وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه
گاوازنگ - زنجان

یادگیری مشارکتی در شبکه هوشمند

پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد

غلامحسین توسلی

استاد راهنما: دکتر محسن افشارچی

مهر ۱۳۹۱

چکیده

نگارنده در این پایان‌نامه قصد دارد با تکیه بر دانشی که در دوره‌ی کارشناسی ارشد فرا گرفته است، ایده‌های خود را در زمینه طراحی و مدیریت شبکه هوشمند به عنوان تکنولوژی انقلابی آینده گردآوری و نتایج آزمون‌های به عمل آمده را به نمایش بگذارد. همچنین با بهره‌گیری از عامل‌های هوشمند مدلی کاملاً توزیع‌شده از شبکه هوشمند همراه با طراحی مکانیزم مدیریت آن در محیطی پویا، نیمه‌روئیت‌پذیر و تصادفی ارائه داده است. واحد اصلی تشکیل‌دهنده‌ی شبکه هوشمند در این کار ریزشبکه‌ها هستند؛ با این فرض ابعاد واحدهای تشکیل دهنده‌ی این سامانه در حد یک خانه و یا حتی یک ماشین الکتریکی کاهش می‌یابد. سناریویی که در این کار تعریف شده و مورد آزمون قرار گرفته است دارای توزیع‌شدگی کامل در سامانه است، به طوری که هیچ‌گونه تمرکزگرایی چه در سطح اطلاعات و چه در سطح کنترل در این کار مشاهده نمی‌شود. سناریوی مورد استفاده در این سامانه طوری طراحی شده است که هیچ منبع اطلاعاتی و یا تأمین انرژی متمرکزی در آن وجود ندارد. در این سامانه عامل‌های هوشمند مسئول مدیریت رفتار ریزشبکه‌ها هستند. این عامل‌ها با هدف افزایش سود و کاهش هزینه‌ی صاحبانشان، با یکدیگر در خرید و فروش برق رقابت می‌کنند و در عین حال با هدف شادکامی جمعی در تأمین برق یکدیگر همکاری دارند. در این سامانه عامل‌ها با مشاهده‌ی جزئی دنیای اطراف و همچنین رفتار یکدیگر، پارامترهای تعریف شده در سامانه را یاد می‌گیرند و دست به پیش‌بینی‌هایی می‌زنند و از این اطلاعات در جهت انتخاب صحیح‌تری که منجر به افزایش سودمندی شود، استفاده می‌کنند. از طرف دیگر عامل‌ها قابلیت انتقال آموخته‌های خود به یکدیگر را نیز دارند، که در این کار یادگیری مشارکتی نامیده می‌شود.

یکی دیگر از جنبه‌های اصلی این پایان‌نامه طراحی و پیاده‌سازی چارچوبی برای شبیه‌سازی یک شبکه هوشمند است. در حقیقت منظور از چارچوب برنامه‌ای است که پژوهشگران می‌توانند از آن برای توسعه‌ی

شبکه‌های خود و همچنین آزمون ایده‌هایشان استفاده کنند. در این کار علاوه بر بررسی‌های نظری، شبیه‌سازی‌هایی نیز برای بررسی وضعیت سامانه انجام گرفته است. این شبیه‌سازی‌ها با استفاده از چارچوب مذکور انجام شده است. نگارنده در انتهای این پایان‌نامه به بررسی نتایج بدست آمده پرداخته است.

فهرست

مقدمه ۱

فصل اول تعاریف اولیه ٦

۱.۱ عامل هوشمند ٦

۱.۱.۱ عامل هوشمند، یک تعریف ساده ٦

۲.۱.۱. مفهوم عقلانیت ۸

۳.۱.۱ ویژگی‌های محیط کار ۱۰

٤.۱.۱ ساختار عامل هوشمند ۱۱

٥.۱.۱ عامل هوشمند، با رویکرد سامانه چندعامله ۱۹

۲.۱ سامانه چندعامله ۲۱

۳.۱ نظریه بازی ۲٥

٤.۱ مقدمه‌ای بر نظریه بازی ۲۷

۱.٤.۱ مفهوم تعادل ۲۸

۲.٤.۱ استراتژی‌های غالب و مغلوب ۲۹

٥.۱ مقدمه‌ای بر شبکه هوشمند ۳۰

٦.۱ نظریه بازی و شبکه هوشمند ۳٥

فصل دوم مروری بر کارهای گذشته ۳٦

فصل سوم برپایی سامانه ٤٤

۱.۳ ریزشبکه – تعریف رسمی ٤٤

۲.۳ عامل هوشمند – تعریف رسمی ٤۹

۳.۳ محیط ٥۲

٤.۳ هستان‌شناسی ٥٥

٥.۳ مدل ایده‌آل - تشکیل ائتلاف ٥٦

٦.٣ معمای زندانی – رقابت یا همکاری ٥٨
١.٦.٣ بازی تکرارشدنی معمای زندانی ٦٠
٧.٣ یادگیری مشارکتی ٦١
٨.٣ مدل‌سازی سامانه ذخیره‌سازی ٦٢
١.٨.٣ استراتژی شارژ ٦٦
٩.٣ واحد پیشگویی ٦٨
فصل چهارم طراحی و پیاده‌سازی چارچوب ٧١
١.٤ چرا پایتون؟ ٧٢
١.١.٤ طراحی زبان جامع‌گرا ٧٢
٢.١.٤ خوانایی ٧٣
٣.١.٤ توازن بین برنامه‌نویسی سطح بالا و سطح پایین ٧٤
٤.١.٤ تبادل زبانی ٧٤
٥.١.٤ سامانه ماژول سلسله مراتبی ٧٥
٦.١.٤ ساختارهای داده ٧٥
٧.١.٤ کتابخانه‌ها ٧٦
٢.٤ معماری ٧٦
١.٢.٤ عامل‌های هوشمند ٨١
٢.٢.٤ محیط ٨٢
٣.٢.٤ همگام‌سازی ٨٤
٤.٢.٤ راه‌اندازی شبیه‌سازی ٨٥
٣.٤ تبادل پیام ٨٧
١.٣.٤ قالب پیام ٨٨
٢.٣.٤ انواع پیام ٩٠
٤.٤ ابزارها ٩٣
١.٤.٤ ابزار رسم نمودار زمانی قراردادهای عامل ٩٣

۲.٤.٤ ابزار رسم گراف دنیا ۹۳
۳.٤.٤ ابزار تولید ویدیوی شبیه‌سازی ۹٤
فصل پنجم شبیه‌سازی و بررسی نتایج ۹۵
۱.۵ مجموعه داده ۹۵
۱.۱.۵ پروفایل‌های استاندارد الکتریکی اروپا ۹۵
۲.۱.۵ پروفایل تولید – بادی ۹۸
۳.۱.۵ پروفایل تولید – خورشیدی ۹۹
۲.۵ استفاده از مجموعه داده ۱۰۱
۳.۵ برپایی شبیه‌سازی ۱۰۳
٤.۵ عامل هوشمند ۱۰۵
۱.٤.۵ محاسبه‌ی منفعت ۱۰۷
۲.٤.۵ محاسبه‌ی توان خروجی ۱۱۵
۳.٤.۵ استراتژی تعیین قیمت ۱۱۱
٤.٤.۵ ارزیابی شبکه ۱۱٤
۵.۵ نتایج ۱۱٦
فصل ششم جمع‌بندی و کارهای آینده ۱۲۱
۱.٦ جمع‌بندی ۱۲۱
۲.٦ کارهای آینده ۱۲۲
مراجع ۱۲٤
واژه نامه فارسی به انگلیسی ۱۲۷
واژه نامه انگلیسی به فارسی ۱۳٤

مقدمه

اگر آقای ادیسون مخترع چراغ برق و آقای گراهام‌بل مخترع تلفن را از گذشته به دنیای امروز بیاوریم! آقای ادیسون با سامانه‌ای کاملاً آشنا مواجه می‌شود، در حالی که آقای گراهام‌بل با سامانه‌ای پیچیده که بسیار با آنچه که او طراحی کرده بود تفاوت دارد، روبرو خواهد شد. اگر از دلایل عدم پیشرفت قابل توجه در برق قدرت، حداقل به اندازه‌ی صنعت مخابرات، صرف‌نظر کنیم، باید گفت سامانه‌ی تولید، انتقال و توزیع برق فعلی کارایی لازم را ندارد. همچنین به دلیل تمرکزگرایی در منابع هر لحظه با شکست روبرو است. این سخن بدان معنی نیست که صنعت برق هیچ‌گونه پیشرفتی نداشته است، بلکه به فرصت‌های بالقوه‌ی بسیاری اشاره می‌کند که برای بهبود کارایی صنعت برق وجود دارد. بدیهی است در چنین وضعیتی محققین به دنبال معماری‌های نو و متناسب با نیازهای امروز باشند.[۱]

شبکه هوشمند به عنوان چشم‌اندازی در افق صنعت برق مطرح است. این شبکه هوشمند، که از این پس آن را به اختصار شبکه هوشمند می‌نامیم (همانند انگلیسی زبانان) از ترکیب زیرساخت‌های برقی با زیرساخت‌های مخابراتی حاصل می‌شود. از نیازمندی‌های شبکه هوشمند منابع تولید برق فراوان، و در عین حال کوچک است. به دلیل ذات ناهمگن و نامتمرکز این سامانه یکی از بهترین ابزارها برای تجزیه و تحلیل رفتار عامل‌ها و نیز مدیریت سامانه روش‌های بکار رفته در سامانه‌های چندعامله و ابزارهای موجود در تئوری بازی است.

شایان ذکر است داشتن اطلاعات در زمینه‌ی سؤال‌های زیر برای درک مطالب این پایان‌نامه لازم است:

۱. عامل هوشمند چیست و تعریف رسمی آن چگونه انجام می‌شود؟
۲. عوامل هوشمند چه خصوصیاتی دارند؟
۳. سامانه‌های چندعامله چه خصوصیاتی دارند؟
٤. مهم‌ترین خصوصیت یک عامل در سامانه چندعامله چیست؟
و بسیاری سؤال‌های دیگر...

برای داشتن درک کافی در موارد بالا، مطالعه‌ی فصل آغازین این پایان‌نامه برای کسانی که با این مباحث آشنا نیستند، توصیه می‌شود.

امید است که مطالعه‌ی این اثر برای خواننده ایجاد سردرگمی نکند و اندکی به افزایش دانش وی در این زمینه یاری رساند. از طرف دیگر قدمی هرچند کوچک به سوی دست‌یابی به شبکه هوشمند باشد.

در ادامه‌ی این مقدمه به موضوع سامانه‌های چندعامله و دلیل بررسی این نوع سامانه پرداخته شده است. پیش از ورود به مبحث سامانه‌های چندعامله، ذکر مقدماتی راجع به شاخه‌ای از دانش که سامانه‌های چندعامله را در خود پرورده است، ضروری به نظر می‌رسد.

هوش مصنوعی

هوش مصنوعی علمی است که اختصاص به ساخت موجودات هوشمند دارد. برای بسیاری از محققین در این علم، شروع این کار با هدف نهاییِ ساختن انسان مصنوعی یا همان ربات انسان‌نما بود. شاید به همین دلیل بود که این علم از ابتدای کارش مورد توجه فلاسفه قرار گرفت و بسیاری از فیلسوفان تلاش زیادی برای اثبات و یا رد امکان موفقیت این شاخه از علم کردند. این تلاش‌ها جنبه‌های سازنده‌ی بسیاری داشت و باعث شد تا بسیاری از تکنیک‌های هوش مصنوعی از فلسفه نشئت بگیرند.

تاریخچه‌ی هوش مصنوعی

شاخه‌ی هوش مصنوعی به صورت رسمی در سال ۱۹۵٦ و در یک کنفرانس تابستانی به نام دارپا[1] در

1 DARPA

کالج دارتموث[1] آغاز شد. افراد معتبر بسیاری در این کنفرانس حضور داشتند که از جمله‌ی آن‌ها می‌توان به جان مک‌کارتی[2]، کلود شانون[3]، ماروین مینسکی[4]، آرتور ساموئل[5] و آلن نیوول[6] اشاره کرد. با این حال باید دانست که این تنها یک نام‌گذاری برای شاخه‌ای بود که در واقع به سال ۱۹۵۰ و در مقاله‌ی معروف آلن تورینگ[7] شکل گرفت. آقای تورینگ در مقاله‌ی خود سؤالی را مطرح کرد که باعث شد متفکرین زمان به دنبال پاسخ آن روندی را آغاز نمایند که در نهایت آن‌ها را به کنفرانس دارپا رسانده است. سؤال معروف تورینگ این بود که : «آیا ماشین‌ها می‌توانند بیندیشند؟» وی سپس بیان کرد که این سؤال باید با سؤال دیگری جایگزین شود و آن این بود که «آیا می‌توان یک ماشین را از یک انسان از نظر زبان شناختی تشخیص داد؟» و در ادامه وی آزمونی را مطرح کرد که پس از آن به «آزمون تورینگ» معروف شد.

پس از وی رندی بروکس[8] و فیلسوفی به نام دَنیل دَنت[9] در پروژه‌ای با نام کُگ[10] سعی کردند تا کودکان ماشینی‌ای بسازند که با استفاده از پردازش زبان طبیعی بتوانند ایجاد ارتباط با افراد بالغ را فراگیرند. البته فیلم معروف اِی‌آی[11] از اسپیلبرگ[12] و کوبریک[13] نیز گام موثری برای ادامه‌ی این شاخه بود.

تلاش‌های محققین در سالیان متمادی باعث بروز زیر شاخه‌های معروفی برای هوش مصنوعی شد که در زیر فهرستی از مهم‌ترین آن‌ها را می‌بینید. همچنین اکثر کتاب‌های هوش مصنوعی دارای فصل‌هایی برای پوشش این زیر شاخه‌ها هستند:

۱. منطق مرتبه‌ی اول برای بازنمایی داخلی دانش

۲. بینایی ماشین

---

1 Dartmouth
2 John McCarthy
3 Claude Shanon
4 Marvin Minsky
5 Arthur Samuel
6 Allen Newell
7 Alan Turing
8 Rodney Brooks
9 Daniel Dannet
10 Cog
11 AI
12 Spielberg
13 Kubrik

۳. تجزیه‌ی زبانی
٤. فهم زبانی
۵. روش‌های جستجو
٦. استنتاج قیاسی
۷. سامانه‌ی خبره
۸. طرح‌ریزی / برنامه‌ریزی
۹. یادگیری

فلسفه هوش مصنوعی

در این بخش دو رویه‌ای ذکر می‌شود که در تاریخ هوش مصنوعی شکل گرفتند و اینک جزء جداناشدنی مطالعه‌ی هوش مصنوعی به شمار می‌آیند؛ «هوش مصنوعی قوی» در مقابل «هوش مصنوعی ضعیف». در واقع این دو رویه از هوش مصنوعی را با اهدافی که برایشان برمی‌شمارند، تفکیک می‌سازند. اهدافی که در بالا برای هوش مصنوعی نام برده شده است، در حقیقت هوش مصنوعی قوی را بنا نهاد؛ این که بتوان انسان‌های مصنوعی ساخت؛ ماشین‌هایی که تمام نیروی ذهنی انسان، از جمله هوشیاری محسوس انسانی را داشته باشند. رویکرد مقابل به دنبال ساخت ابزارهای پردازش اطلاعاتی به وجود آمده است. این ابزارها با قابلیت پردازشی خود خواهند توانست از آزمون تورینگ موفق بیرون آیند. در نتیجه بسیاری از نیازهایی که در ابتدا برای شکل‌گیری هوش مصنوعی لازم دیده می‌شد و البته رسیدن به آن‌ها باعث بروز وقفه‌ای در هوش مصنوعی شد که از آن به «زمستان هوش مصنوعی» نام می‌برند – دیگر نیاز نبودند.

هدف از مطالعه‌ی سامانه‌ی چندعامله

در فصل اول سامانه‌های چندعامله و خصوصیاتشان معرفی خواهد شد. با این حال در اینجا این مسئله که چرا این سامانه‌ها ارزش مطالعه دارند و دلیل علاقه‌مندی به این سامانه‌ها مورد بررسی قرار گرفته است.

دنیا سامانه‌ای بسیار پیچیده و پرتناقض است و با وجود تمام این تناقض‌ها و پیچیدگی‌ها انسان ناگزیر

است که این دنیا را برای تصمیمات خود مدل کند. در این بین مؤلفه‌های بسیاری ممکن است بر تصمیمات و مدل‌سازی تأثیر گذار باشد. در بیشتر موارد این مؤلفه‌ها دارای استقلال کامل از یکدیگر و از شرایط مسئله‌ی مورد نظر نیز نیستند و همین امر مدل‌سازی را دو چندان پیچیده‌تر می‌کند. علاوه بر این وابستگی معنایی، عدم قطعیت هر یک از مؤلفه‌ها نیز بر روند مدل‌سازی موثر است. تمام این شرایط و بسیاری موارد دیگر در این جا امکان سخن راندن در موردشان وجود ندارد، باعث می‌شوند که مدل مورد نظر نیازمند سبک سنگین کردن بین دو فاکتور دقت و سادگی باشد.

سامانه‌های چندعامله همان‌طور که از نامشان مشخص است، سامانه‌هایی هستند متشکل از چندین عامل هوشمند که در محیطی با یکدیگر در حال فعالیت هستند. حال آن که این فعالیت و تعامل عامل‌های درون سامانه دارای چه شرایطی است و خود عامل‌ها چگونه موجوداتی هستند، کاملاً وابسته به نوع سامانه و محیط فعالیت و نیز مسئله‌ای است که مد نظر است. نکته‌ی مهم در این زمان توجه به این امر است که به دلیل مدل‌سازی بسیار قابل اتکایی که سامانه‌های چندعامله برای ما ایجاد می‌کنند، استفاده از این سامانه‌ها بهترین راه کار برای حل مسائلی با شرایط ذکر شده در بالا هستند. با استفاده از این سامانه‌ها می‌توان مؤلفه‌های دامنه‌ی مسئله را به صورت عامل‌هایی تعریف کرد که در محیط مسئله حضور دارند و با اقداماتشان اثرگذاری مشخصی بر روند گذرنده بر دامنه‌ی سؤال در طول زمان دارند. بدین روش حتی می‌توان مؤلفه‌هایی را که از آن‌ها به متغیرهای مخفی نام برده می‌شود را نیز وارد روند تصمیم‌گیری نمود.

فصل اول

تعاریف اولیه

در این فصل مبانی به کار گرفته شده در تشریح پژوهش ارائه شده است. هدف این فصل رسیدن به توافق بر سر مفاهیم اولیه نظیر عامل هوشمند، سامانه‌ی چندعامله و همچنین آشنایی با شبکه هوشمند است.

۱.۱ عامل هوشمند

بدیهی‌ترین پیش‌نیاز ساخت یک سامانه چندعامله توانایی ساخت حداقل یک عامل است؛ و برای پیاده‌سازی یک عامل نیز به ارائه‌ی تعریفی دقیق و رسمی از آن نیاز است. به همین دلیل در تمام کتاب‌های هوش مصنوعی پس از ارائه‌ی مقدماتی راجع به این علم، فصلی را به معرفی عامل هوشمند اختصاص داده‌اند. در این بخش، تعریفی رسمی بر مبنای تعاریف ارائه شده در کتاب‌های هوش مصنوعی بیان شده است.

۱.۱.۱ عامل هوشمند، یک تعریف ساده

در کتاب هوش مصنوعی، رهیافتی مدرن [۲]، آقایان راسل۱ و نورویگ۲ عامل را چنین تعریف می‌کنند: «عامل هر چیزی است که محیط خود را از طریق حسگرها ادراک می‌کند و از طریق اقدام‌گرها در آن محیط اقدامی را انجام می‌دهد». برای مثال زمانی که در مورد یک عامل انسانی صحبت می‌شود، حسگرها چشم، گوش و دیگر اعضای حسی آن هستند و این عامل با استفاده از دست‌ها، پاها، دهان و دیگر اعضای بدن خود اقدامی را در محیط اطراف انجام می‌دهد. برای یک

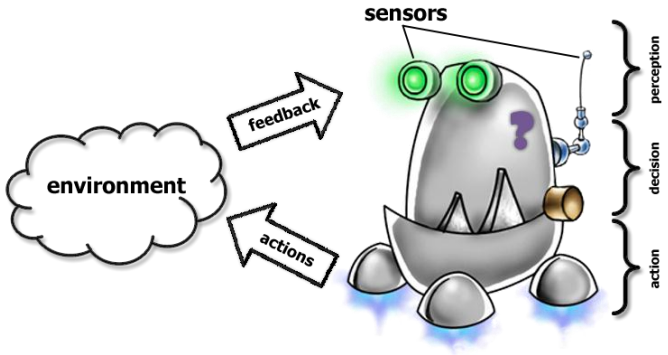
---

۱ S. J. Russell

۲ P. Norvig

عامل رباتیک می‌توان دوربین‌ها و ردیاب‌های مادون قرمز را حسگر و اقدام‌گرهای آن را موتورهای گوناگون در نظر گرفت. زمانی که عامل مورد نظر موتور جستجوی مبتنی بر وب Google باشد آنگاه می‌توان فشرده شدن کلیدها و قرار دادن متن در جعبه متن صفحه‌ی جستجو را به عنوان ورودی‌های حسگر در نظر گرفت؛ این عامل در محیط با نمایش نتایج جستجو روی صفحه‌ی نمایش اقدام می‌کند. کتاب یاد شده فرضی کلی را در مورد عامل‌ها در نظر می‌گیرد، «که هر عامل می‌تواند اقدامات خود را ادراک کند ولی همیشه نمی‌تواند تأثیر آن‌ها را درک نماید».

در واقع ادراک به ورودی‌های دریافتی یک عامل از طریق حسگرها در هر لحظه اطلاق می‌شود. یک عامل می‌تواند دارای حافظه و یا بدون حافظه باشد. به این معنی که رشته‌ی ادراک خود را با طول مشخصی به خاطر بسپارد و یا این که آن‌ها را فراموش کند. رشته‌ی ادراکات یک عامل تاریخچه‌ی کامل هر چیزی است که آن عامل تا به حال ادراک کرده است. طول این رشته بسته به میزان حافظه‌ی عامل است. به طور کلی انتخاب یک اقدام توسط عامل در هر لحظه می‌تواند وابسته به کل رشته‌ی ادراکات و یا بخشی از آن باشد که تا آن لحظه شاهد آن‌ها بوده است. با نگاهی نادقیق به مسئله می‌توان گفت برای توصیف یک عامل کافی است، اقدام مورد گزینش عامل را برای هر رشته ادراکات مشخص شود؛ و با زبان ریاضی می‌توان گفت رفتار یک عامل توسط تابع عامل که هر رشته‌ی ادراکات را به یک اقدام نگاشت می‌کند، توصیف می‌شود. مفهوم ساده‌ای از عامل را که تا به اینجا توصیف شده است، در شکل ۱-۱ مشاهده می‌کنید.



شکل ۱-۱ تصویر شماتیک یک عامل در محیط

اگر تابع یک عامل به صورت جدولی دارای دو ستون پیاده‌سازی شود؛ و در خانه‌های ستون اول

رشته‌ی ادراک و در خانه‌های ستون دوم اقدام متناظر با آن را قرار داده شود؛ آنگاه این جدول توصیف‌کننده‌ی عامل است. در صورتی که محدودیتی برای حافظه‌ی عامل، و در نتیجه طول رشته ادراکات قائل نشویم، آنگاه اندازه‌ی این جدول بی‌نهایت خواهد بود. تنها در صورتی تعداد سطرهای جدول محدود خواهد شد که طول رشته‌ی ادراکات عامل محدود شود. این جدول در حقیقت ویژگی‌های بیرونی عامل است. از دیدگاه درونی برای یک عامل مصنوعی تابع عامل به صورت یک برنامه‌ی عامل پیاده‌سازی می‌شود. مجزا دانستن این دو مفهوم اهمیت زیادی دارد. تابع عامل یک توصیف انتزاعی ریاضی است، در حالی که برنامه‌ی عامل یک پیاده‌سازی در حال اجرا در معماری عامل است.

۲.۱.۱ مفهوم عقلانیت

عامل عقلانی عاملی است که کار درست را انجام می‌دهد. ولی انجام کار درست به چه معنی است؟ در پاسخ به این سؤال راسل و نورویگ میزان موفقیت عامل را معیاری برای درستی اقدام می‌دانند. در نتیجه به روشی برای اندازه‌گیری موفقیت نیاز است. علاوه بر روش مذکور با داشتن توصیفی از محیط، حسگرها و اقدام‌گرهای عامل می‌توان مشخصات کامل وظیفه‌ای که عامل بر عهده دارد را فراهم کرد. با توجه به این موضوع می‌توان معنای عقلانی بودن را خیلی دقیق‌تر تعریف کرد. یک عامل عقلانی همیشه طوری عمل می‌کند که سودمندی خود را بیشینه نماید. به بیان دیگر یک عامل عقلانی همیشه در جهت افزایش مقیاس کارایی خود حرکت می‌کند.

مقیاس کارایی معیاری از میزان موفقیت رفتار یک عامل است. واضح است که نمی‌توان از یک مقیاس ثابت برای تمام عامل‌ها استفاده کرد. تعیین مقیاس کارایی بسیار وابسته به موضوع مورد بحث است. تعیین مقیاس کارایی همیشه کار ساده‌ای نیست. نتایج اخیر در اقتصاد رفتاری نشان داده است که تابع سودمندی (نام دیگری برای مقیاس کارایی در تئوری بازی) درست پیچیده‌تر از آن است که بتوان آن را با یک تابع ریاضی توصیف کرد.

ارائه‌ی مثالی می‌تواند به روشن‌تر شدن این مفهوم کمک کند. فرض کنید دو گزینه در مقابل شما قرار داده شده است که باید بین آن دو یکی را انتخاب کنند. (ا) ابتدا به شما ۱۰۰۰۰ دلار داده می‌شود و با انداختن سکه ۵۰/۵۰ شانس دریافت ۱۰۰۰۰ دلار بعدی را دارید. (ب) به شما ۲۰۰۰۰ دلار داده

می‌شود و پس از انداختن سکه اگر شیر آمد باید ۱۰۰۰۰ دلار پس بدهید. هر دو گزینه از نظر ریاضی یکسانند اما بیشتر افراد گزینه‌ی اول را ترجیح می‌دهند. این حقیقت که انسان‌ها زمانی که درباره‌ی پول تصمیم می‌گیرند همیشه عقلانی رفتار نمی‌کنند، هنگام فکر کردن درباره‌ی ساخت عامل‌هایی که برای انسان می‌خرند، می‌فروشند و مذاکره می‌کنند، مهم‌تر می‌شود [۳]. عاقلانه است اگر فرض کنیم در این سامانه‌ها انسان‌ها از عامل‌ها تقاضا خواهند داشت که مانند خودشان رفتار کند؛ در غیر این صورت ممکن است عامل‌ها تصمیماتی اتخاذ کنند که کاربر آن‌ها را نامطبوع بداند. بی‌خردی آشکار مردم راه را برای امکان ساخت عامل‌هایی که بهتر از انسان مذاکره می‌کنند، باز می‌گذارد.

نگارندگان کتاب هوش مصنوعی، رهیافتی مدرن [۲] بر این عقیده‌اند که عقلانیت به چهار چیز بستگی دارد: ۱. مقیاس کارایی که نماینده‌ی میزان موفقیت عامل است، ۲. دانش قبلی عامل در مورد محیط، ۳. مجموعه‌ی اقداماتی که عامل می‌تواند انجام دهد و ٤. رشته‌ی ادراکات عامل تا این لحظه و مبتنی بر این چهار مؤلفه عامل عقلانی را چنین تعریف می‌کنند:

«برای هر رشته ادراکات ممکن، یک عامل عقلانی بر اساس شواهدی که توسط رشته ادراکات و دانش درونی خود عامل فراهم شده است، اقدامی را باید انتخاب کند که انتظار می‌رود مقیاس کارایی‌اش را بیشینه کند [۲].»

آیا عقلانیت همان همه‌چیزدانی است؟

باید دقت کرد که عقلانیت و همه‌چیزدانی با یکدیگر تفاوت دارند. یک عامل همه‌چیزدان نتیجه‌ی واقعی اقداماتش را می‌داند و بر این اساس می‌تواند عمل کند؛ ولی همه‌چیزدانی در واقعیت غیر ممکن است. طراحی عاملی که اقدامات خود را بر مبنای همه‌چیزدانی انجام دهد، غیر ممکن است.

بنابراین تعریف ما از عقلانیت مستلزم همه‌چیزدانی نیست؛ زیرا انتخاب عقلانی تنها به رشته ادراکات تا آن لحظه بستگی دارد. تعریفی که برای عقلانیت ارائه شده است، نه‌تنها مستلزم گردآوری اطلاعات است، بلکه یادگیری تا حد ممکن از آنچه ادراک می‌کند را نیز لازم می‌شمرد. پیکربندی اولیه عامل می‌تواند نشان دهنده‌ی دانش قبلی از محیط باشد، اما همان‌طور که عامل تجربه بدست می‌آورد ممکن است تغییر کند و اصلاح شود. موارد نادری وجود دارد که در آن‌ها محیط کاملاً به شکل علّت و معلولی شناخته شده است. در این موارد عامل نیازی به ادراک یا یادگیری ندارد، فقط باید صحیح

عمل کند.

آقایان راسل و نورویگ معتقدند، عامل‌های موفق عامل‌هایی هستند که محاسبه‌ی تابع عامل را به سه دوره مختلف تقسیم می‌کنند. وقتی که عامل طراحی می‌شود، بعضی از محاسبات توسط طراح آن انجام می‌شود. وقتی که به اقدام بعدی‌اش فکر می‌کند، عامل محاسبات بیشتری انجام می‌دهد و وقتی که از تجربیاتش چیزی یاد می‌گیرد، محاسبات بیشتری برای تصمیم‌گیری در مورد چگونگی ایجاد تغییرات در رفتارش انجام می‌دهد.

محیط کار

در بحث عقلانیت برای یک عامل باید مقیاس کارایی، محیط و اقدام‌گرها و حسگرهای عامل مشخص شود. تمام این‌ها با هم تحت عنوان محیط کار جمع و توصیف PEAS نامیده می‌شود.

۳.۱.۱ ویژگی‌های محیط کار

محیط کار را می‌توان به وسیله‌ی جنبه‌هایی از آن دسته‌بندی نمود. این جنبه‌ها تا حدود زیادی در طراحی عامل مناسب تعیین کننده‌اند. در ادامه این جنبه‌ها بررسی خواهند شد.

۱. محیط **کاملاً رویت‌پذیر** در مقابل **نیمه رویت‌پذیر**؛ اگر حسگرهای عامل امکان دسترسی به وضعیت کامل محیط در هر لحظه از زمان را به عامل بدهند، گویند محیط کار، کاملاً رویت‌پذیر است. یک محیط کار (به طور موثری) کاملاً رویت‌پذیر است، اگر حسگرها تمام جنبه‌های مرتبط با اقدام را شناسایی کنند. روشن است که کار در محیط رویت‌پذیر راحت است، زیرا نیازی نیست که عامل هیچ حالت درونی را حفظ کند تا بتواند اتفاقاتی را که در دنیا روی می‌دهد، ثبت کند. یک محیط کار ممکن است به دلیل عدم دقت حسگرها و نویز آن‌ها یا به این دلیل که قسمت‌هایی از حالت‌ها، در داده‌های حسگر حذف می‌شوند، نیمه رویت‌پذیر باشد.

۲. محیط **قطعی** در مقابل **تصادفی**، اگر بر اساس وضعیت فعلی و اقدامی که توسط عامل اجرا می‌شود، وضعیت بعدی محیط به طور کامل تعیین شود گویند محیط قطعی و در غیر این صورت، تصادفی است. اگر یک محیط بجز برای اقدامات عامل‌های دیگر قطعی باشد، این محیط راهبردی است.

۳. محیط **مرحله‌ای** در مقابل **ترتیبی**، در یک محیط مرحله‌ای، تجربه‌ی عامل به بخش‌های مجزا تقسیم می‌شود. هر مرحله شامل ادراک توسط عامل و آنگاه انجام یک اقدام است. این نکته حائز اهمیت است که بخش بعدی، به اقداماتی که در بخش‌های قبلی انجام شده است، بستگی ندارد. در محیط‌های مرحله‌ای انتخاب اقدام در هر مرحله، تنها به همان مرحله بستگی دارد. محیط‌های مرحله‌ای نسبت به محیط‌های ترتیبی بسیار ساده‌تر هستند، زیرا عامل نیازی ندارد که جلوتر فکر کند.
محیط **ایستا** در مقابل **پویا**، اگر در حالی که عامل تعمق می‌کند، محیط تغییر کند گویند محیط برای آن عامل پویا و در غیر این صورت ایستاست. سر و کار داشتن با محیط‌های ایستا ساده است. زیرا در عینی که عامل در حال تصمیم‌گیری برای اقدام است به توجه مداوم به دنیا یا نگرانی به دلیل گذشت زمان نیازی ندارد. از طرف دیگر، محیط‌های پویا، به طور مداوم خواسته‌های خود را به عامل می‌گویند. اگر با گذشت زمان محیط تغییر نکند ولی بر امتیاز کارایی عامل تأثیر بگذارد، محیط نیمه پویا خواهد بود.
٤. محیط **گسسته** در مقابل **پیوسته**، تمایز در گسستگی و پیوستگی حالت محیط را می‌توان به همان مفهوم گسستگی و پیوستگی زمانی، برای ادراکات و اقدامات عامل به کار برد.
۵. محیط **تک‌عامله** در مقابل **چندعامله**؛ در مورد این نوع محیط در بخش‌های بعد مفصلاً بحث خواهیم کرد.
با توجه به جنبه‌های گفته شده در بالا می‌توان چنین نتیجه گرفت که پیچیده‌ترین محیط برای تحلیل محیطی است که نیمه رویت‌پذیر، اتفاقی، ترتیبی، پویا، پیوسته و چندعامله باشد.

٤.١.١ ساختار عامل هوشمند

همان‌طور که پیش از این هم اشاره شد در هوش مصنوعی هدف طراحی برنامه‌ی عاملی است که تابع عامل را که ادراکات را به اقدامات نگاشت می‌کند، پیاده‌سازی کند؛ با این فرض که این برنامه بر روی نوعی دستگاه محاسباتی همراه با حسگرها و اقدام‌گرهای فیزیکی کار خواهد کرد. این زیرساخت معماری نامیده می‌شود. بنابراین:

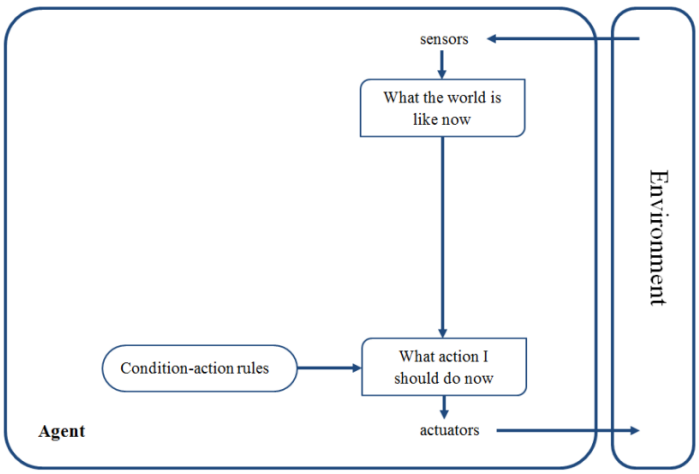
برنامه + معماری = عامل

آقایان راسل و نورویگ در کتاب خود [۲] پنج نوع اصلی برنامه عامل را که اصول زیر بنایی هر

سامانه‌ی هوشمندی را تشکیل می‌دهد، توضیح داده‌اند.

۱. عامل واکنشی ساده

ساده‌ترین نوع عامل، عامل واکنشی ساده است. این عامل اقدامات را بر اساس ادراک فعلی انتخاب می‌کند و تاریخچه‌ی ادراک‌ها را نادیده می‌گیرد. عامل‌های واکنشی ساده همان‌طور که از نامشان پیداست ساده هستند، ولی هوشمندی بسیار محدودی دارند. در اکثر موارد این عامل‌ها تنها در صورتی کار می‌کنند که در یک محیط کاملاً رویت‌پذیر قرار بگیرند. برای عامل‌های واکنشی ساده‌ای که در محیط‌های نیمه‌رویت‌پذیر عمل می‌کنند، حلقه‌های بی‌نهایت اغلب اجتناب ناپذیرند. برای گریز از این‌گونه حلقه‌ها، عامل‌ها را به گونه‌ای برنامه‌ریزی می‌کنند که بتوانند اقداماتشان را تصادفی کنند. به تجربه ثابت شده است که یک عامل واکنشی ساده‌ی تصادفی شده امکان عمل بهتری نسبت به یک عامل واکنشی ساده دارد. البته در محیط‌های تک عاملی، تصادفی عمل کردن عقلانی نیست. در این گونه موارد بهتر است از عامل‌های قطعی کمی پیچیده‌تر استفاده کرد. تصویر کلی از یک عامل واکنشی ساده در شکل ۲-۱ نشان داده شده است.



شکل ۲-۱ طرح کلی عامل واکنشی ساده

۲. عامل واکنشی مبتنی بر مدل

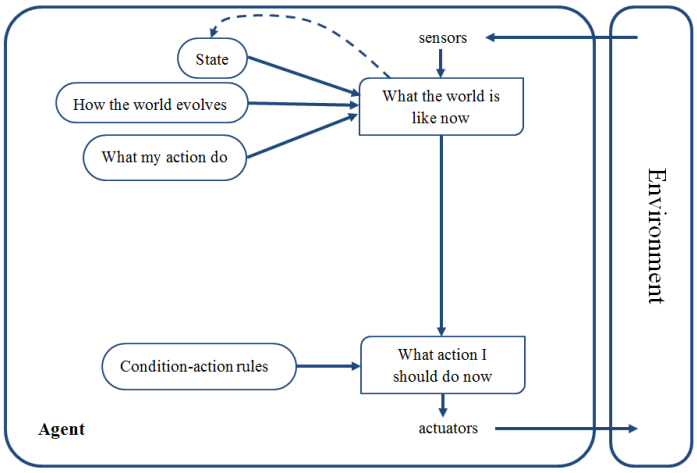
مؤثرترین روش برخورد عامل با نیمه‌رویت‌پذیری، نگه داشتن سوابق آن بخش از دنیاست که اکنون

نمی‌تواند ببیند. این بدان معنی است که عامل باید به نوعی حالت داخلی را نگهداری کند که به تاریخچه‌ی ادراکات وابسته است و در نتیجه حداقل بعضی از جنبه‌های مشاهده نشده‌ی وضعیت فعلی را مشخص می‌کند. شکل ۳-۱ ساختار عامل واکنشی همراه با حالت داخلی را ارائه می‌کند و نشان می‌دهد که چگونه ادراک فعلی با حالت داخلی قبلی ترکیب می‌شود تا توصیف به‌روزآوری شده‌ی وضعیت فعلی را تولید کند. با توجه به این که زمان در گذر است، برای به‌روز کردن این اطلاعات می‌بایست دو نوع اطلاعات در برنامه‌ی عامل قرار داده شود:

۱. اطلاعاتی درباره‌ی چگونگی تغییر دنیای اطراف که مستقل از خود عامل بررسی می‌شود؛ و

۲. اطلاعاتی در مورد چگونگی تأثیرگذاری اقدامات عامل دنیا (مدل دنیا).

عاملی که بر مبنای چنین طرحی پیاده‌سازی می‌شود «عامل مبتنی بر مدل» نامیده می‌شود.

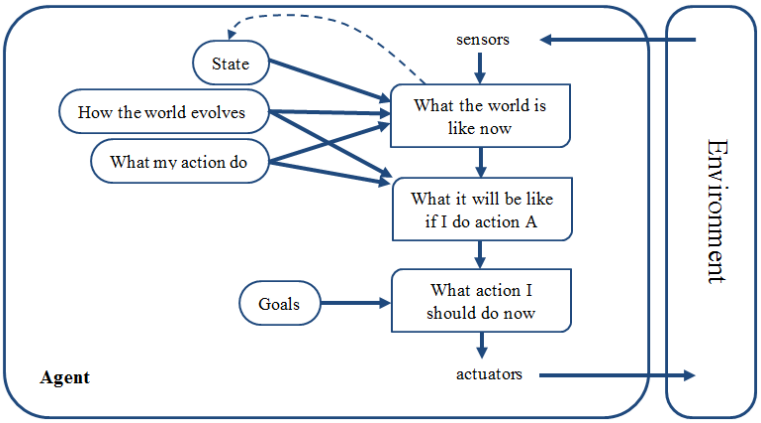


شکل ۳-۱ طرح کلی یک عامل واکنشی مبتنی بر مدل

۳. عامل مبتنی بر هدف

اطلاع از وضعیت فعلی محیط همیشه برای تصمیم‌گیری در مورد اقدام بعدی کافی نیست. به عبارت دیگر علاوه بر توصیف وضعیت فعلی عامل به نوعی اطلاعات درباره‌ی هدف که وضعیت مطلوب را توصیف کند، نیاز دارد. برنامه‌ی عامل می‌تواند این اطلاعات را با اطلاعات مربوط به نتایج اقدامات ممکن (همان اطلاعاتی که برای به‌روزآوری حالت داخلی در عامل واکنشی استفاده کردیم) ترکیب کند تا اقداماتی را که آن را به هدف می‌رساند انتخاب کند. شکل ٤-۱ ساختار عامل مبتنی بر هدف را

نشان می‌دهد.



شکل ٤-١ طرح کلی یک عامل مبتنی بر هدف

گاهی اوقات هنگامی که ارضای هدف بلافاصله بعد از انجام یک اقدام نتیجه می‌شود، انتخاب اقدام مبتنی بر هدف ساده و سر راست نیست. گاهی اوقات هنگامی که عامل باید رشته‌ی اقدامات متعددی را در نظر بگیرد تا راهی برای رسیدن به هدف بیابد، انتخاب اقدام مبتنی بر هدف دشوارتر خواهد بود.

توجه کنید که تصمیم‌گیری در این مدل، با قواعد شرط-اقدام که پیش از این توضیح دادیم اساساً متفاوت است، از این نظر که در این مدل باید آینده را در نظر گرفت. (هم به صورت : «اگر فلان کار را بکنم، چه خواهد افتاد؟» و هم «چه چیزی مرا خوشنود می‌کند؟») در طراحی عامل واکنشی، این اطلاعات به طور صریح ارائه نمی‌شود، زیرا قواعد داخلی، مستقیماً از ادراکات به اقدامات نگاشت می‌کنند.

اگر چه به نظر می‌رسد که عامل مبتنی بر هدف کمتر موثر باشد، اما انعطاف‌پذیر است. زیرا دانشی که از تصمیماتش پشتیبانی می‌کند، به طور صریح ارائه شده است و می‌تواند تغییر کند.

٤. عامل مبتنی بر سودمندی

در اکثر محیط‌ها، برای تولید رفتاری با کیفیت بالا اهداف به تنهایی کافی نیست. اهداف تنها می‌توانند