

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تعهد نامه

اینجانب **زهره کیوانلو** شهرستانکی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی کامپیوتر، گرایش هوش مصنوعی دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد نویسنده پایان نامه ارائه یک مدل معنایی برای پیاده سازی نشانه گذاری در محیط های چند عامله باراهنمایی جناب **پروفسور محسن کاهانی** متعهد می شوم:

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود و یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه فردوسی مشهد می باشد و مقالات مستخرج با نام "دانشگاه فردوسی مشهد" و یا "Ferdowsi University of Mashhad" به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از رساله رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است، اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ

امضای دانشجو

زهره کیوانلو شهرستانکی

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) متعلق به دانشگاه فردوسی مشهد می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.



پایان نامه کارشناسی ارشد

ارائه یک مدل معنایی برای پیاده سازی نشانه گذاری

در محیط های چندعامله

نگارش :

زهرا کیوانلو شهرستانکی

استاد راهنما:

دکتر محسن کاهانی

شهریور ۱۳۹۲



صور تجلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد گرایش هوش مصنوعی رشته کامپیوتر در حضور اساتید راهنمای

پایان نامه، مشاور، مدعوین و نماینده تحصیلات تکمیلی گروه کامپیوتر برگزار شد.

خانم زهرا کیوانلو شهرستانکی پایان نامه خود تحت عنوان ارائه یک مدل معنایی برای پیاده سازی نشانه گذاری در

محیط های چند عامله

را ارایه نمودند. ارزیابی اعضای هیات داوران از این پایان نامه به حروف

استاد راهنمای پایان نامه: جناب پروفسور کاهانی

استاد مدعو: جناب پروفسور اکبرزاده

نماینده تحصیلات تکمیلی گروه: جناب دکتر ابریشمی

توضیحات:

تقدیر و سپاس

بدین وسیله بر خود لازم می‌دانم که از زحمات بی‌دریغ استاد گرامی، جناب آقای دکتر کاهانی که راهنمایی‌های ارزشمند ایشان در تمام مراحل انجام این پایان‌نامه راه‌گشای من بوده است تشکر نمایم. همچنین از تلاش‌های بی‌وقفه و پشتیبانی‌های پدر و مادر عزیزم و همسر خوبم کمال سپاس‌گزاری را دارم.

زهره کیوانلو

شهریور ۹۲

چکیده

هدف مطالعه حاضر پیاده‌سازی مفهوم نشانه‌گذاری¹ به عنوان یک مکانیسم هماهنگی غیرمستقیم بین عامل‌ها، به صورت معنایی می‌باشد. در واقع در این تحقیق یک مدل معنایی برای توسعه سیستم‌های نشانه‌گذاری در جهت رفع چالش‌ها معنایی سیستم‌های موجود معرفی می‌گردد. این مدل تلاش دارد تا با بهره‌گیری از تکنولوژی‌های وب معنایی بر این مشکلات غلبه کند. به عبارت دیگر سه عنصر محیط، نشانه و عامل به عنوان اجزای اساسی یک سیستم نشانه‌گذاری، به صورت معنایی پیاده‌سازی شده است. علاوه بر این، در این محیط، ارتباطات بین عامل‌ها به صورت معنایی بوده و بر روی داده‌های معنایی جمع‌آوری شده، نیز استدلال‌های معنایی صورت می‌گیرد. با پیاده‌سازی پیشنهاد مطرح‌شده و ارزیابی نتایج به دست آمده، مشاهده گردید، توانایی عامل‌ها در تصمیم‌گیری‌های بهتر افزایش یافت و در نتیجه کارایی و توان جمعی مجموعه به صورت معناداری بهبود یافت.

کلید واژه‌ها - نشانه‌گذاری، وب معنایی، محیط‌های چندعامله، آنتولوژی

¹ stigmergy

فهرست مطالب

فصل ۱- مقدمه.....	۱
۱-۱- موضوع تحقیق.....	۱
۲-۱- اهداف تحقیق و راه حل پیشنهادی.....	۲
۳-۱- مروری کلی بر مطالب تحقیق.....	۳
فصل ۲- مروری بر ادبیات موضوع.....	۵
۱-۲- سیستم‌های چند عامله.....	۶
۲-۲- همکاری بین عامل‌ها.....	۸
۳-۲- نشانه‌گذاری.....	۹
۴-۲- تاریخچه.....	۱۰
۵-۲- رفتار نشانه‌گذاری در حشرات.....	۱۲
۱-۵-۲- فرایند یافتن غذا توسط مورچه‌ها.....	۱۲
۲-۵-۲- فرایند ساختن لانه توسط مورچه بافنده.....	۱۴
۶-۲- کارهای گذشته.....	۱۵
۷-۲- توسعه سیستم‌های نشانه‌گذاری.....	۱۷
۸-۲- انواع سیستم‌های نشانه‌گذاری.....	۲۲
۱-۸-۲- دسته‌بندی نوع اول sign-based و sematectonic.....	۲۲
۲-۸-۲- دسته‌بندی نوع دوم کمی و کیفی.....	۲۴
۹-۲- کاربردها.....	۲۵
۱۰-۲- مروری بر چالش‌های سیستم‌های موجود.....	۲۹
۱۱-۲- تکنولوژی‌های وب معنایی.....	۳۱
۱-۱۱-۲- آنتولوژی.....	۳۲
۲-۱۱-۲- فرمت استاندارد RDF برای توصیف داده‌ها.....	۳۲
۳-۱۱-۲- استنتاج معنایی.....	۳۳
۱۲-۲- خلاصه فصل.....	۳۳

فصل ۳- روش پیشنهادی.....	۳۵
۳-۱- معرفی مدل پیشنهادی	۳۵
۳-۲- مدل معنایی سیستم‌های نشانه‌گذاری	۳۶
۳-۲-۱- محیط معنایی	۳۷
۳-۲-۲- نشانه معنایی.....	۳۸
۳-۲-۳- عامل معنایی	۳۹
۳-۳- خلاصه فصل.....	۴۱
فصل ۴- پیاده‌سازی مدل و ارزیابی	۴۳
۴-۱- برنامه‌نویسی سیستم‌های چند عامله	۴۴
۴-۲- JADEx موتور استنتاج BDI.....	۴۵
۴-۳- مدل BDI.....	۴۵
۴-۴- زبان JADEx.....	۴۶
۴-۵- کاربردهای JADEx.....	۴۷
۴-۶- مسئله Mars World.....	۴۸
۴-۷- راه‌اندازی محیط JADEx	۵۰
۴-۸- پیاده‌سازی مدل پیشنهادی.....	۵۱
۴-۸-۱- محیط معنایی	۵۲
۴-۸-۲- نشانه معنایی.....	۵۳
۴-۸-۳- عامل معنایی	۵۵
۴-۹- ارزیابی مدل پیشنهادی.....	۵۷
۴-۹-۱- ارزیابی کیفی	۵۷
۴-۹-۲- ارزیابی کمی	۶۰
۴-۱۰- خلاصه فصل.....	۶۵
فصل ۵- نتیجه گیری و کارهای آینده.....	۶۷
منابع.....	۷۰

فهرست اشکال

- شکل ۱-۲: یک عامل و اجزای آن ۶
- شکل ۲-۲: تپه‌های ایجادشده توسط مورپانه‌ها ۱۱
- شکل ۳-۲: فرایند یافتن غذا توسط مورچه‌ها ۱۴
- شکل ۴-۲: لانه ساخته‌شده توسط مورچه‌های بافنده ۱۵
- شکل ۵-۲: اجزای مختلف یک سیستم نشانه‌گذاری ۱۹
- شکل ۶-۲: مقایسه روش‌های مختلف همکاری ۲۴
- شکل ۱-۳: اجزای سیستم معنایی پیشنهادی ۳۷
- شکل ۲-۳: عناصر یک عامل معنایی ۴۰
- شکل ۱-۴: عامل در JADEX ۴۶
- شکل ۲-۴: مثال Mars World ۴۹
- شکل ۳-۴: اجرای یک برنامه نمونه در محیط JADEX ۵۱
- شکل ۱-۶: ساختار مجازی JADEX ۷۵

فهرست جداول

جدول ۱-۲ سیر تکاملی کاربردهای نشانه‌گذاری	۲۸
جدول ۱-۴ پارامترهای هر پیام FIPA	۵۴
جدول ۲-۴ مقایسه ویژگی‌های مدل پیشنهادی با مدل غیر معنایی	۵۸
جدول ۳-۴ نتایج حاصل از ۲۰ بار اجرای سناریوی اول برای دو حالت پایه و معنایی	۶۱
جدول ۴-۴ نتایج حاصل از ۲۰ بار اجرای سناریوی دوم برای دو حالت پایه و معنایی	۶۱
جدول ۵-۴ نتایج حاصل از ۲۰ بار اجرای سناریوی سوم برای دو حالت پایه و معنایی	۶۱
جدول ۶-۴: نتایج t-test برای سناریوی اول	۶۳
جدول ۷-۴: نتایج t-test برای سناریوی دوم	۶۴
جدول ۸-۴: نتایج t-test برای سناریوی سوم	۶۴

فصل ۱ - مقدمه

این فصل به بیان مسائل کلی پایان نامه می پردازد که از جمله آن ها می توان به

- تعریف موضوع تحقیق و بیان اهمیت آن.
- بیان اهداف تحقیق و راه حل پیشنهادی.
- مروری کلی بر مطالب پایان نامه.

اشاره نمود.

۱-۱ - موضوع تحقیق

امروزه تکنولوژی سیستم های چندعامله در حوزه وسیعی از کاربردها استفاده می شوند. شامل زمان بندی و برنامه ریزی^۱، تشخیص^۲، نظارت وضعیت^۳، کنترل تجمع^۴، کنترل توزیع شده، اصلاح و بهسازی سیستم^۵، شبیه سازی بازار^۶، کنترل شبکه و خودکارسازی و کاربردهای بسیار دیگر. به علاوه این تکنولوژی در حال گسترش در جهت حرکت از آزمایشگاه ها به سمت کاربردهای واقعی است و به صنعت اجازه می دهد که در استفاده از سیستم های چندعامله تجربه به دست آورد و سپس کارایی آن را ارزیابی کند [DAN09].

عامل ها می توانند به عنوان یک ابزار هوشمند و انعطاف پذیر برای حس کردن/نظارت کردن محیط به منظور انجام یک عمل خاص به اندازه ای که به صورت خودکار ممکن باشد، برای تأثیر بر روی محیط استفاده شوند. نکته مهم این مفهوم قابلیت همکاری عامل هاست. تعامل یک جزء لازم عملکرد یک عامل، برای همکاری با دیگر

¹ scheduling and planning

² diagnostics

³ condition monitoring

⁴ congestion control

⁵ system restoration

⁶ market simulation

عوامل، می‌باشد. همکاری بین عامل‌ها زمانی اتفاق می‌افتد که آن‌ها بتوانند فعالیت‌هایشان را از طریق تعامل با یکدیگر هماهنگ کنند. تکنیک‌های مختلفی برای همکاری بین عوامل وجود دارد. چگونگی همکاری بین عامل‌ها بستگی به معماری عامل‌ها دارد [VAL07].

در این تحقیق از یک روش همکاری عامل‌ها با عنوان نشانه‌گذاری استفاده خواهد شد. مفهوم نشانه‌گذاری توسط حشره‌شناس فرانسوی Grasse در سال ۱۹۵۹ در توصیف نوعی تعامل که بین حشرات اجتماعی اتفاق می‌افتد، ارائه گردید. او این مفهوم را به عنوان یک مکانیسم هماهنگی غیرمستقیم بین عامل‌ها معرفی نمود [HAD04]. همچنین این تحقیق به دنبال بهره‌گیری از مزایای استفاده از تکنولوژی‌های وب معنایی (RDF, OWL,...) در تعریف آنتولوژی زیربنایی حوزه کاربرد و به عنوان زبان ارتباطی بین عامل‌ها و پایه‌ای برای استنتاج خواهد بود. انتظار می‌رود با معرفی و بهره‌برداری تکنولوژی‌های وب معنایی در این حوزه، قابلیت همکاری بین عامل‌ها بهبود یابد و بدین ترتیب سیستم در رسیدن به اهداف خود موفق‌تر عمل نماید.

۱-۲- اهداف تحقیق و راه‌حل پیشنهادی

هدف این تحقیق معرفی یک مدل معنایی برای توسعه سیستم‌های نشانه‌گذاری در جهت رفع چالش‌های معنایی سیستم‌های موجود می‌باشد. این مدل تلاش دارد تا با بهره‌گیری از تکنولوژی‌های وب معنایی بر این مشکلات غلبه کند. وب معنایی چارچوب مشترکی فراهم می‌آورد که اجازه می‌دهد داده‌ها در سراسر مرزهای کاربردی، اقتصادی و اجتماعی به اشتراک گذاشته شوند و دوباره استفاده شوند. امروزه تکنولوژی‌های وب معنایی با ورود خود به حوزه‌های مختلف علوم از جمله در صنعت، زیست‌شناسی و تحقیقات علوم انسانی و رشد روزافزون کاربردهای آن در این حوزه‌ها، اعتبار و توانمندی خود را اثبات کرده است.

اما آنچه که در توسعه یک سیستم نشانه‌گذاری، در کارهای گذشته کمتر مورد توجه قرار گرفته و شاید در مواردی مورد توجه محققین قرار نگرفته است، ایجاد و بهره‌گیری از یک ساختار یکسان و معنادار در انتقال نشانه‌ها به وسیله محیط می‌باشد. از آنجایی که ارتباط بین عوامل در سیستم‌های نشانه‌گذاری به صورت

غیرمستقیم می‌باشد و این ارتباط در اغلب موارد از طریق محیط انجام می‌گیرد و عامل‌ها تعامل مستقیم با یکدیگر ندارند، وجود ساختاری معنادار که فهم مشترکی از نشانه‌ها ایجاد کند، مفید و در برخی موارد ضروری به نظر می‌رسد. استفاده از ساختاری معنادار علاوه بر کاهش ابهام در ارتباطات می‌تواند باعث بهبود نتایج استدلال شود. همچنین از آنجایی که محیط نقشی اساسی در این گونه سیستم‌ها بازی می‌کند، استفاده از ساختاری معنادار برای بیان صریح و روشن ویژگی‌هایی از محیط که در کارایی سیستم موثرند، ضروری به نظر می‌رسد. در نهایت مدل پیشنهادی تلاش دارد تا از تکنولوژی‌های وب معنایی در جهت رفع مشکلات معنایی سیستم‌های نشانه‌گذاری استفاده نماید.

در اولین گام سعی خواهد شد برای انتقال داده‌ها، از فرمت‌های داده مورد استفاده در وب معنایی از قبیل RDF استفاده شود، تا بتوان معنا را به این داده‌ها افزود. از طرفی با ذخیره داده‌ها به صورت معنایی در یک پایگاه داده معنایی بستری برای استفاده از تکنولوژی‌های استنتاج معنایی فراهم خواهد شد. با استفاده از این تکنولوژی‌ها انتظار می‌رود نتایج بهتری حاصل شود.

همچنین با استفاده از امکان تعریف آنتولوژی که در تکنولوژی‌های وب معنایی فراهم شده است، می‌توان تصویری شفاف، جامع و رسمی از محیط و موجودیت‌های هر محیط و روابط بین آن‌ها و به طور کلی خصوصیات هر محیط، برای عوامل فراهم نمود. در واقع بخشی از موجودیت‌ها و روابط بین آن‌ها و خصوصیات محیط که برای عوامل اهمیت دارند و بر روی تصمیمات آن‌ها موثرند، در آنتولوژی لحاظ خواهند شد.

۱-۳- مروری کلی بر مطالب تحقیق

این تحقیق در شش فصل تدوین شده است. در فصل حاضر مقدماتی درباره این تحقیق بیان شده است. در فصل دوم ابتدا معرفی مختصری از عامل و سیستم‌های چندعامله ارائه خواهد شد. در ادامه پس از آشنایی اولیه با مکانیسم همکاری بین عامل‌ها، به تفصیل سیستم‌های نشانه‌گذاری و خصوصیات آن تشریح خواهد گردید. سپس به معرفی انواع سیستم‌های نشانه‌گذاری پرداخته خواهد شد. در ادامه نیز مرور کوتاهی بر روی کارهای مرتبط با

نشانه‌گذاری از ابتدای معرفی این مفهوم تا امروز خواهد گردید. سپس کاربردهای گوناگون این سیستم‌ها در حوزه‌های مختلف معرفی خواهد شد. سرانجام مروری بر مشکلات معنایی سیستم‌های نشانه‌گذاری توسعه داده شده، خواهد گردید. در نهایت نیز معرفی مختصری از تکنولوژی‌های وب معنایی، که به عنوان گزینه پیشنهادی، در جهت رفع چالش‌های سیستم‌های موجود مورد استفاده قرار خواهند گرفت، ارائه خواهد شد.

در فصل سوم مدل پیشنهادی با بهره‌گیری از تکنولوژی‌ها معنایی در جهت رفع مشکلات معنایی سیستم‌های نشانه‌گذاری ارائه خواهد گردید. در این فصل، مدل پیشنهادی در سه محور با بهره‌گیری از تکنولوژی‌های معرفی‌شده معنایی، تشریح خواهد گردید.

هدف فصل چهارم، پیاده‌سازی مدل پیشنهادی و ارزیابی و مقایسه نتایج حاصل از آن با مدل غیر معنایی می‌باشد. به منظور ارزیابی این مدل نیاز به یک چارچوب مناسب جهت پیاده‌سازی عامل‌ها و مکانیسم همکاری نشانه‌گذاری به صورت معنایی می‌باشد. در این راستا چارچوب نرم‌افزاری JADEX که از مدل^۱ BDI در توسعه سیستم‌های چندعامله بهره می‌گیرد، معرفی خواهد شد. در ادامه نمونه پایه انتخاب‌شده برای پیاده‌سازی مدل پیشنهادی توصیف می‌شود. سپس مراحل اعمال مدل پیشنهادی بر روی این نمونه ارائه می‌گردد. نهایتاً نتایج حاصل از پیاده‌سازی مدل معنایی به صورت کیفی و کمی با مدل غیر معنایی مقایسه خواهد شد.

در نهایت در فصل پنجم مروری بر کلیه مطالب ذکرشده در فصل‌های قبل ارائه خواهد شد و نتایج حاصل از انجام تحقیق مورد بحث و بررسی قرار خواهد گرفت. سرانجام پیشنهاداتی برای ادامه تحقیق حاضر و بهبود نتایج آن ارائه خواهد گردید.

^۱ Belief-Desire-Intention

فصل ۲- مروری بر ادبیات موضوع

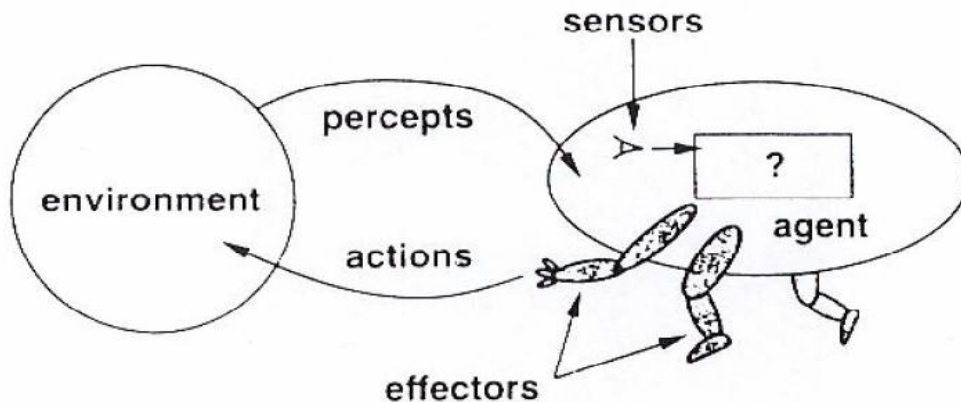
امروزه تکنولوژی سیستم‌های چندعامله در حوزه وسیعی از کاربردها استفاده می‌شوند. به علاوه این تکنولوژی در حال گسترش، از آزمایشگاه‌ها به سمت کاربردهای واقعی می‌باشد و به صنعت این اجازه را می‌دهد که در استفاده از سیستم‌های چندعامله تجربه به دست آورد و سپس کارایی آن را ارزیابی کند. گستردگی دامنه کاربردها نشان‌دهنده کارایی این تکنولوژی در حوزه وسیعی از دانش است [DAN09].

عامل‌ها می‌توانند به عنوان یک ابزار هوشمند و انعطاف‌پذیر محسوب شوند، که هدف آن‌ها حس کردن و نظارت بر محیط برای انجام یک عمل خاص به منظور تأثیر بر روی آن تا حدی که به صورت خودکار ممکن است، می‌باشد [VAL07]. نکته مهم این مفهوم قابلیت همکاری عامل‌هاست. تعامل، عنصر لازم عملکرد یک عامل را تشکیل می‌دهد. همکاری بین عامل‌ها زمانی اتفاق می‌افتد که آن‌ها بتوانند فعالیت‌هایشان را از طریق تعامل با یکدیگر هماهنگ کنند. تکنیک‌های مختلفی برای همکاری بین عوامل وجود دارد. چگونگی همکاری بین عامل‌ها بستگی به معماری عامل‌ها دارد. در این تحقیق یک مکانیسم همکاری غیرمستقیم بین عامل‌ها نشانه‌گذاری معرفی می‌گردد [VAL07].

در این فصل ابتدا معرفی کوتاهی از عامل و سیستم‌های چندعامله ارائه خواهد شد. در ادامه پس از آشنایی مختصر با مکانیسم‌های همکاری بین عامل‌ها، به تفصیل نشانه‌گذاری و خصوصیات آن تشریح خواهد گردید. سپس مرور کوتاهی بر روی کارهای مرتبط با نشانه‌گذاری از ابتدای معرفی این مفهوم تا کاربردهای جالب امروز خواهد شد. در پایان نیز چالش‌های معنایی سیستم‌های موجود بررسی خواهد گردید. نهایتاً تکنولوژی‌های معنایی به عنوان گزینه پیشنهادی برای غلبه بر این چالش‌ها به طور مختصر معرفی خواهد گردید.

۱-۲- سیستم‌های چندعامله

در فرهنگ لغات، عامل agent این‌گونه تعریف شده است: "پیشکار، نماینده، گماشته، وکیل، ما مور، عامل". بنابراین در واقع به بیانی غیر فنی می‌توان عامل را کسی دانست که به جای شخص یا موجودیت دیگری عمل می‌کند. در هوش مصنوعی، عامل به عنوان ماهیتی تعریف می‌شود که می‌تواند محیط را به وسیله حس‌گرهای خود درک کند و از طریق عملگرهای خود بر روی محیط تأثیر بگذارد. شکل ۱-۲ به صورت نمادین اجزای یک عامل و نحوه ارتباط آن را با محیط نمایش می‌دهد [RUS09].



شکل ۱-۲: یک عامل و اجزای آن [RUS09]

اما سیستم‌های چندعامله برای اولین بار در سال ۱۹۹۵ معرفی گردید. یک زمینه مطالعاتی نوین در هوش مصنوعی ایجاد نمود. این سیستم‌ها از جمع چند عامل هوشمند هماهنگ و تعاملی به وجود آمده است. در این سیستم هر کس وظیفه خاصی دارد و می‌داند چه زمانی با دیگر عوامل باید ارتباط برقرار کند. از سیستم‌های چندعامله می‌توان برای حل مسائلی استفاده نمود که حل آن‌ها برای یک عامل به تنهایی یا برای یک سیستم یکپارچه مشکل و یا حتی غیرممکن باشد [STO00].

سیستم‌های چندعامله روش‌های جدیدی را برای حل مسائل محاسباتی و پروژه‌های نرم‌افزاری معرفی نموده‌اند. از آنجایی که در این‌گونه مسائل، مجموعه‌ای از عوامل، یک سیستم را تشکیل می‌دهند، دستیابی به اهدافی

میسر شده است که به وسیله یک عامل منفرد امکان پذیر نبوده است. از سیستم‌های چندعامله می‌توان در حل مسائلی همچون معادلات بر خط، مدل‌سازی ساختارهای اجتماعی و ... بهره گرفت.

این سیستم‌ها مزیت‌های فراوانی دارند. در زیر به برخی از دلایل استفاده از این سیستم‌ها اشاره شده است [WOO08]:

- یک عامل به تنهایی می‌تواند کارهای مختلفی انجام دهد، اما استفاده از یک عامل به تنهایی باعث بروز نارسایی‌هایی در سرعت و قابلیت اطمینان و نگهداری سیستم می‌گردد. در واقع تقسیم وظایف بین عامل‌ها مزایای گوناگونی از جمله قابلیت انعطاف^۱، قابلیت تغییرپذیری^۲ و قابلیت توسعه^۳ را به سیستم می‌افزاید.
- یک سیستم چندعامله در اکثر مواقع می‌تواند به کار خود ادامه دهد، به این دلیل که وظایف در این سیستم تقسیم شده است و تصمیم‌گیری توزیع شده است. در نتیجه با از کار افتادن بخشی از سیستم، سیستم از کار نخواهد افتاد، بلکه بقیه عوامل می‌توانند به کار خود ادامه دهند.
- این سیستم‌ها نسبت به سیستم‌های تک‌عامله برای محیط‌های ناشناخته و با مقیاس وسیع مناسب‌تر به نظر می‌رسند؛ زیرا محیط سریع‌تر و بهتر کاوش می‌شود.
- بهره‌گیری از سیستم‌های چندعامله برای کاربردهایی که به محاسبات توزیع شده نیاز دارند، مناسب‌تر به نظر می‌رسد. در این موارد عوامل می‌توانند به صورت موجودیت‌های خودمختاری تعریف شوند، که به صورت موازی با یکدیگر عمل می‌کنند و بدین ترتیب با استفاده از پردازش‌های همزمان می‌توان راه‌حل‌های بهتری را برای مسائلی که تاکنون به صورت خطی حل می‌شدند، ارائه نمود.

¹ flexibility

² Modifiability

³ Extensibility

- سیستم‌های چندعامله برای حل مسائلی که ذات توزیع شده، اما ناهمگنی دارند، مناسب‌ترین گزینه به نظر می‌رسد. از جمله این کاربردها می‌توان به تجارت الکترونیک اشاره کرد. در این گونه کاربردها عوامل می‌توانند به صورت مستقل و توسط توسعه‌دهندگان مختلف طراحی شوند و با وضع قوانین، به منظور تعامل و هماهنگی با یکدیگر، اهداف سیستم را برآورده سازند.
 - هزینه‌ها در این گونه سیستم‌ها کاهش می‌یابد؛ چرا که نیازی نیست با صرف هزینه‌های هنگفت، عاملی با قدرت پردازشی بالا فراهم نمود، بلکه می‌توان با صرف هزینه کمتر با چندین عامل با قدرت پردازشی کمتر همان کار را حتی سریع‌تر انجام داد.
- پس از معرفی مختصری از سیستم‌های چندعامله و مزایای آن‌ها در بخش بعد به دلایل لزوم همکاری بین عوامل و روش‌های همکاری بین عوامل پرداخته خواهد شد.

۲-۲- همکاری^۱ بین عامل‌ها

بر اساس تعریف واژه‌نامه آکسفورد می‌توان همکاری را این گونه تعریف کرد: "سازمانی از اجزای مختلف با یک فعالیت پیچیده^۲ که برای کار کردن با یکدیگر به صورت موثر^۳ جمع شده‌اند" در سیستم‌های چندعامله، چندین عامل برای رسیدن به یک هدف مشترک تلاش می‌کنند. مسئله همکاری بین چندین عامل در کاربردهای گوناگون چه در طبیعت و چه در سیستم‌های ساخت بشر رخ می‌دهد. چند دلیل عمده برای همکاری بین عامل‌ها وجود دارند که به شرح زیر می‌باشد [WIL06]:

- بین فعالیت‌های عامل‌ها وابستگی وجود دارد: وابستگی متقابل بین عامل‌ها زمانی اتفاق می‌افتد که اهداف شخصی عامل‌ها به یکدیگر مرتبط باشند: یعنی تصمیماتی که توسط یک عامل گرفته می‌شود بر روی تصمیمات دیگر عوامل جامعه موثر می‌باشد.

¹ coordination

² Complex activity

³ effectively

- عوامل نیاز دارند با محدودیت‌های عمومی موجود مواجه شوند: محدودیت‌های عمومی زمانی به وجود می‌آیند که راه‌حلی که توسط گروهی از عوامل ایجاد می‌شود، بایستی بتواند شرایط خاصی را برآورده سازد تا موفق تلقی شود.
- یک عامل به تنهایی صلاحیت کافی، منابع یا اطلاعات برای حل تمام مسئله را ندارد: بسیاری از مسائل قابل حل توسط کار یک عامل نیستند؛ زیرا یک عامل ممکن است تجربه لازم، منابع یا اطلاعات کافی را در اختیار نداشته باشد.

با توجه به دلایل ذکرشده در لزوم همکاری عوامل، شاید بتوان تکنیک‌های همکاری بین عامل‌ها را بر اساس میزان و نحوه به اشتراک گذاشتن اطلاعات دسته‌بندی نمود [BUS05]. در این تحقیق یک روش همکاری بین عوامل که اطلاعات خود را عموماً به صورت غیرمستقیم و از طریق محیط به اشتراک می‌گذارند، مورد استفاده قرار گرفته است. این روش جز اولین الگوریتم‌های همکاری الهام گرفته از طبیعت محسوب می‌شود [OMI13]، که در ادامه به تفصیل معرفی خواهد گردید.

۲-۳- نشانه‌گذاری

نشانه‌گذاری یک مکانیسم همکاری غیرمستقیم بین عامل‌هاست. این مکانیسم بر این اصل استوار است که اثر به جا مانده از انجام یک عمل باعث تحریک کارایی عمل بعدی توسط همان عامل یا عوامل دیگر خواهد شد. بدین ترتیب اعمال پی‌درپی باعث تقویت یکدیگر می‌شوند، که منجر به ظهور خودکار فعالیت‌های منسجم و به ظاهر سیستماتیک می‌گردد [CHA12].

نشانه‌گذاری یک مکانیسم همکاری قابل‌مشاهده در جوامع حشرات از قبیل کلونی مورچه‌ها می‌باشد. این مکانیسم بر اساس رفتار این حشرات در تولید و پراکنده ساختن یک ماده بوئیدنی به نام فرومون در محیط عمل می‌کند. مورچه‌ها دائماً از طریق این ماده تعامل می‌کنند و توسط آن برای انجام عمل خاصی راهنمایی

می‌شوند. نشانه‌گذاری اجازه می‌دهد یک رفتار پیچیده اجتماعی از فعالیت‌های ساده مورچه‌ها به وجود آید. این مکانیسم ویژگی‌های شگفت‌آوری در رابطه با انعطاف‌پذیری و تطبیق‌پذیری دارد [CHA12].

نشانه‌گذاری نوعی خود سازماندهی^۱ است که ساختارهای پیچیده و به ظاهر هوشمند را بدون نیاز به هیچ برنامه‌ریزی کنترل و یا حتی ارتباط مستقیم بین عامل‌ها ایجاد می‌کند. این مکانیسم از همکاری موثر بین عامل‌های بسیار ساده که فاقد هرگونه حافظه یا هوش یا حتی آگاهی شخصی از دیگر عوامل است، حمایت می‌کند [HAD04].

۲-۴- تاریخچه

مفهوم نشانه‌گذاری توسط حشره‌شناس فرانسوی Pierre-Paul Grassé در سال ۱۹۵۹ برای توصیف نوعی مکانیسم همکاری استفاده‌شده، توسط حشرات، معرفی گردید. این مکانیسم بر این اصل استوار است که کار انجام‌شده به وسیله یک عامل اثری را در محیط به جای می‌گذارد که باعث تحریک کارهای پی‌درپی خواهد شد (چه توسط همان عامل یا عوامل دیگر). این ارتباط با واسطه از طریق محیط اطمینان می‌دهد که کارها بدون نیاز به برنامه‌ریزی، کنترل و یا حتی ارتباط مستقیم بین عامل‌ها، با ترتیب صحیحی انجام شود. مفهوم نشانه‌گذاری اجازه داد تا Grass تناقض هماهنگی مشاهده‌شده در جامعه حشرات را حل نماید، این تناقض این‌چنین بود که چگونه حشراتی باهوش بسیار اندک، بدون هیچ‌گونه ارتباط ظاهری، از عهده پروژه‌های پیچیده‌ای همچون ساختن لانه برمی‌آیند [VAL07].

Grass این ایده را از مشاهده اینکه چگونه گونه‌ای از موریه به نام *Bellicositermes* لانه خود را می‌سازد، به دست آورد. او متوجه شد که موریه‌ها در ابتدا به صورت تصادفی این طرف و آن طرف می‌روند و توپ‌های گلی خود را می‌اندازند. این عمل تصادفی باعث تحریک موریه‌ها برای قرار دادن توپ‌های گلی خود در همان مکان می‌گردد. بنابراین تپه‌های کوچک به سرعت رشد می‌کنند و تبدیل به لانه‌های پیچیده می‌شوند. ارتباط بین

¹Self organization

موریانه‌ها به صورت غیرمستقیم است، کار انجام‌شده توسط یک موریانه اطلاعاتی را برای دیگران فراهم می‌کند، که کار خود را چگونه انجام دهد [VAL07]. شکل ۲-۲ تپه عظیم ایجادشده توسط موریانه‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۲: تپه‌های ایجادشده توسط موریانه‌ها

یک مثال سنتی دیگر از نشانه‌گذاری اثر فرومون به‌جامانده از مورچه‌ها در مسیر بازگشت به خانه از منبع غذا می‌باشد. فرومون، دیگر مورچه‌ها را تحریک می‌کند تا همان مسیر را دنبال کنند. وقتی آن‌ها غذا را پیدا می‌کنند، در راه بازگشت به خانه اثر فرومون به‌جامانده را تقویت می‌کنند. این مکانیسم باعث ظهور شبکه موثری از فرومون خواهد شد که لانه را از طریق کوتاه‌ترین مسیرها به منابع اصلی غذا متصل می‌کند [MUL09].

اصطلاح نشانه‌گذاری از دو واژه یونانی stigma به معنی "نشانه، علامت" و ergon به معنی "کار، عمل" مشتق شده است. بر اساس مفهوم نشانه‌گذاری یک نشانه (stigma) در محیط باعث انجام یک عمل (ergon) در جامعه حشرات می‌گردد. یک حشره محیط محلی خود را مشاهده می‌کند و بدین ترتیب برای انجام یک عمل خاص با توجه به موقعیت فعلی محیط، تحریک می‌گردد [HUA08].

۲-۵- رفتار نشانه‌گذاری در حشرات

در طول سال‌ها، مشاهده فعالیت مورچه‌ها، منبع قدرتمندی برای الهام گرفتن محققان در زمینه‌های گوناگون بوده است. حشرات با وجود حس‌گرهای محدود خود و حداقل هوش فردی و فقدان سیستم کنترل مرکزی قادرند با همکاری با یکدیگر، لانه‌های پیچیده‌ای بسازند و در فواصل دور به دنبال غذا بگردند و لاروهای خود را مرتب کنند همکاری حشرات در پاسخ یک حشره به نشانه‌گذاری رخ می‌دهد.

نشانه‌گذاری با مطالعه در زمینه جامعه زیستی حشرات در مفهوم تعامل و مبادله اطلاعات معرفی گردید. نشانه‌گذاری نوعی تعامل و تبادل اطلاعات را بین عوامل به صورت غیرمستقیم توسط محیط توصیف می‌کند. بررسی جامعه زیستی حشرات نشان داد که این حیوانات با تولید یک ماده تبخیرشدنی در محیط‌شان با یکدیگر همکاری می‌کنند [TUA 10]. در ادامه چندین نمونه از رفتار نشانه‌گذاری در حشرات توصیف خواهد شد.

۲-۵-۱- فرایند یافتن غذا توسط مورچه‌ها

تعامل بین مورچه‌ها بر اساس وجود یک ماده شیمیایی بوییدنی به نام فرومون که در حین فعالیت منتشر می‌کنند، صورت می‌گیرد. مورچه‌ها با ترشح فرومون محیط را برای دیگر مورچه‌ها تغییر می‌دهند و فعالیت خود را با روش خاصی تعیین می‌کنند. ترشح و توزیع فرومون منعکس‌کننده مسئله فعلی است که مورچه‌ها در حال کار بر روی آن هستند. (به عنوان مثال ساختن تپه مورچه‌ها). تغییر در محیط توسط مورچه‌ها حس می‌شود و می‌تواند باعث تغییر در رفتارشان گردد. به عبارت زیستی، نشانه‌گذاری اجازه می‌دهد تا حشرات بسیار ساده رفتارهای نوظهور منظمی^۱ در سطح جامعه از خود نشان دهند. در توسعه سیستم‌های کنترلی نشانه‌گذاری، این مفاهیم زیستی به نرم‌افزار نگاشت می‌شوند تا برای کاربردهای کنترلی قابل استفاده شوند. عوامل در نشانه‌گذاری ساختاری واکنشی و وابسته به محیط دارند. اصول این روش به شرح زیر می‌باشد [VAL01]:

^۱ highly ordered emergent behavior

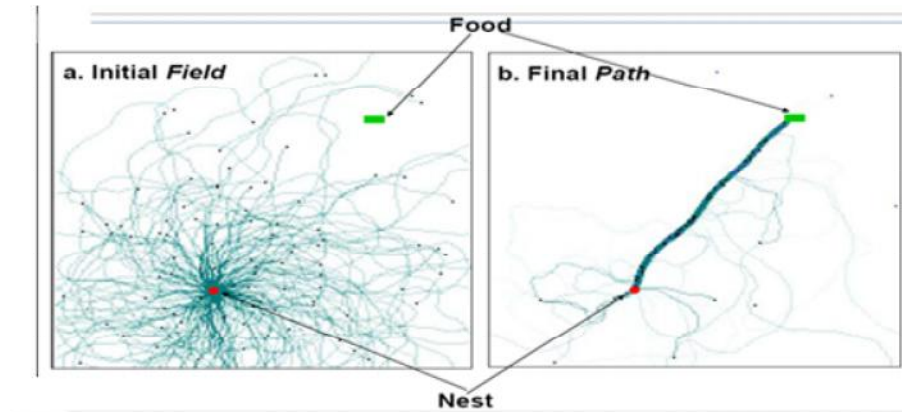
- عامل‌ها ساده، واکنشی و نا مطلع از دیگر عوامل، دارای رفتارهایی نوظهور و پیچیده در مواجهه با جامعه زیستی خود هستند.

- محیط، مکانیسمی بااهمیت برای هدایت فعالیت‌های عامل‌ها و جمع‌کننده اطلاعات برای فعالیت‌های آینده تمام عوامل جامعه می‌باشد.

به طور خلاصه فرایند یافتن غذا توسط مورچه‌ها به شکل زیر انجام می‌شود [DOR06]:

- در غیاب هر گونه نشانه‌ای در محیط، مورچه‌ها به صورت تصادفی به دنبال غذا می‌گردند.
- زمانی که یک مورچه یک منبع غذا را پیدا کرد، یک ماده شیمیایی بوییدنی در مسیر بازگشت از منبع به لانه به جای می‌گذارد (زمانی که بخشی از غذا را حمل می‌کند). با این عمل یک اثر فرومون بین منبع غذا و لانه ایجاد می‌کند. ویژگی مهم این فرومون این است که اگر مورچه دیگری فرومون تازه ترشح کند، سرانجام تبخیر خواهد شد.
- زمانی که یک مورچه نشانه‌ای را به صورت یک اثر فرومون حس می‌کند، تشویق می‌شود تا این اثر فرومون را تا رسیدن به منبع غذا دنبال کند.

شکل ۲-۳ فرایند یافتن غذا توسط مورچه‌ها، و طی کوتاه‌ترین مسیر بین منبع غذا و لانه را به صورت نمادین نمایش می‌دهد.



شکل ۲-۳: فرایند یافتن غذا توسط مورچه‌ها

این الگوی ساده رفتاری باعث ایجاد یک رفتار نوظهور در کلونی مورچه‌ها می‌گردد که بسیار منظم و موثر در یافتن غذا و مقاوم در مقابل عدم قطعیت و پیچیدگی محیط می‌باشد. اصول مهم نشانه‌گذاری در این نمونه در زیر نشان داده شده است.

- اطلاعات کلی (درباره مکان یافتن غذا) به صورت محلی قابل دسترس است.
- در هر مکانی از محیط که اثر فرومون وجود دارد، مورچه‌ها می‌توانند در مورد در دسترس بودن غذا در مکان‌های دور، بیاموزند.
- جنبه دیگر نقش بازخورد مثبت (تقویت اثر فرومون توسط مورچه‌های جذب شده) برای ظهور ترتیب^۱ صحیح در انجام یک عمل خاص (مانند یافتن غذا یا ساختن لانه) بدون همکاری مستقیم است [VAL01].

۲-۵-۲- فرایند ساختن لانه توسط مورچه بافنده

ساختن لانه توسط مورچه‌های بافنده، فعالیت دیگری است که توسط یک گونه خاص (گونه *Oecophylla*) از مورچه‌ها صورت می‌گیرد و نمونه خوبی برای نشان دادن مزایای همکاری نشانه‌گذاری بین اجزای ساده است. هر چند این نمونه کمتر مورد توجه قرار گرفته است. برای ساختن لانه یک گروه از مورچه‌ها برگ‌های طبیعی را

^۱ the emergence of order

خم و با استفاده از چسب طبیعی مخصوص خود به هم می‌چسبانند، تا یک ساختار توپ مانند بسازند. اما جالب‌ترین بخشی که به این فعالیت مربوط می‌شود، تا کردن برگ‌ها به وسیله تعدادی مورچه در همکاری با یکدیگر می‌باشد. شکل ۲-۴ نمونه‌ای از لانه ساخته‌شده توسط مورچه‌های بافنده را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۴: لانه ساخته‌شده توسط مورچه‌های بافنده [TUA 10]

اعتقاد بر این است که درس‌های آموخته‌شده از این نمونه می‌تواند اساس مفیدی برای دسته کلی از مسائل مرتبط با ازدحام ربات‌ها باشد، که در آن‌ها لازم است تا گروهی از ربات‌ها ساده اشیای خاصی را در محیط در همکاری با یکدیگر تغییر دهند [TUA 10].

۲-۶- کارهای گذشته

تقریباً تا سال ۱۹۹۰، مفهوم نشانه‌گذاری به صورت محدودی در بین تعدادی از محققان رفتار حشرات اجتماعی باقی ماند. هر چند در طی این سال‌ها یکی از این حشره‌شناسان Jean-Louis Deneubourg، از دانشگاه بروکسل، در این زمینه موفق به دریافت جایزه نوبل گردید. اما بزودی آشکار شد که نشانه‌گذاری نمونه‌ای اولیه از خود سازماندهی می‌باشد [ELI07].

با ظهور الگوهای مبتنی بر عامل در شبیه‌سازی کامپیوتری جامعه، حشرات به عنوان دسته‌ای^۱ (ازدحام) از عوامل ساده که قادرند کارهای پیچیده‌ای را با استفاده از انواع مختلف خود سازماندهی به خصوص نشانه‌گذاری انجام دهند، تصور شد. توانایی کلی در حل مسائل پیچیده با چنین ساختار چندعامله خودسازماندهی، هوش ازدحامی^۲ نامیده شد. [ELI07]

Dorigo و همکارانش در سال ۱۹۹۸ از شبکه مورچه Ant Net، به منظور ساخت عوامل سیار (مورچه‌ها) برای تولید اثر فرومون در شبکه ارتباطی استفاده نمودند. مفهوم نشانه‌گذاری به طور موفق در مسیریابی تطبیقی در شبکه‌های ارتباطی از راه دور و مسائل بهینه‌سازی ترکیبی به کار گرفته شد. متاهیورستیک کلونی مورچه در سال ۱۹۹۹ توسط Dorigo و همکارانش بر اساس تحلیل ویژگی‌های الگوریتم موجود کلونی مورچه‌ها معرفی گردید [DOR06].

سیستم مورچه‌ها "ant systems" نیز توسط Dorigo و همکارانش در سال ۲۰۰۱ به عنوان یک الگوریتم الهام گرفته از رفتار مورچه‌ها، در به جا گذاشتن اثر فرومون معرفی شد. این الگوریتم بر روی مسئله فروشنده دوره‌گرد^۳ اعمال گردید. مورچه‌های مصنوعی با پیمودن گراف TSP با به جا گذاشتن اثر فرومون و با استفاده از یک قانون انتقال احتمالی برای انتخاب اینکه کدام شهر در مرحله بعد باید ملاقات شود، این مسئله را حل نمودند. مسیریابی در شبکه‌های ارتباطی یکی دیگر از زمینه‌های کاربردی است که الگوریتم کلونی مورچه در آن موفق بوده است [DOR06].

نشانه‌گذاری تنها بر روی عامل‌های نرم‌افزاری اعمال نشد. بلکه بر روی عامل‌های سخت‌افزاری نظیر ربات‌های خودمختار^۴ نیز اعمال گردید. گروهی از ربات‌های بسیار ساده اثبات کرده‌اند که قادرند کارهایی غیر بدیهی از قبیل دسته‌بندی اشیاء در گروه‌های مختلف را به روشی شبیه مورچه‌ها انجام دهند. این پیاده‌سازی‌ها بر روی

¹ swarm

² Swarm intelligence

³ Traveling Salesman Problem

⁴ autonomous robots

ربات‌ها، الهام‌بخش به کار بردن مدل‌های نشانه‌گذاری در برطرف ساختن مشکلات همکاری و کنترل در کارخانه‌ها گردید [CAI11].

بعد از گسترش مفهوم نشانه‌گذاری از دنیای حشرات اجتماعی به حوزه‌هایی نظیر هوش مصنوعی و رباتیک، شاید بدیهی‌ترین گام بعدی همکاری عامل‌های انسانی تحت حمایت کامپیوتر به خصوص از طریق وب گسترده جهانی بود. به عنوان یک نمونه موفق می‌توان ویکی‌پدیا را نام برد. دایرةالمعارف رایگان وب، که در حال گسترش به عنوان یکی از بزرگ‌ترین منابع دانش می‌باشد و هر خواننده‌ای را تحریک می‌کند تا نوشته‌های نویسندگان قبلی را بهبود و گسترش دهد [BOL09]. همچنین در انجام پروژه‌هایی نظیر توسعه نرم‌افزارهای با کد باز نیز از مفاهیم نشانه‌گذاری استفاده می‌شود [HOW12].

اما به سرعت مشخص شد که همکاری انسان‌ها نیاز به حمایت کامپیوتر برای بهره‌وری از مزایای نشانه‌گذاری ندارد. شاید معروف‌ترین مثال از نشانه‌گذاری selforganization، "دست‌های پنهان"^۱ در بازار باشد. خرید و فروش کالاها بر روی قیمت کالاهای رد و بدل شده اثرگذار است و باعث تحریک معاملات بعدی می‌گردد [Par06].

واضح است که از سال ۱۹۹۰ تاکنون مفهوم نشانه‌گذاری رشد وسیعی در حوزه‌های گوناگون کاربردی داشته است و به نظر می‌آید که همچنان نیز این روند ادامه داشته باشد.

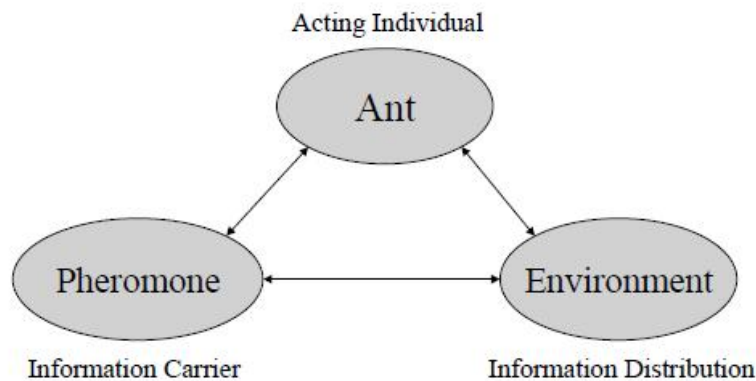
۲-۷- توسعه سیستم‌های نشانه‌گذاری

در این بخش ابتدا بر اساس اصول و ویژگی‌های توصیف‌شده در قسمت‌های قبل، مزایای همکاری مورچه‌ها بر اساس فرومون به عنوان یک نمونه پایه در توسعه سیستم‌های نشانه‌گذاری توصیف خواهد گردید. سپس در ادامه اجزای اصلی یک سیستم نشانه‌گذاری به تفصیل معرفی خواهد گردید [VAL01]:

¹ Invisible hand

- **مکانیسم همکاری ساده:** مورچه‌ها با یک روش ساده و استاندارد با محیط و با یکدیگر تعامل دارند. این موضوع فواید خاصی برای زندگی اجتماعی این حشرات دارد، مورچه‌ها بر روی قرار دادن اطلاعات در محیط و بازیابی آن از محیط تمرکز دارند و در مورد موقعیت دیگر مورچه‌ها نگران نیستند.
 - **راهنمایی خودکار برای بهینه‌سازی راه حل:** اکتشاف مورچه‌ها (حرکت تصادفی) ضمانت می‌کند که جامعه مورچه‌ها رفتار مقاومی از خود نشان دهند. انتشار اطلاعات عمومی (اثر فرومون تا منبع غذا) و بازخورد از رفتار مورچه‌ها (مورچه‌ها توسط بو جذب می‌شوند) سیستم را برای رسیدن به راه‌حل بهینه راهنمایی می‌کند، اما لزوماً بهترین راه‌حل نیست. در واقع جامعه مورچه‌ها به عنوان یک موجودیت فعال راه‌حل بهینه را می‌یابد، بدون اینکه ویژگی‌های مقاومت و تطبیق‌پذیری^۱ خود را از دست بدهد.
 - **قابلیت برخورد با موقعیت‌های پویا:** به دلیل مکانیسم ساده همکاری مورچه‌ها پیکربندی دوباره^۲ جامعه مورچه‌ها امکان‌پذیر می‌باشد. مورچه‌ها به سادگی با فرومون مواجه می‌شوند، بنابراین الحاق یا جدا شدن یک مورچه از جامعه اثری در کارایی کلی جامعه ندارد. با وجود یک محیط دائماً در حال تغییر مورچه‌ها می‌توانند با استفاده از مکانیسم‌هایی نظیر اکتشاف، تبخیر و تقویت اطلاعات جامعه را با تغییرات تطبیق دهند.
- موارد ذکرشده فوق، ویژگی‌ها و قابلیت‌هایی هستند که یک سیستم نشانه‌گذاری باید فراهم کند. در ادامه جزئیات بیشتری در مورد ساختار چنین سیستم‌هایی و چگونگی فراهم نمودن ویژگی‌های لازم آمده است.
- اجزای اصلی یک سیستم نشانه‌گذاری شامل مجموعه‌ای از عوامل (به صورت نمادین مورچه)، محیطی که در آن عوامل با یکدیگر تعامل دارند و مکانیسمی برای انتقال غیرمستقیم اطلاعات از طریق محیط (به صورت نمادین فرومون) می‌باشد. به صورت گرافیکی می‌توان اجزای اصلی یک سیستم نشانه‌گذاری را به وسیله شکل ۲-۵ توصیف نمود [VAL01].

^۱ robustness and adaptiveness^۲ reconfiguration



شکل ۲-۵: اجزای مختلف یک سیستم نشانه‌گذاری [VAL01]

عامل یا مورچه: به عنوان موجودیت فعال در این سیستم محسوب می‌شود. عوامل برای اینکه بتوانند از طریق محیط با یکدیگر تعامل داشته باشند باید توانایی حس کردن و ارزیابی وضعیت محیط و همچنین توانایی تأثیرگذاری بر محیط در پاسخ به ارزیابی خود را داشته باشند. بنابراین می‌توان گفت که یک عامل نشانه‌گذاری دارای سه جزء اساسی می‌باشد: حس گر، عملگر و تعدادی قانون ساده داخلی برای ارزیابی شرایط محیط و پاسخ به این ارزیابی [VAL01].

محیط: به عنوان مکانیسم نمایش و توزیع اطلاعات محسوب می‌شود. به عبارت دیگر محیط نقش حیاتی در ارتباط و همکاری بین عوامل در این سیستم بازی می‌کند. در واقع نقش محیط به اندازه نقش عوامل در این سیستم اهمیت دارد. ویژگی‌های این محیط، به طور قابل توجهی با مفاهیم سنتی که در آن مسئله تحریک-اسخ عوامل کامل مستقل از نقش محیط در انتقال و تأثیر بر روی اطلاعات مطرح است، متفاوت است. در سیستم‌های نشانه‌گذاری محیط نقش اساسی در ایجاد معنا و حافظه در پیکره‌بندی^۱ اعمال در گسترش فرایندهای شناختی دارد [VAL01].

^۱ configurations

فرومون: یا به صورت کلی نشانه، به عنوان حامل اطلاعات در این سیستم محسوب می‌گردد. بر اساس دید کلی از نشانه‌گذاری، می‌توان نشانه را به عنوان یک رفتار یا محصول فعالیت‌ها، که توسط عوامل تولید، توسط محیط نمایش و توسط دیگر عوامل حس می‌شود، تعریف نمود. این تعریف بیان‌کننده این ویژگی‌ها است که [REN10]:

- مفهوم نشانه، محصول رفتار عوامل یا فعالیت‌های عوامل است. که نشان می‌دهد که نشانه توسط عوامل ایجاد می‌شود.

- محیط حامل نشانه‌هاست و آن‌ها را با استفاده از حالت‌های مختلف خود نمایش می‌دهد.
- نشانه‌ها می‌توانند توسط عوامل دیگر دیده یا حس شوند. به عبارت دیگر نشانه‌ها می‌توانند توسط عوامل ردیابی و تفسیر گردند.

با توجه به ویژگی‌های ذکرشده برای سیستم‌های نشانه‌گذاری در مقایسه با دیگر روش‌های همکاری، این روش دارای مزایای مهم زیر می‌باشند:

- یک مکانیسم سبک در مقایسه با مذاکره مستقیم بین عوامل می‌باشد. مذاکره مستقیم شبیه به رفتار مردم در خرید یک خانه است. اما نشانه‌گذاری مشابه با رفتار فردی است که می‌خواهد یک کیلوگرم سیب از سوپرمارکت بخرد. ظاهر و قیمت سیب‌ها نشانه (sign) را در محیط تشکیل می‌دهد.
- نشانه‌ها می‌توانند حاوی اطلاعاتی باشند که توسط طراح تعیین می‌شوند. به عنوان مثال یک مورچه ممکن است بوی غذا را به عنوان بخشی از اطلاعات اضافه کند. این موضوع به دیگر مورچه‌ها اجازه می‌دهد تا اثری را دنبال کنند که منجر به منبع غذای مناسب‌تر شود.

با این وجود نشانه‌گذاری عیب‌هایی نیز دارد. مهم‌ترین آن‌ها این است که تصمیم‌گیری بدون هماهنگ‌سازی صورت می‌گیرد [VAL01].

به طور خاص می‌توان بیان نمود که همکاری نشانه‌گذاری نیازی به موارد زیر ندارد [ELI07]:

- **برنامه‌ریزی و پیش‌بینی:** عوامل تنها نیاز به دانستن وضعیت کنونی فعالیت، هدف کلی و گام بعدی دارد و نتیجه نهایی اثری بر روی کار فعلی ندارد.
- **حافظه:** عوامل، نیاز به حافظه برای به خاطر سپردن فعالیت قبلی خود ندارند، در واقع نیاز به ذخیره هیچ‌گونه اطلاعاتی در مورد وضعیت کار در هیچ مکانی به جز رسانه^۱ (محیط) ندارند.
- **ارتباطات:** نیاز به انتقال هیچ اطلاعاتی بین عامل‌ها نیست، به جز کارهایی که در رسانه انجام شده است. به خصوص عوامل، نیاز به مذاکره در مورد اینکه چه کسی چه کاری را انجام می‌دهد، ندارند.
- **آگاهی متقابل^۲:** عوامل به صورت مستقل از یکدیگر کار می‌کنند، حتی نیازی به آگاهی از وجود دیگر همکاران خود ندارند.
- **حضور همزمان^۳:** به طور کلی نیازی به حضور عوامل در یک زمان و یک مکان نمی‌باشد. کارها در رسانه توزیع شده‌اند و عوامل در هر مکانی یا هر زمانی که در کاری دسترس باشد می‌توانند آن را انجام دهند.
- **توالی تحمیل شده^۴:** فعالیت‌ها به طور خودکار با ترتیب صحیحی انجام می‌شود، زیرا یک عمل شروع نمی‌شود مگر اینکه شرایط مورد نیاز آن فراهم شود. توالی کارها به صورت اتوماتیک رخ می‌دهد، بدین ترتیب که پایان یک کار باعث آغاز کار بعدی خواهد شد.
- **تقسیم تحمیل شده کار^۵:** هر عامل تنها کاری را انجام می‌دهد که صلاحیت کافی برای انجام آن را داشته باشد، به عبارت دیگر دارای شرایط مناسب انجام آن کار باشد.
- **تعهد^۱:** عوامل نیاز به تعهد برای انجام یک کار خاص ندارند، یک عامل برای آنچه انجام می‌دهد در همان نقطه با توجه به فرصت‌ها و شرایط تصمیم‌گیری می‌کند.

¹ medium

² mutual awareness

³ simultaneous presence

⁴ imposed sequence

⁵ imposed division of labor

- کنترل یا نظارت متمرکز^۲: اشتباهات و آشفتگی‌ها به صورت خودکار جبران می‌شوند؛ چرا که آن‌ها شرایط جدیدی را ایجاد می‌کنند که باعث تحریک به انجام یک کار صحیح خواهد شد. کارها خود سازمانده هستند و سازماندهی عمومی از تعاملات محلی بدون هیچ‌گونه کنترل و هدایت متمرکز فعالیت‌ها ایجاد می‌شود.

۲-۸- انواع سیستم‌های نشانه‌گذاری

تعامل در سیستم‌های نشانه‌گذاری را می‌توان به چهار دسته اصلی تقسیم نمود. که این چهار گروه به نوبه خود می‌تواند به دو مجموعه دوتایی دسته‌بندی شود. دسته اول روش‌های تعامل، به نحوه تفسیر نشانه‌های جمع‌آوری شده برمی‌گردد. این کلاس شامل دو دسته نشانه‌گذاری مبتنی بر علامت^۳ و نشانه‌گذاری “sematectonic” می‌باشد. درحالی‌که گروه‌بندی دوم به نوع خود علامت می‌پردازد. این گروه شامل دو دسته از روش‌های کمی^۴ و کیفی^۵ می‌باشند [ELI07].

۲-۸-۱- دسته‌بندی نوع اول مبتنی بر علامت و sematectonic

همان طور که قبل اشاره شد دو نوع مختلف از نشانه‌گذاری در دسته اول معرفی شده است: نشانه‌گذاری مبتنی بر علامت و “sematectonic”.

نشانه‌گذاری مبتنی بر علامت روشی است که در آن هر عامل پیامی را برای هم‌تیمی خود، از طریق قرار دادن نشانه‌ای در محیط کارشان مانند فرومون یا اثر گرمایی، ارسال می‌کند [DIP13].

¹ commitment

² centralized control or supervision:

³ Sign based

⁴ quantitative

⁵ qualitative

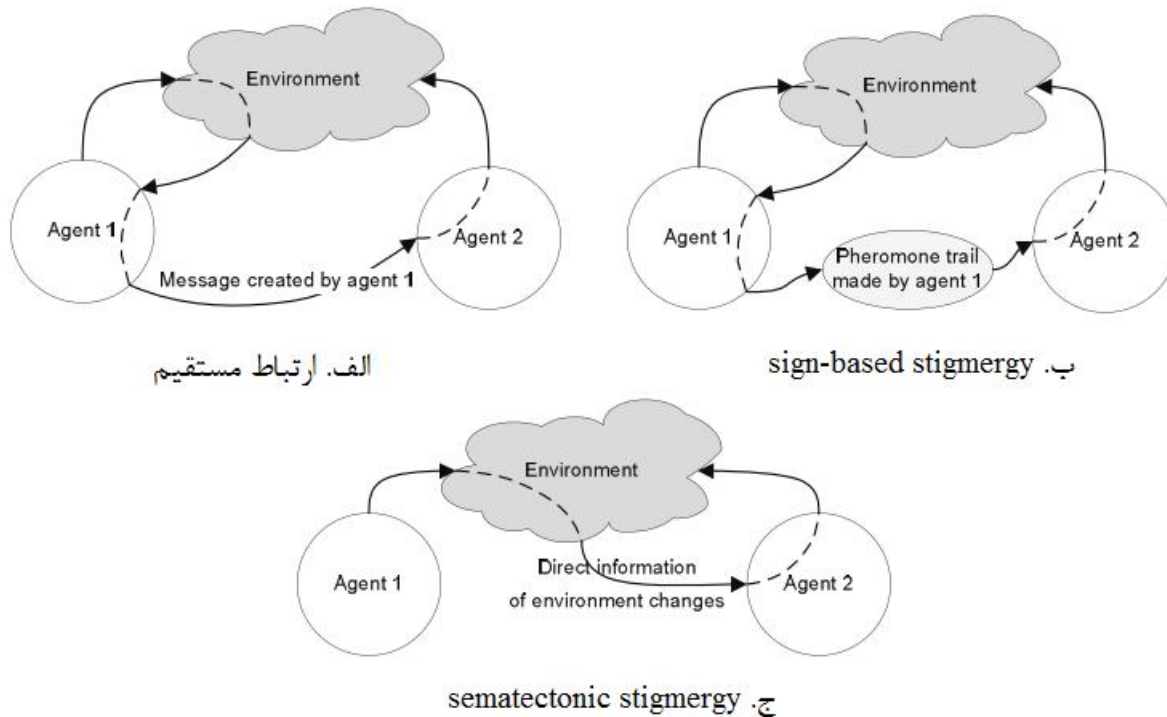
نام نوع دوم نشانه‌گذاری یعنی sematectonic از دو واژه لاتین "sign" به معنی نشانه و "tectonics" به معنی عملگر گرفته شده است. این اصطلاح نشان‌دهنده روشی است که در آن ارتباط بین اعضای گروه از طریق تغییر وضعیت (شکل، رنگ، موقعیت و غیره) محیط کارشان یا اشیای محیط کارشان ایجاد می‌شود که توسط یکی از اعضا ایجاد شده و توسط دیگر اعضا حس می‌شود [VEL11].

در واقع نشانه‌گذاری sematectonic شامل ارتباط از طریق تغییر فیزیکی در محیط می‌باشد درحالی‌که نشانه‌گذاری مبتنی بر علامت شامل ارتباط از طریق مکانیسم علامت‌دهی^۱ می‌باشد. نشانه‌گذاری sematectonic را می‌توان با ارائه مثال‌هایی مانند به جا گذاشتن اثر بر روی چمن با عبور مکرر عابران از آن، ایجاد ساختارهای پیچیده توسط موربانه‌ها و ساخت لانه به وسیله زنبور توصیف نمود. به عنوان یک نمونه از نشانه‌گذاری مبتنی بر علامت می‌توان به اثر فرومون به جا گذاشته‌شده به وسیله مورچه‌ها در فرایند یافتن غذا اشاره نمود [VEL11].

در شکل ۲-۶ تفاوت بین دو نوع نشانه‌گذاری و ارتباط مستقیم بین عوامل نشان داده شده است. مهم‌ترین تفاوتی که بین نشانه‌گذاری Sematectonic و دیگر انواع ارتباطات می‌توان مشاهده نمود، تفاوت در انتقال اطلاعات می‌باشد. دو روش در شکل ۲-۶ الف و ب نشان داده شده است. در شکل ۲-۶ الف ارتباط عوامل به صورت مستقیم است. در شکل ۲-۶ ب روش مبتنی بر علامت به صورت نمادین نشان داده شده است. همان طور که در این شکل مشاهده می‌گردد، اطلاعات درباره تغییرات محیط ابتدا توسط عامل اول قبل از اینکه برای عامل دوم ارسال شود، درک می‌شود. مکانیسم انتقال در صورتی که تجهیزات حس گر عامل اول به درستی کار نکنند، با ریسک انتشار خطا مواجه است و این مسئله یک مشکل رایج می‌باشد و اثر منفی دارد، به خصوص اگر این اطلاعات غلط به تمام عوامل در یک ازدحام بزرگ منتقل شود [TUA 10].

^۱ signaling

در مقابل در نشانه‌گذاری sematectonic که در شکل ۲-۶ ج نشان داده شده است، اطلاعاتی که عامل دوم دریافت می‌کند اطلاعات کاملاً مستقیمی است که درباره وضعیت محیط کاری دریافت می‌کند. بدین ترتیب حتی با وجود عیب در برخی حسگرهای عوامل می‌توان امیدوار بود که برخی دیگر از عوامل بتوانند اطلاعات صحیحی به دست آورند [TUA 10].



شکل ۲-۶: مقایسه روش‌های مختلف همکاری [TUA 10]

۲-۸-۲- دسته‌بندی نوع دوم کمی و کیفی

هر دو شکل نشانه‌گذاری ذکر شده فوق یعنی مبتنی بر علامت و sematectonic، شامل دو کلاس از مکانیسم‌های نشانه‌گذاری کیفی و کمی می‌باشد [VELL11].

نوع کمی نشانه‌گذاری به شرایطی اطلاق می‌شود که در آن درجه و قدرت اثرات به جا گذاشته تعیین‌کننده باشد: یعنی اثرات قوی‌تر باعث تحریک بیشتر برای انجام عمل می‌شود. در واقع در این کلاس از مکانیسم‌ها

اثرات به جا مانده، یک بازخورد مثبت در انجام کارآمد اعمال مورد نظر دارد. هر دو مثال معروف نشانه‌گذاری، چه فرایند یافتن غذا توسط مورچه‌ها که نوعی نشانه‌گذاری مبتنی بر علامت محسوب می‌شود و چه فرایند ساخت لانه به وسیله موریه‌ها که نوعی نشانه‌گذاری sematectonic به شمار می‌آید، هر دو نمونه‌هایی از کلاس کمی نشانه‌گذاری هستند [ELI07].

اما کلاس کیفی نشانه‌گذاری به شرایطی اطلاق می‌شود که در آن میزان اثرات اهمیت ندارد؛ بلکه آنچه تعیین کننده است، نوع اثر می‌باشد. در این نوع، اثرات گوناگون منجر به انجام اعمال متفاوت می‌گردد. به عنوان یک نمونه انسانی از این نوع می‌توان به وب‌سایت ویکی اشاره نمود، که توسط کاربران خود ویرایش می‌شود. یک پاراگراف که دارای یک خطای معنایی است (به عنوان مثال تعریف غلط نشانه‌گذاری) می‌تواند منجر به انجام یک عمل تصحیح شود (به عنوان مثال نوشتن یک تعریف صحیح). به عبارت دیگر انواع مختلف بی‌دقتی، ابهام و فقدان اطلاعات ممکن است منجر به تحریک کاربران برای انجام اعمال متفاوتی نظیر ویرایش، تصحیح یا افزودن مطالب جدید گردد [ELI07].

۲-۹- کاربردها

در این بخش مرور کوتاهی بر روی کاربردهای نشانه‌گذاری ارائه خواهد شد. این موارد تاییدکننده قدرت و کارایی این مکانیسم در حوزه‌های گوناگون می‌باشد.

شاید اولین زمینه، کشف پتانسیل‌های نشانه‌گذاری در هوش مصنوعی و کاربرد آن، در شبیه‌سازی‌ها و مدل‌سازی‌های کامپیوتری بود. Deneubourg و همکارانش در سال ۱۹۹۱، از رفتار مورچه‌ها در جمع‌آوری جسد مورچه‌های مرده، در مرتب‌سازی اشیاء بهره‌گیری کردند. درحالی‌که Mason در سال ۲۰۰۲ الگوریتم خوشه‌بندی‌ای با بهره‌گیری از رفتار موریه‌ها در ایجاد ساختارهای پیچیده، طراحی کرد. موارد ذکرشده فوق

نشان می‌دهد که بسیاری از محققان، نشانه‌گذاری را یک شاخه پذیرفته شده از هوش مصنوعی و به طور کلی به عنوان زیرمجموعه‌ای از هوش جمعی و سیستم‌های چندعامله در نظر می‌گیرند [RIC06].

محققان طیف گسترده‌ای از الگوریتم‌های نشانه‌گذاری را در زمینه رباتیک بررسی کردند (که در بسیاری از جهات نشان‌دهنده حرکت در جهت بهره‌گیری از شبیه‌سازی کامپیوتری است). Beckers و همکارانش در سال ۱۹۹۴ تیمی از ربات‌های کوچک ایجاد کردند که این‌بار قادر به بهره‌گیری از الگوریتم‌های نشانه‌گذاری در مرتب‌سازی اشیاء واقعی بودند [ELI07].

کاربردهای نشانه‌گذاری همچنان در حال گسترش بودند. Kennedy و همکارانش در سال ۲۰۰۱ الگوریتمی را توسعه دادند که بهینه‌سازی توده ذرات^۱ نامیده شد. این الگوریتم به دنبال توسعه و تکامل یک راه حل بهینه یا نزدیک به بهینه با استفاده از پرواز ذرات (اعضای جامعه) در فضای مسئله می‌باشد. در نهایت توده ذرات به بهترین راه حل بر اساس پارامترهای تنظیم شده توسط کاربر همگرا می‌شود [CHE10].

Parunak و همکارانش در سال ۲۰۰۲ یک روش را در استفاده از فرومون مصنوعی در هدایت نه تنها ربات‌های ساده، بلکه ازدحام ربات‌های پرنده^۲ (وسایل حمل و نقل هوایی بدون سرنشین^۳) توسعه و آزمایش کردند، که در این روش یک انسان به تنهایی قادر است تمام ازدحام ربات‌ها را هدایت کند [PAR02]. درحالی‌که Steele and Thomas در سال ۲۰۰۷ به طور موفقیت‌آمیزی یک سیستم کنترلی ایجاد نمودند. به عبارت دیگر هدایت به وسیله نشانه‌گذاری، کنترل یک مجموعه از ربات‌ها را از راه دور ممکن و تسهیل ساخت [STE07].

در واقع مثال‌های زیادی از کاربرد نشانه‌گذاری در هوش مصنوعی و رباتیک وجود دارد. و به نظر می‌رسد که در سال‌های آینده کاربردهای بیشتری از نشانه‌گذاری در این زمینه‌ها مشاهده شود. سیستم‌های نشانه‌گذاری به خصوص در زمینه‌هایی که نیاز به همکاری وجود دارد و تعداد زیادی عامل در آن شریک هستند، بسیار مناسب

¹ particle swarm optimization

² flying swarms of robots

³ unmanned aerospace vehicles

به نظر می‌رسد. سه نقطه قوت نشانه‌گذاری که از کاربردهایی در این زمینه‌ها حمایت می‌کند، به شرح زیر می‌باشد [ELI07]:

- سادگی: سیستم‌های نشانه‌گذاری قادرند فعالیت‌های پیچیده‌ای را با بهره‌گیری از مجموعه‌ای از عوامل به نسبت ساده انجام دهند.
- مقیاس‌پذیری^۱: از آنجایی که کار در سیستم‌های نشانه‌گذاری به مجموعه‌ای از عوامل نیاز دارد، با گسترش و توسعه عوامل و محیط، می‌توان کارایی سیستم را افزایش داد.
- استحکام^۲: به دلیل افزونگی و امکان خود سازماندهی مجدد، یک سیستم نشانه‌گذاری می‌تواند از دست دادن یک عضو را بدون کاهش قابل‌توجه کارایی تحمل کند.

نشانه‌گذاری به موجودات اجتماعی و یا حتی سیستم‌های فیزیکی محدود نمی‌شود. در اینترنت پروژه‌های جمعی زیادی وجود دارد که در آن کاربران تنها با تغییر بخش محلی از فضای اشتراکی مجازی با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند. ویکی‌پدیا مثالی از این موضوع است. ساختارهای عظیم اطلاعاتی موجود در ویکی، یا پروژه‌های نرم‌افزاری با منبع باز^۳ می‌تواند با لانه‌سازی موریه‌ها مقایسه شود. در ابتدا یک کاربر یک ایده ابتدایی را قرار می‌دهد (مانند قرار دادن یک توپ گلی در محیط توسط موریه‌ها برای ساخت لانه)، که باعث جذب کاربران دیگر می‌شود تا این مفهوم اولیه را تغییر دهند و در نهایت منجر به ساخت یک ساختار استادانه از افکار متصل می‌شود [HEY07].

به علاوه مفهوم نشانه‌گذاری همچنین می‌تواند در توصیف چگونگی انجام کارهایی به صورت همکاری مانند طراحی ساختمان به کار رود. طراحی ساختمان‌های بزرگ شامل تعداد زیاد و متفاوتی از کارکنان می‌باشد (از

¹ Scalability

² Robustness

³ Open source

قبیل معمار، مهندس ساختمان، مهندس استاتیک و ...). فعالیت‌های توزیع‌شده ممکن است به وسیله نشانه‌گذاری یکپارچه شوند [ELI07].

همچنین همکاری نشانه‌گذاری الهام‌بخش و تأثیرگذار در توسعه الگوریتم‌هایی به‌کاررفته در زمینه‌هایی از قبیل بهینه‌سازی ترکیبی، مسیریابی در شبکه‌های ارتباطی، تحلیل داده‌های اکتشافی، کنترل صنعتی و غیره می‌باشد [PAR04].

به طور خلاصه می‌توان سیر تکاملی کاربردهای نشانه‌گذاری را در جدول زیر مشاهده نمود.

جدول ۱-۲ سیر تکاملی کاربردهای نشانه‌گذاری

محقق	سال انتشار مقاله	موضوع مطالعه
Pierre-Paul Grassé	۱۹۶۹	معرفی مفهوم نشانه‌گذاری
Beckers et.al	۱۹۹۴	طراحی ربات‌های کوچک برای بهره‌گیری از الگوریتم‌های نشانه‌گذاری در مرتب‌سازی اشیاء واقعی
Durigo et.al	۱۹۹۸	بهره‌گیری از شبکه مورچه Ant Net، به منظور ساخت عوامل سیار (مورچه) برای تولید اثر فرومون در شبکه‌های ارتباطی
Durigo et.al	۲۰۰۱	معرفی سیستم مورچه‌ها ant systems به عنوان یک الگوریتم الهام گرفته از رفتار مورچه‌ها
Kennedy et.al	۲۰۰۱	معرفی الگوریتم بهینه‌سازی توده ذرات
Mason et.al	۲۰۰۲	معرفی یک الگوریتم خوشه‌بندی را با بهره‌گیری از رفتار موریهانه‌ها
Parunak et.al	۲۰۰۳	استفاده از فرومون مصنوعی در هدایت ازدحام ربات‌های پرنده (وسایل حمل‌ونقل هوایی بدون سرنشین)
Aras et.al	۲۰۰۴	بهره‌گیری از نشانه‌گذاری در یادگیری تقویتی در سیستم‌های چندعامله
Steele and Thomas	۲۰۰۷	توسعه یک سیستم کنترلی برای کنترل یک مجموعه از ربات‌ها را از راه دور
Bolici et.al	۲۰۰۹	بهره‌گیری از نشانه‌گذاری در توسعه پروژه‌های نرم‌افزاری رایگان با کد باز
Tuan et.al	۲۰۱۰	ارائه یک الگوریتم همکاری موثر در ازدحام ربات‌ها با استفاده از ارائه sematectonic نشانه‌گذاری
Iacopino et.al	۲۰۱۲	استفاده از الگوهای مبتنی بر نشانه‌گذاری در برنامه‌ریزی و زمان‌بندی مأموریت‌های فضاپیماها

Howison et.el	۲۰۱۲	بهره‌گیری از نشانه‌گذاری در همکاری غیرمستقیم در توسعه نرم‌افزارها
Sun et.el	۲۰۱۳	بهره‌گیری از مفاهیم نشانه‌گذاری در اقتصاد

توجه به جدول فوق و دنبال نمودن سیر کاربردهای گوناگون نشانه‌گذاری در حوزه‌های مختلف، از ابتدای معرفی این مفهوم، به عنوان توضیحی برای تناقض مشاهده‌شده در رفتار حشرات اجتماعی، که با وجود هوش فردی بسیار پایین قادر به انجام فعالیت‌های پیچیده به صورت جمعی می‌باشند، تا کاربردهای جذاب امروز در دنیای وب، توسعه نرم‌افزارها با کد باز، هدایت و کنترل ربات‌ها از راه دور و حتی توضیح برخی از فرایندهای اقتصادی با استفاده از این اصطلاح، می‌توان به گستردگی حوزه‌های کاربرد این مفهوم به دلیل جامعیت و انطباق این مفهوم در توضیح بسیاری از پدیده‌های دنیای امروز و قابلیت اعمال در زمینه‌های گوناگون پی برد.

همان طور که بر اساس نظر Andy Clark می‌توان گفت بخش عمده‌ای از آنچه در دنیای پیچیده بشر پیش می‌آید، ممکن است به طور شگفت‌آوری به وسیله آنچه الگوریتم‌های نشانه‌گذاری نامیده می‌شود قابل فهم باشد [SUN13].

اما سیستم‌های نشانه‌گذاری معرفی شده فوق دارای چالش‌های معنایی می‌باشند که در ادامه معرفی خواهند شد.

۲-۱۰- مروری بر چالش‌های سیستم‌های موجود

همان طور که در بخش‌های قبل اشاره شد، اجزای اصلی یک سیستم نشانه‌گذاری شامل مجموعه‌ای از عوامل (به صورت نمادین مورچه)، محیطی که در آن عوامل با یکدیگر تعامل دارند و مکانیسمی برای انتقال غیرمستقیم اطلاعات از طریق محیط (به صورت نمادین فرومون) می‌باشد.

در پیاده‌سازی هر یک از اجزای سیستم‌های نشانه‌گذاری موجود، مشکلات معنایی دیده می‌شود، که کمتر مورد توجه قرار گرفته‌اند. یکی از مهم‌ترین این موارد ساختار و معنای نشانه‌های مبادله شده توسط محیط می‌باشد، که در سیستم‌های موجود به قدر لزوم به آن اهمیت داده نشده است. نشانه، به عنوان حامل اطلاعات در این سیستم محسوب می‌گردد. از آنجایی که ارتباطات بین عامل‌ها در نشانه‌گذاری به صورت غیرمستقیم است و این ارتباط اغلب از طریق محیط انجام می‌گیرد و عامل‌ها تعامل مستقیم با یکدیگر ندارند، وجود ساختاری معنادار، مفید و در برخی موارد ضروری به نظر می‌رسد. استفاده از ساختاری معنادار علاوه بر کاهش ابهام در ارتباطات می‌تواند باعث بهبود نتایج استدلال شود.

از طرف دیگر از آنجایی که محیط نقش کلیدی در سیستم‌های نشانه‌گذاری، به عنوان مکانیسم نمایش و توزیع اطلاعات بازی می‌کند و تأثیر حیاتی در ارتباط و همکاری بین عوامل دارد. و همچنین نقش اساسی که در ایجاد معنا و حافظه در گسترش روابط بین عوامل دارد. مدل‌سازی صحیح از محیط در کارایی سیستم نقش بسزایی خواهد داشت. از این رو پیاده‌سازی موجودیت‌ها و روابط بین آن‌ها در محیط و به طور کلی بیان صحیح و روشنی از ویژگی‌هایی از محیط که مورد توجه عامل‌هاست، ضروری به نظر می‌رسد. که این موضوع در اغلب سیستم‌های موجود کمتر مورد توجه قرار گرفته است. بنابراین استفاده از یک روش یکسان و ساختار معنادار برای توصیف محیط، که اعمال تغییرات محیطی در صورت لزوم، در آن به وسیله عوامل میسر باشد، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است

همچنین همان طور که قبل اشاره شد، عامل به عنوان موجودیت فعال در این سیستم، برای اینکه بتواند از طریق محیط با دیگر عوامل تعامل داشته باشد باید توانایی حس کردن و ارزیابی وضعیت محیط و همچنین توانایی تأثیرگذاری بر محیط در پاسخ به ارزیابی خود را داشته باشند. بنابراین می‌توان گفت که یک عامل نشانه‌گذاری دارای سه جزء اساسی حس گر، عملگر و تعدادی قانون ساده داخلی برای ارزیابی شرایط محیط و پاسخ به این ارزیابی می‌باشد.

در واقع عامل می‌تواند با ورودی‌هایی که از محیط دریافت می‌کند و ارزیابی این داده‌ها و استنتاج بر اساس قوانین ساده داخلی خود سیستم را به هدف نهایی برساند. واضح است نحوه استدلال عامل می‌تواند تأثیر بسزایی در کارایی سیستم داشته باشد. بنابراین انتخاب یک روش استدلال کارآمد و موثر نقش مهمی در بهبود نتایج سیستم خواهد داشت. که این موضوع نیز در اغلب موارد کمتر مورد توجه محققین قرار گرفته است.

اگرچه ممکن است در نظر گرفتن همه موارد فوق و اعمال آن‌ها در یک چارچوب کاری دشوار باشد اما روشن است که باعث افزایش کارایی و بهبود نتایج حاصل خواهد شد. در ادامه معرفی مختصری از تکنولوژی‌های وب معنایی به عنوان گزینه پیشنهادی در رفع چالش‌های معنایی در مدل پیشنهادی ارائه شده در فصل آینده، ارائه خواهد گردید.

۲-۱- تکنولوژی‌های وب معنایی

امروزه روند رو به رشدی از بهره‌گیری از تکنولوژی‌های وب معنایی در حال شکل‌گیری می‌باشد که در زمینه‌های مختلفی از علوم از جمله سیستم‌های چندعامله نیز وارد شده است.

بنا بر تعریف W3C، "وب معنایی چارچوب مشترکی برای به اشتراک گذاشتن داده‌ها فراهم می‌آورد و اجازه می‌دهد این داده‌ها، در سراسر مرزهای کاربردی، اقتصادی و اجتماعی دوباره استفاده شوند." وب معنایی، یک ابتکار باهدف بهبود وضعیت فعلی شبکه جهانی وب و رفع مشکلات آن می‌باشد که ایده اصلی آن استفاده از اطلاعات قابل پردازش توسط ماشین است. وب معنایی پیشنهاد می‌کند که علاوه بر اطلاعاتی که به ایجاد یک سند برای مخاطبان انسان کمک می‌کند، اطلاعاتی در مورد محتوا نیز ذخیره شود. این کار به مراتب پردازش توسط ماشین‌ها را آسان‌تر می‌کند، به این اطلاعات اضافه‌شده، ابر داده صریح^۱ گفته می‌شود که بخش معنای داده‌ها را در خود دارد [ANT08].

^۱ Explicit metadata

در ادامه این بخش نقش تکنیک‌های اصلی وب معنایی برای مباحث مربوط به سیستم‌های چندعامله به ویژه مکانیسم همکاری نشانه‌گذاری شرح داده می‌شود

۲-۱-۱-۲- آنتولوژی

آنتولوژی یک حوزه از سخن را به طور رسمی توصیف می‌کند. به طور معمول، آنتولوژی شامل یک لیست محدود از اصطلاحات و روابط بین آن‌هاست که مفاهیم مهم را در یک دامنه، مشخص می‌کند و فهم مشترکی را ارائه می‌دهد. همچنین باعث سهولت در اشتراک دانش^۱ و استفاده مجدد^۲ می‌شود [ANT08]. عناصر تشکیل‌دهنده آنتولوژی‌ها شامل مفاهیم، خصوصیات آن‌ها و ارتباطات بین مفاهیم است و پس از شناخت درست حوزه مدنظر و طراحی آنتولوژی‌ها، می‌توان آنتولوژی‌ها را در سیستم بکار برد [ANT08]:

۲-۱-۲- فرمت استاندارد RDF برای توصیف داده‌ها

XML یک ابر زبان جهانی برای تعریف نشان گذار^۳ است. با این وجود، XML ابزاری را برای صحبت راجع به معنای داده‌ها ارائه نمی‌کند. برای مثال، هیچ معنای خاصی مرتبط با تگ‌های تعبیه‌شده وجود ندارد؛ هر برنامه‌ای، تگ‌های تعبیه‌شده را به روش خاص خود تفسیر می‌کند. بنابراین زبان دیگری جهت استفاده در وب معنایی به وجود آمده که RDF نام دارد و زبانی جهت تشریح مفاهیم است و حاوی توضیحاتی است، به نحوی که آن‌ها را قابل درک برای ماشین‌ها می‌کند. در واقع RDF یک زبان ساده برای توصیف مدل‌های داده است که به اشیا ("منابع") و روابطشان اشاره دارد. هر عبارت در RDF به صورت سه‌تایی فاعل^۴، گزاره^۵ و مفعول^۶ بیان می‌شود [MAN04].

^۱ Knowledge sharing

^۲ reuse

^۳ markup

^۴ subject

^۵ predicate

^۶ object

زبان RDF به کاربران اجازه می‌دهد منابع را با استفاده از واژگان خودشان توصیف نمایند. RDF به هیچ دامنه‌ی کاربردی خاصی وابستگی ندارد. و در واقع وابسته به کاربر است و کاربر باید آن را در شمای RDF^۱ (RDFS) انجام دهد. RDFS یک زبان آنتولوژی ابتدایی است که امکان مدل‌سازی را فراهم می‌کند. مفاهیم کلیدی RDFS عبارتند از کلاس، روابط زیر کلاسی، ویژگی، روابط زیر ویژگی و محدودیت‌های برد و دامنه [BRI04].

۲-۱-۳- استنتاج معنایی^۲

در سیستم‌های معنایی، پایگاه دانش ترکیبی از یک آنتولوژی و داده‌های RDF حوزه کاری مورد نظر می‌باشد. در چنین شرایطی استدلال‌گر^۳ که توانایی استنتاج حقایق را از حقایق موجود در آنتولوژی دارد، بخشی ضروری است زیرا دانش جدید در همین بخش تولید می‌شود. به علاوه، استدلال‌گر مدل آنتولوژی را بازرسی کرده و ثبات، رضایت‌بخشی و طبقه‌بندی مفاهیم آن را بررسی می‌کند تا به مدلی سازگار دست یابد که هیچ ناهماهنگی در آن وجود ندارد [ANT08].

۲-۲- خلاصه فصل

حشرات با وجود حس گرهای محدود و حداقل هوش فردی و فقدان سیستم کنترل مرکزی قادرند با همکاری با یکدیگر، لانه‌های پیچیده بسازند و در فواصل دور به دنبال غذا بگردند. همکاری حشرات در پاسخ یک حشره به نشانه‌گذاری رخ می‌دهد [ARA04].

Pierre-Paul Grasse اولین بار مفهوم نشانه‌گذاری را در دهه ۱۹۵۰ در ارتباط با تحقیقاتش در مورد موریه‌ها معرفی نمود. لانه‌های بسیار پیچیده به سادگی با استفاده از تعداد زیادی از تولیدات بسیار ساده (توپ‌های گلی) موریه‌ها در پاسخ به محیط محلی خود، به صورت خود سازمانده ایجاد می‌شود. نشانه‌گذاری برای توصیف در

^۱ RDF Schema

^۲ Semantic reasoning

^۳ reasoner

مورچه‌ها، زندگی مصنوعی، هوش مصنوعی و در سال‌های اخیر در اینترنت به کار برده شده است. نشانه‌گذاری به عنوان منبع قدرتمندی از مکانیسم‌های همکاری کارآمد شناخته شده است و روش‌های مناسبی برای ساخت سیستم‌های چندعامله قوی و خود انطباق^۱ فراهم کرده است [CHA12].

بر اساس نظر Andy Clark بخش عمده‌ای از آنچه در دنیای پیچیده بشر پیش می‌آید، ممکن است به طور شگفت‌آوری به وسیله آنچه الگوریتم‌های نشانه‌گذاری نامیده می‌شود قابل فهم باشد [SUN13].

اما سیستم‌های نشانه‌گذاری موجود دارای چالش‌هایی معنایی می‌باشد. در فصل آینده، مدلی با بهره‌گیری از تکنولوژی‌های وب معنایی در جهت رفع این چالش‌ها معرفی خواهد گردید.

^۱ robust and self-adaptive

فصل ۳- روش پیشنهادی

همان‌گونه که در فصل قبل اشاره شد، هر سیستم نشانه‌گذاری دارای سه عنصر اساسی عامل، محیط و نشانه می‌باشد. این عناصر در ارتباط باهم و با ویژگی‌های خاصی که برای آن‌ها توصیف گردید، یک مدل مرجع برای توسعه سیستم‌های نشانه‌گذاری می‌سازند.

همچنین موضوعی که در کارهای گذشته در توسعه یک سیستم نشانه‌گذاری کمتر مورد توجه قرار گرفته و شاید گاهی در مواردی مورد توجه محققین قرار نگرفته است، ایجاد و بهره‌گیری از یک ساختار یکسان و معنادار در انتقال نشانه‌ها به وسیله محیط می‌باشد. همچنین از آنجایی که محیط نقشی اساسی در این‌گونه سیستم‌ها ایفا می‌کند، استفاده از ساختاری معنادار برای بیان صریح و روشن ویژگی‌هایی از محیط که در کارایی سیستم موثرند، ضروری به نظر می‌رسد.

در این تحقیق یک مدل معنایی، باهدف رفع چالش‌های معنایی ذکرشده در سیستم‌های موجود، ارائه خواهد گردید. مدل پیشنهادی با بهره‌گیری از تکنولوژی‌ها معنایی به عنوان گزینه پیشنهادی در جهت رفع مشکلات معنایی سیستم‌های نشانه‌گذاری ارائه خواهد گردید.

۳-۱- معرفی مدل پیشنهادی

در فصل قبل اجزای تشکیل‌دهنده یک سیستم نشانه‌گذاری به تفصیل معرفی گردید. همچنین چالش‌های معنایی سیستم‌های موجود توصیف شد. هدف مدل پیشنهادی رفع این چالش‌ها با استفاده از تکنولوژی‌های معنایی می‌باشد. در راستای رسیدن به این هدف، تلاش شده است تا هر سه عنصر اصلی سیستم‌های نشانه‌گذاری به صورت معنایی طراحی شوند. به عبارت دیگر این تحقیق به دنبال دستیابی به یک سیستم نشانه‌گذاری معنایی با

طراحی و بهره‌گیری از مفاهیمی همچون نشانه معنایی^۱، محیط معنایی^۲ و در نهایت عامل معنایی^۳ می‌باشد. در ادامه مدل معنایی پیشنهادی و جزئیات بیشتری از هر یک از مفاهیم این مدل ارائه خواهد شد.

۳-۲- مدل معنایی سیستم‌های نشانه‌گذاری

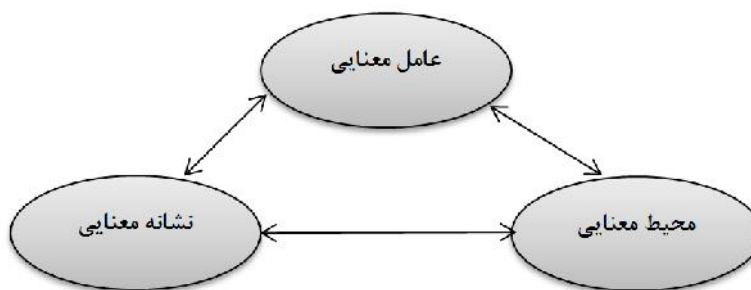
مدل معنایی این سیستم‌ها نیز همانند دیگر سیستم‌های موجود دارای سه عنصر اساسی نشانه، عامل و محیط می‌باشد. که به صورت معنایی در نظر گرفته می‌شوند. به عبارت دیگر سه عنصر اساسی این مدل شامل محیط معنایی، نشانه معنایی و عامل معنایی می‌باشد. ارتباطات بین این عناصر نیز همانند دیگر سیستم‌های نشانه‌گذاری می‌باشد.

به عبارت دیگر ارتباطات دو جانبه‌ای بین عامل با محیط، عامل با نشانه و محیط با نشانه وجود دارد و در واقع یک سیستم نشانه‌گذاری برای رسیدن به هدف خود نیاز دارد تا عوامل بتوانند نشانه‌هایی از خود در محیط به جای گذارند که قابل مشاهده توسط دیگر عوامل نیز باشد و عوامل با مشاهده یک نشانه (چه دیگر عوامل و چه همان عامل که نشانه‌ای را به جای گذاشته است) باید بتوانند بر اساس قوانین ساده داخلی خود، درباره اینکه چه عکس‌العملی از خود نشان دهند، تصمیم‌گیری کنند. تصمیم‌گیری عوامل ممکن است منجر به انجام عملی در محیط و به جا گذاشتن یک نشانه شود.

در مدل معنایی نیز این عناصر و ارتباطات بین آن‌ها با ویژگی‌هایی که توصیف شد، وجود دارند. با این تفاوت که تلاش شده است تا ناهمگونی‌های معنایی عناصر و ارتباطات بین آن‌ها با بهره‌گیری از تکنولوژی‌های معنایی برطرف گردد. در واقع هدف این مدل ارائه یک محیط معنایی برای مدل‌سازی صحیح و بیان صریح و روشن ویژگی‌های محیط، ارائه یک مدل معنایی برای نشانه به منظور ایجاد درک مشترک و یکسان از نشانه و رفع ابهام و نارسایی‌های معنایی و در نهایت ارائه یک مدل معنایی برای عامل، جهت بهره‌برداری از بستر معنایی فراهم شده با استفاده از استنتاج معنایی در راستای بهبود نتایج حاصل از سیستم نشانه‌گذاری می‌باشد

Semantic sign^۱
 Semantic environment^۲
 Semavtic agent^۳

شمای گرافیکی مدل پیشنهادی را می‌توان با شکل ۳-۱ توصیف نمود.



شکل ۳-۱: اجزای سیستم معنایی پیشنهادی

این شمای گرافیکی با توجه به مدل معرفی شده در فصل قبل که توسط Valckenaers و همکاران در سال ۲۰۰۱ برای توسعه سیستم‌های نشانه‌گذاری و به عنوان اجزای اصلی یک سیستم نشانه‌گذاری پیشنهاد داده شده، طراحی شده است. این شما نیز همانند مدل ارائه شده دارای هر یک از سه عنصر اصلی می‌باشد. که هر یک از سه عنصر اصلی مدل پیشنهادی، در ادامه به تفصیل تشریح خواهد شد.

۳-۲-۱- محیط معنایی

در مدل پیشنهادی، محیط به صورت معنایی، به وسیله آنتولوژی توصیف می‌گردد که با استفاده از زبان آنتولوژی وب^۱ OWL طراحی می‌گردد. هر موجودیت و شیء شناخته شده در دامنه کاربرد سیستم و روابط بین موجودیت‌ها و اشیاء در آنتولوژی تعریف خواهد گردید. در واقع آنتولوژی را می‌توان به عنوان مجموعه‌ای از واژگان کاربردی در حوزه کاری سیستم تعریف نمود. به عبارت دیگر آنتولوژی بیان صریح و روشنی از تمام ویژگی‌های محیط که برای عوامل اهمیت دارد ارائه می‌دهد.

به طور خلاصه تمام ویژگی‌های محیط که در رسیدن به هدف نهایی سیستم موثر است، به وسیله آنتولوژی به صورت رسمی و یکسان مدل‌سازی خواهد شد. که منجر به ایجاد فهم مشترک از اطلاعات می‌شود و در نهایت باعث سهولت در اشتراک دانش، رفع ابهام و استفاده مجدد می‌گردد. بدن ترتیب عوامل می‌توانند با یک زبان مشترک با یکدیگر تعامل داشته باشند.

^۱ Ontology Web Language

برای رسیدن به این اهداف مراحل زیر ضروری به نظر می‌رسد.

- شناسایی، مطالعه و بررسی ویژگی‌های حوزه کاربردی مورد نظر
- شناسایی موجودیت‌های اصلی مورد توجه در حوزه کاربردی مورد نظر
- شناسایی درست و کامل ویژگی‌های این موجودیت‌ها
- درک صحیح روابط بین موجودیت‌ها
- طراحی آنتولوژی با در نظر گرفتن تمام موارد فوق

طبیعی به نظر می‌رسد که پس از طراحی یک آنتولوژی و افزودن نمونه‌های لازم به آن، به‌روزرسانی و افزودن نمونه‌های جدید در مواقع مورد نیاز، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

۳-۲-۲- نشانه معنایی

همان طور که قبلاً اشاره شد، نشانه، حامل اطلاعات در سیستم‌های نشانه‌گذاری محسوب می‌گردد. همچنین می‌توان نشانه را به عنوان یک رفتار یا محصول فعالیت‌ها، که توسط عوامل تولید، توسط محیط نمایش و توسط دیگر عوامل حس می‌شود، در نظر گرفت. در مدل پیشنهادی برای ایجاد یک ساختار یکسان و معنادار در تبادل اطلاعات به وسیله نشانه‌ها، از فرمت استاندارد توصیف داده‌ها در وب معنایی یعنی RDF استفاده می‌شود. در واقع در این مدل، نشانه تولیدشده توسط یک عامل، به صورت پیام‌های RDF در محیط منتشر می‌شود. پس از انتشار یک نشانه در محیط که قابل دریافت توسط همه عوامل می‌باشند (همان طور که نشانه‌ها در دنیای حشرات قابل مشاهده توسط همه حشرات هستند)، تنها عاملی در پاسخ به آن نشانه کاری انجام می‌دهد که صلاحیت کافی برای انجام آن را داشته باشد و یا به عبارت دیگر دارای شرایط مناسب انجام آن کار باشد. به عبارت دیگر یک عامل باید بتواند یک نشانه را که به صورت RDF مدل‌سازی شده است، مشاهده (حس) کند، آن را تفسیر کند و بر اساس قوانین ساده داخلی خود (که به صورت قوانین معنایی در هر عامل تعبیه شده است) در صورت نیاز عملی را انجام دهد.

با استفاده از فرمت RDF، انتشار نشانه‌ها به صورت ساخت یافته و معنادار صورت می‌گیرد که باعث رفع ابهام و نارسایی‌های معنایی در فهم و درک مشترک عوامل از نشانه‌ها خواهد شد. بدین ترتیب می‌توان انتظار داشت کارایی عوامل افزایش یابد. به منظور بهره‌گیری از نشانه‌های RDF لازم است که عوامل بتوانند این نشانه‌ها را در یک پایگاه داده معنایی ذخیره کنند تا در صورت لزوم از آن در تصمیم‌گیری‌های خود استفاده نمایند. اما نحوه دریافت یک نشانه و تفسیر و ارزیابی آن و در نهایت انجام یک عمل مناسب در پاسخ به این نشانه بستگی به ساختار طراحی شده برای یک عامل و به خصوص قوانین داخلی آن عامل و نحوه استدلال^۱ عامل دارد، که در ادامه با معرفی خصوصیات پیشنهادی برای یک عامل معنایی، به تفصیل توصیف خواهد گردید.

۳-۲-۳- عامل معنایی

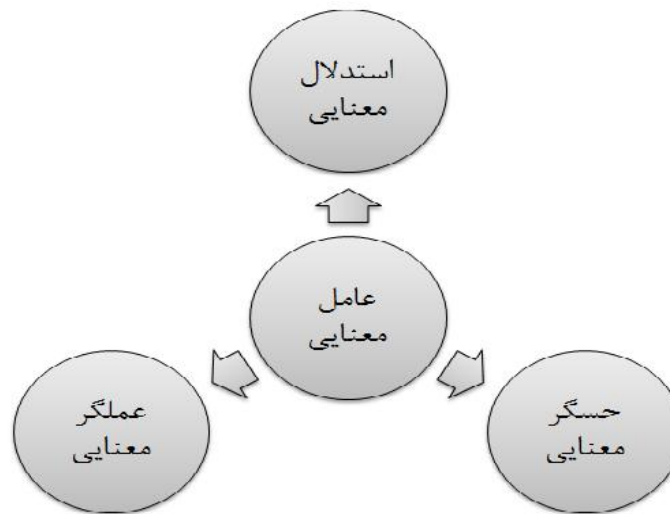
عوامل به عنوان موجودیت فعال در این سیستم، برای اینکه بتوانند از طریق محیط با یکدیگر تعامل داشته باشند، باید توانایی حس کردن و ارزیابی وضعیت محیط و همچنین توانایی تأثیرگذاری بر محیط در پاسخ به ارزیابی خود را داشته باشند. در واقع می‌توان گفت که یک عامل نشانه‌گذاری دارای سه جزء اساسی می‌باشد: حس گر، عملگر و تعدادی قانون ساده داخلی برای ارزیابی شرایط محیط و پاسخ به این ارزیابی. در یک عامل معنایی باید هر یک از این عناصر به صورت معنایی تعبیه شده باشد. در واقع یک عامل معنایی باید دارای سه عنصر حسگر معنایی، عملگر معنایی و استدلال معنایی با ویژگی‌های زیر باشد:

- حسگر معنایی: دریافت نشانه‌های معنایی با فرمت RDF
- استدلال معنایی: استدلال بر روی داده‌های معنایی جمع‌آوری شده
- عملگر معنایی: انجام عکس‌العمل لازم در مواجه شدن با نشانه معنایی و انتشار نشانه معنایی در

صورت نیاز

¹ reasoning

به عبارت دیگر، به منظور طراحی یک عامل به صورت معنایی، عامل باید بتواند نشانه‌های تولیدشده در فرمت RDF را دریافت کند (حس کردن) و سپس بر اساس تعدادی قانون ساده داخلی این نشانه‌ها را تفسیر و بر اساس آن در صورت نیاز پاسخ مناسب را بدهد. در واقع با فراهم شدن یک بستر معنایی: یعنی بهره‌گیری از آنتولوژی برای مدل‌سازی محیط و انتشار نشانه‌ها به صورت معنایی با استفاده از فرمت RDF، گام بعدی بهره‌گیری از این امکانات در جهت بهبود کارایی سیستم است.



شکل ۳-۲: عناصر یک عامل معنایی

از آنجایی که کارایی هر سیستم به نحوه استدلال و عملکرد عوامل آن وابسته است و از طرفی به دلیل اینکه در یک سیستم نشانه‌گذاری عوامل بر اساس تعدادی قانون ساده داخلی عمل می‌کند، طراحی این قوانین به صورت معنایی و استدلال معنایی^۱ ضروری به نظر می‌رسد. شکل ۳-۲ عناصر یک عامل به صورت معنایی را نشان می‌دهد. پس به صورت خلاصه می‌توان عملکرد یک عامل معنایی را به صورت زیر توصیف کرد:

- یک عامل در صورت مشاهده یک نشانه معنایی، آن نشانه را که به فرمت RDF است، به تجسم خود از محیط که به صورت آنتولوژی می‌باشد، می‌افزاید. در واقع این RDF به عنوان یک نمونه جدید به نمونه‌های موجود افزوده می‌شود.

^۱ Semantic reasoning

- در سیستم‌های نشانه‌گذاری هر عامل دارای تعدادی قانون ساده داخلی است. که در سیستم معنایی پیشنهادی این قوانین به صورت معنایی در هر عامل تعبیه شده است.
 - هر عامل می‌تواند نشانه‌های دریافتی را بر اساس قوانین داخلی خود تفسیر و ارزیابی کند.
 - پس از ارزیابی نشانه‌ها به صورت معنایی بر اساس قوانین (استدلال معنایی)، عامل اگر اقدامی لازم باشد، انجام می‌دهد و در صورت نیاز نشانه‌ای را به صورت RDF در محیط منتشر می‌کند.
- بدین ترتیب انتظار می‌رود با بهره‌گیری از مزایای استدلال معنایی سیستم در رسیدن به اهداف خود به صورت کارآمدتر عمل کند و در نتیجه کارایی سیستم بهبود یابد. در فصل آینده جزئیات بیشتری از ویژگی‌های مدل پیشنهادی با پیاده‌سازی این مدل بر روی یک نمونه ارائه خواهد گردید.

۳-۳- خلاصه فصل

هدف این فصل معرفی یک مدل معنایی برای توسعه سیستم‌های نشانه‌گذاری در جهت رفع چالش‌ها معنایی سیستم‌های موجود می‌باشد. این مدل تلاش دارد تا با بهره‌گیری از تکنولوژی‌های وب معنایی بر این مشکلات غلبه کند.

مدل پیشنهادی برای توسعه سیستم‌های نشانه‌گذاری، در جهت رفع چالش‌های معرفی‌شده، تلاش دارد تا هر یک از سه عنصر اساسی تشکیل‌دهنده یک سیستم نشانه‌گذاری و ارتباطات میان آن‌ها را به صورت معنایی پیاده‌سازی کند. به عبارت دیگر مدل پیشنهادی به دنبال ارائه معنایی از سه عنصر محیط، نشانه و عامل به عنوان اجزای اصلی یک سیستم می‌باشد.

در این مدل محیط به صورت معنایی، به وسیله آنتولوژی توصیف می‌گردد که با استفاده از زبان آنتولوژی وب OWL طراحی می‌گردد. همچنین نشانه تولیدشده توسط یک عامل، به صورت پیام‌های RDF در محیط منتشر می‌شود. استفاده از این تکنولوژی‌ها باعث ایجاد یک ساختار یکسان و معنادار در انتشار داده‌ها و در نتیجه رفع

ابهام و ناهمگونی‌های معنایی خواهد گردید. بدین ترتیب اشتراک داده‌ها و استفاده مجدد از آن‌ها تسهیل خواهد شد.

سرانجام یک عامل به صورت معنایی، باید بتواند نشانه‌های تولید شده در فرمت RDF را دریافت کند (حس کردن) و سپس بر اساس تعدادی قانون ساده داخلی معنایی این نشانه‌ها را تفسیر و ارزیابی کند و نهایتاً بر اساس نتایج استدلال معنایی خود، در صورت نیاز پاسخ مناسب را بدهد.

در واقع با فراهم شدن یک بستر معنایی یعنی بهره‌گیری از آنتولوژی برای مدل‌سازی محیط و انتشار نشانه‌ها به صورت معنایی با استفاده از فرمت RDF و در گام بعد طراحی قوانین داخلی عامل‌ها به صورت معنایی و بهره‌گیری از مزایای استدلال معنایی، انتظار می‌رود که کارایی سیستم بهبود یابد.

در فصل آینده نتایج پیاده‌سازی مدل پیشنهادی به صورت عملی و ارزیابی و مقایسه آن با مدل غیر معنایی ارائه خواهد گردید.

فصل ۴- پیاده سازی مدل و ارزیابی

در فصل های گذشته چالش های معنایی موجود در سیستم های نشانه گذاری بررسی گردید و در جهت رفع این چالش ها، یک مدل معنایی پیشنهاد گردید. مدل معنایی پیشنهادی تلاش دارد تا با بهره گیری از تکنولوژی های وب معنایی، کارایی سیستم های نشانه گذاری را بهبود دهد. در این راستا مدل پیشنهادی سعی دارد تا هر یک از سه عنصر اساسی تشکیل دهنده یک سیستم نشانه گذاری و ارتباطات میان آن ها را به صورت معنایی پیاده سازی کند. به عبارت دیگر مدل پیشنهادی به دنبال ارائه معنایی از سه عنصر محیط، نشانه و عامل به عنوان اجزای اصلی یک سیستم می باشد.

هدف این فصل پیاده سازی مدل پیشنهادی و ارزیابی و مقایسه نتایج حاصل از آن با مدل غیر معنایی می باشد. به منظور ارزیابی این مدل نیاز به یک چارچوب مناسب جهت پیاده سازی عامل ها و مکانیسم همکاری نشانه گذاری به صورت معنایی می باشد. در این راستا چارچوب نرم افزاری JADEX که از مدل¹ BDI در توسعه سیستم های چندعامله بهره می گیرد، استفاده گردید.

همچنین یکی از نمونه های پایه پیاده سازی شده در این چارچوب نرم افزاری، که دارای عناصر و ویژگی های اصلی سیستم های نشانه گذاری می باشد، به عنوان یک سیستم مرجع برای پیاده سازی مدل پیشنهادی و ارزیابی آن انتخاب گردید.

در این فصل ابتدا ویژگی های JADEX به عنوان چارچوب نرم افزاری مورد استفاده در این تحقیق معرفی می گردد. در ادامه نمونه پایه انتخاب شده برای پیاده سازی مدل پیشنهادی توصیف می شود. سپس مراحل اعمال مدل پیشنهادی بر روی این نمونه و در نهایت نتایج ارزیابی مدل پیشنهادی ارائه می گردد.

¹ belief-desire-intention.

۴-۱- برنامه نویسی سیستم های چندعامله

تحقیقات اخیر در زمینه سیستم های چندعامله منجر به توسعه زبان های برنامه نویسی عملی و ابزارهایی که برای پیاده سازی چنین سیستم هایی مناسب است، شده است. اما برای توسعه سیستم های چندعامله، چارچوب های نرم افزاری وجود دارد که وابسته به یک زبان برنامه نویسی خاص نیست. در مقابل هدف این چارچوب ها فراهم آوردن تکنیک های عمومی در رابطه با جنبه های نظیر ارتباط و همکاری بین عامل هاست [RAF06].

یکی از رایج ترین این چارچوب ها، JADE می باشد. JADE یک چارچوب نرم افزاری برای تولید عوامل با پیروی از مدل BDI می باشد. این چارچوب سعی دارد تا سیستم هایی مبتنی بر عامل را تا جایی که ممکن است، به صورت ساده طراحی کند. در حقیقت JADE انتقال آرامی از سیستم های توزیع شده سنتی به سمت توسعه سیستم های چندعامله می باشد [RAF06].

این چارچوب را می توان به عنوان یک لایه منطقی عامل بر روی میانه توسعه عوامل از قبیل JADE^۱ شناخت. JADE از توسعه عوامل با بهره گیری از تکنولوژی های نظیر java و XML حمایت می کند و در زمینه های کاربردی گوناگونی نظیر شبیه سازی، زمان بندی، محاسبات متحرک^۲ و برخی از مسائل هوش مصنوعی مورد استفاده قرار گرفته است.

JADE توسط گروه سیستم های اطلاعاتی و سیستم های توزیع شده دانشگاه هامبورگ توسعه داده شده است و به صورت رایگان در دسترس می باشد. در ادامه ویژگی های این چارچوب توصیف خواهد شد [RAF06].

^۱ Java Agent Development Environment

^۲ mobile computing

۴-۲- JADEX موتور استنتاج BDI

ساختار معماری سیستم JADEX در پیوست با معرفی. مفاهیم اساسی سیستم همچون باورها^۱، اهداف^۲ و طرح‌ها^۳ با تاکید بر ویژگی‌های اصلی آن‌ها، ارائه شده است. در این بخش ابتدا مرور کوتاهی بر روی مدل BDI خواهد شد. سپس زبان برنامه‌نویسی مورد استفاده در JADEX و کاربردهای این چارچوب نرم‌افزاری معرفی خواهند شد.

۴-۳- مدل BDI

این مدل در ابتدا توسط Bratman به عنوان نظریه استدلال عملی انسان ارائه شد. موفقیت این مدل به دلیل سادگی چارچوب، در توضیح رفتار پیچیده انسان می‌باشد. در این مدل دلیل انجام یک عمل فقط رسیدن به خواسته‌ها بدون در نظر گرفتن دیگر حقایق شناختی از قبیل احساسات می‌باشد. دلیل دیگر توانمندی این مدل، بهره‌گیری از مفاهیم روانشناختی است که مرتبط با نحوه ارتباط مردم در رفتار انسانی می‌باشد.

در نظریه BDI که توسط Rao and George ارائه شده است باورها و خواسته‌ها^۴ و نیت^۵ به عنوان نگرش ذهنی بشر به مسائل معرفی شده است. نیت یک عامل زیرمجموعه‌ای از باورها و خواسته‌های آن‌ها است. به عبارت دیگر یک عامل به سمت موقعیت‌هایی از جهان خود حرکت می‌کند که در آن به خواسته‌های خود برسد و باورهایش امکان‌پذیر باشد [ALE06].

پس از آشنایی مختصری با مفهوم مدل BDI، در ادامه زبان مورد استفاده JADEX و سپس کاربردهای آن توصیف خواهد شد.

¹ beliefs

² goals

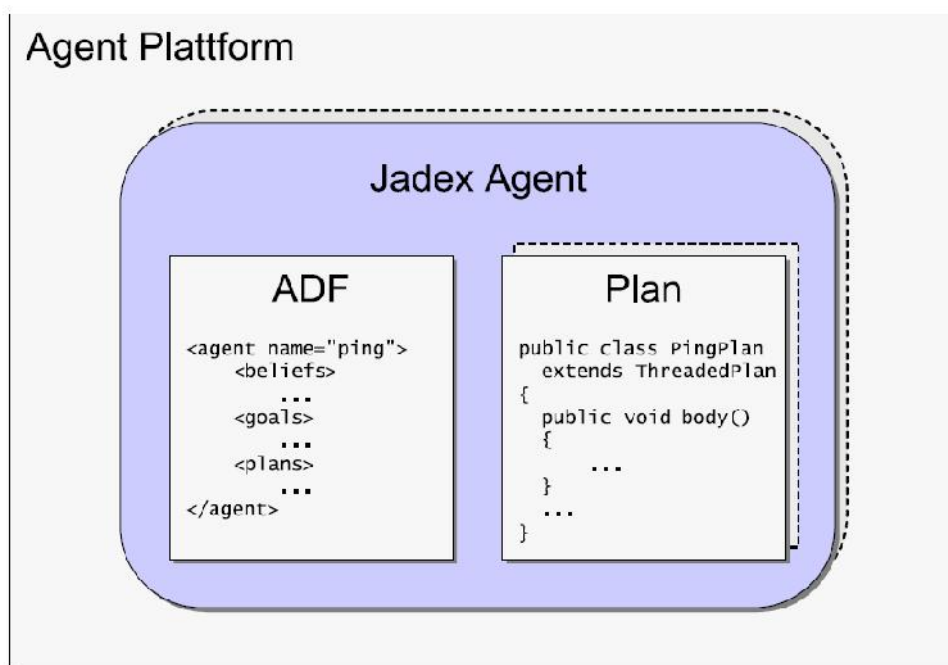
³ plans

⁴ desires

⁵ intentions

۴-۴- زبان JADEX

JADEX نه تنها بر اساس یک زبان برنامه‌نویسی جدید برای عوامل کار نمی‌کند، بلکه حتی از زبان‌های موجود طراحی شده برای برنامه‌نویسی عوامل نیز استفاده نمی‌کند. در عوض یک رویکرد ترکیبی انتخاب شده است در واقع به صراحت میان زبان مورد استفاده برای بخش ایستای یک عامل و زبان مورد استفاده برای تعریف رفتار پویای یک عامل تمایز قائل شده است. بر اساس این تمایز، هر عامل در JADEX از دو مؤلفه تشکیل شده است: یک فایل تعریف عامل (^۱ADF)، برای مشخص کردن مواردی از قبیل باورها، اهداف و طرح‌ها همچنین مقادیر اولیه آن‌ها و از طرف دیگر کد رویه‌ای طرح. همان طور که در شکل ۴-۱ نشان داده شده است، برای تعریف ADF از زبان XML استفاده شده است. و برای کد رویه‌ای طرح‌ها زبان برنامه‌نویسی جاوا مورد استفاده قرار گرفته است [ALE06].



شکل ۴-۱: عامل در JADEX [ALE06]

^۱ agent definition file

۴-۵- کاربردهای JADEX

JADEX یک محیط توسعه همه منظوره برای ایجاد کاربردهایی از سیستم‌های چندعامله می‌باشد این محیط اجازه می‌دهد عواملی واکنشی (مبتنی بر رویداد) و سنجشی^۱ (مبتنی بر هدف) ایجاد شوند. JADEX محدود به یک دامنه خاص از کاربرد نمی‌شود: بلکه برای تحقق بخشیدن به حوزه‌های گوناگون کاربرد از قبیل شبیه‌سازی و زمان‌بندی و محاسبات متحرک مورد استفاده قرار گرفته است.

ترکیب XML و تکنیک‌های موجود در زبان جاوا اجازه می‌دهد تا JADEX به صورت انعطاف‌پذیری برای توسعه اهداف تجربی مورد استفاده قرار گیرد. درحالی‌که روش‌های مختلف نمایش عقاید، اهداف و طرح‌ها مورد بررسی قرار می‌گرفت، این سیستم بر روی چندین مسئله مشهور هوش مصنوعی در حوزه‌های مختلف اعمال شد. از میان این مسائل می‌توان به blocksworld، cleaner world، mars world، و hunter-prey اشاره نمود. پیاده‌سازی این مسائل و چندین مسئله مختلف به همراه دیگر مستندات JADEX به صورت رایگان در دسترس می‌باشد [ALE06].

در میان این مسائل، mars world به دلیل دارا بودن ویژگی‌های خاص خود در حوزه مسائل هوش مصنوعی. به ویژه هوش جمعی و به طور خاص سازگار بودن با مفاهیم موجود در نشانه‌گذاری مورد توجه این تحقیق قرار گرفته است. به عبارت دیگر این مسئله دارای خصوصیات و عناصر اصلی معرفی‌شده در فصل دوم، برای یک سیستم نشانه‌گذاری می‌باشد. در ادامه این مسئله، به عنوان نمونه پایه مورد استفاده قرار گرفته شده در این تحقیق، معرفی و ویژگی‌های آن مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

¹ deliberative

۴-۶- مسئله Mars World

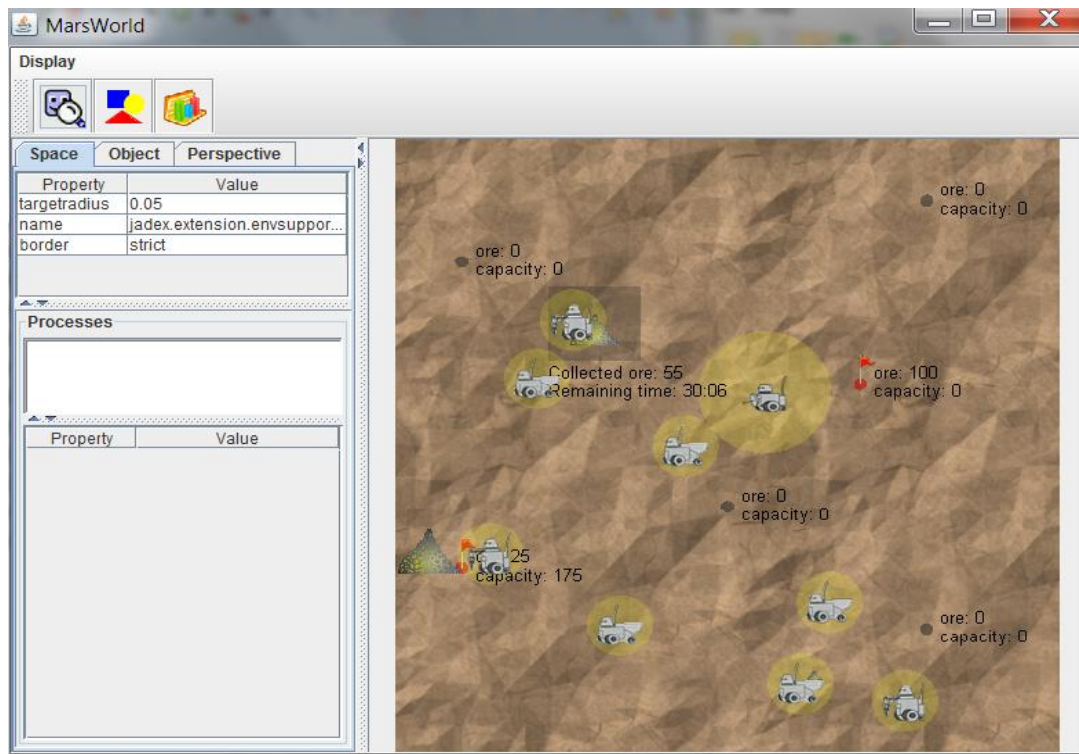
در این مسئله سه نوع ربات یا به بیان سیستم‌های چندعامله عامل، وجود دارد: عامل نگهبان^۱، عامل تولیدکننده^۲ و عامل حمل‌کننده^۳. این عامل‌ها مأموریت دارند تا معدن‌های از پیش مشخص‌شده‌ای در سطح سیاره مریخ، با میزان متفاوت از سنگ معدن را آزمایش کنند و معادن را حفر کنند و سنگ معدن تولیدشده را به پایگاه خود منتقل کنند.

عامل نگهبان مسئول آزمایش کردن میزان سنگ معدن موجود در معادن می‌باشد. عامل تولیدکننده معدن را حفر می‌کند و سنگ معدن آن را برای انتقال آماده می‌سازد و در نهایت عامل حمل‌کننده سنگ معدن تهیه‌شده را به پایگاه منتقل می‌کند. هدف این عوامل همکاری با یکدیگر در جمع‌آوری حداکثر میزان ممکن سنگ معدن، در زمان از پیش تعیین‌شده مأموریت می‌باشد. در شکل ۴-۲ پنجره نمایش گرافیکی این نمونه در محیط JADEX نشان داده شده است.

¹ Sentry agent

² Producer agent

³ Carry agent



شکل ۴-۲: مثال Mars World

نحوه همکاری این مجموعه عوامل برای رسیدن به هدف سیستم را می‌توان با مفاهیم و عناصر موجود در روش همکاری نشانه‌گذاری به ویژه نحوه جمع‌آوری غذا توسط مورچه‌ها تطبیق داد. در واقع این سیستم شامل سه عنصر اصلی سیستم‌های نشانه‌گذاری یعنی عامل، نشانه و محیط با ویژگی‌های ذکر شده می‌باشد.

عوامل در این نمونه دارای هر سه ویژگی ذکر شده برای عوامل در سیستم‌های نشانه‌گذاری می‌باشند. به عبارت دیگر عوامل دارای حس‌گرهایی هستند که می‌توانند محیط خود را به وسیله آن درک کنند. به عنوان مثال می‌توانند میزان سنگ معدن موجود در معادن را تشخیص دهند. دارای عملگرهایی هستند که می‌توانند به وسیله آن‌ها بر روی محیط خود اثر بگذارند. به عنوان نمونه می‌تواند سنگ معدن تولید شده را به پایگاه خود حمل کنند. و در نهایت از چند برنامه ساده (به عبارت دیگر قانون ساده) که در بخش طرح‌های یک عامل تعریف شده برای انجام وظایف خود استفاده می‌کنند.

همچنین هر عامل (عامل نگهبان و تولیدکننده) به محض اینکه کار خود را انجام دادند، نشانه‌هایی را در محیط منتشر می‌کنند، که قابل رویت (دریافت) توسط عوامل موجود در محیط می‌باشد. عوامل بر اساس برنامه‌های

خود برای انجام عکس العمل نسبت به این نشانه‌ها تصمیم می‌گیرند. از طرف دیگر نقش محیط دز این نمونه به عنوان بستری برای انجام فعالیت‌های عوامل و انتشار نشانه‌ها نیز انکارناپذیر می‌باشد. همچنین این عوامل از ساختاری بسیار ساده و هوش فردی پایینی برخوردار هستند. و از حضور دیگر عوامل در محیط نا مطلع هستند، به عبارت دیگر ارتباط مستقیمی با یکدیگر ندارند و فاقد یک سیستم کنترل مرکزی می‌باشند.

با توجه به ویژگی‌های ذکر شده این نمونه و تطابق مفهومی با روش همکاری نشانه‌گذاری، به خصوص روشی که مورچه‌ها در یافتن غذا از آن استفاده می‌کنند، این نمونه به عنوان پایه‌ای برای اعمال روش پیشنهادی معنایی بر روی سیستم‌های نشانه‌گذاری انتخاب گردید. در ادامه ابتدا نحوه راه‌اندازی محیط JADEX به منظور پیاده‌سازی روش پیشنهادی و سپس نحوه پیاده‌سازی روش پیشنهادی به تفصیل توصیف خواهد شد و در نهایت نیز روش پیشنهادی با استفاده از تحلیل‌های آماری ارزیابی خواهد گردید.

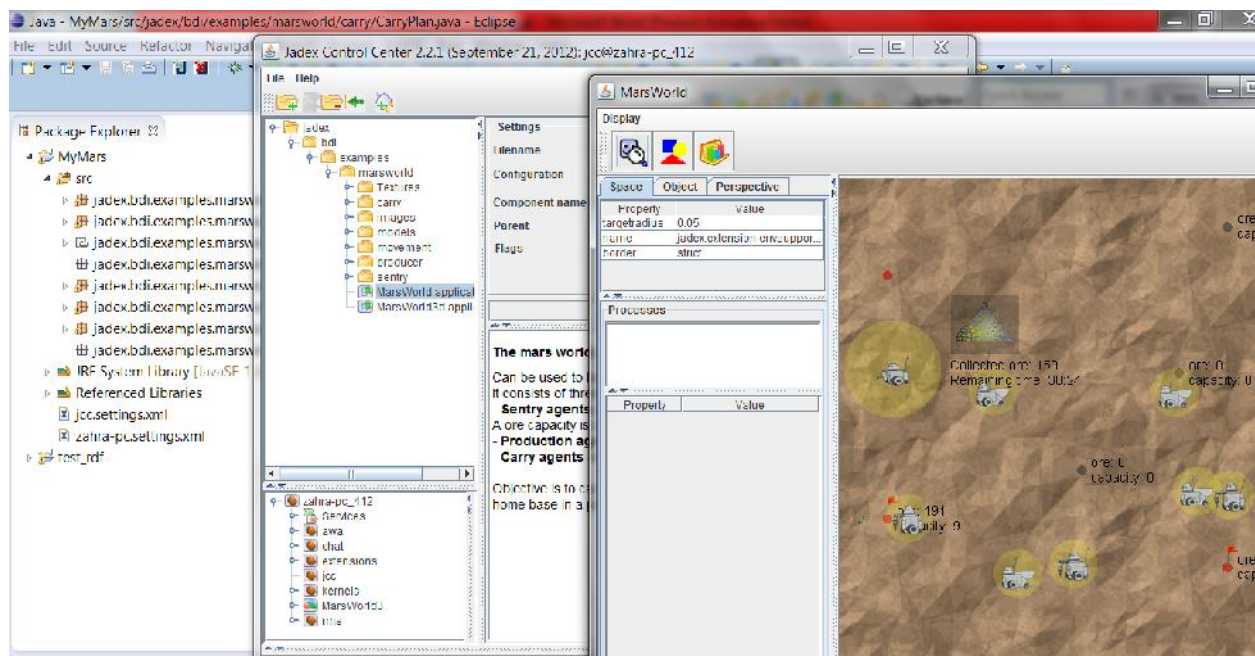
۴-۷- راه‌اندازی محیط JADEX

به منظور راه‌اندازی محیط JADEX ابتدا لازم است یک محیط برنامه‌نویسی جهت کد نویسی جاوا از قبیل netbeans یا eclips نصب گردد، سپس تمام کتابخانه‌های لازم جهت اجرای برنامه‌های JADEX را به این محیط برنامه‌نویس اضافه نمود. و در نهایت می‌توان با دالود نمونه‌های پیاده‌سازی شده JADEX و قرار دادن آن در مسیر اجرایی برنامه، آن نمونه را اجرا نمود.

همان طور که قبلاً نیز اشاره شد، هر نمونه برنامه JADEX شامل دو دسته کد XML و java می‌باشد. اما از آنجایی که این برنامه‌ها دارای کلاس main نمی‌باشند، برای اجرای یک برنامه نمونه لازم است که jadex.base.Starter به عنوان کلاس main انتخاب گردد. پس از انجام تنظیمات لازم و اجرای برنامه^۱ JCC محیط JADEX باز می‌شود. با استفاده از این رابط کاربری می‌توانیم عامل‌های کامپایل شده قبلی را اجرا

^۱ JADEX Control Center

نماییم. در حالت پیش فرض و با استفاده از تنظیمات موجود در فایل های بسته JADEX تعدادی نمونه کامپایل شده موجود است که می توان آن ها را اجرا نمود و خروجی ها را مشاهده کرد. این خروجی می توانند در console محیط جاوا نمایش داده شود همچنین در برخی از نمونه ها یک پنجره نمایش گرافیکی نیز ممکن است، اجرا شود. که مراحل همکاری عامل ها را نشان دهد. شکل ۴-۳ اجرای یک برنامه نمونه (Mars World) را نشان می دهد. پس از معرفی محیط JADEX و خصوصیات آن، در ادامه نحوه پیاده سازی مدل پیشنهادی ارائه خواهد شد.



شکل ۴-۳: اجرای یک برنامه نمونه در محیط JADEX

۴-۸- پیاده سازی مدل پیشنهادی

همان طور که در فصل قبل اشاره شد، مدل پیشنهادی شامل سه عنصر اصلی محیط معنایی، نشانه معنایی و عامل معنایی می باشد. برای اعمال این مدل بر روی نمونه انتخاب شده، لازم است تا هر یک از موارد فوق در محیط JADEX، با توجه به خصوصیات این محیط و به خصوص بهره گیری از مدل BDI، پیاده سازی شود. در واقع برای اعمال مدل پیشنهادی، نیاز به تطبیق این مدل با مفاهیم موجود در JADEX می باشد. در ادامه نحوه پیاده سازی این مدل در سه محور اصلی محیط، نشانه و مدل معنایی توصیف خواهد گردید.

۴-۸-۱- محیط معنایی

همان طور که در فصل قبل اشاره شد، در مدل پیشنهادی، محیط به صورت معنایی، به وسیله آنتولوژی توصیف می‌گردد که با استفاده از زبان آنتولوژی وب OWL طراحی می‌گردد. هر موجودیت و شیء شناخته‌شده در دامنه کاربرد سیستم و روابط بین موجودیت‌ها و اشیاء در آنتولوژی تعریف خواهد گردید. به عبارت دیگر آنتولوژی بیان صریح و روشنی از تمام ویژگی‌های محیط که برای عوامل اهمیت دارد ارائه می‌دهد.

به منظور ایجاد یک محیط معنایی در نمونه انتخاب‌شده، آنتولوژی Mars World تعریف گردید. این آنتولوژی شامل کلاس‌هایی از قبیل معدن، عامل، پایگاه و زیر کلاس‌هایی نظیر انواع عوامل. همچنین در این آنتولوژی ویژگی‌های کلاس‌ها نیز تعیین شد. به عنوان نمونه می‌توان به میزان سنگ معدن موجود در هر معدن یا سنگ معدن موجود در پایگاه اشاره نمود. علاوه بر این روابط بین کلاس‌ها نیز تعیین گردید.

در نهایت نیز نمونه‌هایی از این کلاس‌ها با توجه به سناریوهای مختلف مورد استفاده تعریف شد. به عنوان مثال در سناریوی اول یک عامل نگهبان، دو عامل تولیدکننده و سه عامل حفر کننده و تعداد شش معدن با میزان سنگ معدن متفاوت در مکان‌های مختلف بر روی سطح نقشه تعریف گردید. سپس این آنتولوژی به عنوان یک حقیقت به مجموعه باورهای هر عامل افزوده شد.

افزودن یک آنتولوژی به عنوان یک حقیقت به مجموعه باورهای یک عامل را می‌توان به وسیله قطعه کد زیر انجام داد.

```
...
<belief name="kb" class="JadexReasoner">
  <fact>
    new JadexReasoner(„http://../url/for/ontology”, $belie
  </fact>
</belief>
...
```

بدین ترتیب عامل‌ها تصور صریح و روشنی از محیط و ویژگی‌های محیط به دست آوردند و به طور خلاصه تمام ویژگی‌های محیط که در رسیدن به هدف نهایی سیستم موثر است، به وسیله آنتولوژی به صورت رسمی و

یکسان مدل سازی شد. که منجر به ایجاد فهم مشترک عوامل از اطلاعات گردید و در نهایت باعث سهولت در اشتراک دانش و رفع ابهام گردید. بدین وسیله عوامل می توانند با یک زبان مشترک با یکدیگر تعامل داشته باشند.

۴-۸-۲- نشانه معنایی

همان طور که قبلاً اشاره شد، نشانه، حامل اطلاعات در سیستم های نشانه گذاری محسوب می گردد. همچنین می توان نشانه را به عنوان یک رفتار یا محصول فعالیت ها، که توسط عوامل تولید، توسط محیط نمایش و توسط دیگر عوامل حس می شود، در نظر گرفت. در مدل پیشنهادی برای ایجاد یک ساختار یکسان و معنادار در تبادل اطلاعات به وسیله نشانه ها از فرمت استاندارد توصیف داده ها در وب معنایی یعنی RDF استفاده می شود. در واقع در این مدل نشانه تولید شده توسط یک عامل، به صورت پیام های RDF در محیط منتشر می شود. پس از انتشار یک نشانه در محیط که قابل دریافت توسط همه عوامل می باشند (همان طور که نشانه ها در دنیای حشرات قابل مشاهده توسط همه حشرات است)، تنها عاملی در پاسخ به آن نشانه کاری انجام می دهد که صلاحیت کافی برای انجام آن را داشته باشد و یا به عبارت دیگر دارای شرایط مناسب انجام آن کار باشد. همان گونه که قبلاً ذکر شد، نشانه ها در این نمونه از طریق پیام هایی منتشر می شوند. از آنجایی که پروتکل ارسال پیام ها در محیط JADEX پروتکل FIPA می باشد. لازم است که نشانه ها با فرمت RDF با استفاده از این پروتکل منتشر شوند در هر پیام به فرمت FIPA پارامترهای مختلفی می تواند تنظیم گردد. این پارامترها شامل موارد زیر می باشد [ALE06]:

- ارسال کننده پیام
- لیست دریافت کننده ها

- مفهوم ارتباطی که نشان می‌دهد که ارسال‌کننده تمایل داشته به چه چیزی با ارسال پیام برسد. که شامل REQUEST, INFORM, QUERY_IF, CFP(call for proposal), PROPOSE, ACCEPT PROPOSAL, REJECT PROPOSAL می‌باشد.
- محتوا به عبارت دیگر اطلاعات واقعی که در پیام وجود دارد.
- زبان محتوا به عبارت دیگر syntax که برای بیان محتوا به کاربرده می‌شود.
- آنتولوژی به عبارت دیگر واژگانی که در محتوا پیام به کاربرده می‌شود.
- تعدادی فیلد که برای کنترل چندین محاوره همزمان به کاربرده می‌شود. به عنوان مثال زمان خاتمه انتظار برای دریافت پاسخ یک پیام را مشخص می‌کند.

جدول ۴-۱ لیست پارامترهای مختلف پیام‌های FIPA همراه کلاس معین‌شده برای هر پارامتر را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۱ پارامترهای هر پیام FIPA

Name	Class
Performative	String
Sender	jadex.adapter.fipa.AgentIdentifier
reply-to	jadex.adapter.fipa.AgentIdentifier
Content	Object
Language	String
Encoding	String
Ontology	String
Protocol	String
reply-with	String
in-reply-to	String
conversation-id	String
reply-by	java.util.Date
Receivers	jadex.runtime.adapter.AgentIdentifier
content-start	String
content-class	Class
action-class	Class

با توجه به پارامترهای معرفی شده و نوع کلاس مورد نیاز برای هر پارامتر، به نظر می‌رسد که پارامتر content با نوع داده object برای ارسال داده‌هایی معنایی مناسب باشد. در واقع می‌توان هر نشانه را به صورت شیء‌ای از کلاسی با ویژگی‌های RDF یعنی دارای سه خصوصیت subject، object و predicate تعریف کرد و برای انتشار نشانه‌ها شیء مورد نظر را به عنوان پارامتر content یک پیام تنظیم نمود. و پیام را ارسال نمود.

بدین ترتیب محتوا پیام‌ها به صورت یک سه‌گانه RDF می‌باشند. و هر عامل به محض دریافت این سه‌گانه می‌تواند آن را به عنوان یک نمونه جدید به آنتولوژی خود اضافه نماید. به عبارت دیگر هر عامل یک مجموعه RDF به عنوان مجموعه دانش خود از محیط دارد که بر اساس آن‌ها می‌تواند تصمیم‌گیری نماید. در ادامه نحوه کار یک عامل به صورت معنایی، در مدل پیشنهادی، برای نمونه انتخاب‌شده به تفصیل توصیف خواهد گردید.

۴-۸-۳- عامل معنایی

همان‌گونه که در فصل قبل اشاره شد، عوامل به عنوان موجودیت فعال در این سیستم، برای اینکه بتوانند از طریق محیط با یکدیگر تعامل داشته باشند باید توانایی حس کردن و ارزیابی وضعیت محیط و همچنین توانایی تأثیرگذاری بر محیط در پاسخ به ارزیابی خود را داشته باشند. در واقع می‌توان گفت که یک عامل نشانه‌گذاری دارای سه جزء اساسی می‌باشد: حس گر، عملگر و تعدادی قانون ساده داخلی برای ارزیابی شرایط محیط و پاسخ به این ارزیابی.

به منظور طراحی یک عامل به صورت معنایی عامل باید بتواند نشانه‌های تولیدشده در فرمت RDF را دریافت کند (حس کردن) و سپس بر اساس تعدادی قانون ساده داخلی این نشانه‌ها را تفسیر و بر اساس آن در صورت نیاز پاسخ مناسب را بدهد. در واقع با فراهم شدن یک بستر معنایی یعنی بهره‌گیری از آنتولوژی برای مدل‌سازی محیط و انتشار نشانه‌ها به صورت معنایی با استفاده از فرمت RDF، گام بعدی بهره‌گیری از این امکانات در جهت بهبود کارایی سیستم است.

به منظور رسیدن به این اهداف در نمونه انتخاب شده، عوامل پس از دریافت پیام‌های RDF، که در محیط به صورت همگانی با استفاده از فرمت استاندارد FIPA منتشر شده‌اند (مانند ارسال یک پیام به وسیله عامل نگهبان درباره مکان و میزان سنگ معدن موجود در یک معدن)، باید بتوانند تصمیم‌گیری کنند. در واقع یک عامل باید بداند که صلاحیت کافی برای انجام یک کار را دارد یا خیر. در سیستم‌های نشانه‌گذاری تصمیم‌گیری عوامل بر اساس چند قانون ساده داخلی صورت می‌گیرد.

در این نمونه برای هر عامل چند قانون ساده معنایی تعریف شد. که این قوانین معنایی می‌توانند بر روی داده‌های RDF اعمال شوند. و بر اساس آن‌ها عامل تصمیم بگیرد که چه کاری را انجام دهد. به عنوان مثال یک عامل به محض دریافت یک پیام از عامل نگهبان، باید چک کند آیا توانایی (عملگر) تولید سنگ معدن را دارد، به عبارت دیگر آیا عامل تولید کننده است یا خیر. یا به عنوان یک قانون ساده دیگر آیا فاصله یک عامل تا یک معدن خاص به اندازه کافی نزدیک هست یا بهتر است منتظر پیام بعدی بماند (که میزان آستانه این فاصله بر اساس آزمون و خطا به طور تقریبی تعیین گردید).

در واقع لازم است که هر سه ویژگی یک عامل به صورت معنایی پیاده‌سازی شود. به عبارت دیگر در این نمونه عامل توانایی دریافت پیام‌های RDF را دارد. یعنی عامل می‌تواند پیام‌های معنایی محیط را درک (حس) کند. توانایی استدلال معنایی بر اساس قوانین ساده معنایی را دارد. و در نهایت پس از انجام یک عمل خاص نتیجه را به صورت یک پیام RDF در محیط منتشر می‌کند تا در صورت لزوم دیگر عوامل اقدامات لازم را انجام دهند. به صورت خلاصه می‌توان عملکرد عوامل به صورت معنایی در این نمونه را به صورت زیر تشریح نمود:

- دریافت یک نشانه RDF به صورت محتوای یک پیام با فرمت استاندارد FIPA
- افزودن این نشانه به صورت یک نمونه RDF به پایگاه داده معنایی هر عامل، در باور عوامل از محیط که به صورت آنتولوژی به عنوان یک حقیقت در مجموعه باورهای عوامل، ذخیره شده است.

- استدلال بر روی داده‌های معنایی جمع‌آوری شده، بر اساس برنامه‌ای که برای هر عامل به تناسب وظایف آن عامل طراحی شده است و به صورت چند قانون ساده داخلی در بخش طرح‌های پیش‌بینی‌شده برای هر عامل تعبیه شده است.
- انجام عکس‌العمل مناسب در پاسخ به نشانه دریافت شده بر اساس قوانین تعبیه‌شده در طرح‌های عوامل، که ممکن است شامل انتشار یک نشانه به صورت RDF باشد.

پس از اعمال مراحل فوق، یعنی ایجاد محیط معنایی، نشانه معنایی و عامل معنایی، بر روی نمونه Mars World برای ارزیابی روش پیشنهادی چند سناریوی مختلف تعریف گردید و نتایج در دو حالت قبل از اعمال مدل پیشنهادی و بعد از اعمال مدل پیشنهادی مقایسه شد. در ادامه ارزیابی مدل پیشنهادی به تفصیل ارائه خواهد شد.

۴-۹- ارزیابی مدل پیشنهادی

برای ارزیابی مدل پیشنهادی می‌توان این مدل را با مدل پایه، از دو دیدگاه کیفی و کمی با یکدیگر مقایسه نمود. در دیدگاه کیفی این مدل دارای ویژگی‌هایی است که به دلیل بهره‌گیری از تکنولوژی‌های معنایی، مدل‌های غیر معنایی فاقد آن هستند. اما در ارزیابی کمی نتیجه حاصل از اعمال مدل بر روی نمونه Mars World با نتایج نمونه پایه، بر روی چند سناریوی مختلف با روش‌های آماری مقایسه گردید. در ادامه هر دو نوع ارزیابی‌ها توصیف خواهد شد.

۴-۹-۱- ارزیابی کیفی

امروزه یک روند رو به رشد از تکنولوژی‌های وب معنایی در حال شکل‌گیری می‌باشد که در زمینه‌های مختلفی از علوم وارد شده است و در این تحقیق معنا به حوزه سیستم‌های نشانه‌گذاری اضافه شد که ویژگی‌های مثبت و منفی را با خود به همراه دارد.

در مقایسه با دیگر سیستم‌های نشانه‌گذاری، مدل پیشنهادی، یک ساختار معنایی ارائه می‌کند که بر مبنای مدل پایه است. در این مدل آنتولوژی لازم جهت ایجاد یکپارچگی و ساخت یافتگی بایستی تعریف شود و مراحل بعدی شامل انتشار نشانه‌ها و تصمیم‌گیری بر اساس نشانه‌ها، مبتنی بر آنتولوژی و به صورت معنایی انجام خواهند شد.

همچنین این ساختار برای کاربردهای مختلف قابل استفاده است و تنها مواردی مانند آنتولوژی‌های حوزه مدنظر و نوع قوانین تعریف‌شده برای هر کاربرد در هر پیاده‌سازی فرق خواهد کرد و جایگاه اجزاء و ارتباطات اجزاء ساختار برای همه کاربردها قابل تعمیم می‌باشد و فقط برای کاربرد خاص منظوره طراحی نشده است. از طرف دیگر با فراهم شدن بستر معنایی، امکان استفاده از مزایای استنتاج معنایی نیز به وجود آمد. بدین ترتیب با بهره‌گیری از تکنولوژی‌های معنایی در استنتاج معنایی می‌توان کارایی سیستم را به طور کلی بهبود بخشید.

در ادامه با توجه به اینکه مدل پیشنهادی بر اساس مدل پایه می‌باشد، به مقایسه مدل ارائه‌شده با مدل غیر معنایی پرداخته می‌شود. همان طور که قبلاً اشاره شد، مدل پیشنهادی با تعریف آنتولوژی‌ها، به مفهوم‌سازی صریح می‌پردازد و داده‌های موجود در مدل، همه به فرمت استاندارد RDF هستند و همه داده‌ها همراه با ابر داده ذخیره شده‌اند. در جدول ۴-۲ به طور خلاصه ویژگی‌های کیفی مدل پیشنهادی با مدل غیر معنایی مقایسه شده است.

جدول ۴-۲ مقایسه ویژگی‌های مدل پیشنهادی با مدل غیر معنایی

مدل پایه	مدل پیشنهادی	
مفهوم‌سازی حوزه مدنظر	-	آنتولوژی‌ها، مفاهیم را به صورت صریح و یکپارچه در می‌آورند.
فرمت استاندارد برای توصیف داده‌ها	-	سه‌تایی‌های RDF
وجود ابرداده برای داده‌ها	-	هر داده همراه با ابرداده ذخیره می‌شود.

امکان استنتاج معنایی	-	با بهره گیری از قوانین ساده طراحی شده برای هر عامل
ناهمگونی های نحوی	+	مفاهیم حوزه خاص در قالب آنتولوژی یکپارچه می شوند.
ناهمگونی های ساختاری	+	با تعریف شمای آنتولوژی و آنتولوژی های سطح بالا ناهمگونی از بین می رود.

هر مدل علاوه بر مزایایی که دارد ممکن است مشکلاتی را نیز به همراه داشته باشد. یکی از ویژگی های اصلی مدل، ایجاد سازگاری و همگونی در نحو و ساختار و معنا می باشد، که دلیل اصلی آن مفهوم سازی حوزه مدنظر می باشد و اینکه تمام مفاهیم به صورت ساخت یافته در قالب آنتولوژی طراحی و پیاده سازی می شوند. بنابراین در این مدل نیاز است که آنتولوژی حوزه مورد نظر کامل تعریف و پیاده سازی شود، که این خود، مسائل قابل توجه زیادی به همراه دارد، چرا که بایستی مواردی مانند استاندارد سازی آنتولوژی، مهندسی آنتولوژی، ارزیابی آنتولوژی، تطابق آنتولوژی ها را در نظر گرفت و تکامل و نگهداری آنتولوژی نیز قابل توجه و اهمیت می باشد. درست است که آنتولوژی ها در این مدل، مزایای بسیاری با خود به همراه می آورند، اما نمی توان پیچیدگی کار با آن ها را نادیده گرفت.

در این مدل ماهیت داده ها معنایی می باشد و پرس و جو روی این داده ها به کمک زبان پرس و جو SPARQL انجام می گیرد. نکته ای قابل توجه این است که کارایی این زبان پرس و جو برای مواردی که پایگاه داده معنایی بسیار بزرگ باشد، پایین است و در مقایسه با ¹ SQL کندتر عمل می کند.

با توجه به اینکه در این تحقیق برای اولین بار این ساختار پیشنهاد می شود، بایستی عملیاتی بودن آن را نیز بررسی کرد و نشان داد که این مدل در کنار تکنیک های معنایی پاسخگو است و قابلیت عملیاتی شدن را دارد.

¹ Structured Query Language

از این رو با انتخاب یک نمونه پایه و طراحی چند سناریو نشان خواهیم داد که خروجی‌های مطلوب به صورت معنایی، قابل استخراج است و این خروجی به صورت کمی قابل مقایسه با خروجی نمونه پایه می باشد.

۴-۹-۲- ارزیابی کمی

به منظور ارزیابی کمی مدل پیشنهادی ابتدا سه سناریو از نمونه Mars World تعریف گردید. و بر اساس این سناریوها خروجی سیستم یعنی میزان سنگ معدن جمع‌آوری شده در زمان از پیش تعیین شده ماموریت، در دو حالت پایه و در حالت معنایی با روش‌های تحلیل آماری، ارزیابی گردید.

سناریوهای مور استفاده به شرح زیر می‌باشند:

سناریو اول: یک عامل نگهبان، دو عامل تولیدکننده و سه عامل حمل‌کننده برای جمع‌آوری سنگ معدن از شش معدن با مقادیر معین سنگ معدن با یکدیگر همکاری می‌کنند. هدف عامل‌ها جمع‌آوری حداکثر میزان سنگ معدن ممکن در زمان ۳۰ ثانیه می‌باشد.

سناریو دوم: یک عامل نگهبان، سه عامل تولیدکننده و پنج عامل حمل‌کننده برای جمع‌آوری سنگ معدن از شش معدن با مقادیر معین سنگ معدن با یکدیگر همکاری می‌کنند. هدف عامل‌ها جمع‌آوری حداکثر میزان سنگ معدن ممکن در زمان ۳۰ ثانیه می‌باشد.

سناریو سوم: یک عامل نگهبان، سه عامل تولیدکننده و پنج عامل حمل‌کننده برای جمع‌آوری سنگ معدن از هشت معدن با مقادیر معین سنگ معدن با یکدیگر همکاری می‌کنند. هدف عامل‌ها جمع‌آوری حداکثر میزان سنگ معدن ممکن در زمان ۳۰ ثانیه می‌باشد.

خروجی سیستم برای ۲۰ بار اجرا در هر دو حالت پایه و حالت معنایی برای هر سه سناریو محاسبه گردید. نتیجه مشاهده‌شده در هر سه سناریو در حالت معنایی نسبت به حالت پایه بهبود یافت. نتایج حاصل به شرح زیر می‌باشد:

جدول زیر نتایج حاصل از ۲۰ بار اجرای سناریوی اول را برای دو حالت پایه و معنایی نشان می‌دهد:

جدول ۳-۴ نتایج حاصل از ۲۰ بار اجرای سناریوی اول برای دو حالت پایه و معنایی

انحراف معیار میزان سنگ معدن	میانگین میزان سنگ معدن	حداقل میزان سنگ معدن	حداکثر میزان سنگ معدن	
۲۸	۸۹	۴۰	۱۴۰	مدل پایه
۳۱	۱۲۰	۸۰	۱۸۰	مدل معنایی

جدول زیر نتایج حاصل از ۲۰ بار اجرای سناریوی دوم را برای دو حالت پایه و معنایی نشان می‌دهد:

جدول ۴-۴ نتایج حاصل از ۲۰ بار اجرای سناریوی دوم برای دو حالت پایه و معنایی

انحراف معیار میزان سنگ معدن	میانگین میزان سنگ معدن	حداقل میزان سنگ معدن	حداکثر میزان سنگ معدن	
۳۱	۱۰۳	۵۰	۱۶۵	مدل پایه
۳۶	۱۴۰	۹۰	۲۲۰	مدل معنایی

جدول زیر نتایج حاصل از ۲۰ بار اجرای سناریوی سوم را برای دو حالت پایه و معنایی نشان می‌دهد:

جدول ۵-۴ نتایج حاصل از ۲۰ بار اجرای سناریوی سوم برای دو حالت پایه و معنایی

انحراف معیار میزان سنگ معدن	میانگین میزان سنگ معدن	حداقل میزان سنگ معدن	حداکثر میزان سنگ معدن	
۴۸	۱۷۴	۱۰۰	۲۶۰	مدل پایه
۵۱	۲۱۴	۱۴۰	۳۱۰	مدل معنایی

نتایج حاصل نشان‌دهنده بهبود در حداکثر، حداقل و میانگین میزان سنگ معدن جمع‌آوری شده در حالت معنایی نسبت به حالت پایه می‌باشد. هرچند میزان انحراف معیار تقریباً در هر دو حالت یکسان بوده است، که این امر ناشی از ذات تصادفی حرکت اولیه عامل‌ها می‌باشد. که در هر دو حالت این موضوع صادق است.

اما به منظور ارزیابی دقیق تر نتایج حاصل از این تحقیق و تحلیل آماری نتایج، از T-test استفاده گردید. در واقع این آزمون برای ارزیابی میزان هم قواری یا یکسان بودن میانگین نمونه‌ای با میانگین جامعه به کار می‌رود. که چون توزیع t در مورد نمونه‌های کوچک با استفاده از درجات آزادی تعدیل می‌شود، می‌توان از این آزمون برای نمونه‌های کوچک نیز استفاده نمود.

در میان سه آزمون معرفی شده t -test، یعنی آزمون t یک نمونه‌ای^۱، آزمون t زوجی^۲ و آزمون t مستقل^۳، آزمون t زوجی انتخاب گردید. زیرا آزمون t یک نمونه‌ای برای مواردی استفاده می‌شود که می‌خواهند بدانند آیا میانگین برآورد شده با میانگین جامعه هم‌خوانی دارد یا خیر. به عبارت دیگر زمانی که یک محقق بخواهد بداند، آیا میانگین یک متغیر از حدود خاصی فراتر می‌رود یا خیر از این آزمون استفاده می‌کند. اما هدف ارزیابی این تحقیق مقایسه نمونه‌های دو حالت قبل و بعد از اعمال مدل پیشنهادی می‌باشد.

از آزمون t مستقل نیز استفاده نشد: زیرا این آزمون برای مقایسه میانگین‌های دو نمونه مستقل از داده‌های کمی مورد استفاده قرار می‌گیرد. به عنوان مثال برای مقایسه میانگین فشارخون گروهی از مردان با میانگین فشارخون گروهی از زنان استفاده می‌شود. در نهایت آزمون t زوجی برای حالتی استفاده می‌شود که می‌خواهند نمونه‌ها را در دو حالت مورد آزمایش و حالت پایه با یکدیگر مقایسه کنند، مانند مقایسه میانگین فشارخون افراد قبل از مصرف یک دارو و پس از مصرف آن. در نتیجه در این تحقیق از آزمون t زوجی استفاده شد [PAR09].

پس از انتخاب نوع آزمون، فرض صفر این مسئله را این قرار می‌دهیم که اعمال مدل پیشنهادی معنایی اثری نداشته است. یا به عبارت دیگر می‌توان این‌گونه فرض نمود که نمونه‌های برداشته‌شده از هر دو گروه، در واقع نمونه‌گیری از یک متغیر تصادفی است. در این مسئله، ما فرض صفر خود را هنگامی نقض می‌کنیم، که به احتمال ۹۹ درصد مطمئن شویم که غلط است (این عدد اختیاری است).

¹ One Sample T-Test

² Pairs Sample T-Test

³ Independent Sample T-Test

تحقیق حاضر، یک مسئله با درجه آزادی ۱۹ (تعداد نمونه‌های منهای یک) می‌باشد. با توجه به جدول مقادیر استاندارد (در تقاطع ستون ۹۹ و سطر ۱۹) اگر میزان t به دست آمده از t -test بین مقادیر مثبت و منهای ۱/۵۳۹ باشد، فرض صفر ما ثابت شده است و به احتمال ۹۹ درصد می‌توان گفت که روش پیشنهادی اثر مثبتی نداشته است. اما اگر میزان t به دست آمده از t -test، خارج از این بازه باشد. یعنی قدر مطلق میزان t از ۱/۵۳۹ بیشتر باشد، اثبات می‌شود که با احتمال ۹۹ درصد مدل پیشنهادی باعث بهبود نتایج شده است.

برای اعمال t -test به داده‌های تحقیق از نرم‌افزار SPSS^۱ که از رایج‌ترین نرم‌افزارها در زمینه تجزیه و تحلیل آماری می‌باشد استفاده گردد. نتایج حاصل از این آزمون بر روی سه سناریوی معرفی‌شده به شرح زیر گزارش می‌گردد.

نتیجه حاصل اعمال t -test بر روی سناریوی اول بر اساس صفحه گزارش نتایج SPSS به شرح زیر می‌باشد:

جدول ۴-۶: نتایج t -test برای سناریوی اول

Paired Samples Test									
		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	pre - post	-31.75000	35.84598	8.01540	-48.52643	-14.97357	-3.961	19	.001

همان طور که ملاحظه می‌شود، میزان t حاصل از این آزمون برابر ۳/۹۶۱- می‌باشد که قدر مطلق آن از میزان استاندارد تعیین‌شده برای ۲۰ نمونه با میزان احتمال ۹۹ درصد، یعنی ۲/۵۳۹ بیشتر می‌باشد. که این امر نشان‌دهنده این موضوع است که در سناریوی اول با احتمال ۹۹ درصد در نتایج حاصل از اعمال مدل پیشنهادی بهبود حاصل شده است.

نتیجه حاصل اعمال t -test بر روی سناریوی دوم بر اساس صفحه گزارش نتایج SPSS به شرح زیر می‌باشد:

¹ Statistical package for social science

جدول ۴-۷: نتایج t-test برای سناریوی دوم

Paired Samples Test									
		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	pre - post	-36.75000	48.94344	10.94409	-59.65624	-13.84376	-3.358	19	.003

همان طور که ملاحظه می شود، میزان t حاصل از این آزمون برابر ۳/۳۵۸- می باشد که قدر مطلق آن از میزان استاندارد تعیین شده برای ۲۰ نمونه با میزان احتمال ۹۹ درصد، یعنی ۲/۵۳۹ بیشتر می باشد. که این امر نشان دهنده این موضوع است که در سناریوی دوم نیز با احتمال ۹۹ درصد در نتایج حاصل از اعمال مدل پیشنهادی بهبود حاصل شده است.

نتیجه حاصل اعمال t-test بر روی سناریوی سوم بر اساس صفحه گزارش نتایج SPSS به شرح زیر می باشد:

جدول ۴-۸: نتایج t-test برای سناریوی سوم

Paired Samples Test									
		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	pre - post	-39.50000	45.59259	10.19481	-60.83799	-18.16201	-3.875	19	.001

همان طور که ملاحظه می شود، میزان t حاصل از این آزمون برابر ۳/۸۷۵- می باشد که قدر مطلق آن از میزان استاندارد تعیین شده برای ۲۰ نمونه با میزان احتمال ۹۹ درصد، یعنی ۲/۵۳۹ بیشتر می باشد. که این امر نشان دهنده این موضوع است که در سناریوی سوم نیز با احتمال ۹۹ درصد در نتایج حاصل از اعمال مدل پیشنهادی بهبود حاصل شده است.

با توجه به نتایج مشاهده شده از تحلیل های آماری برای هر سه سناریو مشاهده شد که نتایج حاصل از اعمال روش پیشنهادی نسبت به روش پایه به طور کلی بهبود معنا داری داشته است.

۴-۱۰- خلاصه فصل

در این فصل به جنبه‌های مختلف پیاده‌سازی مدل پیشنهادی و ارزیابی کیفی و کمی این مدل در مقایسه با مدل‌های غیر معنایی، پرداخته شد.

از آنجایی که نیاز به یک چارچوب جهت پیاده‌سازی عامل‌ها ضروری به نظر می‌رسید، چارچوب نرم‌افزاری مبتنی بر عامل JADEX معرفی گردید. JADEX یک چارچوب نرم‌افزاری برای تولید عوامل با پیروی از مدل BDI می‌باشد. این چارچوب سعی دارد تا سیستم‌هایی مبتنی بر عامل را تا جایی که ممکن است، به صورت ساده طراحی کند

JADEX از توسعه عوامل با بهره‌گیری از تکنولوژی‌های نظیر java و XML حمایت می‌کند و در زمینه‌های کاربردی گوناگونی نظیر شبیه‌سازی، زمان‌بندی، محاسبات متحرک^۱ و برخی از مسائل هوش مصنوعی مورد استفاده قرار گرفته است. از میان مسائل هوش مصنوعی می‌توان به blocksworld، cleaner world، mars و hunter-prey اشاره نمود.

در میان این مسائل، mars world به دلیل دارا بودن ویژگی‌های خاص خود در حوزه مسائل هوش مصنوعی. به ویژه هوش جمعی و به طور خاص سازگار بودن با مفاهیم موجود در نشانه‌گذاری مورد توجه این تحقیق قرار گرفته است. برای اعمال مدل پیشنهادی بر روی نمونه انتخاب‌شده، نحوه پیاده‌سازی این مدل در سه محور اصلی محیط، نشانه و مدل معنایی توصیف گردید.

به منظور ایجاد یک محیط معنایی در نمونه انتخاب‌شده، آنتولوژی Mars World تعریف گردید. این آنتولوژی شامل کلاس‌هایی از قبیل معدن، عامل، پایگاه و زیر کلاس‌هایی نظیر انواع عوامل می‌باشد. از آنجایی که پیام‌ها در محیط JADEX با فرمت استاندارد FIPA منتشر می‌شوند. پارامتر content با نوع داده object برای ارسال داده‌هایی معنایی انتخاب گردید. در نهایت برای هر عامل چند قانون ساده معنایی تعریف شد. که این قوانین

^۱ mobile computing

معنایی می‌توانند بر روی داده‌های RDF اعمال شوند. و بر اساس آن‌ها عامل تصمیم بگیرد که چه کاری را باید انجام دهد. بدین ترتیب هر سه ویژگی یک عامل به صورت معنایی پیاده‌سازی شد.

برای ارزیابی مدل پیشنهادی این مدل را با مدل پایه، از دو دیدگاه کیفی و کمی مقایسه شد. در دیدگاه کیفی این مدل دارای ویژگی‌هایی است که از آن جمله می‌توان به امکان استنتاج معنایی، بهره‌گیری از فرمت استاندارد برای توصیف داده‌ها، امکان استفاده مجدد از مدل در کاربردهای گوناگون و ... اشاره نمود.

اما در ارزیابی کمی. نتایج حاصل نشان‌دهنده بهبود در حداکثر، حداقل و میانگین میزان سنگ معدن جمع‌آوری شده در حالت معنایی نسبت به حالت پایه می‌باشد اما به منظور ارزیابی دقیق‌تر نتایج حاصل از این تحقیق و تحلیل آماری نتایج از T-test استفاده گردید مشاهده شد که نتایج حاصل از اعمال روش پیشنهادی طور کلی بهبود معناداری داشته است.

فصل ۵- نتیجه‌گیری و کارهای آینده

در این تحقیق نشانه‌گذاری به عنوان یک روش همکاری غیرمستقیم بین عامل‌ها استفاده گردید. با مشاهده سیر تکاملی کاربردهای گوناگون نشانه‌گذاری در حوزه‌های مختلف، از ابتدای معرفی این مفهوم به عنوان توضیحی برای تناقض مشاهده‌شده در رفتار حشرات اجتماعی، که با وجود هوش فردی بسیار پایین قادر به انجام فعالیت‌های پیچیده به صورت جمعی می‌باشند، تا کاربردهای جذاب امروز در دنیای وب، توسعه نرم‌افزارها با کد باز، هدایت و کنترل ربات‌ها از راه دور و حتی توضیح برخی از پدیده‌های اقتصادی با استفاده از این اصطلاح، می‌توان به گستردگی حوزه‌های کاربرد این مفهوم به دلیل جامعیت و انطباق این مفهوم در توضیح بسیاری از پدیده‌های دنیای امروز و قابلیت اعمال در زمینه‌های گوناگون پی برد.

همان طور که بر اساس نظر Andy Clark می‌توان گفت بخش عمده‌ای از آنچه در دنیای پیچیده بشر پیش می‌آید، ممکن است به طور شگفت‌آوری به وسیله آنچه الگوریتم‌های نشانه‌گذاری نامیده می‌شود، قابل فهم باشد [SUN13].

اما همان طور که اشاره شد سیستم‌های نشانه‌گذاری معرفی شده دارای چالش‌های معنایی می‌باشند. در این تحقیق جهت رفع ناهمگونی‌های معنایی در سیستم‌های نشانه‌گذاری، تکنولوژی‌های وب معنایی به آن افزوده شد و ساختار پیشنهادی یکی از چالش‌های موجود در سیستم‌های نشانه‌گذاری، که چالش معنایی می‌باشد را برطرف نمود.

در این ساختار آنتولوژی به مفهوم‌سازی و یکپارچگی حوزه مورد نظر می‌پردازند و داده‌های RDF و استنتاج‌گر معنایی، در ساختار تعبیه شده است، این اجزاء کمک می‌کند تا تمام داده‌های جاری در ساختار با فرمت استاندارد RDF باشند و استنتاج‌گر معنایی با کمک تعدادی قانون ساده که با فرمت معنایی است، بر روی داده‌های معنایی استنتاج می‌کند.

پیاده‌سازی ساختار پیشنهادی با برنامه‌نویسی معنایی و با کمک کتابخانه jena برای حوزه وب معنایی و چارچوب نرم‌افزاری پیاده‌سازی عوامل، JADEx برای پیاده‌سازی یک سیستم چندعامله با روش همکاری نشانه‌گذاری انجام شد و مورد ارزیابی قرار گرفت.

برای ارزیابی مدل پیشنهادی این مدل با مدل غیر معنایی، از دو دیدگاه کیفی و کمی مقایسه شد. در دیدگاه کیفی این مدل دارای ویژگی‌هایی است که به دلیل بهره‌گیری از تکنولوژی‌های معنایی، مدل‌های غیر معنایی فاقد آن هستند. از آن جمله می‌توان به امکان استنتاج معنایی، بهره‌گیری از فرمت استاندارد برای توصیف داده‌ها، امکان استفاده مجدد از مدل در کاربردهای گوناگون و ... اشاره نمود.

اما در ارزیابی کمی نتیجه حاصل از اعمال مدل بر روی نمونه Mars World با نتایج نمونه پایه، بر روی سه سناریوی مختلف، با روش‌های آماری مقایسه گردید. خروجی سیستم برای ۲۰ بار اجرا در هر دو حالت پایه و حالت معنایی برای هر سه سناریو محاسبه گردید.

نتایج حاصل نشان‌دهنده بهبود در حداکثر، حداقل و میانگین میزان سنگ معدن جمع‌آوری شده در حالت معنایی نسبت به حالت پایه می‌باشد. هرچند میزان انحراف معیار تقریباً در هر دو حالت یکسان بوده است، که این امر ناشی از ذات تصادفی حرکت اولیه عامل‌ها می‌باشد. که در هر دو حالت این موضوع صادق است.

اما به منظور ارزیابی دقیق‌تر نتایج حاصل از این تحقیق و تحلیل آماری نتایج از T-test استفاده گردید. با توجه به نتایج مشاهده‌شده از تحلیل‌های آماری این آزمون، برای هر سه سناریو مشاهده شد که نتایج حاصل از اعمال روش پیشنهادی نسبت به روش پایه به طور کلی بهبود معناداری داشته است.

کارهای آتی برای مدل پیشنهاد می‌شود که جای بررسی دقیق و پیاده‌سازی دارد. برخی از این موارد عبارتند از:

- **افزودن یادگیری به مدل:** اگر برای مدل پیشنهادی موضوع یادگیری افزوده و پیاده‌سازی شود،

پیش‌بینی می‌شود کیفیت خروجی‌ها به مراتب بهتر شود، و پایگاه قوانین در طول فرایند به‌روزرسانی و

تکمیل می‌شود.

-
- پیاده سازی برای سایر حوزه‌ها: می‌توان این مدل را برای محیط‌های دیگری که به گونه‌ای به این سطوح همکاری نیاز دارند، پیاده سازی نمود، مانند خانه‌های هوشمند، رباتیک یا مدیریت بحران.

منابع

- [ALE06] Alexander Pokahr, Lars Braubach, Winfried Lamersdorf, JADEX: a BDI reasoning engine, Chapter 1, University of Hamburg Distributed Systems and Information System, (2005)
- [ANT08] Grigoris Antoniou, Frank van Harmelen, "Semantic web primer", second edition, the MIT press, (2008)
- [ARA04] R.Aras, A.Dutech, F.Charpillet, "stigmergy in Multi Agent Reinforcement Learning," roceedings of the Fourth International Conference on Hybrid Intelligent Systems (HIS'04), IEEE, (2004)
- [BOL09] F.Bolici, J.Howison, K.Crowston, N.Syracuse, "Coordination without discussion? Sociotechnical congruence and stigmergy in Free and Open Source Software projects", In Socio-Technical Congruence Workshop held at the International Conference on Software Engineering (ICSE'09), Vancouver, Canada, (2009)
- [BRI04] D.Brickley, R.V.Guha, "RDF Vocabulary Description Language 1.0: RDF Schema", W3C Recommendation, (2004)
- [BUS05] L.Bu»soniu, B.De Schutter, R.Babu-ska, "Learning and Coordination in Dynamic Multiagent Systems", Delft Center for Systems and Control Delft University of Technology, (2005)
- [CAI11] R.Calvo, J.Oliveira, M.Figueiredo, "Bio-Inspired Coordination of Multiple Robots Systems and stigmergy Mechanims to Cooperative Exploration and Surveillance Tasks", IEEE 5th International Conference on Cybernetics and Intelligent Systems (CIS) IEEE, (2011)
- [CHA12] B.Chandra, R.Baskaran, "A survey: Ant Colony Optimization based recent research and implementation on several engineering domain", Expert Systems with Applications 39 ,4618–4627, (2012)
- [CHE10] W.Chen, J.Zhang, "A novel set-based particle swarm optimization method for discrete optimization problem". IEEE Transactions on Evolutionary Computation 14 (2): 278–300, (2010)
- [DAN09] F.Daneshfar, H.Bevrami, "multi agent system in control engineering: a survey", Journal of Control Science and Engineering, Volume (2009), Article ID 531080, 12 pages doi:10.1155/2009/531080, (2009)

-
- [DOR06] M.Dorigo, E.Bonabeaub, G Theraula., “Ant algorithms and stigmergy”, Elsevier , Future Generation Computer Systems, (2006)
- [DIP13] A.Dipple, K.Raymond, M.Docherty , “Extending Web Modeling Language to exploit stigmergy”, The First International Conference on Building and Exploring Web Based Environments, 27 January (2013)
- [ELI07] M.A.Elliott, “stigmergy Collaboration A Theoretical Framework for Mass Collaboration”, Submitted in partial fulfilment of the requirements of the degree of Doctor of Philosophy, (2007)
- [HAD04] K.Hadeli, P.Valckenaers, M.Kollingbaum, V.Brussel, “Multi-agent coordination and control using stigmergy”, Computers in Industry 53 75–96, (2004)
- [HEY07] F.Heylighen, “Why is open access development so successful? stigmergy organization and the economics of information”, To appear in: B. Lutterbeck, M. B. ٱrwnolff & R. A. Gehring (eds.), Open Source Jahrbuch 2007, Lehmanns Media, (2007)
- [HOW12] J.Howison, C.Osterlund, K.Crowston, F.Bolici, “stigmergy and Implicit Coordination in Software Development”, CSCW’12, February 11–15, Seattle, Washington, USA, (2012)
- [HUA08] H.Huang, C.Ren, S.Jin, “Signs” is the Sign: Towards a Unified View of stigmergy , Proceedings of the IEEE International Conference on Information and Automation June 20 -23, (2008)
- [IAC12] C.Iacopino, P.Palmer, N.Policella, “A stigmergy-based paradigm for mission planning and scheduling of multiple spacecraft”, AI in Space Intelligence beyond planet Earth, Barcelona, (2012)
- [MAN04] F. Manola, E. Miller, “RDF Primer”, W3C Recommendation(2004)
- [MUL09] R.J.Mullen, D.Monekosso, S.Barman, P.Remagnino, “A review of ant algorithms”, Expert Systems with Applications, pp. 9608–9617, (2009)
- [OMI13] A.Omicini, “Nature-Inspired Coordination Models: Current Status and Future Trends”, Hindawi Publishing Corporation ISRN Software Engineering (2013)
- [PAR02] H. V. D.Parunak, M.Purcell, R.O’Connell, “Digital pheromones for autonomous coordination of swarming UAV’s”. Proceedings of First AIAA Unmanned Aerospace Vehicles, Systems, Technologies, and Operations Conference, Norfolk, VA, AIAA, (2002)
- [PAR04] H. V. D.Parunak, S. A.Brueckner, “stigmergy learning for self-organizing mobile ad-hoc networks (MANET’s)” Proceedings of Third International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, Columbia University, NY, (2004)

-
- [PAR06] H. V. D.Parunak, D.Weyns, F.Michel, “A survey of environments and mechanisms of human-Human stigmergy”, *Environments for Multi-Agent Systems vol II*, Springer-Verlag, pp. 163-186, (2006)
- [PAR09] H.M.Park, “Comparing Group Means: T-tests and One-way ANOVA Using STATA, SAS, R, and SPSS”, Working Paper. The University Information Technology Services (UITS) Center for Statistical and Mathematical Computing, Indiana University, (2009)
- [RAF06] H.Rafael, L.Braubach, “A Survey of Programming Languages and Platforms for Multi-Agent Systems”, *Informatica* 30, 33–44, (2006)
- [REN10] C.Ren, H.Huang, S.Jin, “stigmergy Collaboration: A Sign-Based Perspective of stigmergy”, *International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation*, (2010)
- [RIC06] A.Ricci, A. Omicini, M.Viroli, L.Gardelli, E.Oliva, “Cognitive stigmergy: A framework based on agents and artifacts”, *Third International Workshop on Environments for Multiagent Systems (E4MAS 06)*, (2006)
- [RUS09] J.Russel, p.Norvig, “Artificial Intelligence A Modern Approach”, Printice-Hall , 3 edition, (2009)
- [SUN13] R. Sun, M. J. Doyle, L. Marsh, “stigmergy 3.0: from ants to economies,” *Cognitive Systems Research* 21 , 1–6, (2013)
- [STE07] T.Steele, “Directed stigmergy-based control for multi-robot systems. Proceeding of the ACM/IEEE international conference on Human-robot interaction”. *ACM SIGCHI/SIGART Human-Robot Interaction*, 223-230, (2007)
- [STO00] P.Stone, M.Veloso ,”Multiagent Systems: A Survey from a Machine Learning Perspective”,Carnegie Mellon University, (2000)
- [TUA10] A.Tuan, R.Phan, A.Russell, “An Effective Collaboration Algorithm for Swarm Robots Communicating by Sematectonic stigmergy”, *11th Int. Conf. Control, Automation, Robotics and Vision Singapore*, 7-10th, (2010)
- [VAL01] P.Valckenaers, M.Kollingbaum, H.V.Brussel, “The design of multi-agent coordination and control systems using stigmergy”, In *Proceedings of the third International Workshop on Emergent Synthesis (IWES01)*, (2001)
- [VAL07] P.Valckenaers, M.Kollingbaum, H.V.Brussel, “MAS coordination and control based on stigmergy”, *Computers in Industry* 58, 621–629, (2007)
- [VEI11] A.C.Velivelli, A.Laboratory, K.M.Bryden, “Initial Formulation of an Optimization Method Based on stigmergy Construction”, *International Journal of Agent Technologies and Systems*, 3(4), 19-36, October-December (2011)

-
- [WOO08] M.Wooldridge, “An introduction to Multiaqent Systems”, Department of Computer Science, University of Liverpool, UK, (2008)
- [WIL06] M.Williams, “Coordination in multi-agent systems” , PHD theses , university of Southampton faculty of engineering, (2006)

پیوست

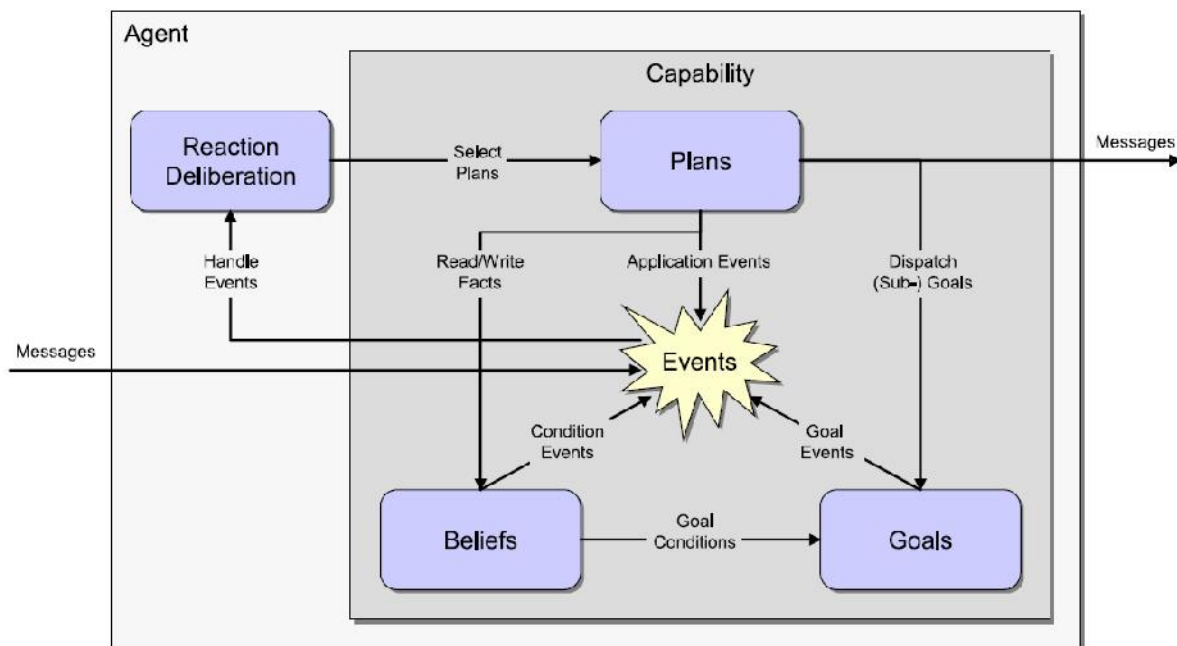
۶-۱- مفاهیم اساسی JADEX

شکل ۹ مروری بر ساختار مجازی JADEX ارائه می‌دهد. با نگاه از بیرون به این ساختار می‌توان عامل را یک جعبه سیاه در نظر گرفت که پیام‌هایی را دریافت و ارسال می‌کند تمام انواع رویدادها از قبیل پیام‌های ورودی به عنوان ورودی‌های مکانیسم‌های سنجش^۱ و واکنش^۲ داخلی، در انتخاب طرح مناسب از کتابخانه طرح‌ها محسوب می‌شوند. در JADEX مکانیسم‌های سنجش و واکنش تنها مؤلفه‌های عمومی یک عامل هستند. تمام دیگر مؤلفه‌ها در روالی قابل استفاده مجدد به نام توانمندی^۳ دسته‌بندی می‌شوند. در ادامه هر یک از اجزای اصلی این ساختار شامل باورها، اهداف، طرح‌ها، توانمندی‌ها و رویدادها بررسی خواهد گردید.

¹ deliberation

² reaction

³ capability



شکل ۱-۰۰: ساختار مجازی JADEX

۶-۱-۱- باورها

یکی از اهداف پروژه JADEX بهره‌گیری از مفاهیم مهندسی نرم‌افزار در توصیف یک عامل است. در دیگر سیستم‌های مبتنی بر BDI، باورها به صورت نوعی از گزاره‌های منطق مرتبه اول^۱ (مانند سیستم Jason) ارائه می‌شوند. و یا از مدل‌های رابطه‌ای استفاده می‌کنند (مانند سیستم‌های JACK و JAM). در JADEX یک نمایش شیء‌گرا از باورها مورد استفاده قرار می‌گیرد. به طوری که اشیاء می‌توانند با نام حقیقت^۲ ذخیره شوند (که باور نامیده می‌شود) یا به صورت مجموعه‌ای از حقایق ذخیره شوند (که مجموعه باور^۳ نامیده می‌شود). اما پایگاه باورها^۴ یک مکان ذخیره داده‌ها بصورت منفعل نیست، بلکه یک بخش فعال در اجرای عامل‌ها، با نظارت بر وضعیت مجموعه باورها ایجاد شده است. تغییر در باورها ممکن است به صورت مستقیم منجر به اعمالی از قبیل ایجاد یک رویداد جدید یا خلق یک هدف می‌گردد.

^۱first-order predicate logic

^۲ fact

^۳ Belief sets

^۴ Belief base

به عبارت دیگر پایگاه باور یک عامل نشان‌دهنده دانش آن عامل درباره جهان پیرامونش است. پایگاه باور در برخی مواقع شبیه یک منبع ذخیره‌سازی ساده است که اجازه ارتباط ایمن و آسان بین طرح‌های مختلف را با باورهای مشترک برقرار می‌کند. در واقع JADEX این اجازه را می‌دهد تا اشیاء جاوا به عنوان باور در پایگاه باور نگهداری شوند. در JADEX دو نوع باور وجود دارد. از یک طرف باورهایی وجود دارند که به کاربر اجازه ذخیره‌سازی دقیقاً یک حقیقت را می‌دهند و از طرف دیگر مجموعه باورها وجود دارند که اجازه ذخیره‌سازی مجموعه‌ای از باورها را می‌دهند. اگر نیاز به یک برش داده‌ای^۱ از داده‌های ذخیره شده در سیستم باشد می‌توان با استفاده از زبان پرس و جوی OQL این کار را انجام داد. همچنین امکان این وجود دارد تا بر یک باور نظارت وجود داشته باشد. این امر سبب می‌شود تا بتوان برخی از عملیات را زمانی که یک باور جدید اضافه می‌شود یا یک باور تغییر می‌کند انجام داد. همچنین می‌توان منتظر شرایط پیچیده‌تری که شامل تکمیل شدن چندین باور باشد، ماند.

۶-۱-۲- اهداف

اهداف یک مفهوم مرکزی در JADEX می‌باشد. به طور کلی اهداف خواسته‌های ملموس یک عامل می‌باشد. برای هر هدف یک عامل یا بیشتر از یک عامل، به صورت مستقیم برای رسیدن به آن، درگیر انجام اقداماتی می‌شود. در دیگر سیستم‌ها مبتنی بر BDI اهداف به وسیله نوع خاصی از رویدادها نمایش داده می‌شوند. بنابراین در این سیستم‌ها هدف فعلی یک عامل تنها به صورت ضمنی در نتیجه اجرای طرح فعلی عامل در دسترس می‌باشد.

در JADEX اهداف به صورت اشیاء صریحی که در پایگاه اهداف قرار دارند، نمایش داده می‌شود. از آنجایی که اهداف به صورت جداگانه‌ای از طرح‌ها نمایش داده می‌شوند، سیستم می‌تواند اهدافی داشته باشد که در حال حاضر به صورت مستقیم با هیچ طرحی ارتباط نداشته باشد.

¹ Cut out

در واقع برنامه‌نویسی مبتنی بر هدف یکی از مفاهیم کلیدی در زمینه برنامه‌های مبتنی بر عامل است. این مفهوم بیانگر این حقیقت است که یک عامل خود را به یک هدف خاص متعهد می‌کند و ممکن است تمام احتمالات ممکن را برای رسیدن به هدف به کار گیرد. یک مثال خوب در این زمینه این است که در نهایت موفق به فرود ایمن یک هواپیما شویم. عامل تمامی طرح‌های خود را تا رسیدن به هدف مورد نظر، به کار می‌گیرد. در غیر این صورت و در صورت آسیب هواپیما، عامل دیگر فرصتی برای رسیدن به سایر اهداف نخواهد داشت.

زمانی که در مورد هدف صحبت می‌کنیم می‌توانیم انواع مختلفی از اهداف را در نظر بگیریم. هدفی که در بالا به آن اشاره شد یک هدف دست‌یافتنی^۱ نامیده می‌شود، زیرا عامل خواهان رسیدن به موقعیت خاصی است. مشابه هدف دست‌یافتنی، query goal در جهت بازیابی اطلاعات کمک می‌نماید و به منظور یافتن اطلاعات درخواستی، طرح‌ها زمانی اجرا می‌شوند که نیاز باشد. به عنوان مثال یک عامل تمیزکننده می‌تواند یک query goal را به منظور یافتن نزدیک‌ترین سطل زباله به کار بگیرد. نوع دیگری از هدف، maintain goal است که به منظور نگهداری شرایط رضایت‌بخش در تمام مدت مورد استفاده قرار می‌گیرد. زمانی که شرایط دیگر رضایت‌بخش نباشد، طرح‌هایی مورد استفاده قرار می‌گیرند تا مجدداً شرایط نرمال را برقرار نمایند. یک نمونه مثال برای این نوع هدف می‌تواند حفظ دمای یک نیروگاه هسته‌ای در زیر یک محدودی خاص باشد. وقتی دما از این محدوده تجاوز نماید عامل بایستی عکس‌العمل نشان داده و به برقراری شرایط عادی بپردازد. چهارمین نوع از اهداف perform goal است که مستقیماً با برخی از اعمال در ارتباط است که می‌خواهیم عامل انجام دهد. نمونه‌ای از این نوع، عاملی است که در برخی نواحی مرزی در حال گشت زنی است

۶-۱-۳- طرح‌ها

طرح‌ها مؤلفه‌های رفتاری یک عامل را ارائه می‌دهند و از دو بخش بدنه و سرایند تشکیل شده‌اند. به طور عمده سرایند یک طرح شرایطی که بر اساس آن ممکن است آن طرح انتخاب شود را مشخص می‌کند. به طور مثال

^۱ Achieve goal

بایان اهداف و رویدادهای به کار گرفته شده توسط طرح یا بیان پیش شرایط مورد نیاز برای اجرای یک طرح. علاوه بر این در سرایند یک طرح ممکن است شرایطی وجود داشته باشد که برای ادامه اجرای یک طرح نیاز است که این شرایط برقرار باشد. بدنه یک طرح مجموعه‌ای از اعمال را تعریف می‌کند. این مجموعه اعمال توسط عامل زمانی که طرح انتخاب می‌گردد اجرا می‌شود. این اعمال ممکن است شامل ارسال پیام‌ها، تغییر باورها یا ایجاد اهداف فرعی باشد.

طرح‌ها نقش اساسی‌ای در JADEX ایفا می‌کنند، زیرا دستورات لازم برای رسیدن به وضعیت خاصی درون آن‌ها قرار گرفته است. همان طور که قبلاً اشاره شد، یک طرح درون JADEX شامل دو قسمت است. بدنه طرح که یک کلاس زبان جاوا است و از کلاس از پیش تعریف شده `Jadex.bdi.runtime.Plan` ارث می‌برد. این کلاس حداقل بایستی شامل پیاده‌سازی متد انتزاعی `body()` باشد. بدنه طرح در ارتباط با یک سرایند در فایل ADF خواهد بود (که در ادامه این فایل معرفی خواهد شد) در این سرایند چندین ویژگی از طرح قابل تعریف است. به عنوان مثال موقعیتی که این طرح بایستی فعال شود و همچنین اهمیت آن در ارتباط با سایر طرح‌ها از جمله این ویژگی‌ها است.

JADEX از دو نوع طرح پشتیبانی می‌کند. یک طرح که `service plan` نامیده می‌شود که در این نوع طرح یک نمونه از طرح همواره در حال اجرا بوده و منتظر درخواست سرویس است. در این حالت طرح می‌تواند رویداد اختصاصی `waitqueue` خود را جهت سرویس‌دهی به درخواست‌ها تنظیم نماید.

مدل دیگر طرح `passive plan` است که نسخه نرمالی از طرح است. این طرح بدین گونه است که معمولاً زمانی اجرا می‌شود که یک وظیفه برای انجام وجود داشته باشد. برای این طرح رویدادها و اهداف مورد نظر بایستی در ADF مشخص شوند. زمانی که یک عامل یک رویداد را دریافت می‌کند، موتور استدلال BDI لیستی از رویدادها که توانایی مدیریت درخواست فعلی را دارند فراهم می‌کند و در نهایت کاندید (یا کاندیدها) برای اجرا انتخاب می‌شوند. این مدل از طرح‌ها زمانی مناسب است که اجراهای موازی از یک نوع وظیفه مورد نیاز باشد.

اغلب یک طرح عملیاتی را انجام می‌دهد و سپس قبل از ادامه کار، منتظر وقوع عملیات دیگری می‌ماند (مانند ارسال یک پیام و انتظار برای پاسخ). بنابراین یک طرح می‌تواند یکی از انواع رویدادهای متفاوت را که ارائه شده است را مورد استفاده قرار دهد.

توانمندی

عامل‌های مختلف اغلب دارای ویژگی‌های مشابه و یکسان هستند که این ویژگی‌ها بیشتر از سطح یک طرح است. اغلب باورهای اختصاصی یا مشترک و اهداف قسمتی از ویژگی مشترک یک عامل است. این واحدهای عملیاتی قابل قیاس با مفهوم روال^۱ در مفاهیم شی گرای هستند. توانمندی‌ها، اجازه بسته‌بندی زیرمجموعه‌ای از باورها، طرح‌ها و اهداف را درون یک روال عامل^۲ و استفاده مجدد از روال هر زمان که نیاز باشد را می‌دهند. ساختار توانمندی یک عامل شبیه به یک درخت است. یک توانمندی ارشد^۳ ممکن است شامل تعداد اختیاری‌ای از زیر توانمندی‌ها باشد. تمامی عناصر یک توانمندی در حالت پیش‌فرض اختصاصی^۴ هستند و نیاز دارند تا صراحتاً برای استفاده در ارتباطات توانمندی‌ها مهیا گردند. به همین منظور عناصر می‌توانند به صورت مجرد یا قابل‌دسترسی توسط سایر توانمندی‌ها باشند.

۶-۱-۴- رویدادها

ارتباطات در دو سطح متفاوت ارتباطات درون عاملی^۵ و ارتباطات بین عاملی^۶ در JADEX روی می‌دهد. ارتباطات درون عاملی زمانی روی می‌دهد که دو یا چند طرح مربوط به یک عامل بخواهند با یکدیگر تبادل اطلاعات داشته باشند. چندین روش برای انجام این کار وجود دارد. بهترین راه ممکن استفاده از باورها است. باورها در JADEX می‌توانند شامل اشیای معمولی جاوا باشند اما باورها مفاهیمی هستند که به طور خاص برای

^۱ module

^۲ agent module

^۳ superordinate

^۴ private

^۵ Intra-agent

^۶ Inter-agent

مدل سازی یک عامل طراحی شده‌اند و از این رو استفاده از باورها دارای مزایای فراوانی است. یکی از این مزایا این است که می‌توان با استفاده از وضعیت باورها، شرایط خاصی را برای trigger کردن رویدادها در نظر گرفت (مثلاً ایجاد یک هدف جدید زمانی که یک باور جدید به مجموعه باورها اضافه می‌شود). مزیت دیگر این است که استفاده از منبع باورها ما را قادر می‌سازد تا از پرس و جوها استفاده نموده و با استفاده از یک پرس و جوی ایجاد شده، تنها موجودیت‌هایی را که نیاز هستند بازایی شوند. امکان دیگر ارتباطات داخلی، استفاده صریح از رویدادهای داخلی است.

در طرف مقابل ارتباطات بین عاملی برای تبادل اطلاعات بین دو یا چند عامل مورد استفاده قرار می‌گیرد. این تبادل اطلاعات درون JADEX بر اساس رویداد تبادل پیام آسنکرون^۱ روی می‌دهد. هر رویداد پیام در JADEX دارای نوع اختصاصی jadex.bridge.Message است که پارامترها و نوع پارامترهای مجاز رویداد پیام را مشخص می‌کند. JADEX در حال حاضر برای ارسال پیام‌ها فقط از استاندارد FIPA^۲ پشتیبانی می‌گردد. این نوع از پیام تمامی پارامترهای ممکن FIPA نظیر فرستنده^۳، گیرنده‌ها^۴، عملکرد^۵، محتوا^۶ و غیره را برای یک پیام فراهم می‌کند. در کنار این نوع پیام، درون ADF، نوع رویداد پیام تعریف شده توسط کاربر نیز می‌تواند مشخص شود. بایستی توجه شود که نوع رویداد پیام فقط به صورت محلی قابل دید است و هر عامل انواع رویداد پیام خودش را برای ارسال و دریافت پیام مورد استفاده قرار می‌دهد. از این رو زمانی که یک پیام دریافت می‌شود عامل بایستی تصمیم بگیرد که از چه نوع رویداد پیامی برای بازنمایی این پیام استفاده نماید.

^۱ asynchronous message event passing

^۲ Foundation intelligence physical agent

^۳ sender

^۴ receivers

^۵ performative

^۶ content

۶-۲- نتایج ارزیابی مدل پیشنهادی به وسیله نرم افزار SPSS

نتیجه حاصل اعمال t-test بر روی سناریوی اول بر اساس صفحه گزارش نتایج SPSS به شرح زیر می باشد:

```
T-TEST PAIRS=pre WITH post (PAIRED)
/CRITERIA=CI(.9500)
/MISSING=ANALYSIS.
```

→ T-Test

[DataSet1] C:\Users\K1.co\Desktop\data11.sav

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	pre	89.0000	20	28.31217	6.33079
	post	120.7500	20	31.17333	6.97057

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	pre & post	20	.277	.238

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 pre - post	-31.75000	35.84598	8.01540	-48.52643	-14.97357	-3.961	19	.001

نتیجه حاصل اعمال t-test بر روی سناریوی دوم بر اساس صفحه گزارش نتایج SPSS به شرح زیر می باشد:

```
T-TEST PAIRS=pre WITH post (PAIRED)
/CRITERIA=CI(.9500)
/MISSING=ANALYSIS.
```

➔ T-Test

[DataSet1]

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	pre	103.7500	20	31.94877	7.14396
	post	140.5000	20	36.41501	8.14264

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 pre & post	20	-.021	.930

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 pre - post	-36.75000	48.94344	10.94409	-59.65624	-13.84376	-3.358	19	.003

نتیجه حاصل اعمال t-test بر روی سناریوی سوم بر اساس صفحه گزارش نتایج SPSS به شرح زیر می باشد:

```
T-TEST PAIRS=pre WITH post (PAIRED)
/CRITERIA=CI (.9500)
/MISSING=ANALYSIS.
```

→ T-Test

[DataSet1]

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	pre	174.5000	20	48.50122	10.84520
	post	214.0000	20	51.54456	11.52571

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	pre & post	20	.586	.007

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	pre - post	-39.50000	45.59259	10.19481	-60.83799	-18.16201	-3.875	19	.001

Abstract

Currently, Multi-agent systems (M.A.S) are used in a variety of different areas such as manufacturing, robotics, telecommunications, and medicine. These systems are said to resolve the problems which cannot be normally solved by traditional systems. The key concept in M.A.S is coordination between agents in order to achieve the objectives of systems. Several methods can be followed to establish coordination between agents. One of the procedures is to make use of an indirect coordination mechanism called stigmergy. Stigmergy refers to a class of mechanisms which mediate the interactions among animals. These mechanisms are indirect communications that take place through the impact that these individual insects have on their local environment. To resolve the semantic challenges encountered in these mechanisms, semantic technologies were proposed to be used. It was expected that the use of these technologies would extend the behavior of the agents. The results of implementation indicated that the overall performance of M.A.S improved

Keywords-Multi-agent systems; stigmergy; semantic thecnology



Ferdowsi University of Mashhad
Faculty of Engineering

Computer Engineering Department
Web ThecnologyLaboratory

Master of Science thesis

Semantic Stigmergy in Multi-agent Systems

By

Zahra Keivanlou

Supervisor

Dr.Mohsen Kahani

September 2013