مجموعه مقالات

همایش تاریخ، فلسفه و منطق زیست شناسی

ایـــران

به کوشش:
دکتر جمشید درویش
گروه پژوهشی جوندشناسی دانشگاه فردوسی مشهد

منطق فازی در زیست‌شناسی

نویسندگان:علی دهقانی فیروزآبادی، مسعود فریدونی
مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم، گروه زیست‌شناسی

چکیده

علم منطق را علم درست اندیشیدن ودرست فکرکردن می‌نامند که البته درست استدلال کردن ودرست استنتاج کردن نیز در درون این تعریف وجود دارد. منطق کلاسیک، منطقی است که در آن گزاره‌ها فقط ارزش راست یا دروغ دارند که آن را منطق صفرویک، باینری، بولین، دودویی نیز می‌نامند. در واقع منطق کلاسیک، که دیرینگی آن به زمان ارسطو برمی گردد، تنها با مفاهیم واستدلالهای دقیق وبدون ابهام سروکاردارد. از طرف دیگر استدلالهایی که انسان در زندگی روزمره انجام می‌دهد، وبر مبنای نتایج آنها تصمیم‌گیری می‌کند، به ندرت می‌توان آنها را دوارزشی به حساب آورد. درنتیجه به کارگیری قوانین و قواعد منطق کلاسیک در مورد آنها نابجاست. منطق فازی ابزار مناسبی برای برخورد با این مفاهیم و استدلالها یعنی مفاهیم نادقیق واستدلالهای تقریبی است، به عبارت دیگر این منطق، منطقی است برای توصیف استدلالهای انسانی، آنچنان که هست. در منطق کلاسیک می‌باید بسیاری از گزاره‌ها که ارزشی بین صفرو یک دارند، به ناچار یا ارزش آنها صفر در نظر گرفته شود، یا یک؛ ودر عمل مجبوریم دسته‌بندی خشک وغیر قابل انعطافی برای ارزش گزاره‌ها در نظر بگیریم. اگر چه برای گریز از این حالت، منطقیون منطقهای چند ارزشی را برای فرار از این حالت پایه‌گذاری کرده اند؛ مثلا منطق سه ارزشی، چهار ارزشی و...، ولی تفاوتهایی بین این منطق‌ها با منطق فازی مشاهده می‌شود[1]. اخیرا کاربرد منطق فازی در بسیاری از علوم مشهود شده است که این کاربرد در علوم طبیعی مخصوصا زیست‌شناسی که دنیا را نه به صورت حقایق صفر و یکی،

بلکه به صورت طیفی خاکستری از واقعیت‌ها می‌بیند، مشخص‌تر است.در شبکه‌های عصبی که از واحدهای محاسباتی به نام نورونها تشکیل شده است، منطق فازی قابل تعمیم است. همچنین منطق فازی در فرآیند مدل‌سازی که، فرآیند انتقال از جهان واقعی (جهان ابهام) به جهان مجرد (جهان مدل شده) و سپس به کارگیری ابزار (یا نظریه) برای پیشگویی در خصوص حقیقت است، کاربرد فراوان دارد. منطق فازی در مبحث تکاملی و تشخیص گونه‌های حدواسط که تمایز آنها از دو گروه جانوری بسیار مشکل است، بسیار راهگشا است. منطق فازی روش جدیدی برای فرموله کردن مفاهیم و کمیت‌های حسی و کیفی می‌تواند ارائه دهد. با استفاده از مدلهای فازی می‌توان مدلی را ازتکامل و گونه زایی، درد و یا سایر پدیده‌های طبیعی که بصورت غیر دقیق و غیر قطعی بیان می‌شوند، ارائه کرد.

کلید واژه‌ها: منطق فازی، مدل‌سازی، شبکه‌های عصبی، تشخیص گونه‌ها.

مقدمه

تعریف علم منطق

منطق علم درست اندیشیدن ودرست فکرکردن است و درست استدلال واستنتاج کردن را نیز شامل می‌شود. منطق کلاسیک، منطقی است که درآن گزاره‌ها فقط ارزش راست یا دروغ دارند که آن را منطق صفرویک می‌نامند. از آنجا که منطق علم استنتاج کردن نیز هست، هدف آن مهیا کردن ابزار نظام یافته‌ای است که با کمک آن دریابیم که ایا ادعاهای مطرح شده حاصل مقدمه‌های مفروض هستند یا خیر. یعنی آیا استنتاجها درستند یا نادرست. هر چند استنتاج نادرست اصولا استنتاج نیست. منطق کلاسیک یا دو ارزشی که تا چند دهه گذشته تنها منطق رایج بوده و اکنون نیز مسلط‌ترین و سامان یافته‌ترین منطق است، با گزاره‌هایی سرو کاردارد که یا درست فرض می‌شوند یا نادرست. در واقع منطق کلاسیک، که دیرینگی آن به دوران ارسطو برمی گردد، تنها با مفاهیم واستدلالهای دقیق وبدون ابهام سروکاردارد. از طرف دیگر استدلالهایی که انسان در زندگی روزمره انجام می‌دهد، و بر مبنای نتایج آنها تصمیم گیری می کند، به ندرت می‌توان آنها را دوارزشی به حساب آورد. در نتیجه به کارگیری قوانین وقواعد منطق در مورد آنها نابجاست[1]. برای نمونه از دو گزاره «سقراط انسان است»و« هر انسانی فانی است»، نتیجه می‌شود «سقراط فانی است». اما تمام استدلالهای قیاسی ما دقیقا در این قالب نمی گنجد.مثلا: ما از دو گزاره «قد بهروز متوسط است» و «سعید از بهروز کمی بلندتر است»، نتیجه می گیریم که «سعید کمی بلند قد است»؛ اما این نوع استدلال در قالب قانون قیاس استثنایی ونه هیچ قانون منطقی دیگرمنطق کلاسیک نمی گنجد. زیرا در این استدلال از مفاهیم نا دقیق و تقریبی استفاده شده است، مانند متوسط، کمی بلند، بلندتر، که در منطق کلاسیک (صفر و یک)

جایی ندارد (۱).منطق فازی روش مناسبی برای رویارویی با این مفاهیم و استدلالها یعنی مفاهیم نادقیق واستدلالهای تقریبی است، به عبارت دیگر این منطق، منطقی است برای توصیف استدلالهای انسانی، آنچنان که هست. در منطق کلاسیک می‌باید بسیاری از گزاره‌ها که ارزشی بین صفر و یک دارند را به ناچار یا ارزش آنها صفر در نظر گرفته شود، یا یک ودر عمل مجبوریم دسته‌بندی خشک و غیر قابل انعطافی برای ارزش گزاره‌ها در نظر بگیریم. اگر چه برای گریز از این حالت، منطقیون منطقهای چند ارزشی را برای فرار از این حالت پایه‌گذاری کرده اند؛ مثلا منطق سه ارزشی، چهار ارزشی و ...، ولی تفاوتهایی بین این منطق‌ها با منطق فازی مشاهده می‌شود که در اینجا ضمن تعریف منطق چند مقداره و بینهایت مقداره، منطق فازی را نیز تعریف می کنیم (۱).

تعریف منطق چند مقداره

منطقی است که در آن گزاره‌ها، علاوه بر ۰ و ۱، چند مقدار دیگر را نیز اختیار می کنند. در این حالت مثلا منطق سه مقداره، ارزش راستی گزاره‌ها را به ۰، ۱/۲یا ۱ منتسب می‌شوند. یا به عبارتی، گزاره‌ها به چند دسته کاملا دروغ، نیمه راست، نیمه دروغ و کاملا راست تقسیم‌بندی می‌شوند.

تعریف منطق بینهایت مقداره

در این منطق ارزش گزاره‌ها می‌تواندهر عددی حقیقی بین ۰تا ۱ باشد.

منطق فازی (Fuzzy logic)

منطق فازی یک نوع منطق بینهایت مقداری است، ودر حقیقت یک ابتکار یا ابداعی است که به کمک آن، رفتار مطلوب سیستم‌ها، با استفاده از زبان روزمره (محاوره‌ای) توصیف می‌شود. از این منطق در جهان صنعتی کنونی استفاده‌های فراوان می‌شود. از طرفی می‌توان گفت منطق فازی یک منطق پیوسته است که از استدلال تقریبی بشری الگوبرداری کرده است. نظریه مجموعه فازی برای اولین بار در سال ۱۹۶۵ توسط پروفسور لطفی عسگرزاده دانشمند ایرانی تبار و استادیار دانشگاه برکلی امریکا عرضه شد.

واژه فازی در فرهنگ لغت آکسفورد به صورت مبهم، گنگ و نادقیق تعریف شده است. بر اساس فرهنگ لغت مشروح Random House، منطقی است که دنیا را نه به صورت حقایق صفر و یکی، بلکه به صورت طیفی خاکستری از واقعیت‌ها می‌بیند. در منطق ارسطویی (منطق دودویی)، یک دسته‌بندی درست و نادرست وجود دارد. تمام گزاره‌ها درست یا نادرست هستند. بنابراین:

جمله «هوا سرد است»، در مدل ارسطویی اساساً یک گزاره نمی‌باشد، چرا که مقدار سرد بودن برای افراد مختلف متفاوت است و این جمله اساساً همیشه درست یا همیشه نادرست نیست. نمادها و اعمال منطق فازی مبنی بر منطق کلاسیک یا باینری است.در منطق کلاسیک یا دوتایی، گزاره‌ها یا درستند یا غلط،و هیچ حدواسطی نداریم و به طور قراردادی مقادیر عددی برای صحت گزاره‌ها مقرر می‌شود. به طوری که عدد ۱ بیان‌کننده درستی و عدد ۰ بیان‌کننده نادرستی است. در منطق فازی، جملاتی هستند که مقداری درست و مقداری نادرست هستند. برای مثال، جمله «هوا سرد است» یک گزاره منطقی فازی می‌باشد که درستی آن گاهی کم و گاهی زیاد است. گاهی همیشه درست و گاهی همیشه نادرست و گاهی تا حدودی درست است. مثال دیگر: «بلندی قد»، در منطق فازی یک فرد به میزانی متعلق به افراد بلندقد است (۱) و به میزانی نیز متعلق به افراد کوتاه قد است (۰).

مجموعه‌های فازی و ریاضیات

بنیاد منطق فازی بر شالوده نظریه مجموعه‌های فازی استوار است. در تئوری کلاسیک مجموعه‌ها، یک عنصر عضو مجموعه است یا نیست. در حقیقت عضویت عناصر از یک الگوی صفر و یک و دودویی تبعیت می‌کند. اما منطق فازی این مفهوم را بسط می‌دهد و عضویت درجه‌بندی شده را مطرح می‌کند. به این ترتیب که یک عنصر می‌تواند تا درجاتی -و نه کاملاً- عضو یک مجموعه باشد. مثلاً این جمله که آقای الف به اندازه هفتاددرصد عضو جامعه بزرگسالان است از دید تئوری مجموعه‌های فازی صحیح است.

تابع عضویت در مجموعه‌های فازی

در تئوری منطق فازی، عضویت اعضای مجموعه از طریق تابع $\mu(x)$ مشخص می‌شود که x نمایانگر یک عضو مشخص و μ تابعی فازی است که درجهٔ عضویت x در مجموعهٔ مربوطه را تعیین می‌کند و مقدار آن بین صفر و یک است.

علیرغم منافع زیادی که منطق ریاضی دارد، منطق ریاضی نمی‌تواند الگوهای فکری بشری را توصیف کند، زیرا الگوهای فکری بشری اغلب شهودی هستند. در افکار بشری وزبانهای محاوره ای، مفاهیم تعریف شده اغلب با ابهام هستند. در مثالی، مفهوم بلندی قد را در نظر بگیرید: از نظر انسان این مفهوم قابل درک است. اما در منطق ریاضی، تصور یک شخص بلند قد، همراه اندازه دقیق قد فرد مورد توجه قرار می‌گیرد وبدون یک حد ومرز مشخص و ثبت شده امکان ندارد که یک قیاس را بتوان گفت که درست است یا خیر.

خواص مجموعه‌های فازی و مقایسه آن با مجموعه‌های قاطع (صفر یکی)

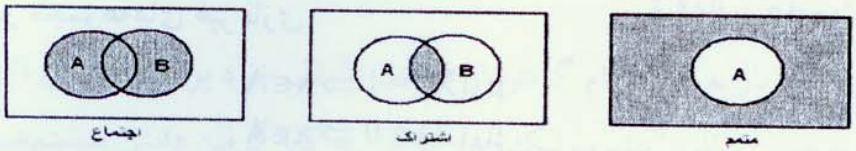
- اجتماع و اشتراک و متمم مجموعه‌های صفر یکی (شکل ۱)[۵].

$$x_A : x \to \{1,0\} \qquad x_B : x \to \{1,0\}$$

$$x_A(x) = \begin{cases} 1 & x \in A \\ 0 & x \notin A \end{cases} \qquad x_B(x) = \begin{cases} 1 & x \in B \\ 0 & x \notin B \end{cases}$$

$$A \cup B = \{x \mid x \in A \text{ OR } x \in B\} \qquad \overline{A} = \{x \mid x \notin A\}$$

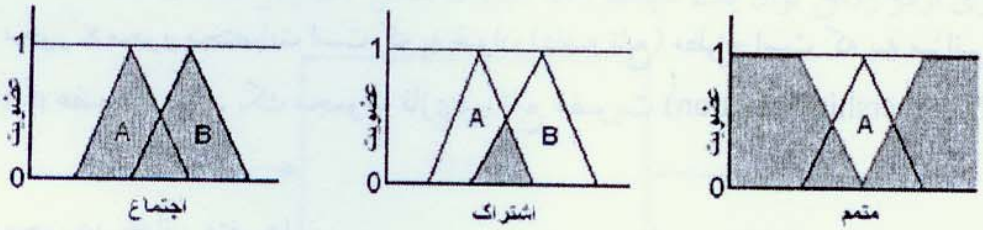
$$A \cap B = \{x \mid x \in A \text{ AND } x \in B\}$$



شکل ۱: اجتماع و اشتراک و متمم مجموعه‌های قاطع

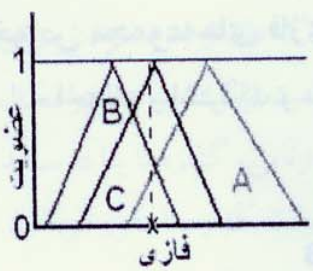
اجتماع و اشتراک و متمم مجموعه‌های فازی[۵]

در مجموعه‌های فازی برعکس مجموعه‌های قاطع، اشتراک A و متمم A الزاماً تهی نمی‌باشد.

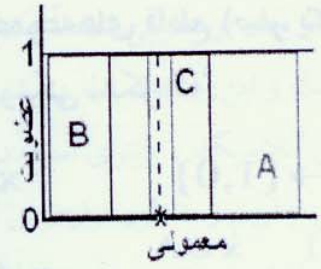


شکل ۲: اجتماع و اشتراک و متمم مجموعه‌های فازی

یکی دیگر از جنبه‌های مهم این منطق این است که الزامی ندارد که یک داده فقط متعلق به یک گروه باشد یا نباشد. داده می‌تواند، ۰، ۲/.، ۵/.، ۸/.، و یا ۱ مقدار عضویت برای گروه بپذیرد (Partial Membership). همچنین داده می‌تواند با مقدار عضویت‌های متفاوت متعلق به چند مجموعه باشد. مثلا۳/. عضو گروه A و ۴/. عضو گروه B و ۹/. عضو گروه C باشد. اما در منطق دوتایی (Binary) یا بولیین (Boolean) یک داده یا متعلق به گروه A هست (۱) و یا نیست (۰)؛ واین یکی از مزایای بزرگ منطق فازی است که تفاوت بین این دو بیان را در شکل ۳ می‌بینیم[۵].



گروه	عضویت
A	0.3
B	0.4
C	0.9



گروه	عضویت
A	0
B	0
C	1

شکل۳: مقدارعضویت در مجموعه‌های فازی و دودویی

تابع عضویت درمجموعه‌های فازی و غیر فازی

تابع عضویت در مجموعه‌های غیر فازی

$$\mu_A(X) = 1 \Rightarrow x \in A$$
$$\mu_A(X) = 0 \Rightarrow x \notin A$$

یعنی بین صفر و یک مقداری برای تابع عضویت متصور نیست.

یک تابع فازی A بر روی مجموعه ی متغیر X بصورت زیر مجموعه‌ای مرتب از زوج‌هاست:

$$A = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in X\}$$

μA(x)، یک تابع فازی است که در مجموعه فازی A تعریف می‌شود. در حقیقت این تابع فازی به عنوان (برد تابع) است که بر روی محور Yمحور مختصات قرار می گیرد. x یک متغیر بر روی محور x محور مختصات است که به عنوان (دامنه تابع) مطرح است که به میزانی به تابع فازی $\mu_A(x)$ عضویت دارد. یک مجموعه فازی، با تابع عضویت (Membership Function) شناخته می‌شود.

X = مجموعه جهانی متغیرها

μA(x) = تابع عضویت در مجموعه فازی

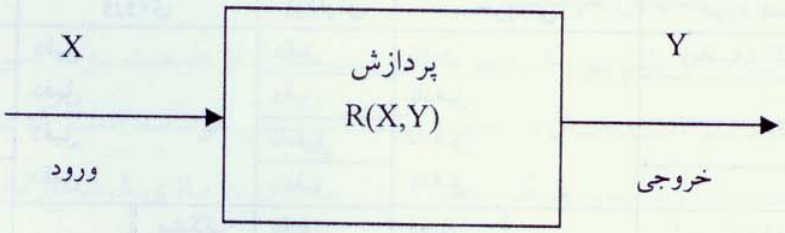
A = مجموعه فازی

عملکردهای ادراک وشناخت مغز، برخلاف عملکردهای حسابگری **دودویی**، مبتنی بر درجات نسبی اطلاعات کسب شده از سیستم‌های گیرنده طبیعی است. اما ابزارهای ریاضیات قراردادی، چه قطعی یا احتمالی فقط مبتنی بر اندازه اطلاعات است. گیرنده‌های طبیعی ما اطلاعات را به صورت درجات نسبی می گیرند تا اعدادصرف. ادراکها و عکس‌العمل‌ها در فرآیند شناختی نیز به صورت درجات نسبی ظاهر می‌شوند. مثلا هنگامی که در یک جاده لغزنده رانندگی می کنیم شرایط رانندگی را به معنای درجات نسبی کسب می کنیم وبر طبق آن عمل می کنیم.

صفات کشسانی و استحکام در ذات عملکردهای شناختی ما هستند.لذا فرآیند ادراک وشناخت بر مبنای اطلاعات درجه‌ای عمل می کنند. اطلاعات ممکن است به صورت عددی (درجه حرارت بدن ۳۷/۵ درجه سانتیگراد است) باشند ولی در هنگام فرآیند شناخت یک پزشک این را به صورت درجه حرارت نزدیک نرمال وبه صورت درجه نسبی درک می کند.لذا فر آیند شناخت با توجه به شکلهای مختلف اطلاعات عمل می کندو این منجر به **بی‌شکلی و عدم قطعیت** می گردد.

ریاضیات مفاهیم نادقیق

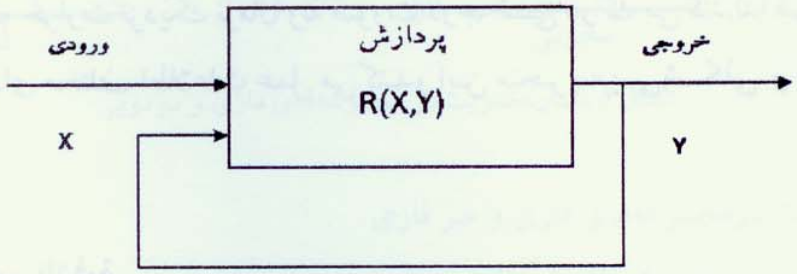
بشر از دیر باز به فکر الهام گرفتن از طبیعت اطراف خود بوده ودر خلق اثار خود از آن استفاده کرده و به همین منظور"علم بیونیک" را که هنر به کار گرفتن دانش سیستم‌های زنده برای حل مسائل فنی می‌باشد ایجاد کرده است.لازم به ذکر است که در اینجا منظور از سیستم به بیان علم بیونیک عبارت است از دسته‌ای از اجزاء که برای انجام کاری به صورت مخصوصی گرد هم آمده باشند. اگر اجزاء مذکور فقط به صورت تصادفی جمع شده باشند، فقط توده‌ای بی‌سازمان خواهند بود که قادر به انجام هیچ کاری نبوده وبدانها نمی‌توان لفظ سیستم را داد. حال با چنین برداشتی در بسیاری ازمواردمی توان یک سیستم را به صورت شکل ۴ نمایش داد[۲].



شکل ۴: نمایش یک سیستم.

همانطوری که در شکل مشاهده می‌شودیک سیستم از اجزاء بردار ورودی X، بردار خروجی Y و پردازش R(X,Y) تشکیل شده است. معمولا R(X,Y) رابطه‌ای بین بردار X و بردار خروجی Y می‌باشد که می‌تواند به صورت گزاره‌های خبری، امری و شرطی باشد. البته می‌توان فرض کرد که اصولا شکل متعارف R(X,Y) به صورت جملات شرطی است که بدان پایگاه اطلاعاتی سیستم گفته می‌شود. اگر سیستم مورد نظر یک کنترل کننده باشد، در اینصورت ورودیها می‌توانند، مثلا، درجه حرارت، فشار، خطاهای مربوطه وغیره باشند و خروجیها می‌توانند عکس‌العمل‌هایی باشند

که بایستی در سیستم صورت پذیرد، مثلا به صورت بازو بسته کردن دریچه‌ای یا کلیدی وغیره. ممکن است که خروجیهای حاصل از سیستم خود به صورت بازخورد به پایگاه اطلاعاتی R(X,Y) اضافه گردند، نمایش اینگونه سیستم‌ها به صورت شکل ۵ خواهد بود[۲].



شکل ۵: نمایش یک سیستم به صورت بازخورد.

با توجه به موارد مطرح شده می‌توان چنین نتیجه گرفت که در مطالعه یک سیستم، سه جزء ورودی، پردازش وخروجی را بایستی بررسی کرد و چون برای هر کدام از این سه جزء دو حالت دقیق ونادقیق متصور است، لذا هشت حالت مطابق جدول یک را می‌توان برای یک سیستم در نظر گرفت[۲].

جدول ۱: حالات مختلف یک سیستم.

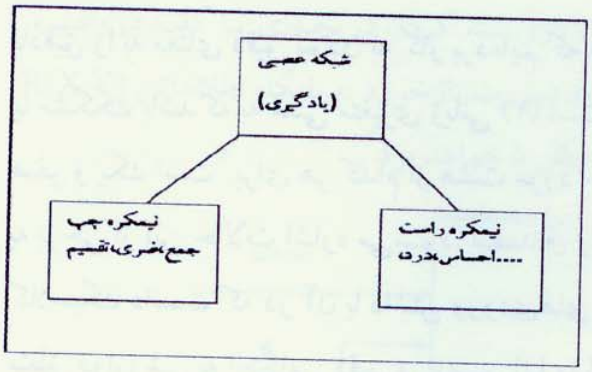
ردیف	ورودی		پردازش	خروجی		مورد مصداق
۱	دقیق		دقیق	دقیق		ریاضیات کلاسیک
۲	دقیق		دقیق	نادقیق		
۳	دقیق		نادقیق	نادقیق		
۴	دقیق		نادقیق	نادقیق		
۵	نادقیق	مشکک	دقیق	دقیق		کنترل‌کننده مشکک
		تصادفی				
۶	نادقیق	مشکک	دقیق	نادقیق	مشکک تصادفی	ریاضیات مشکک
		تصادفی				حساب احتمالات
۷	نادقیق		نادقیق	دقیق		
۸	نادقیق		نادقیق	نادقیق		

تذکری که در مورد این جدول لازم است این است که ما در اینجا کلمه دقیق را به معنی متعارف آن یعنی دو ارزشی بودن در ریاضیات کلاسیک به کار برده ایم.یعنی اگر ورودی به عنوان یک گزاره تصور شود، ارزش آن می‌تواند یکی از دو حالت درست یا نادرست با شد. اما مفهوم

نادقیق را به معنای دقیق نبودن به کار برده‌ایم که می‌تواند مثلا به صورت تصادفی، یا احتمالاتی و یا مشکک باشد که به معنی متغیری زبانی (۱) است، که ارزش درستی آن به صورت عددی مابین صفر و یک است[۲]. برای هر کدام از هشت مورد جدول بالا مصداقهایی می‌توان ارائه کرد. در اینجا به برخی از این حالات اشاره می‌شود. مصداق ردیف ۱ در جدول ۱ را میتوان همان ریاضیات کلاسیک دانست که در آن با داشتن ورودی‌های دقیق و به کار بستن استدلالهای دقیق در حیطه منطق دوارزشی به احکامی دقیق می‌رسیم. لذا مدلسازیهای معمول در ریاضیات کلاسیک همگی از این مقوله‌اند. اما در ردیف ۵ به دو حالت می‌پردازیم، حالت اول آن است که ورودی‌ها نادقیق و از انواع تصادفی، پردازش استدلال دقیق وخروجیها نادقیق و از انواع تصادفی باشند. در اینجا به نوعی از ریاضیات خواهیم رسید که تحت موضوع حساب احتمالات (یا استدلال احتمالی) بررسی می‌شود. حالت دیگر این است که ورودیها مشکوک یا نادقیق، پردازش استدلال دقیق وخروجیها مشکوک یا نادقیق باشند. در این حالت به ریاضیات مشکک خواهیم رسید. شاید بتوان ادعا کرد که مصداق ردیف ۸ همان«مغز انسان» است که در آن ورودیها نادقیق، پردازش نادقیق وخروجیها نادقیق خواهند بود. البته این بدان معنی نیست که مغز انسان در یک «سردرگمی» استدلال می‌کند، بلکه مغز انسان می‌تواند از اطلاعات نادقیق با استنتاجهای نادقیق نتیجه‌گیریهای نادقیقی را انجام دهد[۲].

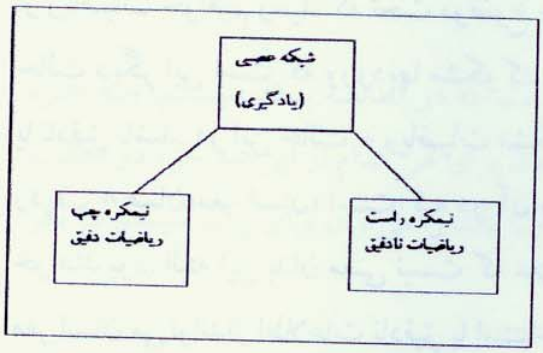
ریاضیات نادقیق و سیستمهای هوشمند

اصولا بشر با استفاده از علم بیونیک همواره در جهت تقلید از طبیعت بوده است. اما بهترین مدل برای تقلید خود بشر است. انسان در جهت ساخت سیستمی هوشمند است که نسخه‌ای باشد از خودش. اینچنین سیستم هوشمندی ممکن است از برنده شدن در بازی شطرنج لذت ببرد. یا از موسیقی به وجد آید؛ چنین سیستم هوشمندی بایستی قادر به تشخیص بو، درک‌کننده‌ی عواطف واحساسات باشد و محاسبات پیچیده را انجام دهد و بایستی همانند انسان دارای مغز باشد. با نگاهی به مغز انسان مشاهده می‌شود دارای دو نیمکره است. نیمکره چپ که معمولا نیمکره برتر نامیده می‌شود و می‌تواند اعمال ریاضی را انجام دهد وبه نحو منطقی وزنجیره‌ای بیاندیشد. نیمکره راست که نیمکره دون پایه تلقی می‌شود، اشکال و چهره‌ها را می‌شناسد، موسیقی درک می‌کند و ... امامغز انسان خاصیتهای دیگری مثل یادگیری نیز دارد که توسط شبکه‌های عصبی حاصل می‌شود. آنچه را که در مغز انسان بیان کردیم می‌توان به صورت خلاصه شده، وبا تاکید بر انجام اعمال ریاضی آن، به صورت شکل شماره ۶ نمایش داد[۲].



شکل ۶: مدل ساده شده‌ای از مغز انسان.

با توجه به همین مدل می‌توان پیشنهاد کرد که در یک سیستم هوشمند بایستی از مدل شکل ۷ استفاده کرد.

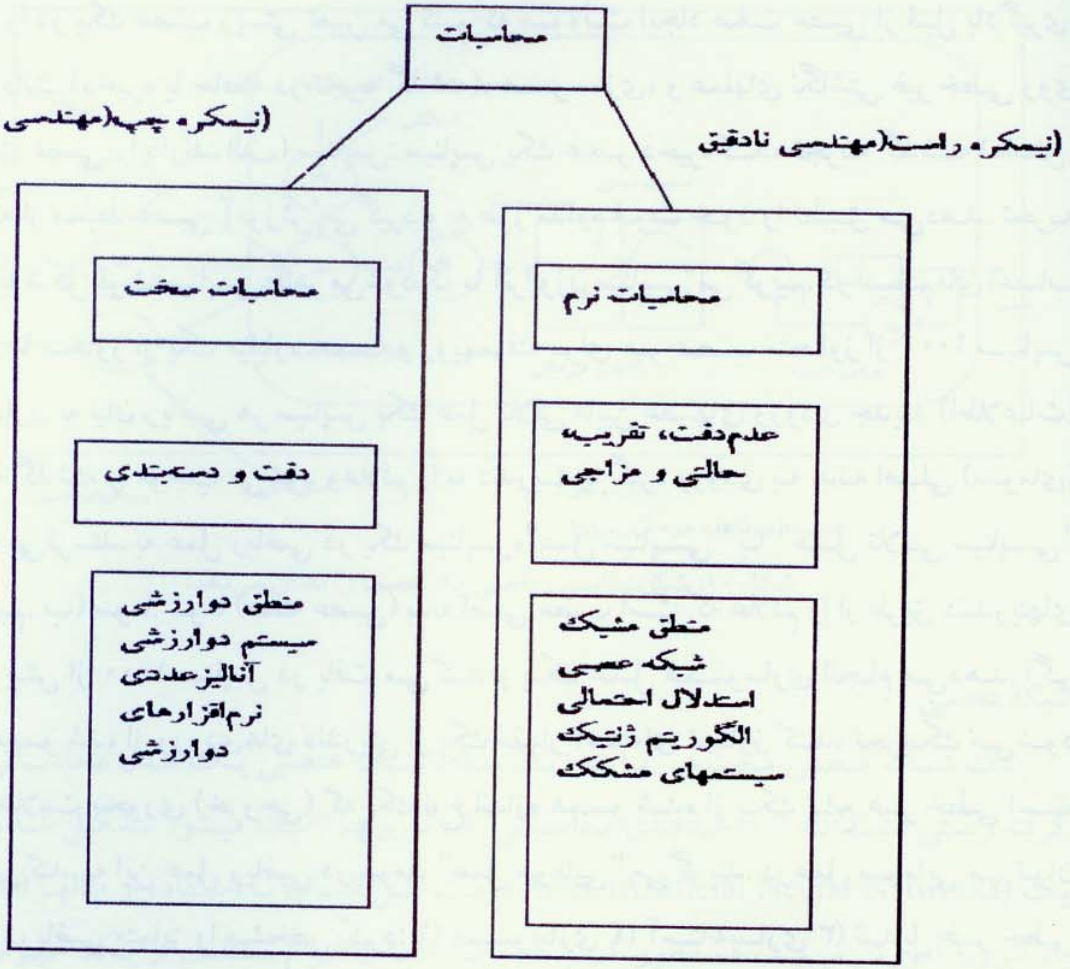


شکل ۷: مدل ساده از اجزاء تشکیل‌دهندهٔ یک سیستم هوشمند.

هر گاه بحث از ریاضیات می‌شود بی‌شک محاسبات در آن نقش دارد. اما با توجه به مدلی که در شکل پیشنهاد شد، محاسباتی که در نیمکره راست و چپ وجود دارد با هم فرق دارند. پس محاسبا ت را می‌توان به دو نوع تقسیم‌بندی کرد:

الف) محاسبات سخت: این نوع محاسبات همان است که در عرف معمول ریاضی داریم و از اصول اولیه آن داشتن دقّت بالا برای دستیابی به جواب است. ب) محاسبات نرم: این نوع محاسبات عدم دقت را برای پایین آوردن هزینه‌ها، قابلیت پیگیری، سرعت در دستیابی به جواب ومواردی از این قبیل را اساس کار خود قرار داده است. بنابراین در بُعد محاسباتی برای مغز یک سیستم هوشمند نیز می‌توان شکل ۱۲ را ارائه کرد. که قسمت محاسبات نرم در نیمکرهٔ راست انجام میشود ومی توان بدان نام مهندسی نادقیق (با ریاضیات نادقیق) داد ومحاسبات سخت در نیمکرهٔ چپ انجام شده و نام آن را مهندسی دقیق (با ریاضیات دقیق) میگذاریم. لذا بسته به نوع اطلاعاتی که داریم بایستی مهندسی دقیق یا نادقیق را به کار برد[۲].

در شکل ۸، در قسمت محاسبات نرم ملاحظه می‌شود که برای توسعهٔ این محاسبات نیاز به پیشرفت قسمتهای مختلفی از ریاضیات نادقیق است.



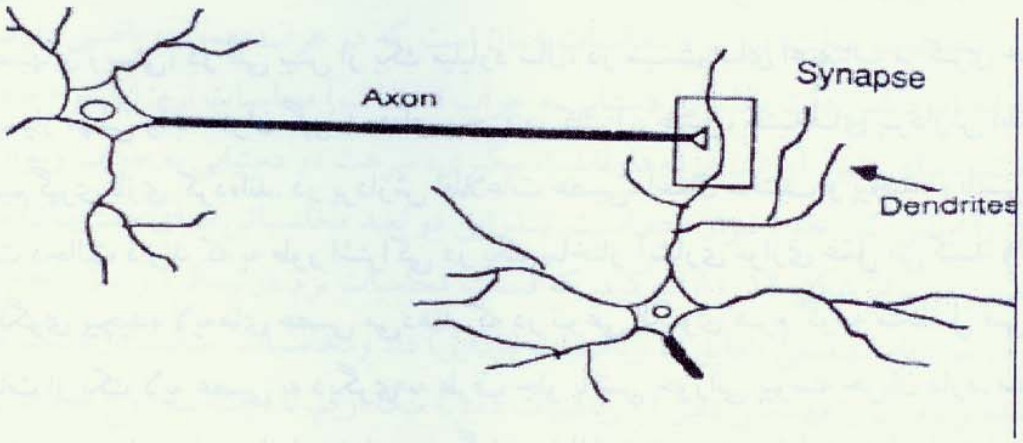
شکل ۸: نمودار اجزاء تشکیل دهندهٔ محاسبات سیستمهای هوشمند.

عصب

عصبهای زیستی، در طی بیش از یک میلیارد سال، در سیستم‌های اعصاب مرکزی جانوران نقش بسیار مهمی را به عنوان گیرنده‌های پیچیده، کنترل، عشق، جنبه‌های پردازش اطلاعات وتصمیم‌گیری بازی کرده‌اند. در پردازش اطلاعات عصبی، اعمال مختلف و پیچیده ریاضی وتوابع نگاشت دخالت دارند که به طور اشتراکی در یک ساختار آبشاری موازی عمل می‌کنند وتشکیل یک الگوی پیچیده لایه‌های عصبی می‌دهند که در نوعی الگوی هرم گونه متکامل می‌شوند. اطلاعات از یک لایه عصبی به دیگری به طرف جلو یا پس خورانی پیوسته جریان دارد. منظور از ساختار هرمی عبارت است از استخراج وهمگرایی اطلاعات در هر نقطه به طرف جلو. درک شکل‌شناسی (ساختار) عصبی زیستی نه تنها سر رشته را می‌نمایاند بلکه تلاشی است در طراحی ماشین حسابگری شناختی، یعنی سیستم شناختی واقعی. از نقطه نظر عصب‌شناسی، ما دو عنصر عصبی

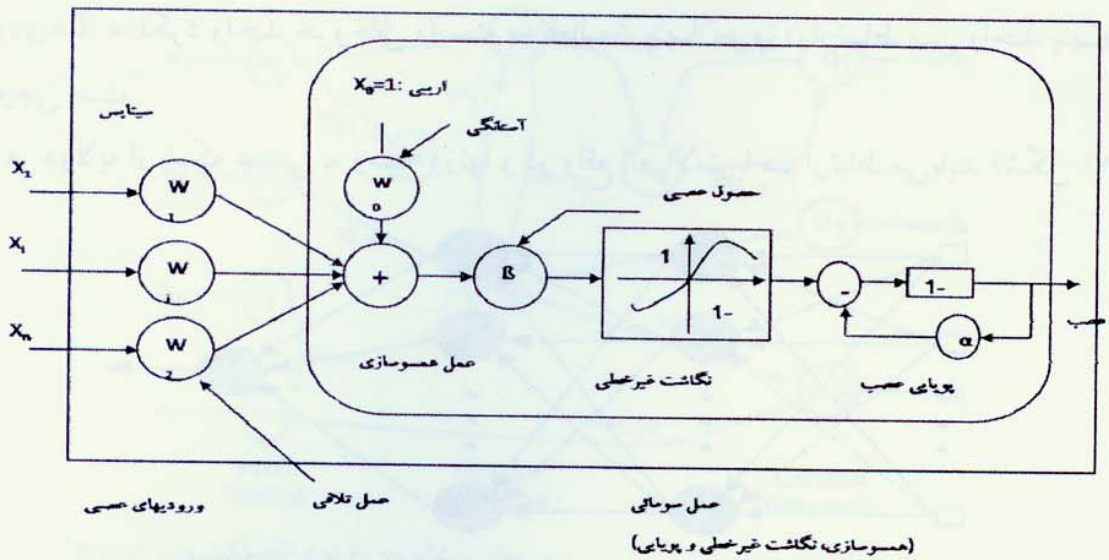
کلیدی را در یک عصب زیستی تعیین می کنیم که مسوولیت ایجاد صفت عصبی از قبیل یادگیری، اختیار، دانش(ذخیره یا حافظه در تجربه گذشته)، همسو سازی، و عملهای نگاشتی غیر خطی روی اطلاعات عصبی را دارند: الف) سیناپس: سیناپس یک عنصر ذخیره کننده تجربه گذشته (دانش) است که از محیط عصبی آموزش می گیرد و به طور مداوم قوت خود را تطبیق می‌دهد. تجربه گذشته به شکل قوت سیناپسی ظاهر می‌شود که ما آنرا وزن سیناپسی می گوییم. در سیستم‌های اعصاب مرکزی ما متجاوز از یک میلیارد عصب و رویهمرفته برای هر عصب متجاوز از ۱۰۰۰ سیناپس وجود دارد. به بیان ریاضی هر سیناپس یک عمل تلاقی مابین عصبهای ورودی جدید (اطلاعات) و تجربهٔ گذشته را موجب می‌شود وعلائم را به دندریت یا گره ورودی به بدنه اصلی (سومای) عصب، می‌فرستد. به عمل ریاضی در یک سیناپس،"عمل سیناپسی" یا "عمل تلاقی سیناپسی" می گوییم. ب) سوما: سوما (هسته عصبی) بدنه اصلی عصب است که علائم را از طریق دندریتهای خود از بیش از ۱۰۰۰ سیناپس در یافت می کند و یک عمل همسوسازی انجام می‌دهد. اگر اندازه همسو شده از ورودی‌های دندریتی از یک مقدار آستانه‌ای تجاوز کند، تحریک می‌شود و یک علامت محوری (خروجی) که یک نوع اندازه همسو شده از یک تابع غیر خطی است ایجاد می کند. به این عمل ریاضی در سوما، "عمل سومایی" می گویند. درعمل سومایی می‌توان سه عمل ریاضی متمایز را مشخص کرد: ۱) همسوسازی ۲) آستانه‌سازی ۳) تبدیل غیر خطی (نگاشت)[۳].

شکل ۹ شکل‌شناسی عصب زیستی را نشان می‌دهد



شکل ۹: شکل‌شناسی عصب زیستی .

شکل ۱۰ شکل‌شناسی ریاضی یک عصب.



شکل ۱۰: شکل‌شناسی ریاضی یک عصب را نشان می‌دهد.

شبکه عصبی

یک شبکه عصبی مصنوعی یا به زبان ساده شبکه عصبی یک مدل محاسباتی الهام گرفته زیستی است که از واحدهای محاسباتی که نورونها نامیده میشود تشکیل شده است. یک ANN (Artificial Neural Networks) درست مثل انسانها با استفاده از مثالها (داده‌های یادگیری) آموزش می‌بیند، همانطور که یک بچه بادیدن انواع مختلف از یک حیوان، قادر به تشخیص آن می‌باشد[۹].

ساختار شبکه‌های عصبی:

اجزای سازنده:

لایه‌ها

وزن‌های ورودی در هرلایه

لایه‌ها

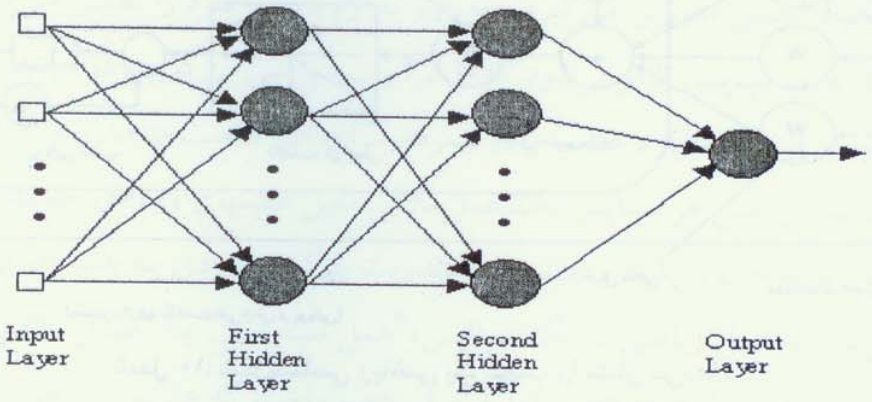
لایه ورودی: دریافت اطلاعات خام (هر ورودی = یک ویژگی از یک نمونه)

لایه‌های پنهان (Hidden Layer): عملکرد لایه‌های پنهان، به وسیله ی ورودیها و وزن ارتباط بین آنها و لایه‌های پنهان، تعیین می‌شود. وزنهای بین واحدهای ورودی و پنهان تعیین می‌کند که چه وقت یک واحد پنهان بایستی فعال گردد.

لایه خروجی: خروجی‌های شبکه ی عصبی را تعیین می‌کند (برای مثال تعیین دسته‌ی

ورودی‌ها): عملکرد واحد خروجی وابسته به فعالیت پنهان و وزن ارتباط بین واحد پنهان و خروجی است[۹].

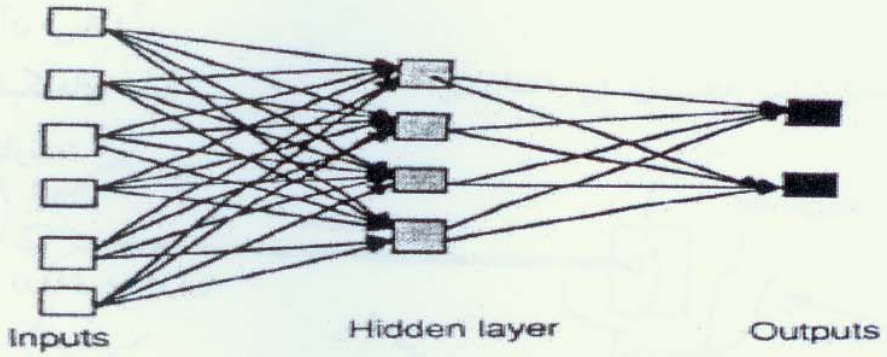
هر دولایه از شبکه عصبی به وسیله وزنها و در واقع اتصالات با هم ارتباط می‌یابند (شکل ۱۱).



شکل ۱۱: لایه‌های تشکیل‌دهنده یک شبکه عصبی.

انواع شبکه عصبی با توجه به نوع اتصالات بین نرونها

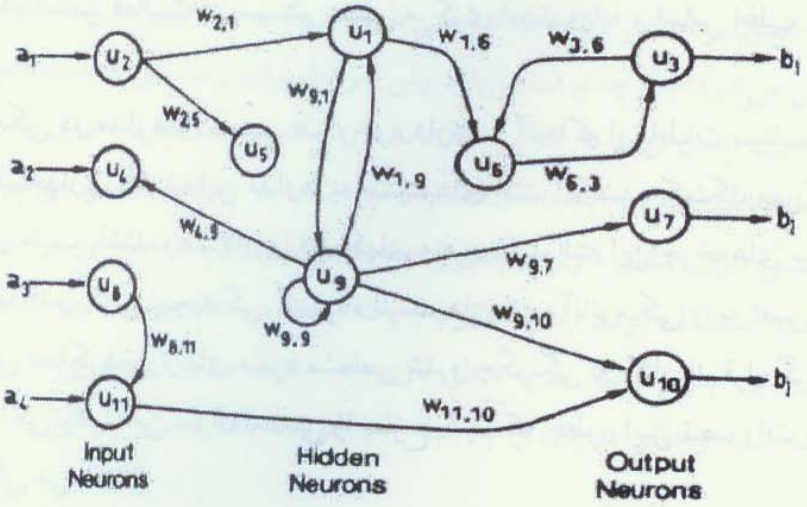
شبکه پیشرو (Feed-Forward): بیشترین پیوندها از این نوع است که درآن سیگنالها در یک جهت در حرکتند. از ورودی به خروجی هیچ بازخوردی (Feedback) وجود ندارد. خروجی هر لایه بر آن لایه تاثیر ندارد.[۹] (شکل ۱۲).



شکل ۱۲: شبکهٔ عصبی پیشرو (Feed-Forward).

پسخورد (Feed-backward): داده‌ها از گره‌های لایه بالا به گره‌های لایه پایین باز خورانده می‌شود[۹] (شکل ۱۳).

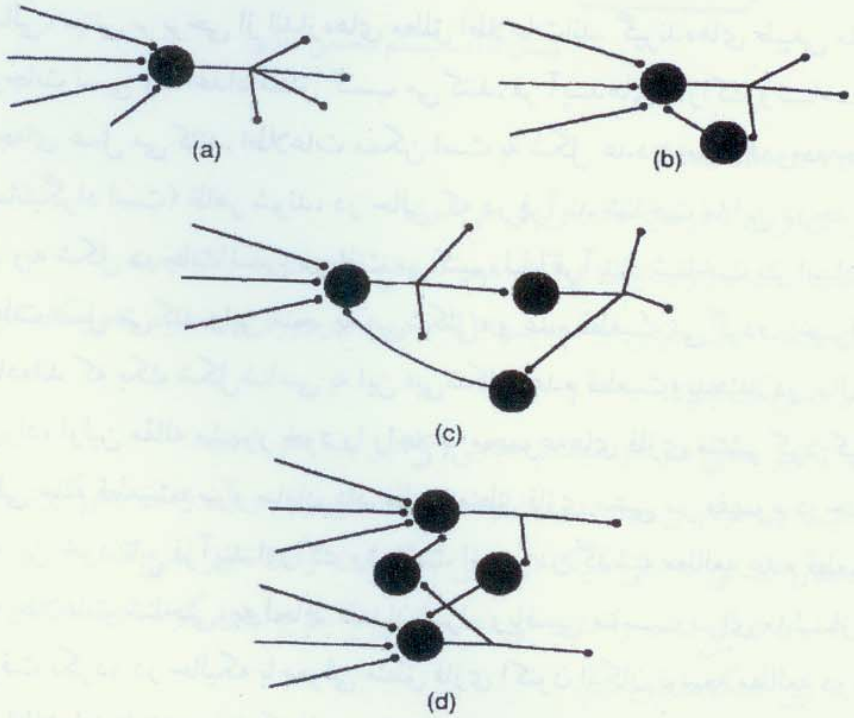
جانبی: خروجی گره‌های هر لایه به عنوان ورودی گره‌های همان لایه استفاده می‌شود[۹] (شکل ۱۳).



شکل ۱۳: انواع شبکه عصبی پیشرو، پسخورد و جانبی با توجه به نوع اتصالات بین نورونها.

Neural Circuits and Computation

شکل ۱۴، چندین مدار پایه عصبی را نشان می‌دهد که در سیستم عصبی مرکزی وجود دارند. شکل a و b واگرایی و هم‌گرایی رادر مدار عصبی نشان می‌دهند، هر نورون ایمپالسهای عصبی را به تعداد زیادی نورون دیگر می‌فرستد (Divergence)، وایمپالسهای عصبی را از تعداد زیادی نورون دریافت می‌کند (Convergence).



شکل ۱۴: چندین مدار پایه عصبی که در سیستم عصبی مرکزی وجود دارند.

این ایده ساده اساس فعالیت در سیستم عصبی مرکزی است وپایه و اساس اغلب مدلهای شبکه عصبی است.

راههای فیدبکی در مدارهای عصبی هم وجود دارند. ازآنجاکه ارتباطات سیناپسی می‌توانند هم تحریکی وهم مهاری باشند، این مدارها به سسیتم‌های کنترل‌کننده کمک می‌کنند که هم دارای فیدبکهای مثبت باشند وهم دارای فیدبکهای منفی باشند.البته این چرخه‌های ساده که نشان داده شده است به قدر کافی پیچیدگی گسترده سیستم‌های نوروآناتومیکی را به تصویر نمی‌کشند. حال که چگونگی عملکرد نورونهای منفرد مشخص شد و چگونگی در کنار هم قرار گرفتن آنها معلوم گردید، در اینجا می‌توانیم این سوال اساسی را مطرح کنیم که چطور این تصورات ساده به مغز قابلیت‌های بزرگی می‌دهند؟

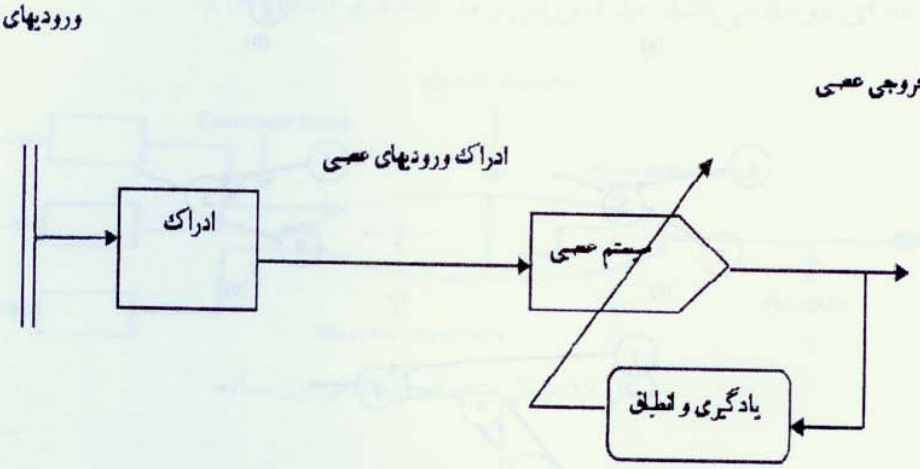
اولین تلاش برای پاسخ به این سوال در سال ۱۹۴۳ توسط McCulloch و Pitts انجام شد. کارهای این محقق و همکارش از این جهت اهمیت داشت که آنها به مغز به عنوان یک Computational Organism نگاه کردند.

شناخت و درجات نسبی

فعالیتهای ادراکی وشناختی مغز، بر خلاف عملکرد محاسباتی حسابگرهای دودویی،بر درجات نسبی اطلاعات بدست آمده از سیستم گیرنده طبیعی مبتنی است. ابزارهای ریاضی قراردادی، چه قطعی یا احتمالی، مبتنی بر برخی از اندازه‌های مطلق اطلاعات‌اند. گیرنده‌های طبیعی ما اطلاعات را به صورت درجات نسبی ونه اعداد مطلق کسب می‌کنند. فرآیندهای ادراک وشناخت بر اساس اطلاعات درجه‌ای عمل می‌کنند. اطلاعات ممکن است به شکل عددی مانند (درجه حرارت بدن ۳۷/۴ درجه سانتیگراد است) ظاهر شوند، در حالی که در فرآیند شناخت ما این درجه رابه صورت نزدیک نرمال وبه شکل درجات نسبی دریافت می‌کنیم. لذا فرآیند شناخت بر اساس شکلهای مختلف اطلاعات عمل می‌کند واین منجر به «بی‌شکلی» و عدم قطعیت می‌گردد. اخیرا دانشمندان به این فکر افتاده‌اند که یک شکل‌شناسی به این «بی‌شکلی عدم قطعیت» بدهند. در سال ۱۹۶۵ بود که اقای لطفی‌زاده اولین مقاله مشهور خود را راجع به مجموعه‌های فازی منتشر کرد که به نوعی به این «بی‌شکلی عدم قطعیت» سرو سامان داد. نظریه منطق فازی مبتنی بر مفهوم درجه عضویت نسبی است که این خود تابع فرآیند ادراک وشناخت است. در گذشته مطالعه عدم قطعیت شناختی و همریشه آن، اطلاعات شناختی، به لحاظ فقدان ابزار ریاضی مناسب برای مدلسازی اینچنین اطلاعاتی پیشرفت نکرد، در حالیکه با معرفی منطق فازی اکنون امکان توسعه مطالعه در رشته‌های مهمی همچون اطلاعات شناختی، شبکه‌های عصبی، وسیستمهای محاسباتی شناختی عصبی وجود

دارد. ادراک انسان بر اساس اطلاعات شناختی عمل می‌کند واطلاعات شناختی توسط درجات نسبی مشخص می‌شود: «گرچه برف می‌بارد ولی شرایط برای رانندگی چندان هم بد نمی‌باشد.» ادراک و شناخت انسان از طریق تلاقی اطلاعات تازه (که توسط گیرنده‌های ما از محیط کسب می‌شود) و اطلاعات (تجربه،پایگاه اطلاعات) ذخیره شده در حافظه حاصل می‌شود[۳].

منطق عصبی فازی: منطق فازی به منظور ارائه عدم قطعیتهای موجود در فرایند شناختی انسان مثل: فکرکردن، استدلال کردن وادراک توسعه یافته است. در ذات نظریه مجموعه‌های فازی مفهوم عضویت درجه‌ای مطرح است. نظریه منطق فازی، بر خلاف منطق ارسطویی (دودویی)، با استفاده از مفهوم عضویت درجه‌ای در بازه واحد بسته [۰,۱]توسعه یافته است[۳] (شکل ۱۵).



شکل ۱۵: سیستم عصبی فازی.

تئوری McCulloch-Pitts

این تئوری برای ۵ فرضیه قالب‌ریزی می‌شود:

۱- فعالیت یک نورون، یک فرآیند همه یا هیچ (all-or-none) است.

۲- یک شمار ثابت معینی از سیناپسها (1<) در یک دوره نهفته باید تحریک شوند برای اینکه یک نورون تحریک شود.

۳- تنها تاخیر معنی دار در سیستم عصبی، تاخیر سیناپسی است.

۴- فعالیت هر سیناپس مهاری یقینا از فعال شدن نورون در آن زمان جلوگیری می‌کند.

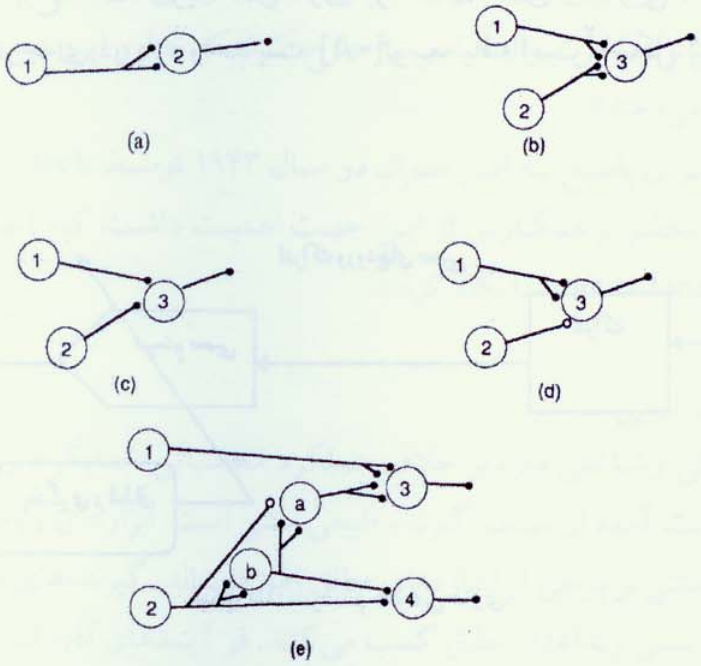
۵- ساختار اتصالی داخلی شبکه ارتباطی با گذشت زمان تغییر نمی‌کند.

شکل ۱۶، ۵ شبکه ساده را نشان می‌دهد. ما می‌توانیم بیانهای گزاره‌ای ساده‌ای را برای توضیح رفتار ۴ تا از این شبکه‌ها بنویسیم.

این ترسیمات، مثالهایی از شبکه‌های ساده McCulloch-Pitts هستند که می‌توانند در شرایطی از

نماد منطق گزاره‌ای تعریف شده باشند. دایره‌های بزرگ اجسام سلولی را نشان می‌دهند. دایره‌های توپر کوچک، ارتباطات تحریکی را نشان می‌دهند ودایره‌های کوچک توخالی ارتباطات مهاری را نشان می‌دهند.

شبکه‌ها بازگوکننده حالت (a): (Precesion) حرکت تقدمی، (b): (disjunction) تفکیک، (c): (conjunction) پیوستگی، (d): (conjoined negation) است. در حالت b، یک‌تر کیبی از شبکه‌های a تا d نشان داده شده است.



شکل ۱۶: چند شبکه سادهٔ McCulloch-Pitts.

شکل a یک حالت حرکت تقدمی (precession) را نشان می‌دهد:نورون شماره ۲ بعد از نورون شماره ۱ به مرحله فایرینگ می‌رسد که بیان این حالت به صورت زیر نشان داده می‌شود: N2(t) = N1(t-1). به طور مشابه برای بیان حالات b تا c، به صورت زیر نشان داده می‌شود:

- $N_3(t) = N_1(t-1)$ V $N_2(t-1)$ (disjunction)
- $N_3(t) = N_1(t-1)$ & $N_2(t-1)$ (conjunction), and
- $N_3(t) = N_1(t-1)$ & $N_2(t-1)$ (conjoined negation).

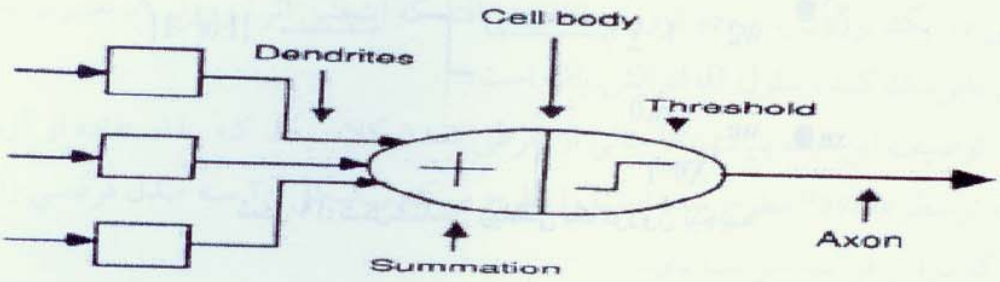
یکی از دلایل قوی در این تئوری این بود که هر شبکه‌ای که ارتباطات فیدبکی نداشته باشد، می‌تواند در حالاتی از ترکیب این ۴ حالت ساده شرح داده شود وبطور برعکس.شکل e نمونه‌ای از یک شبکه است که از ترکیبی از شبکه‌های حالات a تا d ایجاد شده است.

اگر چه مدل McCulloch-Pitts تئوری خوبی برای توضیح دقیقی از فعالیت مغزی نیست ولی اهمیت این تئوری نمی‌تواند نادیده گرفته شود. چرا که این تئوری برای کسانی که در زمینه علوم کامپیوتری دارای نفوذ هستند، راه‌گشا است.

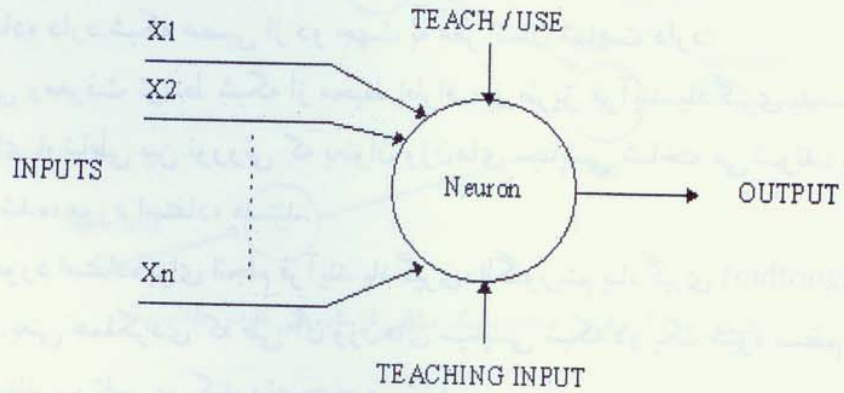
از نرون‌های انسان تا نورون‌های مصنوعی

یک نرون ساده

یک نرون مصنوعی سیستمی است با تعداد زیادی ورودی و تنها یک خروجی (شکل ۱۷).
نرون دارای دو مد می‌باشد: مد *آموزش* و مد *عملکرد* (شکل ۱۸).



شکل ۱۷: شکل ساختاری یک نورون ساده.



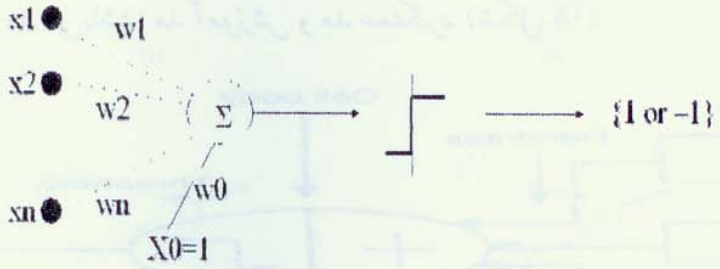
شکل ۱۸: مد آموزش و عملکردی یک نورون ساده.

در مد آموزش، نورون یاد می‌گیرد که در مقابل الگوهای ورودی خاص برانگیخته شود (Training) و یا آتش کند (Firing).
در مد عملکرد وقتی یک الگوی ورودی شناسایی شده، وارد شود، خروجی متناظر با آن ارائه می‌شود (با توجه به داده‌های یادگیری قبلی).

اگر ورودی جز ورودی‌های از پیش شناسایی شده نباشد، قوانین آتش برای برانگیختگی یا عدم آن تصمیم‌گیری می‌کند (Making Decision).

نورون پیچیده: پرسپترون با ورودی‌های وزن‌دار

نوعی از شبکه عصبی، برمبنای یک واحد محاسباتی به نام پرسپترون ساخته می‌شود. یک پرسپترون، برداری از ورودیهای با مقادیر حقیقی را گرفته و یک ترکیب خطی از این ورودیها را محاسبه می‌کند. اگر حاصل از یک مقدار آستانه بیشتر بود خروجی پرسپترون برابر با 1 و در غیر اینصورت معادل 1- خواهد بود (شکل ۱۹).



شکل ۱۹: شکل‌شناسی ریاضی یک نورون پیچیده.

شبکه عصبی یک پردازشگر توزیعی موازی حجیم است که از واحدهای پردازش‌کننده منفرد تشکیل شده است که دارای یک تمایل طبیعی برای طبقه‌بندی آگاهی تجربی و در دسترس کردن آن برای استفاده دارد.شبکه عصبی از دو جهت به مغز انسان شباهت دارد:

۱- آگاهی ومعرفت توسط شبکه از محیط اطراف از طریق فرآیند یادگیری بدست می‌آید.

۲- نیروهای ارتباطی بین نورونی که بعنوان وزن‌های سیناپسی شناخته می‌شوند، با ذخیره این دانش کسب شده، مورد استفاده هستند.

۳- شیوه مورد استفاده برای انجام فرآیند یادگیری، الگوریتم یادگیری (Learning algorithm) نامیده می‌شود.یعنی عملکردی که طی آن وزن‌های سیناپسی شبکه در یک شیوه منظم برای رسیدن به یک طرح مطلوب تغییر می‌کند وتصحیح می‌شود.

اصلاح وزن‌های سیناپسی روشی سنتی برای طراحی شبکه‌های عصبی فراهم می‌کند.

شبکه عصبی همچنین توپولوژی خودش را تغییر می‌دهد که به این واقعیت بر می‌گردد که نورونهای مغز انسان می‌تواند بمیرد و ارتباطات سیناپسی جدید می‌توانند دوباره رشد کنند.

Hebbian Learning، قوانین هب: مثال از شرطی شدن کلاسیک

سیستم‌های عصبی بیولوژیکی در زمان تولد با تمام آگاهیها و قابلیت‌ها طرح ریزی نشده‌اند

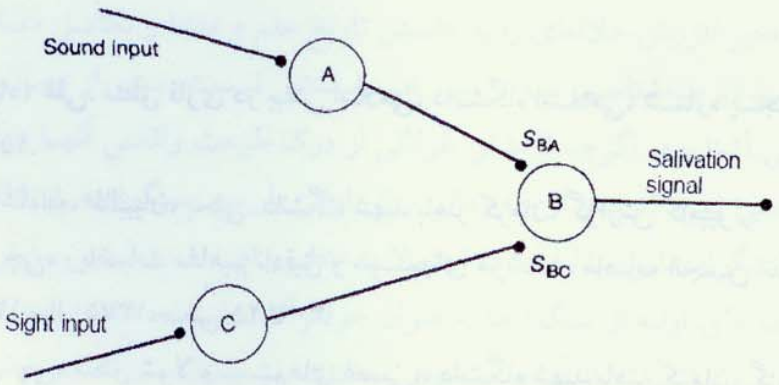
بلکه آنها را بعداً به دست می‌آورند. یک فرآیند یادگیری که با گذشت زمان اتفاق می‌افتد بطریقی شبکه عصبی رابا ترکیب کردن اطلاعات جدید تغییر می‌دهد.

چه طور ما می‌آموزیم؟

یک تئوری بنیادی در این مورد در کتابی با عنوان Organization of behavior در سال ۱۹۴۹ مطرح شد که توسط Hebb نوشته شد. این مدل نیز به عنوان یکی دیگر از مدلهای شبکه عصبی است که امروزه وجود دارد.تصور اصلی در این مورد برپایه یک فرضیه آورده شده بود که:

«وقتی که یک آکسون از سلول Aبه میزان کافی یک سلول عصبی مانند B را تحریک می‌کند و بطور پشت سر هم و پایدار در فایرینگ آن شرکت می‌کند، مقداری فرآیندهای رشد یا تغییر متابولیکی در یک نورون یا هر دو نورونها اتفاق می‌افتد که اینچنین اثر نورون A، بعنوان یکی از سلولهای فایرینگ‌کننده سلول B، افزایش یافته است».

برای توصیف این ایده بنیادی، ما مثالی از شرطی شدن کلاسیک که با استفاده از آزمایش مشابه که توسط Pavlov مطرح شده است را مطرح می‌کنیم. شکل ۲۰ سه مدل فرضی را نشان می‌دهد که دراین فرآیند شرکت دارند.



شکل ۲۰: آزمایش pavlov، یک مثالی از شرطی شدن کلاسیک.

فرض می‌کنیم که تحریک فیبر عصبی c توسط مشاهده غذا برای تحریک فیبر B کافی است که که در نهایت منجر به ترشح بزاق می‌شود. از این گذشته فرض شده است که در غیاب محرک اختصاصی، تحریک فیبر A در نتیجه شنیدن صدای زنگ برای ایجاد فایرینگ در فیبر B کافی نیست.

اجازه داده می‌شود که فیبر C فیبر B را با مشاهده غذا تحریک کند؛ در عین حال در حین اینکه فیبر B در حال فایرینگ است فیبر A نیز توسط به صدا در آمدن زنگ تحریک می‌شود. بدلیل اینکه فیبر B هنوز در حال فایرینگ است، فیبر A حالا در تحریک فیبر B نیز شرکت دارد،

ولی در هر صورت فیبر A به تنهایی برای ایجاد فایرینگ در فیبر B کافی نخواهد بود. در این حالت فرضیه Hebb بیان می کند که بعضی تغییرات بین فیبر A وفیبر B اتفاق می‌افتد. به طوری که اثر فیبر A بر روی فیبر Bافزایش یافته است. اگر آزمایش به میزان کافی تکرار شود، سرانجام فیبر A قادر خواهد بود حتی در غیاب تحریک بینایی که با مشاهده غذا ایجاد می‌شود و توسط فیبر C منتقل می‌شود، فیبر B را تحریک کند. آنوقت حتی اگر زنگ هم به تنهایی به صدا در آید و حتی غذا هم مشاهده نشود، ترشح بزاق باز هم صورت می گیرد، بدلیل اینکه تحریک فیبر A به تنهایی هم برای ترشح بزاق کافی خواهد بود.

بدلیل اینکه ارتباط بین نورونها از طریق سیناپسها صورت می گیرد، معقول به نظر می‌رسد حدس زده شود که هر تغییری که در طول یادگیری صورت می گیرد در محل سیناپسها باشد. Hebb استدلال کرد که ناحیه‌ای از اتصال سیناپسی توسعه یافته است. بیشتر تئوری‌های اخیر ادعا کرده‌اند که یک افزایشی در میزان آزاد سازی نوروترانسمیتر توسط غشاء پیش سیناپسی معقول بنظر می‌رسد. در هر حالت، یقینا تغییرات در سیناپسها رخ می‌دهد. اگر هر دو سلولهای پیش سیناپسی و پس سیناپسی عموماً تغییر می کردند، واکنشهای دیگر میتوانست تقویت شده باشند که با شرایط آزمایش نامرتبط بودند.

منابع و مؤاخذ

۱- وحیدیان کامیاد، علی. منطق فازی در بینش اسلامی، دانشگاه اسلامی، شماره پنجم، تابستان ۱۳۷۷، صص ۱۴۵-۱۵۰.

۲- ماشین چی، ماشاءالله. طالبیان، یحیی. دانشگاه شهید باهنر کرمان، گزارش کامپیوتر.

۳- ماشاالله ماشین چی، ریاضیات مفاهیم نادقیق و سیستمهای هوشمند، ماهنامه انجمن انفورماتیک ایران، شماره پیاپی ۱۳۰ سال ۱۳۷۵،صص ۲۵ تا ۳۰.

۴- ماشاءالله ماشین چی، منطق شولا وسیستم‌های عصبی،، دانشگاه شهید باهنر کرمان، گزارش کامپیوتر.

۵- ابوالقاسمی فخری، محمد امین، مقدمه‌ای بر منطق فازی وکاربرد آن در دارو سازی.

6. Zadeh, L. A. Toward a theory of fuzzy information granulation and its centrality in human reasoning and fuzzy logic. Fuzzy Sets Syst. 90, 2 (Sep. 1997), 111-127. 1997.
7. Zadeh, L. A. 1988. Fuzzy Logic. Computer 21, (4), 83-93. 1988.
8. Haykin, S. Neural Networks: a Comprehensive Foundation. 2nd. Prentice Hall PTR. 1998.
9. Dayan, P. and Abbott, L. F. Theoretical Neuroscience: Computational and Mathematical
10. Modeling of Neural Systems. The MIT Press. 2005
11. www.sitnet.ir
12. www.fa.wikipedia.org
13. www.fuzzytech.com
14. www.shanekillian.org