

ارزیابی هستی‌شناسی‌های مرتبه بالا و ارائه الزامات هستی‌شناسانه مناسب برای کاربردهای نظامی، امنیتی و مدیریت بحران

لیلا ثروتی^۱، محمدرضا ولوی^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۶/۲۵

چکیده

امروزه با پیشرفت فناوری، هر لحظه بر تعداد، تنوع و کیفیت اطلاعات صحنه‌های درگیری اعم از حوزه‌های نظامی، امنیتی و بحران، افزوده می‌شود. یکی از بخش‌های مهم در فرماندهی و کنترل صحنه‌های درگیری، تصمیم‌گیری است. دانش و اطلاعات، نقشی بی‌بدیل و حیاتی در فرایند تصمیم‌گیری دارد. هستی‌شناسی، ابزار مناسبی برای مدل‌سازی اطلاعات و دانش می‌باشد که آنچه در یک دامنه موضوعی جریان دارد را مدل‌سازی می‌کند. برای کاهش تلاش فراوان مدل‌سازی دامنه‌های مختلف، توسعه هستی‌شناسی مرتبه بالا در سطح انتزاع بسیار بالا انجام می‌شود. از جمله فواید هستی‌شناسی مرتبه بالا، رفع ابهام و فهم معنای مفاهیم و روابط موجود در هستی‌شناسی دامنه، امکان مقایسه آن با دیگر هستی‌شناسی‌ها، امکان نگاشت میان هستی‌شناسی‌های دامنه، ترکیب آنها و ترجمه از یکی به دیگری و در نهایت ایجاد زبان مشترک میان دامنه‌ها در زمان مدیریت بحران و عملیات‌های مشترک می‌باشد. با توجه به نقش مهم هستی‌شناسی مرتبه بالا و فقدان چنین شالوده‌ای برای حوزه‌های نظامی، انتظامی، امنیتی و مدیریت بحران در داخل کشور، در این مقاله هستی‌شناسی‌های مرتبه بالا بررسی شده و نقاط قوت و ضعف آنها استخراج می‌شود، سپس معیارهای گوناگون برای ارزیابی هستی‌شناسی‌های مرتبه بالا تشریح شده و مقایسه میان آنها صورت می‌گیرد. بر مبنای این مقایسه، ملاک‌های مهم در انتخاب هستی‌شناسی مرتبه بالای بومی برای توسعه هستی‌شناسی‌های دامنه نظامی، امنیتی و مدیریت بحران انتخاب شده و جمع‌بندی توسعه هستی‌شناسی در این حوزه‌ها ارائه می‌شود.

کلمات کلیدی: مدل‌سازی، مهندسی دانش، هستی‌شناسی مرتبه بالا، تعامل‌پذیری، مدیریت بحران

^۱مجتمع فناوری اطلاعات و ارتباطات، دانشگاه صنعتی مالک اشتر ، l.servati@chmail.ir

^۲ دانشیار، عضو هیئت علمی، مؤسسه آموزشی و تحقیقاتی صنایع دفاعی، نویسنده مسئول، valavi@mut.ac.ir

مقدمه

با پیشرفت سرسام‌آور فناوری، هر لحظه بر تعداد، تنوع و کیفیت اطلاعات صحنه‌های درگیری اعم از حوزه‌های نظامی، امنیتی و بحران، افزوده خواهد شد؛ بطوریکه سیستم‌های سنتی جمع‌آوری اخبار و اطلاعات، جوابگوی نیازمندی‌های فرماندهان راهبردی، عملیاتی و تاکتیکی نمی‌باشد، بدین جهت فرماندهان صحنه با انبوهی از اخبار گوناگون مواجه می‌شوند و برای اینکه قادر باشند در کلیه سطوح، فرماندهی و کنترل اثربخشی را اعمال نمایند، باید به نوعی به سیستم‌های رایانه‌ای یکپارچه متصل بوده که توانایی پردازش انبوه داده‌ها با سرعت و دقت بالا را داشته باشند (جمعی از اساتید دانشکده مخابرات نازجا ۱۳۸۲).

یکی از بخش‌های مهم در فرماندهی و کنترل، تصمیم‌گیری می‌باشد. دانش و اطلاعات، نقشی بی‌بدیل و حیاتی در فرایند تصمیم‌گیری دارد (دیوسالار ۱۳۸۵). فرماندهان در عصر کنونی، بر تپه‌های دانشی ایستاده و صحنه درگیری را مدیریت و فرماندهی می‌کنند. برای کمک به بهبود فرایند تصمیم‌گیری، بایستی دانش و اطلاعات را به شیوه‌ای مناسب مدلسازی نمود تا از مزایای اشراف بر داده‌ها، اطلاعات و دانش بهره برد.

هستی‌شناسی^۳، ابزار مناسبی برای مدلسازی داده، اطلاعات و دانش می‌باشد. برای هستی‌شناسی تعاریف گوناگونی می‌توان یافت. برخی از این تعاریف نیز با یکدیگر در تضاد هستند، یکی از تعاریفی که تا حدودی اجماع نظر پیرامون آن وجود دارد، هستی‌شناسی را توصیفی رسمی و صریح از یک مفهوم‌سازی مشترک می‌داند (Kumar 2013).

به عبارت دیگر هستی‌شناسی، مدلی از دامنه‌ای از جهان است که به صورت شبکه‌ای از مفاهیم پیوندی بازنمایی

شده و برای ماشین قابل درک است. یک هستی‌شناسی با

استفاده از پنج تایی زیر تعریف می‌شود:

$$O = (C, RT, RN, A, D)$$

فرمول ۱. اجزای تشکیل‌دهنده هستی‌شناسی

در این پنج تایی حرف **C** مفاهیم، **RT** روابط طبقه‌بندی، **RN** روابط غیرطبقه‌بندی، **A** اصول یا قوانین و **D** حوزه را نشان می‌دهد. بنابراین تعریف، هستی‌شناسی از سایر مدل‌ها و ساختارهای مفهومی مانند تزاروس، دیکشنری و تکسونومی^۴ متمایز می‌شود (Rahnama and Spyns, Meersman, (Abdollahzadeh Barforoush 2011 and Jarrar 2002). هستی‌شناسی ابزار مناسبی برای مدلسازی دانش می‌باشد، ابزاری قوی که در مقایسه با سایر روش‌های مدلسازی مانند روش‌های کلید-ارزش، شمای‌های برچسب‌دار، روش‌های گرافیکی، شیء‌گرا و مبتنی بر منطق، از قدرت بیانگری بالاتر، رسمی‌سازی، ایجاد استاندارد مشترک، قابلیت ساخت توزیع شده، سلسله‌مراتبی بودن و امکانات استنتاج قوی‌تری برخوردار است (Strang and Linnhoff-Popien 2002). پس از توسعه هستی‌شناسی می‌توان با یکی از زبان‌های نمایش هستی‌شناسی، زبانی مشترک برای انتقال دانش ایجاد نمود.

هستی‌شناسی‌ها به سه نوع: هستی‌شناسی مرتبه بالا، میان مرتبه و دامنه تقسیم می‌شوند. هستی‌شناسی دامنه، دانش موجود در یک حوزه موضوعی را از طریق عناصر هستی‌شناسی شامل مفاهیم، روابط و ... مدلسازی می‌کند. برای آنکه مشکل تلاش فراوان مورد نیاز برای مدلسازی دانش دامنه‌های مختلف رفع شود، توسعه هستی‌شناسی مرتبه بالا^۵ صورت می‌گیرد. این هستی‌شناسی در سطح انتزاعی بسیار بالا مدل می‌شود؛ در صورتیکه مفاهیم و روابط این هستی‌شناسی مرتبه بالا به خوبی طراحی شود، برای مدلسازی دامنه‌های خاص می‌توان از آن کمک گرفت

⁵ upper ontology

³ ontology

⁴ taxonomy

از کلمات پایه و اساسی می‌تواند این فرایند را قابل مدیریت کند (Semy, Pulvermacher, and Obrst 2004). هستی‌شناسی میان‌مرتبه، به عنوان پلی میان مفاهیم انتزاعی تعریف شده در هستی‌شناسی مرتبه بالا و مفاهیم خاص دامنه سطح پایین که در یک هستی‌شناسی دامنه تعریف شده است، به کار می‌آید. هستی‌شناسی‌های میان‌مرتبه می‌توانند بازنمایی‌های محسوس‌تر و واقعی‌تری از مفاهیم انتزاعی موجود در هستی‌شناسی‌های مرتبه بالا ارائه دهند. همچنین این دسته از هستی‌شناسی‌ها، نمایش‌دهنده مفاهیمی هستند که معمولاً در دامنه‌های مختلف به صورت مشترک استفاده می‌شود، مانند مفاهیم زمان و مکان. هستی‌شناسی‌های دامنه می‌توانند از طریق هستی‌شناسی‌های میان‌مرتبه ایجاد شوند (Semy, Pulvermacher, and Obrst 2004).

چنانچه مفاهیم موجود در یک هستی‌شناسی دامنه مانند دامنه نظامی، امنیتی، انتظامی یا مدیریت بحران، به معادل خود در یک هستی‌شناسی مرتبه بالای عمومی پیوند بخورد، معنای خود را در سلسله‌مراتب مفاهیم موجود در جهان خارج حفظ کرده و علاوه بر این از طریق نگاشت به مفاهیم در هستی‌شناسی سطح بالا، امکان نگاشت میان هستی‌شناسی‌ها، ترکیب آنها و ترجمه از یک هستی‌شناسی به هستی‌شناسی دیگر میسر می‌باشد (Semy, Pulvermacher, and Obrst 2004).

از جمله کاربردهای هستی‌شناسی مرتبه بالا می‌توان به این موارد اشاره کرد که بازیابی اطلاعات و موتورهای جستجو می‌توانند از هستی‌شناسی‌ها برای انجام جستجوهای معنایی مبتنی بر معنای مفاهیم، بهره‌برداری نمایند؛ به جای آنکه جستجوهای نحوی از رشته متن داده شده صورت گیرد. علاوه بر این، معناهای غنی که در هستی‌شناسی‌ها ارائه شده، توانایی ترکیب حقایق ساده با

و با تولید مفاهیم خاص دامنه از روی مفاهیم سطح بالا، علاوه بر نیاز کمتر به مهندسی دانش، از تعامل‌پذیری میان دامنه‌های مختلف که از یک هستی‌شناسی مرتبه بالای مشترک استفاده می‌کنند نیز مطمئن بود (Phytilla 2002). مفاهیمی که در هستی‌شناسی مرتبه بالا بیان می‌شود، مفاهیمی پایه، عمومی و کلی است تا از عمومیت و بیانگری آن در حیطه وسیعی از دامنه‌ها اطمینان حاصل شود. یک هستی‌شناسی مرتبه بالا، به عنوان بازنمایی دانش رایج و عرفی^۶ قلمداد می‌شود یعنی آن مفاهیمی که برای فهم انسان از جهان، مبنا و پایه می‌باشند. بنابراین یک هستی‌شناسی مرتبه بالا به مفاهیمی محدود می‌شود که عمومی، انتزاعی و فلسفی هستند (Semy, Pulvermacher, and Obrst 2004)، (Wikipedia 2006)، (Colomb 2002).

هستی‌شناسی دامنه^۷، توصیف‌کننده مفاهیمی است که خاص یک دامنه بوده و نمایش‌دهنده مفاهیم و روابط میان آنها از چشم‌انداز یک دامنه خاص می‌باشد. از آنجا که هستی‌شناسی‌های دامنه مفاهیم را به صورتی کاملاً اختصاصی و اغلب انتخابی نمایش می‌دهند، معمولاً با هم ناسازگارند. هنگام گسترش سیستم‌هایی که بر پایه هستی‌شناسی دامنه ساخته شده‌اند، اغلب باید هستی‌شناسی دامنه را در یک نمایش کلی‌تر نشان داد. این موضوع، یکی از مشکلاتی است که طراحان هستی‌شناسی با آن مواجه هستند. وجود هستی‌شناسی‌های گوناگون در یک دامنه، ممکن است به علل مختلفی مانند وجود ادراکات گوناگون براساس پس‌زمینه فرهنگی متفاوت، آموزش‌ها، ایدئولوژی‌ها یا به دلیل زبان‌های نمایش متفاوت به وجود آیند. در حال حاضر، ادغام هستی‌شناسی‌ها اکثراً به صورت دستی و بسیار پرهزینه و وقت‌گیر است. استفاده از یک هستی‌شناسی مرتبه بالا برای فراهم آوردن تعریفی مشترک

⁷ domain ontology

⁶ common sence

توسعه هستی‌شناسی‌ها، بر انتخاب یک هستی‌شناسی مرتبه بالای بومی توافق صورت گیرد، بسیاری از مشکلات آینده برای فهم، ترجمه، مقایسه، نگاشت میان هستی‌شناسی‌های دامنه‌های گوناگون و نیاز به ایجاد زبان مشترک و تقویت تعامل‌پذیری و همکاری میان دامنه‌ها مرتفع خواهد شد.

به طور کلی در این مقاله، ساختار و مفاهیم هستی‌شناسی‌های مرتبه بالای موجود بررسی شده و نقاط قوت و ضعف آنها استخراج می‌شود، سپس معیارهای گوناگون برای ارزیابی و مقایسه هستی‌شناسی‌های مرتبه بالا شامل معیارهای مهندسی نرم افزار و معیارهای محتوایی تشریح شده و برآن اساس، مقایسه میان هستی‌شناسی‌های مرتبه بالا صورت گرفته است و بر مبنای این مقایسه‌ها، ملاک‌های مهم و تأثیرگذار در انتخاب هستی‌شناسی مرتبه بالای بومی برای توسعه هستی‌شناسی‌های دامنه‌های نظامی، امنیتی و مدیریت بحران انتخاب شده و نتیجه گیری‌هایی انجام می‌شود.

پیشینه پژوهش

در ادامه، ابتدا معیارهای ارزیابی هستی‌شناسی‌های مرتبه بالا تشریح شده، سپس مقایسه‌های انجام شده در پژوهش‌ها میان هستی‌شناسی‌های مرتبه بالا و در نهایت معرفی هستی‌شناسی‌های مرتبه بالای موجود ارائه شده است.

معیارهای ارزیابی هستی‌شناسی‌های مرتبه بالا

در متون پژوهشی گوناگون، معیارهای مختلفی برای ارزیابی هستی‌شناسی‌های مرتبه بالا معرفی شده است که در ادامه، این معیارها ارائه و توضیح مختصری پیرامون آنها ارائه می‌شود.

معیار توصیفی بودن^۸ در مقابل معیار تجدیدنظری بودن^۹ معرفی شده است، توصیفی بودن به تمایز میان چیزها^{۱۰} (اشیاء فضایی زمانی^{۱۱}) و رخدادها (اشیاء زماندار) اشاره

هم را دارد تا بتوان حقایق جدیدی را استنتاج کرده و دانش کلی جدیدی را به شکل تئوری‌های اثبات شده استنباط کرد که در هستی‌شناسی‌ها صرفاً به صورت ضمنی وجود دارد. موتورهای استنتاج می‌توانند با داده‌ها و برنامه‌های کاربردی که به هستی‌شناسی‌ها نگاشت می‌شوند، برای بهبود کشف و فهم داده‌ها و همچنین کشف و ترکیب کاربردها مانند سرویس‌های وب، استفاده نمایند (Semy, Pulvermacher, and Obrst 2004).

علاوه بر این، هستی‌شناسی‌ها می‌توانند برای بازنمایی معنای برنامه‌های کاربردی و سرویس‌ها به صورت مستقیم بکار روند، وظیفه‌ای که اشیاء UML و مدل‌های مفهومی امروزه برای سیستم‌ها و سازمان‌ها البته به صورت ناقص و ناسازگار انجام می‌دهند (Kiryakov, Simov and Dimitrov 2001).

هستی‌شناسی‌های مرتبه بالا قصد دارند تا مفاهیم بنیادینی را تعریف کنند که در هستی‌شناسی‌های میان‌مرتبه و دامنه استفاده می‌شود. اگر هستی‌شناسی‌های مورد نگاشت، از یک هستی‌شناسی مرتبه بالای استاندارد مشتق شده باشد، نگاشت میان هستی‌شناسی‌های دامنه آسان‌تر می‌شود (Colomb 2002).

هستی‌شناسی‌های مرتبه بالای موجود شامل Cyc، BFO، DOLCE، SUMO، GFO و چند هستی‌شناسی مرتبه بالای با اهمیت کمتر می‌باشد. در حال حاضر در کشور ما تلاش مدونی برای توسعه هستی‌شناسی دامنه‌های مختلف به خصوص حوزه‌های نظامی، انتظامی، امنیتی و مدیریت بحران صورت نگرفته است و صرفاً برخی پژوهش‌ها مانند اقدام به توسعه اصطلاح‌نامه‌ها و یا هستی‌شناسی‌های ابتدایی در برخی دامنه‌ها نموده‌اند (حسینی بهشتی ۱۳۹۴). به تبع، نیاز به انتخاب هستی‌شناسی مرتبه بالا احساس نشده است. چنانچه پیش از تلاش‌های مجزا و درون حوزه‌ای برای

¹⁰ thing

¹¹ spatio-temporal objects

⁸ descriptive

⁹ revisionary

باقی واقعیت پیچیده وجود داشته باشد. هر مکان زمانی - فضایی شامل حداکثر یک شیء می‌باشد.

معیار مهم دیگر وجود موجودیت‌های ایندورنت^{۱۶} و پردورنت^{۱۷} می‌باشد. ایندورنت‌ها، موجودیت‌هایی هستند که به طور کامل و تماماً در هر یک از زمان‌های متفاوت متعدد در هستی خود، حضور دارند مانند یک کتاب اما پردورنت‌ها یا موجودیت‌های ۴ بعدی، موجودیت‌هایی هستند که در زمان اتفاق می‌افتند و با روی هم جمع شدن اجزاء زمانی مختلف در زمان بسط می‌یابند، بنابراین در هر زمان مفروض، تنها اجزاء زمانی آنها حضور دارند مانند خواندن یک کتاب. البته باید توجه داشت که هر دوی ایندورنت‌ها و پردورنت‌ها در طول زمان حضور دارند. صرفاً طبیعت حضور است که در این دو دید متفاوت می‌باشد (Semy, Pulvermacher, and Obrst 2004).

از جمله معیارهای دیگری که کمتر در متون پژوهشی معیار مقایسه قرار گرفته است، واقعیت‌گرایی^{۱۸} در برابر امکان‌گرایی^{۱۹} است؛ در واقعیت‌گرایی، هر چیزی که در هستی‌شناسی وجود دارد واقعی است؛ درحالی‌که در امکان‌گرایی، اشیاء اجازه دارند که مستقل از وجود واقعی خودشان باشند. معیار دیگر، حالت جاودانی^{۲۰} است که اشاره به این دارد که آیا زمان‌های گذشته، حال و آینده همه در هستی‌شناسی وجود دارد یا خیر.

از جمله دیگر معیارها، وجود موجودیت‌های واقعی در برابر انتزاعی است. موجودیت‌های واقعی، موجودیت‌هایی هستند که در فضا و زمان وجود دارند؛ موجودیت‌های انتزاعی، موجودیت‌هایی هستند که نه در فضا و نه زمان وجود ندارند. معیار مقایسه دیگر، بخش‌شناسی^{۲۱} یا تئوری بخش‌هاست. معیار درشت‌دانگی

دارد. چنانچه شواهدی از زبان طبیعی یا شناختی (انسانی و اجتماعی) برای افزودن مفاهیم هستی‌شناسی وجود داشته باشد، این مفاهیم می‌توانند اضافه شوند. هر کدام بایستی به چیزی مربوط باشد که به نظر می‌رسد مورد نیاز است و مبتنی بر امری شناخته شده یا باور شده در زبان طبیعی، شناخت انسانی و یا واقعه‌ای اجتماعی/فرهنگی باشد. در مقابل تجدید نظری شامل هر چیزی که در فضا و زمان بسط می‌یابد، می‌باشد. مفاهیم هستی‌شناسی نمی‌تواند دلخواهانه افزوده شود. هر مفهوم بایستی به چیزی که بطور واقعی در دنیا وجود دارد، مرتبط باشد، عاری از هر گونه تصور و مفهوم‌سازی انسانی از دنیا.

معیار دیگر، وجود کلی‌ها^{۱۲} در مقابل موردها^{۱۳} می‌باشد. کلی‌ها، موجودیت‌هایی هستند که می‌توانند دارای نمونه باشند. گاهی اوقات کلی‌ها، واقعی در نظر گرفته می‌شوند؛ گاهی اوقات تنها اشیاء دسته‌بندی در نظر گرفته می‌شوند. در مقابل موردها، موجودیت‌هایی هستند که نمی‌توانند نمونه بگیرند.

معیار دیگر، افزایشنده^{۱۴} بودن در مقابل کاهشنده^{۱۵} بودن یک هستی‌شناسی است. در هستی‌شناسی افزایشنده، مفاهیم هستی‌شناسی می‌تواند شامل هر چیزی باشد که واقعاً به نظر می‌رسد مورد نیاز است، بنابراین حالتی بی‌بندوبار و آشفته و در عین حال بسیار بیانگر پیدا می‌کند. به عنوان مثال یک شخص و بدنش، اشیاء مجزایی هستند. یک شخص در زمان مرگش یا هنگامیکه برخی اجزای حیاتی او جایگزین می‌شود، از انسان بودن دست می‌کشد، با اینکه بدن ممکن است باقی بماند. در مقابل در یک هستی‌شناسی کاهشنده، تعداد مفاهیم هستی‌شناسی به میزان حداقل کاهش می‌یابد تا تنها کمترین تعداد از مفاهیم اولیه کافی برای استخراج

17 perdurant

18 actualism

19 possibilism

20 eternalist stance

21 mereology

12 universals

13 individuals

14 multiplicative

15 reductionist

16 endurant

میان طبقات مفاهیم این سه هستی‌شناسی از جمله مدل‌های ارائه شده برای فضا و زمان و سطوح واقعیت، صورت گرفته و با هم مقایسه شده‌اند و بحث مسوطی در مورد تفات ایندورنت و پردورنت، حالت‌ها، رخدادها، شرایط و تغییرات در این هستی‌شناسی‌ها صورت گرفته است.

در (Semy, Pulvermacher and Obrst 2004) مقایسه و ارزیابی میان SUMO، Upper Cyc و DOLCE صورت گرفته است. این مقایسه برحسب وجود مجوز رایگان، پیمان‌های بودن و مستندات استفاده از آنها بوده است.

در (Grenon 2003) نیز میان DOLCE و BFO مقایسه‌ای دقیق صورت گرفته که از جنبه شمول طبقات ایندورنت و پردورنت، حالت ابدی، تئوری بخش‌بندی^{۲۳} و تئوری وابستگی^{۲۴}، مفهوم‌گرایی در مقابل واقع‌گرایی، وجود دانش عرفی، موجودیت‌های انتزاعی و عینی، عامل‌ها و نیت‌مندی، کلی‌ها و موردها، تفاوت کیفیت‌ها در دو هستی‌شناسی بررسی و مقایسه صورت گرفته است.

هستی‌شناسی‌های مرتبه بالای موجود

از جمله معروف‌ترین هستی‌شناسی‌های مرتبه بالای موجود می‌توان به هستی‌شناسی‌های GFO، Cyc، DOLCE، BFO، SUMO و چند هستی‌شناسی دیگر اشاره کرد. در ادامه هر کدام از این هستی‌شناسی‌ها معرفی می‌شود.

۱-۳-۲- هستی‌شناسی Cyc

این هستی‌شناسی به عنوان یک پایگاه دانش خرد جمعی و دانش عرفی ساخته شده تا از پردازش زبان طبیعی پشتیبانی کند، بنابراین تلاش می‌کند مفاهیم ساده‌ای را از دنیای واقعی ارائه دهد. هستی‌شناسی Cyc اختصاصی است و بخشی از پایگاه دانش Cyc که از طریق شرکت Cycorp مجوز داده شده، برای استفاده تجاری ارائه شده است. زیرمجموعه‌ای از پایگاه دانش Cyc، با نام OpenCyc، نیز تحت مجوز کتابخانه GNU می‌باشد. تحت این مجوز،

به وجود سطوح مختلف جزئیات و انتزاع درون یک هستی‌شناسی اشاره دارد. لحاظ کردن جنبه‌های زمانی معیار دیگری برای مقایسه است. لحاظ کردن ویژگی‌ها یا صفات و مقادیر، معیار دیگری است؛ به عنوان مثال، رنگ یک سیب.

دارا بودن مدلی برای فضا و زمان، شامل مناطق و مرزهای زمانی و فضایی، معیار دیگری است. وجود معماری یک لایه در مقابل سه لایه معیار دیگری می‌باشد؛ در معماری یک لایه تنها یک سطح ابتدایی وجود دارد؛ در معماری سه لایه، یک سطح انتزاعی مرتبه بالا، یک سطح انتزاعی هسته‌ای و یک سطح ابتدایی وجود دارد.

لحاظ کردن وضعیت‌ها و موقعیت‌ها^{۲۲}، آخرین معیار مقایسه می‌باشد. وضعیت به تجمیعی از حقایق که می‌تواند به عنوان یک کل درک شده و شرایط خاص وحدت و پیوستگی را ارضا نماید، گفته می‌شود در حالیکه موقعیت، بخشی از دنیاست که یک کل قابل درک است و می‌تواند به طور مستقل وجود داشته باشد (Mascardi, Cordi and Rosso 2007)، (Khan and Keet 2013).

ارزیابی‌های صورت گرفته در متون پژوهشی

در مقایسه‌ای که در (Pease 2006) میان هستی‌شناسی‌های DOLCE و SUMO صورت گرفته است، هدف و حوزه کاربرد دو هستی‌شناسی بررسی و مقایسه شده و از نظر ملاک‌هایی مانند کلی بودن مفاهیم و شمول موردها، نمایش ابرخصوصیات و مقایسه عناصر و سلسله‌مراتب و دسته‌بندی مفاهیم این دو هستی‌شناسی مقایسه‌هایی صورت گرفته است (Pease 2006).

در ارزیابی دیگری که در (Herre et al. 2006) میان هستی‌شناسی‌های GFO، DOLCE و Sowa صورت گرفته است، نگاهت‌های غیررسمی از GFO به DOLCE و از GFO به Sowa و بالعکس انجام شده است. تطبیق و نگاهت‌های

²⁴ theory of dependence

²² situoids

²³ theory of parthood

یک بازنمایی صوری از اصول، قواعد سرانگشتی، و دارای مکاشفه‌هایی برای استنتاج درمورد اشیاء و رویدادهای زندگی روزمره می‌باشد. پایگاه دانش Cyc به هزاران میکروتئوری تقسیم می‌شود که بر دامنه‌ای خاص از دانش، سطح خاصی از جزئیات و بازه زمانی خاص در زمان تمرکز کرده‌اند (Semy, Pulvermacher and Obrst 2004)، (Borgo et al. 2002)، (cycorp 2017).

هستی‌شناسی BFO

هستی‌شناسی بنیادین صوری یا BFO، توسط «بری اسمیت»^{۲۹} و همکارانش توسعه یافته و شامل مجموعه‌ای از زیرهستی‌شناسی‌ها در سطوح مختلف درشت‌دانگی می‌باشد. BFO شامل دو زیر هستی‌شناسی است: SNAP - مجموعه‌ای از هستی‌شناسی‌های اسنپ‌شات (O_{ti})، که با زمان، نمایه‌گذاری شده‌اند - و SPAN - یک هستی‌شناسی یکتا با بسط و ویدئویی (O_v) می‌باشد. یک O_{ti} مخزنی از تمامی موجودیت‌های موجود در یک زمان می‌باشد، یک O_v مخزنی از تمامی فرایندهایی است که در طی زمان آشکار می‌شوند. هر دو نوع هستی‌شناسی، مبنایی برای مجموعه‌ای از زیر هستی‌شناسی‌ها می‌باشد که هر کدام به عنوان پنجره‌ای به بخش مشخصی از واقعیت در سطح معینی از درشت‌دانگی است.

بنابراین BFO شامل دید سه بعدی و چهار بعدی واقعیت درون یک قاب یکتا می‌باشد. روابط درونی میان دو نوع از هستی‌شناسی‌ها تعریف شده‌است، به طوریکه BFO امکانات کار با هر دو خصیصه ایستا/فضایی و پویا/زمانی واقعیت را فراهم می‌کند.

به طور خلاصه می‌توان گفت BFO یک هستی‌شناسی کوچک سطح بالاست که برای پشتیبانی از بازیابی، تحلیل و یکپارچگی اطلاعات در حوزه‌های علمی و سایر دامنه‌ها

ماژول‌های OpenCyc، میکروتئوری نامیده می‌شوند و هر گونه تغییر یا افزوده‌ای به این ماژول‌ها باید عمومی باقی بماند. به جهت استفاده از این میکروتئوری‌ها، این هستی‌شناسی ماژولار^{۲۵} است. یک نسخه کم و بیش مشروح‌تر از Upper Cyc برای استفاده رایگان غیرتجاری با نام ResearchCyc در دسترس قرار گرفته است.

اینطور گفته می‌شود که هستی‌شناسی Upper Cyc، بزرگترین و قدیمی‌ترین هستی‌شناسی است. از نقطه نظر بکارگیری، تعداد اندکی نمونه ثبت شده استفاده Upper Cyc در بخش دولتی و نظامی وجود دارد. برای مثال دو پروژه دارپا شامل پایگاه دانش با کارایی بالا^{۲۶} (HPKB) (Cohen et al. 1998) و شکل‌دهی سریع دانش^{۲۷} (RKF) (Brown 2004) از پایگاه دانش Cyc استفاده کرده‌اند. به نظر می‌رسد که هستی‌شناسی Upper Cyc کاملاً به پایگاه دانش Cyc وابسته و متصل بوده و سبب می‌شود استفاده از این هستی‌شناسی به عنوان یک هستی‌شناسی مستقل یا درون چارچوب یک کتابخانه هستی‌شناسی دشوار باشد.

به نظر می‌رسد Upper Cyc شامل هر دو عنصر واقع‌گرایی و همچنین مفاهیم خاص شناختی است. این هستی‌شناسی دیدگاهی افزاینده دارد، اما ضعیف‌تر از DOLCE است. علاوه بر این، یک دیدگاه سه بعدی را اتخاذ کرده‌است، بنابراین هم ایندورنت‌ها و هم پردورنت‌ها را طبقه‌بندی کرده‌است. سطح بالای Cyc، هم موردها و هم کلی‌ها را پذیرفته است و هم موجودیت‌های انتزاعی و عینی و محسوس در آن طبقه‌بندی شده‌اند.

این هستی‌شناسی اهمیت بسیار کمی به سازگاری با علوم پایه داده است؛ علاوه بر اینکه سیاست‌های روشن و صریحی برای به‌روزرسانی ندارد و برای افراد خارج از آن بسیار غیرقابل فهم است. بطور خلاصه، پایگاه دانش Cyc^{۲۸}

²⁸ Cyc Knowledge Base

²⁹ Barry Smith

²⁵ modular

²⁶ High Performance Knowledge Base

²⁷ Rapid Knowledge Formation

استخراج اطلاعات، بازیابی اسناد و تعامل‌پذیری معنایی استفاده می‌شود. از نقطه نظر کاربردهای نظامی، امنیتی و مدیریت بحران، تعامل‌پذیری معنایی یک عملکرد کلیدی است.

یکی از جنبه‌های منحصر به فرد آن وجود یک هستی‌شناسی سطح میانه با نام MILO است که بدقت با آن یکپارچه شده ولی مفاهیم عینی و محسوس بیشتری نسبت به آن دارد (Pease 2017). اتصال یک هستی‌شناسی مرتبه بالا و میان‌مرتبه و پتانسیل هستی‌شناسی‌های دامنه که قابل استفاده مجدد هستند، کاربرد SUMO را برای توسعه‌دهندگان هستی‌شناسی‌های دامنه ساده‌تر خواهد کرد. برای ارتقای عملیاتی SUMO، این هستی‌شناسی دارای یک سیستم مدیریت و استنتاج هستی‌شناسی به صورت منبع باز می‌باشد که دارای قابلیت ایجاد، آزمون، تغییر و استنتاج بر روی هستی‌شناسی‌های مرتبط با SUMO است.

هستی‌شناسی SUMO به طور کامل با منطق مرتبه اول اصل‌گذاری شده و به این طریق، زیرساخت منطقی روشنی دارد. این هستی‌شناسی انسجام بیشتری نسبت به سطح بالای Cyc دارد. پشتیبانی وبی خوبی داشته و در دامنه عمومی است. این هستی‌شناسی یک هستی‌شناسی برای موجودیت‌های انتزاعی نیز می‌باشد (مجموعه‌ها، عملکردها در ریاضیات و ...). تاکنون رسیدگی روشنی به روابط میان نمونه‌ها در مقابل روابط میان نوع‌ها^{۳۲} صورت نگرفته است (Farrar and Bateman 2004) (Niles and Pease 2001)

(Pease 2017) (Nichols and Terry 2003)

هستی‌شناسی DOLCE

این هستی‌شناسی توسط «نیکولا گورینو»^{۳۳} و همکارانش در آزمایشگاه هستی‌شناسی کاربردی^{۳۴} توسعه یافته است. هستی‌شناسی توصیفی برای زبان‌شناسی و

استفاده می‌شود. این هستی‌شناسی، یکپارچگی سطح بالایی در حوزه‌های علمی و سایر حوزه‌ها ایجاد می‌کند، بنابراین شامل اصطلاحات فیزیکی، شیمیایی، زیست‌شناختی و سایر اصطلاحاتی است که متعلق به حوزه‌های تحت پوشش علوم خاصی نمی‌شود، این هستی‌شناسی، چارچوبی را تعریف کرده که به اطمینان از سازگاری و عدم افزونگی هستی‌شناسی‌های ساخته شده با عبارات آن، کمک می‌کند. فواید BFO شامل کوچکی، ساده بودن، به شدت آزمون شده و دارای گروه بزرگی از کاربران و نگهدارندگان است. از نظر انسانی قابل فهم بوده و با سطح بالای هستی‌شناسی DOLCE سازگار و یک سطح بالای حقیقی و درست دارد (Semy, Pulvermacher and Obrst 2004) (University of buffalo. 2003) (Arp, Smith and Spear 2015).

هستی‌شناسی SUMO^{۳۰}

SUMO، پروژه هستی‌شناسی دیگری است که دارای یک هستی‌شناسی مرتبه بالاست. این هستی‌شناسی تاکنون به هستی‌شناسی‌های مرتبه بالای دیگر و وردنت^{۳۱}، نگاشت شده است (Niles and Pease 2003). همچنین مستندات فراوانی در مورد آن موجود بوده و پشتیبانی از آن توسط توسعه‌دهندگان فراهم شده است. به نظر می‌رسد که تقریباً یک هستی‌شناسی بالغ می‌باشد بطوریکه به صورت فعالانه در حال توسعه نمی‌باشد بلکه در وضعیت نگهداری است. SUMO یک هستی‌شناسی سبک وزن و نسبتاً کوچک است؛ بطوریکه یک شخص واحد می‌تواند به سهولت آن را متوجه شود. از نظر اندازه، میانه است و بین هستی‌شناسی کوچکتر DOLCE و بزرگتر Upper Cyc قرار می‌گیرد.

هدف از توسعه آن، تواناسازی تعامل‌پذیری داده‌ای، جستجو و بازیابی اطلاعات، استنتاج خودکار و پردازش زبان طبیعی می‌باشد. در حال حاضر در مسائلی مانند

³³ Nicola Guarino

³⁴ Laboratory for Applied Ontology (LOA)

³⁰ Suggested Upper Merged Ontology

³¹ WordNet

³² types

با هم ترکیب می‌کند. این هستی‌شناسی در تلاش است تا بسیاری از جنبه‌های فلسفه اخیر را استفاده نماید که هم در درخت تکسونومی و هم در اصول موضوعه آن منعکس شده‌است. GFO اجازه می‌دهد تا اصل‌گذاری‌های مختلفی از طبقات آن صورت گیرد (مانند وجود بازه‌های زمانی اتمیک درمقایسه با زمان متراکم).

دو وجه ممیزه GFO در میان باقی موارد، در نظر داشتن ماندگاری و مدل زمانی آن می‌باشد. در رابطه با ماندگاری، تمایز میان ماندگارها(اشیاء) و رخ‌دانی‌ها(فرایندها) در GFO صریح و شفاف شده‌است. در موضوع زمان، بازه‌های زمانی به عنوان نوع‌های اصلی در GFO در نظر گرفته می‌شوند و نقاط زمانی(که مرزهای زمانی نامیده می‌شود) از آن استخراج می‌شوند. به طور خلاصه می‌توان گفت GFO شامل جزئیات و توصیفات طبقاتی مانند اشیاء، فرایندها، زمان و فضا، خصوصیات، روابط، نقش‌ها، عمکردها، حقایق و وضعیت‌ها می‌باشد. این هستی‌شناسی دارای سطوح واقعیت است تا با درستی و دقت بیشتری موجودیت‌های حوزه مواد، موجودیت‌های ذهنی و اجتماعی را یکپارچه نماید(Mascardi, Cordi and Rosso 2007) (Herre 2010).

هستی‌شناسی وردنت

وردنت یک پایگاه داده رایگان است که در اصل به عنوان یک شبکه معنایی مبتنی بر اصول روانشناسی زبان^{۳۸} طراحی شده و سپس با افزودن تعاریف، گسترش یافته و هم اکنون به عنوان یک فرهنگ واژگان نیز به آن نگاه می‌شود. وردنت با وارد کردن کلی‌ترین مفاهیم، علاوه بر مفاهیم خاص و ویژه‌تر که نه تنها از طریق روابط رده‌بندی^{۳۹}، بلکه بوسیله سایر روابط معنایی، مانند "بخشی از" و "علت"، به هم مرتبط هستند، دارای صلاحیت و واجد شرایط یک هستی‌شناسی مرتبه بالا شده‌است. در هر

مهندسی شناختی^{۳۵}(DOLCE)، نخستین مولفه از کتابخانه هستی‌شناسی‌های مبنایی WonderWeb^{۳۶} می‌باشد. همانطور که سرنام آن دلالت می‌کند، مبنای شناختی دارد، بطوریکه شامل طبقات هستی‌شناسی در زبان طبیعی و دانش رایج انسانی می‌باشد. با این وجود به ماوراءالطبیعه که مربوط به طبیعت ذاتی دنیاست، متعهد نمی‌باشد. به جای آن، طبقه‌بندی‌هایی ارائه داده که فراورده‌های شناختی است که به ادراک انسانی، نقوش فرهنگی و قراردادهای اجتماعی وابسته است. DOLCE یک هستی‌شناسی از موردهاست، البته موارد عمومی در آن وجود دارد که برای سازماندهی و مشخص کردن موردها استفاده می‌شود و خودشان موضوع سازماندهی و توصیف (به عنوان مثال بوسیله ابرویژگی‌ها) نیستند.

DOLCE هم ایندورنت‌ها و هم پردورنت‌ها را بازنمایی می‌کند، بنابراین نمایی سه بعدی دارد. از رویکردی توصیفی و افزایش استفاده می‌کند و بنابراین موجودیت‌هایی که با هم در یک مکان حضور مشترک^{۳۷} دارند را می‌پذیرد. معیارهای کیفی شدید و مستندسازی وسیعی دارد. این هستی‌شناسی و رای قابلیت محاسباتی آن، زیرساخت منطقی روشنی دارد(منطق مرتبه اول). انسجام بسیار بیشتری نسبت به سطح بالای Cyc دارد. این هستی‌شناسی کاربردهای موفقی در تعدادی از پروژه‌های تحقیقاتی داشته است(Farrar and Semy, Pulvermacher and Obrst 2004) (Bateman 2004 Laboratory for applied ontology) (2017 Masolo et al) (2003).

هستی‌شناسی GFO^{۳۸}

هستی‌شناسی رسمی کلی (GFO)، توسط «هنریچ هر^{۳۹}» و همکارانش در یک گروه تحقیقاتی در لپزیگ توسعه یافته و یک هستی‌شناسی واقع‌گرا می‌باشد که فرایندها و اشیاء را

³⁸ General Formal Ontology

³⁹ Heinrich Herre

⁴⁰ psycholinguistic

⁴¹ subsumption relations

³⁵ Descriptive Ontology for Linguistic and Cognitive Engineering

³⁶ <http://wonderweb.semanticweb.org/objectives.shtml>

³⁷ co-localized

تحمل‌پذیری و هستی‌شناسی حوزه فرهنگی استفاده شده‌است (Wikipedia 2006).

هستی‌شناسی COSMO^{۴۶}

این هستی‌شناسی به عنوان پروژه‌ای از گروه COSMO از گروه کاری هماهنگی هستی‌شناسی و تکسونومی^{۴۷} آغاز شد. نسخه کنونی آن یک هستی‌شناسی OWL می‌باشد. هدف این گروه کاری، توسعه یک هستی‌شناسی مبنایی با فرایندی مبتنی بر همکاری بود که به آن اجازه می‌داد تا تمامی عناصر پایه هستی‌شناسی که اعضا احساس می‌کردند برای برنامه‌های کاربردی‌شان مورد نیاز است، نمایش دهد. توسعه آن کاملاً منبع باز بوده و هر نظر یا پیشنهادی از هر منبعی پذیرفته می‌شود. نسخه کنونی آن بر وارد کردن تمامی کلمات فرهنگ واژگان لانگ‌من از زبان انگلیسی معاصر از طریق واژگانی که تعاریف آنها کنترل شده (۲۱۴۸ کلمه) تمرکز یافته است. این کلمات برای تعریف (از نظر زبان‌شناسی) تمامی ورودی‌ها در فرهنگ واژگان انگلیسی معاصر لانگ‌من کافی است؛ بنابراین به عنوان مبنایی برای تعامل‌پذیری معنایی عمومی در نظر گرفته می‌شود.

COSMO از شبکه‌ای از هستی‌شناسی‌ها تشکیل شده است که به عنوان مجموعه‌ای از مفاهیم منطقی تعریف شده پایه (کلاس‌ها، روابط، عملکردها، نمونه‌ها) در نظر گرفته می‌شود؛ بطوریکه از طریق آن، معناهای تمامی اصطلاحات و مفاهیم در هستی‌شناسی‌های دامنه می‌تواند توصیف شود. هم اکنون مفاهیمی را از هستی‌شناسی‌های OpenCyc و SUMO با کلاس‌هایی از هستی‌شناسی‌های DOLCE و BFO یکپارچه کرده است. کار بر روی آن همچنان در جریان می‌باشد (Wikipedia 2006) (Mascardi, Cordi and Rosso 2007) (Cassidy 2017).

چارچوب جریان اطلاعات^{۴۸} (IFF)

صورت برخلاف Cyc، این هستی‌شناسی به صورت رسمی اصل‌گذاری^{۴۲} نشده تا روابط منطقی میان مفاهیم، دقیق و مشخص شود. از این هستی‌شناسی در تحقیقات پردازش زبان طبیعی استفاده فراوانی می‌شود (Mascardi, Cordi and Rosso 2007) (Miller 1995).

هستی‌شناسی PROTON^{۴۳}

این هستی‌شناسی یک هستی‌شناسی مرتبه بالای پایه است که پوششی از مفاهیم عمده مورد نیاز برای طیف وسیعی از کاربردها، شامل برچسب‌گذاری معنایی، نمایه‌گذاری، حاشیه‌نویسی، فهرست‌گذاری و بازیابی مستندات را فراهم می‌کند. اصول طراحی آن را می‌توان تحت عنوان مواردی که در ادامه می‌آید خلاصه نمود: (۱) مستقل از دامنه؛ (۲) تعریف‌های منطقی سبک وزن؛ (۳) در راستای استانداردهای معروف؛ (۴) پوشش خوبی بر موجودیت‌ها و حوزه‌های محسوس و عینی (مانند مردم، سازمان‌ها، مکان‌ها، اعداد، تاریخ‌ها و آدرس‌ها) (Mascardi, Terziev, Kiryakov and Manov 2007) (Cordi and Rosso 2007).

هستی‌شناسی YAMATO^{۴۴}

این هستی‌شناسی تسط «ریچیرو میزوگوچی^{۴۵}»، ابتدا در انستیتوی تحقیقات علمی و صنعتی دانشگاه اساکا و هم اکنون در انستیتوی پیشرفته ژاپن در علوم و فناوری، توسعه یافته است. ویژگی‌های عمده YAMATO شامل توصیفی پیشرفته از کیفیت/صفت/ویژگی/کمیت، توصیفی پیشرفته از فرایندها و رخدادها و استفاده از تئوری نقش‌ها می‌باشد. این هستی‌شناسی تاکنون در بسیاری از کاربردها برای توسعه هستی‌شناسی‌های کاربردی‌تر دیگر مانند هستی‌شناسی پزشکی، هستی‌شناسی ژن‌ها، هستی‌شناسی تئوری‌های یادگیری/تدریس، هستی‌شناسی علم

⁴⁶ Common Semantic Model

⁴⁷ Ontology and taxonomy Coordinating Working Group

⁴⁸ Information Flow Framework

⁴² axiomatized

⁴³ PROTo ONtology

⁴⁴ Yet Another More Advanced Top Ontology

⁴⁵ Riichiro Mizoguchi

استوار است که سلسله‌مراتب از آن به صورت خودکار تولید شده است. برای هر کاربرد خاص، طبقات با انتخاب یک مجموعه مناسب از تمایزات تعریف می‌شود. هر کدام از این طبقات می‌تواند فیزیکی یا انتزاعی باشد (و در هر دو مورد، می‌تواند ادامه‌دار یا رخدادنی باشد)، و همچنین می‌تواند مستقل، وابسته یا میانه باشد. برای مثال، فرایند فیزیکی، رخدادنی و مستقل است (Sowa 2010) (Sowa 1999).

هستی‌شناسی MSO

MSO یک هستی‌شناسی چند مرجعه از WebKB-2 است، یک سرور دانشی که به کاربران وب اجازه می‌دهد تا پایگاه‌های دانش شخصی را بر روی رایانه‌های خودشان یا یک پایگاه دانش مشترک بزرگ بر روی سرور، مشاهده و به‌روزرسانی نمایند. هستی‌شناسی پایگاه دانش مشترک، هم اکنون ترکیبی یکپارچه از هستی‌شناسی‌های سطح بالای مختلف و یک هستی‌شناسی واژگانی استخراج شده از توسعه و تصحیح بخش مربوط به اسامی وردنت ۱,۷ می‌باشد. معناهای برخی طبقات از وردنت تغییر یافته تا ناسازگاری‌ها را تصحیح نماید، درحالی‌که معناهای طبقات سایر منابع (مانند Sowa, DOLCE) حفظ شده است. توسعه MSO هنوز در جریان است (Wikipedia 2006) (Mascardi, Cordi and Rosso 2007).

پروژه OntoMap

در نهایت، پروژه‌ای با هدف تسهیل دسترسی، فهم و استفاده مجدد از منابع هستی‌شناسی بوده است. این پروژه شامل یک چارچوب معنایی است که در سطح مفهومی پیاده‌سازی شده و به اندازه کافی کوچک و ساده است که می‌تواند به راحتی آموخته شود. از نظر تکنیکی، OntoMap یک وب‌سایت فراهم‌کننده دسترسی به

هستی‌شناسی مرتبه بالای استاندارد IFF، توسط «باب کنت»^{۴۹} توسعه یافته و هم‌اکنون توسط گروه کاری IEEE^{۵۰} SUO در حال توسعه است. IFF چارچوبی برای اشتراک هستی‌شناسی‌ها، کار با هستی‌شناسی‌ها همانند اشیاء، مرتبط کردن هستی‌شناسی‌ها از طریق فرم‌ها^{۵۱}، بخشبندی هستی‌شناسی‌ها، ترکیب هستی‌شناسی‌ها از طریق همجوشی‌ها، یادداشت و ثبت وابستگی‌های میان هستی‌شناسی‌ها، و اعلان استفاده از سایر هستی‌شناسی‌ها می‌باشد. این چارچوب، رویکرد بلوک‌سازنده را در ساخت و مدیریت هستی‌شناسی اتخاذ کرده، و از تئوری طبقه‌بندی^{۵۲} و تئوری جریان اطلاعات^{۵۳} برای پشتیبانی از ماژولار بودن هستی‌شناسی استفاده می‌کند. IFF در اصل یک ابرهستی‌شناسی می‌باشد که برای یکپارچه‌سازی هستی‌شناسی‌ها استفاده می‌شود و هنوز در گام‌های اولیه توسعه است (Kent, 2011).

هستی‌شناسی UMBEL^{۵۴}

این هستی‌شناسی دارای ۲۸۰۰۰ مفهوم مرجع می‌باشد که به زیرمجموعه‌ای از هستی‌شناسی OpenCyc نگاشت شده است، با این نیت که راهی برای پیوند هستی‌شناسی OpenCyc با هستی‌شناسی‌های دارای رسمیت کمتر فراهم شود. علاوه بر این، این هستی‌شناسی نگاشت‌های رسمی به Wikipedia, DBpedia, PROTON و GeoNames دارد (Wikipedia 2006).

هستی‌شناسی Sowa

طبقات پایه و تمایزات موجود در این هستی‌شناسی از منابع متعدد و متنوعی در منطق، زبان‌شناسی، فلسفه و هوش مصنوعی استخراج شده است. برای نگهداری سیستم به صورت انتها باز، هستی‌شناسی Sowa مبتنی بر سلسله‌مراتب ثابتی از طبقات می‌باشد، اما بر روی چارچوبی از تمایزات

52 category theory

53 information flow theory

54 Upper Mapping and Binding Exchange Layer

49 Bob Kent

50 Standard Upper Ontology Working Group Website,

<http://suo.ieee.org/>

51 morphisms

نیاز برای انتخاب یا توسعه هستی‌شناسی مرتبه بالای مورد نیاز جهت توسعه هستی‌شناسی‌های دامنه نظامی، انتظامی، امنیتی و مدیریت بحران توصیه و پیشنهاد می‌شود.

تجزیه و تحلیل یافته‌ها

از میان هستی‌شناسی‌های معرفی شده در پیشینه پژوهش، پنج هستی‌شناسی SUMO, GFO, DOLCE, BFO, Cyc دارای کاربرد بیشتر در تحقیقات و پروژه‌های عملی بوده و از مشکلات و انتقادات کمتری در متون پژوهشی برخوردار هستند. لذا در جداول بعدی، از جنبه معیارهای خارجی یا مهندسی نرم‌افزار، و همچنین معیارهای محتوایی هستی‌شناسی‌ها، مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفته‌اند. در جدول ۱، این مقایسه از جنبه اندازه و ابعاد هستی‌شناسی‌ها، مازولار بودن، مجوزهای استفاده و وضعیت نگهداری کنونی آنها می‌باشد (Semy, Pulvermacher, and Obrst 2004) (Mascardi, Cordi and Rosso 2007) (Khan and Keet 2016) (2013).

هستی‌شناسی‌های مرتبه بالای متعدد و نگاهت دستی میان آنهاست. در ذات خود، OntoMap مشابه COSMO و MSO می‌باشد، اما صرفاً مفاهیم بسیار بالای هر کدام از هستی‌شناسی‌های مرتبه بالا را برای همراستاسازی در نظر گرفته است (Mascardi, Cordi and Rosso 2007).

روش پژوهش

روش انجام پژوهش به این صورت بوده است که ابتدا معیارها و ملاک‌های ارزیابی هستی‌شناسی‌هایی مرتبه بالا از متون پژوهشی حاوی مقایسه‌ها و ارزیابی‌های هستی‌شناسی‌های مرتبه بالا استخراج شده و پس از بررسی مفهومی و تلفیق و تجمیع آنها با یکدیگر در قالب جداولی تدوین شده است. در ادامه با توجه به ویژگی‌های تشریح شده برای هستی‌شناسی‌های مرتبه بالای معرفی شده در پیشینه پژوهش، جداول مقایسه‌ای تکمیل شده است. سپس ویژگی‌های مورد نیاز برای مدلسازی دانش و اطلاعات در حوزه‌های نظامی، انتظامی، امنیتی و مدیریت بحران بررسی شده و با توجه به این نیازها، ملاک‌ها و معیارهای مورد

جدول ۱. مقایسه هستی‌شناسی‌های مرتبه بالا با معیارهای مهندسی نرم افزار

عنوان	DOLCE	BFO	GFO	SUMO	Upper Cyc
ابعاد	۱۰۰ طبقه و ۱۰۰ اصل و Quality رابطه. برای نشان Qualia دادن صفات بکار رفته	۳۹ مفهوم OWL در ، OBO عمومی؛ در ، ۳۳ RO تا؛ با عمومی و ۳۴ صفت شیء	نسخه کامل: ۷۹ کلاس، ۹۷ اعلان زیرکلاس و ۶۷ صفت شیء؛ نسخه پایه: ۴۴ کلاس، ۲۸ اعلان زیرکلاس، ۴۱ صفت شیء	۱۰۰۰ اصطلاح، ۴۰۰۰ اصل، ۷۵۰ قاعده	بیش از ۱۰۰,۰۰۰ عبارت اتمیک، ۵۰۰۰ مفهوم و ۵۰,۰۰۰ اصل
ماژولار بودن	نسخه‌های سبکتر/بیبانگر، دارای هستی‌شناسی‌های دامنه درونی، موجودیت‌های ماندگار و رخدادی آن در شاخه‌های مجزا و جداگانه‌ای یافت می‌شود.	موجودیت‌های ماندگار و رخدادی آن در شاخه‌های مجزا وجود دارد.	نسخه‌های سبکتر/بیبانگر، مولفه‌هایی برای عملکردها و نقش‌ها	موجودیت‌های ماندگار و رخدادی در شاخه‌های مجزایی وجود دارد، هستی‌شناسی‌های دامنه درونی	به میکروتئوری‌هایی تقسیم شده‌است. طراحی پیمانه‌ای را تسهیل کرده‌است.
مجوزدهی	رایگان	رایگان	رایگان	رایگان هستی‌شناسی‌های دامنه از استفاده GNU مجوز می‌کند.	زیرمجموعه‌ای از آن استفاده رایگان Open دارد) Cyc بیشتر بخش‌های آن اختصاصی است.

نگهداری و توسعه Cyc ادامه‌دار. تعدادی از KB هستی‌شناسی‌های دامنه‌ای را ثبت کرده‌است.	هم اکنون در حال نگهداری می‌باشد. به نگاشت MILO شده‌است و برای توسعه هستی‌شناسی‌های دامنه‌ای استفاده می‌شود.	در مرحله نگهداری است.	در حال توسعه می‌باشد.	یکی از سه پیمانانه در کتابخانه هستی‌شناسی WonderWeb بنیادی به DOLCE هم اکنون نگاشت OCHRE شده‌است.	بلوغ (شواهد استفاده از آن)
پردازش زبان طبیعی، ارزیابی ریسک شبکه، مدیریت تروریسم	زبان شناختی، بازنمایی، استخراج، سیستم‌های اطلاعاتی مستخرج از هستی‌شناسی، وب معنایی، پژوهش علمی، بازنمایی صوری تئوری متدولوژی‌ها و زبان‌های مدلسازی برای استفاده در برنامه‌های کاربردی نرم افزاری تا آنها را صریح تر سازد و شالوده‌ای هستی‌شناسانه از مدلسازی مفهومی، ویکی‌های معنایی دامنه‌های خاص	به طور عمده در حوزه زیست پزشکی و حوزه‌های دیگر مانند سیستم‌های اطلاعاتی مستخرج از هستی‌شناسی، وب معنایی، پژوهش علمی، بازنمایی صوری تئوری علمی، متدولوژی‌ها و زبان‌های مدلسازی برای استفاده در برنامه‌های کاربردی نرم افزاری تا آنها را صریح تر سازد و شالوده‌ای هستی‌شناسانه از مدلسازی مفهومی، ویکی‌های معنایی دامنه‌های خاص	به طور عمده در حوزه زیست پزشکی، حوزه‌های دیگر شامل سیستم‌های اطلاعاتی مستخرج از هستی‌شناسی، یکپارچه سازی پایگاه داده، پژوهش علمی، بازنمایی صوری تئوری علمی، پردازش زبان طبیعی	بازیابی اطلاعات چندزبانه، سرویس‌ها و سیستم‌های مبتنی بر وب، یادگیری الکترونیکی، سیستم‌های اطلاعاتی مبتنی بر هستی‌شناسی، یکپارچه سازی پایگاه داده، وب معنایی، بازیابی اطلاعات، پژوهش علمی، بازنمایی صوری تئوری علمی، پردازش زبان طبیعی	حوزه‌های کاربرد
به حدود Cyc ۱۲,۰۰۰ سینست در وردنت نگاشت شده است.	به تمام وردنت SUMO نسخه ۲,۱ به صورت دستی نگاشت شده است.	پشتیبانی نشده است.	پشتیبانی نشده	DOLCE-Lite-Plus با حدود ۱۰۰ سینست ^{۵۵} در وردنت تطابق یافته است.	نگاشت به وردنت
زیست پزشکی، کشاورزی، انرژی خانگی، مدیریت فرایند کسب و کار، شبیه سازی، شبکه‌های حسگر، نظامی، حقوقی، جغرافیا	زیست پزشکی، کشاورزی، انرژی خانگی، مدیریت فرایند کسب و کار، شبیه سازی، شبکه‌های حسگر، نظامی، حقوقی، جغرافیا	زیست پزشکی، انفورماتیک پزشکی، علوم زندگی، برنامه‌های کامپیوتری	زیست پزشکی، محیط، علوم زندگی، جغرافیا	زیست پزشکی، محیط، علوم زندگی، کشاورزی، مهندسی، مدیریت مذهبی، برنامه‌های کامپیوتری، شبیه سازی، دولت، نظامی، حقوقی، نمای زمین، جغرافیا	حوزه‌های موضوعی
CycL, OWL	SUO-KIF, OWL DL	FOL KIF (در آینده); OWL DL, OWL 2 DL	OBO, FOL, KIF, تمامی گونه‌های OWL	First Order Logic (FOL), KIF; OWL DL, OWL 2 DL	زبان
بله	بله	بله	بله	بله	نگهداری فعال

در جدول ۲، مقایسه از جنبه مسائل محتوایی هستی‌شناسی‌ها صورت گرفته است.

جدول ۲. مقایسه هستی‌شناسی‌های مرتبه بالا از جنبه‌های محتوایی (Khan and. Keet 2013)

SUMO	GFO	BFO	DOLCE	اصطلاحات و معانی
توصیفی	توصیفی و واقع‌گرا	واقع‌گرا	توصیفی	توصیفی در مقابل واقع‌گرایی
عمومی و موردی	عمومی و موردی	عمومی	موردی(خاص)	عمومی در برابر موردی
افزاینده و کاهنده	افزاینده و کاهنده	افزاینده و کاهنده	افزاینده و کاهنده	افزاینده در مقابل کاهنده
ایندورنت و پردورنت	ایندورنت و پردورنت	ایندورنت و پردورنت	ایندورنت و پردورنت	ایندورنت در مقابل پردورنت
روشن نیست	روشن نیست	واقعیت‌گرا	امکان‌گرا	واقعیت‌گرایی در برابر امکان‌گرایی
جاودانی	جاودانی	جاودانی	جاودانی	حالت جاودانی
واقعی و انتزاعی	واقعی و انتزاعی	واقعی	واقعی و انتزاعی	موجودیت‌های واقعی در برابر انتزاعی
بخش‌شناسی خودش	بخش‌شناسی خودش	بخش‌شناسی خودش	GEM	بخش‌شناسی
فراهم شده	فراهم شده	فراهم نشده	فراهم شده	جنبه‌های زمانی
روشن نیست	روشن نیست	حساس	سطح بالا	درشت‌دانگی
شامل نشده	شامل نشده	تاحدودی پشتیبانی شده	شامل شده	ویژگی‌ها و مقادیر
شامل نشده	شامل نشده	شامل شده	شامل نشده	مدلی برای فضا و زمان
یک لایه	سه لایه	یک لایه	یک لایه	معماری یک لایه در مقابل سه لایه
شامل نشده	شامل شده	شامل نشده	شامل نشده	وضعیت‌ها و موقعیت‌ها

نتیجه‌گیری

سرعت توسعه وب معنایی به انسان‌ها و رایانه‌ها اجازه داده تا معنا و مفهوم داده‌ها و در نهایت کاربردها را با هم به اشتراک بگذارند. کلید چشم‌انداز وب معنایی، توانایی به‌دست‌آوردن معنای داده‌ها و کاربردها در هستی‌شناسی‌ها و نگاشت این هستی‌شناسی‌ها به همدیگر از طریق مفاهیم مرتبط است. یک رویکرد برای نگاشت هستی‌شناسی‌های جدا از هم، استفاده از یک هستی‌شناسی مرتبه بالای استاندارد می‌باشد.

در نظر گرفتن محتوای یک هستی‌شناسی سطح بالا هنگام طراحی یک هستی‌شناسی دامنه، به طراح اجازه می‌دهد تا بر مبنای دانش و تجربه‌ای که تاکنون در یک هستی‌شناسی مرتبه بالا به‌دست آمده، هستی‌شناسی خود را بسازد. به طور

کلی انتظار می‌رود که هستی‌شناسی مرتبه بالا با توجه به مفاهیم کلی که دارد نسبت به آنچه در یک هستی‌شناسی دامنه‌ای نوعی وجود دارد، متضمن تخصص بیشتری باشد. بنابراین مدلسازی یک هستی‌شناسی دامنه پس از یک هستی‌شناسی مرتبه بالا بوسیله توسعه یا تنظیم مجدد مفاهیمی که تاکنون در هستی‌شناسی مرتبه بالا تعریف شده است، تکرار تلاش‌ها و دوباره‌کاری در هستی‌شناسی دامنه را کاهش داده و احتمال ایجاد یک هستی‌شناسی دامنه‌ای که از نظر معنایی غنی‌تر است را افزایش می‌دهد. اگر نگاشت میان هستی‌شناسی‌ها مورد نیاز است، استفاده از یک هستی‌شناسی مرتبه بالای مشترک، فرایند نگاشت را ساده‌تر می‌کند.

در سال‌های اخیر تعداد رو به افزایشی از برنامه‌های کاربردی با استفاده از هستی‌شناسی‌ها بوجود آمده‌است.

هستی‌شناسی سنجش وضعیت توسعه یافته در (Kokar, Tomasik, and Weyman 2004)، نیازمند تحول اشیاء در طول زمان است. ویژگی‌ها^{۵۷}، خصوصیات از اشیاء هستند که دارای مقادیر ویژگی^{۵۸} بوده و هرگاه یک اعلان رخداد^{۵۹} جدید وجود داشته باشد، به روز می‌شوند و محتوی اطلاعاتی درباره رخدادهاى دنیای واقعی هستند که توسط یک حسگر خاص در یک زمان خاص مشاهده شده‌است. به نظر می‌رسد مقادیر ویژگی به تئوری صحنه^{۶۰} بعدی (پردورنت) اشاره دارد (Sider 2002). به نظر می‌رسد که یک هستی‌شناسی مرتبه بالای بعدی (پردورنت) می‌تواند برای هستی‌شناسی‌های دامنه نظامی، امنیتی و مدیریت بحران که تقریباً پیچیده هستند، مفید باشد.

انتخاب تنها یک هستی‌شناسی مرتبه بالا دشوار است. رویکردهای تئوریک متفاوتی که توسط هستی‌شناسی‌های مرتبه بالای ارزیابی شده اتخاذ شده، شاهدهی است بر اینکه اجماع عمومی در مورد بهترین رویکرد وجود ندارد. در حقیقت یک پاسخ یکتا وجود ندارد؛ بلکه انتخاب بهترین رویکرد بنا بر وضعیت، متغیر است. اینکه کدام هستی‌شناسی مرتبه بالا بهترین گزینه است، بنابه موقعیت است و ممکن است انتخاب امروز، در طول زمان با بلوغ هستی‌شناسی‌های مرتبه بالا و تجربیات بیشتری که در استفاده از آنها به دست می‌آید، تغییر کند.

در نهایت با توجه به اینکه مفاهیم متعددی در دامنه‌های نظامی، امنیتی و مدیریت بحران مشترک می‌باشند (زمان، مکان، مأموریت، و...)، اگر هستی‌شناسی‌های ایجاد شده به طور عمومی قابل دسترس باشند، در زمان و هزینه طراحان هستی‌شناسی صرفه‌جویی شده و می‌تواند به ایجاد کتابخانه‌ای از بهترین هستی‌شناسی‌های سودمند منجر شود.

درمورد موضوعات مربوط به حوزه نظامی، امنیتی و مدیریت بحران، می‌توان موارد کاربرد هستی‌شناسی را در مسائلی مانند مدیریت بحران ژئوپلیتیک، توسعه تسلیحات بیولوژیک، تشخیص خودکار آماج، مشکلات مربوط به مدیریت صحنه درگیری شامل ملاحظات درک و طرح‌ریزی مانند آگاهی وضعیتی، تحلیل رشته اقدام و نقد و تحلیل بعد از عملی و تعیین مرکز ثقل استراتژیک^{۶۱} عنوان نمود (Kokar and Wang 2002) (Jones et al. 2002)؛ در نهایت، تعامل‌پذیری اشتراکی را می‌توان ذکر کرد (Bolstad and Endsley 2003).

همانطور که در بالا ذکر شد، کاربردهای هستی‌شناسانه فراوانی وجود دارد که یک هستی‌شناسی مرتبه بالا خلق می‌کند. با توجه به تنوع کاربردهای نظامی، امنیتی و مدیریت بحران، بر روی یک دامنه کاربردی خاص تمرکز شده‌است که هستی‌شناسی‌ها در آن برای رسیدگی به یک مشکل مشخص توسعه یافته‌اند، این دامنه، آگاهی وضعیتی می‌باشد. آگاهی وضعیتی، دریافت عناصر محیط در حجمی از زمان و فضا، فهم ارتباط آنها با یکدیگر و تجسم حالت آنها در آینده‌ای نزدیک می‌باشد (Endsley and Garland 2000).

هستی‌شناسی که برای دستیابی به آگاهی وضعیتی توسعه می‌یابد، نیازمند توجه به تغییر اشیاء در طول زمان در میدان درگیری است. به عنوان مثال می‌توان تانک‌ها و حرکت آنها در طول زمین و ارتباطات آنها با یکدیگر، تانک‌های دشمن که به سوی آنها متمایل می‌شوند را ذکر کرد. این اشیاء دارای تعدادی ویژگی هستند که در طول زمان تغییر می‌کند و چگونگی تغییر در آن اشیاء را مشخص می‌کند.

⁵⁸ property values

⁵⁹ event notice

⁶⁰ stage theory

⁶¹ آن خصوصیات، قابلیت‌ها، یا مکان‌هایی که از آنها یک نیروی نظامی یا امنیتی، آزادی عمل، برتری و قوت فیزیکی خود را به دست می‌آورد

⁵⁷ attributes

در بخش‌های گذشته، ویژگی‌های هستی‌شناسی‌های مرتبه بالا عنوان شد. برای انتخاب یک هستی‌شناسی مرتبه بالا به عنوان زیرساخت معنایی هستی‌شناسی‌های دامنه نظامی، امنیتی و مدیریت بحران، بایستی اهداف و نیازمندی‌ها را مشخص نمود. با بررسی و مقایسه معیارهای گفته شده در بخش‌های قبل، ویژگی‌های زیر برای یک هستی‌شناسی مرتبه بالا در حوزه‌های ذکر شده، مورد نیاز می‌باشد:

از جنبه معیارهای مهندسی نرم‌افزار:

ماژولار بودن، رایگان بودن، دارای نگهداری فعال، دارای شواهدی از کاربردهای موفق در حوزه نظامی، امنیتی و مدیریت بحران، حداقل‌امکان دارای نگاشت به وردنت، هستی‌شناسی در دوره بلوغ خود به سر برد.

از جنبه معیارهای محتوایی:

توصیفی و واقع‌گرا، شامل کلی‌ها و موردها، افزاینده، دید سه بعدی و چهار بعدی یا شامل ایندورنت و پردورنت، واقعیت‌گرا، دارای حالت جاودانی، دارای موجودیت‌های واقعی و انتزاعی، دارای بخش‌شناسی، دارای جنبه‌های زمانی، دارای سطوح مختلف درشت‌دانگی و ریزدانگی، شامل ویژگی‌ها و مقادیر، دارای مدلی برای فضا و زمان، پشتیبانی از وضعیت‌ها و موقعیت‌ها.

از آنجا که هستی‌شناسی‌های معرفی شده تقریباً تمامی معیارهای مهندسی نرم‌افزار را ارضا می‌کنند، تصمیم‌گیری بر روی معیارهای محتوایی می‌باشد. با توجه به معیارهای ذکر شده محتوایی، هیچ کدام از هستی‌شناسی‌ها، تمامی معیارها را ارضا نمی‌کند، به عنوان مثال هستی‌شناسی BFO که بسیاری از معیارها را دارد، از وضعیت‌ها و موقعیت‌ها پشتیبانی نمی‌کند، دارای موجودیت‌های انتزاعی نمی‌باشد و جنبه‌های زمانی در آن پشتیبانی نشده‌است. هستی‌شناسی GFO، دارای وضعیت‌ها و موقعیت‌ها بوده، شامل جنبه‌های زمانی می‌شود، واقع‌را و توصیفی است اما مدلی برای فضا و زمان، ویژگی‌ها و ارزش‌ها ندارد.

بنابراین هیچ هستی‌شناسی منفرد مرتبه بالایی بهترین گزینه نیست، توصیه ما استفاده ترکیبی از BFO و DOLCE

به عنوان یک چارچوب مفهومی برای هستی‌شناسی‌های سطح متوسط و دامنه می‌باشد. این دو هستی‌شناسی به طور کلی در تحلیل صوری هستی‌شناسانه و معناهای صوری، بهتر بوده و مبتنی بر تلاش‌های مهندسی هستی‌شناسی که در Cyc شروع شده و در SUMO ادامه پیدا کرده، ساخته شده‌اند. در نهایت، رویکرد توسعه یک کتابخانه از هستی‌شناسی‌های مبنایی بطوریکه توسعه‌دهندگان مستقل هستی‌شناسی بتوانند ماژول‌های خود را درون چنین کتابخانه مشترکی شرکت داده و همکاری کنند، مناسب است. به نظر می‌رسد بایستی از نقاط قوت این هستی‌شناسی‌ها استفاده کرد و یک هستی‌شناسی ترکیبی پیشنهاد داد که دارای نقاط قوت اکثر هستی‌شناسی‌ها باشد. در این مقاله، مفهوم هستی‌شناسی مرتبه بالا بررسی شده، هستی‌شناسی‌های معروف مرتبه بالای موجود تشریح شده و با معیارهای مختلف مقایسه شدند و با در نظر گرفتن نیازمندی‌های هستی‌شناسی مورد استفاده در حوزه نظامی، امنیتی و مدیریت بحران، الزامات انتخاب یک هستی‌شناسی مرتبه بالا استخراج شده است.

توصیه می‌شود با توجه به معرفی و تشریح معیارهای ارزیابی هستی‌شناسی‌ها از جنبه‌های ذکر شده، این هستی‌شناسی با همکاری و تأیید سازمان‌های راهبردی در حوزه‌های ذکر شده مانند ستادکل نیروهای مسلح، وزارت اطلاعات و سازمان پدافند غیرعامل کشور ساخته و مورد استفاده قرار گیرد. علاوه بر این، هستی‌شناسی‌های خاص قلمرو که در حوزه‌های نظامی، مدیریت بحران، انتظامی، امنیتی و ... توسعه می‌یابند، به نگاشت مفاهیم خود با این هستی‌شناسی مرتبه بالا همت گمارند؛ تا از این طریق، تبدیل، تعامل و نگاشت میان هستی‌شناسی‌ها با سهولت صورت گرفته و معنای مفاهیم در سلسله‌مراتب سطح بالای آنها، فارغ از قلمروی مورد بحث، مشخص شود. به این طریق تعامل‌پذیری و همکاری میان نیروهای موجود در سازمان‌های مختلف تسهیل شده و زبان مشترکی میان آنها ایجاد خواهد شد، علاوه بر اینکه برپایه یک زیرساخت معنایی مشترک، اقدام به اشتراک داده‌ها، دانش و اطلاعات خود می‌نمایند.

- [11] Grenon, P. 2003. BFO in a nutshell: A bi-categorical axiomatization of BFO and comparison with DOLCE. Technical Report 06/2003, IFOMIS, University of Leipzig.
- [12] Guidance. Deliverable 1.8.1, SEKT project. http://proton.semanticweb.org/D1_8_1.pdf.
- [13] Herre, H. 2010. General Formal Ontology (GFO): A Foundational Ontology for Conceptual Modelling. <http://www.onto-med.de/publications/2010/gfo-basic-principles.pdf>.
- [14] Herre, H., B. Heller, P. Burek, R. Hoehndorf, F. Loebe, and H. Michalek. 2006. General formal ontology (GFO) part I: Basic principles. Technical Report 8, Onto-Med. University of Leipzig.
- [15] Jones, Eric K., Robert R. Tenney, Kendra B. Moore, Douglas, S. Joel and Lublin Leonard. 2002. Battlespace Challenge Problems: Evaluation of High Performance Knowledge Bases (HPKB) Tools for Battlefield Awareness and Planning. Alphatech Inc Burlington Ma.
- [16] Journal of Applied Services Marketing Perspectives. 2(1): 251-258.
- [17] Kent, R. E. 2011. Semantic Integration in the IFF. ArXiv preprint arXiv: 1109.0032.
- [18] Khan, Z. C., and C. M. Keet. 2013. "The foundational ontology library ROMULUS". In International Conference on Model and Data Engineering. Springer Berlin Heidelberg: 200-211.
- [19] Khan, Z. C., and C. M. Keet. 2016. "ROMULUS: The Repository of Ontologies for MULTiple USes Populated with Mediated Foundational Ontologies". Journal on Data Semantics. 5(1):19-36.
- [20] Kiryakov, A., K. Simov, and M. Dimitrov. 2001. "OntoMap: Portal for Upper-level Ontologies". Proceedings of the International Conference on Formal Ontology in Information Systems. Volume 2001: 47-58.
- [21] Kokar, M. M. and J. Wang. 2002. "An Example of Using Ontologies and Symbolic Information in Automatic Target Recognition". In Sensor Fusion: Architectures, Algorithms and Applications VI. 473: 40-50.
- [22] Kokar, M. M., J. A. Tomasik, and J. Weyman. 2004. "Formalizing Classes of Information Fusion Systems", Information Fusion: An International Journal on Multi-Sensor, MultiSource Information Fusion.
- [23] Kumar, A. 2013. "A Comparative Analysis of Taxonomy, thesaurus and ontology". International
- [1] جمعی از اساتید دانشکده مخابرات نواجا. ۱۳۸۲. فرماندهی و کنترل مکانیزه و سنجش از راه دور. تهران: چاپخانه مرامخ.
- [۲] حسینی بهشتی، ملوک‌السادات. ۱۳۹۴. غنی‌سازی روابط معنایی هستان‌شناسی علوم پایه (شیمی). تهران: پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران، تهران.
- [۳] دیوسالار، عبدالرسول. ۱۳۸۵. راهبردها و معماری کلان فرماندهی و کنترل. تهران: انتشارات دانشگاه صنعتی مالک اشتر.
- انگلیسی
- [1] Arp R., B. Smith and A. Spear. 2015. Building Ontologies with Basic Formal Ontology. MIT Press.
- [2] Bolstad, C. A., and M. R. Endsley. 2003. "Measuring shared and team situation awareness in the army's future objective force." Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting. 47(3). Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications.
- [3] Borgo, S., A. Gangemi, N. Guarino, C. Masolo, and A. Oltramari. 2002. WonderWeb Deliverable D15 Ontology RoadMap.
- [4] Brown Jr, M. J. 2004. Rapid knowledge formation in an information rich environment. BROWN (MJ) AND ASSOCIATES SAN DIEGO CA.
- [5] Cassidy P. 2017. COSMO Ontology. <https://bartoc.org/en/node/657>.
- [6] Cohen, P., R. Schrag, E. Jones, A. Pease, A. Lin, B. Starr, D. Gunning, and M. Burke. 1998. "The DARPA High Performance Knowledge Bases Project". AI Magazine, 19(4).
- [7] Colomb, Robert M. 2002. Use of Upper Ontologies for Interoperation of Information Systems: A Tutorial. Technical Report 20/02 ISIB-CNR. Italy.
- [8] Cycorp. 2017. Knowledge Base. <http://www.cyc.com>
- [9] Endsley, M. R., and D. J. Garland. 2000. "Theoretical underpinnings of situation awareness: A critical review." Situation awareness analysis and measurement: 3-32.
- [10] Farrar, S., and J. Bateman. 2004. General Ontology Baseline. Deliverable D1. I1-[OntoSpace]; Workpackage.

- [33] Phytilla, C. 2002. "An Analysis of the SUMO and Description in Unified Modeling Language". Phytilla-SUMO.htm, <http://suo.ieee.org/SUO/SUMO/index.html>.
- [34] Rahnama, A., and A. Abdollahzadeh Barforoush. 2011. "Cognibase: A New Representation Model to Support Ontology Development". In proceedings of the IADIS International Conference Information Systems (IS2011). Spain.
- [35] Semy, S. K., M. K. Pulvermacher and L. J. Obrst. 2004. "Toward the use of an upper ontology for US government and US military domains: An evaluation" (No. MTR-04B0000063). MITRE CORP BEDFORD MA.
- [36] Sider, T. 2002. Four-Dimensionalism: An Ontology of Persistence and Time. Oxford: Oxford University Press.
- [37] Sowa, J. F. 1999. In Knowledge Representation: Logical, Philosophical, and computational Foundations. Brooks Cole Publishing.
- [38] Sowa, J. F. 2010. Ontology. <http://www.jfsowa.com/ontology>.
- [39] Spyns, P., R. Meersman, and M. Jarrar. 2002. "Data modelling versus ontology engineering". ACM SIGMod Record, 31(4): pp. 12-17.
- [40] Strang, T., and C. Linnhoff-Popien. 2002. "A context modeling survey", In Workshop Proceedings.
- [41] Terziev I., A. Kiryakov and D. Manov. 2005. Base Upper-level Ontology (BULO).
- [42] University of buffalo. 2003. "Basic Formal Ontology and Medical Ontology". Draft 0.00006. <http://ontology.buffalo.edu/bfo/BFO.htm>
- [43] Wikipedia. 2006. "Upper ontology". <https://www.wikipedia.org>.
- [24] Laboratory for applied ontology. 2017. DOLCE. <http://www.loa.istc.cnr.it/old/DOLCE.html>
- [25] Mascardi, V., V. Cordi, and P. Rosso. 2007. "A Comparison of Upper Ontologies". In WOA, Vol. 2007: 55-64.
- [26] Masolo, C., S. Borgo, A. Gangemi, N. Guarino and A. Oltramari, 2003. WonderWeb Deliverable D18 Ontology Library (final).
- [27] Miller, G. A. 1995, "WordNet: a lexical database for English". Communications of the ACM. 38(11).
- [28] Nichols, D. and A. Terry. 2003. User's Guide to Teknowledge Ontologies.
- [29] Niles and A. Pease. 2001. "Towards a standard upper ontology". In C. Welty and B. Smith, editors. Proceedings of the second International Conference on Formal Ontology in Information Systems (FOIS-2001). ACM Press: 2-9.
- [30] Niles, I., and A. Pease. 2003. "Linking Lexicons and Ontologies: Mapping WordNet to the Suggested Upper Merged Ontology". Proceedings of the IEEE International Conference on Information and Knowledge Engineering: 412-416.
- [31] Pease A. 2017. Suggested Upper Merged Ontology (SUMO). <http://www.adampease.org/OP>.
- [32] Pease, A. 2006. Formal representation of concepts: The Suggested Upper Merged Ontology and its use in linguistics. In A. C. Schalley and D. Zaefferer, editors. Ontolinguistics. How Ontological Status Shapes the Linguistic Coding of Concepts. Mouton de Gruyter.