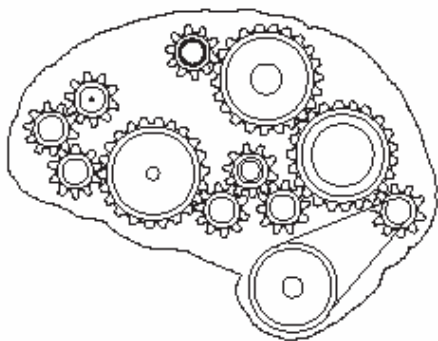


شبکه های عصبی و مغز مصنوعی



ساختن مدارهای مغزی سیلیکونی

هزینه انرژی در انتقال پیام از نورونی به نورون دیگر، فاکتور اصلی در تکامل مغز محسوب می‌شود. حدود 80-50% کل انرژی مصرفی مغز در هدایت پتانسیل عمل در طول فیبرهای نورونی و انتقال سیناپسی مصرف می‌شود و باقی آن در ساخت و نگهداری مواد مورد استفاده قرار می‌گیرد. این امر به همان اندازه در مورد مغز زنبورها صادق است که در مورد مغز ما. اما در مقایسه با سرعت کامپیوترهای دیجیتال، سرعت پالس های مغز بسیار پایین است. تنها حدود چند متر در ثانیه و این سرعت، سیستم های سریال کامپیوتری را عملاً غیر قابل استفاده می‌سازد. اما مغز بیولوژیک دارای حداکثر شبکه های موازی ممکن است بسیاری از نورون ها مستقیماً با چند هزار نورون دیگر سیناپس تشکیل می دهند. به همین منظور، مغز از حجم سه بعدی خود استفاده می‌کند تا همه چیز را در بر گیرد، صفحات سلولی چین می‌خورند و اتصالات به صورت دستجاتی در هم تنیده می‌شوند. در مقابل، چیدمان قطعات سیلیکون در کنار هم تنها به دو بعد محدود می شود و این، به علت ویژگی های این قطعات و صفحات مدار است. بنابراین برخلاف مغز، ارتباط مستقیم میان سیلیکون های نورونی به شدت محدود است. با این وجود با در نظر گرفتن سرعت بسیار بالای قطعات الکترونیک، پیام های میان نورون های سیلیکونی را می توان چندین برابر نمود- فرایند انتقال پیام های متفاوت از یک مسیر مشابه. به این ترتیب، مهندسان سیلیکون می توانند ارتباطات شبکه های بیولوژیک را شبیه سازی کنند.

برای کاستن انرژی و افزایش همزمان سرعت، مهندسان از استراتژی سیستم های آنالوگ در مقابل کدهای دیجیتال بهره می برند. "کارور مید"، یکی از چیره دستان مهندسی سیلیکون در کالیفرنیا، اصطلاح **مهندسی نورومورفیک** را برای توصیف عملیات تبدیل نوروبیولوژی به تکنولوژی به کار برده است. به جای کد کردن دیجیتال به صورت صفر و یک، مدارهای آنالوگ تغییرات پیوسته ولتاژ را کد می‌کنند؛ درست همانگونه که نورون ها در حالات زیر آستانه عمل می‌کنند (فصل 3). بدین ترتیب محاسبات در پله های کمتری صورت می‌گیرد زیرا علوم فیزیک پایه در مدل های سیلیکونی به کار برده می‌شود. محاسبات آنالوگ نیاز به اصول اولیه حسابان دارد: جمع، تفریق، لگاریتم، انتگرال و تمامی آنچه که در سیستم های دیجیتال دشوار می‌نمود.

هنگامی که نورون ها- اعم از انواع بیولوژیک و یا سیلیکونی- "تصمیم می‌گیرند"، در عمل پیام هایشان به انتهای آکسون منتقل شده و به نورون های هدف، پاسخ داده می‌شود. از آنجا که کد کردن شلیک های نورونی، هزینه انرژی در بر دارد، کد کردن کارآمد از **حشو** نامیده می‌شود، میزان اطلاعات عرضه شده راه کاستن آنچه در یک الگوی شلیک نورونی را به حداکثر می‌رساند.

مغز از قوام نرمی برخوردار است. نورون ها، رگ های خونی و بطن های پر از مایع، از عسای لیپیدی، پروتئین و مقادیر زیادی آب تشکیل یافته است. می توانید براحقی مغز را بین انگشتانتان بفشارید، آن را توسط میکروتوم برش دهید. الکتروود وارد نورون های آن کنید و نهایتاً جریان خون ضریان دار را در آن مشاهده کنید. مطالعه مغز ارتباط تنگاتنگی با بیولوژی و علم پزشکی دارد. با این حال نگاه دیگری به مغز نیز وجود دارد که توجه بسیاری از ریاضی دانان، فیزیک دانان، مهندسان و دانشمندان علوم کامپیوتر را به خود جلب کرده است. آنها در مطالعه مغز به نوشتن معادلات، مدل سازی کامپیوتری و حتی ساختن وسایل سخت افزاری که نورون های واقعی را شبیه سازی می کنند، می پردازند.

مغز واقعی سازگاری بسیار بالایی دارد. مغز می‌تواند دست خطهایی را که هرگز ندیده‌ایم بخواند و یا صحبت افراد کاملاً بیگانه را درک کند. مغز می‌تواند شرایط نامساعد را تحمل کند. مغز به شکل معقولی در طول مدت زندگی حتی زمانی که سلول هایش رو به مرگ هستند کار می‌کند و در روزگاران پیری نیز قادر به یادگیری مهارت های جدید است. روبات های امروزی بخوبی از عهده عملیاتی که برایشان طراحی شده، همانند ساختن قطعاتی از اتوموبیل، بر می‌آیند اما همچنان در برابر شرایط نامساعد آسیب پذیرند.

مغز در بردارنده شبکه های نورونی مرتبط با یکدیگر است. نورون ها نیازمند انرژی و شبکه ها نیازمند فضا هستند. مغز ما حاوی صد میلیارد نورون است؛ چیزی حدود 3/2 میلیون کیلومترسیم، یک میلیون - میلیارد ارتباط نورونی؛ که همه اینها تنها 1/5 کیلوگرم وزن دارند و در حجمی حدود 1/5 لیتر جای گرفته اند و حدود 10 وات انرژی مصرف می‌کنند. اگر ما می‌خواستیم چیزی شبیه مغز بسازیم و از قطعات سیلیکون در این کار استفاده کنیم، به حدود 10 مگاوات انرژی نیاز داشتیم و این برابرست با مصرف برق یک شهر؛ به بیانی دیگر گرمایی که از عملکرد این سیلیکون بر می‌خیزد خود سیلیکون را ذوب می‌کند! پیچیدگی و دشواری کار در بدست آوردن درک صحیحی از عملکرد چنین کارآمد مغز و کارگیری آن در ساخت ماشین های مشابه مغز است.

مغز شما حاوی

100.000.000.000 سلول و

3200.000 کیلومتر سیم است به همراه

1.000.000.000.000 سیناپس

با حجمی حدود 1/5 لیتر و وزنی حدود

1/5 کیلوگرم. در حالی که تنها به اندازه

یک لامپ انرژی مصرف می‌کند!



شبکه چشم سیلیکونی

گونه ساده شده ای از شبکه های بیولوژیک، شبکه سیلیکونی است که نور را جذب می کند. می تواند خروجی اش را به طور اتوماتیک با شرایط نور محیطی تطبیق دهد. سپس این شبکه به دو نورون سیلیکونی متصل می شود، که همانند نورون قشر بینایی، اطلاعات را از زوایای خطوط و مرز های دارای کنتراست داخل تصاویر حاصل از شبکه استخراج می کند.

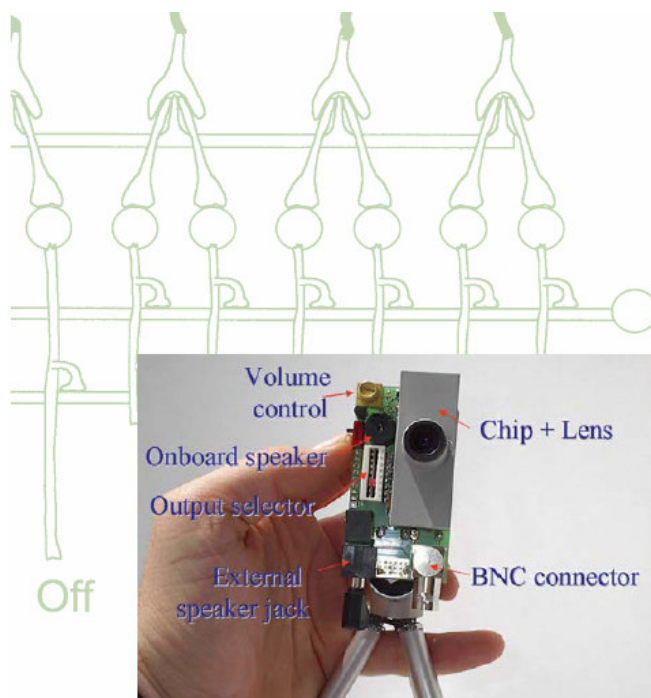
این نورون ها را نورون های **ادغام و شلیک** می نامیم و مهندسی نورومورفیک از آنها بسیار بهره می برند. این نام بدان معناست که این نورون ها ورودی های وزن دار را از طریق سیناپس هایشان دریافت می کنند. ورودی های صورت و لنز کدگذاری شده اند و وقتی "جمع" و لنز از آستانه بالاتر رود، نورون خواهد کرد. سیلیکون ها از میدل هایی ساخته شده اند که در بازه های زیر آستانه نیز قادر به فعالیتند، برخلاف میدل های سیستم های معمول دیژیتال که ولتاژ را به یک حدی از اشباع می رسانند. در این بازه، عملکرد آنها بسیار شبیه غشای سلولی نورون های واقعیست. میدل های دیگر هدایت فعالی را ایجاد می کنند تا جریان های وابسته به ولتاژ و وابسته به زمان کانال های یونی واقعی را شبیه سازی کنند. این دستگاه بینایی ساده تنها نمونه ای از پیشرفت های بسیار پیچیده در زمینه شبیه سازی دستگاه بینایی واقعی است. اما حتی این الگوی ساده نیز به خوبی نشان می دهد که چگونه می توان با پردازش ورودی های پراز پارازیت دنیای پیرامونمان به سرعت به یک تصمیم ساده دست یافت. این شبیه سازی به خوبی از وظیفه ای که بر عهده داردبر می آید: تعیین جهت یک خط در یک صحنه. دانشمندان علوم اعصاب از این شبکه سیلیکونی در امر آموزش و نیز کنترل تجهیزات بهره می برند. مهمترین ویژگی شبکه های مصنوعی آن است که قادرند دنیای واقعی و زمان حاضر را با انرژی بسیار کم عمل کنند.

شبکه عصبی مصنوعی

شبکه عصبی مصنوعی (ای ان ان) غالباً برای مطالعه یادگیری و حافظه بکار می روند. معمولاً به صورت نرم افزار بر روی کامپیوتر های معمولی نصب می شوند و حاوی تعدادی پردازشگر ساده هستند که بایکدیگر اتصالات زیادی برقرار می کنند. ساده ترین فرم ای ان ان، خود انجمنی رو به جلو نام دارد که مشتمل بر واحدهای ورودی و خروجی متصل بهم است. این شبکه، دارای حافظه است یعنی وقتی الگویی به آن عرضه می شود، می تواند با تغییر وزن اتصالات، الگوی مربوطه را فراخوانی کند (به تعبیر معمای ریاضی مراجعه کنید). ای ان ان های پیچیده تری نیز به نام **شبکه عصبی بازگشتی** وجود دارد که مشتمل بر یک لایه یگانه ست که در آن تمام واحدها با یکدیگر اتصال دارند و تمامی واحدها هم به صورت ورودی و هم به صورت خروجی عمل می کنند. کمی عجیب به نظر می رسد اما این طراحی، شبکه را قادر می سازد تا به جای ذخیره زوج هایی از ارقام اطلاعاتی، **الگوها** را ذخیره کند. باز کردن کد این نوع شبکه خود انجمنی از طریق جست و جوی بازگشتی به دنبال یک الگوی ذخیره شده صورت می گیرد. چنین مشاهده شده است که از یک شبکه 1000 واحدی، حدود 150 الگوری می توان فراخوانی کرد بدون آنکه خطاها تا این مرحله سر بر آورند.

شباهت ای ان ان با مغز در شیوه ذخیره سازی و پردازش اطلاعات نهفته است. دانشی که توسط این دو پردازش می شود، در خود شبکه وجود دارد. هیچ یک از این دو، مکان ویژه و جداگانه ای برای حافظه ندارد؛ برخلاف کامپیوتر های دیژیتال که بخش های پردازشگر و حافظه جدا از یکدیگرند. در مقابل، دوسیستم فوق دارای بخش های ذخیره سازی هستند که محتوای اطلاعاتی آنها را می توان آدرس دهی کرد. هر "نورون" یک واحد گنگ ولال است که تنها بر اساس جمع ورودی های وزن دارش پاسخ می دهد. باین وجود، می توان آنها را بسوی موجوداتی بسیار هوشمند آموزش داد. قوانین آموزش شامل تغییر قدرت سیناپس هاست و یکی از معمول ترین آنها قانونی است که خروجی شبکه را با الگوی دلخواه مقایسه می کند و هرگونه خطای حاصل از این مقایسه، منجر به تغییر وزن سیناپسی می شود تا در حد ممکن به الگوی مورد نظر نزدیک شود. بدین ترتیب، نهایتاً خطاها به حداقل می رسند. اما سرعت این شکل از یادگیری پایین است.

در یادگیری، اشتباهات مهم تلقی می شوند و بدون وجود آنها یادگیری صورت نمی گیرد. شبکه هایی که بیش از حد تحت آموزش قرار گرفته اند و مرتکب هیچ اشتباهی نمی شوند، نهایتاً به جایی می رسند که تنها قادر به پاسخ گویی به یک نوع ورودی هستند. به طور تمثیلی این شبکه ها را **شبکه های مادر بزرگ** می نامند. برگرفته از سلول های مادر بزرگ مغز انسان که تنها در صورت مشاهده مادر بزرگ فرد پاسخ می دهند و بدین ترتیب مرتکب هیچ اشتباهی نمی شوند! در دنیای واقعی این شبکه هاچندان کارآمد نخواهد بود زیرا برای یادگیری کوچکترین چیزی نیاز به یک شبکه خواهیم داشت. در مقابل، نکته جالب در مورد ای ان ان ها قابلیت تعمیم دهی آنها نسبت به الگوی ورودیشان است؛ الگویی که شاید هرگز قبلاً با آنها مواجه نشده اند. ای ان ان ها قادر به دریافت روابط، ارتباطات متقابل و قوانین موجود در شبکه هاستند. و درست مانند مغز توانایی مواجهه با خطا را دارند. حتی اگر ورودی ها ناقص یا آشوبناک باشند، همچنان می توانند الگوهای مربوطه را فراخوانی کنند. این ویژگی ها برای مغز بیولوژیک بسیار مهم اند و در عین حال در مورد ای ان ان هانیز صدق می کنند.

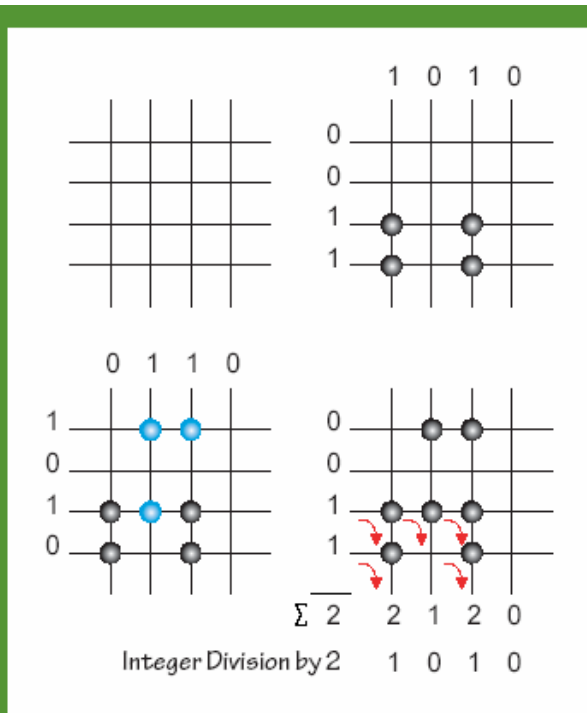


یک لنز دوربین در جلوی رتین سیلیکونی تعبیه شده است



جعبه ریاضی

فرض کنید سیمهایی به صورت عمودی وجود دارد و سیم های افقی را در 4 "سویچ" قطع می کنند. این شبکه حافظه است. اطلاعات به صورت دوتایی به این شبکه عرضه می شود. مانند 0011 ویا 1010. حالت نهایی شبکه 7 سویچ دربر خواهد داشت. اگر اولین عدد را -0011- به شبکه عرضه کنیدف نهایتاً در پایان سیمهای عمودی به عددی متناسب با 2120 می رسید. اگر عدد 2120 را بر تعداد 1 های موجود در نشانه های یادآور تقسیم کنید(0+0+1+1) به عدد 1010 میرسید.



بنابراین شبکه 0011 را به صورت 1010 به خاطر سپرده است.

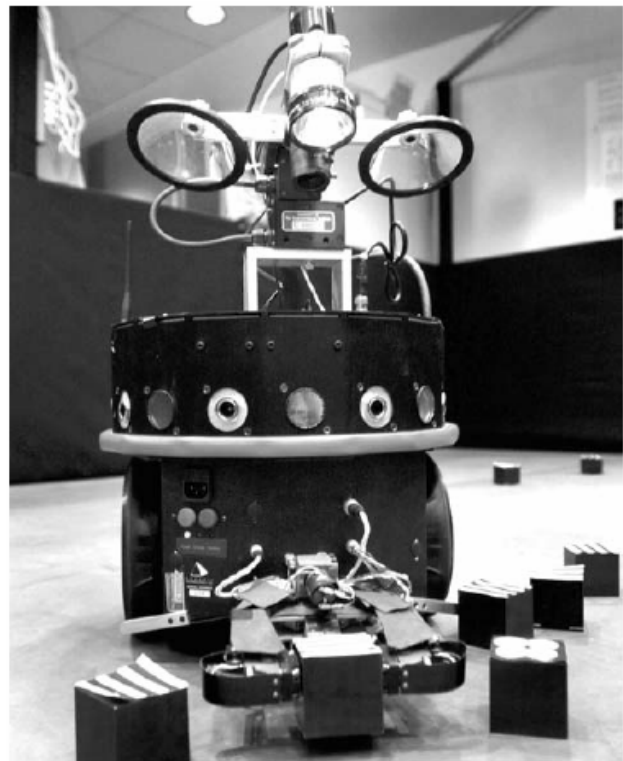
شما می تواند این کار را با زوج دوم هم انجام دهید.

تناقض تکنولوژی مماناسباتی مدرن

تناقض موجود در ای ان های امروزی اینست که آنها از طریق محاسبات ریاضی شبیه سازی

شده اند و این امر استفاده از آنها را در دنیای واقعی محدود می سازد، زیرا شبیه سازی آنها زمان برست و نمی توان به طور لحظه ای از آنها استفاده نمود. ای ان ها در اندن اتومبیل و یا به پروازدر

آوردن هواپیما بسیار کارآمدهستند زیرا نسبت به خطاهای سیستم مقاومتند و حتی اگر اجزائی از سیستم از عمل بازایستند همچنان می تواند به کار خود ادامه دهند. باین وجود، سیستم های پیشرفته ای که به صورت خلبان های مصنوعی به کار گرفته می شوند، در واقع کامپیوتر های دیجیتال معمول دتر مینیسیتی هستند که معمولاً برای امنیت بیشتر نیاز به پشتیبانی دارند. الگوریتم های آموزشی ای ان های امروزی، برای موارد اورژانس بسیار کند عمل می کنند. اگر نورو ن های سیلیکونی، که سرعت قابل توجهی دارند، قادر به یادگیری بودند، که تاکنون نبوده اند، بسیاری از مسائل و مشکلات حل می شد. همچنان که دانش بشری از چگونگی عملکرد مغز بیشتر می شود، می توانیم شبکه های نورو نی پیچیده تری بسازیم که اعمال بسیار مشابه مغز را انجام دهند.



NOMDA

یک مستخدم ماشینی. دارای دو پا، گوش، چشم و بازو است. بر خلاف سایر روباتها، این روبات بدون کد های دستوری کار می کند. و در مقابل 10000 نورو ن و 1000000 سیناپس دارد. و همچنین می تواند با موقعیتهای جدید سازگار گردد.

