



ARTIFICIAL **INTELLIGENCE**

"هوش مصنوعی - منطق فازی - شبکه های عصبی"

ترجمه و تدوین: مبین محسن زاده

www.pcsh.ir

تیر ۱۳۸۹

www.pcsh.ir

هوش مصنوعی

مقدمه :

انسان از ابتدای خلقت دنبال راهی بود تا بتواند بسیاری از کارهای خود را آسانتر کرده و بسیاری از امورات خود را توسط اشیاء یا وسایل دیگر و یا با به خدمت گرفتن حیوانات انجام دهد. و با توجه به قدرت تعقلی که خداوند در انسان قرار داده ، انسان توانست تا فکر کند ، کار کند ، و وسایل مورد نیاز خود را تامین نماید . از تولید آتش و ذوب فلزات ابتدایی گرفته تا اکنون که انسان برای تفریح و سرگرمی به کرات دیگر مسافرت می کند . در این بین انسان همواره در این فکر بود تا وسیله ی دیگری بتواند کارهای او را انجام دهد. که این کار در ابتدا چون بیشتر کارهای انسانها بدنی بود با برده گیری انسانهای دیگر انجام می شد اما به مرور زمان باتکامل زندگی ها بسیاری از مواردی پیش روی انسان قرار گرفت که انسان نیاز به فکر کردن و محاسبه کردن داشت . بنابراین باید به چیزی دست می یافت که بتواند امورات اداری کارهای محاسباتی و منطقی و بسیاری دیگری از مسائل او را حل کنند . بنابراین دست به اختراع کامپیوتر زد.

رؤیای طراحان اولیه کامپیوتر از بابیج تا تورینگ، ساختن ماشینی بود که قادر به حل تمامی مسائل باشد، البته ماشینی که در نهایت ساخته شد(کامپیوتر) به جز دسته ای خاصی از مسائل قادر به حل تمامی مسائل بود. اما نکته در اینجاست که این «تمامی مسائل» چیست؟ طبیعتاً چون طراحان اولیه کامپیوتر، منطق دانان و ریاضیدانان بودند، منظورشان تمامی مسائل منطقی یا محاسباتی بود. بدین ترتیب عجیب نیست، هنگامی که فون نیومان سازنده اولین کامپیوتر، در حال طراحی این ماشین بود، کماکان اعتقاد داشت برای داشتن هوشمندی شبیه به انسان، کلید اصلی، منطق(از نوع به کار رفته در کامپیوتر) نیست، بلکه احتمالاً چیزی خواهد بود شبیه ترمودینامیک!

با توجه به پیشرفتهایی که در زمینه کامپیوتر بوجود آمده دارای نسل های مختلفی از کامپیوترها هستیم که آنها در شش نسل جداگانه تعریف می شود آخرین نسلی که برای کامپیوترها در نظر گرفتند کامپیوترهای هوشمند است . سیستمهایی

که خود بتوانند فکر کنند و عمل نمایند و یا حتی شبیه خود را تولید نمایند . به هر حال، کامپیوتر تا به حال به چنان

درجه ای از پیشرفت رسیده و چنان سرمایه گذاری عظیمی بر روی این ماشین انجام شده است که به فرض این که بهترین

انتخاب نباشد هم، حداقل سهل‌الوصول‌ترین و ارزان‌ترین و عمومی‌ترین انتخاب برای پیاده‌سازی هوشمند است.

بنابراین ظاهراً به نظر می‌رسد به جای سرمایه‌گذاری برای ساخت ماشین‌های دیگر هوشمند، می‌توان از کامپیوترهای موجود برای پیاده‌سازی برنامه‌های هوشمند استفاده کرد و اگر چنین شود، باید گفت که طبیعت هوشمندی ایجاد شده حداقل از لحاظ پیاده‌سازی، کاملاً با طبیعت هوشمندی انسانی متفاوت خواهد بود، زیرا هوشمندی انسانی، نوعی هوشمندی بیولوژیک است که با استفاده از مکانیسم‌های طبیعی ایجاد شده، و نه استفاده از عناصر و مدارهای منطقی. در برابر تمامی استدلال‌ات فوق می‌توان این نکته را مورد تامل و پرسش قرار داد که هوشمندی طبیعی تا بدان جایی که ما سراغ داریم، تنها برمحمل طبیعی و با استفاده از روش‌های طبیعت ایجاد شده است. طرفداران این دیدگاه تا بدانجا پیش رفته‌اند که حتی ماده ایجادکننده هوشمندی را مورد پرسش قرار داده‌اند، کامپیوتر از سیلیکون استفاده می‌کند، در حالی که طبیعت همه جا از کربن سود برده است. مهم‌تر از همه، این نکته است که در کامپیوتر، یک واحد کاملاً پیچیده مسئولیت انجام کلیه اعمال هوشمندانه را بعهده دارد، در حالی که طبیعت در سمت و سوی کاملاً مخالف حرکت کرده است. تعداد بسیار زیادی از واحدهای کاملاً ساده (بعنوان مثال از نورون‌های شبکه عصبی) با عملکرد همزمان خود (موازی) رفتار هوشمند را سبب می‌شوند. بنابراین تقابل هوشمندی مصنوعی و هوشمندی طبیعی حداقل در حال حاضر تقابل پیچیدگی فوق‌العاده و سادگی فوق‌العاده است. این مسأله هم اکنون کاملاً به صورت یک جنجال (debate) علمی در جریان است.

در هر حال حتی اگر بپذیریم که کامپیوتر در نهایت ماشین هوشمند مورد نظر ما نیست، مجبوریم برای شبیه‌سازی هر روش یا ماشین دیگری از آن سود بجوییم.

آیا بشر قادر خواهد بود موجودی هوشمند مانند خود به وجود آورد؟ آیا زمانی فرا خواهد رسید که ربات‌ها به خانه ما رفت و آمد کنند، کنار ما بنشینند و با ما به تبادل نظر بپردازند؟ شاید سوالاتی این چنین را بتوان زمینه ظهور دانش‌نوین، با عنوان هوش مصنوعی دانست،

به نظر می‌رسد که سبیل دوران فراصنعتی و نماد فرآورده‌های بی‌همتای این قرن «هوش مصنوعی» است. امروزه موضوع

هوش مصنوعی داغ‌ترین بحث میان کارشناسان دانش رایانه و اطلاعات و دیگر دانشمندان و تصمیم‌گیرندگان است. در سراسر تاریخ تا به امروز انسان از جنبه تن و روان، مرکز و محور بحث‌ها و پژوهش‌ها بوده است. ولی اکنون موجودی با رتبه‌ای پایین‌تر، بی‌جان و ساختگی می‌خواهد جانشین او شود، امری که بدون شک می‌توان ادعا نمود بیشتر انسان‌ها با آن مخالفند.

هوش مصنوعی چنانچه به هدف‌های والای خود برسد، جهش‌بزرگی در راه دستیابی بشر به رفاه بیشتر و حتی ثروت افزون‌تر خواهد بود. هم اکنون نمونه‌های خوب و پذیرفتن از هوش مصنوعی در دنیای واقعی ما به کار افتاده است. چنین دستاوردهایی، صرف منابع لازم در آینده را همچنان توجیه خواهد کرد. از سوی دیگر، منتقدین هوش مصنوعی چنین استدلال می‌کنند که صرف زمان و منابع ارزشمند دیگر در راه ساخت فرآورده‌ای که پر از نقص و کاستی و دست‌آوردهای مثبت اندکی است، مایه بدنام کردن و زیر پا گذاشتن توانمندی‌ها و هوشمندی‌های انسان می‌باشد. تلخ‌ترین انتقادهای بر این باور است که هوش مصنوعی، توهین آشکار به گوهر طبیعت و نقش انسان است.

هوش مصنوعی یا هوش ماشینی را باید عرصه پهن‌تر تلاقی و ملاقات بسیاری از دانش‌ها، علوم، و فنون قدیم و جدید دانست. ریشه‌ها و ایده‌های اصلی آن را باید در فلسفه، زبان‌شناسی، ریاضیات، روان‌شناسی، نورولوژی، و فیزیولوژی نشان گرفت و مولفه‌های مهم و اساسی هوش مصنوعی، شبکه عصبی (محاسبات نرونی)، منطق فازی (محاسبات تقریبی) و الگوریتم ژنتیک (محاسبات ژنتیکی) است، که هر یک به نوعی مغز را الگو قرار داده‌اند.

شاخه‌ها، فروع، و کاربردهای گوناگون و فراوان آن را در علوم رایانه، علوم مهندسی، علوم زیست‌شناسی و پزشکی، علوم ارتباطات و زمینه‌های بسیار دیگر دیده می‌شوند.

هوش مصنوعی چیست؟

« هوش مصنوعی، دانش ساختن ماشین ها یا برنامه‌های هوشمند است. » همانگونه که از تعریف فوق - که توسط

یکی از بنیانگذاران هوش مصنوعی ارائه شده است - برمی‌آید، حداقل به دو سؤال باید پاسخ داد:

۱- هوشمندی چیست؟

۲- برنامه‌های هوشمند، چه نوعی از برنامه‌ها هستند؟

تعریف دیگری که از هوش مصنوعی می‌توان ارائه داد به قرار زیر است:

« هوش مصنوعی، شاخه‌ایست از علم کامپیوتر که ملزومات محاسبات اعمالی همچون ادراک (Perception)،

استدلال (reasoning) و یادگیری (learning) را بررسی کرده و سیستمی جهت انجام چنین اعمالی ارائه

می‌دهد.» و در نهایت تعریف سوم هوش مصنوعی از قرار زیر است:

«هوش مصنوعی، مطالعه روش‌هایی است برای تبدیل کامپیوتر به ماشینی که بتواند اعمال انجام شده توسط انسان

را انجام دهد.» به این ترتیب می‌توان دید که دو تعریف آخر کاملاً دو چیز را در تعریف نخست واضح کرده‌اند.

۱- منظور از موجود یا ماشین هوشمند چیزی است شبیه انسان.

۲- ابزار یا ماشینی که قرار است محمل هوشمندی باشد یا به انسان شبیه شود، کامپیوتر است.

هر دوی این نکات کماکان مبهم و قابل پرسشند. آیا تنها این نکته که هوشمندترین موجودی که می‌شناسیم، انسان است

کافی است تا هوشمندی را به تمامی اعمال انسان نسبت دهیم؟ حداقل این نکته کاملاً واضح است که بعضی جنبه‌های

ادراک انسان همچون دیدن و شنیدن کاملاً ضعیف‌تر از موجودات دیگر است. علاوه بر این، کامپیوترهای امروزی با

روش‌هایی کاملاً مکانیکی (منطقی) توانسته‌اند در برخی جنبه‌های استدلال، فراتر از توانایی‌های انسان عمل کنند. بدین

ترتیب، آیا می‌توان در همین نقطه ادعا کرد که هوش مصنوعی تنها نوعی دغدغه علمی یا کنجکاوی دانشمندانه است و

قابلیت تعمق مهندسی ندارد؟ (زیرا اگر مهندسی، یافتن روش‌های بهینه انجام امور باشد، به هیچ رو مشخص نیست که

انسان اعمال خویش را به گونه‌ای بهینه انجام می‌دهد).

تحقیقات و جستجوهای انجام شده برای رسیدن به ساخت چنین ماشین‌هایی مرتبط با بسیاری از رشته‌های علمی دیگر می‌باشد، مانند علوم رایانه، روان‌شناسی، فلسفه، عصب‌شناسی، علوم ادراکی، تئوری کنترل، احتمالات، بهینه‌سازی و منطق.

یک سیستم هوش مصنوعی به راستی نه مصنوعی و نه هوشمند است. بلکه دستگاهی است هدف‌گرا که مشکل را به روش مصنوعی حل می‌کند این سیستم‌ها بر پایه دانش، تجربه و الگوهای استدلالی انسان بوجود آمده‌اند. AI یک علم بسیار عمیق و پیچیده در قرن اخیر است که در حالت کلی به مطالعه بر روی اطلاعات، چگونگی جمع‌آوری و نگهداری از آنها، بکارگیری اطلاعات و جابجایی و انتقال آنها به ماشین و یا انسان و حیوان می‌پردازد.

تاریخچه:

پیش از بوجود آمدن علوم الکترونیک، هوش مصنوعی توسط فلاسفه و ریاضی‌دانانی نظیر بول که اقدام به ارائه قوانین و

نظریه‌هایی در باب منطق نمودند، مطرح شده بود.



Bool

با اختراع رایانه‌های الکترونیکی در سال ۱۹۴۳، هوش مصنوعی دانشمندان

را به چالشی بزرگ فراخواند. در بادی امر، چنین به نظر می‌رسید که این

فناوری در نهایت قادر به شبیه‌سازی رفتارهای هوشمندانه خواهد بود.

در ۱۹۴۳، Mcclutch (روانشناس، فیلسوف و شاعر) و Pitts (ریاضیدان) طی

مقاله‌ای، دیده‌های آن روزگار درباره محاسبات، منطق و روانشناسی عصبی را ترکیب کردند. ایده اصلی آن مقاله چگونگی

انجام اعمال منطقی به وسیله اجزای ساده شبکه عصبی بود. اجزای بسیار ساده (نورون‌ها) این شبکه فقط از این طریق

سیگنال‌های تحریک (exitory) و توقیف (inhibitory) با هم در تماس بودند. این همان چیزی بود که بعدها

دانشمندان کامپیوتر آن را مدارهای (And) و (OR) نامیدند و طراحی اولین کامپیوتر در ۱۹۴۷ توسط فون نیومان عمیقاً

از آن الهام می‌گرفت. امروز پس از گذشته نیم‌قرن از کار Mcclutch و Pitts شاید بتوان گفت که این کار الهام بخش گرایشی کاملاً پویا و نوین در هوش مصنوعی است.

نقطه آغاز علم هوش مصنوعی را می‌توان به بعد از جنگ جهانی دوم نسبت داد، در آن زمان واینر با توجه به مسائل سایبرنتیک زمینه را برای پیشرفت هوش مصنوعی به وجود آورد و سپس آلن تورینگ مقاله خود را درباره ساخت ماشین هوشمند به رشته تحریر درآورد. در این مقاله تورینگ روشی را برای تشخیص هوشمندی ماشین‌ها پیشنهاد داد. در سال ۱۹۵۶ میلادی، گروهی از دانشمندان از جمله ماروین مینسکی (از دانشگاه فنی ماساچوست)، کلود شانون (از آزمایشگاه نامدار بل) و جان مک‌کارتی (از دانشگاه دارت‌موت) همایشی در دارت‌موت کانادا برگزار نمودند تا در این زمینه به گفتگو بپردازند. جان مک‌کارتی دانشیار کرسی ریاضی دانشگاه و میزبان همایش، عنوان (هوش مصنوعی) را بر این نشست نهاد. از آن زمان تاکنون میان دانشمندان و خبرگان آگاه همچنان بحث در مفهوم هوش مصنوعی جریان دارد.

دهه ۱۹۶۰ را می‌توان دهه توسعه و پیشرفت تحقیقات در زمینه هوش مصنوعی نامید. در این سال‌ها بود که با تلاش‌های دانشمندان هوش مصنوعی، برنامه‌های بازی شطرنج و ربات‌های هوشمند پا به عرصه گذاشتند و پس از آن هر سال پله‌های پیشرفت و ترقی خود را پیمودند. نام هوش مصنوعی در سال ۱۹۶۵ میلادی به عنوان یک دانش جدید ابداع گردید

جان مک‌کارتی :



پروفسور جان مک‌کارتی در سال ۱۹۲۷ در شهر بوستون متولد شد. وی درجه

کارشناسی ارشد خود را در رشته ریاضی در سال ۱۹۴۸ از انستیتو کالیفرنیا و

مدرک دکترای خود را از دانشگاه پرینستون در سال ۱۹۵۱ دریافت کرد. او با ادامه تحصیل در

رشته علوم کامپیوتر موفق به دریافت درجه استادی در این رشته، از دانشگاه استنفورد شد و

از سال ۱۹۶۵ تا ۱۹۸۰ سرپرستی آزمایشگاه هوش مصنوعی دانشگاه استنفورد را برعهده داشت. مک‌کارتی که از جمله

بنیان‌گذاران هوش مصنوعی به حساب می‌آید، در زمان مطالعات خود درباره این علم زبانی را برای توصیف و توسعه

هوش مصنوعی با عنوان LISP ابداع نمود. این زبان تا سال ۱۹۵۸ از سوی همکاران کارتی در دانشگاه MIT توسعه داده شده و در این سال به عنوان یک زبان کامل وارد دنیای برنامه نویسان شد. مک کارتی و همکارانش معتقد بودند که می توان کاری کرد که ماشین نیز دارای هوش باشد و این هوش همانند هوش انسانی باشد و LISP زبانی است که می تواند این هوش را به وجود بیاورد.

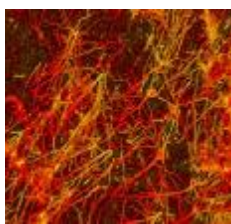
هدف هوش مصنوعی

همه افرادی که نخستین گام ها را در راه معرفی و شناخت هوش مصنوعی برداشتند به دنبال یک هدف بودند و آن نیز رساندن سطح هوش مصنوعی به سطح هوش انسانی بود. اما امروزه می دانیم که مطالعه و بررسی در زمینه هوش و درک مکانیزم آن بسیار پیچیده است، هم اکنون می توان موضوع هوش را از دو دیدگاه متفاوت مورد بررسی قرار داد:

۱ - آگاهی از جهان اطراف چگونه حاصل می شود و چه طور می توان از حقایق و کشفیات نتیجه گیری هوشمندانه ای به عمل آورد؟

۲ - کشف و شهود آگاهانه به این معنا که برای رسیدن به هدفی مشخص هزاران راه و بیراهه وجود دارد که با استفاده از هوش مصنوعی می توان راه را از بیراهه تشخیص داد.

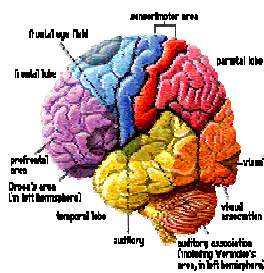
هوش مصنوعی و هوش انسانی:



برای شناخت هوش مصنوعی شایسته است تا تفاوت آن را با هوش انسانی به خوبی بدانیم.

مغز انسان از میلیاردها سلول یا رشته عصبی درست شده است و این سلولها به صورت

پیچیده ای به یکدیگر متصل اند. شبیه سازی مغز انسان می تواند از طریق سخت افزار یا نرم افزار انجام



گیرد. تحقیقات اولیه نشان داده است شبیه سازی مغز، کاری مکانیکی و ساده می باشد. برای مثال،

یک کرم دارای چند شبکه عصبی است. یک حشره حدود یک میلیون رشته عصبی دارد و مغز

انسان از هزار میلیارد رشته عصبی درست شده است. با تمرکز و اتصال رشته های عصبی مصنوعی

می توان واحد هوش مصنوعی را درست کرد. هوش انسانی بسیار پیچیده تر و گسترده تر از سیستم های رایانه ای است و

توانمندیهای برجسته‌ای مانند: استدلال، رفتار، مقایسه، آفرینش و بکار بستن مفهوما را دارد. هوش انسانی توان ایجاد ارتباط میان موضوع‌ها و قیاس و نمونه سازیهای تازه را دارد. انسان همواره قانون‌های تازه‌ای می‌سازد و یا قانون پیشین را در موارد تازه بکار می‌گیرد. توانایی بشر در ایجاد مفهوم‌های گوناگون در دنیای پیرامون خود، از ویژگی‌های دیگر اوست. مفهوم‌های گسترده‌ای همچون روابط علت و معلولی، رمان و یا مفهوم‌های ساده‌تری مانند گزینش وعده‌های خوراک (صبحانه، ناهار و شام) را انسان ایجاد کرده است. اندیشیدن در این مفهوما و بکار بستن آنها، ویژه رفتار هوشمندانه انسان است.

هوش مصنوعی در پی ساخت دستگاههایی است که بتوانند توانمندیهای یاد شده (استدلال، رفتار، مقایسه و مفهوم آفرینی) را از خود بروز دهند. آنچه تاکنون ساخته شده نتوانسته است خود را به این پایه برساند، هر چند سودمندی‌های فراوانی به بار آورده است.

آزمون تورینگ

آزمون تورینگ آزمونی است که توسط آلن تورینگ در سال ۱۹۵۰ در نوشته‌ای به نام «محاسبات ماشینی و هوشمندی» مطرح شد. در این آزمون شرایطی فراهم می‌شود که شخصی با ماشین تعامل برقرار کند و پرسش‌های کافی برای بررسی هوشمندی او پرسد. چنانچه در پایان آزمایش نتواند تعیین کند که با انسان در تعامل بوده است یا با ماشین، تست تورینگ با موفقیت انجام شده است. تا کنون هیچ ماشینی از این آزمون با موفقیت بیرون نیامده است. کوشش این آزمون برای تشخیص درستی هوشمندی یک سیستم است که سعی در شبیه سازی انسان دارد.

باید دقت کرد که تورینگ به دو دلیل کاملاً مهم این نوع از ارتباط (ارتباط متنی به جای صوت) را انتخاب کرد. اول این



که موضوع ادراکی صوت را کاملاً از صورت مسأله حذف کند و این تست هوشمندی را درگیر مباحث مربوط به دریافت و پردازش صوت نکند و دوم این که بر جهت دیگری هوش مصنوعی به سمت نوعی از پردازش زبان طبیعی تاکید کند.

در هر حال هر چند تاکنون تلاش‌های متعددی در جهت پیاده سازی تست تورینگ صورت گرفته مانند برنامه Eliza و یا AIML (زبانی برای نوشتن برنامه‌هایی که قادر به chat کردن اتوماتیک باشند) اما هنوز هیچ ماشینی موفق به گذر از چنین تستی نشده است.

همانگونه که مشخص است، این تست نیز کماکان دو پیش فرض اساسی را در بردارد:
۱- نمونه کامل هوشمندی انسان است.

۲- مهمترین مشخصه هوشمندی توانایی پردازش و درک زبان طبیعی است.

درباره نکته اول به تفصیل تا بدین جا سخن گفته ایم؛ اما نکته دوم نیز به خودی خود باید مورد بررسی قرارگیرد. این که توانایی درک زبان نشانه هوشمندی است تاریخی به قدمت تاریخ فلسفه دارد. از نخستین روزهایی که به فلسفه (Epistemology) پرداخته شده زبان همیشه در جایگاه نخست فعالیت‌های شناختی قرار داشته است. از یونانیان باستان که لوگوس را به عنوان زبان و حقیقت یکجا به کار می‌بردند تا فیلسوفان امروزی که یا زبان را خانه وجود می‌دانند، یا آن را ریشه مسائل فلسفی می‌خوانند؛ زبان، همواره شان خود را به عنوان ممتازترین توانایی هوشمندترین موجودات حفظ کرده است. با این ملاحظات می‌توان درک کرد که چرا آلن تورینگ تنها گذر از این تست متظاهرانه زبانی را شرط دستیابی به هوشمندی می‌داند تست تورینگ اندکی کمتر از نیم قرن هوش مصنوعی را تحت تاثیر قرار داد اما شاید تنها در اواخر قرن گذشته بود که این مسئله بیش از هر زمان دیگری آشکار شد که متخصصین هوش مصنوعی به جای حل این مسئله باشکوه ابتدا باید مسائل کم‌اهمیت‌تری همچون درک تصویر (بینایی ماشین) درک صوت و... را حل کنند. به این ترتیب با به محاق رفتن آن هدف اولیه، اینک گرایش‌های جدیدتری در هوش مصنوعی ایجاد شده‌اند. در سال‌های آغازین AI تمرکز کاملاً بر روی توسعه سیستم‌هایی بود که بتوانند فعالیت‌های هوشمندانه (البته به زعم آن روز)

انسان را مدل کنند، و چون چنین فعالیت‌هایی را در زمینه‌های کاملاً خاصی مانند بازی‌های فکری، انجام فعالیت‌های تخصصی حرف‌های، درک زبان طبیعی، و... می‌دانستند طبیعتاً به چنین زمینه‌هایی بیشتر پرداخته شد.

اتاق چینی

آزمون تورینگ با انتقادهای فراوانی روبرو شده است؛ مانند این که تفکر تابعی از روح انسان است، خداوند روحی غیر مادی به انسان بخشیده است که حیوانات و ماشین‌ها فاقد آن هستند؛ برای همین است که ماشین هیچگاه شبیه انسان نخواهد شد و نمی‌تواند فکر کند یا انتقادهایی از این دست که تسلط ماشین بر انسان خطرناک است.

اما مهمترین و مشهورترین انتقاد را جان سیرل در ۱۹۸۰ در قالب یک آزمایش فکری با نام اتاق چینی مطرح کرد. صورتبندی آزمایش فکری سرل این گونه است که فرض کنیم اتاقی شبیه یک کیوسک بلیط فروشی داریم. در واقع جایی که تنها ورودی و خروجی آن قابل مشاهده است. کسی که داخل کیوسک نشسته انگلیسی زبان است که جز زبان مادری اش زبان دیگری نمی‌داند. به طور مشخص هیچ چیزی از زبان چینی نمی‌داند، اما کسی بیرون اتاق است که می‌خواهد به زبان چینی با او ارتباط برقرار کند. مانند توریستی که اطلاعاتی برای سفرش می‌خواهد. ارتباط آنها از طریق کاغذهایی است که بین شان رد و بدل می‌شود. اما انگلیسی زبان داخل اتاق یک فرهنگ کامل اصطلاحات چینی دارد و آنقدر سرعت عمل دارد که جواب تمام سوالات بیرون را به راحتی می‌دهد. بنابراین کسی که بیرون اتاق است، تصور می‌کند که با یک چینی زبان سرو کار دارد، اما آن شخص اصلاً چینی نمی‌فهمد.

سرل این وضعیت را با آزمون تورینگ مقایسه می‌کند، ادعای او این است که حتی اگر کامپیوتر بتواند خود را انسان جا بزند و به بازجو بقبولاند که انسان است، چیز زیادی دستمان را نمی‌گیرد. در این جا هم درست مثل اتاق چینی می‌توان ادعا کرد کامپیوتر تنها از تعدادی قاعده و دستور پیروی می‌کند و تنها ادای انسان بودن را در می‌آورد. در صورتی که از مطالبی که می‌گوید اصلاً سر در نمی‌آورد و به آنها آگاهی ندارد. پس آزمایش فکری اتاق چینی به نوعی تهدیدی برای رویکرد کارکردگرایی هم به حساب می‌آید؛ یعنی حتی با وجود کارکرد و واکنش‌های یکسان باز هم نمی‌توانیم مطمئن باشیم سیستمی که با آن مواجه هستیم ذهن دارد یا نه، یا حداقل هوشمند هست یا نه.

شاخه‌های هوش مصنوعی:

هوش مصنوعی به تعدادی میدانهای فرعی تقسیم شده است و سعی دارد تا سیستم‌ها و روشهایی را ایجاد کند که بطور تقلیدی مانند هوش و منطق تصمیم‌گیرندگان عمل نماید.

سه شاخه اصلی هوش مصنوعی عبارتند از: سیستم‌های خبره، آدمواره‌ها و پردازش زبان طبیعی که در زیر به آنها پرداخته شده است.

سیستم‌های خبره:

سیستم‌های خبره، برنامه‌های کامپیوتری هوشمندی هستند که دانش و روشهای استنباط و استنتاج را بکار می‌گیرند تا مسائلی را حل کنند که برای حل آنها به مهارت انسانی نیاز است. سیستم‌های خبره کاربر را قادر به مشاوره با سیستم‌های کامپیوتری در مورد یک مسئله و یافتن دلایل بروز مسئله و راه‌حل‌های آن می‌کند. در این حالات مجموعه سخت‌افزار و نرم‌افزار تشکیل دهنده سیستم خبره، مانند فرد خبره اقدام به طرح سئوالات مختلف و دریافت پاسخ‌های کاربر، مراجعه به پایگاه دانش (تجربیات قبلی) و استفاده از یک روش منطقی برای نتیجه‌گیری و نهایتاً ارائه راه حل می‌نماید. همچنین سیستم خبره قادر به شرح مراحل نتیجه‌گیری خود تا رسیدن به هدف چگونگی نتیجه‌گیری و دلیل مطرح شدن یک سؤال اجرایی (روش حرکت تا رسیدن به هدف) خواهد بود. سیستم‌های خبره برخلاف سیستم‌های اطلاعاتی که بر روی داده‌ها (Data) عمل می‌کنند، بر دانش (Knowledge) متمرکز شده است. همچنین در یک فرآیند نتیجه‌گیری، قادر به استفاده از انواع مختلف داده‌ها (عددی Digital، نمادی Symbolic و مقایسه‌ای Analoge) می‌باشند. یکی دیگر از مشخصات این سیستم‌ها استفاده از روشهای ابتکاری (Heuristic) به جای روشهای الگوریتمی می‌باشد. این توانایی باعث قرار گرفتن محدوده وسیعی از کاربردها در برد عملیاتی سیستم‌های خبره می‌شود. فرآیند نتیجه‌گیری در سیستم‌های خبره بر روشهای استقرایی و قیاسی پایه‌گذاری شده است. از طرف دیگر این سیستم‌ها می‌توانند دلایل خود در رسیدن به یک نتیجه‌گیری خاص و یا جهت و مسیر حرکت خود به سوی هدف را شرح دهند. با توجه به توانایی این سیستم‌ها در کار در شرایط فقدان اطلاعات کامل و یا درجات مختلف اطمینان در پاسخ به سئوالات مطرح‌شده، سیستم‌های خبره نماد

مناسبی برای کار در شرایط عدم اطمینان (Uncertainty) و یا محیط‌های چند وجهی می‌باشند.

مزایای سیستم‌های خبره

مزایای سیستم‌های خبره را می‌توان به صورت زیر دسته‌بندی کرد:

۱- افزایش قابلیت دسترسی: تجربیات بسیاری از طریق کامپیوتر در اختیار قرار می‌گیرد و به طور ساده‌تر می‌توان گفت

یک سیستم خبره، تولید انبوه تجربیات است.

۲- کاهش هزینه: هزینه کسب تجربه برای کاربر به طور زیادی کاهش می‌یابد.

۳- کاهش خطر: سیستم خبره می‌تواند در محیط‌هایی که ممکن است برای انسان سخت و خطرناک باشد نیز بکار رود.

۴- دائمی بودن: سیستم‌های خبره دائمی و پایدار هستند. بعبارتی مانداندانسان‌ها نمی‌میرند و فنا ناپذیرند.

۵- تجربیات چندگانه: یک سیستم خبره می‌تواند مجموع تجربیات و آگاهی‌های چندین فرد خبره باشد.

۶- افزایش قابلیت اطمینان: سیستم‌های خبره هیچ وقت خسته و بیمار نمی‌شوند، اعتصاب نمی‌کنند و یا علیه مدیرشان

توطئه نمی‌کنند، در صورتی که اغلب در افراد خبره چنین حالاتی پدید می‌آید.

۷- قدرت تبیین (Explanation): یک سیستم خبره می‌تواند مسیر و مراحل استدلالی منتهی شده به نتیجه‌گیری را

تشریح نماید. اما افراد خبره اغلب اوقات بدلائل مختلف (خستگی، عدم تمایل و...) نمی‌توانند این عمل را در زمانهای

تصمیم‌گیری انجام دهند. این قابلیت، اطمینان شما را در مورد صحیح بودن تصمیم‌گیری افزایش می‌دهد.

۸- پاسخ دهی سریع: سیستم‌های خبره، سریع و در اسرع وقت جواب می‌دهند.

۹- پاسخ دهی در همه حالات: در مواقع اضطراری و مورد نیاز، ممکن است یک فرد خبره بخاطر فشار روحی و یا عوامل

دیگر، صحیح تصمیم‌گیری نکند ولی سیستم خبره این معایب را ندارد.

۱۰- پایگاه تجربه: سیستم خبره می‌تواند همانند یک پایگاه تجربه عمل کند و انبوهی از تجربیات را در دسترس قرار دهد.

۱۱- آموزش کاربر: سیستم خبره می‌تواند همانند یک خودآموز هوش (Intelligent Tutor) عمل کند. بدین صورت

که مثالهایی را به سیستم خبره می‌دهند و روش استدلال سیستم را از آن می‌خواهند.

۱۲- سهولت انتقال دانش: یکی از مهمترین مزایای سیستم خبره، سهولت انتقال آن به مکان‌های جغرافیایی گوناگون است. این امر برای توسعه کشورهای که استطاعت خرید دانش متخصصان را ندارند، مهم است.

آدمواره‌ها

کلمه آدمواره (ربات) بعد از به صحنه درآمدن یک نمایش در سال ۱۹۲۰ میلادی در فرانسه متداول و مشهور گردید. در این نمایش که اثر «کارل کپک» بود، موجودات مصنوعی شبیه انسان، وابستگی شدیدی نسبت به اربابان خویش از خود نشان می‌دادند. این موجودات مصنوعی شبیه انسان در آن نمایش، آدمواره نام داشتند. در حال حاضر آدمواره‌هایی را که در شاخه‌های مختلف صنایع مورد استفاده می‌باشند، می‌توان به عنوان "ماشین‌های مدرن، خودکار، قابل‌هدایت و برنامه‌ریزی" تعریف کرد. این آدمواره‌ها قادرند در محل‌های متفاوت خطوط تولید، به طور خودکار، وظایف گوناگون تولیدی را تحت یک برنامه از پیش نوشته شده انجام دهند. گاهی ممکن است یک آدمواره، جای اپراتور در خط تولید بگیرد و زمانی این امکان هم وجود دارد که یک کار مشکل و یا خطرناک به عهده آدمواره واگذار شود. همانطور که یک آدمواره می‌تواند به صورت منفرد یا مستقل به کارپردازد، این احتمال نیز وجود دارد که چند آدمواره به صورت جمعی و به شکل رایانه‌ای در خط تولید به کار گرفته شوند. آدمواره‌ها عموماً دارای ابزار و آلاتی هستند که به وسیله آنها می‌توانند شرایط محیط را دریابند. این آلات و ابزار «حس کننده» نام دارند، آدمواره‌ها می‌توانند در چارچوب برنامه اصلی خود، برنامه‌های جدید عملیاتی تولید نمایند. این آدمواره‌ها دارای سیستم‌های کنترل و هدایت خودکار هستند. آدمواره‌های صنایع علاوه بر این که دارای راندمان، سرعت، دقت و کیفیت بالای عملیاتی می‌باشند، از ویژگی‌های زیر نیز برخوردارند:

- ۱- بسیاری از عملیات طاقت فرسا و غیرقابل انجام توسط متصدیان رامی‌توانند انجام دهند.
- ۲- آنها، برخلاف عامل انسانی یعنی متصدی خط تولید، قادر هستند سه‌شیفت به کار پردازند و در این خصوص نه منع قانونی وجود دارد و نه محدودیت‌های فیزیولوژیکی نیروی کار.

۳- هزینه‌های مربوط به جلوگیری از آلودگی صوتی، تعدیل هوا و فراهم آوردن روشنایی لازم برای خط تولید، دیگر بر واحد تولید تحمیل نخواهد شد.

۴- برای اضافه کاری این آمواره‌ها، هزینه اضافی پرداخت نمی‌شود. حق بیمه، حق مسکن و هزینه ایاب و ذهاب پرداخت نمی‌شود. احتیاج به افزایش حقوق ندارند و هزینه این نیز از بابت بهداشت و درمان بر واحد تولیدی تحمیل نمی‌کنند. ویژگی‌های ذکر شده سبب می‌شوند که سهم هزینه کار مستقیم نیروی انسانی در هزینه محصولات تولیدی، واحدهای تولیدی کاهش پیدا کند.

پردازش زبان‌های طبیعی (NLP)

پردازش زبان‌های طبیعی بعنوان زیر مجموعه‌ای از هوش مصنوعی، می‌تواند توصیه‌ها و بیانات را با استفاده از زبانی که شما به طور طبیعی در مکالمات روزمره بکار می‌برید، بفهمد و مورد پردازش قرار دهد. به طور کلی نحوه کار این شاخه از هوش مصنوعی این است که زبانهای طبیعی انسان را تقلید می‌کند. در این میان، پیچیدگی انسان از بعد روانشناسی بر روی ارتباط متعامل تاثیر می‌گذارد. در پردازش زبانهای طبیعی، انسان و کامپیوتر ارتباطی کاملاً نزدیک با یکدیگر دارند. کامپیوتر از لحاظ روانی در مغز انسان جای داده می‌شود. بدین ترتیب یک سیستم خلاق شکل می‌گیرد که انسان نقش سازمان دهنده اصلی آن را برعهده دارد. اگر چه هنوز موانع روانشناختی و زبانشناختی بسیاری بر سر راه سبستمهای محاوره‌ای وجود دارد. اما چشم اندازه‌های پیشرفت آنها یقیناً نویدبخش است. در حقیقت، توقعات یکسان از محاوره انسان- ماشین و محاوره انسان- انسان، معقول نیست.

زبانهای برنامه نویسی هوش مصنوعی

زبان های `lisp` و `prolog` زبان هایی هستند که برای طراحی و برنامه نویسی هوش مصنوعی بر روی ماشین ها، بیش از دیگر زبان ها کاربرد دارند. `Lisp` زبانی است که بیش از دیگر زبان ها در آمریکا رواج دارد و `prolog` بیشتر به وسیله اروپایی ها و ژاپنی ها مورد استفاده قرار می گیرد. `Lisp` دارای انعطاف بیشتری نسبت به زبان `prolog` است و

در مقابل طراحی **prolog** سطحی بالاتر نسبت به **Lisp** دارد. همان طور که هوش مصنوعی مراحل رشد خود را طی می کند زبانهای **LISP** و **PROLOG** بیشتر مطرح می شوند.

:PROLOG

PROLOG یکی از بهترین نمونه و مثال یک زبان برنامه نویسی منطقی است. یک برنامه منطقی دارای یک سری ویژگیهای قانون و منطقی است. **PROLOG** از محاسبه اولیه استفاده می کند. در حقیقت خود این نام از برنامه نویسی **PRO** در **LOGIC** می آید یک مفسر برنامه را بر اساس یک منطق می نویسد. ایده استفاده توصیفی محاسبه اولیه برای بیان خصوصیات حل مسئله یکی از محوریت های مشارکت **PROLOG** می باشد که برای علم کامپیوتر به طور کلی و به طور اخص برای زبان برنامه نویسی هوشمند مورد استفاده قرار می گیرند. نفع استفاده از محاسبه اولیه برای برنامه نویسی شامل یک ساختار ظریف و ساده و قابل معنی می شود.

به دلیل همین خصوصیات است که **PROLOG** به عنوان یک محرک اصلی و مفید برای تحقیقاتی مثل موارد برنامه نویسی آزمایشی به عنوان یک کد، متغیر کردن برنامه و طراحی ویژگیهای زبان سطح بالا، مطرح است. **PROLOG** و دیگر زبانهای منطقی یک سبک برنامه نویسی مشخصی را دنبال می کنند که در آنها برنامه ها به صورت دستورات پشت سرهم و متوالی برای ایجاد یک الگوریتم، نوشته می شوند. این نوع برنامه اصولاً به کامپیوتر می گوید که «چه چیزی درست است» و «چه چیزی باید صورت گیرد» و این به برنامه نویس اجازه می دهد که بر روی حل مسئله به صورت یک سری خصوصیات از یک محدوده تأکید کند تا اینکه بخواهد به جزئیات نوشتاری سطح پائین ساختارهای الگوریتمی برای بعد پردازد. اولین برنامه **PROLOG** در مارسی فرانسه در اوایل ۱۹۷۰ به عنوان بخشی از زبان معمول یک پروژه نوشته شد. تئوری نهفته در پشت این زبان در کارهای کوالسکی، هیز و دیگران آورده شده است. عمده توسعه **PROLOG** بین سالهای ۱۹۷۵ تا ۱۹۷۹ در بخش هوش مصنوعی دانشگاه ادینبورگ صورت گرفت. در آنجا یک گروه مسئولیت کاربرد اولین **PROLOG** را به عهده داشتند که آقای **David H.D** مسئول آن بود. این گروه اولین

PROLOG را ساخت که می توانست محاسبات کلی را انجام دهد. این محصول بر اساس سیستم DEC-10 ساخته

شده بود و می توانست در مدهای توصیفی و مقایسه ای کارائی داشته باشد.

مزیت این زبان به وسیله پروژه هایی که برای ارزیابی و گسترش قدرت بیان برنامه های منطقی نوشته شده اند، اثبات شده است.

: LISP

LISP اولین بار به وسیله JACK MCCARTHY با عنوان list processing یا همان LISP ابداع شد. این زبان تا سال ۱۹۵۸ از سوی همکاران مکارتی در دانشگاه MIT توسعه داده شده و در این سال به عنوان یک زبان کامل وارد دنیای برنامه نویسان شد. در مقالات اولیه مک کارتی (۱۹۶۰) اهداف خود را مشخص می کند: ایجاد یک زبان سمبولیک تا یک زبان محاسباتی. مک کارتی و همکارانش معتقد بودند که می توان کاری کرد که ماشین نیز دارای هوش باشد و این هوش همانند هوش انسانی باشد و LISP زبانی است که می تواند این هوش را به وجود بیاورد. ایجاد زبانی که بتوان از آن به عنوان یک مدل محاسباتی بر اساس تئوری عملکرد مجدد استفاده کرد و از آن بتوان برای تعریف دقیق یک ساختار و تعریف زبانی استفاده کرد.

گرچه LISP یکی از قدیمی ترین زبانهای محاسباتی است که هنوز فعال است، ولی دقت کافی در برنامه نویسی و طراحی توسعه باعث شده که این یک زبان برنامه نویسی فعال باقی بماند. اصولاً LISP یک زبان کامل است که دارای عملکردها و لیست های لازمه برای توصیف عملکردهای جدید، تشخیص تناسب و ارزیابی معانی می باشد. پروسه توسعه زبان به وسیله اضافه کردن عملکردهای جدید موجب توسعه محورهای زیادی از LISP می شوند که اغلب شامل صدها عملکرد بخصوص برای ایجاد اطلاعات کنترل برنامه، خروجی و ورودی، Edit کردن عملکردهای LISP می شوند. این ارتباطات محرکه ای هستند که به وسیله LISP از یک مدل ساده و ظریف به یک مدل قوی و غنی و عملکردی برای ساخت سیستم های نرم افزاری بزرگ، تبدیل می شود.

یکی از مهم ترین برنامه های مرتبط با LISP برنامه SCHEME می باشد که یک تفکر دوباره درباره زبان در آن وجود دارد که به وسیله توسعه AI و برای آموزش اصول مفاهیم علم کامپیوتر مورد استفاده قرار می گیرند.

کاربردهای هوش مصنوعی

بیشتر افراد با شنیدن عبارت هوش مصنوعی، ربات های فیلم های علمی، تخیلی و بازی های کامپیوتری و بخصوص شطرنج را به خاطر می آورند. هوش مصنوعی در مدت زمان کوتاه از عمر خود، توانسته است از حد توسعه بازی ها به سوی دنیای از مسائل شگفت انگیز همچون سیستم های خیره، بینایی ماشین و غیره گام بردارد. امروزه ردیابی از هوش مصنوعی را می توان در علوم مختلفی اعم از پزشکی، علوم هوافضا، مهندسی و طراحی پروژه، مشاهده کرد. از این رو متخصصان هوش مصنوعی، باتوجه به کاربردهای گوناگون این علم آن را در شاخه های متنوعی همچون شبکه های عصبی، پردازش زبان طبیعی، رباتیک، انجام مسابقات، سیستم های خبره، یادگیری ماشین، استراتژی تکاملی، تشخیص گفتار و بینایی ماشین دنبال نموده اند.

از کاربردهای هوش مصنوعی می توان به موارد زیر اشاره کرد :

۱- طراحی نرم افزارهای هوشمند: این گروه از نرم افزارها برای انجام کارهای تخصصی طراحی شده اند و دارای توانمندی های بالایی نیز هستند، پشتوانه این گونه از برنامه ها وجود یک بانک اطلاعاتی (Data Base) قوی برای پاسخگویی به پرسش های مختلف کاربران است. نمونه هایی از این گونه از نرم افزارها نیز، نرم افزارهایی است که در آزمون های استخدامی و دانشگاهی مورد استفاده قرار می گیرد.

۲- طراحی بازی های هوشمند: زمانی که شما در حال انجام یک بازی رایانه ای هستید، دشمنان شما از هوش کافی برخوردارند. اگر شما به آن ها شلیک کنید آن ها اقدام به فرار کرده و یا با مقابله به سوی شما شلیک خواهند کرد. این فرآیند نیز به دلیل وجود هوش مصنوعی در دشمنان شماست که آن ها را به واکنش نسبت به شما برمی انگیزاند .

۳- طراحی ربات های هوشمند: کاربرد عمده دیگر هوش مصنوعی در طراحی ماشین های به نسبت هوشمند است.

ماشین‌هایی مانند ربات‌های کاوشگر و ربات‌های امدادگر. در ربات‌های امدادگر، ربات باید در محدوده مورد نظر به دنبال مصدومان حادثه بگردد و پس از یافتن آن‌ها کمک‌های مورد نیاز را در اختیار آن‌ها قرار دهد که این خود نیاز به داشتن شناخت از محیط دارد. دسته دیگر ربات‌ها یعنی ربات‌های کاوشگر باید به دنبال قطعه مورد نظر در مکانی خاص باشند و یا مسیری را که از پیش تعریف شده است دنبال کنند که این نیز نیازمند داشتن هوش مصنوعی در این دسته از ربات‌ها است.

۴- **لباس‌های هوشمند**: با توسعه نانو تکنولوژی و استفاده از مواد مولکولی سبک، امکان ساخت لباس هوشمند فراهم شده است. اینگونه لباسها، قابلیت تغییر رنگ جهت استتار در محیط‌های مختلف را داشته، شخص را در برابر سلاح بیولوژیکی و شیمیایی محافظت می‌کند. امکان مجهز نمودن این گونه لباسها به تجهیزات مخابراتی، انتقال علائم حیاتی درمان از راه دور در مناطق جنگی و یا آسیب دیده از دیگر مزایای این لباس‌ها به شما می‌آید.

۵- **آجر و ساختمانهای هوشمند**: ساختمانهای هوشمند این قابلیت را دارند که با تغییر شرایط محیطی، نسبت به تغییرات، عکس العمل نشان داده، امنیت و آرامش را برای ساکنان خانه فراهم نمایند. یک ساختمان هوشمند، دارای تیم اتوماتیک گرمایشی، تهویه مطبوع، اعلام حریق، آتش نشانی سیستم‌های امنیتی، مدیریت انرژی و تیم‌های روشنایی خودکار می‌باشد. آجرهای هوشمند که مانند آجرهای معمولی در ساختمانها به کار می‌روند، مجهز به حسگرهای الکترونیکی هستند که با اتصال به یک سیستم کامپیوتری، دما، لرزش و حرکت ساختمان را کنترل می‌کنند و سبب ایمن شدن ساختمان می‌شوند.

۶- کاربردهای نظامی:

الف - سیستم‌های هوشمند شناسایی مناطق جنگی اعم از هوایی و یا زمینی، سیستم بمب‌ها و راکت‌های هوشمندی که اهداف خود را ضمن شناسایی و دنبال کردن ماهواره‌ای، الگوهای سطح زمین را هم برای اطمینان چک می‌کنند. در حال حاضر در غرب روی یکسری بمب کار می‌شود که وقتی از هواپیما بصورت دسته جمعی رها می‌شوند، از سطح زمین عکس برداری کنند و اهداف روی سطح زمین را بین خودشان تقسیم کنند که هیچ کدام بی‌هوده هدر نرود.

ب- تسلیحات نظامی هوشمند: حضور ماشین هایی با قابلیت انسانی، استفاده از روبات ها برای شناسایی، تخریب و پاکسازی مناطق جنگی نیز از نمونه های کاربردهای نظامی هوش مصنوعی به شمار می رود. هدف نهایی هوش مصنوعی، ساخت نوعی انسان مصنوعی است و در حقیقت ساخت برنامه ای نرم افزاری که بتواند همانند انسان فکر کند، چنین ماشینی با ترکیب تکنیک های استنباطی پیشرفته و استفاده از توانایی تحلیل گران، مهندسان، سیاست مداران و سایر دانشمندان و برپایه حجم عظیمی از منابع اطلاعاتی، می توان بهترین تصمیم را در شرایط بحرانی اتخاذ نمود. فناوری جدید بیش از آنکه شگفت آور به دور از درک عمومی باشد، بیانگر شکوه و عظمت خالق است که آفریننده تفکر، خلاقیت و استعداد صاحبان صنعت و تکنولوژی است.

۷- کاربردهای کشاورزی :

الف- استفاده برای استخراج اطلاعات کشاورزی و نقشه های سطح زمین، وضعیت آبی و زراعی زمین، وضعیت جنگلها و مراتع و ... از تصاویر ماهواره ای

ب- تحلیل اطلاعات استخراجی از تصاویر ماهواره ای و تطبیق با اطلاعات موجود با سیستم سنتی

پ- نگهداری این اطلاعات در بانکهای اطلاعاتی جغرافیایی و بهره برداری معنایی و استخراج اطلاعات مفهومی

چ- خودکار سازی سیستم های ماشینی کاشت، داشت، برداشت و عرضه محصول و کنترل کیفیت آن نظیر سیستم های

خودکار داشت محصولات هیدروپونیک، یا سیستم های خودکار برداشت و بسته بندی چای و هزاران مورد دیگر

۸- کاربردهای صنعتی:

کلیه سیستم های خودکار جهت برش قطعات مختلف، سرهم کردن و فیکس کردن قطعات داخل هم، اتصال آنها به هم و کنترل کیفیت محصول.

از جمله موارد می توان به سیستم کنترل کوره ها، رباتهای مختلفی که در برشکاری ورق، اتصال و جوشکاری استفاده می شود و همچنین سیستم های هوشمند بینایی که در کنترل کیفیت انواع محصولات بکار می رود نام برد.

آینده هوش مصنوعی چیست؟

پیشرفت هوش مصنوعی، خطرات احتمالی ناشی از خودآگاهی ربات‌ها یا هوشمندتر شدن بدافزارها به دغدغه بزرگی برای محققان این علم تبدیل شده است

آیا روزی می‌رسد که جهان به وسیله هوش مصنوعی یا کامپیوترهای هوشیار تسخیر شود، یا ویروس بسیار باهوشی به گوشی هوشمند شما نفوذ کند و شروع به تقلید حرکات چهره‌تان بکند؟ احتمالاً دارید به این فکر می‌کنید که این سناریوها خنده‌دار و همگی مربوط به آینده هستند، اما تعدادی از محققان پیشگام هوش مصنوعی آنقدر نسبت به پیشرفت‌های این علم و توان بالقوه آن نگرانند، که مدت‌هاست به بحث و بررسی پیشرفت‌ها و خطرات احتمالی حاصل از آن می‌پردازند. به گزارش نیوسایتیست، تحقیق در زمینه هوش مصنوعی تاکنون با هزاران چالش گوناگون مواجه بوده که روز به روز پیچیده‌تر شده‌اند، مانند تلاش برای آموزش ماشین‌ها برای شناخت وسایل و ابزارهای زندگی روزمره. ابزارهای هوش مصنوعی که قادر باشند با هوش بشری برابری کنند یا ماشین‌هایی خود تکامل‌یابنده (خود ظهور)، هنوز زمانی طولانی برای تکمیل نیاز دارند و در حال حاضر دغدغه اصلی دانشمندان به‌شمار نمی‌آیند. برای اولین بار، گروهی کاری مشتمل بر 25 دانشمند، محقق هوش مصنوعی و پژوهشگر اخلاقی و حقوقی جمع شده‌اند تا به این موارد رسیدگی کنند. این جلسات که با حمایت انجمن پیشبرد هوش مصنوعی یا تریپل‌ای‌آی (AAAI) در منلوپارک واقع در کالیفرنیا برگزار شد، به بررسی مسائلی مانند امکان‌سنجی ظهور ایده‌های طولانی‌مدت در این شاخه از علم، مانند خودآگاهی اینترنتی و نتایج منطقی حاصل از آن پرداختند. ایده این گروه کاری از کنفرانس ۱۹۷۵/۱۳۵۴ آسیمولار در زمینه نو ترکیبی دی.ان.ای گرفته شده است. کنفرانس آسیمولار که با حضور بیش از ۱۴۰ زیست‌شناس، پزشک و حقوقدان در کالیفرنیا برگزار شد، احتمال ایجاد آزمایشگاهی توالی‌های دی.ان.ای که در طبیعت وجود ندارند و خطرات احتمالی این محصولات نو ترکیب برای طبیعت و بشر مورد بررسی قرار گرفت. افراد حاضر در این کنفرانس، ۳۴ سال پیش پیش‌بینی کردند که مهندسی ژنتیک در جهان گسترش خواهد یافت و کاربردهایی عملی از قبیل تولید غلات اصلاح شده ژنتیکی - که هنوز وجود خارجی نداشتند- پیدا خواهد کرد.

برخلاف دی.ان.ای نوترکیب در سال ۱۹۷۵/۱۳۵۴، ما در حال حاضر شاهد نمونه‌هایی حاصل از هوش مصنوعی در نقاط



مختلف جهان هستیم. ربات‌هایی مانند رومباس و اسکوباس که مهارت‌های روزمره‌ای مانند جارو کردن و تمیزکاری دارند، تا مدل‌های پیشرفته‌تری که روبات‌های تصمیم‌گیرنده را شامل می‌شوند و در شرایطی بسیار پیچیده که گاهی با موقعیت‌های مرگ و

زندگی انسان‌ها مرتبط می‌شود، فعالیت می‌کنند. به عنوان مثال شرکت **Poseidon Technologies**، سیستم‌های هوش مصنوعی را به بازار عرضه می‌کند که به نجات‌غریق برای تشخیص موقعیت فرد کمک می‌کنند، یا سیستم **Clearflow** ساخت مایکروسافت که با تحلیل شرایط جاده‌ها و مسیرها به رانندگان امکان انتخاب بهترین مسیر را برای رسیدن به مقصد می‌دهد. پرسش‌های پیش رو در حال حاضر هوش مصنوعی تنها به پیشنهاد شرایط می‌پردازد یا به نیروی انسانی کمک می‌کند، اما تریپل‌ای‌ای در مورد آینده نه‌چندان دوری صحبت می‌کند که در آن ماشین‌ها به تنهایی قادر به تصمیم‌گیری و اجرای این تصمیمات، ولو در مواردی ساده و مهارت‌هایی ابتدایی، خواهند بود. زمانی که این قبیل سیستم‌ها همه‌گیر شوند، چه نگرانی‌هایی وجود خواهد داشت؟ چه تأثیراتی روی جامعه خواهند گذاشت و ما احياناً به چه اقدامات پیشگیرانه‌ای نیاز خواهیم داشت؟

اینها تعدادی از پرسش‌هایی هستند که گروه، زیر نظر اریک هورویتز، مدیر تریپل‌ای‌ای و محقق ارشد همکار با بخش تحقیقات مایکروسافت با آنها درگیر بوده است. این گروه، اواسط سال ۲۰۰۸/۱۳۸۷، جلسات را با تلفن و کنفرانس از راه دور آغاز کرد و پس از آن اعضا در اسفندماه گذشته در آسیلومار، شهری کوچک در ساحل شمالی کالیفرنیا گرد هم آمدند تا در یک آخر هفته به بحث و جمع‌بندی نهایی آرا بپردازند. آنها تقریباً دو ماه پیش، یافته‌های ابتدایی‌شان را در کنفرانس بین‌المللی تلفیقی هوش مصنوعی در پاسادانا، واقع در کالیفرنیا اعلام کردند. اعضای گروه به حاضران در این کنفرانس گفتند که به اتفاق آرا ساخت هوش مصنوعی هم‌تراز با هوش بشری-سیستمی هوشمند که بتواند در زمینه‌های مختلف کسب مهارت کند- را از لحاظ نظری امکان‌پذیر می‌دانند، اما بر سر زمان گذر از

این مرحله توافق ندارند و فاصله فاحشی، بین بیست تا هزار سال آینده را تخمین زده‌اند. تام دیتریچ از اعضای این گروه که از دانشگاه ایالتی اورگان در کوروالیس به این کنفرانس آمده، به این نکته اشاره می‌کند که در حال حاضر هوش مصنوعی بیشتر از آنکه بخواهد به هوش بشری نزدیک شود، بر ساخت سیستم‌های ساده‌ای تمرکز کرده است که بتوانند مهارت‌های اندکی مانند انجام اعمال ریاضی را کسب کنند. گروه بحثی طولانی هم در زمینه تکنیکی یا بروز حالت منفرد - واکنش زنجیره‌ای غیرقابل مهاری که بتواند به توانایی ماشین برای ساخت ماشینی هوشمندتر منجر شود - داشته است. بسیاری از اعضای گروه از لحاظ نظری چنین اتفاقی را ممکن می‌دانند، اما به دلیل عدم وجود پروژه‌هایی امروزی که بتوانند توان ارتقاء خود به خودی به سیستم‌ها بدهند، برخورد با چنین پدیده‌ای را در آینده نزدیک بسیار بعید می‌دانند. دیتریچ می‌گوید: «تکنیکی مهمترین عامل نگرانی‌های فعلی ما نیست. بدافزارهای خطرناک نگرانی واقعی‌ای که به مراتب نزدیک‌تر به نظر می‌رسد، دغدغه ایجاد بدافزارهایی است که بتوانند رفتار دیجیتالی انسان‌ها را تقلید کنند. مطابق اعلام گروه، سارقان هویت ممکن است ویروسی را طراحی کنند که بتواند با ورود به تلفن‌های هوشمند، تمام متن‌ها، ایمیل‌ها، صدا و ریز اطلاعات بانکی فرد را بدون اینکه ردی از وجودش به جا بگذارد، مونیتور کند. در مراحل بعدی این ویروس می‌تواند با اندکی کمک یا حتی بدون هیچ هدایت خارجی از سوی سارق به جعل هویت فرد پردازد. بسیاری از محققان فکر می‌کنند ساخت چنین ویروسی عملی باشد. تام میچل، از دانشگاه ملون کارنگی واقع در پیتسبرگ، پنسیلوانیا، با اشاره به سندیکای جنایات سازمان‌یافته می‌گوید: «اگر ما قادر به ساخت چنین ویروسی باشیم، پس آنها هم می‌توانند. پیترو زولوویست، محقق هوش مصنوعی در ام‌آی‌تی که در این گروه حضور نداشته، با این که سیستم‌های متداول کامپیوتری مانند تلفن‌های هوشمند لایه‌های متعددی از پیچیدگی دارند و این می‌تواند به ورود اتفاقی بدافزارها و تخریب توسط آنها منجر شود، موافق است، اما می‌گوید: چندین هزار خط کد در تلفن‌های هوشمند اجرا می‌شود هیچ چیز نمی‌تواند تمام آنها را شناسایی و اجرا کند. هورویتز می‌گوید: «اینها تنها فناوری‌های قدرتمندی هستند که می‌توانند در مسیری صحیح یا نادرست به کار گرفته شوند». او علاوه بر این معتقد

است، گذشته از تهدیدهای احتمالی بدافزارها، ما داریم به خلق سیستم‌هایی آن‌چنان پیچیده نزدیک می‌شویم که خودمان هم دیگر قادر به درک آنها نخواهیم بود بارت سلمان از کرنل می‌گوید: «مسئولیت یک محقق هوش مصنوعی چیست؟ ما فقط فکر کردن به آن را آغاز کرده‌ایم. با تمام این صحبت‌ها، در حال حاضر حداقل یک زمینه وجود دارد که دغدغه‌ای برای آن نداشته باشیم و آن اینست که اینترنت قرار نیست به این زودی‌ها، خودآگاه بشود.

نوئل شارکلی، متخصص علم رباتیک، سابق بر این از طرفداران هوش مصنوعی بود و به آن اعتقاد داشت. اما مدتی است که هوش مصنوعی را افسانه‌ای خطرناک می‌داند که می‌تواند آینده وحشتناکی را با ربات‌های مراقب و سربازان بدون هوش و احساس رقم بزند.

منطق فازی

مقدمه:

از آن زمان که انسان اندیشیدن را آغاز کرد، همواره کلمات و عباراتی را بر زبان جاری ساخته که مرزهای روشنی نداشته اند. کلماتی نظیر «خوب»، «بد»، «جوان»، «پیر»، «بلند»، «کوتاه»، «قوی»، «ضعیف»، «گرم»، «سرد»، «خوشحال»، «باهوش»، «زیبا» و قیودی از قبیل «معمولاً»، «غالباً»، «تقریباً» و «به ندرت». روشن است که نمی توان برای این کلمات مرز مشخصی یافت، برای مثال در گزاره «علی باهوش است» یا «گل رز زیباست» نمی توان مرز مشخصی برای «باهوش بودن» و «زیبا بودن» در نظر گرفت. اما در بسیاری از علوم نظیر ریاضیات و منطق، فرض بر این است که مرزها و محدوده های دقیقاً تعریف شده ای وجود دارد و یک موضوع خاص یا در محدوده آن مرز می گنجد یا نمی گنجد. مواردی چون همه یا هیچ، فانی یا غیرفانی، زنده یا مرده، مرد یا زن، سفید یا سیاه، صفر یا یک، یا «این» یا «نقیض این».

در این علوم هر گزاره ای یا درست است یا نادرست، پدیده های واقعی یا «سفید» هستند یا «سیاه».

این باور به سیاه و سفیدها، صفر و یک ها و این نظام دو ارزشی به گذشته بازمی گردد و حداقل به یونان قدیم و ارسطو می رسد. البته قبل از ارسطو نوعی ذهنیت فلسفی وجود داشت که به ایمان دودویی با شک و تردید می نگرست. بودا در هند، پنج قرن قبل از مسیح و تقریباً دو قرن قبل از ارسطو زندگی می کرد. اولین قدم در سیستم اعتقادی او گریز از جهان سیاه و سفید و برداشتن این حجاب دوازدهی بود. نگرستن به جهان به صورتی که هست. از دید بودا جهان را باید سراسر تناقض دید، جهانی که چیزها و ناچیزها در آن وجود دارد. در آن گل های رز هم سرخ هستند و هم غیرسرخ. در منطق بودا هم A داریم هم نقیض A در منطق ارسطو یا A داریم یا نقیض A منطق A یا نقیض A در مقابل منطق A و نقیض A . منطق این یا آن ارسطو در مقابل منطق تضاد بودا.

منطق ارسطو اساس ریاضیات کلاسیک را تشکیل می دهد. براساس اصول و مبانی این منطق همه چیز تنها مشمول یک قاعده ثابت می شود که به موجب آن، یا آن چیز درست است یا نادرست. دانشمندان نیز بر همین اساس به تحلیل دنیای خود می پرداختند. گرچه آنها همیشه مطمئن نبودند که چه چیزی درست است و چه چیزی نادرست و گرچه درباره درستی یا نادرستی یک پدیده مشخص ممکن بود دچار تردید شوند، ولی در یک مورد هیچ تردیدی نداشتند و آن اینکه هر پدیده ای یا «درست» است یا «نادرست».

هر گزاره، قانون و قاعده ای یا قابل استناد است یا نیست. بیش از دو هزار سال است که قانون ارسطو تعیین می کند که از نظر فلسفی چه چیز درست است و چه چیز نادرست. این قانون «اندیشیدن» در زبان، آموزش و افکار ما رسوخ کرده است.

منطق ارسطویی دقت را فدای سهولت می کند. نتایج منطق ارسطویی، «دوارزشی»، «درست یا نادرست»، «سیاه یا سفید» و «صفر یا یک» می تواند مطالب ریاضی و پردازش رایانه ای را ساده کند. می توان با رشته ای از صفر و یک ها بسیار ساده تر از کسرها کار کرد. اما حالت دو ارزشی نیازمند انطباق ورزی و از بین بردن زواید است. به عنوان مثال هنگامی که می پرسید: آیا شما از کار خود راضی هستید؟ نمی توان انتظار جواب بله یا خیر داشت، مگر آنکه با تقریب بالایی صحبت کنید. «سورن کیرکگارد» فیلسوف اگزیستانسیالیست، در سال ۱۸۴۳ کتابی در رابطه با تصمیم گیری و آزاد اندیشی به نام «یا این یا آن» نوشت. او در این کتاب بشر را برده کیهانی انتخاب های «دودویی» در تصمیم گیری هایش نامید. تصمیم گیری به انجام یا عدم انجام کاری و تصمیم گیری درباره بودن یا نبودن چیزی.

گرچه می توان مثال های فراوانی را ذکر کرد که کاربرد منطق ارسطویی در مورد آنها صحیح باشد، اما باید توجه داشت که نباید آنچه را که تنها برای موارد خاص مصداق دارد به تمام پدیده ها تعمیم داد. در دنیایی که ما در آن زندگی می کنیم، اکثر چیزهایی که درست به نظر می رسند، «نسبتاً» درست هستند و در مورد صحت و سقم پدیده های واقعی همواره درجاتی از «عدم قطعیت» صدق می کند. به عبارت دیگر پدیده های واقعی تنها سیاه یا تنها سفید نیستند، بلکه تا اندازه ای «خاکستری» هستند. پدیده های واقعی همواره «فازی»، «مبهم» و «غیردقیق» هستند. تنها ریاضی بود که سیاه و سفید بود. این خود چیزی جز یک سیستم مصنوعی متشکل از قواعد و نشانه ها نبود. علم واقعیت های خاکستری یا فازی را با ابزار سیاه و سفید ریاضی به نمایش می گذاشت و این چنین بود که به نظر می رسید واقعیت ها نیز تنها سیاه یا سفید هستند. بدین ترتیب در حالی که در تمامی جهان حتی یک پدیده را نمی توان یافت که صددرصد درست یا صددرصد نادرست باشد، علم با ابزار ریاضی خود همه پدیده های جهان را این طور بیان می کرد. در این جا بود که علم دچار اشتباه شد. در منطق ارسطویی حالت میانه ای وجود ندارد و شیوه استدلال «قطعی و صریح» است. از طرف دیگر ریاضیات فازی بر پایه استدلال تقریبی بنا شده که منطبق با طبیعت و سرشت سیستم های انسانی است. در این نوع استدلال، حالت های صفر و یک تنها مرزهای استدلال را بیان می کنند و در واقع استدلال تقریبی حالت تعمیم یافته استدلال قطعی و صریح ارسطویی است.

انیشتین می گوید: آنجایی که قوانین ریاضیات (کلاسیک) به واقعیات مربوط می شوند، مطمئن نیستند و آنجا که آنها مطمئن هستند، نمی توانند به واقعیت اشاره داشته باشند. هنگامی که درباره درستی یا نادرستی پدیده ها و اشیایی صحبت می کنیم که در دنیای واقعی با آنها سروکار داریم، توصیف انیشتین تجسمی است از ناکارآمدی قوانین منطق کلاسیک در علم ریاضیات. از این رو می بینیم اندیشه نسبت شکل می گیرد و توسعه می یابد.

منطق فازی، یک جهان بینی جدید است که به رغم ریشه داشتن در فرهنگ مشرق زمین با نیازهای دنیای پیچیده امروز بسیار سازگارتر از منطق ارسطویی است. منطق فازی جهان را آن طور که هست به تصویر می کشد. بدیهی است چون

ذهن ما با منطق ارسطویی پرورش یافته، برای درک مفاهیم فازی در ابتدا باید کمی تأمل کنیم، ولی وقتی آن را شناختیم، دیگر نمی‌توانیم به سادگی آن را فراموش کنیم. دنیایی که ما در آن زندگی می‌کنیم، دنیای مبهمات و عدم قطعیت است. مغز انسان عادت کرده است که در چنین محیطی فکر کند و تصمیم بگیرد و این قابلیت مغز که می‌تواند با استفاده از داده‌های نادقیق و کیفی به یادگیری و نتیجه‌گیری بپردازد، در مقابل منطق ارسطویی که لازمه آن داده‌های دقیق و کمی است، قابل تأمل است.

منطق فازی چیست؟

شاید ساده‌ترین پاسخ این باشد که **Fuzzy Theory** یا **Logic Fuzzy** یک نوع منطق است که روش‌های نتیجه‌گیری در مغز بشر را جایگزین می‌کند. منطق فازی نه تنها به عنوان روش‌شناسی کنترل ارائه شد بلکه راهی برای پردازش داده‌ها، بر مبنای مجاز کردن عضویت گروهی کوچک به جای عضویت گروهی دسته‌ای می‌باشد در منطق فازی اینطور استدلال می‌شود که بشر به ورودی‌های اطلاعاتی دقیق نیازی ندارد بلکه قادر است تا کنترل تطبیقی را به صورت بالایی انجام دهد. پس اگر ما کنترل‌کننده‌های بازخورد را در سیستم‌ها طوری طراحی کنیم که بتواند داده‌های مبهم را دریافت کند، این داده‌ها می‌توانند به طور ساده‌تر و موثرتری در اجرا به کار برده شوند.

برای مقابله مؤثر با پیچیدگی روزافزون در بررسی، مطالعه، مدل‌سازی، و حل مسائل جدید در فیزیک، مهندسی، پزشکی، زیست‌شناسی، و بسیاری از امور گوناگون دیگر مجبور به ایجاد و ابداع روشهای محاسباتی جدیدی هستیم که بیشتر از پیش به شیوه‌های تفکر خود انسان نزدیک باشد. هدف اصلی آنست که مسائل و مشکلات بسیار پیچیده علمی را رایانه‌ها بتوانند با همان سهولت و شیوایی بررسی و حل و فصل کنند که ذهن انسان قادر به ادراک و اخذ تصمیمات سریع و مناسب است.

در جهان واقعیات، بسیاری از مفاهیم را آدمی به صورت فازی (**fuzzy** به معنای غیر دقیق، ناواضح، و مبهم) درک می‌کند و به کار می‌بندد. هر چند کلمات و مفاهیمی همچون گرم، سرد، بلند، کوتاه، پیر، جوان، و نظائر اینها به عدد خاص و دقیقی اشاره ندارند، ذهن انسان با سرعت و با انعطاف پذیری شگفت‌آوری همه را می‌فهمد و در تصمیمات و نتیجه‌گیریهای خود به حساب می‌گیرد. این، در حالیست که ماشین فقط اعداد را می‌فهمد و اهل دقت است. اهداف شیوه‌های نو در علوم کامپیوتر آنست که اولاً رمز و راز اینگونه تواناییها را از انسان بیاموزد و سپس آنها را تا حد امکان به ماشین یاد بدهد.

جهت شروع، باید به ایجاد و ابداع منطقی تازه و نو دست بزنیم که آن همانا منطق فازی (**Fuzzy logic**) است. در منطق قدیم فقط دو حالت داریم: سفید و سیاه، آری و خیر، روشن و تاریک، یک و صفر، و درست و غلط. قوانین علمی

گذشته، مثل ریاضیات، فیزیک و مکانیک نیوتونی، همه بر اساس اینگونه منطق استوار گردیده اند. پر واضح است که ذهن ما با منطقی دیگر کارهایش را انجام می‌دهد و تصمیماتش را اتخاذ می‌کند.

اما مفاهیم نادقیق بسیاری در پیرامون ما وجود دارند که آنها را به صورت روزمره در قالب عبارتهای مختلف بیان می‌کنیم. به این جمله دقت کنید: " هوا خوب است." هیچ کمیتی برای خوب بودن هوا مطرح نیست تا آن را اندازه بگیریم بلکه این یک حس کیفی است. در واقع مغز انسان با در نظر گرفتن عوامل گوناگون و بر پایه تفکر استنتاجی جملات را تعریف و ارزش گذاری می‌نماید که الگوبندی آنها به زبان و فرمولهای ریاضی اگر غیر ممکن نباشد کاری بسیار پیچیده خواهد بود. منطق فازی فناوری جدیدی است که شیوه‌هایی را که برای طراحی و مدل سازی یک سیستم نیازمند ریاضیات پیچیده و پیشرفته است، با استفاده از مقادیر زبانی و دانش فرد خبره جایگزین می‌سازد

منطق فازی دنیا را نه به صورت حقایق صفر و یکی، بلکه به صورت طیفی خاکستری از واقعیتها می‌بیند. واقعیت این است که دنیای صفر و یک، دنیایی انتزاعی و خیالی است. به ندرت پیش می‌آید موضوعی صد در صد نادرست باشد زیرا در دنیای واقعی در بسیاری از مواقع، همه چیز منظم و مرتب سرچایش نیست.

اتومبیل خود را کجا پارک میکنید؟

تصور کنید یک روز مطلع میشوید، نمایشگاه پوشاکی در گوشه ای از شهر برپاشده است و تصمیم می‌گیرید، یک روز عصر به اتفاق خانواده سری به این نمایشگاه بزنید. چون محل نمایشگاه کمی دور است، از اتومبیل استفاده میکنید، اما وقتی به محل نمایشگاه میرسید، متوجه میشوید که عده زیادی به آنجا آمده اند و پارکینگ نمایشگاه تا چشم کار میکند، پر شده است.

اما چون حوصله صرف وقت برای پیدا کردن محل دیگری جهت پارک اتومبیل ندارید، با خود می‌گویید: هر طور شده باید جای پارکی در این پارکینگ پیداکنم، سرانجام در گوشه ای از این پارکینگ محلی را پیدا میکنید که یک ماشین به طور کامل در آن جا نمی‌شود، اما با کمی اغماض میشود یک ماشین را در آن جای داد، هرچند که این ریسک وجود دارد که فضای عبور و مرور دیگر خودروها را تنگ کنید و آنها هنگام حرکت به خودرو شما آسیب برسانند. اما به هر حال تصمیم میگیرید و ماشین خود را پارک میکنید.

بسیارخوب! اکنون بیاید بررسی کنیم شما دقیقاً چه کار کردید؟ شما دنبال جای توقف یک اتومبیل می‌گشتید. آیا پیدا کردید؟ هم بله، هم نه. شما در ابتدا می‌خواستید ماشین را در جای مناسبی پارک کنید. آیا چنین عملی انجام دادید؟ از یک نظر بله، از یک دیدگاه نه. در مقایسه با وقت و انرژی لازم برای پیدا کردن یک مکان راحت برای توقف خودرو، شما جای مناسبی پیدا کردید. چون ممکن بود تا شب دنبال جا بگردید و چنین جایی را پیدا نکنید. اما از این نظر که

اتومبیل را در جایی پارک کردید که فضای کافی برای قرار گرفتن ماشین شما نداشت، نمی توان گفت جای مناسبی است. اگر به منطق کلاسیک در علم ریاضیات مراجعه کنیم و این پرسش را مطرح نماییم که قبل از ورود به پارکینگ چند درصد احتمال می دادید جایی برای پارک کردن پیدا کنید، پاسخ بستگی به این دارد که واقعاً چه تعداد مکان مناسب (فضای کافی) برای توقف خودروها در آنجا وجود داشت؟ اگر به حافظه خود رجوع کنید، شاید به یاد بیاورید که هنگام ورود به پارکینگ و چرخیدن در قسمتهای مختلف آن، گاهی خودروهایی را می دیدید که طوری پارک کرده اند که مکان یک و نیم خودرو را اشغال کرده اند. بعضی دیگر نیز کج و معوج پارک کرده بودند و این فکر از ذهن شما چند بار گذشت که اگر صاحب بعضی از این خودروها درست پارک کرده بودند، الان جای خالی برای پارک کردن چندین ماشین دیگر هم وجود داشت.

با علم ریاضیات و آمار و احتمال در مواجهه با چنین شرایطی قادر به پاسخگویی نیستیم. اگر قرار بود بر اساس منطق صفر و یک یا باینری کامپیوتر، رباتی ساخته شود تا اتومبیل شما را در یک مکان مناسب پارک کند، احتمالش کم بود. چنین رباتی به احتمال زیاد ناکام از پارکینگ خارج میشد. پس شما با چه منطقی توانستید اتومبیل خود را پارک کنید؟ شما از منطق فازی استفاده کردید

تاریخچه:

تئوری مجموعه‌های فازی و منطق فازی را اولین بار پرفسور لطفی‌زاده در رساله‌ای به نام "مجموعه‌های فازی - اطلاعات و کنترل" در سال ۱۹۶۵ معرفی نمود. هدف اولیه او در آن زمان، توسعه مدلی کارآمدتر برای توصیف فرآیند پردازش زبان‌های طبیعی بود. قبل از کار بر روی تئوری فازی لطفی‌زاده یک شخص برجسته در تئوری کنترل بود. او مفهوم "حالت" که اساس تئوری کنترل مدرن را شکل می‌دهد، را توسعه داد. در اوائل دهه ۶۰ او فکر کرد که تئوری کنترل کلاسیک بیش از حد بر روی دقت تاکید داشته از این رو با سیستم پیچیده نمی‌تواند کار کند. در سال ۱۹۶۲ چیزی را بدین مضمون برای سیستم‌های بیولوژیک نوشت: "ما اساساً به نوع جدیدی ریاضیات نیازمندیم، ریاضیات مقادیر مبهم یا فازی که توسط توزیع‌های احتمالات قابل توصیف نیستند". پس از آن وی ایده اش را در مقاله "مجموعه فازی" تجسم بخشید. با پیدایش تئوری فازی، بحث و جدل‌ها پیرامون آن نیز آغاز گردید. بعضی آنرا تایید کرده و کار روی این زمینه جدید را شروع کردند و برخی دیگر نیز این ایراد را وارد می‌کردند که این ایده بر خلاف اصول علمی موجود می‌باشد. با این حال بزرگترین چالش از ناحیه ریاضیدانانی بود که معتقد بودند تئوری احتمالات برای حل مسائلی که تئوری فازی ادعای حل بهتر آنرا دارد کفایت می‌کند بدلیل اینکه کاربردهای عملی تئوری فازی در ابتدای پیدایش آن

مشخص نبود تفهیم آن از جهت فلسفی کار مشکلی بود و تقریباً هیچیک از مراکز تحقیقاتی فازی را بعنوان یک زمینه تحقیق جدی نگرفتند.

با وجودی که تئوری فازی جایگاه واقعی خود را پیدا نکرد، با این حال هنوز محققینی بودند که در گوشه و کنار دنیا، خود را وقف این زمینه جدید نمودند. اگر بگوییم پذیرفته شدن تئوری فازی بعنوان یک زمینه مستقل بواسطه کارهای برجسته پرفسور لطفی زاده بوده سخن به گزاف نگفته ایم. بسیاری از مفاهیم بنیادی تئوری فازی بوسیله پرفسور لطفی زاده در اواخر دهه ۶۰ و اوایل دهه ۷۰ مطرح گردید.

پس از معرفی مجموعه ای فازی در سال ۱۹۶۵ او مفاهیم الگوریتم های فازی در سال ۱۹۶۸ تصمیم گیری فازی در سال ۱۹۷۰ و ترتیب فازی را در سال ۱۹۷۱ مطرح نمود. در سال ۱۹۷۳ او مقاله دیگری را منتشر کرد به نام: "طرح یک راه حل جدید برای تجزیه تحلیل سیستم های پیچیده و فرایندهای تصمیم گیری". این مقاله اساس کنترل فازی را بنا کرد. او در این مفهوم متغیرهای زبانی و استفاده از قواعد اگر آنگاه را برای فرموله کردن دانش بشری معرفی نمود.

رخداد بزرگ در دهه ۱۹۷۰ تولد کنترل کننده های فازی برای سیستم های واقعی بود. در سال ۱۹۷۵ ممدانی و اسپیلیان چهارچوب اولیه ای را برای کنترل کننده فازی مشخص کردند و کنترل کننده فازی را به یک موتور بخار اعمال نمودند. نتایج در مقاله ای تحت عنوان: "آزمایشی در سنتز زبانی با استفاده از یک کنترل کننده فازی" منتشر گردید. آنها دریافتند که ساخت کنترل کننده فازی بسیار ساده بوده و بخوبی کار می کند. در سال ۱۹۷۸، هولمبلاد و اوسترگارد اولین کنترل کننده فازی را برای کنترل یک فرآیند کامل صنعتی در کنترل فازی کوره سیمان بکار بردند.

در مجموع، پایه گذاری تئوری فازی در دهه ۱۹۷۰ صورت گرفت. با معرفی مفاهیم جدید، تصویر تئوری فازی بعنوان یک زمینه جدید، هرچه بیشتر شفاف گردید. کاربردهای اولیه ای نظیر کنترل موتور بخار و کنترل کوره سیمان نیز تئوری فازی را بعنوان یک زمینه جدید مطرح کرد. معمولاً زمینه های تحقیق جدید باید بوسیله مراکز تحقیقاتی و دانشگاهها حمایت گردد. این امر متأسفانه در مورد تئوری فازی اتفاق نیافتاد.

و در ابتدا مقاومت های بسیاری در برابر پذیرش این نظریه صورت گرفت. بخشی از این مقاومت ها، ناشی از برداشت های نادرست از منطق فازی و کارایی آن بود. ضمن اینکه بسیاری از محققین، زمینه کاری خود را بدلیل عدم پشتیبانی تغییر دادند. این مطالب بویژه در ایالات متحده واقعیت داشت.

در اوائل دهه ۱۹۸۰ این زمینه از نقطه نظر تئوریک پیشرفت کندی داشت. در این مدت راه حل ها و مفاهیم جدید اندکی معرفی گردید چرا که هنوز افراد کمی داشتند روی آن کار می کردند. در واقع کاربردهای کنترل فازی بود که هنوز تئوری فازی را سر پا نگاه داشته بود.

مهندسان ژاپنی (با حساسیتی که نسبی به فن آوری های جدید دارند) به سرعت دریافتند که کنترل کننده های فازی به سهولت قابل طراحی بوده و در مورد بسیاری مسائل می توان از آنها استفاده کرد. بدلیل اینکه کنترل فازی به یک مدل ریاضی نیاز ندارد آنرا می توان در مورد خیلی از سیستم هایی که بوسیله تئوری کنترل متعارف قابل پیاده سازی نیستند بکار برد. در سال ۱۹۸۰ سوگنو شروع به ساخت اولین کاربرد ژاپنی فازی نمود، کنترل سیستم آب فوجی. در سال ۱۹۸۳ او مشغول کار بر روی یک روبات فازی شد. ماشینی که از راه دور کنترل شده و خودش به تنهایی عمل پارک را انجام می داد. در این سالها یاشونوبو و میاموتو از شرکت هیتاچی کار بر روی سیستم کنترل قطار زیر زمینی سندایی را آغاز کردند. بالاخره در سال ۱۹۸۷ پروژه به ثمر نشست. و یکی از پیشرفته ترین سیستمهای قطار زیر زمینی را در جهان بوجود آورد. در جولای ۱۹۸۷، دومین کنفرانس سیستمهای فازی در توکیو برگزار گردید. این کنفرانس درست سه روز پس از افتتاح قطار زیرزمینی سندایی آغاز بکار نمود. در این کنفرانس هیروتا یک روبات فازی را به نمایش گذارد که پینگ پنگ بازی می کرد، یاماگاکاوا نیز سیستم فازی ای را نشان داد که یک پاندول معکوس را در حالت تعادل قرار می داد. قبل از این رویداد تئوری فازی چندان در ژاپن شناخته شده نبود ولی پس از آن موجی از توجه مهندسان، دولتمردان و تجار را فرا گرفت به نحوی که در اوائل دهه ۹۰ تعداد زیادی از لوازم و وسائلی که بر اساس تئوری فازی کار می کردند، در فروشگاهها به چشم می خورد.

موفقیت سیستمهای فازی در ژاپن، تعجب محققان را در آمریکا و اروپا برانگیخت. عده ای به آن خورده می گرفتند ولی عده ای دیگر از عقیده خود دست برداشته و بعنوان موضوع جدی در دستور کار خود قرار دادند.

در فوریه ۱۹۹۲ اولین کنفرانس بین المللی IEEE در زمینه سیستمهای فازی در سان دیگو برگزار گردید. این یک اقدام سمبلیک در مورد پذیرفتن سیستم های فازی بوسیله بزرگترین سازمان مهندسی یعنی IEEE بود. در سال ۱۹۹۳ بخش سیستم های فازی IEEE گشایش یافت. از نقطه نظر تئوری سیستم های فازی و کنترل در اواخر دهه ۸۰ و اوائل دهه ۹۰ رشد چشمگیری پیدا کرد و پیشرفتهایی در زمینه برخی مشکلات اساسی سیستمهای فازی صورت گرفت. بعنوان مثال تکنیک های شبکه عصبی برای تعیین و تنظیم توابع تعلق استفاده شدند. با وجودی که تصویر سیستم های فازی شفاف تر شده با این حال کارهای زیادی هنوز باید انجام شود و بسیاری از راه حل ها و روش ها در ابتدای راه قرار دارد.

پدر علم فازی:

پرفسور لطفی زاده در سال ۱۳۰۰ هجری شمسی در شهر باکو، دیده به جهان گشود. مادرش یک پزشک آذری و پدرش یک روزنامه‌نگار ایرانی بود. سال‌های کودکی را در زادگاه خود گذراند. اما در ده سالگی، هنگامی که استالین، فرمان عمومی کردن زمین‌های کشاورزی در سراسر اتحاد جماهیر شوروی سابق را صادر کرد، وضع زندگی خانوادگی آنان رو به وخامت گذاشت. به ناچار، به همراه خانواده به سرزمین پدری، ایران، مهاجرت کرد و در تهران به تحصیل زبان انگلیسی و دیگر معلومات ابتدایی پرداخت. لطفی‌زاده سپس وارد دبیرستان البرز تهران شد و تحصیلات متوسطه را با موفقیت به پایان رساند.



در ۱۳۲۱ و درحالی که بیست و یک سالگی را پشت سر می‌گذاشت، با درجه لیسانس در رشته مهندسی برق از دانشگاه تهران فارغ‌التحصیل شد. مقارن با جنگ جهانی دوم جلائی وطن کرد و به قصد ادامه تحصیل رهسپار ایالات متحده شد. در آنجا ابتدا وارد انیستیتو تکنولوژی ماساچوست

(MIT) شد و مدرک فوق لیسانس گرفت. سپس در سال ۱۳۲۸ شمسی توانست تحصیلات دوره دکترا را در دانشگاه کلمبیای نیویورک با موفقیت به پایان برساند و در همانجا به تدریس تئوری سیستم‌ها در مهندسی مشغول شد.

از سال ۱۳۳۸ به تدریس در دپارتمان مهندسی برق دانشگاه برکلی پرداخت و چهار سال بعد صاحب کرسی استادی در آن دانشگاه شد. از آن زمان به بعد، لطفی‌زاده به تدریس و پژوهش‌های خود در زمینه مهندسی کامپیوتر، برق، کنترل و سیستم‌ها پرداخته است. در ۱۹۶۵ میلادی، یعنی دوسال پس از کسب کرسی استادی در دانشکده مهندسی برق، نظریه درخشان و بحث‌برانگیز "مجموعه‌های فازی" را در قالب یک مقاله علمی ارائه نمود. این مقاله نه تنها زندگی علمی و پژوهشی او را دگرگون کرد، دنیا را نیز تکان داد.

لطفی‌زاده مردی ساده، فروتن و بی‌تکلف است. با این‌که تمام وقت او صرف فعالیت‌هایی می‌شود که با پیشبرد علم و مهندسی ارتباط دارند، وضعیت شغلی بسیار خوبی دارد. او در سال ۱۹۹۱، یعنی زمانی که به هفتاد سالگی رسید رسماً بازنشسته شد ولی عجیب نیست که فهرست فعالیت‌های مرد خلاق، باهوش و فعالی همچون او، پس از بازنشستگی، حتی شلوغ‌تر و متراکم‌تر از قبل باشد.

اکنون که ۸۹ سال دارد نیز اگر در کالیفرنیا باشد، هر روز به دانشگاه می‌رود. اما بسیاری از روزهای او صرف حضور در کنفرانس‌ها و همایش‌هایی می‌شود که اغلب در شهرهای دیگر یا خارج از ایالات متحده برپا می‌شوند. هربار که به خارج می‌رود، شبانه سفر می‌کند تا وقت خود را در هتل‌ها و فرودگاه‌ها تلف نکند؛ زیرا برنامه کاری روزانه او بسیار فشرده است. لطفی‌زاده در وادی دانش، یک عاشق است. تاکنون دانشگاه‌های متعددی در سراسر دنیا لطفی‌زاده را برای دریافت دکترای افتخاری و مدال افتخار دعوت کرده‌اند. او در فاصله سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۰۱ میلادی چهارده دکترای افتخاری از

دانشگاه‌های فرانسه، آلمان، ایالات متحده، کانادا، اسپانیا، آذربایجان، چک و لهستان دریافت کرده است. پرفسور لطفی زاده در طول زندگی پربار خود موفق به کسب ده مدال و نشان افتخار از مؤسسات علمی جهان، به ویژه انجمن بین‌المللی مهندسان برق و الکترونیک، IEEE شده است و نزدیک به پانزده جایزه بین‌المللی دیگر را به پاسداشت تلاش‌های بی‌وقفه خود در این عرصه از آن خود نموده است.

لطفی که لطفی‌زاده در حق علوم مهندسی کرد، براسستی ستودنی است. از سال ۱۳۴۴ که نظریه فازی را ارائه نمود، تاکنون بیش از پانزده هزار مقاله علمی معتبر در این زمینه منتشر شده است، بیش از هزار اختراع مربوط به سیستم‌های فازی در ژاپن، و سایر نقاط جهان به ثبت رسیده است. تنها در ژاپن، جایی که پژوهشگران زیادی به این رشته علاقه دارند و واژه فازی را گاهی با لهجه ژاپنی، "فاجی" می‌خوانند، بیش از دو هزار دانشمند فقط روی منطق فازی و سیستم‌های مبتنی بر آن کار می‌کنند. نظریه او اکنون دیگر محدود به ریاضیات و مهندسی نمانده و بسیاری از اندیشه‌ها و تفکرات فازی را که از صدها سال پیش در ذهن بشر مطرح بوده، دوباره در ابعاد جهانی برای انسان معاصر مطرح کرده است. این روزها علم هوش مصنوعی مدرن از نظریه فازی بهره فراوانی می‌برد. اندیشه متعالی او قفلی را که سال‌ها بر چارچوب علوم بشر باقی مانده بود، شکست و دریچه‌ای شد به سوی جهان پیچیده و ناشناخته‌ای که انسان معاصر هنوز در تکاپوی شناختنش است. نام او بر پیشانی تاریخ علم همواره جاویدان خواهد بود.

چرا سیستم فازی؟

واژه (فازی) در فرهنگ لغت آکسفورد بصورت (مبهم، گنگ، نادقیق، گیج، مغشوش، درهم و نامشخص) تعریف شده است. سیستم‌های فازی سیستم‌هایی هستند با تعریف دقیق و کنترل فازی نیز نوع خاصی از کنترل غیر خطی میباشد که آن‌هم تعریف می‌گردد. این مطلب مشابه کنترل و سیستم‌های خطی می‌باشد که واژه (خطی) یک صفت فنی بوده که حالت و وضعیت سیستم و کنترل را مشخص می‌کند. چنین چیزی در مورد واژه (فازی) نیز وجود دارد. گرچه سیستم‌های فازی پدیده‌های غیر قطعی و نامشخص را توصیف می‌کنند با این حال خود تئوری فازی یک تئوری دقیق می‌باشد. دو نوع توجیه برای تئوری سیستم‌های فازی وجود دارد:

*** دنیای واقعی ما بسیار پیچیده تر از آن است که بتوان یک توصیف و تعریف دقیق برای آن بدست آورد بنابراین باید یک توصیف تقریبی یا همان فازی که قابل قبول و قابل تجزیه و تحلیل باشد برای یک مدل معرفی شود.

*** با حرکت ما بسوی عصر اطلاعات دانش و معرفت بشری بسیار اهمیت پیدا می‌کند. بنابراین ما به فرضیه‌ای نیاز داریم که بتوان دانش بشری را به شکل سیستماتیک فرموله کرده و آنرا به همراه سایر مدل‌های ریاضی در سیستم‌های مهندسی قرار دهد.

توجیه اول گرچه درست است با این حال طبیعت واحدی را برای تئوری سیستم های فازی مشخص نمی کند. در حقیقت تمامی نظریه های علوم مهندسی دنیای واقعی را به شکلی تقریبی توصیف می کنند. بعنوان مثال در عالم واقع تمامی سیستم های خطی می باشد. یک تئوری مهندسی خوب از یکسو باید بتواند مشخصه های اصلی و کلیدی دنیای واقعی را توصیف کرده و از سویی دیگر قابل تجزیه تحلیل ریاضی باشد. بنابراین از این جنبه ، تئوری فازی تفاوتی با سایر تئوری های علوم مهندسی ندارند.

توجیه دوم مشخصه واحدی از سیستم های فازی را توصیف کرده و وجودی تئوری سیستم های فازی را به عنوان یک شاخصه مستقل در علوم مهندسی توجیه می کند. بعنوان یک قاعده کلی یک تئوری مهندسی خوب باید قادر باشد از تمامی اطلاعات موجود به نحو موثری استفاده کند.

در سیستم های عملی اطلاعات مهم از دو منبع سر چشمه می گیرند. یکی از منابع افراد خبره می باشند که دانش و آگاهی شان را در مورد سیستم با زبان طبیعی تعریف می کنند. منبع دیگر اندازه گیری ها و مدل های ریاضی هستند که از قواعد فیزیکی مشتق شده اند. بنابراین یک مسئله مهم ترکیب این دو نوع اطلاعات در طراحی سیستم ها است. برای انجام این ترکیب سؤال کلیدی این است که چگونه می توان دانش بشری را به یک فرمول ریاضی تبدیل کرد. اساساً آنچه که یک سیستم فازی انجام می دهد همین تبدیل است. برای اینکه بدانیم این تبدیل چگونه صورت می گیرد ابتدا باید بدانیم سیستم های فازی چگونه سیستم هایی هستند.

سیستم های فازی چگونه سیستم هایی هستند؟

سیستم های فازی سیستم ها مبتنی بردانش یا قواعد میباشد. قلب یک سیستم فازی یک پایگاه دانش بوده که از قواعد اگر- آنگاه فازی تشکیل شده است. یک قاعده اگر- آنگاه فازی یک عبارت اگر - آنگاه بوده که بعضی کلمات آن بوسیله توابع تعلق پیوسته مشخص شده اند. بعنوان مثال عبارت فازی زیر را در نظر بگیرید: اگر سرعت اتومبیل بالاست آنگاه نیروی کمتری به پدال گاز وارد کنید.

که کلمات "بالا" و "کم" بوسیله توابع تعلق نشان داده شده در شکل زیر مشخص شده اند. یک سیستم فازی از مجموعه ای از قواعد اگر - آنگاه فازی ساخته می شود. به دو مثال توجه کنید .

مثال ۱-۱: می خواهیم کنترل کننده ای طراحی کنیم که سرعت اتومبیل را بطور خودکار کنترل کند

بطور کلی دو راه حل برای طراحی چنین کنترل کننده ای وجود دارد یک راه حل استفاده از کنترل کننده های متعارف نظیر PID بوده و راه حل دوم شبیه سازی رفتار رانندگان است بدین معنی که قواعدی که راننده در حین حرکت استفاده

می کند را به کنترل کننده خودکار تبدیل نماییم. ما راه حل دوم را در نظر میگیریم. در صحبت‌های عامیانه راننده ها در شرایط طبیعی از سه قاعده زیر در حین رانندگی استفاده می کنند:

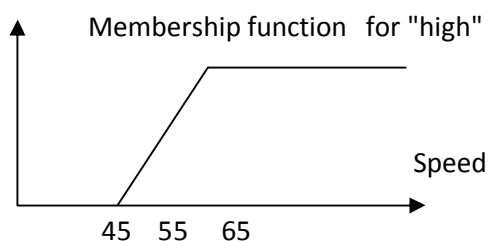
۱.۲- اگر سرعت پایین است ، آنگاه نیروی بیشتری به پدال گاز وارد کنید.

۱.۳- اگر سرعت متوسط است آنگاه نیروی متعادلی به پدال گاز وارد کنید

۱.۴- اگر سرعت بالاست آنگاه نیروی کمتری به پدال گاز وارد کنید

کلمات "پایین" ، "بیشتر" ، "متوسط" ، "متعادل" ، "بالا" و "کمتر" بوسیله توابع تعلق مشابه شکل ۱ و ۲ مشخص می شوند. البته لازم به ذکر است که در شرایط واقعی ، تعداد قواعد بیشتری نیاز خواهد بود،

با این حال ما می توانیم یک سیستم فازی را بر اساس این قواعد بسازیم. از آنجا که سیستم فازی بعنوان کنترل کننده استفاده شده آنرا کنترل کننده فازی می نامند



شکل ۱.۱

در مثال بالا قواعد دستورالعمل های کنترلی هستند. بدین معنی که آنچه را که یک راننده در شرایط طبیعی انجام می دهد، نشان می دهند.

نوع دیگر دانش بشری ، توصیف هایی راجع به خود سیستم می باشد.

مثال ۲- فرض کنید شخصی در حال باد کردن یک بادکنک است ، او می خواهد بداند چه مقدار باد بادکنک را قبل از اینکه بترکد اضافه کند ، بنابراین رابطه بین چند متغیر کلیدی بسیار مفید خواهد بود. در مورد بادکنک سه متغیر کلیدی وجود دارد: هوای داخل بادکنک ، میزان بزرگی و کوچکی و سفتی و نرمی سطح بادکنک . ما می توانیم رابطه بین این متغیرها را بوسیله قواعد فازی زیر بیان کنیم:

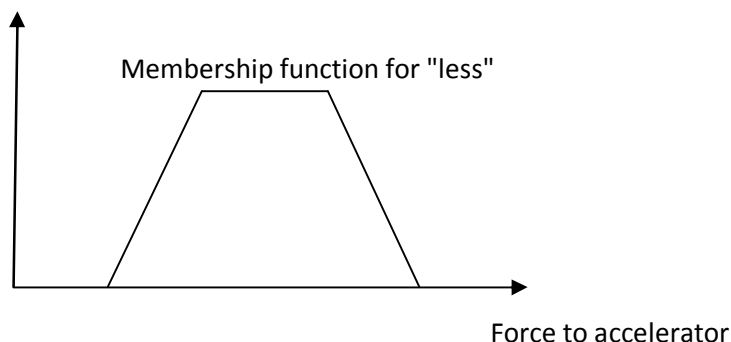
۱- اگر مقدار هوا کم باشد و آنرا اندکی افزایش دهیم ، آنگاه کشش سطح بادکنک اندکی افزایش خواهد یافت

۲- اگر مقدار هوا کم باشد و آنرا خیلی افزایش دهیم ، آنگاه کشش سطح بادکنک خیلی افزایش خواهد یافت

۳- اگر مقدار هوا زیاد باشد و آنرا اندکی افزایش دهیم ، آنگاه کشش سطح بادکنک بطور متعادل افزایش خواهد یافت

۴- اگر مقدار هوا زیاد باشد و آنرا خیلی افزایش دهیم ، آنگاه کشش سطح بادکنک بسیار زیاد افزایش خواهد یافت

که کلمات "کم"، "اندکی"، "زیاد" و ... بوسیله توابع تعلیقی مشابه شکل‌های ۱ و ۲ مشخص می‌شوند. با ترکیب این قواعد در یک سیستم فازی، ما یک مدل برای بادکنک بدست می‌آوریم.



شکل ۲. تابع تعلق برای "کمتر"، که محور افقی نشان دهنده نیروی اعمالی به چدال گاز و محور عمودی نشان دهنده مقدار تعلق برای "کمتر" می‌باشد

بطور خلاصه نقطه شروع ساخت یک سیستم فازی بدست آوردن مجموعه ای از قواعد اگر - آنگاه فازی از دانش افراد خبره یا دانش حوزه مورد بررسی می‌باشد. مرحله بعدی ترکیب این قواعد در یک سیستم واحد است. سیستم های فازی مختلف از اصول و روشهای متفاوتی برای ترکیب این قواعد استفاده می‌کنند.

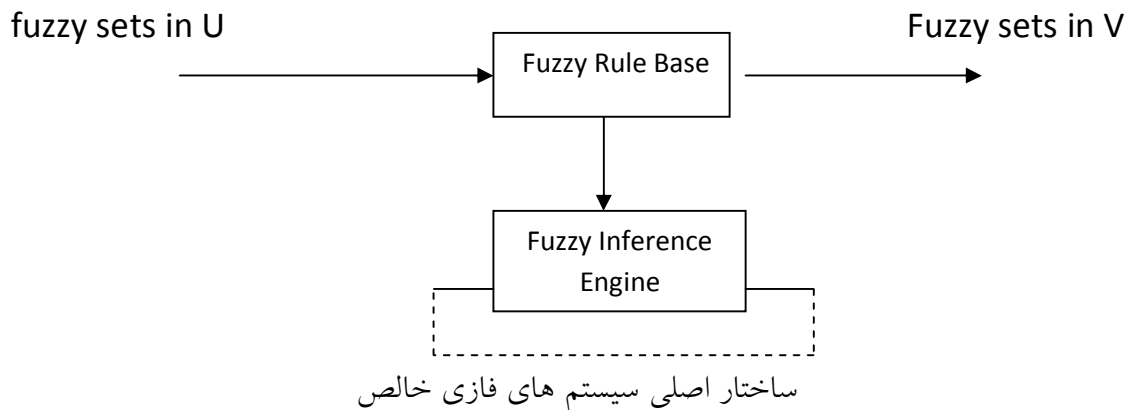
سه سیستم فازی وجود دارد:

۱) سیستم های فازی خالص

۲) سیستم های فازی تاکاگی - سوگنو و کانگ (TSK)

۳) سیستم های با فازی ساز و غیر فازی ساز

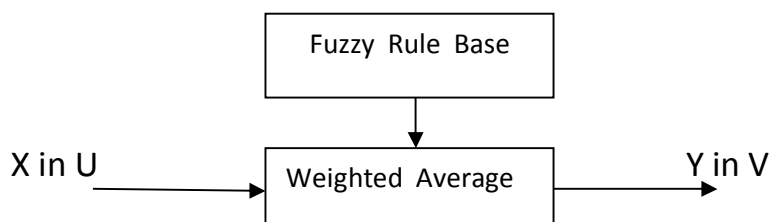
ساختار یک سیستم فازی خالص در شکل زیر نشان داده شده است. پایگاه قواعد فازی مجموعه ای از قواعد اگر - آنگاه فازی را نشان می‌دهد. بعنوان مثال، برای کنترل کننده اتومبیل در مثال ۱، پایگاه قواعد فازی شامل قواعد ۱.۲ تا ۱.۴ بوده و برای مدل بادکنک مثال ۲ پایگاه قواعد فازی شامل قواعد ۱.۵ تا ۱.۸ می‌باشد. موتور استنتاج فازی این قواعد را به یک نگاشت از مجموعه های فازی در فضای ورودی به مجموعه های فازی در فضای خروجی بر اساس اصول منطق فازی ترکیب می‌کند. در شکل زیر اگر خط نقطه چین وجود داشته باشد، چنین سیستمی، سیستم فازی دینامیک نامیده می‌شود.



مشکل اصلی در رابطه با سیستمهای فازی خالص این است که ورودی ها و خروجی های آن مجموعه های فازی می باشند (واژه هایی در زبان طبیعی). در حالی که در سیستمهای مهندسی ، ورودی ها و خروجی ها متغیرهایی با مقادیر حقیقی می باشند. برای حل این مشکل تاکاگی - سوگونو و کانگ نوع دیگری سیستم های فازی معرفی کرده اند که ورودی ها و خروجی های آن متغیرهایی با مقادیر واقعی هستند.

سیستم TSK بجای استفاده از قواعدی به شکل ۱ از قواعدی بدین صورت استفاده می کند :

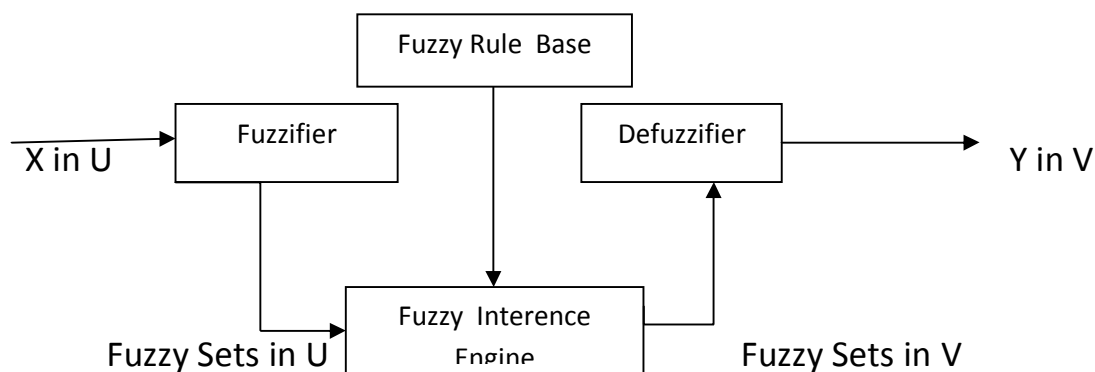
۱.۹- اگر سرعت اتومبیل (x) بالا است ، آنگاه نیروی وارد بر پدال گاز برابر است با $y=Cx$ که واژه "بالا" همان معنی ۱.۱ را داده و C یک عدد ثابت می باشد . مقایسه (۱.۹) با (۱.۱) نشان می دهد که بخش آنگاه قاعده فازی از یک عبارت توصیفی با مقادیر زبانی به یک رابطه ریاضی ساده تبدیل شده است . این تغییر ، ترکیب قواعد فازی را ساده تر می سازد . در حقیقت سیستم فازی TSK یک میانگین وزنی از مقادیر بخش های آنگاه قواعد می باشد . ساختار اصلی سیستم فازی TSK در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل ۱.۴- ساختار اصلی سیستم فازی TSK

مشکلات عمده سیستم فازی TSK عبارتند از :

- ۱) بخش آنگاه قاعده یک فرمول ریاضی بوده و بنابراین چهارچوبی را برای نمایش دانش بشری فراهم نمی کند
 - ۲) این سیستم دست ما را برای اعمال اصول مختلف منطق فازی باز نمی گذارد و در نتیجه انعطاف پذیری سیستم های فازی در این ساختار وجود ندارد ، برای حل این مشکلات ما از نوع سومی از سیستم های فازی یعنی سیستم های فازی با فازی سازها و غیر فازی سازها استفاده می کنیم.
- به منظور استفاده از سیستم های فازی خالص در سیستم های مهندسی ، یک روش ساده اضافه کردن یک فازی ساز در ورودی که متغیرهایی با مقادیر حقیقی را به یک مجموعه فازی تبدیل کرده و یک دی فازی ساز در خروجی که مجموعه های فازی را به متغیرهایی با مقادیر حقیقی در خروجی تبدیل می کند ، می باشد. نتیجه یک سیستم فازی با فازی ساز و غیر فازی ساز بوده که در شکل ۱.۵ نشان داده شده است. این سیستم فازی معایب سیستم فازی خالص و سیستم فازی TSK را می پوشاند. از این پس منظور ما از سیستم های فازی ، سیستم فازی با فازی ساز و غیر فازی ساز خواهد بود (مگر در مواردی که خلاف آن ذکر گردد).



شکل ۱.۵ ساختار اصلی سیستم های فازی با فازی ساز و غیر فازی ساز

بعنوان نتیجه گیری برای این بخش ، لازم است بر روی یک مشخصه سیستم های فازی تاکید نماییم. سیستم های فازی از یک سو نداشت هایی بصورت چند ورودی و یک خروجی از یک بردار با مقادیر حقیقی به یک اسکالر با مقدار حقیقی بوده (نگاشت چند خروجی را می توان با ترکیب چند نگاشت یک خروجی بوجود آورد) که روابط دقیق ریاضی این نگاشت ها را می توان بدست آورد. و از سویی دیگر سیستم های فازی ، سیستم های مبتنی بر دانش بوده که از روی دانش بشری به شکل قواعد اگر – آنگاه ساخته می شوند. جنبه مهم تئوری سیستم های فازی این است که یک فرآیند سیستماتیک برای تبدیل یک پایگاه دانش به یک نگاشت غیر خطی فراهم می سازد. بهمین دلیل ما قادر خواهیم بود که از

سیستم های مبتنی بر دانش (سیستم های فازی) در کاربردهای مهندسی (نظیر کنترل ، پردازش سیگنال ، سیستم های مخابراتی و ...) استفاده نماییم. همچنین از آنجا که ما می توانیم از مدل های ریاضی استفاده کنیم ، در نتیجه تجزیه و تحلیل و طراحی سیستم ها را می توان بصورت یک مدل خشک ریاضی نیز انجام داد.

مجموعه های فازی

مفاهیم فازی از پدیده های فازی که معمولاً در دنیای واقعی روی می دهند، سرچشمه می گیرند. برای مثال، باران یک پدیده طبیعی معمولی که توصیف دقیق آن کار مشکلی است، زیرا شدت باران از یک نم نم ساده گرفته تا باران شدید، ممکن است فرق کند. از آنجایی که کلمه باران، به طور دقیق و مناسب توصیف کننده انواع مختلف میزان بارش رویداد باران نیست، لذا «باران» یک پدیده فازی در نظر گرفته می شود. اغلب، مفاهیم شکل گرفته در ذهن بشر برای درک، تشخیص و طبقه بندی پدیده های طبیعی نیز به صورت فازی هستند. مرزهای این مفاهیم مهم هستند. بنابراین، قضاوت و استدلال حاصل از آنها نیز فازی است. برای مثال «باران» را می توان به منظور توصیف میزان بارش به گروه های «باران نم»، «باران ملایم» و «باران شدید» طبقه بندی کرد. متأسفانه بیان اینکه چه موقع باران نم نم، ملایم و یا شدید است، کار مشکلی می باشد. زیرا مرزهای بین آنها تعریف نشده هستند.

مفاهیم «نم نم»، «ملایم» و «شدید» مثال های ابتدایی از خود مفاهیم فازی هستند.

برای توضیح اصول مجموعه های فازی، کار را با اصول موجود در تئوری مجموعه کلاسیک شروع می کنیم. ایده یک مجموعه غالباً زمانی روی می دهد که خواسته باشیم اطلاعاتی را راجع به اشیاء، سازماندهی و خلاصه کرده و آنها را تعمیم دهیم. حتی می توانیم مسئله را اینطور در نظر بگیریم که انسان ذاتاً تمایل به سازماندهی، مرتب سازی و طبقه بندی سیستماتیک اطلاعات در مورد هر نوع محیطی دارد. قرار دادن چند شیء در یک مجموعه که اعضای آن همگی به یک سری ویژگی های عمومی مشترک دارند، طبیعتاً مفهوم یک مجموعه را بیان می کنند.

مجموعه ها اغلب و تقریباً همیشه به صورت ناخودآگاه مورد استفاده قرار می گیرند. ما در مورد مجموعه ای از اعداد زوج، دماهای مثبت، کامپیوترهای شخصی، میوه ها و چیزهایی مانند اینها در محاورات روزمره مان صحبت می کنیم. برای مثال، یک مجموعه کلاسیک A از اعداد حقیقی بزرگتر از ۶، مجموعه ای با یک کرانه و مرز واضح است که می توان آن را به صورت زیر بیان کرد:

$$A = \{ x \mid x > 6 \}$$

به نحوی که یک مرز مشخص و غیر مبهم ۶ وجود دارد، به قسمی که اگر x بزرگتر از این عدد باشد، آنگاه به مجموعه A متعلق است و در غیر اینصورت x متعلق به این مجموعه نخواهد بود.

اگر چه مجموعه های کلاسیک دارای کاربردهای مناسبی هستند و به عنوان یک ابزار مهم برای ریاضیات و علوم کامپیوتر تثبیت شده اند، اما طبیعت مفاهیم بشری و افکار آن را منعکس نمی کنند، زیرا این مفاهیم به انتزاعی و غیر دقیق بودن

تمایل بیشتری دارند. به عنوان یک توضیح، از نظر ریاضی می توانیم مجموعه ای از افراد بلند قد را به صورت یک مجموعه از اشخاصی که قد آنها بیشتر از $1/8$ متر است، بیان کنیم. اگر «اشخاص بلند قد $A =$ » و «قد $x =$ » در نظر بگیریم، این همان مجموعه ای است که توسط معادله بالا بیان شد. اما هنوز این یک روش غیرمعمول و ناکافی برای بیان مفهوم مرسوم می که ما از «اشخاص بلند قد» در ذهن داریم، می باشد. طبیعت دو بخشی این مجموعه کلاسیک یک شخص $1/8001$ متری را به عنوان یک شخص قد بلند در نظر می گیرد، اما شخص با قد $1/7999$ از این نظر مجموعه بلند قد نیست. این تمایز از نظر عقلانی و درک مستقیم غیرمنطقی است. ایراد از تبدیل صریح بین عضو بودن یا نبودن در مجموعه ناشی می گردد .

بر خلاف مجموعه های مرسوم و کلاسیک، یک مجموعه فازی، همان طور که از نامش بر می آید، مجموعه ای بدون مرز مشخص و روشن است، یعنی تبدیل از «متعلق بودن به یک مجموعه» به «متعلق نبودن به مجموعه» تدریجی است و این تبدیل آرام به وسیله توابع عضوی که به مجموعه های انعطاف پذیری در مدل سازی که اغلب به عبارات زبان شناسی مانند «آب داغ است» یا «هوا گرم است» ارائه میشود، توصیف می شود. اجازه دهید برخی تعاریف اسامی و شکل رسمی آنها را با در نظر گرفتن مجموعه های فازی به شما معرفی کنیم.

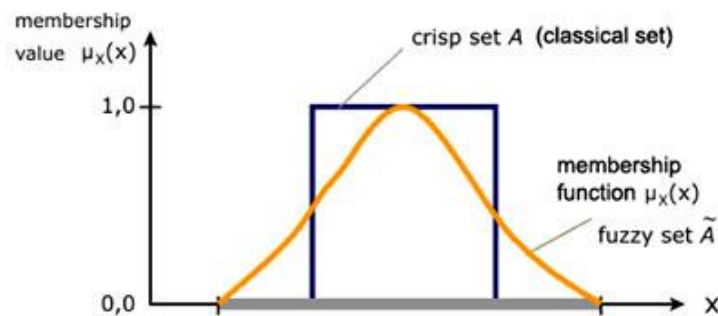
فرض کنید X مجموعه ای از اشیاء بوده و x یک عنصر نوعی (ژنریک) از X باشد. مجموعه کلاسیک A ، $A \subseteq X$ به عنوان مجموعه ای از عناصر با اشیای $x \in X$ به قسمی تعریف می شود که هر x یا به A تعلق دارد یا ندارد. با تعریف یک تابع توصیفی برای هر عنصر x در X می توانیم مجموعه کلاسیک A را به وسیله مجموعه ای از زوج های مرتب شده $(x, 0)$ یا $(x, 1)$ که به ترتیب $x \in A$ یا $x \notin A$ نشان می دهد .

بر خلاف مجموعه رسمی فوق الذکر، یک مجموعه فازی درجه ای را بیان می کند که یک عنصر به یک مجموعه تعلق دارد. تابع توصیفی یک مجموعه فازی مجاز است، مقادیر بین 0 و 1 را به خود بگیرد که نشان دهنده درجه عضویت یک عنصر در یک مجموعه مشخص می باشد .

اگر X مجموعه ای از اشیایی باشد که به وسیله x نشان داده می شوند، آنگاه یک مجموعه فازی A در X به صورت یک مجموعه زوج های مرتب شده زیر تعریف می شود :

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

به نحوی که $\mu_A(x)$ را تابع عضویت (یا به طور مختصر MF) برای مجموعه فازی A می نامند. تابع عضویت، هر کدام از عناصر X را به یک درجه عضویت (یا مقدار عضویت) بین ۰ و ۱ نگاشت می کند. اگر مقدار تابع عضویت $\mu_A(x)$ به ۰ و ۱ محدود شود، آنگاه A به یک مجموعه کلاسیک کاهش یافته و $\mu_A(x)$ تابع توصیفی A می شود



برای روشن شدن مطلب می توانیم مجموعه های کلاسیک را مجموعه های معمولی، مجموعه های مشخص، مجموعه های غیرفازی و یا فقط مجموعه ها نیز بنامیم. معمولاً X را جهان مباحثه یا بطور خلاصه جهان می نامند و ممکن است شامل اشیای گسسته (پیوسته یا ناپیوسته) یا مجموعه ای پیوسته باشد. این موضوع را با یک مثال روشن می کنیم. فرض کنید

$X = \{\text{San Francisco, Boston, Los Angeles}\}$

یکی از شهرهای ممکن برای اسکان یا شخص باشند. مجموعه فازی «شهر مطلوب برای زندگی C » را می توان به صورت زیر توصیف کرد $C = \{(\text{San Francisco}, 0.9), (\text{Boston}, 0.8), (\text{Los Angeles}, 0.6)\}$

جهان مباحثه X گسسته بوده و شامل اشیای نامرتب: سه شهر بزرگ در ایالات متحده می باشد. همانطور که مشاهده می شود، درجات عضویت که در بالا لیست شده اند کاملاً ذهنی هستند، هر کسی می تواند در هر کدام از این سه شهر زندگی کند، اما مقادیر درست علاقمندی وی را نشان می دهد.

به عنوان مثال بعدی، فرض کنید $X = \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6\}$ مجموعه تعداد فرزندان باشد که یک خانواده می تواند داشته باشد آنگاه مجموعه فازی «تعداد معقول فرزندان در خانواده A » را می توان به صورت زیر توصیف کرد:

$$A = \{(0, 0.1), (1, 0.3), (2, 0.7), (3, 1), (4, 0.7), (5, 0.3), (6, 0.1)\}$$

یا با نشانه گذاری ها و نمادهایی که در این فصل از آنها استفاده خواهیم کرد، به صورت زیر نمایش داد:

$$A = 0.1 / 0 + 0.3 / 1 + 0.7 / 2 + 1.0 / 3 + 0.7 / 4 + 0.3 / 5 + 0.1 / 6$$

در اینجا جهان X با ترتیب - گسسته وجود دارد.

بالاخره، فرض کنید $X=R^+$ ، مجموعه سن های ممکن برای افراد باشد.

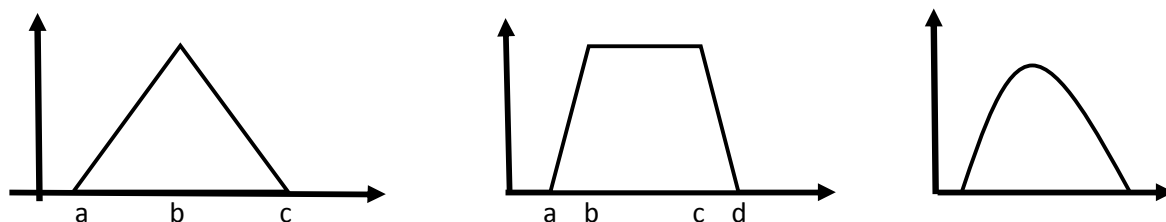
آنگاه مجموعه فازی «فرد ۵۰ ساله B » را می توان به صورت زیر بیان کرد:

$$B = \{(x, \mu_B(x)) \mid x \in X\}$$

$$\mu_B(x) = 1 / (1 + ((x - 50) / 10)^4) \quad \text{که}$$

همانطور که قبلاً نیز اشاره شد، یک مجموعه فازی کاملاً به وسیله تابع عضویت خود توصیف می گردد. از آنجایی که بسیاری از مجموعه های فازی موجود، دارای جهان مباحثه X شامل خط حقیقی R هستند، لذا لیست کردن تمام زوج های تعریف کننده یک تابع عضویت کاری غیرعملی است. یک راه مختصر و مفیدتر برای تعریف یک تابع عضویت، بیان آن به صورت یک فرمول ریاضی است.

چندین کلاس مختلف از توابع عضویت پارامتری شده معرفی شده اند و در دنیای واقعی کاربردهای مجموعه های فازی شکل توابع عضویت معمولاً محدود می شود به یک کلاس قطعی از توابعی که می توانند تنها با تعداد اندکی پارامتر مشخص گردند. مشهورترین این شکل ها، شکل های مثلثی، دوزنقه ای و گاوس هستند. شکل های زیر، شکل هایی را که معمولاً برای توابع عضویت به کار می روند، نشان می دهد.



یک تابع عضویت مثلثی به وسیله سه پارامتر $\{a,b,c\}$ به صورت زیر مشخص می گردد:

$$\mu(x) \text{ triangle}(x,a,b,c) = \begin{cases} 0 & \text{for } x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} & \text{for } a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & \text{for } b \leq x \leq c \\ 0 & \text{for } c \leq x \end{cases}$$

پارامترهای $\{a,b,c\}$ به صورتی که $a < b < c$ باشد، مختصات x سه گوشه زیر تابع عضویت مثلثی را مشخص می کنند. یک تابع عضویت ذوزنقه ای به وسیله چهار پارامتر (a,b,c,d) به صورت زیر مشخص می گردد :

$$\mu(x) \text{ trape}(x,a,b,c,d) = \begin{cases} 0 & \text{for } x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} & \text{for } a \leq x \leq b \\ 1 & \text{for } b \leq x \leq c \\ \frac{(d-x)}{d-c} & \text{for } c \leq x \leq d \\ 0 & \text{for } d \leq x \end{cases}$$

چهار گوشه زیر تابع عضویت ذوزنقه ای را مشخص می کنند. یک تابع عضویت مثلثی را می توان به عنوان شکل خاصی از یک تابع عضویت ذوزنقه ای در نظر گرفت که در آن $b=c$ می باشد

$\mu(x) = \text{Gaussian}(x, c, \sigma) = e^{-1/2((x-c)/\sigma)^2}$. یک تابع عضویت گاوس کاملاً به وسیله c و σ تعیین می گردد

c ، مرکز تابع عضویت را نشان می دهد و σ عرض تابع عضویت را تعیین می کند.

با توجه به مثال های ارائه شده قبلی، پر واضح است که ایجاد یک مجموعه فازی به دو چیز بستگی دارد: شناسایی یک جهان مباحثه مناسب و مشخصات یک تابع عضویت مناسب. مشخصات تابع عضویت موضوعی است، یعنی توابع عضویت یک مفهوم یکسان (مثلاً تعداد معقول فرزندان در یک خانواده) وقتی توسط اشخاص مختلف مشخص می گردند، ممکن است تا حد قابل ملاحظه ای فرق داشته باشد .

این مسئله «موضوعی» از تفاوت های موجود در درک یا بیان مفاهیم انتزاعی ناشی شده و کمتر به مسئله تصادفی بودن ارتباط دارد. بنابراین، مسئله موضوع گرایی و غیرتصادفی بودن مجموعه های فازی تفاوت اصلی بین آموختن مجموعه های

فازی و تئوری احتمال است که با رفتار عینی پدیده های تصادفی سر و کار دارد. پارامترها و خصوصیات متعددی برای تابع عضویت وجود دارند که اغلب در برخی از اعمال مجموعه فازی و سیستم های استنباط مجموعه فازی به کار می روند. ما تنها برخی از آنها را که عقیده خودمان مهمترین هستند را تعریف می کنیم :

1- محمل: محمل یک مجموعه فازی A ، مجموعه تمام نقاط x در جهان مباحثه X است، به گونه ای که $\mu_A(x) > 0$

$$\text{Support}(A) = \{x \mid \mu_A(x) > 0\}$$

2- هسته: هسته یک مجموعه فازی A ، مجموعه تمام نقاط x در X است، به گونه ای که $\mu_A(x) = 1$ باشد.

$$\text{Core}(A) = \{x \mid \mu_A(x) = 1\}$$

3- نرمال سازی: یک مجموعه فازی A نرمال است، اگر هسته آن غیر تهی باشد. به عبارت دیگر، همواره می توانیم یک نقطه $x \in X$ پیدا کنیم به گونه ای که $\mu_A(x) = 1$ باشد.

4- کاردینالیته: با داشتن یک مجموعه فازی A در یک جهان متناهی X ، کاردینالیته آن که به صورت $\text{Card}(A)$

نشان داده می شود، به صورت زیر تعریف می گردد :

$$\text{Card}(A) = \sum_{x \in X} \mu_A(x)$$

اغلب $\text{Card}(X)$ را کاردینالیته عددی یا یک شمارش از A می نامند. برای مثال، مجموعه فازی

$$A = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\} \text{ در جهان } X = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\} \text{ دارای کاردینالیته}$$

$$\text{Card}(a) = 2.4 \text{ می باشد.}$$

5- برش: a مجموعه برش a یا سطح a یک مجموعه فازی، مجموعه مشخصی است که به صورت زیر تعریف می شود :

6- عدد فازی: اعداد فازی نوع خاصی از مجموعه های فازی هستند که انواع ممکن توابع عضویت را محدود می کنند :

الف. تابع عضویت باید نرمال (یعنی دارای هسته غیر تهی) و منفرد باشد. نتیجه این محدودیت دقیقاً یک نقطه است که درون یک هسته قرار می گیرد و مقدار نوعی عدد فازی را مدل سازی می کند. این نقطه را مقدار مدل می نامند.

ب. تابع عضویت باید به صورت یکنواخت سمت چپ هسته را افزایش و به صورت یکنواخت سمت راست آن راکاهش دهد. نتیجه این محدودیت این است که مطمئن می شویم تنها یک نقطه قله ای و لذا تنها یک مقدار نوعی وجود دارد

ج. انتشار محمل (یعنی ناحیه غیر صفر مجموعه فازی) درجه نادرستی بیان شده توسط عدد فازی را توصیف می کند

اعمال مجموعه فازی

در این بخش ، عملیات اساسی بر روی چند مجموعه فازی را مطالعه می کنیم. فرض کنیم A و B مجموعه های فازی هستند که در یک مجموعه جهانی یکسان تعریف شده اند.

معادل بودن ، زیر مجموعه بودن ، مکمل ، اجتماع و اشتراک دو مجموعه فازی A و B بدین ترتیب تعریف می شوند.

دو مجموعه A و B معادل هستند اگر و فقط اگر برای تمامی مقادیر $x \in U$ ، $\mu_A(x) = \mu_B(x)$ باشد.

مجموعه A زیر مجموعه B است اگر و فقط اگر برای تمامی مقادیر $x \in U$ ، $\mu_A(x) \leq \mu_B(x)$ باشد.

مکمل مجموعه فازی A مجموعه فازی \bar{A} در U است که تابع تعلق آن بدین شکل تعریف می شود:

$$\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x)$$

اجتماع (union) A و B یک مجموعه فازی در U است که با $A \cup B$ نشان داده شده و تابع تعلق آن بدین شکل تعریف می شود:

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max[\mu_A(x), \mu_B(x)]$$

اشتراک (intersection) A و B یک مجموعه فازی $A \cap B$ در U است با تابع تعلق زیر:

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min[\mu_A(x), \mu_B(x)]$$

یک راه شهودی تعریف اجتماع بدین ترتیب است:

اجتماع A و B کوچکترین مجموعه فازی است که هم در بر دارنده A و هم در بر دارنده B باشد. بطور دقیق تر، اگر C یک مجموعه فازی باشد که در بر دارنده هم A و B باشد، آنگاه C در بر دارنده اجتماع A و B نیز خواهد بود. که در تعریف بالا ابتدا می بینیم که $A \cup B$ در بر دارنده هم A و B می باشد چرا که $\max[\mu_A, \mu_B] \geq \mu_A$ و $\max[\mu_A, \mu_B] \geq \mu_B$. بعلاوه اگر C یک مجموعه فازی باشد که در بر دارنده A و B است آنگاه $\mu_C \geq \mu_A$ و $\mu_C \geq \mu_B$. بنابراین $\mu_C \geq \max[\mu_A, \mu_B] = \mu_{A \cup B}$ که بدین معنی است که مجموعه $A \cup B$ که بصورت بالا تعریف شده، کوچکترین مجموعه فازی است که در بر دارنده A و B می باشد. عمل اشتراک که بوسیله رابطه بالا تعریف شده را نیز می توان بهمین ترتیب توجیه کرد

محاسبات عددی متکی بر این اعمال فازی ساده از طریق یک مثال ساده را با یک جهان مباحثه گسسته S توضیح می دهیم. فرض کنید $S = \{1,2,3,4,5\}$ بوده و مجموعه های فازی A, B به صورت زیر باشد:

$$A = 0/1 + 0.5/2 + 0.8/3 + 1.0/4 + 0.2/5$$

$$B = 0.9/1 + 0.4/2 + 0.3/3 + 0.1/4 + 0/5$$

آنگاه،

$$A \cup B = 0.9/1 + 0.5/2 + 0.8/3 + 1.0/4 + 0.2/5$$

$$A \cap B = 0/1 + 0.4/2 + 0.3/3 + 0.1/4 + 0/5$$

$$A' = 1/1 + 0.5/2 + 0.2/3 + 0/4 + 0.8/5$$

از مجموعه های کلاسیک تا مجموعه های فازی :

فرض کنید U مجموعه جهانی و شامل تمامی عناصر و اعضاء ممکن در بحث یا کاربرد مورد نظر ما باشد. یاد آوری می شود که یک مجموعه کلاسیک A یا به اختصار مجموعه A در فضای جهانی U را می توان با فهرست تمامی اعضاء (روش فهرست) یا با مشخص کردن ویژگی هایی که باید توسط اعضاء مجموعه ارضا گردد (روش قاعده) تعریف کرد.

روش فهرست را فقط می توان در مجموعه های متناهی بکار برد بنابراین کاربرد محدودی دارد.

روش قاعده کلی تر می باشد. در روش قاعده یک مجموعه A را بدین صورت می توان تعریف کرد :

$$A = \{X \in U \mid X \text{ شروطی را بر آورده می کند}\}$$

مثال: مجموعه تمامی ماشینهای شهر تهران را در نظر بگیرید این همان مجموعه جهانی ما می باشد .

ما می توانیم مجموعه های گوناگون را بر اساس ویژگی ماشینها در U تعریف کنیم .

اگر ما بخواهیم مجموعه را بر اساس ایرانی و خارجی بودن تعریف کنیم با مشکل مواجه خواهیم شد . یک جنبه این است که ماشینی ایرانی است که نامی ایرانی داشته باشد، در غیر این صورت خارجی است . با این حال بسیاری افراد عقیده دارند که ما بطور قطعی نمی توانیم اتومبیل های ایرانی و خارجی را متمایز کنیم، چرا که خیلی از قطعات استفاده شده در اتومبیل های ایرانی ساخت خارج است. شما با این مسئله چگونه برخورد می کنید؟

مثال ماشینها اساساً نشان میدهد که بعضی مجموعه ها مرزهای مشخص و روشنی ندارند. مجموعه های ریاضیات کلاسیک نیازمند این هستند که دارای یک ویژگی بخوبی تعریف شده باشند. بنابراین تعریف مجموعه ای نظیر " تمامی اتومبیل های ایرانی در تهران" امکان پذیر نیست .

برای حل این مشکل تئوری مجموعه های کلاسیک مجموعه های فازی ارائه گردید .

یک مجموعه فازی A در فضای جهانی U بوسیله یک تابع $\mu_A(x)$ که مقادیری در بازه $[0,1]$ اختیار می کند مشخص می شود . بنابراین یک مجموعه فازی تعمیم یک مجموعه کلاسیک است که اجازه می دهد تابع تعلق هر مقداری را در بازه $[0,1]$ اختیار کند . به عبارت دیگر یک مجموعه کلاسیک فقط می توانست دو مقدار $0,1$ داشته باشد در حالی که تابع تعلق یک مجموعه فازی یک تابع پیوسته در محدوده $[0,1]$ می باشد. در واقع می بینیم که هیچ چیز در مورد مجموعه فازی گنگ و مبهم نیست بلکه مجموعه فازی مجموعه ای است با یک تابع تعلق پیوسته .

یک مجموعه فازی A را در U می توان با یک مجموعه از زوجهای مرتب x و مقدار تعلق آن نمایش داد. بدین ترتیب :

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

هنگامی که U پیوسته باشد { بعنوان مثال $U = \mathbb{R}$ }، A را معمولاً بدین صورت مشخص می کنند .

$$A = \int_U \mu_A(x) / x$$

که علامت μ_A نشان دهنده انتگرال نیست، بلکه اجتماع تمامی نقاط $X \in U$ و مقدار تابع تعلق متناظر $\mu_A(X)$ را نشان می دهد. هنگامی که U گسسته باشد، A معمولاً بدین صورت نوشته می شود:

$$A = \sum_U \mu_A(X) / X$$

که در اینجا نیز علامت \sum به معنای جمع ریاضی نیست بلکه اجتماع تمامی نقاط $X \in U$ و تابع تعلق متناظر $\mu_A(X)$ را نشان می دهد.

حال برگردیم ببینیم چگونه از مفهوم مجموعه های فازی برای تعریف ماشینهای ایرانی و غیر ایرانی می توان استفاده کرد. ما می توانیم مجموعه "ماشینهای ایرانی در تهران" که با D نشان داده می شود را بصورت یک مجموعه فازی بر اساس در صد قطعات ساخت داخل تعریف کنیم D . بوسیله یک تابع تعلق تعریف می شود:

$$\mu_D(X) = P(X)$$

که $p(x)$ درصد قطعات اتومبیل x است که در ایران ساخته می شود و مقداری از 0% تا 100% خواهد داشت. بعنوان مثال اگر یک ماشین خاص x_0 ، 60% درصد قطعاتش در ایران تولید شود، آنگاه می گوئیم که ماشین خاص x_0 ، به میزان 0.6 به مجموعه فازی D تعلق دارد.

به همین ترتیب ما می توانیم مجموعه "ماشینهای غیر ایرانی در تهران" که با F نشان داده می شود را بصورت یک مجموعه فازی با تابع تعلق زیر تعریف کنیم.

$$\mu_F(X) = 1 - P(X)$$

سه نکته مهم را در مورد مجموعه های فازی می توان استنباط کرد:

خواص و ویژگیهایی که یک مجموعه فازی برای مشخص کردن اعضاها استفاده می کند، معمولاً فازی هستند. به عنوان مثال "اعداد نزدیک به صفر" یک توصیف دقیق نمی باشد.

بنابراین ما می توانیم از توابع تعلق مختلف برای توصیف یک مشخصه یکسان استفاده کنیم، با این حال توابع تعلق خودشان فازی نیستند بلکه توابع ریاضی دقیق می باشند.

پس از نکته قبل حال این سؤال پیش می آید که چگونه می توان این توابع تعلق را معین کرد؟ بدلیل اینکه انتخاب های برای توابع تعلق وجود دارد چگونه می توان یکی را از بین سایرین انتخاب کرد؟ بطور کلی دو راه حل برای تعیین یک تابع تعلق وجود دارد. اولین راه حل استفاده از دانش انسان خبره است. بدین معنی که از انسان خبره بخواهیم در حوزه دانش و تخصص خود توابع تعلق مناسب را مشخص نماید. از آنجا که مجموعه های فازی اغلب برای فرموله کردن دانش بشری استفاده می شوند، توابع تعلق نشان دهنده بخشی از دانش بشری می باشند. معمولاً این راه حل فقط می تواند یک فرمول ساده و خام برای توابع تعلق به ما بدهد و برای استفاده باید آنرا تنظیم و تطبیق کرد. در راه حل دوم ما از مجموعه های جمع آوری شده برای تعیین توابع تعلق استفاده می کنیم.

و بالاخره بعنوان آخرین نکته باید تأکید کرد که گرچه روابط $(2,10)$ و $(2,11)$ هر دو مجموعه "اعداد نزدیک به صفر" را مشخص می کنند. با این حال دو مجموعه فازی مختلف می باشند. بنابراین ما باید از عبارات و برچسب های مختلفی برای هر یک استفاده کنیم. بعنوان مثال ما باید رابطه $(2,10)$ را با $\mu_{Z_1}(x)$ و رابطه $(2,11)$ را با $\mu_{Z_2}(x)$ نشان دهیم. هر مجموعه فازی یک تناظر یک به یک با تابع تعلق خود دارد. بدین معنی که وقتی که ما می گوییم یک مجموعه فازی فقط یک تابع تعلق واحد متناظر با آن وجود دارد و بالعکس وقتی که ما یک تابع تعلق را می دهیم این تابع تعلق یک مجموعه فازی را نمایش می دهد. پس از این نظر مجموعه های فازی و توابع تعلق با هم معادل می باشند.

همانطور که تشریح کردیم مجموعه فازی $A \cup B$ کوچکترین مجموعه فازی است که در بر دارنده A, B بوده و مجموعه فازی $A \cap B$ بزرگترین مجموعه ای است که بوسیله A, B در برگرفته شده است. بنابراین این دو روابط فقط یک نوع عملیات را روی مجموعه های فازی تعریف می کنند.

چرا ما به انواع دیگر عملگرها نیاز داریم؟ دلیل عمده این است که این عملگرها ممکن است در بعضی شرایط ارضاء نشوند.

بعنوان مثال هنگامی که ما عمل اشتراک را بر روی دو مجموعه فازی انجام می دهیم ممکن است بخواهیم مجموعه فازی بزرگتر تأثیر بیشتری بر روی جواب داشته باشد ولی اگر ما از عملگر \min استفاده کنیم مجموعه فازی بزرگتر تأثیر بیشتر نخواهد داشت. دلیل دیگر از نقطه نظر تئوریک بوده و آن این است که ما به کشف سایر عملگرهای ممکن بر روی مجموعه های فازی علاقمند هستیم.

می دانیم که بر روی مجموعه های غیر فازی فقط یک نوع عملگر برای مکمل واجتماع یا اشتراک وجود دارد.

مکمل فازی

فرض کنید $C: [0,1] \rightarrow [0,1]$ نگاشتی باشد که تابع تعلق مجموعه فازی A را به تابع تعلق مجموعه مکمل A

$$C[\mu_A(x)] = \mu_{\bar{A}}(x) \quad \text{تبدیل کند بدین معنی که :}$$

در مورد این رابطه برای اینکه تابع C واجد شرایط یک عملگر مکمل باشد باید حداقل دو شرط زیر را ارضاء کند :

$$\text{اصل موضوع } C_1 : C(1)=0, C(0)=1 \quad (\text{شرط مرزی})$$

$$\text{اصل موضوع } C_2 : \text{ برای تمامی مقادیر } a, b \in [0,1] \text{ اگر } a < b \text{ آنگاه } c(a) \geq c(b) \quad (\text{شرط نزولی بودن})$$

که a, b نشان دهنده توابع تعلق دو مجموعه فازی می باشند ، یعنی $a = \mu_a(x), b = \mu_b(x)$ اصل موضوع C_1 نشان می دهد که اگر یک عنصر به یک مجموعه فازی با درجه صفر (یک) تعلق داشته باشد، آنگاه به مکمل این مجموعه فازی با درجه یک (صفر) تعلق دارد . اصل موضوع C_2 می گوید افزایش مقادیر تعلق باید کاهش یا عدم تغییر مقادیر تعلق تابع مکمل را نتیجه دهد . ذکر این نکته لازم است که اگر عملگری این دو نیاز را برآورده نسازد آنگاه بعنوان عملگر مکمل نمی توان آنرا پذیرفت .

تعریف : هر تابع $C: [0,1] \rightarrow [0,1]$ که اصول موضوع C_1 و C_2 را ارضاء نماید یک مگمل فازی نامیده می شود

اجتماع فازی، s - نرم ها :

فرض کنید $s: [0,1] * [0,1] \rightarrow [0,1]$ نگاشتی باشد که توابع تعلق مجموعه های a, b را به تابع تعلق اجتماع a, b تبدیل

$$s[\mu_A(X), \mu_B(X)] = \mu_{A \cup B}(X) \quad \text{می کند، یعنی :}$$

برای اینکه تابع S واجد شرایط اجتماع باشد باید حداقل چهار شرط یا اصل موضوع را ارضاء کند :

$$\text{اصل موضوع } S_1 : S(1,1)=1, S(0,A)=S(A,0)=A \quad (\text{شرط مرزی})$$

$$\text{اصل موضوع } S_2 : S(A,B)=S(B,A) \quad (\text{شرط جابجایی})$$

$$\text{اصل موضوع } S_3 : \text{ اگر } a \leq a' \text{ و } b \leq b' \text{ آنگاه } s(a,b) \leq s(a',b') \quad (\text{شرط صعودی})$$

اصل موضوع s_4 : $s(s(a,b),c)=s(a,s(b,c))$ (شرط شرکت پذیری)

اصل موضوع s_1 آنچه را که تابع اجتماع باید در شرایط خاص باشد، نشان می دهد . اصل موضوع s_2 ما را مطمئن می سازد که ترتیب ترکیب مجموعه های فازی اثری بر روی نتیجه نهایی ندارد . اصل موضوع s_3 لازمه طبیعی اجتماع را نشان می دهد . افزایش در مقادیر تعلق دو مجموعه فازی باعث افزایش مقدار تعلق اجتماع دو مجموعه باید بشود . اصل موضوع s_4 گسترش عملگرهای اجتماع را به بیش از دو مجموعه فازی نشان می دهد .

تعریف : هر تابع $T: [0,1]^* [0,1] \rightarrow [0,1]$ که اصول موضوع s_1 تا s_4 را ارضا نماید یک s -نرم نامیده می شود.

اشتراک فازی، T - نرم ها :

فرض کنید $T: [0,1]^* [0,1] \rightarrow [0,1]$ تابعی باشد که توابع تعلق مجموعه فازی اشتراک A, B تبدیل کند یعنی :

$$t[\mu_A(X), \mu_B(X)] = \mu_{A \cap B}(X)$$

برای اینکه تابع t واجد شرایط یک اشتراک باشد باید حداقل چهار شرط زیر را ارضاء کند :

اصل موضوع t_1 : $t(0,0)=0, t(a,1)=t(1,a)=a$ (شرط مرزی)

اصل موضوع t_2 : $t(a,b)=t(b,a)$ (شرط جابجایی)

اصل موضوع t_3 : اگر $a \leq a'$ و $b \leq b'$ آنگاه $t(a,b) \leq t(a',b')$ (شرط صعودی بودن)

اصل موضوع t_4 : $t[t(a,b),c]=t[a,t(b,c)]$ (شرط شرکت پذیری)

هر تابع $T: [0,1]^* [0,1] \rightarrow [0,1]$ که اصول موضوع t_1 تا t_4 را ارضاء نماید یک t -نرم نامیده می شود .

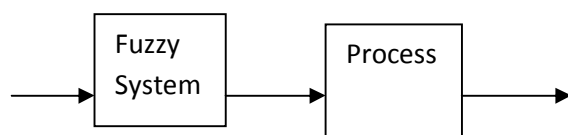
می توان ثابت کرد که اشتراک فازی \min یک t -نرم است .

برای هر t -نرم یک s -نرم متناظر وجود دارد و بالعکس.

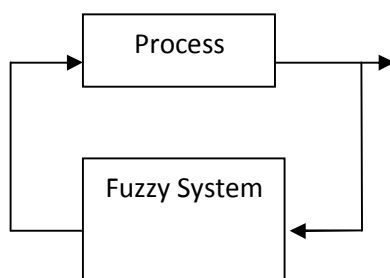
سیستم های فازی کجا و چگونه استفاده می شوند؟

سیستم های فازی امروزه در طیف وسیعی از علوم و فنون کاربرد پیدا کرده اند، از کنترل، پردازش سیگنال، ارتباطات، ساخت مدارهای مجتمع و سیستم های خبره گرفته تا بازرگانی، پزشکی، دانش اجتماعی، ... با این حال بعنوان یکی از مهمترین کاربردهای آن حل مسائل و مشکلات کنترل را می توان بیان کرد. بنابراین توجه خود را بر روی تعدادی از مسائل کنترل که سیستم های فازی نقش عمده ای را در آن بازی میکنند، متمرکز می کنیم. سیستم های فازی را همانطور که در شکلهای زیر نشان داده شده می توان بعنوان کنترل کننده های حلقه باز یا کنترل کننده های حلقه بسته مورد استفاده قرار داد. هنگامی که بعنوان کنترل کننده حلقه باز استفاده می شود، سیستم فازی معمولاً بعضی پارامترهای کنترل کننده را معین کرده و آنگاه با سیستم مطابق با این پارامترهای کنترل کار می کند. بسیاری از کاربردهای سیستم فازی در الکترونیک به این دسته تعلق دارند.

هنگامی که سیستم فازی به عنوان یک کنترل کننده حلقه بسته استفاده می شود، در این حالت خروجی های فرایند را اندازه گیری کرده و بطور همزمان عملیات کنترل را انجام می دهد. کاربردهای سیستم فازی در فرایندهای صنعتی به این دسته تعلق دارد.



شکل ۱.۶ سیستم فازی بعنوان کنترل کننده حلقه باز



شکل ۱.۷ سیستم فازی بعنوان کنترل کننده حلقه بسته

منطق فازی روشی برای پردازش وقایع غیر قطعی ارائه می کند؛ دقیقاً آنچه که در طبیعت و زندگی روزمره با آن در ارتباط هستیم. در منطق فازی با مقادیری غیر قطعی و تقریبی کار می کنیم، محدوده های از احتمالات که ممکن است اتفاق بیافتند. منطق فازی در مقابل منطق باینری **binary** یا منطق **Boolean** قرار دارد.

منطق فازی برای طراحی سیستم های خبره **expert systems** به کار می رود. سیستم های خبره قوانین جهان واقع را شبیه سازی می کنند. کنترل خودکار ترافیک، دوربین های فیلمبرداری، ماشین های لباسشویی هوشمند، سیستم های تشخیص

هویت از روی اثر انگشت یا تصویر مردمک چشم و غلط یاب تایپی در نرم افزارهای ویرایش متن مانند MS-Word از منطق فازی استفاده می‌کنند.

نارسایی منطق ۰ و ۱ برای شبیه سازی جهان واقعی را منطق فازی کاملاً حل می‌کند. برای مثال در سیستم راننده خودکار اتومبیل، محاسبه و کنترل فاصله اتومبیل از کناره جدول یا اتومبیل‌های دیگر با منطق باینری ممکن نیست و در این شرایط منطق فازی مشکل گشا خواهد بود.

اگر رانندگی آموزش می‌دهید برای بیان فاصله بین اتومبیل و کناره جدول خواهید گفت: "تقریباً نیم متر". تنها روش برای گفتن چنین مقادیر غیر قطعی در سیستم‌های کامپیوتری استفاده از منطق فازی است.

ماشین شستشوی فازی:

سیستم فازی مورد استفاده یک سیستم سه ورودی یک خروجی است که سه ورودی فوق نوع کیفی و مقدار اندازه گیری شده کیفی و حجم لباس بوده و خروجی تعداد دورهای مناسب شستشو میباشد. بعنوان ورودی (سنسورهای) در این سیستم تعیبه شده این سنسورها که از نوع نوری می باشند میزان نوری را که از طرف مقابل ساطع شده و از آب عبور کرده اندازه گیری می نمایند. سنسور نوری همچنین میتواند معین کند که نوع کیفی چیست لباس گل آلود است یا چرب؟ گل در آب سریعتر حل می شود بنابراین اگر نور دریافتی بسرعت کاهش پیدا کند، در آن صورت لباس گل آلود است. در حالی که اگر لباس روغنی باشد کندتر در آب حل شده و کاهش نور دریافتی کندتر خواهد بود. ماشین همچنین دارای یک سنسور بار می باشد که حجم لباس ها را ثبت می کند واضح است که تعداد لباس های بیشتر زمان بیشتری برای شستشو لازم دارد. موارد فوق را می توان در تعدادی قاعده اگر- آنگاه فازی برای ساخت یک سیستم فازی خلاصه کرد.

تثیت کننده تصویر دیجیتال :

هر کس که با یک دوربین فیلم برداری کار کرده باشد میداند که فیلم برداری بدون لرزش دست کار مشکلی است برای تصیح خطای ناشی از لرزش دست نوع جدیدی از دوربین ها به بازار عرضه شده است. این نوع دوربین ها که بر اساس سیستم های فازی میباشند تثیت کننده تصویر دیجیتال نامیده شده اند. این سیستم ها بر اساس قواعد (هیوریستیک) زیر ساخته شده اند: ۱- اگر تمامی نقاط تصویر به یک جهت حرکت کرده اند آنگاه دست لرزش داشته است ۲) اگر فقط تعدادی نقاط تصویر حرکت کرده است آنگاه دست لرزش نداشته است.

کنترل فازی کوره سیمان :

سیمان بوسیله آسیاب کلینکر که ترکیبی از مواد معدنی است در یک کوره ساخته میشود . بدلیل این که عملکرد این کوره غیر خطی و متغیر با زمان میباشد و داده های نمونه برداری کمی نیز دارد کنترل آن با استفاده از روشهای کنترل متعارف کاری مشکل است. در اواخر دهه ۱۹۷۰ شرکتی در دانمارک یک سیستم فازی را برای کنترل کوره سیمان ابداع نمود. سیستم فازی (کنترل فازی فوق چهار ورودی و دو خروجی داشت) ورودی های چهارگانه عبارتند از:

۱) درصد اکسیژن در گازهای آگزوز

۲) درجه حرارت گازهای آگزوز

۳) گشتاور آسیاب کوره

۴) وزن حجمی کلینکر

خروجی های این سیستم نیز:

۱) میزان زغال سنگ ریخته شده به کوره

۲) میزان جریان هوا میباشد.

مجموعه ی که از قواعد اگر-آنگاه فازی رابطه خروجی ها را با ورودی ها مشخص می کند. بعنوان مثال :

۱) اگر درصد اکسیژن بالا و درجه حرارت پایین است آنگاه درجه هوا را افزایش دهید.

۲) اگر درصد اکسیژن بالا و درجه حرارت بالا است آنگاه میزان زغال سنگ را اندکی کاهش دهید.

سیستم فازی ای که با ترکیب این قواعد ساخته شده بود در سال ۱۹۷۸ به مدت ۶ روز در کوره سیمان شرکت اسمیت در دانمارک بکار گرفته شده که نسبت به حالت کنترل توسط انسان و همچنین مصرف سوخت بهبود را نشان میداد.

کنترل فازی قطار زیرزمینی :

یکی از مهمترین کاربردهای سیستم های فازی را تا امروز می توان سیستم کنترل فازی متروی سندایی در ژاپن بر شمرد. مسیر شمال جنوبی این قطار به طور ۱۳/۶ کیلومتری دارای ۱۶ ایستگاه می باشد . سیستم فازی آن چهار پارامترا بطور همزمان در نظر می گیرد:

ایمنی ، راحتی سرنشینان، رسیدن به سرعت مطلوب ودقت ترمز. سیستم فازی دارای دوبخش است: بخش کنترل کننده سرعت (که سرعت قطار را در حد مجاز نگاه می دارد) وبخش کنترل کننده توقف اتوماتیک (که سرعت قطار را تا توقف نهایی تنظیم می کند) بخش کنترل کننده سرعت از قواعد زیر استفاده می کند :

برای ایمنی : اگر سرعت قطار دارد به مرز مجاز نزدیک شود، آنگاه بیشترین میزان ترمز را انتخاب کنید.

برای راحتی سرنشینان، اگر سرعت قطار در محدوده مجاز است، آنگاه عملکرد کنترل ترمز را تغییر ندهید. البته در سیستم واقعی از تعداد پا را مترها وقواعد بیشتری استفاده شده است. سیستم توقف خودکار رامی توان از روی چنین قواعدی بنا کرد:

برای راحتی سرنشینان: اگر قطار در منطقه مجاز متوقف خواهد شد آنگاه عمل کرد کنترل ترمز را تغییر ندهید. برای راحتی و ایمنی سرنشینان: اگر قطار در منطقه مجاز قرار دارد آنگاه عمل کرد کنترل ترمز را از حالت شتاب به حالت ترمز تغییر دهید.

البته باز هم در شتاب واقعی، از تعداد قواعد بیشتری استفاده شده است. امروزه قطار زیرزمینی سندایی یکی از پیشرفته ترین سیستمهای مترو محسوب شده که از سال ۱۹۹۱ کار حمل و نقل مسافران را به عهده دارد.

زمینه های تحقیق عمده در تئوری فازی

منظور ما از تئوری فازی تمام تئوری هایی است که از مفاهیم اساسی مجموعه های فازی یا توابع تعلق استفاده میکنند. تئوری فازی را به ۵ شاخه عمده می توان تقسیم کرد .

(۱) ریاضیات فازی که در آن مفاهیم ریاضیات کلاسیک با جایگزینی مجموعه های فازی با مجموعه های کلاسیک توسعه پیدا کرده است .

(۲) منطق فازی و هوش مصنوعی که در آن منطق کلاسیک تقریب هایی یافته و سیستم های (خبره) بر اساس اطلاعات و استنتاج تقریبی توسعه پیدا کرده است.

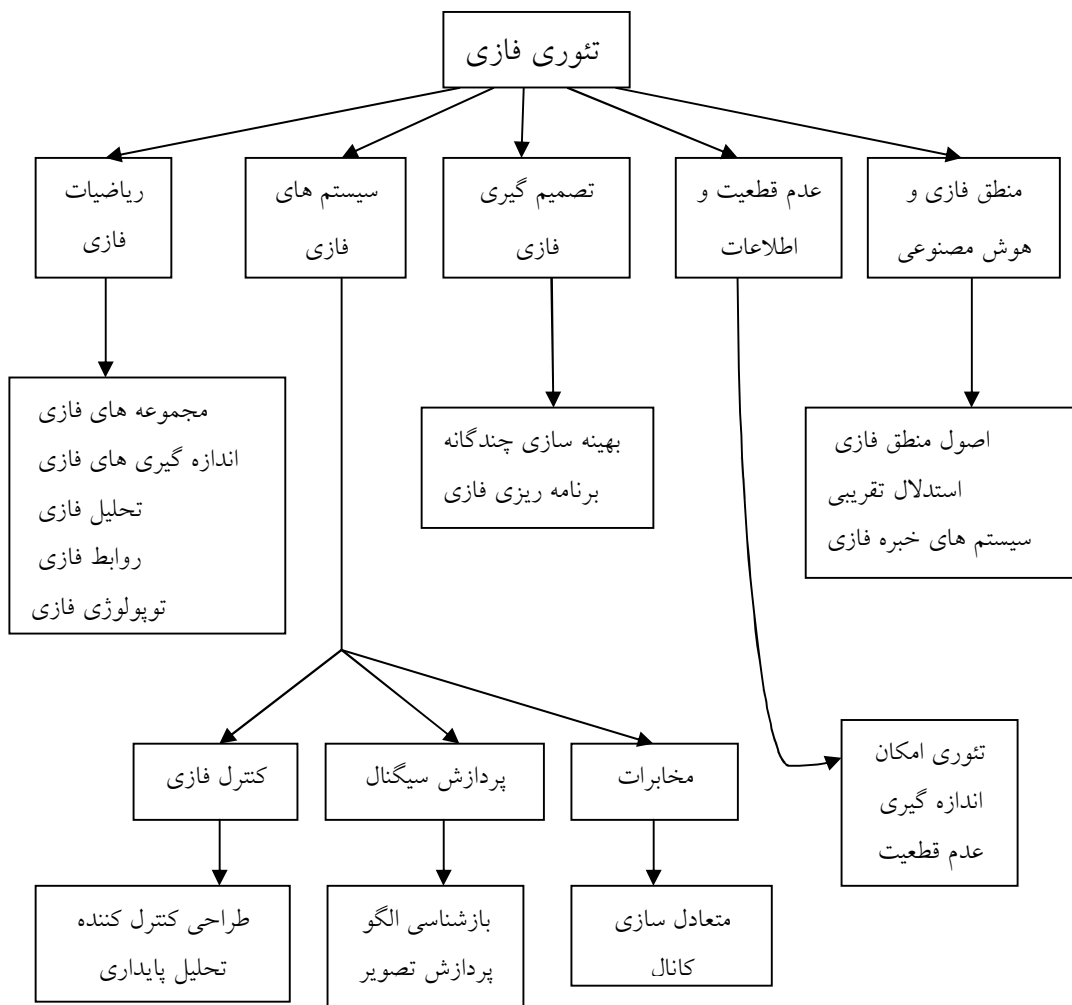
(۳) سیستم های فازی که شامل کنترل فازی و راه حل هایی در زمینه پردازش سیگنال و مخابرات می باشد.

(۴) عدم قطعیت و اطلاعات که انواع دیگری از عدم قطعیت را مورد تجزیه تحلیل قرار داده.

(۵) تصمیم گیری های فازی که مسائل بهینه سازی را با محدودیت های ملایم در نظر می گیرد .

البته این پنج شاخه مستقل از یکدیگر نبوده و بشدت به هم ارتباط دارند. بعنوان مثال کنترل فازی از مفاهیم ریاضیات فازی و منطق فازی استفاده می کند.

زمینه تحقیقاتی تئوری فازی در شکل زیر نمایش داده شده است.



شکل : طبقه بندی تئوری فازی

شبکه های عصبی

مقدمه:

چیزی که زمانی خارق العاده می نمود، اینک وسیله ای عادی به شمار می آید. بیست سال پیش کامپیوتر برای اغلب مردم ماشینی مرموز و سری محسوب می شد. حتی مفاهیم ابتدایی کامپیوتر را عده ای کمی از مردم درک می کردند و بیشتر افراد با نوعی سوءظن و بدگمانی به آن می نگریستند.

در کمتر از دو دهه، کامپیوتر وارد جریان اصلی زندگی شخصی و حرفه ای مردم شده و اجتماع ما را به شدت دگرگون کرده است. کامپیوتر یک انقلاب تکنولوژی ایجاد کرده است. در اجتماع امروز کامپیوتر به سادگی در زمره ی ابزارهای کار پذیرفته شده است. همچنانکه قدرت و سرعت کامپیوتر افزایش می یابد. اثر آن در آینده به مراتب بیشتر از امروز خواهد بود. هر چه انسانها بیشتر با کامپیوتر آشنا شوند، کامپیوتر نیز بیشتر با آنها خو خواهد گرفت. به کارگیری هوش مصنوعی [Artificial Intel] [ligence (AI)] خدماتی را به جامعه ما ارائه خواهد کرد که از تصور نویسندگانی علمی - تخیلی امروز هم خارج است.

به جرأت می توان گفت که ایده ی اولیه ی طراحی و ساخت یک ماشین محاسب یا همان کامپیوتر پیاده سازی ویژگیهای شگفت انگیز مغز انسان در یک سیستم مصنوعی بوده است.

در دهه های اخیر شاهد حرکتی مستمر از تحقیقات صرفاً تئوری به تحقیقات کاربردی ویژه در پردازش اطلاعات برای مسایلی که یا برای آنها راه حلی موجود نیست و یا براحتی قابل حل نیستند، بوده ایم. با عنایت به این رویداد، علاقه فزاینده ای در توسعه ی تئوریک سیستمهای دینامیکی هوشمند مدل آزاد (Freemodel) که مبتنی بر داده های تجربی هستند ایجاد شده است. «شبکه های عصبی مصنوعی» [Artificial Nerural Networks(ANNS)] جزء این دسته از سیستمهای دینامیکی هستند که با پردازش روی داده های تجربی دانش یا قانون نهفته در ورای داده ها را به ساختار شبکه

منتقل می‌کنند. به همین خاطر به این سیستمها «هوشمند» گویند چرا که براساس محاسبات روی داده‌های عددی یا مثالها، قوانین کل را فرا می‌گیرند. این سیستم‌ها مبتنی بر هوش محاسباتی (Computational Intelligence) سعی در مدلسازی ساختار نرو. سیناپتیکی (Neuro-Synaptic) مغز بشر دارند.

بسیارند محققینی که طی سالها در زمینه‌ی پیاده‌سازی ویژگیهای شگفت‌انگیز مغز در یک سیستم مصنوعی (سیستم دینامیکی ساخت دست بشر) فعالیت کرده‌اند، لیکن نتیجه این تلاشها صرفنظر از یافته‌های ارزشمند، باور هر چه بیشتر این اصل بوده است که «مغز بشر دست نیافتنی است» با تأکید بر این نکته که گذشته از متافیزیک، دور از دسترس بودن ایده‌آل «هوش طبیعی» را می‌توان با عدم کفایت دانش موجود بشر از فیزیولوژی عصبی پذیرفت، باید اذعان داشت که عالی بودن هدف و کافی نبودن دانش موجود، خود سبب انگیزش پژوهشهای بیشتر در این زمینه بوده و خواهد بود. همچنان که امروزه شاهد بروز چنین فعالیتهایی در زمینه‌ی شبکه‌های عصبی مصنوعی هستیم.

آنچه که ممکن است مورد سؤال باشد این است که در آینده چه اتفاقی رخ خواهد داد؟ مثلاً آیا در ده سال آینده شبکه‌های عصبی جایگاه خاصی به عنوان یک ابزار علمی و مهندسی خواهند یافت یا بالعکس دچار کمرنگی شده و کمتر مطرح خواهند شد؟ آنچه که می‌توان در حال حاضر گفت آن است که شبکه‌های عصبی جایگاه مهمی خواهند داشت، نه به عنوان یک جواب و راه‌حل برای هر مسأله، بلکه به عنوان یک ابزار علمی که بتواند برای راه‌حل‌های خاص و مناسب مورد استفاده قرارگیرد. همچنین باید به خاطر بسپاریم که در حال حاضر اطلاعات موجود درباره‌ی عملکرد مغز بسیار محدود است. مهم‌ترین پیشرفت‌ها در شبکه‌های عصبی در آینده مطرح خواهند شد. چرا که انتظار داریم اطلاعات بیشتری از چگونگی عملکرد مغز و نرونها‌ی بیولوژیک به دست آوریم.

شبکه عصبی مصنوعی (ANN) چیست؟

یک برنامه نرم افزاری یا تراشه نیمه هادی است که بتواند همانند مغز انسان عمل نماید. در واقع یک شبکه عصبی

مصنوعی ایده ای است برای پردازش اطلاعات که از سیستم عصبی زیستی الهام گرفته شده و مانند مغز به پردازش

اطلاعات می پردازد. این سیستم از شمار زیادی عناصر پردازشی به نام نرون، تشکیل شده است که برای حل یک

مسئله با هم هماهنگ عمل می کند ANN ها، نظیر انسانها، با مثال یاد می گیرند و با پردازش روی داده ها تجربی،

دانش یا قانون نهفته در ورای داده ها را، به ساختار شبکه منتقل می کند. به همین خاطر به این سیستم ها، هوشمند

گفته می شود چرا که بر اساس محاسبات روی داده های عددی یا مثال ها، قوانین کلی را یاد می گیرد

مزایای شبکه های عصبی مصنوعی:

- شبکه عصبی، به دلیل پردازش های موازی، از سرعت پردازش بالایی برخوردار است.
- شبکه های عصبی توان بالقوه ای برای حل مسائلی دارند که شبیه سازی آن ها از طریق منطقی و یا سایر روشها
ها، مشکل و یا غیر ممکن است
- شبکه های عصبی همانند مغز انسان به طور پیوسته در حال یادگیری و انطباق با محیط هستند به این معنی که
اگر شبکه برای یک وضعیت خاص آموزش دید و تغییر کوچکی در شرایط محیطی آن رخ داد، می تواند با
آموزش مختصر، برای شرایط جدید نیز کارآمد باشد.
- در شبکه ی عصبی، عدم عملکرد صحیح قسمتی از نرون ها، موجب از کارافتادگی کامل مغز نمی شود و
امکان اتخاذ تصمیم صحیح نیز وجود دارد.

- این روش قادر است برای داده‌ها در شریط عدم اطمینان (اعم از آنکه فازی باشند و یا به طور ناقص و توام با دریافت noise دریافت شده باشند)، جواب منطقی ارائه دهد.

تاریخچه

همین که دارید این جملات را مطالعه می‌کنید، در عمل از یک سیستم شبکه‌های عصبی پیچیده جهت فهم مطالب استفاده می‌کنید. از مغز به عنوان یک سیستم پردازش اطلاعات با ساختار موازی و کاملاً پیچیده که ۲ درصد وزن بدن را تشکیل می‌دهد و بیش از ۲۰ درصد از کل اکسیژن مصرفی بدن را مصرف می‌کند برای خواندن، تنفس، حرکت، تفکر و تفحص و کلیه اعمال آگاهانه و بسیاری از اعمال ناآگاهانه استفاده می‌شود. اینکه مغز چگونه این اعمال را انجام می‌دهد از زمانی شروع شد که دریافتند مغز برای محاسبات خود اساساً از ساختاری کاملاً مغایر با ساختار کامپیوترهای متداول برخوردار می‌باشد. تلاش برای فهم موضوع فوق خصوصاً از زمانی مطرح شد که برای نخستین بار در سال ۱۹۱۱ شخصی به نام سگال (Segal) اعلام نمود که مغز از عناصر ساختاری به نام نرون (Neuron) تشکیل یافته است.

البته برخی از پیش زمینه‌های شبکه‌های عصبی را می‌توان به اواخر قرن نوزدهم برگرداند. در این دوره کارهای اساسی در فیزیک، روان‌شناسی و نروفیزیولوژی توسط دانشمندانی چون هرمان فون هلمهولتز (Hermann Von Helmholtz) ارنست ماخ (Ernest Mach) و ایوان پاولوف (Ivan Pavlov) صورت پذیرفت.

این کارهای اولیه عموماً بر تئوریهای کلی یادگیری، بینایی و شرطی تاکید داشته‌اند و اصلاً به روی مدل‌های مشخص ریاضی عملکرد نرون‌ها اشاره‌ای نداشته‌اند. دیدگاه جدید شبکه‌های عصبی در دهه ۴۰ قرن بیستم شروع شده زمانی که وارن مک‌کولچ (Warren McCulloch) و والتر پیتز (Walter Pitts) نشان دادند که شبکه‌های عصبی در اصل می‌توانند هر تابع حسابی و منطقی (Arithmetic & logical Function) را محاسبه نمایند.

کار این افراد را می‌توان نقطه شروع حوزه علمی شبکه‌های عصبی مصنوعی نامید و این رویکرد با دونالد‌هیب (DonaldHebb) ادامه یافت. کسی که عمل شرط‌گذاری مکانیسمی را جهت یادگیری نرون‌های بیولوژیکی ارائه داد.

نخستین کاربرد علمی شبکه‌های عصبی در اواخر دهه ۵۰ قرن بیستم مطرح شد، زمانی که فرانک روزنبلات (FrankRosenblat) در سال ۱۹۵۸ شبکه پرسپترون (Perceptron) را معرفی نمود.

او و همکارانش شبکه‌ای ساختند که قادر بود الگوها را از هم شناسایی نماید. در همین زمان بود که برنارد ویدور (Bernard Widrow) در سال ۱۹۶۰ شبکه عصبی تطبیقی خط آدالین [ADaptive Linear Element(ADALINE)] را با قانون یادگیری جدید مطرح نمود که از لحاظ ساختار شبیه شبکه عصبی پرسپترون می‌باشد. هر دوی این شبکه‌ها پرسپترون و آدالین. دارای این محدودیت ذاتی بودند که توانایی طبقه‌بندی الگوهایی را داشتند که به طور خطی از هم متمایز باشند.

پیشرفت شبکه‌های عصبی تا دهه‌ی ۷۰ قرن بیستم ادامه یافت. در سال ۱۹۷۲ تئوکوهن (teo kohnen) و جمیزاندرسون (James Anderson) به طور مستقل از هم شبکه‌های عصبی جدیدی را معرفی نمودند که قادر بودند به عنوان «عناصر ذخیره ساز» عمل نمایند. استفان گروسبرگ (StephanGrossberg) در این دهه روی شبکه‌های خودساز مانده (Self Organizeing) فعالیت می‌کرد. علاقه به کار روی شبکه‌های عصبی در دهه‌ی ۷۰ قرن بیستم در مقایسه با دهه‌ی ۸۰ به علت عدم بروز ایده‌های جدید و نبود کامپیوترهای سریع جهت پیاده‌سازی کمرنگ می‌نمود. لیکن در خلال دهه‌ی ۸۰ رشد تکنولوژی ریزپردازنده‌ها روندی صعودی طی کرد، تحقیقات روی شبکه‌های عصبی فزونی یافت و ایده‌های بسیار جدیدی مطرح شدند. به طوری که می‌توان دهه ۸۰ را رنسانس شبکه‌های عصبی در نظر گرفت. در این بالندگی دوباره شبکه‌های عصبی دو نگرش جدید قابل تامل است: استفاده از مکانیسم تصادفی جهت توضیح عملکرد یک طبقه وسیع از شبکه‌های برگشتی (Feedback) که می‌توان آنها را جهت ذخیره سازی اطلاعات استفاده نمود. این ایده توسط جان هاپفیلد (Johnhopfield) فیزیکدان آمریکایی در سال ۱۹۸۲ مطرح شد. دومین ایده مهم که

کلید توسعه شبکه‌های عصبی در دهه‌ی ۸۰ شد، الگوریتم پس انتشار خطا (Error back-Propagation) می‌باشد که توسط دیوید رامله‌هارت (David Rumelhart) و جیمز مک‌کلند (James McClelland) در سال ۱۹۸۶ مطرح شدند. در سالهای اخیر هزاران مقاله در زمینه‌های مختلف تئوری و عملی در ارتباط با شبکه‌های عصبی نوشته شده است. بیشتر پیشرفتهای در این مورد به ساختارهای نوین و روشهای یادگیری جدید مربوط می‌شود.

شبکه‌های عصبی طبیعی (بیولوژیک) و مصنوعی

معرفی سلول عصبی

پایه مدل‌های تحلیل عصبی بر شبیه‌سازی فعالیت‌های یک سلول عصبی (نرون) استوار است. این شبیه‌سازیها همواره تمام حقایق مربوط به سلولهای عصبی را در بر نمی‌گیرد. در واقع سلولهای عصبی مصنوعی سعی در هر چه کاربردی‌تر کردن شبکه می‌باشد. اما نگاهی کوتاه به ساختار سلولهای عصبی راه را در درک بهتر مفاهیم این نوشته هموارتر می‌کند.

سلول عصبی

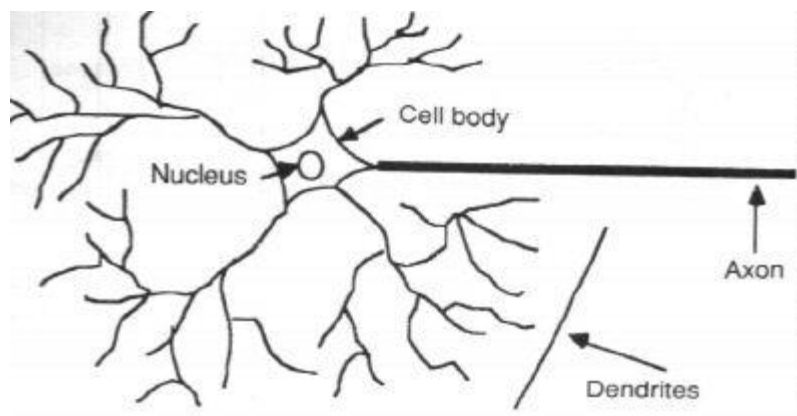
تحقیقات و علاقه‌مندی به شبکه‌های عصبی از زمانی شروع شد که مغز به عنوان یک سیستم پویا با ساختار موازی و پردازشگری کاملاً مغایر با پردازشگرهای متداول شناخته شد. مغز به عنوان یک سیستم پردازش اطلاعات با ساختار موازی از ۱۰۰ تریلیون^{۱۱} (۱۰) عدد از نرونها مرتبط به هم با تعداد 10^{16} ارتباط تشکیل یافته است. نرونها ساده‌ترین واحد ساختاری سیستم‌های عصبی هستند. بافت‌هایی که عصب نامیده می‌شوند، اجتماعی از نرونها می‌باشند. این نرونها اطلاعات را از یک قسمت بدن به قسمت دیگر منتقل می‌کنند. پیامها از نوع ایمپالسهای (Impulse) الکتروشیمیایی هستند. میلیونها نرون در بدن انسان وجود دارند. حتی ساده‌ترین کارهای روزمره انسان از قبیل پلک‌زدن، تنها از طریق همکاری همه جانبه این نرون‌ها میسر است. بیشترین تعداد نرون‌ها در مغز و مابقی در نخاع و سیستم‌های عصبی جانبی

تمرکز یافته‌اند. گرچه همگی نرون‌ها کارکرد یکسانی دارند ولی اندازه و شکل آنها بستگی به محل قرارگیری آنها در شبکه عصبی دارد. با وجود این همه تنوع، بیشتر نرون‌ها از سه قسمت اساسی تشکیل شده‌اند:

۱- بدنه سلول: که شامل هسته و قسمت‌های حفاظتی دیگر می‌باشد.

۲- دندریت

۳- آکسون



که دوتای آخر عناصر ارتباطی نرون را تشکیل می‌دهند.

نرون‌ها براساس ساختارهایی که بین آنها پیامها هدایت می‌شود به سه دسته تقسیم می‌گردند:

۱- نرونهای حسی که اطلاعات را از ارگانهای حسی به مغز و نخاع می‌فرستند.

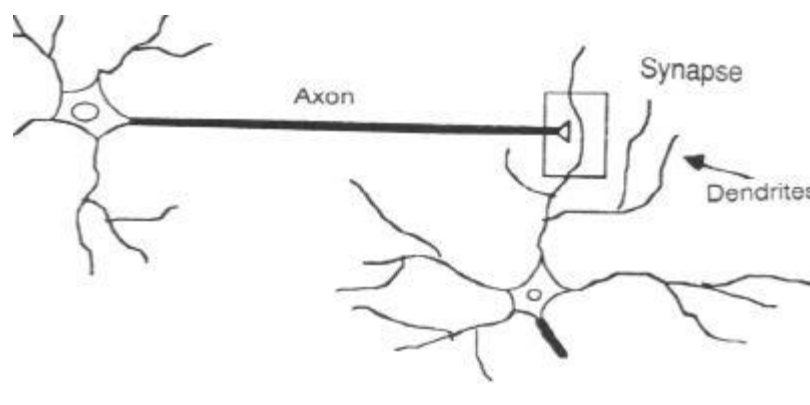
۲- نرونهای محرک که سیگنال‌های فرمان را از مغز و نخاع به ماهیچه و غدد هدایت می‌کنند.

۳- نرون‌ها ارتباطی که نرون‌ها را به هم متصل می‌کنند.

فعالیت‌های دو نرون اول (حسی و محرک) توسط نرون‌های ارتباطی به هم مربوط می‌شود. ارتباطات بین نرون‌های ارتباطی موجبات انجام کارهای پیچیده روزمره از قبیل تفکر، احساسات، ادراک و محفوظات را فراهم می‌آورد. در انسان تعداد این نرون‌ها خیلی بیشتر از تعداد نرون‌های حسی و محرک می‌باشد. تخمین زده می‌شود که برای هر نرون محرک بیش از ۴۰۰۰ نرون ارتباطی موجود است.

نرونها را عموماً سلولهایی با تعداد بسیار بیشتر مرسوم به گلیا (Glia) همراهی می‌کنند. سلولهای گلیا نرون‌ها را طوری احاطه می‌کنند که در جایشان ثابت بمانند و موجب رسیدن مواد غذایی به نرون می‌شوند. سلولهای گلیا محصولات زاید نرون‌ها را نابود کرده، صدمات وارده به آنها را جبران نموده و از رسیدن بعضی مواد مشخص در خون به نرونها جلوگیری می‌نمایند. در کل، اگر چه تمام اعمالی که موجبات حیات یک سلول را فراهم می‌آورد توسط سلولهای گلیا انجام می‌شود ولی نرونها به تنهایی عهده‌دار نقش اصلی خود می‌باشند.

دندریتها به عنوان مناطق دریافت سیگنالهای الکتریکی، شبکه‌های تشکیل یافته از فیبرهای سلولی هستند که دارای سطح نامنظم و شاخه‌های انشعابی بی‌شمار می‌باشند. به همین خاطر آنها را شبکه‌های دریافتی درخت گونه می‌گویند. دندریتها سیگنالهای الکتریکی را به هسته سلول منتقل می‌کنند. بدنه سلول، انرژی لازم را برای فعالیت نرون فراهم نموده و بر روی سیگنالهای دریافتی عمل می‌کند که با یک عمل ساده جمع و مقایسه با یک سطح آستانه مدل می‌گردد. اکسون برعکس دندریت از سطحی هموارتر و تعداد شاخه‌های کمتر برخوردار می‌باشد. اکسون طول بیشتری دارد و سیگنال الکتروشیمیایی دریافتی از هسته سلول را به نرونهای دیگر منتقل می‌کند. محل تلاقی یک اکسون از یک سلول به دندریتهای سلول دیگر را سیناپس گویند.



سیناپسها واحدهای ساختاری کوچک تابعی (Functional) هستند که ارتباطات بین نرونها را برقرار می‌سازند. سیناپسها انواع مختلفی دارند که یکی از مهمترین آنها، سیناپسهای شیمیایی هستند.

پیامهای عصبی تنها به صورت یک طرفه حرکت می‌کنند. از دندریتها به بدنه سلول و سپس به آکسون. زمانی که پیام عصبی به انتهای آکسون می‌رسد، فیبرهای ماهیچه‌ای سلولهای غددی و دیگر نرونها را که به آکسون متصل هستند تحریک می‌کند. سالها محققین بیولوژی فکر می‌کردند که سیگنالهای عصبی تنها از نوع الکتریکی می‌باشند. جزئیات فعالیتهای عصبی همچنان نامشکوف بود تا اینکه محققین با دستیابی به تکنولوژی معاصر توانستند به یک فرایند الکتروشیمیایی به انجام می‌رسند.

مایعات در بدن دارای امها یا مولکولهایی هستند که دارای بار الکتریکی می‌باشند. غشای سلولهای عصبی مسیر یونهای خاصی را از خارج به داخل و از داخل به خارج سلولها تنظیم می‌نماید. در حالت سکون (Resting) غشای سلولی اجازه ورود یونهای کلر و پتاسیم را به داخل سلول می‌دهد این کار موجب قطبی شدن سلول می‌شود (داخل بار منفی و خارج بار مثبت). عدم توازن الکتریکی در اطراف غشای سلول به طور موقت به یونهای سدیم اجازه ورود را به داخل سلول می‌دهد. این کار موجب تغییر قطبهای سلول در نقطه تحریک می‌گردد. برای یک لحظه، داخل سلول دارای بار مثبت و خارج آن دارای بار منفی می‌شود. این تغییر ناگهانی موسوم به پتانسیل تحریک (Action Potential) است و در طول آکسون هدایت می‌شود.

نرون دارای این خاصیت مهم است که پس از پتانسیل تحریک اولیه دوباره به وضعیت سکون برمی‌گردد و آماده دریافت پتانسیل‌های تحریک بعدی می‌شود. سرعتی که پتانسیل‌های تحریک با آن طول آکسون را طی می‌کنند حدوداً برابر با ۴۰۰ متر در ثانیه است. البته این سرعت به مقدار ماده چرب سفیدرنگی که آکسون را پوشانده است بستگی دارد و در بعضی از مواقع این ماده سرعت سیگنالهای تحریک را تا ۵ برابر نیز افزایش می‌دهد. چگونگی کد شدن پیامهای عصبی در پتانسیل‌های تحریک به شدت عامل تحریک و ویژگی‌های مسیری که پیام در آن مسیر حرکت می‌کند، بستگی دارد. عموماً شدت یک پیام، توسط نرخ تحریک (Firing rate) آکسون مشخص می‌شود. هر چقدر تحریک شدیدتر باشد. نرخ تحریک ایمپالسها هم بیشتر می‌گردد. بعضی نرونها تا ۱۰۰۰ پتانسیل تحریک را در ثانیه مخابره می‌کنند.

هر اکسون به طور فیزیکی از سلولهای مجاور توسط یک فاصله‌ی کوچک (gap) موسوم به سیناپس جدا می‌شود. با وجود این فاصله چگونگی برقراری ارتباط به میزان مواد انتقال دهنده‌ی نرونی که در انتهای نرونها ذخیره شده‌اند بستگی دارد. وقتی که یک پتانسیل تحریک به انتهای یک اکسون می‌رسد، موجب آزاد شدن یک ماده شیمیایی به نام انتقال دهنده نرونی از انتهای اکسون می‌شود و پس از نفوذ در سیناپس‌ها، گیرنده‌های سلول‌های مجاور را فعال می‌کند. به طور خلاصه، آنچه که اهمیت دارد، ترتیب نرونها و شدت سیناپس‌های بین هر دو نرون می‌باشد که توسط یک فرآیند شیمیایی بسیار پیچیده به دست می‌آید. بعضی از ساختارهای عصبی در هنگام تولد ایجاد می‌شود. قسمتهای دیگر، در خلال یادگیری به عنوان ارتباطات جدید به وجود آمده یا از بین می‌روند.

به عبارت دیگر، هر نرون دارای توانایی تطبیق پذیری « پلاستیسته » می‌باشد که این خود اجازه می‌دهد، سیستم عصبی خود را با محیط اطرافش وفق دهد. با دو مقوله می‌توان خاصیت تطبیق‌پذیری نرونها را توجیه کرد. ایجاد ارتباطات جدید سیناپسی بین نرونها و تغییرات در شدت و ضعف سیناپسهای موجود. از این رو ساختارهای عصبی، در خلال تجربیات زندگی در حال تغییر هستند. این تغییرات چیزی جز تقویت یا تضعیف اتصالات سیناپسی نیست. به طور مثال، محفوظات جدید، چیزی جز تغییرات اتفاق افتاده در میزان سیناپس‌ها نمی‌باشد. بنابراین فرآیند یادگیری صورت یک شخص جدید، شامل تغییرات انواع مختلف سیناپس‌ها است.

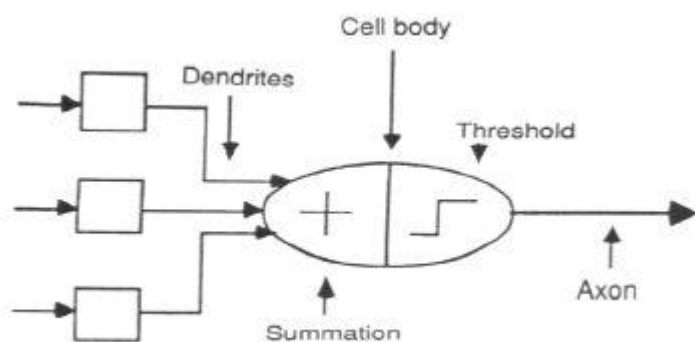
شبکه‌های عصبی مصنوعی یا شبیه‌سازی یک سلول عصبی

در سال ۱۹۴۳ مدلی راجع به عملکرد نرونها نوشته شد که با اندکی تغییر امروزه قالب اصلی سازنده اکثر شبکه‌های عصبی مصنوعی می‌باشد. عملکرد اساسی این مدل مبتنی بر جمع کردن ورودیها و به دنبال آن به وجود آمدن یک خروجی است. ورودیهای نرونها از طریق دندیرتها که به خروجی نرونهای دیگر از طریق سیناپس متصل است وارد می‌شوند. بدنه سلولی کلیه این ورودیها را دریافت می‌کند و چنانچه جمع این مقادیر از مقداری که به آن آستانه (Threshold) گفته می‌شود بیشتر باشد، در اصطلاح برانگیخته شده یا آتش می‌کند و در این صورت خروجی نرون روشن یا خاموش خواهد بود.

البته، اغلب آنهایی که با چنین سیستمهایی آشنایی دارند به اغراق آمیز بودن نام آنها شبکه‌های عصبی معترفند. این اغراق، اگر چه بیانگر مطلوبیت و نیز بعضی مشابهت‌های اینگونه سیستم‌ها با سیستمهای طبیعی است، ولی می‌تواند تا حدی بین آنچه که سیستم‌های عصبی مصنوعی در اختیار قرار می‌دهد و آنچه که از نامشان برمی‌آید تناقض ایجاد نماید. لذا هنگام صحبت در مورد اساس شبکه‌های عصبی باید حدود انتظار و برداشتها و شباهتها را مشخص کرد.

هر نرون بیولوژیکی (طبیعی) به عنوان اجتماعی از موادالی، اگر چه دارای پیچیدگی یک ریزپردازنده می‌باشد، ولی دارای سرعت محاسباتی برابر با سرعت یک ریزپردازنده نیست. بعضی از ساختارهای نرونی در هنگام تولد ساخته می‌شوند و قسمتهای دیگر در طول مسیر حیات، مخصوصاً در اوایل زندگی به وجود می‌آیند و قوام می‌گیرند. دانشمندان علم بیولوژی اخیراً دریافته‌اند که شبکه‌های نرونی چگونه کار می‌کنند. آنها به طور کلی به این نتیجه رسیده‌اند که عملکرد نرونهاى بیولوژیکی از قبیل ذخیره‌سازی و حفظ اطلاعات در خود نرونها و ارتباطات بین آنها نهفته است. به عبارت فنی‌تر، یادگیری به عنوان ایجاد ارتباطات جدید بین نرونها و تنظیم مجدد ارتباطات موجود استنباط می‌شود.

اگرچه دانش کمی از نرونها داریم، ولی این نکته را می‌دانیم که می‌توان یک شبکه عصبی و کوچک از نرونهاى مصنوعی ساخت به طوری که جهت حل مسایل پیچیده آموزش‌پذیر باشد. در اینجا لازم است به نکته مهمی اشاره کنیم و آن تفاوت میان نرونهاى طبیعی و مصنوعی است. نرونهاى مصنوعی شکل بسیار ساده‌ای از نرونهاى بیولوژیکی یا طبیعی می‌باشند که می‌توان آنها را به عنوان عناصری از یک برنامه‌ی کامپیوتری یا شاید چپهای نیمه‌هادی در نظر گرفت. باید توجه داشت که شبکه‌های عصبی تشکیل شده از این نرونها اگر چه در مقابل نرونهاى بیولوژیکی از سرعت بسیار بالایی (تا یک میلیون برابر) برخوردارند، ولی تنها از کسری از توانایی بالای نرونهاى بیولوژیکی بهره می‌برند.



شبکه های عصبی در مقابل کامپیوترهای معمولی

شبکه های عصبی نسبت به کامپیوتر های معمولی مسیر متفاوتی را برای حل مسئله طی می کنند. کامپیوتر های معمولی یک مسیر الگوریتمی را استفاده می کنند به این معنی که کامپیوتر یک مجموعه از دستور العمل ها را به قصد حل مسئله پی می گیرد. بدون اینکه، قدم های مخصوصی که کامپیوتر نیاز به طی کردن دارد، شناخته شده باشند کامپیوتر قادر به حل مسئله نیست. این حقیقت قابلیت حل مسئله ی کامپیوتر های معمولی را به مسائلی، محدود می کند که ما قادر به درک آنها هستیم و می دانیم چگونه حل میشوند. اما اگر کامپیوترها می توانستند کارهایی را انجام دهند که ما دقیقاً نمیدانیم چگونه انجام دهیم، خیلی پر فایده تر بودند.

شبکه های عصبی اطلاعات را به روشی مشابه با کاری که مغز انسان انجام می دهد پردازش می کنند. آنها از تعداد زیادی از عناصر پردازشی (سلول عصبی) که فوق العاده بهم پیوسته اند تشکیل شده است که این عناصر به صورت موازی باهم برای حل یک مسئله مشخص کار می کنند. شبکه های عصبی با مثال کار می کنند و نمی توان آنها را برای انجام یک وظیفه خاص برنامه ریزی کرد مثال ها می بایست با دقت انتخاب شوند در غیر این صورت زمان سودمند، تلف می شود و یا حتی بدتر از این شبکه ممکن است نادرست کار کند. امتیاز شبکه عصبی این است که خودش کشف می کند که چگونه مسئله را حل کند، عملکرد آن غیر قابل پیش گویی است.

از طرف دیگر، کامپیوتر های معمولی از یک مسیر مشخص برای حل یک مسئله استفاده می کنند. راه حلی که مسئله از آن طریق حل می شود باید از قبل شناخته شود و به صورت دستورات کوتاه و غیر مبهمی شرح داده شود. این دستورات سپس به زبان های برنامه نویسی سطح بالا برگردانده می شود و بعد از آن به کدهایی که کامپیوتر قادر به درک

آنها است تبدیل می شود. به طور کلی این ماشین ها قابل پیش گویی هستند و اگر چیزی به خطا انجام شود به یک اشتباه سخت افزاری یا نرم افزاری بر می گردد.

شبکه های عصبی و کامپیوترهای معمولی با هم در حال رقابت نیستند بلکه کامل کننده یکدیگرند. وظایفی وجود دارد که بیشتر مناسب روش های الگوریتمی هستند نظیر عملیات محاسباتی و وظایفی نیز وجود دارد که بیشتر مناسب شبکه های عصبی هستند. حتی فراتر از این، مسائلی وجود دارد که نیازمند به سیستمی است که از ترکیب هر دو روش بدست می آید (بطور معمول کامپیوترهای معمولی برای نظارت بر شبکه های عصبی به کار گرفته می شوند) به این قصد که بیشترین کارایی بدست آید.

شبکه های عصبی معجزه نمی کنند اما اگر خردمندانه به کار گرفته شوند نتایج شگفت آوری را خلق میکنند.

ایده اصلی شبکه های عصبی

یکی از مهم ترین تفاوت های حافظه انسان با حافظه کامپیوتر در نوع آدرس دهی این دو نوع حافظه می باشد. در حافظه کامپیوتر اساس کار بر پایه آدرس خانه های حافظه یا آدرس اطلاعات بر روی حافظه دائم می باشد. به عنوان مثال برای دستیابی به یک تصویر یا متن خاص، باید آدرس حافظه یا فایل مربوط به آن تصویر یا متن را داشته باشید. اما با داشتن خود تصویر یا متن نمی توانید به سادگی آدرس حافظه مربوطه را بیابید (البته به این معنی که این کار با یک قدم قابل انجام نیست، وگرنه می توانید تصویر یا متن مورد نظر را با تمام موارد موجود در حافظه مقایسه کرده و در صورت تطبیق آدرس را بیابید. ناگفته پیداست که انجام چنین کاری بسیار زمان بر و پرهزینه می باشد).

اما به سازوکار همین عمل در ذهن انسان دقت کنید. با دیدن یک تصویر ناقص اغلب بلافاصله کامل آنرا به خاطر می آورید یا با دیدن تصویر یک شخص سریعاً نام او را می گوید، یا با خواندن یک متن سریعاً تمامی مطالب مربوط به آن را به ذهن می آورید. در واقع ذهن انسان یک نوع حافظه آدرس دهی شده بر اساس محتوای (Content Addressable)

Memory). همانگونه که از این نام مشخص است در این نوع حافظه، با دادن محتوای یک خانه حافظه، بلافاصله آدرس آن به عنوان خروجی داده می‌شود.

حال ببینیم که داشتن چنین حافظه‌ای اصولاً به چه کار می‌آید. فرض کنید که حرف "A" قرار است توسط ماشین از میان مجموعه‌ای از حروف شناسایی شود. در حالت بسیار ساده فرض بر این است که شکل تمامی حروف الفبا در حافظه ماشین موجود است. بنابراین ماشین خیلی ساده با مقایسه ورودی فعلی با اشکال موجود در حافظه تشخیص می‌دهد که حرف ورودی جاری "A" هست یا خیر. اما همانگونه که پیشتر گفتیم در صورتی که الگوهای حروف موجود در حافظه بسیار زیاد باشد، مقایسه ورودی با تک تک الگوهای ذخیره شده عملاً بسیار زمان بر است و مقدور نیست، بنابراین نیاز به حافظه آدرس‌دهی شده

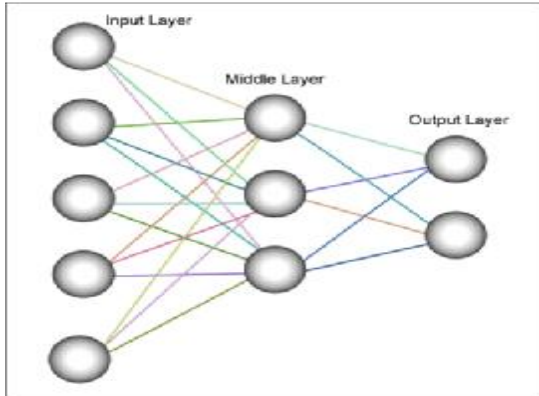
بر اساس محتوا خواهیم داشت به این ترتیب که این حافظه الگوی جاری را گرفته و بلافاصله پاسخ می‌دهد که آیا این الگو در حافظه موجود است یا خیر.

اندکی دقت در مثال اخیر نشان دهنده پیچیدگی مسائلی از این دست است. تشخیص حرف "A" حتی به صورت چاپی هم توسط ماشین اساساً کار ساده‌ای نیست. دقت کنید به تنوع اشکال این حرف، سایز، خمیدگی‌ها، دقت چاپگرها، و پیچیدگی مسئله، زمانی چند برابر می‌شود که کار به تشخیص دستنویس حروف کشیده شود. حال اگر حافظه آدرس‌دهی شده بر اساس محتوای ما، دارای این توانایی باشد که حتی اگر شکل حرف "A" کمی هم دچار اعوجاج شده باشد باز هم آنرا تشخیص دهد، حل مسئله تا حدود زیادی ساده‌تر شده است. شبکه‌های عصبی دارای چنین خصلتی هستند

ساختار شبکه‌های عصبی

شبکه عصبی شامل اجزای سازنده لایه‌ها و وزن‌ها می‌باشد. رفتار شبکه نیز وابسته به ارتباط بین اعضاء است. در

حالت کلی در شبکه‌های عصبی سه نوع لایه نورونی وجود دارد:



۱. لایه ورودی: دریافت اطلاعات خامی که به شبکه تغذیه

شده است.

۲. لایه‌های پنهان: عملکرد این لایه‌ها به وسیله 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 باید فعال شود.

۳. لایه خروجی: عملکرد واحد خروجی بسته به فعالیت واحد پنهان و وزن ارتباط بین واحد پنهان و خروجی

می‌باشد.

شبکه‌های تک لایه و چند لایه‌ای نیز وجود دارند که سازماندهی تک لایه که در آن تمام واحدها به یک لایه اتصال

دارند بیشترین مورد استفاده را دارد و پتانسیل محاسباتی بیشتری نسبت به سازماندهی‌های چند لایه دارد. در

شبکه‌های چند لایه واحدها به وسیله لایه‌ها شماره گذاری می‌شوند (به جای دنبال کردن شماره گذاری سراسری).

هر دو لایه از یک شبکه به وسیله وزن‌ها و در واقع اتصالات با هم ارتباط می‌یابند. در شبکه‌های عصبی چند نوع

اتصال و یا پیوند وزنی وجود دارد:

پیشرو: بیشترین پیوندها از این نوع است که در آن سیگنال‌ها تنها در یک جهت حرکت می‌کنند. از ورودی به

خروجی هیچ بازخوردی (حلقه) وجود ندارد. خروجی هر لایه بر همان لایه تاثیری ندارد.

پسرو : داده‌ها از گره‌های لایه بالا به گره‌های لایه پایین بازخورانده می‌شوند.

جانبی : خروجی گره‌های هر لایه به عنوان ورودی گره‌های همان لایه استفاده می‌شوند.

تقسیم بندی شبکه‌های عصبی

شبکه های عصبی بر مبنای روش آموزش به چهار دسته تقسیم می‌شوند:

۱. وزن ثابت : آموزشی در کار نیست و مقادیر وزن‌ها به هنگام نمی‌شود.

کاربرد:

- بهینه سازی اطلاعات (کاهش حجم، تفکیک پذیری و فشرده سازی)

- حافظه‌های تناظری

۲. آموزش بدون سرپرست : وزن‌ها فقط بر اساس ورودی‌ها اصلاح می‌شوند و خروجی مطلوب وجود ندارد تا

با مقایسه خروجی شبکه با آن و تعیین مقدار خطا وزن‌ها اصلاح شود. وزن‌ها فقط بر اساس اطلاعات الگوهای

ورودی به هنگام می‌شوند. هدف استخراج مشخصه های الگوهای ورودی بر اساس راهبرد خوشه یابی و یا

دسته بندی و تشخیص شباهت‌ها (تشکیل گروه‌هایی با الگوی مشابه) می‌باشد، بدون اینکه خروجی یا کلاس‌های

متناظر با الگوهای ورودی از قبل مشخص باشد. این یادگیری معمولاً بر پایه شیوه برترین هم خوانی انجام

می‌گیرد. شبکه بدون سرپرست وزن‌های خود را بر پایه خروجی حاصل شده از ورودی تغییر می‌دهد تا در

برخورد بعدی پاسخ مناسبی را برای این ورودی داشته باشد. در نتیجه شبکه یاد می‌گیرد چگونه به ورودی پاسخ

بدهد. اصولاً هدف این است که با تکنیک نورون غالب نورونی که بیشترین تحریک آغازین را دارد برگزیده

شود. بنابراین در شبکه‌های بدون سرپرست یافتن نورون غالب یکی از مهمترین کارها است.

۳. آموزش با سرپرست : به ازای هر دسته از الگوهای ورودی خروجی‌های متناظر نیز به شبکه نشان داده می‌شود و تغییر وزن‌ها تا موقعی صورت می‌گیرد که اختلاف خروجی شبکه به ازای الگوهای آموزشی از خروجی‌های مطلوب در حد خطای قابل قبولی باشد. در این روش‌ها یا از خروجی‌ها به وزن‌ها ارتباط وجود دارد یا خلاء به صورت پس انتشار از لایه خروجی به ورودی توزیع شده است و وزن‌ها اصلاح می‌شوند. هدف طرح شبکه‌ای است که ابتدا با استفاده از داده‌های آموزشی موجود، آموزش ببیند و سپس با ارائه بردار ورودی به شبکه که ممکن است شبکه آن را قبلاً فراگرفته یا نگرفته باشد کلاس آن را تشخیص دهد. چنین شبکه‌ای به طور گسترده برای کارهای تشخیص الگو به کار گرفته می‌شود.

۴. آموزش تقویتی : کیفیت عملکرد سامانه به صورت گام به گام نسبت به زمان بهبود می‌یابد. الگوهای آموزشی وجود ندارد اما با استفاده از سیگنالی به نام نقاد بیانی از خوب و یا بد بودن رفتار سامانه بدست می‌آید (حالتی بین یادگیری با سرپرست و بدون سرپرست).

الگوهای شبکه های عصبی:

نمونه های شبکه های عصبی مصنوعی ، برگرفته از جهان زیست شناسی است که اخیراً توسعه یافته و الگو نام گرفته است. یک الگوی نمونه ، دارای لایه هایی از نرون هاست که برخی از آنها تنها یک لایه دارند، مانند شبکه های عصبی یک لایه (SLNN) و برخی ، لایه های بیشتری دارند و شبکه های عصبی چند لایه ای (MLNN) نامیده می شوند. بعضی از این الگوها عبارتند از:

۱- پرسپترون ۲- هاپفیلد ۳- همینگ

شبکه پرسپترون جوابها را کد می کند و خروجی از ورودی بدون هیچگونه فیدبکی محاسبه می گردد.

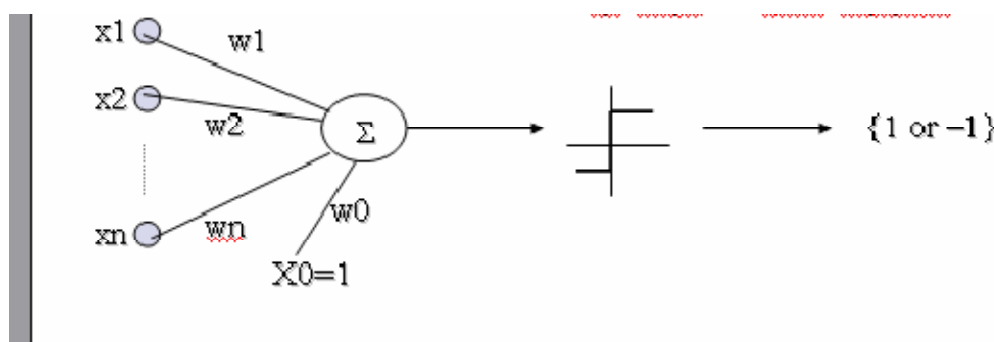
شبکه همینگ به پاسخ مناسب منتهی شده و همواره به یکی از الگوهای مرجع همگرا می شود، و الگویی را که بیشترین تشابه را با ورودی مرجع دارد انتخاب می کند (به نوعی بهترین جواب ممکن را می دهد). این شبکه اساساً برای الگوهای باینری می باشد.

شبکه هاپفیلد به الگویی همگرا می شود که ممکن است جزو الگوهای ذخیره شده نباشد.

شبکه های عصبی پرسپترون :

نوعی از شبکه عصبی بر مبنای 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.



یادگیری توسط شبکه های عصبی مصنوعی:

با الگو گرفتن از عملکرد مدل Walter Pitts و Waren Mc Culloch ایده اصلی آن در 1940 توسط نرون 1 های عصبی مغز انسان مطرح شد. فرضیات مهم در شبکه ههای عصبی مصنوعی از این قرار است:

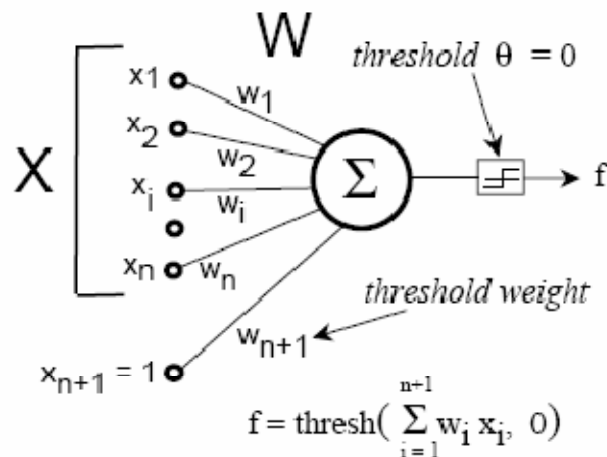
(1) داده پردازای اطلاعات در اجزای ساده به نام نرون صورت می گیرد.

(2) اطلاعات بین نرون ها از طریق ارتباطات آنها ردوبدل می شود.

(3) هر یک از این رابطه ها دارای وزن W مختص خود هستند که در مقدار اطلاعات ردوبدل شده با سایر نرون ها ضرب می شوند و به مرور زمان این وزن ها تنظیم می گردند. در واقع از این منظر است که شبکه از محیط تاثیر پذیرفته و آموزش می بیند.

۴) هر یک از نرون ها برای محاسبه خروجی خود، دارای یک تابع عملیاتی است که معمولاً تابعی غیر خطی است و روی ورودی ها اعمال می شود.

۵) هر نرون در صورتی خروجی خواهد داشت که حاصل تابع عملیاتی آن از یک آستانه آتشی بیشتر شود. شکل یک نرون به همراه پارامترهای مذکور را در شکل 1 مشاهده می کنیم.



شبکه های عصبی یاد می گیرند که مسأله ای را حل کنند و در واقع برنامه ریزی قبلی نمی شوند. در واقع تنظیم وزن های ورودی هر نرون عصبی باعث یادگیری کل شبکه می شود که این تنظیم بر اساس مدل پیاده سازی شده می تواند باناظر یا بدون ناظر صورت پذیرد. شبکه های عصبی مصنوعی می توانند دارای لایه های متعددی باشند و یا یک لایه باشند.

مدل سازی با سیستم های غیر خطی، مقاوم بودن و تحمل آسیب ها، قابل یادگیر بودن (یعنی توانایی تنظیم وزنهاى شبکه)، قابلیت تعمیم، سرعت بالا به دلیل پردازشهای موازی، قابلیت سازگاری با تغییرات سیستم و... از ویژگی های شبکه های عصبی مصنوعی هستند.

از کاربردهای شبکه های عصبی می توان به ذخیره و بازبینی داده ها، دسته بندی اشکالی که مشابه هم هستند و بهینه سازی تعیین جواب با وجود قیود مختلف، تقریب توابع، تعقیب مسیر، تفکیک و تمییز بافت (بافت پارچه، زمین کشاورزی، منطق ه نظامی و...) و موارد متعدد دیگر اشاره کرد.

یادگیری یک پرسپترون

$$O(x_1, x_2, \dots, x_n) = \begin{cases} 1 & \text{if } w_0 + w_1 x_1 + w_2 x_2 + \dots + w_n x_n > 0 \\ -1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

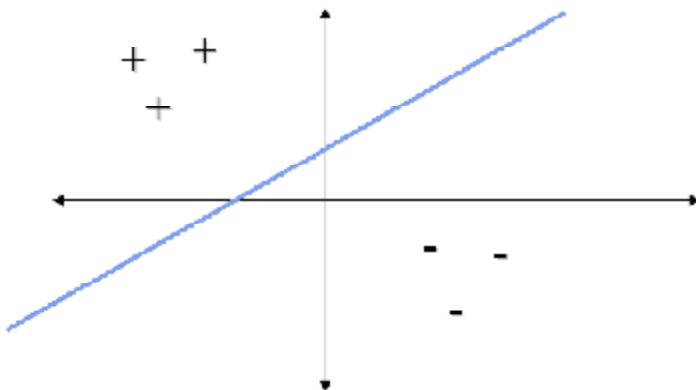
یادگیری پرسپترون عبارتست از:

پیدا کردن مقادیر درستی برای W

بنابراین فضای فرضیه H در یادگیری پرسپترون عبارت است از مجموعه تمام مقادیر حقیقی ممکن برای بردارهای وزن.

پرسپترون را میتوان بصورت یک سطح تصمیم **hyperplane** در فضای n بعدی نمونه ها در نظر گرفت .

پرسپترون برای نمونه های یک طرف صفحه مقدار 1 و برای مقادیر طرف دیگر مقدار -1 بوجود میآورد



یک پرسپترون فقط قادر است مثالهایی را یاد

بگیرد که بصورت خطی جداپذیر باشند

توابعی که پرسپترون قادر به یادگیری آنها میباشد

یک پرسپترون فقط قادر است مثالهایی را یاد بگیرد که بصورت خطی جداپذیر باشند. اینگونه مثالها مواردی هستند که

بطور کامل توسط یک **hyperplane** قابل جدا سازی میباشند. یک پرسپترون میتواند بسیاری از توابع بولی را

نمایش دهد نظیر **AND, OR, NAND, NOR** اما نمیتواند **XOR** را نمایش دهد. در واقع هر تابع بولی را میتوان با

شبکه ای دوسطحی از پرسپترونها نشان داد.

الگوریتم های یادگیری پرسپترون

۱. مقادیری تصادفی به وزنها نسبت میدهیم

۲. پرسپترون را به تک تک مثالهای آموزشی اعمال میکنیم. اگر مثال غلط ارزیابی شود مقادیر وزنها پرسپترون را تصحیح میکنیم.

۳. آیا تمامی مثالهای آموزشی درست ارزیابی میشوند:

بله \Leftarrow پایان الگوریتم

خیر \Leftarrow به مرحله 2 برمیگردیم

۴. برای یک مثال آموزشی $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ در هر مرحله وزنها بر اساس قانون پرسپترون بصورت زیر تغییر میکند:

$$w_i = w_i + \Delta w_i$$

$$\Delta w_i = \eta (t - o) x_i$$

t: target output

o: output generated by the perceptron

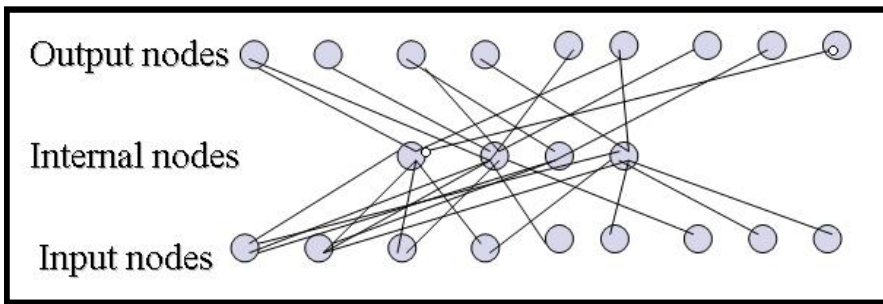
η : constant called the learning rate (e.g., 0.1)

وقتی که مثالها بصورت خطی جداپذیر نباشند قانون پرسپترون همگرا نخواهد شد. برای غلبه بر این مشکل از قانون دلتا استفاده میشود.

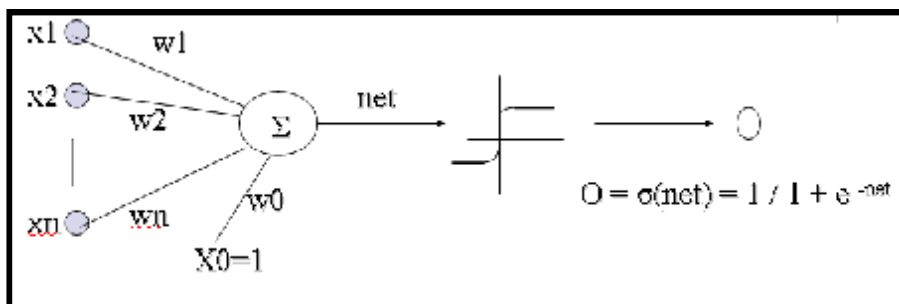
ایده اصلی این قانون استفاده از **gradient descent** برای جستجو در فضای فرضیه وزنها ممکن میباشد. این قانون پایه روش **Backpropagation** است که برای آموزش شبکه با چندین نرون به هم متصل بکار میرود.

شبکه های چند لایه

بر خلاف پرسپترونها شبکه های چند لایه میتوانند برای یادگیری مسائل غیر خطی و همچنین مسائلی با تصمیم گیری های متعدد بکار روند.



برای اینکه بتوانیم فضای تصمیم گیری را بصورت غیر خطی از هم جدا بکنیم، لازم است تا هر سلول واحد را بصورت یک تابع غیر خطی تعریف نماییم. مثالی از چنین سلولی میتواند یک واحد سیگموئید باشد



الگوریتم Back propagation :

برای یادگیری وزن های یک شبکه چند لایه از روش Back Propagation استفاده میشود. در این روش با استفاده از gradient descent سعی میشود تا مربع خطای بین خروجی های شبکه و تابع هدف مینیمم شود.

$$E(\vec{W}) \equiv \frac{1}{2} \sum_{d \in D} \sum_{k \in \text{outputs}} (t_{kd} - o_{kd})^2$$

روش gradient descent سعی میکند تا با مینیمم کردن خطا به فرضیه مناسبی دست پیدا کند. اما تضمینی برای اینکه این الگوریتم به مینیمم مطلق برسد وجود ندارد.

۱. شبکه ای با n_{in} گره ورودی، n_{hidden} گره مخفی، و n_{out} گره خروجی ایجاد کنید.

۲. همه وزنها را با یک مقدار تصادفی کوچک عدد دهی کنید.

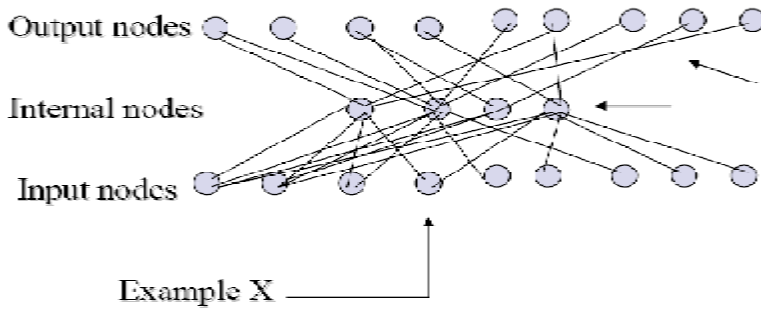
۳. تا رسیدن به شرط پایانی (کوچک شدن خطا) مراحل زیر را انجام دهید:

برای هر X متعلق به مثالهای آموزشی:

مثال X را به سمت جلو در شبکه انتشار دهید

خطای E را به سمت عقب در شبکه انتشار دهید.

هر مثال آموزشی بصورت یک زوج (x, t) ارائه میشود که بردار x مقادیر ورودی و بردار t مقادیر هدف برای خروجی شبکه را تعیین میکنند.



انتشار به سمت جلو برای هر مثال مقدار خروجی

هر واحد را محاسبه کنید تا به گره های خروجی برسید.

انتشار به سمت عقب

برای هر واحد خروجی خطا این طور محاسبه می شود: $\delta_k = O_k (1 - O_k)(t_k - O_k)$

برای هر واحد مخفی خطا بدین صورت محاسبه می شود: $\delta_h = O_h (1 - O_h) \sum_k W_{kh} \delta_k$

مقدار وزن بدین صورت تغییر داده می شود: $W_{ji} = W_{ji} + \Delta W_{ji}$ که در آن: $\Delta W_{ji} = \eta \delta_j X_{ji}$

η عبارت است از نرخ یادگیری

معمولا الگوریتم **BP** پیش از خاتمه هزاران بار با استفاده همان داده های آموزشی تکرار میگردد شروط مختلفی را

میتوان برای خاتمه الگوریتم بکار برد:

توقف بعد از تکرار به دفعات معین

توقف وقتی که خطا از یک مقدار تعیین شده کمتر شود.

توقف وقتی که خطا در مثالهای مجموعه تائید از قاعده خاصی پیروی نماید.

اگر دفعات تکرار کم باشد خطا خواهیم داشت و اگر زیاد باشد مسئله **Overfitting** رخ خواهد داد.

جمع بندی Back propagation

۱. این الگوریتم یک جستجوی gradient descent در فضای وزنها انجام میدهد.

۲. ممکن است در یک مینیمم محلی گیر بیافتد.

۳. در عمل بسیار موثر بوده است.

کاربردهای شبکه های عصبی :

سیستم آنالیز ریسک

کنترل هواپیما بدون خلبان

ردیابی انحراف هواپیما

شبیه سازی مسیر

سیستم راهنمایی اتوماتیک اتومبیل

سیستمهای بازرسی کیفیت

آنالیز کیفیت جوشکاری

پیش بینی کیفیت

آنالیز کیفیت کامپیوتر

آنالیز عملیتهای آسیاب

آنالیز طراحی محصول شیمیایی

آنالیز نگهداری ماشین

پیشنهاد پروژه

مدیریت و برنامه ریزی

کنترل سیستم فرایند شیمیایی و دینامیکی

طراحی اعضای مصنوعی

بهینه سازی زمان پیوند اعضا

کاهش هزینه بیمارستان

بهبود کیفیت بیمارستان

آزمایش اتاق اورژانس

اکتشاف روغن و گاز

کنترل مسیر در دستگاههای خودکار , ربات , جراثقال

سیستمهای بصری

تشخیص صدا

اختصار سخن

کلاس بندی صوتی

آنالیز بازار

سیستمهای مشاوره ای محاسبه هزینه موجودی

اختصار اطلاعات و تصاویر

خدمات اطلاعاتی اتوماتیک

مترجم لحظه ای زبان

سیستمهای پردازش وجه مشتری

سیستمهای تشخیص ترمز کامیون

زمانبندی وسیله نقلیه

سیستمهای مسیریابی

کلاس بندی نمودارهای مشتری/بازار

تشخیص دارو

بازبینی امضا

تخمین ریسک وام

شناسایی طیفی

ارزیابی سرمایه

کلاس بندی انواع سلولها , میکروها و نمونه ها

پیش بینی فروشهای آینده

پیش بینی نیازهای محصول

پیش بینی وضعیت بازار

پیش بینی شاخصهای اقتصادی

پیش بینی ملزومات انرژی

پیش بینی واکنشهای دارویی

پیش بینی بازتاب محصولات شیمیایی

پیش بینی هوا

پیش بینی محصول

پیش بینی ریسک محیطی

پیش بینی جداول داوری

مدل کردن کنترل فرآیند

آنالیز فعالیت گارانتی

بازرسی اسناد

تشخیص هدف

تشخیص چهره

انواع جدید سنسورها

دستگاه کاشف زیر دریایی بوسیله امواج صوتی , رادار

پردازش سیگنالهای تصویری شامل مقایسه اطلاعات

پیگیری هدف

هدایت جنگ افزارها

تعیین قیمت وضعیت فعلی

جلوگیری از پارازیت

شناسایی تصویر /سیگنال

چیدمان یک مدار کامل

بینایی ماشین

مدل کردن غیر خطی

ترکیب صدا

✚ کنترل فرآیند ساخت

✚ آنالیز مالی

✚ پیش بینی فرآیندهای تولید

✚ ارزیابی بکارگیری یک سیاست

✚ بهینه سازی محصول

✚ تشخیص ماشین و فرآیند

✚ مدل کردن کنترل سیستمها

✚ مدل کردن ساختارهای شیمیایی

✚ مدل کردن سیستمهای دینامیکی

✚ مدل کردن سیگنال تراکم

✚ مدل کردن قالبسازی پلاستیکی

✚ شاد و موفق باشید و فراموش نکنید که شاد بودن خیلی مهمتر از موفق بودن است!!!

www.pcsh.ir

مبین محسن زاده