



ارائه روشی برای غلبه بر چالش‌های معنایی در زبان‌های گسترش‌پذیر گزارش‌گری و تعامل‌پذیری حرفه

علی رضایی^۱، اسلام ناظمی^۲

^۱ کارشناسی ارشد مهندسی فناوری اطلاعات، گروه تحقیقاتی خودتطبیق، دانشکده مهندسی و علوم کامپیوتر دانشگاه شهید بهشتی، تهران

^۲ دکتری، گروه تحقیقاتی خودتطبیق، دانشکده مهندسی و علوم کامپیوتر دانشگاه شهید بهشتی، تهران
nazemi@sbu.ac.ir

چکیده

با توسعه روزافزون فناوری اطلاعات در عرصه‌های گوناگون، مسئله تعامل‌پذیری در سطوح مختلف به عنوان یک چالش مطرح شده است. در حوزه تعامل‌پذیری داده‌ها و اطلاعات، تلاش‌های بسیاری انجام گرفته است که موجب پیدایش زبان‌ها و استانداردهای مختلفی به منظور تعامل‌پذیری در حوزه‌های گوناگون حرفه شده است. یکی از چالش‌های جدی پیش روی این تلاش‌ها، با قابلیت گسترش‌پذیری مرتبط است. گسترش‌پذیری در این گونه زبان‌ها و استانداردها از یک سو، یک نیاز اساسی و ذاتی محسوب می‌شود. اما از سوی دیگر، همین ویژگی، چالش‌هایی معنایی به وجود می‌آورد.

در سال‌های اخیر، با افزایش توجه به فن‌آوری‌های معنایی و ویژگی‌هایی که در اختیار دارند، چندی است که استفاده از آن‌ها برای غلبه بر چالش‌های معنایی زبان‌ها و استانداردهای حرفه، مورد توجه پژوهشگران علم رایانه قرار گرفته است. رویکردهای معنایی و مشخصاً هستان‌شناسی‌ها، می‌توانند در نقش فراداده‌هایی ظاهر شوند که درک معنا را برای رایانه ممکن می‌سازند. از این رو می‌توانند در غلبه بر چالش‌های معنایی مذکور، موثر واقع شوند. در این مقاله، روشی پیشنهاد می‌شود که با پشتیبانی از گسترش‌پذیری، بر چالش‌های معنایی موجود در این گونه زبان‌ها، غلبه می‌کند. این روش، شامل چند مولفه مترجم می‌باشد که اطلاعات مبتنی بر زبان‌های تعامل‌پذیری را به صورت خودکار در قالب هستان‌شناسی بازنمایی می‌کند.

کلمات کلیدی

تعامل‌پذیری، تعامل‌پذیری معنایی، زبان‌های تعامل‌پذیری گسترش‌پذیر، زبان‌های گزارش‌گری حرفه، رویکردهای معنایی، هستان‌شناسی

این سطوح، تعامل‌پذیری داده‌ها، اطلاعات و اسنادی است که می‌توانند میان سازمان‌ها، برنامه‌های کاربردی، سرویس‌ها و غیره تبادل شوند. در این حوزه، کارها و تلاش‌های بسیاری انجام گرفته است. ابتکارات مربوط به تعامل‌پذیری اسناد حرفه از دهه‌ی ۷۰ میلادی، پیش از پیدایش اینترنت، آغاز شد. پس از آن و با آغاز دهه‌ی ۹۰ میلادی، زبان نشانه‌گذاری گسترش‌پذیر^۱ (XML) [۱]، برای توصیف داده‌های مبادله شده در بستر اینترنت، به محبوبیت دست یافت. در دسترس بودن ابزارها و خوانایی نسبتاً راحت‌تر XML برای انسان،

۱- مقدمه

با توسعه‌ی روزافزون فناوری اطلاعات در عرصه‌های گوناگون و افزایش نیاز به تعامل سامانه‌های اطلاعاتی با یکدیگر در سطوح مختلف، مسئله تعامل‌پذیری در سال‌های اخیر به عنوان یک چالش بزرگ در سامانه‌های سازمانی مطرح شده و تحقیقات بسیاری نیز در این راستا انجام شده است. مفهوم تعامل‌پذیری می‌تواند در سطوح مختلفی مورد توجه قرار گیرد. یکی از

۲- مفاهیم پایه

در این بخش، به معرفی برخی از مهم‌ترین مفاهیم پایه مرتبط با موضوع مقاله پرداخته می‌شود. در ادامه، این مفاهیم تحت دو عنوان «تعامل‌پذیری» و «هستان‌شناسی» طرح خواهند شد.

۱-۲- تعامل‌پذیری

تاکنون تعاریف مختلفی از تعامل‌پذیری ارائه شده است. یکی از معروف‌ترین رایج‌ترین تعاریف موجود، توسط وزارت دفاع آمریکا (DoD) در سال ۱۹۷۷ ارائه شده است. این تعریف، تعامل‌پذیری را این‌گونه معرفی می‌کند [۳]: «توانایی سیستم‌ها و واحدها در فراهم کردن سرویس‌ها و نیز پذیرش سرویس‌هایی از دیگر سیستم‌ها و واحدها و همچنین استفاده از سرویس‌های مبادله‌شده به منظور فعالیت اثربخش آن‌ها با یکدیگر».

علاوه بر این تعریف، چهار تعریف مورد تایید IEEE از تعامل‌پذیری به شرح زیر است [۴] [۵]:

۱. توانایی دو یا چند سامانه یا مولفه سامانه برای تبادل اطلاعات و استفاده از اطلاعات مبادله‌شده.
 ۲. قابلیت واحدهای تجهیزاتی برای کار با یکدیگر، به منظور فراهم آوردن کارکردهای مفید.
 ۳. قابلیت که در اثر پیروی مشترک از مجموعه‌ای از استانداردهای داده شده حاصل می‌شود که ابزارهای ناهمگنی که عمدتاً توسط عرضه‌کنندگان مختلف ساخته شده‌اند را قادر می‌سازد در یک محیط شبکه‌ای با یکدیگر کار کنند.
 ۴. توانایی دو یا چند سامانه یا مولفه برای تبادل و استفاده از اطلاعات مبادله‌شده در یک شبکه ناهمگن.
- برای تعامل‌پذیری، مدل‌های مفهومی، چارچوب‌ها و زبان‌های مختلفی تعریف شده است که در ادامه به بررسی برخی از آن‌ها، خواهیم پرداخت.

۲-۱-۱- چارچوب تعامل‌پذیری سازمانی

چارچوب تعامل‌پذیری سازمانی^۲، مسائل موجود در تعامل‌پذیری را در قالب ابعاد گوناگونی طبقه‌بندی می‌کند [۶] [۷]. این چارچوب، مسائل مربوط به تعامل‌پذیری را در قالب یک مدل سه بعدی توضیح می‌دهد (شکل ۱). این سه بعد عبارت است از:

- موانع تعامل‌پذیری: سه دسته از موانع تعامل‌پذیری در این چارچوب تشخیص داده شده است:
 - موانع مفهومی: این موانع، بر تفاوت‌های نحوی و معنایی اطلاعات مورد نظر برای تبادل اشاره دارد. مشکلات مذکور می‌تواند از سطوح بالای مدل‌سازی تا سطوح برنامه‌سازی مانند XML مطرح شوند.
 - موانع فنی: این موانع به ناسازگاری‌های فناوری‌های اطلاعاتی (معماری، سکو، زیرساخت و غیره) اشاره دارند.
 - موانع سازمانی: این موانع به تعریف مسئولیت‌ها و اختیارات ارتباط دارند و ناسازگاری‌های ساختارهای سازمانی را نیز در بر می‌گیرد.

آن را تبدیل به فناوری پایه برای تعدادی از استانداردهای اسناد نمود. این روند همچنان به صورت تکاملی و تحولی ادامه دارد [۲]. با این حال، این گونه تلاش‌ها با دو چالش جدی رو به رو هستند:

- اول این که به عنوان یک نتیجه‌ی طبیعی از تفاوت‌های میان حرفه‌ها، ممکن است امکان تعامل میان اسناد تولید شده بر مبنای استانداردهای مختلف وجود نداشته باشد.
- دوم این که قابلیت گسترش‌پذیری این گونه زبان‌ها و استانداردها، چالش‌هایی معنایی در این حوزه پدید می‌آورند. این چالش برخلاف مورد قبلی، می‌تواند میان اسناد تولید شده بر مبنای استاندارد و زبان یکسان نیز بروز نماید و در حقیقت کارکرد اصلی و ذاتی این گونه زبان‌ها را با چالشی جدی مواجه نماید. به طور مثال، در دو گسترش مختلف از یک رده‌شناسی زبان تعامل‌پذیری، ممکن است مفاهیمی با معنای یکسان و نام‌های متفاوت از هم، تعریف شده باشد.

طی سال‌های اخیر، شاهد رشد توجه به فناوری‌های معنایی هستیم و با توجه به ویژگی‌هایی که رویکردهای معنایی در اختیار دارند، چندی است که استفاده از آن‌ها برای غلبه بر چالش‌های معنایی زبان‌ها و استانداردهای حرفه، مورد توجه پژوهشگران علم رایانه و اطلاعات قرار گرفته است. رویکردهای معنایی و به طور خاص هستان‌شناسی‌ها، می‌توانند در نقش فراداده‌هایی ظاهر شوند که درک معنا را برای رایانه ممکن می‌سازند. ازین رو می‌توانند در غلبه بر چالش‌های معنایی مذکور، موثر واقع شوند.

در این راستا، تلاش‌ها و کارهایی در گذشته انجام گرفته است. بخشی از این کارها، به بررسی ابعاد مختلف این مسئله پرداخته‌اند و پیرامون لزوم توانمندسازی زبان‌های تعامل‌پذیری به فن‌آوری‌های معنایی بحث نمودند. بخش دیگری از کارهای انجام گرفته در این حوزه، برای دامنه‌ای خاص از حرفه‌های مختلف و استفاده‌های مشخص، مدل‌های هستان‌شناسی مختص دامنه پیشنهاد نمودند. در این میان، به دلیل گستردگی و تفاوت‌های دامنه‌های مختلف، نیاز به راه‌حلی جامع و مستقل از دامنه احساس می‌شود. از همین رو، برخی دیگر از کارها به ارائه روشی مفهومی برای چگونگی توسعه مدل‌های معنایی و استفاده از آن‌ها، برای غلبه بر چالش‌های معنایی موجود در زبان‌های تعامل‌پذیری پرداخته‌اند.

با این حال، علاوه بر این که یک روش مطلوب، نیازمند است که به صورت مستقل از دامنه طراحی شود؛ باید از قابلیت گسترش‌پذیری نیز پشتیبانی نماید. در این مقاله، روشی مستقل از دامنه پیشنهاد می‌گردد که با انجام به صورت خودکار، از گسترش‌پذیری این گونه زبان‌ها و استانداردها نیز پشتیبانی می‌کند.

در ادامه، بعد از بررسی مفاهیم پایه در بخش دوم، به بررسی کارهای گذشته در بخش سوم خواهیم پرداخت. بعد از آن، در بخش چهارم روش پیشنهادی توضیح داده خواهد شد. در پایان، نتیجه‌گیری و دستاوردهای این مقاله در بخش پنجم بررسی خواهد شد.

۲-۱-۳- زبان نشانه‌گذاری گسترش‌پذیر حرفه‌های الکترونیک (ebXML)

زبان نشانه‌گذاری گسترش‌پذیر حرفه‌های الکترونیک^۷ (ebXML) یک استاندارد جدید مبتنی بر XML است که مأموریت آن فراهم نمودن زیرساختی مبتنی بر XML است که امکان استفاده عمومی از اطلاعات الکترونیکی حرفه را با حفظ امنیت میان تمام همکاران تجاری فراهم می‌کند [۹]. در زمینه یکپارچه‌سازی برنامه‌های کاربردی، قابلیت‌های این استاندارد در راستای هدایت اطلاعات و فرآیندها در داخل و بین سازمان‌ها بسیار مورد توجه است. با وجود آن که استانداردهای فراوانی مشابه ebXML توسعه داده شده‌اند، ebXML اولین استاندارد افقی است که برای تبادل اطلاعات و الصاق به فرآیندهای بین سازمانی طراحی شده است. ebXML در واقع استاندارد برای مشارکت در اینترنت است. این استاندارد مانند لایه‌ای بر روی XML ساخته شده است. نکته جالب در مورد این استاندارد آن است که ebXML یک استاندارد چندوجهی بوده و مواردی را پوشش می‌دهد:

- فرآیند
- مدیریت شرکای تجاری
- معنا
- نمادگذاری
- امنیت
- توافقات
- تبادل اطلاعات استاندارد
- ساختار اطلاعات استاندارد

۲-۱-۴- زبان گزارش‌گری گسترش‌پذیر (XBRL)

زبان گزارش‌گری گسترش‌پذیر^۸ (XBRL) زبانی مبتنی بر XML است که به طور کلی موارد زیر را پوشش می‌دهد:

- تولید رده‌شناسی‌های استاندارد برای مفاهیم
- تولید گزارش‌های نهایی بر مبنای رده‌شناسی‌های تولید شده

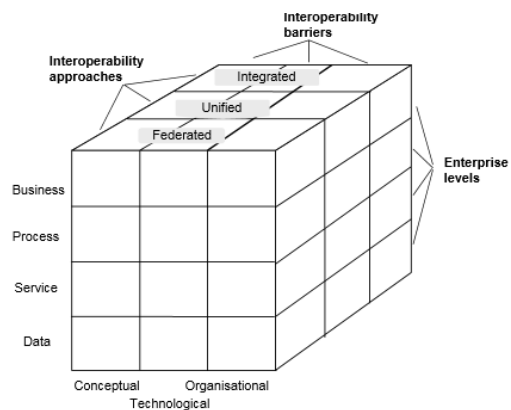
اصطلاح گزارش‌گری تجاری در واقع، بیان‌گر هدف XBRL می‌باشد. این هدف عبارت است از تسهیل امکان تهیه انواع گزارش‌های مالی و دیگر گزارش‌های تجاری استفاده شده در فعالیت‌های حرفه. سازمان بین‌المللی XBRL این زبان را چارچوبی مبتنی بر XML تعریف کرده که به منظور ایجاد و تبادل و تحلیل اطلاعات گزارش‌های مالی شامل صورت‌های مالی سالانه و فصلی و اطلاعات عمومی و برنامه حساب‌رسی، در معرض استفاده زنجیره تامین اطلاعات حرفه بین‌المللی قرار می‌گیرد [۱۰]. این زبان از دو مولفه اصلی تشکیل شده است (شکل ۲):

- رده‌شناسی^۹: رده‌شناسی‌های XBRL مراجعی هستند که مفاهیم مختلف یک حوزه خاص را از جهات گوناگون تعریف کرده و اطلاعات لازم را درباره آن‌ها فراهم می‌کنند.
- سند نمونه^{۱۰}: اسناد نمونه شامل یک گزارش مشخص حرفه هستند که با شکل و قالب خاصی منتشر شده و در واقع با مقاردهی به رده‌شناسی‌ها ایجاد می‌شوند.

• رویکردهای تعامل‌پذیری: در این مدل رویکردهای تعامل‌پذیری به سه دسته تقسیم‌بندی شده است:

- رویکرد یکپارچه: در این رویکرد تمامی مدل‌ها از فرمت یکسان پیروی می‌کنند. این فرمت در سطح تفصیلی ارائه می‌شود.
- رویکرد متحد: در این رویکرد فرمت مشترک در سطح فرامدل مطرح می‌شود. این فرامدل امکان نگاهت میان مدل‌ها را فراهم می‌کند.
- رویکرد فدرالی: در این رویکرد هیچ فرمت مشترکی وجود نداشته و بنابراین هیچ یک از طرف‌های تعامل‌پذیری، مدل، زبان و روش‌های خود را تحمیل نمی‌کند.

• سطوح سازمانی: بعد آخر چارچوب تعامل‌پذیری سازمانی به سطوح سازمانی اختصاص یافته است. سطوح تعریف شده در این جا از چارچوب ATHENA [۸] استخراج شده است.



شکل (۱): تصویر کلان چارچوب تعامل‌پذیری سازمانی [۸]

۲-۱-۲- زبان نشانه‌گذاری گسترش‌پذیر (XML)

در سال ۱۹۹۸، کنسرسیوم جهانی وب^۳ (W3C) دست به معرفی زبان نشانه‌گذاری گسترش‌پذیر (XML) زد. این زبان، قالب متنی ساده و انعطاف‌پذیری ارائه می‌دهد که برای رفع چالش‌های انتشار الکترونیک اطلاعات طراحی شده و نقش بسیار مهمی در تبادل گسترده اطلاعات در محیط وب دارد. در واقع، XML نوعی زبان مدل‌سازی داده‌هاست. اجزای اصلی سازنده XML را عناصر^۴ می‌نامند. عناصر با استفاده از برچسب‌ها^۵ تعریف می‌شوند. عناصر می‌توانند به شکل تو در تو تعریف شوند و شامل یک موجودیت و یا خصیصه‌های مرتبط با آن باشند. «شمای^۶ XML» که توسط W3C به عنوان زبانی برای توضیح اسناد XML توسعه یافته است، در واقع نقش فایل‌های شمای پایگاه داده را بازی می‌کند. به این صورت که برای ذخیره‌سازی داده‌ها لازم است که در ابتدا قالب ثابتی برای آن‌ها مشخص شود و سپس در زمان اجرای تراکنش‌های مختلف، داده‌ها در این قالب ذخیره و بازیابی شوند [۱]. به طور کلی، هدف از ایجاد فایل شمای XML، تعریف قالبی مشخص برای داده‌هایی است که باید بعداً به آن‌ها مقدار داده شود. در زبان‌هایی مانند XBRL نیز، اسناد شمای XML مبنای تعریف رده‌شناسی‌ها بوده و شامل تعاریف ثابت و مشخص از داده‌ها می‌باشد.

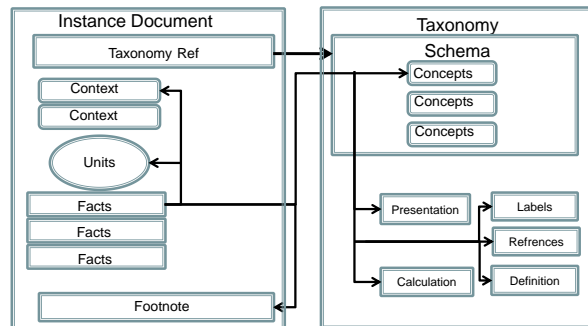
هستان‌شناسی، توسعه یافته است. در حقیقت، پیش‌نیاز کاربرد هستان‌شناسی‌ها، توسعه استاندارد برای تعریف و مبادله هستان‌شناسی یا به عبارتی زبان‌های بازنمایی هستان‌شناسی است. این زبان‌ها، زبان‌های رسمی‌ای هستند که قابلیت ایجاد و ساخت هستان‌شناسی‌ها را دارا باشند و بتوانند دانش را در مورد دامنه‌ای مشخص، مدل سازند. زبان‌های هستان‌شناسی اغلب شامل قوانین استدلالی می‌باشند که فرآوری دانش را ممکن می‌سازد. از جمله این زبان‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- چارچوب توصیف منابع^{۱۱} (RDF): استاندارد برای توصیف منابع در توسعه وب می‌باشد که مبتنی بر فن‌آوری XML ایجاد شده است. این زبان با توصیف هر منبع موجود به صورت قابل فهم برای رایانه، تعامل‌پذیری میان مولفه‌هایی که به تبادل اطلاعات نیاز دارند را فراهم می‌کند [۱۷]. با استفاده از زبان RDF می‌توان جمله‌هایی ایجاد کرد که از سه بخش فاعل، گزاره و مفعول تشکیل شده‌اند. در این جمله‌ها، برخلاف گزاره و فاعل که حتماً از نوع یک منبع می‌باشند، مفعول می‌تواند از نوع منبع و یا یک رشته باشد. هر یک از این سه بخش جمله دارای یک URI هستند. برای این که معنای هر کلمه از جمله‌ها مشخص گردد، نیاز به RDF Schema می‌باشد که در حقیقت، معنای کلمات بیان شده در قالب زبان RDF را شامل می‌شود.
- زبان هستان‌شناسی وب^{۱۲} (OWL): زبان OWL، بر مبنای RDF و برگرفته از DAML+OIL است. این زبان نیز مبتنی بر زبان XML ایجاد شده است. OWL با تعریف کلاس‌ها، نمونه‌ها و روابط به طور واضح و رسمی در توسعه و ساخت هستان‌شناسی‌ها به کار می‌رود. OWL با زبان‌های قدیمی هستان‌شناسی سازگار می‌باشد ولی نسبت به آن‌ها دارای امکانات بیشتری برای بیان مفاهیم و معنای می‌باشد و به دلیل قابلیت نمایش محتوای میان‌کنش‌پذیر رایانه‌ها در وب، برتر از سایر زبان‌ها است. این زبان دارای سه زبان فرعی OWL Lite، OWL DL و OWL Full است که هر یک ویژگی‌های خاص خود را دارند و برای گروه خاصی از کاربران طراحی شده‌اند.

۳- کارهای گذشته

برای غلبه بر چالش‌های معنایی تعامل‌پذیری، اولین گزینه مطرح، استفاده از هستان‌شناسی‌ها می‌باشد. در این راستا، تلاش‌های مختلفی برای بهره‌مندی از هستان‌شناسی‌ها به منظور حل چالش‌های معنایی تعامل‌پذیری میان استانداردهای اطلاعاتی صورت پذیرفته است. در این بخش به مرور برخی از کارهای برجسته گذشته در این حوزه می‌پردازیم. در بیشتر این موارد سعی شده که استانداردهای مذکور، به قالب‌های رایج هستان‌شناسی‌ها مانند OWL و RDF تبدیل شده و سپس از هستان‌شناسی‌های توسعه داده شده در کاربردهای مورد نظر استفاده شده است.

در ادبیات این حوزه، گروهی از کارها، به لزوم استفاده از رویکردهای معنایی در کنار زبان‌های تعامل‌پذیری حرفه پرداخته‌اند. نویسندگان مقاله [۱۸]، برای غلبه بر چالش‌های مطرح، نمایی کلی از برخی ناحیه‌های پژوهشی هستان‌شناسی در سیستم‌های اطلاعاتی ارائه نمودند. همچنین در مقاله [۱۹]، به پیشرفته شدن مدل‌های اطلاعاتی به عنوان یکی از نیازمندی‌های اصلی



شکل (۲): تصویر کلان XBRL [۱۱]

۲-۲- هستان‌شناسی

افراد، برای برقراری ارتباط از زبان‌های طبیعی استفاده می‌نمایند. ابهام زبان‌های طبیعی، آن‌ها را برای ایجاد مدل‌های اطلاعاتی در علم رایانه نامناسب می‌کند. به همین دلیل برای ایجاد چنین مدل‌هایی، به زبان‌هایی صوری نیاز است که یک مجموعه محدود از علامت‌ها و قوانین و مجموعه‌ای نامحدودی از عبارات یا جملاتی را تولید می‌کنند [۱۲]. هستان‌شناسی، پایگاه دانش مفهومی بزرگی است که مفاهیم، روابط میان آن‌ها و اصول صریح عمومی و یا مختص دامنه‌ای خاص را نمایش می‌دهد [۱۳] [۱۴]. به بیان ساده‌تر، هستان‌شناسی عبارت است از مجموعه‌ای از حقایق موجود در دامنه مورد نیاز سامانه که برای رایانه، قابل فهم و فرآوری باشد. هستان‌شناسی روی جنبه‌هایی نظیر ارتباطات میان‌عاملی و تعامل‌پذیری تأکید می‌کند [۱۵].

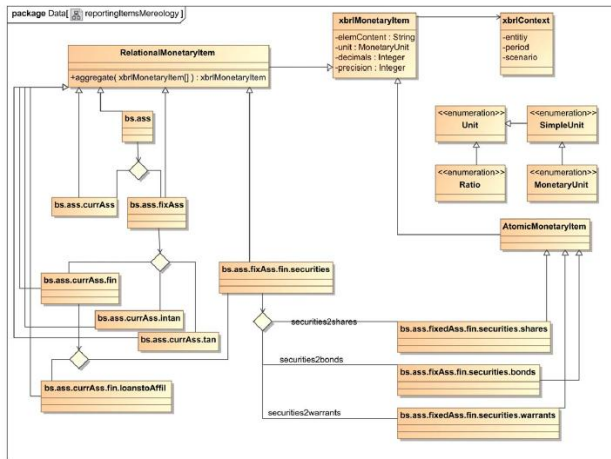
۲-۲-۱- انواع هستان‌شناسی

در علم رایانه، مفهوم «هستان‌شناسی» در صورت‌های مختلف بسیاری تفسیر می‌شود و ذات هستان‌شناسی‌ها می‌تواند در ابعاد مختلفی، نظیر درجه‌ی رسمی‌سازی، تعریف گردد. در [۱۶] پیشنهادی برای دسته‌بندی انواع هستان‌شناسی‌ها ارائه شده است. بر اساس این پیشنهاد، انواع مختلفی از هستان‌شناسی‌ها می‌توانند بر اساس سه مورد زیر، طبقه‌بندی شوند:

- هدف: محدوده‌ای از هستان‌شناسی‌های کاربردی تا هستان‌شناسی‌های مرجع را شامل می‌شود که اساساً برای کاهش ابهامات اصطلاح‌شناسی میان اعضای مختلف یک جامعه به کار برده می‌شود.
- ویژگی: سه دسته‌ی هستان‌شناسی‌های عمومی (سطح بالا)، کلیدی و دامنه‌ای را می‌توان از هم متمایز نمود. هستان‌شناسی‌های دامنه‌ای برای یک جهان گفتمان خاص هستند. در حالی که هستان‌شناسی‌های عمومی و کلیدی سطح بالاتری از کلیت را در بر می‌گیرند.
- بیان: بر اساس روشنی بیان و صراحت رسمی‌سازی استفاده شده در توسعه هستان‌شناسی، می‌توان هستان‌شناسی‌های سبک‌وزن و سنگین‌وزن را از یک‌دیگر تشخیص داد.

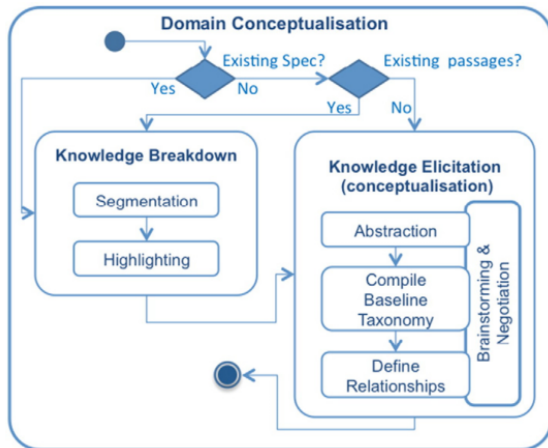
۲-۲-۲- زبان‌های هستان‌شناسی

به تازگی و با توجه به ظهور «وب معنایی»، چشم‌انداز هستان‌شناسی‌ها موجب جذب توجه زیادی شده است. همراه با این چشم‌انداز، فن‌آوری‌ها و ابزار جدیدی برای بازنمایی هستان‌شناسی، فرآوری ماشینی و به اشتراک‌گذاری



شکل (۳): نمونه‌ای از هستان‌شناسی ایجاد شده بر مبنای XBRL [۲۱]

در [۲۲]، متدولوژی OntoStand پیشنهاد شده است تا با مینا قرار دادن هستان‌شناسی‌ها به عنوان پایه ایجاد استانداردها، در راستای حل چالش‌های معنایی موثر واقع شود. فعالیت اصلی موردنظر در OntoStand استخراج دانش نهفته در یک استاندارد، استخراج مفاهیم و ارائه آن‌ها در قالب یک هستان‌شناسی است. در راستای ایجاد هستان‌شناسی از استانداردهای موجود، فرایندی به نام مفهومی‌سازی دامنه مانند شکل ۴ پیشنهاد شده است.



شکل (۴): فرآیند مفهومی‌سازی دامنه [۲۲]

پس از انجام تفکیک اقلام دانشی استانداردها، نوبت به استخراج دانش می‌رسد. در این فعالیت، پس از طی مرحله انتزاع، یک رده‌شناسی پایه ایجاد شده و روابط مربوط به آن تعریف می‌شوند. به این ترتیب، هستان‌شناسی بر پایه استاندارد مورد نظر ایجاد شده و پایه انجام کارها محسوب می‌شود. در واقع، هدف این تحقیق استفاده از هستان‌شناسی به عنوان ابزاری برای شفاف‌سازی روابط معانی میان مفاهیم است تا از این طریق اطلاعات شفاف و کاملی در اختیار توسعه‌دهندگان استاندارد قرار گیرد. اما در اینجا هیچ فرایند خودکاری برای استفاده از هستان‌شناسی در توسعه استانداردها پیشنهاد نشده و صرفاً نحوه توسعه هستان‌شناسی به عنوان روشی برای استخراج روابط معنایی مفاهیم مدنظر قرار گرفته است.

با توجه به این موضوع که کارهای انجام شده‌ی حاضر توجه مشخص و روشنی به موضوع گسترش‌پذیری رده‌شناسی‌ها، استانداردها و زبان‌ها در زمان

تحلیل داده‌های مدیریت حسابداری اشاره شده است. این پیشرفت باید به گونه‌ای باشد که تا داده‌های تولید شده توسط بخش‌های مختلف (هم داخل و هم خارج از سازمان) در قالب‌های مختلف و برای مقاصد گوناگون یکپارچه شود.

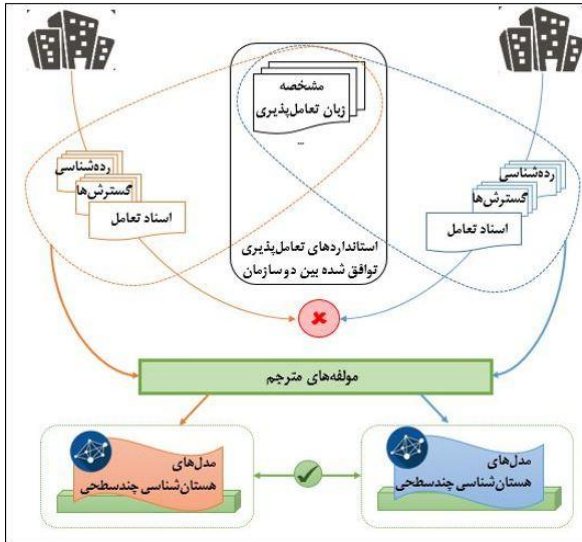
در این میان، گروهی دیگر از کارهای انجام گرفته، به مدل‌سازی‌های معنایی پرداخته‌اند. این مدل‌سازی‌ها با توجه به حوزه و محدوده کاری هر یک از آن‌ها، مختص دامنه‌ای مشخص می‌باشد. به عنوان نمونه، چارلز هافمن مبتکر XBRL با پیگیری روش‌های تبدیل XBRL به قالب‌هایی مانند OWL و RDF، دستیابی به یک هستان‌شناسی برای گزارشگری مالی را به عنوان هدف نهایی عنوان نموده است. وی با در نظر گرفتن اصول ثابت در تعریف صورت‌های مالی، اقدام به پیشنهاد تئوری گزارشگری مالی نموده و بر اساس آن، هستان‌شناسی گزارشگری مالی را پیشنهاد داده است [۲۰]. با وجود این که این هستان‌شناسی می‌تواند به عنوان یک هستان‌شناسی دامنه در راهکارهای مختلف ایفای نقش نماید؛ اما با توجه به وجود استانداردهای مختلف در زمینه گزارشگری مالی و توسعه استانداردهای مختلف در سطح منطقه‌ای و ملی، به نظر می‌رسد ایجاد مفاهیم ثابت برای همه گزارش‌ها که در برگیرنده کلیه استانداردها باشد، در عمل با کارایی بالا همراه نباشد.

با توجه به تفاوت‌های ذاتی موجود میان زبان‌های تعامل‌پذیری و حتی گسترش‌های موجود از آن‌ها، برخی از پژوهشگران به ارائه روشی مفهومی به منظور توسعه هستان‌شناسی‌ها و مدل‌های معنایی مبتنی بر زبان‌های تعامل‌پذیری پرداخته‌اند. در [۲۱] روشی برای مدل‌سازی گزارش‌گری حرفه در قالب هستان‌شناسی ارائه شده است. در گام اول برای این اقدام، چهار سطح متمایز در نظر گرفته شده است:

- سطح نمونه (M0)
- سطح مدل نمونه (M1)
- سطح زبان مدل‌سازی (M2)
- سطح تعریف زبان مدل‌سازی (M3)

برای تبدیل این سطوح به هستان‌شناسی، در تحقیق مذکور از مدل‌سازی UML برای نمایش فرامدل XBRL استفاده شده است. در این راستا با توجه به محدودیت حوزه XBRL (بنا بر نظر نویسنده)، لزوم ارائه مفاهیم مربوط به آن و گزارش‌گری حرفه در قالبی مشترک با پردازش تحلیلی برخط^{۱۳} (OLAP)، مطرح شده است. بنابراین، در این جا از فرامدلی با عنوان فراداده مشترک انبار داده^{۱۴} (CWM) برای مدل‌سازی XBRL استفاده شده است. در شکل ۳ نمونه‌ای از هستان‌شناسی ایجادشده توسط روش مذکور مشاهده می‌شود.

با رویکرد بالا به نظر می‌رسد، از آن‌جا که باید به ازای هر نوع داده، موجودیت جدیدی ایجاد شود و با توجه به امکان تعریف نامحدود انواع داده قابلیت گسترش مدل ارائه شده بسیار محدود است. در واقع، به نظر می‌رسد، نگاه توسعه‌دهندگان این مدل بر گزارش‌های مقادیر پولی بوده و هدف آن‌ها ارائه روشی جامع نبوده است.



شکل (۵): نمای کلی روش پیشنهادی

۴-۱- سطح بندی هستان شناسی های خروجی

زبان‌های گزارش‌گری حرفه و به طور مشخص، زبان XBRL، با ارائه و توضیح بایدها و نبایدها در قالب مشخصات اصلی زبان، بستری را جهت گسترش پذیری برای استفاده کنندگان آماده می‌کنند. با توجه به این نکته و برای حمایت از گسترش پذیری به صورتی که چالش‌های معنایی منتج از این گسترش‌ها، کم‌تر فرصت بروز پیدا کنند؛ در روش پیشنهادی، هستان شناسی‌ها در چند سطح ارائه می‌شوند. این سطوح عبارتند از:

۱. سطح مشخصه: این سطح، مفاهیم و روابطی را مدل می‌کند که رده‌شناسی‌ها، گسترش‌ها و اسناد نمونه زبان تعامل پذیری XBRL بر اساس آن‌ها شکل می‌گیرند. به بیان دیگر، در این سطح، امکاناتی که زبان XBRL برای توسعه و ایجاد رده‌شناسی‌ها، گسترش‌ها و اسناد نمونه در اختیار کاربران قرار می‌دهد، در قالب هستان شناسی بازنمایی می‌شود.
۲. سطح به‌روش‌ها: علاوه بر مشخصه‌های اصلی زبان‌ها، معمولاً برخی از توصیه‌ها یا به‌روش‌هایی که معیار توسعه مطلوب رده‌شناسی یا دیگر اسناد مبتنی بر هر زبان هستند، ارائه می‌شود. این سطح، این اطلاعات را شامل خواهد شد.
۳. سطح رده‌شناسی‌ها: ساختار فایل‌های XBRL شامل مجموعه فایل‌هایی می‌شود که به عنوان رده‌شناسی شناخته می‌شوند. تاکنون و بر اساس نیاز حوزه‌های مختلف حرفه، رده‌شناسی‌های استاندارد مختلفی ایجاد شده است که از آن جمله می‌توان به رده‌شناسی IFRS اشاره نمود. در این سطح از هستان شناسی کلی، به بازنمایی اطلاعات موجود در فایل‌های رده‌شناسی منتخب پرداخته می‌شود.
۴. سطح گسترش‌ها: در صورت وجود گسترش‌ها و تغییراتی که بر اساس نیاز، روی رده‌شناسی‌ها انجام می‌گیرد، گسترش‌های متفاوت از یک‌دیگری را پدید می‌آورد که این گسترش‌ها در این سطح، به هستان شناسی بازنمایی خواهند شد.
۵. سطح اسناد نمونه: نمونه‌های XBRL مبتنی بر یک رده‌شناسی ایجاد می‌شوند که این رده‌شناسی ممکن است گسترشی از یک

اجرا (و پس از نخستین مدل‌سازی معنایی) نداشته‌اند؛ در ادامه این مقاله، روشی معنایی و چندسطحی ارائه خواهد شد که علاوه بر رفع چالش‌های تعامل پذیری این زبان‌ها، بر موضوع گسترش پذیری این گونه زبان‌ها نیز تمرکز داشته باشد. روش پیشنهادی ما، در گروهی از کارهای انجام شده قبلی قرار خواهد گرفت که روشی مفهومی برای توسعه هستان شناسی‌های مبتنی بر زبان‌های تعامل پذیری ارائه می‌کنند. با این حال، تمایز این روش با سایر کارهای گذشته، این نکته می‌باشد که به منظور حفظ قابلیت گسترش پذیری این زبان‌ها و پشتیبانی برخط از آن‌ها، توسعه هستان شناسی‌ها در مسیری پویا و به صورت خودکار انجام می‌پذیرد.

۴- روش پیشنهادی

همان‌طور که توضیح داده شد، حتی با وجود استفاده از زبان‌های یکسان برای ارتباط میان شرکت‌های مختلف و یا گزارش‌دهی به سازمان‌های نظارتی، چالش‌هایی در زمینه تعامل پذیری باقی می‌ماند که عموماً از جنس معنایی می‌باشند. به بیان روشن‌تر، قابلیت گسترش پذیری این گونه زبان‌ها، به منظور پشتیبانی از دامنه‌ها و حوزه‌های مختلف در سراسر جهان، قابلیت کلیدی و پراهمیت است؛ اما همین گستردگی باعث بروز چالش‌هایی معنایی در زمینه تعامل پذیری می‌شود. از جمله این چالش‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱. وجود مفاهیم مشابه یک‌دیگر با نام‌های متفاوت از هم در رده‌شناسی‌ها و گسترش‌های گوناگون
 ۲. وجود ناسازگاری‌های نحوی در مورد نام‌گذاری‌های مشابه یک‌دیگر در رده‌شناسی‌ها و گسترش‌های مختلف
 ۳. عدم برقراری رابطه نظیر به نظیر میان مفاهیم مشترک در رده‌شناسی‌ها و گسترش‌های گوناگون
- با یک روش مبتنی بر رویکردهای معنایی و با استفاده از قابلیت‌هایی که هستان شناسی‌ها در اختیار قرار می‌دهند، غلبه بر این چالش‌ها امکان‌پذیر خواهد بود. از همین رو، پژوهش حاضر به پیشنهاد یک روش مفهومی کلان می‌پردازد. همان‌طور که در شکل ۵ نشان داده شده است، به منظور برقراری تعامل میان دو سازمان، فارغ از این‌که استانداردهای تعاملی میان این دو سازمان، تا چه سطحی مورد توافق قرار گرفته است، بروز ناسازگاری در رده‌شناسی‌ها و گسترش‌های مورد استفاده هر یک از این دو سازمان، همچنان محتمل است. روش پیشنهادی حاضر از یک سو، بر عدم تغییر شیوه استفاده کاربران نهایی تمرکز دارد و از سوی دیگر، سعی در کم‌رنگ کردن این چالش‌ها دارد. به همین منظور، روش پیشنهادی در قالب مولفه‌ای جدا طراحی شده است تا قابلیت استفاده در سناریوهای مختلف را دارا باشد.
- روش پیشنهادی، متشکل از چند مولفه ترجمه اطلاعات مبتنی بر زبان تعامل پذیری به هستان شناسی است. همچنین در این روش، سطوح مجزایی برای هستان شناسی‌های خروجی در نظر گرفته شده است. این سطح بندی، نقش بسیار موثری در تشخیص و غلبه بر ناسازگاری‌ها و چالش‌های معنایی، ایفا خواهد کرد. از این رو، روش پیشنهادی، از دو بخش کلی حائز اهمیت است که در ادامه به هر یک از آن‌ها پرداخته می‌شود. لازم به ذکر است که به منظور افزایش سادگی و کاربرد توضیحات، در این مقاله، زبان XBRL به عنوان نمونه‌ای از زبان‌های تعامل پذیری و گزارش‌گری حرفه در نظر گرفته شده است و روش پیشنهادی برای این زبان شرح داده خواهد شد.

۴-۲-۱- مجموعه مولفه‌های مترجم ایستا

مولفه‌های مترجم ایستا، شامل روش‌هایی ایستا برای ترجمه مشخصه‌ها، به‌روشنی‌ها و سایر اطلاعات ایستای زبان‌ها و استانداردهای تعامل‌پذیری هستند. در حقیقت از آن‌جا که باید‌ها و نباید‌ها، کاربردها و قابلیت‌های هر زبان تعامل‌پذیری، مجموعه‌ای ایستا می‌باشد و به شیوه استفاده کاربران بستگی ندارد، روش ترجمه آن‌ها به مدل‌های هستان‌شناسانه برای هر زبان، به صورت ایستا و یک بار انجام می‌گیرد و هستان‌شناسی مورد نظر توسعه داده می‌شود. هستان‌شناسی‌های خروجی از مولفه‌های مترجم ایستا، دو سطح مشخصه و به‌روشنی‌های زبان را تشکیل می‌دهند و به عنوان هستان‌شناسی پایه برای هستان‌شناسی‌های منتج از فرآیند ترجمه خودکار، ایفای نقش می‌کنند. به همین دلیل، برای این سطح، اهمیت ویژه‌ای قائل هستیم. در ابتدا با بررسی دقیق مشخصات XBRL، عناصر اصلی آن شناسایی و روابط و ویژگی‌های آن‌ها مشخص می‌گردد. تاثیر این عناصر بر سه قسمت اصلی هستان‌شناسی پایه (کلاس‌های هستان‌شناسی، ویژگی کلاس‌ها و روابط بین آن‌ها)، مشخص می‌شود. در ادامه، با استفاده از عناصر هستان‌شناسی تحت تاثیر استخراج شده، هستان‌شناسی پایه زبان XBRL را با استفاده از ابزار protégé توسعه می‌دهیم. بعد از توسعه هستان‌شناسی پایه زبان، به منظور تکمیل هستان‌شناسی کلی، نیازمند مولفه‌های مترجم خودکار خواهیم بود که در ادامه به توضیح آن‌ها خواهیم پرداخت.

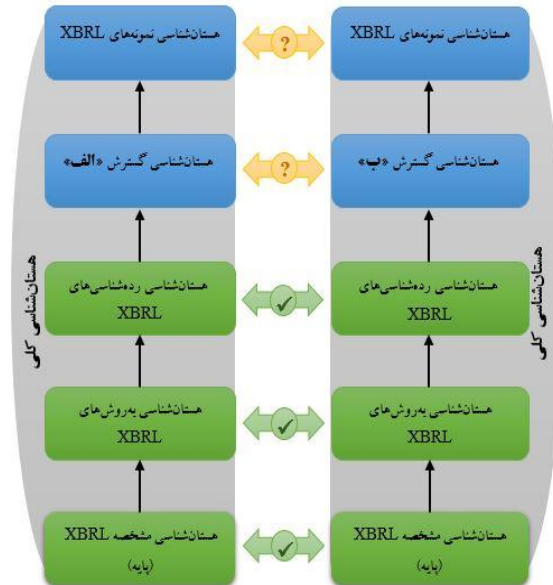
۴-۲-۲- مجموعه مولفه‌های مترجم خودکار

این گروه از مولفه‌های مترجم، شامل مولفه‌هایی می‌باشد که بر اساس روشی خودکار، به توسعه مدل‌های هستان‌شناسانه خاص هر سناریو می‌پردازند. پویایی و خودکار بودن این روش‌ها، قابلیت استفاده‌پذیری روش پیشنهادی را در سناریوهای واقعی افزایش می‌دهد. در واقع، به جای این‌که مدل‌های هستان‌شناسی را برای حوزه خاصی از نیازمندی‌ها توسعه دهیم، برای حفظ قابلیت گسترش‌پذیری در عین توجه به چالش‌های معنایی، روش‌های ترجمه خودکاری ارائه نمودیم. به بیان شفاف‌تر، در روش پیشنهادی، با معرفی روش‌های خودکار برای ایجاد هستان‌شناسی‌ها، تغییرات و گسترش‌هایی که پس از اولین بازنامی به وجود می‌آید، در سطوح هستان‌شناسی اعمال می‌شود و بازنامی معنایی مربوط به اسناد مبتنی بر زبان تعامل‌پذیری در هر لحظه، مطابق با آخرین تغییراتی است که کاربران در اسناد مورد استفاده‌ی خود ایجاد کرده‌اند. بدین ترتیب، کاربران و متخصصان حرفه که دانش فنی لازم در حوزه معنایی را دارا نیستند، تغییراتی در شیوه کاربری خود احساس نمی‌کنند.

در این مقاله و به منظور افزایش پویایی و استفاده‌پذیری مولفه‌های مترجم خودکار، عمل ترجمه در قالب عمل‌های اصلی تعریف خواهند شد. این عمل‌های اصلی، شامل تعریف کلاس‌های هستان‌شناسی، تعریف ویژگی‌های هر کلاس و تعریف روابط بین آن‌ها می‌باشد. این رویکرد، امکان توسعه روش ترجمه خودکار مختص هر نسخه دلخواه از هستان‌شناسی پایه را فراهم خواهد کرد. در حقیقت، با هر بار توسعه هستان‌شناسی پایه، روش مترجم خودکار نیز باید توسعه داده شود. منظور از توسعه روش مترجم خودکار، مشخص کردن توالی مورد نیاز از عمل‌های اصلی معرفی شده برای هر یک از انواع اسناد رده‌شناسی‌ها، گسترش‌های مرتبط با آن‌ها و اسناد نمونه می‌باشد. به عنوان مثال، ترجمه فایل شمای یک رده‌شناسی XBRL، نیازمند ترجمه برچسب‌های Element خواهد بود. به منظور ترجمه هر یک از برچسب‌های

رده‌شناسی دیگر باشد. در ایجاد این نمونه‌ها شرایط مختلف محیطی و شرکت‌های گزارش‌گر در نظر گرفته می‌شود. به منظور بازنمایی اطلاعات اسناد نمونه و تکمیل هستان‌شناسی کلی، این سطح معرفی می‌شود.

هستان‌شناسی توسعه داده شده در هر سطح، به عنوان بستری برای سطح بالاتر خود ایفای نقش می‌کند و در حقیقت، هستان‌شناسی‌های سطح بالاتر در تکمیل هستان‌شناسی‌های سطح پایین‌تر، توسعه داده می‌شوند. نهایتاً، مجموعه هستان‌شناسی‌های ارائه شده در همه سطوح، به بازنمایی معنایی اسناد مبتنی بر زبان XBRL می‌پردازند و یک هستان‌شناسی کلی واحد را تشکیل می‌دهند.



شکل (۶): مثالی از کاربرد توسعه چندسطحی هستان‌شناسی‌ها

این بازنمایی معنایی چندسطحی، نقش عمده‌ای در رصد کردن تغییرات و گسترش‌های ایجاد شده ایفا می‌کند. به عنوان مثال (شکل ۶)، دو گسترش «الف» و «ب» را در نظر می‌گیریم که روی رده‌شناسی یکسانی ایجاد شده‌اند. در این مثال، هستان‌شناسی‌های ایجاد شده تا سطح رده‌شناسی‌های XBRL مشابه یکدیگر می‌باشند و تفاوت هستان‌شناسی کلی این دو گسترش را می‌توان در سطوح بعدی جستجو نمود. به بیان دیگر، از آن‌جا که غلبه بر چالش‌های معنایی، ممکن است به مقایسه‌ها و نگاشت‌های نظیر به نظیری نیاز داشته باشد؛ سطح‌بندی هستان‌شناسی‌های ایجاد شده، با تجمیع موارد مشابه که تغییرات گسترش‌های مختلف با آن‌ها در ارتباط نیستند؛ دامنه این مقایسه‌ها و نگاشت‌های نظیر به نظیر را کاهش می‌دهد. در ادامه، به معرفی هر یک از این سطوح پرداخته می‌شود.

۴-۲-۳- مجموعه مولفه‌های مترجم

برای ترجمه اطلاعات مبتنی بر زبان‌های تعامل‌پذیری به هستان‌شناسی‌ها، نیازمند روشی مشخص خواهیم بود تا خروجی‌های به دست آمده، در قالبی یکپارچه قابل استفاده باشند. این مولفه‌ها، از منظر ایستایی یا خودکار بودن توسعه هستان‌شناسی به دو گروه اصلی تقسیم می‌شوند که در ادامه به بررسی هر یک از آن‌ها خواهیم پرداخت.



- [9] Linthicum, D.S., *Next generation application integration: from simple information to Web services*. 2003: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc.
- [10] Hoffman, C., *Financial Reporting Using XBRL, IFRS and US GAAP Edition*. 2006: UBMMatrix.
- [11] Heiden, J.v.d., *XBRL in Plain English*. 2007: Batavia-XBRL.
- [12] Ding, L., et al., *Using ontologies in the semantic web: A survey*, in *Ontologies*. 2007, Springer. p. 79-113.
- [13] Suchanek, F.M., G. Kasneci, and G. Weikum. *Yago: a core of semantic knowledge*. in *Proceedings of the 16th international conference on World Wide Web*. 2007. ACM.
- [14] Patel, G.A. and N. Madia, *A Survey: Ontology Based Information Retrieval For Sentiment Analysis*. 2016.
- [15] Uschold, M. and M. Gruninger, *Ontologies: Principles, methods and applications*. The knowledge engineering review, 1996. **11**(02): p. 93-136.
- [16] Oberle, D., *Semantic management of middleware*. Vol. 1. 2006: Springer Science & Business Media.
- [17] Kalibatiene, D. and O. Vasilecas. *Survey on ontology languages*. in *International Conference on Business Informatics Research*. 2011. Springer.
- [18] Guan, J., A.S. Levitan, and J.R. Kuhn, *How AIS can progress along with ontology research in IS*. International Journal of Accounting Information Systems, 2013. **14**(1): p. 21-38.
- [19] Livieri, B., M. Zappatore, and M. Bochicchio. *Towards an XBRL Ontology Extension for Management Accounting*. in *International Conference on Conceptual Modeling*. 2014. Springer.
- [20] Hoffman, C. and R.v. Egmond, *Financial Report Semantics and Dynamics Theory*. 2015.
- [21] Spies, M., *An ontology modelling perspective on business reporting*. Information Systems, 2010. **35**(4): p. 404-416.
- [22] Heravi, B.R., M. Lycett, and S. de Cesare, *Ontology-based standards development: Application of OntoStand to ebXML business process specification schema*. International Journal of Accounting Information Systems, 2014. **15**(3): p. 275-297.

Element, باید دو عمل اصلی انجام پذیرد. اول، مابه‌ازای عنصر معرفی شده، یک کلاس هستان‌شناسی تعریف خواهد شد. دوم، مابه‌ازای ویژگی‌های عنصر معرفی شده، ویژگی‌های کلاس تعریف و مقداردهی می‌شوند.

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله، چالش‌های معنایی پیش‌روی زبان‌ها و استانداردهای تعامل‌پذیری اطلاعات تشریح گردید. پس از بررسی کارهای انجام گرفته در این حوزه، با مد نظر قرار دادن رویکردهای معنایی به عنوان فن‌آوری‌هایی به‌روز که توانایی مواجهه با چالش‌های معنایی را دارند، روشی جدید برای غلبه بر چالش‌های مذکور پیشنهاد نمودیم. وجه تمایز و نوآوری این روش، به نسبت کارهای گذشته، توجه و تمرکز به قابلیت گسترش‌پذیری زبان‌های تعامل‌پذیری و توسعه مدل‌های معنایی با استفاده از روشی خودکار می‌باشد که استفاده برخط از آن، نیاز کاربران غیرمتخصص را پاسخ‌گو خواهد بود. مدل‌های معنایی و هستان‌شناسی‌های توسعه داده شده با استفاده از روش حاضر، کاربردهای گسترده‌ای خواهند داشت. برای نمونه، می‌توان به کشف ناسازگاری‌های محتمل در گسترش‌های متفاوت از یک رده‌شناسی مشخص اشاره نمود. در حقیقت با استفاده از روش‌های معمول نگاشت هستان‌شناسی، می‌توان ناسازگاری‌های ممکن میان دو یا چند هستان‌شناسی توسعه داده شده را به صورت خودکار کشف نمود و در مسیری پویا، ارتباطی نظیر به نظیر برای استفاده‌کنندگان نهایی ایجاد نمود.

سپاسگزاری

این پژوهش، با استفاده از تجربیات و راهنمایی‌های ارزشمند جناب آقای دکتر اسلام ناظمی و همچنین همکاری اعضای گروه تحقیقاتی خودتطبیق دانشگاه شهید بهشتی انجام گرفته است که به این منظور، از زحمات ایشان سپاسگزاری می‌شود.

پانویس‌ها

- ¹ eXtensible Markup Language
² Enterprise Interoperability Framework
³ World Wide Web Consortium
⁴ Element
⁵ Tag
⁶ Schema
⁷ Electronic Business XML
⁸ eXtensible Business Reporting Language
⁹ Taxonomy
¹⁰ Instance
¹¹ Resource Description Framework
¹² Web Ontology Language
¹³ Online Analytical Processing
¹⁴ Common Warehouse Metamodel

مراجع

- [1] World Wide Web Consortium (W3C), *Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Fifth Edition)*. 2008.
- [2] KABAK, Y., *SEMANTIC INTEROPERABILITY OF THE UN/CEFACT CCTS BASED ELECTRONIC BUSINESS DOCUMENT STANDARDS*. 2009.
- [3] Ford, T.C., *Interoperability measurement*. 2008, AIR FORCE INST OF TECH WRIGHT-PATTERSON AFB OH GRADUATE SCHOOL OF ENGINEERING AND MANAGEMENT.
- [4] Breitfelder, K. and D. Messina, *IEEE 100: the authoritative dictionary of IEEE standards terms*. Standards Information Network IEEE Press. v879, 2000.
- [5] Radatz, J., A. Geraci, and F. Katki, *IEEE standard glossary of software engineering terminology*. IEEE Std, 1990. **610121990**(121990): p. 3.
- [6] Chen, D. *Enterprise Interoperability Framework*. in *EMOI-INTEROP*. 2006.
- [7] Chen, D., G. Doumeings, and F. Vernadat, *Architectures for enterprise integration and interoperability: Past, present and future*. Computers in industry, 2008. **59**(7): p. 647-659.
- [8] Berre, A.J., et al., *The ATHENA interoperability framework*, in *Enterprise Interoperability II*. 2007, Springer. p. 569-580.