



دانشگاه سام نور

سامانه‌های خبره و فازی

(کارشناسی ارشد مکانیزاسیون کشاورزی)

دکتر آیدین سلیمی اصل دکتر اسماعیل صیدی

مهندس شیما سلطانزاده

امروزه کتاب‌خوانی و علم‌آموزی، نه تنها یک وظیفه‌ی ملی، که یک واجب دینی است.

مقام معظم رهبری

در عصر حاضر یکی از شاخصه‌های ارزیابی رشد، توسعه و پیشرفت فرهنگی هر کشوری میزان تولید کتاب، مطالعه و کتاب‌خوانی مردم آن مرز و بوم است. ایران اسلامی نیز از دیرباز تاکنون با داشتن تمدنی چندهزارساله و مراکز متعدد علمی، فرهنگی، کتابخانه‌های معتبر، علما و دانشمندان بزرگ با آثار ارزشمند تاریخی، سرآمد دولت‌ها و ملت‌های دیگر بوده و در عرصه‌ی فرهنگ و تمدن جهانی به‌سان خورشیدی تابناک همچنان می‌درخشد و با فرزندان نیک‌نهاد خویش هنرنمایی می‌کند. چه کسی است که در دنیا با دانشمندان فرزانه و نام‌آور ایرانی همچون ابوعلی سینا، ابوریحان بیرونی، فارابی، خوارزمی و ... همچنین شاعران برجسته‌ای نظیر فردوسی، سعدی، مولوی، حافظ و ... آشنا نباشد و در مقابل عظمت آنها سر تعظیم فرود نیاورد. تمامی این افتخارات ارزشمند، برگرفته از میزان عشق و علاقه فراوان ملت ما به فراگیری علم و دانش از طریق خواندن و مطالعه منابع و کتاب‌های گوناگون است. به شکرانه‌ی الهی، تاریخ و گذشته ما، همیشه درخشان و پر بار است. ولی اکنون در این زمینه در چه جایگاهی قرار داریم؟ آمار و ارقام ارائه‌شده از سوی مجامع و سازمان‌های فرهنگی در مورد سرانه‌ی مطالعه‌ی هر ایرانی، برایمان چندان امیدوارکننده نمی‌باشد و رهبر معظم انقلاب اسلامی نیز از این وضعیت بارها اظهار گله و ناخشنودی نموده‌اند.

کتاب، دروازه‌ای به سوی گستره‌ی دانش و معرفت است و کتاب خوب، یکی از بهترین ابزارهای کمال بشری است. همه‌ی دستاوردهای بشر در سراسر عمر جهان، تا آنجا که قابل کتابت بوده است، در میان دست‌نوشته‌هایی است که انسان‌ها پدید آورده و می‌آورند. در این مجموعه‌ی بی‌نظیر، تعالیم الهی، درس‌های پیامبران به بشر، و همچنین علوم مختلفی است که سعادت بشر بدون آگاهی از آنها امکان‌پذیر نیست. کسی که با دنیای زیبا و زندگی‌بخش کتاب ارتباط ندارد بی‌شک از مهم‌ترین دستاورد انسانی و نیز از بیشترین معارف الهی و بشری محروم است. با این دیدگاه، به‌روشنی می‌توان ارزش و مفهوم رمزی عمیق در این حقیقت تاریخی را دریافت که اولین خطاب خداوند متعال به پیامبر گرامی اسلام (ص) این است که «بخوان!» و در اولین

سوره‌ای که بر آن فرستاده‌ی عظیم‌الشان خداوند، فرود آمده، نام «قلم» به تجلیل یاد شده‌است: «اقْرَأْ وَ رَبُّكَ الْأَكْرَمُ. الَّذِي عَلَّمَ بِالْقَلَمِ» در اهمیت عنصر کتاب برای تکامل جامعه‌ی انسانی، همین بس که تمامی ادیان آسمانی و رجال بزرگ تاریخ بشری، از طریق کتاب جاودانه مانده‌اند.

دانشگاه پیام‌نور با گستره‌ی جغرافیایی ایران‌شمول خود با هدف آموزش برای همه، همه‌جا و همه‌وقت، به‌عنوان دانشگاهی کتاب‌محور در نظام آموزش عالی کشورمان، افتخار دارد جایگاه اندیشه‌سازی و خردورزی بخش عظیمی از جوانان جویای علم این مرز و بوم باشد. تلاش فراوانی در ایام طولانی فعالیت این دانشگاه انجام پذیرفته تا با بهره‌گیری از تجربه‌های گرانقدر استادان و صاحب‌نظران برجسته کشورمان، کتاب‌ها و منابع آموزشی درسی شاخص و خودآموز تولید شود. در آینده هم، این مهم با هدف ارتقای سطح علمی، روزآمدی و توجه بیشتر به نیازهای مخاطبان دانشگاه پیام‌نور با جدیت ادامه خواهد داشت. به‌طور قطع استفاده از نظرات استادان، صاحب‌نظران و دانشجویان محترم، ما را در انجام این وظیفه‌ی مهم و خطیر یاری‌رسان خواهد بود. پیشاپیش از تمامی عزیزانی که با نقد، تصحیح و پیشنهادهای خود ما را در انجام این وظیفه‌ی خطیر یاری می‌رسانند، سپاسگزاری می‌نماییم. لازم است از تمامی اندیشمندانی که تاکنون دانشگاه پیام‌نور را منزلگاه اندیشه‌سازی خود دانسته و ما را در تولید کتاب و محتوای آموزشی درسی یاری نموده‌اند، صمیمانه قدردانی گردد. موفقیت و بهروزی تمامی دانشجویان و دانش‌پژوهان عزیز آرزوی همیشگی ما است.

دانشگاه پیام‌نور

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
پیشگفتار ناشر.....	سه
پیشگفتار.....	یازده
فصل اول: مقدمه‌ای بر سیستم‌های خبره و هوش مصنوعی.....	۱
هدف کلی.....	۱
هدف‌های یادگیری.....	۱
مقدمه.....	۱
۱-۱ تاریخچه.....	۴
۲-۱ هوش مصنوعی.....	۸
۱-۲-۱ چالش‌های بنیادین هوش مصنوعی.....	۱۱
۲-۲-۱ شاخه‌های علم هوش مصنوعی.....	۱۳
۳-۲-۱ کاربردهای هوش مصنوعی.....	۱۶
۱-۳-۲-۱ ریات‌ها.....	۱۷
۲-۳-۲-۱ پردازش زبان‌های طبیعی.....	۱۸
۳-۳-۲-۱ سیستم‌های خبره.....	۱۸
۴-۱ ساختار یک سیستم خبره.....	۱۹
۵-۱ مزایا و محدودیت‌های سیستم‌های خبره.....	۲۱
۶-۱ کاربرد سیستم‌های خبره.....	۲۲
۱-۶-۱ طراحی و زمان‌بندی.....	۲۲
۲-۶-۱ تصمیم‌گیری‌های مالی.....	۲۳
۷-۱ چند سیستم خبره مشهور.....	۲۳
خلاصه فصل اول.....	۲۴

۲۵	 خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل اول
۲۷	 فصل دوم: مقدمه‌ای بر سیستم‌های فازی
۲۷	 هدف کلی
۲۷	 هدف‌های یادگیری
۲۷	 مقدمه
۲۸	 ۱-۲ پیدایش تئوری فازی
۳۲	 ۲-۲ سیستم فازی
۳۸	 ۳-۲ تفاوت میان نظریه احتمالات و فازی
۳۹	 ۴-۲ انواع سیستم‌های فازی
۴۲	 ۵-۲ زمینه‌های تحقیقاتی در تئوری فازی
۴۳	 خلاصه فصل دوم
۴۴	 خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل دوم
۴۵	 فصل سوم: مجموعه‌های فازی
۴۵	 هدف کلی
۴۵	 هدف‌های یادگیری:
۴۵	 مقدمه
۴۶	 ۱-۳ مجموعه‌های کلاسیک
۴۷	 ۲-۳ مجموعه مرجع
۴۸	 ۱-۲-۳ زیرمجموعه
۴۸	 ۲-۲-۳ افزایش یک مجموعه
۴۸	 ۳-۲-۳ مجموعه جدا از هم
۴۹	 ۴-۲-۳ دو مجموعه هم‌ارز
۴۹	 ۵-۲-۳ عدد اصلی مجموعه
۴۹	 ۳-۳ مجموعه‌های فازی
۵۰	 ۴-۳ از مجموعه‌های کلاسیک تا مجموعه‌های فازی
۵۵	 ۵-۳ عملیات روی مجموعه‌های فازی و کلاسیک
۵۵	 ۱-۵-۳ عملیات روی مجموعه‌های کلاسیک
۵۵	 ۲-۵-۳ اجتماع در مجموعه‌ها
۵۶	 ۳-۵-۳ اشتراک در مجموعه‌ها
۵۷	 ۴-۵-۳ خواص اجتماع و اشتراک
۵۸	 ۵-۵-۳ متمم مجموعه
۵۹	 ۶-۵-۳ تفاضل دو مجموعه
۵۹	 ۷-۵-۳ ضرب کارتیزین
۶۰	 ۸-۵-۳ عملیات روی مجموعه‌های فازی
۶۲	 ۹-۵-۳ اجتماع مجموعه فازی
۶۲	 ۱۰-۵-۳ اشتراک مجموعه فازی

۶-۳	مفاهیم اساسی مرتبط با مجموعه‌های فازی.....	۶۵
۱-۶-۳	تکیه‌گاه.....	۶۶
۲-۶-۳	مرکز.....	۶۶
۳-۶-۳	ارتفاع.....	۶۷
۷-۶-۳	برش آلفا.....	۶۷
۸-۶-۳	مجموعه فازی محدب.....	۶۹
۹-۶-۳	عدد اصلی یک مجموعه فازی.....	۷۰
۱۰-۶-۳	مجموعه‌های فازی متناهی یا گسسته.....	۷۱
۱۱-۶-۳	مجموعه پیوسته یا نامتناهی.....	۷۱
۷-۳	عملیات دیگر روی مجموعه‌های فازی.....	۷۳
۱-۷-۳	جمع جبری دو مجموعه فازی.....	۷۴
۲-۷-۳	حاصلضرب جبری.....	۷۴
۳-۷-۳	جمع کراندار دو مجموعه.....	۷۴
۴-۷-۳	تفاضل کراندار دو مجموعه.....	۷۴
۸-۳	اجتماع فازی S-نرم‌ها.....	۷۶
۹-۳	اشتراک فازی، T-نرم‌ها.....	۷۷
۱۰-۳	عملگرهای میانگین.....	۷۹
۱۱-۳	توابع عضویت.....	۸۱
۱-۱۱-۳	توابع مثلثی.....	۸۳
۲-۱۱-۳	توابع ذوزنقه‌ای.....	۸۴
۳-۱۱-۳	توابع گوسین.....	۸۵
۴-۱۱-۳	توابع زنگوله‌ای.....	۸۵
۵-۱۱-۳	توابع سیگموئید.....	۸۶
۶-۱۱-۳	توابع II شکل.....	۸۷
۷-۱۱-۳	توابع Z شکل.....	۸۸
۸-۱۱-۳	توابع S شکل.....	۸۹
	خلاصه فصل سوم.....	۹۱
	خودآزمایی چهار گزینه‌ای فصل سوم.....	۹۲
	فصل چهارم: اصل گسترش و اعداد فازی	۹۳
	هدف کلی.....	۹۳
	هدف‌های یادگیری:.....	۹۳
	مقدمه.....	۹۳
۱-۴	اصل گسترش و اعداد فازی.....	۹۴
۲-۴	اصل گسترش تعمیم‌یافته (اصل گسترش چندمتغیره).....	۹۶
۳-۴	اعداد فازی.....	۹۸
۱-۳-۴	نمایش LR عدد فازی.....	۱۰۰

۱۰۲	۲-۳-۴ عدد فازی مثلثی
۱۰۳	۳-۳-۴ عملیات روی بازه‌ها
۱۰۴	۱-۳-۳-۴ روش α -برش برای عملیات ریاضی
۱۰۵	۲-۳-۳-۴ بازه فازی
۱۰۶	خلاصه فصل چهارم
۱۰۶	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل چهارم
۱۰۹	فصل پنجم: روابط فازی
۱۰۹	هدف کلی
۱۰۹	هدف‌های یادگیری
۱۰۹	مقدمه
۱۱۰	۱-۵ از روابط کلاسیک تا روابط فازی
۱۱۱	۲-۵ مروری بر روابط کلاسیک
۱۱۲	۱-۲-۵ عملیات در روابط کلاسیک
۱۱۵	۳-۵ روابط فازی
۱۱۵	۱-۳-۵ عملیات در روابط فازی
۱۲۱	۴-۵ تحدیدهای فازی
۱۲۵	۵-۵ سیستم استنتاج فازی
۱۲۶	۶-۵ فازی‌سازی
۱۲۷	۷-۵ تعیین درجه عضویت
۱۲۷	۸-۵ موتور استنتاج فازی
۱۲۸	۹-۵ پایگاه قانون فازی
۱۲۸	۱۰-۵ نافازی‌سازی سیستم کارتزین
۱۲۹	۱۱-۵ عملیات ناقازی‌سازی برای مجموعه‌های فازی پیوسته
۱۳۱	۱-۱۱-۵ اصل بیشترین عضویت
۱۳۱	۲-۱۱-۵ روش مرکز جرم
۱۳۲	۳-۱۱-۵ روش میانگین مرکز جرم
۱۳۴	۴-۱۱-۵ روش میانگین بزرگ‌ترین درجه عضویت
۱۳۵	۵-۱۱-۵ روش مرکز جمع‌ها
۱۳۶	۶-۱۱-۵ روش مرکز بیشترین مساحت
۱۳۷	۷-۱۱-۵ بزرگ‌ترین اولین و آخرین درجه عضویت
۱۳۸	خلاصه فصل پنجم
۱۳۹	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل پنجم
۱۴۱	فصل ششم: منطق و سیستم‌های فازی
۱۴۱	هدف کلی
۱۴۱	هدف‌های یادگیری
۱۴۱	مقدمه

۱-۶	منطق	۱۴۲
۲-۶	منطق کلاسیک	۱۴۲
۱-۲-۶	استنباط منطقی دو طرفه	۱۴۷
۲-۲-۶	استنباط XOR	۱۴۸
۳-۲-۶	استنباط قیاسی	۱۴۹
۳-۶	منطق فازی	۱۵۱
۱-۳-۶	قوانین مقدماتی استنتاج فازی	۱۵۴
۲-۳-۶	سیستم‌های فازی	۱۶۲
۱-۲-۳-۶	ماشین شستشوی فازی	۱۶۴
۲-۲-۳-۶	تثبیت‌کننده تصویر دیجیتال	۱۶۴
۳-۲-۳-۶	کنترل فازی کوره سیمان	۱۶۵
۴-۲-۳-۶	کنترل فازی قطار زیرزمینی	۱۶۶
۳-۳-۶	متغیرهای زبان‌شناختی	۱۶۶
۴-۳-۶	متغیر زبانی احتمالی	۱۶۸
۵-۳-۶	تعمیم چهار عمل اصلی برای اعداد فازی	۱۶۸
۶-۳-۶	سیستم‌های قاعده-پایه فازی	۱۷۰
۷-۳-۶	قاعده با پیش‌های مرتبط چندگانه	۱۷۱
۸-۳-۶	قاعده با پیش‌های غیرمرتبط چندگانه	۱۷۲
۹-۳-۶	تجميع قاعده‌ها	۱۷۲
۱۰-۳-۶	تکنیک گرافیکی	۱۷۳
۴-۶	مروری کوتاه بر الگوریتم‌های استنتاج فازی	۱۷۷
	خلاصه فصل ششم	۱۷۸
	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل ششم	۱۷۸
	فصل هفتم: نظریه امکان	۱۸۱
	هدف کلی	۱۸۱
	هدف‌های یادگیری	۱۸۱
	مقدمه	۱۸۱
۱-۷	توزیع امکان	۱۸۲
۲-۷	اندازه امکان و اندازه الزام	۱۸۵
۳-۷	امکان در مقایسه با احتمال	۱۸۹
	خلاصه فصل هفتم	۱۹۱
	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل هفتم	۱۹۱
	فصل هشتم: عملیات ریاضی در مجموعه‌های فازی	۱۹۳
	هدف کلی	۱۹۳
	هدف‌های یادگیری	۱۹۳
	مقدمه	۱۹۳

۱۹۳	۸-۱ اعداد فازی
۱۹۷	۸-۲ متغیرهای کلامی
۱۹۹	۸-۳ عملیات ریاضی در اعداد فازی
۲۰۲	۸-۴ حداقل و حداکثر فازی
۲۰۴	۸-۵ معادلات فازی
۲۰۷	۸-۶ توابع فازی روی مجموعه‌های فازی
۲۰۹	خلاصه فصل هشتم
۲۰۹	خودآزمایی چهار گزینه‌ای فصل هشتم
۲۱۱	فصل نهم: آشنایی با جعبه‌ابزار منطق فازی در نرم‌افزار MATLAB
۲۱۱	هدف کلی
۲۱۱	هدف‌های یادگیری
۲۱۱	مقدمه
۲۱۲	۹-۱ جعبه‌ابزار منطق فازی در نرم‌افزار متلب
۲۱۴	۹-۱-۱ قدم اول: فازی‌سازی ورودی‌ها
۲۱۴	۹-۱-۲ قدم دوم: اعمال عملگرهای فازی
۲۱۴	۹-۱-۳ قدم سوم: اعمال روش دلالت
۲۱۵	۹-۱-۴ قدم چهارم: اجتماع تمام خروجی‌ها
۲۱۵	۹-۱-۵ قدم پنجم: نافازی کردن
۲۲۱	۹-۲ وظیفه هر یک از بخش‌ها
۲۲۲	۹-۳ افزودن متغیر ورودی و خروجی جدید:
۲۲۴	۹-۴ تغییر نام متغیرها
۲۲۵	۹-۵ ذخیره سیستم فازی
۲۲۶	۹-۶ ویرایشگر توابع عضویت
۲۲۸	۹-۷ افزودن تابع عضویت جدید به یک متغیر
۲۲۹	۹-۸ توابع عضویت مورد استفاده در جعبه‌ابزار متلب
۲۳۳	۹-۹ پیاده‌سازی قوانین فازی
۲۳۶	۹-۱۰ مشاهده سطح قانون
۲۳۷	۹-۱۱ مشاهده قوانین
۲۳۹	۹-۱۲ مثال عملی
۲۴۶	خلاصه فصل نهم
۲۴۷	پاسخنامه
۲۴۹	منابع

پیشگفتار

نظریه مجموعه‌های فازی که برای اولین بار از سوی پروفیسور لطفی زاده ارائه شد، انقلابی در دنیای ریاضیات محسوب می‌شود و از جمله زمینه‌های تحقیقاتی جذاب در سرتاسر دنیا به حساب می‌آید. به علاوه در چند دهه اخیر بر طراحی سیستم‌های خبره و توجه به عدم قطعیت‌های موجود در این طراحی، با بهره‌گیری از منطق فازی، تمرکز شده است و موفقیت‌های زیادی در طراحی این سیستم‌های خبره از جمله در پزشکی در زمینه تشخیص بیماری‌ها، تا انتخاب وزیر و ارزیابی افراد به چشم می‌خورد. هر روزه گزارش‌هایی در زمینه کاربرد سیستم‌های فازی از جمله در طراحی سیستم‌های خبره دریافت می‌شود.

فصل‌های کتاب پیشرو به گونه‌ای است که خواننده ابتدا با مفاهیم اساسی فازی آشنایی پیدا می‌کند و سپس مفاهیم بیسیک طراحی سیستم‌های خبره، ارائه می‌شود. کتاب حاضر سعی دارد اطلاعات کلی در زمینه فازی و سیستم‌های خبره ارائه دهد و لذا به مهم‌ترین مفاهیم می‌پردازد.

از آنجایی که داشتن اطلاعاتی در زمینه فازی و سیستم‌های خبره برای رشته‌های فنی و مهندسی ضروری به نظر می‌رسد، این کتاب با توجه به نیاز رشته‌های مختلف تدوین شده و هدف کلی آن آشنایی با سیستم‌های فازی و خبره است. لذا برای دانشجویان، به‌ویژه دوره تحصیلات تکمیلی، می‌تواند مفید واقع شود.

با وجود همه تلاش‌های صورت گرفته در تدوین، کتاب حاضر خالی از اشکال

نیست. امید است تمامی کاستی‌های موجود با همکاری اساتید و دانشجویان عزیز و همت والای آن‌ها برطرف شود؛ بنابراین از تمامی پیشنهادها شما از صمیم قلب استقبال کرده و پیشاپیش تشکر می‌کنیم.

فصل اول

مقدمه‌ای بر سیستم‌های خبره و هوش مصنوعی

هدف کلی

هدف این فصل، آشنایی با تاریخچه، چالش‌ها، شاخه‌ها و کاربردهای هوش مصنوعی است.

هدف‌های یادگیری:

- در پایان این فصل دانشجو قادر خواهد بود:
۱. به اهمیت هوش مصنوعی پی ببرد.
 ۲. با چالش‌های هوش مصنوعی آشنا شود.
 ۳. شاخه‌های این علم و کاربردهای آن در دنیای واقعی را بیان کند.

مقدمه

جان مک‌کارتی، «پدر علم و دانش ماشین‌های هوشمند»، واژه هوش مصنوعی را در سال ۱۹۵۶ به‌کار برد. تحقیقات و جستجوهای انجام‌شده برای رسیدن به ساخت چنین ماشین‌هایی مرتبط با بسیاری از علوم دیگر مانند کامپیوتر، روان‌شناسی، فلسفه، عصب‌شناسی، علوم ادراکی، تئوری کنترل، احتمالات، بهینه‌سازی و منطق است. هنوز تعریف دقیقی برای هوش مصنوعی ارائه نشده است که موردقبول همه دانشمندان صاحب‌نظر در این زمینه باشد و این خود به علت آن است که اساس این موضوع یعنی هوش محل جنجال و اختلاف است و تعریف جامعی درباره آن وجود ندارد.

به‌طور کلی ماهیت وجودی هوش به مفهوم جمع‌آوری اطلاعات، استقرا و تحلیل تجربیات به‌منظور رسیدن به دانش یا ارائه تصمیم است. درواقع هوش به مفهوم به‌کارگیری تجربه به‌منظور حل مسائل دریافت‌شده تلقی می‌شود. هوش مصنوعی علم و مهندسی ایجاد ماشین‌هایی باهوش با به‌کارگیری از کامپیوتر و الگوبرهاری از درک هوش انسانی یا حیوانی و نهایتاً دستیابی به مکانیسم هوش مصنوعی در سطح هوش انسانی است.

در مقایسه هوش مصنوعی با هوش انسانی می‌توان گفت که انسان قادر به مشاهده و تجزیه و تحلیل مسائل در راستای قضاوت و اخذ تصمیم است، درحالی‌که هوش مصنوعی مبتنی بر قوانین و رویه‌هایی از قبل تعبیه‌شده روی کامپیوتر است. در نتیجه علی‌رغم وجود کامپیوترهای بسیار کارا و قوی در عصر حاضر ما هنوز قادر به پیاده کردن هوشی نزدیک به هوش انسان در ایجاد هوش‌های مصنوعی نبوده‌ایم

به‌طور کلی، هوش مصنوعی را می‌توان از زوایای متفاوتی مورد بررسی و مطالعه قرار داد. مابین هوش مصنوعی به‌عنوان یک هدف، هوش مصنوعی به‌عنوان یک رشته تحصیلی دانشگاهی یا هوش مصنوعی به‌عنوان مجموعه فنون و راهکارهایی که از سوی مراکز علمی مختلف و صنایع گوناگون تنظیم و توسعه یافته است، باید تفاوت قائل بود.

ایجاد و ابداع فنون و تکنیک‌های لازم برای مدیریت پیچیدگی را باید به‌عنوان هسته بنیادین تلاش‌های علمی و پژوهشی گذشته، حال و آینده، در تمامی زمینه‌های علوم کامپیوتر و به‌ویژه، در هوش مصنوعی معرفی کرد. شیوه‌ها و تکنیک‌های هوش مصنوعی، درواقع، برای حل آن دسته از مسائل به‌وجود آمده است که به‌طور سهل و آسان از سوی برنامه‌نویسی تابعی^۱، یا شیوه‌های ریاضی قابل حل نبوده‌اند.

امروزه دانش مدرن هوش مصنوعی به دو دسته تقسیم می‌شود:

(۱) هوش مصنوعی سمبلیک یا نمادین^۲

(۲) هوش غیرسمبلیک یا پیوندگرا^۳

هوش مصنوعی سمبلیک از رهیافتی مبتنی بر محاسبات آماری پیروی می‌کند و اغلب تحت عنوان «یادگیری ماشین»^۴ یاد می‌شود. هوش سمبلیک می‌کوشد سیستم و قواعد آن را در قالب سمبل‌ها بیان کند و با نگاشت اطلاعات به سمبل‌ها و قوانین به حل مسئله بپردازد. در میان معروف‌ترین شاخه‌های هوش مصنوعی سمبلیک می‌توان به

1. Functional programming
2. Symbolic AI
3. Connection AI
4. Machine Learning

سیستم‌های خبره^۱ و شبکه‌های بیزین^۲ اشاره کرد. اما هوش پیوندگرا متکی بر یک منطق استقرایی است و از رهیافت «آموزش/ بهبود سیستم از طریق تکرار» بهره می‌گیرد. این آموزش‌ها نه بر اساس نتایج و تحلیل‌های دقیق آماری، بلکه مبتنی بر شیوه آزمون و خطا و «یادگیری از راه تجربه» است. در هوش مصنوعی پیوندگرا، قواعد از ابتدا در اختیار سیستم قرار نمی‌گیرد، بلکه سیستم از طریق تجربه، خودش قوانین را استخراج می‌کند. متدهای ایجاد شبکه‌های عصبی^۳ و نیز به‌کارگیری منطق فازی^۴ در این دسته قرار می‌گیرد.

در بسیاری از موارد، با پوشانیدن و پنهان ساختن جزئیات فاقد اهمیت است که بر پیچیدگی فائق می‌آییم و می‌توانیم روی بخش‌هایی از مسئله که مهم‌تر است، متمرکز شویم. تلاش اصلی درواقع، ایجاد و دستیابی به لایه‌ها و ترازهای بالاتر از هوشمندی تجرید را نشانه می‌رود تا آنجا که، سرانجام برنامه‌های کامپیوتری، درست در همان سطحی کار خواهند کرد که خود انسان‌ها بدان سطح رسیده‌اند.

به یاری پژوهش‌های گسترده دانشمندان علوم مرتبط، هوش مصنوعی تاکنون راه بسیاری پیموده است. در این راستا، تحقیقاتی که روی توانایی آموختن زبان‌ها انجام گرفت و همچنین درک عمیق از احساسات، دانشمندان را در پیشبرد این دانش کمک زیادی کرده است. یکی از اهداف متخصصان، تولید ماشین‌هایی است که دارای احساسات بوده و دست‌کم نسبت به وجود خود و احساسات خود آگاه هستند. این ماشین‌ها باید توانایی تعمیم تجربیات قدیمی خود در شرایط مشابه جدید را داشته باشند و به این ترتیب اقدام به گسترش دامنه دانش و تجربیات کنند.

برای نمونه، ربات هوشمندی را که بتواند اعضای بدن خود را به حرکت درآورد در نظر بگیرید. این ربات نسبت به این حرکت خود آگاه بوده و با آزمون و خطا، دامنه حرکت خود را گسترش می‌دهد و با هر حرکت موفقیت‌آمیز یا اشتباه، دامنه تجربیات خود را وسعت بخشیده و راه رفته، می‌دود یا به روشی برای جابه‌جاشدن دست می‌یابد که سازندگانش برای او متصور نبوده‌اند.

هرچند نمونه بالا ممکن است کمی آرمانی به نظر برسد، ولی به هیچ‌عنوان دور از

دسترس نیست. دانشمندان، عموماً برای تولید چنین ماشین‌هایی، از وجود مدل‌های زنده موجود در طبیعت، به‌ویژه آدمی نیز سود برده‌اند.

هوش مصنوعی اکنون در خدمت توسعه علوم کامپیوتر نیز هست. زبان‌های برنامه‌نویسی پیشرفته، که توسعه ابزارهای هوشمند را ممکن ساخته‌اند، پایگاه‌های داده‌ای پیشرفته، موتورهای جستجو و بسیاری از نرم‌افزارها و ماشین‌ها از نتایج پژوهش‌هایی در راستای هوش مصنوعی بوده‌اند.

۱-۱ تاریخچه

هوش مصنوعی علمی جوان با قدمتی کمی بیشتر از نیم‌قرن است. مباحث هوش مصنوعی پیش از به‌وجود آمدن علوم الکترونیک، از سوی فلاسفه و ریاضیدانانی نظیر بول^۱ که اقدام به ارائه قوانین و نظریه‌هایی در باب منطق کردند، مطرح شده بود. در سال ۱۹۴۳، با اختراع کامپیوترهای الکترونیکی، هوش مصنوعی، دانشمندان را به چالشی بزرگ فراخواند. به نظر می‌رسید، فناوری در نهایت قادر به شبیه‌سازی رفتارهای هوشمندانه خواهد بود. با وجود مخالفت گروهی از متفکران با هوش مصنوعی که با دیده تردید به کارآمدی آن می‌نگریستند، تنها پس از چهار دهه، شاهد تولد ماشین‌های شطرنج‌باز و دیگر سامانه‌های هوشمند در صنایع گوناگون هستیم.

نام هوش مصنوعی در سال ۱۹۶۵ میلادی به‌عنوان یک دانش جدید ابداع شد؛ البته فعالیت در زمینه این علم از سال ۱۹۶۰ میلادی شروع شده بود.

بیش از نیم‌قرن پیش، هنگامی که هنوز هیچ تراشه سیلیکونی ساخته نشده بود، آلن تورینگ یکی از بحث‌برانگیزترین پرسش‌های فلسفی تاریخ را پرسید. او گفت: آیا ماشین می‌تواند فکر کند؟

وی اندکی بعد کوشید به پیروی از این قاعده که هر ادعای علمی باید از بوت‌ه آزمایش سربلند بیرون بیاید، پرسش فلسفی خود را با یک آزمایش ساده و درعین‌حال پیچیده جایگزین کند. او پرسید:

- آیا یک ماشین یک کامپیوتر می‌تواند بازی تقلید را با موفقیت پشت سر بگذارد؟
- آیا ماشین می‌تواند از انسان چنان تقلید کند که در یک آزمون محاوره‌ای نتوانیم تفاوت انسان و ماشین را تشخیص دهیم؟

او در سال ۱۹۵۰ براساس محاسباتی تخمین زد که ۵۰ سال بعد کامپیوتری با یک میلیارد بیت حافظه خواهد توانست به موفقیت‌هایی در این زمینه دست پیدا کند. اکنون که در نیمه سال ۲۰۰۸ میلادی هستیم، حتی هشت سال بیشتر از زمانی که او لازم دانسته بود، هنوز هیچ ماشینی نتوانسته است از بوتۀ آزمون تورینگ با موفقیت خارج شود. در سال ۲۰۰۰ مفهوم هوش مصنوعی برای هیچ‌کس باورپذیر نبود.

یکی از جالب‌ترین و هیجان‌انگیزترین پرسش‌هایی که تاکنون تاریخ فلسفه به خود دیده این پرسش است که آلن تورینگ، فیلسوف و ریاضیدان انگلیسی، در سال ۱۹۵۰ طی مقاله‌ای با عنوان «ماشین محاسباتی و هوشمند»^۱ مطرح کرد که آیا ماشین می‌تواند فکر کند. تورینگ نتوانست پاسخ قطعی این پرسش را پیدا کند. اما برای یافتن پاسخ مناسب در آینده یک راهبرد خلاقانه پیشنهاد کرد.

او آزمونی طراحی کرد که خود، آن را «بازی تقلید» نامید. او آزمون بازی تقلید را چنین شرح داد: یک پرسشگر - یک انسان - همزمان در حال گفتگو با دو نفر است. هر یک از این دو نفر در اتاق‌های جداگانه قرار گرفته‌اند و پرسشگر نمی‌تواند هیچ‌یک از آن‌ها را ببیند یکی از این دو نفر انسان است و دیگری یک ماشین (به عبارتی دیگر، کامپیوتر). پرسشگر باید با این دو نفر شروع به گفتگو کند و بکوشد تا بفهمد کدام یک از این دو، انسان و کدام یک ماشین است. اگر کامپیوتر بتواند طوری جواب دهد که پرسشگر نتواند انسان را از ماشین تمیز دهد، آنگاه می‌توان ادعا کرد که این ماشین هوشمند است. تورینگ برای آسان کردن شرایط این آزمون و پرهیز از پیچیدگی‌های اضافی، آن را به محاوره‌ای متنی و روی کاغذ محدود کرد تا مجبور به درگیر شدن با مسائل انحرافی مانند تبدیل متن به گفتار شفاهی و تنظیم تن صدا و لهجه نباشند.

البته چند سال بعد، در سال ۱۹۶۸ آرتور سی. کلارک، در رمان معروف خود، *اودیسه فضایی*، اصطلاح «آزمون تورینگ» را به جای «بازی تقلید» سر زبان‌ها انداخت. از زمانی که تورینگ این فرضیه را مطرح کرده است، هزاران دانشمند با هدف ساختن ماشینی که بتواند آزمون تورینگ را با موفقیت تمام کند، دست به کار شدند، اما هنوز کسی موفق نشده چنین ماشینی بسازد و پیش‌بینی تورینگ هم درست از آب درنیامده است.

او همچنین بر اساس برخی محاسبات پیش‌بینی کرد که ۵۰ سال بعد یعنی در سال ۲۰۰۰، انسان قادر خواهد بود کامپیوترهایی بسازد که در یک گفتگوی پنج دقیقه‌ای،

فقط ۷۰ درصد پرسشگرها بتوانند کشف کنند که در حال گفتگو با یک انسان هستند یا یک ماشین. او برخورداری از یک میلیارد بیت حافظه (۱۲۵ میلیون بایت - حدود ۱۲۰ مگابایت) را یکی از مشخصه‌های اصلی این کامپیوتر دانست.

تورینگ همچنین در این مقاله برخی استدلال‌های مخالف با نظریه و آزمون خود را مطرح کرد و کوشید به آن‌ها پاسخ دهد. تصور اینکه ماشین‌های هوشمندی ساخته شوند که بتوانند فکر کنند وحشتناک است. تورینگ در پاسخ می‌گوید این نکته‌ای انحرافی است، زیرا بحث اصلی او بایدها و نبایدها نیست بلکه بحث دربارهٔ ممکن‌هاست.

دیگر اینکه، ادعا می‌شود محدودیت‌هایی درباره نوع پرسش‌هایی که می‌توان از کامپیوتر پرسید وجود دارد، زیرا کامپیوتر از منطق خاصی پیروی می‌کند. اما تورینگ در پاسخ می‌گوید: خود انسان هنگام گفتگو پرغلط ظاهر می‌شود و نمی‌توان گفتار هر انسانی را لزوماً منطقی کرد. او پیش‌بینی کرد که منشأ اصلی هوشمندی ماشین فرضی او، حافظه بسیار زیاد و سریعی است که یک کامپیوتر می‌تواند داشته باشد؛ بنابراین از نگاه تورینگ، ماشین همچون کامپیوتر Deep Blue که کاسپاروف، قهرمان شطرنج را شکست داد، می‌تواند هوشمند تلقی شود. درعین حال تورینگ این نظر را که آزمون مورد بحث معتبر نیست، زیرا انسان دارای احساسات است و مثلاً موسیقی دراماتیک می‌سازد، رد کرد و گفت: «هنوز هیچ سند قابل قبولی وجود ندارد که ثابت کند فقط ما انسان‌ها دارای احساسات هستیم، زیرا مشخص نیست مفهوم دقیق این واژه از نظر علمی چیست.»

در سال ۱۹۵۶ جان مک‌کارتی، یکی از نظریه‌پردازان پیشگام این نظریه در آن زمان، اصطلاح هوش مصنوعی را برای اولین بار در نخستین کنفرانسی که به این موضوع اختصاص یافته بود، به کار برد. دانشمندان بعدها، این تاریخ را به عنوان تاریخ تولد علم هوش مصنوعی انتخاب کردند؛ البته علاقه‌مندی مک‌کارتی به مقوله هوش مصنوعی به قبل از این دوران برمی‌گردد. وی در سال ۱۹۴۸ از کارهای جان فون‌نویمان (پدر منطق کامپیوترهای امروزی) مطلع و به آن علاقه‌مند می‌شود. این نظریه نقش مؤثری در پیشبرد جنبه‌های نظری و علمی هوش مصنوعی داشت ولیکن آنچه وی به آن می‌اندیشید این بود که می‌توان یافته‌های فون‌نویمان را به نحوی به کار بست که بتوان هوش انسانی را روی ماشین شبیه‌سازی کرد. او در اواسط دهه پنجاه میلادی با کمک

مالی بنیاد راکفلر، کار روی شبیه‌سازی هوش انسانی را آغاز کرد و بدین ترتیب هوش مصنوعی زاده شد.

در سال ۱۹۵۶ مک کارتی با همکاری کلود شانون و ماروین مینسکی، یک کارگاه آموزشی را با موضوع هوش مصنوعی برگزار و این موضوع را در آنجا مطرح کرد. پس از آنکه موضوع هوش مصنوعی به‌طور جدی مطرح شد، مک کارتی کار روی بازی‌های هوشمندانه ماشینی را آغاز کرد و از حاصل این کار، زبان LISP پدیدار شد که زبانی برای توصیف خواسته‌های هوشمندانه از ماشین است. این زبان در سال ۱۹۵۸ در دانشگاه MIT توسعه داده شد. مک کارتی در آن زمان معتقد بود که می‌توان کاری کرد که ماشین نیز هوشی همانند هوش انسانی داشته باشد و LISP زبانی است که می‌تواند این هوش را توصیف کند. زبان LISP به‌جای آنکه از منطق ریاضی و کار روی اعداد استفاده کند، علامت‌ها و سمبل‌ها را به اشیاء تغییر می‌دهد، یعنی از تعدادی لیست برای توصیف منطق کاری برنامه بهره می‌برد و در نهایت، خروجی این زبان تعدادی جمله یا عبارت توصیفی خواهد بود؛ البته امروزه هم از شکل‌های تازه‌تری از زبان LISP در سیستم‌های خبره و برنامه‌های پردازش زبان طبیعی^۱ استفاده می‌شود. این زبان به‌قدری سطح بالا بود که تازه در اواخر دهه هشتاد میلادی کامپیوترهایی پدید آمدند که توان کامل پردازش دستورات این زبان را داشتند.

همه کسانی که نخستین گام‌ها را در راه معرفی هوش مصنوعی برداشتند، یک هدف را در سر داشتند و آن رساندن سطح هوش ماشینی به سطح هوش انسانی بود. اما امروزه می‌دانیم که مطالعه در زمینه هوش و درک عملکرد آن، بسیار پیچیده و دشوار است. اکنون موضوع هوش را می‌توان از دو جنبه بررسی کرد؛ جنبه نخست آن است که آگاهی از جهان اطراف چگونه به دست می‌آید و چگونه می‌توان از یافته‌ها و حقایق نتیجه‌گیری هوشمندانه کرد. یک سیستم هوشمند نیازمند دریافت دانسته‌ها، فرضیه‌هایی تخمینی و غیرمشخص از اطراف است. ولیکن از چیزهایی که به‌طور دقیق و نامشخص تعریف شده‌اند، باید نتایج دقیقی استنتاج شود. جنبه دیگر این بررسی، حالت کشف و شهود هوشمندانه است. به عبارت دیگر، باید از طریق کشف و شهود، راهی به سمت مقصد یافت که این راه از میان هزاران راه ممکن و غیرممکن انتخاب شود. این موضوعات هنوز هم دل‌مشغولی‌های مک کارتی هستند و راه‌حل‌های دقیقی برای حل آن‌ها یافت نشده است [۲، ۳، ۴].

۱-۲ هوش مصنوعی

هوش مصنوعی^۱ را باید عرصه پهناور 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 دانست. شاخه‌ها و کاربردهای گوناگون هوش مصنوعی در علوم رایانه، علوم مهندسی، علوم زیست‌شناسی و پزشکی، علوم ارتباطات و زمینه‌های بسیار دیگر است.

هوش مصنوعی را به‌عنوان کوشش‌هایی در پی ساختن کامپیوترهای نظام‌مند (سخت‌افزار و نرم‌افزار) که رفتاری شبیه انسان داشته باشند، بیان می‌کنند. یک سیستم هوش مصنوعی به‌راستی نه مصنوعی است و نه هوشمند، بلکه دستگاهی است هدف‌گرا که مسائل را به روش مصنوعی حل می‌کند، این سیستم‌ها بر پایه دانش، تجربه و الگوهای استدلالی انسان به وجود آمده‌اند.

هدف هوش مصنوعی به‌طور کلی ساخت ماشینی است که بتواند «فکر» کند، اما برای دسته‌بندی و تعریف ماشین‌های متفکر، باید به تعریف «هوش» پرداخت. همچنین به تعاریفی برای «آگاهی» و «درک» نیز نیازمندیم و در نهایت به معیاری برای سنجش هوش یک ماشین نیازمندیم.

هنوز تعریف دقیقی که موردقبول همه دانشمندان این علم باشد، برای هوش مصنوعی ارائه نشده است و این امر به‌هیچ‌وجه مایه تعجب نیست، چراکه مقوله مادر و اساسی‌تر از آن، یعنی خود هوش هم هنوز به‌طور همه‌جانبه و فراگیر تن به تعریف نداده است. درواقع، می‌توان نسل‌هایی از دانشمندان را سراغ گرفت که تمام دوران زندگی خود را صرف مطالعه و تلاش در راه یافتن جوابی به این سؤال عمده کرده‌اند که «هوش چیست؟» اما اکثر تعریف‌هایی که در این زمینه ارائه شده‌اند بر پایه یکی از چهار باور زیر قرار می‌گیرند:

۱. سیستم‌هایی که به‌طور منطقی فکر می‌کنند.
۲. سیستم‌هایی که به‌طور منطقی عمل می‌کنند.
۳. سیستم‌هایی که مانند انسان فکر می‌کنند.
۴. سیستم‌هایی که مانند انسان عمل می‌کنند.

شاید بتوان هوش مصنوعی را این‌گونه توصیف کرد: «هوش مصنوعی عبارت است از مطالعه اینکه چگونه کامپیوترها را می‌توان وادار به کارهایی کرد که در حال حاضر انسان‌ها آن‌ها را بهتر انجام می‌دهند.»

تعریف دیگری که از هوش مصنوعی می‌توان ارائه داد به قرار زیر است: «هوش مصنوعی، شاخه‌ای است از علم کامپیوتر، که ملزومات محاسباتی اعمالی همچون ادراک^۱، استدلال^۲ و یادگیری^۳ را بررسی کرده و سیستمی برای 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 انسانی را انجام دهد.»

روش‌شناسی^۴ هوش مصنوعی هنوز به‌عنوان یک نقطه‌ضعف موردانتقاد بسیاری از صاحب‌نظران است. از نظر برخی از صاحب‌نظران، این ضعف یک شکل تکاملی است که به تاریخچه کوتاه علم کامپیوتر مربوط است.

روش‌های هوش مصنوعی، روش‌هایی هستند که به درد مسائلی می‌خورند که به‌خوبی تعریف شده‌اند. به‌طور مثال بسیاری از مسائل محاسباتی معمولی، از محاسبات فیزیک گرفته تا محاسبه حقوق و دستمزد، از این دسته مسائل هستند که برای آن‌ها الگوریتم مشخصی وجود دارد و نیازی به جستجو برای یافتن حل مسئله نیست.

دانشمندان هوش مصنوعی و به‌طور کلی دانشمندان رشته‌های مختلف، اکنون مایل‌اند با مدل‌هایی کار کنند که آن‌ها را «مدل مؤلف» می‌نامند.

آن‌ها به‌دنبال ساخت ماشینی مقلد هستند که بتواند با شبیه‌سازی رفتارهای میلیون‌ها یاخته مغز انسان، همچون یک موجود متفکر به اندیشیدن بپردازد.

در بسیاری از موارد، با پوشانیدن و پنهان ساختن جزئیات فاقد اهمیت است که بر پیچیدگی فائق می‌آییم و می‌توانیم روی بخش‌هایی از مسئله متمرکز شویم که مهم‌تر است. تلاش اصلی، درواقع، ایجاد و دستیابی به لایه‌ها و ترازهای بالاتر است به‌طوری‌که، سرانجام برنامه‌های کامپیوتری درست در همان سطحی کار خواهند کرد که خود انسان‌ها به کار مشغول‌اند.