

کامپیوتر و مغز

جان فون نویمان

ترجمه

رضا امیررحیمی

فرهنگ‌نشر نو
با همکاری نشر آسیم
تهران- ۱۴۰۰

فهرست مطالب

۹	پیشگفتار ویراست سوم (ری کُزویل)
۲۸	پیشگفتار ویراست دوم (پال م. چرچلند و پاتریشیا س. چرچلند)
۳۹	پیشگفتار (کلارا فون نویمان)
۴۵	مقدمه

بخش ۱: کامپیوتر / ۴۷

۴۷	روال آنالوگ
	عمل‌های اصلی متداول، ۴۸
	عمل‌های اصلی نامتداول، ۴۸
۵۰	روال دیجیتال
	نشانه‌ها، ترکیب و تجسد آنها، ۵۰
	گونه‌های ماشین دیجیتال و اجزای اصلی آنها، ۵۱
	طرح‌های موازی و متوالی، ۵۲
	عمل‌های اصلی متداول، ۵۲
۵۴	کنترل منطقی
	کنترل متصل، ۵۵
	کنترل منطقی نوار، ۵۶
	اصل تنها یک اندام برای هر عمل اصلی، ۵۶

نیاز تبعی به اندام خاص حافظه، ۵۷

کنترل با نقطه‌های «دنباله کنترل»، ۵۸

کنترل ذخیره‌شده در حافظه، ۶۰

شیوه‌های کنترل ذخیره‌شده در حافظه، ۶۳

شکل‌های ترکیبی کنترل، ۶۳

۶۵ **روال‌های عددی ترکیبی**

بازنمایی ترکیبی عددها. ماشین‌های ساخته‌شده بر این مبنا، ۶۵

۶۷ **دقت**

دلیل‌های الزام به دقت بالا (دیجیتال)، ۶۸

۷۰ **مشخصه‌های ماشین آنالوگ مدرن**

۷۱ **مشخصه‌های ماشین دیجیتال مدرن**

اجزای فعال؛ پرسش‌های مربوط به سرعت، ۷۲

تعداد اجزای فعال لازم، ۷۲

اندام‌های حافظه. زمان‌های دسترسی و ظرفیت‌های حافظه، ۷۳

ثبت‌کننده‌های حافظه ساخته‌شده از اندام‌های فعال، ۷۴

اصل سلسله‌مراتبی برای اندام‌های حافظه، ۷۵

اجزای حافظه؛ پرسش‌های مربوط به دسترسی، ۷۶

پیچیدگی‌های مفهوم زمان دسترسی، ۷۷

اصل آدرس‌دهی مستقیم، ۷۸

بخش ۲: مغز / ۸۱

۸۲ **توصیف ساده گرایانه کارکرد نورو**

۸۲ **طبیعت تکانه عصبی**

فرایند تحریک، ۸۴

سازوکار تحریک تپ‌ها به وسیله تپ‌ها؛ مشخصه دیجیتال آن، ۸۵

- مشخصه‌های زمانی واکنش عصبی، خستگی، و بازیابی، ۸۶
اندازه نورن. قیاس با اجزای مصنوعی، ۸۹
اتلاف انرژی. قیاس با اجزای منطقی، ۹۰
چکیده قیاس‌ها، ۹۱

۹۳

معیارهای تحریک

- ساده‌ترین - منطقی مقدماتی، ۹۳
معیارهای تحریک پیچیده‌تر، ۹۵
آستانه، ۹۶
زمان جمع بستن، ۹۶
معیارهای تحریک برای گیرنده‌ها، ۹۷

۱۰۰

مسئله حافظه در نظام عصبی

- اصل‌هایی برای برآورد ظرفیت حافظه در نظام عصبی، ۱۰۱
برآوردهای ظرفیت حافظه به تناسب این قیدها، ۱۰۳
تجسدهای فیزیکی متفاوت و ممکن حافظه، ۱۰۴
قیاس‌هایی با ماشین‌های محاسبه مصنوعی، ۱۰۵
جزءبندی نهفته حافظه لزوماً همان جزءبندی اندام‌های
فعال اصلی نیست، ۱۰۶

۱۰۷

بخش‌های دیجیتال و آنالوگ نظام عصبی

- نقش سازوکار ژنی در زمینه بالا، ۱۰۸

۱۰۹

کُد‌ها و نقش آنها در کنترل کارکرد ماشین

- مفهوم کُد کامل، ۱۰۹
مفهوم کُد کوتاه، ۱۱۰
کارکرد کُد کوتاه، ۱۱۱

۱۱۲

ساختار منطقی نظام عصبی

- اهمیت روال‌های عددی، ۱۱۳

- برهم کنش روال‌های عددی و منطقی، ۱۱۳
دلیل‌هایی برای انتظار داشتن الزام‌های دقت بالا، ۱۱۴
- ۱۱۵ طبیعت نظام نشانه‌های به‌کاررفته: دیجیتال نیست، آماری است
تنزل حسابی. نقش ژرفای حسابی و منطقی، ۱۱۶
دقت حسابی یا قابلیت اطمینان منطقی، گزینه‌ها، ۱۱۷
سایر خصوصیت‌های آماری نظام پیام‌رسانی که
می‌توان به کار گرفت، ۱۱۸
- ۱۱۸ زبان مغز و نه زبان ریاضیات

مقدمه

چون من نه عصب‌شناسم و نه روان‌پزشک، بلکه ریاضیدانم، مطلبی که به دنبال می‌آید محتاج نوعی توضیح و توجیه است. این رویکردی به فهم نظام عصبی است از نظرگاه یک ریاضیدان. اما، این حکم باید بی‌درنگ در هر دو بخش اصلی‌اش مشروط شود.

نخست، توصیف چیزی که تلاش دارم در اینجا بگویم به عنوان «رویکردی به فهم» نوعی مبالغه‌گویی است؛ تنها نوعی مجموعه نظام‌یافته از گمانه‌زنی‌ها درباره این است که چگونه چنین رویکردی باید اتخاذ شود. یعنی، تلاش می‌کنم حدس بزنم که کدام‌یک از طرح‌های هجوم، از فاصله مه‌آلودی که بیشتر آنها را می‌بینیم، به طور پیشینی¹ نویدبخش است، و کدام‌یک نمود ناامیدکننده‌ای دارد. برای این حدس‌ها تبیین‌هایی نیز فراهم می‌کنم.

دوم، «نظرگاه ریاضیدان»، به صورتی که مایلم در این زمینه فهمیده شود، نوعی توزیع تأکیدها را با خود دارد، که از موارد متداول متفاوت است: سوای تأکید بر روش‌های عمومی ریاضی، جنبه‌های منطقی و آماری

در کانون توجه خواهند بود. افزون بر این، علم منطق و علم آمار باید در وهله اول، گرچه نه به تمامی، همچون ابزارهای بنیادی «نظریه اطلاعات» در نظر گرفته شوند. همچنین، مجموعه تجربه‌هایی که پیرامون برنامه‌ریزی، ارزیابی، و رمزگذاری خودکارهای پیچیده منطقی و ریاضی رشد کرده‌اند، در کانون بخش عمده‌ای از این نظریه اطلاعات هستند. متداول‌ترین، اما نه تنها مورد، از چنین خودکارهایی، البته، ماشین‌های بزرگ محاسبه الکترونیک هستند.

اجازه دهید به طور گذرا یادآور شوم که بسیار مطلوب بود اگر امکان داشت از «نظریه» چنین خودکارهایی حرف زد. شوربخانه آنچه در زمان حاضر وجود دارد - و باید به آن متوسل شوم - فقط می‌شود به صورت «مجموعه تجربه‌ها»یی ناقص و نه‌چندان رسمیت‌یافته توصیف شود.

سرانجام، هدف اصلی من، در واقع، توضیح جنبه کم و بیش متفاوتی از موضوع است. تصور می‌کنم مطالعه ریاضی ژرف‌تری از نظام عصبی - «ریاضی» به آن معنی که در بالا طرح کلی آن آمد - بر فهم ما از آن جنبه‌های خود علم ریاضی که در این کار نقش دارند، تأثیر خواهد گذارد. در واقع، شاید شیوه‌های نگاه ما به خود علم ریاضی و علم منطق را دگرگون کند. تلاش خواهیم کرد دلیل‌هایم برای این باور را در ادامه توضیح دهم.

بخش ۱: کامپیوتر

در ابتدا به برخی اصل‌های نهفته در علم نظام‌ها و روال معمول ماشین‌های محاسبه می‌پردازم.

ماشین‌های محاسبه موجود در دو طبقه گسترده قرار می‌گیرند: «آنالوگ» و «دیجیتال». این تقسیم‌بندی ناظر به شیوه‌ای است که عددها، که ماشین بر آنها عمل می‌کند، در آن بازنمایی می‌شوند.

روال آنالوگ

در ماشین‌های آنالوگ، هر عدد با یک کمیت فیزیکی مناسب بازنمایی می‌شود، که مقدارهای آن که با نوعی واحد ازپیش تعیین شده اندازه‌گیری می‌شود، مساوی با عدد مورد بحث است. این کمیت می‌شود زاویه‌ای باشد که دیسک مشخصی طبق آن می‌چرخد، یا شدت جریانی مشخص، یا مقدار ولتاژ (نسبی) مشخص، و غیره. به منظور فراهم کردن امکان اینکه ماشین محاسبه کند، یعنی، طبق طرح ازپیش تعیین شده‌ای بر روی این عددها عمل کند، لازم است اندام‌ها^۱ (یا اجزایی^۲) فراهم شوند که می‌توانند بر روی این کمیت‌های بازنما^۳، عمل‌های اصلی ریاضی را اجرا کنند.

1. organ

2. component

3. representative

عمل های اصلی متداول

این عمل های اصلی بیشتر اوقات با عبارت «چهارگونه حساب»^۱ فهمیده می شوند: جمع (عمل $x + y$)، تفاضل ($x - y$)، ضرب (xy)، تقسیم (x/y). از این رو آشکارا دشوار نیست که دو جریان^۲ را جمع یا تفریق کنیم (با آمیختن آنها در جهت های موازی یا پادموازی^۳). ضرب (دو جریان) دشوارتر است، اما گونه های مختلفی از جزءبندی^۴ الکتریکی وجود دارند که این عمل را اجرا می کنند. در تقسیم (یک جریان به دیگری) نیز این امر واقعیت دارد. (البته برای ضرب نیز مثل تقسیم – اما نه برای جمع و تفاضل – واحد اندازه گیری جریان مناسب خود را دارد.)

عمل های اصلی نامتداول

ویژگی کمابیش چشمگیر بعضی ماشین های آنالوگ، که درباره آن اظهار نظر بیشتری خواهم داشت، این است: گاه به گاه این ماشین گرد عمل های «اصلی» دیگری جز چهارگونه حسابی که در بالا ذکر کردم، ساخته می شود. از این رو «تحلیلگرهای^۵ تفاضلی»^۶ کلاسیک که عددها را با زاویه ای بیان می کنند که دیسک های مشخصی طبق آن چرخیده اند، به صورتی که در ادامه گفته می شود پیش می روند. به جای جمع، $x + y$ ، و تفاضل، $x - y$ ، عمل های $(x \pm y)/2$ عرضه می شوند، چون جزء ساده و حاضرآماده ای، یعنی «دنده تفاضلی»^۷ (همان که در محور عقب خودرو به کار می رود) اینها را ایجاد می کند. به جای ضرب، xy ، روال کاملاً متفاوتی به کار می رود: در تحلیلگر تفاضلی، تمامی کمیت ها به صورت تابعی از زمان پدید می آیند،

- | | |
|-------------------------------|-----------------|
| 1. four species of arithmetic | 2. current |
| 3. antiparallel | 4. componentry |
| 5. analyzer | 6. differential |
| 7. differential gear | |