الگوهای تحلیل پایای یادگیری در عامل‌های نرم‌افزاری هوشمند

شیوا وفادار و احمد عبداله‌زاده بارفروش

چکیده: تکنیک‌های هوش مصنوعی از قبیل یادگیری، به‌صورت گسترده‌ای در سیستم‌های مبتنی بر عامل به کار می‌روند. اما در زمینه ارائه یک دیدگاه مهندسی نرم‌افزاری از این تکنیک‌ها برای کل چرخه حیات نرم‌افزار شامل تحلیل، طراحی و تست، در حال حاضر کاستی‌هایی وجود دارد. در این تحقیق با تمرکز بر مرحله تحلیل نیازمندی به‌عنوان یکی از نخستین مراحل فرآیند تولید نرم‌افزار، ابزارها و تکنیک‌هایی برای رفع این کمبودها در مرحله تحلیل پیشنهاد شده است. بدین منظور در این مقاله، مجموعه‌ای از الگوهای تحلیل پایای نرم‌افزار ارائه شده است. الگوهای تحلیل پایای نرم‌افزار، مجموعه‌ای از کلاس‌های عمومی (فراکلاس‌ها) و ارتباط‌های میان آنها برای تحلیل یک موضوع خاص هستند که در قالبی مستقل از دامنه مسأله مدل‌سازی می‌شوند. این الگوها بر اساس نظریه مدل پایای نرم‌افزار با معرفی مضمون‌های تجاری مانا، اشیای تجاری و اشیای صنعتی مدل مفهومی قابلیت یادگیری را بازنمایی می‌کنند. این الگوها در دو سطح تجرد ارائه شده‌اند و شامل الگوهای یادگیری، نقش، محیط، دانش و نقد می‌باشند. در این مقاله همچنین روش استفاده از الگوهای ارائه‌شده برای تحلیل قابلیت یادگیری عامل در دو سیستم مختلف مبتنی بر عامل تشریح شده است. این الگوها می‌توانند به‌عنوان راهنما در تحلیل عامل‌های نرم‌افزاری یادگیر به کار روند. مزیت استفاده از این الگوها نسبت به روش‌های کلاسیک تحلیل نرم‌افزار آن است که علاوه بر کلاس‌های متداول مرتبط با یادگیری در دامنه مسأله، فراکلاس‌هایی را در مدل تحلیل سیستم بازنمایی می‌کنند که دانش مرتبط با تحلیل یادگیری را نیز مدل می‌کنند. همچنین با در نظر گرفتن لایه‌های مختلف در تحلیل، موجب تولید مدل‌هایی می‌شوند که پایداری بیشتری نسبت به تغییرات دارند.

کلید واژه: **الگوی تحلیل، الگوی تحلیل پایای نرم‌افزار، مهندسی نرم‌افزار مبتنی بر عامل، یادگیری.**

۱- مقدمه

یک عامل نرم‌افزاری هوشمند موجودیتی خودمختار و اجتماعی است که با داشتن قابلیت‌های عکس‌العمل به محیط و اقدامات پیش‌فعالانه، امکان عملکرد هوشمندانه در شرایط پیچیده و متغیر را داراست [۱]. با توجه به قابلیت‌های دیدگاه مبتنی بر عامل در تولید نرم‌افزار و رشد روزافزون تولید سیستم‌های مبتنی بر عامل، نیاز به یک رهیافت سیستماتیک و منظم در ساخت سیستم‌های نرم‌افزاری مبتنی بر عامل احساس شده است. به‌منظور پاسخ به این نیاز، مهندسی نرم‌افزار مبتنی بر عامل به‌عنوان یک حوزه تحقیقاتی جدید معرفی شده است [۲]. نقش مهندسی نرم‌افزار تأمین مدل‌ها و تکنیک‌هایی است که باعث تسهیل فرآیند تولید و نگهداری نرم‌افزار می‌گردد. با ظهور یک دیدگاه جدید در تولید سیستم‌های نرم‌افزاری، زبان‌های برنامه‌نویسی، ابزارهای تولید نرم‌افزار و متدولوژی‌های مهندسی نرم‌افزار متناسب با آن نیز مطرح می‌گردد.

تکنیک‌های هوش مصنوعی از قبیل یادگیری، به‌صورت گسترده‌ای در سیستم‌های مبتنی بر عامل به کار می‌روند و تحقیقات مختلفی در زمینه انطباق الگوریتم‌ها و روش‌های موجود هوش مصنوعی با سیستم‌های مبتنی بر عامل ارائه شده است. اما در مهندسی نرم‌افزار مبتنی بر عامل، در ارتباط با تکنیک‌های مرتبط با فرآیند تولید عامل هوشمند، به‌عنوان یک موجودیت نرم‌افزاری، تحقیقات اندکی صورت گرفته است. تئوری تحقیق حاضر، شناخت و مدل‌سازی هوش در مهندسی نرم‌افزار است که مهندسی هوش نامیده می‌شود [۳]. دستاورد اصلی این مقاله، یک دیدگاه مهندسی نرم‌افزاری از قابلیت یادگیری، به‌عنوان یکی از ویژگی‌های هوشمندی است. لازم به ذکر است که هدف این مقاله ارائه یک الگوریتم یادگیری جدید، افزایش دقت یا کارایی الگوریتم‌های موجود نیست، بلکه هدف ارائه روشی برای مدل‌سازی عامل یادگیر در مرحله شناخت و تحلیل نیازمندی‌های سیستم‌های هوشمند، به‌عنوان نخستین مرحله از چرخه حیات سیستم‌های نرم‌افزاری است، به‌طوری که با تسهیل فرآیند تولید نرم‌افزار برای قابلیت‌های هوش مصنوعی، امکان استفاده از یافته‌های هوش مصنوعی در کاربردهای متداول و حرفه‌ای تولید نرم‌افزار افزایش یابد.

بر این اساس نویسندگان مقاله، تحقیقاتی را جهت تولید قابلیت‌های هوش عامل از دیدگاه مهندسی نرم‌افزاری آغاز نموده‌اند. مقاله حاضر که ادامه تحقیقات گذشته نویسندگان در این زمینه است [۳] تا [۶]، به ارائه الگوهای پایای یادگیری برای عامل‌های هوشمند می‌پردازد. با توجه به این که یادگیری به‌عنوان یکی از قابلیت‌های مهم در عامل‌های هوشمند مطرح است، این ویژگی برای انجام تحقیق انتخاب شده است. ایده اصلی در الگوی پایای تحلیل نرم‌افزار آن است که مدلی مفهومی از یادگیری ارائه نماید که بتوان از آن برای تحلیل عامل‌های یادگیر در سیستم‌های مختلف استفاده نمود. این مدل باید مستقل از دامنه مسأله باشد و در برابر تغییرات پایدار باشد. به‌طوری که پایداری سیستم نرم‌افزاری را افزایش داده و امکان استفاده مجدد آن را به‌صورت گسترده فراهم نماید. علاوه بر این دیدگاه، در این تحقیق به این موضوع توجه شده است که تحلیل نرم‌افزار به‌گونه‌ای انجام شود که قابل تست‌بودن یادگیری به‌صورت قابل اندازه‌گیری در مرحله تحلیل امکان‌پذیر باشد.

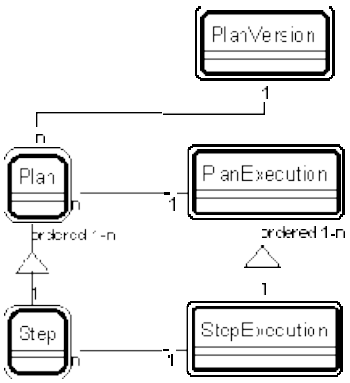
به‌منظور استخراج این الگوها، از متدولوژی تولید الگو استفاده شده است [۶]. در این متدولوژی منابع مختلف اطلاعاتی مرتبط با یادگیری بررسی و مفاهیم مرتبط با تحلیل نرم‌افزار در قالب فراکلاس‌ها و ارتباط میان آنها استخراج شده است. با عمومی‌سازی این مفاهیم در قالبی مستقل از دامنه، نتایج به‌صورت مجموعه‌ای از الگوهای تحلیل یادگیری ارائه شده‌اند. به عبارت دقیق‌تر، با اعمال روش تحلیل زبان‌شناختی [۷] به‌عنوان یک روش متداول در مهندسی نرم‌افزار برای تحلیل دامنه مسأله، مفاهیم و موضوعات تحلیل یادگیری استخراج شده است. منابع مورد استفاده در این زمینه عبارتند از:

این مقاله در تاریخ ۱۲ آذر ماه ۱۳۸۹ دریافت و در تاریخ ۲۹ دی ماه ۱۳۹۰ بازنگری شد.

شیوا وفادار، آزمایشگاه سیستم‌های هوشمند، دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، (email: vafadar@aut.ac.ir).

احمد عبداله‌زاده بارفروش، آزمایشگاه سیستم‌های هوشمند، دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، (email: ahmad@aut.ac.ir).

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۱: مدل ارائه‌شده در الگوی برنامه‌ریزی [۱۹].

۱) مفاهیم، کلیات و اجزای یادگیری در هوش مصنوعی و یادگیری برای سیستم‌های مبتنی بر عامل [۸] تا [۱۰].
۲) روش‌های مختلف یادگیری عامل‌های نرم‌افزاری مانند درخت تصمیم، یادگیری مبتنی بر توضیحات، یادگیری استقرایی مبتنی بر دانش و یادگیری تقویتی [۱۰].
۳) تکنیک‌های طراحی یادگیری عامل [۱۱] و [۱۲].
۴) معیارهای ارزیابی و انتخاب الگوریتم‌های یادگیری [۸].

بررسی‌ها بر روی منابع فوق نشان می‌دهد که بر خلاف تنوع در الگوریتم‌های پیاده‌سازی یادگیری، شباهت‌های زیادی از نظر مفاهیم تحلیلی مطرح در آنها وجود دارد که امکان عمومی‌سازی این مفاهیم به‌صورتی مستقل از دامنه و ارائه آنها در قالب الگوهای تحلیل را فراهم می‌نماید.

دستاوردهای این مقاله و تفاوت آن با کارهای قبلی نویسندگان که در آنها الگوی اولیه تحلیل یادگیری و فرآیند استخراج آن ذکر شده [۳] تا [۶]، عبارت است از: ۱) انطباق الگوی تحلیل یادگیری با مدل "تحلیل پایای نرم‌افزار" [۱۳] و [۱۴] بر اساس دیدگاه "الگوهای پایای نرم‌افزار" [۱۵] که منجر به افزایش پایایی تحلیل دامنه مسأله می‌شود. ۲) کاهش پیچیدگی الگوی تحلیل یادگیری و شکستن آن به الگوهای تحلیل کوچک‌تر که امکان استفاده از الگوی ارائه‌شده در سیستم‌های مختلف را افزایش می‌دهد. ۳) توسعه الگوی تحلیل اولیه با افزودن مفاهیم جدید مورد نیاز به الگوهای تحلیل در سطح دو تجرید. ۴) اصلاح سطح تجرید مفاهیم ارائه‌شده در مدل الگوی تحلیل یادگیری اولیه با ارائه سطوح مختلف تجرید و انتساب هر یک از مفاهیم به یکی از این سطوح.

بر اساس این دیدگاه، در این مقاله الگوی تحلیل یادگیری در دو سطح تجرید ارائه شده است. در سطح ۱، الگوی تحلیل پایای یادگیری بر اساس نظریه الگوهای پایای نرم‌افزار ارائه شده است و در سطح ۲ تجرید، مجموعه‌ای از الگوهای مرتبط شامل الگوی نقش، الگوی نقد، الگوی دانش و الگوی محیط ارائه شده است. همچنین به‌منظور تشریح نحوه به‌کارگیری الگوهای ارائه‌شده، دو سیستم نمونه (سیستم خرید و فروش الکترونیکی کتاب و عامل جستجوگر) معرفی و مدل مفهومی آنها بر اساس الگوی تحلیل پایای یادگیری ارائه شده است.

ساختار مقاله در ادامه به‌صورت زیر تنظیم شده است: در بخش ۲ مفاهیم پایه تشریح شده است. در بخش ۳ الگوی تحلیل یادگیری در سطح ۱ تجرید و در بخش ۴ مجموعه الگوهای مرتبط که سطح ۲ تجرید را تشکیل می‌دهند، معرفی شده است. در بخش ۵ سیستم‌های منتخب برای مطالعه موردی معرفی و مدل مفهومی عامل‌های یادگیر در این سیستم‌ها با به‌کارگیری الگوهای ارائه‌شده نمایش داده می‌شوند و در پایان نتیجه‌گیری و کارهای آینده ارائه شده است.

۲- مفاهیم پایه و تحقیقات مرتبط

در این قسمت مفاهیم پایه مرتبط با این تحقیق تشریح می‌گردند. هدف از ارائه این بخش، تشریح دیدگاهی است که به‌عنوان مفروضات در نظر گرفته می‌شود و سایر بخش‌های مقاله بر پایه آن بنا شده است.

۲-۱ الگوها در مهندسی نرم‌افزار

الگو، ابزاری در مهندسی نرم‌افزار است که برای یک مسأله مشخص و تکرارشونده در فرآیند تولید نرم‌افزار، راه حلی ارائه می‌دهد که در موارد مشابه قابل استفاده باشد. اغلب الگوها علاوه بر معرفی مسأله و راه حل آن، شامل اطلاعات تکمیلی دیگری نیز هستند. این اطلاعات شامل الزاماتی است که موجب پیچیده‌تر شدن فضای مسأله و نیاز آن به راه حلی خاص را نشان می‌دهد. همچنین پیامدهای مثبت و منفی استفاده از الگو و ارتباط آن با سایر الگوهای موجود را تشریح می‌نماید. با استفاده از مجموعه اطلاعات ارائه‌شده در یک الگو، امکان انتخاب الگوی مناسب و استفاده از آن توسط سایر تولیدکنندگان نرم‌افزار افزایش می‌یابد [۱۶].

اگرچه الگوهای مهندسی نرم‌افزار با الگوهای طراحی [۱۶] معرفی شدند، اما در حوزه‌های مختلف از قبیل توصیف و تحلیل نیازمندی‌ها [۱۷] تا [۱۹] و معماری [۲۰] نیز گسترش یافته‌اند.

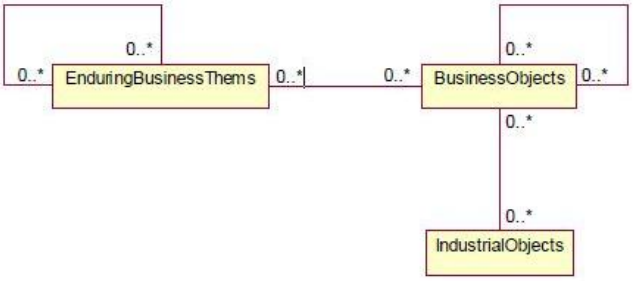
۲-۲ الگوی تحلیل نرم‌افزار

الگوهای تحلیل در مهندسی نرم‌افزار با نام‌های دیگری از قبیل الگوهای مفهومی، الگوهای ساخت مدل‌های مفهومی شیءگرا و الگوهای نیازمندی نیز شناخته می‌شوند. هر الگوی تحلیل نرم‌افزار [۱۸] و [۱۹]، مدلی برای تحلیل نرم‌افزاری موضوعی خاص ارائه می‌دهد که مجموعه‌ای از کلاس‌های عمومی (فراکلاس‌ها) و ارتباط‌های میان آنها برای تحلیل و مدل‌سازی آن موضوع است. این کلاس‌ها، ویژگی‌ها و متدهایی از کلاس را در قالبی مستقل از دامنه مدل‌سازی می‌نمایند. به‌عنوان مثال در شکل ۱ مدل ارائه‌شده در الگوی برنامه‌ریزی [۱۹] نشان داده شده است. مطابق با این مدل، برای تحلیل فرآیند برنامه‌ریزی و مدل‌سازی آن لازم است برنامه و اجرای آن مورد توجه قرار گیرند. هر نسخه از برنامه از مجموعه‌ای از مراحل یا گام‌ها تشکیل می‌شود. همچنین امکان اجرای برنامه به دفعات متعدد وجود دارد. برای هر اجرا، گام‌های مختلف اجرا (متناظر با گام‌های برنامه) در نظر گرفته می‌شوند.

این الگوها را می‌توان به‌صورت دانش ساختاریافته‌ای در نظر گرفت که در سطح تجریدی بالاتر از کلاس‌های متداول تعریف می‌شوند. با استفاده از این دانش که در قالب الگوی تحلیل مستندسازی می‌شود، امکان تولید مدل مفهومی سیستم با سرعت بیشتر و کیفیت بالاتر فراهم می‌گردد. بدین ترتیب زمان لازم برای تحلیل نرم‌افزار (به‌عنوان یکی از زمان برترین مراحل چرخه حیات نرم‌افزار) کاهش می‌یابد. علاوه بر این که به‌کارگیری این الگوها باعث جلوگیری از خطاهای مرحله تحلیل می‌گردد که خود یکی از پرهزینه‌ترین انواع خطاها در سیستم‌های نرم‌افزاری است.

قالب‌ها و روش‌های مختلفی برای ارائه الگوهای تحلیل ارائه شده است. در [۱۸] از تجربیات ساخت نرم‌افزارهای تجاری در حوزه‌های خاص استفاده شده است و راه‌کارهایی برای بهبود تحلیل نرم‌افزار و خطاهای متداول در آن در قالب الگوهای تحلیل پیشنهاد شده است. در روش ارائه‌شده در [۱۹] حوزه‌های مشترک و متداول در تولید نرم‌افزار مشخص شده است و الگوهایی برای تحلیل آنها پیشنهاد شده است. هدف از ارائه این الگوها حل مشکلی در تحلیل‌های موجود نیست بلکه هدف ارائه مدلی برای یک موضوع مشخص در تحلیل و سیاست‌هایی برای نحوه

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۲: ارتباط میان لایه‌ها در مدل پایایی نرم‌افزار [۲۱].

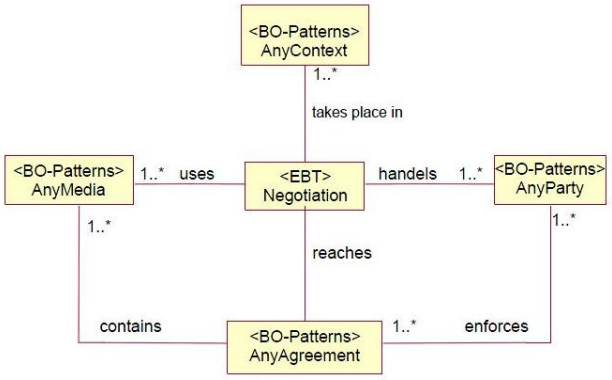
به‌کارگیری آنها می‌باشد. در این تحقیق به‌صورت مشخص از این رویکرد برای ارائه الگوهای تحلیل استفاده شده است.

۲-۳ مدل پایایی نرم‌افزار

دستیابی به پایایی در تولید نرم‌افزار یکی از ویژگی‌هایی است که نقش به‌سزایی در افزایش کیفیت نرم‌افزار دارد و موجب می‌شود هزینه‌های توسعه و تغییرات به شدت کاهش یابد. مدل پایایی نرم‌افزار [۱۳] تا [۱۵] یکی از روش‌هایی است که با هدف افزایش پایایی در تحلیل نرم‌افزار ارائه شده است. بر اساس این دیدگاه، مدل سیستم در سه لایه مختلف ترسیم می‌شود. ۱) لایه مضمون‌های تجاری مانا[1] (EBT)، ۲) لایه اشیای تجاری[2] (BO) و ۳) لایه اشیای صنعتی[3] (IO). بر اساس این دیدگاه، هر کلاس سیستم در یکی از این لایه‌ها قرار می‌گیرد. مضمون‌های تجاری مانا کلاس‌هایی هستند که هسته اصلی مدل را تشکیل می‌دهند و دانش پایه سیستم را مدل می‌کنند که در طول زمان ثابت است و تغییر نمی‌کند. این کلاس‌ها معمولاً کلاس‌های مفهومی هستند و در اغلب برنامه‌های کاربردی در حوزه مسأله وجود دارند. اشیای تجاری، کلاس‌هایی از سیستم هستند که به کمک آنها مضمون‌های تجاری مانا به کلاس‌های عینی‌تر و ملموس‌تر از سیستم نگاشت می‌شوند. این کلاس‌ها نسبت به مضمون‌های تجاری مانا ثبات کمتری دارند و امکان تغییر آنها به‌صورت داخلی وجود دارد اما از دیدگاه بیرونی و ارتباط با سایر کلاس‌های سیستم ثابت هستند. کلاس‌های لایه سوم که کلاس‌های صنعتی هستند، در مدل دارای کمترین میزان پایداری هستند و می‌توانند به مدل اضافه شوند یا از آن حذف گردند. این کلاس‌ها معمولاً در برنامه‌های کاربردی مختلف و حوزه‌های مختلف مسأله متفاوت هستند. شکل ۲ ارتباط میان کلاس‌ها در هر یک از این لایه‌ها را نشان می‌دهد. طبق این شکل، هر مضمون تجاری مانا می‌تواند به تعدادی مضمون تجاری مانای دیگر یا اشیای تجاری مربوط باشد، در حالی که اشیای تجاری خود می‌توانند به تعدادی شیء تجاری دیگر یا اشیای صنعتی مرتبط گردند. نحوه تشخیص و دسته‌بندی مفاهیم یک دامنه بر اساس این مفاهیم به‌صورت تعدادی قانون مکاشفه‌ای ارائه شده است [۱۵]. بر اساس این قوانین ویژگی‌هایی از قبیل میزان پایایی، تغییرپذیر بودن، ضمنی یا واضح‌بودن، بنیادی‌بودن، ملموس یا ناملموس‌بودن و عمومیت مفهوم مورد نظر معیارهای قراردادن یک مفهوم در یکی از این دسته‌ها می‌باشد.

بر اساس مدل پایایی نرم‌افزار، برای افزایش سطح پایایی تحلیل سیستم نرم‌افزاری، باید در مدل مفهومی علاوه بر کلاس‌های عینی سیستم (که در دامنه مسأله به‌وضوح قابل تشخیص هستند) کلاس‌های مرتبط با مفاهیم پایه و دانش مسأله نیز در نظر گرفته شوند. بدین ترتیب

1. Enduring Business Theme
2. Business Object
3. Industrial Object



شکل ۳: مدل ارائه‌شده در الگوی مذاکره [۲۱].

با انتقال تعامل میان کلاس‌های عینی سیستم، به کلاس‌های مرتبط با مفاهیم و دانش مسأله، پایایی تحلیل سیستم افزایش می‌یابد. به‌طوری که تغییر در تحلیل سیستم تنها کلاس‌های صنعتی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و بر کلاس‌های سطح بالاتر (مضمون‌های تجاری مانا و کلاس‌های تجاری) و تعامل‌های میان آنها تأثیرگذار نخواهد بود. به این ترتیب لایه‌های بالاتر در سیستم پایدار خواهند بود.

۲-۴ الگوی تحلیل پایای نرم‌افزار

با به‌کارگیری مفاهیم مدل پایایی نرم‌افزار [۱۳] تا [۱۵] در الگوهای تحلیل، نظریه الگوهای تحلیل پایای نرم‌افزار ارائه شده است [۲۱]. تفاوت اصلی الگوهای تحلیل پایای نرم‌افزار با سایر الگوها آن است که این الگوها علاوه بر کلاس‌های متداول مرتبط با موضوع در دامنه مسأله، فراکلاس‌های مضمون‌های مانا و اشیای تجاری را (در دو سطح تجرید) در مدل تحلیل سیستم بازنمایی می‌کنند. در صورت استفاده از این الگوها، مدل تحلیل دانش پایه مسأله را نیز بازنمایی می‌کند. بدین ترتیب الگوهای تحلیل پایای نرم‌افزار می‌توانند برای مدل‌سازی یک موضوع یکسان در زمینه‌ها و دامنه‌های مختلف به کار روند. در این صورت، دانش پایه یکسانی مبنای تحلیل قرار می‌گیرد و در مدل نیز نمایش داده می‌شود.

بنا بر نظریه الگوی تحلیل پایای نرم‌افزار، الگوها می‌توانند در دو سطح مختلف تجرید ارائه شوند. اغلب مضمون‌های تجاری مانا توسط الگوهای سطح ۱ مدل می‌شوند که اجزای تشکیل‌دهنده آنها می‌توانند خود الگوهای دیگر یا کلاس‌هایی باشند که اشیای تجاری را بازنمایی می‌نمایند. الگوهای سطح ۲ الگوهایی مستقل هستند که مضمون‌های تجاری خاصی را با جزئیات بیشتر مدل می‌کنند. این الگوها می‌توانند به‌صورت مستقل به کار روند یا به همراه الگوی سطح ۱ برای مدل‌سازی با سطح جزئیات بیشتر مورد استفاده قرار گیرند.

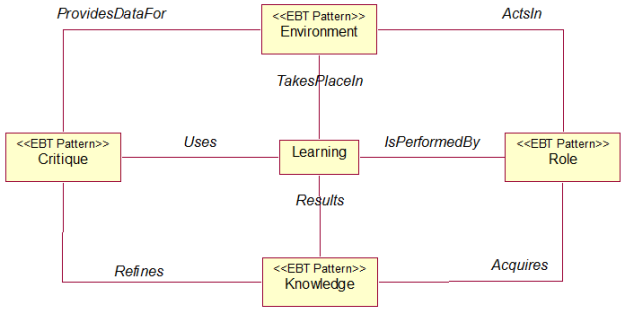
الگوی مذاکره، نمونه‌ای از الگوهای ارائه‌شده بر اساس الگوی تحلیل پایای نرم‌افزار است. شکل ۳ مدل ارائه‌شده در الگوی مذاکره و اجزای تشکیل‌دهنده آن را نشان می‌دهد. این الگو، مذاکره را یک مضمون تجاری مانا معرفی می‌کند که خود از الگوهای "محتوا"، "عضو"، "رسانه" و "توافق" در قالب اشیای تجاری تشکیل شده است. هر یک از این الگوها از اشیای تجاری دیگری تشکیل شده‌اند [۲۱].

۲-۵ یادگیری در عامل‌های هوشمند

در فرهنگ لغت یادگیری عبارت است از به‌دست آوردن دانش و یا فهم آن از طریق مطالعه، آموزش و یا تجربه که منجر به بهبود عملکرد می‌گردد. بنا بر یک تعریف عمومی از یادگیری ماشینی، یک برنامه دارای قابلیت یادگیری است در صورتی که بتواند کارایی خود را با انجام تعدادی

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۴: مدل تحلیل پایای یادگیری.

وظیفه مشخص، از طریق کسب تجربه در هنگام انجام آنها افزایش دهد [۸].

یادگیری به‌عنوان یکی از قابلیت‌های مهم در عامل‌های هوشمند مطرح است، به‌طوری که در بسیاری موارد از یک عامل هوشمند انتظار می‌رود که به همراه سایر قابلیت‌ها، امکان یادگیری و بهبود عملکرد خود بر اساس نتایج آن را داشته باشد. از طرف دیگر در بسیاری موارد، سیستمی که امکان یادگیری در آن وجود دارد، اغلب یک سیستم هوشمند تلقی می‌گردد. بدین ترتیب یادگیری عامل، یکی از ویژگی‌هایی است که نیاز به توجه خاص به آن احساس می‌گردد [۹].

روش‌های یادگیری در عامل‌های هوشمند، با استفاده از روش‌های یادگیری ماشینی و انطباق آن با شرایط عامل و سیستم‌های چندعامله ارائه می‌شوند [۲۲] و [۲۳]. فرآیند یادگیری در عامل‌های هوشمند را می‌توان در راستای تغییر عامل دانست به‌طوری که این تغییرات موجب شود دانش عامل به اطلاعات بازخوردی که از محیط دریافت نموده، نزدیک‌تر شده و در نهایت کارایی عمومی عامل را بهبود می‌دهد. با بررسی روش‌های مختلف یادگیری به‌صورت کلی و یادگیری عامل‌های هوشمند به‌صورت خاص، می‌توان دید که اگرچه روش‌های مختلفی برای یادگیری وجود دارد، اما معمولاً این روش‌ها در سطوح پایین تجرید و جزئیات الگوریتم با یکدیگر متفاوتند اما در سطوح بالای تجرید که برای تحلیل بر اساس مدل پایای نرم‌افزار حائز اهمیت بیشتری هستند، دارای مفاهیم ثابت و مشترک هستند. بدین علت ارائه الگویی برای تحلیل قابلیت یادگیری، می‌تواند فرآیند تولید عامل‌های یادگیر را تسهیل نماید.

۳- الگوی تحلیل یادگیری: سطح ۱ تجرید

الگوی یادگیری در سطح ۱ تجرید، مدلی عمومی است که اجزای اصلی مورد نیاز برای تحلیل قابلیت یادگیری عامل هوشمند را در بر می‌گیرد. این الگو بر مفاهیم و اجزای اصلی متمرکز است. مفاهیم و اجزای مرتبط با دامنه مسأله و برنامه کاربردی در این الگو در نظر گرفته نمی‌شوند بلکه در سطوح بعدی تجرید لحاظ می‌گردند.

برای توصیف هر یک از این الگوها، از قالبی مشابه قالب ارائه‌شده در جدول ۱ استفاده می‌شود. این قالب برای همه الگوها یکسان در نظر گرفته شده است اما محتوای هر یک از بخش‌های این قالب، برای هر الگو متفاوت است.

در ادامه الگوی یادگیری در سطح ۱ تجرید بر اساس قالب توصیف الگوی معرفی‌شده در جدول ۱ تشریح می‌گردد.

زمینه: یک سیستم مبتنی بر عامل که در آن نقش باید کارایی خود را در هنگام انجام کارها در اثر کسب تجربه، بهبود بخشد. این نقش برای انجام کارها یا رسیدن به اهداف خود به یادگیری نیاز دارد.

مسأله: چگونه مدلی مفهومی از قابلیت یادگیری بسازیم به‌طوری که

جدول ۱: قالب توصیف الگو.

عنوان	توضیحات
زمینه	بیان‌کننده فضای مسأله‌ای است که الگو در آن کاربرد دارد.
مسأله	بیان‌کننده مسأله‌ای است که الگو در صدد حل آن است.
الزامات	شرایطی که موجب مشکل‌شدن مسأله و نیاز آن به یک راه حل مشخص می‌شود را بیان می‌کند.
راه حل	راه حل پیشنهادی و اجزای تشکیل‌دهنده آن را تشریح می‌کند.
پیامدها	نتایج مثبت و منفی به‌کارگیری الگو را مشخص می‌کند.
الگوهای مرتبط	الگوهای دیگری که می‌توانند به همراه این الگو به کار روند را مشخص می‌کند.

این مدل بتواند برای تحلیل انواع مختلف یادگیری در دامنه‌های مختلف سیستم‌های مبتنی بر عامل مورد استفاده قرار گیرد؟

الزامات: عبارتند از:

- نقش در زمان تحلیل می‌تواند بیانگر موجودیت‌های مختلف در دامنه مسأله مانند یک عامل، یک انسان یا یک سازمان باشد. قابلیت یادگیری هر یک از این موجودیت‌ها با یکدیگر متفاوت است و مدل ارائه‌شده باید انواع یادگیری را در برگیرد.
- یادگیری ممکن است در محیط‌های مختلف صورت بگیرد. این محیط‌ها می‌توانند ایستا یا پویا باشند و موجودیت‌های مختلفی در آنها وجود داشته باشند.
- دانش نقش (که می‌تواند مرتبط با فرآیند انجام کار یا دانش پایه باشد) کامل نیست و می‌تواند با کسب تجربه بهبود یابد.
- نقش می‌تواند در هنگام انجام کار بازخوردهایی (مستقیم یا غیر مستقیم) از محیط (یا اجزای آن) درباره نحوه عمل خود داشته باشد.

راه حل: شکل ۴ مدل تحلیل پایای یادگیری در عامل‌های هوشمند را نشان می‌دهد. چنانچه در شکل نشان داده شده است، مدل تحلیل پایای یادگیری بیان می‌کند که در یک دیدگاه مجرد، یادگیری فرایندی است که توسط یک "نقش"، در یک "محیط" رخ می‌دهد و از "نقد"ها برای کسب "دانش" استفاده می‌کند. در این دیدگاه، فرآیند یادگیری توسط یک نقش یا عامل برای تسهیل در دستیابی به یک هدف خاص صورت می‌گیرد. فرآیند یادگیری در حین انجام فعالیت‌های مختلف و بر اساس اطلاعاتی که در قالب داده‌های ورودی از محیط دریافت می‌شود، صورت می‌گیرد. در این فرآیند اعمالی که عامل انجام می‌دهد مورد نقد قرار می‌گیرد و بر اساس این نتایج، عامل دانش موجود خود را اصلاح می‌کند یا به دانش جدیدی دست می‌یابد. جزئیات این فرآیند در بخش‌های بعد در قالب الگوهای سطح دو تجرید تشریح می‌شود. در ادامه این بخش، هر یک از اجزای تشکیل‌دهنده الگوی یادگیری در سطح یک تجرید معرفی می‌گردند.

اجزای تشکیل‌دهنده این مدل عبارتند از:

"یادگیری": نشان‌دهنده یادگیری به‌عنوان یک مفهوم در مدل است. قراردادن آن به‌صورت مشخص در مدل، موجب وضوح مفهومی است که مورد تحلیل قرار می‌گیرد.

"نقش": نشان‌دهنده نقشی است که عمل یادگیری را انجام می‌دهد. در یک دیدگاه مجرد این نقش می‌تواند یک فرد، یک عامل یا یک سازمان باشد. در این تحقیق به‌صورت مشخص منظور از نقش، یک عامل یادگیر است. جزئیات این الگو در بخش ۴-۱ ارائه شده است.

"نقد": نشان‌دهنده ارزیابی است که بر روی فرآیند یادگیری صورت می‌گیرد. نقش از این نقد استفاده می‌کند و بر اساس بازخوردی که از

Archive of SID
www.SID.ir

منتقد می‌گیرد، می‌تواند خود را ارزیابی نموده و دانش خود را اصلاح نماید. بر اساس نقد، نقش می‌تواند مشخص نماید که چگونه اعمال او باید تغییر کنند تا در آینده به‌صورت بهتری عمل نماید. جزئیات این الگو در بخش ۴-۲ ارائه شده است.

"محیط": نشان‌دهنده فضایی است که یادگیری در آن توسط نقش انجام می‌شود. کیفیت یادگیری عامل به میزان زیادی به طبیعت محیط بستگی دارد. این الگو، محیط و همه اجزایی از آن که در فرآیند یادگیری تأثیرگذار هستند را نشان می‌دهد. جزئیات این الگو در بخش ۴-۳ ارائه شده است.

"دانش": نشان‌دهنده دانشی است که در فرآیند یادگیری حاصل می‌شود. این دانش شامل دانشی است که بر اساس نقدها تولید یا اصلاح می‌شود و توسط نقش مورد استفاده قرار می‌گیرد. معمولاً کسب دانش هدف نهایی هر فرآیند یادگیری است. بنابراین این الگو موضوع مهمی در فرآیند تحلیل یادگیری محسوب می‌گردد. جزئیات این الگو در بخش ۴-۴ ارائه شده است.

پیامدها: عبارتند از:

- مدل‌سازی قابلیت یادگیری نقش با استفاده از الگوی تحلیل پایای یادگیری موجب می‌شود که مضمون‌های پایای مرتبط با قابلیت یادگیری در تحلیل در نظر گرفته شود. بدین ترتیب مزایای حاصل از اعمال مدل پایای نرم‌افزار (از جمله سطوح مختلف تجرید، انتقال ارتباط‌ها به سطوح بالاتر تجرید، پایایی مدل و کاهش تغییرات در سطوح بالاتر) در تحلیل سیستم با استفاده از الگو حاصل می‌شود.
- مدل در بر گیرنده مضمون‌های مانای مرتبط با قابلیت یادگیری است و برای تحلیل هر یک از آنها و تعیین اشیای تجاری مرتبط لازم است الگوهای مرتبط (الگوی نقش، الگوی دانش، الگوی محیط و الگوی نقد) مورد استفاده قرار گیرند.
- مدل ارائه‌شده در الگو به قابلیت یادگیری نقش می‌پردازد و استفاده از آن به تنهایی یک مدل جامع برای تحلیل عامل ایجاد نمی‌کند. به عبارت دیگر، این الگو باید پس از تحلیل نقش و برای افزودن مفاهیم مرتبط با قابلیت یادگیری نقش مورد استفاده قرار گیرد.
- استفاده از الگوی تحلیل پایای یادگیری و الگوهای مرتبط ممکن است باعث پیچیده‌شدن مدل مفهومی سیستم گردد، زیرا علاوه بر اشیای تجاری، مضمون‌های تجاری مانا و اشیای تجاری نیز در مدل در نظر گرفته می‌شوند.

الگوهای مرتبط: عبارتند از: **الگوی نقش، الگوی محیط، الگوی دانش و الگوی نقد:** که برای مدل‌سازی اجزای الگو با جزئیات بیشتر به‌کار می‌روند.

الگوی معماری یادگیری: در مرحله طراحی، می‌توان از مدل مفهومی حاصل از الگوی تحلیل پایای یادگیری به‌عنوان خروجی تحلیل و ورودی طراحی استفاده کرد. برای طراحی معماری عامل می‌توان از الگوی معماری یادگیری [۱۲] برای طراحی یادگیری به‌عنوان یکی از جنبه[1]های معماری عامل استفاده کرد.

الگوی طراحی یادگیری: همچنین می‌توان از الگوی طراحی یادگیری [۱۱] برای تعیین کلاس‌های طراحی مرتبط، ویژگی‌ها و متدهای مورد نیاز به‌عنوان یک راهنمای تکمیلی برای طراحی قابلیت یادگیری استفاده کرد.

1. Aspect

۴- مجموعه الگوهای مرتبط: سطح ۲ تجرید

چنانچه در بخش قبل نشان داده شد، الگوی پایای یادگیری از مضمون‌های مانایی تشکیل شده است که در بالاترین سطح تجرید قابلیت یادگیری را مدل می‌نمایند. هر یک از این مضمون‌های مانا، خود الگوهای مستقلی هستند که سطح ۲ تجرید را تشکیل می‌دهند و جزئیات بیشتری از مدل یادگیری در ارتباط با هر یک از مضمون‌های تجاری مانا تشکیل‌دهنده سطح ۱ تجرید ارائه می‌نمایند. در این بخش، این الگوها به‌صورت کامل تشریح می‌گردند. الگوهای سطح ۲، الگوهای مستقلی هستند که می‌توانند در تحلیل سایر قسمت‌های سیستم به‌صورت مستقل به کار روند یا در صورتی که به همراه الگوهای سطح ۱ به کار روند، جزئیات بیشتری از یادگیری را به مدل می‌افزایند. با توجه به این که همه این الگوها به نوعی به یادگیری مرتبط هستند، در برخی قسمت‌ها اشتراکاتی میان آنها وجود دارد. برای حفظ استقلال توصیف الگو در قالب انتخاب‌شده، هر یک از این الگوها به‌صورت کامل و با حفظ این بخش‌های مشترک تشریح شده است.

در ادامه این بخش، هر یک از این الگوهای سطح ۲ شامل الگوی نقش، الگوی نقد، الگوی محیط و الگوی دانش تشریح می‌گردند.

۴-۱ الگوی نقش

بنا بر الگوی تحلیل پایای یادگیری که در بخش ۳ معرفی گردید، نقش به‌عنوان یک مفهوم پایا در فرآیند یادگیری مطرح است که بیانگر یادگیرنده در این فرایند است. با بررسی معیارهای معرفی‌شده برای دسته‌بندی مفاهیم در مدل پایای نرم‌افزار [۱۵]، می‌توان دریافت که نقش یک مفهوم پایا، تغییرناپذیر، ضمنی، بنیادی، ناملموس و عمومی در یادگیری است. بنابراین نقش به‌عنوان یک مضمون تجاری مانا در یادگیری محسوب می‌شود. در ادامه، الگوی نقش بر اساس قالب معرفی‌شده در جدول ۱ توصیف می‌گردد.

زمینه: یک سیستم مبتنی بر عامل که در آن نقش هدف (یا اهداف) مشخصی دارد و دستیابی به هدف بدون یادگیری امکان‌پذیر نیست یا یادگیری موجب می‌شود که دستیابی به هدف در زمان کمتر یا با کیفیت بهتری صورت گیرد.

مسأله: چگونه مدلی مفهومی از یک نقش یادگیر بسازیم به‌طوری که این مدل بتواند برای تحلیل یادگیری نقش‌های مختلف مورد استفاده قرار گیرد (چه موضوعاتی از یک نقش یادگیر باید مورد تحلیل قرار گیرد؟)

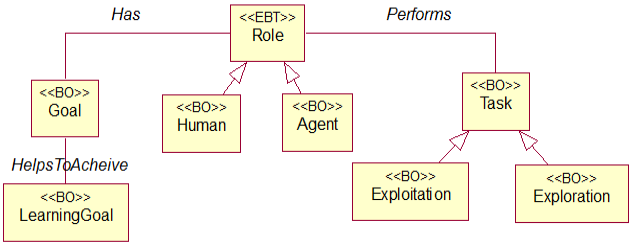
الزامات: عبارتند از:

- نقش در زمان تحلیل می‌تواند بیانگر موجودیت‌های مختلف در دامنه مسأله مانند یک عامل، یک انسان یا یک سازمان باشد. قابلیت یادگیری هر یک از این موجودیت‌ها با یکدیگر متفاوت است و مدل ارائه‌شده باید انواع یادگیری را در بر بگیرد.
- نقش می‌تواند یک یا چند هدف داشته باشد که گاهی با یکدیگر در تضاد هستند. وجود یک یا چند هدف مختلف (که ارزش‌های متفاوتی دارند)، موجب می‌شود که تعریف هدف یادگیری پیچیده‌تر شده، گاهی یک یا چند هدف یادگیری برای نقش تعریف گردد.

راه حل: نقش می‌تواند یک فرد، یک سازمان یا یک عامل باشد، اگرچه در این تحقیق به‌صورت مشخص، تمرکز بر روی یک عامل یادگیرنده است. از آنجا که نقش دارای هدف مشخصی است و در فرآیند یادگیری مورد تحلیل قرار می‌گیرد، لازم است نوع خاصی از هدف با عنوان "هدف یادگیری" نیز برای آن مشخص شود. نقش همچنین می‌تواند اعمالی را انجام دهد که او را برای رسیدن به هدف یاری نمایند. این اعمال هم در

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۵: مدل تحلیل نقش.

جهت رسیدن به اهداف عمومی عامل و هم در جهت رسیدن به اهداف یادگیری صورت می‌پذیرند. شکل ۵ مدل تحلیل نقش را نشان می‌دهد. در ادامه هر یک از اجزای تشکیل‌دهنده این الگو و اهمیت آنها در تحلیل قابلیت یادگیری ارائه می‌گردد.

اجزای تشکیل‌دهنده این مدل عبارتند از:

نقش: نشان‌دهنده نقشی است که قابلیت یادگیری آن مورد تحلیل قرار می‌گیرد. نقش یک مضمون تجاری مانا در یادگیری است بنابراین به‌عنوان یک کلاس EBT در مدل در نظر گرفته می‌شود. نقش می‌تواند انسان، سازمان یا یک عامل باشد که به‌عنوان مفاهیم Concrete و در قالب اشیای تجاری در مدل بازنمایی می‌شوند.

هدف: بیان‌کننده هدف (یا اهدافی) است که عامل مسئول دستیابی به آن است. تعیین هدف معمولاً به‌عنوان اولین مرحله از فعالیت‌های تحلیل نقش در متدولوژی‌های مبتنی بر عامل از قبیل Gaia، MaSE و Tropos در نظر گرفته می‌شود. قابلیت یادگیری معمولاً یکی از تکنیک‌هایی است که عامل را در دستیابی به هدف یاری می‌نماید. بنابراین نوع یادگیری مورد نظر عامل، بسیار به هدفی که در جهت دستیابی به آن است، مرتبط است.

وظایف: نشان‌دهنده وظایفی است که عامل باید قابلیت انجام آن را داشته باشد. این وظایف می‌توانند وظایفی باشند که عامل برای رسیدن به هدف باید انجام دهد. همچنین می‌توانند نشان‌دهنده وظایفی باشند که به علت افزودن قابلیت یادگیری به عامل باید به وظایف عامل اضافه شوند. بنابراین اثرات وظیفه و یادگیری یک رابطه دوطرفه است. برای تعیین وظایف عامل لازم است دو رویکرد مختلف اعمال گردد. از یک طرف باید وظایفی که عامل برای رسیدن به هدف باید در نظر گیرد مشخص شود، سپس تعیین شود که برای دستیابی به هدف، قابلیت یادگیری چه تأثیری بر روی دستیابی به هدف و اجرای بهتر وظیفه خواهد داشت. بدین ترتیب قابلیت‌های یادگیری مورد نظر عامل مشخص می‌شود. از طرف دیگر، باید مشخص کرد که برای یادگیری در هر یک از حوزه‌های مورد نظر (انواع مختلف یادگیری)، چه وظایفی باید به عامل تخصیص داده شود.

معمولاً اعمالی که یک نقش در زمان یادگیری انجام می‌دهد، به دو دسته اصلی تقسیم می‌شود. ۱) مجموعه اعمالی که با هدف کسب تجربه و اغلب به‌صورت تصادفی از میان مجموعه اعمال مجاز انتخاب می کند و نتایج آنها را برای کسب دانش و تجربه به‌کار می‌بندد. این اعمال در مدل به‌عنوان Exploration مدل شده‌اند. ۲) مجموعه اعمالی که با هدف استفاده از دانش و تجربه کسب شده و جهت بهبود کارایی صورت می‌گیرد. این اعمال در مدل به‌عنوان Exploitation نمایش داده شده است. اغلب یادگیرنده در زمان یادگیری از ترکیبی از این اعمال استفاده می‌کند. در شروع یادگیری بیشتر اعمال خود را بر اساس Exploration انتخاب می‌کند اما پس از گذشت زمان از آن، Exploitation وزن بیشتری در انتخاب عمل خواهد داشت.

هدف یادگیری: مشخص‌کننده تأثیر یادگیری در نحوه دستیابی عامل به هدف است. به عبارت دیگر، مشخص‌کننده بهبودی است که با استفاده از قابلیت یادگیری در معیار کارایی سیستم اتفاق می‌افتد. همچنین مشخص می‌کند که این بهبود در چه بازه زمانی برای عامل محقق خواهد شد. این معیار بر وظایف عامل و المان‌های یادگیری عامل اثرگذار است و خود از هدف عامل، معیار کارایی، داده‌های ورودی و کیفیت آنها، نوع بازخورد موجود برای عامل، اعمالی که عامل می‌تواند انجام دهد، دانش قبلی موجود برای عامل و کیفیت آن اثر می‌پذیرد.

پیامدها: عبارتند از:

- استفاده از این الگو در تحلیل عامل (به‌عنوان نمونه در مرحله تحلیل متدولوژی‌های مبتنی بر عامل مانند Gaia، MaSE و Tropos که در آن هدف و وظایف عامل مشخص می‌گردد) موجب می‌شود که مفاهیم و ویژگی‌های یادگیری در تحلیل نقش در نظر گرفته شوند.
- مدل‌سازی نقش با استفاده از این الگو موجب می‌شود که مضمون مانای نقش و اشیای تجاری مرتبط با آن، در تحلیل در نظر گرفته شود. بدین ترتیب مزایای حاصل از اعمال مدل پایای نرم‌افزار (از جمله سطوح مختلف تجرید، انتقال ارتباطها به سطوح بالاتر تجرید، پایایی مدل و کاهش تغییرات در سطوح بالاتر) در تحلیل سیستم با استفاده از این الگو حاصل می‌شود.
- الگو فقط به قابلیت یادگیری نقش می‌پردازد و استفاده از آن به تنهایی یک مدل جامع برای تحلیل نقش ایجاد نمی‌کند. به عبارت دیگر، این الگو باید پس از تحلیل نقش و در صورت نیاز به قابلیت یادگیری، برای افزودن مفاهیم مرتبط با قابلیت یادگیری نقش مورد استفاده قرار گیرد.
- در نظر گرفتن کلاس‌ها در سه سطح مختلف تجرید برای مدل‌سازی نقش ممکن است باعث پیچیده‌شدن مدل مفهومی سیستم گردد.

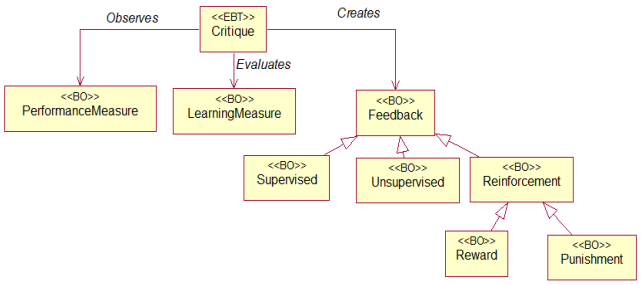
الگوهای مرتبط: عبارت است از:

الگوی تحلیل پایای یادگیری: الگویی است که در بالاترین سطح تجرید (سطح ۱) مضمون‌های تجاری مانا را مدل می‌کند. الگوی نقش می‌تواند به‌عنوان یک الگوی مستقل به کار رود یا به همراه الگوی تحلیل پایای یادگیری، برای افزایش جزئیات نقش در مدل مورد استفاده قرار گیرد.

۴-۲ الگوی نقد

مطابق با سطح ۱ تجرید در الگوی تحلیل یادگیری، نقد به‌عنوان یکی از مفاهیم پایا برای مدل‌سازی قابلیت یادگیری در نظر گرفته شده است. در حین فرآیند یادگیری می‌توان از نقدی که بر عملکرد یادگیرنده صورت می‌گیرد، استفاده نمود و دانش را اصلاح کرد. بنابراین نقد اثر به‌سزایی در فرآیند یادگیری دارد. بر اساس بازخوردی که برای نقش فراهم می‌شود، می‌توان بر اساس معیارهای مشخص که برای کارایی یادگیرنده در نظر گرفته شده است، میزان یادگیری نقش را نیز ارزیابی نمود. بازخوردی که برای عامل در محیط قابل دریافت است یکی از عامل‌های مهم و تأثیرگذار در انتخاب الگوریتم یادگیری است. به همین علت لازم است در مرحله تحلیل مورد توجه قرار گیرد. با تعیین معیارهای دسته‌بندی مفاهیم در مدل پایای نرم‌افزار [۱۵]، می‌توان دریافت که نقد یک مفهوم پایا، تغییرناپذیر، ضمنی، بنیادی، ناملموس و عمومی در یادگیری است. بنابراین به‌عنوان یک مضمون تجاری مانا در یادگیری در نظر گرفته شده است. در ادامه، الگوی نقد بر اساس قالب معرفی‌شده در جدول ۱ توصیف می‌گردد.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۶ مدل تحلیل نقد.

زمینه: یک سیستم مبتنی بر عامل که در آن نقش باید در حین یادگیری، کارایی خود را در هنگام انجام کارها بر اساس بازخوردهایی که دریافت می‌کند، بهبود بخشد.

مسأله: چگونه مدلی از نقد در فرآیند یادگیری بسازیم به‌طوری که این مدل بتواند برای تحلیل انواع نقد در روش‌های مختلف یادگیری برای یک عامل مورد استفاده قرار گیرد؟

الزامات: عبارتند از:

- انواع مختلفی از بازخورد در فرآیند یادگیری می‌توان از محیط اطراف دریافت کرد. مدل ارائه‌شده باید همه انواع این نقدها را در بر گیرد.
- نقش باید با استفاده از بازخوردی که در هنگام نقد دریافت می‌کند، عملکرد خود را ارزیابی نموده و آن را مبنایی برای بهبود عملکرد خود قرار دهد. روش و معیار ارزیابی باید در مرحله تحلیل مورد توجه قرار گیرد.

راه حل: نقد انواع مختلفی از بازخوردها را برای یادگیرنده ایجاد می‌کند. این بازخوردها می‌توانند "باسرپرست"، "بدون سرپرست"یا "تقویتی" باشند. در یادگیری تقویتی این بازخوردها به شکل "پاداش" و "تنبیه" به یادگیرنده ارائه می‌شوند. به‌منظور ارزیابی عملکرد خود، در نقد باید معیار ارزیابی مشخص و از پیش تعیین شده‌ای داشت و بر اساس آن مشخص نمود که یادگیری چه تأثیری بر روی عملکرد عامل داشته است. شکل ۶ مدل تحلیل نقد را نشان می‌دهد. در ادامه هر یک از اجزای تشکیل‌دهنده این الگو و اهمیت آنها در تحلیل قابلیت یادگیری ارائه می‌گردد.

اجزای تشکیل‌دهنده این مدل عبارتند از:

بازخورد: نوع بازخوردی که در فرآیند یادگیری وجود دارد و برای نقش قابل دریافت است را مشخص می‌کند. بازخورد می‌تواند یکی از انواع "با سرپرست"، "بدون سرپرست" یا "تقویتی" باشد که نوع تقویتی آن در سیستم‌های مبتنی بر عامل متداول‌تر است.

معیار کارایی: مشخص‌کننده معیاری است که برای موفقیت رفتار یک نقش در دستیابی به هدف تعیین می‌شود. معیار کارایی بر اساس هدفی که نقش در جهت دستیابی به آن است، تعیین می‌شود. معیار کارایی باید معیاری ثابت و تعیین‌شده باشد تا امکان ارزیابی عملکرد عامل با گذشت زمان وجود داشته باشد.

معیار یادگیری: مشخص‌کننده معیاری است که برای موفقیت یادگیری نقش تعیین می‌شود. معیار یادگیری، اغلب بر اساس معیار کارایی عامل تعیین می‌شود، بدین ترتیب که نقش بر اساس بازخوردی که از محیط می‌گیرد، به اصلاح عملکرد خود می‌پردازد. این عملکرد، بعد از گذشت مدت زمانی از یادگیری و کسب تجربه توسط نقش، بهبود می‌یابد و معیار کارایی عامل افزایش پیدا می‌کند. تغییرات این معیار کارایی، در یک بازه زمانی و تحت شرایط یکسان، بیانگر معیار یادگیری نقش است.

پیامدها: عبارتند از:

- مدل‌سازی نقد در فرآیند یادگیری با استفاده از این الگو موجب می‌شود که مضمون مانای نقد و اشیای تجاری مرتبط با آن، در تحلیل در نظر گرفته شود. بدین ترتیب مزایای حاصل از اعمال مدل پایای نرم‌افزار (از جمله سطوح مختلف تجرید، انتقال ارتباط‌ها به سطوح بالاتر تجرید، پایایی مدل و کاهش تغییرات در سطوح بالاتر) در تحلیل سیستم با استفاده از این الگو، حاصل می‌شود.
- در نظر گرفتن کلاس‌ها در سه سطح مختلف تجرید برای مدل‌سازی نقش ممکن است باعث پیچیده‌شدن مدل مفهومی سیستم گردد.

الگوهای مرتبط: عبارت است از:

الگوی تحلیل پایای یادگیری: الگویی است که در بالاترین سطح تجرید (سطح ۱) مضمون‌های تجاری مانا را مدل می‌کند. الگوی نقد می‌تواند به‌عنوان یک الگوی مستقل به کار رود یا به همراه الگوی تحلیل پایای یادگیری، برای افزایش جزئیات مدل نقد در یک مدل کلی‌تر مورد استفاده قرار گیرد.

۴-۳ الگوی محیط

در الگوی تحلیل پایای یادگیری، محیط یکی از مضمون‌های مانای یادگیری است. ویژگی‌های محیطی که نقش در آن عمل می‌کند، یکی از عوامل مؤثر در انتخاب روش یادگیری (که در مرحله طراحی الگوریتم یادگیری نامیده می‌شود) است. بنابراین طراحی یک عامل کارا، نیاز به بررسی دقیق ویژگی‌های محیطی دارد که عامل در آن عمل می‌کند. بدین علت، تحلیل ویژگی‌های محیط به‌عنوان قسمتی از مدل مفهومی یادگیری، حائز اهمیت است. در ادامه، الگوی محیط بر اساس قالب معرفی‌شده در جدول ۱ توصیف می‌گردد.

زمینه: یک سیستم مبتنی بر عامل که در آن نقش در محیط قرار می‌گیرد و باید یادگیری داشته باشد. این یادگیری در محیط و بر اثر تعاملاتی که میان عامل و محیط (یا اجزای آن) رخ می‌دهد، صورت می‌گیرد.

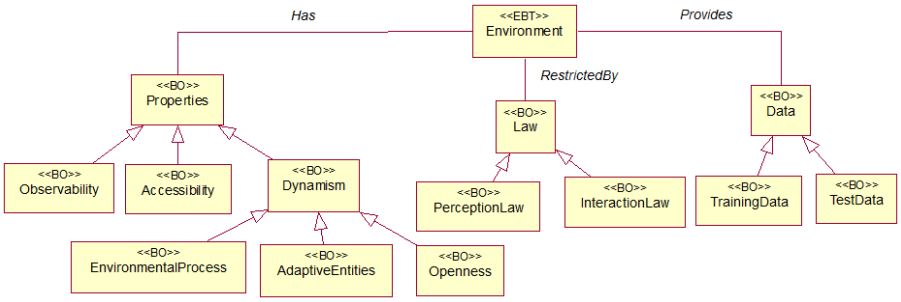
مسأله: چگونه مدلی از محیط بسازیم به‌طوری که این مدل بتواند برای تحلیل یادگیری عامل در دامنه‌های مختلف مورد استفاده قرار گیرد؟

الزامات: عبارتند از:

- محیط‌های مختلف در دامنه‌های مختلف، ویژگی‌های متفاوتی دارند. اما تنها برخی از این ویژگی‌ها در تحلیل یادگیری و انتخاب روش طراحی مناسب آن مؤثر است. مدل ارائه‌شده باید امکان بازنمایی انواع مختلف این محیط‌ها (و ویژگی‌های مشترک آنها) را داشته باشد.
- ممکن است محیط واقعی با محیطی که برای سیستم تعریف می‌شود، متفاوت باشد. بنابراین باید محدودیت‌ها و مفروضات محیط در نظر گرفته شود.
- اغلب موجودیت‌های مختلفی در محیط وجود دارند که با یادگیرنده در تعامل هستند. اثر این موجودیت‌ها در فرآیند یادگیری و داده‌هایی که برای عامل تأمین می‌کنند، باید در زمان تحلیل در نظر گرفته شده باشد.

راه حل: آنچه از محیط در فرآیند یادگیری مهم است، ویژگی‌های آن، قوانین مهم و داده‌هایی است که از محیط دریافت می‌شود و در فرآیند یادگیری مورد استفاده قرار می‌گیرد. ویژگی‌های محیط از قبیل پویایی یا ایستایی، قطعی یا غیر قطعی بودن، قابلیت دسترسی و قابلیت مشاهده عواملی هستند که می‌توانند اطلاعات مورد نیاز را در مدل بازنمایی کنند.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۷: مدل تحلیل محیط.

اطلاعاتی که برای طراح سیستم، شواهد کافی برای انتخاب الگوریتم مناسب یادگیری فراهم می‌نماید. داده‌ها و نحوه تقسیم آنها به داده‌های تست و داده آموزشی از دیگر مسایل حائز اهمیت در یادگیری است که به محیط مرتبط است. شکل ۷ مدل تحلیل محیط را نشان می‌دهد. در ادامه هر یک از اجزای تشکیل‌دهنده این الگو و اهمیت آنها در تحلیل قابلیت یادگیری ارائه می‌گردد. اجزای تشکیل‌دهنده این مدل عبارتند از:

محیط: نشان‌دهنده محیطی است که یادگیرنده در آن قرار می‌گیرد. محیط یک مضمون تجاری مانا برای یادگیری است. بنابراین به‌عنوان یک کلاس EBT در مدل در نظر گرفته شده است.

ویژگی‌ها: در حالت کلی ویژگی‌های محیط تأثیر بسیار مهمی در طراحی و انتخاب تکنیک‌های پیاده‌سازی یک عامل دارد [۲۴]. از میان این ویژگی‌ها، مجموعه خصوصیات محیط که در یادگیری حائز اهمیت هستند، عبارتند از: **قابلیت مشاهده:** اگر یک عامل بتواند محیط را به‌صورت کامل در همه زمان‌ها ببیند، گفته می‌شود که محیط به‌صورت کامل برای آن قابل مشاهده است. در چنین محیطی همه جنبه‌هایی که می‌توانند موضوع یادگیری باشند (یا داده‌های مرتبط با یادگیری را فراهم نمایند) در دسترس عامل خواهد بود. از طرف دیگر بخشی از محیط می‌تواند برای عامل قابل مشاهده باشد، به این علت که امکان دریافت نوع خاصی از داده‌ها برای عامل وجود نداشته باشد. تعیین میزان قابلیت مشاهده محیط به تحلیل‌گر سیستم کمک می‌کند تا داده‌هایی که در دسترس عامل قرار دارند را به‌صورت بهتر و کامل‌تری تعریف نماید. **قابلیت دستیابی:** عامل باید بتواند به ساختارهای مختلف محیط مانند منابع، سرویس‌ها و در برخی موارد وضعیت داخلی عامل‌های دیگر دسترسی داشته باشد. تحلیل قابلیت دستیابی محیط برای عامل به تحلیل‌گر کمک می‌کند که تشخیص دهد چه منابعی برای عامل قابل دسترسی هستند و داده‌هایی که می‌توانند در اختیار عامل قرار گیرند را به‌صورت دقیق‌تری تعریف نماید.

اگر در هنگام یادگیری نیاز به دسترسی به برخی منابع اطلاعاتی وجود داشته باشد، باید وظایف پیمایشی[1] برای عامل تعریف شود تا امکان دسترسی به منابع لازم برای عامل وجود داشته باشد.

پویایی: پویایی محیط یکی از عوامل بسیار مؤثر در روش یادگیری آن است. بنابراین باید در هنگام تحلیل اطلاعات مرتبط با پویایی محیط برای مراحل بعدی فرآیند تولید نرم‌افزار، فراهم شود. سه منبع اصلی پویایی محیط عبارتند از [۲۴]: **فرآیندهای محیط:** که بیانگر فرآیندهایی هستند که به‌صورت مستقل از عامل در محیط رخ می‌دهد. **موجودیت‌های قابل تطبیق:** در یک محیط چندعامله که سایر عامل‌ها رفتار خود را تغییر می‌دهند، محیط دیگر نمی‌تواند ایستا باشد و قوانین مارکوف در چنین محیطی دیگر صادق نیست [۲۵]. به همین علت باید در زمان تحلیل ویژگی‌های سایر عامل‌ها (مانند امکان تغییر رفتار آنها بر اساس فرآیندهایی مانند یادگیری در آنها) در محیط مشخص گردد. **بازبودن:** در یک محیط باز عامل‌های دیگر می‌توانند به محیط اضافه شوند یا از آن کم شوند. یک محیط باز خود فاکتور دیگری برای پویایی محیط ایجاد می‌کند. بنابراین برای تحلیل محیط یک عامل یادگیر، باید مشخص گردد که آیا محیط برای عامل باز در نظر گرفته می‌شود یا خیر.

قوانین: بیانگر محدودیت‌های خاص برنامه کاربردی بر روی محیط است. این قوانین می‌توانند محدودیت‌هایی بر روی مشاهدات و تعاملات عامل داشته باشند. این قوانین ممکن است موجب محدودیت دسترسی به داده‌هایی شوند که در محیط موجود است اما به علت ملاحظات خاص در برنامه کاربردی، امکان دستیابی به آنها وجود ندارد. این قوانین می‌توانند بر روی مشاهدات عامل از محیط (قوانین مشاهده) و تعامل آن با سایر اجزا (قوانین تعامل) اعمال شوند.

داده: داده خامی که از محیط (و همه اجزای آن) برای عامل قابل دریافت است را مشخص می‌کند. این داده‌ها ورودی‌هایی هستند که یادگیری عامل بر اساس آنها صورت می‌گیرد. بنابراین نقش مهمی در فرآیند یادگیری دارند و لازم است میزان، زمان دستیابی به آنها و کیفیت آنها در مرحله تحلیل مشخص گردد. به‌ویژه کیفیت داده معیار مهمی برای تصمیم‌گیری درباره انتخاب الگوریتم یادگیری است و انتظاراتی که از یادگیری یک عامل می‌توان داشت شدیداً به کیفیت داده ورودی آن وابسته است. از جمله ویژگی‌هایی که در کیفیت داده حائز اهمیت است، صحت داده ورودی و موارد استثنایی است که در داده‌های ورودی رخ می‌دهد، بنابراین یکی از معیارهای مهم در تعیین معیار یادگیری خواهد بود. داده تست و داده یادگیری انواع مختلفی از داده هستند که باید در مرحله تحلیل مورد توجه قرار گیرند. در ارتباط با موضوع داده‌ها، دسته‌بندی آنها به داده آموزشی و داده تست، موضوع دیگری است که باید مورد توجه قرار گیرد.

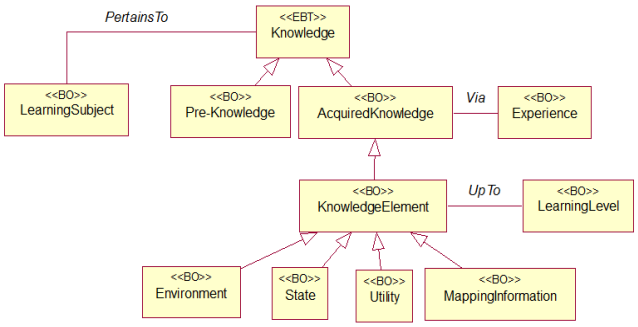
پیامدها: عبارتند از:

- مدل‌سازی محیط در فرآیند یادگیری با استفاده از این الگو موجب می‌شود که مضمون مانای محیط و اشیای تجاری مرتبط با آن، در تحلیل در نظر گرفته شود. بدین ترتیب مزایای حاصل از اعمال مدل پایای نرم‌افزار (از جمله سطوح مختلف تجرید، انتقال ارتباط‌ها به سطوح بالاتر تجرید، پایایی مدل و کاهش تغییرات در سطوح بالاتر) در تحلیل سیستم با استفاده از این الگو حاصل می‌شود.
- الگو فقط به مدل‌سازی عوامل مؤثر در محیط برای قابلیت یادگیری نقش می‌پردازد و استفاده از آن به تنهایی یک مدل جامع برای تحلیل محیط ایجاد نمی‌کند. به عبارت دیگر، این الگو باید پس از تحلیل محیط با استفاده از روش‌های موجود مانند [۲۴]، [۲۶] و [۲۷] و برای در نظر گرفتن تحلیل مفاهیم مرتبط با قابلیت یادگیری مورد استفاده قرار گیرد.

1. Exploration Task

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۸: مدل تحلیل دانش.

– در نظر گرفتن کلاس‌ها در سه سطح مختلف تجرید برای مدل‌سازی نقش ممکن است باعث پیچیده‌شدن مدل مفهومی سیستم گردد.

الگوهای مرتبط: عبارت است از:

الگوی تحلیل پایای یادگیری: الگویی است که در بالاترین سطح تجرید (سطح ۱) مضمون‌های تجاری مانا را مدل می‌کند. الگوی محیط می‌تواند به‌عنوان یک الگوی مستقل به کار رود یا به همراه الگوی تحلیل پایای یادگیری، برای افزایش جزئیات مدل محیط در یک مدل کلی‌تر مورد استفاده قرار گیرد.

۴-۴ الگوی دانش

معمولاً اکتساب یا اصلاح دانش هدف اصلی هر فرآیند یادگیری است. به همین علت، دانش به‌عنوان یکی از مضمون‌های تجاری مانا در فرآیند یادگیری در سطح ۱ تجرید در نظر گرفته شده است. استفاده از دانش اکتسابی موجب می‌شود که یادگیرنده کارایی خود را افزایش داده و با کیفیت بهتری اعمال خود را انجام دهد. دانش یک مفهوم پایا، تغییرناپذیر، ضمنی، بنیادی، ناملموس و عمومی در یادگیری است. بنا بر معیارهای تعیین‌شده برای دسته‌بندی مفاهیم در مدل پایای نرم‌افزار [۱۵]، دانش به‌عنوان یک مضمون تجاری مانا در یادگیری محسوب می‌شود. در ادامه، الگوی دانش بر اساس قالب معرفی‌شده در جدول ۱ توصیف می‌گردد.

زمینه: یک سیستم مبتنی بر عامل که در آن دانش نقش کامل نیست و لازم است در حین فرایند یادگیری با کسب تجربه، بهبودهایی در آن صورت گیرد.

مسأله: چگونه مدلی مفهومی از دانش نقش در حین فرآیند یادگیری بسازیم، به‌طوری که این مدل بتواند برای تحلیل انواع دانش در فرآیند یادگیری مورد استفاده قرار گیرد؟

الزامات: عبارتند از:

– عامل می‌تواند در هنگام آغاز به کار دانش اولیه‌ای به‌صورت تعبیه‌شده داشته باشد یا بدون دانش انجام کارها را آغاز کند.
– این امکان برای نقش وجود دارد که با انجام اعمال مختلف، به کسب تجربه و اکتساب دانش بپردازد یا دانش خود را کامل کند.
– کسب دانش در راستای برآوردن هدف (یا اهداف یادگیری) است.
– موضوعات مختلفی می‌توانند موضوع یادگیری عامل باشند. مدل ارائه‌شده باید امکان بازنمایی انواع المان‌های مورد یادگیری را داشته باشد.

راه حل: دانش عامل در حین یادگیری را می‌توان به دو دسته دانش اولیه و دانش اکتسابی تقسیم نمود. دانش اکتسابی معمولاً درباره موضوع یا موضوعات مشخصی است که برای دستیابی به هدف یادگیری مورد نیاز است. شکل ۸ مدل تحلیل دانش را نشان می‌دهد. در ادامه هر یک از اجزای تشکیل‌دهنده این مدل و اهمیت آنها در تحلیل قابلیت یادگیری ارائه می‌گردد. اجزای تشکیل‌دهنده این الگو عبارتند از:

دانش اولیه: دانش پایه‌ای که امکان قراردادن آن به‌صورت Built-in در عامل وجود دارد را نشان می‌دهد. در زمان تحلیل باید مشخص شود که چه نوع دانش اولیه‌ای برای عامل وجود دارد، این دانش از چه منابعی به‌دست می‌آید و کیفیت آن چگونه است.

دانش اکتسابی: نشان‌دهنده دانشی است که در حین فرآیند یادگیری توسط عامل کسب می‌شود. این دانش معمولاً در ارتباط با موضوع یا موضوعات مشخصی است که در مدل با عنوان موضوع یادگیری مشخص شده است. **موضوع یادگیری:** مشخص می‌کند که عامل بر روی چه موضوعاتی یادگیری خواهد داشت.

سطح یادگیری: سطح یادگیری که برای هر موضوع یادگیری مورد انتظار است را مشخص می‌کند. سطح یادگیری می‌تواند از به یاد آوردن اطلاعات (ساده‌ترین سطح یادگیری) تا یادگیری استنتاجی در سطح پایگاه دانش (پیچیده‌ترین سطح یادگیری) متغیر باشد. پیچیدگی سطح یادگیری بر اساس هدف یادگیری و معیار یادگیری مشخص می‌شود.

المان‌های یادگیری: مشخص می‌کند که چه قسمت‌هایی از عامل باید برای رسیدن به هدف یادگیری داشته باشند. به‌عبارت دیگر موضوع یادگیری را با توجه به این که چه اجزایی از عامل نیاز به یادگیری دارند، با جزئیات بیشتر مشخص می‌کند. المان‌های یادگیری می‌توانند شامل اجزای زیر باشند: **وضعیت:** نگاشت میان شرایط وضعیت فعلی و فعالیت‌ها و اهدافی که عامل در صدد دست‌یافتن به آن است. وضعیت‌هایی که رسیدن به آنها معیار کارایی عامل را حداکثر می‌کند. **محیط:** ویژگی‌های مرتبط با محیط بر اساس توالی مشاهدات عامل، اطلاعاتی درباره این که محیط اطراف چگونه تغییر می‌کند و نتایج اعمال عامل در محیط. **کارایی:** اطلاعات مرتبط با میزان مطلوب‌بودن وضعیتی که عامل در آن قرار دارد و اعمالی که انجام می‌دهد.

پیامدها: عبارتند از:

– مدل‌سازی دانش برای قابلیت یادگیری با استفاده از این الگو موجب می‌شود که مضمون‌های مانای مرتبط با دانش، در تحلیل در نظر گرفته شود. بدین ترتیب مزایای حاصل از اعمال مدل پایای نرم‌افزار (از جمله سطوح مختلف تجرید، انتقال ارتباطها به سطوح بالاتر تجرید، پایایی مدل و کاهش تغییرات در سطوح بالاتر) در تحلیل سیستم با استفاده از الگو حاصل می‌شود.
– الگو فقط به مدل‌سازی دانش برای قابلیت یادگیری نقش می‌پردازد و استفاده از آن به تنهایی یک مدل جامع برای تحلیل دانش ایجاد نمی‌کند. به‌عبارت دیگر، این الگو باید پس از تحلیل دانش برای تحلیل مفاهیم مرتبط با قابلیت یادگیری مورد استفاده قرار گیرد.
– در نظر گرفتن کلاس‌ها در سه سطح مختلف تجرید برای مدل‌سازی دانش ممکن است باعث پیچیده‌شدن مدل مفهومی سیستم گردد.

الگوهای مرتبط: عبارت است از:

الگوی تحلیل پایای یادگیری: الگویی است که در بالاترین سطح تجرید (سطح ۱) مضمون‌های تجاری مانا را مدل می‌کند. الگوی محیط می‌تواند به‌عنوان یک الگوی مستقل به کار رود یا به همراه الگوی تحلیل پایای یادگیری، برای افزایش جزئیات مدل نقد در یک مدل کلی‌تر مورد استفاده قرار گیرد.

Archive of SID
www.SID.ir

۵- تحلیل نرم‌افزار با به‌کارگیری مجموعه الگوهای یادگیری: دو مطالعه موردی

الگوهای تحلیل یادگیری، در مرحله تحلیل نیازمندی‌های نرم‌افزار مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای استفاده از این الگوها، فرض می‌شود یک رویکرد مبتنی بر عامل برای فرآیند مهندسی نیازمندی‌ها اعمال می‌شود. در مرحله اولیه تحلیل نیازمندی‌ها، نیازمندی‌های کارکردی و کیفی سیستم مبتنی بر عامل و هر یک از عامل‌ها مشخص می‌شود. در صورتی که یادگیری به‌عنوان نیازمندی عامل تعیین شده باشد، در مرحله بعد (تحلیل دیرهنگام نیازمندی‌ها)، از الگوهای تحلیل ارائه‌شده، برای مدل‌سازی مفهومی قابلیت یادگیری استفاده می‌شود.

استفاده از الگوهای تحلیل برای مدل‌سازی یک سیستم شامل سه مرحله اصلی است [۲۸]: ۱) بازیابی، ۲) انطباق و ۳) یک‌پارچه سازی. در مرحله بازیابی، تحلیل‌گر سیستم الگوهایی که به‌صورت بالقوه در دامنه مسأله قابل استفاده هستند را از میان الگوهای موجود انتخاب می‌نماید. این کار بر اساس بخش زمینه، مسأله و الزامات الگوها صورت می‌گیرد. سپس در مرحله انطباق، الگو را برای سیستمی که در حال تحلیل آن است، به کار می‌گیرد. این کار از طریق تعیین نمونه‌های هر یک از کلاس‌های مفهومی ارائه‌شده در الگو صورت می‌گیرد. در مرحله یکپارچه سازی، مدل‌های حاصل از انطباق الگوهای مختلف با یکدیگر ترکیب شده و مدل مفهومی سیستم ساخته می‌شود.

بر اساس مدل پایایی نرم‌افزار، مدل مفهومی سیستم شامل سه سطح تجرید است. سطوح ۱ و ۲ بر اساس الگوهای پایای تحلیل در مدل قرار می‌گیرند و برای سطح ۳، کلاس‌های اشیای صنعتی در دامنه مسأله تشخیص داده می‌شوند. به عبارت دیگر، در الگوهای پایای تحلیل نرم‌افزار به‌صورت خاص، در مرحله انطباق فقط نمونه‌های کلاس‌های اشیای تجاری الگو در دامنه مسأله مورد نظر مشخص می‌شوند و این کلاس‌ها به‌عنوان اشیای صنعتی مدل مفهومی سیستم به آن اضافه می‌شوند.

برای تشریح نحوه به‌کارگیری الگوهای پایای تحلیل یادگیری در دامنه‌های مختلف، در این قسمت دو سیستم نمونه، سیستم خرید و فروش الکترونیکی کتاب و عامل جستجوگر، به‌عنوان مطالعه موردی انتخاب و نحوه استفاده از الگوهای ارائه‌شده در هر یک از این سیستم‌ها تشریح شده است. جهت رعایت تنوع و نحوه استفاده از این الگوها در حوزه‌های متفاوت، این دو مثال از دو حوزه مختلف سیستم‌های مبتنی بر عامل انتخاب شده‌اند. سیستم خرید و فروش الکترونیکی کتاب یک سیستم چندعامله است که در آن عامل‌های مختلف خریدار و فروشنده وجود دارند که در آن عامل فروشنده دارای قابلیت یادگیری است. از طرف دیگر عامل جستجوگر یک سیستم تک‌عامله است که در آن برای بهبود عملکرد خود در پیمایش محیط، از قابلیت یادگیری استفاده می‌کند. در ادامه هر یک از این دو سیستم تشریح می‌گردند و مدل مفهومی قابلیت یادگیری برای هر یک ارائه می‌شود.

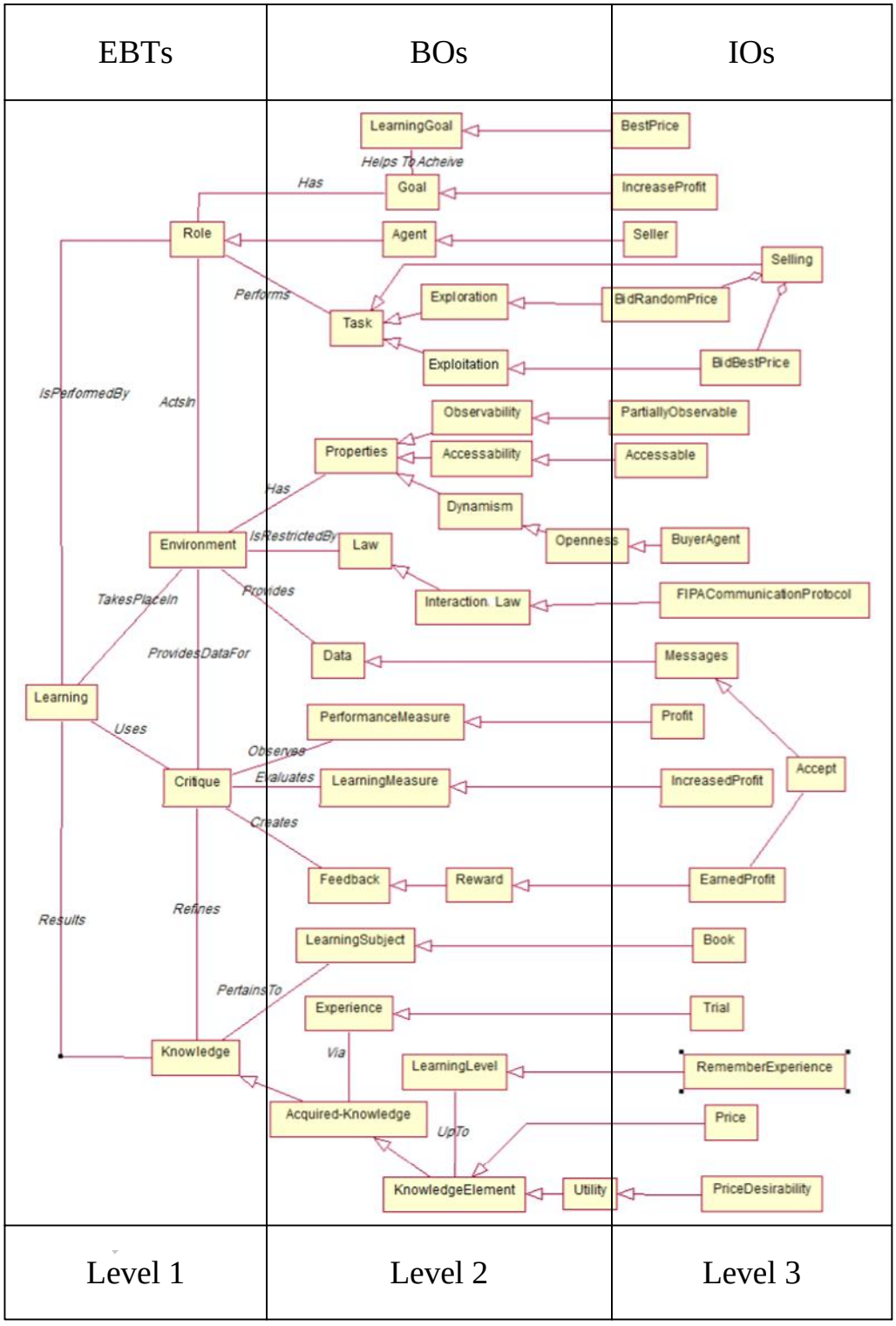
۵-۱ سیستم خرید و فروش الکترونیکی کتاب

سیستم خرید و فروش الکترونیکی کتاب، یک سیستم چندعامله است که در آن یک یا چند عامل خریدار و یک یا چند عامل فروشنده وجود دارند. هر عامل خریدار، عنوان کتاب مورد درخواست و حداکثر قیمت خرید آن را از کاربر دریافت می‌کند و به‌صورت متناوب درخواست خود را برای همه عامل‌های فروشنده‌ای که می‌شناسد، می‌فرستد تا پیشنهادی بیابد. به محض دریافت یک پیشنهاد از طرف یک فروشنده، در صورتی که قیمت فروشنده از حداکثر قیمت خرید کمتر باشد، خریدار درخواست خرید به فروشنده ارائه می‌نماید. اگر بیشتر از یک عامل فروشنده به‌صورت هم‌زمان پیشنهاد خرید ارائه نماید، عامل خریدار بهترین پیشنهاد (کمترین قیمت) را می‌پذیرد. هر عامل فروشنده، عنوان کتاب‌های موجود برای فروش، قیمت کتاب و بازه مجاز فروش را به‌عنوان ورودی دریافت می‌کند و کتاب را بر اساس قیمت فروش به خریدار پیشنهاد می‌نماید. در این سیستم فروشنده دارای قابلیت یادگیری است، به‌طوری که با توجه به پاسخ‌هایی که از سوی خریداران مختلف به قیمت پیشنهادی می‌یابد، بهترین قیمت فروش کتاب را می‌آموزد. وقتی عامل فروشنده کار خود را آغاز می‌کند، هیچ‌گونه اطلاعاتی راجع به خریداران بالقوه یا قیمت پیشنهادی آنها ندارد. فرآیند یادگیری به این صورت است که عامل فروشنده از طریق جمع‌آوری اطلاعات باید بیاموزد که چه قیمتی بهترین سود را برای او در پی خواهد داشت. بنابراین باید قیمت‌های مختلف را برای کتاب امتحان کند. بدین منظور، وقتی فروشنده یک درخواست از سوی خریداری دریافت می‌کند، می‌تواند بین دو گزینه انتخاب کند. یا به‌صورت تصادفی یک قیمت در محدوده مجاز انتخاب کند یا بر اساس اطلاعاتی که جمع‌آوری کرده، بهترین قیمتی که تاکنون بیشترین سود را برای او در برداشته، پیشنهاد نماید. در صورتی که خریدار قیمت را بپذیرد، سودی معادل تفاوت قیمت پایه و قیمت پیشنهادشده برای فروشنده به‌دست می‌آید. در حالی که رد قیمت توسط خریدار بدین معنی است که فرصتی برای فروش کتاب از دست رفته است. بدین ترتیب، عامل میزان مطلوب‌بودن این قیمت را در پایگاه دانش خود به‌روز رسانی می‌کند. عوامل مؤثر در این تصمیم، میزان مطلوب‌بودن قیمت قبلی و سودی است که با فروش کتاب به‌دست آمده است. پس از گذشت زمان مجاز برای یادگیری، مطلوب‌ترین قیمت از طرف عامل فروشنده به‌عنوان قیمت فروش کتاب در نظر گرفته می‌شود.

برای تحلیل قابلیت یادگیری عامل فروشنده با استفاده از الگوهای پایای تحلیل یادگیری، سه مرحله اصلی به شرح زیر است: ۱) در مرحله بازیابی با توجه به نیاز عامل فروشنده به قابلیت یادگیری، الگوهای یادگیری برای تحلیل عامل فروشنده انتخاب می‌شوند. ۲) در مرحله انطباق، نمونه‌های کلاس‌های اشیای تجاری در دامنه مسأله (که اینجا عامل فروشنده است)، به‌عنوان کلاس‌های اشیای صنعتی مشخص می‌شوند. بدین منظور بر اساس الگوی نقش، عامل به فروشنده، هدف به افزایش سود، هدف یادگیری به بهترین قیمت نمونه‌سازی می‌شوند. وظیفه عامل فروش کتاب است که از طریق دریافت درخواست قیمت و پیشنهاد قیمت انجام می‌شود. Exploitation در آن پیشنهاد بهترین قیمت و Exploration پیشنهاد قیمت‌های تصادفی است. مطابق با الگوی محیط، در این سیستم ویژگی‌های محیط تصادفی، تا حدودی قابل مشاهده و قابل دسترسی است. قوانین محدوده‌کننده، قوانین تعامل عامل با محیط است و داده‌هایی که یادگیری بر اساس آن انجام می‌شود، درخواست قیمت و پاسخی است که از طرف خریدار به پیشنهاد قیمت ارسال می‌شود. تعداد این داده‌ها معادل خریداران بالقوه در محیط است. زمان

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۹: مدل مفهومی یادگیری عامل فروشنده.

دریافت این داده‌ها، پس از مشخص‌شدن خریداران از طریق ارسال درخواست قیمت و پاسخ خریدار به پیشنهادهای عامل فروشنده است. این داده‌ها، درست و صحیح هستند (فرض شده است که میان خریدار و فروشنده اعتماد وجود دارد). بنابراین زمان یادگیری عامل شدیداً وابسته به تعداد خریداران مراجعه‌کننده به آن است. در الگوی نقد، معیار ارزیابی سود است. بازخورد از نوع تقویتی است که از طریق پاسخ به پیشنهاد قیمت دریافت می‌شود. پاداش، سود حاصل از فروش کتاب است. باید دقت کرد که با توجه به تعریفی که برای سیستم وجود دارد، جریمه‌ای در نظر گرفته نشده است. بنابراین کلاس جریمه در الگو در مدل قرار ندارد و نمونه‌سازی از آن نیز صورت نمی‌گیرد. معیار یادگیری افزایش سود در حال انجام کار است. در الگوی دانش، تجربه ۱۰۰ فرصتی است که برای سعی و خطا به عامل فروشنده داده می‌شود که با به یادسپاری تجارب درباره موضوع یادگیری کتاب، میزان مطلوب‌بودن قیمت را که نمونه‌ای از کاربرد در المان یادگیری است، به‌عنوان دانش اکتسابی به‌دست می‌آورد. ۳) در مرحله یک‌پارچه سازی، مدل‌های حاصل از انطباق الگوهای مختلف با هم ترکیب می‌شوند و مدل مفهومی یک‌پارچه عامل فروشنده تشکیل می‌شود.

شکل ۹ مدل مفهومی قابلیت یادگیری عامل فروشنده را بر اساس

www.SID.ir

الگوهای پایای تحلیل یادگیری نشان می‌دهد. برای درک این شکل، باید از سطوح بالاتر تجرید به سمت سطوح پایین‌تر حرکت کرد. ارتباط میان اجزا از طریق سطوح بالاتر تجرید تعیین می‌شوند. این شکل تشریح می‌کند که یادگیری برای نقشی است که یک عامل فروشنده است و هنگام اجرای وظیفه فروش (در قالب اعلام قیمت تصادفی یا بهترین قیمت ممکن) صورت می‌گیرد. داده‌های ورودی که از محیط دریافت می‌شوند، پیغام‌های پذیرش قیمت است که به‌عنوان پاداش موجب بازخورد مثبت می‌شود. در صورت افزایش سود (به‌عنوان معیار یادگیری)، عامل دانش لازم در زمینه قیمت و میزان مطلوب‌بودن هر قیمت پیشنهادشده را اصلاح می‌کند. بدین ترتیب عامل می‌آموزد که میزان مطلوب‌بودن قیمت‌ها برای رسیدن به سود (و در پی آن بهترین قیمت برای بالاترین سود) چه مقدار است.

پس از تحلیل، نرم‌افزار طراحی و پیاده‌سازی می‌شود. نحوه طراحی و پیاده‌سازی سیستم خرید و فروش الکترونیکی کتاب با استفاده از متدولوژی Tropos و نحوه استفاده از مفاهیم تحلیل در طراحی و پیاده‌سازی این سیستم در [۴] تشریح شده است. نتایج حاصل از این بررسی نشان می‌دهد که برخی از کلاس‌های مفهومی تحلیل (از قبیل عامل، معیار ارزیابی، داده و موضوع یادگیری) در مراحل بعد به کلاس‌های طراحی و پیاده‌سازی تبدیل می‌شوند. اما برخی از مفاهیم (مانند سطح یادگیری، وظیفه و هدف یادگیری)، کلاس‌هایی هستند که مفاهیم آنها بیشتر در مرحله تحلیل و شناخت بهتر حوزه مسأله کاربرد دارند که در نهایت منجر به تصمیم‌گیری درباره مکانیزم یادگیری عامل شده است.

۵-۲ عامل جستجوگر

عامل جستجوگر عاملی است که در یک محیط قرار می‌گیرد و موظف است که کوتاه‌ترین مسیر از هر نقطه شروع به یک نقطه هدف را بیابد. در این سیستم محیط یک فضای مربعی‌شکل است که از چهار دیوار و تعدادی مانع تشکیل شده است. عامل از یک نقطه شروع تصادفی مسیر خود را آغاز می‌کند و با پیمایش مسیرهای مختلف، خود را به نقطه هدف می‌رساند. در شروع پیمایش، عامل اطلاعی نسبت به محیط، موقعیت خود و موقعیت هدف ندارد. اما در طی پیمایش‌های مختلف با جمع‌آوری اطلاعات نسبت به محیط خود، سعی در یافتن کوتاه‌ترین مسیر برای رسیدن به هدف دارد. فرآیند یادگیری در این عامل بدین صورت است که در هر حرکت رسیدن به هدف، عامل نخست تصمیم می‌گیرد که آیا به اکتشاف بپردازد یا از دانش قبلی خود استفاده کند. در صورت تمایل به اکتشاف، عامل حرکت بعدی را به‌صورت تصادفی انتخاب می‌کند و بر اساس بازخوردی که می‌گیرد، اطلاعات خود را به‌روز رسانی می‌کند. اگر این حرکت عامل را به هدف برساند، عامل ۱۰۰ امتیاز به‌عنوان پاداش از محیط دریافت می‌کند. اگر در اثر این حرکت به دیواره برخورد کند، معادل ۵ امتیاز منفی می‌گیرد و در غیر این صورت، موقعیت عامل به‌صورتی است که به دیواره برخورد نکرده اما به هدف نیز نرسیده است، بنابراین معادل ۰/۲ امتیاز منفی دریافت می‌کند. بر اساس این اطلاعات، عامل ارزش هر حرکت در هر خانه را بنا بر بازخورد دریافتی، ارزش قبلی حرکت در آن خانه و ارزش بهترین حرکت بعدی (تا آنجا که می‌داند)، به‌روز رسانی می‌کند. بعد از ۱۰۰ تلاش پیاپی برای رسیدن از نقطه آغاز به هدف بر اساس این روش، عامل یاد می‌گیرد که ارزش هر خانه برای رساندن او به هدف چه قدر است. بنابراین خانه‌هایی با بالاترین ارزش را به‌عنوان بهترین مسیر ممکن انتخاب می‌کند.

برای تحلیل قابلیت یادگیری این عامل، مراحل یک‌پارچه سازی و بازیابی مشابه مثال قبل است. در مرحله انطباق، چنانچه انتظار می‌رود کلاس‌های سطح ۱ و سطح ۲ در این مدل با مدل شکل ۹ یکسان است، اما اشیای صنعتی (سطح ۳ تجرید) بر اساس دامنه مسأله برای عامل پیمایش‌گر به‌صورت اختصاصی تعیین شده است. در الگوی نقش، عامل به پیمایش‌گر، هدف به رسیدن به نقطه پایان و هدف یادگیری معادل با یافتن بهترین مسیر نمونه‌سازی شده است. وظیفه عامل حرکت است

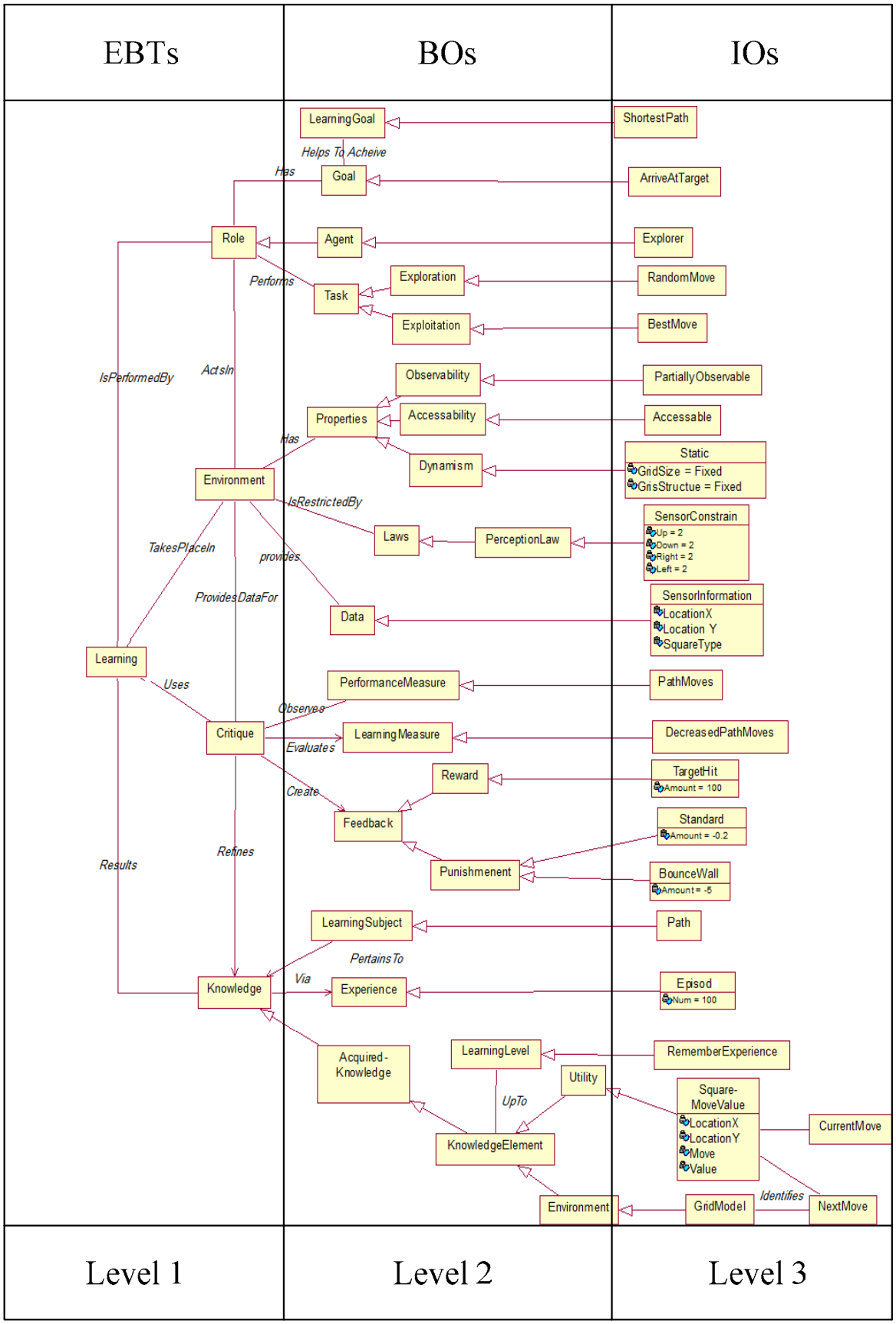
که به‌عنوان Exploration حرکت تصادفی و به‌عنوان Exploitation بهترین حرکت مجاز را انتخاب می‌کند. در الگوی محیط، با توجه به ویژگی‌های دامنه مسأله ویژگی‌های محیط ایستا (از نظر ساختار و اندازه) و تا حدودی قابل مشاهده و قابل دسترسی در نظر گرفته شده است. قوانین مشاهده عامل دارای محدودیت‌های مرتبط با سنسورهای ورودی است. از آنجایی که سنسورهای عامل می‌توانند فقط به اندازه دو واحد از محیط اطراف را دریافت کنند، این موضوع باعث می‌شود که محیط تا حدودی قابل مشاهده باشد. داده‌هایی که از محیط دریافت می‌شود و مبنای یادگیری است، اطلاعاتی است که از سنسورها دریافت می‌شود که موقعیت و نوع محل (باز یا بسته‌بودن هر بلاک) را تعیین می‌کند. این اطلاعات ورودی برای عامل جستجوگر، به تعداد خانه‌های فضای مربعی‌شکل موجود در آن است که در پیمایش‌های مختلف به‌ازای هر حرکت، موقعیت عامل و نوع موقعیت محل از محیط به عامل منتقل می‌شود. کیفیت و دقت این اطلاعات وابسته به دقت حس‌گرهاست که در این مورد ۱۰۰٪ در نظر گرفته شده است. در الگوی نقد، معیار ارزیابی که تعداد حرکت در مسیر است، مورد استفاده قرار می‌گیرد. بازخورد با دریافت پاداش (رسیدن به هدف با صد امتیاز) و جریمه (استاندارد و برخورد با دیوار به‌ترتیب با ۰/۲ و ۵ امتیاز منفی) دریافت می‌شود که برای ارزیابی معیار یادگیری (کاهش مسیر) به‌کار می‌رود. دانش مورد نیاز عامل از طریق تجربه که در ۱۰۰ اپیزود زمان تعیین‌شده برای عامل است، حاصل می‌شود. باید دقت کرد که عامل دانش اولیه‌ای ندارد، بنابراین دانش اولیه در این مدل در نظر گرفته نمی‌شود و نمونه‌سازی نیز نمی‌گردد. دانش اکتسابی ارزش هر حرکت در هر موقعیت و مدل گرید است که هر دو به موضوع یادگیری که مسیر است مربوط می‌شود. سطح یادگیری مورد انتظار در این سیستم به یادآوری تجربیات گذشته است.

شکل ۱۰ مدل مفهومی یادگیری برای عامل جستجوگر را پس از مرحله یک‌پارچه سازی نشان می‌دهد. در این شکل، ارتباط میان اشیای صنعتی از طریق سطوح بالاتر تجرید تعیین و تفسیر می‌شود. این شکل نشان می‌دهد که یادگیری توسط نقشی که یک عامل است انجام می‌شود. این عامل که جستجوگر نامیده می‌شود، از طریق حرکت‌های تصادفی و انتخاب‌شده در محیط، داده‌هایی از حس‌گرها دریافت می‌کند. این داده‌ها بر اساس بازخوردهایی که از طریق فرآیند پاداش و تنبیه به عامل داده می‌شود، منجر به حصول دانشی از محیط و میزان مطلوب‌بودن هر حرکت می‌شود.

۶- نتیجه‌گیری و کارهای آینده

با توجه به نقش و اهمیت الگوها در استفاده مجدد از دانش موجود، در این مقاله مجموعه‌ای از الگوهای تحلیل برای قابلیت یادگیری در عامل‌های هوشمند ارائه شده است. بدین منظور، برای عمومی‌سازی مفاهیم مرتبط با یادگیری و ارائه آنها در قالب الگوهای تحلیل، از روش‌های عمومی‌سازی در مهندسی نرم‌افزار شامل مدل‌سازی با استفاده از روش شیءگرا و بازنمایی با استفاده از زبان UML استفاده شده است.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۱۰: مدل مفهومی یادگیری عامل جستجوگر.

برای افزایش سطح پایایی تحلیل، بر اساس مدل پایایی نرم‌افزار و الگوی تحلیل پایای نرم‌افزار، پنج الگوی تحلیل یادگیری، نقش، محیط، نقد و دانش معرفی گردیده است و نحوه استفاده از آنها در دو سیستم از دو دامنه مختلف به‌عنوان مطالعه موردی، گزارش شده است. ارائه این الگوهای تحلیل پایای نرم‌افزار موجب می‌شود که علاوه بر این که کلاس‌های تحلیل (که بر اساس روش‌های موجود دامنه مسأله قابل تشخیص هستند) در مدل مفهومی سیستم در نظر گرفته شوند، کلاس‌هایی که مفاهیم پایه و دانش مسأله را مدل‌سازی می‌کنند نیز در تحلیل بازنمایی شوند.

www.SID.ir

بدین ترتیب، مدل مفهومی یادگیری در سیستمی که تحلیل در آن انجام می‌شود، با استفاده از مدل به‌صورت بهتری منتقل شود. علاوه بر این که با انتقال ارتباط میان مفاهیم به سطوح بالاتر تجرید (که پایاتر هستند)، در صورت تغییر در تحلیل سیستم، تغییرات تنها لایه‌های پایین‌تر را تحت تأثیر قرار خواهد داد.

استفاده از این الگوها در زمان تحلیل همچنین موجب می‌شود که تحلیل‌گر سیستم، راهنمایی برای تشخیص موضوعات حائز اهمیت در تحلیل قابلیت یادگیری داشته باشد. این راهنما به‌ویژه برای تحلیل‌گری که تجربه تحلیل سیستم‌های سنتی را دارد و با مفاهیم هوش مصنوعی و به‌ویژه یادگیری به‌عنوان یک نیازمندی در نرم‌افزارهای جدید آشنایی چندانی ندارد، کاربرد خواهد داشت. با توجه به ثابت‌بودن لایه‌های اول و دوم تجرید در مدل ارائه‌شده و کاهش زمان تحلیل به تعیین نمونه‌های کلاس‌های تجاری در دامنه مسأله، انتظار می‌رود زمان تحلیل قابلیت یادگیری با استفاده از الگوهای ارائه‌شده به‌صورت قابل ملاحظه‌ای کاهش یابد.

برای توسعه و بهبود مجموعه الگوهای ارائه‌شده، تحقیقات زیر برای ادامه کار در نظر گرفته شده است: ۱) ارزیابی قابلیت درک، قابلیت توسعه و پیچیدگی مدل ارائه‌شده با طراحی و اجرای Empirical Study. ۲) تمرکززدایی از یادگیری تقویتی به سمت سایر روش‌ها و ارائه الگوهایی برای تحلیل آنها. ۳) ارائه الگوهای تحلیل برای سایر قابلیت‌های هوش مصنوعی که در کاربردهای متداول تولید نرم‌افزار به کار گرفته می‌شوند. این الگوها می‌توانند به‌صورت یک Pattern Language ارائه شوند. ۴) ارائه الگوهای یادگیری چندعامله که در آن چندین عامل در فرایند یادگیری شرکت می‌کنند.

مراجع

[1] M. Wooldridge, *An Introduction to Multiagent Systems*, Wiley, 2nd Edition, pp. 21-28, 2009.

[2] F. Zambonelli and A. Omicini, "Challenges and research directions in agent - oriented software engineering, in autonomous agents and multi-agent systems," *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems Journal*, vol. 9, no. 3, pp. 253-283, Nov. 2004.

[۳] ش. وفادار و ا. عبداله‌زاده بارفروش، "مهندسی هوش در سیستم‌های محاسباتی: بررسی کمی ویژگی‌های هوشمندی،" مجموعه *مقالات شانزدهمین کنفرانس ملی انجمن کامپیوتر ایران*، جلد ۱، صص. ۹۵-۹۰، تهران، اسفند ۱۳۸۹.

[۴] ش. وفادار و ا. عبداله‌زاده بارفروش، "ارائه الگوی تحلیل نرم‌افزار برای قابلیت یادگیری در عامل‌های هوشمند،" مجموعه *مقالات پانزدهمین کنفرانس ملی انجمن کامپیوتر ایران*، تهران، اسفند ۱۳۸۸.

[5] S. Vafadar and A. Abdollahzadeh Barfroush, "Towards analysis patterns for learning agents, agent oriented software engineering (AOSE)", In: D. Weyns and M. Gleizes, (Eds), *Agent-Oriented Software Engineering XI. LNCS 6788*, pp. 79-90, 2011.

[6] S. Vafadar and A. Abdollahzadeh Barfroush, "Analysis patterns for learning agents," in *Proc.15th European Conf. on Pattern Languages of Programs, EuroPLoP 2010*, Germany, 2010.

[7] R. Abbott, "Program design by informal English descriptions," *Commu. of the ACM*, vol. 26, no. 11, pp. 892-894, Nov. 1983.

[8] T. M. Mitchel, *Machine Learning*, McGraw - Hill, 1997.

[9] G. Wiess, Multiagent Systems: a Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence, MIT Press, 1996.

[10] S. Russell and P. Norvig, *Artificial Intelligence: a Modern Approach*, 3rd Edition, Prentice Hall, 2010.

[11] J. A. R. P. Sardinha, A. F. Garcia, R. L. Milidiú, and C. J. P. Lucena, "The agent learning pattern," in *Proc. 4th Latin American Conf. on Pattern Languages of Programming*, SugarLoafPLoP'04, Fortaleza, Brazil, 2004.

[12] A. F. Garcia, U. Kulesza, J. A. R. P. Sardinha, R. L. Milidiú, and C. J. P. Lucena, "The learning aspect pattern," in *Proc. 11th Conf. on Pattern Languages of Programs, PLoP2004*, Allterton Park, Monticello, Illinios, US, 8-12 Sep. 2004.

[13] M. E. Fayad, "How to deal with software stability," *Communications of the ACM*, vol. 45, no. 4, pp. 109-112, Apr. 2002.

[14] M. E. Fayad and A. Altman, "Introduction to software stability," *Communications of the ACM*, vol. 44, no. 9, pp. 95-98, Sep. 2001.

[15] H. Hamza, *A Foundation for Building Stable Analysis Patterns*, Master Thesis, University of Nebraska - Lincoln, 2002.

[16] E. Gamma, R. Helm, J. Johnson, and J. Vlissides, *Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software*, Addison-Wesley, 1995.

[17] S. Withall, *Introduction to Software Requirements Patterns*, Microsoft Press, 1st Edition, 2007.

[18] M. Fowler, *Analysis Patterns: Reusable Object Models*, Addison - Wesley, Reading, MA, 1997.

[19] P. Coad, D. North, and M. Mayfield, *Object Models: Strategies, Patterns, and Applications*, Prentice Hall, Upper SaddleRiver, NJ, 1995.

[20] R. Meunier, H. Rohnert, P. Sommerlad, and M. Stal, *Pattern - Oriented Software Architecture Volume 1: A System of Patterns*, Willy Press, 2000.

[21] H. S. Hamza and M. E. Fayad, "The negotiation analysis pattern," in *Proc. Pattern Languages of Programming, PLoP2004*, 2004.

[22] Y. Shoham, R. Powers, and T. Grenager, *Multi - Agent Reinforcement Learning: a Critical Survey*, Technical Report, Stanford University, 2003.

[23] H. V. D. Herik, D. Hennes, M. Kaisers, K. Tuyls, and K. Verbeeck, "Multi-agent learning dynamics: a survey," in *Cooperative Information Agents XI, Lecture Notes in Computer Science*, vol. 11, pp. 36-56, Springer Berlin/Heidelber, 2007.

[24] D. Weyns, A. Omicini, and J. Odell, "Environment as a first class abstraction in multi - agent systems," *J. of Autonomous Agents and Multi Agent Systems*, vol. 14, no. 1, pp. 5-30, Feb. 2007.

[25] E. Yang and D. Gu, *Multiagent Reinforcement Learning for Multi - Robo Systems: A Survey*, CSM - 404, Technical Reports of the Department of Computer Science, University of Essex, 2004.

[26] J. Odell, H. V. D. Parunak, and M. Fleischer, "Modeling agents and their environment: the communication environment," *J. of Object Technology*, vol. 2, no. 3, pp. 39 -52, May 2003.

[27] D. Weyns, M. Schumacher, A. Ricci, M. Viroli, and T. Holvoet, "Environments in multiagent systems," *Knowl. Eng. Rev.*, vol. 20, no. 2, pp. 127-141, Jan. 2005.

[28] S. Purao, V. C. Storey, and T. Han, "Improving analysis pattern reuse in conceptual design: augmenting automated processes with supervised learning," *Information System Research*, vol. 14, no. 3, pp. 269-290, Sep. 2003.

شیوا وفادار تحصیلات خود در رشته مهندسی کامپیوتر (نرم‌افزار) را در مقاطع کارشناسی و کارشناسی ارشد در دانشگاه‌های علم و صنعت ایران و صنعتی امیرکبیر به پایان رسانده و در حال حاضر دانشجوی دکتری این رشته در دانشگاه صنعتی امیرکبیر است. نام‌برده در سال ۱۳۸۸ به عنوان دانشجوی مهمان در مرکز تحقیقاتFBK دانشگاه Trento ایتالیا مشغول به فعالیت بوده است. زمینه‌های تحقیقاتی مورد علاقه ایشان عبارتند از: مهندسی نرم‌افزار، مهندسی نرم‌افزار مبتنی بر عامل، مهندسی هوش برای سیستم‌های نرم‌افزاری، الگوهای تحلیل و نیازمندی در سیستم‌های نرم‌افزاری و سیستم‌های هوشمند.

احمد عبداله‌زاده بارفروش همکاری خود را با دانشکده مهندسی کامپیوتر دانشگاه صنعتی امیرکبیر در سال ۱۳۷۰ و پس از اخذ مدرک دکتری مهندسی کامپیوتر از دانشگاه بریستول انگلستان، آغاز نموده است و هم اکنون استاد دانشکده مهندسی کامپیوتر دانشگاه صنعتی امیرکبیر می‌باشد. ایشان از سال ۱۳۷۹ الی ۱۳۸۱ به عنوان استاد مدعو در دانشگاه‌های Maryland College Park آمریکا و ORASY (Paris 11) فرانسه و در سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۰ به عنوان استاد مهمان در دانشگاه‌های Trento ایتالیا و Loughborough انگلستان مشغول به کار بوده است. دکتر عبداله‌زاده کتاب‌های "مقدمه‌ای بر هوش مصنوعی توزیع شده" و "کلیات متدولوژی تامین کیفیت" را نیز تالیف نمود. زمینه‌های تحقیقاتی مورد علاقه ایشان عبارتند از: تکنیک‌های هوش مصنوعی، هوش مصنوعی توزیع شده، مذاکره خودکار، سیستم‌های خبره، پردازش زبان طبیعی، سیستم‌های تصمیم‌یار، هوش تجاری، پایگاه داده تحلیلی، داده‌کاوی، و مهندسی نرم افزار.

Archive of SID
www.SID.ir