شود که بتوان سیستمی ارزشی را به عنوان مبنای خوب و بد بودن کردارها، یا سودمند و زیانمند بودنشان تعریف کرد. چنان که دیدیم، تکامل پیچیدگی چنین سیستمی را به شکل سخت‌افزاری و پیش‌تنیده در سیستم‌های زنده تعبیه کرده است و این همان ساختار لذت است.

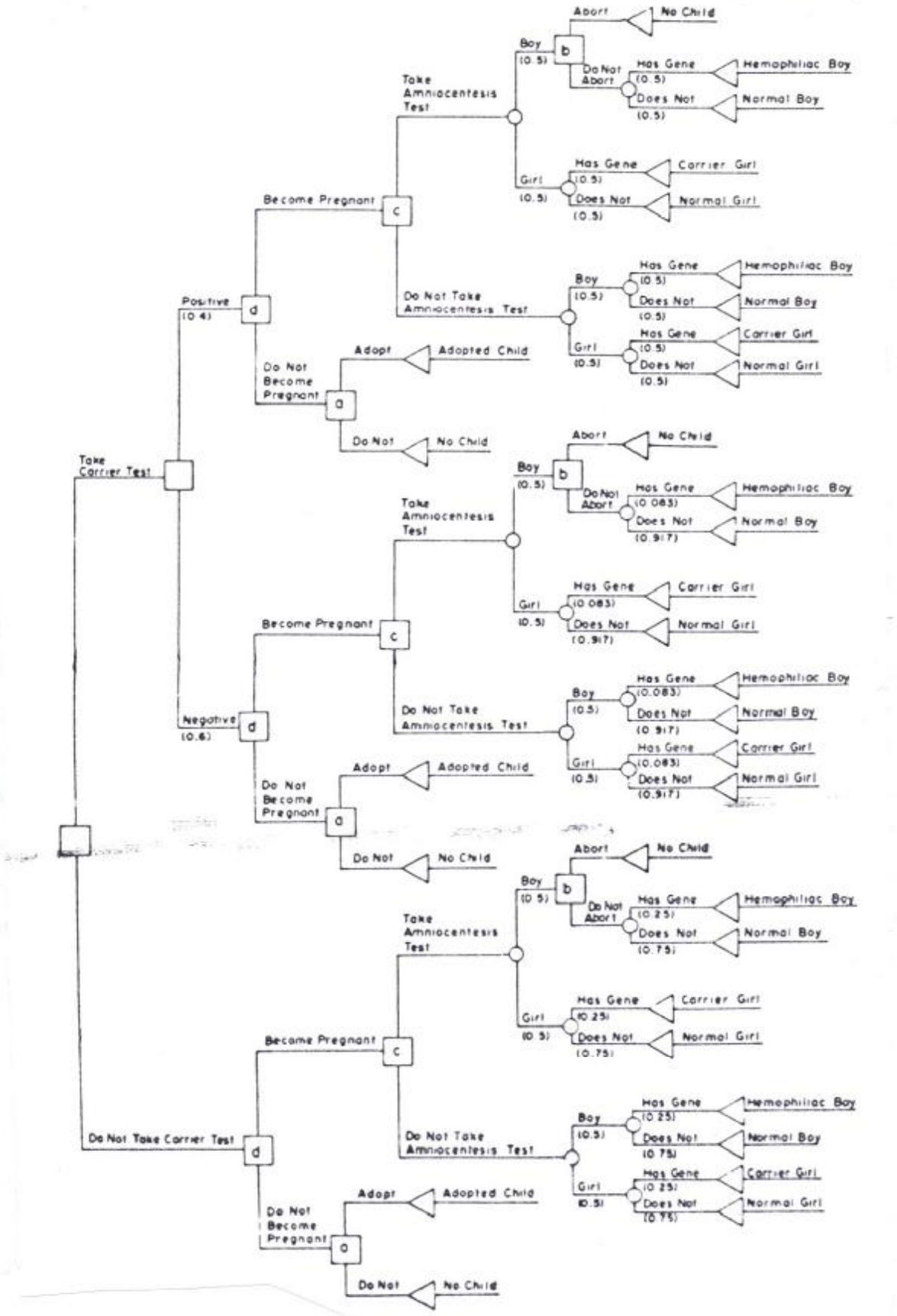
انتخاب، و گزینش یک امکان از میان چندین گزینه‌ی پیش روی ما، در عمل عبارت است از پویایی سیستمی پردازنده است که دارد برای نیل به بیشینه‌ی سود (بخوانید لذت) تلاش می‌کند.

اما این رفتار به چه صورتی انجام می‌گیرد؟ آیا ما هم مانند روبوتهایی برنامه‌ریزی شده عمل می‌کنیم و تنها تفاوتمان در این است که توهم داشتن اختیار هم در ما برنامه‌ریزی شده؟ یا اینکه به راستی مختار هستیم و می‌توانیم در برخی شرایط برخی گزینه‌ها را خودمان انتخاب کنیم؟

باید پیش از پرداختن به این پرسش، دو موضوع را روشن کنم، نخست مفهوم امکان و محدودیتهای آن، و دوم جبهه‌گیری منتج از آن در میان فلاسفه‌ی ذهن.

سه نوع محدودیت میتوان برای امکان وقوع یک رخداد در نظر گرفت:

نخست محدودیت منطقی. یعنی برخی چیزها به دلیل ساختار منطقی بیانشان غیرممکنند. مثلاً دایره‌ی چهارگوش ناممکن است، ولی پانصد میلیون ضلعی منتظم با وجود غیرقابل‌تصور بودنش ممکن است.



شکل-۲۸: جدول تصمیم‌گیری برای زنی که میخواهد باردار شود (**Behn & Vaupel.- 1982**)[۵۱].

دوم محدودیت طبیعی[۱] است که بنابر تضادش با قوانینن طبیعی رخ می‌دهد. مثلاً امکان حرکت یک شهابسنگ با سرعت بیشتر از نور در جهان شناخته شده‌ی امروز ما ناممکن است.
سوم محدودیت تاریخچه‌ای[۲] است که به پیشینه‌ی سیستم مورد نظرمان مربوط می‌شود. مثلاً اگر سنگی را از دره‌ای پایین بیندازیم، ممکن نیست به بالا برود. گرچه همان سنگ اگر به بالا پرتاب شود چنین امکانی را دارد.

برمبنای این سه محدودیت، اختیار ما، اگر وجود داشته باشد، تنها در دامنه‌ای کوچک امکان نوسان دارد. یعنی من به این دلیل که سپیدپوست هستم نمی‌توانم در همان زمان سیاهپوست هم باشم (محدودیت اول). از سوی دیگر چون زنده هستم نمی‌توانم در خلأ بین‌ستاره‌ای زندگی کنم (محدودیت نوع دوم)، و چون در ایران زاده شده‌ام نمی‌توانم به زبان منقرض شده‌ی سوخپوستان مایا صحبت کنم. به این ترتیب رفتارهای من در چهارچوب محدودیتهایی عمده گرفتار است و تنها در این میان قدرت تحرک دارد. حالا پرسشی که مطرح است این است که این محدودیتهای سه‌گانه‌ی یاد شده اصولاً وازه‌ای برای انعطاف رفتار من باقی می‌گذارند یا نه. کسانی که به جبرگرایی گرایش دارند، به پرسش بالا پاسخ منفی می‌دهند.
در بین فلاسفه، بر مبنای دیدگاهی که در مورد این موضوع وجود دارد، دو گرایش می‌توان یافت. ایشان یا طرفدار جمع‌پذیری[۳] هستند، یا به جمع‌ناپذیری[۴] گرایش دارند. در حالت اول معتقدند اراده‌ی آزاد با جبر ناشی از قوانین طبیعی قابل‌جمع است، و در حالت دوم منکر این امکان هستند (**Goldman.- 1990**)[۱۳۳].

من در این میان به هواداران نظریه‌ی نخست تمایل دارم و گمان می‌کنم در سیستم‌های پیچیده‌تر از حد خاصی -که تکامل زندگی تعریفش می‌کند- وازه‌ای از نوسان -در چهارچوب سه محدودیت نامبرده- وجود دارد. بنابراین دیدگاه ارائه شده در اینجا را باید تلاشی در راستای آشتی دادن این دو گزاره‌ی به ظاهر متضاد (یعنی جبر قوانین طبیعت و اراده‌ی ملموس ذهنی) در نظر گرفت. تلاش من این خواهد بود که به کمک نظریه‌ی هم افزایی، نشان دهم دامنه‌ای کوچک در بین چهارچوب آهنین این محدودیتها وجود دارد، که امکان رفتار آزادانه را به ما می‌بخشد.

برداشت ذهنی همه‌ی ما از رفتارمان این است که مختار هستیم و برخی از رفتارها را -که عموماً تعداد و دامنه‌شان هم اندک است- را به طور خودجوش و درونی انتخاب می‌کنیم. برخی از عصب‌شناسان به این گرایش دارند که این حس درونی اختیار را نوعی محصول جانبی رفتار شبکه‌ای مغز ما، و نوعی توهم بر آمده از پیچیدگی فرض کنند. ممکن است این دیدگاه درست باشد، اما من بیشتر به دنبال تفسیری هستم که تا حد امکان این حس درونی را توجیه کند، نه اینکه حذفش نماید. گفتیم که می‌توان برای شبکه‌ی عصبی پویایی ویژه‌ای بر حسب نوع و وضعیت فضای فازش تعریف کرد. همچنین گفتیم که این پویایی در نهایت توسط تعداد زیادی متغیر تعیین می‌شود که در هریک از سه سطح پردازشی ما می‌توانند تعریف شوند. به برخی از پدیده‌های ویژه‌ی برآمده از این پویایی پیچیده هم اشاره شد، مثلاً در ابتدای کار از دوشاخه‌زایی و تقارن و شکست تقارن صحبت کردیم.

حالا برای تعریف اختیار، اینطور مدل خود را تعریف می‌کنیم:
به ازای هر شبکه‌ی عصبی‌ای، می‌توان فضای فازی مانند $\mathbf{S_n}$ تعریف کرد که دارای $\mathbf{N}$ بعد باشد و $\mathbf{N}$ در آن برابر باشد با تعداد متغیرهای تعیین کننده‌ی دینامیسم سیستم، یا تعداد ابعاد فضای فاز.
در این سیستم، در هر مقطع زمان می‌توان نقطه‌ای مانند $\mathbf{P_n}$ را در نظر گرفت که نشانگر وضعیت سیستم در آن لحظه‌ی

۱- **nomological impossibility**
۲- **nomohistorical**
۳- **compatblism**
۴- **incompatibilism**

خاص باشد. اگر زمان را به عنوان یکی از ابعاد فضای فاز وارد سیستم کنیم، انتگرال **P** در طول زمان بر فضای فاز ما قابل بازنمایی خواهد بود و این موضوع در واقع خط‌راهه‌ای مانند **Q** را شامل خواهد شد که معمولاً بنابر خواص و مقادیر خاص متغیرهای سیستم، یکتا و مشخص خواهد بود.

تا اینجای کار این تحلیل بیشتر در شبکه‌های محلی و کوچک مورد استناد قرارمی‌گرفت. چنان‌که دیدیم، بزرگترین شبکه‌ای که مورد تحلیل قرار گرفت و مبنای تفسیر آزمونهای ما هم شد، شبکه‌ی پردازش اطلاعات بینایی بود.

اما نکته‌ی مهم این است که این شبکه‌ی مفروض می‌تواند هراندازه‌ای داشته باشد، و هرچه اندازه‌ی آن بزرگتر و ساختارش پیچیده‌تر باشد، تعداد متغیرهای فضای فاز آن بیشتر خواهد شد و به دنبال آن امکان دیدن رفتارهای پیچیده‌تری در آن فراهم خواهد بود. اگر شبکه‌ی عصبی مورد نظرمان، برابر با خود سیستم عصبی فرض شود، دینامیسم مشاهده شده در آن برابر خواهد شد با رفتار موجود زنده.

دیدیم که درشبکه‌هایی به مراتب ساده‌تر از این (مثل سیستم بینایی) امکان ظهور برخی از رفتارهای هم‌افزا مانند دوشاخه‌زایی وجود دارد. شواهد زیادی در مورد امکان پدیدار شدن چنین رفتارهایی در شبکه‌های بسیار ساده‌تر (حتی **ANN**ها) هم در دست است. بنابراین معقول به نظر می‌رسد که در سطح کل مغز هم چنین رفتارهایی را داشته باشیم. رفتار خاصی که من در اینجا می‌خواهم مورد توجه قرارش دهم، دوشاخه‌زایی است.

وجود دوشاخه‌زایی، با تحلیل‌های گوناگون هم‌افزایانه در سیستم رفتاری جانوران قابل‌اثبات است. می‌توان به لحاظ ریاضی نشان داد که سیستمی با پیچیدگی مغز یک جانور عالی، لزوماً در برخی از شرایط دوشاخه‌زایی را از خود ظاهر خواهد کرد. شواهد فراوانی هم می‌توان ارائه کرد که وجود چنین پدیده‌ای را در زیرسیستم‌های همین مغز نشان می‌دهد. در واقع احساس درونی تردید، شاهد در دسترسی است که وجود چنین حالتی را در همه‌ی ما تأیید می‌کند.

هنگامی که حساب و کتاب سود و زیان در مورد دسته‌ای از کنشهای خاص مانند ($x_1, x_2,...x_n$) با هم برابر شود، تقارنی ایجاد می‌شود که اگر بر پویایی سیستم ما تصویر شود، همان شکل دوشاخه‌زایی را به خود می‌گیرد.

سیستمی که در مسیر رفتار خود به تقارن برمی‌خورد، باید به هر شکل این تقارن را بشکند، چراکه امکان توقف سیستم در یک نقطه‌ی خاص از فضای فاز -که زمان هم یکی از ابعاد آن است- وجود ندارد. به همین دلیل هم در نهایت سیستم تقارن یاد شده را می‌شکند. اما نکته‌ی جالب این که شکست تقارن یاد شده در این شرایط خاص توسط متغیرهای بیرون سیستم تعیین نمی‌شود و بنابراین قابل‌پیش‌بینی دقیق نیست. معیار اصلی شکست تقارن در این موارد، عبارت است از متغیرهای لحظه‌ای پنهانی که در جریان پردازش چرخه‌ای اطلاعات پدید می‌آیند. در دستگاه پیشنهاد شده، این شکستهای تقارن ویژه که تنها توسط متغیرهای خودجوش درون سیستم تعیین می‌شوند، همان اراده‌اند. یعنی تعبیر مدل ما از اراده عبارت خواهد بود از: *شکست تقارن خودجوش در پویایی سیستم پردازنده‌ی اطلاعاتِ تعیین‌کننده‌ی رفتار، که تنها توسط بازخوردهای لحظه‌ای درون خود سیستم تعیین شود.*

شواهد نوروفیزیولوژیک معدودی در مورد این چرخه‌های بازخوردی درونی در دست است. در میان آزمایشهای انجام شده در این زمینه باید به ویژه به کارهای لیبه اشاره کرد. این دانشمند فرانسوی که تاحدودی به نظریه‌ی کوانتومی از آگاهی دلبستگی دارد، در جریان چندین آزمون بسیار جالب (**Libet et al.- 1982**)[۲۰۶]، نشان داده که موجی موسوم به پتانسیل آمادگی (**RP**)[۱] در جریان انجام رفتارهای خودجوش و ارادی در مغز پدید می‌آید که سه نوع دارد. نخست موجهایی موسوم به **RP-I** که حدود ۵۰۰ هزارم ثانیه زودتر از شروع انقباض عضلانی مربوط به عمل در قشر

۱- **readiness potential**

حرکتی مخ تولید می‌شوند. دیگری **RP-II** نام گرفته است که بین ۹۰۰-۵۰۰ هزارم ثانیه از انقباض عضلانی پیشی می‌گیرد و در دو نیمکره‌ی مخ به شکل نامتقارنی ثبت می‌شود. یعنی در نیمکره‌ی مقابل عضله‌ی فعال زودتر و بیشتر ثبت می‌شود. بالاخره موج **RP-III** هم وجود دارد که ۲۵۰-۲۰۰ هزارم ثانیه زودتر مشاهده می‌شود. از این میان، **RP-I** به حرکاتی که در پاسخ به محرکی ویژه انجام می‌شوند و کاملاً خودجوش نیستند مربوط می‌شود، و **RP-II** به حرکات کاملاً خودجوش ارتباط دارد که بنابر مثال ما، زمان و نوعش کاملاً توسط پویایی اطلاعات در درون سیستم تعیین می‌شود. همچنین شواهد نشان می‌دهند که امکان باطل کردن فرمان حرکتی ارادی تا ۲۰۰-۱۵۰ هزارم ثانیه پس از آغاز موج اخیر وجود دارد. نتایج آزمایشهای لیبه نشان می‌دهد که رفتار ارادی چیزی یکتا و ساده نیست و به مجموعه‌ای از رفتارهای پردازشی سیستم عصبی ما مربوط می‌شود. یعنی در عمل آنچه که ما با عنوان بازخوردهای پردازشی درون سیستم عنوان کردیم، خود مجموعه‌ای از رفتارهای پردازشی را در سطوح گوناگون تشکیل می‌دهد. البته ناگفته نماند که تحلیل خود لیبه از نتایج آزمونش با برداشتی که در اینجا ارائه شد تفاوت دارد (**Libet.- 1989**)[۲۰۸].

گوشزد: برخی از پژوهشگران معتقدند تجربه‌ی موسوم به انتخاب آزاد و اراده‌ی خودجوش تنها نوعی خطای حسی ناشی از پردازش اطلاعات در درون مغز ماست. یعنی به نظر این محققان، سیستم پردازنده‌ی ما رفتاری جبری را از خود نشان می‌دهد و در این میان توهم مختار بودن تنها نمود اراده‌ی آزاد است. شواهد فراوانی هم در این مورد وجود دارد. اگر با الکترود بخشهای مربوط به کارکردهای عالی و ارادی را در مغز آزمودنی‌های انسانی تحریک کنیم، می‌بینیم که گزارش خودآگاهانه‌ی آزمودنی‌ها از تجربه‌ای که دارند، با وجود جبری بودن تجربه‌شان به نحوی دستکاری شده که به نظر مختارانه برسد.

مثلاً به تازگی خبر جالبی در مورد کشف یک مرکز خنده در مغز یک دختر بچه شانزده ساله منتشر شده است. این دختر به صرع مبتلا بوده و پزشکش برای یافتن مرکز تولید حملات صرعی مشغول تحریک قشر پیشانی مغز بوده که متوجه می‌شود تحریک نقطه‌ای با مساحت ۲×۲ سانتی‌متر بر قشر بالای پیشانی[۱] نیمکره‌ی چپ دختربچه منجر به خندیدنش می‌شود. تداوم و شدت خنده با شدت تحریک الکتریکی آن نقطه تناسب داشت و اگر شدت تحریک خیلی زیاد بود، قهقهه‌ای تولید می‌شد و صحبت بیمار را مهار می‌کرد. درکنار این مرکز شبکه‌ی عصبی کوچک دیگری هم یافت شد که تحریک آن بدون اینکه منجر به خنده شود، صحبت کردن را مهار می‌کرد. نکته‌ی جالب در این مورد اینجاست که کودک بیمار پس از هربار تحریک و بروز خنده، احساس سرخوشی و شادمانی را به پزشکش گزارش می‌کرد و هربار هم ادعا می‌کرد که علت خندیدنش عاملی در جهان خارج است. مثلاً یکبار شکل اتاق و یکبار دیگر نحوه‌ی ایستادن پرستاران در اتاق را به عنوان عامل خنده‌داری که خنده‌اش را اراه‌اندازی کرده‌است مورد اشاره قرار می‌داد (**Fried et al.- 1998**)[۱۲۱]. یعنی دختربچه به طور خودآگاه خنده‌اش را چیزی خودجوش و دارای علت درک می‌کرد که با واقعیت همخوانی نداشت. من به هیچ عنوان اهمیت آزمونهایی از این دست را نفی نمی‌کنم و می‌پذیرم که بخش مهمی از آنچه که ما به عنوان رفتار ارادی و آزادانه درک می‌کنیم در واقع توهم‌هایی از این دست است. اما با توجه به امکان استخراج اراده‌ی آزاد از مدلم، و وجود شواهد عصب‌شناختی در مورد خودجوش بودن برخی از رفتارها، ادعا می‌کنم که برخی از رفتارها وجود دارند که می‌توانند به عنوان رفتار خودمختار و ارادی در نظر گرفته شوند. یعنی در پردازنده‌های پیچیده‌ی مورد نظر ما امکان بروز پدیده‌ی هم افزایی به نام اختیار هم وجود دارد.

۱- **left superior frontal cortex**

۶-۱۱) نتایج شناخت شناسی:

نادانی، با بازشناسی تفاوت خود و جهان از بین می‌رود. یوگاسوترا

چون هدف از این رساله پرداختن به مشکلات فلسفی نیست، در مورد پیامدهای اپیستمیک دیدگاه یاد شده زیاد شرح و بسط نخواهم داد. تنها برای نشان دادن گزاره‌های پایه‌ی برآمده از مدل مزبور، سطور کوتاهی در این زمینه خواهم نگاشت.

مشکل اساسی که باید در شناخت‌شناسی[۱] پاسخ داده شود، عبارت است از این که چگونه *شناخت ممکن است*؟ این پرسش به اشکال گوناگون پاسخ داده شده است و اینجا مجالی برای پرداختن به رویکردهای گوناگون تاریخی به این مشکل وجود ندارد. درکل، اهمیت دیدگاه کارل ریموند پوپر به گمان من غیرقابل انکار است و بخشی از اصول معرفی شده توسط این متفکر مورد پذیرش من نیز هست.

از مدلی که برای آگاهی ارائه شد این نتایج بر می‌آید:

نخست این که شناخت، عبارت است از نوعی پردازش اطلاعات که در روند شکل‌گیری آگاهی در سیستم عصبی ما ایجاد می‌شود.

دوم این که شناخت در معنای مصطلح خود تنها به گزاره‌های منتج از آگاهی سطح خودآگاه اطلاق می‌شود. یعنی نتیجه‌هایی که از پردازش اطلاعات در سطوح پایینی گرفته شده‌اند، پس از خودآگاه شدن، به عنوان محتوای شناختی فرد ادراک می‌شوند. پس در نتیجه شناخت محدود، انتخابی، و به شدت زیر تأثیر چهارچوبهای تکاملی تعیین کننده‌ی نوع اطلاعات ورودی به سیستم و نحوه‌ی پردازش داده‌هاست.

این سه گزاره‌ی منفی به کمک دیدگاه مورد علاقه‌ی ما به دست می‌آیند:

نخست این که *شناخت مطلق و دقیق جهان خارج امکان ندارد*. بنابر آنچه که گذشت، همیشه سدی از کانالهای حسی و ساده‌سازیهای پردازشی بین ما و وقایع جهان خارج قرار گرفته‌اند، که به دلیل خصلت انتخابی بودن پردازش، گریزناپذیرند. بنابراین شناخت، واژه‌ای است که محدودیت را هم در خود نهفته است و شناخت مطلق هیچ چیز معنا ندارد.

دوم این که شهود، *به عنوان منبعی خطاناپذیر از شناخت ارزش ندارد*. چنان که دیدیم شهود تنها عبارت است از نتایج حاصل از پردازش ناخودآگاه اطلاعات در مغز، که می‌تواند به خطا هم آلوده باشد. بنابراین نمی‌توان آن را معیاری مناسب برای شناخت بهینه فرض کرد.

سوم این که *شناخت‌شناسی مبتنی بر تحلیل زبان طبیعی* سودمند نیست و راه به جایی نمی‌برد. چنانکه دیدیم، زبان طبیعی تنها بخشی از شناخت خودآگاه ما را به صورت کد در می‌آورد. درست است که مرز بین دو سطح شبکه‌ای و خودآگاه را در دینامیسم عصبی، امکان نمادین شدن در یک سیستم قانونمند تعریف کردیم، اما چیزی در مورد لزوم بیان این نمادها به زبانهای طبیعی نگفتیم. زبان، مهمترین نمود خودآگاهی هست، اما تنها نمودش نیست، و همیشه هم وجود زبان به معنای وجود خودآگاهی نیست. بنابراین زبان مفهومی هم‌ارز با خودآگاهی ندارد و تحلیل زبان نمی‌تواند

۱- **epistemology**

به شناسایی معانی دقیق نهفته در شناخت بینجامد. به بیان دیگر، فلسفه‌ی تحلیل زبانی و مثبت‌انگاری[۱] در چهارچوب زیست‌شناختی ما اعتبار ندارند.

پس با توجه به آنچه که در مورد رقابت و انتخاب در سیستم معنایی مغز گذشت، دیدگاه پیشنهادی من در این زمینه، با آنچه که با نام شناخت‌شناسی توصیفی[۲] یا تکاملی شهرت یافته نزدیکی دارد (**Bradie.- 1994**)[۶۱].

در هر دو حالت، رقابت بین منش‌ها منجر به انتخاب بهینه‌ی نظریات می‌شوند. یعنی می‌توان سیستم عصبی جانوران را بومهایی ویژه فرض کرد که در آن موجوداتی نرم‌افزاری به نام مم‌ها -که یاخته‌هایشان منش‌ها هستند- نشو و نما می‌کنند. این موجودات بر سر حضور در شبکه‌ی عصبی با هم رقابت می‌کنند و در نهایت آنهایی که موفق‌ترند، یعنی امکان سازگاری بیشتر میزبانشان با محیط را پدید می‌آورند، باقی می‌مانند و بقیه حذف می‌شوند. این در واقع مکانیسم قانونمندی موسوم به منطق شبکه‌ای است که در مقابل منطق تحلیل در سطح پایینتر از آگاهی تعریفی کردیم.

۱- positivism

۲- descriptive (evolutionary) epistemology

پیوست نخست: آزمونها

آزمون نخست) سنجش محتوای اطلاعاتی حافظه‌ی کوتاه مدت:

مقدمه:

هر سیستم پردازنده‌ای که بخواهد در جریان تکامل نقشی تعیین کننده را ایفا کند، باید حتماً توانایی ذخیره‌ی اطلاعات را در خود داشته باشد. این توانایی همان است که در زبان معمولی حافظه نامیده می‌شود و قبلاً جایگاهش را در مدل پیشنهادی دیدید. تحلیلهای عصب‌شناختی جدیدتر نشان می‌دهند که واژه‌ی حافظه در واقع به یک مفهوم یگانه و مجزای یکتا اشاره ندارد و مانند خود واژه‌ی آگاهی مجموعه‌ای از چند کارکرد گوناگون است که با برچسب یک نام مشخص شده‌اند. بخشهای گوناگون سازنده‌ی این مفهوم را در متون کلاسیک به چهار بخش تقسیم می‌کنند:

نخست *حافظه‌ی تصویری*[1] که بیشتر در حس بینایی تعریف می‌شود و عبارت است از توانایی حفظ اطلاعاتی که تازه وارد سیستم پردازنده شده است. به عنوان مثال در مورد حس بینایی، این تجربه‌ی آشنا برای همه‌ی ما وجود دارد که تصویرِ افتاده بر روی شبکیه‌مان در کسری از ثانیه، تا چند لحظه پس از گذر کردن چشممان از روی تصویر همچنان در حافظه‌مان وجود دارد و قابل‌رجوع است. به بیان دیگر، اگر چشممان به طور خیلی گذرا از روی منظره‌ای بگذرد، تا مدت کوتاهی همچنان امکان تحلیل دقیقتر تصویر منظره پس از گذشتن چشم از رویش وجود دارد. این تحلیل در واقع بر روی خاطره‌ی موقتی انجام می‌شود که تا ۲۰۰ هزارم ثانیه پس از ناپدید شدن تصویر دوام می‌یابد و امکان پردازش دقیقتر اجزای مهم را به ما می‌دهد. همین حافظه‌ی خاص، عاملی است که باعث می‌شود گسست‌های رایج ناشی از پلک زدن در ادراک بینایی اختلال ایجاد نکند و ما جهان را به صورت چهارچوب تصویری پیوسته‌ای درک کنیم[2].

دوم، *حافظه‌ی خیلی کوتاهِ مفهومی* است. این حافظه‌ای است که در مورد حس بینایی، با حرکات منظم و همیشگی کره‌ی چشم تعریف می‌شوند. می‌دانیم که چشمان ما به طور متوسط سه بار در هر ثانیه حرکت می‌کنند. به این ترتیب تصاویری با بسامد سه هرتز بر شبکیه می‌افتند که مجموعشان معرف جهان خارج و تغییرات آن است. حافظه‌ی خیلی کوتاهِ مفهومی، وظیفه‌ی حفظ این تصاویر را تا زمان پدید آمدن تصویر بعدی بر عهده دارد. یعنی با نگهداشتن یک تصویر، امکان مربوط شدن هردو تصویر پیاپی با هم را فراهم می‌آورد و به این ترتیب ما جهان را پیوسته درک می‌کنیم.

اگر تصاویر وارد شده به چشم همه با هم متفاوت بودند، حجم حافظه‌ی یاد شد باید خیلی زیاد می‌شد، چراکه در هر ساعت ده هزار تصویر به این ترتیب بر شبکیه می‌افتد. اما با توجه به اینکه بیشتر تصاویر مورد نظر بخشهایی مشابه با یکدیگر دارند و در واقع حجم حشو خیلی زیادی در آنها وجود دارد، این مقدار آنقدرها هم زیاد تخمین زده نمی‌شود. اطلاعات مربوط به این حافظ در زمان پایه‌ای در حدود یک ثانیه به بهترین شکل ممکن درک می‌شوند، اما

۱- **iconic memory**

۲- دقت داشته باشید که در واقع محرک‌های وارد شده به چشم ما حالت گسسته دارند و هرچند وقت یکبار توسط وقفه‌ی ناشی از پلک زدن که ۳۰ هزارم ثانیه طول می‌کشد قطع می‌شوند.

در واژه‌ی کوچکی مانند ۱۳۳ هزارم ثانیه هم این اطلاعات تا حدودی حفظ می‌شوند. محتوای این حافظه مرتب در حال فراموش شدن و تجدید شدن است، تا جای کافی برای ورودی‌های جدید باز کند.

سوم، حافظه‌ی کوتاه مدت زبانی است که معمولاً به کار حفظ کدهای زبانی می‌آید. گویا مکانیسم حفظ این اطلاعات عبارت است از مکالمه‌ی درونی، و این همان است که حافظه‌ی خودآگاه ما، و **STM** مشهور را می‌سازد. مهمترین نظریه‌ای که در مورد کارکرد این حافظه وجود دارد، به نام دیدگاه چرخه‌ی تولیدی[1] مشهور است. بنابر این دیدگاه چرخه‌ای بین دو سیستم ذخیره‌ی آوایی و سیستم گفتار وجود دارد که اولی در واقع همان گوش شنوای مکالمه‌ی درونی، و دومی زبان گویای آن است. هرگاه کدهای زبانی مهمی در این چرخه بیفتند، توسط سیستم گفتار درونی تکرار شده و توسط ذخیره‌ی آوایی درونی مرتب شنیده می‌شوند تا اینکه به کار آیند. مثال مشهور عمل آن، شش یا هفت عدد یک شماره تلفن است که تا مدت کوتاهی پس از شنیده شدن قابل یادآوری است، یا توالی‌ای از شش واژه که می‌تواند پس از شنیده شدن عیناً تکرار شود. این مکانیسم در مورد برخی از کارکردهای زبانی خودآگاه هم وجود دارد. یعنی چرخه ی مزبور لزوماً اطلاعات مربوط به جهان خارج را در درون خود تکرار نمی‌کند، بلکه ممکن است اطلاعات تولید شده در درون خود را بگیرد و برای مدتی آن را در درون خود بچرخاند و حفظ نماید. زمان پایه‌ی این حافظه چند ثانیه است و محتوای آن را بنابر آزمونهای گوناگون بین ۲۰ تا ۴۰ بیت تخمین زده‌اند.

بالاخره در نهایت حافظه‌ی بلند مدت (**LTM**) هم وجود دارد که در مورد هر حس و هر شبکه‌ی پردازنده‌ی عصبی خاصی باید به طور جداگانه تعریف شود. این سازمان وظیفه‌ی حفظ حجم اطلاعاتی خیلی زیادی را برای مدت خیلی طولانی بر عهده دارد و بنابراین از شبکه‌ی عصبی بسیار کلانتر و گسترده‌تری برای انجام کار خود استفاده می‌کند.

در آزمون کنونی، سنجش حجم اطلاعات قابل ذخیره شدن در حافظه‌ی کوتاه مدت زبانی که به دلیل دارا بودن ساختار زبانی بیشترین ارتباط را با خودآگاهی قابل‌گزارش دارد مورد نظر بوده است.

ماده و روش:

چهار سیاهه از ترکیبات زبانی فارسی برای سنجش توانایی ذخیره‌ی اطلاعات در حافظه‌ی کوتاه‌مدت مورد استفاده قرار گرفت. هر فهرست حاوی سی ترکیب زبانی بود و با حروف *الف*، ب، پ، و ت، مشخص می‌شد. سیاهه‌ی *الف* و ب برای سنجش محتوای اطلاعات بینایی و دو سیاهه‌ی باقی‌مانده برای سنجش مقدار مشابه در سیستم شنوایی به کار گرفته شدند. در هر دسته -شنوایی و بینایی- یک سیاهه از ترکیبات معنی‌دار و یکی از ترکیبات بی‌معنا تشکیل شده بود. واژگان به شکلی انتخاب شده بودند که تحلیل محتوای اطلاعاتیشان به سادگی ممکن باشد. به این شکل که دو فهرست *الف* و پ فاقد، و ب و ت دارای معنی بودند. به این ترتیب فهرست‌های چهارگانه‌ی مزبور به این ترتیب قابل توصیف بود:

الف: دارای سی ترکیب بی‌معنای دارای سه واج بی‌صدا که برای سادگی دو حرف اولشان با زبر (ـَ) به هم وصل می‌شدند (مثل: *عَفَص*، *ژَهَک*، *یَچَن*،...).

ب: دارای سی واژه‌ی چهار حرفی. (مثل: *افعی*، دکتر، مسیر، خسیس،...)

پ: دارای سی ترکیب بی‌معنای دارای سه واج بی‌صدا و دو واج صدادار که هردو واج متحرک برای ساده‌تر شدن

۱- **articulation loop**

محاسبات تخمین اطلاعاتی، زبر بودند (مثل: مَنَش، تَقَر، وَخَپ،...).
ت: دارای سی واژه‌ی چهار واجی معنادار، که چهار واج مزبور می‌توانستند بی‌صدا، مصوت کوتاه، یا مصوت بلند باشند (مثل: بخش، شعر، سرد،...).

نکاتی در مورد شکل آزمون:

الف) برای ساده ترکردن آزمون، تمام واژگان بامعنا اسم بودند و از افعال و حروف استفاده نشد.
ب) تمام واژگان معنادار به صورت کاتوره‌ای از یک فرهنگ لغات انتخاب شدند[1]. واژگان بی معنا از راه ترکیب کاتوره‌ای حروف (در مورد بینایی) و آواها (در مورد شنوایی) انتخاب شد.
پ) آزمودنی‌ها عبارت بودند از دانش‌آموزان پسر دبیرستان علامه‌حلی (تیزهوشان) با واژه‌ی سنی ۱۸-۱۵ سال. به عنوان کنترل چهار نفر غیرتیزهوش در واژه‌ی سنی بالاتر (۲۶-۲۲ سال) و سه نفر غیرتیزهوش در واژه‌ی سنی پایین‌تر (۱۳-۱۲ سال) هم مورد آزمایش قرار گرفتند، اما نتایج حاصل از آنها اختلاف معنی‌داری با سایر آزمودنی‌ها نداشت. تعداد آزمودنی‌ها در مورد محرک بینایی ۳۸ و در مورد شنوایی ۳۵ نفر بود.
ت) چهار فهرست یاد شده، در واژه‌های زمانی یک دقیقه‌ای به آزمودنی ها ارائه شد. به این معنا که آزمودنی به مدت یک دقیقه به دو سیاهه‌ی معنادار و بی‌معنای شنوایی نگاه می‌کرد و دو سیاهه‌ی مشابه شنوایی هم در مدت یک دقیقه برایش خوانده می‌شد. پس از هر بار ارائه‌ی محرک، آزمودنی وقت نامحدودی برای یادآوری داشت و هرچه را که از سیاهه‌ها به یاد می‌آورد بر کاغذی می‌نوشت. این دوره‌ی یادآوری داوطلبانه بین سه تا ده دقیقه به طول می‌انجامید. پس از انجام هر فاز آزمون (یعنی یک دوره‌ی یک دقیقه‌ای محرک و بعد یادآوری) مدت کوتاهی وقفه ایجاد می‌شد و بعد سیاهه‌ی بعدی به آزمودنی داده می‌شد. نتایج در جدول (ج- ۶) مرتب شده‌اند.

ردیف	سیاهه‌ی (الف)	سیاهه‌ی (ب)	سیاهه‌ی (پ)	سیاهه‌ی (ت)
۱	۳	۱۲	۴	۱۲
۲	۵	۱۵	۵	۱۶
۳	۰	۷	۲	۴
۴	۱	۸	۰	۶
۵	۵	۹	۴	۱۲
۶	۷	۱۵	۷	۱۵
۷	۹	۱۹	۱	۱۵
۸	۱	۱۱	۲	۷
۹	۶	۱۳	۲	۱۵
۱۰	۶	۹	۵	۱۶

۱-به این شکل که بر اساس اعداد تصادفی، واژه‌ای در صفحه و سطر خاصی از فرهنگ فارسی-انگلیسی آریانپور انتخاب می‌شد و در صورتی که با معیارهای ساده شده‌ی ما می‌خواند، وارد سیاهه می‌شد (معیارها عبارت بود از اسم بودن، و تعداد واج).

ردیف	سیاهه‌ی (الف)	سیاهه‌ی (ب)	سیاهه‌ی (پ)	سیاهه‌ی (ت)
۱۱	۳	۱۶	۳	۱۰
۱۲	۰	۱۲	۳	۹
۱۳	۹	۱۳	۴	۸
۱۴	۲	۱۰	۱	۱۰
۱۵	۴	۱۳	۴	۹
۱۶	۷	۱۲	۶	۱۴
۱۷	۵	۱۶	۲	۱۲
۱۸	۵	۱۵	۷	۱۲
۱۹	۲	۱۵	۵	۵
۲۰	۹	۱۳	۳	۷
۲۱	۱	۱۲	۲	۱۱
۲۲	۵	۱۲	۵	۱۲
۲۳	۴	۱۳	۲	۱۰
۲۴	۶	۱۲	۴	۵
۲۵	۲	۱۶	۴	۹
۲۶	۲	۱۰	۱	۷
۲۷	۴	۶	۲	۱۰
۲۸	۴	۱۲	۵	۹
۲۹	۴	۷	۵	۱۲
۳۰	۲	۹	۵	۹
۳۱	۳	۷	۵	۱۲
۳۲	۴	۱۲	۱	۱۱
۳۳	۵	۹	۷	۱۷
۳۴	۶	۱۴	۱	۸
۳۵	۳	۱۶	۲	۹
۳۶	۷	۱۴	-	-
۳۷	۲	۱۵	-	-
۳۸	۱	۱۲	-	-

جدول (ج-۶): نتایج حاصل از آزمون محتوای اطلاعاتی حافظه‌ی کوتاه مدت زبانی.

نتیجه:

میانگین و انحراف معیار گرد شده‌ی ترکیبات زبانی یادآوری شده در وازه‌ی یک دقیقه برای سیاهه‌های گوناگون (بر حسب تعداد ترکیب زبانی حفظ شده) عبارت بود از:

میانگین *الف*= ۴ ($S_{الف}$ = ۲/۴)

میانگین ب= ۱۲/۲ ($S_{ب}$ = ۳)

میانگین پ= ۳/۵ ($S_{پ}$ = ۱/۹)

میانگین ت= ۱۰/۷ ($S_{ت}$ = ۳/۵)

برای تعیین محتوای اطلاعاتی مربوط به هر سیاهه چنین عمل شد:

سیستمی با فضای فاز **K** بعدی در نظر گرفته شد که دارای $\mathbf{M^k}$ عضو مستقل و تحویل‌ناپذیر به یکدیگر باشد. اگر هر عضو این سیستم بتواند **N** حالت پیدا کند، کل حالات قابل‌تصور برای سیستم $\mathbf{N^{M^K}}$ حالت خواهد بود. در چنین سیستمی، می‌توانیم بگوییم اطلاعات در **i** سطح پراکنده شده‌اند. در این چهارچوب تعداد و مرزهای سطوح **i** توسط تعداد و چینش عناصر سیستم و تعداد حالاتشان تعیین می‌شوند. در این حالت، می‌توان محتوای اطلاعاتی سطح **i** ($\mathbf{C_{I,i}}$) را به این ترتیب تعریف کرد:

$$\mathbf{C_{I,i}= -\Sigma_{j=1} P_{i,j} \log P_{i,j}} \qquad (۱-۱)$$

که در آن $\mathbf{P_{i,j}}$ عبارت است از احتمال ظهور **j**اُمین عنصر سطح **i**، در میان کل احتمالات ممکن برای سیستم.

اگر احتمال ظهور هریک از **N** حالت ممکنِ مربوط به یک عنصر را برابر با باقی فرض کنیم؛ $\mathbf{P_{i,j}= N^{-1}}$ چنین نتیجه خواهد شد:

$$\mathbf{C_{I,i}= -\Sigma_{j=1} N^{-1} \log N^{-1} = i \log_2 N} \qquad (۲-۱)$$

بنابراین تعریف، کل اطلاعات نهفته در یک سیستم، با این برابری بیان خواهد شد:

$$\mathbf{C_I=\Sigma_{i=1} C_{I,i}= \Sigma_{j=1} i \log_2 N} \qquad (۳-۱)$$

که در حالت بسط یافته‌تر می‌تواند به این شکل نمایش داده شود:

$$\mathbf{C_I= M^k \left(\frac{(M^K+1)}{2}\right) \log_2 N} \qquad (۴-۱)$$

این معادله را به افتخار پیشنهاد کننده‌اش، برابری کامینگ[1] می‌نامند. با این برابری، می‌توان محتوای اطلاعاتی سطوح مختلف سلسله مراتب را در یک سیستم پیچیده به دست آورد.

زبان فارسی نوشتاری عادی، دارای یک متغیر نمادین پایه (حرف) است که می‌تواند به شکل ۷۵ نماد نوشتاری مجزا (شامل حروف اول، میانی، و آخری در واژه) تغییر کند. بنابراین همه‌ی نوشتارهای فارسی از ۷۵ نماد الفبایی تشکیل شده‌اند. اگراین زبان را یک سیستم فرض کنیم، در درونش ۷۵ حالت از یک عنصر مستقل را خواهیم یافت، یعنی:

$$N = ۷۵$$

کل واجهای زبان فارسی را می‌توان به عنوان یک محور تک بعدی در نظر گرفت، پس باید اینطور جاگذاری کرد:

$$K = ۱$$

در برابری (۱-۲) داشتیم:

$$C_{I,i} = -\Sigma_{j=۱} N^{-۱} \log N^{-۱} = i \log_۲ N$$

به این ترتیب با دانستن اینکه ($\log_۲ ۷۵ = ۱/۹$)، برای واژگان سه و چهار حرفی سیاهه‌ی *الف* و ب، محتوای اطلاعاتی زیر محاسبه خواهد شد:

$$C_{I,i} = \Sigma\, ۳ \log_۲ ۷۵ \cong ۵/۷$$ الف) بیت

$$C_{I,i} = \Sigma\, ۴ \log_۲ ۷۵ \cong ۷/۶$$ ب) بیت

یعنی محتوای اطلاعاتی هر واژه‌ی سیاهه‌ی نخست برابر است با این دو مقدار. توجه داشته باشید که با وجود برابر بودن محتوای آماری اطلاعاتی این دو مقدار، محتوای معنایی آندو برابر نیست و فهرست *الف* اصولاً بی‌معنا انتخاب شده است.

محرکهای شنوایی آزمون ما از ترکیبات پنج (پ) و چهار (ت) آوایی تشکیل شده بود که دوتا از آواهای فهرست بی‌معنا (پ) دارای حشو بود[2]. به این ترتیب برای نگهداری هردوی این کدها تنها یک نماد در حافظه کفایت می‌کرد. یعنی می‌توان با در نظر گرفتن حشو در ترکیبات یاد شده، آنها را دارای چهار آوا فرض کرد. آواهای یاد شده از میان مجموعه‌ای ۲۹ تایی از آواهای رایج در زبان فارسی انتخاب شده بودند[3]. اگر شبیه به روند بالا را برای دو سیاهه‌ی شنیداری هم تکرارکنیم، با توجه به اینکه ($\log ۲۹ = ۱/۵$)، محتوای اطلاعاتی هر ترکیب زبانی عبارت خواهد شد از:

$$C_{I,i} = \Sigma\, ۵ \log_۲ ۲۹ \cong ۷/۵$$ پ) بیت

$$C_{I,i} = \Sigma\, ۴ \log_۲ ۲۹ \cong ۶$$ ت) بیت

می‌بینیم که انتخابهای ما خوب صورت گرفته و هر گزینه‌ی نوشتاری و گفتاری محتوای اطلاعاتی کمابیش برابری دارد.

حالا برای تخمین مقدار محتوای اطلاعاتی حافظه‌ی کوتاه مدت، کافیست محتوای اطلاعاتی هر علامت را در تعداد ترکیبات به یاد مانده ضرب کنیم، که از آنجا محتوای اطلاعاتی حافظه‌ی کوتاه مدت زبانی به این ترتیب محاسبه می‌شود:

۱- Cumming equation

۲- چون هر دو صوت مورد بحث زبر بود.

۳- اگر تمام آواهای رایج در فارسی -اعم از صدادار یا بی‌صدا را با هم درنظر بگیریم، تعدادشان ۲۹تا خواهد شد. بخش مهمی از حروف متفاوت (مثل: ظ، ض، ز، ذ) در زبان فارسی به آواهای یکسانی دلالت دارند.

الف) بیت۲۲٫۸=۵٫۷×۴
ب) بیت ۱۲/۲×۷٫۶=۹۲٫۷
پ) بیت۲۵/ ۲۶=۳/۵×۱۹/۵
ت) بیت ۲/ ۶۴ =۱۰/۷×۲۴/۵

بحث:

این نتیجه با آنچه که توسط آزمونهای کلاسیک دیگر به دست آمده است تفاوت دارد. چنان که قبلاً هم اشاره شد، آزمونهای قدیمی‌ترِ مبتنی بر تعریف شانونی اطلاعات، مقداری بسیار کمتر را به **STM** نسبت می‌دادند. ۲۸ بیت به ازای هشت نماد عددی، و ۳۵ بیت به ازای هفت نماد الفبایی، مقداری بود که در تخمینهای سایر پژوهشگران به دست آمده است. نزدیکترین رقم به آنچه که ما به دست آوردیم، ۸۴ بیت بوده که به ازای حفظ کردن شش واژه‌ی سه حرفی به دست آمده است.

پژوهشگرانی که روشهای جدیدتر تخمین محتوای اطلاعاتی را به کار می‌برند، مقادیری بیشتر را به **STM** نسبت داده‌اند که با نتایج ما همخوانی دارد. مثلاً گرگوری توانش جذب اطلاعاتی را به هنگام صحبت کردن (هم‌ارز آزمون شنیداری ما) ۲۶ بیت بر ثانیه، و به هنگام خواندن بی‌صدا (همتای آزمون نوشتاری ما) ۴۴ بیت بر ثانیه ذکر کرده است (**Gregory.-**). البته او این مقادیر را به عنوان توانش جذب -و نه ذخیره‌ی- اطلاعات در نظر گرفته است، اما اگر جذب و ذخیره‌ی کوتاه مدت را دارای رابطه‌ی خطی نزدیک فرض کنیم، از مقادیر ذکر شده توسط این نویسنده به ترتیب ۱۶۸(=۶۰×۲۸) بیت ۲۶۴(=۶۰×۴۴) بیت را برای حافظه‌ی شنیداری و نوشتاری به دست می‌آید که با آنچه که ما به دست آوردیم نزدیک است.

به گمان من، علت اصلی تفاوت اعداد به دست آمده توسط آزمون کنونی، با آنچه که دیگران در پیروی از راهکارهای کلاسیک پیدا کرده‌اند، روش متفاوتی است که در اینجا برای تخمین محتوای اطلاعاتی یک ترکیب زبانی در پیش گرفته‌ام. مبانی ریاضی این راهکار با آنچه که وایلی و بروکز برای تخمین اطلاعات در سیستم‌های نمادین زنده فرض کرده‌اند (**Wiley & Brooks.- 1989**) یکسان است و نیم نگاهی به کتاب زیبای ژوماری (*اطلاعات نسبی*) هم در شکل‌دهی به آن موثر بوده است (**Jumarie.- 1992**).

نتایج آماری ناشی از کنترل‌های عادی نشان می‌دهد که تیزهووش‌بودن آزمودنی ها اثری در نتایج نداشته و آنچه که در مورد آزمودنیهای کنونی به دست آمده قابل‌بسط به سایر افراد هم هست. لازم به ذکر است که کنترل‌ها از پراکنش سنی کاتوره‌ای برخوردار بوده‌اند و سنشان در دامنه‌ی ۲۹-۹ سال نوسان می‌کرده است.

تشکر:

لازم می‌دانم از همکاری شاگردان خوبم در دبیرستان که در تاریخ برگزاری آزمون دانش‌آموز کلاس چهارم بودند و حالا فارغ‌التحصیل شده‌اند (دانش‌آموختگان سال ۱۳۷۷) صمیمانه قدردانی کنم. بدون همکاری و تحمل ایشان این آزمون به نتیجه نمی‌رسید.

آزمون دوم) بررسی پدیده‌ی تغییر فاز در بازشناسی تصاویر بینایی:

مقدمه:

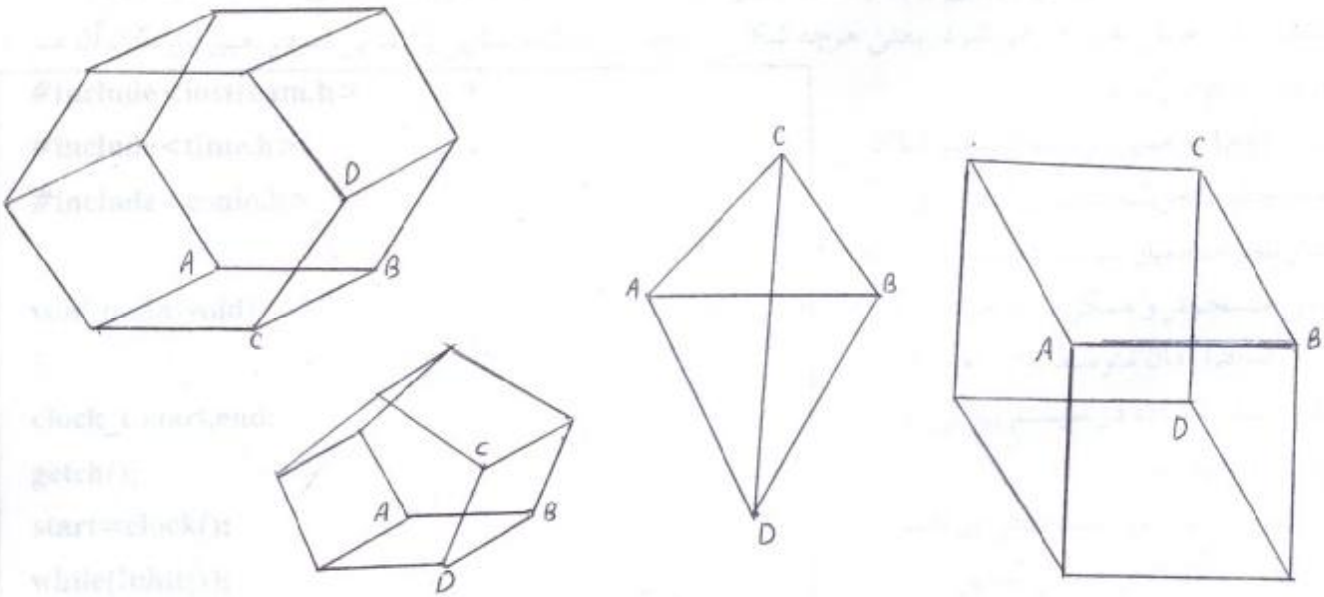
اشکال دوپهلو از مشهورترین و ساده‌ترین ابزارهایی هستند که برای بررسی رفتارهای هم‌افزایانه‌ی مغز در اختیار داریم. نخستین کسانی که به این اشکال به عنوان یک وسیله‌ی آزمایشی توجه کردند، روانشناسان گشتالت بودند و بعد از آنها هم استفاده از این تصاویر در قالب سنت عصب‌شناسی این قرن برای ما به ارث رسیده است.
تصاویر دوپهلو چنانکه گفته شد، محرک‌های بینایی‌ای هستند که امکان بیش از یک (معمولاً دو) تفسیر خودآگاه را در مغز فراهم می‌کنند. (شکل-۲۹) نمونه‌ای مشهور از این تصاویر است که می‌تواند به صورت یک دختر یا پیرزن دیده شود. در متن شرح کافی در مورد پیشینه و نوع استفاده‌ی از این تصاویر آمده است، پس در اینجا مقدمه را کوتاه می‌کنم و به شرح آزمون خود می‌پردازم.

شکل-۲۹: شکل دوپهلوی مشهورِ دختر/پیرزن.

ماده و روش:

یک برنامه‌ی رایانه‌ای ساده نوشته شد که در آن فاصله‌ی زمانی بین دوبارِ پیاپی فشرده شدن کلیدی ویژه (**space**) بر صفحه کلید اندازه گرفته می‌شد. این برنامه به زبان **C** نوشته شد و در انتهای همین بخش ذکر شده است. در این آزمون، چهار شکل هندسی سه بعدی دوپهلو که توسط نگارنده کشیده شده بود به آزمودنی‌های گروه نخست داده می‌شد و از او خواسته می‌شد تا به آنها نگاه کند و به ازای هر شکل در مدت یک دقیقه به طور فعال تصاویر را در ذهن خود تغییر دهد. هربار تغییر می‌بایست با یکبار فشرده شدن کلید مورد نظر اعلام شود. به این ترتیب محور زمان در مدت مورد نظر به بخشهایی تقسیم می‌شد که هریک نشانگر حضور شاخص بازشناسی آزمودنی در یک چاه پتانسیل خاص بود. تعداد آزمودنی‌ها بیست و هشت نفر بود. همه‌ی آزمودنی‌ها دانش‌آموزان پسر دبیرستان علامه‌حلی (تیزهوشان) بودند که در دامنه‌ی ۱۷-۱۴ سال سن داشتند.

اشکال مورد استفاده در (شکل-۳۰) نشان داده شده‌اند. این اشکال عبارت بودند از چهار، شش، هفت و هشت وجهی‌های ساده‌ای که از برخورد خطوط راست سیاه بر زمینه‌ی کاغذ سفید پدید آمده بودند. هر شکل می‌توانست به دو صورت دیده شود. نخست اینکه خط **AB** بر روی **CD** قرارگرفته باشد و دیگری اینکه **CD** بر روی **AB** باشد. به این ترتیب حجمهایی در اثر تغییر فاز این اشکال در ذهن بینندگان پدید می‌آیمد که در آنها وجه بزرگتر (که می‌توانسست مثلث، مربع، پنج‌گوش یا شش‌گوش باشد)، یا به سمت بیننده و یا به سمت درون صفحه‌ی کاغذ دیده می‌شد. تمام این اشکال با الهام از مکعب مشهور نِکِر[1] ساخته شده بودند.



شکل-۳۰: اشکال مورد استفاده در آزمون دوم.

۱- Necker's cube

نتایج:

نتایج را در پیوست انتهای آزمون می‌بینید. این در واقع همان شکلی است که رایانه اطلاعات خام ذخیره شده را ثبت کرده بود. چنانکه می‌بینید در انتهای هر آزمایش نام آمودنی هم ثبت شده است تا مراجعه‌ی دوباره به او و کسب اطلاعات بیشتر در صورت نیاز ممکن باشد. با توجه به شاخصهای پراکندگی به دست آمده، در صورتی که زمان بین دوبار فشرده شدن کلید از وازه‌ی خاصی -[۰/۰۵- ۴۰] ثانیه- خارج بود، آن مورد خاص از نتایج حذف شد. شاخصهای پراکندگی مهم در مورد هر آزمودنی استخراج شد که در جدول (ج-۸) مرتب شده‌ی آن را می‌بینید.
در جدول مورد نظر، این علایم اختصاری به کار گرفته شده است.

mean =میانگین **std dev**= انحراف معیار

N =تعداد تغییر فازها بر واحد زمان (دقیقه)

برخی از شاخصهای مهم قابل‌استخراج از جدول (ج-۸) در آرایه‌ی زیر (ج-۷) مرتب شده‌اند:

	میانگین	انحراف معیار	تعداد
چهار وجهی	۲/۸۵	۲/۴	۳۰/۸۹
شش وجهی	۲/۰۵	۲/۳۱	۴۳/۲
هفت وجهی	۲/۰۳	۱/۹	۲۹/۹
هشت وجهی	۱/۷۸	۰/۷۱	۳۶/۴۶

چنان که از نتایج آماری به دست آمده بر می‌آید:

نخست) با بیشتر شدن تعداد خطوط (و در نتیجه وجوه) تعیین کننده‌ی شکل مورد نظر، زمان لازم برای تغییر فاز ارادی شکل کمتر می‌شود. یعنی دقیقتر شدن شکل (که به تعداد خطوط تعریف کننده‌ی آن وابسته است) باعث ساده‌تر شدن عمل تغییر فاز می‌شود. یعنی هرچه *شکل ساده‌تر در سیستم بینایی بازنمایی شود، تغییر فاز دادن آن هم ساده‌تر انجام می‌شود.*

دوم) به همین ترتیب با بیشتر شدن تعداد خطوط تعریف کننده‌ی شکل، از مقدار انحراف‌معیار هم کاسته شده و داده‌ها حالتی منسجم‌تر و همگن‌تر به خود می‌گیرند.

سوم) زمان متوسط برای تغییر فاز ارادی تصاویر ساده در سیستم بینایی حدود دو ثانیه است.

یعنی قانونمندی مششخصی بر تغییر فاز ارادی در شبکه‌ی عصبی بینایی حاکم است که ارتباط مستقیمی با نوع و پیچیدگی محرک ورودی دارد.

```
#include<iostream.h>
#include<time.h>
#include<conio.h>

void main(void)
{
clock_t start,end;
getch();
start=clock();
while(!bhit());
end=clock();
cout<<"\n"<<(end-start)/CLKK_TCK;
getch();getch();
}
```

برنامه‌ی مورد استفاده در آزمون دوم

چهار وجهی			شش وجهی			هفت وجهی			هشت وجهی		
mean	std dev	N	mean	std dev	N	mean	std dev	N	mean	std dev	N
۳/۳۶	۰/۹۸	۱۸	۱/۱۵	/۶۳	۵۰	۳/۰۸	۲/۷۱	۲۳	۳/۳۷	۱/۱۸	۱۶
۲/۹۶	۰/۵۶	۲۰	۰/۹۳	۰/۲۳	۵۹	۲/۶۲	۱/۲۲	۲۳	۲/۷۶	۱/۵۳	۲۰
۳/۰۳	۲/۳۴	۱۸	۱/۴۵	۰/۳۶	۴۰	۲/۳۹	۰/۷۶	۲۴	۲	۰/۹۳	۲۸
۱/۶۶	۴/۶۸	۵۹	۲/۸	۰/۲۸	۲۰	۲/۰۶	۰/۷۹	۲۸	۱/۶۵	۰/۷	۳۱
۱/۵۹	۰/۳۴	۳۸	۳/۰۸	۰/۶۳	۱۸	۲/۷۵	۰/۸۱	۲۰	۱/۲۸	۱/۱۸	۴۳
۱/۲۳	۰/۴۶	۴۹	۱/۵۶	۰/۸۹	۳۶	۴/۶۶	۱۵/۹۴	۳۲	۰/۶۲	۰/۰۵	۹۶
۳/۱۶	۰/۹۳	۲۰	۰/۹۸	۰/۱۴	۴۰	۱/۹۹	۱/۶۴	۳۰	۱/۷۲	۰/۹۷	۳۴
۲/۹	۰/۵۵	۲۳	۱/۴۲	۰/۴۳	۴۳	۳/۲۹	۱۲/۲۹	۴۲	۱/۱۵	۰/۳۱	۴۸
۳/۶۵	۱/۶۶	۱۵	۲/۲۱	۲/۲۲	۲۵	۰/۹۶	۰/۱۹	۶۲	۰/۹۴	۰/۴۹	۶۱
۳/۵۲	۰/۵	۱۵	۱/۲۵	۰/۶۹	۵۳	۲/۴۷	۱/۹۱	۹	۲/۱۲	۱/۳۲	۲۸
۲/۲۲	۱/۱	۲۸	۵/۰۹	۱۲/۶۲	۲۴	۲/۵۹	۰/۶	۲۳	۱/۹۲	۰/۵۳	۲۹
۲/۹	۰/۸۷	۲۱	۳/۴۷	۲/۳۷	۱۵	۱/۴۹	۰/۴۶	۲۹	۱/۶۱	۱/۵۵	۴۳
۹/۶۴	۲۱/۷	۱۵	۲/۰۲	۰/۷۹	۳۱	۱/۰۵	۰/۱۱	۵۲	۲/۰۱	۱/۴۷	۲۷
۳/۳۱	۱/۴	۱۸	۲/۳۸	۳/۴۴	۳۳	۲/۷۶	۱/۸۷	۲۱	۰/۹۷	۰/۰۸	۵۶
۱/۹۱	۱/۰۷	۱۴	۱/۷۵	۰/۵۵	۳۴	۱/۸۲	۰/۶۸	۳۰	۱/۳۹	۰/۳۵	۴۱
۱/۴۵	۰/۶۸	۳۹	۴/۱۵	۴/۵۵	۱۴	۲/۵۴	۱/۳۳	۲۱	۳/۴۱	۰/۷۴	۱۸
۰/۶۵	۰/۱۱	۹۲	۱/۴۵	۰/۷۸	۴۰	۱/۹۹	۰/۴۷	۲۷	۲/۲۴	۰/۵	۲۶
۲/۶۲	۱/۲۶	۱۹	۱/۱۳	۰/۶۳	۴۶	۰/۹۸	۰/۲	۵۷	۱/۷۳	۰/۹۳	۳۳
۳/۳	۱۴/۱۱	۴۸	۱/۲۵	۰/۹۵	۴۸	۱/۲۷	۰/۷۹	۴۳	۱/۱۹	۰/۴۴	۴۷
۴/۲۶	۲/۵۱	۱۲	۱/۷۹	۱۰/۰۱	۸۵	۱/۲۲	۰/۹	۴۷	۱/۳۳	۰/۲۵	۴۱
۱/۲۱	۰/۴۹	۵۴	۰/۵۴	۰/۸۵	۱۴۴	۰/۸۷	۱/۱	۵۶	۱/۲۳	۰/۴۶	۵۰
۲/۰۱	۰/۷۵	۲۸	۲/۰۵	۱/۱۵	۲۷	۱/۳۶	۰/۳۷	۴۷	۱/۵۳	۰/۲۴	۳۹
۲/۱۹	۰/۳۸	۲۴	۱/۱۴	۱/۸۷	۵۴	۰/۶۵	۰/۱	۹۲	۳/۹۳	۰/۶۸	۱۵
۱/۲۵	۰/۳۸	۴۷	۱/۹۶	۱/۲۲	۳۰	۱/۶۷	۰/۸۱	۳۳	۱/۸	۰/۴۴	۳۲
۲/۶۱	۱/۴۷	۲۲	۲/۳۳	۰/۵	۲۶	۱/۵۵	۰/۸۷	۳۹	۱/۷۶	۰/۴۸	۳۳
۱/۰۷	۰/۲۵	۵۴	۴/۱۶	۱۴/۴۶	۳۵	۲/۱۲	۱/۶۷	۲۵	۱/۹۶	۰/۵۷	۳۰
۱/۷۶	۰/۳۷	۳۳	۱/۴۴	۰/۶۶	۳۹	۳/۳۸	۱/۰۷	۱۶	۱/۵۸	۰/۲۴	۳۶
۰/۳۳۶ ۲/۴۶	۱/۳۱	۲۲	۲/۵۶	۰/۹۴	۲۲	۲/۵۴	۱/۴۴	۲۴	۱/۸۳	۰/۷	۳۰

جدول (ج-۸): شاخصهای آماری بیست و هشت آزمودنی آزمایش تغییر فاز بینایی.

بحث:

الف) بازشناسی اشیا در سیستم بینایی: یک تحلیل هم‌افزایانه.

آنچه که در این بخش خواهد گذشت، مدلی ریاضی خواهد بود که می‌تواند تمام آنچه را که ما در مورد بازشناسی بینایی و تغییر فاز در اشکال دوپهلو گفتیم، مدلسازی کند.

برای تحلیل چگونگی بازشناسی اشیای خارجی در سیستم بینایی، توجه خود را بر سطح شبکه‌ای متمرکز می‌کنم، چون در این سطح رفتارهای هم‌افزایانه به شکلی برجسته‌تر و بر اساس الگوهایی شناخته شده‌تر مشاهده می‌شوند.

در نظریه‌ی عمومی سیستم‌ها، هر سیستمی را با مجموعه‌ای از بردارهای حالت[1] تعریف می‌کنند. این بردارهای حالت در واقع تجسمی از همان ماتریس حالت ما هستند که برای تحلیل مدل کلان‌مان از آگاهی مورد استفاده قرار گرفت. هر بردار حالت را می‌توان چنین تعریف کرد:

$$\Phi(x,t) = (\Phi_1, \Phi_2, ..., \Phi_n) \qquad (۱-۲)$$

که در آن x,t نشانگر چهارچوب فضا-زمانی حضور سیستم هستند و Φ_n ها تعیین کننده‌ی نمودهای مختلف رفتار سیستم برای ابعاد مختلف فضای فاز هستند. این بردارها در هر سیستمی بسته به نوع متغیرهایشان تعریف می‌شوند. د ر شبکه‌ی عصبی مورد نظر ما متغیرهای تعریف کننده‌ی این مفهوم عبارتند از تعداد نورون‌ها، تعداد اتصالات، نوع وزنها و....

رفتار سیستم در هر مقطع زمان را می‌توان به این صورت نشان داد:

$$\frac{d\Phi}{dt} = \Phi^* = N(\lambda,\alpha) + F(t) \qquad (۲-۲)$$

که در این رابطه، $\frac{d\Phi}{dt}$ همان مشتق بردار مورد نظر نسبت به زمان است، $N(\Phi,\alpha)$ تابعی غیرخطی از بردار Φ است که در آن پارامتری به نام عامل کنترل (α) وجود دارد. F هم تابعی است که مقدار نوسانات درون سیستم را به دست می‌دهد. در حالت پایه، سیستم حالتی پایدار و ایستا دارد و α_0 پارامتر کنترل آن را می‌سازد. معمولاً بردار حالت سیستم در این حالت را با $\Phi 0$ نمایش می‌دهند. در سیستم مورد بحث ما، این حالت مربوط به زمانی است که شبکه مرده باشد و امکان شلیک و نمایش دادن پویایی پردازشی‌اش را از دست داده باشد.

با تغییرکردن α، پایداری سیستم هم دستخوش تغییر می‌شود و به دنبال آن بردار حالت سیستم هم تغییر می‌کند. به این ترتیب با چشمداشت به حالت سیستم در موقعیت پایدار، وضع سیستم در هر مقطع زمانی عبارت خواهد بود از:

$$\Phi = \Phi_0 + Ve^{\lambda t} \qquad (۳-۲)$$

که در آن e عدد پایه‌ی لگاریتم نپری (=۲/۷) است و V هم متغیری مستقل از زمان است که معمولاً به صورت حاصلضرب با معادله‌ی خطی کردن[2] (λ)، به صورت λV نمایش داده می‌شود. مقدار این متغیر بسته به مقدار λ تغییر می‌کند. یعنی:

$\lambda > 0$ ---→ ناپایداری سیستم

$\lambda < 0$ ---→ پایداری سیستم

به این ترتیب پویایی سیستم را در هر مقطع زمانی می‌توان با این معادله توصیف کرد:

۱- state vector

۲- linearization

$$\Phi = \Phi_0 + \Sigma_u \xi_u(t)\, V_u(x) + \Sigma_s \xi_s(t)\, V_s(x) \qquad (۵-۲)$$

که در آن ξ نشانگر حالت اطلاعاتی سیستم است. همچنین ξ_u عبارت است از پارامتر نظم (یا ناپایداری)، در صورتی که سیستم ناپایدار باشد ($\lambda>0$)، و ξ_s پارامتر پایداری است در صورتی که ($\lambda<0$). معنای این عبارات این است که خودسازماندهی و افزایش نظم در سیستم تنها زمانی رخ خواهد داد که سیستم در حالتی نزدیک به تعادل -و نه متعادل- قرار داشته باشد.

در معادله‌ی یاد شده، پارامتر پایداری می‌تواند مقادیر زیادی را به خود بگیرد و در کل متغیری با مرتبه‌ی بالاست. پارامتر نظم برعکس در محدوده‌ی کوچکتری نوسان می‌کند و معمولاً از مرتبه‌ی یک یا عددی نزدیک به آن است.

در دانش هم‌افزایی این امر ثابت می‌شود که وابستگی ξ_s به زمان، فقط توسط ξ_u تنظیم می‌شود. یعنی متغیر نشانگر نظم سیستم، برای تعیین رفتار کل سیستم کفایت می‌کند. این نتیجه با راهکاری ریاضی که در حوصله‌ی بحث ما نیست از معادلات یاد شده نتیجه می‌شود. این نتیجه را در نظریه‌ی سیستم‌ها با عنوان اصل غلبه[۱] مورد اشاره قرار می‌دهند و معنای نهایی آن این است که معادلات دارای ابعاد بالای اولیه را -که در بند قبل ذکر شد و بر اساس ξ_u و ξ_s تعریف می‌شد- می‌توان به معادله‌ی ساده‌ی کم بعدی بر مبنای پارامتر نظم تحویل کرد. پارامتر نظم، در هر مقطع زمانی رفتار کلان سیستم را تعیین می‌کند، یعنی: $\xi_u(t) = N(\xi_u) + F$

در بسیاری از سیستم‌های پیچیده، به دلیل زیاد بودن تعداد کل متغیرهای تعیین کننده‌ی رفتار سیستم، به جای یک پارامتر نظم، چندین ξ_u در سیستم قابل تعریف هستند. سیستم‌هایی که به این ترتب دارای چندین فاز حالت متفاوت هستند، در هر مقطع زمانی در وضعیتی قرار می‌گیرند که ξ_u آن نیرومندتر باشد. یعنی در هر مقطع زمانی پارامترهای نظم با یکدیگر رقابت می‌کنند و در نهایت یکی از آنها پیروز می‌شود تا تعیین کننده‌ی رفتار سیستم باشد.

در سیستم بینایی، می‌توان دینامیسم کلی سازمان شبکه‌ای را به صورت رویه‌ای که در فضایی **N** بعدی قرارگرفته باشد نشان داد. این **N** همان است که در تعریف آگاهی مورد بحثمان بود. یعنی برابر است با تعداد متغیرهایی که در تعیین رفتار کلی سیستم نقش دارند. تعداد کل متغیرهایی که به نوعی پارامتر نظم سیستم مورد بحث ما را کنترل کنند، **N** را می‌سازد. می‌توان فضای فازی **N** بعدی تعریف کرد که هر بعد از آن نمایانگر تغییرات یکی از متغیرهای نامبرده باشد. در حالتی که یکی از ابعاد مورد بحث زمان باشد، وضعیت سیستم در هر مقطع زمان را می‌توان با ماتریسی نشان داد که در بخشهای قبل مورد اشاره قرارگرفت. این ماتریسی نشانگر نقطه‌ای از فضا خواهد بود که سیستم در هر T_0 در آن حضور دارد.

در فضای فاز یاد شده، همه‌ی نقاط نمی‌توانند توسط سیستم اشغال شوند. یعنی یک مجموعه از نقاط هستند که در دامنه‌ی ممکن برای ξ_u می‌گنجند و به اصطلاح *فضای تغییرات مجاز* سیستم را تشکیل می‌دهند. اگر تمام این نقاط مجاز را به هم متصل کنیم، رویه‌ای -یا سطحی- پدید می‌آید که تمام حالات ممکن برای دینامیسم ممورد توجه ما را در بر خواهد داشت. در خارج از این رویه، نقاطی وجود دارند که به لحاظ فاصله داشتن از حالت نزدیک به تعادل، -که پارامتر نظم از آن برمی‌آید،- بی‌فایده و بی‌ربط محسوب می‌شوند. مثلاً در سیستم بینایی، تمام مقادیر $\lambda<0$ که نشانگر خاموشی و مرگ شبکه هستند چنین مفاهیمی را منتقل می‌کنند. متغیرهای سیستم، درکل می‌توانند در دامنه‌ی بزرگی نوسان کنند و در این میان تنها بخش اندکی هستند که در دامنه‌ی مطلوب برای پدید آوردن نظم می‌گنجند. در این دامنه‌ی خاص، سیستم رفتاری ویژه دارد که بنابر تعاریف ما هم‌افزایانه خوانده می‌شود. در همین دامنه است که

۱- **slaving principle**

رفتارهایی مانند خودسازماندهی در سیستم ظاهر می‌شود. در این لبه‌ی بین پایداری ترمودینامیک و ناپایداری آشوب‌گونه است که رفتارهای هم‌افزایانه دیده می‌شود.

این دامنه، تعیین‌کننده‌ی رویه‌ی یاد شده است. در رویه‌ی یاد شده، در هر مقطع زمان به ازای هر u_{t_0}ی یکتا، یک چاه پتانسیلی وجود دارد که پایدارترین وضع سیستم را -در حالت نزدیک به تعادل- بهدست می‌دهد. دقت داشته باشید که این پایداری مفهومی دینامیک و موقتی است و با پایداری پایه‌ی تعریف شده توسط s_{t_0} تفاوت دارد. اگر این نقاط نشانگر چاه‌های پتانسیل بر سیستم را در طول محور زمان ترسیم کنیم، خطی به دست می‌آوریم که نشانگر حالت بهینه‌ی سیتم در طول زمان است. این خط، جذب‌کننده‌ی سیستم در آن زمان خاص خواهد بود.

سیستم‌ها، تمایل دارند تا در هر وازه‌ی زمانی، در صورت فاصله داشتن از این حالت بهینه، به سوی جذب کننده‌ی نزدیکشان برگردند. در حالت عادی، سیستم در هر مقطع زمان دارای یک جذب‌کننده‌ی یکتاست و بنابراین بازگشت سیستم به درون جذب کننده‌اش به افتادن گلوله‌ای در قیفی شباهت دارد. در (شکل-۳۱) شکل کلی رویه‌ای با چاه‌های پتانسیلی و جذب‌کننده‌های متعدد نمایش داده شده است. در عمل، دینامیسم بازشناسی در سیستم بینایی هم از روندی مشابه پیروی می‌کند. چیزی که ما در این سیستم می‌بینیم، این است که محرک نورانی وارد شبکیه می‌شود و در نهایت الگویی از شلیک نورون‌ها را در قشر پس سری و سیستم‌های وابسته‌اش ایجاد می‌کند. این الگو، جذب‌کننده‌ای برای خود دارد که در واقع نماینده‌ی همان پدیده‌ی بازشناسی شده یا پدیده‌ی شکسته شده است. افتادن تصویری دو بعدی از چند خط متقاطع بر شبکیه، و تشکیل مفهومی مانند مکعب به ازای آن، در واقع عبارت است از افتادن نقطه‌ی نشانگر دینامیسم سیستم در جذب کننده‌ی نزدیکش. شکستن پدیده، به زبان سیستمی، عبارت است از جذب شدن پویایی ویژه‌ی سازمان عصبی، توسط نزدیکترین چاه پتانسیل موجود.

تجربه، و سازماندهی ژنومی شبکیه‌ی مورد نظر ما، تعیین کننده‌های اساسی شکل و عمق جذب‌کننده‌های موجود بر رویه‌ی مورد نظر هستند. تجربیات زیادی در تأیید این امر وجود دارد که عدم وجود تجربه، منجر به پر شدن چاه پتانسیل یاد شده می‌شود، و تجربه‌ی زیاد به عمیقتر و پرشیب‌تر شدن آن کمک می‌کند.

شکل-۳۱: نمایش پویایی یک شبکه‌ی عصبی مصنوعی. تصویر، نشانگر دینامیسم یک شبکه‌ی هایفیلدی در فضای فاز ساده‌شده‌اش است. حالات ممکن برای متغیرهای سیستم به صورت فشرده در محور **X-Y** بازنمایی شده‌اند. محور ارتفاع **Z** در شکل مورد بحث، عبارت است از سطح انرژی (**Churchland & Sejenov.- 1994**).

حالا بد نیست تمام حرفهایی را که زدیم در قالب معادلات ریاضی صورتبندی کنیم. با توجه به متغیرهای مهم در بازشناسی اشیا، از معادله‌ی (۲-۵) این برابری نتیجه می‌شود:

$$\Phi^{*}= \Sigma_u \lambda_u AV_u (V_u^{+}A\Phi)+ N (V_u^{+}A\Phi)+ F(t) \qquad (۶-۲)$$

که در آن λ_u پارامتر توجه است و چنانکه دیدیم نقش مهاری و تصفیه کننده‌ی اطلاعات را دارد، حاصلجمع تمام پارامترهای توجه، نشانگر گرایش کلی سیستم به تمرکز کردن ا نکردن بر اطلاعاتی خاص است. اگر λ_u به ازای محرکهای خاصی برابر صفر یا منفی فرض شود، پردازش سطح بالا و خودآگاه آن اطلاعات به دلیل مهار توجه منع خواهد شد. V_u دستگاهی از متغیرهاست که با نام ماتریس یادگیری خوانده می‌شود و توانایی شبکه‌ی عصبی را برای یادگیری اطلاعات نشان می‌دهد. A پارامتر تعیین کننده‌ی سازگاری است N تابعی غیرخطی است که تشخیص محرک‌ها را بر اساس تجربیات قبلی ممکن می‌سازد. F هم در این معادله عبارت است از تابع نشانگر نوسانات، که می‌تواند در سیستم در نظر گرفته شود یا نشود.

اگر در حالت ساده A را برابر با یک فرض کنیم (یعنی پارامتر سازگاری در کل سیستم همگن باشد،) معادله‌ی بالا، می‌تواند بر اساس تابع پتانسیل V نسبت به مشتق q^{*} هم نوشته شود. در این حالت می‌توان کل پتانسیل سیستم را به این ترتیب نمایش داد:

$$V= V_0+ V_1+ V_2 \qquad (۷-۲)$$

که هریک از عناصر سازنده‌ی V در آن به این شکل تعریف می‌شوند: (۲-۸)

$$V_0= -\frac{1}{2}\Sigma^{M}_{u=1} \lambda_u (V_u^{+} \Phi)^2$$

$$V_1= C_1 \Sigma^{M}_{u=u'} (V_u^{+} \Phi)^2 (V_u^{+} \Phi)^2 \qquad C_1>0$$

$$V_2= C_2 \Phi^{4} \qquad C_2>0$$

معادله‌ی یاد شده، می‌تواند چاه‌پتانسیل و جذب کننده‌ی سیستم ما را شبیه‌سازی کند. غلطیدن پویایی سیستم در نزدیکترین چاه پتانسیل همسایه‌اش را می‌توان با توجه به این صورتبندی به این شکل نمایش داد:

$$\xi_u(t)= (V_u^{*} A\Phi) \qquad (۹-۲)$$

که در آن V_u^{*} عبارت است از بردار وابسته به V_u که تبدیل محرک وارد شده به سیستم را به نزدیکترین الگوی موجود در حافظه‌ی شبکه بر عهده دارد. این تبدیل در واقع همان سازگار شدن پویایی لحظه‌ای شبکه با چاه پتانسیل‌های موجود در سیستم است. این امر به کمک عمل A بر بردار حالت Φ صورت می‌گیرد.

در آخر، می‌توان تمام معادله‌ی (۲-۶) را به پارامتر نظم تحویل کرد:

$$\xi_u^{*}= \xi_u (\lambda_u- B\Sigma_u \xi_u^{2} +C \xi_u^{2}) +F_u(t) \qquad (۱۰-۲)$$

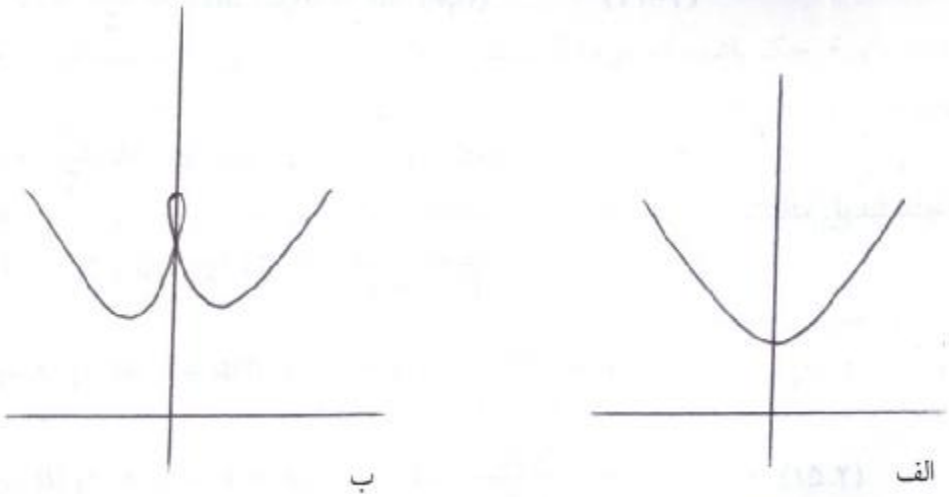
که در آن C و B ثابتهای معادله هستند.

ب) صورتبندی تشخیص اشکال دوپهلو:

در برخی شرایط ویژه، می‌بینیم که یک شکل یکتا، بیش از یک پارامتر نظم را در سیستم ایجاد می‌کند. یعنی بعضی وقتها به ازای یک محرک وارد شده به سیستم، بیش از یک چاه پتانسیل و بیش از یک خط‌راهه به عنوان جذب کننده پدید می‌آیند. این اشکال، همان چیزهایی هستند که با عنوان تصاویر دوپهلو مشهورند. این شکل‌ها نشانگر مواردی هستند که بیش از یک تفسیر -و بنابراین بیش از یک چاه پتانسیل- به ازای هر محرک موجود است. مشهورترین شکل

دوپهلو، مکعب نِکِر[1] است که آزمون کنونی بر مبنای آن طراحی شده است.

آنچه که به هنگام تجربه‌ی محرک‌های دوپهلو رخ می‌دهد، همان دوشاخه‌زایی است که در ابتدای بحثمان در مورد مفاهیم پایه‌ی نظریه‌ی سیستم‌های پیچیده با نامش برخورد کردیم. دوشاخه‌زایی، عبارت است از پدید آمدن نوعی تقارن در احتمالات تعیین کننده‌ی پویایی سیستم. پویایی مورد بحث، در نهایت تنها یکی از دو خط‌راهه‌ی ممکن را انتخاب می‌کند و به این ترتیب شکست تقارن رخ می‌دهد. آنچه که در جریان این امر رخ می‌دهد، پر شدن تدریجی چاه پتانسیل یکتای اولیه، و تبدیل شدنش به دو چاه است. در (شکل-۳۲) نمودارهای نشانگر این پدیده را خواهید دید. یادآوری این نکته سودمند است که نخستین برخورد ناظران عادی با اشکال دوپهلو، باعث می‌شود که تقارن بر اساس الگویی آماری، -اما نه لزوماً متجانس- بشکند. مثلاً نشان داده شده که شکل پیرزن/دختر که در (شکل-۲۹) دیده می‌شود، در ۶۰ ٪ افراد به صورت دختر و در ۴۰ ٪ افراد به صورت پیرزن ادراک می‌شود (**Ditzinger & Haken.- 1990**)[۹۹].



شکل-۳۲: شکست تقارن و ایجاد دو چاه پتانسیل در مقطع فضای فاز یک سیستم هم‌افزا.

تغییر فازی که در میان این دو وضع -حالت دارای پارامتر نظم یکتا و متعدد- رخ می‌دهد، بستگی دارد به تغییرات ξu سیستم ما. اگر این پارامتر کنترلی به مقدار بحرانی خاصی نزدیک شود، سیستم رفتار آشوبناک از خود ظاهر خواهد کرد و با یک تغییر فاز، به وضعیتی وارد خواهد شد که در آن تعداد جذب کننده‌ها بیشتر خواهد شد. به بیان دیگر، آنچه که شکل جذب کننده‌ی سیستم را در مقطع زمان تعیین می‌کند، مقدار پارامتر کنترلی ماست نسبت به مقدار آستانه‌ای مانند α_c یعنی:

۱- **Necker's cube**

اگر $\xi_u > \alpha_c$، آنگاه سیستم حالت (شکل-۳۲-الف) را به خود می‌گیرد، و
اگر $\xi_u < \alpha_c$، آنگاه سیستم حالت (شکل-۳۲-ب) را به خود می‌گیرد.

در اینجا بد نیست به قانون دیگری هم اشاره کنیم که به اصل کندی بحرانی مشهور است. بر اساس این اصل، هرچه متغیر نظم ما به مقدار بحرانی α_c نزدیکتر شود، سرعت ورود سیستم به چاه پتانسیل نزدیکش کمتر خواهد شد. این امر در (شکل-۳۲) به صورت چرخش کوچک خطراهه‌ی نماد پویایی سیستم در اطراف خط صفر نشان داده شده است.

اگر بخواهیم پویایی سیستم ادراک اشکال دوپهلو را بر اساس مدل هم‌افزایانه‌ی به دست آمده تا اینجا تفسیر کنیم، به این نتیجه می‌رسیم که اشکال دوپهلو دارای دو پارامتر نظم ξ_1 و ξ_2 هستند که هریک یکی از خطراهه‌های نتیجه شده از شکست تقارن در رویه‌ی نمایشگر پتانسیل سیستم را نشان می‌دهد. اگر بردار وضعیت Φ در یکسوی یکی از این دو شکافِ موجود بر سطح رویه‌ی مزبور بیفتد، توسط نزدیکترین جذب کننده‌ی خود که می‌تواند به ξ_1 یا ξ_2 مربوط باشد جذب می‌شود. اگر این بردار در بین دو شکاف یاد شده قرار بگیرد، وضعیتی متفاوت ایجاد می‌شود، چرا که احتمال ورود پویایی سیستم در هریک از جذب کننده‌ها وجود دارد. در این حالت آنچه که الگوی شکست تقارن را تعیین می‌کند، شیب ناشی از عمق جذب کننده‌ی نزدیک بردار Φ است.

این شیب با معادله‌ی پتانسیل V_1 که ذکرش گذشت مربوط می‌شود. اگر شیب رویه‌ی فرضی مورد بحث را α در نظر بگیریم، می‌توانیم معادله‌ی پتانسیل V_1 را به این ترتیب بازنویسی کنیم:

$$V_1 = \frac{C_1}{2} \Phi^4 (\sin(2\phi) - \alpha \sin(4\phi))^4 \qquad (۱۱-۲)$$

اگر α زاویه‌ای کوچک باشد، که در مدل مسطح ما قاعدتاً هست، می‌توانیم معادله‌ی درجه‌ی چهارم بالا را به یک معادله‌ی درجه‌ی دوم تحویل کنیم:

$$V_1 = \frac{C_1}{2} \Phi^4 \sin^2(2\phi) (1 - 4\alpha \cos(2\phi)) \qquad (۱۲-۲)$$

با چند تبدیل مثلثاتی ساده، امکان تبدیل معادله‌ی بالا به معادله‌ای بر حسب پارامتر نظم وجود دارد:

$$V_1 = 2C_1 \xi_1^2 \xi_2^2 \left(1 - 4\alpha \frac{(\xi_1^2 - \xi_2^2)}{(\xi_1^2 + \xi_2^2)}\right) \qquad (۱۳-۲)$$

که در آن پارامترهای نظم عبارتند از:

$$\xi_1^* = \xi_1 \left(\lambda_1 - A\xi_1^2 - B\xi_2^2 + 4(B-A)\alpha \xi_2^2 \left(1 - \frac{2\xi_2^4}{(\xi_1^2 + \xi_2^2)^2}\right)\right) \qquad (۱۴-۲)$$

و...

$$\xi_2^* = \xi_2 \left(\lambda_2 - B\xi_1^2 - A\xi_2^2 + 4(B-A)\alpha \xi_1^2 \left(1 - \frac{2\xi_1^4}{(\xi_1^2 + \xi_2^2)^2}\right)\right) \qquad (۱۵-۲)$$

و تابع نشانگر توجه هم در آن عبارت است از: (۲-۱۶)

$$\lambda_1 = a - b\lambda_1 - c\xi_1$$

$$\lambda_2 = a - b\lambda_2 - c\xi_2$$

اگر در مدل یاد شده، $A=1$ و $B=2$ باشد، و α کوچک باشد، نوساناتی بین دو جذب کننده‌ی ممکن برای محرک دیده خواهد شد. اگر شیب رویه‌ی نشانگر پویایی پتانسیل سیستم از حد آستانه‌ی بحرانی خاصی (α_c) بیشتر شود، پویایی تنها جذب یکی از خطراهه‌ها خواهد شد و بنابراین جذب کننده‌ی دیگر تجربه نخواهد شد. با زیادتر شدن مقدار زاویه‌ی α احتمال تجربه‌ی یک جذب کننده‌ی خاص بیشتر خواهد شد و به این ترتیب تغییرات این عامل منجز به تعیین نوع شکست تقارن می‌شود.

به ازای دو حد بالا و پایین زاویه‌ی بحرانی (یعنی $+\alpha_c$ و $-\alpha_c$)، تغییر فاز به جذب کننده‌ی اول یا دوم انجام خواهد

گرفت و بنابراین در دامنه‌ای بین این دو مقدار است که دوپهلو بودن اشکال درک می‌شود. این دامنه به زبان مثلثاتی عبارت است از:

$$\pi/4- \alpha_c < \phi < \pi/4+ \alpha_c$$

بر اساس زاویه‌ی مورد بحث، می‌توان به ازای هر جذب کننده یک تابع احتمالاتی تعریف کرد که احتمال افتادن پویایی مورد بحث در آن چاه پتانسیل را به دست دهد. اگر این تابعها را به ازای جذب کننده‌ی خاصشان P_2 و P_1 بنامیم، به این نتیجه می‌رسیم:

$$P_1= \frac{\alpha_c+ \alpha}{2\alpha_c}$$
$$P_2 =\frac{\alpha_c- \alpha}{2\alpha_c}$$

یعنی:

$$\frac{\alpha}{} = P_1- P_2 \qquad (۱۷-۲)$$

شواهد آماری نشان می‌دهند که زاویه‌ی α_c را بر اساس زمان انتقال به جذب کننده‌ی اول (t_1) و دوم (t_2) و مجموع زمان این تغییر فاز ($T= t_1+ t_2$) هم می‌توان اندازه گرفت، یعنی:

$$\alpha= \alpha_c \frac{(t_1- t_2)}{T}$$

از این حرفها، ارتباط بین احتمال جذب در چاه پتانسیل اول و دوم، با زمان تغییر فاز هم به دست می‌آید.

$$P_{1,2}= \frac{t_{1,2}}{T} \qquad (۱۸-۲)$$

آزمون سوم) بررسی پدیده‌ی Hysteresis در سیستم بینایی:

مقدمه:

پدیده‌ی هیستری -با نام بیماری روانی مشهور اشتباه نشود- در نظریه‌ی عمومی سیستم‌ها کلیدواژه‌ی مهمی است. این واژه به معنای تغییر فاز ناگهانی و گسسته‌ی رفتار سیستم، در اثر تغییرات پیوسته و جزئی است. پدیده‌هایی مثل پرواز ناگهانی و دسته‌جمعی گنجشک‌ها در اثر شنیدن صدایی که از آستانه‌ی خاصی بلندتر باشد، یا تغییر جهتهای هماهنگ و دسته‌جمعی در حرکت گله‌های ماهی در اقیانوسها نمونه‌هایی از این پدیده هستند. به زودی در بخش بحث از همین گزارش تحلیل صورتبندی شده‌ی این پدیده را خواهید دید. در اینجا اشاره به همین نکته بسنده می‌کند که نشان دادن وجود این پدیده در سیستم بینایی می‌تواند تأییدی بر رفتار هم‌افزایانه و سیستمی شبکه‌ی عصبی پردازشگر بینایی باشد، و در نهایت به تأیید فرض ما که هم‌افزایانه بودن رفتار سیستم عصبی باشد کمک کند. لازم به ذکر است که آزمونهایی مشابه با آنچه که در اینجا شرح داده خواهد شد پیش از این هم انجام شده‌اند و گزارش کنونی تنها به قصد بازآزمایی نتایج دیگران و تأیید محکمتر وجود چنین پدیده‌ای طراحی شده است.

ماده و روش:

یک برنامه‌ی رایانه‌ای نوشته شد که به ترتیب سه تصویر ساده‌ی کشیده شده توسط نگارنده را به مدت صد هزارم ثانیه بر صفحه‌ی نمایشگر می‌انداخت. تصاویر با چشمداشت به شکل دوپهلوی مشهور -اردک/خرگوش- کشیده شده بودند. در (شکل-۳۳) شکل دوپهلوی مزبور را به همراه اشکال مورد استفاده‌ی این آزمون خواهید دید. همچنین برنامه‌ی رایانه‌ای مورد نظر هم در همین بخش آورده شده است. در آزمودنیهای عبارت بودند از پانزده نفر از دانش‌آموزان پسر دبیرستان علامه‌حلی (تیزهوشان) با دامنه‌ی سنی ۱۴-۱۷ سال.

برنامه‌ی مورد نظر به شکلی نوشته شده بود که پس از هربار فشردن کلید **space** یکی از تصاویر یاد شده بر صفحه ظاهر می‌شد و پس از آن مدتی وقت به آزمودنی داده می‌شد تا چیزی را که دیده توصیف کند. از آزمودنی خواسته می‌شد تا در یک کلمه آنچه را که دیده وصف کند. تقریباً در تمام موارد آزمودنی یکی از دو واژه‌ی اردک/کلاغ/غاز و خرگوش را به زبان می‌آورد. یک آزمودنی که هیچ‌کدام از این دو شکل را نمی‌دید از سیاهه‌ی نتایج حذف شد و با احتساب این حذف تعداد آزمودنی‌ها به پانزده‌تا رسید. پس از هربار تشخیص، نتیجه و شماره‌ی شکل ثبت می‌شد و با فشردن دوباره‌ی کلید یاد شده تصویر بعدی ظاهر می‌شد. هر آزمودنی چهار بار این سه دسته تصویر را دید و چهار بار آنچه که دیده بود ثبت شد. یعنی نمونه‌ی آماری ما برابر بود با پانزده نمونه و چهار تکرار.

نتایج:

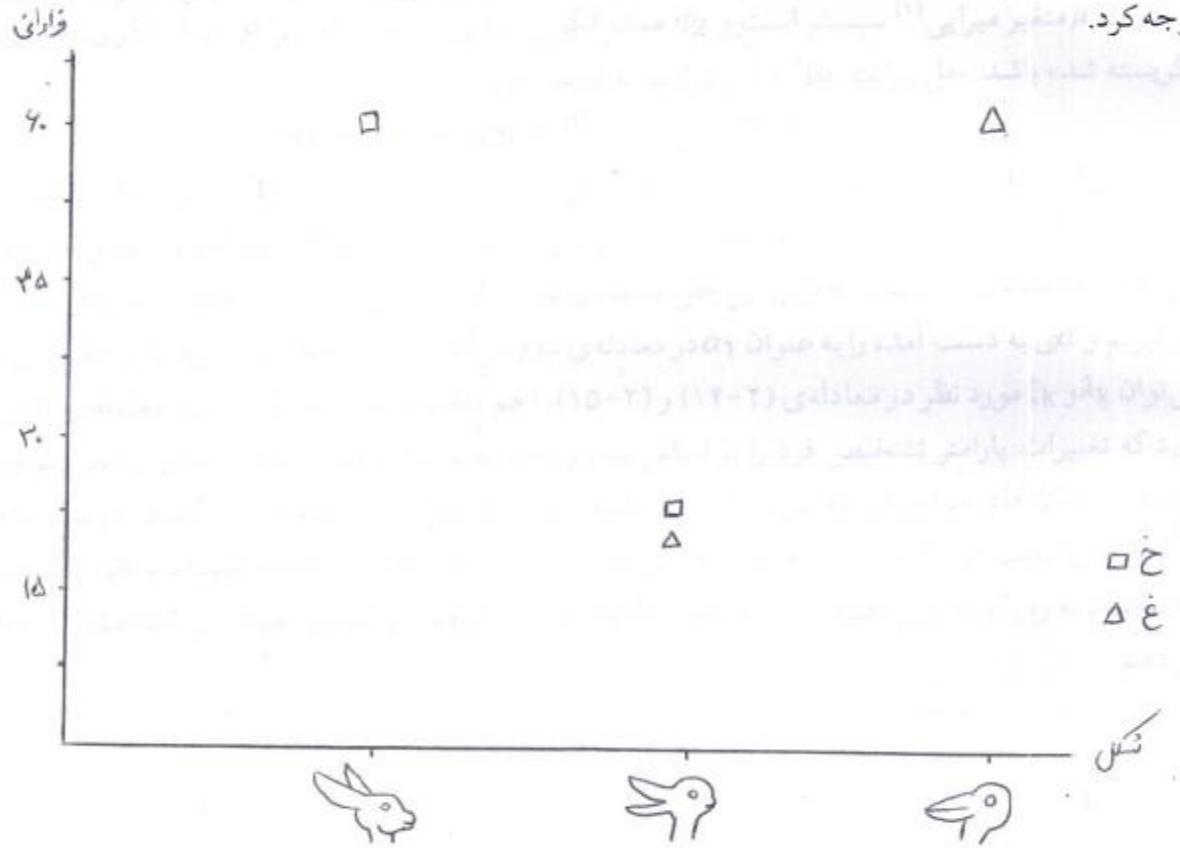
نتایج به دست آمده در جدول صفحه‌ی بعد مرتب شده‌اند:

شماره‌ی آزمودنی:	تصویر الف:	تصویر ب:	تصویر پ:
۱	خ	غ	غ
	خ	غ	غ
	خ	خ	غ
	خ	غ	غ
۲	خ	خ	غ
	خ	خ	غ
	خ	غ	غ
	خ	خ	غ
۳	خ	غ	غ
	خ	غ	غ
	خ	خ	غ
	خ	غ	غ
۴	خ	خ	غ
	خ	خ	غ
	خ	غ	غ
	خ	غ	غ
۵	خ	خ	غ
	خ	خ	غ
	خ	غ	غ
	خ	خ	غ
۶	خ	غ	غ
	خ	غ	غ
	خ	غ	غ
	خ	غ	غ
۷	خ	خ	غ
	خ	غ	خ
	خ	خ	غ
	خ	غ	غ
۸	خ	غ	غ
	خ	غ	غ
	خ	غ	غ
	خ	غ	غ

شماره‌ی آزمودنی:	تصویر الف:	تصویر ب:	تصویر پ:
۹	خ	خ	غ
	خ	غ	غ
	خ	خ	غ
	خ	خ	غ
۱۰	خ	خ	غ
	خ	خ	غ
	خ	خ	غ
	خ	خ	غ
	خ	غ	غ
۱۱	خ	غ	غ
	خ	خ	غ
	خ	خ	غ
	خ	غ	غ
	خ	خ	غ
۱۲	خ	غ	غ
	خ	غ	غ
	خ	غ	غ
	خ	غ	غ
۱۳	خ	خ	غ
	خ	خ	غ
	خ	غ	غ
	خ	غ	غ
۱۴	خ	غ	غ
	خ	خ	غ
	خ	خ	غ
	خ	خ	غ
۱۵	خ	خ	غ
	خ	غ	غ
	خ	غ	ع
	خ	غ	غ

جدول (ج- ۹): نتایج آزمون تغییر فاز.

چنان که می‌بینید، همه‌ی آزمودنی‌ها همه‌ی اشکال دو سوی طیف هیستری را به عنوان خرگوشس یا غازِ تنها بازشناسی کرده‌اند و تنها در مورد اشکال حد واسط (ب) است که اختلاف نظر دیده می‌شود. درکل ۲۶ مورد خرگوش (خ) و ۳۴ مورد غاز (غ) در این گروه دیده شده است. یعنی بخش عمده‌ای از چاه‌های پتانسیلی در شکل حد واسط به شکلی تشکیل شده است که می‌تواند هردو حالت ممکن را نشان دهد. در اینجا هدف من گرفتن نتیجه‌ی آماری خاصی از این داده‌ها نبود. تنها می‌خواستم اطلاعاتی برای تأیید مدل ریاضی‌ای که به زودی در بخش بحث پیشنهاد خواهد شد در دست داشته باشم. ناگفته پیداست که بررسی بیشتری برای نیل به اطلاعات آماری بسنده‌تر مورد نیاز است. اما در همین مختصر هم باید به اطباق داده‌های ما و منحنی فراوانی به دست آمده، با تحلیلهای نظری ارایه شده توجه کرد.



شکل-۳۳: تصاویر دوپهلوی مورد استفاده و حالت گذار بینشان.

بحث:

چنانکه در تحلیل هم‌افزایانه‌ی بازشناسی بینایی در بحث آزمون قبل دیدیم، برخی از اشکال دوپهلو، که نمونه‌ی شکل ب مثالی از آن است، در فضای فاز بینایی دو جذب کننده‌ی رقیب ایجاد می‌کنند. چیزی که در این آزمون مهم است، نشان دادن چگونگی این تغییر فاز است.

چنانکه گفتیم، پدیده‌ی هیستری یا تغییر فاز تدریجی، همان چیزی است که در تبدیل تدریجی یک شکل به شکل دیگر تجربه می‌شود.

برای تحلیل صورتبندی شده‌ی این پدیده، باید این روند را دنبال کرد:

فرض کنیم به ازای هر شکلی که برایمان تازه است، یا مدتهاست آن را ندیده‌ایم (یعنی برای بازشناسی‌اش پیش‌فرض

نداریم)، پارامتری مانند α نسبت دهیم. این پارامتر، نماد *عادت داشتن* به یک شکل است که در اثر تکرار دیدن یک شکل پدید می‌آید. این پارامتر به ازای هر شکل تازه‌ای که می‌بینیم از نو پدید می‌آید و با هر تکرار مقدار آن بیشتر تثبیت می‌شود. وقتی نگاهمان از شکلی آشنا که به آن عادت داریم -و بنابراین αی خاص خود را دارد- برداریم و به شکل تازه‌ای نگاه کنیم، αی قبلی ازبین می‌رود و توسط پارامتر عادت جدید که به تدریج ایجاد می‌شود جایگزین می‌شود. با توجه به این تعریف، می‌توان برای تغییرات پارامتر عادت نسبت به زمان معادله‌ای نوشت که از برابری‌های یاد شده در بخش قبل (۲-۱۶) مشتق می‌شود:

$$\alpha^{\cdot}(t) = -\mu(\alpha(t)-\alpha_2) \qquad (۱-۳)$$

که در آن μ متغیر میرایی[۱] سیستم است و α_2 همان الگوی بینایی‌ای است که پس از دیدن الگوی نخستی مانند α_1 نگریسته شده باشد. حل برابری بالا به این ترتیب به دست می‌آید:

$$\alpha(t) = \alpha+(\alpha_1-\alpha_2)\, e^{-\mu\tau} \qquad (۲-۳)$$

پس از این باید به این ترتیب عمل کرد. نخست فرض می‌کنیم که آزمودنی در T_0 خاصی شکل نخست را دیده و پس از عبور از توالی تصاویر نشان داده شده به تصویر سوم رسیده. در این حالت باید α را بر اساس معادله‌ی (۳-۱) حل کرد. بعد مقادیر داده شده به ازای این حل مسئله را در زمان t و به ازای حرکت معکوس بر روی تصاویر در نظر می‌گیریم و αی به دست آمده را به عنوان α_1 در معادله‌ی دوم می‌گذاریم تا α_2 محاسبه شود. با توجه به این دو مقدار، می‌توان λ_k و ξ_k مورد نظر در معادله‌ی (۲-۱۴) و (۲-۱۵) را هم محاسبه کرد و به این ترتیب معادله‌ای کامل به دست آورد که تغییرات پارامتر تشخیص فرد را بر اساس محور زمان به دست دهد. ریزه‌کاری‌های ریاضی موجود در این راهبرد و راهکارهای موازی‌ای که می‌تواند برای تحلیل همین داده‌ها مورد استفاده قرار گیرد، توسط پژوهشگران دیگری مورد بحث قرار گرفته است و چون در این‌جا هدف پرداختن به این مباحث نیست، سخن را کوتاه می‌کنم و علاقمندان به رویکردهای ریاضی دیگر به مدل پیشنهاد شده در اینجا را به کتاب "*هم‌افزایی شناخت*" اثر هاکن ارجاع می‌دهم.

۱- damping parameter

```
/*R&D*/
#include <dos.h>
#include <stdio.h>
#include <conio.h>
#include <stdlib.h>
#include <mem.h>
#include <alloc.h>

//#include "MOUSE.H"

#define TIME 100

void Mode3();
void Mode13();
void FastPixel(int,int,int);
void Clear();
void Show(int,int);

void main()
{

 Mode13();

 getch();

 Show(0,1);
 delay(TIME);
 Show(0,0);

 getch();

 Show(1,1);
 delay(TIME);
 Show(0,0);

 getch();

 Show(2,1);
 delay(TIME);
 Show(0,0);

 getch();

 Mode3();

 getch();

}

void Mode3()
{

 asm { mov ax,0x0003; int 0x10; }

}

void Mode13()
{
```

```
  asm { mov ax,0x0013; int 0x10; }

}

void FastPixel(int x,int y,int c)
{

 char far *P;

 P=(char far *) MK_FP(0xA000,0x0000);

 P[x+(y*320)]=c;

}

void Clear()
{

 int i,j;

 for (i=0;i<320;i++)
  for (j=0;j<200;j++)
    FastPixel(i,j,0);

}

void Show(int Num,int Code)
{

 int i,j,k;
 char c,rgb[4],r,g,b;
 FILE *Bitmap;
 char far *Mem,far *SCR;

 Mem=(char far*) farmalloc(32000);
 SCR=(char far*) MK_FP(0xA000,0x0000);

 if (Code!=0)
{
 if (Num==0)
  Bitmap=fopen("RABBIT.BMP","rb");
 else if (Num==1)
  Bitmap=fopen("DOCK.BMP","rb");
 else
  Bitmap=fopen("R&D.BMP","rb");

 fseek(Bitmap,54,SEEK_SET);

 for (i=0;i<4;i++)
 {
  fread(&rgb,4,1,Bitmap);

  r=rgb[0]>>2;
  g=rgb[1]>>2;
  b=rgb[2]>>2;

  asm {
```

```
      mov ax,0x1010
      mov bx,i
      mov ch,g
      mov cl,b
      mov dh,r
      int 0x10
    }

  }

  fseek(Bitmap,1078,SEEK_SET);

  for (j=1;j>=0;j--)
  {
   for (k=0;k<32000;k++)
    Mem[k]=0;

   for (i=0;i<32000;i++)
   {
    c=getc(Bitmap);
    if (c!=3)
          Mem[31999-i]=(c=Code*15);
   }
   _fmemcpy(SCR+j*32000,Mem,32000);
  }

  fclose(Bitmap);

 } else
 {

  for (k=0;k<32000;k++)
   Mem[k]=0;

  _fmemcpy(SCR,Mem,32000);
  _fmemcpy(SCR+32000,Mem,32000);

 }

  farfree(Mem);

}
```

آزمون چهارم) بررسی اثرات بالا به پایین ناشی از پردازش زمینه در سیستم بینایی:

مقدمه:

چنانکه در بخش‌های گذشته دیدیم، سیستم بینایی انسان راهکارهایی مشخص و تکاملی را برای تشخیص شکل از زمینه دارد، و این همان است که شکستن پدیده‌ها و تقسیم جهان پیرامونمان به شکل مورد توجه و زمینه‌ی غیرمهم را ممکن می‌سازد. توجه، چنانکه گفتیم، در مدل هم‌افزایانه‌ی مورد پیشنهاد این نوشتار رفتاری وابسته به پردازش سطح بالا و خودآگاه است که نمودهایی فراوانی را در سطوح پایینتر و به ویژه سطح شبکه‌ای هم پدید می‌آورد. هدف از این آزمون، نشان دادن وجود اثرات بالا به پایین در پردازش اطلاعات ساده‌ی بینایی است. یعنی می‌خواهم نشان دهم پردازش اطلاعات سطح پایینی مانند شیب خط یا رنگ، بسته به اینکه مغز در مورد شکل یا زمینه بودن تصاویر اطراف خود چگونه قضاوت کرده باشد، تفاوت می‌کند.

ماده و روش:

برنامه‌ای رایانه‌ای نوشته شد که این کارها را انجام می‌داد:
نخست یک نمونه از شکل دوپهلوی مشهور چهره/گلدان[1] را نمایش می‌داد. این تصویر به مدت یک ثانیه بر نمایشگر نشان داده می‌شد و از آزمودنی پرسیده می‌شد که چه دیده است[2]. پاسخهای چهره یا گلدان به صورت **F** یا **V** در برنامه ذخیره می‌شد. بعد به مدت چهار بار همان شکل به مدت ۳۰ هزارم ثانیه بر نمایشگر نشان داده می‌شد، به شکلی که در هر بار نمایش مجدد، یک محرک که می‌توانست در دامنه‌ی مشخصی تغییر کند، به طور تصادفی انتخاب می‌شد و در مکانی تصادفی نشان داده می‌شد. مثلاً اگر چهار نوع رنگ مورد آزمون بودند، رنگی کاتوره‌ای انتخاب می‌شد و بر نقطه‌ای تصادفی از صفحه نمایش داده می‌شد، تنها شرط حاکم بر این رفتار تصادفی، این بود که محرک‌های ویژه نباید بر خط جداکننده‌ی چهره‌ها از هم (یا تعیین کننده‌ی حد گلدان) می‌افتادند.
دو نوع آزمون به کمک این روش طراحی شد:
آزمون نخست: چهار رنگ (زرد، آبی، سبز، و قرمز) به صورت مربعهایی رنگی با ضلع یک سانتی‌متر بر نقطه‌ای تصادفی از صفحه می‌افتادند.
آزمون دوم: چهار نوع خط (عمودی، افقی، مایل به چپ، و مایل به راست) در نقطه‌ای دلخواه از تصویر می‌افتادند. در هر مورد، از آزمودنی خواسته می‌شد تا نوع محرک را از میان چهار امکان مورد نظر انتخاب کند. اطلاعاتی که آزمودنی باید اعلام می‌کرد عبارت بود از نخست نوع، و دوم مکان پیدا شدن محرک. در مورد مکان محرک، کافی بود تا افتادن محرک در ناحیه‌ی الف، ب، یا پ از (شکل -۳۴) را اعلام کند. به این ترتیب دو دسته پاسخ از نوع چی؟ وکجا؟ به دست آمد که چنان که دیدیم هریک پردازش اطلاعات در یکی از زیرسیستم‌های پردازش عالی قشر مخی را نمایش می‌دهند. در کل این آزمون بر روی شش نفر با چهار تکرار انجام گرفت، و نتایج آن در جدول (ج-۱۰) -برای خط

۱- face or vase

۲- برنامه‌ی نوشته شده در پیوست آمده است.

شیبدار- و جدول (ج-۱۱) -برای رنگ- نمایش داده شده است. آزمودنی‌های مورد نظر دانش‌آموزان پسر دبیرستان علامه‌حلی با وازه‌ی سنی ۱۷-۱۴ سال بودند.

نتایج:

نتایج آزمونهای یاد شده در جداول زیر مرتب شده‌اند:

	چی؟		کجا؟	
	زمینه	شکل	زمینه	شکل
درست	۱۲	۲۰	۱۳	۱۹
نادرست	۱۲	۴	۱۱	۵

جدول (ج-۱۰): فراوانی پاسخهای درست و نادرست در تشخیص خط شیبدار.

	چی؟		کجا	
	زمینه	شکل	زمینه	شکل
درست	۱۳	۲۱	۱۲	۱۸
نادرست	۱۱	۳	۱۲	۶

جدول (ج-۱۱): فراوانی پاسخهای درست و نادرست در تشخیص رنگ.

دقت داشته باشید که در محاسبات بالا تنها به پاسخهای درست و نادرست توجه شده و امکان آماری بروز پاسخ درست از میان چهارگزینه‌ی ممکن برای ساده‌تر شدن کار در نظرگرفته نشده است. آشکار است که در هر آزمون امکان پاسخدهی درست تصادفی برابر ۲۵٪ بوده است.

فرضیه‌ی صفری که می‌توان در مورد این آزمون مطرح کرد، این است که افتادن محرک بینایی در زمینه یا تصویرِ تشخیص داده شده توسط آزمودنی، تغییری در بازشناسی آن ایجاد نمی‌کند، به عبارت دیگر، اگر فرضیه‌ی صفر ما استقلال بازشناسی دو زیرسیستم بالایی و پایینی (مربوط به چی؟ و کجا؟) از زمینه یا شکل بودن تصویر باشد، باید تعداد خطاهای انجام شده در مورد محرکهای شکل با زمینه برابر باشد. بر این مبنا آزمون مربع کای در مورد داده‌های به دست آمده انجام گرفت و این نتایج به دست آمد.

	چی؟-خط شیبدار	کجا؟- خط شیبدار	چی؟-رنگ	کجا؟- رنگ
X^2_{obs}	۴/۲۵	۲/۲۶	۴/۵۶	۳/۲
X^2_{exp}	۳/۸۴۱	۱/۶۴۲	۵/۴۱۲	۲/۷۰۶
سطح معنی‌دار بودن	۰/۰۵	۰/۲	۰/۰۲	۰/۱

جدول (ج-۱۲): مربعهای کایِ به دست آمده‌ی مربوط به هر سطح از آزمون.

یعنی با نسبتهای متفاوتی از دقت، می‌توان ادعا کرد که بسته به اینکه مغز چه تفسیری از محل محرک بینایی دارد (شکل یا زمینه‌بودن آن منطقه)، سرعت و دقت پردازش اطلاعات مورد نظر تغییر می‌کند. بیشترین دقتی که در آزمونهای ما به دست آمد ۰/۰۲ بود که به درک کیفیت رنگ ارتباط داشت. در جدول (ج-۱۲) به خوبی دیده می‌شود که اصولاً درک چیستی محرک بهتر از مکانش زیر اثر بازخورد بالا به پایین مورد ادعا قرار می‌گیرد.

بحث:

با توجه به آنچه که گذشت، روشن است که پردازش اطلاعات بینایی هنگامی که محرک در زمینه در نظر گرفته شود، با زمانی که بخشی از شکل فرض می‌شود تفاوت دارد. مغز در شرایطی که محرک را بخشی از شکل می‌بیند، دقت و سرعت بیشتری را برای داده‌آمایی به کار می‌گیرد. این اختلاف در حالت عادی و با توجه به زمانهای به نسبت درازی که محرکها در میدان بینایی حضور دارند، مشخص و آشکار نیست، اما در صورتی که زمان حضور محرک بر میدان بینایی در آستانه‌ی زمانی خاصی (حدود ۳۰ هزارم ثانیه) قرار داشته باشد، امکان تجربه‌ی آن فراهم می‌شود. از آنجا کهاین اختلاف تفسیر اطلاعات بینایی پس از شکل یا زمینه فرض کردن بخشهای مختلف میدان بینایی بروز می‌کند، باید آن را نوعی تأثیر پردازشی بالا به پایین دانست که از سوی مراکز عالیتر قشر مخ، بر مراکز پردازشی پایینتر اعمال می‌شود.

آزمونهای انجام شده در قالب یاد شده، گزاره‌های به کار گرفته شده در بخشهای گذشته‌ی رساله را تأیید می‌کند. در جریان متنی که خواندید، سه گزاره وجود داشت که با این آزمون تأیید می‌شود:

۱: پردازش اطلاعات در مغز (و بنابراین در سیستم بینایی) خصلتی سیستمی دارد و بازخوردهای فراوانی در جریان پردازش شبکه‌ای پدید می‌آیند که تعیین کننده‌ی پویایی نهایی سیستم بینایی هستند.

۲: رفتارهای هم‌افزایی در مغز قابل‌ردیابی است که نمونه‌ی مشهور آن علیت بالا به پایین[۱] مورد ادعای پوپر است. این آزمونها وجود چنین علیتی را تأیید می‌کند.

۳: تفسیر خودآگاه مغز از محرکهایی که دریافت می‌کند، به طور مستقیم توسط متغیرهای اولیه‌ای تعیین می‌شوند که پیش از ورود اطلاعات به سیستم عصبی وجود دارند و بنابراین پویایی نهایی سیستم عصبی یا همان الگوی شکست پدیده زیر تأثیر این اطلاعات پیشینی انجام می‌شود.

به دلیل کوتاهی زمان، زیاد در پی شرح و بسط نتایج آزمون یاد شده نیستم. فقط به این نکته اشاره می‌کنم که برخورد متفاوت مغز با محرکهایی که در مرکز میدان توجه (یعنی شکل) قرار گرفته‌اند، نشانگر وجود یک راهکار موفق تکاملی است که در طول مسیر انتخاب طبیعی حفظ شده و تا زمان ما ادامه یافته است. این راهکار در واقع از نیاز موجود زنده به کسب بیشینه‌ی اطلاعات ممکن در مورد اشیای مهم اطرافش (یعنی شکلها یا پدیده‌ها) برخاسته است.

۱- downward causation

```
/*FACES.CPP*/
#include <dos.h>
#include <stdio.h>
#include <conio.h>
#include <stdlib.h>

#define TIME 30
#define REP  10

#define SIZE 6

void Mode3();
void Mode13();
void FastPixel(int,int,int);
void Clear();
void Show();
int LoadIcon();
unsigned int DrawIcon(unsigned*,unsigned*);

char *Icon;

void main()
{

 unsigned int b;
 unsigned x,y;

 randomize();

 Mode13();

 b=LoadIcon();

 getch();

 Show();

 delay(TIME);

 Clear();

 getch();

 Show();
 DrawIcon(&x,&y);

 delay(TIME);

 Clear();

 getch();

 Show();
 FastPixel(60+x,y,b);

 getch();

 Mode3();
```

```
 getch();

}

void Mode3()
{

 asm { mov ax,0x0003; int 0x10; }

}

void Mode13()
{

 asm { mov ax,0x0013; int 0x10; }

}

void FastPixel(int x,int y,int c)
{

 char far *P;

 P=(char far *) MK_FP(0xA000,0x0000);

 P[x+(y*320)]=c;

}

void Clear()
{

 int i,j;

 for (i=0;i<320;i++)
  for (j=0;j<200;j++)
   FastPixel(i,j,0);

}

void Show()
{

 int i,j;
 char c,rgb[4],r,g,b;
 FILE *Bitmap;

 Bitmap=fopen("FACES.BMP","rb");

 fseek(Bitmap,54,SEEK_SET);

 for (i=0;i<4;i++)
 {
  fread(&rgb,4,1,Bitmap);

  r=rgb[0]>>2;
```

```
    b=rgb[2]>>2;

            asm {
             mov ax,0x1010
     mov bx,i
              mov ch,g
     mov cl,b
     mov dh,r
     int 0x10
    }

  }

  fseek(Bitmap,1078,SEEK_SET);

  for (j=199;j>=0;j--)
   for (i=0;i<200;i++)
   {
    c=getc(Bitmap);
    if (c!=3)
    {
          c=15;
          FastPixel(i+60,j,c);
           }
   }

  fclose(Bitmap);

}

int LoadIcon()
{

  int i,j,r=random(4);
  int Colors[4]={9,10,12,14};
// char c,h,l;
// FILE *Bit;

// Bit=fopen("RED.BMP","rb");

// fseek(Bit,118,SEEK_SET);

  ::Icon=(char *)malloc(SIZE*SIZE);

  for (j=SIZE-1;j>=0;j--)
          for (i=0;i<SIZE;i+=1)
          {
/*     c=getc(Bit);
           if ((h=(c&0xF0)/0x10)!=0x0F)
          FastPixel(i,j,h);
           if ((l=c&0x0F)!=0x0F)
          FastPixel(i+1,j,l);
*/
           ::Icon[i+j*SIZE]=Colors[r];
          }

// fclose(Bit);
```

```
 return Colors[r];

}

unsigned int DrawIcon(unsigned *x,unsigned *y)
{

 int i,j;
 int k,m,n=0;
 unsigned char far *SCR,a1,a2;

 SCR=(unsigned char far *)MK_FP(0xA000,0x0000);

 while (n==0)
{
 i=random(200);
 j=random(200);
 for (k=0;k<SIZE;k++)
 {
          a1=SCR[j*320+i+k+60];
          a2=SCR[(j+k)*320+i+60];
//        SCR[(j+k)*320+i+60]=5;
//        delay(100);
          if (a1!=0 || a2!=0)
          {
           n=0;
           break;
          }
          else
           n=1;
 }
}

 for (k=0;k<SIZE;k++)
          for (m=0;m<SIZE;m++)
           FastPixel(i+m+60,j+k,Icon[m+k*SIZE]);

// getch();

 *x=i;
 *y=j;

 return 0;

}
```

آزمون پنجم) بررسی نقش تقارن در بازشناسی اشیا:

مقدمه:

شواهد زیادی در این زمینه وجود دارد که برخی از الگوهای تشخیص اشیا در سیستم عصبی جانوران به صورت پیش‌تنیده وجود دارد. یعنی الگوهای ویژه‌ی شکست پدیده در پویایی ویژه‌ی اعصاب مغزی از برخی قوانین پیش‌تنیده‌ی ذاتی پیروی می‌کند. به ظاهر این قواعد بر اثر آزمون و خطاهای دراز مدت تکاملی پدید آمده‌اند، و یکی از نمونه‌های مهم آن در حالت عامتر، منطق بود که دیدیم به چند شکل و در چند سطح بر رفتارهای پردازشی حاکم است.

در این نوشتار، تلاش بر این است که تأییدی تجربی بر وجود یکی از این قواعد عام به دست آید. تقارن، چنان که می‌دانیم، اصلی مهم و بنیادی در هندسه‌ی اشیاست. در مورد اهمیت این نوع نظم خاص در سیستم‌های پیچیده بسیار نوشته شده و بسیار هم نوشته خواهد شد. از آنجا که در این زمینه در متن و همچنین جاهای دیگر به اندازه‌ی کافی صحبت شده است، مقدمه را کوتاه می‌کنم و خواننده را به خواندن نوشتارهایی که در این زمینه در مراجع وجود دارند تشویق می‌کنم.

در لابلای انبوه شواهدی که در مورد اهمیت تقارن در سیستمهای پیچیده وجود دارد، یکی هم آن است که به بازشناسی اشیای متقارن مربوط می‌شود. در زمینه‌ی اهمیت زیبایی‌شناختی اشیای متقارن، و تقارن‌گرایی ذاتی سیستم‌های پردازنده‌ی عصبی شواهد زیادی وجود دارد. در اینجا تنها اشاره به یک شاهد اهمیت دارد که به آزمون مورد علاقه‌ی ما مربوط می‌شود. این شاهد هم به یافته‌ی لیتون مربوط می‌شود که توانست نشان دهد آزمودنی‌های انسانی به هنگام نمایش سریع اشکال بر شبکیه‌شان، تمایل دارند همه‌ی تصاویر را به همتاهای متقارنشان تبدیل کنند. یعنی آزمودنی‌ها با بالا رفتن سرعت نمایش تصویر یک شکل هندسی بر شبکیه‌شان، تمایل دارند متوازی‌الاضلاع را به شکل مستطیل و مستطیل را به شکل مربع تفسیر کنند (**Leyton.- 1992**).

همچنین نشان داده شده که سرعت تشخیص اشکال تصادفی تولید شده به کمک **DRS** هنگامی که متقارن باشند سریعتر و دقیقتر تشخیص داده می‌شوند(**Locher & Nodine.- 1989**). به بیان دیگر، شواهد کافی در این زمینه وجود دارد که تشخیص تقارن یکی از توانایی‌های پایه‌ی چشم است.

ماده و روش:

برای سنجیدن اهمیت متقارن بودن اشکال دیده شده در سرعت بازشناسی آنها، آزمون زیر طراحی شد.

پنج دسته چند ضلعی توسط نگارنده طراحی شد. هر دسته شامل چهار چند ضلعی متفاوت با مساحتی تقریباً برابر بود، به طوری که تعداد اضلاع هر دسته یکسان بود، اما از هر دسته فقط یکی با ترتیبی تصادفی متقارن و منتظم بود و باقی چنین حالتی نداشتند.

دسته‌های نام برده به ترتیب دارای چهار، پنج، شش، و هفت ضلعی‌هایی بودند که به ترتیب یاد شده به جز یکی از هر دسته باقی نامنتظم و نامتقارن بودند.

آزمودنی‌ها، که عبارت بودند از ۹ نفر از دانش آموزان پسر دبیرستان علامه حلی (تیزهوشان)، با ترتیبی تصادفی این دسته اشکال را دریافت می‌کردند و می‌بایست با اولین نگاه تعداد اضلاع موجود در شکلها را تشخیص دهند. پیش از آغاز آزمون به داوطلبان گفته می‌شد که تعداد اضلاع اشکال هر دسته با هم برابر است، اما در مورد منتظم بودن یکی از آنها چیزی گفته نمی‌شد. زمان پاسخگویی داوطلبان در هر مورد اندازه‌گیری می‌شد و در نهایت این اطلاعات مورد توجه بود: نخست زمان پایه‌ی تشخیص تعداد اضلاع، و دوم، اینکه آزمودنی کدام شکل را در نگاه اول برای شمارش اضلاع انتخاب کرده است.

نتایج:

نتایج در جدول زیر نشان داده شده‌اند:

شماره‌ی آزمودنی:	دسته‌ی نخست (چهار ضلعی)	دسته‌ی دوم (پنج ضلعی)	دسته‌ی سوم (شش ضلعی)	دسته‌ی چهارم (هفت ضلعی)	دسته‌ی پنجم (هشت ضلعی)
شماره‌ی شکل متقارن	۲	۱	۲	۲	۱
۱	۰/۸۹-۲	۱/۷۳-۱	۱/۲۴-۲	۲/۲۰-۱*	۴/۹۳-۳
۲	۰/۸۶-۳	۱/۱۰-۳	۳/۱۵-۲	۱/۳۲-۲	۳/۱۸-۱
۳	۱/۴۳-۲	۱/۸۷-۲	۱/۹۴-۳	۱/۷-۱*	۳/۶۲-۱
۴	۱/۰۸-۲	۱/۵۲-۱	۱/۸۲-۲	۲/۳-۲	۲/۸۲-۱
۵	۱/۴۵-۲	۲/۱۱-۳	۱/۷۶-۱	۳/۲-۲	۳/۳۲-۱
۶	۰/۸۶-۲	۱/۶۶-۳	۳/۱۸-۴	۲/۱-۳	۲/۷۶-۳
۷	۱/۲۳-۱	۱/۶۳-۱	۲/۲-۴*	۳/۸۷-۱	۱/۶۸-۱
۸	۱/۲۴-۲	۱/۳۷-۱	۲/۴۲-۲	۳/۲۱-۴	۳/۱۸-۱
۹	۲/۶۱-۲	۱/۲-۱	۱/۲۳-۲	۱/۲۴-۲	۲/۵۳-۳*

جدول (ج-۱۳): نتایج حاصل از تشخیص تعداد اضلاع.

توجه داشته باشید که در جدول بالا، عدد نخست نشانگر شماره‌ی چندضلعی انتخاب شده در هر دسته است و عدد دوم زمان تشخیص تعداد اضلاع بر حسب ثانیه را نشان می‌دهد.
نتایج آماری استخراج شده از جدول (ج-۱۳) را در زیر می‌بینید:

شکل	چهارگوش	پنج‌گوش	شش‌گوش	هفت گوش	هشت‌گوش
t	۱/۳۳	۱/۵۷	۲/۱	۲/۴۴	۳/۱۳
N	۷	۵	۵	۴	۶

جدول (ج-۱۴): نتایج آماری.

که در آن **t** برابر است با میانگین زمان لازم برای تشخیص تعداد اضلاع و **N** برابر است با تعداد گزینشهای متقارن.

اگر فرض صفرمان عبارت باشد از استقلال تشخیص اشکال از تقارنشان، باید چنین فرض کنیم که احتمال برگزیده شدن هر شکل با بسامد تصادفی پیدایشش (=۹/۴=۲/۲۵) برابر است. با یک آزمون ساده‌ی مربع کای می‌توان نشان داد که این فرض صفر نادرست است و ارتباط مشخصی و معنی‌داری بین گزینشها و تقارن اشکال وجود دارد. با توجه به مبنای یاد شده مربع کای برای این آزمون برابر با ۲۴/۳ می‌شود که در سطح ۰/۰۱ هم معنی‌دار است.

بحث:

وجود الگوهای پیش‌تنیده در جریان شکست پدیده حرف تازه‌ای نیست. چنان که در متن گذشت روانشناسان گشتالت و پس از آنها نوروفیزیولوژیست‌های دهه‌های پنجاه و شصت میلادی کسانی بودند که به خوبی وجود این الگوی پیشینی را نشان داده بودند. شواهد زیادی در مورد سایر کارکردهای اشکال متقارن در پردازش بینایی وجود دارد که به برخی از آنها اشاره شد و باقی در حوصله‌ی این بحث نمی‌گنجد. تنها اشاره به یک نکته لازم به نظر می‌رسد و آن هم اهمیت تکاملی وجود الگوی پیشینی برای درک اشکال متقارن، از دیدگاه نظریه اطلاعات است. چیز مهمی که در تمام اشکال متقارن وجود دارد، حشو زیاد است. یعنی همواره بخشی تکراری در شکل دیده می‌شود که نشانگر وجود حشو در ساختار اطلاعاتی ورودی‌های حسی ناشی از آن اشکال است. این حشو می‌تواند اهمیت فراوانی برای جانورانِ تشنه‌ی اطلاعات باشد. اگر سیستمی برای یافتن عناصر تقارنی در محرکهای حسی تخصص یافته باشد، -که آزمون ما نشان می‌دهد تخصص یافته- می‌تواند با پیداکردن این عناصر حشوی، سرعت جذب اطلاعات خود را چند برابر بالا ببرد. در متن رساله اشاره‌ای به حرکات خاص چشم در برخورد با تصاویر گوناگون شده است. نشان داده شده که این حرکات به هنگام رویارویی با اشکال متقارن، تنها در بخشی از تصویر که می‌تواند به عنوان واحد تکرار عناصر تقارنی در نظر گرفته شود حرکات جست و جوگرانه‌ی چشم را داریم و مغز در واقع به این وسیله از اتلاف زمان و انرژی زیادی برای جذب اطلاعات از محیط جلوگیری می‌کند. چراکه با توجه به بخشی اندک از محرکهای ورودی، و ادراک معادلات تقارنی موجود در آنها، می‌تواند تصویری عامتر و دقیتر از محرک را در خود بازنمایی کند.

سپاس:

انجام آزمونهایی که ذکرش گذشت، به تنهایی و بدون کمک این دوستان ممکن نبود.
شاگردان خوبم اردلان صدیقیان، کسرا حسنی، سینا فرقاندوست، و نوید محمدی در انجام آزمونهای دوم، سوم و چهارم کمکهای بسیاری کردند و آزمون پنجم هم با همکاری دانش‌آموز خوب دیگرم، امیرحسین انجام گرفت. آزمون نخست در عمل با کمکهای شاگردان خوب قدیمی‌ترم انجام گرفت که حالا دیگر فارغ‌التحصیل شده‌اند (دانش‌آموختگان سال ۱۳۷۷ دبیرستان) و برخی دانشجو هستند.

در جریان تمام آزمونها، از کمکهای ارزنده‌ی مسئولین کارگاه رایانه‌ی دبیرستان، آقایان قاسمی و اصغری برخوردار بودم، که جا دارد از ایشان هم تشکر کنم. در نهایت، لازم است از دوست خوبم آقای جوانمردی -معاونت پژوهشی مرکز- و مدیر دبیرستان آقای مهندس یوسفی هم به دلیل همراهیشان سپاسگذاری کنم. باشد که همه همواره در کار خود موفق باشند.

پیوست دوم: مفهوم اطلاعات.

مفهوم واژهٔ اطلاعات در نگاه نخست کاملاً آشکار و واضح به نظر می‌رسد، ولی پاسخ دقیق به این پرسش که اطلاعات به راستی چیست، مدتهاست که ذهن دانشمندان را به خود مشغول داشته است. اطلاعات، یکی از معدود مفاهیمی است که پیش از تعریف شدن، به صورت کمّی تحلیل شد، و این عکس روال معمولی است که در تاریخ علم شاهد آن هستیم. کمّی کردن مفاهیم و تحلیل ریاضی آنها، به درک عمیقی از مفهومشان وابسته است، و بنابراین معمولاً تعریف قبل از تحلیل مشخص می‌شود. در بعضی موارد، این اصل نقض می‌شود و مفاهیمی مبهم، به دلیل اهمیت کاربردیشان، زودتر از موعد شمارش‌پذیر می‌شوند. اطلاعات، در اواسط قرن بیستم، توسط یک دانشمند فرانسوی به نام کلود شانون[۱]، در قالب نظریه‌ی اطلاعات به صورت کمّی درآمد. این کار، همزمان با شکل‌گیری نخستین شبکه‌های مخابراتی و اطلاع‌رسانی انجام گرفت. چنانکه گفتیم، این امر پاسخی بود پیش از موعد، به نیاز مبرم تکنولوژی، که به تدریج اطلاعات را در ابعاد وسیع به کار می‌گرفت. با وجود اینکه شانون در نظریهٔ خود تعریفی برای اطلاعات ارائه کرده بود، ولی از آن هنگام تا به حال بین نظریه‌پردازان در مورد دقت و صحت این تعریف، اختلاف نظر وجود دارد.

برای اطلاعات تعاریف فراوانی وجود دارد، و همین زیاد بودن تعاریف، یکی از دلایل نادقیق بودن مفهوم آن است. من در اینجا بعضی از این تعاریف را فهرست‌وار ذکر می‌کنم تا زمینهٔ موضوع مشخص شود. خود شانون اطلاعات را به صورت معنایی نزدیک به آنتروپی[۲] تعریف می‌کند و حتی در محاسبات خود، از معادلات مربوط به آنتروپی -برگرفته از قانون دوم ترمودینامیک- بهره می‌برد. بنابراین تعریف، اطلاعات یک گزاره[۳] عبارت است از پیچیدگی روابط موجود بین اجزای آن. اگر یک مجموعه از احتمالات گسستهٔ مکمل یکدیگر را -مانند $(p_1, p_2, ...p^n)$- داشته باشیم، و این مجموعه از احتمالات، حالت یک سیستم را مشخص کنند، آنگاه اطلاعات این سیستم برابر خواهد بود با بیتهایی که برای تعریف یکی از این حالات -که سیستم را معرفی می‌کند،- لازم است. یعنی اگر **P** عبارت باشد از کل احتمالات ممکن در مورد یک سیستم، و: $P = \{ p_1, p_2, ...p_n\}$

آنگاه اطلاعات موجود در سیستم **H(p)** -بر حسب بیت- برابر خواهد بود با:

$$H(p)= -Sp_i \log p_i$$

چنانکه می‌بینید، این معادله با برابری مربوط به آنتروپی در ترمودینامیک کلاسیک همریخت است. شاید همین همریختی معادلات، منشأ اصلی اشتباه شانون در همتا گرفتن این دو مفهوم بوده باشد. در صورتی که چنین همتایی را بپذیریم، به این نتیجه می‌رسیم که یک سیستم، در حالتی که احتمال بروز همهٔ حالاتش با هم برابر باشد، دارای بیشینهٔ اطلاعات ممکن است. یعنی در صورتی که قاعدهٔ برابری امکانات[۴] برقرار باشد: $p_1= p_2= ...=p_n$

آنگاه آنتروپی بیشینه خواهد شد، چون بی‌نظمی سیستم در بالاترین درجهٔ خود خواهد بود. در عین حال، بر اساس

۱- (Claude Shanon)

۲- (Entropy)

۳- دقت داشته باشید که دغدغه‌ی اصلی شانون پیدا کردن راهی برای تخمین محتوای اطلاعاتی سیستم‌های گسسته‌ی نمادین -مانند گزاره‌های زبانی- بود. او به سنجش اطلاعات در سیستم‌های پیوسته‌ی غیرنمادین -مثل بدن یک جانور- توجه چندانی نکرده است.

۴- (Equiprobablity)

معادله شانون خود اطلاعات هم بیشینه خواهد بود و این موردی است که با بیشینه بودن بی‌نظمی همخوانی ندارد.

حشو[۱]، مفهوم مهم دیگری است که همواره در نظریه اطلاعات در کنار خود مفهوم اطلاعات مطرح می‌شود (Delvine.- 1991)[۹۲]. حشو به این معناست که یک پیام به طور خالص از نمادهای معنی‌دار و حاوی ارزش اطلاعاتی تشکیل نشده، بلکه برخی از اجزای آن حالت نوفه[۲] دارد و در انتقال اطلاعات نقشی را ایفا نمی‌کند. وجود این عناصر اضافی، از یکسو به طول پیام می‌افزاید، بی آنکه ارزش اطلاعاتی آن را زیاد کند، و از سوی دیگر احتمال خطا در فرآیند رمزگشایی را کاهش می‌دهد. مثلاً مجسم کنید معنایی مثل یک تاریخ، مثلاً ۱۳۷۵ می‌خواهد منتقل شود. می‌توان این مفهوم را با چهار علامت عددی بیان کرد. در صورت اختلال در انتقال این پیام کوتاه، مفهوم در کل آسیب زیادی می‌بیند. مثلاً اگر یک علامت ۳ به ۶ تبدیل شود، کل پیام تغییر می‌یابد و به‌صورت ۱۶۷۵ قلب می‌شود. در مقابل می‌توان همین پیام را به صورت "هزار و سیصد و هفتاد و پنج" هم نوشت، در این حالت، به جای چهار علامت عددی، ۲۱ نماد الفبایی مورد استفاده قرارگرفته. یعنی طول پیام بدون تغییر در معنا زیاد شده، ولی در مقابل مصونیت پیام در مقابل تغییرات هم بالا رفته است، و دیگر تغییر یک حرف (مثلاً ن به م) کل پیام را دگرگون نمی‌کند. یعنی گیرنده به احتمال زیاد خواهد توانست معنای درست "هزارو سیصد و هفتاد و پمج" را دریابد. وجود نوفه چگالی اطلاعات بر نماد را در پیام کم می‌کند و چون در فن مخابرات فرستادن هر نماد با صرف انرژی همراه است، بهترین پیام، کم حشوترین پیغام محسوب می‌شود.

با توجه به اینکه شانون برای شرکتهای بزرگ مخابراتی کار می‌کرده و تمرکز کارش بر پیامهای کدبندی شدهٔ انسانی بوده، می‌توان دید که تعریف مورد نظر او برای بسیاری از سیستم‌های دیگر قابل تعمیم نیست. مثلاً نمی‌توان تعاریف مورد نظر او را در مورد سیستم‌های غیرگزاره‌ای به کار برد. در این سیستم‌ها، آشکار است که وجود اطلاعات هم ارز کم شدن بی‌نظمی و بهم خوردن تعادل بین احتمالات است. ایرادی که ذکر شد، به تعریف شانون از حشو هم وارد است. در اینجا هم حشو از همین تعریف نادرست اطلاعات ناشی می‌شود.

بنابر نظر شانون، اگر برابری امکانات در یک سیستم به هم بخورد، یعنی اگر برابری بین امکانات مختلف موجود برای حالت سیستم نقض شود، حشو زاده می‌شود. وجود حشو به زعم شانون باعث کاهش اطلاعات مفید در سیستم می‌شود. بر مبنای همین تعاریف، آزمایشها و سنجشهای فراوانی در مورد سیستم‌های مشهور کدگذاری پیامها انجام شده، و مثلاً در این میان ساختارهای زبانی طبیعی هم زیاد مورد بررسی قرارگرفته‌اند.

پس از بنیانگذاری نظریه اطلاعات (Shanon & Weaver.- 1949)[۱۸۰]، بسیاری از دانشمندان دیگر کوشیدند تا این تعاریف و معادلات را اصلاح کنند و آن را به صورت ابزاری کارآمد برای تحلیلی سیستم‌های پیچیده درآورند. شانون در تئوری اولیهٔ خود، اطلاعات را تنها به دستوربندی[۳] جملات و گزاره‌ها مربوط کرده‌بود و همین امر یکی از مهمترین ایرادات کار او را تشکیل می‌داد. چراکه در یکی از برداشتهایی که از این صورتبندی اطلاعات انجام می‌شد، دو جمله، -یکی با معنا و دیگری بی‌معنا- که طول یکسانی داشتند، دارای محتوای اطلاعاتی یکسانی در نظر گرفته می‌شدند. برای رفع این مشکل، محققان بعدی سطوحی را برای اطلاعات تعریف کردند. سطح ابتدایی را که همان سطح دستوری[۴] بود، مربوط به روابط بین اجزای جمله (مانند واژگان) دانستند، و سطح بعدی را سطح معنایی[۵]

۱- (Redundency)
۲- (noise)
۳- (Syntax)
۴- (Syntactic)

نامیدندکه به ساختار معنایی ناشی از اجزای جمله مربوط می‌شد. بعدها سطح دیگری هم به این دو افزوده شد و آن هم سطح کاربردی[۶] بود که تنها به اثر پیام بر گیرنده وابسته بود. هرچه اثر دگرگون کنندگی پیام بر رفتار گیرنده یا فرستنده بیشتر باشد، اطلاعات این سطح هم بیشتر خواهد بود. وایتساکر[۷] که یکی از پیشگامان نظریه اطلاعات است، مفهوم مورد نظر ما را به این ترتیب تعریف می‌کند: "*هرچیزی که فهمیده شود، اطلاعات است.*"
او به این ترتیب اطلاعات را در سیستمی متشکل از گیرنده و فرستنده تعریف می‌کند، و مفهوم اطلاعات در خلأ را غیرقابل‌قبول می‌داند.

همچنین رفتارشناس بزرگی مانند ویلسون هم به همین ترتیب اطلاعات را تعریف می‌کند. او اطلاعات را با مفهوم ارتباط[۸] پیوسته می‌داند، و اطلاعات (پیام) را چیزی می‌داند که از فرستنده‌ای به گیرنده‌ای منتقل می‌شود و الگوی احتمالاتی رفتار آن را به شکلی دگرگون می‌کند. البته خود او به ایرادات و موارد نقض این تعریف اشاره دارد، ولی برای کاربردهای خاص مورد نظر خود، آن را مناسب می‌بیند (**Wilson.- 1995**)[۳۲۸].

بریلوَن[۹] بر مفهوم شانون اطلاعات انتقادات بسیاری وارد کرده و آن را فاقد مصداق فیزیکی و خارجی می‌داند. بنابر نظر او، تعریف سنتی از اطلاعات، تفاوتی در میان حالات رفتاری خرد و کلان عناصر سازندهٔ یک سیستم قائل نمی‌شود. این تمایز، در تحلیلهای هم‌افزایانه بسیار کاربرد دارد. من در جایی دیگر در این مورد خواهم نوشت و دیگر در اینجا زیاد در موردش شرح نمی‌دهم. با توجه به ایراداتی که این پژوهشگر بر شانون وارد کرده، باید مفهوم اطلاعات شانونی را همتای معکوس اطلاعات فیزیکی دانست. چون با بی‌نظمی (آنتروپی) رابطهٔ مستقیم دارد.
اشخاص دیگری مانند کولیه[۱۰] کوشیده‌اند تا اطلاعات را بر اساس نظم موجود در ساختار سیستم‌های فیزیکی تعریف کنند. بر این اساس، اطلاعات برابر خواهد بود با بیتهای لازم برای تعریف چینش آرایه‌های خاص سازندهٔ یک سیستم (**Collier et al.- 1986,1988**)[۱۸۰]. بر این مبنا، آنتروپی و اطلاعات معانی متضادی با هم پیدا خواهند کرد.
یکی دیگر از افرادی که کوشیده‌اند تا اطلاعات را بر اساس ساختار درونی و فیزیکی سیستم‌ها تعریف کنند، بروکز[۱۱] است، که با همکاری وایلی[۱۲] کتابی زیبا نوشته و اطلاعات را در سیستم‌های پیچیدهٔ فیزیکی براساس ساختار درونی سیستم و سلسله مراتب کارکردی آن تعریف کرده (**Wiley & Brooks.- 1988**)[۶۵]. این تعریف اخیر بسیار مورد توجه من است، اما به دلیل اینکه پرداختن به آن ما را به حیطهٔ تحلیل سیستم‌های پیچیده وارد می‌کند و از بحث جاری دور می‌سازد، واردش نمی‌شوم.
در نهایت، چیزی که مورد نظر بود، آشنایی مقدماتی با مفهوم اطلاعات، و مباحثی بود که در این مورد جریان دارد. گمان می‌کنم این آشنای حاصل شده باشد. خواننده می‌تواند برای ورود به بحثی دقیقتر در مورد اطلاعات، و تعاریف مورد نظر من، -که با اندکی تفاوت با دیدگاه اخیر یاد شده یکسان است،- به رساله‌ای که در مورد هم‌افزایی نوشته‌ام، مراجعه کند (وکیلی.- ۱۳۷۷)[۳۳].

چنانکه دیدید، تعریف مشترک مورد قبول همهٔ دانشمندان برای اطلاعات وجود ندارد. با این وجود همه دیدگاهی

۵- (**Semantic**)
۶- (**Pragmatic**)
۷- **Weiszacker**
۸- (**Communication**)
۹- **Brellouin**
۱۰- **Collier**
۱۱- **Brooks**
۱۲- **Wiley**

مبهم در مورد معنی این واژه دارند. برای روشن‌تر شدن مفهوم مورد بحث، مثالی کَمّی می‌تواند کارساز باشد، چرا که در این مورد نظرها یکسان است. اطلاعات، از نظر محاسباتی، عبارتست از تعداد بیت‌هایی که برای بیان وضعیت دقیق یک پیام لازم است. اگر یک مفهوم اطلاعاتی چندین حالت داشته باشد، تعداد عناصر مجموعه‌ای از صفر و یک‌ها که لازم است تا یکی از این حالات از بقیه متمایز شود، اطلاعات مربوط به آن حالت است. مثلاً الفبای فارسی در کل ۸۴ نماد دارد. (مشتمل بر حروف بزرگ و کوچک و میانه و علایم نقطه‌گذاری.) اگر بخواهیم از میان این مجموعه ۸۴ عضوی یکی را انتخاب کنیم، باید به اندازه $\log_2 ۸۴ = ۶/۵$ بیت اطلاعات صرف کنیم. به بیان دیگر در زبان فارسی، محتوای اطلاعاتی هر نماد ۶/۵ بیت است. (چون بیت مفهومی دودویی است، در محاسبات نمی‌توان مقدار اعشاری به آن نسبت داد. بنابراین در محاسبات این مقدار را معمولاً برابر با ۷ بیت می‌گیرند.) به همین ترتیب در زبان انگلیسی، می‌توان ۶۴ نماد الفبایی را تشخیص داد، که با $\log_2 ۶۴ = ۶$ بیت برابر است. از روی مثال‌هایی که ذکر شد، می‌توان معادله‌ای ساخت که مقدار اطلاعات را بر حسب بیت به دست دهد. این معادله عبارت است از:

$$H = S_i^n P_i \log_2 P_i$$

که در آن **Pi** برابر است با احتمال ظهور هریک از **n** نماد موجود در پیام.

به عنوان مثال‌هایی دیگر در این مورد، می‌توان به کد ژنتیکی موجودات زنده اشاره کرد. می‌دانیم که یک رمز ژنتیکی از توالی خطی اسیدهای نوکلئیکی تشکیل یافته که تنها چهار نوع باز آلی را می‌توانند شامل شوند. به این ترتیب محتوای اطلاعاتی هر واحد کد ژنتیکی برابر می‌شود با (بیت بر نماد) $\log_2 ۴ = ۲$. (در اینجا هر نماد عبارت است از یک اسید نوکلئیک.) با توجه به این اندازه‌گیری، می‌توان حجم اطلاعاتی نهفته در ژنوم گونه‌هایی را که مقدار مواد وراثتی‌شان معلوم است، اندازه گرفت. مثلاً ژنوم ویروس کوچک **SV40** (نوعی ویروس میمونهای **Simian**)، تنها از پنج هزار جفت باز آلی تشکیل شده. به بیان دیگر، حجم اسید نوکلئیک موجود در این ویروس برابر **۵ kbp** (تقریباً معادل ۳×۱۰^{۱۲} دالتون) می‌باشد (واتسون.-۱۳۷۴)[۲۸]. با توجه به این که هر جفت باز آلی دارای ۲ بیت اطلاعات می‌باشند، حجم کلی اطلاعات نهفته در ژنوم این ویروس ۱۰۰۰۰ (=۲×۵۰۰۰) بیت خواهد بود. یا مثلاً بزرگی ژنوم کُلی باسیل (**Escherechia coli**) که مقیم رودهٔ بزرگ همهٔ ما آدمهاست، **۴۰۰۰ kbp** است (واتسون.-۱۳۷۴)[۲۸]. یعنی محتوای اطلاعاتی‌اش برابر است با ۸×۱۰^{۶} (= $۲ \times ۴ \times ۱۰^{۶}$) بیت. این باکتری یاد شده، دارای چهار هزار ژن است و کل **DNA**اش در حالت کشیده یک میلیمتر طول دارد. حالا آن را با ژنوم انسان مقایسه کنید که دارای صد هزار ژن است و در حالت کشیده ۱۷۳ سانتی‌متر طول دارد (گالین.- ۱۳۷۲)[۱۷]. آشکار است که با پیچیده‌تر شدن سیستم زنده، محتوای اطلاعاتی نهفته در ژنوم آن نیز افزایش می‌یابد.

می‌توان همین مثال را در یک سطح بالاتر و در حد اسیدهای آمینه و پروتئینها تکرارکرد. می‌دانیم که در کل ۲۰ نوع اسید آمینهٔ اصلی داریم که بیش از ۹۵ ٪ از ساختار پروتئینها را می‌سازند. رفتار یک ماکرومولکول پروتئینی توسط توالی و تعداد این اسیدهای آمینه تعیین می‌شود. هر پروتئین هم مستقل از شکل فضای خاص خود که مربوط به نیروهای فیزیکوشیمیایی ویژهٔ اجزایش است، می‌تواند به صورت یک توالی خطی از اسدهای آمینه نمایش داده شود. می‌توان ژنوم را جمله‌ای در نظرگرفت با طول‌های متفاوت وابسته به پیچیدگی گونه، که با الفبایی چهار حرفی نوشته شده است. به همین ترتیب می‌توان پروتئینها را هم جملاتی مشابه دانست که با بیست حرف نوشته شده‌اند. با چنین فرضی، محتوای اطلاعاتی هر اسید آمینه تقریباً برابر با $\log_2 ۲۰ (= ۴/۲)$ بیت خواهد بود.

حالا به این مثال دقت کنید:

مولکول هموگلوبین انسان، از چهار رشتهٔ پلی‌پپتیدی تشکیل شده است. این چهار رشته، عبارتند از دو رشتهٔ آلفا و

دو رشتهٔ بتا. هر رشتهٔ آلفا، از ۱۴۱ اسید آمینه تشکیل شده. یعنی محتوای اطلاعاتی آن عبارت است از ۵۹۲/۲ (=۴/۲×۱۴۱) بیت. این رشتهٔ پلی‌پپتیدی توسط قطعه‌ای از ژنوم کد می‌شود که ۶۴۳ جفت باز دارد. (هر اسید آمینه توسط سه جفت بازکد می‌شود و این ژن خاص دارای دو اینترون[۱] به طولهای ۹۵ و ۱۲۵ جفت باز هم هست.) به این ترتیب مقدار اطلاعات نهفته در ژن رشتهٔ آلفا برابر است با ۱۲۸۶ (=۲×۶۴۳) بیت. یعنی محتوای اطلاعاتی ژن کنندهٔ رشتهٔ آلفا، چیزی در حدود دو برابر اطلاعات نهفته در خود آن رشته است.

این زیاد بودن محتوای اطلاعاتی ژنوم نسبت به محصولات پروتئینی، دو جنبه دارد. یکی مربوط به خود اینترون‌هاست، که در فرآیند ترجمه و کدبندی کردن پروتئین‌ها شرکت نمی‌کنند. دیگری مربوط می‌شود به این حقیقت که هر اسید آمینه توسط سه اسید نوکلئیک کد می‌شود. علت مورد نخست معلوم نیست و وجود این همه بازآلی بی‌فایده در ژنوم یوکاریوت‌ها هنوز از معماهای ژنتیک است. اما مورد دوم قابل پاسخگویی است. این زیاد بودن محتوای ژنومی نسبت به نتایج پروتئینی، در اصل نوعی حشو است. این نوع از حشو، به ویژه در جاهایی که قرار است اطلاعات از چند سیستم نمادین مختلف بگذرند و چندبار ترجمه شوند، نقشی حیاتی را بر عهده دارد و آن هم جلوگیری از قلب شدن پیام و ایجاد خطاست. می‌بینیم که مکانیسمها تکاملی چنین حشوی را در ژنوم موجودات به خوبی جاسازی کرده‌اند. نمود دیگر این حشو، زیاد بودن تعداد نسخه‌های ژنهای مربوط به پروتئینهای حیاتی است. گروهی از ژنها در یاخته‌ها شناسایی شده‌اند که در سطح ژنوم مرتباً تکرار می‌شوند. این ژنها که ژنهای با توالی متوسط[۲] خوانده می‌شوند، می‌توانند در کل 10^5 تا 10^3 بار تکرار شوند. مثلاً برخی از ژنهای ساختمانی مهم مانند ژن هیستون‌ها، **rRNA**، و **tRNA** از این گروه محسوب می‌شوند. به دلیل همین فراوانی حشو در سطح ژنوم است که می‌بینیم در هر روند همانندسازی، احتمال بروز خطا تنها 10^{-7}-10^{-11} است (واتسون.- ۱۳۷۴).

در ژنوم مهره‌داران حالتی دیگر از حشو دیده می‌شود. در این موجودات، احتمال اینکه یک باز آلی که به طور کاتوره‌ای[۳] انتخاب شده، گوانین یا سیتوزین باشد، ۴۴-۴۰ ٪ است. یعنی احتمال حضور این دو باز در ژنوم برابر است با ۲+-۴۲ ٪. که نیمی از آن مربوط به گوانین و نیم دیگر مربوط به سیتوزین است. همبستگی بین احتمال حضور این دو باز نوعی حشو در ژنوم مهره‌داران ایجاد می‌کند. از آنجا که بیشینه حشو ژنومی موجود در مهره‌داران کمتر از بیشینه مقدار مشابه در میان بی‌مهرگان است، می‌توان به زبان نظریه بازی‌ها، استراتژی مهره‌داران را در طول مسیر تکاملیشان به این شکل بیان کرد: **MinMax D(Max)**. یعنی این جانوران بالاترین مقدار حشو ژنومی خود را کمینه کرده‌اند و به این ترتیب محتوای اطلاعاتی ژنوم خود را زیاد کرده‌اند. مطالعات کورنبرگ[۴] نشان داده است که در مورد کمینه مقدار حشو ژنومی وضعیت برعکس است و کمینه حشو ژنومی در میان مهره‌داران از کمیت مشابه در بی‌مهرگان بیشتر است. در این مورد می‌توان استراتژی را به صورت **MinMax D(Min)** نشان داد. یعنی بیشینه کردن کمینه حشو. نمونه‌های متعددی از حشو در ژنوم موجودات زنده کشف شده است که نمونه بارز آن توالی‌های تکراری[۵] موجود در انتهای کروموزوم‌ها (**Tellomer**) است. حتی در موجوداتی به سادگی ویروس‌ها هم این توالی‌ها دیده

۱- **(Intron)**

۲- **(Moderately repetative genes)**

۳- (Random)

۴- (Kornberg)

۵- (Concatamer)

می‌شوند. مثلاً در ویروس موزاییک توتون (**TMV**)[1] این توالی به صورت تکراری دیده می‌شود: **A-GAA-GAA-GUU-GUU** ناگفته پیداست که توالی‌های حشوی ژنی نقش عملکردی ندارند و هیچ **mRNA** و پروتئین خاصی را کد نمی‌کنند.

در مورد حشو، مثالهای دیگری هم می‌توان زد. مثلاً در زمینهٔ زبانشناسی در این مورد زیاد کار شده. در اینجا فقط به دو نمونه از این موارد اشاره می‌کنم:

الف: در زبان انگلیسی که از ۲۷ نماد (به طور ساده) تشکیل یافته، محتوای اطلاعاتی هر نماد باید بر اساس فورمولی که گفتیم برابر با ۴/۷ بیت بر نماد باشد، ولی از آنجا که در زبان انگلیسی ۵۸ ٪ حشو وجود دارد، محتوای اطلاعاتی واقعی هر نماد تنها ۲ بیت است. معنای این که گفتیم ۵۸ ٪ زبان انگلیسی حشو است، این است که این نسبت از سؤالات با پاسخ‌های دودویی را می‌توان برای درک یک پیام حذف کرد. به بیان دیگر، اگر دریک نامه به زبان انگلیسی ۵۸ ٪ حروف حذف شوند، هنوز هم می‌توان به مضمون نامه پی برد.

ب: در بررسی‌هایی که برروی کتاب‌های درسی در مدارس آمریکا انجام گرفته، این نتیجه جالب حاصل شده که با بالا رفتن کلاس، مقدار حشو در متن درسی کمتر می‌شود. یعنی به نظر می‌رسد که کودک با افزایش سن و مهارت‌های مطالعاتی، می‌تواند پیام‌هایی را با محتوای اطلاعاتی بیشتر جذب و درک کند. درکتاب کلاس اول، حشو برابر ۴۱ ٪ بود که با ۱/۹ بیت به ازای هرنماد برابر است. درکلاس آخر این مقدار به ۳۰ ٪ می‌رسید، که برابر است با ۱/۴ بیت برای هر نماد.

---

[1]- (Tobaco Musaic Virus)

پیوست سوم) اطلاعات در سیستم‌های زنده:

مفهوم جدیدی که علم به اطلاعات بخشیده، در بیشتر شاخه‌های دانش اثربخش بوده است. این تاثیر به حدی بوده که امروز دیگر اطلاعات را شکل سوم ماده می‌دانند. امروزه، در نظریه عمومی سیستم‌ها، اجزای همه سیستم‌ها را به سه دسته تقسیم می‌کنند: ماده، انرژی و اطلاعات. ماده، سازنده پیکره ملموس و پایای سیستم است و انرژی و اطلاعات به مثابه جریان‌هایی هستند که مسیر و اندازه‌شان رفتار سیستم را تعیین می‌کند. موجود زنده نیز، سیستمی پویا است که در محیطی متغیر می‌کوشد تا پایداری خود را حفظ کند. این سیستم هم مانند سایر نظام‌های پیچیده مادی از تأثیر سه عنصر نامبرده بر هم تشکیل یافته است و رفتارش توسط دینامیک این اجزا تعیین می‌شود. موجود زنده، که به عنوان یک سیستم باز با ورود و خروج همیشگی ماده، انرژی و اطلاعات روبروست، از مکانیسم‌هایی پیچیده بهره می‌برد تا درون‌دادها و برون‌دادهای خود را تنظیم کند. به‌طورکلی می‌توان اندرکنش جاندار با محیطش را به سه گروه تقسیم کرد: اندرکنش انرژیایی که می‌تواند تاثیر نیروی مکانیکی (مثل باد)، گرانشی، گرمایی، و الکترومغناطیسی را در برگیرد. اندرکنش متابولیک یا تغذیه‌ای[۱] که با خوردن غذا و آب و تنفس و اثر سموم بر موجود مشخص می‌شود. و بالاخره اندرکنش اطلاعاتی که دو مقولهٔ ژنتیکی و حسی را شامل می‌شود. این موضوع اخیر، یعنی اندرکنش اطلاعاتی، محور بحث این بخش را تشکیل می‌دهد.

همه پیام‌هایی که به عنوان اطلاعات حسی به موجود زنده می‌رسند، قبلاً از یک فرستنده گسیل شده‌اند. این فرستنده می‌تواند موجود زنده دیگری باشد، و یا تنها از عوامل بیجان محیطی تشکیل یافته باشد. در صورت نخست، پیام را با همین عنوان رایج، "پیام"[۲] می‌نامیم، و در حالت دوم آن را برگه[۳] می‌خوانیم (Dusenbury.- 1992)[۱۰۳]. در هردو حالت، اطلاعات باید از فرستنده به گیرنده منتقل شوند. این فرآیند انتقال همیشه از میان زمینه‌ای انجام می‌گیرد که بسته به محیط زیست موجود، می‌تواند هوا، آب، و یا خاک باشد. در هرسه حالت، وجود عوامل فیزیکی در زمینه می‌تواند بر روند انتقال اطلاعات اثر گذارد و نوفه ایجاد کند. مثلاً نوفه، از عواملی است که باعث تغییر پیام و کاهش دقت آن می‌شود.

انتقال اطلاعات بین دو موجود زنده را ارتباط[۴] هم می‌نامند. گروهی از پژوهشگران این اصطلاح را تنها برای مواردی به کار می‌برند که فرستنده به عمد پیام را ارسال کند. من در این نوشتار از این تعریف پیروی خواهم کرد. ارتباطات را براساس اینکه (از نظر توانایی سازش با محیط) برای گیرنده سودمند باشند یا نباشد، و فرستندهٔ آن در گسیل آن عمد داشته باشد یا نداشته باشد، به چهار دسته تقسیم می‌کنند. در حالتی که پیام برای گیرنده ارزش سازشی[۵] داشته باشد، و فرستنده هم آن را عمداً ایجاد کرده باشد، "ارتباط" وجود دارد. در حالتی که پیام برای گیرنده نقش ضدسازشی[۶] داشته باشد، (یعنی سازگاریش را با محیط کمتر کند،) و فرستنده آن را عمداً بفرستد، آن پیام را

۱- (Trophic)
۲- (Stimulus=Signal)
۳- (Cue)
۴- (Communication)
۵- (Adaptive)
۶- (Maladaptive)

فریب[۱] می‌نامند (مثل دروغ در آدمیان، و پدیده تقلید[۲] در جانوران). اگر فرستنده به طور غیر عمد پیام را بفرستد، و پیام ارزش سازشی داشته باشد، آن را انتقال تصادفی می‌گویند (مثل دیده شدن شکار توسط شکارچی). اگر فرستنده غیرعمد پیام دهد و ارزش سازشی پیام هم برای گیرنده منفی باشد، آن را خطای درک می‌خوانند (مثل خطاهای حسی معمولی).

می‌توان به ازای هر موجود، و دستگاه‌های حسی‌ای که دارد، یک فضای فاز تعریف کرد، که تعداد ابعادش برابر باشد با تعداد انواع حواس. یعنی می‌توان برای هر موجود زنده‌ای، دستگاه مختصاتی را در نظر گرفت که دارای **N** محور باشد. اگر هریک از این محورها، نمایانگر یکی از کیفیت‌های حسی[۳] باشد، می‌توان به صورت نمادین درک موجود را در آن زمینه -در هر مقطع زمانی،- به صورت مجموعه نقاطی بر آن محور نمایش داد. به این ترتیب ما فضایی **N**بعدی خواهیم داشت که می‌تواند همه دریافته‌های اطلاعاتی موجود از محیط را بازنمایی کند. این فضا را در اینجا فضای فاز حسی خواهم نامید. این کار، یعنی فرض محور مختصات برای حواس را می‌توان در مورد یک حس خاص هم انجام داد، و مثلاً در دستگاه بینایی انسان فعالیت هریک از چهار نوع گیرنده نور شبکیه (سه نوع مخروط و یک استوانه) را بر یک محور تصویر کرد و از متصل کردن این محورها به هم، یک فضای فاز بینایی ایجاد کرد. به این ترتیب اگر برای حس خاصی $\mathbf{N_r}$ نوع گیرنده وجود داشته باشد، و هر گیرنده هم بتواند در پاسخ به محرک خود $\mathbf{N_i}$ حالت به خود بگیرد، در نهایت فضای فاز ما دارای $\mathbf{N=N_i}^{\mathbf{Nr}}$ حالت خواهد بود. یعنی اگر تعداد حالات یک نوع گیرنده به صورت خطی تغییر کند، اطلاعات دریافت شده توسط موجود به شکل لگاریتمی تغییر خواهد کرد. به بیان دیگر، رابطه بین حجم اطلاعات قابل‌دریافت و تنوع گیرنده‌ها و حالاتشان، با هم رابطه لگاریتمی دارند، نه خطی.

روشی که در اینجا برای مدل‌سازی دینامیک اطلاعات در سیستم‌های زنده ارائه شده، راهی است شناخته شده در نظریه سیستم‌ها و سیبرنتیک، و می‌تواند در بسیاری از جاها مفید باشد. با این روش می‌توان به سادگی ریخت[۴] اطلاعات را در هر مقطع زمان در هر موجودی، مجسم کرد. یک آدم که دارد با دست در تاریکی دنبال چیزی می‌گردد، بر فضای فاز حسی خود دریافته‌هایی فراوان را در اطراف محور پساوایی نشان می‌دهد، که مکان و دینامیکش در طول زمان به فعالیتی که دارد انجام می‌گیرد بستگی دارد. در عین حال همین آدم در شرایطی که دارد در میان جمعیتی دنبال کسی می‌گردد، بر محور بینایی بیشترین دریافت را نشان می‌دهد. در این مدل می‌توان آسیب‌های حسی گوناگون را به خوبی نمایش داد، مثلاً یک آدم نابینا را می‌توان فاقد محور بینایی در نظر گرفت. مقایسه بین موجودات مختلف با دستگاه‌های حسی گوناگون هم با این مدل به خوبی ممکن است. مثلاً می‌توان به سادگی دید که در مسیر تکامل، تعداد ابعاد و گسترهٔ محورهای مربوط به فضای فاز حس بینایی در مهره‌داران از ماهیان تا پرندگان افزایش یافته و از فضای تک‌بعدی (تک محوری) و کم‌دامنه پارامسی به فضایی با شش بعد (پنج نوع مخروط و یک نوع) استوانه در لاک‌پشتان دریایی[۵] رسیده.

برای تخمین حجمی از اطلاعات که توسط هر حس، و در نهایت توسط موجود زنده دریافت می‌شود، روش‌های گوناگونی وجود دارد. من در اینجا بر رویکردهایی که در عصب‌شناسی مرسوم است بیشتر تاکید خواهم کرد. بنابراین روش، مقدار اطلاعات دریافتی رابطه مستقیمی دارد با توانایی شلیک نورون‌های مربوط به حس مورد نظر. چنانکه

۱- (Deception)
۲- (Mimetism)
۳- (Sensory modality)
۴- (Portraite)
۵- (Chelonia)

گفتیم، بنابر نظریه اطلاعات کلاسیک، بیشینه اطلاعات موجود در یک پیام، در حالتی به دست می‌آید که احتمال ظهور همه نمادهای بیانگر اطلاعات یکسان باشد. به بیان دیگر، اگر H_{max} را به عنوان بیشینه اطلاعات در نظر بگیریم؛ $H_{max}=\log^{2}N$ (Gatlin et al.- 1977) خواهد بود. حالا اگر بیشترین بسامد شلیک یک نورون را با F_{max} نمایش دهیم، به این معادله می‌رسیم: $H_{max}=\log^{2}(tF_{max}+1)$

بنابر این رویکرد، برای حواس مختلف انسان محتواهای اطلاعاتی متفاوتی به دست می‌آید که هر یک با رابطه‌ای خطی، توان اطلاعاتی آن سیستم حسی (یعنی توان جذب و انتقال اطلاعات) را تعیین می‌کنند. توانهای اطلاعاتی مورد نظر، مطابق جدول زیر به دست خواهد آمد.

نوع حس	تعداد گیرنده‌ها (N_r)	تعداد آکسون‌ها (N_i)	توان اطلاعاتی (bit/s)
بینایی	۲×۱۰^{۸}	۲×۱۰^{۶}	$۱۰^{۷}$
شنوایی	۳×۱۰^{۴}	۲×۱۰^{۴}	$۱۰^{۵}$
پساوایی	$۱۰^{۷}$	$۱۰^{۶}$	$۱۰^{۵}$
بویایی	۷×۱۰^{۷}	$۱۰^{۵}$	$۱۰^{۵}$
چشایی	۳×۱۰^{۷}	$۱۰^{۳}$	$۱۰^{۳}$

جدول نخست: توان اطلاعاتی حواس گوناگون در انسان (Dusenbury.- 1992)[۱۰۳].

سرعت انتقال اطلاعات، علاوه بر سرعت تولیدش، به پهنای باند[۱] انتقال پیام هم بستگی دارد. پهنای باند، عبارتست از وازه‌ای که بسامد پیام می‌تواند تغییر کند. در مورد آدم، تکلم عادی نیاز به پهنای باندی در حدود ۷ کیلو هرتز دارد. پهنای باند وسایل ارتباطی معمولی مثل رادیو و تلفن از این مقدار کمتر است. علت اینکه پیام‌های فرستاده شده از راه تلفن و رادیو هم درک می‌شود، این است که در زبان هم به موازات نظام الفبایی حشو وجود دارد. در جدول دوم پهنای باند و سرعت انتقال اطلاعات را در رسانه‌های معمول می‌بینید.

وسیله	پهنای باند	توان اطلاعاتی (bit/s)
تلفن	۳/۱KHZ	۳×۱۰^{۴}
رادیو (AM)	۴/۵KHZ	۵×۱۰^{۴}
تلویزیون	۵KHZ	۵×۱۰^{۷}

جدول دوم: توان اطلاعاتی در رسانه‌های عمومی (Dusenbury.- 1992)[۱۰۳].

در جداول بالا، توان اطلاعاتی، که همان سرعت انتقال اطلاعات است، از این معادله به دست می‌آید:

$$R_m=B\log^{2}(1+S/N)$$

۱- (Bandwidth)

که در آن R_m بیشینه اطلاعات منتقل شده (برحسب بیت بر ثانیه)، **B** ثابت وابسته به زمینه، **S** مقدار نماد معنی‌دار، و **N** مقدار نوفه است.

حالا پایه تئوریک لازم برای تخمین کل اطلاعات موجود در یک موجود زنده را در اختیار داریم. شکستن هر مولکول **ATP** انرژی‌ای آزاد می‌کند که برای گرفتن ۲۰ بیت اطلاعات از محیط کافیست. اگر فرض کنیم این فرآیند شکست دست بالا یک ثانیه طول بکشد، و اگر تنها یک صدم انرژی تولید شده در بدن یک آدم معمولی برای پردازش اطلاعات صرف شود، توان پردازش یک انسان برابر با 10^{20} بیت بر ثانیه می‌شود. علاوه بر این ظرفیت عملکردی اطلاعاتی، یک ظرفیت ساختاری اطلاعاتی هم وجود دارد. این امر از پیچیدگی ساختار موجودات زنده ناشی می‌شود، و هم‌ارز مفهوم مبهمی است که مدتها با عنوان نظم مورد بحث بوده. اگر بدن یک موجود زنده را یک محلول آبی کلوئیدی در نظر بگیریم، (که در یک معنا چنین هم هست،) آنگاه می‌بینیم که در هر مقطع زمان برای تعریف مکان دقیق هر اتم در این محلول، به 10^{28} بیت اطلاعات نیاز داریم. مکان دقیق هریک از مولکول‌های بدن یک انسان را می‌توان با یک صدم این اطلاعات، یعنی با 10^{26} بیت بیان کرد (**Dusenbury.- 1992**)[۱۰۳].

می‌توان به روش مشابهی، محتوای اطلاعاتی ژنوم انسان را هم محاسبه کرد. دربارهٔ تخمین‌های به دست آمده در این مورد بین پژوهشگران اتفاق نظر وجود دارد. مقدار اطلاعات موجود در ژنوم انسان -که دارای صدهزار ژن است،- حدود 10^9 بیت تخمین زده می‌شود. در مورد باکتری‌ها این مقدار به یک صدم، یعنی 10^7 بیت می‌رسد (**Carlowet al.-1976**).

موجود زنده، از یک دیدگاه، یک سیستم پردازندهٔ اطلاعات است، و برای بهینه کردن عملکردش باید از میان انبوه داده‌های موجود در محیط، مهم‌ترین پیام‌ها را برگزیند. این امر به ایجاد وازه‌های حسی گوناگونی منجر می‌شود. یعنی در هر دستگاه حسی، اطلاعات موجود در محیط تنها در دامنهٔ خاصی می‌تواند برگیرنده‌های حسی موجود اثر کند. به همین دلیل است که در همهٔ جانداران شناخته شده، فضای فاز هر حس ویژه تنها محدودهٔ مشخصی را در برمی‌گیرد. تخمین اینکه در هر دستگاه حسی حجم داده‌های اطلاعاتی چقدر است و این داده‌ها با چه سرعتی پردازش می‌شوند، دشوار است، چون این مقادیر به چندین عامل ناشناخته بستگی دارند. این مقادیر درگونه‌ها، دستگاه‌ها، و نقاط گوناگون پردازنده در دستگاه عصبی مرکزی مقادیر مختلفی به خود می‌گیرند.

مقدار اطلاعات تولید شده به ازای هر ژول/درجه‌ی کلوین، به حدود ۱۰۲۳ بیت تخمین زده می‌شود. به این ترتیب، اطلاعات لازم برای تبدیل یک سی‌سی بخار آب به یخ برابر است با ۳۵ بیت (**Stonier.- 1990**)[۳۰۰].

گریگوری با تعریف دیگری که از اطلاعات پذیرفته، در مورد رفتارهای ارتباطی انسان، این اعداد را نقل قول کرده است: صحبت کردن عادی = ۲۶ ثانیه/بیت، پیانو زدن = ۲۲ ثانیه/بیت، خواندن آرام = ۴۴ ثانیه/بیت (**Gregory.- 1986**)[۱۴۰].

پیوست چهارم) گربه‌ی شرودینگر و نظریه‌ی جهانهای موازی:

نور حالت ذره‌ای دارد یا موجی؟ این پرسشی است که در طول چند قرن گذشته مطرح بوده و در پنجاه سال گذشته فیزیک کوانتوم جوابی عجیب به آن داده است: هر دو.

نور، در برخی از آزمونها -مثل آزمایش پراش[۱]- خاصیت ذره‌ای از خود بروز می‌دهد و در برخی از آزمونهای دیگر -مانند آزمایش یانگ- خاصیت موجی دارد. معادلات ریاضی تفسیرکننده‌ی مدل‌های کوانتومی، می‌کوشند تا به ما نشان دهند که هردوی این حالات می‌توانند همزمان در یک فوتون وجود داشته باشند. این حضور همزمان دو صفت به ظاهر متناقض در یک پدیده را در فیزیک برهم‌نهی[۲] می‌نامند.

نور، تنها مورد تناقض‌آمیز در فیزیک مدرن نیست. هر روزی که می‌گذرد، باطلنماهاای بیشتری از نوع آنچه که طرح شد در فیزیک یافت می‌شوند، و قاعدتاً باید پاسخی در خور درگوشه‌ای وجود داشته باشد که از چشم ما پنهان مانده است. یکی از مدل‌هایی که برای نشان دادن روش طرح این پاسخ وجود دارد، گربه‌ی شرودینگر است. در این مثال، گربه‌ای مجسم شده که در جعبه‌ای قرار دارد. این جعبه محتوی یک شیشه‌ی پر از زهر هم هست که در زیر چکشی قرار گرفته، و حرکت چکش هم توسط یک شمارنده‌ی پرتو کیهانی[۳] -یعنی یک محرک کاتوره‌ای- کنترل می‌شود. اگر تعداد پرتوهای تصادفی رسیده به شمارنده از حدی بیشتر باشد، چکش به کار می‌افتد و شیشه می‌شکند و گربه می‌میرد. حالا اگر درِ جعبه بسته باشد، گربه زنده است یا مرده؟

در ظاهر به نظر می‌رسد که باید یکی از دو حالت رادر هر مقطع زمان انتخاب کرد، و یا تابعی احتمالاتی به زندگی گربه نسبت داد که مثلاً در مثال کنونی ما مقدار ۵۰٪ احتمال را برای هریک از دو امکان نشان دهد.

اما فیزیک کوانتوم، پاسخی دیگر به این پرسش می‌دهد. در مدل‌هایی که از ذرات بنیادی وجود دارد، گربه‌ی درون جعبه در یک زمان هم زنده است و هم مرده. عمل ما -که بازکردن در جعبه برای دیدنش باشد- تا حدودی مردن یا زنده بودن او را تعیین می‌کند. یعنی دخالت ناظر در سیستم، باعث شکسته شدنتقارن موجود بین دو حالت می‌شود و یکی را به صورت جهان عینی و واقعی ایجاد می‌کند.

پاسخهایی که دانشمندان در مورد وضعیت گربه‌ی شرودینگر می‌دهند، نشانگر برداشتشان از پدیده‌ی برهم‌نهی است. دانشمندان سنت‌گراتر، ترجیح می‌دهند این باطلنما را ناشی از اندرکنش تناقض‌آمیز ذهن ما با جهان خارج فرض کنند. یعنی می‌گویند گربه‌ی درون جعبه فقط به یک حالت وجود دارد، اما هنگامی که ما با آن وارد اندرکنش می‌شویم، تجربه‌ی محدودمان این تناقض را ایجاد می‌کند.

مثلاً دوبروی معتقد است هر موج کوانتومی -یعنی هر موجود مادی- دارای نوعی پیش‌موج[۴] غیرمادی است که می‌تواند بر منحنی انتقال موج مورد بحث اثر گذارد. البته این حرف خود نوعی تناقض است اما تنهاراهی است که می‌توان برخی از معادلات موثر در رفتار موج را -که ظاهراً نمود مادی مشخص ندارند- توجیه کرد. یعنی به نظر دوبروی، گربه‌ی درون جعبه یا زنده و یا مرده است، اما در هر حالت یک روح غیرمادی از حالت عکس خود را هم به همراه دارد که می‌تواند ناگهان باعث تغییر ماهینش شود.

۱- diffraction

۲- superposition

۳- Geiger caunter

۴- prewave

گروهی دیگرکه غیرشهودی‌تر فکر می‌کنند، معتقدندکه جهان یکتا و آشنای ما، پس از بسته شدن در جعبه، به دو جهانِ موازی تقسیم می‌شود!

یعنی هر تجربه‌ی کوانتومی دو جهان موازی می‌آفریند، که در هریک یکی از حالات ممکن در معادلات تعیین رفتار سیستم صدق می‌کند. پیروان این نظریه خود به دو گروه تقسیم می‌شوند. گروهی که به نظریه‌ی چند جهانی (MWT)[۱] معتقدند، -به عنوان مثال اِورت[۲]،- می‌گویند با هربار باز شدن درِ جعبه و تعیین شدن وضعیت گربه‌ی درون آن، دو جهان موازی و مستقل از هم آفریده می‌شوند که یکی از آنها توسط تجربه‌ی ما ایجاد شده و دیگری به موازات آن وجود دارد و توسط ما تجربه نشده است. به این ترتیب هر واکنش الکتریکی در نورون‌های مغز ما که در پاسخ به محرکهای محیطی انجام می‌گیرد، در واقع نوعی شکافنده‌ی جهان به دو بخش متقارن است، و به این ترتیب ما درکل بیشمار جهانِ موازی داریم.

گروه دوم، که برجسته‌ترینشان دیوید بوهم است، معتقدندکه یک جهان نهادین و بنیادی وجود داردکه به صورت یک حرکت فراگیر[۳] در پس‌زمینه‌ی تجربه‌ی ما حضور دارد. آنچه‌که درک می‌کنیم و جهانهایی که به این وسیله آفریده می‌شوند، در واقع عبارتند از باز شدن[۴] این کلِ درهم پیچیده (Bohm.- 1994)[۶۰].

گروه سومی هم وجود دارند که می‌گویند گربه‌های زنده و مرده هردو وجود دارند، اما در هر مقطع زمانی فقط یکی از آنها وجود دارد. یعنی مثل این است که زمان شبکه‌ای و کوانتومی باشد و گربه‌ها به نوبت بر این مسیر گسسته وجود داشته باشند.

بر اساس این سه نگرش، سه برداشت گوناگون از مفهوم برهم‌نهی امواج و چگالش موجودات کوانتومی می‌تواند حاصل شود[۵]. گروهی معتقدندکه این چگالش به طور خودجوش و خود به خود در سیستم‌های گوناگون رخ می‌دهد. یعنی امواج می‌توانند خود به خود در دامنه‌ی احتمالاتی که دارند نوسان کنند و وضعیتی ویژه را در هر مقطع زمانی به خود بگیرند. این نوسانات می‌تواند در نهایت منجر به برهم افتادن حالت چندین موج و ایجاد چگالش شود، اما بسامد این نوسانات به قدری اندک است که به طور آزمایشی نمی‌توان در تک‌ذره اثری از آنها دید. بر اساس این دیدگاه هرچه سیستم بسپارتر باشد[۶]، حاصل‌جمع این نوسانات کمیاب هم محسوستر خواهد بود. این نگرش در نهایت آماری است و محافظه‌کارانه‌ترین دیدگاه را در قبال پدیده‌ی چگالش به دست می‌دهد. معمولاً این نگرش به نام پیشنهاد دهندگانش GRW خوانده می‌شود (Ghardi, Rimini, & Weber.- 1986)[۲۴۶].

گروه دوم، که پنروز مشهورترین مدافعشان است، می‌گویند تنها در صورتی رفتار نوسانی امواج حالت کاتوره‌ای و آماری خواهد داشت که تفاوت جرم منسوب به دو حالت متفاوت موج یاد شده، از جرم یک گراویتون[۷] بیشتر شود. بنابراین فاصله‌ی انرژیایی حالات ممکن برای یک موج، تعیین کننده‌ی بسامد نوسان موج در این حالات است. یکی از نتایج این دیدگاه این است که ذرات یکتا و یگانه به دلیل وضعیت خاصی که در معادلات کوانتومی پیدا می‌کنند، برای هر تغییر وضعیت خود نیاز به چند میلیون سال دارند. اما تفاوت انرژیایی حالات ممکن برای ذرات در همسایگی یکدیگر کاهش می‌یابد و به بنابراین به ازای بیشتر شدن تعداد ذرات موجود در سیستم، این نوسانات هم

۱- many world theory
۲- Everette
۳- holomovement
۴- unfold
۵- دقت داشته باشید که در اینجا دیگر صحبت از امواج کوانتومی و احتمال برهم‌افتادنشان برای تشکیل میدانی شبیه به BEC است.
۶- یعنی از تعداد بیشتری ذرات بنیادی تشکیل شده باشد.
۷- Graviton: ذره‌ی بنیادی فرضیِ حمل کننده‌ی واحد جرم.

بسامدی بیشتر می‌یابند و بنابراین امکان بروز پدیده‌ی چگالش را بالاتر می‌برند. بر این اساس در سیستم‌های کلانی مانند همان گربه‌ی درون جعبه، تعداد تغییر حالتها آنقدر زیاد و تعدادشان به قدری بالاست که برای ما غیرقابل‌ردگیری است (Penrose.- 1994)[۲۵۷].

گروه سومی هم وجود دارند که نماینده‌شان مارشال است، و برهم‌نهی و چگالش را پدیده‌ای نادرتر، و دشواریاب‌تر می‌دانند. به نظر مارشال، چگالش تنها در سیستم‌هایی پدید می‌آید که حد پایه‌ای از آمادگی ساختاری را داشته باشند. این آمادگی برای پذیرفتن وضعیت چگالش، به چندین عامل بستگی دارد که حضور مولکولهای آلی و میدانهای الکتریکی و مغناطیسی نمونه‌ای از آن هستند (Marshal.- 1994)[۲۲۲].

پیوست پنجم) تفسیر شواهد فراروانشناختی[۱] در نظریه‌ی کوانتومی آگاهی:

فراروانشناسی شاخه‌ای نحیف و ظاهراً نامشروع از روانشناسی است که در مورد پدیده‌های غیرعادی ذهنی اطلاعات جمع می‌کند. این شاخه به دلیل فاقد بودن روش‌شناسی موفق و جامع، از سوی پیکره‌ی رسمی علم نادیده گرفته شده و به عنوان شبه‌علم مورد اشاره قرار می‌گیرد. با اینهمه، شواهدی غیرقابل انکار در این قلمرو وجود دارند که لزوم توجیه شدن توسط ابزارهای عقلی و علمی مرسوم را به ما گوشزد می‌کنند.

نظریه‌ی کوانتومی آگاهی، برخی از این پدیده‌ها را در قالب علم کلاسیک توجیه می‌کند و به همین دلیل هم رجحانی مشخص بر سایر دیدگاه‌های رقیب خود دارد.

شواهد یاد شده، به زبان فراروانشناسان، در قلمرو ادراک‌فراحسی (ESP)[۲] می‌گنجد و عبارت است از نتیجه‌ی پردازش مجموعه اطلاعاتی که در رفتار فرد نمود می‌یابد اما توسط کانالهای حسی شناخته شده قابل‌توجیه نیست.

روشی که نظریه‌ی کوانتومی برای تفسیر این پدیده پیشنهاد می‌کند، غیرمحلی[۳] بودن آگاهی نام دارد. این بدان معناست که میدان پدید آمده در درون سیستم عصبی، بر اساس صورتبندی‌های کوانتومی، می‌تواند خصلت غیرمحلی و نامتمرکز داشته باشد و در محور فضا و زمان جابه‌جایی‌هایی را تجربه کند. اگر چنین باشد، مشکل ESP کاملاً حل می‌شود، چرا که کانال جدید برای ورود اطلاعات به مغز بر اساس این دیدگاه قابل‌تعریف است، و آن هم تأثیر مستقیم میدانهای موجود در جهان خارج -مثلاً ذهن یک نفر دیگر- بر میدان آگاهی فردی است.

آنچه که در دید کوانتومی از آگاهی نتیجه می‌شود، دقیقاً با این غیرمحلی بودن همخوان است. عده‌ای معتقدند که توانایی موجهای چگالیده شده در اندرکنش با پدیده‌های محیط، ذاتاً حالت غیرمحلی دارد (Penrose.- 1994)[۲۵۷]. همین غیرمحلی بودن، امکان اندرکنش این میدان از امواج چگالیده را با محرکهای محیط خارج به دست می‌دهد. مثلاً اندرکنش این میدان با طول موج ۳۸۰ نانومتر، ادراک قرمز را برای مغزی پشتیبان BEC حاصل می‌کند (Stapp.- 1985)[۲۹۸].

برخی از گروندگان به دیدگاه کوانتومی، برای تأیید نظریه‌ی مورد علاقه‌ی خود، دست به کار جمع‌آوری شواهد برای نشان دادن وجود واقعی ادراک غیرحسی کرده‌اند. به بیان دیگر، ایشان ادراک غیرمتمرکز -مثلاً پیش‌بینی آینده یا فرایابی[۴]- را به عنوان پیش‌بینی‌های دیدگاه کوانتومی در نظر گرفته‌اند (Jan & Dunne.- 1986)[۱۷۱]..

۱- parapsychology
۲- Extra Snesory Perception
۳- non locality
۴- telepathy

یکی از گروه‌های پژوهشی پرکار در این زمینه به دانشمندی به نام اورم-جانسون تعلق دارد. بررسی‌های او نشان داده که تعداد جنایات نسبت به جمعیت در شهرها، با تعداد کسانی که مراقبه (**TM**)[۱] می‌کنند (نسبت به جمعیت) رابطه‌ی عکس دارد. در آزمایشی دیگر از آزمودنی خواسته شد تا در اتاقی به مراقبه بپردازد، و بعد **EEG** مغز آزمودنی دیگر در اتاق دیگری ثبت شد. نتیجه آن بود که نسبت موج آلفا -که در اثر مراقبه در مغز پدید می‌آید- در مغز آزمودنی دوم هم به شکل معنی‌داری بالاتر از حالت عادی بود. در آزمون سومی که توسط همین گروه انجام گرفت، ۲۵۰۰ نفر در شهری در یک زمان مشخص مراقبه کردند و بعد ازگروه دیگری در فاصله‌ی ۱۱۷۰ مایلی آن شهر **EEG** گرفته شد. همه ی نتایج با هم همخوان بود و نشان می‌داد که تأثیر مراقبه‌ی یکنفر بر مغز دیگری واقعاً وجود دارد و به فاصله هم بستگی ندارد (**Orm-Johnson.- 1982**)[۲۴۹].

ایرادی که به آزمایشات مزبور وارد شد این بود که تصادفی‌کردن آزمایشها در برخی از موارد درست انجام نگرفته بود. تکرار این آزمونها در اواخر دهه‌ی گذشته، نشان داد که حتی با به کارگرفتن وسواس‌آمیزترین راهکارهای آماری هم نتایجی مشابه به دست خواهد آمد (**Travis & Orm-Johnson.- 1989**)[۳۰۶]. در این آزمون اخر نشان داده شد که بیشترین همبستگی بین امواج **EEG** آزمودنی‌های دارا و فاقد وضع مراقبه در یک زمان تصادفی، بیشترین همبستگی را در دامنه‌ی ۸/۵ -۵/۷ هرتز نشان می‌دهد. و این تقریباً با امواج تولید شده در اثر مراقبه یکسان است.

آزمون‌های مشابه دیگری در مورد نشت اطلاعات از مغز یک نفر به دیگری انجام گرفته است که نتایج به دست آمده را تأیید می‌کند. این نشت اطلاعات همان است که فرایابی خوانده می‌شود، و تحلیلهای آماری دقیق سندیت آن را نشان می‌دهد (**McCrone.- 1993**)[۲۲۷].

شاید محکمترین دلیل که برای پذیرش غیرمحلی بودن اطلاعات ورودی داریم، مربوط به بازآمایی[۲] بیش از هشتصد گزارش باشد که همگی در مورد فرایابی منتشر شده بودند. این کار عظیم نشان داده که برای پذیرش دو گزاره‌ی زیر شواهد تجربی کافی وجود دارد (**Badin & Nelson.- 1989**):

الف: ذهن آدمی بدون محرک شناخته شده بر فرآیندهای کاتوره‌ای (مثل برخورد پرتو کیهانی به شمارنده‌ی گایگر) تأثیر می‌گذارد.

ب: اطلاعات از مغزی به مغز دیگر بدون وجود محمول حسی شناخته شده نشت می‌کند.

نتیجه‌ی همه‌ی این حرفها اینکه:

نخست، مفاهیم فراروانشناختی در قالب پدیده‌های مادی و قابل‌تحلیل با ابزارهای علمی وجود خارجی دارند.

دوم، هنوز ابزار منطقی/تجربی لازم برای تحلیل و تفسیر کامل این شواهد در دست نیست، اما نظریه‌ی کوانتومی آگاهی چنین ابزاری را به دست می‌دهد. سوم، بر اساس تفاسیر این مدل، پدیده‌های یاد شده کاملاً در چهارچوب فیزیک شناخته شده می‌گنجند و نیازی به فرض عناصر ناشناخته‌ی دیگر (از قبیل **Entelechy** هانس دریش، و **Elan vitale** تیار دو شاردن) ندارند. چهارم، با وجود فقدان ابزار تحلیل مناسب برای پرداختن به این مفاهیم، نادیده‌گیری این شواهد سودی جز بستن راه تولید چنین ابزاری را ندارد. اگر شواهد فراروانشناختی نادیده‌انگاشته شوند، هرگز مجال تکامل روش‌شناسی علمی موفقی برای تحلیل آنها به دست نخواهد آمد. غیرقابل‌تفسیر بودن شواهد مربوط به این پدیده‌ها به معنای وجود یک علامت سوال بزرگ است. وجود علامت سوال نه به معنای وجود نداشتن پدیده‌ی تجربه شده است، نه به معنای وجود داشتن پدیده‌ای دیگر.

۱- **transcendal meditation**

۲- **meta-anlysis**

کتابنامه:

۱) آیالا.ج.ف.- (۱۳۶۹)- *بیولوژی مولکولی و تکامل*.- ترجمه: ح.ابراهیم‌زاده.- تهران.
۲) ابن‌سینا. ابوعلی حسین بن عبدالله.- (۴۲۸-۳۷۰ ه.ق)- *رسالة نجاة*.
۳) اچیسون.ج.- (۱۳۶۴)- *روانشناسی زبان*.- ترجمه: ع. حاجتی.- انتشارات امیرکبیر. تهران.
۴) احدی.ح، و بنی‌جمالی.ش. (۱۳۷۵)- *علم‌النفس: از دیدگاه فلاسفه‌ی اسلامی و تطبیق آن با روان‌شناسی جدید*.- انتشارات دانشگاه علامه طباطبایی.- تهران.
۵) براش‌لینسکی.ا.و.- در: ی.م.ماکاروف.- *سیبرنتیک*.- (۱۳۷۵)- ترجمه ف.رفیعی.- موسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف.- تهران.
۶) برتالنفی.ل.ف.- (۱۳۶۶).- *نظریه عمومی سیستم‌ها*.- ترجمه ک.پریانی.- نشر تندر. تهران.
۷) پوپر.ک.ر.- (۱۳۷۵)- *جهان باز: برهانی در تأیید نامعینیگری*.- ترجمه ا.آرام.- انتشارات سروش.- تهران.
۸) پوپر.ک.ر.- (۱۳۷۴)- *شناخت عینی*.- ترجمه ا.آرام.- موسسه انتشارات علمی و فرهنگی. تهران.
۹) تاجداری.پ.- *نظریه‌ی رویدادهای غیرمنتظره (همراه با برخی کاربردهای آن)*.- (۱۳۶۶).- انتشارات اتا.- تهران.
۱۰) جانکوئیرا.ل.ک.- *بافت‌شناسی پایه*.- (۱۳۶۹)- ترجمه م.شارقی فهرمان و م.ریاضی اصفهانی.- نشر کتب دانشگاهی.- تهران.
۱۱) حلبی.ع.ا.- (۱۳۶۱)- *تاریخ فلاسفه‌ی اسلام*.- کتابفروشی زوار.
۱۲) رز.س.- (۱۳۶۸)- *مغز به مثابه یک سیستم*.- ترجمه: ا.محیط و ا.رف‌رف.- انتشارات قطره. تهران
۱۳) ساگان.ک.- (۱۳۶۸)- *اژدهایان عدن*.- ترجمه: وهاب‌زاده.ع.- نشر اترک. مشهد.
۱۴) فایرآبند.پ.- (۱۳۷۵)- *بر ضد روش*.- ترجمه: م.قوام صفری.- انشتارات فکر روز. تهران.
۱۵) فون فریش.و.- (۱۳۷۵)- *زندگینامه‌ی زنبور عسل*.- انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران. تهران.
۱۶) کارلسون.د.ر.- (۱۳۷۴)- *روانشناسی فیزیولوژیک*.- ترجمه: پژهان.م.- انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی.- تهران.
'۱۶) کالات.ج.و.- (۱۳۷۳)- *روانشناسی فیزیولوژیک*.- ترجمه: ا.بیابانگرد و ا.علی‌پور.- انتشارات دانشگاه شاهد.
۱۷) گالین.ک.ل.- *زیست‌شناسی یاخته*.- ترجمه: ب.ش.بهبودی، و خ.م.خمامی.- ۱۳۷۲.- مرکز نشر دانشگاهی.- تهران.
۱۸) گانونگ.و.ف.- (۱۳۷۲)- *کلیات فیزیولوژی اعصاب*.- ترجمه ا.شریعت تربقانی و آ.شریعت تربقانی.- انتشارات آوا.- تهران.
۱۹) گانونگ.و.ف.- (۱۳۷۲).- *کلیات فیزیولوژی سلول*.- ترجمه‌ی: رساییان.ن.- انتشارات آوا.- تهران.
۲۰) لوریا.ا.ر.- (۱۳۷۲)- *ذهن یک یادسپار*- ترجمه: ح.قاسم زاده و ر.مجتبایی.- انتشارات فاطمی. تهران.
۲۱) لوریا.ا.ر.- (۱۳۷۶)- *زبان و شناخت*.- ترجمه: ح.قاسم‌زاده.- انتشارات فرهنگان. تهران.
۲۲) لوریا.ا.ر.- (۱۳۷۰)- *کارکرد ذهن*- انتشارات شهرکتاب. تهران.

۲۳) لوریا.ا.ر. و ف.ی.یودوویچ.- (۱۳۶۸)- *زبان و ذهن کودک*.- ترجمه: ب.عزب‌دفتری.- انتشارات نیما. تبریز.
۲۴) مکنزی.د.ن.- (۱۳۷۳)- *فرهنگ کوچک زبان پهلوی*.- ترجمه م. میرفخرایی.- پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی.- تهران.
۲۵) مونو.ژ.- (۱۳۵۹)- *ضرورت و تصادف*.- ترجمه: ح.نجفی‌زاده.- ناشر مترجم.
۲۶) ناگل.ن.- (۱۳۶۴)- *برهان گودل*.- ترجمه: م.اردشیر.- انتشارات مولی. تهران.
۲۷) نلسون-اشمیت،نوت.- *فیزیولوژی جانوری*.- ترجمه ع.وحدتی و ح.فتح‌پور.- ۱۳۶۴.- انتشارات جهاد دانشگاهی.- تهران.
۲۸) واتسون.ج.- *ژنتیک مولکولی*(جلد دوم).- ترجمه: ع.صمدی و پ.پاسالار.- ۱۳۷۴.- انتشارات دانشگاه تهران.- تهران.
۲۹) وکیلی.ش.- (۱۳۷۶)- بررسی ساختار منطقی عناصر زبانی خنده‌دار (جوک).- از مجموعه مقالات *خردنامه*- ۳.- انتشارات داخلی موسسه پژوهشی خیزش اندیشه. تهران.
۳۰) وکیلی.ش.- (۱۳۷۶)- تقارن و شکست تقارن در سیستم‌های زنده.- از مجموعه مقالات *خردنامه*- ۱.- انتشارات داخلی موسسه پژوهشی خیزش اندیشه.- تهران.
۳۱) وکیلی.ش.- (۱۳۷۶)- رساله‌ی شکست پدیده.- از مجموعه مقالات *خردنامه*- ۲.- انتشارات داخلی موسسه پژوهشی خیزش اندیشه.- تهران.
۳۲) وکیلی.ش.- (۱۳۷۶)- رساله‌ی لذت.- از مجموعه مقالات *خردنامه*- ۲.- انتشارات داخلی موسسه پژوهشی خیزش اندیشه. تهران.
۳۳) وکیلی.ش.- (۱۳۷۷)- *کاربرد نظریه‌ی هم‌افزایی در تبیین پدیده‌ی افزایش پیچیدگی در سیستم‌های زنده*.- (سمینار کارشناسی ارشد).- دانشگاه تهران.- دانشکده‌ی علوم.
۳۴) ویگوتسکی.ل.س.- (۱۳۶۷)- *تفکر و زبان*.- ترجمه: ب.عزب‌دفتری- انتشارات نیما. تبریز.

References:

35) Adey.W.R.- (1981)- Tissue with non-ionizing electromagnetic fields.- *Physiological reviews*.- 61(2): 435- 513.

36) Agnati.L.F, B.Bjelke, & K.Fuxe.- (1992)- Volume transition in the brain.- *American Scientist*.- 80 (4): 362- 373.

37) Alison.J. & Carling.S.- (1992)- *Introduction to neural networks*.- Oxford university Press.

38) Amaldi.E.- (1991)- On the complexity of perceptrons.- In *Artificia neural networks*. T.Kohonen, K.Makisari, O.Simula, & J.Kangas (eds). (Vol. 1)- North Holland. Amsterdam.

39) Atalay.V, E.Gelenbe, & N.Yalabik.- (1991)- Texture generation with the random neural networks.- In *Artificia neural networks*. T.Kohonen, K.Makisari, O.Simula, & J.Kangas (eds). (Vol. 1)- North Holland. Amsterdam.

40) Atkinson.R.C. & R.A.Shiffrin.- (1971)- The control of short term memory.- *Scientific American*.- 228: 82- 90.

41) Banks.M.S. & P.Salapatek.- (1983)- Infant visual perception. In M.M.Haith & J.Campos (eds).- *Infancy and biological development.- Vol.2*.- NewYork. Wiley Press.

42) Barinaga.M.- (1990)- The mind revealed?.- *Science*.- 249: 856- 858.

43) Barinaga.M.- (1997)- Visual system provides clues to how the brain percieves.- *Science*.- 275(5306): 1583- 1585.

44) Barlow.H.B.- (1972)- Single units and perception: A neural doctrine of perceptual psychology.- *Perception*.- 1. pp: 371- 394.

45) Barlow.H.B.- (1990)- Unconscious inference and the task of perception.- *Vision research*.- 30 (11): 1561- 1571.

46) Barns,R,D. -(1989)- *Invertebrate zoology*.- Saunders college publishing.-Newyork.

47) Basar.E, H.Flohr & H.Haken.- (1983)- *Synergetics of the brain*.- Springer Verlag. Berlin.

48) Baumgarten.G, E.Peterhans, & R.Von der Heydt.- (1987)- IN *Computational systems: Natural and artificial*. H.Haken.(ed).- Springer Verlag. Berlin.

49) Bear.M.F, B.W.Cannors. & M.A.Paradise.- (1996)- *Neuroscience*.- William & Willkins.- U.S.A.

50) Bedford.F.- (1989)- Constrants on learning new mappingsbetween perceptual dimentions.- *Journal of experimental psychology: Human perception and performance*.-

15: 232- 248.

51) Behn.R.D. & J.W.Vaupel.- (1982)- *Quick analysis of busy decision makers*.- Basic books. NewYork.

52) Berkeley.G.- (1709)- *Essays toward a new theory of vision*.- Dublin.

53) Biederman.I.- (1987)- Recognition by component: A theory of human image understanding.- *Psychological Review*.- 94: 115-147.

54) Biederman.I.- (1988)- Aspects and extensions of a theory of human image understanding.- In *Comutational processes in human vision* ed. Z.Pylyshyn.- Norwood. Albex.

55) Bisiach.E & C.Luzzatti.- (1978)- Unilateral neglect of representational space.- *Cortex*.- 14: 129-133.

56) Bisiach.E, A.Berti. & G.Vallar.- (1985)- Analogical and logical disorders underlying unilateral neglect of the space.- In *Attention and performance XI*.- M.I.Posner & O.S.M.Marin (eds).- Lawrence Erlbaum associates.- Hilsdale. NJ.

57) Bisiach.E.- (1990)- The (hounted) brain and consciousness.- In *Consiousness in contemporary science*.- ed. A.J.Marcel and E.Bisiach.- Oxford science publications.

58) Blakemore.C. & G.F.Cooper.- (1970)- Development of the brain depends on the visual enviroment.- *Nature*.- 228: 477-478.

59) Blakemore.C.- (1990)- *Images and understanding*.- Cambridge university Press.

60) Bohm.D.- (1994)- *Unfolding meaning*.- Ark paperbacks.- London.

61) Bradie.M- (1994)- Epistemology from an evolutionary point of vew.- In *Conceptual issues in evolutionary biology*.- E.Sober ed. MIT Press. Cambridge.

62) Braitenberg.V.- (1992)- Manifesto of brain science.- *Cortex*.- Springer Verlag. Berlin.

63) Bressler.S.L, R.Coppola. & R.Nakomura.-(1993)- Episodic multiregional cortical coherence at multiple frequencies during visual task performance.- *Nature*.- 366: 153- 156.

64) Bressler.S.L.- (1987)- Brain research.- 409: 285- 293.

65) Brooks, D.R & Wiley.E.O.- (1988)- *Evolutio as entropy*.- The university of chicago Press.- U.S.A.

66) Brusiner.S.B.- (1996)- Molecular biology of prion diseases.- *Tibs (Trends in Biochemical Sciences)*.- 21 (12): 482- 488.

67) Bundesen.C & A.Larsen.- (1975)- Visual transformation of size.- *Journal of experimental psychology*.- Human perception and performance.- 1: 214- 220.

68) Burk.P.J.- (1990)- The interdependence of temporal and spatial information in early vision.- In *Vision, brain and cognition*.- M.A.Arbib. & A.R.Hanson eds.- MIT Press.

69) Bushev. Michael.-(1994)- *Synergetics*.- Word scientific Press.- Singapore.

70) Campion.J, R.Latto. & Y.M.Smith.- (1983)- Is blindsight an effect of scattered light, spared cortex, and near threshold vision?.- *Behavioural and brain sciences*.- 6: 423- 486.

71) Caratini.J.- (1972)- *Encyclopedie thematique universelle*.- Paris.

72) Carlson.N.R.- (1985)- *Physiology of behaviour*.- Allen & Bacon Inc.- Boston.

73) Cherniak.C.- (1986)- *Minimal rationality*.- MIT Press. Cambridge.

74) Chiesa.R, I.W.Silwa, & L.F.Renaud.- (1993)- Pharmacological characterization of an Opioid receptor in the ciliated Tetrahymena.- *Jurnal of Eukaryotic Microbiology*. 40(1): 800 -804

75) Chin-Heung.C. & D.Yamashiro.- (1991)- Synthesis and receptor binding activity of elephant ß-END.- *International Jurnal of peptides and protein research*. 38(1):66-69

76) Churchland.P.S. & T.J.Sejnowski.- (1990)- Neural representation and neural computation.- In *Neural connectionism, mental computation*. R.M.Harnish.(ed).- Bradford books.

77) Churchland.P.S. & T.J.Sejnowski.- (1992)- *Computational brain*.- MIT Press.

78) Churchland.P.S.- (1993)- Reduction and neurobiological basis of consciousness.- In *Consiousness in contemporary science*.- ed. A.J.Marcel and E.Bisiach.- Oxford science publications.

79) Clarke.C.J.S.- (1994)- Coupled molecular oscillators do not admit true Bose condensations.- *Journal of pysics*.

80) Clarkson.T.G, D.Gorse, & J.G.Taylor.- (1991)- Biologically plausible learning in hardware realizable nets- In *Artificia neural networks*. T.Kohonen, K.Makisari, O.Simula, & J.Kangas (eds). (Vol. 1)- North Holland. Amsterdam.

81) Cogliotti,G.- (1991)- *The dynamics of ambiguity*.- Springer-Verlag. -NewYork.

82) Collins.D.W. & D.Kimura.- (1997)- A large sex difference on a two dimentional mental rotation task.- *Behavioural neuroscience*.- (111)- 4: 845- 849.

83) Coway.A. & P.Stoerig.- (1995)- Bindsight in monkeys.- *Nature*.- 373: 246- 249.

84) Crabbe.R.- (1993)- Rio, the logical sea lion.- *Discover*.- Jan. pp:20.

85) Crick.F. & C.Koch.- (1997)- The problem of consciousness.- *Scientific american*.- Special issue. "mysteries of mind". pp:18- 26.

86) Cronk. Quentin.-(1997)- Genetics of floral symmetry revealed.- *Trends in ecology and evolution*.- Vol.12.- No.3.- pp:85-86.

87) Dawkins.R. & J.Goodenough.- (1995)- St.Jude chain letter.- *American Scientist*.- 83(1): 26- 27.

88) Dawkins.R.- (1986)- *The blind watchmaker.*- Bath Press.- Avon, Englan.

89) Dawkins.R.- (1989)- *The selfish gene.*- Oxford university Press. Oxford.

90) Delbruck.M.- (1986)- *Mind from matter.*- Blackwell scientfic publications.

91) Del Guidice.E, S.Doglia, M.Milani & G.Vitiello.- (1984)- Collective properties of biological system: Solitons and coherent electric waves in a quantum fields theoritical approach.- In *Modern bioelectrochemistry.*- F.Gutmann & H.Keyzer (eds).- Plenum.- NewYork.

92) Delvin,K.- Logic & Information.- (1991) Cambridge university Press.

93) Dennett.D.- (1978)- *Brainstorms.*- MT Press. Cambridge.

94) Dennett.D.C.- (1990)- Current issues in philosophy of mind.- In *Philosophy, mind, and cognitive inquery.*- D.J.Cole, J.H.Fetzler, & T.L.Rankin. (eds).- Kluwer academic publishers. Dordrecht.

95) Dennett.D.C.- (1991)- *Consciousness explained.*- Penguin books.- armonds worth.

96) Dennett.D.E.- (1993)- Quining qualia.- In *Consiousness in contemporary science.*- ed. A.J.Marcel and E.Bisiach.- Oxford science publications.

97) Descartes.R.- (1638)- *The optics.*- Maire.

98) *Discover.*- nov. 1997.- 18 (11) pp: 20.

99) Ditzinger.T. & H.Haken.- (1990)- Oscillations in the perception of ambiguous patterns: A model based on synergetics.- *Biological Cybernetics.*

100) Dorfler.M. & K.H.Becker.- (1992)- *Dynamical systems and fractals.*- MIT Press

101) Dreske.F.- (1990)- Machine and the mind.- In *Phylosophy, mind, and cognitive inquery.*- D.J.Cole, J.H.Fetzler, & T.L.Rankin. (eds).- Kluwer academic publishers. Dordrecht.

102) Dupre.J.- (1993)- *The disorder of the things.*- Harvard university Press.- Cambridge.- Massachausette.

103) Dusenbery,D.B.- (1992)- *Sensory ecology.*- Freeman & company. Newyork.

104) Eccles.J.C. & McGeer.R.- (1986)- *Molecular neurobiology of the mammalian brain.*- Elsevier.

105) Eccles.J.C.- (1976)- Brain and free will.- In *Consciousness and the brain.*- G.G.Globus, G.Maxwell & I.Savodnik (eds).- Plenum Press. NewYork.

106) Eccles.J.C.- (1992)- Evolution of consciousness.- *Proceedings of the national academy of science of U.S.A.*- 89(16): 7320- 7324.

107) Eccles.J.C.- (1992)- *Evolution of the brain.*- Academic Press. Ny.

108) Edeards.W.- (1954)- The theory of decision making.- *Psychhological bulletin.*-

51: 380- 417.

109) Edelman.G.M.- (1989)- *The remembered present: A bilogical teory of consciousness*.- Fasic Books.- NewYork.

110) Fabro.F.- (1992)- Hemisphere ateralization in hypnotic subjects.- In *Language origin: A multidisciplinary approach.* esd: Wind, Chiarelli, Bichakjim, & Nocentini.- Klumer Academic publishers.

111) Farah.M.J.- (1985)- Psychological evidence for a shared representational medium for mental images and percepts.- *Journal of experimental psyychology*.-114. 91- 103.

112) Feldnman.M.W. & K.N.Laland.- (1996)- Gene/culture coevolution theory.- *TREE*.- 11 (11): 453- 458.

113) Fetzler.J.H.- (1992)- Connectionism and cognition: Why Fodor and Pylyshyn are wrong?.- In *Connectionsm in contex*.- Clark.A. & R.Lutz. (eds). Spring- Verlag.- Berlin.

114) Feyerabend.P.- (1963)- *How to be a good empiricist*.- In Challenges to empirism (ed. H.Morick).- Wadsworth.- Belmont. CA.

115) Finke.R.A. & S.Pinker.- (1982)- Spontanious imagery scanning in mental extrapolation.- *Journal of experimental psychology, Human learning and memory*.- 8:124-127.

116) Finke.R.A. & S.Pinker.- (1983)- Directional scanning of the remembered visual patterns.- *Journal of experimental psyychology: Learning, memory, and cognition*.- 9:398-410.

117) Fischbach.G.D.- (1992)- Mindd and brain.- *American scientist*.- 267 (3): 24- 34.

118) Fodor.J.A.- (1990)- *A theory of content*.- MIT Press. U.S.A.

119) Frank.A.- (1997)- Quantum honeybee.- *Discovery*.- 18 (11): 80- 86.

120) Freeman.W.J. & B.W.Van Dijk.- (1987)- Brain research.- 422: 267- 276.

121) Fried.I, C.L.Wilson, K.A.MacDonald. & E.J.Behke.- (1998)- Electric current stimulates laughter.- *Nature*.- 391: 650.

122) Frith.U.- (1993)- Autism.- *Scientific American*.- 268 (6): 78- 84.

123) Frohlich.H.- (1986)- Coherent excitations in biological systems.- In *Modern bioelectrochemistry*.- F.Gutmann & H.Keyzer.(eds)- Plenum.- NewYork.

124) G.A.Carpenter, S.Grossberg, & J.H.Reynolds.- (1991)- ARTMAP: A self-organizing neural network architecture for fast supervised learning and pattern recognition.- In *Artificia neural networks*. T.Kohonen, K.Makisari, O.Simula, & J.Kangas (eds). (Vol. 1)- North Holland. Amsterdam.

125) Galton.F.- (1883)- *Inqueries into human faculty and its development*.- Macmillan,

Goldstone.

126) Gardner.R.A. & B.T.Gardner.- Language abilities in monkeys.- In *Language origin: A multidisciplinary approach.-* **Wind, Chiarelli, Bichakjim, & Nocentini (esd).- Klumer Academic publishers.**

127) Gazzaniga.M.S.- (1970)- *The bisected brain.-* **Appleton-Century- Crofts.- NewYork.**

128) Gazzaniga.M.S.- (1993)- Brain modularity: Towards a philosophy of conscious experience.- In *Consiousness in contemporary science.-* **ed. A.J.Marcel and E.Bisiach.- Oxford science publications.**

129) Germine.M.- (1991)- Consciousness and synchronicity.- *Medical hypothesis.-* **36(3):277- 283.**

130) Gerstner.W, R.Ritz & J.L.Hemmen.- (1993)- Why spikes? Hebbian learning and retrieval of time resolved excitation patterns.- *Biological Cybernetics.-* **69: 503- 515.**

131) Gibson.E.J. & R.D.Walk.- (1960)- The visual cliff.- *Scientific American.-* **202: 64- 71.**

132) Glicksohn.J.- (1991)- The induction of ASC as a function of sensory- environment and experience seeking.- *Personality and individual differences.-* **12(10): 1057- 1066.**

133) Goldman.A.- (1990)- Action and free will.- in "*Visual cognition and action***".- Editor: Osheron, Kosslyn, Hollerbach.- MIT Press. U.S.A.**

134) Goodale.M.A. & A.D.Milner.- (1982)- Fractioning orientation behaviour in rodents.- In *Analysis of visual behaviour.-* **D.Ingle, M.A.Goodale, & R.Mansfield (eds). eds- MIT Press.**

135) Goodale.M.A. & Milner.A.D.- (1992)- Seperate visual pathways for perception and action.- *Trends in neuroscience.-* **15(10): 20- 25.**

136) Gottschaldt.K.- (1926)- On the influence of experience on the recognition of figurees.- *Psychologische Forchungen.-* **8: 281- 317.**

137) Gould,J.L & Gould,C.G.- The animal mind.- (1994) Scientific american library. Newyork.

138) Grabec.I.- (1991)- Modeling of chaos by a self organzing neural network.- In *Artificia neural networks.* **T.Kohonen, K.Makisari, O.Simula, & J.Kangas (eds). (Vol. 1)- North Holland. Amsterdam.**

139) Gregory.R.- (1977)- *Eye and brain.-* **Weidenfeld and Nicolson.- London.**

140) Gregory.R.L.- (1986)- *Odd perception.-* **Routledge Press.**

141) Gregory.R.L.- (1993)- Consciousness in sciience and philosophy: conscience and con-science.- In *Consiousness in contemporary science.-.* **A.J.Marcel and E.Bisiach (eds).- Oxford science publications.**

142) Grossberg.S.- (1995)- The attentive brain.- *American Scientist.*- 83(5): 438- 449.

143) Gur.R. & R.Gur.- (1977)- In *Lateralization in the nervous system.*- S.Hamad, R.W.Doty, L.Goldstein, J.Jaynes, & G.Krauthamer.- Academic Press.

144) Haken.H & Stadler.M.-(1990)- *Synergetics of cognition.*- Springer Verlag.- Berlin.- Germany.

145) Hall.J.C, Greenspan.R.J & Harris.W.A.- (1982) -Genetic neurobiology.- MIT Press.- Cambridge. Massachausette.- U.S.A.

146) Hameroff.S.A.- (1987)- *Ultimate computing.*- Elsevier science pulishers.- Netherland.

147) Hargittai,I.- (1989) -*Symmetry II.* -Pergamon Press. -England.

148) Harris.C.A.- (1963)- Adaptation to displaced vision.- *Science.*- 140: 812- 813.

149) Harris.C.A.- (1980)- Insight or out of sight? two examples of perceprual plasticity in the human adults.- In C.S.Harris.ed. *Visual coding and adaptability.*- NJ. Elbram associates.

150) Hassel.M.P, Commins.H.N, May.R.M.- (1994) -Species coexistance and self organizing spatial dynamics.- *Nature.*- Vol.370.- No.6487.- pp:290-292

151) Hebb.D.- (1968)- Concerning imagery.- *Psychological review.*- 75(6): 466- 477.

152) Heilman.M. & R.T.Watson.- (1977)- Neglect syndrome.- In *Lateralization in the nervous system.*- S.Hamad, R.W.Doty, L.Goldstein, J.Jaynes, & G.Krauthamer.- Academic Press.

153) Held.R.- (1987)- Visual development in infants.- In "*The encyclopodia of neuroscience*".- Boston.- U.S.A.

154) Held.R.M.- (1965)- Plasticity in sensory- motor systems.- *Scientific American.*- 213:64-94.

155) Held.R.M.- (1985)- Binocular vision: behavioural and neuronal development.- In J.Mehler & R.Fox (eds).- *Neonate cognition.*- NJ. Elbram associares.

156) Helmholtz.H.von.- (1866)- *Treatise on psychological optics.- Vol.III.*

157) Hertz.J.A. & A.Krogh.- (1991)- Statistical basis of learning- In *Artificia neural networks.* T.Kohonen, K.Makisari, O.Simula, & J.Kangas (eds). (Vol. 1)- North Holland. Amsterdam

158) Heskes.T, B.Kappen, & S.Gielen.- (1991)- Neural networks learning in a changing environment.- In *Artificia neural networks.* T.Kohonen, K.Makisari, O.Simula, & J.Kangas (eds). (Vol. 1)- North Holland. Amsterdam.

159) Hilbert.D.R.- (1986)- *Color and color perception.*- CLSI. U.S.A.

160) Hildreth.E.C.- (1984)- *The measurement of visual motion.*- Cambridge MA.- MIT

Press.

161) Hobbes.T.- (1951)- *Leviathan*.- George Routledge.- London.

162) Hofstadler.D.R.- (1979)- *Godel, Escher, Bach*.- Penguin Books.- armondsworth.

163) Hofstadler.D.R.- (1986)- *Metamagical thema*.- Penguin Books.- armondsworth.

164) Hofsten.C.von.- (1986)- Early visual perception taken in reference to manual action.- *Acta physiologica*.- 63. 323- 335.

165) Hopfield.J.J.- (1995)- Pattern recognition computation using action potential timing for stimulus representation. *Nature*.- 376: 33- 36.

166) Horgan.J.- (1995)- Waterfall illusion.- *Scientific american*.- 273(1): 13- 14.

167) Hrycej.T.- (1991)- Common features of neural network models of high and low level humman information processing.- In *Artificia neural networks*. T.Kohonen, K.Makisari, O.Simula, & J.Kangas (eds). (Vol. 1)- North Holland. Amsterdam.

168) Hubbel.D.H.- (1988)- *Eye, brain, and vision*.- Scientific american Press.

169) Huttenlocher.D.P & S.Ullman.- (1987)- Object recognition using alighnment.- In *Proceedings of the first international computer vision*.- Computer society of IEEE Press.- Washington.

170) Ittelson.W.H.- (1952)- *The Ames demonstrations in perception*.- NewYork.

171) Jan.R.G. & B.J.Dunne.- (1986)- On the quantum mechanics of consciousness with application to anomalous phenomena.- *Foundations of physycs*.- 16(8): 721- 772.

172) Jantsch. Eric.- (1980)- *The self-organizing univers*.- Program Press.- California.

173) Jibu.M, S.Hagan, S.R.Hameroff, K.H.Pribram. & K.Yasue.- (1993)- Quantum optical coherence in cytoskeletal microtubules.- *Biosystems*.

174) Joerges.J, A.Kuttner, C.G.Galizia. & R.Mezel.- (1997)- Representation of odour and odour mixtures in the honeybee brain.- *Nature*.- 387: 285- 288.

176) Jolicoeur.P.- (1985)- *The time to name disoriented objects.- Memory and cognition- 3*.

177) Julez.B.- (1981)- Textons, the elements of texture discrimination and their interactions.- *Nature*.- 290: 91-97.

178) Julez.B.- (1991)- Early vision and focal attention.- *Reviews of modern physics*.- 63(3): 735- 772.

179) Julez.B.-(1971)- *Foundations of cyclopean perception*.- University of Chicago Press.- U.S.A

180) Jumarie. C.- (1990)- *Relative information*.- Springer- Verlag.- Berlin.

181) Kahneman.D. & A.Tverski.- (1973)- On the psychology of prediction. *Psycological*

review.- 80: 237- 251.

182) Kandel,E.R & Schwartz,J.H.- (1991)- Principles of neural science.- Elsevier. Newyork.

183) Kelso,J,A,S. & Jeka,J,J.- (1992)- Symmetry breaking dynamics of human multilimb coordination. -*Journal of experimental psychology, human perception, & performance*.- 18(3):645-668.

184) King.M. & G.E.Meyer, J.Tangney, I.Biederman .-(1976)- Shape constancy and perception bias towards symmetry .- *perception and psychophysics*.- 19: 129-136

185) Kinsbourne.M.- (1975)- The mechanism of hemispheric control of the lateral attention.- In *Attention and performance V*.- M.A.Rabbitt. & S.Dornic (eds).- Academic Press.- London.

186) Kinsbourne.M.- (1993)- Integrated field theory of consciousness.- In *Consiousness in contemporary science*.-. A.J.Marcel and E.Bisiach (eds).- Oxford science publications.

187) Kirschfeld.K.- (1992)- Oscillations in the insect brain: Do they correspond to theoretical gamma wavws?.- *Proceedinga in national academy of science*. 89(10):4764-4668.

188) Koffka.K.- (1973)- *Principles of gestalt psychology*.- NewYork.- Harcourt.- Brace.

189) Kohler.W.- (1974)- *Gestalt psychology*.- London.- Liveright.

190) Kollias.S, A.Tirakis, & T.Milios.- (1991)- An efficient approach for to invariant recognition of images using high order neural networks.- In *Artificia neural networks*. T.Kohonen, K.Makisari, O.Simula, & J.Kangas (eds). (Vol. 1)- North Holland. Amsterdam.

191) Kosko.B. & S.Isaka.- (1993)- Fuzzy logic.- *Scientific American*.- 26 (1): 62- 67.

192) Kossly.S.M, J.D.Holtzman, M.J.Farah & M.S.Gazzaniga.- (1985)- A computational analysis of mental image generation.- *Journal of experimental psychology*.- 114: 311- 341.

193) Kosslyn.S.M, J.Brunn, K.R.Cave & R.W.Wallace.- (1984).- Individual differences in mental imagery ability: a computational analysis.- *Cognition*.- 18: 195- 243.

194) Kosslyn.S.M, T.M.Ball. & B.J.Reiser.- (1978)- Visual images preserve metric spatial information.- *Journal of experimental psychology: Human perceotion and performance*.- 4: 47- 60.

195) Kosslyn.S.M.- (1990)- In *"Visual cognition and action"*.- Editor: Osheron, Kosslyn, Hollerbach.- MIT Press. U.S.A.

196) Krebs.J.R. & N.B.Davis.- (1993)- *An introduction to behavioural ecology*.- Blackwell scientific publication. Oxford.

197) Kuppers,B.O.- (1990)- *Information and the origin of life*.- MIT Press.- Cambrid

198) Land.E.- (1964)- The retinex.- *American scientist*. 52: 247-264.

199) Langton,C.G & Taylor,C & Farmer,J.D & Rasmussen,S.- (1992)- *Artifitial life II*.- The advanced book program. USA.

200) Lansner.A.- (1991)- A recurrent Bayesian ANN capable of extracting prototypes from unlabaled and noisy examples.- In *Artificia neural networks*. T.Kohonen, K.Makisari, O.Simula, & J.Kangas (eds). (Vol. 1)- North Holland. Amsterdam.

201) Lee.C.M. & D.Patterson.- (1991)- A hybrid neural network vision system for object identification.- In *Artificia neural networks*. T.Kohonen, K.Makisarii, O.Simula, & J.Kangas (eds). (Vol. 1)- North Holland. Amsterdam.

202) Lee.D. & J.G.Malpel.- (1994)- *Science*.- 263 (1515): 1292- 1294.

203) Lenneberg.E.H.- (1992)- Toward a biological theory of language development.- In *Brain development and cognition*. M.H.Johnson ed.- Backwell publishers.- Oxford. U.K.

204) Leshner.A.I.- (1997)- Addiction is a brain disease, and it matters.- *Science*.- 278:45-46.

205) Levine.D.N, J.Wallace & M.J.Farah.- (1985)- Two visual systems in mental imagery.- *Neurology*.- 35: 1010-1018.

206) Libet.B, E.W.Wright, & C.A.Gleason.- (1982)- Readiness potentials preceding unrestricted spontanious versus pre-planned voluntary acts.- *EEG and clinical neurophysiology*.- 54: 322- 335.

207) Libet.B.- (1985)- Unconscious cerebral initiative and the role of conscious will in voluntary action.- *The behavioral and brain sciences*.- 8: 529- 566.

208) Libet.B.- (1989)- Conscious subjective experience vs. unconscious mental functions: A theory of the cerebral processes involved.- In *Models of brain functions*.- R.Cotterill (ed).- Cambridge university Press.

209) Livingstone.M. & D.Hubbel.- (1988)- Segregation of form, color, and depth: Anatomy, physiology and perception.- *Science*.- 240: 740- 749.

210) Lockwoods.M.- (1989)- *Mind, brain, and the quantum*.- Basil Blackwell: Oxford.

211) Lowe.D.G.- (1984)- Perceptual organization and visual recognition.- Doctoral dissertion.- *Department of comoputer science*.- Stanfotrd university.

212) Lowe.D.G.- (1987)- The veiwpoint consistency constraint.- *International journal of computer vision*.- 1: 57-72.

213) Lucas.S.- (1991)- Self organizing synaptic neural networks.- In *Artificia neural networks*. T.Kohonen, K.Makisari, O.Simula, & J.Kangas (eds). (Vol. 1)- North Holland. Amsterdam.

214) Malcolm.N.- (1991)- Other minds problem.- In *The nature of mind*. D.M.Rosenthal

ed.- Oxford university Press.- NewYork.

215) Mandelbrot.C.- (1992)- *Fractal geometry of nature* .- Oxford uniiversity Press.

216) Mandler.G.- (1985)- *Cognitive psycology: an essay in cognitive science.*- Erlbaum.- Hindsdale. NJ.

217) Mandler.J.M.- (1990)- A new perspective on cognitive development in infancy.- *American scientist.*- (78)- 3: 236- 243.

218) Marcel.A.J.- (1983)- Conscious and unconscious perception.- *Cognitive psychology.*- 15: 238- 300.

219) Marr.D.- (1977)- Analysis of occluding contours.- *Proceedings of the Royal society of London.*- B 197: 441-475.

220) Marr.D.- (1982)- *Vision.*- San Francisco.- W.H.Freeman.- U.S.A.

221) Marshal.I.N.- (1989)- Consciousness and Bose-Einstein condensates.- *New ideas in psychology.*- 7(1): 73- 83.

222) Marshal.I.N.- (1994)- Three kinds of thinking.- Paper represented in the conference "*towards a scientific basis for consciousness*".

223) Martinez.W.R.- (1992).- *Learning and memory.*- Academic Press. NewYork.

224) Mayr.E.- (1988)- *Toward a new phylosophy of biology.*- Harvard University Press.- London.- UK.

225) McCafferty.J.D.- (1990)- *Human and machine vision.*- Ellis Harwood Press.- NewYork.

226) McCelland.J.L & D.E.Rumelhart.- (1981)- An interactive activation model of cortex effects in letter perception: Part one. an acount of basic findings.- *Psychological review.*- 88:375- 407.

227) McCrone.J.- (1993)- Roll up for the telepathy test.- *New scientist.*- 15 May: 29- 33.

228) McCulloch.W.S. & W.Pits.- (1943)- *Bulletine of mathematical biophysics.*- 5. pp:115- 133.

229) Metherell.A.F.- (1969)- Acoustical holography.- *Scientific american.*

230) Michotte.A, R.Thines. & G.Grabbe.- (1964)- *The amodal completion of perceptual structures.*- Louvain.- Belgium.

231) Mikhailov,A.S & Loskuyov,A.Yu.- (1991)- Foundations of synergetics II (complex patterns).- Springer-Verlag. Berlin.

232) Milkes.K.V.- (1993)- ...,Ishi, Duh, Um, and consciousness.- In *Consiousness in contemporary science.*- ed. A.J.Marcel and E.Bisiach.- Oxford science publications.

233) Miller.G.A.- (1956)- The magical number seven plus or minus two: some limitations

on our capacity for processing information.- *Psychological revew.*- 63 (2): 91- 97.

234) Mishkin.N & T.Appenzeller.- (1987)- The anatomy of memory.- *Scientifis American.*- 256: 80-89.

235) Morane.J & R.Desimone.- (1987)- Selective attention gates visual processing in the extrastriate cortex.- *Science.*- 229: 782-784.

236) Morchio.R.- (1991)- Reduction in biology.- In *The problem of reductionism in science.*- ed. E.Agazzi.- Kluwer academic publishers. Dordrecht.

237) Mrsic-Flogel.J.- (1991)- Approaching cognitive systems design.- In *Artificia neural networks.* T.Kohonen, K.Makisari, O.Simula, & J.Kangas (eds). (Vol. 1)- North Holland. Amsterdam.

238) Nagel.T.- (1986)- *The veiw from nowhere.*- Oxford university Press.

239) Nakayama.K & J.Silverman.- (1985)- Serial and parallel processing of visual feature conjunctions.- *Nature.*- 320: 264-265.

240) *Nature.*- (1994).- 370 (6484) pp:17.

241) Nesse.R.M. & K.C.Berridge.- (1997)- Psychoactive drug use in evolutionary perspective.- *Science.*- 278:63- 66.

242) Newell.A.- (1980)- Physical symbol systems.- *Cognitive science.*- 4: 135- 183.

243) Newsome.W.T, K.H.Britten. & J.A.Movshon.- (1989)- Neuronal correlates of perceptual decision.- *Nature.*-341 (6237): 52- 54.

244) Nicolis.J.S.- (1986)- *Dynamics of hierarchical systems.*- Springer Verlag.- Berlin.

245) Nsbett.R, D.Kranz, C.Jepson. & Z.Kunda.- (1983)- The use of statistcal heuristics in everyday inductive reasoning. *Psycological review.*- 32: 932- 943.

246) Nunn.C.- (1996).- *Awareness: What it is? What it does?.*- Routledge publications.- London.

247) Nunn.C.M.H & J.W.Osselton.- (1974)- The influence of the EEG alpha rhythm on te perception of visual stimuli.- *Psychopysiology.*- 11: 296- 303.

248) Oathley.K.- (1993)- On changing one's mind: a possible function of consciousness.- In *Consiousness in contemporary science.*-. A.J.Marcel and E.Bisiach (eds).- Oxford science publications.

249) Orne-Johnson.D, M.C.Dillbeck, K.R.Wallace. & G.S.Landrith.- (1982)- Intersubject EEG cohherence: Is consciousness a field?.- *International journal of neuroscience.*- 16:203-209.

250) Osheron.D.O.- (1993)- Judgment.- In *Thinking.*- D.N.Osheron. & E.E.Smith. (eds.)- MIT Press.

251) Osorio.D & M.Vorobiev.- (1997)- Sepia tones, Stomatopoda signals, and the uses of color.- *TREE.-* **(15)- 5. 167- 168.**

252) Pagel.M. & D.C.Krakauer.- (1996)- Prions and the new molecular phenetics.- 11(12):487- 488.

253) Paillard.J, F.Michel. & G.Stelmach.- (1983)- Localization without content: a tactile analogue of blindsight.- *Archive of neurology.-* **40: 548- 551.**

254) Pashler.H.- (1993)- Doing two things at the same time.- *American scientist.-* **81 (1)**

255) Pearson.R. & L.Pearson.- (1976)- *The vertebrate brain.-* **Academic Press. London.**

256) Penrose.R.- (1989)- *The emperor's new mind.-* **Oxford university Press.**

257) Penrose.R.- (1994)- *Shadows of the mind.-* **Oxford university Press.**

258) Popper.K.R. & J.C.Eccles.- (1986)- *The self and it's brain.-* **Oxford university Press.**

259) Potter.M.C.- (1990)- Remembering.- In *Thinking.-* **D.N.Osheron. & E.E.Smith. (eds).- MIT Press.**

260) Putnam.H.- (1991)- The nature of mental states. In *The nature of mind.* **D.M.Rosenthal ed.- Oxford university Press.- NewYork.**

261) Pylyshyn.Z.- (1984)- *Computation and cognition.-* **MIT Press.- Cambridge.- MA.**

262) Pylyshyn.Z.W.- (1973)- What the mind's eye tells the mind's brain.- *Psychological bulletin.-* **80: 1- 24.**

263) Rakic.P.- (1992)- Intrinscic and extrinscic dettermination of neocortex pacellation.- In *Brain development and cognition.* **M.H.Johnson ed.- Backwell publishers.- Oxford. U.K.**

264) Ramachandran.V.S & S.M.Anstis.- (1985)- Perceptual organization in multistable apparent motion.- *Perception.* **14: 133- 143.**

265) Rawn.J.D.- (1989)- *Biochemistry.-* **Neil Patterson publishers.**

266) Raymond.P.A, S.S.Easter, & G.M.Inocenti.- (1989)- *Systems approach to developmental neurobiology.-* **Plenum Press. NewYork.**

267) Reed.S.K.- (1974)- Structural descriptions and the limitations of the visual images.- *Memory & Cognition.-* **2: 329- 336.**

268) Reeves.A & G.Sperling.- (1986)- Attention gating in short term visual memory.- *Psychological review.-* **93: 180-206.**

269) Rohani.P.- (1997)- Spatial self-organization in ecology: Pretty paatterns or robust reality?- *Trends in ecology and evolution.-* **12 (2): 70- 74.**

270) Rosenblott.F.- (1961)- *Principles of neurodynamics: Perceptrons and the theory of brain mechanisms.-* **Spartan. Washington. D.C.**

271) Rotry.R.- (1990)- *Mind-body identity privacy and categories.-* **MIT Press.**

272) Rowlands.S.- (1983)- Coherent excitations in the blood.- In *Coherent excitations in biological systems*.- H.Frolic & F.Kremer. (eds)- Springer- Verlag. Berlin. Germany.

273) Rumelhart.D.E, J.L.McCelland. & The PDP Research group.- (1986)- Parallel distributed processing. *Explanations in the micro structure of cognition.- vol.1- Foundations*.- MIT Press.

274) Rutkowska.J.C- (1992)- Action, connectionism and enaction: A developmental perspective.- In *Connectionsm in contex*.- Clark.A. & R.Lutz. (eds). Spring- Verlag.- Berlin.

275) Ryle.G.- (1991)- In *The nature of mind*. D.M.Rosenthal (ed).- Oxford university Press.- NewYork.

276) Salmeline.S, R.Hari, O.V.Lounasmaa, & S.Sams.- (1994)- Dynamics of brain activation during picture naming.- *Nature*.- 368: 463- 465.

277) Sapir.M.- (1992)- Accustomed to your face.- *American scientist*.- 80 (6): 537- 539.

278) Scarda.C.A. & W.J.Freeman.- (1987)- How brains make chaos in order to make sense of the world.- *Behavioural and brain science*.- 10: 161- 195.

279) Searl.J.- (1979)- What is an intentional state?.- *Mind*.- 88: 72-94.

280) Searl.J.- (1980)- Minds, brains and programs.- *The behavioural and brain sciences*.- 3: 417- 427.

281) Searl.J.R.- (1990)- Is the brain's mind a computer program?.- *Scientific american*.- 262 (1): 20- 25.

282) Segal.S.G. & V.Fussela.- (1970)- Influence of imaged pictures and sounds on detection of visual and auditory signals.- *Journal of experimental psychology*.- 83: 458- 464.

283) Sergent.J. & J.L.Signoret.- (1992)- Implecit access to knowledge derived from unrecognized feces in prosopagnosia.- *Cerebral cortex*.- 2(5): 389- 400.

284) Shallice.T.- (1993)- Information processing models of conscciousness.- In *Consiousness in contemporary science*.- A.J.Marcel and E.Bisiach (eds).- Oxford science publications.

285) Shatz.C.J.- (1992)- The developing brain.- *Scientific american*.- (267)- 3: 35- 42.

286) Shaw.G.L, J.L.McGough. & S.P.R.Rose.- (1990)- *Neurophysiology of learning and memory*.- World scientific.

287) Shepard.R.N. & C.Feng.- (1972)- A chronometric study of mental paper folding.- *Cognitive psychology*.- 3: 228- 243.

288) Shepard.R.N. & L.A.Cooper.- (1982)- *Mental images and their transformations*.- MIT Press.

289) Slovic.P, B.Fischhoff, & S.Lichtensten.- (1980)- Fact versus fears: Understanding

percieved risks.- In *Social risk assessment: How safe is safe enough?.* **R.Schwing & W.A.Albers, edds.- Plenum Press. NewYork.**

290) Smart.J.C.C.- (1991)- Sensations and brain processes.- In *The nature of mind.* **D.M.Rosenthal ed.- Oxford university Press.- NewYork.**

291) Smolensky.P.- (1990)- Connectiionist modeling: Neural computation/ mental conection.- In *Neural connectionism, mental computation.* **R.M.Harnish. (ed).- Bradford books.**

292) Sperling.G.- (1960)- The information available in brief visual presentations.- *Psychological monographs.-* **74 (whole No.498)**

293) Sperry.R.W.- (1977)- Forebrain commisurotomy and conscious awareness.- *The jurnal of medicine and philosophy.-* **2: 101- 126.**

294) Sperstein.A.M.- (1995)- War and chaos.- *Scientific american.-* **Vol.83.**

295) Spinney.L.- (1998)- Liar, liar.- *New scientist.-* **7: 23- 26.**

296) Spirelli.D.N.- (1990)- A trace of memory: An evolutionary perspective on the visual system.- In *Vision, brain and cognition.-* **M.A.Arbib. & A.R.Hanson eds.- MIT Press.**

297) Stadler. R.- (1986)- *Biophylosophy .-* **Springer Verlag.- Berlin.**

298) Stapp.H.P.- (1985)- Consciousness and values in the quantum universe.- *Foundations of physics.-* **15(1): 35- 47.**

299) Stapp.H.P.- (1994)- The integration of mind into physics.- Paper presented in the University of *Maryland conference on fundamental problems in quantom mechanics.-* **June 1994.pp: 18-22**

300) Stonier.T.- (1990)- *Information and the internal structure of the universe.-* **Springer Verlag.- London.**

301) Stryker.M.P.- (1994)- Precise development from imprecise rules.- *Science.-* **263(1515): 1244- 1246.**

302) Sutcliffe.J.G.- (1988)- mRNA in mammalian nervous system- *Annual review of neuroscience.-* **11: 157-198.**

303) Takahashi.J.S. & M.Hoffman.- (1995)- Molecular biological clocks.- *American scientist.-* **83 (2): 158- 166.**

304) Theron.W.H, E.M.Nel. & Lubble.A.J.- (1991)- Relationship between body-image and self- consciousness.- *Perceptual and motor skill.-* **73 (3)- part one.**

305) Thorpe.S.J.- (1990)- *Parallel processing in neural systems.-* **Elsevier science publishers.**

306) Travis.F.T. & D.Orne-Johnson.- (1989)- Field model of consciousness.- *International*

journal of neuroscience.- 49: 203- 211.

307) Triesman.A & G.Gelade.- (1980)- A feature integration theory of attention.- *Cognitive Psychology*.- 12: 97-136.

308) Turing.A.- (1980)- Computing machinery and intelligence.- *Mind*.- 59: 433- 460.

309) Tverski.A. & D.Kahneman.- (1974)- Judgment under uncertainty: Heuristics and biases.- *Science*.- 185: 1124- 1131.

310) Tverski.A.- (1969)- Intransitivity of preferences.- *Psycological review*.- 76: 31- 48.

311) Tveski.A. & D.Kahneman.- (1983)- Extensional versus intutve reasonng: The conjunction fallacy in probability judgment.- *Psycological review*.- 90: 292- 315.

312) Underwood.G.- (1994)- Subliminal perception on TV.- *Nature*.- (370)- 6485.pp:103.

313) Valentine.J.D.- (1968)- *Nature*.- 220: 474- 475.

314) Van Gulick.R.- Consciousness, intrinsic intentionality and self- understanding machines.- In *Consiousness in contemporary science*.- ed. A.J.Marcel and E.Bisiach.- Oxford science publications.

315) Van der loos. & T.A.Woolsey.- (1973)- Somatosensory cortex: Structural alternations following early injury to sense organs.- *Science*.- 179: 395- 398.

316) Vepsalainen.A.M.- (1991)- Modeling of dynamic systems with expanding neural networks.- In *Artificia neural networks*. T.Kohonen, K.Makisarii, O.Simula, & J.Kangas (eds). (Vol. 1)- North Holland. Amsterdam.

317) Wallach.H & D.N.O'Connell.- (1953)- The kinetic depth effect.- *Journal of experimental psychology*. 45: 205- 217.

318) Wasserman.E.A.- (1995)- The conceptual abilities of pigeons.- *Scientific American*.- 83 (3): 246- 255.

319) Weiskrantz.L. & E.K.Warrington.- (1979)- Conditioning in amnesic patients.- *Neuropsychologia*.- 17: 187- 194.

320) Weiskranz.L.- (1993)- Some contributions of neuropsychology of vision and memory to the problem of consciousness.- In *Consiousness in contemporary science*.- A.J.Marcel and E.Bisiach (eds).- Oxford science publications.

321) Weisstein.N. & E.Wong.- (1990)- Figure-ground organization affects the early visual processing of information.- In *Vision, brain and cognition*.- M.A.Arbib. & A.R.Hanson eds.- MIT Press.

322) Wertheimer.M.- (1923)- Principles of perceptual organization.- *Psychologische Forchungen*.- 4. 301-350.

323) West.G.B, J.H.Brown. & B.J.Enquist.- (1997)- A general model for the origin of

allometric scaling laws in biology.- *Science.-* **276 (5309): 122- 126.**

324) West.J.W.- (1990)- *Fractal physiology and chaos in medicine.-* **Academic Press.**

325) Wheeler.D.D.- (1970)- Processes in word recognition.- *Cognitive Psychology.-***1:59-85**

326) Wiessel.T.N. & D.H.Hubbel.- (1963)- Singlr cell responce in striate cortex of kiittens deprived of vision in one eye.- *Jurnal of neurophysiology.-* **26: 1003- 1017.**

327) Williams.N.- (1997)- Fractal geometry gets the measure of life scales.- *Science.-* **276(5309): 34.**

328) Wilson. E.O.- (1995)- *Sociobiology.-* **Belknap Press.- U.S.A.**

329) Wilson.E.O.- (1990)- *The ants.-* **Oxford university Press.**

330) Wind, Chiarelli, Bichakjim, & Nocentini (eds.)- *Language origin: A multidisciplinary approach.* **- Klumer Academic publishers.**

331) Wise.S.P. & R.Desimone.- (1988)- Behavioural neurophysiology: Insights into seeing and grasping.- *Science.-* **242. 736- 741.**

332) Wittgenstein.L.- (1958)- *Phylosophical investigations.-* **Blackwell sciantific publications.- Oxford.**

333) Wittingstone.M.A, R.D.Traube, & J.G.R.Jefferys.- (1995)- Synchronized oscilations in interneuron networks driven by metabotropic glutamate receptor activation.- *Nature.-* **373: 612- 615.**

334) Yonas.A & C.E.Granrud.- (1984)- The development of sensivity to kinetic, binocular and pictorial depth information in human infants.- In "*Brain mechanisms and spatial vision***". ed. D.Ingle, D.Lee, and M.Jeannerod,- Amsterdam.**

335) Yuille.A.L & S.Ullman.- (1990)- Computational theories of low level vision .- in "*Visual cognition and action***".- Editor: Osheron, Kosslyn, Hollerbach.- MIT Press. U.S.A.**

336) Zeki.S.- (1992)- The visual image in mind and brain.- *Scientific American.-* **(267)- 3. 42- 50.**

337) Zeki.S.- (1995)- The visual image in mind and brain.- *Scientific american.-* **273(1):42- 50.**