

## به کارگیری فناوری‌های وب‌معنایی در حوزه تلفیق داده

حوا علیزاده نوقایی<sup>۱</sup>، محسن کاهانی<sup>۲</sup>، علیرضا شکیبامنش<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۹۴/۷/۲۶

تاریخ پذیرش: ۹۵/۲/۱۵

### چکیده

در حوزه‌هایی که اطلاعات زیادی وجود دارد و تصمیم‌گیری‌های ضعیف باعث پیامدهای جدی می‌شود، مسئله داده‌آمیزی بسیار حیاتی است. به‌طور کلی داده‌آمیزی اطلاعات چندین منبع را یکپارچه می‌کند و این عمل به‌منظور فراهم آوردن داده‌های مشخص و قابل درک درباره موجودیت‌ها و روابط بین آنها انجام می‌شود و در نهایت، منجر به استخراج دانش جدید نیز خواهد شد. یکی از رایج‌ترین مدل‌های داده‌آمیزی، مدل JDL است. امروزه یک روند رو به رشد از فناوری‌های وب‌معنایی در حال شکل‌گیری است و در زمینه‌های مختلفی از آنها برای رفع مشکلات معنایی استفاده می‌شود. در این تحقیق استفاده از فناوری‌های وب‌معنایی برای رفع چالش معنایی مدل داده‌آمیزی JDL استفاده شده است. در این مقاله با افزودن معنا، گنجاندن آنتولوژی، به‌کارگیری استنتاج‌گر معنایی و سایر فناوری‌های وب‌معنایی به مدل JDL یک ساختار داده‌آمیزی معنایی ارائه می‌شود. برای پیاده‌سازی ساختار پیشنهادی از کتابخانه متن‌باز Jena و زبان جاوا استفاده شد و برای طراحی آنتولوژی‌ها و همچنین قوانین لازم برای استنتاج‌گر از دانش افراد خبره در حوزه نظامی، کمک گرفته شد. آنگاه با طراحی سناریوهای نظامی مختلف، کارایی و قابلیت عملکرد ساختار ارائه شده مورد بررسی قرار گرفت.

**واژگان کلیدی:** آنتولوژی، استنتاج معنایی، داده‌آمیزی، کتابخانه Jena، مدل JDL، وب‌معنایی.

۱. عضو هیئت‌علمی مجتمع آموزش عالی گناباد - h.alizadeh@gonabad.ac.ir

۲. عضو هیئت‌علمی دانشگاه فردوسی مشهد - kahani@um.ac.ir

۳. کارشناس ارشد کامپیوتر سازمان صنایع دریایی گروه الکترونیک و تسلیحات - alirezashakiba@gmail.com

## ۱. کلیات

## ۱-۱. بیان مسئله

در حوزه‌هایی که اطلاعات زیادی وجود دارد و تصمیم‌گیری‌های ضعیف باعث پیامدهای جدی می‌شود، مسئله داده‌آمیزی بسیار حیاتی بوده و نیاز است که داده‌های فراوان از منابع مختلف به شکل مناسب گردآوری و با یکدیگر ترکیب شوند. کاربردهای گسترده داده‌آمیزی در حوزه‌های مختلف (شبکه‌های حسگری، کاربردهای نظامی، پزشکی، هواشناسی، رباتیک، مدیریت بحران و...) باعث شده که به عنوان موضوع مهمی به آن پرداخته شود. از چالش‌های اصلی موجود در سامانه‌های داده‌آمیزی، چالش معنایی است؛ در حقیقت برای حل چالش معنایی باید به مفهوم‌سازی حوزه موردنظر پرداخت و بیانی صریح و رسمی از مفاهیم و ویژگی‌های آنها ارائه نمود تا فهم مشترکی از یک زمینه به دست آید.

افزون بر آن، در سامانه‌های داده‌آمیزی سه تداخل عمده «تداخل‌های گیج‌کننده»<sup>۱</sup> (هنگامی که اطلاعات مانند یکدیگر به نظر می‌رسند اما واقعا این‌طور نیست)، «تداخل‌های مقیاسی»<sup>۲</sup> (در اندازه‌گیری مقادیر پیش برای مثال تفاوت در واحد پول در کشورهای مختلف) و «تداخل‌های نام‌گذاری»<sup>۳</sup> (تداخل‌هایی که از نام‌گذاری‌ها ناشی می‌شوند مانند مترادف‌ها) وجود دارد (Cheng, 1997). این تحقیق تلاش دارد برای رفع چالش‌های موجود در داده‌آمیزی با افزودن معنا و گنجاندن آنتولوژی و استفاده از فناوری‌های وب معنایی در مدل JDL، آن را به یک مدل معنایی گسترش دهد.

## ۱-۲. اهمیت و ضرورت موضوع تحقیق

بسیاری از حوزه‌ها مانند حوزه‌های نظامی، مدیریت بحران و ... با موضوع داده‌آمیزی روبه‌رو هستند که برای گرفتن تصمیم‌های درست و به‌موقع، نیاز به داده‌آمیزی درست دارند.

در مقاله‌های گوناگون، تعاریف متفاوتی از داده‌آمیزی ارائه شده است. در تعریفی کلی می‌توان گفت: داده‌آمیزی عبارت است از استفاده از روش‌هایی که داده‌های منابع مختلف را گردآوری و ترکیب کند تا بتواند عمل استنتاج را به گونه‌ای انجام دهد که نتیجه به دست آمده، بسیار مؤثرتر از نتیجه به دست آمده از یک منبع باشد؛ در واقع داده‌آمیزی اطلاعات چندین منبع را یکپارچه می‌کند و این عمل به منظور فراهم آوردن داده‌های مشخص و قابل درک درباره موجودیت‌ها و روابط بین آنها انجام می‌شود و در نهایت، منجر به استخراج دانش جدید نیز خواهد شد (White, 1987)(Hall, 1997).

کاربردهای گسترده داده‌آمیزی در حوزه‌های مختلف باعث شده است که تاکنون مدل‌ها و معماری‌های بسیاری برای داده‌آمیزی ارائه شود. مدل‌ها چارچوب مرجعی را برای توصیف، درک و تشخیص انواع مسائل مربوط به داده‌آمیزی فراهم می‌کنند. این مدل‌ها را در سه دسته کلی «مدل‌های مبتنی بر اطلاعات، مدل‌های مبتنی بر فعالیت، مدل‌های مبتنی بر نقش» می‌توان طبقه‌بندی نمود (Nakamura, 2007).

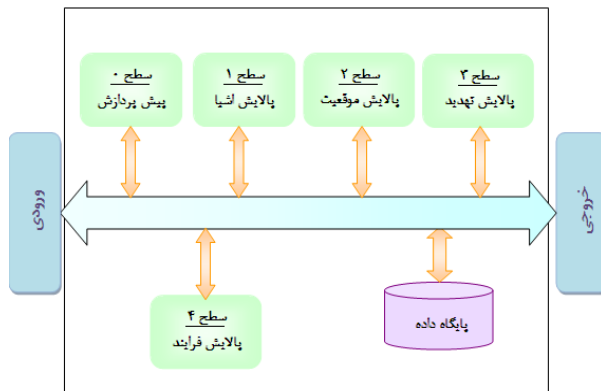
مدل‌های مبتنی بر اطلاعات به داده‌های تولیدشده در طول فرایند داده‌آمیزی، متمرکز می‌شوند. از جمله مدل‌های رایج مبتنی بر اطلاعات، می‌توان به مدل معروف JDL و مدل DFD اشاره کرد (Dasarathy, 1997). تمرکز مدل‌های

۱. Confounding Conflict

۲. Scaling Conflict

۳. Naming Conflict

شکل شماره ۱. مدل داده‌آمیزی JDL



این مدل دارای سطوح مختلفی است. سطح ۰ در رابطه با پردازش‌های اولیه (پردازش پیکسل، سیگنال، ثبت زمان و مکان) است. سطح ۱ در رابطه با پالایش اشیا و صفات آنها در نظر گرفته شد. سطح ۲ با استفاده از روابط بین اشیا، تفسیری از موقعیت را به دست می‌آورد. سطح ۳ تهدیدها و آسیب‌پذیری‌ها را شناسایی می‌کند. سطح ۴ تا حدی متفاوت با سایر سطوح بوده و مبتنی بر عملکرد است. نظارت بر کارایی سامانه و تخصیص منابع بر اساس هدف تعیین‌شده در این سطح انجام می‌شود.

در سال‌های مختلف مدل JDL بسیار مورد توجه محققان قرار گرفته است. در این بخش ابتدا یک دسته‌بندی برای کارهای مبتنی بر JDL ارائه می‌شود و سپس هر دسته با نمونه‌هایی توضیح داده می‌شود. دسته‌بندی پیشنهادی در شکل شماره ۲ آورده شده است.

شکل شماره ۲. کارهای مبتنی بر مدل JDL

مبتنی بر فعالیت، به گام‌ها و فعالیت‌هایی است که برای فرایند داده‌آمیزی باید انجام شود. از جمله مدل‌های مبتنی بر فعالیت، مدل‌های Boyd Control Loop (Boyd, 1987) و مدل Omnibus (Bedworth, 2000) را می‌توان نام برد. مدل‌های مبتنی بر نقش به چگونگی طراحی و مدل کردن داده‌آمیزی توجه می‌کنند و نقش‌های لازم را در نظر گرفته و ارتباطات آن‌ها را نیز مدل می‌کنند. از مدل‌های رایج مبتنی بر نقش می‌توان Frankel-Bedworth Architecture و Object Oriented Model را برشمرد (Nakamura, 2007).

برای انجام داده‌آمیزی باید مدلی مناسب را انتخاب و به کار گرفت. از مدل‌های رایج به‌ویژه در حوزه‌های نظامی مدل JDL است که کاربردهای گسترده آن، باعث شده تاکنون تغییراتی برای بهبود این مدل پایه ارائه شود. این مقاله به دنبال رفع چالش‌های معنایی این مدل با کمک گنجاندن فناوری‌های وب معنایی در آن است.

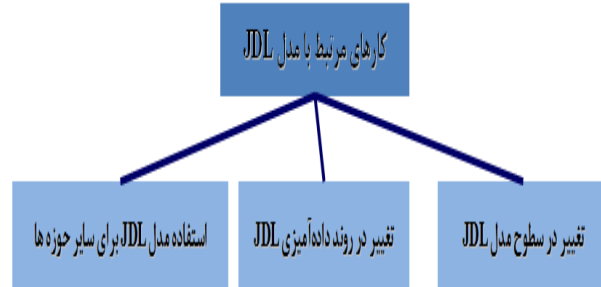
### ۱-۳-۱. پیشینه تحقیق

در ادامه ابتدا به مدل JDL و تحقیق‌های پیشین انجام‌شده روی این مدل پرداخته می‌شود و در بخش دوم، تحقیق‌های پیشین مربوط به داده‌آمیزی معنایی مورد بررسی قرار می‌گیرند.

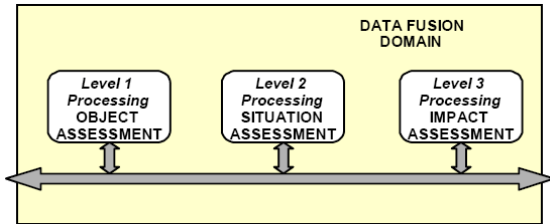
### ۱-۳-۱-۱. مدل JDL و کارهای مرتبط پیشین

همان‌گونه که گفته شد از رایج‌ترین مدل‌های داده‌آمیزی، مدل JDL است که در شکل شماره ۱ آورده شده است.

ادغام شدند و سطح ۴ نیز به صورت ضمنی در تمام سطوح قرار می‌گرفت (Lambert, 2001)(Lambert, 2003). نتیجه این ادغام‌ها یک مدل ۳ سطحی شد که در شکل شماره ۴ آمده است.



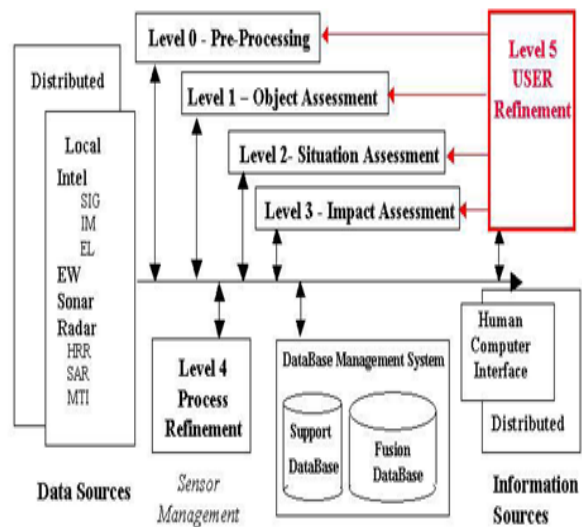
شکل شماره ۴. مدل  $\lambda$ -JDL (Lambert, 2003)



در دسته دوم کارهای مبتنی بر JDL روند داده‌آمیزی این مدل به دقت مورد بررسی قرار می‌گیرد و جهت بهبود این روند از جهات مختلف، راه‌حل‌هایی پیشنهاد می‌کنند؛ برای مثال در یک بازبینی، همزادی<sup>۲</sup> مدیریت منابع<sup>۳</sup> و داده‌آمیزی مطرح می‌شود و متناظر با هر سطح مدل JDL یک مورد مدیریت منابع در نظر گرفته می‌شود، متناظر با سطح صفر مدیریت سیگنال، سطح ۱ مدیریت منابع، سطح ۲ مدیریت روابط و سطح ۳ مدیریت مأموریت تعریف می‌شود و از این رو وظیفه مدیریت منابع که تاکنون فقط در سطح ۴ بود، در همه سطوحها انتشار می‌یابد (Steinberg, 2004). در یک بررسی مجدد دیگر به مواردی مانند کیفیت سرویس، قابلیت اعتماد و سازگاری را در ارتباط با داده‌آمیزی پرداخته شد و همچنین روند مدل برای داده‌آمیزی توزیع‌شده توضیح داده شده است (Llinas, 2004).

دسته اول شامل کارهایی است که در «سطوح» مدل JDL تغییرات ایجاد می‌کنند؛ برای مثال سطوح موجود در مدل پایه را با یکدیگر ترکیب می‌کنند یا سطح جدیدی را به مدل اضافه می‌کنند. از جمله کارهایی که در این دسته قرار می‌گیرد، افزودن سطح پنجمی به این مدل با نام «پالایش کاربر» است که نقش کاربر را در مدل پُررنگ نمود (Blasch, 2002)(Blasch, 2003)(Blasch, 2008). شکل شماره ۳ جایگاه سطح پنجم را در مدل پایه نشان می‌دهد.

شکل شماره ۳. مدل JDL دارای سطح پنجم یا سطح کاربر (Blasch, 2002)



از دیگر کارهایی که در رابطه با تغییر سطوح انجام شد، ارائه مدلی با نام " $\lambda$ -JDL" بود که در آن سطح ۰ و ۱

۲. Duality

۳. Resource Management

۱. User Refinement

آسان تر می‌کند. لغت ابرداده به «داده‌هایی درباره داده‌ها» گفته می‌شود. ابرداده بخش معنای داده‌ها را در خود دارد، کلمه معنای در وب معنایی از اینجا ناشی شده است.

(۲) آنتولوژی: واژه آنتولوژی از فلسفه سرچشمه گرفته است. به‌طور کلی، آنتولوژی حوزه‌ای از سخن را به‌طور رسمی توصیف می‌کند و فهم مشترکی از یک زمینه ارائه می‌دهد. آنتولوژی شامل یک فهرست محدود از اصطلاحات و روابط بین آنهاست. این اصطلاحات، مفاهیم مهم (کلاس‌هایی از اشیا) را در یک دامنه، مشخص می‌کند. در حال حاضر مهم‌ترین زبان‌های هستی‌شناسی به شرح زیر می‌باشند:

(۱-۲) RDF یک مدل‌داده‌ای برای اشیا (منابع) و روابط بین آنهاست. این مدل‌داده به‌وسیله XML Syntax نمایش داده می‌شود.

(۲-۲) RDF Schema یک زبان توصیف لغوی برای تشریح ویژگی‌ها و کلاس‌های منابع RDF، همراه با مفاهیمی برای عمومی‌سازی سلسله‌مراتب آن ویژگی‌ها و کلاس‌ها است. SPARQL<sup>۳</sup> زبان پرس‌وجو برای RDF و RDFS به شمار می‌آید.

(۳-۲) OWL<sup>۴</sup> یک زبان توصیف لغوی قوی‌تر برای تشریح ویژگی‌ها و کلاس‌ها است.

(۳) منطق: زمینه علمی است که در مورد اصول اولیه استدلال مطالعه می‌کند. منطق، یک زبان رسمی برای توصیف دانش را ارائه می‌دهد و یک استدلال‌گر خودکار می‌تواند نتایج را از دانش داده‌شده استنباط کند. این استدلال شامل اطلاعاتی است که بر اساس آنتولوژی می‌باشند. منطق می‌تواند برای دانشی استفاده شود که

در کارهایی که در دسته سوم قرار می‌گیرند، به این موضوع پرداخته می‌شود که نگاهت مناسبی بین مدل JDL و حوزه تخصصی دیگری انجام شود و با تطبیق مناسب، از این مدل در حوزه‌های دیگر بهره ببرند. یکی از کارهای مرتبط با این دسته، به‌کارگیری مدل JDL در حوزه امنیت سایبر است، که تعریف هر سطح و ورودی و خروجی سطوح مختلف مدل پایه تغییر می‌کند و روند داده‌آمیزی به‌گونه‌ای نگاهت داده می‌شود که به تشخیص حمله‌های امنیتی منتهی شود (Giacobe, 2010).

از دیگر مواردی که در دسته سوم قرار می‌گیرند، کاری است که مدل JDL را با انجام نگاهت مناسب برای حوزه بیوانفورماتیک به‌کار گرفت (Synnergren, 2007) و یا کار دیگر که از JDL به‌عنوان مدل پایه برای ساخت مجازی<sup>۱</sup> استفاده کرد (DeVin, 2010).

۲-۳-۱. وب معنایی و کارهای داده‌آمیزی معنایی پیشین  
وب معنایی، یک ابتکار با هدف بهبود وضعیت کنونی شبکه جهانی وب و رفع مشکل‌های آن است که ایده اصلی آن، استفاده از اطلاعات قابل‌پردازش توسط ماشین است. امروزه یک روند رو به رشد از فناوری‌های وب معنایی در حال شکل‌گیری است که در زمینه‌های مختلفی از جمله مدیریت دانش، یکپارچه‌سازی داده‌ها و همگرایی با شبکه معنایی بکار گرفته می‌شود.

فناوری‌های کلیدی وب معنایی ابرداده صریح، آنتولوژی، منطق و استدلال هستند (Antoniou, 2008).

(۱) ابرداده صریح: وب معنایی پیشنهاد می‌کند که افزون بر داده‌های اصلی، داده‌هایی در مورد محتوا نیز ذخیره شود. این کار به‌مراتب پردازش توسط دستگاه‌ها را

۲. Resource Description Format

۳. SPARQL Protocol and RDF Query Language

۴. Web Ontology Language

۱. Virtual Manufacturing

موردنظر کمک گرفته‌اند؛ چراکه نقش آنتولوژی‌ها در داده‌آمیزی عبارت‌اند از (Cruz, 2005):

(۱) بیان ابرداده<sup>۱</sup>: برای هر داده، ابرداده‌ای صریح با توجه به شمای تعریف‌شده، وجود دارد که بنابراین، همگونی در نحو را به دنبال خواهد داشت.

(۲) مفهوم‌سازی سراسری<sup>۲</sup>: دید<sup>۳</sup> مفهومی از طریق آنتولوژی سراسری در سامانه داده‌آمیزی ایجاد می‌شود و ناهمگونی ساختاری را برطرف می‌کند.

(۳) حمایت از پرس‌وجوهای سطح بالا<sup>۴</sup>: آنتولوژی سراسری، دید سطح بالایی از منابع ایجاد می‌کند؛ بنابراین بدون داشتن دانش خاص از منابع گوناگون، پرس‌وجو فرمول‌بندی می‌شود و سپس برای منابع متفاوت، با توجه به نگاشت آنتولوژی سراسری و آنتولوژی‌های محلی بازنویسی می‌شود.

(۴) حمایت از نگاشت<sup>۵</sup>: مجموعه لغات مشترک می‌توانند به شکل یک آنتولوژی فرمول شوند و باعث سهولت در خودکارسازی فرایند نگاشت شوند.

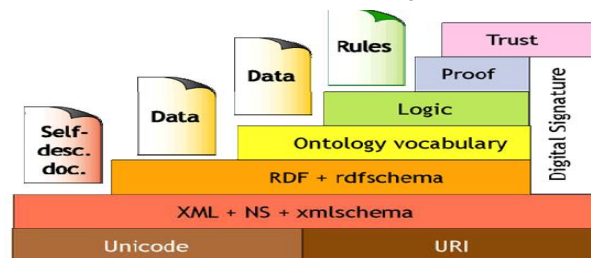
پس از شناخت درست حوزه مدنظر و طراحی آنتولوژی‌ها، به سه طریق می‌توان آنتولوژی‌ها را در سامانه داده‌آمیزی به‌کار برد (Gagnon, 2007)(Wache, 2001):

(۱) روش آنتولوژی مجرد<sup>۶</sup>: در این روش تنها یک آنتولوژی سراسری برای تمامی منابع داده وجود دارد، یک نمونه از سامانه‌هایی که بر این مبنا وجود دارد، SIMS

به‌طور ضمنی در آنتولوژی آمده است. انجام این کار، همچنین می‌تواند به کشف روابط غیرمنتظره و تناقض‌ها کمک کند.

مروری کلی بر لایه‌های مختلف وب معنایی، که در شکل شماره ۵ نشان داده شده بیانگر آن است که RDF که زبان پایه استفاده‌شده در وب معنایی است بر پایه XML بنا نهاده شده‌اند. XML خود نیز مبتنی بر Unicode و URI است؛ بنابراین از زبان‌های مختلف پشتیبانی می‌کند. از URI نیز برای مشخص کردن مفاهیم در وب معنایی استفاده می‌شود؛ برای مثال URL نوعی URI است که برای مشخص کردن منابع در وب استفاده می‌شود. قسمت اصلی وب معنایی، آنتولوژی‌ها هستند که ارتباط بین برجسب‌های اسناد وب معنایی و اشیا واقعی را برقرار می‌کند و اسناد یادشده آنها را تشریح می‌کنند. در بالای آنتولوژی قواعد قرار دارد که با استفاده از آنها می‌توان دانش جدیدی را از دانش موجود نتیجه گرفت. اگر چارچوبی استاندارد برای قواعد موجود به وجود آید، می‌توان به اثبات رسید و اثبات‌های به‌دست‌آمده را در کاربردهای مختلف به اشتراک گذاشت. از هدف‌های وب معنایی رسیدن به اعتماد است که در بالاترین لایه قرار دارد.

شکل شماره ۵. لایه‌های وب معنایی



بیشتر کارهای پیشین که با عنوان داده‌آمیزی معنایی ارائه شده، از آنتولوژی برای یکپارچگی بیان مفاهیم حوزه

۱. Metadata Representation
۲. Global Conceptualization
۳. View
۴. Support for High-level Queries
۵. Mapping Support
۶. Single Ontology Approach

در ادامه به برخی از این کارها که در سال‌های اخیر منتشر شده، اشاره می‌گردد. در سال ۲۰۰۲ آنتولوژی‌ها برای داده‌آمیزی در سامانه‌های توزیع‌شده غیریکنواخت بکار گرفته شد (Kazakov, 2002). در سال ۲۰۰۵ نقش آنتولوژی در یکپارچگی داده مورد بررسی قرار گرفت (Cruz, 2005). در سال ۲۰۰۵ SASW<sup>۳</sup> به‌عنوان دستیار برای ارزیابی موقعیت و داده‌آمیزی در سطوح بالا ارائه شد (Matheus, 2005). در سال ۲۰۰۷ آنتولوژی‌ها در محیطی سرویس‌گرا جهت بهبود قابلیت تعامل در سامانه‌های شبکه‌محور پیشنهاد شد (Laskey, 2007). معماری معنایی سه‌لایه برای داده‌آمیزی داده‌های حسگرها در سال ۲۰۰۸ پیشنهاد شد (Zafeiropoulos, 2008).

#### ۱-۴. پرسش تحقیق

امروزه یک روند رو به رشد از فناوری‌های وب معنایی در حال شکل‌گیری است و در زمینه‌های مختلفی از آنها برای رفع مشکلات معنایی استفاده می‌شود. در این تحقیق استفاده از روش‌های وب معنایی برای رفع چالش معنایی مدل داده‌آمیزی JDL مورد بررسی قرار می‌گیرد.

#### ۱-۵. روش‌شناسی تحقیق

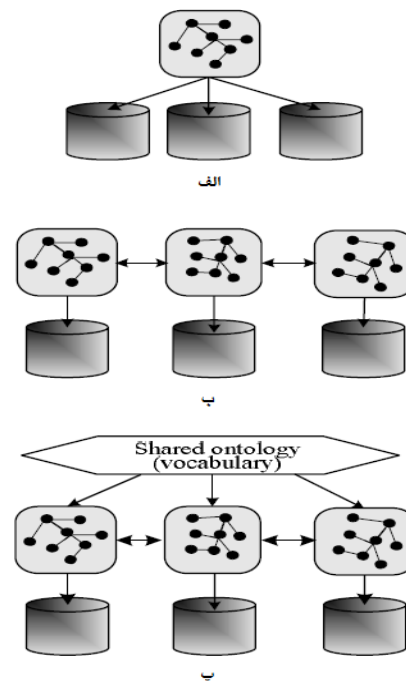
در این تحقیق مدل JDL انتخاب شد تا با افزودن روش‌های وب معنایی، به مدل داده‌آمیزی معنایی تبدیل گردد. برای این منظور لایه‌های مختلف آن بررسی شد و در هر لایه، فناوری‌های لازم برای معنایی شدن آن، اضافه شد. سپس برای نشان دادن عملیاتی بودن مدل پیشنهادی، اطلاعاتی از افراد خبره در این زمینه گردآوری شد و آنتولوژی‌ها و قوانین جهت استفاده موتور استنتاج،

است (Arens, 1996). شکل شماره ۶- الف این روش را نشان می‌دهد.

(۲) روش آنتولوژی چندگانه<sup>۱</sup>: در این روش هر منبع، آنتولوژی محلی خودش را دارد و بین آنتولوژی‌های محلی منابع، باید نگاشت انجام شود. سامانه OBSERVER یک نمونه استفاده از این روش است (Mena, 1996). شکل ۶-ب این روش را نشان می‌دهد.

(۳) روش آنتولوژی ترکیبی<sup>۲</sup>: این روش، ترکیبی از دو روش بالاست که در آن برای هر منبع به‌صورت محلی آنتولوژی وجود دارد که با یک مجموعه لغات اشتراکی که دربرگیرنده لغات اساسی دامنه مدنظر هستند، در ارتباط می‌باشند. شکل ۶-پ آن را نشان می‌دهد.

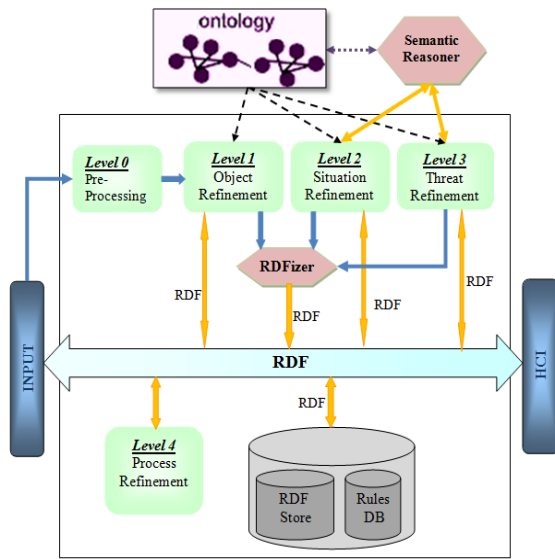
شکل شماره ۶. روش‌های به‌کارگیری آنتولوژی در سامانه داده‌آمیزی (Gagnon, 2007)



۱. Multiple Ontology Approach

۲. Hybrid Ontology Approach

۳. Situation Awareness Assistant



طراحی شدند. آنگاه به کمک کتابخانه متن باز Jena و زبان جاوا پیاده‌سازی انجام شد.

## ۲. مبانی نظری و ادبیات تحقیق

در این بخش به معرفی مدل داده‌آمیزی معنایی پیشنهادی پرداخته و مراحل عملیاتی کردن آن نیز برشمرده می‌شود.

### ۲-۱. معرفی مدل

در این مقاله تلاش می‌شود در جهت رفع چالش‌های موجود در داده‌آمیزی، با افزودن معنا و گنجانیدن آنتولوژی و استفاده از فناوری‌های وب معنایی، مدل JDL به مدل معنایی گسترش یابد و یک ساختار داده‌آمیزی معنایی ارائه دهد. ساختار ارائه شده بر مبنای مدل رایج JDL است. در حقیقت فناوری‌های وب معنایی با مدل JDL پایه، ترکیب شده تا مدل معنایی برای داده‌آمیزی به دست آید. نمای کلی ساختار پیشنهادی داده‌آمیزی معنایی در شکل شماره ۷ مشاهده می‌شود.

شکل شماره ۷. مدل پیشنهادی داده‌آمیزی معنایی

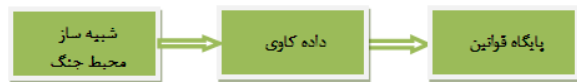
در ادامه به توضیح سطوح و بخش‌های ساختار پیشنهادی پرداخته می‌شود:

- (۱) سطح صفر: (ارزیابی سیگنال) در سطح صفر عمل پیش‌پردازش روی داده‌های منابع مختلف انجام می‌شود.
- (۲) سطح اول: (سنجش شی) در این سطح اعمالی مانند انتساب درست داده‌ها، انتخاب داده‌های مرتبط و شناسایی اشیا انجام می‌شود. خروجی این سطح شامل موجودیت‌ها و صفات آنها خواهد بود. در مدل پیشنهادی تلاش شده تا وظایف این سطح به صورت معنایی انجام شود و از این رو آنتولوژی‌ها و قالب‌های استاندارد موجود برای داده‌های معنایی به کار گرفته شده است. در این راستا، ابتدا نیاز است که برای تمام مفاهیم حوزه کاری مرتبط، آنتولوژی تعریف شود که صفات و روابط را در بر خواهد گرفت. سپس در این سطح با توجه به آنتولوژی تعریف شده، اشیا به همراه صفات مرتبطشان به صورت ساختاریافته مقداردهی می‌شوند. در مدل معنایی ارائه شده، داده‌ها همه باید به فرمت استاندارد RDF باشند؛ از این رو با کمک RDFizer، داده‌های مربوط به اشیا به همراه صفات



اضافه نماید. در مدل معنایی قوانین با یک زبان استاندارد موجود برای تعریف قوانین مانند<sup>۱</sup> SWRL توصیف خواهند شد.

شکل شماره ۸. استخراج قوانین



(۵) سطح چهارم: (پالایش فرایند) در سطح چهارم، نظارت بر کارایی سامانه و تخصیص منابع بر اساس هدف تعیین شده انجام می شود.

(۶) مدیریت پایگاه داده‌ها: در ساختار داده آمیزی پیشنهادی، چندین پایگاه داده وجود دارد. یک پایگاه داده برای ذخیره سازی اطلاعات که به شکل RDF می باشد در نظر گرفته شده است. برای قوانین موجود در دامنه تعیین شده نیز یک پایگاه قوانین وجود خواهد داشت. برای تمام این پایگاه داده‌ها باید مدیریت پایگاه داده لحاظ شود و تمام موارد لازم در زمینه مدیریت پایگاه داده‌ها مانند سازگاری، به روزرسانی، درج و حذف و ویرایش با سرعت مطلوب در نظر گرفته شود.

## ۲-۲. مراحل عملیاتی کردن مدل پیشنهادی

برای استفاده از مدل پیشنهادی برای یک حوزه مدنظر و پیاده سازی آن، گام‌های لازم عبارت‌اند از:

(۱) گردآوری مجموعه داده<sup>۲</sup> مناسب: برای پیاده سازی پس از انتخاب حوزه مورد نظر، باید مجموعه داده ورودی را تأمین کرد که در صورت امکان می تواند واقعی باشد و

مرتبطشان به قالب RDF در آمده و در پایگاه داده RDFStore ذخیره می شوند.

(۳) سطح دوم: (سنجش موقعیت) در این سطح با توجه به دانش پیشین و اطلاعات محیطی و داده‌های گردآوری شده در سطح یک (اطلاعات مربوط به موجودیت‌ها به همراه صفاتشان به قالب RDF)، موقعیت اشیا و روابط بین آنها بر اساس آنتولوژی‌های تعریف شده تعیین می گردد، البته رابطه‌های ممکن بین اشیا در آنتولوژی تعریف شده است. اطلاعات استنتاجی جدید در مورد موقعیت در قالب RDF ذخیره می شود. در این سطح در صورت نیاز به بازیابی اطلاعات موجود در پایگاه RDF، زبان پرس و جوی SPARQL به کار برده خواهد شد که قادر است داده‌های خواسته شده در پرس و جو را از بین اطلاعات با قالب استاندارد RDF پیدا نماید.

(۴) سطح سوم: (سنجش تهدید) ارزیابی موقعیت جاری و پیش بینی تهدیدها و آسیب پذیری‌ها از وظایف این سطح است؛ بنابراین در این سطح وجود یک استدلالگر معنایی ضروری است. در این سطح با استفاده از روش‌های استنتاج معنایی و استدلالگر تعبیه شده در این سطح و با در نظر گرفتن قوانین موجود در پایگاه قوانین، وضعیت کنونی ارزیابی و استنتاج کاملی برای پیش بینی تهدیدها انجام خواهد شد. برای به دست آوردن قوانین، می توان شبیه سازی طراحی و پیاده سازی نموده و با استفاده از داده کاوی، قوانین را استخراج و به پایگاه قوانین اضافه کرد؛ برای مثال برای استخراج قوانین محیط جنگ می توان این سه مرحله را همان گونه که در شکل شماره ۸ آورده شده، انجام داد، اگر به سامانه، قابلیت «یادگیری» نیز افزوده شود، پایگاه قوانین قادر خواهد بود قوانین موجود را به روزرسانی کند، قانونی را حذف یا

۱. Semantic Web Rule Language

۲. Data Set

به کارگیری استنتاجگر معنایی، می‌توان از داده‌های موجود، دانش جدید استخراج کرد.

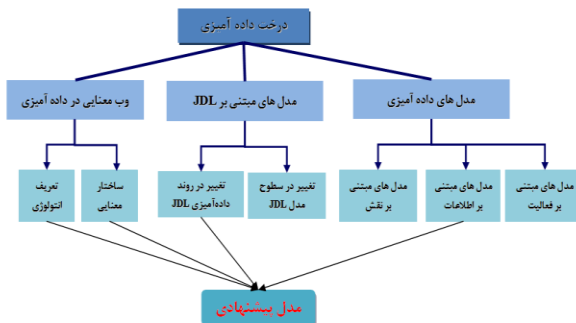
### ۳. تجزیه و تحلیل و یافته‌های تحقیق

در این قسمت ابتدا مقایسه و ارزیابی مدل پیشنهادی شرح داده می‌شود و سپس چگونگی پیاده‌سازی آن با بیان سناریویی ساده توضیح داده می‌شود.

#### ۳-۱. مقایسه و ارزیابی مدل

برای نمایش جایگاه مدل پیشنهادی یک درخت داده‌آمیزی مرتبط با زمینه این تحقیق طراحی کرده و موقعیت مدل پیشنهادی در آن بین مشخص و در شکل شماره ۹ آورده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود مدل پیشنهادی جزو مدل‌های مبتنی بر اطلاعات برشمرده می‌شود. در مقایسه با کارهای انجام‌شده مبتنی بر JDL، مدل پیشنهادی باعث تغییر فرایند داده‌آمیزی بوده و در مقایسه با کارهای معنایی داده‌آمیزی، مدل پیشنهادی مبتنی بر آنتولوژی بوده و همچنین به تمام سطوح JDL معنا بخشیده و با کمک فناوری‌های وب معنایی، توصیف و یکپارچگی معنایی را به همراه خواهد داشت.

شکل شماره ۹. جایگاه مدل پیشنهادی در درخت داده‌آمیزی



در غیر این صورت می‌توان با تولید یک مجموعه داده آزمایشگاهی، مدل را پیاده‌سازی نمود.

(۲) تعریف تمام آنتولوژی‌های حوزه مدنظر: آنتولوژی‌ها بیانی صریح و رسمی از ویژگی‌های مفاهیم هستند. برای پیاده‌سازی این مدل نیاز است که تمام آنتولوژی‌های حوزه مدنظر تعریف شود. در گام‌های بعدی پیاده‌سازی، از این آنتولوژی‌ها استفاده می‌شود؛ از این رو بهتر است این گام با دقت کافی انجام شود تا آنتولوژی‌های کامل در اختیار مراحل بعدی قرار گیرد.

(۳) تولید مجموعه قوانین و بیان قوانین با یک زبان استاندارد برای تعریف قوانین معنایی: در طول روند داده‌آمیزی به مجموعه قوانین حوزه مدنظر نیاز است؛ از این رو به کمک شبیه‌ساز و داده‌کاو و یا به کمک فرد خبره باید قوانین لازم را تعریف کرده و سپس به زبان مشخص آنها را نوشته و در پایگاه قوانین قرار داد.

(۴) پیاده‌سازی RDFizer: در این مدل داده‌ها به قالب RDF هستند؛ بنابراین در تمام سطوح برای تبدیل خروجی‌های جدید، به RDFizer نیاز است تا داده‌ها را به قالب RDF درآورد تا تمام اطلاعات موجود در ساختار، معنایی و یکنواخت باشند.

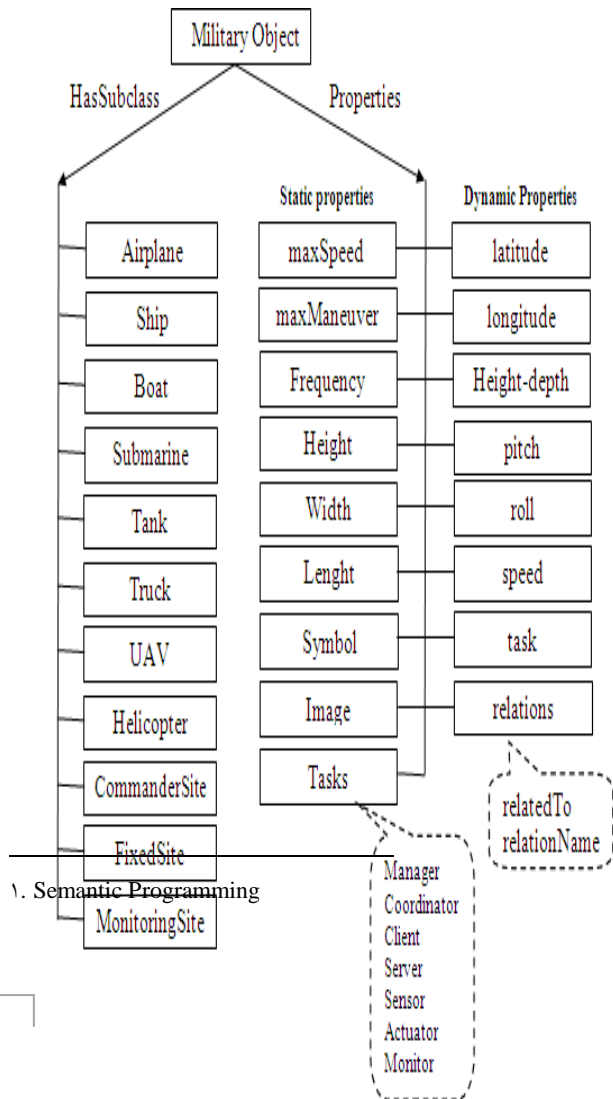
(۵) پالایش شی و موقعیت مبتنی بر آنتولوژی: این دو گام باید مبتنی بر آنتولوژی‌های ساخته‌شده و با کمک استنتاجگر معنایی انجام شوند تا خروجی‌های مدنظر هر لایه، درست استخراج شود.

(۶) به کارگیری استنتاج معنایی: با توجه به اینکه ساختار ارائه‌شده، معنایی است و دانش موجود و پایگاه داده‌ها نیز به قالب معنایی نمایش داده شده‌اند، استنتاج نیز به شیوه معنایی انجام می‌شود. پس از تعریف درست قوانین و با در نظر داشتن دانش موجود در آنتولوژی، با

برنامه‌نویسی معنایی<sup>۱</sup> و مبتنی بر آنتولوژی وجود دارد. پیاده‌سازی‌ها با کمک کتابخانه Jena انجام شد. Jena یک کتابخانه جاوای متن باز است. این کتابخانه افزون بر امکان ایجاد مدل‌های مختلف آنتولوژی شامل RDFS و OWL، پردازش پرس‌وجوهای SPARQL و استنتاج مبتنی بر قانون را نیز حمایت می‌کند.

### ۲-۳. پیاده‌سازی مدل پیشنهادی

برای پیاده‌سازی و نمایش عملکرد مدل پیشنهادی، سناریوهایی نظامی طراحی و پیاده‌سازی شد. با توجه به اینکه مدل پیشنهادی مبتنی بر آنتولوژی است، برای مفاهیم مختلف، به کمک اطلاعات افراد خبره، آنتولوژی طراحی شد. در شکل‌های ۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۱۳ به ترتیب آنتولوژی اشیای جنگی، جنگ‌افزارها، عمل و حس‌گر



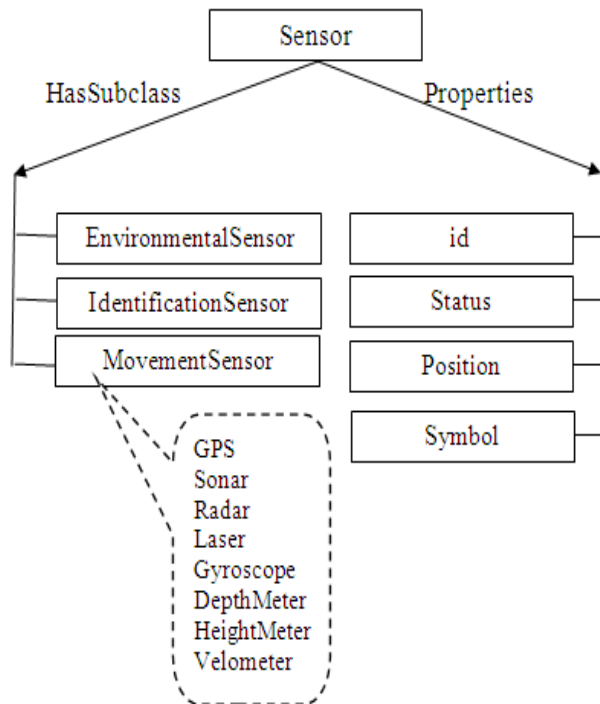
در جدول شماره ۱ نتایج مقایسه مدل پیشنهادی با مدل JDL آورده شده است.

جدول شماره ۱. مقایسه مدل پیشنهادی با مدل JDL

مدل پیشنهادی	مدل JDL و توسعه‌های آن	
+	+	مدل مبتنی بر اطلاعات
+	+	استفاده از گذرگاه مشترک به جای ساختار سلسله مراتبی
آنتولوژی‌ها، مفاهیم را به صورت صریح و یکپارچه در می‌آورند.	-	مفهوم‌سازی حوزه مدنظر
سه‌تایی‌های RDF	-	قالب استاندارد برای توصیف داده‌ها
با توجه به RDFS هر داده همراه با ابرداده ذخیره می‌شود.	-	وجود ابرداده برای داده‌ها
+	-	امکان استنتاج معنایی
-	+	برخورد با تداخل‌های معنایی در روند ترکیب داده
مفاهیم حوزه خاص در قالب آنتولوژی یکپارچه می‌شوند.	+	ناهمگونی‌های نحوی
با تعریف آنتولوژی‌های سطح بالا ناهمگونی از بین می‌رود.	+	ناهمگونی‌های ساختاری

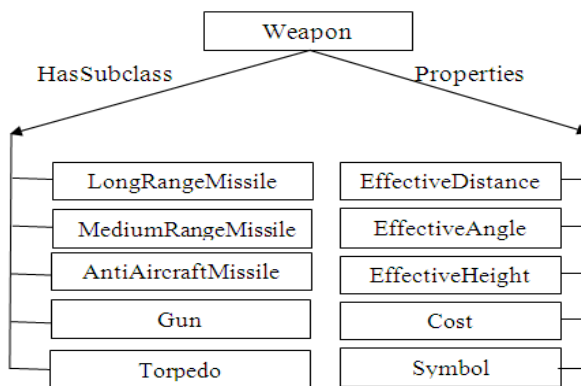
با توجه به اینکه در این تحقیق برای اولین بار این ساختار پیشنهاد می‌شود، باید عملیاتی بودن آن را نیز بررسی کرد و نشان داد که این مدل با به‌کارگیری فناوری‌های معنایی پاسخگو است و قابلیت عملیاتی شدن را دارد؛ از این رو با انتخاب حوزه نظامی و طراحی سناریو به کمک افراد خبره در این حوزه، این نتیجه به‌دست آمد که خروجی‌های مطلوب هر سطح به‌صورت معنایی، قابل استخراج است و روشی برای انجام هر سطح با

مشاهده می‌شود.



شکل شماره ۱۰. آنتولوژی اشیای جنگی

شکل شماره ۱۱. آنتولوژی جنگ افزارها

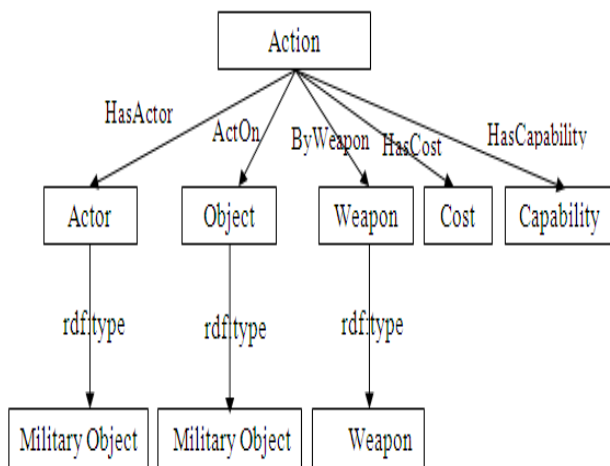


شکل شماره ۱۲. آنتولوژی عمل

در شکل شماره ۱۴ کلاس Truck و ویژگی‌های آن به قالب RDF/XML آورده شده است که این داده‌ها در پایگاه RDFStore مدل پیشنهادی ذخیره می‌شوند.

شکل شماره ۱۴. کلاس truck با قالب RDF/XML

```
<rdf:Class rdf:about="http://Dflab.um.ac.ir/war/Truck">
  <rdf:subClassOf>
    <rdf:Class rdf:about="http://Dflab.um.ac.ir/war/MilitaryObject">
      <rdf:subClassOf>
        <war:MaxSpeed rdf:parseType="Resource">
          <war:Unit>KilometerInHour</war:Unit>
          <war:Value rdf:datatype="
            http://www.w3.org/XML/Schema#positiveInteger">200 </war:Value>
        </war:MaxSpeed>
      </rdf:subClassOf>
    </rdf:Class>
  </rdf:subClassOf>
</rdf:Class>
```



شکل شماره ۱۳. آنتولوژی حس گر

در سطوح ارزیابی موقعیت و ارزیابی تهدید، استنتاج‌گر معنایی به کمک داده‌های RDF موجود و همچنین آنتولوژی، شروع به کار می‌کند و حقایق جدیدی

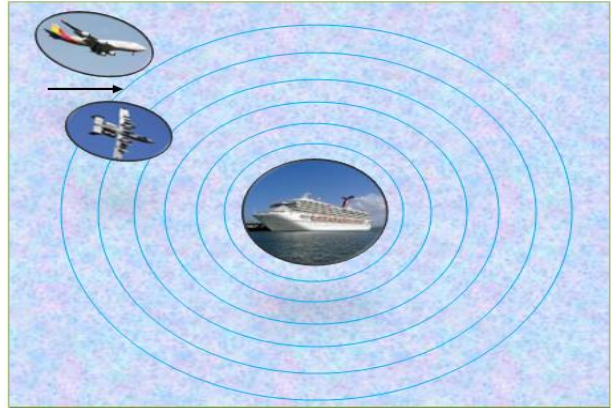
```
[Rule_InWeaponRange:
(?X http://DFlab.um.ac.ir/war/IsFriend ?f1)
(?Y http://DFlab.um.ac.ir/war/IsFriend ?f2)
notEqual (?f1, ?f2)
(?Y rdf:type ?Ytype)
(?X rdf:type ?Xtype)
(?Xtype http://DFlab.um.ac.ir/war/HasWeapon ?w)
(?w http://DFlab.um.ac.ir/war/AllowedType ?AllowType)
Equal (?AllowType, ? Ytype)
Distance (?X, ?Y, ?d)
(?w http://DFlab.um.ac.ir/war/EffectiveDistance ?e)
greaterThan (?e, ?d)
(InWeaponRange http://DFlab.um.ac.ir/war/ExpireTime ?ex)
nowTime (?t)
makeTemp (?K)
->
(?X http://DFlab.um.ac.ir/war/hasRel ?K),
(?K http://DFlab.um.ac.ir/war/relName InWeaponRange),
(?K http://DFlab.um.ac.ir/war/hasValue ?Y),
(?K http://DFlab.um.ac.ir/war/hasTime ?t),
(?K http://DFlab.um.ac.ir/war/hasExpTime ?ex)
print("rule inweaponrange fire")]
```

برای نمایش عملکرد چارچوب پیشنهادی، چندین سناریوی به کمک افراد خبره در این زمینه طراحی و پیاده‌سازی شد. شکل شماره ۱۶ یک سناریو را نمایش می‌دهد. در این سناریو یک کشتی در نظر گرفته شده است که از تجهیزات خودی است که تعدادی جنگ‌افزار مانند موشک نیز در آن برای مواقع درگیری قرار داده شده است و دو هواپیما که به سمت راست در حال حرکت‌اند که هواپیمای اول دشمن و هواپیمای نوع دوم ناشناخته است. متناظر با این سناریو، مجموعه داده آزمایشگاهی به مدت ۱۰ ثانیه، ادامه این سناریو را در بردارد.

شکل شماره ۱۶. نمایش ساده یک سناریو

را بر اساس قوانین موجود نتیجه می‌گیرد؛ از این رو باید قانون‌های مربوط به مسئله با زبان معینی نوشته و در فایل مربوط به قوانین ذخیره شود. در این نمونه آزمایشگاهی، رابطه‌هایی مانند هم ناحیه بودن، نزدیک بودن، در محدوده حس‌گر بودن، در محدوده سلاح بودن، محاصره بودن، هم‌گروه بودن، در محدوده آتش قرار گرفتن، در تیررس بودن، ورود به منطقه دشمن، پناه گرفتن، استتار و... تعریف شده و مورد استفاده قرار گرفت. شکل شماره ۱۵ یک نمونه از این قوانین را نمایش می‌دهد که شرایط لازم برای برقراری رابطه «در محدوده سلاح بودن» یک وسیله توسط وسیله دیگر در آن آمده است. این قانون بیان می‌کند که در صورتی یک وسیله، دیگری را در محدوده سلاح قرار می‌دهد که سلاحی به همراه داشته باشد که قابلیت زدن وسیله دیگر را داشته و در فاصله مؤثری نسبت به آن نیز واقع شده باشد. اگر شرایط طرف اول قانون برقرار شود، قسمت دوم به دانش موجود اضافه می‌شود. در این مثال طرف دوم قانون، باعث برقراری یک رابطه بین دو شیئی شده است و ویژگی‌های اصلی این رابطه مانند نام رابطه، زمان برقراری آن، زمان انقضای رابطه، طرفین رابطه نیز مقدار می‌گیرد.

شکل شماره ۱۵. یک نمونه قانون برای استنتاج‌گر معنایی



همان‌گونه که پیش‌تر بیان شد تمام آنتولوژی‌ها طراحی و پیاده‌سازی شده‌اند و در اختیار سطوح مختلف مدل قرار داده می‌شود. در سطح پالایش اشیا، تمام اشیا و موجودیت‌های سناریو و ویژگی‌های آنها و داده‌های دریافتی در مورد آنها، به قالب RDF در RDFStore ذخیره می‌شوند. سپس در سطح پالایش موقعیت با توجه به داده‌های موجود در RDFStore و دانش پیشین و اطلاعات موجود در آنتولوژی، موقعیت اشیا و روابط بین آنها تعیین می‌شود که برای رسیدن به این منظور، استنتاج‌گر معنایی به کمک این لایه می‌آید. برای سناریوی تعریف‌شده با توجه به قوانین موجود در پایگاه قوانین، نتیجه گرفته می‌شود که نوع شئی ناشناخته، دشمن است و همچنین رابطه «نزدیک شدن» بین هواپیمای شماره یک و کشتی در حال شکل‌گیری است (شکل شماره ۱۷). سپس در لایه پالایش تهدید با توجه به روابط استخراج‌شده در لایه پیشین مبنی بر نزدیکی دو شئی (هواپیمای یک و کشتی) که یکی دشمن و دیگری خودی است، هواپیمای شماره یک، تهدید به شمار می‌آید و هشدارهای لازم داده می‌شود.

(۱) افزودن یادگیری به مدل: برای مدل پیشنهادی می توان موضوع یادگیری را به سطوح مختلف اضافه کرد. گفتنی است که در این صورت پایگاه قوانین با توجه به واکنش های دریافتی، به روزرسانی، تصحیح و تکمیل خواهد شد.

(۲) پیاده سازی مدل برای محیط های چندعاملی: می توان این مدل را با شناخت کامل عامل های محیط مدنظر و وظایف هر عامل، برای محیط چندعاملی توسعه داد و پیاده سازی کرد. همچنین نیاز است که پروتکل ارتباطی برای محیط تعریف و پیاده سازی شود.

(۳) امنیت مدل: این مدل از جنبه های مختلفی نیاز به بررسی بحث های امنیتی دارد که عبارتند از:

(۳-۱) امنیت پایگاه داده ها شامل RDFStore.

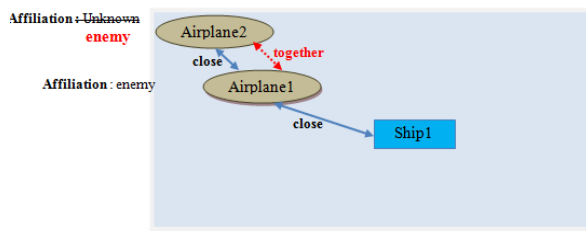
(۳-۲) امنیت تبادل داده ها و اطلاعات،

(۳-۳) (در محیط چندعاملی) امنیت ساختار داخلی عامل ها،

(۳-۴) (در محیط چندعاملی) امنیت در پروتکل ارتباطی عامل ها.

(۴) پیاده سازی برای سایر حوزه ها: می توان این مدل را برای محیط های دیگری پیاده سازی نمود که به گونه ای به این سطوح داده آمیزی نیاز دارند.

شکل شماره ۱۷. استخراج روابط بین اشیا در سناریوی تعریف شده



## ۴. نتیجه گیری

### ۴-۱. جمع بندی

در این تحقیق برای رفع ناهمگونی های معنایی در مدل داده آمیزی JDL، فناوری های وب معنایی به آن اضافه شد و ساختار پیشنهادی یکی از چالش های اصلی موجود در سامانه های داده آمیزی را برطرف نمود که چالش معنایی است و ناهمگونی های موجود در چگونگی، ساختار و معنا را از سامانه های داده آمیزی حذف نمود.

در این ساختار آنتولوژی ها به مفهوم سازی و یکپارچگی حوزه مورد نظر می پردازند و اجزایی مانند RDFizer و استنتاج گر معنایی، در ساختار تعبیه شده است. RDFizer کمک می کند تا تمام داده های جاری در ساختار با قالب استاندارد RDF باشند و استنتاج گر معنایی با کمک پایگاه قوانین که حاوی قوانین با زبان معنایی است، دانش جدید استخراج می کند.

پیاده سازی ساختار پیشنهادی با برنامه نویسی معنایی و با کمک کتابخانه Jena برای حوزه نظامی انجام شد و مورد ارزیابی قرار گرفت.

### ۴-۲. پیشنهادها

در ادامه، کارهای آتی برای مدل پیشنهاد می شود که جای بررسی دقیق و پیاده سازی دارد. برخی از این موارد عبارتند از:

## فهرست منابع

- Architectures, Algorithms, and Applications*, Vol 7710.
14. Hall, David Lee , Llinas, James (1997), "An Introduction to Multi-sensor Data Fusion", *Proceedings of the IEEE*, Vol 85, No 1.
  15. Kazakov M., Abdulrab H., Babkin E. (2002), "Ontology Fusion Approach for Integration in Heterogeneous Distributed Systems", *Engineering Context-Aware Object-Oriented Systems and Environments, ECOOSE*.
  16. Lambert, Dale A (2001), "Situations for Situation Awareness", *In Proceedings of the 4th International Conference on Information Fusion*.
  17. Lambert, Dale A. (2003), "Grand Challenges of Information Fusion", *In Proceedings of the 6th International Conference on Information Fusion*.
  18. Laskey, Kathryn Blackmond, Costa, Paulo C. G., Wright, Edward J., Laskey, Kenneth J. (2007), "Probabilistic Ontology for Net-Centric Fusion", *In Proceedings of 10th International Conference on Information Fusion*.
  19. Llinas, James, Bowman, Christopher, Rogova, Galina, Steinberg, Alan N., Waltz, Ed, White, Frank (2004), "Revisiting the JDL Data Fusion Model II", *In Proceedings of the 7th International Conference on Information Fusion*.
  20. Matheus, Christopher J., Kokar, Mieczyslaw M., Baclawski, Kenneth, Letkowski, Jerzy A., Call, Catherine, Hinman, Michael L., Salerno, John J., Boulware, Douglas M. (2005), "SAWA: An Assistant for Higher-Level Fusion and Situation Awareness", *In Proceedings of the SPIE Conference on Multisensor, Multisource Information Fusion*, Vol 58, Vol. 13.
  21. Mena, Eduardo, Kashyap, Vipul, Sheth, Amit P., Illarramendi, Arantza, (1996) "OBSERVER: An Approach for Query Processing in Global Information Systems based on Interoperation across Pre-existing Ontologies", *In Proceedings of the 1st IFICIS International Conference on Cooperative Information Systems*.
  22. Nakamura, Eduardo F, Loureiro, Antonio A.F, Frery, Alejandro C. (2007), "Information Fusion for Wireless Sensor Networks: Methods, Models, and Classifications", *ACM Computing Surveys*, Vol 39, No 3.
  23. Steinberg, Alan N., Bowman, Christopher L. (2004), "Rethinking the JDL Data Fusion Model", *In Proceedings of National Symposium on Sensor and Data Fusion*.
  24. Synnergren, Jane, Gamalielsson, Jonas, Olsson Bjorn (2007), "Mapping of the JDL Data Fusion Model to Bioinformatics", *In Proceedings of*
  1. Antoniou, Grigoris, Harmelen, Frank van (2008), *Semantic Web Primer*, Cambridge, The MIT Press.
  2. Arens, Yigal, Knoblock, Chun-Nan, Hsu, Knoblock, Craig A. (1996), "Query Processing in the SIMS Information Mediator", *In Advanced Planning Technology*, California, AAAI Press.
  3. Bedworth, Mark, O'brien, Jane (2000), "The Omnibus Model: A New Model for Data Fusion", *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, Vol 15, No 4.
  4. Blasch, Erik (2008), "User Refinement in Information Fusion", Chapter 19 in: *Handbook of Multisensor Data Fusion*, 2nd Edition, New York, CRC Press.
  5. Blasch, Erik, Plano, Susan (2002), "JDL Level 5 Fusion Model: User Refinement Issues and Applications in Group Tracking", *In proceedings of SPIE Conference on Signal Processing, Sensor Fusion, and Target Recognition XI*, Vol 4729.
  6. Blasch, Erik, Plano, Susan (2003), "Level 5: User Refinement to Aid the Fusion Process", *in: proceedings of SPIE Conference on Multisensor, Multisource Information Fusion*, Vol 5099.
  7. Boyd, John R. (1987), "A Discourse on Winning and Losing", *Unpublished Set of Briefing Slides*, Maxwell AFB, Air University Library.
  8. Cheng, Hian Goh (1997), *Representing and Reasoning about Semantic Conflicts in Heterogeneous Information Sources*, Ph.D. Dissertation, Massachusetts Institute of Technology.
  9. Cruz, Isabel F., Xiao, Huiyong (2005), "The Role of Ontologies in Data Integration", *Journal of Engineering Intelligent Systems*, Vol 13, No 4.
  10. Dasarathy, Belur V (1997), "Sensor Fusion Potential Exploitation-innovative Architectures and Illustrative Applications", *Proceedings of the IEEE*, Vol 85, No 1.
  11. DeVin, Leo J., Holm, Magnus, H.C. Ng, Amos (2010), "The Information Fusion JDL-U Model as a Reference Model for Virtual Manufacturing", *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, Vol 26, No 6.
  12. Gagnon, Michel (2007), "Ontology-based Integration of Data Sources", *In Proceedings of 10th International Conference on Information Fusion*.
  13. Giacobe, Nicklaus A. (2010), "Application of the JDL Data Fusion Process Model for Cyber Security", *In Proceedings of SPIE Conference on Multisensor, Multisource Information Fusion:*



*International Conference on Systems, Man and Cybernetics.*

25. Wache, H., Voegelé, T., Visser, U., Stuckenschmidt, H., Schuster, G., Neumann, H., Huebner, S. (2001), "Ontology-Based Integration of Information - A Survey of Existing Approaches", *In Proceedings of the Workshop on Ontologies and Information Sharing at the International Joint Conference on Artificial Intelligence.*
26. White, Franklin E. (1987), *Data Fusion Lexicon*, Joint Directors of Laboratories, Technical Panel for C3, Data Fusion Subpanel, Naval Ocean Systems Center, San Diego.
27. Zafeiropoulos, Anastasios, Konstantinou, Nikolaos, Arkoulis, Stamatios, Spanos, Dimitrios-Emmanuel, Mitrou, Nikolas (2008), "A Semantic-based Architecture for Sensor Data Fusion", In: *Proceedings of 2nd International Conference on Mobile Ubiquitous Computing, Systems, Services and Technologies.*