بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده مهندسی

گروه مهندسی کامپیوتر

یادگیری مشاهده‌ای در سیستم‌های چندپیشکاره

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

نگارنده

مرضیه سادات موسویان

استاد راهنما

خانم دکتر بیتا شادگار

استاد مشاور

آقای دکتر علیرضا عصاره

تابستان ۱۳۹۳

تقدیم

باسمه‌تعالی

دانشگاه شهید چمران اهواز

مدیریت تحصیلات تکمیلی

(نتیجه ارزشیابی پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد/دکتری)

بدین‌وسیله گواهی می‌شود پایان‌نامه آقای/خانم **مرضیه سادات موسویان** دانشجوی رشته **کامپیوتر-هوش‌مصنوعی** از دانشکده **مهندسی** به شماره دانشجویی **۹۱۱٤۲۰۵** تحت عنوان: **یادگیری مشاهده‌ای در سیستم‌های چندپیشکاره**

جهت اخذ درجه **کارشناسی ارشد** در تاریخ توسط هیأت داوران مورد ارزشیابی قرار گرفت و با درجه تصویب شد.

۱- اعضا هیأت داوران:

	مرتبه علمی	امضا
الف - استاد راهنما: دکتر بیتا شادگار	استادیار	
ب - استاد مشاور: دکتر علیرضا عصاره	دانشیار	
ج – داور۱: دکتر عباسی		
د – داور ۲: دکتر انصاری		
هـ – نماینده تحصیلات تکمیلی دانشگاه (استاد ناظر): دکتر رکن‌الدین		

۲- مدیر گروه: دکتر مرجان نادران طحان

۳- معاون پژوهشی دانشکده: دکتر قبنرزاده

٤- مدیر کل تحصیلات تکمیلی:

تقدیم به پدر بزرگوارم که همیشه راهنمایی‌هایش، روشنی‌بخش راهم بوده

تقدیم به مادر خوبم، برای مهربانی‌های بی‌پایانش

تقدیم

قدردانی

با قدردانی از اساتیدم سرکار خانم دکتر شادگارو جناب آقای دکتر عصاره

برای راهنمایی‌ها و یاری‌شان در تمام مراحل انجام تحقیق و همه‌ی دوران تحصیلم

چکیده

چکیده

نام و نام‌خانوادگی : مرضیه سادات موسویان

عنوان پایان‌نامه : یادگیری مشاهده‌ای در سیستم‌های چندپیشکاره

استاد راهنما : دکتر بیتا شادگار **استاد مشاور** : دکتر علیرضا عصاره

درجه تحصیلی : کارشناسی ارشد **رشته** : مهندسی کامپیوتر **گرایش** : هوش مصنوعی

محل تحصیل : دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ فارغ‌التحصیلی : تابستان ۱۳۹۳ تعداد صفحه :

کلید واژه : یادگیری تقلیدی، استدلال مبتنی‌بر مورد، الگوریتم ژنتیک، جستجوی محلی تبرید تدریجی، الگوریتم‌های تکاملی

چکیده : یادگیری از مهم‌ترین مسائل مطرح در سیستم‌های چندپیشکاره است. این سیستم‌ها شامل چندین پیشکار هستند که با یکدیگر تعامل دارند. در چنین سیستم‌هایی رفتار پیشکارها قابل پیش‌بینی نیست، بنابراین لازم است که پیشکارها از محیط اطرافشان بیاموزند و خود را با آن سازگار کنند. پیشکارها برای یادگیری، نیازمند مدل‌ها و الگوریتم‌های یادگیری هستند. در این پایان‌نامه مدل یادگیری مبتنی‌بر مشاهده، که با نام یادگیری تقلیدی نیز شناخته می‌شود بررسی می‌شود. استدلال مبتنی‌بر مورد، یکی از معمول‌ترین روش‌ها برای پیاده‌سازی یادگیری تقلیدی است. ملاحظه می‌شود که در محیط‌های پیچیده ارائه مدلی از یادگیری ضرورت دارد. این تحقیق ابتدا با استفاده از یادگیری تقلیدی پیشکار را در محیط دو بعدی فوتبال شبیه‌سازی کرده، سپس به‌منظور افزایش کارایی در یادگیری، از الگوریتم‌های تکاملی برای تخمین مقدار بهینه پارامترها استفاده می‌شود. برای این منظور از ترکیب مناسبی از الگوریتم‌های تکاملی، یعنی الگوریتم ژنتیک و تبرید تدریجی استفاده می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که استفاده از این الگوریتم‌ها، سبب افزایش سرعت پردازش، کارایی و نرخ همگرایی سیستم می‌شود.

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه..... ۱

۱-۱ مفهوم یادگیری ۱

۱-۲ الگوریتم‌های یادگیری..... ۲

۱-۳ سیستم‌های چندپیشکاره ۳

۱-٤ تعریف مساله و انگیزه انجام آن..... ٤

۱-۵ اهداف تحقیق ۵

۱-٦ ساختار پایان‌نامه..... ٦

فصل دوم: ادبیات موضوع و پیشینه‌ی تحقیق..... ۷

۲-۱ ادبیات موضوع..... ۷

۲-۱-۱ پیشکارها..... ۷

۲-۱-۲ سیستم‌های چندپیشکاره ۱۰

۲-۱-۳ یادگیری مشاهده‌ای یا تقلیدی ۱۱

۲-۱-٤ استدلال مبتنی‌بر مورد..... ۱۲

۲-۱-٤-۱ ساختار استدلال مبتنی‌بر مورد ۱۵

۲-۱-٤-۲ انتخاب رفتار صحیح ۱٦

۲-۱-۵ الگوریتم ژنتیک ۱۸

۲-۱-٦ الگوریتم تبرید تدریجی..... ۲۱

۲-۱-٦-۱ مراحل الگوریتم استاندارد تبرید تدریجی ۲۳
۲-۲ پیشینه تحقیق ۲۵
۲-۲-۱ چارچوبهای کارتیمی پیشکارها در وبمعنایی ۲۵
۲-۲-۲ تکنیکهای یادگیری ماشین برای پیشکارهای نرمافزاری ۲۷
۲-۲-۳ تکنیک یادگیری از طریق مشاهده ۲۸
۲-۲-٤ تکنیک استدلال مبتنیبر مورد ۳۱
۲-۲-٤-۱ استدلال مبتنیبر مورد در قلمرو ربوکاپ ۳۲
۲-۲-۵ الگوریتمهای تکاملی ۳۳
۲-۲-٦ الگوریتم ژنتیک (GA) و تبرید تدریجی(SA) ۳۳
۲-۳ جمعبندی ۳٤
فصل سوم: روش پیشنهادی ۳٦
۳-۱ الگوی کلی الگوریتم پیشنهادی ۳۷
۳-۲ مرحله مشاهده ۳۹
۳-۲-۱ انتخاب تیم خبره برای مشاهده ٤۰
۳-۲-۲ جزئیات موقعیت و اعمال مشاهده شده ٤۱
۳-۲-۲-۱ تعریف مورد ٤۱
۳-۲-۲-۲ ایجاد فایل گزارش ٤۵
۳-۲-۲-۳ پایگاه موارد ٤۵
۳-۳ مرحله یادگیری ٤٦
۳-۳-۱ بازیابی مورد ٤۷
۳-۳-۱-۱ محاسبه شباهت ٤۸
۳-۳-۱-۲ پیادهسازی الگوریتم پیشنهادی با استفاده از الگوریتم ژنتیک ۵۰
۳-۳-۱-۳ الگوریتم جستجوی محلی تبرید تدریجی در روش پیشنهادی ۵٤
۳-٤ مرحله اجرا ۵۵

۳-۵ جمع‌بندی..... ۵۶

فصل چهارم: شبیه‌سازی و ارزیابی نتایج..... ۵۷

۴-۱ معرفی محیط تست و پیاده‌سازی..... ۵۷

۴-۱-۱ چارچوب jLoaf..... ۵۷

۴-۱-۲ شبیه‌ساز فوتبال ربوکاپ..... ۵۸

۴-۲ معیارهای ارزیابی و نتایج اولیه ارزیابی‌ها..... ۵۹

۴-۲-۱ بررسی تابع ارزیابی..... ۵۹

۴-۲-۲ محاسبه وزن بهینه برای ویژگی‌ها..... ۶۱

۴-۲-۳ ارزیابی پیشکار با استفاده از وزن..... ۶۲

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و کارهای آینده..... ۶۴

۵-۱ نتیجه‌گیری..... ۶۴

۵-۲ بحث..... ۶۵

۵-۳ کارهای آینده..... ۶۶

واژه‌نامه‌ی فارسی به انگلیسی..... ۷۲

واژه‌نامه‌ی انگلیسی به فارسی..... ۷۶

پیوست الف..... ۸۰

فهرست شکل‌ها و نمودارها

شکل ۲-۱: تعامل پیشکار و محیط ۸
شکل ۲-۲: ساختار درونی یک پیشکار..... ۹
شکل ۲-۳: چرخه استدلال مبتنی‌بر مورد..... ۱۳
شکل ۲-٤: عملگر تقاطع..... ۱۹
شکل ۲-۵: عملگر جهش ۱۹
شکل ۲-٦: فرآیند اولیه ژنتیک..... ۲۰
شکل ۲-۷: نمودار جریانی مربوط به نحوه عملکرد تبرید تدریجی ۲٤
شکل ۳-۱: الگوی کلی از نحوه فعالیت پیشکارها..... ۳۸
شکل ۳-۲: داده‌های قابل مشاهده در یک مورد..... ٤۰
شکل ۳-۳ نمودار کلاس Case..... ٤۳
شکل ۳-٤: نمودار کلاس InputAgent..... ٤٤
شکل ۳-۵: شبیه‌سازی بازی..... ٤۵
شکل ۳-٦: فرآیند بازیابی مورد..... ٤۷
شکل ۳-۷: نمایی از بردار وزن..... ۵۰
شکل ۳-۸: الگوریتم ژنتیک..... ۵۲
شکل ٤-۱: رابطه میزان مشابهت با افزایش تکرار الگوریتم ژنتیک ٦۰
شکل ٤-۲: میانگین تابع ارزیابی در ۱۰ اجرای الگوریتم ژنتیک ٦۱

فهرست جدول‌ها

جدول ۲-۱: خلاصه روش‌های متفاوت ۳٤
جدول ۳-۱ پارامترهای شبیه‌سازی الگوریتم ژنتیک ۵۱
جدول ۳-۲: شکل کلی ماتریس آشفتگی مورد استفاده ۵٤
جدول ۳-۳: پارامترهای کنترل شبیه‌سازی تبرید تدریجی ۵۵
جدول ۳-٤: معیارهای شباهت وظایف برای استدلال موردی ۵٦
جدول ٤-۱ مقادیر بهینه متغیرهای وزن حاصل از الگوریتم ژنتیک برای پیشکار مقلد کریسلت ٦۱
جدول ٤-۲ میزان دقت و پاسخ‌گویی میانگین پیشکارها ٦۳

۱ مقدمه

۱-۱ مفهوم یادگیری[1]

پیشکار[2] یک قطعه نرم‌افزاری است که از طریق حس‌گرهایی بر محیط خود تاثیر می‌گذارد. اگر در محیطی چندین پیشکار با یکدیگر تعامل کنند تا به هدفی برسند، این سیستم چندپیشکاره[3] (MAS) نامیده می‌شود. یادگیری در سیستم‌های چندپیشکاره امری مهم و ضروری است زیرا در این سیستم‌ها پیش‌بینی همه حالت‌هایی که پیشکارها با آن‌ها روبرو می‌شوند غیرممکن است. در یادگیری چندپیشکاره، پیشکار نه‌تنها باید اثرات اعمال خودش را بیاموزد، بلکه باید چگونگی هماهنگ نمودن اعمالش را با اعمال سایر پیشکارها بیاموزد. بنابراین پیشکارها به‌خصوص در محیط چندپیشکاره باید از محیط اطرافشان یاد بگیرند و خود را با آن تطبیق[4] دهند [۱]. این امر سبب می‌شود که یادگیری و هماهنگی[5] دو جز لازم هر پیشکار باشد. در محیط‌های پیچیده و پویا[6]، پیشکار هدفمند علاوه بر تغییرات محیط، از عمل سایر پیشکارها نیز تاثیر می‌پذیرد. همکاری گروهی پیشکار از مهم‌ترین مسائل مطرح در سیستم‌های چندپیشکاره است، زیرا می‌تواند توانایی پیشکار را در رسیدن به هدف نهایی سیستم افزایش دهد و سبب بهبود استراتژی

---

[1] Learning
[2] Agent
[3] Multi-agent system
[4] Adapt
[5] Coordination
[6] Dynamic

کلی موردنظر شود. بنابراین پیشکار باید توانایی مدل‌کردن فرآیند یادگیری و برقراری تعامل با سایر پیشکارها را داشته باشد [۲].

۱-۲ الگوریتم‌های یادگیری

برای یادگیری در سیستم چندپیشکاره، الگوریتم‌های متفاوت یادگیری ماشین[1] وجود دارد. در یک دسته‌بندی، یادگیری در محیط‌های چندپیشکاره به دو نوع یادگیری تقویتی[2] و جستجوی اکتشافی[3] تقسیم‌بندی می‌شود. جستجوی اکتشافی براساس یادگیری از مجموعه‌ی راه‌حل‌های ممکن یک عمل، به‌صورت کاملاً تصادفی است و رفتار پیشکارها را در یک جهت خاص اصلاح می‌کند. در یادگیری تقویتی پیشکار به‌وسیله‌ی تبادل با محیط و بدون دخالت ناظر به یادگیری می‌پردازد. به‌عبارت دیگر پیشکار از طریق سعی و خطا[4] با محیط تعامل داشته و از آن‌جایی‌که اعمالش می‌توانند مستقیما براساس بازخورد از پاداش‌های دریافتی محیط پایه‌گذاری شوند، نیاز به مدل‌سازی صریح محیط ندارد. بنابراین این روش یادگیری زمانی‌که پیشکارها دانش اندکی از محیط دارند و هدف پیشکار به‌جای تولید مجدد رفتارهای انسان، ارتقا رفتارهای انسانی است، مفید است [۳].

در دسته‌بندی دیگر، یادگیری در محیط‌های چندپیشکاره به دو نوع یادگیری مستقل چندپیشکاره[5] و یادگیری مشارکتی چندپیشکاره[6] تقسیم می‌شود. در یادگیری مستقل، عملیات یادگیری هر پیشکار روی سایر پیشکارها اثر نمی‌گذارد. در یادگیری مشارکتی، الگوریتم یادگیری و مدل‌ها به‌طور واضح روی یادگیری سایر پیشکارها اثر می‌گذارد، بنابراین پیشکارها فرضیات

[1] Machine learning
[2] Reinforement learning
[3] Heuristic
[4] Trial & erorr
[5] Independent multi_agent learning
[6] Cooprative multi_agent learning

مشترکی را به‌دست می‌آورند. با وجود تلاش‌های انجام شده، برنامه‌نویسی برای رفتارهای مشارکتی کاری سخت و چالش‌برانگیز است [٤].

یادگیری تقلیدی[1] یا مشاهده‌ای[2] یکی دیگر از روش‌های موثر یادگیری در محیط چندپیشکاره است. تقلید از زمان‌های گذشته به‌عنوان روشی برای یادگیری در میان انسان‌ها نیز مطرح بوده است. در این روش، یادگیری با نظارت پیشکار مربی یا پیشکارهای خبره انجام می‌شود. یک روش معمول و رایج برای سیستم‌های یادگیری تقلیدی، روش استدلال مبتنی‌بر مورد[3] است. در این روش مشاهدات به‌صورت زوج‌های حالت–عمل[4] ذخیره می‌شوند [۲].

۱–۳ سیستم‌های چندپیشکاره

از مزیت‌های سیستم‌های چندپیشکاره نسبت به سیستم‌های تک‌پیشکاره[5] می‌توان از اشتراک تجربه برای انجام سریع‌تر کارهای مشابه و یا تحمل‌پذیری در مقابل خرابی یکی از پیشکارها، به‌دلیل خاصیت توزیع‌شدگی[6] نام برد. همچنین این سیستم‌ها، برای محیط‌های با مقیاس وسیع و ناشناخته، نسبت به سیستم‌های تک‌پیشکاره گزینه‌ی مناسبی به‌شمار می‌آیند [۵].

برای بالابردن کارایی کل سیستم چندپیشکاره لازم است که پیشکارها، رفتارهای جدید را از محیط به‌صورت برخط[7] یاد بگیرند. یادگیری به معنای بهبود رفتار یک پیشکار براساس تجربیات گذشته است. در این نوع سیستم‌ها تصمیمات پیشکار وابسته به رفتار سایر پیشکارها است و عموماً قابل پیش‌بینی نیست. این امر موجب می‌شود که یادگیری و سازگاری اجزای ضروری هر پیشکار باشد. یادگیری در این سیستم‌ها اخیرا توجه زیادی را به خود معطوف کرده است.

---

[1] Imitation learning
[2] Observation learning
[3] Case based reasoning
[4] Situation-action
[5] Single agent
[6] Distributed
[7] Online

معمولاً سیستم‌های چندپیشکاره برای موفقیت، نیازمند همکاری تیمی پیشکارها هستند. پیشکارها در این‌گونه سیستم‌ها باید دارای قابلیت‌های هماهنگی و همکاری با یکدیگر باشند.

الگوریتم‌های یادگیری چندپیشکاره دارای مشکلاتی هستند که باید حل شوند. این مشکلات شامل اطلاعات ناقص، فضای یادگیری بزرگ، تعیین هدفی مناسب و عدم قطعیت است [۵]. به‌دلیل وجود این چالش‌ها انتخاب روش یادگیری که قادر به برقراری مصالحه‌ای[1] در محیط باشد، حائز اهمیت است.

۱-۴ تعریف مساله و انگیزه انجام آن

امروزه استفاده از الگوها و روش‌های مورد استفاده در سیستم‌های چندپیشکاره برای طراحی و پیاده‌سازی سیستم‌های هوشمند و یا سیستم‌های سازمانی رو به افزایش است. یکی از مهم‌ترین چالش‌های طراحی سیستم‌های چندپیشکاره، مساله طراحی پیشکارهای یادگیرنده است. وجود الگوریتم‌های یادگیری برای پیشکارها در سیستم‌های چندپیشکاره با شرایط همکاری و کار تیمی، می‌تواند به بهبود کارایی سیستم کمک فراوانی کند.

در این روش از ایده‌های یادگیری از طریق مشاهده استفاده می‌شود. برای این منظور هر کدام از یادگیرنده‌ها، بعد از مشاهده عملکرد خبره، آن را به‌عنوان یک مورد در حافظه خود ذخیره می‌کند. روش یادگیری براساس مشاهده دارای چندین مزیت است. در این روش انتقال و یادگیری دانش ضمنی به‌راحتی قابل پیاده‌سازی است. علاوه بر آن امکان استفاده از خبره انسانی برای آموزش پیشکارها نیز وجود دارد و روش مناسبی برای تیم‌های ترکیبی کامپیوتر و انسان است که امروزه از محبوبیت خاصی برخوردارند. در آخر، این روش امکان یادگیری رفتارهای تیمی و انفرادی را به‌طور هم‌زمان فراهم می‌کند که یکی از قابلیت‌های مطلوب هر روش یادگیری در سیستم‌های چندپیشکاره است.

[1] Trade off

۱–۵ اهداف تحقیق

براساس آن‌چه بیان شد، می‌توان اهداف این تحقیق را به‌صورت زیر بیان نمود.

- چگونگی استفاده تقلید برای افزایش یادگیری در سیستم‌های چندپیشکاره.
- بررسی مساله یادگیری با مشاهده به‌طور خاص.
- ایجاد امکان یادگیری در سیستم چندپیشکاره به‌منظور افزایش کارایی سیستم.
- ایجاد امکان یافتن پارامترهای بهینه برای افزایش میزان یادگیری در سیستم.

در راستای این پایان‌نامه، یک روش یادگیری رفتارها در سیستم‌های چندپیشکاره از طریق مشاهده پیشنهاد و ارائه می‌شود. اصول، مفاهیم و ویژگی‌های اصلی این چارچوب به‌طور تئوریک تشریح می‌شوند و سپس جهت ارزیابی عملی سیستم، مدل پیشنهادی به‌صورت برنامه‌ای کاربردی پیاده‌سازی و توسط آزمون‌های مختلف ارزیابی می‌شود.

در پایان انتظار می‌رود سوالات کلیدی زیر در رابطه با مدل پاسخ داده شود:

- آیا مدل از لحاظ تئوری توجیه‌پذیر است؟
- آیا مدل در عمل جواب می‌دهد؟
- دقت مدل در استخراج نتایج معتبر و مفید چقدر است؟
- کارایی محاسباتی مدل چقدر است؟ آیا در کاربردهای واقعی قابل استفاده است؟

این پایان‌نامه از یادگیری مشاهده‌ای به‌همراه الگوریتم‌های بهینه‌سازی، به‌منظور بهینه‌کردن فرآیند یادگیری در پیشکارها استفاده می‌کند. الگوریتم ژنتیک قدرت خوبی برای تشخیص بهینه‌های سراسری دارد ولی در بهینه‌های محلی گیر می‌کند، تبرید تدریجی می‌تواند به الگوریتم ژنتیک برای یافتن بهینه سراسری کمک کند. لذا این دو می‌توانند به‌طور مکمل با یکدیگر استفاده شوند. به‌عبارت دیگر راه‌حلی برای برقراری ارتباط تیمی از پیشکارها در محیطی پویا و هوشمند با یکدیگر و فراگیری آن‌ها از محیط ارائه می‌دهد. یکی از پرکاربردترین و پیچیده‌ترین سیستم‌های چندپیشکاره شبیه‌ساز ربات‌های فوتبالیست است. در این محیط پیشکارها نقش بازیکن فوتبال

را دارند و در یک محیط شلوغ[1] و بلادرنگ[2] رقابت می‌کنند. در این تحقیق از یادگیری مشاهده‌ای برای آموزش پیشکارها در شبیه‌ساز دو بعدی فوتبال استفاده می‌شود. علاوه بر این پردازش تکاملی ژنتیک و تبرید تدریجی برای یافتن پارامترهای بهینه‌ی هر پیشکارها به‌کار رفته است.

۱-۶ ساختار پایان‌نامه

در ادامه ساختار این پایان‌نامه به‌صورت زیر است:

- **فصل ۲:** این فصل اصطلاحات مورد نیاز در طول پایان‌نامه را تعریف می‌کند و با بررسی پیشینه تحقیق، چالش‌های موجود را برای یادگیری با مشاهده شناسایی کرده برخی راه‌حل‌های موجود را برای حل آن‌ها توضیح می‌دهد.
- **فصل ۳:** این فصل جزئیات مدل پیشنهادی پایان‌نامه را برای یادگیری با مشاهده ارائه می‌کند. همچنین راه‌حل‌های جدیدی برای چالش‌های مطرح شده در فصل ۲ را پیشنهاد می‌کند.
- **فصل ٤:** این فصل بستر پیاده‌سازی شده در این پایان‌نامه را برای ارزیابی عملکرد مدل یادگیری توضیح می‌دهد و پارامترهای متغیر محیطی آن را تعریف می‌کند. همچنین شبیه‌سازی مساله در محیط فوتبال با استفاده از چارچوب jLoaf و نتایج شبیه‌سازی را ارائه می‌دهد. ارزیابی عمکرد مدل یادگیری و معیار بررسی کارایی آن در این فصل معرفی می‌شوند.
- **فصل ٥:** در این فصل نتیجه کلی از پایان‌نامه و پیشنهادهایی برای ادامه‌ی کار ارائه می‌شوند.

[1] Noise
[2] Real time

ادبیات موضوع و پیشینه‌ی تحقیق

۲

هدف از این فصل ارائه‌ی اطلاعات کامل‌تر در زمینه‌ی تحقیق و آشنایی با مفاهیم و اصطلاحات رایج در این زمینه است. در هر بخش مشکلات راه‌حل‌های موجود و نقاط قوت آن‌ها معرفی می‌شود. همچنین مسائل تأثیرگذار در بهبود کارایی مدل شناسایی می‌شوند و در طول تحقیق تلاش می‌شود، راه‌کارهایی برای حل آن‌ها ارائه شود.

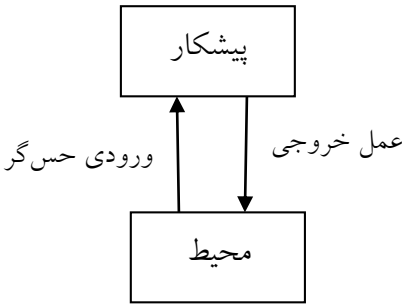
۲-۱ ادبیات موضوع

۲-۱-۱ پیشکارها

به هر چیزی که قادر به درک محیط پیرامون خود از طریق حس‌گرها[1] و اثرگذاری بر روی محیط از طریق اثرکننده‌ها[2] باشد، پیشکار گفته می‌شود. پیشکار هوشمند به موجودی خودگردان[3] گفته می‌شود که در یک محیط، اطراف خود را شناخته و اعمالی را روی محیط انجام می‌دهد. کلیه اعمالی که انجام می‌دهد در جهت نیل به اهدافش است. اگر رفتار پیشکار کاملا برپایه دانش درونی باشد و هیچ توجهی به ادراک خود نکند، این پیشکار فاقد خودگردانی است. پیشکار هوشمند امکان یادگیری دارد و از دانش اکتسابی خود برای انجام اهدافش استفاده می‌کند. در شکل ۲-۱ نحوه‌ی تعامل پیشکار و محیط آمده است.

---

[1] Sensor
[2] Effectors
[3] Autonomus



شکل ۲-۱ تعامل پیشکار و محیط

پیشکار نرم‌افزاری، موجودیتی است که در محیط برای تحقق اهدافش به‌طور خودکار عمل می‌کند. به‌طوری‌که محیط در طول زمان تغییر می‌کند و به‌عنوان مجموعه‌ای متناهی از حالات مدل می‌شود. مجموعه حالات در مجموعه ۲-۱ آورده شده است:

$$\varepsilon = \{e, e', \dots, e^{\mathrm{n}}\} \qquad (۱-۲)$$

پیشکار توسط حس‌گرها محیط را حس می‌کند. مجموعه‌ای از ورودی‌های حس‌گر در مجموعه ۲-۲ ذکر شده است:

$$S = \{S, S', \dots, S^m\} \qquad (۲-۲)$$

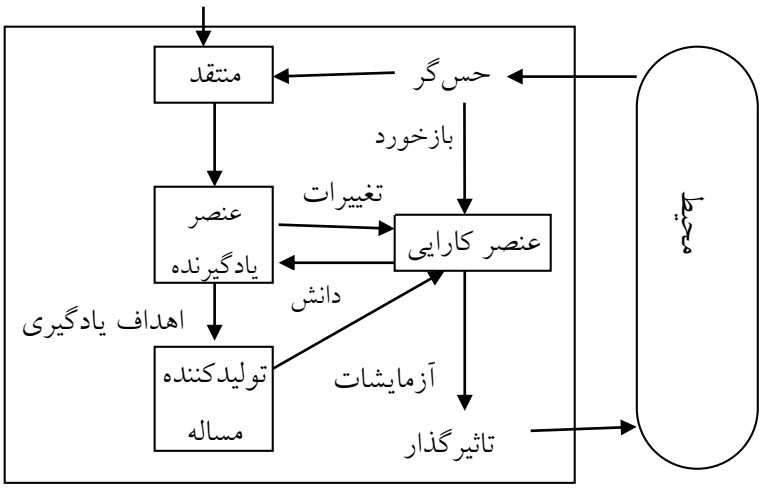
از آن‌جایی که پیشکار ممکن است محیط را ناکامل حس کند، بنابراین مجموعه ورودی‌های حس‌گر کاملاً با مجموعه حالات محیط می‌تواند متفاوت باشد. بنابراین پیشکار لازم است که هر حالت محیط را به ورودی حس‌گر مرتبط آن نگاشت کند. عبارت ۲-۳ بیان‌گر این نگاشت است:

$$sense: \varepsilon \to S \qquad (۳-۲)$$

در پاسخ آن، پیشکار از مجموعه اعمال ممکن عملی را انتخاب می‌کند:

$$\mathrm{A} = \{\mathrm{A}, \mathrm{A}', \dots, A^k\} \qquad (٤-۲)$$

این اعمال که پیشکار در جهت رسیدن به اهدافش انجام می‌دهد، تحت تاثیر دو فاکتور است. این دو فاکتور شامل ورودی حس‌گر جاری[1] و حالت داخلی پیشکار[2] هستند. ورودی‌های حس‌گر از محیط به‌دست می‌آیند و بنابراین خارجی هستند. حالت محیط نسبت به پیشکار، داخلی است و به احتمال زیاد از طریق موجودیت‌های خارجی قابل دسترسی نیست. اطلاعات حالت داخلی می‌تواند شامل، باور[3]، آرزو[4] یا تمایلات[5] پیشکار باشد [۵]. باور دانشی است که پیشکار از محیط دارد و می‌تواند با هر درک جدید از محیط به‌روزرسانی شود. باورها می‌تواند شامل اطلاعاتی از محیط باشد که برای پیشکار قابل مشاهده نیست. برای مثال، اگر پیشکار به اتاق متفاوتی در خانه برود، ممکن است هنوز باورهایی را مربوط به مفاهیم اتاق قبلی نگاه داشته باشد. آرزوها مجموعه‌ای از باورهاست که پیشکار برای رسیدن به آن تلاش می‌کند. در واقع آرزوها را می‌توان به‌صورت مجموعه‌ای از اهداف که پیشکار می‌خواهد به آن برسد یا وظایفی که می‌خواهد تکمیل کند درنظر گرفت.



شکل ۲-۲ ساختار درونی یک پیشکار [۱]

تمایلات، زیرمجموعه‌ای از آرزوهای پیشکار است که در حال حاضر متعهد به دستیابی به آن‌هاست. بعضی از آرزوهای پیشکار در درازمدت تحقق می‌یابد، درحالی‌که تمایلات به‌عنوان

[1] Current sensory input
[2] Agent's internal state
[3] Beliefs
[4] Desires
[5] Intentions