فرهنگ و زیست فناوری معماری

نشریه علمی فرهنگ و زیست‌فناوری معمـاری

بهار ۱۴۰۲، سال ۳، پیاپی ۸

فرآیند پیاده‌سازی مدل پیشنهادی فناوریِ «معماری‌شناختی SOAR» با «هوش مصنوعی PSO» در معماری

زمان دریافت: ۱۴۰۱/۷/۳، زمان پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۲۸، زمان انتشار: ۱۴۰۱/۱۱/۱۰

کورش عطاریان- استادیار گروه معماری، دانشگاه صنعتی جندی‌شاپور، اهواز، ایران

احمدرضا کشتکار قلاتی[۱]- استادیار گروه معماری، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

بهزاد وثیق- دانشیار گروه معماری، دانشگاه صنعتی جندی‌شاپور، اهواز، ایران

چکیده

Soar یک معماری شناختی است که توسط *Allen Newell, Paul Rosen bloom،john laird* در دانشگاه *Carnegie melon* ابداع شد. Soar در واقع نمایشی از آنچه علوم شناختی می‌باشد و همچنین پیاده-سازی و به‌کارگیری آن نمایش با استفاده از یک معماری برنامه نویسی کامپیوتری برای هوش مصنوعی قابل استفاده در معماری می‌باشد. هدف «هوش مصنوعی» بطورکلي ساخت ماشینی است که بتواند فکر کند. در این مقاله برای اولین بار به ارائه قوانین پیشنهادی برای کاربرد مدل در هوش جمعی مصنوعی معماری اشاره شده و قوانین مدل سازی به اختصار بیان شده است. روش تحقیق توصیفی و تحلیلی بوده و بواسطه نوع مطالعه ماهیت بنیادین و شناخت شناسی دارد. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که الگوریتم حاصل از بررسی این رفتار در هوش مصنوعی PSO نام دارد و الگوی شبیه‌سازی حرکت‌شان در گروه (گله)، BOID نامیده می‌شود. در مسیر رسیدن به ایده‌ی پیشنهادیِ هوش جمعی پرندگان و ماهی‌ها در معماری، ابتدا به هوش مصنوعی جمعی (ازدحامی) و روباتیک ازدحامی و نحوه‌ی روبات‌ها در یک ازدحام (از مدلسازی‌شان تا ارتباط‌شان باهم) پرداخته شده‌است و درنهایت مدل پیشنهادی برای بدنه‌های مختلف معماری ازجمله سقف، به تفصیل گفته‌شده‌است و کاربردهای آن عنوان شده‌است.

واژگان کلیدی: هوش مصنوعی، تفکر و خلاقیت، هوش جمعی مصنوعی.

[۱] نویسنده مسئول مکاتبات، شماره تماس: ۰۹۱۲۱۸۸۵۵۴؛ رایانامه: ghalati.kesht@yahoo.com

۱- مقدمه و بیان مساله

«هوش مصنوعی» (*Artificial Intelligence*) بطور خلاصه ترکیبی از علوم کامپیوتر، فیزیولوژی و فلسفه است. این شاخه از علوم بسیار گسترده و متنوع است و از موضوعات و رشته‌های مختلف علوم و فن آوری، مانند مکانیزم‌های ساده در ماشین‌ها شروع شده، و به سیستم‌های خبره ختم می‌شود. هدف «هوش مصنوعی» بطورکلی ساخت ماشینی است که بتواند فکر کند. Soar مخفف state operator and result که نشانگر بازنمایش حل مسئله به‌عنوان یک کاربرد از جانب عملگر به یک حالت برای گرفتن نتیجه می‌باشد. بر اساس سوالات متداول پروژه soar جامعه توسط soar دیگر soar را به عنوان معرف عبارت خاصی بیان و دیگر با حروف بزرگ نوشته نمی‌شود. اگر فرایند تصمیم‌گیری که توضیح داده شد قادر به تصمیم گیری یکتا درباره عملی که باید انجام شود نباشد، soar از استراتژی‌های متفاوتی استفاده می‌کند که این استراتژی‌ها را با نام روش‌های ضعیف برای حل مسئله دشوار یا بغرنج می شناسیم. این روش‌ها متناسب با موقعیت‌هایی هستند که دانش کافی و فراوان برای حل مسئله موجود نمی‌باشد. برخی از مثال‌ها برای این حالت شامل تحلیل‌های میانی- پایانی (means end) که به محاسبه تفاوت‌ها بین هرکدام از حالت‌های (option) موجود و حالت هدف می‌پردازد و همچنین نوعی از مسئله تپه نوردی (hill climbing). وقتی که با استفاده از یکی از این روش‌ها یک راه حل برای مسئله پیدا شد، soar از یک تکنیک از این یادگیری به نام chunking برای تبدیل عمل انجام شده به یک قانون استفاده می‌کند. در دفعات بعدی soar از ای قانون جدید برای حل مسائل دارای موقعیت مشابه استفاده می‌کند. «طراحی هوش مصنوعی» با بکارگیریِ اصول موجود در هوش جمعی، هوش جمعی مصنوعی بدست می‌آید. «هوش جمعی یکی از روش‌های جدید در حالِ رشد است که در هوش مصنوعی به عنوان یک تابع از عاملِ اجتماعیِ اجزا در نظر گرفته می‌شود. مبانیِ هوش جمعی براساسِ مطالعه رفتار جاندارن مانند برخی از حشره‌ها (زنبور عسل، مورچه، موریانه) و یا حتی انسان‌ها بنا نهاده شده‌است» (صمدزادگان و نایینی، ۱۳۹۰، ص ۱۷). در این مقاله برای اولین‌بار به ارائه قوانین پیشنهادی برای کاربرد مدل در هوش جمعی مصنوعی معماری اشاره شده و قوانین مدل سازی به اختصار بیان شده است.

۲- روش‌شناسی و پیشینه تحقیق

روش تحقیق توصیفی و تحلیلی بوده و بواسطه نوع مطالعه ماهیت بنیادین و شناخت شناسی دارد. همچنین از مطالعات کتابخانه‌ای و ترجمه متون برای ارزیابی و ارائه قوانین مدل استفاده شده است.

۳- ادبیات تحقیق

۳-۱ تفکر و هوش در معماری

از قول «شُوپنهاور»، فیلسوف آلمانی گفته شده است که: «اندیشه‌هایی که به متن داده می‌شود، همچون ردپای رهگذری است در شن. راست است که ما، با دیدن ردِ پا، پی می‌بریم که کسی از اینجا گذشته

است ولی این را که او در راه چه دیده است، باید از چشمان خودمان کمک بگیریم (منصوری، ۱۳۷۸، ص ۱۳۶). همچنین از قول «رایل» فیلسوف انگلیسی نیز گفته شده است که: «اندیشه امری است بسیار متکی بر تمرین و مهارت» (لاوسون، ۱۳۸۴؛ بنقل از پورجعفر و دیگران، ۱۳۸۶، ص ۹۵). «قوه مُفکَره» از نظر «اِبن عَربی»، مرکز ابتلا و آزمایشی است که از جانب خدا به انسان داده شده و عقل نیز در اتکای به آن در معرض ضلالت و گمراهی قرار می‌گیرد. از این‌رو، صوفیان به این قوه که گاه گرفتار شبهه می‌شود و راه معرفت را گم می‌کند، اعتماد ندارند؛ بلکه به اعتماد عقلشان است که از روح و قلب استمداد می‌جویند (حکمت، ۱۳۸۶، ص ۴۳).

در این میان، معماران، اندیشه را «تلاشی ذِهنی انسان برای دستیابی به دیدگاه یا نظریه یا مفهومی نو، آن گاه که بر ابزارهای معنوی و مادی برگرفته از جهان علمی و تجربی خویش متکی است» (فلامکی، ۱۳۸۱، ص ۳۴۶؛ بنقل از پورجعفر و دیگران، ۱۳۸۶، ص ۹۵). «غَزالی» نیز بر این باور است که علم از طرق گوناگونی حاصل می‌شود که یکی از این طُرق، تفکر است. او می‌گوید: «نفس آن گاه که ریاضتِ علم را تحمل کند و رنجِ تحصیل را بر خود هموار سازد و سپس در معلومات خود به تفکر و اندیشه بپردازد، درهای غیب به رویش گشوده می‌شود» (ابراهیمی دینانی، ۱۳۷۵، ص ۱۹۰-۱۹۲). باید گفت که هرچند پرداختن به مفهوم امروزین آفرینشگری و خلاقیت در میان عالمان دوره اسلامی کمرنگ جلوه کرده است؛ ولی نباید درنظر داشت که عالمان دوره اسلامی خلاقیتی نداشتند. آنها خلاقیت خود را اغلب در تصحیح، بسط، تحلیل و به کارگیری قالب موجود، به کار بردند، نه در پدید آوردن قالب نو. خوارزمی به خوبی ماهیت فعالیت علمی را بین داشته است:

> «دانشور سه گونه است: یا برای اولین‌بار دانشی را ابداع یا کشف می کند، یا آثار پیشینیان را شرح و مطالب مبهم و پیچیده را روشن می‌کند و برای بیان مطلب راه ساده‌تری نشان می‌دهد و نتیجه‌گیری را آسان می کند؛ و یا در برخی کتاب‌ها به نادرستی برمی‌خورد، پس نادرستی‌ها را اصلاح می‌کند و از اینکه متوجه خطا و اشتباه دیگران شده به خویشتن نمی‌بالد» (منصوری، ۱۳۸۷، ص ۹۱).

در رابطه با تفاوت ماهوی بین «تفکر» و «هوش» می‌توان اشاره داشت که، هوش یک استعداد است و فکر کردن یک مهارت. چنانچه قرار باشد از «فکر کردن» تعریفی به دست دهیم، باید بگوییم: «تفکر مهارتی است عملی که از طریق آن، هوش بر «تجربه» تاثیر دارد (دوبُونُو، ۱۳۸۴، ص ۱۷). در عین حال می‌توان به تعاریف زیر در رابطه با مقولات وابسته و در عین‌حال پیوسته با تفکر اشاره داشت:

- «حدس»: حدس عبارت است از معرفت حاصل در ذهن، به‌طوری که ناگهان و بدون تامل و استدلال عقلی بدست آمده باشد. درواقع پرش از مرحله اول تفکر به مرحله سوم را حدس گویند. بدین‌ترتیب جست و جو در حافظه انجام نمی شود؛ بلکه مجهول خیلی سریع با اولین نشانه یا کد دریافتی از اطلاعات وارد شده به ذهن، بدست می آید.

- «خیال»: صور ذهنی است که وجود خارجی ندارد؛ مانند تصور شهری که هرگز ندیده‌ایم. در ضمن «شیخ الاسلامی» در مفهوم «خیال» می‌آورد: «نیروی ثبت و حفظ صُور جُزئیه در انسان، خیال است. صورت‌های جزئیه‌ای که از بیرون به ذهن آدمی وارد می‌شود، در قوه خیال ثبت و ضبط می‌شود و خیال در واقع خزانه و گنجینه حس مشترک است (شیخ الاسلامی، ۱۳۸۶، ص ۲۰).
- «وهم»: وهم عبارت است از هر خطایی در استدلال؛ اِدراک یا در حُکم، مشروط بر اینکه گمان‌رود که این خطا امری طبیعی است و گرفتار شدن انسان در آن ناشی از این است که فریب ظواهر را می‌خورد. به‌عبارت دیگر، هنگامی که مضمون خبر یا عدم آن را محتمل بدانیم، ولی بدون دلیل یکی را بر دیگری ترجیح دهیم دچار وهم شده‌ایم. همچنین، وهم، «نیروی درک معانی جزئیه در انسان نامیده می‌شود» (شیخ‌الاسلامی، ۱۳۸۶، ص ۲۰).
- «توجُه»: توجه، آن توانایی ذهنی است که اطلاعات خاصی را از میان اطلاعات دیگر انتخاب می‌کند و آن را بیشتر پردازش می‌کند. توجه به دو نوع تقسیم‌بندی می شود: الف- «توجُه انتخابی»: در این نوع توجه، هدف مشخصی جست‌وجو می‌شود و با انگیختگی و هوشیاری بیشتر فرد همراه است. ب- «توجُه غیر انتخابی»: محرک‌هایی در خارج از انسان وجود دارد که توجه ما را به خود جلب می‌کنند.
- «ذهن»: سیستم انتقال اطلاعات به درون مغز، در درون مغز و به بیرون مغز را ذهن می نامند. ژیلبر رایل (۱۹۰۰-۱۹۷۶) در تعریف «ذهن» می‌گوید که ذهن نام یک بخش مشخص نیست که در پشت پرده‌ای نفوذناپذیر به کار و بازی مشغول است و نام یک محل در بدن انسان نیست که در آن کار انجام می شود یا نام یک ابزار نیست که به کمک آن اعمالمان را انجام دهیم (زیباکلام، ۱۳۸۵، ص ۳۱۰).
- «عَقل»: بررسی کلیه ادراکات حسی، خیالی و وهمی که به آن «معرفت استدلالی» نیز گفته می‌شود.
- «تصور»: صورت ذهنی خالی از حکم را تصور نامند. مانند صورت ذهنی آب، وجود و عدم؛ که به انواع زیر تقسیم می‌شود: «۱. «تصور کلی (عقلی)»: مفهومی است که بر افراد و موضوعات بی‌شماری قابل انطباق است، به این تصورات که حاصل عقل است تصورات عقلی یا معقولات گفته می‌شود.، ۲. «تصور جُزئی»: مفهومی است که تنها بر یک فرد یا موضوع و پدیده معین قابل انطباق است که به دو نوع زیر تقسیم می‌شود: الف- «تصور حِسی»: آن دسته از نقش‌های ذهنی هستند که در اثر ارتباط اندام‌های حسی با واقعیتها پدید می آیند، و ب- «تصور خیالی»: آن دسته از صورت‌های ذهنی که به دنبال تصورات حسی

پدید می‌آیند، ولی بقای آن به بقای ارتباط با خارج وابسته نیست» (صمدآقائی، ۱۳۸۵، ص ۶).

- «اِدراک»: حُصول صورت شیء در عقل را اِدراک می‌گویند؛ خواه شیء مذکور مُجَرد باشد یا مادی، جزئی باشد یا کلی، حاضر باشد یا غالب یا این‌که در ذاتِ مدرک یا در آلتِ حس او حضور یابد.
- «اِدراک مُحیطی»: «ادراک» عبارت است از: «تجربه حسی ما از دنیای پیرامون‌مان و مستلزم بازشناسی و شناخت محرک‌های محیطی و نیز اقدامات واکنشی به این محرک‌هاست.» ما از طریق فرایند ادراکی، درباره عناصر محیطی که برای بقای ما جنبه حیاتی دارند، اطلاعات به دست می‌آوریم. ادراک نه تنها تشکیل‌دهنده تجربه از دنیای پیرامونمان است بلکه به ما اجازه می‌دهد که درون محیط‌مان به فعالیت و عمل بپردازیم.

«گِیل هُولی» (۱۹۹۹) روانشناس معاصر، عمل «فکر کردن» را بعنوان گروهی از فرآیندهای ذهنی انسان تعریف کرده است که انسان آنها را بکار گرفته و اُلگوهای درونی را توسط آن مرور می‌نماید. این اُلگوها می‌توانند برای نمایش حقیقت (مانند علوم)، و یا آنچه که ساخته انسان است (مانند داستان)، بکار گرفته شوند. حتی این اُلگوهای درونی می توانند کاملاً انتزاعی بوده و بدون آنکه تحت تاثیر نیروهای خارجی قرار گیرند (مانند اُلگوهای فکر کردن در رابطه با موسیقی و یا ریاضیات محض) بکار گرفته شوند. بطور کلی آنچه که در تمامی اُلگوهای فکر کردن بعنوان عملی مشترک وجود دارد، طبیعت فکر کردن است و در واقع آن فرآیندی از تنظیم، استفاده و تغییر در «اُلگوهای سمبُلیک درونی» را شامل می‌گردد. روانشناسان عصر حاضر، انواع تفکر را بر اساس اهداف آنها و ویژگی‌های بکار گرفته شده در آن‌ها، در سه گروه «تفکّر جهت‌دار»، «تفکّر بدون‌جهت» و «تفکّر خلاقّانه» دسته‌بندی کرده‌اند:

- «تفکّر جهت‌دار»: این فعالیت سمبُلیک درونی تحت تاثیر هدفی خاص (مانند حل یک مسأله) مطرح می باشد. تفکر جهت دار اغلب برای حل مشکلاتی که «خوب تعریف شده اند»، مانند حل یک پازِل بکار می آید. در تفکّر جهت دار، معمولاً از دو تکنیک برای حل مسأله استفاده می‌شود:

۱. در تکنیک اول، پاسخ‌ها و راه‌حل‌های متنوعی مطرح می‌گردند و در این رویکرد از فرآیند سعی و خطا بهره گرفته و به حل مسأله پرداخته می‌شود؛ برای مثال می‌توان به نمونه‌های گوناگون ایده‌های مطرح در طراحی یک فضای ورودی به درون پارک اشاره نمود: حرکت از درون یک دروازه، حرکت از درون یک زیرگذار، و یا حتی حرکت به درون پارک بدون هیچ‌گونه اولویتی در انتخاب نقطه ورودی به پارک. در این فرآیند با نقد و بررسی انتخاب هر گُزینه، طراح می‌تواند به توانائی‌ها و محدودیت‌های پیشنهاد خود پی ببرد.

۲. در تکنیک دوم، با خُرد کردن مسأله کلی به جزء مسأله‌ها، ابتدا اقدام به حل مسأله‌های جزئی کرده و با ترکیب پاسخ مسائل خرد، دسترسی به پاسخ نهایی امکان‌پذیر می‌شود. با این رویکرد در رابطه با مثال ذکر شده، در خصوص طراحی ورودی به پارک، ابتدا می‌توان مسأله را به چند سوال تقسیم نمود و با پاسخ به سوالات کوچکتر، اقدام به ایجاد پاسخ نهایی نمود.

- «تفکّر بدون جهت»: در مقابل نوع اول فکر کردن، تفکّر بدون جهت قرار دارد. در این نوع تفکر ذهن آدمی بدون هیچ‌گونه پیش‌زمینه اولیه فعال می گردد و به دنبال تامین هدفی خاص نمی باشد؛ از ویژگی‌های این نوع تفکر، طبیعت آزاد و شناور آن است؛ برای مثال خواب دیدن در طول شب و یا رها شدن ذهن از واقعیات اطراف در طی روز.
- «تفکّر خلّاقانه»: نوع سوم تفکر که موارد استفاده آن در حل مساله پیچیده، مانند طراحی، مطرح می باشد را تفکر خلّاقانه می نامند. این نوع تفکر دارای اهداف بوده و برای رسیدن به پاسخ مناسب لازم است تا از راه‌های خلاقانه استفاده بعمل آید (محمودی، ۱۳۸۳، صص ۲۸-۲۹).

پس از ارائه تعاریف بنیادی فوق به بررسی فرآیند تفکر پرداخته می‌شود. «جان دیویی» در کتاب «چگونه فکر می‌کنیم»، «جریان تفکر» را شامل مراحلی می‌داند که دو مرحله ابتدایی و انتهایی و پنج مرحله میانی را در بر می گیرد. این مراحل عبارتند از:

- «مرحله اول یا ابتدایی»، مرحله شک و ابهام است که انسان با یک موقعیت پیچیده روبه رو شده و درصدد یافتن پاسخی برای مساله و مشکل ایجاد شده است.
- «مرحله انتهایی»، زمانی است که فرد از شک و ابهام درآمده و به نتیجه و جواب دست یافته است. برای رسیدن به این مرحله فرد باید مراحل دیگری را طی کند. از «دیدگاه دیوئی»، تفکر اساسی واقعی تنها با طی این مراحل ممکن است (حسینی، ۱۳۸۳، ص ۱۷).

مراحل فی مابین مراحل فوق‌الذکر، عبارتند از:

- «پیشنهاد»[۱]: این مرحله پیشنهاد راه‌حل‌های مختلفی است که ممکن است به جواب برسد؛ بنابراین در این مرحله هرگونه راه حلی به ذهن برسد، ارائه می گردد.
- «تعقل»[۲]: در این مرحله فرد به جمع آوری مدارک و شواهد مربوط به مساله و نیز به بررسی راه‌حل‌های مختلف پرداخته و درباره آن تفکر می نماید.

---

[۱] Suggestion

[۲] Intellectualization

- «فرضیه‌سازی»[1]: پس از تعقّل روی راه‌حل‌ها، فرد می تواند راه حل مناسبی که احتمال بیشتری دارد که به نتیجه برسد را انتخاب کند. به عبارتی برای مسأله مورد نظر فرضیه ای تشکیل می‌دهد[2].
- «استدلال»[3]: در این مرحله، «فرضیه» مورد بررسی قرار گرفته و با معیار «استدلال»، مورد پذیرش واقع می‌گردد.
- «کاربرد»[4]: فرضیه مورد پذیرش در این مرحله به کار گرفته می شود و مورد آزمایش قرار می‌گیرد تا بتوان آن را اثبات نمود.

برخی از محققان تفکر را فرآیندی می‌دانند که تجربه‌های گذشته فرد را سازمان می‌دهد مانند «ویناک» که در کتاب «روانشناسی تفکّر»، تفکر را چنین تعریف می‌کند: «تفکّر سازمان دادن و تجدید سازمان در یادگیری گذشته جهت استفاده در موقعیت فعلی است». «اِیسُون»، تفکّر را فرآیندی رمزی و درونی می‌داند که منجر به یک «حوزه شناختی» می‌گردد که نظام شناختی شخص را تغییر می‌دهد. نظریه دیگر متعلق به «جروم. اِس بُرونِر» است، که تاکید اساسی بر «فرآیند تفکر» دارد. مانند نظریه «پیاژِه»، در نظریه بُرونِر نیز این مطلب که چگونه کودکان اطلاعات مربوط به جهان هستی را به رمز درمی آورند و آن را سازمان می‌دهند و در ذهن خود ذخیره می‌کنند مورد توجه است. مراحل رشد ذهنی در نظریه برونر، شامل: «مرحله حرکتی»، «مرحله تصویری» و «مرحله نمادی» است.

«سولسُو» (۱۹۹۰)، این تعریفها را تکمیل کرده و معتقد است که تفکّر فرآیندی است که از طریق آن یک بازنمایی ذهنی جدید به وسیله تبدیل اطلاعات و تعامل بین خصوصیات ذهنی، قضاوت، اِنتزاع، اِستدلال و حل مسأله ایجاد می‌گردد. تفکّر، استدلال و حل مسأله همگی از پدیده‌هایی هستند که هوش در مراحل انجام آنها، نقش محوری بر عهده دارد. بر اساس این نظریه پنج اصل کمی شناختی که با هوش مرتبط‌اند و در آزمایش‌ها تعریف‌کننده هوش می باشند، عبارتند از:

- «مهار هَمزاد»؛ و
- «خستگی»؛ و
- «نیروی روحی»؛ و
- «توانایی های ابتدایی»؛ و

---

[1] Hypothesis

[2] «فرضیه»، بیان نظری اثبات نشده است که باید با توجه به واقعیتهای شناخته شده به آزمون گذاشته شود. فرضیه را پیشنهادی می دانند که باید با توجه به مجموعه ای از حقایق رد یا پذیرفته شود. برای نمونه، حجم مهاجرت نسبت وارونه ای با فاصله سفر دارد، آنگاه ثابت می شود که فرضیه به «وضعیت نظری» یا «قانون» می رسد.

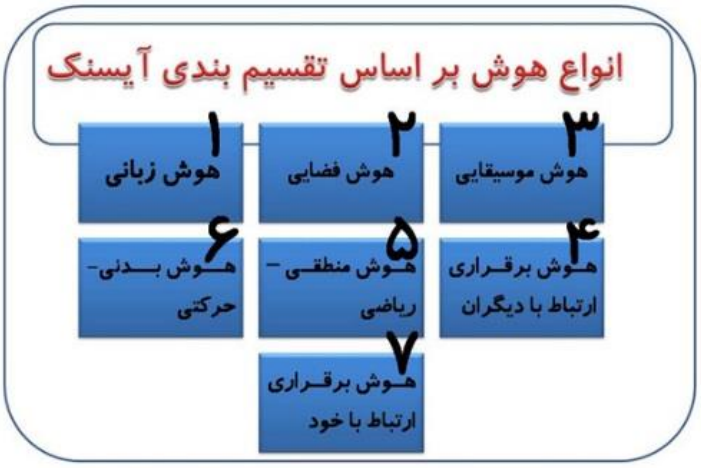
[3] Reasoning

[4] Application

- «قدرت حفظ کردن و حافظه» (آیسِنک، ۱۳۷۹، ص ۵۰۰).

بر اساس یکی از مشهورترین دسته بندی ها، انواع مختلف هوش عبارتند از:

- «هوش زبانی»؛ و
- «هوش منطقی ریاضی»؛ و
- «هوش موسیقایی»؛ و
- «هوش فضایی»؛ و
- «هوش بدنی- حرکتی»؛ و
- «هوش برقراری ارتباط با دیگران»؛ و
- «هوش برقراری ارتباط با خود» (آیسِنک، ۱۳۷۹، ص ۵۰۱).



نمودار ۱. انواع هوش؛ ماخذ: نگارنده بر اساس آیسنک، ۱۳۷۹

۳-۲ انواع و ابعاد تفکر

درباره انواع تفکّر نظریات مختلفی وجود دارد، بعضی از متفکران معتقد به فرآیندهای مختلفی برای تفکر هستند. مانند «تفکّر منطقی»، «تفکّر انتقادی»[۱]، و «تفکّر خلّاق». آنها معتقدند که هرکدام از این

[۱] ریشه های خردمندانه تفکّر انتقادی قدمتی دیرینه دارد، روش تدریس و دیدگاه سقراط در ۲۵۰۰ سال قبل مؤید این مطلب است. سقراط این حقیقت را بیان کردکه شخص نمی تواند برای دستیابی به دانش و بصیرت عقلی به کسانی که دارای اقتدار هستند، متکی باشد. او نشان داد که افراد ممکن است دارای قدرت و موقعیت بالایی باشند امّا عمیقاً سرگردان و گمراه و غیر منطقی باشند. سقراط اهمیت پرسش سؤالات عمیق را که موجب می شوند انسان قبل از پذیرش ایده ای به تفکّر در آن بپردازد و نیز اهمیت جستجوی شواهد، آزمایش دقیق، استدلال، فرضیه ها و تحلیل مفاهیم اساسی را نشان داد. روش او که اینک به پرسش و پاسخ سقراطی معروف است بهترین راهبرد آموزش تفکّر انتقادی می باشد که در آن سقراط نیاز به تفکّر را برای روشنی و استحکام منطق به طور مشخص نشان می دهد. روش سقراط به وسیله افلاطون و ارسطو دنبال شد. در قرون وسطی سنّت تفکّر انتقادی نظام دار در نوشته ها و آموزشهای متفکرانی همچون توماس اکیناس ظاهر شد. در دوران رنسانس (قرون ۱۵و۱۶) در اثر جریان عظیم سکولاری در اروپا تفکّر انتقادی در مورد مذهب، هنر، جامعه طبیعت انسانی، قانون و آزادی آغاز شد. سکولارها با این فرضیه پیش رفتند که حوزه های زندگی

سه گونه تفکّر، فرآیندهایی متفاوتند که بعضی دیگر عقیده دارند فکر انواع مختلفی ندارد و هر سه فرآیند در حقیقت همان فکر عادی است. «گیلفُورد» و «دوبُونُو» ازجمله پیشقدمانی هستند که به

انسان نیازمند بررسی و تحقیق تحلیلی و انتقادی می باشد. فرانسیس بیکن در انگلستان به معرفی بتهای طایفه یعنی شیوه هایی که ذهن ما به طور طبیعی تمایل به خود فریبی دارد، پرداخت. کتاب او پیشرفت در یادگیری، یکی از اولین متون در مورد تفکّر انتقادی است. از دیگر دانشمندانی که تفکّر انتقادی را در قرون ۱۶ و ۱۷ مورد توجه قرار دادند، می توان از دکارت نام برد که در کتابش قواعدی برای هدایت فکر در مورد نیاز به جهت دهنده ای نظام دار برای واداشتن ذهن به تفکّر بحث می کند. وایتهد با کلام معروف خود که: یادگیری شاگردان بی فایده است مگر اینکه کتابهای خود را گم کنند، جزوات خود را بسوزانند و تلویحاً به این معنا اشاره دارد که ثمرهٔ واقعی تعلیم و تربیت باید یک فرایند فکری باشد که از مطالعهٔ یک رشته بوجود می آید نه از طریق اطلاعات جمع آوری شده (مایرز،۱۳۷۴، ص ۸) کانت معتقد بود: اساس معرفت عبارتست از نظم بخشیدن به اطلاعاتی که از راه حواس گردآوری می شوند، پس منظور از تدریس تنها ارائهٔ اطلاعات به شاگرد نیست بلکه مقصود از آن یاری به شاگرد است تا اطلاعات راکلیت بخشیده و با معنا سازد. معلم باید ذهن شاگرد را برانگیزد تا تصورات موجود در ذهن وی زنده شود (نقیب زاده،۱۳۶۷، ص۱۴۱). واتسون و گلیزر می گویند: تفکر انتقادی آمیزه ای از دانش، نگرش و عملکرد در هر فرد می‌باشد، آنها توانایی تفکر انتقادی را توانایی در ۵ مهارت ذیل می دانند: «**۱- استنباط، ۲ – شناسایی مفروضات، ۳- استنتاج، ۴- تعبیر و تفسیر، ۵- ارزشیابی استدلالهای منطقی**». آنها معتقدند توانایی تفکر انتقادی، پردازش و ارزشیابی اطلاعات قبلی با اطلاعات جدید و پیامد و حاصل تلفیق استدلال قیاسی و استقرایی با فرآیند حل مسأله می باشد. تعریف واتسون و گلیزر ازتفکر انتقادی پایه ای برای آزمودن تفکر انتقادی شد که امروزه به طور وسیعی در سنجش تفکر انتقادی به کار می رود و برای اکثر محققین در رشته‌های مختلف علمی قابل قبول است (هاون اشتاین و همکاران ،۱۹۹۶، ص ۱۰۰-۱۰۱). تبیین اصول پنجگانهٔ تفکرانتقادی براساس آرای واتسون – گلیزر:

۱- **اِستنباط:** استنباط نتیجه ای است که فرد ازپدیده های به وقوع پیوسته به دست می آورد. مثلاً اگرچراغ های خانه ای روشن باشد و از داخل خانه صدای موسیقی شنیده شود، شخص می تواند استنباط کند احتمالاً کسی در خانه است. البته این استنباط می تواند درست یا نادرست باشد، مثلاً ممکن است اهل خانه هنگام بیرون رفتن چراغها و رادیو را خاموش نکرده باشند. استنباط توانایی تشخیص داده های درست از نادرست از میان اطلاعات داده شده می باشد (واتسون و گلیزر ،۱۹۸۰، ص۳۲). ۲- **شناسایی مفروضات:** مفروض عبارتی است که از پیش درنظرگرفته می شود، بدیهی فرض شده و یا برای پذیرفته شدن پیشنهاد می‌گردد. وقتی می گویید من درمرداد ماه فارغ التحصیل خواهم شد، فرض می کنید تا مرداد ماه زنده خواهید بود و یا دانشکده، فارغ التحصیلی شما را در مرداد اعلام خواهد کرد و مواردی از این قبیل. شناسایی مفروضات در حقیقت توانایی تشخیص مفروضات پیشنهادی از عبارات بیانی می باشد (واتسون و گلیزر، ۱۹۸۰، ص ۴۴). ۳- **استنتاج:** در استنتاج از مقدماتی منطقی نتیجه و یا نتایجی گرفته می شود. در استنتاج پیش داوریهای ذهنی نبایستی بر قضاوت و نتیجه گیری تأثیر بگذارد چرا که این فرآیند را از شیوهٔ منطقی خود خارج می کند و باعث نتیجه گیری نادرست می شود. در استنتاج حرکت ذهنی از جزء به سوی کل می باشد، بدین ترتیب که از مقدماتی جزئی نتیجهٔ کلی گرفته می شود. همچنین در استنتاج توانایی تفکیک مقدمات و داده ها از نتیجهٔ کلی حائز اهمیت است (واتسون و گلیزر، ۱۹۸۰، ۶۱). ۴- **تعبیر و تفسیر:** تعبیر و تفسیر توانایی پردازش اطلاعات و تعیین اعتبار آنها می باشد. در این فرآیند بایستی قضاوت شود که آیا نتایج به طور منطقی از داده و مقدمه های خود گرفته شده است یا خیر؟ بنابراین در تعبیر و تفسیر استنتاجی صورت نمی گیرد بلکه نتایج در دسترس ما می باشد و موضوع مهم این است که داده ها و مقدمه ها مورد تجزیه و تحلیل قرار بگیرند و برآورد شود که آیا نتایج گرفته شده از آنها درست است یا نادرست؟ (واتسون و گلیزر، ۱۹۸۰، ۷۲). ۵- **ارزشیابی استدلالهای منطقی:** در موارد مهم تصمیم گیری دربارهٔ انتخاب استدلالهای قوی و ضعیف، مطلوبتر آن است که بتوانیم استدلالهای قوی و ضعیف را تشخیص دهیم. یک استدلال منطقی وقتی قوی است که هم مهم وهم در ارتباط مستقیم با سؤال باشد و یک استدلال وقتی ضعیف است که مستقیماً در ارتباط با سؤال نباشد (حتی اگر از اهمیت زیادی برخوردار باشد) یا کم اهمیت باشد و یا تنها با جنبه های علمی و کم اهمیت سؤال در ارتباط باشد (واتسون و گلیزر، ۱۹۸۰، ص ۸۹).

بحث درباره انواع تفکّر می‌پردازند. گیلفُورد تحت عنوان «تفکّر واگرا» و «تفکّر همگرا» به «تفکّر منطقی» و «تفکّر خلاق» می‌پردازد. از نظر وی، تفکّر هَمگرا همان اِستدلال یا تفکّر منطقی است که به دنبال یک جوابِ صحیح می‌گردد؛ درحالی‌که تفکّر واگرا یا تفکر خلّاق به «راه‌حل‌های مختلفی برای یک مسأله» توجه می‌نماید. مهمترین ویژگی‌های تفکّر واگرا عبارتند از: ۱- اِصالت (اِبتکار)، ۲- سیالی، ۳- اِنعطاف پذیری، ۴ بَسط.

باید گفت که تفکّر خلّاق را می‌توان از پیچیده‌ترین و عالی‌ترین جلوه‌های اندیشه انسان دانست. اِسترنبرگ (۲۰۰۱) خلّاقیت را توانایی آفرینش اندیشه‌های نو در سطح عالی می‌داند که آمیزه ای از توان نُوآوری، اِنعطاف‌پذیری و حسّاسیّت در برابر باورهای موجود است و به فرد این توانایی را می‌دهد که همراه با اندیشه‌های منطقی و خردمندانه، به یافته‌های دیگری بیندیشد تا دستاوردهای سودمند برای او و دیگران داشته باشد (شریفی و داوری، ۱۳۸۸، ص ۵۸). «دوبُونُو»[۱] نیز تحت عنوان «تفکّر جانبی»[۲] و «تفکّر عمودی» به این مقوله پرداخته است. او در کتاب «تفکّر جانبی»، به طور مبخش به بررسی تفاوتهای این دو نوع تفکّر می‌پردازد. او معتقد است که «تفکّر عمودی» موجب ایجاد «قالبهای ذهنی و توسعه آن» می‌شود، در حالی که «تفکّر جانبی یا خلّاق»، «ساختار» این قالبها را تغییر داده و «قالب‌های جدیدی» ایجاد می کند. وی به بررسی تفاوت «تفکّر جانبی» و «تفکّر عمودی» پرداخته است و می‌گوید: «تفکّر عمودی باعث ایجاد حالتهای ذهنی و توسعه آن می شود، در حالی که تفکّر جانبی یا خلّاق این قالبها را تغییر می دهد و قالبهای جدید ایجاد می کند» (قاسمی و اقلیدوس، ۱۳۸۵، ص ۵۱).

---

[۱] Edward de Bono

[۲] روش‌های تفکر معطوف به تغییر مفاهیم و ادراک. فرایند حل مسئله به روش های ظاهراً غیر منطقی. تفکر جانبی شامل استدلال‌هایی است که در ظاهر معلوم نیستند و شامل ایده هایی است که تنها با استفاده از منطق گام به گام سنتی به دست نمی‌آیند. تفکر جانبی واژه ای است که توسط ادوارد دبونو، روانشناس، پزشک و نویسنده اهل کشور مالت، مطرح شد. این واژه اولین بار در کتاب دبونو با عنوان «استفاده از تفکر جانبی» که در سال ۱۹۶۷ منتشر گردید ظاهر شد. پس از آن این واژه در واژه‌نامه انگلیسی آکسفورد که منبع اصلی واژگان زبان انگلیسی است وارد شد. به عنوان مثال فرض کنید: پدر و پسری سوار بر ماشین خودشان تصادف می‌کنند و پدر جان خود را از دست می‌دهد. پسر را برای جراحی به بیمارستان می‌رسانند اما پزشک جراح می‌گوید که پسر را عمل نمی‌کند چون نمی‌تواند پسر خود را عمل کند. چطور ممکن است؟ ممکن است جوابهایی به نظر شما برسد. مثلاً پدری که جان باخته است پدر ناتنی پسر است. اما اگر بتوانیم ادارکات و مفروضات معمول خود (که جراحان معمولاً مرد هستند) را کنار بگذاریم، آنگاه به این نتیجه می‌رسیم که پزشک جراح، می‌تواند مادر پسر مجروح باشد. تفکر جانبی گونه‌ای از تفکر خلاق است. تفکر خلاق شامل چند تفکر نوع می‌گردد. در تفکر جانبی سعی می‌شود منطق محاسباتی، منطق استدلالی سنتی و مفروضات و ادراکات تغییر کند و با رویکرد سنت شکنی از زاویه های دیگری به موضوع مورد تفکر و بررسی نگاه شود. البته تفکر جانبی هیچگاه تفکر سنتی را نفی نمی‌کند چه بسا در خیلی از موارد ممکن است به صورت مؤثر بتوانیم از تفکر سنتی استفاده کنیم. تفکر جانبی فقط در حوزه حل مسئله محدود نمی‌شود و همواره هنگام تفکر قابل استفاده است. تفکر جانبی واژه جدایی از تفکر موازی است و این دو واژه مترداف یکدیگر نیستند. تفکر موازی سعی می‌کند زوایای مختلف مورد نظر تفکر جانبی را همزمان در بررسی مسائل و موضوعات به کار بگیرد؛ به عنوان مثال تکنیک «شش کُلاه تفکّر» برای پیاده سازی «تفکر موازی» به کار گرفته می‌شود.

مهمترین تفاوت‌های «تفکر منطقی»[1] و «تفکر خلاق» از نظر «دوبُونُو» عبارت است از:

- «وُسعت عمل»: در تفکّر منطقی معمولاً سعی می کنیم با بررسی شقوق مختلف یک امر یا مسأله بهترین راه را برگزینیم و آن را ملاک عمل قرار دهیم. اما در تفکّر خلّاق، خود را به یک طریق محدود نکرده و درصدد آنیم، راههای هرچه بیشتری برای یک مسأله بیابیم و این امر حتی پس از یافتن راههای مناسب ادامه پیدا می کند.
- «مسیر و جهت عمل»: در تفکّر منطقی جهت و مسیر مشخصی دنبال می گردد. درحالی‌که در تفکّر خلّاق نه تنها یک مسیر دنبال نمی گردد، بلکه راه و جهتهای مختلفی نیز ایجاد می گردد. به‌عبارت دیگر برای فرد در تفکّر منطقی روشن است که چه می خواهد و از چه راهی می تواند به مقصود برسد، درحالی‌که در تفکّر خلّاق، فرد جستجو می کند برای جستجو، تا بتواند تغییر و حرکتی ایجاد کند و تنها برای رسیدن به مقصود تلاش نمی کند.
- «توالی در عمل»: در تفکّر منطقی هر مرحله باید به دنبال مرحله بعد بیاید و مراحل به یکدیگر وابسته است. در حالی که در تفکر خلاق نیازی به توالی مراحل نیست و می‌توان از مرحله ای به مرحله بالاتر پرید و سپس بار دیگر مراحل باقی مانده را طی کرد.
- «چگونگی برخورد با اشتباهات و مسائل نامربوط»: در تفکّر منطقی تلاش می‌شود در هر قدم هیچ گونه اشتباهی رخ ندهد، درحالی‌که در تفکّر خلّاق امکانِ اشتباه نیز هست تا درنهایت به جواب درست دست یافت. همچنین در تفکّر منطقی مسائل نامربوط کنار گذاشته می‌شود و تنها به آنچه به مسأله ارتباط دارد پرداخته می‌شود، درحالی‌که در تفکّر خلّاق به هر چیزِ به ظاهر بی ارتباط نیز توجه می‌شود، چون قرار نیست در یک قالب ماند.

[1] اساسی‌ترین ملاک یک تفکر منطقی آن است که هدف تفکر منطقی حل مسایل است. همه ما در زندگی با مسایل بسیاری روبرو می‌شویم افرادی که دارای تفکر منطقی هستند به راحتی می‌توانند مشکلات را تحمل کنند و از راه درست و منطقی دارد شوند و چون مسایل و مشکلات در موقعیت‌های مختلف، انواع گوناگون دارد، تفکر منطقی نیز از سطوح مختلفی برخوردار است که عبارتند از: ۱- «**تشخیص مسأله**»: اولین مرحله‌ای که تفکر منطقی از آنجا شروع می‌شود، تشخیص مسأله است. همانگونه که تشخیص نوع بیماری در فرآیند درمان کار اساسی و گام نخستین است، تشخیص مسأله در جریان تفکر هم گام نخست است. وقتی توانستید مسأله را درست تشخیص دهید می‌توانید مدل تفکر و این که از چه راهکارهایی می‌بایست در حل مسأله استفاده نمایید، را نیز خواهید شناخت. به تعبیر دیگر هرگاه با موفقیتی غیر عادی روبرو شدید و یا اتفاقی پیش آمد علت آن رویداد غیر منتظره را درست شناسایی کنید. ۲- «**فرضیه سازی**»: فرضیه‌هایی که ممکن است آنها را احتمالات، حدس‌ها، تصورات یا بینش‌ها بنامیم، ما را به جمله‌های پیش‌بینی کننده که به صورت قضایای شرطی در آمده است، رهنمون می‌شود، در مورد علت یک رخداد چندین احتمال را مطرح نموده احتمالی را که از همه نزدیک‌تر و منطقی‌تر به نظر می‌رسد، برمی‌گزینیم. ۳- «**تصمیم‌گیری**»: از میان فرضیه‌های مختلف یکی از آنها را به عنوان بهترین فرضیه که با شواهد موجود تأیید شده است، انتخاب و به دنبال آن تصمیم‌گیری متناسب با موقعیت را انجام می‌دهیم. جان دیویی در مورد تفکر منطقی و رونده شکل‌گیری آن می‌گوید: تفکر منطقی به وسیلهٔ بررسی فعال، مداوم و دقیق هر عقیده یا معرفت در سایهٔ دلایلی که آن را تأیید می‌کند. و نتایج بیشتری که از آن به دست می‌آید، تشکیل می‌شود. (به نقل از فلیب جی اسمیت، تفکر منطقی، ترجمهٔ علی شریعتمداری، موسسه انتشاراتی شکل، ص ۵۰).

«مارزانُو» و همکاران (۱۹۸۹) هرچند ضمن بحث از ابعاد تفکّر، «تفکّر انتقادی»[۱] و «تفکّر خلّاق» را به عنوان یک بُعد مطرح می کنند؛ امّا معتقدند این دو بُعد در عین اِرتباط، دو طریق متفاوت از هم هستند. تفکّر انتقادی شامل «گرایشها و استعدادهائی مانند تحلیل دقیق مسائل، توجه به نقطه نظرهای متفاوت و رسیدن به نتایج صحیح» است، درحالی‌که تفکّر خلّاق عبارتست از «تفکر ابتکاری و مناسب». علی‌رغم آن که اغلب متفکران و متخصصان بین تفکّر واگرا و همگرا تفاوت قائلند، محققانی مانند وایزبِرگ این نظریه را رد می‌کنند. «وایزبِرگ»، مفاهیم تفکّر واگرا و جانبی را فرزند «نُبوغ» می‌داند. در دیدگاه نُبوغ، کارهای بزرگ خلّاق نتیجه به کارگیری تفکّر غیر معمول افراد غیرمعمول است. وایزبِرگ (۱۹۹۳) معتقد است علی رغم آنکه دیدگاه نُبوغ برای هزاران سال وجود داشته است، اما افسانه ای بیش نیست. تفکّر خلّاق ریشه محکمی در تجربه های گذشته دارد و افکاری که هر روز از آن استفاده می کنیم، منبع آن است. شاید بتوان گفت ساده‌ترین و کوتاه‌ترین تعریف برای خلّاقیت، «استعداد تولید ایده‌های نُو»[۲] است (سلیمانی، ۱۳۸۵، ص ۱۵). «اِسترنبِرگ» از جمله محققانی است که مطالعات وسیعی درباره «تفکّر» و «هوش» و «تفکّر خلّاق» داشته است. او «تفکّر» را یک «جریان تعاملی» می‌داند و معتقد است امکان ندارد ما بتوانیم به تواناییهای فکری بشر بدون توجه به زمینه و شرایطی که در آن عمل می‌کند و در حال تعامل است، بپردازیم. زمینه هایی مانند شناخت، شخصیت و انگیزه. وی ارتباط تفکر و هوش را با دنیای درونی، تجربه و با دنیای بیرونی مورد بحث قرار می‌دهد. در این زمینه مسأله فراشناخت مطرح می‌گردد که شامل سه مرحله اصلی است: ۱- برنامه‌ریزی، ۲- نظارت، ۳- ارزیابی عملکرد شناختی.

۳-۳ روش‌های هوش مصنوعی در معماری

از یک دید، هدف ساختن مغز مصنوعی (شبکه‌های عصبی مصنوعی) است که در صورت وجود این سخت افزار می‌توان توقع داشت ماشینی که به این وسیله مجهز شود، رفتار هوشمندانه از خود نشان دهد. از دیدگاه دوم، هدف، مدل‌سازی روش تفکر انسان است که با استفاده از آن انسان تصمیم گیریهای هوشمندانه می کند. در دهه های ۵۰ و ۶۰ محور اول به عنوان محور اصلی در مخلوقات

---

[۱] **«تفکّر انتقادی»**: به تفکری انتقادی گفته می شود که براساس سنجش و ارزیابی دقیق از اتفاقات و مشاهدات پیش رود و با در نظر گرفتن همه عوامل مربوط و شیوه درست منطقی به نتایجی برسیم که قابل لمس هستند و ممکن است که افراد زیادی بتوانند به همان نتایج برسند. بر اساس تفکر انتقادی اطلاعات ما به وسیله مشاهده، تجربه، دلایل و ارتباط با دیگران به دست می آید. اطلاعاتی را نیز که به دست آوردیم براساس ملاک های صحیح و درست و به دقت و همچنین براساس سندهای معتبر، روشن و بدون هیچ ابهام، بی طرفانه و منصفانه ارزیابی و قضاوت می شود.

[۲] ایده ها را هرگونه جمع بندی و نتیجه گیری یا تعمیم که بر پایه علم، آگاهی عمومی، مبانی فلسفی و پیش فرض های عرفی باشد، تعبیر می کنند. علاوه بر این، در تعاریف، ایده ها را به گونه ای دسته بندی و تعبیر می کنند که این ویژگی ها را در بر داشته باشند: «خلاق» باشند. «نوآورانه» باشند. «مبتنی بر حل مساله» باشند. همچنین در بررسی ادبیات ایده پردازی با این درس ها نیز روبرو می شویم: «ایده پردازی، پیوند دقیقی با تفکر انتقادی دارد.» «ایده پردازی بر نوعی خلاقیت و یا تفکر خلاق مبتنی است.» «ایده پردازی باید خواه ناخواه همراه با نوعی مهارت ها و توان مندی هایی باشد که از جمله آن ها توانایی و مهارت بارش مغزی است.»

هوش مصنوعی مطرح بوده است ولی در دهه ۷۰، پردازش نمادین به عنوان فهم روش تفکر در طراحی سیستم‌های هوشمندان مطرح شد. خوشبختانه، در ده سال اخیر محققان به این نتیجه رسیده اند که برای ساختن یک سیستم هوشمند که بتواند در حوزه‌های (*Domains*) مختلف عمل کند، و با یک مساله پیچیده را حل کند، اعتماد کردن به یک روش(یا بینش) کافی نخواهد بود و از این‌رو فلسفه هوش مصنوعی ترکیبی (*Hybrid Artificial Intelligence*) مطرح شده است. به طور کلی سه روش ترکیب تکنیک‌های هوش مصنوعی در جهت ساخت یک سیستم هوشمند ارائه شده است که در ذیل به اختصار به آن‌ها پرداخته می‌شود:

- در روش اول از یک تکنیک خاص جهت اجرای یک *function* در یک تکنیک دیگر هوش مصنوعی استفاده می‌کنیم. برای مثال در طراحی یک سیستم کنترلی فازی چندین بلوک وجود دارد که هرکدام کار مشخصی را انجام می‌دهند. یکی از این بلوک‌ها جهت انجام *Fuzzification* طراحی می‌شود. در یک سیستم ترکیبی می‌توان از شبکه‌های عصبی در انجام این کار استفاده نمود. البته در این‌جا در مورد مزایا یا معایب این ترکیب سخنی گفته نخواهد شد. در یک مثال دیگر می‌توان به کاربرد روشهای ژنتیکی در امر یادگیری شبکه-های عصبی اشاره نمود.
- در روش دوم جهت ساخت یک سیستم پیچیده، آن سیستم را تجزیه نموده (به زیر سیستم-های کوچکتر تقسیم نموده) و بعد از آن هر زیر سیستم را با یک روش مناسب هوشمند پیاده‌سازی می‌کنیم. برای مثال جهت کنترل یک فرآیند پیچیده صنعتی از شبکه‌های عصبی جهت پیشگویی و مدل‌سازی یک سری از پارامترهای کلیدی استفاده می‌شود و نتایج به دست آمده جهت تصمیم‌گیری‌های کلی به یک سیستم خبره داده می‌شود. سیستم خبره در اصل حکم یک مدیر پروسه متخصص را دارد که با استفاده از پارامترهای تولید شده در سطح پایین‌تر تصمیم‌گیری می‌کند. بسیاری از مسائل پیچیده از این طبیعت برخوردار هستند و شکستن آن به مسائل کوچکتر و به کارگیری روش مناسب برای حل هر کدام به صورت مجزا و درنهایت ادغام کردن نتایج به دست آمده، به حل درست مساله اصلی کمک خواهد نمود.
- روش آخر استفاده از یک روش هوشمند در پیاده‌سازی یک روش دیگر می‌باشد. برای مثال می‌توان به پیاده‌سازی یک سیستم خبره با استفاده از شبکه‌های عصبی اشاره نمود. در اینجا هر نرون در شبکه عصبی یک قانون در پایگاه دانش می‌باشد و با استفاده از محاسبات عصبی روش استنتاج را پیاده می‌کنیم. مثال دیگر به کارگیری گرامرها در تحلیل و نمایش دانش آموخته شده در شبکه‌های عصبی می‌باشد. البته توجه به این نکته لازم می‌باشد که یک سیستم ترکیبی هوشمند نباید الزاماً از روش‌های هوشمند در پیاده‌سازی استفاده کند.

در پیاده‌سازی یک سیستم شاید نیاز به بکارگیری روش‌های آماری، ریاضی و تحلیلی نیز وجود داشته باشد.

۳-۴ معماری‌شناختی SOAR در هوش مصنوعی

Soar یک معماری شناختی است که توسط *Allen Newell, Paul Rosen bloom،john laird* در دانشگاه *Carnegie melon* ابداع ابداع شد. Soar در واقع نمایشی از آن‌چه علوم‌شناختی می‌باشد و همچنین پیاده‌سازی و به‌کارگیری آن نمایش با استفاده از یک معماری برنامه نویسی کامپیوتری برای هوش مصنوعی می‌باشد. از ابتدای soar در سال ۱۹۸۳ و ارائه عملی آن در مقاله‌ای در سال ۱۹۸۷ به طور گسترده ای توسط محققان هوش مصنوعی برای مدلسازی جنبه های مختلف رفتار انسان مورد استفاده قرار گرفته است. هدف اصلی پروژه soar توانمند شدن در کنترل و هدایت تمامی قابلیت‌ها و ظرفیت‌های یک عامل هوشمند از معمولی‌ترین توانایی‌ها تا مشکل‌ترین مسائل و مشکلات می‌باشد. برای این که این امر محقق شود، بر اساس لایه‌های زیرین soar بایستی قادر به ارائه و تولید بازنمایش‌ها و استفاده از قالب های مناسب دانش (از جمله رویه‌ای، اعلانی و ضمنی) باشد. پس از این soar بایستی مجموعه‌ای از مکانیزم‌های ذهنی را مشخص کند. متضمن معماری soar این است که سیستم نشانه‌ای (*system Symbolic*) برای هوشمندی عمومی (*general intelligence*) ضروری می‌باشد. این موضوع را با فرضیه سیستم نشانه‌ای فیزیکی یا *physical symbol* system می شناسیم. نظریه شناختی soar به طور تنگاتنگی با نظریه روانشناسی ارائه شده در کتاب *Allen Newell* با نام «تئوری‌های شناخت» در ارتباط است. با وجود این که پردازش علائم یا نشانه‌ها مکانیزم مرکزی در معماری soar می‌باشد. در نسخه‌های اخیر این نظریه پردازش غیر نشانه‌ها نیز پیاده سازی شده است ازجمله یادگیری تقویت شده، پردازش تشبیهی (imagery processing) و مدلسازی احساسی (modeling emotion). هرچندکه هدف نهایی soar دستیابی به هوش عمومی است اما هیچ ادعایی مبنی بر دست یافتن به این هدف نیست. حامیان این سیستم بر این عقیده هستند که soar همچنان برخی از جنبه‌های مهم هوشمندی را در نظر نگرفته است. برخی از مثال های این ظرفیت های در نظر گرفته نشده شامل ایجاد بازنمایش‌های خودکار توسط خود سیستم ازطریق خوشه بندی سلسله مراتبی می باشد. این سیستم بر پایه یک سیستم تولیدکننده می باشد که از قوانین صریح تولید برای کنترل رفتار (این قوانین عمدتا در قالب if….then… همانطور که در سیستم خبره به کار گرفته می شوند) استفاده می‌کند. حل مسئله در soar را می توان براساس جست و جو در فضای مسئله (مجموعه ای از حالت های مختلف که سیستم در حالت های خاصی به آن حالت ها می رسد) برای رسیدن به یک حالت حذف (که نمایانگر راه‌حل برای مسئله می‌باشد) در نظر گرفت. این کار با جست و جو برای حالت‌هایی که ما را به حالت هدف نزدیک‌تر می‌کنند پیاده سازی می‌شود. هر جابه‌جایی بین حالت‌ها شامل یک چرخه تصمیم گیری که یک فاز پیچیدگی (که

در این فاز قطعات مختلف دانش موجود و مرتبط با این مسئله به حافظه درونی soar منتقل می‌شوند) دارد و یک فرایند تصمیم‌گیری (که آنچه را که در فاز قبلی پیدا شده است را ارزش‌دهی میکند و به هرکدام اولویت‌دهی می‌کند تا در نهایت عملی که باید انجام شود را انتخاب کند) می‌شود. علاوه بر جست وجوی فضای مسئله، soar را می‌توان برای معرفی تکنیک‌های استدلال از جمله یادگیری تقویت شده که نیازمند مدل‌های دقیق و کامل از محیط نمی باشد نیز به کار گرفت. در این روش soar رفتارهای منعطف در برابر حجم متفاوت دانش موجود از خود نشان می‌دهد.

۳-۵ هوش جمعی مصنوعی

در هوش جمعی مصنوعی، یک اجتماع متشکل از عامل‌ها وجود دارد. «اجتماع به مجموعه‌ای ساختار یافته از عامل‌هایی گفته می‌شود که دارای روش‌هایی برای تعامل با یکدیگر می‌باشند. در این اجتماعات عامل‌ها دارای ساختار ساده‌ای می‌باشند ولی در مقابل، رفتار جمعی می‌تواند تاحد زیادی پیچیده باشد. برای مثال در کولونی مورچه‌ها ایجادِ ساختار مناسبِ لانه، مراقبت از ملکه و لاروها و یافتن بهترین منبع غذایی را تضمین می‌کند» (صمدزادگان و نایینی، ۱۳۹۰، ص ۱۸). «هوش جمعی مصنوعی، که شاخه‌ای از علم هوش مصنوعی است. به طراحی سیستم‌های چندعامله هوشمند با الهام از رفتار جمعی حشرات جمعی نظیر مورچه‌ها، زنبورهای، موریانه‌ها و دیگر حیوانات اجتماعی نظیر پرندگان و ماهی‌ها می‌پردازد. کولونی حشرات اجتماعی، سال‌هاست که پژوهشگران را به خود جذب کرده‌است و سازوکاری که رفتار این حشرات را کنترل می‌کند برای سال‌ها پرسشی بی‌جواب بوده‌است. این درحالی‌است که با وجود این که این اعضا در این کولونی‌ها داری رفتار به نسبت ساده‌ای می‌باشند، همکاری آن‌ها منجر به انجام وظایف و امور بسیار پیچیده‌ای می‌شود. رفتار هماهنگ کولونی از فعالیت‌ها و تعامل‌های ساده بین اعضای کولونی پدیدار می‌شود. بسیاری از جنبه‌های فعالیت‌های جمعی حشرات اجتماعی بدون هیچ کنترلِ مرکزی انجام می‌پذیرد» (صمد-زادگان و نایینی، ۱۳۹۰، ص ۱۸).

۴- بیان یافته‌های تحقیق

۴-۱ بهینه‌سازی نقشه ساختمان

بشر همواره به دنبال کسب رفاه بیشتر است. این تلاش در تمام جنبه‌های زندگیش نمود پیدا کرده است. افق نهایی این پروژه نیز همچون گذشته، در این راستاست. هدف نهایی پروژه، هوشمند کردن طراحی نقشه ساختمانی است. به طوری‌که ماشین، طرح بهینه یک نقشه را بدون دخالت انسان انجام دهد. ما در اینجا برای شروع، مساله را به اندازه کافی کوچک و محدود خواهیم کرد. برای این کار فرض میکنیم زمین و اتاق‌ها به شکل مستطیل است. و ورودی برنامه به این شکل خواهد بود که کاربر ابعاد زمین، تعداد اتاق‌هایی که میخواهد و همچنین مساحت کوچکترین و بزرگترین اتاق را

تعیین می‌کند. برای این کار الگوریتم‌های متفاوتی وجود دارد. هدف، تولید نقشه مطلوب و مشتری-پسند است یعنی اتاق‌ها باید به گونه‌ای باشد که:

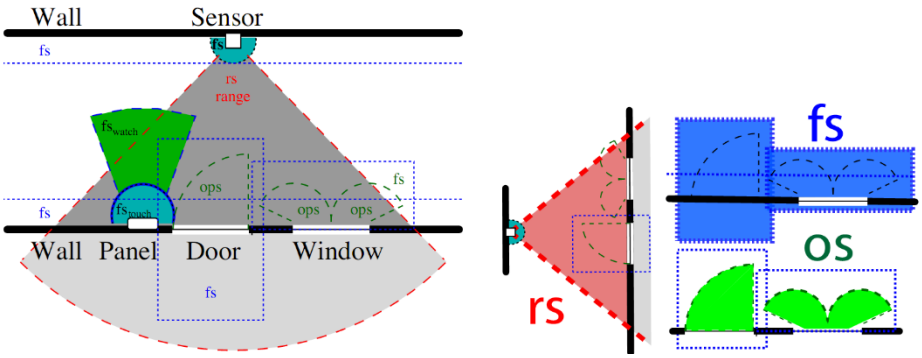
۱. اولاً راه دسترسی به اتاق‌ها صحیح باشد و

۲. ثانیاً نور مناسب به هریک از بخش‌های خانه برسد.

از کاربردهای این پروژه، می‌توان:

- اولاً به تهیه نقشه‌های معماری به طور هوشمند و بدون دخالت انسان اشاره کرد.
- ثانیاً می‌توان از طراحی مدارات مجتمع بزرگ مقیاس نام برد.

به معماران، در بدست آوردن نظم‌های مختلف المان‌های نقشه، کمک می‌کند. برای حل این مساله و خودکار کردن آن، تلاش‌های بسیاری انجام گرفته است. که حاصل آن بدست آوردن الگوریتم‌های متفاوت می باشد. یکی از این الگوریتم‌ها، الهام گرفته از طراحی‌های مدارات بزرگ مقیاس است. به این صورت که برنامه تعدادی اتاق با مشخصه‌ها، اولویت‌ها و ضوابط مختلف می‌گیرد و آنها را همچون بلوک‌های یک مدار بزرگ مقیاس در کنار یکدیگر نظم می‌دهد. یکی دیگر از کارهایی که نسبتاً جدید در این زمینه صورت گرفته است، تهیه نقشه معماری از یک آپارتمان یک خوابه است. روش کار به این‌صورت است که در رابطه با ارتباط اتاق‌ها با یکدیگر جست و جو انجام می‌دهد. و نتیجتاً فهرستی از حالات ممکن را نمایش می‌دهد. یکی دیگر از الگوریتم هایی که برای این کار استفاده می‌شود، الگوریتم ژنتیک است. در الگوریتم ژنتیک تابع ارزیابی و نسل‌ها وجود دارند. مکانیزم این الگوریتم برگرفته از طبیعت است. به این صورت که بالاخره ما می‌توانیم از توالی نسل‌ها، به خروجی مورد نظر برسیم. یکی دیگر از الگوریتم‌هایی که می‌تواند مورد استفاده واقع شود، الگوریتم استراتژی تکاملی است. این الگوریتم برای مسائل بهینه‌سازی در فضای پیوسته کارایی دارد. این الگوریتم دارای بخش‌های جهش، ترکیب و جایگزینی است.



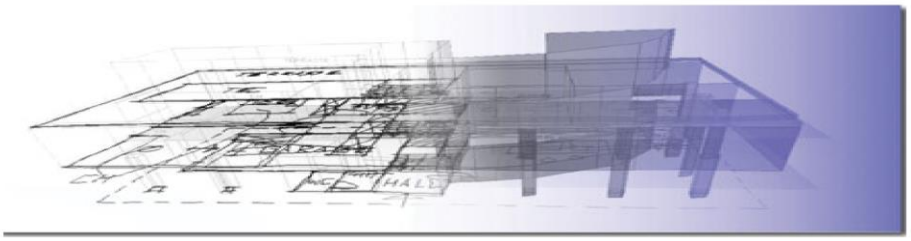
تصویر ۱. نمونه ای از بهینه‌سازی نقشه؛ ماخذ: ترسیم نگارنده.

۲-۴ آزمایش‌های بهینه‌سازی نقشه های با هوش مصنوعی

در فاز پیاده‌سازی، فقط الگوریتم ژنتیک را پیاده‌سازی می‌شود. برای این کار از ماژول deap زبان پایتون استفاده شده است. توضیحات کد:

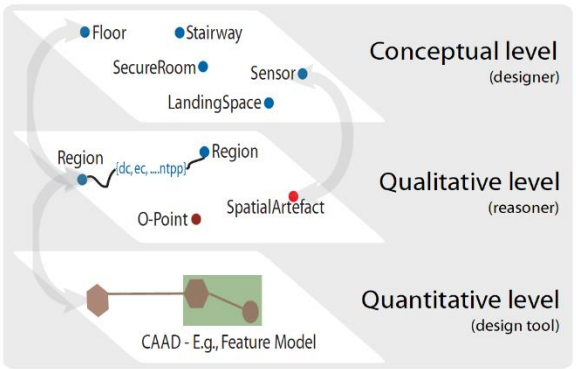
- در ابتدا از کاربر ابعاد زمین خام را می‌گیریم. سپس تعداد اتاق‌ها و همچنین کمترین و بیشترین مساحت اتاق را توسط کاربر مشخص میکنیم.
- سپس در محدوده ابعاد زمین، دنباله تصادفی از کرومزوم‌ها را با استفاده از توابع آماده ماژول مورد استفاده، تولید نموده‌ایم.
- در مرحله بعد، تابع برازندگی که خود شامل چند تابع دیگر است را تعریف کردیم. آنگاه با استفاده از قوانین حاکم در الگوریتم ژنتیک به تولید نسل‌های مختلف پرداختیم. توجه داشته باشید که فرض بر آن است که تعداد نسل ها، ۸۰ باشد.

آزمایش کد: برای آزمایش ورودی‌های مختلف را به برنامه دادیم و خروجی برنامه که به صورت آرایه است را دریافت کردیم. آرایه شامل مختصات دو تا از گوشه های مستطیل(اتاق‌ها) می‌باشد. زیرا با داشتن مختصات دو گوشه مخالف یک مستطیل، به راحتی می‌توان آن را ترسیم نمود. در این کد نیز هر چهار عدد پشت سرهم در آرایه، نشان‌دهنده طول و عرض دو گوشه یک مستطیل میباشد.



تصویر ۲. نمونه‌ای از خروجی کدگذاری؛ ماخذ نگارنده.

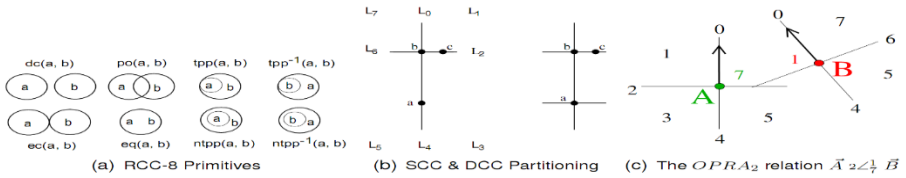
مشکلاتی که وجود دارد، اولاً کامل نبودن تابع برازندگی است. از این جهت که نور و فضاهای مرده به‌طور کامل مدیریت نمی‌شود. اما خروجی‌ای که داده می‌شود، برهم افتادگی و همپوشانی مستطیل‌ها دیده می‌شود. برای بهبود نتیجه احتمالاً تابع برازندگی را باید بهبود بخشید.



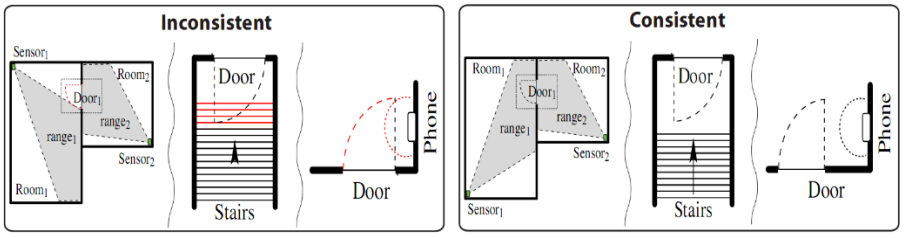
نمودار ۲. نمونه‌ای از سگمنت‌گذاری مرحله مفهومی، کمی و کیفی در طراحی؛ ماخذ: edvards, 2015

تابع برازندگی استفاده شده در این برنامه، تنها ملاک‌های برهم‌پوشانی اتاق‌ها و نور را ملاک قرار می‌دهد. این برنامه به‌طور کلی، آنچنان که در افق نهایی پروژه آمده‌است، ما را از یک معمار بی‌نیاز نمی‌کند. یک معمار واقعی ملاک‌های دیگری همچون پستی و بلندی زمین، جهت باد، شکل خانه‌های همسایه و شرایط اقلیمی دیگر را درنظر می‌گیرد. برای عملی کردن ملاک پستی و بلندی، می‌توان یک آرایه دو بعدی متشکل از کروموزوم‌ها را تعریف کرد. این کار به سادگی با استفاده از ماژول deap که در این پروژه استفاده شده است، قابل پیاده‌سازی است. مسئله دیگر در فاصله این برنامه با کاربرد وسیع آن در کار مسئله مستطیل در نظر گرفتن همه اتاق‌ها و زمین بود که در زمین‌های به شکل‌های دیگر جواب نمیداد و به نظر می‌رسد که برای این اشکال هم با در نظر گرفتن ژنوم دو بعدی و این بار با روش‌های چندهدفه ذکر شده پیاده‌سازی تا حدودی درست را انجام داد:

- روش پیشنهادی بیان اتاق‌ها با یک نقطه است. می‌دانیم هر دیوار دقیقاً بین دو نقطه قرار دارد برای تقسیم ساختمان به چند مستطیل (اتاق) با این نقاط ابتدا دیوار بین دو نقطه اول را رسم می‌کنیم تا نقشه به دو بخش تقسیم شود و بعد این کار را برای همه بخش‌ها انجام دهیم تا هر نقطه در یک بخش قرار بگیرد که در این روش فاکتور فضای بیهوده کمتر می‌شود و فضاهای خالی با اتاق‌ها پر خواهند شد.
- روش دیگری که به ذهن می‌رسد استفاده از نقاط وسط محدوده‌های نصف شده زمین اولیه است. یعنی بدین‌صورت که ابتدا زمین را ۲/۱ می‌کنیم و هر نیمه را نصف می‌کنیم و این عمل را تا میزانی ادامه می‌دهیم (مثلاً ۸ بار) و سپس نقاط وسط هر محدوده را به همراه طول و عرض زمین در جایی ذخیره می‌کنیم. و از مختصات‌های نامبرده شده در تابع‌های ارزیابی و قوانین حاکم بر مسئله استفاده کنیم و ژنوم مسئله را نیز با مشخص کردن طول و عرض نقطه وسط به نصف اندازه گذشته کاهش دهیم.

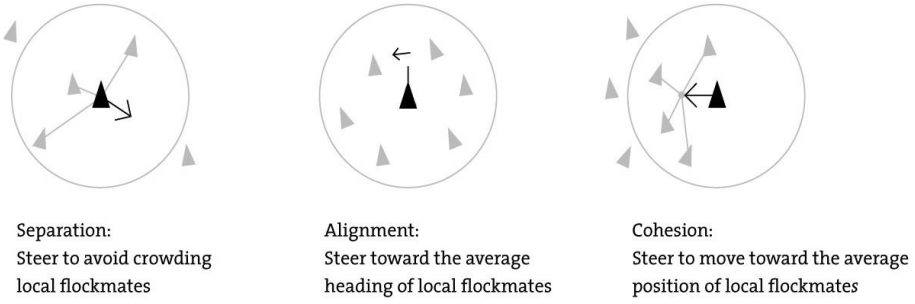


نمودار ۳. مرحله توپولوژیکال در بهینه سازی نقشه؛ ماخذ: edvards, 2015



تصویر ۴. نیازهای طراحی و قرارگیری فضایی در بهینه‌سازی نقشه؛ ماخذ: edvards, 2015

می‌توان برای دقیق‌تر کردن این پروژه متناسب با نیاز کاربران، نوعی یادگیری ماشین تعریف کرد. به این صورت که در خروجی، باتوجه به تابع برازندگی و امتیازدهی‌های آن، یک یا چند خروجی را تولید کنیم. سپس با توجه به اینکه هربار، کاربر(انسان) کدامیک از طرح‌ها را انتخاب می‌کند، یک پایگاه دانش قائل شویم. اطلاعات این پایگاه دانش، انتخاب کاربر و ملاکی است که وی برای انتخاب خود درنظر گرفته است، می‌باشد. رفتار کلی اجتماع از رفتار شخصیِ عامل‌ها در اجتماع شکل می‌گیرد. در حقیقت یک ارتباط دوطرفه‌ای بین رفتار شخصی عامل‌ها و رفتار اجتماع وجود دارد. مجموع رفتار شخصی عامل‌ها رفتار اجتماع را شکل می‌دهد و از طرف دیگر رفتار اجتماع روی شرایطی که هر عامل بر اساس آن فعالیت می‌کند، تاثیرگذار است. این فعالیت‌ها می‌تواند محیط اطراف را تغییر دهد که در نتیجه آن شاید رفتار عامل‌ها تغییر کند. تغییر در رفتار عامل‌ها می‌تواند به تغییر در رفتار اجتماع منجر شود. در نتیجه مهم‌ترین جزء در هوش جمعی تعامل بین عامل‌ها می‌باشد. تعامل بین عامل‌ها به پالایش دانش و آگاهی تجربی درباره‌ی محیط پیرامون، منجر میشود. به بیان دیگر ساختاردهی در جانداران اجتماعی نیازمند تعامل بین آن‌هاست، که این نعامل می‌تواند به دو صورت مستقیم و غیرمستقیم باشد. تعامل مستقیم به صورت آشکار بوده و در ارتباطی که از راه مستقیم بین اجزا اجتماع ایجاد می‌شود، حاصل خواهد شد.



نمودار ۴. هوش جمعی پرندگان و ماهی‌ها؛ ماخذ: همان، ص ۱۳۸

پرندگان و ماهی‌ها برای حرکت در مسیر خود در دسته‌شان از قوانینی پیروی می‌کنند. این قوانین پیش از وارد شدن به علم روباتیک از دریچه‌ی محاسبات ریاضیاتی و شبیه‌سازی مصنوعی آن‌ها گذر کرده‌است. این شبیه‌سازی مصنوعی رفتار پرندگان با نام boid (object bird-oid) شهرت دارد.

۲-۴ کاربرد هوش جمعی در معماری

«مزیت عمده روش‌های بهینه‌ساز برپایه هوشِ جمعی، نسبت به روش‌های مرسومِ بهینه‌سازی این است که دارایِ استحکامِ بالایی در اجرا بوده و در بسیاری از مسائل انعطاف‌پذیریِ خوبی دارند. اجزای یک جمعیت فقط دارای تعاملات و ارتباطات محلی با یکدیگر می‌باشند. این ویژگیِ پایه سبب برخورداری هوشِ جمعی از مزایای گسترده‌ای است. برای نمونه، یک توده ذرات قادر به تغییر در اندازه و مقیاس است. به این معنی که می‌تواند از تعداد زیادی عامل تشکیل شود که می‌توان

از ساختارهای کنترلی یکسان (یعنی تعاملات محلی) برای چگونگی ارتباط این عامل‌ها استفاده کرد. از مزایای دیگر اینگونه سیستم‌ها می‌توان به انعطاف‌پذیریِ بالای آن‌ها اشاره کرد. انعطاف‌پذیری قابلیتی است که براساسِ آن، ذره می‌تواند به سرعت خود را با محیط وفق دهد و همچنین اینکه ذرات می‌توانند حذف یا اضافه شوند بدون این‌که نیازی به سازماندهی کل جمعیت باشد. تغییرپذیری و انعطاف‌پذیری یک جمعیت آن‌را پایدار می‌سازد، به این معنا که حتی با شکست یک یا بیشترِ اعضای گروه، همچنان گروه می‌تواند وظایفِ خود را انجام دهد و در نهایت از مزایایِ سیستم‌های هوشِ جمعی می‌توان به خودسازماندهیِ آن‌ها اشاره کرد. به این مفهوم که این سیستم‌ها نیاز به یک هدایتگرِ داخلی یا خارجی دارند و همچنین اینکه کنترلِ از بالا به پایین برای آن‌ها وجود ندارد، بلکه بر اساسِ تعاملاتِ ساده، هریک از ذرات کارهای خود را انجام می‌دهند. این ویژگی‌ها هوش جمعی را تبدیل به نمونه‌ای موفق از الگوریتم‌های بهینه‌سازی برای حل مسائل با پیچیدگی‌های فراوان تبدیل کرده‌است.» (صمدزادگان و نائینی، ۱۳۹۰، ص ۱).

۳-۴ روباتیک جمعی و معماری

روباتیک ازدحامی (جمعی) را می‌توان به فرآیندِ بکارگیریِ هوش مصنوعی جمعی در قالب دستگاهی الکترومکانیکی، نامید. «روباتیک ازدحامی یک روش (رویکرد) جدید برای هماهنگی سیستم‌های چندروباته است که هرکدام از روبات‌ها به تنهایی از نظر فیزیکی ساده هستند. این‌طور به نظر می‌آید که یک رفتار انتخابیِ مطلوب از تعامل بین روبات‌ها و محیط پیرامون‌شان پدیدار می‌شود. این رویکرد در زمینه‌ی هوش مصنوعی به اضافه مطالعه بیولوژیکی حشرات و دیگر بخش‌های طبیعت که در آن‌ها رفتارِ ازدحامی رخ می‌دهد، ظهور کرده‌است » (and Zheng(2013):20 Tan). در این بخش منظور از ازدحام(swarm)، اجتماع روبات‌های ساده و کوچک است که به‌منظور بهره‌گیری از قواعد هوش جمعی گردآمده‌اند، گفته می‌شود. روبات‌های تکی بخاطر پیچیدگی‌هایی که دارند، همگی گران هستند، در صورتی‌که یک SWARM بخاطر اجزای ساده‌اش، ارزان است. و به همین دلیل خرابی هر یک از اجزای SWARM ضربه هنگفتی به سیستم وارد نمی‌کند. به علاوه اینکه به دلیل وجود تعداد زیادی عنصر کوچک در یک ازدحام، پوشش سطوح وسیع برای این سیستم وجود دارد و به این ترتیب برای پوسته‌های هوشمند و پویا در معماری کاربرد فراوانی دارند. «حوزه‌های کاربرد روباتیک جمعی در جاهایی می‌باشد که وظیفه‌ی پوشش سطوح بزرگ مطرح است و کارهایی که برای روبات‌های معمولی خطرناک است، پیش می‌آید. سیستم‌های روباتیک جمعی برای کارها و وظایفی که نیاز به محدوده و فضای بزرگی دارند، گسترش می‌یابند و ویژه‌سازی می‌شوند. برای مثال پوشش‌های عظیم. روبات‌ها در ازدحام(اجتماع)شان، در محیط گسترده می‌شوند و می‌توانند تغییرات دینامیک (محرک‌های) کل محیط را ردیابی کنند. روبات‌ها در ازدحام می‌توانند در محیط بگردند و مشکلات را ارزیابی کنند، بجای اینکه ایستاده باشند. به این معنی‌که یک SWARM

می‌تواند محیط را بوسیله‌ی تعداد کمی عامل، کنترل کند. همچنین ازدحام‌ها بخاطر مقیاس‌پذیری و ایستایی‌شان، می‌توانند با عوامل خطرناک سر و کار داشته‌باشند. روبات‌ها در SWARM ارزان بوده و در محیط‌هایی که خطراتی برای عملگر وجود دارد، ترجیح بر استفاده از آن‌هاست. در برخی کاربردها ممکن است روبات‌ها پس از کارکردشان، غیرقابل بازگشت و استفاده باشند و استفاده از روبات‌های پیچیده و گران از نظر اقتصادی ناتوان هستند، در حالی‌که روباتیک ازدحامی با اجزای ارزان، راه‌حل‌های معقولی را پیشِ پا می‌گذارد.

مزایای روباتیک ازدحامی(جمعی) در مقایسه با روبات‌های تنها عبارت است از:

الف- توازی: اندازه و بزرگی جمعیت (تعداد) روباتیک ازدحامی معمولاً بسیار بزرگ است و می‌تواند با چند هدف گوناگون در یک کاریرد کار کند. این نشان می‌دهد که ازدحام می‌تواند کارکردهای دربرگرفته چندین هدف توزیع‌شده در محدوده‌ی وسیعی از یک محیط را از خود ارائه دهد.

ب- مقیاس‌پذیری: تعامل در یک ازدحام به صورت محلی صورت می‌گیرد. به طوری‌که اجازه‌ی ملحق‌شدن چند عضو یا خارج شدن بعضی از اعضا را در هر زمان می‌دهد. بدون‌اینکه کل ازدحام متوقف شود یا از کار بیفتد.

ج- ایستایی: مانند مقیاس‌پذیری، سیستم‌های روباتیک ازدحامی حتی اگر بخشی از ازدحام را به دلایل حوادث ناگهانی از ازدحام خارج شوند، تاثیر و ضربه‌ی زیادی نمی‌بینند. در این حالت (خارج شدن برخی از اعضا) ازدحام می‌تواند همچنان به سمت هدف کارکردش ادامه دهد، اگرچه به دلیل کم‌شدن تعداد روبات‌ها، ناگزیر عملکرد آن کمی افت می‌کند. این ویژگی به طور ویژه‌ای برای استفاده این سیستم در محیط‌های خطرناک، پرکاربرد و موثر است.

د- اقتصادی بودن: هزینه روباتیک جمعی به‌طور چشمگیری کم‌تر از روبات‌های تکی است. هم در طراحی، هم در ساخت و هم در نگهداریِ روزمره، کل سیستم ارزان‌تر از روبات‌های تکی است، حتی اگر صدها یا هزار روبات در یک ازدحام وجود داشته باشند.

ه- کارآیی انرژی: از آنجایی‌که اعضا در ازدحام بسیار کوچکتر و ساده‌تر از یک روبات عظیم‌الثه هستند، هزینه‌ی انرژی، جدا از هزینه‌ی ساخت هر کدام، بخاطر اندازه‌ی باتری‌هایشان، بسیار کم خواهدبود.

مقایسه مزایای روباتیک ازدحامی در مقایسه با سیستم‌های چندعاملی عبات است از:

- **الف- استقلال**: هز جزء در روباتیک ازدحامی، باید مستقل باشد و توانایی تعامل و حرکت در محیط پیرامونش را داشته باشد.
- **ب- سیستم مرکزیت‌زدایی‌شده**: با یک سری قواعد مشارکتی مناسب، هر عضو می‌تواند کارکرد خود را بدون کنترل‌های مرکزی انجام دهد.

- **ج- سیستم حسگریِ محلی و ارتباطات محلی**: بخاطر محدودیت‌های سخت‌افزاری و هزینه‌ای، روبات‌ها در ازدحام معمولاً دارای طیفِ محدودی از حسگری و ارتباط و درنتیجه یک ازدحام کلی گسترده‌شده در محیط هستند.
- **د-همگنی(تجانس)**: در یک سیستم روباتیک ازدحامی، روبات‌ها بایستی به نقش‌هایِ تا حد امکان محدودی تقسیم شوند و تعداد روبات‌هایی که برای یک نقش عمل می‌کنند، باید تا حدامکان زیاد باشند.
- **ه- انعطاف‌پذیری**: ازدحام با انعطاف‌پذیری بالا می‌تواند با عملکردهای مختلفی کار کند (با سخت‌افزارهای مشابه هم و تغییرات حداقل در نرم‌افزار). ازدحام‌های طبیعی می‌توانند کارکردهای مختلفی را در یک ازدحام به پایان برسانند

۴-۴ مدل‌سازی روباتیک ازدحامی در معماری

روباتیک ازدحامی به دلیل اهمیت ارتباط اجزا (عامل‌ها) با هم دارای ساختار متفاوتی از روبات‌های تکی هستند و تعریف چگونگی مدل آن‌ها با مشخص کردن چگونگی ارتباطشان با هم بسیار اهمیت دارد. «مدل عمومی روباتیک ازدحامی (جمعی) شامل این سه بخش است؛ مدول تبدیل اطلاعات، مدول رفتار اولیه، مدول رفتار پیشرفته شمای مشارکت بین روبات‌ها: مشارکت، متعلق به رفتار پیشرفته در مدل روبات‌های ازدحامی است. در روباتیک ازدحامی، مشارکت در دو سطح رخ می‌دهد؛ سطح شخصی و سطح ازدحامی. اولی برای فعالیت‌های روبات و هماهنگی با داده‌ی واردشده از محیط با پاسخ و رفتارهای یادگیری و هماهنگی لازم است. دومی مجموعه‌ای از همکاری سطح اول در کل است (Tan and Zheng:24)». به دلیل اینکه روبات‌ها در ازدحام با یکدیگر یک عملکرد واحد انجام می‌دهند، شکل ساختمان آن‌ها مهم است و «ساختمانِ روباتیک ازدحامی یک چارچوب برای فعالیت‌ها و تعاملات و تعیین موقعیت (مکان‌شناسی) برای تبادل اطلاعات

هیچ هماهنگیِ کلی‌ای در یک ازدحام وجود ندارد. بنابراین هر روبات در ازدحام بایستی یک سیستم هماهنگی محلی را در خود نگهداشته و قادر باشد که روبات‌های نزدیک خودش را مکان‌یابی و تشخیص دهد. بنابراین یک روش برای مکان‌یابیِ سریع سایر ربات‌ها، استفاده از حسگرهای روی صفحه برای ربات‌های ازدحامی بسیار ضروری است. تکنولوژی‌های قرارگیری دقیق از روبات‌های تکی در چند پژوهش به کار گرفته‌شده‌اند و ترکیب حسگرها با فیلترهایی ویژه پذیرفته‌شده‌اند. حسگرهایی که امواج مختلف را حس شامل امواج اولتراسونیک، نورمرئی، اشعه مادون قرمز یا صوت را حس می‌کنند. اتصالات فیزیکی نیز در برخی شرایط در یک سیستم روباتیک ازدحامی به کار می‌روند. «خودسازماندهی یک شمای پویا برای ساخت یک سازه‌ی کلی از طریق تنها تعاملات محلی است. واحدهای اولیه یا روبات‌ها، یک کنترل کلی یا حاکمیت خارجی را با هم به اشتراک نمی‌گذارند. سازه‌ی در سطح ازدحامی از سطحِ شخصی آغاز می‌شودو یک روبات با سایر روبات‌ها،

از طریق ساختارهایی که از قبل ساخته شده‌اند، تعامل می‌کند. رفتارهای روبات‌ها بوسیله‌ی فرآیند ساختِ ساختار کلی آن‌ها هدایت می‌شوند. این شماها به راحتی در طبیعت یافت می‌شوند» (Tan and Zheng,2013:23-26). در این بخش، بر اساس قواعد *Boid* که در بخش‌های پیشین به آن اشاره شد، یک مدل شبیه‌سازی براساس اصولِ بهینه‌ی گروه ماهی‌ها و پرندگان برای معماری و سازه طراحی شده‌است. در بخش پیشی گفته شده که روبات‌ها در ازدحام به دلیل کوچکی، سادگی و قیمت مقرون به صرفه، قابلیت پوششِ هوشمند یک سطح وسیع را فراهم می‌کنند. این ویژگی برای شکل دادن به یک پوسته که در جهت خلق یک معماری است، بسیار موثر است. به این جهت قواعد و اصول حاکم بر Boid در اجزای این بدنه‌ی روباتیک تعریف شده‌است.

۴-۵ فرآیند پیاده‌سازی قوانین در مدل پیشنهادی برای معماری

وجود این سه قانون کلی است که حرکت این موجودات را بهینه می‌کند:

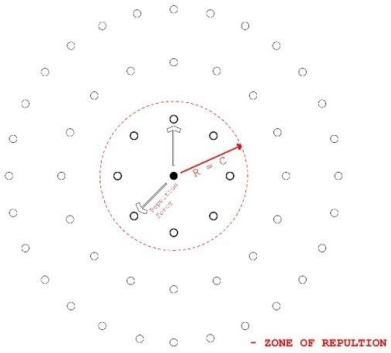
- **قانون جدایی**: هر پرنده سعی می‌کند تا اگر به همسایگان خود بسیار نزدیک شد، از آن‌ها دور شود.
- **قانون هم‌مسیری**: هر پرنده به سوی بهترین همسایگانش حرکت می‌کند.
- **قانون چسبندگی**: هر پرنده سعی می‌کند به سوی میانگین موقعیت همسایگانش حرکت کند» (صمدزادگان و نایینی،۱۳۹۰، ص ۲۶).

از مطالعه رفتار پرندگان و ماهی‌ها توسط پژوهشگران برای یافتن یک الگوریتم بهینه‌سازی، الگوریتم pso شکل گرفت، که در بخش بعدی توضیح داده می‌شود. روند ساده‌سازی الگوریتم pos در ساختار پیشنهادی معماری (که در پرندگان و ماهی مشاهده می‌شود). به کمک قوانین ساده ریاضی قابل پیاده سازی و شبیه‌سازی است. معروف‌ترین آنها شامل ۴ قانون و به شرح زیر است:

۱. ممانعت از برخورد با همسایه‌ها(Repulsion Zone)؛
۲. به اندازه کافی به همسایه‌ها نزدیک باشند(Attraction Zone)؛
۳. جهت گیری یا مسیر حرکت بر اساس مسیر حرکت همسایه ها باشد(Alignment Zone).
۴. فاصله گرفتن از عامل خارجی تاثیر گذار(Repulsion From External Factor)

الف- ممانعت از برخورد با همسایه ها(Repulsion Zone).

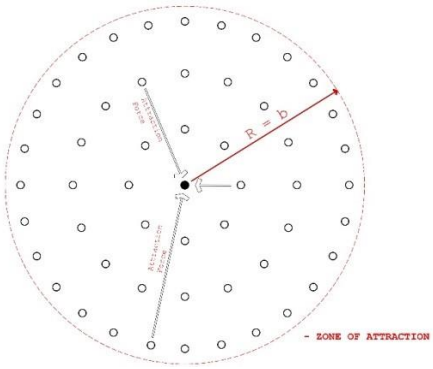
c: شعاع zone Repulsion برای هر پارتیکل



نمودار ۳. ممانعت از برخورد با همسایه‌ها؛ ماخذ: edvards, 2015

ب- به اندازه کافی به همسایه ها نزدیک باشند.

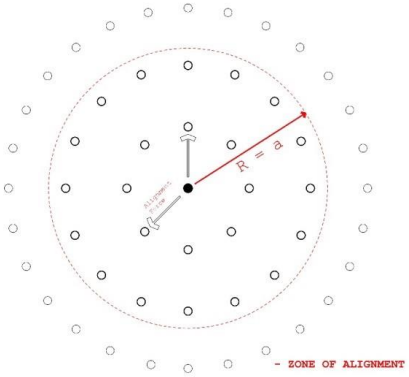
b: شعاع zone attraction برای هر پارتیکل.



نمودار ۵. نزدیکی با همسایه‌ها؛ ماخذ: edvards, 2015

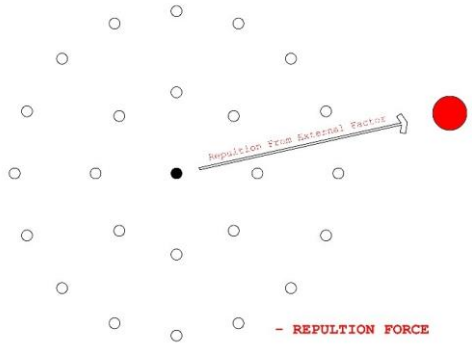
ج- جهت‌گیری یا مسیر حرکت بر اساس مسیر حرکت همسایه‌ها باشد.

a: شعاع zone alignment برای هر پارتیکل.



نمودار ۶. جهت‌گیری مسیر حرکت؛ ماخذ: edvards, 2015

د- فاصله گرفتن از عامل خارجی تاثیرگذار (Repulsion From External Factor)



نمودار ۷. فاصله‌گیری از عوامل خارجی؛ ماخذ: edwards, 2015

۵- نتیجه‌گیری و جمعبندی

معماری با الهام از شکل و کارکرد و رفتار پدیده‌های طبیعی و موجودات در ابتدای کار خود توانست سازه‌ها و ساختمان‌هایی را خلق کند که در کارکرد و ایستایی و خواسته‌های مخاطب، اصیل و غنی باشد. انواع استفاده از این اشکال و کارکرد و رفتارها در معماری بایونیک دیده‌شده‌اند. حوزه دقیقِ کار، هوش جمعی پرندگان و ماهی‌هاست که در حرکت خود به سوی هدف و یافتن غذا و اقدامات در جهتِ محافظت از خود و دسته خود، بهینه و کاراً رفتار می‌کنند. الگوریتم حاصل از بررسی این رفتار در هوش مصنوعی PSO نام دارد و الگوی شبیه‌سازی حرکت‌شان در گروه (گله)، BOID نامیده می‌شود. در مسیر رسیدن به ایده‌ی پیشنهادیِ هوش جمعی پرندگان و ماهی‌ها در معماری، ابتدا به هوش مصنوعی جمعی (ازدحامی) و روباتیک ازدحامی و نحوه‌ی روبات‌ها در یک ازدحام (ازمدلسازی‌شان تا ارتباط‌شان باهم) پرداخته شده‌است و درنهایت مدل پیشنهادی برای بدنه‌های مختلف معماری از جمله سقف، به تفصیل گفته‌شده‌است و کاربردهای آن عنوان شده‌است. یک فضای معماری که به دلایل نیازها و الزامات مختلف نیاز به اجزای متحرک و پویا که در حرکات خود هوشمند هستند، بایستی به صورتِ بهینه و از نظر هزینه و انرژی مقرون به صرفه باشد، تا در دوره‌ای که تمرکز بر حفظ انرژی و بهره‌وری بالاست، بتواند به تولید انبوه و گسترده برسد. اگرچه معماری در بسیاری موارد این خصلت کارکردهای مخلوقات طبیعی را درخود داشته‌باشد. روبات‌ها (حتی ساده‌ترینشان) می‌توانند اجزایی را با الگوریتم‌های مختلف در مسیرهای مختلف حرکت داده و یا به انواع مختلف جابجا کنند. یک معماری انعطاف‌پذیر و پاسخگو در بسیار موارد (حتی در بهترین حالتِ طراحی ایستا) گاهی نیاز به دینامیک بودن و پویایی دارد. پژوهش انجام شده به هوش جمعی پرندگان، چگونگی وارد شدن این حوزه به روباتیک و کاربرد روباتیکِ ازدحامی در معماری پرداخت. پس از ارائه مدل پیشنهادی معماری بر اساس الگوریتم حرکت پرندگان و ماهی‌ها در ازدحام خود، انواع کاربردِ آن در معماری عنوان شد و بخش‌هایی پیشنهادی در ساختمان معرفی گردید. از این بخش این بینش حاصل شده که عامل بیرونی (محرک) هرچه باشد، با الگویتم‌های گرفته شده از رفتارِ بهینه‌ی بسیاری از جانداران به پاسخ‌های دلخواه و مشابهی که در طبعیت آن‌ها

برای مقصود طراحی، شناسایی و انتخاب شده‌اند، رسید. در نهایت اینکه فعالیت حوزه‌های بایونیک، کامپیوتر و ریاضیات در بین و معماری و فن ساخت در آخر با هم، می‌تواند مشارکتی ثمربخش در الزامات معماری امروز باشد. چراکه طراحی فرمال به تنهایی برای یک معماریِ مناسبِ زمین و نیازهای انسان، کافی نیست. برای هر مجموعه دارای هوش جمعی در کاربرد معماری آن پنج اصل کلی مطرح است که عبارتند از:

الف- همسایگی: توانایی انجام محاسبات ساده مکانی و زمانی در پاسخ به محرک‌های محیطی؛

ب- کیفیت: توانایی واکنش نشان دادن به فاکتورهای کیفی مانند غذا و سلامتی؛

ج- پاسخ‌های متنوع: توانایی توزیع منابع و حفظ آن‌ها در مقابل تغییرات محیط

د- پایداری: توانایی توزیع منابع و حفظ آن‌ها در مقابل تغییرات محیط؛

ه- سازش‌پذیری: توانایی تغییر رفتار گروه به منظور سازش‌پذیری بیش‌تر آن با مسئله.

(*) اعلام عدم تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که در انجام این پژوهش هیچ‌گونه تعارض منافعی برای ایشان وجود نداشته است. (تعارض منافع به حالتی گفته می‌شود که منافع شخصی مادی یا غیرمادی نویسنده یا نویسندگان با نتایج پژوهش در تعارض باشد و این موضوع بر روند انجام پژوهش یا اعلام صادقانهٔ نتایج تأثیر بگذارد).

۶- منابع و ماخذ

۱- اسپینوزا، باروخ بندیک (۱۳۷۶) اخلاق، ترجمه: دکتر محسن جهانگیری، تهران: مرکز نشر دانشگاهی.

۲- تأملات در فلسفه اولی(۱۳۶۹) ترجمه: دکتر احمد احمدی، چاپ دوم، تهران: نشر مرکز دانشگاهی.

۳- دکارت، رنه (۱۳۷۲) رساله گفتار در روش (سیر حکمت در اروپا)، ترجمه: محمدعلی فروغی، چاپ سوم، تهران: زوار.

۴- دکارت، رنه (۱۳۷۶) فلسفه دکارت، ترجمه منوچهر صانعی‌دره‌بیدی، تهران: انتشارات الهدی.

۵- دکارت، رنه (۱۳۸۶) اعتراضات و پاسخ‌ها، ترجمه: علی موسائی، تهران: شرکت انتشارات علمی و فرهنگی.

۶- راسل، برتراند (۱۳۶۵) تاریخ فلسفه غرب، ترجمه نجف دریابندری، چاپ پنجم، تهران: نشر پرواز.

۷- ریچارد پایکین و آوروم استرول (۱۳۷۳) کلیات فلسفه، ترجمه دکتر مجتبوی، چاپ هشتم، تهران: حکمت.

۸- ژان وال (۱۳۷۵) مابعدالطبیعه، ترجمه یحیی مهدوی، تهران: خوارزمی.

۹- صدرالدین شیرازی، محمدبن ابراهیم (۱۳۸۶) الحکمة المتعالیة فی الاسفارالعقلیة الاربعة، قم: مصطفوی.

۱۰-صمدزادگان، فرهاد و علیزاده نایینی، امین (۱۳۹۰) هوش جمعی محاسباتی(مبانی و کاربردها)، انتشارات دانشگاه تهران، تهران

۱۱-نوریان، علیرضا (۱۳۹۰) طراحی نقشه ساختمان با استفاده از محاسبات تکاملی،پایان‌نامه کارشناسی، دانشگاه علم و صنعت ایران.

۱۲-کاپلستون، فردریک (۱۳۸۰) تاریخ فلسفه (از دکارت تا لایب نیتس)، ج۴، ترجمه دکتر غلامرضا اعوانی، تهران: انتشارات علمی و فرهنگی و انتشارات سروش.
۱۳-گلابچی، محمود و اندجی گرمارودی، علی و باستانی، حسین (۱۳۹۰) معماری دیجیتال (کاربرد فناوری‌های CAE، CAMو CAD در معماری)، انتشارات دانشگاه تهران، تهران
۱۴-گلابچی، محمود و خرسند نیکو، مرتضی(۱۳۹۳) معماری بایونیک، اتشارات دانشگاه تهران، تهران
۱۵- لایب نیتس (۱۳۷۵) منادولوژی، ترجمه دکتر یحیی مهدوی، تهران: خوارزمی.
16-John Gottigahm :The Cambridge Companion to Descartes ,Cambridge University Press, 1992.
17-Magee, Bryan ,The Great Philosophers Oxford Univrsity Press, 1987.
18-Paul Merrel, Eric Schkufza, Vladlen Koltun; Compute-Generated Residential Building Layouts ; Stanford University
19-Suphachai Sutanthavibul , Eugene Shragowitz, Member , IEEE and J.B Rosen ; An Analitycal Approach To FloorPlan Design and Optimization
20-S. Cahon, N. Melab, and E. G. Talbi, "ParadisEO: A Framework for the Reusable Design ofParallel and Distributed Metaheuristics," Journal of Heuristics, vol. 10, pp. 357-380, May 2004.
21-An algorithm for building rectangular floor-plansAuthors: Sany M. Leinwand University of Illinois, Chicago, Dept. EECSYen-Tai Lai University of Illinois, Chicago, Dept. EECS
22-Tan ,Ying and Zheng ,Zhong-yang(2013 ,(Research Advance in Swarm Robotics
23-Defence Technology,9: 18-39, Defence Technology (hosting by Elsevier), China
24-Miranda ,Pablo and Coates, Paul (2010 ,(Swarm Modeling)The use of Swarm Intelligence to Generate architectural form), Docklands Library, University of East London
25-Phlippe coiffet, "Robots technology" volume 1, Prentice - Hall Inc. , 1983. P.ll.
26-Derrek Kelley , " A Loyman, S., "Introduction to Rabaties," New Jersey, 1986.
27-Martin A. Fischer Oscar Firschern,"Questions, Intelligence and IntelligentBehavior," Computer and people, Vol., 36, Nos, 5.6, May 1987.
28-Lotfizadeh A., "The calculeus of Fuzzy If / Then Pulls All Expert, " March 1992.
29-Povl William, " Silicon Babies, " Scientific American, Dec. 1991.
30-Derrek Kelley, "A L ayman, S. "Introduction to Robotics" New Jersey, 1986 Copeland, Jack, Artificial Intelligence: A Philosophical Introduction, New York: Blackwell (۱۹۹۳)
31-Desouza, Kevin. Managing Knowledge With Artificial Intelligence, London: Westport, (۲۰۰۲)
32-Haugeland, John. Artificial Intelligence; The Very Idea, Massachusetts, The MIT Press. (۱۹۸۵)
33-Searl, John, Minds, Brains and Science, London: Penguin, (۱۹۸۹)
34-Stillings, Neil & Weisler, Steven. Cognitive Science: An Introduction, New York: Massachusetts Institute of Technology, (۱۹۹۵)

چکـــــــــــــیده لاتین

Korosh Atarian- *Assistant Professor, Department of Architecture, JondiShapor University, Ahvaz, Iran.*
AhmadReza Keshtkar Ghalati- *Assistant Professor, Department of Architecture, Kharazmi University, Tehran, Iran.*
Behzad Vasigh- *Associate Professor, Department of Architecture, JondiShapor University, Ahvaz, Iran.*

Corresponding Author, Tel: 0912188554, Email: kheshtkar.rt@yahoo.com

The process of implementing rules in the proposed model of SOAR cognitive architecture in artificial intelligence PSO architecture

Abstract

Soar is a cognitive architecture invented by John Laird, Allen Newell, and Paul Rosen Bloom at Carnegie Melon University. Soar is actually a representation of what cognitive science is, as well as the implementation and application of that representation using a computer programming architecture for artificial intelligence. The goal of "artificial intelligence" is generally to make a machine that can think. In this article, for the first time, it is mentioned to present the proposed rules for the application of the model in artificial collective intelligence of architecture and the modeling rules are briefly stated. The research method is descriptive and analytical, and the study has a fundamental and epistemological nature. The findings of the research show that the algorithm resulting from the investigation of this behavior in artificial intelligence is called PSO and the pattern of simulating their movement in the group (herd) is called BOID. In the way of reaching the proposed idea of collective intelligence of birds and fishes in architecture, first collective artificial intelligence (swarm) and swarm robotics and how robots work in a swarm (from their modeling to their communication) have been discussed and finally the proposed model for different architectural bodies including the roof, has been told in detail and its applications have been mentioned.

Keywords: *artificial intelligence, thinking and creativity, collective artificial intelligence.*

COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the BOTHIGHA Journal. This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License.

نحوهٔ ارجاع به مقاله:

عطاریان، کورش. کشتکار قلاتی، احمدرضا. وثیق، بهزاد (۱۴۰۲) فرآیند پیاده‌سازی مدل پیشنهادی فناوریِ «معماری‌شناختی SOAR» با «هوش مصنوعی PSO» در معماری، ۳(۸)، ۱۹-۴۶.

DOI: 10.52547/ijba.8.2.3
DOR: 20.1001.1.28212398.1402.3.1.2.2
URL: www.ijba.ir/fa/downloadpaper.php?pid=117&rid=16 &p=A