



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک)

طرح پژوهشی

ایجاد هستی‌شناسی از اصطلاح‌نامه شیمی ایرانداک

مجری

ملوک‌السادات حسینی بهشتی

همکاران :

تقی رجبی

امید قیاسوند

آبان ۱۴۰۰

حقوق: پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران

طرح پژوهشی ایجاد هستی‌شناسی از اصطلاح‌نامه شیمی ایرانداک پیرو قرارداد شماره ۳۳/۴۰۶۱ مورخ ۱۳۹۹/۵/۱۹ میان پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (کارفرما) و دکتر ملوک‌السادات حسینی بهشتی اجرا شده است. گزارش حاضر یک جلد از مستندات این طرح است.

این گزارش و تمامی حقوق مادی آن بر اساس قانون حمایت حقوق مؤلفان و مصنفان و هنرمندان، مصوب ۱۳۴۸ و اصلاحیه‌های بعدی آن و همچنین آیین‌نامه‌های اجرایی این قانون متعلق به پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران و هرگونه استفاده از تمامی یا پاره‌ای از آن، شامل: نقل قول، تکثیر، انتشار، کاربرد نتایج، تکمیل و مانند آنها به صورت چاپی، الکترونیکی یا وسایل دیگر فقط با اجازه کتبی پژوهشگاه امکان‌پذیر است. نقل قول در حد هزار واژه در انتشارات علمی مانند کتاب و مقاله با درج اطلاعات کامل کتابشناختی، نیازی به مجوز پژوهشگاه ندارد.

صفحه تأييد پژوهشگاه

ایجاد هستی‌شناسی از اصطلاح‌نامه شیمی ایرانداک

مدیر طرح پژوهشی: ملوک‌السادات حسینی بهشتی، پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک)

نشانی: تهران، خیابان انقلاب، چهارراه فلسطین، شماره ۱۰۹۰، طبقه سوم، اتاق ۳۱۸

سندوق پستی: ۱۳۱۵۷۷۳۳۱۴ تلفن: ۰۲۱-۶۶۴۹۴۹۸۰ (داخلی ۳۲۰)، دورنگار: ۰۲۱-۶۶۴۶۲۲۵۴

وبگاه: <http://www.irandoc.ac.ir>

رایانامه: beheshti@irandoc.ac.ir

همکار اصلی: تقی رجبی، عضو هیئت علمی، پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک)

امید قیاسوند، محقق ارشد، کتابخانه ملی آلمان

چکیده

ساماندهی دانش فنی و سازماندهی مفاهیم علمی یکی از مهم‌ترین مباحث مدیریت دانش محسوب می‌گردد. «مفهوم» به‌عنوان واحد دانش فنی تعریف شده، از مختصات معنایی یعنی اجزای دانش تشکیل شده است. بر این اساس بعد محتوایی و بیانی هر یک از مفاهیم به‌عنوان دانش اصطلاح‌شناختی یک مفهوم در نظر گرفته می‌شود. به‌منظور ترسیم نظام مفاهیم دانش‌بنیان هر یک از رشته‌های تخصصی بایستی مفاهیم زیر رشته‌های مرتبط با آن را در یک ساختار کلی و روابط میان آن‌ها ایجاد نمود. به‌منظور درک و دریافت ساختار دانش فنی یک حوزه تخصصی بایستی موضوعات را در یک ساختار نظام کلان جمع‌بندی و تلفیق نمود که چنین ساختار مفهومی را هستی‌شناسی می‌نامند. برای مستندسازی مدارک علمی فنی، رده‌بندی مفاهیم علمی را به شکل ارائه نظام‌های منطقی در قالب هستی‌شناسی‌های تخصصی سازماندهی می‌کنند. هستی‌شناسی، واژگان و مفاهیم مشترک مورد استفاده برای توصیف و ارائه یک حوزه از دانش را معین می‌کند و می‌تواند مبنایی برای سازماندهی و مدیریت دانش در یک حوزه خاص باشد. با این وجود، ایجاد هستی‌شناسی بسیار زمان‌بر است. به‌منظور تسهیل در این امر می‌توان از منابع دیگر دانش مانند واژه‌نامه‌ها و اصطلاح‌نامه‌ها استفاده کرد. اصطلاح‌نامه به لحاظ دارا بودن اطلاعات معنایی و ساختار سلسله‌مراتبی مفاهیم و نیز روابط معنایی میان آن‌ها منبع مناسبی برای ساخت هستی‌شناسی باشد.

بدین منظور برای ایجاد هستی‌شناسی شیمی از اصطلاح‌نامه شیمی که پیش از این در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات تدوین شده است، استفاده کرده‌شد و آن را مبنای ساخت هستی‌شناسی شیمی قرار دادیم. طراحی مفهومی هستی‌شناسی با استفاده از روش «مت‌آنتولوژی» و بر اساس مفاهیم و روابط موجود در اصطلاح‌نامه صورت گرفت. در واقع این اطلاعات از محیط اصطلاح‌نامه‌ای به نرم‌افزار پروتزه انتقال داده شده و سپس روابط معنایی آن گسترش یافته و غنی‌سازی صورت گرفته‌است. این طرح در راستای دو طرح قبلی «طراحی هستی‌شناسی علوم پایه» و «غنی‌سازی روابط معنایی هستی‌شناسی شیمی» انجام شد که قبلاً به‌صورت پایلوت انجام گرفته است و در این مرحله ۳۰۰۰ مفهوم اصطلاح‌نامه شیمی به‌صورت روابط معنایی هستی‌شناسی شیمی تبدیل و غنی‌سازی شده‌است.

در این پروژه متخصصین موضوعی همکار طرح با الگوبرداری از گراف‌های مفهومی آیوپاک نمودارهای گرافیک مفهومی استخراج کرده و ارائه نمودند. در ادامه طرح حاضر می‌توان روابط معنایی در مجموعه واژگان آیوپاک گلدبوک را به صورت ماشینی به آنتولوژی شیمی ایرانداک اضافه نمود، که خود مستلزم طراحی و اجرای پروژه‌ای مکمل طرح کنونی می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: تراروس (اصطلاح‌نامه)؛ هستی‌شناسی شیمی؛ نظام‌های بازیابی اطلاعات؛ جستجوی معنایی؛ وب معنایی

فهرست مطالب

عنوان	شماره صفحه
فصل اول: کلیات تحقیق	۱
۱-۱. مقدمه و بیان مسئله	۲
فصل دوم: مبانی نظری	۵
۲-۱. مقدمه	۶
۲-۲. تعریف هستی‌شناسی	۷
۲-۳. وب معنایی و هستی‌شناسی	۱۰
۲-۴. اهداف هستی‌شناسی‌ها	۱۱
۲-۵. انواع هستی‌شناسی	۱۴
۲-۵-۱. انواع هستی‌شناسی بر اساس غنای ساختار داخلی	۱۴
۲-۵-۲. انواع هستی‌شناسی بر اساس مقدار و نوع ساختار ادراک	۱۵
۲-۵-۳. انواع هستی‌شناسی بر اساس موضوع ادراک	۱۶۱۷
۲-۵-۴. انواع هستی‌شناسی بر اساس ترکیب وظیفه، روش‌شناسی و دامنه	۱۷
۲-۵-۵. انواع هستی‌شناسی بر اساس سطح وابستگی آن‌ها به یک وظیفه یا نظر خاص	۱۸
۲-۶. اجزاء و مفاهیم اصلی هستی‌شناسی	۱۹
۲-۷. راهبردهای تدوین هستی‌شناسی	۲۲
۲-۸. روش‌ها و رویکردهای طراحی هستی‌شناسی	۲۳۲۴
۲-۸-۱. روش‌شناسی مهندسی دانش	۲۴
۲-۸-۲. روش‌شناسی داگما DOGMA	۲۷
۲-۸-۳. روش‌شناسی مت‌آنتالوژی METHONTOLOGY	۲۹
۲-۸-۴. روش‌شناسی سنسس SENSUS	۲۹

۳۰	 ۲-۸-۵. روش شناسی دلجنت DELIGENT
۳۱	 ۲-۸-۶. روش شناسی تاو TOVE
۳۲	 ۲-۹. زبان‌های هستی‌شناسی
۳۳	 ۲-۹-۱. کی‌آی‌اف (قالب تبادل دانش) KIF
۳۴	 ۲-۹-۲. اَکْکْ‌دبلیوال (زبان هستی‌شناسی وب) OWL
۳۵	 ۲-۹-۳. آردی‌اف (چارچوب توصیف منبع) RDF
۳۷	 ۲-۹-۴. اَکْکْ‌آی‌ال (زبان تبادل هستی‌شناسی) OIL
۳۸	 ۲-۹-۵. دی‌ای‌ام‌ال (زبان نشانه‌گذاری آژانس دارپا) DAML
۳۸	 ۲-۹-۶. سایک‌ال CYCLE
۳۹	 ۲-۱۰. نرم‌افزارهای تدوین هستی‌شناسی
۳۹	 ۲-۱۰-۱. اپولو APOLO
۴۰	 ۲-۱۰-۲. آنتواستودیو ONTOSTUDIO
۴۰	 ۲-۱۰-۳. پروتزّه PROTEGE
۴۱	 ۲-۱۰-۴. سوئپ SWEEP
۴۲	 ۲-۱۰-۵. تاب‌برید TOPBRID
۴۳	 ۲-۱۱. استفادهٔ مجدد از هستی‌شناسی‌ها
۴۵	 ۲-۱۲. نظام‌های بازنمون اطلاعات
۴۵	 ۲-۱۲-۱. تاکسونومی TAXONOMY
۴۷	 ۲-۱۲-۲. اصطلاح‌نامه THESAURUS
۴۸	 ۲-۱۳. ارزیابی هستی‌شناسی
۵۰	 ۲-۱۳-۱. رویکرد استاندارد طلایی
۵۰	 ۲-۱۳-۲. رویکرد وظیفه‌محور
۵۱	 ۲-۱۳-۳. رویکرد استخراج داده (بر اساس متون و مدارک حوزه‌ای خاص)
۵۲	 ۲-۱۳-۴. رویکرد معیارمحور
۵۳	 ۲-۱۳-۵. ارزیابی هستی‌شناسی بر اساس سطوح آن
۵۶	 ۲-۱۴. جمع‌بندی مبانی نظری
۵۸	 ۲-۱۵. نتیجه‌گیری

۱-۱۵-۲. پژوهش‌های انجام‌شده در داخل کشور ۶۰

۲-۱۵-۲. پژوهش‌های انجام‌شده در خارج از کشور ۶۶

۲-۱۶. جمع‌بندی پیشینه پژوهش ۶۹۷

فصل سوم: روش ساخت هستی‌شناسی ۷۶

۱-۳. مقدمه ۷۷

۲-۳. گام اول: تعیین دامنه و حوزه هستی‌شناسی ۷۸

۳-۳. گام دوم: در نظر گرفتن مسئله استفاده مجدد از هستی‌شناسی‌ها ۷۹

۴-۳. گام سوم: شمارش واژه‌های مهم در هستی‌شناسی ۷۹

۵-۳. گام چهارم: تعریف کلاس‌ها و سلسله‌مراتب کلاس‌ها ۸۰

۶-۳. گام پنجم: تعریف ویژگی‌های کلاس‌ها (Properties) ۸۱

۷-۳. گام ششم: ایجاد نمونه‌ها ۸۴۸

۸-۳. انجام یک نمونه عملی در ابزار Protégé ۸۵

۹-۳. استنتاج چیست؟ ۹۳۹۴

فصل چهارم: تبدیل اصطلاح‌نامه به هستی‌شناسی شیمی ۱۰۰۱۰۱

۱-۴. مقدمه ۱۰۱۰۲

۲-۴. نحوه تبدیل اصطلاح‌نامه به هستی‌شناسی ۱۰۱۰۲

۳-۴. تفاوت بین هستی‌شناسی‌های ساخته شده در این طرح و در پژوهشگاه ایرانداک ۱۰۲۰۳

۴-۴. یافتن روابط دودویی در هستی‌شناسی ۱۰۴۰۵

۵-۴. آنتولوژی کبی ۱۰۴۰۵

۶-۴. توسعه روابط معنایی به صورت خودکار ۱۰۵۰۶

۷-۴. مفاهیم مشترک در آنتولوژی کبی و اصطلاح‌نامه شیمی ایرانداک ۱۰۷۰۸

۸-۴. مفاهیم مشترک دارای روابط دودویی ۱۱۵۰۶

۹-۴. مهمترین مفاهیم دارای روابط دودویی به غیر از رابطه زیر کلاس / سوپر کلاس ۱۲۰۰۲۱

فصل پنجم: شبکه مفاهیم آنتولوژی شیمی ۱۲۳۰۲۴

۵-۵. مقدمه [Error! Bookmark not defined.](#)

فصل ششم: جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ۱۳۸۰۳۹

۱-۶. مقدمه ۱۳۹۰۴

۲-۶. نتایج حاصل از تحقیق ۱۳۹۰۴

فهرست منابع ۱۴۲۰۴۴

فهرست شکل‌ها

عنوان	شماره صفحه
شکل ۴-۱. نمایش هستی‌شناسی ساخته‌شده در ایرانداک در نرم‌افزار پروتژه	۱۰۲+۴
شکل ۴-۲. نمونه کلاس در هستی‌شناسی ساخته‌شده در ایرانداک	۱۰۳+۴
شکل ۴-۳. نمونه ساخت کلاس مطابق با نرم‌افزار پروتژه	۱۰۳+۴
شکل ۴-۴. ساختار هستی‌شناسی کبی	۱۰۵+۴
شکل ۴-۵. روابط معنایی در کبی	۱۰۵+۴
شکل ۵-۱. استرویدها	۱۲۴+۲۵
شکل ۵-۲. الکتروستاتیک استاندارد هیدروژن	۱۲۵+۲۶
شکل ۵-۳. الکتروستاتیک شیشه ای پی‌اچ	۱۲۶+۲۷
شکل ۵-۴. الکتروستاتیک کربن	۱۲۷+۲۸
شکل ۵-۶. الکتروستاتیک مرجع	۱۲۸+۲۹
شکل ۵-۷. الکتروستاتیک یون گزین	۱۲۹+۳۰
شکل ۵-۸. اوربیتال اتمی	۱۳۰+۳۱
شکل ۵-۹. اوربیتال مولکولی	۱۳۱+۳۲
شکل ۵-۱۰. اوربیتال هیبریدی	۱۳۲+۳۳
شکل ۵-۱۱. پتانسیل شیمیایی	۱۳۳+۳۴
شکل ۵-۱۲. ترپنوییدها	۱۳۴+۳۵
شکل ۵-۱۳. سطح انرژی پتانسیل	۱۳۴+۳۵
شکل ۵-۱۴. کارتونییدها	۱۳۵+۳۶
شکل ۵-۱۵. کمیت‌های ترمودینامیکی استاندارد	۱۳۶+۳۷
شکل ۵-۱۶. گلیکولییدها	۱۳۷+۳۸

فصل اول

کلیات تحقیق

۱-۱. مقدمه و بیان مسئله

در تدوین اصطلاح‌نامه، ایجاد یک ساختار سلسله‌مراتبی از مفاهیم، اولین ضرورت و ایجاد و تعیین نوع روابط بین مفاهیم دومین ضرورت است که در رویکرد ساختار مبناء، فراروی تدوین‌کنندگان اصطلاح‌نامه قرار دارد. اما پیچیدگی‌های شرایط نمایه‌سازی و نیز دیدگاه‌های متفاوت کاربران نظام‌های بازیابی اطلاعات، ضرورت سومی را با رویکرد کاربرمدار به عرصه سازماندهی و بازیابی اطلاعات وارد ساخته است. نمایه‌سازان در بسیاری از موارد هنگام استفاده از اصطلاح‌نامه در سازماندهی اطلاعات، با توصیفگرهای متعدد از چند مقوله موضوعی متفاوت مواجه می‌شوند که برای نمایاندن یک موضوع اطلاعاتی، مناسب به نظر می‌رسد. ابهام در استفاده از توصیفگرهای مناسب‌تر هنگام سازماندهی از یک سو و دیدگاه‌های متفاوت کاربران نهایی نظام‌های بازیابی اطلاعات از سوی دیگر، گسترش روابط معنایی در اصطلاح‌نامه را ضروری می‌سازد. شناخت حدود و ثغور مفاهیم و مصداق‌های آن‌ها با ابهام کمتری روبه‌رو می‌گردد. در چنین شرایطی اختصاص توصیفگرها با قطعیت بیشتر هنگام سازماندهی و امکان تعیین درخواست جستجوی اطلاعات با استفاده از مختصات معنایی، سطح اثربخشی نظام بازیابی اطلاعات را از دید کاربران افزایش خواهد داد. همچنین وارد ساختن مختصات معنایی به ساختار مفاهیم در اصطلاح‌نامه آن را به سطح مدل مفهومی سلسله‌مراتب هستی‌شناسی‌های تخصصی نزدیک می‌کند. سازماندهی دانش با هدف دسته‌بندی مفاهیم مشابه به جهان‌های ممکن نیز می‌نگرد. هر پدیده‌ای به منزله یک مفهوم - در هستی، حائز ارتباطی معنایی با سایر مفاهیم است، که مجموعه این پدیده‌ها به همراه ارتباط معنایی شان با یکدیگر، شبکه مفهومی از هستی را، در جهانی ممکن به تصویر می‌کشد. جدای از آنکه دسته‌بندی و مدل‌سازی مفهومی را حاصل کشفیات علمی یا ساخت انسانی بدانیم، تعیین مفاهیم و روابط معنایی در بافت زبانی تعیین شده صورت می‌پذیرد. هستی‌شناسی واژگانی در واقع ابزار بازنمون دانش در حوزه سازماندهی و هوش مصنوعی است و تأکید بر کاربرد آن در وب معنایی در دهه اخیر مورد توجه دانشمندان این رشته است. هدف از کاربرد هستی‌شناسی واژگانی، کاهش ابهام مفهومی در حوزه‌ای خاص است. کاهش

ابهام، نتیجه مستقیم وجود روابط معنایی روشن و دقیق میان مفاهیم یک علم است. روابط معنایی مجاز در هستی‌شناسی‌ها بر اساس نرم‌افزارهای گوناگون و به‌ویژه با زبان هستی‌شناسی ۲ OWL و جدیدترین استاندارد زبانی کنسرسیوم جهانی ۲۵۹۶۴ در بازنمون دانش امکان‌پذیر می‌باشد. هستی‌شناسی‌های واژگانی در حوزه پردازش زبان طبیعی NLP و مهندسی دانش رشد یافته و از پویایی بیشتری نسبت به اصطلاح‌نامه‌ها و فرااصطلاح‌نامه‌ها برخوردارند و می‌توانند در سازماندهی و مدیریت دانش مبنا قرار گیرند.

اصطلاح‌نامه یک منبع دانش سازماندهی‌شده توسط متخصصان موضوعی است. روابط سلسله‌مراتبی (اعم/اخص) که در اصطلاح‌نامه موجود است می‌تواند برای ایجاد ساختار سلسله‌مراتبی مورد نیاز برای هستی‌شناسی مورد استفاده قرار گیرد. روابط وابسته در اصطلاح‌نامه، وجود روابط معنایی بین مفاهیم را نشان می‌دهد. در نتیجه تبدیل اصطلاح‌نامه از حالت واژه‌بنیان به مفهوم‌بنیان با انتقال آن به استاندارد ۲۵۹۶۴ خواهد بود. در مرحله تبدیل نحوی، مفاهیم اصطلاح‌نامه به مفاهیم هستی‌شناسی صورت می‌گیرد. اصطلاحات مرجح و نامرجح، برچسب مفاهیم می‌گیرد و روابط اعم/و اخص به روابط سلسله‌مراتبی تبدیل می‌شود. روابط وابسته بخشی از توصیف صوری مفاهیم خواهد بود و نهایتاً پیاده‌سازی خودکار هستی‌شناسی بر اساس تبدیل نحوی در قالب زبان OWL صورت می‌گیرد.

در طرح «غنی‌سازی روابط معنایی شیمی» بخشی از مفاهیم حوزه شیمی برای شروع فرایند پالایش و غنی‌سازی روابط معنایی انتخاب شد، زیرا اصطلاح‌نامه شیمی ایرانداک توسط متخصصین موضوعی هیئت علمی پژوهشگاه تألیف و تدوین شده بود. در این غنی‌سازی، پالایش روابط سلسله‌مراتبی، غنی‌سازی روابط معنایی، دسته‌بندی مفاهیم با استفاده از الگوهای روابط معنایی Soergel, 2004 برای حدود ۲۰۰ مدخل واژگانی و به‌صورت پایلوت انجام شده است.

نمونه‌ای از تفکیک روابط سلسله‌مراتبی به روابط: جنس و گونه یا نوعی (is a) کل - جزء و مصداقی یا موردی در ذیل آورده می‌شود: رابطه نوعی: پیوند کوآلانسی و پیوند شیمیایی / رابطه کل - جزء: اتم با الکترون و هسته / رابطه کل و جزء: جدول تناوبی با گروه‌های اصلی و گروه‌های فرعی. در نهایت هستی‌شناسی تولید شده (پایلوت) به یک هستی‌شناسی سطح بالا و با استفاده از هستی‌شناسی فوق دامنه (ChemTop) انطباق یافت. تعیین نوع مفاهیم قرار گرفته در اولین سطح هستی‌شناسی تولید شده، بر اساس انواع تعریف شده در هستی‌شناسی سطح بالا یعنی: موجودیت مادی، موجودیت غیر مادی، موجودیت اطلاعاتی، فرایند، خصوصیت، نقش و ... انجام شد. نوع مفاهیم در سطح‌های بعدی مطابق با نوع بالاترین مفهوم در سلسله‌مراتب در نظر گرفته می‌شود. در مرحله بعد الگوهای روابط

معنایی از هستی‌شناسی سطح بالا استخراج شد. هر الگو شامل: نام رابطه: نوع رابطه معنایی مفهوم اول با مفهوم دوم/ دامنه: مطابق با نوع مفهوم اول/ برد: مطابق با نوع مفهوم دوم/ معکوس رابطه: نوع رابطه معنایی مفهوم دوم با مفهوم اول می‌گردد. در مرحله بعدی روابط وابسته به روابط معنایی تبدیل می‌شود. مانند: وجود وابستگی بین «واکنش استخلاfi» و «گروه‌های ترک کننده» / واکنش استخلاfi: فرایند/ الگوهای روابط معنایی تطبیق داده شده و توسط متخصصین موضوعی مورد تأیید قرار گرفته و روابط معنایی دیگری بر مبنای روابط وابسته افزوده شدند. اکنون در این طرح برای ایجاد هستی‌شناسی شیمی به عنوان ابزار جستجو در بازیابی اطلاعات بایستی حداقل ۳۰۰۰ مدخل واژگانی به قالب هستی‌شناسی انتقال یابد و روابط معنایی آن‌ها گسترش و غنی‌سازی شود.

فصل دوم

مبانی نظری

۱-۲. مقدمه

هنگام جستجو در نظام‌های اطلاعاتی، این نظام‌ها تلاش دارند تا با توجه به جستجوی کاربران، مرتبط‌ترین مدارک را برای آنان بازیابی کنند؛ لذا برای رسیدن به این هدف در برهه‌های زمانی مختلف و به موازات رشد فناوری از ابزارهای مختلفی مثل نظام‌های رده‌بندی، سرعنوان‌های موضوعی و اصطلاح‌نامه‌ها بهره برده‌اند. استفاده از این ابزارها هرچند در سازماندهی و بازیابی دانش بسیار مؤثر بوده‌اند، اما با افزایش حجم اطلاعات و انفجار اطلاعات، استفاده از این ابزارها نیز زاویه‌ای دیگر به خود گرفته است. با افزایش اهمیت یکپارچه‌سازی و میانکنش‌پذیری معنایی در نظام‌های ذخیره و بازیابی اطلاعات، نظام‌های معناگرای دیگری در کنار این نظام‌ها ظهور یافته و در حال توسعه‌اند. در واقع می‌توان گفت کاستی‌های ابزارهایی مثل اصطلاح‌نامه‌ها و چالش‌های نظام‌های بازیابی کنونی باعث شد تا تیم برنرزیلی ایده طراحی وب معنایی را پیشنهاد دهد؛ این پیشنهاد مرزهای حوزه‌هایی مثل رایانه، هوش مصنوعی، زبان‌شناسی، مهندسی دانش و علم اطلاعات و دانش‌شناسی را نیز در هم نوردید. لذا مهندسی مجدد اصطلاح‌نامه‌ها و ایجاد نظام‌های معنامحور در دستور کار متخصصان این حوزه‌ها قرار گرفت و هستی‌شناسی‌ها ظهور یافتند و در نظام‌های ذخیره و بازیابی اطلاعات به کار گرفته شدند. به‌طوری که استفاده از ابزارهای وب معنایی همچون هستی‌شناسی‌ها در عصر حاضر، باعث قابل درک نمودن دانش برای ماشین و رایانه شده است. در این فصل برای شناخت موضوع و تحولات مربوط به هستی‌شناسی‌ها، مباحث نظری ارائه می‌شود. این بخش شامل دو بخش مسائل نظری مربوط به هستی‌شناسی‌ها و پژوهش‌ها و فعالیت‌های صورت گرفته در داخل و خارج از کشور است.

از آنجا که قابلیت همکاری بین نظام‌های اطلاعاتی متفاوت در شبکه وب جهان گستر به دلیل ناهمگونی اطلاعات، محدود است؛ هستی‌شناسی‌ها به عنوان راهکاری برای حل این مشکل که اقدام به بیان و تبدیل اطلاعات در قالبی صریح و رسمی می‌کنند، پیشنهاد شده‌اند (کیرن و شعیب، ۲۰۱۶، ص ۹۹). یکی از مزایای هستی‌شناسی‌ها، ایجاد زیرساختی برای اشتراک دانش، به‌ویژه در یک دامنه

موضوعی است (هاشمی، خدیور و شامی زنجانی، ۲۰۱۸، ص ۲۹). به‌طوری که در سال‌های اخیر، تولید هستی‌شناسی‌هایی از داده‌های الکترونیکی برای دامنه‌های موضوعی دلخواه، در بسیاری از برنامه‌های مبتنی بر هوش مصنوعی رواج یافته است.

از هستی‌شناسی‌ها به‌عنوان ابزاری معناشناختی یاد می‌شود که قادر است مفاهیم و روابط میان آن‌ها را به‌صورت دقیق‌تر نمایش دهد. هستی‌شناسی به‌عنوان یک ابزار در مهندسی دانش مطرح است و برای بیان مفاهیم و روابط معنایی در ایجاد روابط، نمونه‌ها، نمایش تصویری مفاهیم و ساختار مفهومی کارکرد اساسی دارد و دارای ویژگی‌های خاصی است که سبب شناسایی مفاهیم، روابط مفهومی، ترسیم ساختار دانش و کاربردهای دیگری از جمله بازیابی اطلاعات و وب معنایی در حوزه‌های علمی می‌گردد (احمدی، ۱۳۹۴، ص ۱۸۶).

هستی‌شناسی، واژگان و مفاهیم مشترک مورد استفاده برای توصیف و ارائه یک حوزه از دانش را معین می‌کند و می‌تواند مبنایی برای سازماندهی و مدیریت دانش در یک حوزه خاص باشد (حسینی بهشتی و اژه‌ای، ۱۳۹۴، ص ۶۸۱). همچنین ابزار بیان رسمی مفاهیم و روابط موجود در یک قلمرو خاص هستند. در سال‌های اخیر توسعه هستی‌شناسی‌ها از یک کار آزمایشگاهی در آزمایشگاه هوش مصنوعی به یک کار با کاربردهای واقعی تبدیل شده است؛ که کاربردهای مختلفی دارند و صرفاً محدود به حوزه‌هایی مثل سیستم‌های توسعه‌ای پیشنهاددهنده انتشارات به محققان، شخصی سازی تبلیغات و اخبار نمی‌باشند؛ رده‌بندی مفاهیم کتب مقدس مثل قرآن نمونه‌هایی از کاربردهای هستی‌شناسی‌هاست (هاشمی، خدیور و شامی زنجانی، ۲۰۱۸، ص ۳۱). روند توسعه و تحول هستی‌شناسی‌ها به‌گونه‌ای بوده است که امروزه می‌توان تقسیم‌بندی‌های مختلفی از هستی‌شناسی‌ها همچون هستی‌شناسی بازنمون دانش، هستی‌شناسی عمومی، هستی‌شناسی سطح بالا، هستی‌شناسی دامنه، هستی‌شناسی وظیفه، هستی‌شناسی دامنه-وظیفه و هستی‌شناسی کاربردی (گومز پرز، فرناندز لویز و کورچو، ۲۰۰۴، ص ۴۲). نام برد، که هر یک از این انواع هستی‌شناسی‌ها بر اساس هدف و کاربرد ایجاد شده‌اند.

۲-۲. تعریف هستی‌شناسی

واژه *ontology* از دو کلمه *Ontos* به معنی هستان یا بودن و *Logia* به معنی مطالعه تشکیل شده است. لذا واژه «آنتولوجیا» به معنای مطالعه هست یا بودن است. در دهه اخیر، مرتبط شدن این واژه با علوم مهندسی دانش باعث شد تا گارینو و گیارتا استفاده از واژه‌های *Ontology* (با حرف اول بزرگ) و *ontology* (با حرف اول کوچک) را پیشنهاد دهند که به ترتیب به ادراکات فلسفی و مهندسی دانش اشاره دارند. در این تعریف هدف از هستی‌شناسی، توصیف مفاهیم است نه تعریف اصطلاحات

(آسوشه و همکاران، ۱۳۹۰، ص ۷-۶).

هستی‌شناسی که اصالتاً از فلسفه وام گرفته شده است، شاخه‌ای از متافیزیک است و بررسی فلسفی مسأله وجود است. در این بافت، هستی‌شناسی عبارت است از شناخت اشیاء از طریق رده‌بندی که روی آن‌ها صورت می‌گیرد و نظام‌های اطلاعاتی و بازنمون دانش و علوم کامپیوتر می‌توانند از مزایای ایده طبقه‌بندی هستی‌شناسی بهره‌مند گردند. قدمت این نوع برداشت از هستی‌شناسی به زمان ارسطو برمی‌گردد (گریم و همکاران، ۲۰۱۱، ص ۵۱۰).

تا کنون تعاریف مختلفی از هستی‌شناسی مبتنی بر وجه کاربردی و توسعه‌ای آن بیان شده است. تعدد این تعاریف باعث شد تا گارینو و گیارتا در سال ۱۹۹۵ به جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل این تعاریف پرداخته و هستی‌شناسی را در قالب هفت تعریف خلاصه، بیان کنند که عبارت است از:

- هستی‌شناسی به منزله سیستم مفهومی غیر رسمی؛
- هستی‌شناسی به منزله اعتبار معناشناختی رسمی؛
- هستی‌شناسی به منزله مشخصه‌سازی یک ادراک؛
- هستی‌شناسی به منزله بازنمایی یک سیستم مفهومی از طریق نظریه منطقی؛
- توصیف به وسیله ویژگی‌های رسمی مشخص و خاص؛
- توصیف تنها با استفاده از اهداف مخصوص آن؛
- هستی‌شناسی به منزله واژگان مورد استفاده در نظریه منطقی؛
- هستی‌شناسی به منزله فراسطح مشخصه‌سازی نظریه منطقی (آسوشه و همکاران، ۱۳۹۰، ص ۹).

بررسی‌ها نشان داد که تا کنون تلاش‌های زیادی برای توصیف این که هستی‌شناسی چیست و متشکل از چه چیزهایی است صورت گرفته است (بدینی، ۲۰۱۰، ص ۲۳) اما معروف‌ترین توصیف (در علوم کامپیوتر) می‌باشد که توسط گروبر بیان شده است: «هستی‌شناسی، تعریف صریح و رسمی از یک مفهوم‌سازی به اشتراک گذاشته شده، است» (گروبر، ۱۹۹۳، ص ۱۹۹).

دو جزء اصلی و مهم تعریف فوق عبارت است از:

- مفهوم‌سازی (مفهوم‌سازی اشتراکی): در بافت توصیفی فوق، «مفهوم‌سازی» به معنای مدلی چکیده از برخی جنبه‌های موجود در جهان، دریافت قالب توصیفی ویژگی‌های مفاهیم و روابط مهم است. یک هستی‌شناسی منعکس‌کننده توافقی از مفهوم‌سازی دامنه‌ای بین افراد یک جامعه علمی است. هرچه یک جامعه علمی بزرگ‌تر باشد، اجماع روی یک مفهوم‌سازی

یکسان سخت‌تر می‌شود. در این حالت، ساخت یک هستی‌شناسی همراه با فرایند اجتماعی رسیدن به یک اجماع می‌باشد (گریم و همکاران، ۲۰۱۱، ص ۵۱۱) که پس از رسیدن به یک اجماع، مفهوم ساخته شده، برای استفاده بین آن جامعه علمی به اشتراک گذاشته می‌شود.

□ تعریف صریح و رسمی: نیز به معنای این است که مدل مورد نظر باید در برخی ابهامات زبانی به صورتی خاص بتواند قابلیت پردازش را برای ماشین‌ها همچون انسان‌ها فراهم کند (بدینی، ۲۰۱۰، ص ۲۳). هستی‌شناسی بیان شده در زبان بازنمون دانش، مبتنی بر معناشناسی رسمی است. رسمی‌سازی تضمین‌کننده این است که مشخصه‌سازی دانش دامنه در یک هستی‌شناسی دارای قابلیت پردازش ماشینی است و با روشی دقیق، تفسیر و معنا شده است. فنون بازنمون نمادین دانش، به‌طور معمول بر اساس اصولی منطقی است که به درک این جنبه کمک می‌کند. مشخصه‌سازی‌ها در یک هستی‌شناسی محدود به یک حوزه خاص از دانش است. هرچه دامنه دانشی هستی‌شناسی محدودتر باشد، مهندس هستی‌شناسی می‌تواند روی ترسیم جزئیات این حوزه تمرکز بیشتری کند. یک هستی‌شناسی با بیان صریح دانش، آن را برای ماشین دسترس‌پذیرتر می‌سازد. چنانچه مفاهیم به صراحت در هستی‌شناسی گنجانده نشوند، برای ماشین قابل تفسیر و ترسیم نیستند (گریم و همکاران، ۲۰۱۱، ص ۵۱۱).

هستی‌شناسی در علوم کامپیوتر و علم اطلاعات اشاره به رفتار نظام‌مند از اشیاء (مفاهیم، روابط، محدودیت‌ها و ...) برای بازنمون دامنه‌ای خاص و تسهیل استدلال ماشینی دارد. تعریف کنسرسیوم وب جهانی از اصطلاح هستی‌شناسی عبارت است از: هستی‌شناسی به تعریف اصطلاحاتی می‌پردازد که برای توصیف و بازنمون حوزه‌ای از دانش استفاده می‌شوند. (زاکوناس و پاپائودورو، ۲۰۱۱، ص ۱۵۷۹).

با توجه به موضوع و عنوان پژوهش حاضر و با توجه به بررسی‌هایی که در این رابطه صورت گرفت، معادل‌های مختلفی همچون هستی‌شناسی، هستان‌شناسی، هستی‌نگاشت، هستی‌نگاری یا هستان‌نگاری در زبان فارسی برای واژه انگلیسی *ontology/ Ontology* استفاده شده است؛ که در اکثر تحقیقات مورد بررسی کلیه این واژگان در یک معنا (مطالعه موجودیت‌ها، مفهوم‌سازی و تعریف صریح و رسمی از مفاهیم و بیان روابط بین آن‌ها) به کار رفته‌اند؛ با این تفاوت که واژه هستی‌شناسی دارای بسامد و استفاده بیشتری بود. لذا در پژوهش حاضر نیز از واژه هستی‌شناسی با ترکیب *onto* به معنای بودن، آنچه هست و *logy* به معنای -شناسی، استفاده شده است.

۳-۲. وب معنایی و هستی‌شناسی

وب معنایی یکی از بهترین پروژه‌هایی است که کنسر سیوم شبکه جهانی وب آن را ایجاد کرد. این پروژه بخشی از چشم‌انداز برنرزی برای وب گسترده جهانی از آغاز بوده است (لگ، ۲۰۰۸، ص ۴۱۰). وب معنایی، گسترش یافته وب کنونی است که اطلاعات در آن از نظر معنایی به خوبی تعریف شده است و انسان و رایانه توانایی همکاری با آن را دارند. این امر از طریق علامت‌گذاری محتوای وب با ویژگی‌ها، روابط و زبان نشانه‌گذاری گسترش‌پذیر با کمک تعاریف دقیق معناها صورت گرفته است. فناوری وب معنایی از مفاهیم گرافیکی برای بیان افکار با منطق رایانه‌ای بهره می‌برد. این مدل لایه‌ای می‌تواند به صورت تاکسونومی اصطلاحات، مفاهیم و روابط حوزه‌ای خاص را در قالب هستی‌شناسانه‌ای از دنیای واقعی ارائه کند (بسکار، چاندر و گارگ، ۲۰۱۵، ص ۳۲).

چشم‌انداز وب معنایی این است که فناوری را در راستای تسهیل بازیابی اطلاعات از طریق معنا، نه صرفاً تلفظ، توسعه دهد. برای امکان‌پذیر ساختن این امر، بسیاری از مفسران معتقدند که کاربردهای وب معنایی باید در انواع طرح‌های مفهومی اشتراکی، ساختاریافته و ماشین‌خوان اجرا شود. بنابراین، یک همگرایی بین جامعه تحقیقی وب معنایی و سنت قدیم با ریشه تحقیقات هوش مصنوعی کلاسیک (که گاهی به بازنمایی دانش تعبیر می‌شود) وجود دارد که هدف آن توسعه هستی‌شناسی رسمی است. هستی‌شناسی رسمی یک نظریه ماشین‌خوان از اغلب مفاهیم بنیادین یا طبقه‌بندی‌هایی است که برای درک اطلاعات مربوط به هر حوزه دانشی، لازم است (لگ، ۲۰۰۸، ص ۴۰۷). برای توسعه وب با استفاده از معناشناسی و روابط معنایی، منابع موجود در وب نیازمند بازنمون یا تفسیر توصیفات ساختاریافته ماشین‌خوان از محتویات و روابط خود هستند. لذا از واژه‌نامه‌ها و ساختارهایی که با یک هستی‌شناسی دامنه به صورتی رسمی و واضح بیان شده‌اند، استفاده می‌کنند (لو و همکاران، ۲۰۰۲ نقل شده در ژانگ، ۲۰۰۷، ص ۱۳). وب معنایی و هستی‌شناسی تلاش می‌کنند تا روابط معنایی را بین موجودیت‌های ارائه‌شده ایجاد کنند. روابط معنایی بین دو یا چند مفهوم، موجودیت یا مجموعه‌ای از موجودیت‌ها ایجاد می‌شود (ژانگ، ۲۰۰۷، ص ۹). انتظار می‌رود که در وب معنایی، هستی‌شناسی‌ها نقشی اساسی را با درهم آمیختن درک انسانی از نمادها و پردازش ماشینی، بازی کنند (گیززاردی، ۲۰۰۵، ص ۷۰). مثال زیر می‌تواند نمونه‌ای از این امر باشد بدین صورت که: فرض کنید سه کاربر «الف، ب و ج» اقدام به جستجوی واژه‌ای یکسان (واژه موش) در یک موتور جستجو می‌کنند؛ اگرچه هر کاربر به طور ضمنی معنای متفاوتی از این واژه را در ذهن دارد: کاربر «الف» به دنبال یافتن «موشواره کامپیوتر» برای رایانه خود است، کاربر «ب» به دنبال یافتن اطلاعاتی درباره برخی از انواع «موش‌ها» به عنوان پستانداران برای انجام تحقیقاتش است، در حالی که کاربر «ج» می‌خواهد ویژگی‌های

شخصیت «موش» در کارتون‌های والت دیزنی را بشناسد. با توجه به این که موتورهای جستجو قادر به شناسایی و مطابقت درخواست‌های مورد نظر کاربران با شاخص‌های خود نیستند، مغایرت‌ها افزایش می‌یابد؛ لذا موتورهای جستجو می‌توانند با عودت ترکیبی از معانی مختلف به کاربر، تقریباً درخواست کاربر را پاسخ داده (همچون موتور جستجوی گوگل) یا این که مجموعه‌ای از نتایجی که کاملاً با درخواست کاربر بی‌ربط است را به او ارائه دهند (نگوین و همکاران، ۲۰۱۵، ص ۴۴۳).

از مثال فوق می‌توان نتیجه گرفت که ابهام معنایی، مرکز بسیاری از مشکلات ادغام، انتقال و بازیابی اطلاعات است (نگوین و همکاران، ۲۰۱۵، ص ۴۴۳) و حاصل مغایرت بین معانی اصطلاحات استفاده شده در بخش‌های مختلف یک ارتباط است. این ابهام می‌تواند از طریق سازماندهی و تطبیق موقعیت‌های نسبی ارتباطات با معانی اصطلاحات در یک هستی‌شناسی تخصصی حوزه‌ای حل گردد. بنابراین، شرط لازم برای مشکلات ابهام‌زدایی معنایی، ترکیب هستی‌شناسی تخصصی حوزه‌ای و یک استراتژی مناسب بازیابی است (نگوین و همکاران، ۲۰۱۵، ص ۴۶۴). چرا که با توجه به مشاهده بازیابی‌های بی‌ربط در پایگاه‌های اطلاعاتی و موتورهای جستجوی معمول مثل (گوگل و یاهو) می‌توان راه حل چنین مشکلی را در وب معنایی و به‌ویژه هستی‌شناسی‌ها به‌عنوان ابزاری در خدمت وب معنایی یافت.

۴-۲. اهداف هستی‌شناسی‌ها

سؤالات هستی‌شناسی‌ها عبارتند از: چه موجودیت‌هایی وجود دارند؟ تفاوت اشیاء با رویدادها در چیست و این‌ها چگونه به هم مرتبط می‌شوند؟ ویژگی‌های اشیاء چیست و چگونه این اشیاء به یکدیگر مرتبط می‌شوند؟ آیا اشیاء، گروهی از ویژگی‌ها هستند؟ و این که آیا یک شیء مساوی با بخشی از آن است؟. این‌ها سؤالاتی کلی اما واقعی هستند و دربرگیرنده همه سؤالات جزئی‌تر نیز هستند (گیززاردی، ۲۰۰۵، ص ۵۳). لذا می‌توان گفت یکی از اهداف هستی‌شناسی‌ها تعریف وجود در یک نظام هستی است، که با انواع و ساختارهای اشیاء، پدیده‌ها، مختصات رخدادها، فرایندها و روابط میان اجزاء و رده‌بندی جزء و کل سروکار دارد (حسینی بهشتی، ۱۳۹۲، ص ۱۷۴-۱۷۳). به گونه‌ای که چارچوبی انعطاف‌پذیر برای مدل‌سازی فعالیت‌های علمی در مواقعی است که دامنه این فعالیت‌ها کل اکوسیستم علمی را فراهم کند (پرتسس و کنستانتینولوس، ۲۰۱۷، ص ۱۷۴). از اهداف کلی هستی‌شناسی‌ها می‌توان به مواردی همچون اشتراک‌گذاری درکی مشترک از ساختار اطلاعات بین انسان و ماشین؛ ایجاد قابلیت استفاده مجدد از دانش حوزه؛ آشکارسازی مفروضات حوزه؛ جداسازی دانش حوزه از دانش عملیاتی و تجزیه و تحلیل دانش حوزه نام برد (نوی و مگ گیزز، ۲۰۰۱، ص ۲). اما هستی‌شناسی‌ها در نظام‌های بازیابی اطلاعات دارای اهداف جزئی‌تر دیگری نیز هستند که

عبارتند از:

□ درک نیاز اطلاعاتی کاربر: با بهره‌گیری از هستی‌شناسی و بازنمون مفاهیم و ارتباط دقیق میان آن‌ها، پرسش کاربر توسط بخش منطق هستی‌شناسی و با کمک فنون پردازش زبان طبیعی تحلیل می‌شود (چن، ۲۰۰۹، ص ۲) و مناسب‌ترین کلیدواژه متناسب با نیاز کاربر شناسایی و به وی ارائه شود.

□ نمایه‌سازی مفهومی: با به‌کارگیری هستی‌شناسی در مرحله نمایه‌سازی می‌توان مفاهیم مدارک را به‌طور خودکار و نیمه‌خودکار بیرون کشید و در نتیجه، فهم دقیقی از یک مدرک به دست آورد (میرزاییگی، ۱۳۹۰، ص ۲۴۲). در نمایه‌سازی مفهومی در هستی‌شناسی‌ها، هر مفهوم می‌تواند ویژگی‌های مفاهیم بالاتر از خود را به ارث ببرد و رمزگذاری مؤلفه‌هایی که برای هر مفهوم (مثل تعاریف، سلسله‌مراتب، ویژگی‌ها و ...) بیان شده است، به گونه‌ای است که برای انسان و رایانه قابل درک باشد (دن و وانگ، ۲۰۰۶، ص ۱۵۱). لذا از طریق نمایه‌سازی مفهومی (نمایه‌سازی مدارک بر اساس مفهوم) در هستی‌شناسی‌ها، می‌توان بازنمونی از واژگان و مفاهیم را به‌صورت اشتراکی فراهم آورد؛ به گونه‌ای که اشکال ناهمگن مفاهیم به‌عنوان یک کل درک شوند.

□ بسط جستجو: هستی‌شناسی‌ها در بازیابی اطلاعات عمدتاً در مرحله بسط جستجو مورد استفاده قرار می‌گیرند. بدین نحو که پس از جستجوی اولیه کاربر، در صورت عدم بازیابی اطلاعات مرتبط به هر دلیلی، نیاز کاربر با نمایه‌ای که قبلاً بر پایه هستی‌شناسی واژگان با مترادف‌ها، اشتباهات تایپی و ... گرفته شده است، مطابقت داده شده، به کاربر پیشنهاد داده می‌شود و سپس کاربر می‌تواند کلیدواژه را اصلاح کند. بسط جستجو از فرایندهای مهم و گاهی مفقوده نظام‌های بازیابی است که از طریق هستی‌شناسی‌ها و با جابه‌جایی اصطلاحات (پرسش کاربر) وارد شده به نظام، به کاربر پیشنهاد می‌شود (آندرو، ۲۰۰۵، ص ۸).

□ شخصی‌سازی نظام بازیابی اطلاعات: در سال‌های اخیر، رشد منابع خصوصاً منابع وبی، به دلیل تنوع و ساده‌شدن ابزارهای تولید محتوا، گسترش یافته است. کاربران نیز با توجه به ویژگی‌های فردی نظیر شخصیت، تجربه، سن و ... انواع متفاوتی از رفتارهای اطلاع‌یابی را نشان داده‌اند. به همین سبب، توجه ویژه‌ای به شخصی‌کردن نظام‌های اطلاعاتی متناسب با

ویژگی‌های کاربران معطوف و انجام شده است. این شخصی‌سازی بر پایهٔ پروفایلی است که از کاربران، توانایی‌ها، ترجیحات و ... تشکیل شده است. در نظام‌های مبتنی بر هستی‌شناسی، با کمک ماشین یادگیری هستی‌شناسی می‌توان پروفایل کاربران را در هنگام مرور جستجوی آن‌ها در وب استخراج کرد. این پروفایل از طریق تحلیل رفتارهای کاربران انجام می‌گیرد و کلیدواژه‌های کاربران در هستی‌شناسی وزن داده می‌شود که این وزن‌دهی بر اساس حضور یا عدم حضور در هستی‌شناسی است. با کمک هستی‌شناسی همچنین می‌توان موضوعات مختلف را جدا کرد و واژگان خاص هر حوزه را به‌طور دقیق شرح داد. به عبارت دیگر، می‌توان هستی‌شناسی‌های مختلفی داشت که هر یک حوزه یا زیرحوزهٔ موضوعی خاص خود را پوشش می‌دهد. این امر به کاربران امکان می‌دهد تا هستی‌شناسی موضوعی خود را انتخاب کنند و آن را مبنای جستجوهای آتی خود قرار دهند. یکی دیگر از امکانات هستی‌شناسی در این حوزه، دریافت بازخورد از کاربران به منظور توسعهٔ نظام است. به این ترتیب، کاربران می‌توانند در خصوص اصطلاح جستجو شده، پیشنهادات خود را در مورد روابط، مترادفات، متضادها و ... ارائه دهند (گاچ، چافی و پیشسرن، ۲۰۰۳، ص ۲۱۹).

□ سازماندهی مدارک بازیابی‌شده بر اساس روابط دقیق معنایی: معمولاً به دلیل وجود روابط چندگانه بین اصطلاحات مورد جستجو، این امکان وجود دارد که مدرک بازیابی‌شده بر اساس این روابط چندگانه سازماندهی شوند (چن، ۲۰۰۹، ص ۲).

□ مصورسازی معنایی: در هستی‌شناسی، قابلیت بازنمایی منطقی و منسجم از ساختار مفهومی روابط دو یا چند مفهوم، از طریق ابزارهای مصورسازی فراهم می‌شود (میرزاییگی، ۱۳۹۰، ص ۲۴۴). مزیت جستجو از طریق حالت نمایشی هستی‌شناسی در این است که پس از انتخاب مفهوم مورد نظر، جایگاه آن مفهوم در میان سایر مفاهیم و نیز روابط و نمونه‌های مربوط به آن، به صورت تصویری قابل مشاهده است و کاربر می‌تواند به سرعت ارتباط میان مفاهیم را کشف و شناسایی کند (صنعت‌جو، ۱۳۸۴، ص ۸۷) و میزان قابل توجهی از اطلاعات به صورت فشرده، با حجم کمتر و به شیوهٔ مصور به کاربر ارائه می‌شود (میرزاییگی، ۱۳۹۰، ص ۲۴۴).

□ درک و شناخت حوزه موضوعی: در مقایسه با سایر ابزارهای کمک‌کننده جستجو (مانند اصطلاح‌نامه‌ها)، هستی‌شناسی‌ها به دلیل فراهم آوردن مفاهیم، بیان روابط دقیق میان آن‌ها، تعاریف مفاهیم و نیز ترسیم نقشه مفهومی واژگان، دید واقعی‌تری از حوزه موضوعی فراهم می‌آورند. در نتیجه، به تحقق هدف ثانویه ابزارهای معنایی - که ایجاد شناخت از حوزه موضوعی به منظور فراهم‌آوری پیشینه موضوعی در کاربران است و می‌تواند در بازیابی مدارک مرتبط‌تر تأثیرگذار باشد - کمک می‌کنند.

۲-۵. انواع هستی‌شناسی

طبقه‌بندی‌های مختلفی از هستی‌شناسی‌ها تا کنون ارائه شده است (روسی و همکاران، ۲۰۱۱، ص ۱۰؛ آسوشه و همکاران، ۱۳۹۰، ص ۴۸ و ۵۰). هر کدام از این طبقه‌بندی‌ها بر روی ابعاد متفاوتی مثل غنای ساختار داخلی (طبقه‌بندی لاسیلا و مگ‌گینز)؛ مقدار و نوع ساختار ادراک و موضوع ادراک (طبقه‌بندی وان حیجست و همکاران)؛ محتوی (طبقه‌بندی میزوگوچی)؛ سطح وابستگی آن‌ها به یک وظیفه یا نظر خاص (طبقه‌بندی گوارینو) که یک هستی‌شناسی می‌تواند بر آن اساس طبقه‌بندی شود، متمرکز هستند؛ که در ادامه شرح هر یک بیان شده است.

۱-۵-۲. انواع هستی‌شناسی بر اساس غنای ساختار داخلی

دامنه موضوعی یک هستی‌شناسی می‌تواند هر موضوعی را که برای مدل‌سازی مفهومی مناسب است، تحت پوشش قرار دهد. هستی‌شناسی‌ها بر اساس نوع و حجم دانشی که ترسیم می‌کنند، به انواع مختلفی تقسیم می‌شوند (گریم و همکاران، ۲۰۱۱، ص ۵۲۳). در واقع حاصل تقسیم‌بندی هستی‌شناسی‌ها بر اساس غنای ساختار داخلی آن‌ها و اطلاعاتی که باید ارائه دهند عبارت است از هستی‌شناسی سبک‌وزن و سنگین‌وزن (آسوشه و همکاران، ۱۳۹۰، ص ۵۱).

۱-۵-۲-۱. هستی‌شناسی سبک‌وزن: برای مدت‌زمانی طولانی تعریفی رسمی از هستی‌شناسی سبک‌وزن وجود نداشت و صرفاً از اصطلاحات و واژگان کنترل‌شده مثل تزاروس‌ها و راهنماهای وب مثل یاهو به عنوان نمونه‌هایی از هستی‌شناسی‌های سبک‌وزن اشاره می‌شد. در برخی موارد نیز هستی‌شناسی‌های سبک‌وزن، هستی‌شناسی‌های رسمی بودند که از یک زبان منطقی محاسباتی ارزان استفاده می‌کردند و به رمزگذاری مفاهیم استخراجی (به صورت خودکار یا نیمه‌خودکار) از راهنماهایی مثل یاهو می‌پرداختند. اولین تلاش‌ها برای تعریف هستی‌شناسی سبک‌وزن، تعریفی بود که هستی‌شناسی سبک‌وزن را محدود به راهنماهای رسمی وب می‌کرد (جونچیلیا و زهراوی، ۲۰۱۷،

ص ۲). این نوع هستی‌شناسی از مفاهیم، طبقه‌بندی مفاهیم، ارتباط بین آن‌ها و ویژگی‌های توصیف‌کننده آن مفاهیم تشکیل شده است (آسوشه و همکاران، ۱۳۹۰، ص ۱۱). هستی‌شناسی سبک‌وزن فاقد اصول موضوعه یا دارای تعداد اندکی اصول موضوعه محدود به موجودیت‌های خود است (گریم و همکاران، ۲۰۱۱، ص ۵۲۳) و برای نشان‌دادن رابطه اشتراکی ("is-a" برای سلسله‌مراتب بین مفاهیم) یا انواع دیگری از روابط بین مفاهیم طراحی شده است. این نوع هستی‌شناسی حاوی روابط زیاد یا بسیار پیچیده نیست (اسلیمانی، ۲۰۱۴، ص ۴). بر اساس کاربرد به دو نوع هستی‌شناسی سبک‌وزن توصیفی و هستی‌شناسی سبک‌وزن رده‌بندی تقسیم می‌شود. هستی‌شناسی سبک‌وزن رده‌بندی نسبت به هستی‌شناسی سبک‌وزن توصیفی پیچیده‌تر است (جونچلیا و زهراوی، ۲۰۱۷، ص ۳-۲).

۲-۵-۱-۲. هستی‌شناسی سنگین‌وزن: هستی‌شناسی سنگین‌وزن، یک هستی‌شناسی سبک‌وزن (هستی‌شناسی ساده‌ای که مبتنی بر ساختار سلسله‌مراتبی مفاهیم و روابط است) محسوب می‌شود که با استفاده از اصول موضوعه برای تفسیر معنایی مفاهیم و روابط، غنی‌سازی شده است. اصول موضوعه از اجزای اصلی سازنده برای تفسیر معنایی مفاهیم و روابط در هستی‌شناسی‌ها هستند و همین اصول موضوعه وجه تمایز بین هستی‌شناسی سبک‌وزن و سنگین‌وزن را تشکیل می‌دهند (فورست و تریشه، ۲۰۰۶، ص ۳۸). هستی‌شناسی‌های سنگین‌وزن از طریق اصول موضوعه گسترده‌ای که از عناصر خود به ارث می‌برند، شناخته می‌شود؛ به‌طوری که تقریباً اکثر موجودیت‌های آن همراه با اصول موضوعه‌ای است که کاربری و استدلال‌های آن را محدود می‌کند (گریم و همکاران، ۲۰۱۱، ص ۵۲۳). در این نوع هستی‌شناسی علاوه بر محتوای هستی‌شناسی سبک‌وزن، اصول موضوعه و محدودیت‌هایی وجود دارد که معنای اصطلاحات هستی‌شناسی را روشن می‌سازد (آسوشه و همکاران، ۱۳۹۰، ص ۱۱). هستی‌شناسی سنگین‌وزن با توجه به معانی دقیق، اصول سازماندهی هر مفهوم و روابط دقیق معنایی بین مفاهیم (محدودیت‌های کاردینالیتی، روابط تاکسونومی، اصول موضوعه یا محدودیت‌ها و غیره) ایجاد و توسعه یافته است (اسلیمانی، ۲۰۱۴، ص ۴). این نوع از هستی‌شناسی می‌تواند یک هستی‌شناسی دامنه یا یک هستی‌شناسی بازنمونی باشد.

۲-۵-۲. انواع هستی‌شناسی بر اساس مقدار و نوع ساختار ادراک

تقسیم‌بندی دیگر از هستی‌شناسی‌ها بر اساس بعد مقدار و نوع ساختار ادراک در سه گروه صورت گرفته است که عبارت است از:

۲-۵-۲-۱. هستی‌شناسی اصطلاحات علمی و فنی: این نوع هستی‌شناسی‌ها برای بازنمون دانش و اصطلاحاتی است که در یک حوزه گفتمانی استفاده می‌شوند مثل واژه‌نامه‌ها، واژه‌های کنترل شده،

تاکسونومی‌ها، فولکسونومی‌ها، اصطلاح‌نامه‌ها و پایگاه داده‌های واژگانی. نمونه‌ای از چنین هستی‌شناسی‌هایی در حوزه پزشکی نظام زبان واحد پزشکی است (وان حیجست، شرایبر و ویلنگا، ۱۹۹۷، ص ۱۹۲). هستی‌شناسی‌های اصطلاحات علمی و فنی بر روی اصطلاحات و روابط آن‌ها متمرکز هستند. آن‌ها دارای نقشی دوگانه هستند: (۱) بیان و توصیف واژگان استفاده شده که این نقش از طریق واژه‌نامه‌ای که اصطلاحات واقعی استفاده شده در یک زبان را فهرست می‌کند، به دست می‌آید؛ (۲) از آنجا که این نوع هستی‌شناسی‌ها نتیجه توافق زبانی بین یک جامعه کاربری است، لذا این توافق نشان می‌دهد که کدام اصطلاح بیان‌کننده یک مفهوم است؛ که این امر از ابهامات جلوگیری می‌کند. این فرایند نرمال‌سازی واژگانی نامیده می‌شود (روسی و همکاران، ۲۰۱۱، ص ۱۵). اصطلاح‌نامه جی‌مت و اگرووک نمونه‌هایی از این نوع هستی‌شناسی‌ها هستند.

۲-۵-۲-۲. هستی‌شناسی اطلاعاتی: این نوع هستی‌شناسی تبیین‌کننده ساختار پیشینه‌های پایگاه‌های اطلاعاتی است (وان حیجست، شرایبر و ویلنگا، ۱۹۹۷، ص ۱۹۲). آن‌ها معمولاً در طول فرایند طراحی یک پروژه استفاده می‌شوند. از ویژگی‌های آن‌ها می‌توان به قابلیت تغییر و مقیاس‌پذیری آسان اشاره کرد (روسی و همکاران، ۲۰۱۱، ص ۱۲). چارچوب مدل‌سازی پیشینه‌های پزشکی بیماران، نمونه‌ای از چنین هستی‌شناسی‌هایی در حوزه پزشکی است. مدل این هستی‌شناسی، چارچوبی را برای ثبت مشاهدات پایه از بیماران فراهم می‌کند، اما تمایزی بین علائم و نشانه‌های بیماری و درمان‌ها ایجاد نمی‌کند (وان حیجست، شرایبر و ویلنگا، ۱۹۹۷، ص ۱۹۲). هستی‌شناسی‌های اطلاعاتی بر روی مفاهیم، موجودیت‌ها و روابط آن‌ها تمرکز دارند و از زبان‌های بصری استفاده می‌کنند به طوری که به راحتی توسط انسان قابل درک است (روسی و همکاران، ۲۰۱۱، ص ۱۲).

۲-۵-۲-۳. هستی‌شناسی مدل‌سازی دانش: هستی‌شناسی مدل‌سازی دانش به مفهوم‌سازی دانش می‌پردازد. این نوع هستی‌شناسی در مقایسه با هستی‌شناسی‌های اطلاعاتی دارای ساختار داخلی غنی‌تری است. علاوه بر این، هستی‌شناسی مدل‌سازی دانش اغلب به استفاده خاص از دانشی که آن‌ها را توصیف می‌کند، تمایل دارد. این نوع هستی‌شناسی‌ها در حوزه پزشکی به توصیف فرایندهای تصمیم‌گیری می‌پردازد (وان حیجست، شرایبر و ویلنگا، ۱۹۹۷، ص ۱۹۳).

۲-۵-۲. انواع هستی‌شناسی بر اساس موضوع ادراک

وان حیجست و همکاران (۱۹۹۷) برای این بعد از تقسیم‌بندی نیز چهار نوع از هستی‌شناسی را در نظر گرفته‌اند:

۲-۵-۳-۱. هستی‌شناسی کاربردی: حاوی کلیه تعاریف مورد نیاز برای مدل‌سازی دانش در یک

کاربرد خاص است. این نوع هستی‌شناسی ترکیبی از مفاهیمی است که از هستی‌شناسی‌های دامنه و عمومی اخذ شده‌اند. علاوه بر این، هستی‌شناسی‌های کاربردی به تنهایی قابل استفاده مجدد نیستند (وان حیجست، شرایبر و ویلنگا، ۱۹۹۷، ص ۱۹۳).

۲-۵-۳-۲. هستی‌شناسی دامنه: بیان‌کننده مفهوم سازی‌هایی است که ویژه دامنه‌ای خاص هستند. این نوع هستی‌شناسی محدودیت‌هایی را بر روی ساختار و محتوای دانش دامنه‌ای قرار می‌دهد (وان حیجست، شرایبر و ویلنگا، ۱۹۹۷، ص ۱۹۳).

۲-۵-۳-۳. هستی‌شناسی عمومی: این نوع هستی‌شناسی شبیه به هستی‌شناسی‌های دامنه است، اما مفاهیمی که این نوع هستی‌شناسی توصیف می‌کند مواردی است که در بسیاری از حوزه‌ها عمومیت دارند. معمولاً، هستی‌شناسی‌های عمومی به توصیف مفاهیمی همچون حالت، رویداد، فرایند، فعالیت، عناصر و غیره می‌پردازد. مفاهیم موجود در هستی‌شناسی‌های دامنه به عنوان مشخصه سازی مفاهیم در هستی‌شناسی عمومی در نظر گرفته می‌شوند. البته، مرز بین هستی‌شناسی عمومی و دامنه مبهم است (وان حیجست، شرایبر و ویلنگا، ۱۹۹۷، ص ۱۹۳).

۲-۵-۳-۴. هستی‌شناسی بازنمون: بیان‌کننده مفهوم سازی‌های مربوط به فرمول‌های بازنمون دانش است و نسبت به موجودیت‌های جهان بی‌طرف هستند. این نوع هستی‌شناسی چارچوب بازنمون را بدون توجه به جهان ارائه می‌دهد. هستی‌شناسی‌های دامنه و عمومی از ساخته‌ها و ابتکارات هستی‌شناسی بازنمون استفاده می‌کنند. مثال این نوع از هستی‌شناسی‌ها، هستی‌شناسی چارچوب است (وان حیجست، شرایبر و ویلنگا، ۱۹۹۷، ص ۱۹۳).

۲-۵-۴. انواع هستی‌شناسی بر اساس ترکیب وظیفه، روش‌شناسی و دامنه

میزوگوچی، ون ولکنهایزن و ایکدا، ۱۹۹۵ نوعی از هستی‌شناسی را با توجه به وظیفه، روش‌شناسی و دامنه پیشنهاد داده‌اند. در این نوع هستی‌شناسی، فناوری دانش محور مورد توجه قرار گرفته است و در برخی زمینه‌ها دانش به عنوان حالتی از حل مسأله در نظر گرفته می‌شود. با توجه به این دیدگاه، طبقه‌بندی میزوگوچی، ون ولکنهایزن و ایکدا عبارت است از:

۲-۵-۴-۱. هستی‌شناسی محتوا: این نوع هستی‌شناسی‌ها به عنوان هستی‌شناسی‌هایی که برای استفاده مجدد از دانش، مورد استفاده قرار می‌گیرند، شناخته شده‌اند (اسلیمانی، ۲۰۱۴، ص ۳) و شامل هستی‌شناسی‌های زیر است:

۲-۵-۴-۲. هستی‌شناسی مرتبط با وظیفه: با توجه به هدفی مثل یافتن افرادی که روی یک موضوع مشابه فعالیت می‌کنند، مطابقت موضوعات پروژه‌ها با صلاحیت کارمندان و غیره از این نوع

هستی‌شناسی‌ها استفاده می‌شود. این نوع هستی‌شناسی شامل هستی‌شناسی نام‌های عمومی، هستی‌شناسی افعال عمومی، هستی‌شناسی صفات عمومی و سایر هستی‌شناسی‌هاست (اسلیمانی، ۲۰۱۴، ص ۴).

۳-۴-۵-۲. هستی‌شناسی مرتبط با دامنه: این نوع هستی‌شناسی‌ها اجازه تو صیف موجودیت‌هایی که ویژگی‌ها و روابط آن مرتبط با هدف خاصی (دانشجویان به‌عنوان موجودیتی که در دانشگاه ثبت نام می‌کنند، دارای نام، آدرس و غیره هستند) است، را می‌دهد. این نوع هستی‌شناسی شامل هستی‌شناسی مرتبط با اشیاء، هستی‌شناسی مرتبط با فعالیت و هستی‌شناسی مرتبط با حوزه است (اسلیمانی، ۲۰۱۴، ص ۴).

۴-۴-۵-۲. هستی‌شناسی عمومی یا رایج: شامل هستی‌شناسی‌های اشیاء، رویدادها، زمان، مکان، علیت، رفتار، عملیات و غیره است.

۵-۴-۵-۲. هستی‌شناسی‌های راهنما: این نوع هستی‌شناسی‌ها تحت عنوان هستی‌شناسی‌های بازیابی اطلاعات شناخته می‌شوند. هدف از اتخاذ هستی‌شناسی‌ها در بازیابی اطلاعات افزایش بازیافت و دقت است (اسلیمانی، ۲۰۱۴، ص ۲۰-۱۹). کاربرد اصلی آن برای گسترش جستجو است، که متشکل از اصطلاحات هستی‌شناسی است که مرتبط با اصطلاحات مورد جستجو است و از اصطلاحات هستی‌شناسی به‌عنوان بخشی از واژه‌های مورد جستجو استفاده می‌کند.

۶-۴-۵-۲. فراهستی‌شناسی: این نوع هستی‌شناسی‌ها بیشتر تحت عنوان هستی‌شناسی‌های هسته یا عمومی شناخته می‌شوند.

۷-۴-۵-۲. هستی‌شناسی‌های پرسش و پاسخ.

۵-۵-۲. انواع هستی‌شناسی بر اساس سطح وابستگی آن‌ها به یک وظیفه یا نظر خاص

تقسیم‌بندی دیگری که برای هستی‌شناسی‌ها صورت گرفته، توسط گوارینو (۱۹۹۸) انجام گرفته است. بر این اساس هستی‌شناسی‌ها به موارد زیر تقسیم شده‌اند:

۱-۵-۵-۲. هستی‌شناسی سطح بالا: توصیف‌کننده مفاهیم کلی مثل مکان، زمان، موضوع، شیء، رویداد و رفتاری است که مستقل از حوزه یا مشکل خاصی است. بنابراین به نظر می‌رسد که حداقل از نظر تئوری، هستی‌شناسی‌های سطح بالای یکپارچه‌ای برای جامعه وسیعی از کاربران داشته باشیم (گوارینو، ۱۹۹۸، ص ۷).

۲-۵-۵-۲. هستی‌شناسی مرتبط با وظیفه: توصیف‌کننده وظیفه یا فعالیتی عمومی (مثل تشخیص یا

فروش)، از طریق مشخصه‌سازی اصطلاحات معرفی شده در هستی‌شناسی سطح بالا می‌باشد (گوارینو، ۱۹۹۸، ص ۸).

۳-۵-۲. هستی‌شناسی مرتبط با دامنه: توصیف‌کننده واژگان مربوط به یک دامنه عمومی (مثل پزشکی یا صنعت خودرو)، از طریق مشخصه‌سازی اصطلاحات معرفی شده در هستی‌شناسی سطح بالا می‌باشد (گوارینو، ۱۹۹۸، ص ۸).

۴-۵-۲. هستی‌شناسی کاربردی: توصیف‌کننده مفاهیم وابسته به دامنه و وظیفه خاصی است، که به مشخصه‌سازی هر دو هستی‌شناسی دامنه و وظیفه می‌پردازد. این مفاهیم اغلب مرتبط با نقشی‌اند که از طریق موجودیت‌های دامنه‌ای حین اجرای فعالیتی خاص بازی می‌کنند (گوارینو، ۱۹۹۸، ص ۸).

۲-۶. اجزاء و مفاهیم اصلی هستی‌شناسی

معمولاً ترکیب دانش در هستی‌شناسی‌ها مبتنی بر پنج جزء اصلی کلاس‌ها، موجودیت‌ها، روابط، وظایف و اصول موضوعه است. آن‌ها ناهمگونی موجود در اصطلاحات یک حوزه که در متن اسناد هستند را رفع و مفهوم‌سازی می‌کنند. بنابراین هستی‌شناسی‌ها، محتوا و ساختار دانش را منعکس می‌کنند؛ به‌طوری که از طریق به‌کارگیری اصطلاحات در مجموعه متون بررسی شده، قابل شناسایی‌اند (لوکسیک و همکاران، ۲۰۱۶، ص ۱۳۲). زبان‌های مختلفی برای بیان هستی‌شناسی‌ها وجود دارند، اما اکثر آن‌ها ساختارهای مشابه و انواعی از موجودیت را به اشتراک دارند (بدینی، ۲۰۱۰، ص ۲۵). در واقع اجزای تشکیل‌دهنده هستی‌شناسی در زبان‌های مختلف تقریباً یکسان است و هستی‌شناسی‌های مختلف دارای اجزای پایه‌ای هستند که در ادامه بیان شده است.

□ کلاس‌ها یا مفاهیم: گروهی از موجودیت‌ها که ویژگی‌های مشترکی که در سطح گسترده‌ای

استفاده می‌شوند، را به اشتراک می‌گذارند. یک مفهوم می‌تواند هر چیزی که در مورد چیزی

دیگر بیان می‌شود، باشد. در واقع این مفهوم می‌تواند توصیف یک وظیفه، عمل، استراتژی،

فرایند استدلال و ... باشد. اکثر زبان‌های هستی‌شناسی (مثل زبان هستی‌شناسی وب، زبان

نشانه‌گذاری آژانس دارپا و ...) امکان توصیف مفاهیم بر اساس این ویژگی‌ها را فراهم

می‌آورند. به‌عنوان مثال، تمام پستانداران دارای ویژگی‌های مشترک یکسانی هستند، به جز

توانایی صحبت کردن (اسلیمانی، ۲۰۱۴، ص ۲). کلاس‌ها معمولاً دارای شرایطی هستند که

این شرایط نمونه‌های آن کلاس را تعیین می‌کند و نمونه‌های یک کلاس ممکن است تنها

یک مرتبه در آن کلاس رخ دهند و یک کلاس نمی‌تواند نمونه‌های تکراری داشته باشد

(سولداتاوا و کینگ، ۲۰۰۶، ص ۷۹۸). در واقع عالی‌ترین موجودیت‌ها همین کلاس‌ها هستند که مربوط به اشیای دنیای واقعی‌اند (مثل شخص یا موتورسیکلت) (بدینی، ۲۰۱۰، ص ۲۵). اصطلاحات یعنی عبارات اسمی یا فعلی که به مفاهیم زبانی اشاره دارند، به‌عنوان ابزاری برای برچسب‌گذاری کلاس‌ها، موجودیت‌ها و ویژگی‌های پذیرفته‌شده، هستند. بنابراین یکی از مهم‌ترین وظیفه‌ها در یادگیری هستی‌شناسی واژگانی، شناسایی اصطلاحات یا عباراتی است که به حوزه مورد نظر مربوط باشند (استخراج مفاهیم). اغلب، اهمیت ظهور اصطلاح با استفاده از مقایسه فراوانی‌های استخراجی آن در مجموعه‌ای از متون یا با توجه به اطلاعات ساختاری موجود در اسناد یکس‌ام‌ال یا اچ‌تی‌ام‌ال، تعیین می‌شود. در مرحله دوم بر اساس فرضیه توزیعی هریس، این اصطلاحات می‌توانند در خوشه‌هایی از اصطلاحات مترادف یا دیگر اصطلاحاتی که توصیف‌کننده مفهومی واحد هستند، گروه‌بندی شوند (گریم و همکاران، ۲۰۱۱، ص ۵۳۳).

کلیه کلاس‌های هستی‌شناسی، به‌عنوان زیرکلاس‌هایی از کلاس‌های بالاتر در نظر گرفته شده‌اند، که این زیرکلاس‌ها، ویژگی‌های اصلی شناخته‌شده و توصیف‌ها را از کلاس‌های خود به ارث می‌برند. به‌عنوان مثال گروه‌ها دارای افرادی به‌عنوان اعضاء هستند که این‌ها نیز ممکن است دارای ساختار سلسله‌مراتبی درونی باشند، فعالیت‌ها ممکن است شامل زیرفعالیت‌هایی باشند و اشیاء ممکن است شامل اشیایی دیگر باشند.

□ نمونه‌ها: یک موجودیت، چنانچه در یک کلاس قرار گیرد، نمونه‌ای از آن کلاس است (سولداتاوا و کینگ، ۲۰۰۶، ص ۷۹۸). نمونه‌ها، مثال‌های کلاس‌ها هستند که اغلب اشیاء نامیده می‌شوند و اشیای اصلی یا سطح پایه محسوب می‌شوند (مثل MotoGuzziV7 نمونه‌ای از موتورسیکلت است)؛ لذا می‌توان گفت نمونه‌ها موجودیت‌هایی هستند که اشیاء به‌هم پیوسته را مدل‌سازی می‌کنند و عناصر اصلی یک هستی‌شناسی را نشان می‌دهند. چنانچه این عناصر اصلی بازنمون شوند، امکان اجرای هستی‌شناسی در زبان‌های مختلف (بسیار غیر رسمی، نیمه غیر رسمی، نیمه رسمی و زبان‌های رسمی دقیق) نیز وجود دارد (اسلیمانی، ۲۰۱۴، ص ۲).

اشاره‌ای که در مورد نمونه‌ها وجود دارد، مسأله نمونه‌سازی است. نمونه‌سازی تمایزی اساسی است که بین اشیاء واقعی دامنه مورد نظر و رده‌های کلی‌تر ایجاد می‌شود که باعث گروه‌بندی اشیاء بر اساس برخی مشخصه‌های مشترک می‌شود. نمونه‌سازی مکانیزمی است که با ارجاع اشیاء به کلاس‌ها به‌عنوان نمونه‌های آن، این تمایز را به‌وجود می‌آورد. این مکانیزم می‌تواند در کلیه اشکال مدل مفهومی یافت شود، حتی گاهی در فرامدل سازی، این اجازه را می‌دهد که کلاس‌ها به‌عنوان نمونه‌هایی از فراکلاس‌های خود مطرح باشند (گریم و همکاران، ۲۰۱۱، ص ۵۱۲). در هستی‌شناسی، به‌دلیل در نظر گرفتن امکان گسترش‌پذیری آن، از نمونه‌ها استفاده شده است و مفهوم نمونه برای تعریف روابط «یک ... هست» استفاده شده است.

- دامنه: دامنه هستی‌شناسی تعیین‌کننده حوزه‌ای است که هستی‌شناسی آن را پوشش می‌دهد. تعیین دامنه اولین قدم برای ساخت یک هستی‌شناسی محسوب می‌شود.
- ویژگی: صفات یا ویژگی‌ها بیان‌کننده جنبه‌ها، خصوصیات و پارامترهایی که اشیاء (و کلاس‌ها) می‌توانند داشته باشند، است. موجودیت «صفت» به معنای این است که یک ویژگی، صفت یک موجودیت است.

- روابط: بدون هیچ‌گونه همبستگی (اتصال به‌هم)، گره‌های ساده موجود در شبکه‌های معنایی، مجموعه‌ای بی‌قاعده از مفاهیم خواهند بود. روابط بین مفاهیم برای چنین اتصال‌هایی، باعث غنی‌سازی گره‌های مفهومی با ساختار می‌شوند (گریم و همکاران، ۲۰۱۱، ص ۵۱۲). روابط در هستی‌شناسی‌ها، توصیف‌کننده معانی موجودیت‌های (نمونه‌ها یا ویژگی‌ها) مربوط به‌هم است. به عبارت دیگر، روابط نشان‌دهنده شکلی از تعامل بین مفاهیم در حوزه‌ای یکسان است (اسلیمانی، ۲۰۱۴، ص ۲). در واقع با استفاده از روابط، کلاس‌ها و نمونه‌ها می‌توانند به یکدیگر مرتبط شوند مثل مارک فرزند هلن است. چندین نوع از روابط می‌تواند در هستی‌شناسی‌ها بیان شود: روابط «زیرکلاسی از» و «متصل به» دو نمونه از روابط دودویی هستند. جمله «احمد دوره هوش مصنوعی را آموزش می‌دهد» بیان‌کننده رابطه مستقیم بین موجودیت‌هاست اما جمله «استاد دوره‌ای را آموزش می‌دهد» بیان‌کننده رابطه بین مفاهیم است. رابطه «نمونه‌ای از ... یا نمونه ...»: یک رابطه دودویی است که دلالت بر این دارد که «یک نمونه دارای شرایطی مرتبط با نمونه‌ای از یک کلاس است. یک نوع دیگر از رابطه،

رابطه «بخشی از» می‌باشد. اصلی‌ترین رابطه همین رابطه «بخشی از» می‌باشد که دیگر روابط در ارتباط با این رابطه تعریف می‌شوند. این رابطه به این معناست که یک «موجودیت جزئی» بخشی از یک «موجودیت کلی» است.

□ اصول موضوعه: در حالتی که گره‌های مفهومی مرتبط برای بیان غنی دانش کافی نباشند، نیازمندند تا با توضیحات پیچیده‌ای به بیان دامنه دانش مورد نظر پردازند، که در این حالت از اصول موضوعه استفاده می‌شود. علاوه بر محدودیت‌ها یا نمونه‌سازی‌ها به عنوان شکل‌هایی از همین اصول موضوعه، بسیاری از زبان‌های هستی‌شناسی اجازه فرمول‌سازی توضیحات پیچیده‌تر را در قالب اصول موضوعه کلی فراهم می‌کنند (گرم و همکاران، ۲۰۱۱، ص ۵۱۲). در واقع اصول موضوعه اظهارات یا تأکیدی در قالب‌های رسمی و دربرگیرنده نظریه‌ای کلی است که هستی‌شناسی در حوزه کاربردی آن توصیف می‌شود (بدینی، ۲۰۱۰، ص ۲۵). این اظهارات در قالبی منطقی فرمول‌بندی شده و شامل دانشی هسته هستند. به عبارتی دیگر، اصول موضوعه برای مدل‌سازی جملاتی که همیشه درست هستند، استفاده می‌شود. انواع اصول موضوعی می‌توانند بر اساس معناشناسی آن‌ها، طبقه‌بندی شوند (استاب و میچی، ۲۰۰۰، ص ۲).

۲-۲. راهبردهای تدوین هستی‌شناسی

راهبردهای تدوین هستی‌شناسی‌ها شامل موارد زیر است:

□ راهبرد پایین به بالا: از خاص‌ترین مفاهیم شروع می‌شود و از طریق تعمیم، به ساخت یک ساختار می‌رسد (گوش و همکاران، ۲۰۱۶، ص ۱۰۹). در این رویکرد فرایند ساخت هستی‌شناسی معمولاً با مطالعه زبان‌شناختی ساختارهای اشکال داده‌های موجود (اسناد، گزارشات و ...) به منظور استخراج مفاهیم مرتبط یک حوزه و روابط بین آن‌ها با استفاده از پشتیبانی نیمه‌خودکار در تحلیل اسناد، شروع می‌شود (نگاه کنید به شکل ۲-۱). این رویکرد منجر به جزئیات بسیار سطح بالایی می‌شود که رسیدن به نقاط اشتراکی بین مفاهیم مرتبط را دشوار می‌سازد و باعث افزایش تناقضات می‌شود (آچولد و گرونینگر، ۱۹۹۶، ص ۲۰). علاوه بر این، رویکرد پایین به بالا، با توسعه هستی‌شناسی‌های کاربردی و دامنه‌ای خاص

دچار محدودیت عدم قابلیت استفاده مجدد می‌شود. در عین حال، این رویکرد می‌تواند هستی‌شناسی‌های حاضر را با ترکیب دانش جدید موجود در متون، پالایش و گسترش دهد (گوش و همکاران، ۲۰۱۶، ص ۱۰۹).

□ راهبرد بالا به پایین: از عام‌ترین مفاهیم شروع شده و با خاص کردن مفاهیم، یک ساختار را می‌سازد (گوش و همکاران، ۲۰۱۶، ص ۱۰۹). در این رویکرد، فرایند ساخت هستی‌شناسی با تحلیل و مطالعه منابع اطلاعاتی مرتبط با دامنه مورد نظر شروع می‌شود و سپس اقدام به مدل‌سازی مفاهیم سطح بالایی می‌کند که در گام‌های بعدی پالایش می‌شوند. این طبقه‌بندی از رویکردها معمولاً به صورت دستی و توسط خبرگان دانش حوزه‌ای صورت می‌گیرد که منجر به قابلیت استفاده مجدد و اشتراک‌گذاری هستی‌شناسی‌های سطح بالا می‌شود (فرانسسکوینی و همکاران، ۲۰۱۰، ص ۹۸)؛ اگرچه، این رویکرد منجر به کنترل بهتر سطوح جزئیات می‌شود اما شروع از بالا می‌تواند منجر به گزینش هستی‌شناسی‌های انتخابی سطح بالایی شود که باعث خطر کم‌ثباتی در مدل می‌شود. روش شناسی آچولد و گرونینگر مثالی از رویکرد بالا به پایین برای ساخت هستی‌شناسی‌هاست (آچولد و گرونینگر، ۱۹۹۶، ص ۲۰).

هر یک از رویکردهای دوگانه فوق، دارای مزایا و معایبی است. بنابراین برای ساخت یک هستی‌شناسی کامل، نیاز به ترکیب این دو رویکرد است. لذا برای این منظور رویکرد دیگری که ترکیبی از رویکردهای پایین به بالا و بالا به پایین است، توصیه شده است؛ که در ادامه آمده است:

□ راهبرد ترکیبی یا میانی: این رویکرد ترکیبی از رویکردهای بالا به پایین و پایین به بالا است (آچولد و گرونینگر، ۱۹۹۶، ص ۲۱). به عبارت دیگر، این رویکرد ترکیبی از مدل‌سازی نظری و تجزیه و تحلیل متون است (نیکولا، میسیکف و ناویگلی، ۲۰۰۹، ص ۲۶۸). این رویکرد، توازنی را با توجه به جزئیات سطوح، ایجاد می‌کند. جزئیات با توجه به نیاز، صرفاً از طریق تخصصی‌سازی مفاهیم پایه به وجود می‌آیند (آچولد و گرونینگر، ۱۹۹۶، ص ۲۱).

۲-۸. روش‌ها و رویکردهای طراحی هستی‌شناسی

گام‌های متداولی برای تعیین دامنه، گردآوری اصطلاحات، اجرا و ارزیابی هستی‌شناسی‌ها وجود دارد؛ اما جالب توجه است که روش شناسی یکسانی برای توسعه یک هستی‌شناسی وجود ندارد.

تصمیم‌گیری برای انتخاب روش‌شناسی، مبتنی بر هدف تحقیق است. علاوه بر این، ادغام روش‌شناسی‌ها فرایندی متداول است. تعدادی از روش‌شناسی‌ها تجربی‌اند و برای پروژه‌ای خاص طراحی شده‌اند، مثل سایک، کاکتوس، آچولد و کینگ. گروهی دیگر از روش‌شناسی‌ها مدل‌های اولیهٔ تکامل‌یافته‌ای را پیشنهاد می‌دهند مثل مت‌آنتالوژی؛ و سایر گروه‌ها نیز رویکردی تکراری را در توسعهٔ هستی‌شناسی‌ها فراهم می‌کنند؛ روش‌شناسی نویی، نمونه‌ای از رویکرد تکراری این گروه است (بروسا، لورا کالیوسکو و چیتی، ۲۰۰۶، ص ۷). در این بخش در مورد ۵ روش‌شناسی متفاوت در طراحی هستی‌شناسی بحث می‌شود که اسامی آن‌ها به شرح زیر است:

□ روش‌شناسی مهندسی دانش؛

□ روش‌شناسی داگما؛

□ روش‌شناسی مت‌آنتالوژی؛

□ روش‌شناسی سنسس؛

□ روش‌شناسی دلیجنت؛

□ روش‌شناسی تاو.

۱-۸-۲. روش‌شناسی مهندسی دانش

روش‌شناسی مهندسی دانش (آچولد و گرونینگر، ۱۹۹۶) که برای طراحی و نگهداری هستی‌شناسی‌هاست متشکل از یک فرایند ۶ مرحله‌ای است که عبارتند از:

□ تعریف حوزه، اهداف و دامنهٔ هستی‌شناسی: مشکلات حوزه، اهداف و دامنهٔ هستی‌شناسی در

این مرحله بیان می‌شوند. این مرحله شامل توصیف هستی‌شناسی با استفاده از سناریوی

محرک است. نوی و مک‌گینز (۲۰۰۱) مجموعه‌ای از سؤالاتی که مربوط به این مرحله است

و باعث تسهیل وظایف این مرحله می‌شوند را به شرح زیر بیان کرده‌اند:

◆ هستی‌شناسی چه حوزه‌ای را پوشش خواهد داد؟

◆ هستی‌شناسی برای چه چیزی استفاده خواهد شد؟

◆ هستی‌شناسی پاسخ کدام نوع از سؤالات را فراهم خواهد کرد؟

◆ چه کسی از هستی‌شناسی استفاده خواهد کرد و آن را حفظ و نگهداری می‌کند؟

◆ خروجی این مرحله یک هستی‌شناسی به زبان طبیعی با مشخصه‌سازی اسنادی است که از

فرایند طراحی هستی‌شناسی پشتیبانی کرده‌اند. این اسناد شامل اطلاعاتی همچون هدف

هستی‌شناسی در یک جامعه، دامنه هستی‌شناسی، درجه رسمیت استفاده‌شده برای کدگذاری هستی‌شناسی و دیگر مسائل مشابه است. مشخصه‌سازی اسناد هستی‌شناسی باید شامل اصطلاحات مرتبط بدون تکرار باشد؛ که مفاهیم این اصطلاحات و روابط آن‌ها نیازمند ساخت معنی در آن حوزه و تطابق با معانی آن‌ها در دنیای واقعی است (هادزیک و همکاران، ۲۰۰۹، ص ۷۸).

♦ اکتساب و مفهوم‌سازی دانش حوزه: این مرحله شامل فرایند کسب دانش از حوزه مورد نظر است. این مرحله، مرحله مهمی برای ایجاد همکاری بین مهندس هستی‌شناسی و متخصصان حوزه است. روش‌های متفاوتی برای گردآوری و تجزیه و تحلیل داده (مثل مصاحبه با متخصصان حوزه، پرسشنامه‌ها و تجزیه و تحلیل متون مربوط به اسناد مرتبط) ممکن است در این مرحله به کار روند.

خروجی این مرحله یک هستی‌شناسی غیر رسمی است. هستی‌شناسی غیر رسمی، در واقع یک مدل حوزه‌ای مفهوم‌سازی شده است که بازنمونی از مفاهیم حوزه و روابط بین آن‌هاست. هستی‌شناسی غیر رسمی شامل واژه‌نامه‌ای از اصطلاحات (مفاهیم)، توصیف روابط بین اصطلاحات و محدودیت‌های استفاده از آن‌هاست (هادزیک و همکاران، ۲۰۰۹، ص ۷۹).

فنون مدل‌سازی مفهومی مختلفی می‌تواند برای بازنمون هستی‌شناسی استفاده شود. رویکرد پیشنهادی برای مدل‌سازی مفهومی شامل گام‌های دوگانه زیر است:

□ ساخت فهرستی از اصطلاحات حوزه و معانی آن‌ها: اصطلاحات حوزه مورد نظر نیازمند شناسایی و توصیف ویژگی‌هایشان است. برای این امر می‌توان مجموعه جداولی را ساخت که از مجموعه اطلاعات مربوط به اصطلاحات حوزه پشتیبانی کند. مفاهیم حوزه می‌توانند از طریق منابع اطلاعاتی گردآوری شده و داده‌های تفسیر شده مربوط شناسایی شوند و معانی آن‌ها در طراحی هستی‌شناسی مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند. شناسایی اصطلاحات حوزه‌ای مرتبط برای فرایند طراحی هستی‌شناسی بسیار مهم است (هادزیک و همکاران، ۲۰۰۹، ص ۷۹).

□ طبقه‌بندی مفاهیم: این امر شامل ساختارهای مفهومی سلسله‌مراتبی، نمودارهای مفهومی و شبکه‌های معنایی است. کیفیت طرح طبقه‌بندی مورد استفاده بر اثربخشی و کارایی طراحی هستی‌شناسی مؤثر است. در این مرحله می‌توان از رویکردهای بالا-پایین و پایین-بالا (که در بخش‌های قبلی توصیف شدند)، برای دسته‌بندی و طبقه‌بندی مفاهیم حوزه استفاده کرد (ناکاتا، ۲۰۰۱، ص ۲).

□ استفاده مجدد از هستی‌شناسی‌های موجود: این مرحله بر روی فرایند ساخت یک هستی‌شناسی جدید با استفاده مجدد و تطبیق اصطلاحات هستی‌شناسانه از سایر هستی‌شناسی‌های منتشر شده، متمرکز است. معمولاً، مجموعه‌ای از هستی‌شناسی‌ها با قابلیت استفاده مجدد و قابل اشتراک‌گذاری در طول این فرایند استفاده می‌شود. هدف این روند رسیدن به یکپارچگی در هستی‌شناسی‌های مختلف است. دو فرایند مهم مربوط به استفاده مجدد از هستی‌شناسی‌های موجود عبارتند از ادغام هستی‌شناسی و هم‌ترازی آن‌ها. تفاوت این دو فرایند نیز در این است که فرایند ادغام هستی‌شناسی‌های متفاوت منجر به یک هستی‌شناسی یکپارچه می‌شود، در حالی که فرایند هم‌ترازی هستی‌شناسی‌های متفاوت نیز منجر به ایجاد پیوندهایی بین مفاهیم هستی‌شناسی‌های تراز شده و ایجاد امکان استفاده مجدد از اطلاعات سایر هستی‌شناسی‌ها می‌شود (هادزیک و همکاران، ۲۰۰۹، ص ۷۹).

□ مشخصه‌سازی رسمی هستی‌شناسی: هستی‌شناسی‌ها نیازمند رسمی‌سازی از طریق زبان‌های بازنمون رسمی‌اند. خروجی دو مرحله قبلی یک هستی‌شناسی غیر رسمی نوشته شده به زبان طبیعی است که ممکن است توسط انسان درک شود، اما برای ماشین‌ها قابل درک نیستند. اطلاعاتی که از طریق این نوع هستی‌شناسی ارائه می‌شوند نیازمند ترجمه به زبان رسمی هستند. این امر ماشین‌ها را قادر می‌سازد تا به‌طور مؤثری از هستی‌شناسی‌ها استفاده کنند؛ بخوانند، درک کنند و بر اساس این اطلاعات عمل کنند. این یکی از دلایل اصلی معرفی و استفاده از هستی‌شناسی‌ها در حوزه رایانه و علم اطلاعات است. انتخاب زبان بازنمون رسمی بستگی به روش ترجمه‌ای و یا ادغامی نظام مورد نظر با نظام‌های موجود دارد. در حال حاضر، اکثر هستی‌شناسی‌ها به زبان هستی‌شناسی وب نوشته می‌شوند (هادزیک و همکاران، ۲۰۰۹، ص ۸۱).

□ تعیین اعضای هستی‌شناسی با نمونه‌های موجودیت‌ها: در این مرحله، سازگاری هستی‌شناسی تجزیه و تحلیلی تجربی است. ابزار طراحی یک هستی‌شناسی مثل پروتزه، می‌تواند در این مرحله مورد استفاده قرار گیرد. تعیین نمونه موجودیت‌های یک کلاس نیازمند موارد زیر است:

الف) شناسایی کلاسی که این نمونه به آن تعلق دارد؛

ب) خلق نمونه موجودیت این کلاس؛

ج) تعیین ویژگی‌های نمونه‌ها با مقادیر مناسب برای این نمونه (هادزیک و همکاران، ۲۰۰۹، ص ۸۱).

□ ارزیابی و مستندسازی: هستی‌شناسی با توجه به سازگاری هستی‌شناسی و تکامل آن مورد ارزیابی قرار می‌گیرد (گومز پرز، ۱۹۹۶، ص ۵۲۸). در فرایند ارزیابی باید به این نکات که اصطلاحات یک هستی‌شناسی نیازمند تعریفی دقیق هستند؛ اصطلاحات علمی و فنی نیازمند انسجام‌اند و روابط اصطلاحات باید به‌طور منطقی فاقد تناقض باشند، توجه نمود. برخی تناقضات و اضافات ممکن است در طول فرایند اجرایی از بین بروند. به همین دلیل، ویرایش یا ویرایش مجدد هستی‌شناسی در اغلب موارد، از فرایند اجرایی پیروی می‌کند (هادزیک و همکاران، ۲۰۰۹، ص ۸۱).

هر یک از گام‌های روش‌شناسی‌های ذکر شده فوق باید مستندسازی شده و به صراحت نوشته شوند.

۲-۸-۲. روش‌شناسی داگما DOGMA

این مسأله که آیا اصول موضوعه باید بخشی از یک هستی‌شناسی را تشکیل دهند یا خیر، یکی از مباحث اصلی در ارتباط با تعریف و توصیف یک هستی‌شناسی است. برای عده‌ای از افراد، هستی‌شناسی توصیف حوزه‌ای که مفاهیم را در قالب یک ساختار خاص مثل سلسله‌مراتبی سازماندهی می‌کند، می‌باشد؛ برای عده‌ای دیگر، یک هستی‌شناسی نظریه‌ای کامل شامل واژگان رسمی و همچنین اصول موضوعه‌ای که اجازه تولید استنتاجات بیشتری را در رابطه با دانشی که هستی‌شناسی ارائه می‌دهد، می‌باشد.

یکی از روش‌های رسیدگی به مسأله فوق‌الذکر، اتخاذ رویکردی است که به‌طور منظم

ویژگی‌های مفاهیم هستی‌شناسی را از اصول موضوعه آن‌ها، جداسازی می‌کند. چارچوب داگما (توسعه عوامل میانجی هستی‌شناسی راهنما) در آزمایشگاه تحقیقات کاربردی و فناوری دانشگاه وریج بروکسل توسعه یافته است. این رویکرد مبتنی بر اصول بیان دوگانه (دبو و همکاران، ۲۰۰۳، ص ۲۵۴) است. هستی‌شناسی‌های طراحی‌شده با رویکرد بیان دوگانه داگما متشکل از دو لایه هستند: پایه هستی‌شناسی و لایه الزامات (تعهدات).

□ پایه هستی‌شناسی: این پایه دربرگیرنده مفهوم سازی حوزه هستی‌شناسی است. یعنی، مفاهیم هستی‌شناسی و روابط بین این مفاهیم به صورت رسمی در پایه هستی‌شناسی تعریف می‌شوند. تعریف پایه هستی‌شناسی این است که این پایه، شناسایی صحیح متن این مفاهیم و روابط مربوطه را فراهم می‌کند (هادزیک و همکاران، ۲۰۰۹، ص ۸۲).

□ لایه الزامات (تعهدات): هر الزامی در درون لایه الزامات شامل: الف) مجموعه‌ای از محدودیت‌ها، مشتقات و قوانین حوزه‌ای است که در رابطه با زیرمجموعه خاصی از پایه هستی‌شناسی اعمال می‌شوند؛ ب) مجموعه‌ای از نگاشت‌های بین عناصر هستی‌شناسانه و عناصر کاربردی است (جرار، دمی و مرسمن، ۲۰۰۳، ص ۱۱). عامل یا برنامه کاربردی که در یک هستی‌شناسی حوزه‌ای عمل می‌کند، می‌تواند پایه هستی‌شناسی را از طریق تغییر در لایه الزامات، اخص‌تر نماید. یک عامل ممکن است نیازمند وجود الزام خاصی در درون هستی‌شناسی خود باشد یا نباشد (هادزیک و همکاران، ۲۰۰۹، ص ۸۲).

به طور کلی می‌توان گفت این روش به عنوان یک پایگاه اطلاعاتی عمل می‌کند که منابع اطلاعاتی را بر مبنای هستی‌شناسی دسته‌بندی می‌کند و قواعد و محدودیت‌های آن را بیان می‌نماید (حسینی بهشتی، ۱۳۹۲، ص ۲۲۸).

۳-۸-۲. روش‌شناسی مت‌آنتالوژی METHONTOLOGY

چارچوب مت‌آنتالوژی شامل موارد زیر است:

□ فرایند توسعه هستی‌شناسی: این فرایند به فعالیت‌هایی که باید در زمان ساخت هستی‌شناسی‌ها انجام شوند، اشاره دارد. سه دسته‌بندی متفاوت از این فعالیت‌ها بیان شده‌اند: فعالیت‌های مدیریتی هستی‌شناسی، فعالیت‌های توسعه‌ای هستی‌شناسی و فعالیت‌های پشتیبانی هستی‌شناسی (هادزیک و همکاران، ۲۰۰۹، ص ۸۶).

□ چرخه حیات مبتنی بر نمونه‌های استخراجی یک هستی‌شناسی: این چرخه مبتنی بر نمونه‌های استخراجی از هستی‌شناسی است. این چرخه تعیین‌کننده مجموعه مراحل است که هستی‌شناسی از طریق آن‌ها به حیات خود ادامه می‌دهد؛ به توصیف فعالیت‌هایی که باید در هر مرحله اجرا شود می‌پردازد و روابط بین مراحل مختلف را توصیف می‌کند (هادزیک و همکاران، ۲۰۰۹، ص ۸۷).

□ هستی‌شناسی مت‌آنتالوژی برای ایجاد هستی‌شناسی‌های مختلف اقتباس و در برنامه‌های کاربردی مانند هستی‌شناسی شیمی فرناندز لوپز و همکاران وی در سال (۱۹۹۹) و هستی‌شناسی قضایی کورچو و همکاران وی در سال (۲۰۰۵) و غیره به کار برده شده است (زرداری، ۱۳۹۵، ص ۳۳).

۴-۸-۲. روش‌شناسی سنسس SENSUS

این رویکرد مبتنی بر این فرض است که دانش بین دو هستی‌شناسی می‌تواند به راحتی و در صورتی که دارای ساختار مشترک متعارفی (مثل این که مبتنی بر یک هستی‌شناسی رایج باشند)، به اشتراک گذاشته شود. سنسس یک هستی‌شناسی مبتنی بر زبان طبیعی است و متشکل از بخش‌های بالا، میانی و پایینی است. این رویکرد فراهم‌کننده طیف وسیعی از ساختار مفهومی و شامل بیش از ۷۰۰۰ گره است. بر اساس روش‌شناسی سنسس، گام‌هایی که هنگام ساخت هستی‌شناسی با این روش‌شناسی باید طی شود عبارتند از:

- شناسایی اصطلاحات هسته؛
- ایجاد پیوند اصطلاحات هسته به سنسس به صورت دستی؛
- افزودن مسیرها به ریشه‌ها؛
- افزودن اصطلاحات جدید حوزه؛
- افزودن زیرشاخه‌های مکمل.

اصطلاحات هسته به‌عنوان نماینده‌ای از مفاهیم خاص و مرتبط حوزه عمل می‌کنند. نیاز است تا این اصطلاحات شناسایی شده و به هستی‌شناسی سنسوس به‌صورت دستی پیوند داده شوند. کلیه مفاهیم برگرفته از اصطلاحات هسته متصل به گره‌های هستی‌شناسی سنسوس در هستی‌شناسی نهایی گنجانده می‌شوند. اصطلاحات نامرتبط در سنسوس از هستی‌شناسی خاص حوزه‌ای جداسازی می‌شوند. اصطلاحات حوزه‌ای مرتبطی که در هستی‌شناسی سنسوس حضور ندارند نیز به هستی‌شناسی نهایی باید افزوده شوند. ممکن است برخی از گره‌ها دارای تعداد بسیاری مسیر در درون خود باشند. چنانچه مشخص شد که بسیاری از گره‌های زیرشاخه به هستی‌شناسی نهایی مرتبط‌اند، سایر گره‌های زیرشاخه‌ای نیز می‌توانند مرتبط باشند. به همین دلیل، نیاز است تا کل زیرشاخه یک گره به ساختار هستی‌شناسی نهایی افزوده شوند. به دلیل این که این تصمیم نیازمند درک حوزه است، این مرحله باید به‌صورت دستی و به بهترین نحو انجام شود (هادزیک و همکاران، ۲۰۰۹، ص ۸۸).

۵-۸-۲. روش‌شناسی دلیجنت DELIGENT

دلیجنت یک روش‌شناسی برای هستی‌شناسی‌های توزیعی و دارای کنترل آزاد است. این روش‌شناسی نقش مهمی را در توسعه هستی‌شناسی‌های اشتراکی در محیط‌های توزیعی مثل وب معنایی بازی می‌کند. هدف از توسعه دلیجنت، پشتیبانی از خبرگان حوزه‌ای در محیط توزیعی جهت مهندسی و تکامل هستی‌شناسی‌هایی است که از رویکرد مت‌آنتالوژی مبتنی بر نظریه ساختار لفظی استفاده می‌کنند، می‌باشد (پیتو و استاب و تمپچ، ۲۰۰۴، ص ۳۹۳). فرایندهای کلی، قوانین و توابع در دلیجنت شامل ۵ فعالیت اصلی زیر است:

- ساختن؛
- سازگاری موقعیتی؛
- تجزیه و تحلیل؛
- تجدیدنظر؛
- روزآمدسازی موقعیتی (پیتو و همکاران، ۲۰۰۶، ص ۳۰۵).

ذی‌نفعان متفاوت معمولاً دارای اهداف و نیازهای مختلفی نیز هستند. چنین هستی‌شناسی‌های توزیعی، نیازمند پشتیبانی پیوسته مهندسی هستی‌شناسی هستند. متخصصان حوزه‌ای، کاربران، مهندسين دانش و هستی‌شناسی، یک هستی‌شناسی اولیه را می‌سازند. این هستی‌شناسی اشتراکی اولیه، قابل دسترس است و کاربران می‌توانند از آن استفاده کنند. کاربران نیازمند سازگار کردن نیازهای هستی‌شناسی اولیه به شکلی محلی و موقعیتی برای اهداف خود هستند. آن‌ها ممکن است هستی‌شناسی

را در محیط محلی خود تغییر دهند، اما هستی‌شناسی اصلی که توسط اکثر کاربران به اشتراک گذاشته شده است تغییری نمی‌کند. هیئت کنترل اقدام به جمع‌آوری و تحلیل درخواست‌های تغییر در هستی‌شناسی به اشتراک گذاشته شده می‌نمایند. این هیأت باید در مورد این که اعمال کدام تغییرات در نسخه‌های بعدی هستی‌شناسی به اشتراک گذاشته شده لازم است، تصمیم‌گیری کنند. یک تصمیم متعادل که نیازهای کاربران را در نظر گیرد و مطابق با نیازهای مکملی آنان باشد، باید اتخاذ گردد. بر این اساس هیأت کنترل اقدام به بازبینی هستی‌شناسی به اشتراک گذاشته شده می‌کنند. زمانی که نسخه جدید هستی‌شناسی اشتراکی منتشر شد، کاربران هستی‌شناسی‌های خود را به صورت محلی و با توجه به شرایط خود روزآمدسازی می‌کنند (هادزیک و همکاران، ۲۰۰۹، ص ۹۰).

۶-۸-۲. روش‌شناسی تاو TOVE

پروژه تاو (شرکت مجازی تورنتو) نیازمند طراحی یک هستی‌شناسی برای فرایندهای تجاری و فعالیت‌های حوزه‌ای بود. تجارب کسب‌شده در طول توسعه این هستی‌شناسی به عنوان بنیانی برای توسعه روش‌شناسی جدید در طراحی هستی‌شناسی، با عنوان روش‌شناسی تاو نامیده می‌شود. روش‌شناسی تاو متشکل از ۶ گام زیر است:

۱. شناسایی سناریوهای محرک؛
۲. فرمول‌بندی کردن سؤالات با ویژگی غیر رسمی؛
۳. تعیین اصطلاحات در یک زبان رسمی؛
۴. فرمول‌بندی کردن سؤالات با ویژگی رسمی با استفاده از اصطلاحات رسمی؛
۵. تعیین اصول موضوعه و تعاریف در یک زبان رسمی؛
۶. تعیین شرایطی که کامل‌بودن هستی‌شناسی را مشخص کند؛

سناریوهای مختلفی که ممکن است در طول فرایند به کارگیری ایجاد شوند، محرک توسعه هستی‌شناسی‌هاست. سناریوهای محرک در واقع داستان مشکلات و مثال‌هایی است که با به کارگیری پایه دانشی، هستی‌شناسی‌ها و فنون مشابه موجود قابل حل نیستند. این مشکلات نیازمند توسعه هستی‌شناسی حاضر یا یک هستی‌شناسی جدیدی هستند تا سیستم را قادر به حل مشکلات کند. به همین دلیل است که سناریوی محرک معمولاً مجموعه‌ای از راه‌حل‌های ممکن را برای حل مشکلات سناریویی که اولین بار در هستی‌شناسی پیشنهادی مطرح شده‌اند، ارائه می‌دهد. سناریوی محرک همراه با راه‌حل‌های ممکن برای مشکلات، نوعی معناشناسی غیر رسمی را برای مفاهیم و روابط بین مفاهیمی که بعداً باید در هستی‌شناسی گنجانده شوند، فراهم می‌کند (هادزیک و همکاران، ۲۰۰۹، ص ۸۶).

سؤالاتی با ویژگی غیر رسمی به زبان طبیعی نوشته می‌شوند و برای ارزیابی شفافیت هستی‌شناسی

مورد استفاده قرار می‌گیرند. هنگامی که هستی‌شناسی به زبان رسمی نوشته شده، بیان می‌شود، باید قادر به پاسخگویی به این سؤالات باشد. بعد از مرحلهٔ فرمول‌بندی سؤالات، باید به تعیین اصطلاحات به زبانی رسمی پرداخت. این مرحله شامل دو بخش استخراج اصطلاحات غیر رسمی و مشخصه‌سازی رسمی اصطلاحات است. مجموعهٔ اصطلاحات استفاده شده در قالب سؤالات غیر رسمی استخراج شده و به‌عنوان بنیانی برای مشخصه‌سازی اصطلاحات در زبانی رسمی استفاده می‌شوند. برای مشخصه‌سازی رسمی اصطلاحات نیز از اصول موضوعه برای بیان تعاریف و محدودیت‌های هستی‌شناسی استفاده می‌شود. در چهارمین مرحله اقدام به فرمول‌بندی سؤالات با ویژگی رسمی با استفاده از اصطلاحات رسمی می‌شود. در این مرحله سؤالات تکمیلی مشخص شده در گام دوم، بر اساس مشخصه‌سازی انجام شده در گام سوم، به صورت رسمی تعریف می‌شوند. هستی‌شناسی شامل مجموعه‌ای از اصطلاحات و اصول موضوعه‌ای است که معناشناسی اصطلاحات هستی‌شناسی را بیان می‌کند. در مرحلهٔ پنجم این اصول موضوعه و تعاریف باید در قالب یک زبان رسمی بیان و تعیین شوند. نهایتاً و در گام ششم از روش‌شناسی هستی‌شناسی تاو، نیازمند تعریف شرایطی هستیم که کامل بودن هستی‌شناسی را مشخص کند. این شرایط به‌عنوان بنیانی برای توسعهٔ قضیهٔ جامعیت هستی‌شناسی می‌باشد (هادزیک و همکاران، ۲۰۰۹، ص ۸۶-۸۵). به‌طور کلی می‌توان گفت که روش‌شناسی تاو، شیوه‌ای صوری برای ساخت و تدوین هستی‌شناسی بر اساس سؤالات کارآمدی و کیفیت است. این رویکرد سؤالاتی را مطرح می‌کند که هستی‌شناسی قادر به جوابگویی آن است و ثابت شده است که این شیوهٔ کاربردی به‌ویژه در مورد همکاری با متخصصان موضوعی که از دانش کمتری در الگوسازی برخوردارند، بسیار کارآمد است (حسینی بهشتی، ۱۳۹۲، ص ۲۳۰).

۹-۲. زبان‌های هستی‌شناسی

در سال‌های اخیر، زبان‌هایی برای بازنمون دانش از طریق هستی‌شناسی‌ها توسعه یافته‌اند. ساختار زبان‌های هستی‌شناسی مبتنی بر رویکرد تکاملی لایه‌ای است. این زبان‌ها ملزم به رعایت الزاماتی بودند که برای نظام‌های مدل‌سازی تجاری مفید باشند. برخی از این الزامات عبارتند از: ترکیب نحوی منطقی، معناشناسی مناسب، قدرت بیان کافی برای بازنمون دانش انسان، سازوکار منطقی کارآمد، قدرتمند و قابل درک و قابلیت استفاده برای ایجاد پایگاه‌های بزرگ دانش (برنرزی، ۲۰۰۹). علاوه بر این، زبان هستی‌شناسی‌ها باید توصیف‌کنندهٔ معانی به روشی باشد که برای ماشین قابل خواندن باشد. بنابراین، یک زبان هستی‌شناسی صرفاً نیازمند توانایی تشخیص واژگان نیست، بلکه باید بتواند معانی را به صورتی رسمی توصیف کند، به‌طوری که برای استدلال‌ات خودکار نیز کارآمد باشد. امروزه، تأکید بسیاری روی زبان‌های هستی‌شناسی وب‌محور صورت می‌گیرد. از آنجا که وب غیر متمرکز است،

این زبان‌ها باید امکان توصیف واژگان متنوع و تکامل آن‌ها را فراهم کنند (پولیدو گوتیرز و همکاران، ۲۰۰۶، ص ۴۸۹).

در علوم رایانه، زبان‌های هستی‌شناسی، زبان‌هایی رسمی هستند که برای ساخت هستی‌شناسی‌ها استفاده می‌شوند. این زبان‌ها امکان کدگذاری دانش یک حوزه خاص را فراهم کرده و شامل قوانینی استنتاجی هستند که پردازش آن دانش را پشتیبانی می‌کنند. زبان‌های هستی‌شناسی معمولاً زبان‌های انتزاعی هستند و مبتنی بر منطق اول یا منطق توصیفی هستند (کالیباتین و واسیلکز، ۲۰۱۱، ص ۱۲۶). بخشی از زبان‌های موجود با ابزارهای مدیریتی و توسعه‌ای هستی‌شناسی به کار می‌روند یا با روش‌شناسی‌های خاصی استفاده می‌شوند. در مهندسی هستی‌شناسی‌ها باید به این نکته اشاره کرد که علی‌رغم وجود روش‌شناسی‌ها، ابزارها و زبان‌های بسیار، انتخاب یک فن مناسب توسعه هستی‌شناسی آسان نیست.

زبان‌های هستی‌شناسی می‌توانند به دو دسته طبقه‌بندی شوند. دسته اول زبان‌های هستی‌شناسی سنتی هستند. این زبان‌ها مبتنی بر منطق اول هستند (مثل سایکال، کی‌آی‌اف)؛ مبتنی بر زبان‌های چارچوب‌محور هستند (مثل آنتولینگوآ، اف‌لاجیک و آل‌سی‌ام‌ال)؛ مبتنی بر منطق توصیفی هستند (مثل لوم) و سایر زبان‌ها. دسته دوم استانداردهای وبی هستند که برای تسهیل تبادلات در اینترنت استفاده می‌شوند که این زبان با نام زبان‌های هستی‌شناسی وب‌محور شناخته می‌شوند (کالیباتین و واسیلکز، ۲۰۱۱، ص ۱۲۶). با این وجود، زبان‌های خاصی نیز هستند که می‌توانند در هر دو دسته‌بندی ذکر شده، قرار گیرند. زبان‌هایی که مبتنی بر استاندارد وبی خاص و یا مبتنی بر پارادایمی خاص (مثل چارچوب یا منطق اول) هستند، اینگونه‌اند. به عنوان مثال زبان آل‌دبلیو‌ال مبتنی بر آردی‌اف و منطق توصیفی است.

در ادامه به پنج زبان هستی‌شناسی معروف (کی‌آی‌اف، آل‌دبلیو‌ال، آردی‌اف + آردی‌اف (اس) و دی‌ای‌ام‌ال + آل‌آی‌ال و سایکال) اشاره می‌شود.

۱-۹-۲. کی‌آی‌اف (قالب تبادل دانش) KIF

زبان قالب تبادل دانش یک زبان رایانه‌محور است که برای تبادل دانش بین برنامه‌های نابرابر استفاده می‌شود. پایه معنایی این زبان مفهوم‌سازی جهان با توجه به اشیاء و روابط بین آن‌هاست. ویژگی‌های این زبان عبارت است از:

□ معانی انتزاعی: امکان درک معانی عبارات بدون درخواست تجدیدنظر از مترجم برای تغییر

این عبارات؛

□ منطقی جامع: بیان جملات دلخواه در قالب گزاره منطق اول؛

- فردانش: بازنمون دانش درباره بازنمون دانش؛
- بازنمون قوانین استدلالی غیر یکنواخت؛
- خوانایی: تعریف اشیاء، توابع و روابط به صورت خوانا؛
- پیاده‌سازی: کی‌آی‌اف صرفاً برای استفاده به عنوان زبان بازنمونی یا ارتباطی در برنامه‌ها در نظر گرفته نمی‌شود، بلکه این زبان چنانچه برای چنین اهدافی استفاده شود، بسیار خوب است.

از معایب اصلی کی‌آی‌اف این است که بیانگری بالای آن باعث پیچیدگی ساخت یک نظام کاملاً سازگار می‌شود، در نتیجه نظام‌های تولیدی حاصل از این زبان به سمت سنگین وزنی گرایش می‌یابند. یعنی این که این نظام‌ها بزرگ‌تر و در برخی موارد دارای کارآمدی کم‌تری نسبت به نظام‌هایی که از زبان‌های محدودتری استفاده می‌کنند، هستند (کالیباتین و واسیلکز، ۲۰۱۱، ص ۱۲۸).

۲-۹-۲. آلفا دبلیو ال (زبان هستی‌شناسی وب) OWL

در سال ۲۰۰۳، کنسرسیوم شبکه جهانی وب زبان هستی‌شناسی وب را به عنوان زبان استاندارد هستی‌شناسی‌ها در وب معنایی، پیشنهاد داد. این زبان، به عنوان زبانی مفید و کارآمد، پایه‌ای برای بازنمایی دانش در وب معنایی و ارائه هستی‌شناسی‌هاست (بدینی، ۲۰۱۰، ص ۳۰). زبان هستی‌شناسی وب، ابهامات طرح آردی‌اف را با افزودن سازه‌هایی برطرف می‌کند که بدین طریق اجازه ایجاد کلاس‌های عبارتی پیچیده، محدودیت‌های کاردینالیتی روی ویژگی‌ها، مشخصات ویژگی‌ها و ترسیم نقشه بین کلاس‌ها و نمونه‌ها را فراهم می‌کند. این زبان، گسترش زبانی طرح آردی‌اف است. آلفا دبلیو ال با زبان‌های اولیه هستی‌شناسی مثل شو، دی‌ای‌ام‌ال + آلفا آ‌ال سازگار است و باعث قدرت بیشتر مهندس هستی‌شناسی برای بیان معانی می‌شود. این زبان شامل متغیرهای اتصال، انفصال، وجودی و کمی است؛ که برای انجام استنتاجات منطقی و دانش‌شناختی استفاده می‌شوند (کالیباتین و واسیلکز، ۲۰۱۱، ص ۱۲۸). با این حال، این زبان دارای نقایص زیر نیز است:

- برخی از ساختارهای آن بسیار پیچیده است، که منجر به طراحی سه زیرشاخه زبانی شده است:

◆ آلفا دبلیو ال لایت: برای پشتیبانی از طبقه‌بندی سلسله‌مراتبی و ویژگی‌های محدودیت

ساده، مثل محدودیت‌های کاردینالیتی است. مزیت این زیرشاخه این است که هم برای

درک کاربران و هم برای پیاده‌سازی آسان‌تر است. عیب آن نیز محدودیت بیانی آن

است (کالیباتین و واسیلکز، ۲۰۱۱، ص ۱۲۸).

♦ **آل دیال**: شامل سازه‌های زبانی آل دیال همراه با محدودیت‌های زبانی مثل نوع جداسازی (مثلاً یک کلاس نمی‌تواند یک ویژگی یا نمونه باشد) است. این زیرشاخه بر منطق توصیفی متمرکز است (آنتونیو و هارملن، ۲۰۰۴، ص ۷۱؛ گریم و همکاران، ۲۰۱۱، ص ۵۲۰). اما، سازگاری کامل با آردی اف را از دست می‌دهد (کالیاتین و واسیلکز، ۲۰۱۱، ص ۱۲۸). در میان سه نوع آل دیال، زیرشاخه زبانی آل دیال دارای قدرت توضیحی بیشتری است و به‌طور کامل از محاسبات پشتیبانی می‌کند (هاشمی، خدیور و شامی زنجانی، ۲۰۱۸، ص ۳۱؛ کالیاتین و واسیلکز، ۲۰۱۱، ص ۱۲۸)؛ که این پشتیبانی از مزایای آن محسوب می‌شود.

♦ **آل دیال کامل**: فراتر از طرح آردی اف، کنسرسیوم وب جهانی تلاش کرد تا زبان هستی‌شناسی وب (گریم و همکاران، ۲۰۱۱، ص ۵۲۰) را به‌عنوان برجسته‌ترین زبان کنونی برای بیان و کاربرد هستی‌شناسی‌ها در وب تولید کند. این زبان در انواع مختلف و با افزایش صراحت و وضوح، به‌عنوان یکی از صریح‌ترین زبان‌ها، با نام زبان هستی‌شناسی کامل، دارای لایه‌بندی مناسبی در رأس طرح آردی اف می‌باشد، که ویژگی‌های فرامدل سازی و ویرایش را فراهم می‌کند. آل دیال کامل از حداکثر بیانگری و آزادی نحوی آردی اف بدون تضمین محاسباتی، پشتیبانی می‌کند. این زیر شاخه زبانی کاملاً از نظر نحوی و معنایی با آردی اف سازگار است (آنتونیو و هارملن، ۲۰۰۴، ص ۷۰)؛ اما، غیر قابل تشخیص است و برای استدلال کامل موارد خاص مناسب نیست. استدلال آن کارآمد نیست به‌طوری که مشکلی در برابر هزینه‌های پیچیده زمانی است. بصری نیست، نیاز به یک جادوگری برای ایجاد ساختارهای دانشی کارآمد دارد (کالیاتین و واسیلکز، ۲۰۱۱، ص ۱۲۸).

۳-۹-۲. آردی اف (چارچوب توصیف منبع) RDF

چارچوب توصیف منبع، استاندارد برای توصیف منابع در وب است. این چارچوب برای خوانده شدن و درک توسط رایانه‌ها طراحی شده است. برای توصیف هر منبع وبی مناسب است و قابلیت همکاری بین برنامه‌های کاربردی که به تبادل اطلاعات قابل درک برای ماشین در وب می‌پردازند، را فراهم می‌کند. آردی اف در زبان نشانه‌گذاری گسترش‌پذیر (ایکس ام ال) نوشته شده

است. این زبان، یک زبان بسیار شناخته شده است و یک زبان بازنمون رسمی است که می‌تواند به‌عنوان یک بین‌زبانی جهانی برای تبادل اطلاعات استفاده شود (کالیباتین و واسیلکز، ۲۰۱۱، ص ۱۲۹). با استفاده از چارچوب توصیف منبع، اطلاعات می‌توانند بدون از دست دادن معنا در وب، مبادله شوند. آردی‌اف پایه‌ای را برای ساخت هستی‌شناسی‌ها با انجام استدلال منطقی، توصیف خدمات وب و میزبانی برای سایر فعالیت‌های وب معنایی فراهم می‌کند (ژانگ، ۲۰۰۷، ص ۱۴).

آردی‌اف مبتنی بر ایده‌شناسایی اشیاء وب از طریق شناسه منبع یکپارچه و بیان گزاره‌هایی درباره منابع با توجه به ویژگی‌ها و ارزش‌های ساده است. هر گزاره آردی‌اف شامل سه جزء است: موضوع، پیش‌فرض (معمولاً ویژگی نامیده می‌شود) و شیء؛ یا، شیء، و ویژگی و ارزش. هدف آردی‌اف افزودن معانی رسمی به وب و فراهم‌آوری یک مدل داده‌ای و قرارداد نحوی برای بازنمون معانی داده‌ها به روشی استاندارد شده است. روابط بین منابع با توجه به ویژگی‌ها و ارزش‌ها توصیف می‌شوند. آردی‌اف دارای مزایای قابل توجهی نسبت به ایکس‌ام‌ال است که عبارتند از:

- ساختار شیء-ویژگی: کلیه اشیاء، موجودیت‌هایی مستقل هستند.
- مدل آردی‌اف: آردی‌اف لایه مستقل را توصیف می‌کند (کالیباتین و واسیلکز، ۲۰۱۱، ص ۱۲۹).

□ نظام شیء‌گرا گسترش‌پذیر: طرح آردی‌اف به‌عنوان لایه‌ای بر فراز مدل پایه‌ای آردی‌اف معرفی شده است. این طرح را می‌توان به‌عنوان مجموعه‌ای از ابتدایی‌ترین مدل‌سازی هستی‌شناسانه در نظر گرفت. ایکس‌ام‌ال فاقد این لایه است و برخی توسعه‌دهندگان آن، لایه‌ای را بر فراز ایکس‌ام‌ال برای ادغام بدیهیات هستی‌شناسانه ایجاد می‌کنند (کالیباتین و واسیلکز، ۲۰۱۱، ص ۱۳۰). طرح آردی‌اف برای بیان روابط کلاس‌ها و زیرکلاس‌ها است، همچنین از ویژگی‌ها و روابط آن‌ها با کلاس‌ها برای تسهیل جستجوی استدلالی استفاده می‌کند (ژانگ، ۲۰۰۷، ص ۱۴).

□ توسعه واژگان آردی‌اف: طرح آردی‌اف به توسعه‌دهندگان امکان توصیف واژگان خاص را برای داده‌های آردی‌اف فراهم می‌کند و نوع شیئی که این ویژگی‌ها در موردش اعمال می‌شود، را مشخص می‌کند (کالیباتین و واسیلکز، ۲۰۱۱، ص ۱۳۰).

آردی‌اف نقش مهمی را به‌عنوان پایه‌ای از زبان نشانه‌گذاری آژانس دارپا (دی‌ای‌ام‌ال) بازی می‌کند (ویکی‌پدیا، ۲۰۱۰). که لایه‌های منطقی آن بر فراز چارچوب پایه آردی‌اف ساخته شده است. اما، از معایب آردی‌اف می‌توان به مواردی همچون فقدان مکانیزم استنتاج مؤثر و فقدان معنی‌شناسی رسمی مدل پایه اشاره کرد (کالیباتین و واسیلکز، ۲۰۱۱، ص ۱۳۰).

در ادامه باید اشاره‌ای مختصر نیز به آردی‌اف‌اس شود. آردی‌اف‌اس به‌عنوان تلاشی برای استانداردسازی فراداده‌ای و زبان هستی‌شناسی ساده با نام طرح آردی‌اف در زمینه وب معنایی به‌عنوان یک ابتکار توسط کنسرسیوم وب جهان‌گستر به‌وجود آمد. در همین حال، طرح آردی‌اف به‌عنوان استاندارد مورد قبول برای کدگذاری فراداده‌ها و هستی‌شناسی‌های پایه در محیط وب به خوبی طراحی و ایجاد شد. طرح آردی‌اف یا همان آرداف‌اس بیانگر ویژگی‌های روابط، نمونه‌سازی و اشتراک‌سازی از طریق روابط سلسله‌مراتبی است؛ که می‌تواند فراتر از کلاس‌ها و ویژگی‌های منابع ساخته شود. همچنین امکان ارجاع به انواع داده‌های مربوط به ایکس‌اس‌دی را فراهم می‌کند اما ساخت اصول موضوعه را محدود به دامنه و محدودیت‌های حوزه‌ای می‌کند (گریم و همکاران، ۲۰۱۱، ص ۵۲۰-۵۱۹).

۴-۹-۲. آ‌آ‌ال (زبان تبادل هستی‌شناسی) OIL

این زبان یک زبان هستی‌شناسی وب‌محور تکامل‌یافته مبتنی بر طرح آردی‌اف است (برکتر و همکاران، ۲۰۰۲، ص ۹). آ‌آ‌ال مبتنی بر الزاماتی همچون: الف) قابلیت بالا از نظر بصری برای کاربر انسانی؛ ب) معناشناسی رسمی مناسب با ویژگی‌های استدلالی برای اطمینان، صحت و کارایی؛ ج) داشتن پیوندی مناسب با زبان‌های وبی موجود مثل ایکس‌ام‌ال و آردی‌اف برای قابلیت همکاری مطمئن، می‌باشد. هیچ‌یک از زبان‌های هستی‌شناسی مثل سایک‌ال، کی‌آ‌اف و آنتالینگوآ این الزامات را فراهم نمی‌کنند (فنسل و همکاران، ۲۰۰۱، ص ۴۰). مزایای اصلی زبان آ‌آ‌ال عبارت است از:

□ چارچوب‌محوری و پارادایم مدل‌سازی شیء‌محوری: این زبان مبتنی بر نظریه کلاس، فراکلاس‌ها و ویژگی‌های آن است. روابط می‌توانند به‌عنوان موجودیت‌هایی مستقل، تعریف شوند؛

□ معناشناسی رسمی خوب تعریف‌شده مبتنی بر منطق توصیفی: معانی هر یک از عبارات می‌تواند به روش دقیق ریاضی توصیف شود، به‌طوری که امکان استدلال از طریق توصیف مفهومی و استنتاج خودکار، تاکسونومی‌های طبقه‌بندی را فراهم می‌کند؛

□ مبتنی بر استانداردهای وبی: این زبان دارای یک ترکیب نحوی خوب تعریف‌شده‌ای در ایکس‌ام‌ال است. همچنین به‌عنوان گسترشی از آردی‌اف و طرح آردی‌اف تعریف شده است؛

□ سطوح مختلفی از پیچیدگی را ارائه می‌دهد: دارای چهار لایهٔ آء آء آء آء هسته، آء آء آء ال استاندارد، آء آء آء ال موجودیت (آء آء آء ال استاندارد+ طرح آء آء آء ال سنگین است (فنسل و همکاران، ۲۰۰۱، ص ۴۱).

با این حال، از معایب آء آء آء ال می‌توان به این موارد اشاره کرد:
الف) تعریف مقدار پیش‌فرض برای فراهم آوردن فراکلاس و پشتیبانی از دامنهٔ واقعی غیر ممکن است؛

ب) هیچ تضمینی برای ترجمه از آء آء آء ال به آء آء آء ال و برعکس جهت ارائهٔ یک هستی‌شناسی یکسان از جنبهٔ مدل‌سازی وجود ندارد (برکترا و همکاران، ۲۰۰۰، ص ۲).

۵-۹-۲. دی‌ای‌ام‌ال (زبان نشانه‌گذاری آژانس دارپا) DAML

دی‌ای‌ام‌ال یک تلاش با حمایت دولت آمریکا برای توسعهٔ یک زبان و ابزاری برای کمک به وب معنایی بود. این زبان شامل دو بخش زبان هستی‌شناسی و زبانی برای بیان محدودیت‌ها و افزودن قوانین استنتاجی است. همچنین شامل ترسیم نقشه‌هایی برای دیگر زبان‌های وب معنایی همچون شو، آء آء آء ال، کی‌آء‌اف، ایکس‌ام‌ال و آء آء آء ال است (کالیاتین و واسیلکز، ۲۰۱۱، ص ۱۳۱).
زبان دی‌ای‌ام‌ال گسترشی از ایکس‌ام‌ال و آء آء آء ال است. آخرین نسخهٔ منتشر شده (دی‌ای‌ام‌ال+ آء آء آء ال) از این زبان، مجموعه‌ای غنی از سازه‌ها را برای ساخت هستی‌شناسی‌های قابل درک و خواندن برای ماشین و نشانه‌گذاری اطلاعات فراهم می‌آورد. زبان هستی‌شناسی دی‌ای‌ام‌ال+ آء آء آء ال دارای یک مدل معناشناسی نظری مناسبی به همراه مشخصه‌های اصلی است که تفاسیر مورد نظر زبانی را تعیین می‌کند. همین امر این زبان را به‌صورت یک زبان یکپارچهٔ قابل تفسیر برای رایانه درمی‌آورد. زبان استدلال دی‌ای‌ام‌ال یک زبان منطقی همراه با معناشناسی مناسب و با قابلیت بیان محدودیت‌ها و قوانین استنتاجی است (کالیاتین و واسیلکز، ۲۰۱۱، ص ۱۳۱).

دی‌ای‌ام‌ال+ آء آء آء ال نتیجهٔ ترکیب دی‌ای‌ام‌ال و آء آء آء ال است. این زبان به‌ویژه برای استفاده در وب طراحی شده است و از ایکس‌ام‌ال و آء آء آء ال برای افزودن دشواری‌های منطق توصیفی استفاده می‌کند. از رویکرد شیء‌محور استفاده می‌کند و ساختار را با توجه به کلاس‌ها و ویژگی‌ها توصیف می‌کند (هورکس، ۲۰۰۲، ص ۵). دی‌ای‌ام‌ال+ آء آء آء ال مکانیزمی را برای بازنمون صریح خدمات، فرایندها و مدل‌های تجاری فراهم می‌کند (هندلر، ۲۰۰۱، ص ۳۱).

۶-۹-۲. سایک‌ال CYCLE

سایک‌ال در علوم رایانه و هوش مصنوعی یک زبان هستی‌شناسی است که در پروژهٔ هوش

مصنوعی داگ‌لنات‌سای استفاده شده است. نوعی از زبان نزدیک به سایک‌ال، زبان ام‌ای‌ال‌دی می‌باشد. نسخه اصلی سایک‌ال یک زبان چارچوبی بود، اما نسخه جدید آن اینگونه نبود. این زبان یک زبان رسمی مبتنی بر منطق اول است و برای اپراتورها و اندازه‌گیری‌های سطح بالا مناسب است. سایک‌ال برای بازنمون‌دانش ذخیره شده در پایگاه دانش سایک استفاده می‌شود. اصول اساسی زبان سایک‌ال عبارتند از:

- نامگذاری مداوم برای اشاره به اطلاعاتی است که مفاهیم را بازنمون می‌کنند؛
- گروه‌بندی‌ها همراه با مراتب سلسله‌مراتبی اعم/اخص‌سازی صورت می‌گیرد (معمولاً طبقه‌بندی نامیده می‌شود)؛
- قوانین کلی را بیان می‌کند که از استنتاج‌های مربوط به مفاهیم پشتیبانی می‌کند؛
- درستی یا نادرستی جملات سایک‌ال با توجه به بافت نسبی جملات است، این بافت‌ها در سایک‌ال همچون ریزنظریه‌ها هستند (مانیراج و سیواکومار، ۲۰۱۰، ص ۸۸۸-۸۸۷).

۱-۲. نرم‌افزارهای تدوین هستی‌شناسی

ابزارهای نرم‌افزاری بسیاری برای وب معنایی وجود دارند که دارای نرم‌افزارهای ویرایشگری مختلفی برای ایجاد و ویرایش هستی‌شناسی‌ها هستند. بسیاری از این ویرایشگرهای هستی‌شناسی از طریق اینترنت قابل دسترسی‌اند مثل اپولو، آنتواستودیو، پروتزه، سوئیپ و تاپ‌برید. به عنوان مثال از نرم‌افزار هستی‌شناسی پروتزه به عنوان یک برنامه قاتل یاد شده است. چنین برنامه‌های قاتلی، به عنوان فناوری‌های دگرگون‌کننده‌ای هستند که توانایی ایجاد الگوهای رفتاری تجاری گسترده‌ای را دارا هستند. کلیه نرم‌افزارهای ذکر شده فوق در طراحی و توسعه هستی‌شناسی‌ها به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند و در جامعه وب معنایی مورد پذیرش نسبی قرار گرفته‌اند. ابزارهای هستی‌شناسی به کاربران این امکان را می‌دهد تا اقدام به ویرایش، بازرسی، مرور، کدگذاری، پشتیبانی از توسعه هستی‌شناسی و نگهداری آن کنند. در ادامه توصیفی مختصر درباره برخی از این نرم‌افزارهای هستی‌شناسی ارائه می‌شود.

۱-۱۰-۲. اپولو APOLO

اپولو یکی از برنامه‌های کاربردی کاربرپسند برای مدل‌سازی دانش است. این نرم‌افزار به کاربر اجازه می‌دهد تا اقدام به مدل‌سازی هستی‌شناسی با استفاده از موارد اولیه‌ای مثل کلاس‌ها، نمونه‌ها، توابع، روابط و غیره کند (کاپور و شارما، ۲۰۱۰، ص ۲). پایه دانشی این نرم‌افزار متشکل از سازماندهی سلسله‌مراتبی هستی‌شناسی‌هاست. هستی‌شناسی‌ها می‌توانند از سایر هستی‌شناسی‌ها به ارث برده شوند.

هر هستی‌شناسی یک هستی‌شناسی پیش‌فرض است، که شامل کلیه کلاس‌های اولیه است. هر کلاس می‌تواند خالق تعدادی موجودیت باشد و هر نمونه نیز می‌تواند وارث کلیه نمونه‌های یک کلاس باشد. هر نمونه حاوی مجموعه‌ای از چهریزه‌هاست. نرم‌افزار اپولو از نمایشگر گرافیکی، وب، استخراج اطلاعات و قابلیت‌های چندکاربره یا پردازش مشارکتی پشتیبانی نمی‌کند اما دارای ویژگی‌های قوی مثل کنترل، ذخیره‌سازی هستی‌شناسی‌ها (فقط فایل‌ها) و قالب ورودی/خروجی (به صورت پلاگین) است (ال‌تریش، ۲۰۱۳، ص ۱۹).

۲-۱۰-۲. آنتواستودیو ONTOSTUDIO

آنتواستودیو، به‌عنوان پایه‌ای برای ادغام ویژگی‌های مهندسی در طراحی هستی‌شناسی می‌باشد. این ویژگی‌ها شامل استخراج اطلاعات و یادگیری هستی‌شناسی است (ویتن، ۲۰۰۹، ص ۵۹). در واقع این نرم‌افزار یک محیط مهندسی هستی‌شناسی است که توسعه و نگهداری هستی‌شناسی‌ها را از طریق ابزارهای گرافیکی پشتیبانی می‌کند. مبتنی بر معماری سرویس‌گیرنده/سرویس‌دهنده است. به‌طوری که هستی‌شناسی‌های ایجاد شده به کمک یک سرویس‌دهنده مرکزی مدیریت شده و سرویس‌گیرندگان مختلفی می‌توانند به این هستی‌شناسی‌ها دسترسی داشته و اقدام به ویرایش آن‌ها کنند. این برنامه محیط‌های چندزبانه را پشتیبانی می‌کند و مدل دانشی آن با زبان‌های چارچوب‌محور مرتبط است. از محیط‌های مشارکتی هستی‌شناسی‌ها پشتیبانی می‌کند. این نرم‌افزار بر فراز یک مدل هستی‌شناسی داخلی قدرتمند ساخته شده است. این ابزار به کاربر اجازه ویرایش سلسله‌مراتبی مفاهیم یا کلاس‌ها را می‌دهد. آنتواستودیو مبتنی بر ساختار پلاگین باز است. مدل داده‌ای داخلی آن قابلیت صادر شدن به زبان‌های دی‌ای‌ام‌ال+آی‌ال، اف‌لاجیک، آردی‌اف (اس) و اُیکس‌ام‌ال را داراست. آنتواستودیو قابلیت دریافت داده‌های خارجی را از محیط‌های زبانی دی‌ای‌ام‌ال+آی‌ال، اف‌لاجیک، آردی‌اف (اس)، اُیکس‌ام‌ال و طرح‌های پایگاهی مثل اوراکل، ام‌اس‌اس‌کیوال، مای‌اس‌کیوال) را دارا است. همچنین قابلیت دریافت و ارسال فایل‌های زبان هستی‌شناسی وب را نیز داراست. آنتوبروکر، موتور استنتاجی مورد استفاده در آنتواستودیو است. با استفاده از این موتور، آنتواستودیو از قدرت زبان اف‌لاجیک بهره‌برداری می‌کند. آنتواستودیو با استفاده از سرویس‌دهنده مشارکتی آنتوبروکر از هستی‌شناسی‌های مشارکتی پشتیبانی می‌کند (ال‌تریش، ۲۰۱۳، ص ۲۰-۱۹).

۲-۱۰-۳. پروتژه PROTEGE

پروتژه یک نرم‌افزار رایگان است که توسط دانشکده پزشکی دانشگاه استنفورد تولید شده است. این نرم‌افزار هستی‌شناسی، مجموعه‌ای غنی از ساختارهای دانشی را که از ایجاد، مصورسازی و ویرایش هستی‌شناسی‌ها در شکل‌های مختلف پشتیبانی می‌کند، فراهم می‌نماید. پروتژه می‌تواند

پشتیبانی مبتنی بر هر دامنه‌ای را برای ایجاد مدل‌های دانشی و ورود داده‌ها فراهم کند. همچنین می‌تواند با یک معماری پلاگین و برنامه کاربردی جاوا یک رابط کاربری را برای ساخت ابزارهای دانش‌محور فراهم و ایجاد کند. امکان تعریف کلاس‌ها، متغیرهای سلسله‌مراتبی کلاس‌ها، محدودیت‌های مقداری متغیر و روابط بین کلاس‌ها و ویژگی‌های این روابط در این نرم‌افزار فراهم است. به راحتی و به صورت رایگان قابل دانلود است. این نرم‌افزار دارای رابطی برای قوانین زبان وب معنایی است که فراتر از زبان هستی‌شناسی وب قرار دارد و برای مطابقت، استدلال موقتی و افزودن قوانین استدلالی می‌باشد. مزیت مهم پروتژه مقیاس‌پذیری و توسعه‌پذیری آن است. توسعه‌پذیری پروتژه نیازهای کاربران را پوشش می‌دهد. این برنامه امکان ساخت و پردازش هستی‌شناسی‌های بزرگ را به نحوی کارآمد فراهم می‌آورد (ال‌تریش، ۲۰۱۳، ص ۲۱). کاردوسو (۲۰۰۷) در پژوهشی دریافت که دو سوم پاسخ‌دهندگان به پژوهش او درباره وب معنایی از پروتژه استفاده می‌کنند. تا سال ۲۰۱۵ (ژوئن) بیش از ۲۵۰۰۰۰ نفر از این نرم‌افزار استفاده کرده‌اند. همچنین حدود ۵۰۰ شرکت نیز از پروتژه برای ساخت هستی‌شناسی‌های خود بهره برده‌اند (کاردوسو، ۲۰۰۷).

در این پژوهش ما از آخرین نسخه نرم‌افزار پروتژه (نسخه ۵) استفاده کردیم. این نسخه، از هستی‌شناسی‌های مبتنی بر زبان هستی‌شناسی وب جهانی است؛ به طوری که می‌توان از قدرت توصیفی و غنای کاربردی این زبان برای ساخت هستی‌شناسی بهره برد.

۴-۱۰-۲. سوئپ SWEEP

سوئپ یک ویرایشگر هستی‌شناسی مبتنی بر زبان هستی‌شناسی وب و منبع باز است. این نرم‌افزار شامل تأییدیه زبان هستی‌شناسی وب است و انواع مختلفی از نمایش‌های نحوی زبان هستی‌شناسی وب را پیشنهاد می‌دهد (کاپور و شارما، ۲۰۱۰، ص ۲). از پشتیبانی استدلالی آردی‌اف (اس) و موتور استنتاجی اُدلیوال برخوردار است و محیط هستی‌شناسی چندگانه‌ای را از طریق موجودیت‌ها و روابط با هستی‌شناسی‌های متنوع فراهم می‌کند؛ که این امر امکان مقایسه، ویرایش و ادغام یکپارچه با این هستی‌شناسی‌ها را فراهم می‌کند. چرا که هستی‌شناسی‌های متفاوت می‌توانند در مقابل توصیف‌های منطقی، موجودیت‌ها و ویژگی‌های مربوطه خود مورد مقایسه قرار گیرند. در سوئپ، راهبری‌های ساده و آسانی به دلیل قابلیت‌های فرایبندی در رابط کاربری آن، وجود دارد. این نرم‌افزار از یک روش شناسی برای ساخت هستی‌شناسی پیروی نمی‌کند. کاربران می‌توانند داده‌های هستی‌شناسانه خارجی را از طریق پیوندی ساده به موجودیت خارجی یا با استفاده از ورود کامل یک هستی‌شناسی خارجی، مجدداً مورد استفاده قرار دهند. امکان ورود بخشی از زبان هستی‌شناسی وب وجود ندارد اما امکان جستجوی مفاهیم در هستی‌شناسی‌های چندگانه وجود دارد. سوئپ از الگوریتم‌های جستجوی

هستی‌شناسی که اقدام به ترکیب کلیدواژه‌ها با ساختارهای زبان توصیفی می‌کند، برای یافتن مفاهیم مرتبط در هستی‌شناسی‌های موجود استفاده می‌کند (هاشمی، خدیور و شامی زنجانی، ۲۰۱۸، ص ۲۱).

۵-۱۰-۲. تاپ‌برید TOPBRID

این نرم‌افزار در سه نسخه است: ۱) نسخه رایگان که نسخه‌ای مقدماتی است که صرفاً دارای یک مجموعه هسته از ویژگی‌هاست. این نسخه ابزار توسعه‌ای حرفه‌ای برای مدل‌های معنایی (هستی‌شناسی‌ها) است و ویرایشگری کامل برای مدل‌های آردی‌اف (اس) و زبان هستی‌شناسی وب است. این نسخه صرفاً می‌تواند اقدام به بارگیری و ذخیره فایل‌هایی در قالب اُدبلیوال ۲ مثل آردی‌اف یا ایکس‌ام‌ال کند.

(نابلاک، ۲۰۰۹). این نسخه از مکانیزم‌های استدلالی و کنترلی متنوع و استواری پشتیبانی می‌کند. کنترل انطباقی و ابهام‌زدایی از طریق موتور رابط اُدبلیوال و موتور جستجوی اسپارکیوال صورت می‌گیرد؛ ۲) نسخه استاندارد که شامل کلیه ویژگی‌های نسخه اول (نسخه رایگان) همراه با نمایش‌های گرافیکی، امکانات ورود (داده)، پشتیبانی بازسازی پیشرفته و سایر موارد است؛ ۳) نسخه راهبر که شامل کلیه ویژگی‌های نسخه قبلی (نسخه استاندارد) همراه با پشتیبانی از تاپ‌برید به صورت زنده و دیگر ویژگی‌های کاربری است (هاشمی، خدیور و شامی زنجانی، ۲۰۱۸، ص ۲۱).

سوئیپ می‌تواند به منابع آردی‌اف یا هستی‌شناسی‌ها متصل شود. همچنین می‌تواند به جستجوی منابع درون یک بخش خاص بپردازد. سوئیپ قادر به تجزیه چنین اسنادی جهت استخراج فراداده‌های آردی‌اف از صفحات اچ‌تی‌ام‌ال است. سپس این فراداده‌ها، می‌توانند مانند هر منبع آردی‌افی مورد استفاده قرار گیرند و کاربران می‌توانند پرس‌وجوهایی با منطق زبان توصیفی را بر روی آن‌ها اجرا کنند. این نرم‌افزار می‌تواند به صورت تک‌کاربره با سایر هستی‌شناسی‌های ذخیره‌شده به صورت فایل یا در پایگاه داده‌ای مورد استفاده قرار گیرد. نسخه رایگان این نرم‌افزار، یک ابزار مدل‌سازی برای ایجاد، حفظ و نگهداری از هستی‌شناسی‌هاست (هاشمی، خدیور و شامی زنجانی، ۲۰۱۸، ص ۲۲).

به‌طور خلاصه می‌توان گفت، آپولو، پروتزه و سوئیپ نرم‌افزارهای منبع باز برای هستی‌شناسی هستند و ابزارهایی مثل آنتواستودیو و تاپ‌برید نیاز به مجوز دارند. همچنین، برخی ابزارهای کاربردی هستی‌شناسی نیز هستند که نیازمند دانش زبانی خاصی هستند. نرم‌افزارهای پروتزه، تاپ‌برید (نسخه رایگان) و آنتواستودیو از پایگاه‌های داده‌ای برای ذخیره‌سازی هستی‌شناسی‌ها استفاده می‌کنند. پروتزه و آنتواستودیو ابزارهای هستی‌شناسی گرافیکی‌تری هستند. سوئیپ یک برنامه کاربردی وب‌محور است. آنتواستودیو از روش‌شناسی دانش‌محور پشتیبانی می‌کند. پروتزه، تاپ‌برید، سوئیپ و آنتواستودیو امکان مستندسازی هستی‌شناسی، ورود و صدور قالب‌های مختلف، نمایش گرافیکی از

هستی‌شناسی‌ها، کتابخانه‌های هستی‌شناسی فراهم می‌کنند و یک موتور استنتاجی نیز ضمیمه دارند (هاشمی، خدیور و شامی زنجانی، ۲۰۱۸، ص ۲۳).

۱۱-۲. استفاده مجدد از هستی‌شناسی‌ها

استفاده مجدد از هستی‌شناسی مسأله‌ای مهم در حوزه وب معنایی و هستی‌شناسی است. تعریف استفاده مجدد عبارت است از فرایندی که دانش در دسترس را به‌عنوان یک ورودی برای تولید هستی‌شناسی جدید به کار می‌برد. برخی از تعاریف و دسته‌بندی‌های استفاده مجدد از هستی‌شناسی‌ها در ادامه آمده است:

□ ادغام هستی‌شناسی (تعریف اول): ادغام هستی‌شناسی رویکردی است که هدف آن ترکیب دو هستی‌شناسی یا بیشتر برای ساخت یک هستی‌شناسی واحدی است که شامل کلیه دانشی است که هستی‌شناسی‌های ترکیب شده، دارا ست. بنابراین فرایند ترکیب هستی‌شناسی، ایجادکننده هستی‌شناسی منحصر به فردی است که ارائه‌دهنده نسخه ترکیبی از هستی‌شناسی‌های اصلی است. هستی‌شناسی به دست آمده شامل کلیه اطلاعات از هستی‌شناسی‌های ترکیبی اصلی، بدون نشانه‌ای از شکل اولیه است (اسلیمانی، ۲۰۱۴، ص ۲). فرایند ترکیب معمولاً زمانی که هستی‌شناسی‌های اصلی با حوزه‌های یکسانی دارای همپوشانی است، اجرا می‌شود.

□ ادغام هستی‌شناسی (تعریف دوم): ادغام هستی‌شناسی فرایندی است که به ساخت یک هستی‌شناسی منحصر به فرد بعد از انجام تجمیع، مونتاژ، ترکیب، تخصیصی سازی و انطباق هستی‌شناسی‌ها در موضوعات مختلف، می‌پردازد (فلسیسمو و بریتمن، ۲۰۰۴، ص ۱۵۳).

□ نقشه‌برداری هستی‌شناسی: فرایندی است که به شناسایی اتصالات بین موجودیت‌های هستی‌شناسی می‌پردازد. در این فرایند از چندین هستی‌شناسی برای ترسیم نقشه بین هستی‌شناسی اما بدون وجود هستی‌شناسی کلی، استفاده می‌شود. خروجی ترسیم نقشه هستی‌شناسی، تولید مجموعه‌ای از اظهاراتی است که روابط بین این موجودیت‌ها را بیان می‌کند (سو، براسویک و هاکرینن، ۲۰۰۳). با این حال، هدف از ترسیم نقشه هستی‌شناسی فراهم کردن امکان اشتراک هستی‌شناسی‌ها، تبادل و استفاده مجدد از اطلاعات بین آنهاست.

□ تطبیق (هم‌ترازی) هستی‌شناسی: فرایندی است که روابط بین مفاهیم درون دو هستی‌شناسی را با هدف ایجاد استواری و انسجام بین آن‌ها، تعیین می‌کند. ابزارهای متعددی برای انجام هم‌ترازی هستی‌شناسی‌ها ایجاد و توسعه یافته‌اند تا بتوانند هستی‌شناسی‌ها را بر روی طرح‌هایی مثل طرح ایکسامال، تاکسونومی‌ها، مدل‌های رابطه- موجودیت، زبان‌های رسمی، واژه‌نامه‌ها و دیگر چارچوب‌های برچسب‌گذاری به کار گیرد (اسلیمانی، ۲۰۱۴، ص ۲).

□ نسخه‌دهی هستی‌شناسی: فعالیتی است که نشان می‌دهد چندین نوع از هستی‌شناسی وجود دارد. در واقع، این انواع مختلف، اغلب مشتق‌شده از تغییراتی است که در هستی‌شناسی حاضر صورت گرفته و بنابراین یک درختواره اشتقاقی را تشکیل می‌دهد. با این حال، نسخه‌دهی به هستی‌شناسی فرایندی است که تغییرات (شناخت نسخه، روزآمد سازی هستی‌شناسی‌ها و ردیابی روابط نسخه) در نسخه‌های مختلف سه هستی‌شناسی را مدیریت می‌کند (کلین، ۲۰۰۱، ص ۱۵۷).

برای استفاده مجدد از هستی‌شناسی‌ها باید به لایه‌های تشکیل‌دهنده آن (فوقانی، میانی و پایینی) نیز توجه کرد. با توجه به در نظر گرفتن قابلیت استفاده مجدد از هستی‌شناسی، لایه‌های تشکیل‌دهنده این هستی‌شناسی که متشکل از سه لایه است، در ادامه شرح داده شده‌اند (نامور، ۱۳۹۷).

□ لایه فوقانی: این لایه شامل کلی‌ترین مفاهیم و ویژگی‌هایی است که همچون چارچوب مرجع عمل می‌کنند و بنیادی را برای سازگاری هستی‌شناسی با سایر هستی‌شناسی‌های مرجع فراهم می‌کند (پرتس و کانستنت تپلوس، ۲۰۱۷، ص ۱۷۶). این لایه حاوی مفاهیم اصلی است. این لایه در واقع لایه‌ای استراتژیک است و در واقع مکان‌گذاری مفاهیم در فضای دانشی، در این لایه مشخص می‌شود (زاکنس و پاپائودور، ۲۰۱۱، ص ۱۵۸۰).

□ لایه میانی: این لایه شامل ساختار سلسله‌مراتبی مفاهیم و ویژگی‌های خاص و گسترده در رشته شیمی است.

□ لایه پایینی: این لایه شامل جنبه‌های جزئی و ریزتر مربوط به متون بررسی شده (مقالات) این حوزه و مشخصه‌های هر ویژگی است. این لایه، در واقع لایه ظاهری و رویه‌ای است که متشکل از کلاس‌هایی است که فعالیت‌های علمی این حوزه را مدل‌سازی می‌کند. کلاس‌های موجود در این لایه، مفاهیم حوزه شیمی و مهندسی شیمی را به صورت فرایندهایی دقیق، همراه با ذکر محدودیت‌ها و الزامات این لایه، بیان می‌کند.

۱۲-۲. نظام‌های بازنمون اطلاعات

نظام‌های بازنمون اطلاعات را به سه گروه کلی تقسیم‌بندی کرده‌اند: فهرست اصطلاحات، طبقه‌بندی و رده‌بندی، فهرست‌های روابط. تأکید فهرستگان اصطلاحات روی اصطلاحاتی است که معمولاً همراه با تعاریف‌اند (مثل واژه‌نامه‌ها، فرهنگ‌ها و فرهنگ‌های جغرافیایی) و تعاریف را ارائه می‌دهند. طبقه‌بندی و رده‌بندی نیز روی ایجاد مجموعه موضوعات (مثل سرعنوان‌های موضوعی، طرح‌های رده‌بندی، تاکسونومی‌ها و طرح‌های طبقه‌بندی) متمرکز است. تأکید فهرستگان روابط (مثل اصطلاح‌نامه‌ها، شبکه‌های معنایی، هستی‌شناسی‌ها) بر روی رابطه بین اصطلاحات و مفاهیم است (ژانگ، ۲۰۰۷، ص ۹-۱۰).

در گروه اول یعنی فهرستگان اصطلاحات، اصطلاحاتی که حاوی معانی خاص هستند، به صورت الفبایی جهت سهولت دسترسی، فهرست می‌شوند. ارتباط بین این اصطلاحات فراتر از همان نظم الفبایی نمی‌رود. به عبارت دیگر، معنای یک اصطلاح ارتباطی با معانی اصطلاحی که قبل یا بعد از آن، آمده است ندارد. ارتباط آن‌ها فقط با حروف الفبا برقرار است، نه با معانی آن‌ها و روابطی که با یکدیگر دارند، نیز روابط معنایی نیست. در گروه دوم (یعنی رده‌بندی‌ها و طبقه‌بندی‌ها) به سازماندهی اصطلاحات و مفاهیم به صورت سلسله‌مراتبی می‌پردازد. اصطلاحات و مفاهیمی که در سطوح بالاتر قرار می‌گیرند، کلاس بالاتر یا رده کلی‌تر هستند و معمولاً فراگیرتر از مواردی هستند که در سطوح پایین‌تر قرار می‌گیرند. فهرست سلسله‌مراتبی، دست کم بیانگر روابط معنایی کلاس-زیرکلاس بین اصطلاحات و مفاهیمی هستند که از نظر معنایی به هم مرتبط هستند. در گروه سوم این تقسیم‌بندی یعنی (فهرست روابط)، روابط بین اصطلاحات و مفاهیم فراتر از روابط و نظم سلسله‌مراتبی است. اکثر روابط معنایی در این فهرست روابط، تشکیل و بیان می‌شوند. اصطلاحات و مفاهیم می‌توانند از نظر معنایی با هم مرتبط باشند، مثلاً در نظم سلسله‌مراتبی (کلاس-زیرکلاس)، نظم افقی بیانگر مترادفات و نظم معکوس بیانگر متضادها است. درک تفاوت روابط معنایی بیان‌شده در فهرست اصطلاحات، فهرستگان سلسله‌مراتبی و فهرستگان روابط چارچوبی مفید برای توصیف تفاوت‌ها و شباهت‌های هستی‌شناسی‌ها از سایر مدل‌های بازنمون را فراهم می‌کند. در زمانی که فهرست اصطلاحات (آزاد یا کنترل‌شده)، صرفاً یک نظم طبیعی از شکل‌های واژگانی است، هستی‌شناسی بیانی غنی از روابط معنایی است. در ادامه به معرفی و مقایسه برخی از این نظام‌های بازنمون اطلاعات مثل تاکسونومی و اصطلاح‌نامه با هستی‌شناسی‌ها می‌پردازیم (نامور، ۱۳۹۷).

۱۲-۲-۱. تاکسونومی TAXONOMY

آغاز تاکسونومی به کارل ون لین در قرن هجده برمی‌گردد؛ که از یک نظام طبقه‌بندی

سلسله‌مراتبی در زیست‌شناسی و گیاه‌شناسی برای نام‌گذاری گونه‌ها استفاده کرد. تعریف واژه تاکسونومی در واژه‌نامه آکسفورد عبارت است از «طبقه‌بندی، به‌ویژه در رابطه با اصول و قوانین کلی بخشی از علوم؛ یا علم یا موضوعی خاص که شامل طبقه‌بندی یا مرتبط با طبقه‌بندی است؛ به‌ویژه طبقه‌بندی نظام‌مند موجودات زنده». تاکسونومی، ساختاری سلسله‌مراتبی برای کمک به فرایند طبقه‌بندی اطلاعات است. تاکسونومی‌ها یک چارچوب تکرارپذیر تحلیلی هستند (ون ریس، ۲۰۰۱، ص ۴). استفاده از تاکسونومی‌ها می‌تواند با اهداف مختلفی مثل راهنماهای وب، پشتیبانی از نمایه‌سازی و رده‌بندی خودکار، صورت گیرد (گیل کریست، ۲۰۰۳، ص ۱۲).

منظور از تاکسونومی یک طبقه‌بندی موضوع‌محور است که اصطلاحات را در یک واژه‌نامه کنترل‌شده به‌صورت سلسله‌مراتبی قرار می‌دهد. مزیت چنین رویکردی این است که امکان گروه‌بندی اصطلاحات مرتبط را در یک گروه فراهم می‌کند. این امر باعث تسهیل بازیابی اصطلاحات صحیح می‌شود. تاکسونومی‌ها در توصیف موضوعات به کاربران کمک می‌کنند (گرشول، ۲۰۰۴، ص ۳۸۱). توصیف موضوعات در تاکسونومی صرفاً دارای یک رابطه ساده (اعم/اخص) است. در حالی که در اصطلاح‌نامه‌ها این رابطه گسترده‌تر است و از یک رابطه به سه رابطه معنایی اصلی هم‌ارزی، سلسله‌مراتبی و وابستگی می‌رسیم. استفاده از تاکسونومی‌ها می‌تواند با اهداف مختلفی مثل راهنماهای وب، پشتیبانی از نمایه‌سازی و رده‌بندی خودکار، صورت گیرد (گیل کریست، ۲۰۰۳، ص ۱۲). تاکسونومی‌ها اغلب برای سازماندهی سلسله‌مراتبی و رسمی حوزه‌ای از دانش با استفاده از طبقه‌بندی سلسله‌مراتبی مفاهیم اشتراکی، مورد استفاده قرار می‌گیرند. کاتالوگ‌ها نمونه‌ای از رده‌بندی تاکسونومی است که بر اساس طبقه‌بندی سلسله‌مراتبی اشتراکی مفاهیم صورت می‌گیرند. ویژگی اصلی تاکسونومی‌ها طبقه‌بندی دقیق و سلسله‌مراتبی کلاس‌ها و مفاهیم است. بنابراین، روابط اشتراکی در تاکسونومی‌ها معمولاً به صورت منطقی است، به‌عنوان مثال، در شرایط انتقال‌پذیری، صرفاً اجازه انتقال روابط متقابل بین تعداد کمی از کلاس‌ها و مفاهیم داده می‌شود (گریم و همکاران، ۲۰۱۱، ص ۵۲۴). هستی‌شناسی‌ها و تاکسونومی‌ها در استفاده از ساختار کلاس و رده به یکدیگر شبیه هستند. با این تفاوت که هستی‌شناسی‌ها با استفاده از ساختار معنایی که دارد، امکان استنتاج بیشتر را در قبال تاکسونومی‌ها فراهم می‌کند. دانش در هستی‌شناسی آشکار و عینی است اما در تاکسونومی ضمنی است (ساوسا، ۲۰۱۳). هستی‌شناسی‌ها از نظر دامنه گسترده‌تر هستند. در بعضی موارد، یک تاکسونومی می‌تواند به‌عنوان زیرمجموعه‌ای از یک هستی‌شناسی بزرگتر در نظر گرفته شود. در واقع هستی‌شناسی‌ها به‌عنوان درختی در یک جنگل هستی‌شناسی هستند. در تاکسونومی رده‌بندی موجودیت‌ها انجام می‌شود اما در هستی‌شناسی شناخت موجودیت‌ها صورت می‌گیرد.

۲-۱۲-۲. اصطلاح‌نامه THESAURUS

می‌توان ادعا نمود که اهمیت و ضرورت اصطلاح‌نامه بیشتر در حوزه نظام‌های اطلاع‌رسانی است. اصطلاح‌نامه به‌عنوان واسطه و زبان میانجی در بازیابی اطلاعات به‌کار می‌رود که بین نمایه‌ساز و کاربر تفاهم ایجاد می‌کند (محمدی و علیدوستی، ۱۳۸۶، ص ۲۸-۲۲). در حالی که هستی‌شناسی تعامل معنایی را بین ماشین و انسان ممکن می‌سازد (آسوشه و همکاران، ۱۳۹۰، ص ۶). اصطلاح‌نامه‌ها به‌عنوان ابزارهای سازماندهی دانش قبل از هستی‌شناسی محسوب می‌شوند که با هستی‌شناسی‌ها دارای تفاوت‌هایی هستند، در ادامه به تفاوت‌های این دو بیشتر پرداخته می‌شود.

در اصطلاح‌نامه سه نوع رابطه معنایی اصلی هم‌ارزی، سلسله‌مراتبی و وابستگی وجود دارد. این سه رابطه تمام روابط واژگانی را پوشش می‌دهد. روابط واژگانی روابط معنایی هستند که بین واژگان یک زبان وجود دارد و شامل روابط شمول معنایی، تضاد معنایی، هم‌معنایی، چندمعنایی، جزءواژگی، عضوواژگی و هم‌نامی می‌شود. از این روابط رابطه‌های شمول معنایی، جزءواژگی و عضوواژگی توسط رابطه سلسله‌مراتبی اصطلاح‌نامه نشان داده می‌شود. رابطه واژگانی تضاد معنایی و هم‌معنایی در رابطه هم‌ارزی به نمایش گذاشته می‌شود. اما ایراد اصلی این سه رابطه آن است که نوع رابطه را نشان نمی‌دهند، برای مثال، در رابطه سلسله‌مراتبی، دو نوع اصطلاح عام و اصطلاح خاص قرار دارند اما نشان نمی‌دهند که اصطلاح خاص در چه رابطه‌ای با اصطلاح عام قرار دارد. از آنجا که در اصطلاح‌نامه‌ها، اصطلاحات به دقت از یکدیگر متمایز نمی‌شوند، بین مفاهیم و اصطلاحات ناسازگاری ایجاد می‌شود به‌طوری که در یک اصطلاح‌نامه ممکن است دو اصطلاح در رابطه سلسله‌مراتبی و در اصطلاح‌نامه‌ای دیگر همان اصطلاحات در رابطه وابستگی با یکدیگر قرار بگیرند. در حالی که در هستی‌شناسی روابط بین اصطلاحات کاملاً صریح و شفاف است. یعنی دقیقاً نوع رابطه مشخص شده است (احمدی‌نسب، ۱۳۹۱، ص ۴۱). به‌عنوان مثال یکی از روابط هستی‌شناختی رابطه سلسله‌مراتبی است که بین طبقه‌ها برقرار است. دقیقاً همین رابطه است که امکان استنتاج و استدلال را برای نظام رایانه‌ای فراهم می‌کند؛ چرا که قاعده توارث بین طبقه‌ها وجود دارد. یعنی در رابطه سلسله‌مراتبی، هر طبقه زیرطبقه‌ای از طبقه فوقانی خودش است و ویژگی‌های طبقه فوقانی به زیرطبقه منتقل می‌شود. این فرایند را توارث گویند (شریف، ۱۳۸۵).

از تفاوت‌های معنایی دیگر اصطلاح‌نامه و هستی‌شناسی این است که هستی‌شناسی به موجودیت‌های عالم واقعیت می‌پردازد در حالی که هدف غایی اصطلاح‌نامه بازنمایی مدارک و اسناد است. از لحاظ معناشناسی زبانی، اصطلاح‌نامه به واقعیت‌های روان‌شناختی و فلسفی معنا، تفکر و واقعیت توجهی ندارد و در واقع بر روابط معنایی حوزه واژگان تمرکز می‌کند. این نگاه به معنا، نگاه

سنتی معناشناسی است که به روابطی چون هم‌معنایی، هم‌نامی، ابهام‌معنایی، تقابل‌معنایی، شمول‌معنایی چندمعنایی می‌پردازد (احمدی‌نسب، ۱۳۹۱، ص ۴۳). اما هستی‌شناسی به نظریه‌ارجاع معنی‌شناسی نزدیک‌تر است؛ بدین ترتیب که در هستی‌شناسی موجودیت‌ها و یا همان مرجع‌های درون عالم واقعیت و عالم درون مورد توجه هستند و عناصر سازنده هستی‌شناسی را تشکیل می‌دهند (شریف، ۱۳۸۸).

اصطلاح‌نامه با استفاده از اصطلاحات زبان انسان ساخته می‌شود و از آن برای نمایه‌سازی و جستجوی مدارک استفاده می‌شود در حالی که هستی‌شناسی‌ها به توصیف موجودیت‌های عالم واقعیت پرداخته و هدف نهایی آن استدلال‌پذیری در حوزه دانش است. اصطلاح‌نامه‌ها و واژگان کنترل‌شده دیگر برخلاف هستی‌شناسی، تنها به ارائه روابط سلسله‌مراتبی ساده‌ای بین اصطلاحات می‌پردازند که نمی‌تواند روابط دقیق معنایی موجود بین مفاهیم یک حوزه را به دقت نشان دهد اما در هستی‌شناسی امکان تعریف هرگونه رابطه‌ای بین اصطلاحات وجود دارد. علاوه بر این در اصطلاح‌نامه‌ها ماهیت مفاهیم مبهم است و مشخص نیست که از چه مقوله‌ای هستند مانند شیء، فرایند و صفت. لذا امکان استنتاج و استدلال برای نظام بازیابی و همچنین کاربر فراهم نمی‌شود. اما در هستی‌شناسی ماهیت مفاهیم کاملاً شفاف است و همین شفافیت مفاهیم در کنار زبان‌صوری هستی‌شناسی، تعامل بین کاربر و نظام را فراهم می‌کند.

تفاوت معناشناختی دیگر اصطلاح‌نامه و هستی‌شناسی جامعیت هستی‌شناسی و محدودیت اصطلاح‌نامه است. هستی‌شناسی‌ها را می‌توان یا یکدیگر ادغام نمود تا تمام دانش‌های موجود را پوشش دهد و بتوان بر اساس الگوریتم‌های استدلال به نتایج و استنتاج‌های جدید رسید. اما اصطلاح‌نامه‌ها تنها یک تصویر کل‌گرا از یک حوزه موضوعی محدود را ارائه می‌دهند (کلس و میلتن و کازمیرجک، ۲۰۱۲، ص ۲۴۲). یورلند (۲۰۰۷) معتقد است که اصطلاح‌نامه ابزاری معنایی است چرا که نقشه راهی که اصطلاح‌نامه فراهم می‌کند، عمده‌تاً مفاهیم را از طریق روابط معنایی به یکدیگر متصل می‌کند. مسأله‌ای که در مورد هستی‌شناسی نیز صدق می‌کند. اما، از تفاوت‌های مهم بین هستی‌شناسی و اصطلاح‌نامه، می‌توان به مجموعه روابط غنی‌تر استفاده شده در هستی‌شناسی اشاره کرد (یورلند، ۲۰۰۷، ص ۳۶۸؛ خو و نا، ۲۰۰۶، ص ۱۷۵).

۱۳-۲. ارزیابی هستی‌شناسی

ارزیابی هستی‌شناسی‌ها، امری مهم و ضروری برای رشد و توسعه وب معنایی و مدیریت دانش است. طراحان هستی‌شناسی باید معیارهایی را در طراحی و ساخت هستی‌شناسی مورد توجه قرار دهند. آن‌ها باید نتایج به‌دست آمده از کاربرد هستی‌شناسی را بر اساس این معیارها ارزیابی کنند و در مرحله

ویرایش هستی‌شناسی نیز این معیارها را به کار گیرند. استفاده از معیارها در ارزیابی هستی‌شناسی‌ها می‌تواند توانمندی‌ها و ضعف‌های مربوط به مدل‌های مختلف هستی‌شناسی را آشکار سازد. بهترین هستی‌شناسی آن است که قادر باشد اهداف و رسالت‌هایی را که به آن منظور طراحی شده است، برآورده سازد. همچنین، باید به بهترین نحو، در رفع نیازهای دانشی کاربران خود سودمند و مؤثر باشد (فتحیان، ۱۳۹۰، ص ۸-۹).

روش‌های ارزیابی هستی‌شناسی، در واقع توصیف روندهایی است که کیفیتی خاص از یک هستی‌شناسی را مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌دهد؛ زیرا ارزیابی هستی‌شناسی برای قضاوت در مورد کیفیت آن ضروری است (اسفر و همکاران، ۲۰۱۶، ص ۳۳۹). پژوهش‌های اندکی در مورد ارزیابی هستی‌شناسی‌ها از نظر فنی یا از نظر کاربران یا از هر دو نظر فنی و کاربران انجام شده است. همچنین می‌توان ارزیابی را با توجه به مقیاس‌های داخلی که مربوط به مسائل خود هستی‌شناسی است (مثل تراکم و مسائل شناختی) یا مقیاس‌های خارجی که مربوط به استفاده و میزان استفاده کاربران از آن است (مثل دسترس‌پذیری، سهولت و اثربخشی دسترسی) انجام داد. تقسیم‌بندی دیگری که برای ارزیابی هستی‌شناسی معرفی شده است عبارت است از ارزیابی بر اساس مقیاس‌های ساختاری، مقیاس‌های عملکردی/وظیفه‌ای و مقیاس‌های مربوط به قابلیت استفاده (گانگمی و همکاران، ۲۰۰۶، ص ۱۴۳). مقیاس‌های ساختاری و عملکردی مربوط به ارزیابی فنی و کاربری است و مقیاس‌های مربوط به قابلیت استفاده با ارزیابی کاربرمحور مرتبط است (دگبلو، ۲۰۱۷، ص ۱۳). مطالعه فنون ارزیابی هستی‌شناسی نشان‌دهنده آن است که رویکردهای ارزیابی می‌توانند بر اساس معانی ارزیابی (مثل داده‌محوری، کاربردمحوری، مقایسه انسانی یا بر اساس استاندارد طلایی) یا بر اساس سطح ارزیابی (واژگانی، سلسله‌مراتبی، نحوی و ...)، طبقه‌بندی شوند. لذا می‌توان نتیجه گرفت که با توجه به نوع هستی‌شناسی‌ها، روش‌های ارزیابی آن‌ها نیز متفاوت است. به‌طور کلی، اکثر رویکردهای ارزیابی به یکی از دسته‌بندی‌های زیر ختم می‌شود:

- رویکردی که مبتنی بر استاندارد طلایی است؛
- رویکرد مبتنی بر کاربرد که استفاده کاربردی هستی‌شناسی و ارزیابی نتایج آن مد نظر است؛
- رویکردی که به مقایسه منابع داده‌ای که هستی‌شناسی آن را پوشش داده است، می‌پردازد (مثل مجموعه‌ای از مدارک).

رویکردی که توسط عامل انسانی صورت می‌گیرد و مبتنی بر این نکته است که چگونه هستی‌شناسی مجموعه‌ای از معیارها، استانداردها و الزامات را از پیش تعریف کرده است (پلینر و بوریسوو، ۲۰۱۴، ص ۸۲؛ برانک، گرابلیک و ملادنچ، ۲۰۰۷، ص ۳).

۱-۱۳-۲. رویکرد استاندارد طلایی

باید توجه کرد که این رویکرد تنها به ارزیابی هستی‌شناسی‌ها محدود نمی‌شود و در هر حوزه‌ای و هر موجودیت قابل ارزیابی را می‌توان با این شیوه محک زد. در این رویکرد هستی‌شناسی را با یک استاندارد ارزیابی می‌کنند. این استاندارد می‌تواند یک دستورالعمل مصوب و یا مورد تأیید سازمان‌های مرتبط، منابع استاندارد (مثل اصطلاح‌نامه‌ها، واژه‌نامه‌ها و ...) و یا حتی یک هستی‌شناسی دیگر باشد. از آنجا که در مورد هستی‌شناسی‌ها استاندارد خاصی تا کنون رسماً ارائه نشده است، ارزیابی هستی‌شناسی‌ها به وسیله یک هستی‌شناسی یا سایر منابع مثل اصطلاح‌نامه‌ها قابل قبول و معتبر رویکرد مناسبی است (احمدی‌نسب، ۱۳۹۱، ص ۶۲). با این رویکرد به مقایسه هستی‌شناسی با یک استاندارد اصلی می‌پردازند که این استاندارد ممکن است خود یک هستی‌شناسی یا منبع دیگر باشد (فتحیان، ۱۳۹۰، ص ۱۱).

ایده رویکرد استاندارد طلایی مقایسه مفاهیم هستی‌شناسی مورد ارزیابی با سایر استانداردها (هستی‌شناسی‌های دیگر، اصطلاح‌نامه‌ها، منابع مورد تأیید سازمان‌های مرتبط و ...) که می‌تواند استاندارد یا مرجعی معیار باشد، است. ارزیابی هستی‌شناسی می‌تواند بر اساس روش دقت و بازیافت صورت گیرد، به طوری که به مقایسه هستی‌شناسی با استاندارد طلایی فراهم شده توسط انسان، پرداخت. ارزیابی هستی‌شناسی بر اساس جنبه‌های معنایی می‌تواند مبتنی بر مقیاس‌های دقت و بازیافت باشد (پلینر و بوریسوف، ۲۰۱۴، ص ۸۳).

رویکردهای مبتنی بر استاندارد طلایی دارای چندین مزیت‌اند: الف) این رویکردها ارزیابی‌های چندسطحی مثل: سطح واژگانی، سطح رده‌بندی (ساختاری) و سطح معنایی را فراهم می‌کنند؛ ب) این نوع از ارزیابی به عنوان تنها رویکرد ممکن در بین سایر رویکردها، زمانی که ارزیابی‌های مکرر و در مقیاس بزرگ مدنظر باشد، مورد توجه است (دلشافت و استاب، ۲۰۰۶)؛ ج) ضعف اصلی این رویکرد وابستگی زیاد آن به مقیاس‌های مقایسه‌ای است (اسفر و همکاران، ۲۰۱۶، ص ۳۳۹).

البته ارزیابی هستی‌شناسی به تنهایی و بدون استفاده از استانداردهایی مثل استاندارد طلایی و ... نیز امکان‌پذیر است. این نوع از ارزیابی در اکثر زمینه‌هایی که هستی‌شناسی با استاندارد طلایی در دسترس نباشد، امکان‌پذیر و مفید است. چنانچه بخشی از موارد و مفاهیم مهم این استاندارد در دسترس باشد، می‌توان ارزیابی را بر اساس دقت و بازیافت انجام داد (برانک، گرابلنیک و ملادنیک، ۲۰۰۷، ص ۲۸).

۲-۱۳-۲. رویکرد وظیفه‌محور

همان‌طور که از نام این رویکرد نیز مشخص است ارزیابی بر اساس وظیفه و کاربردی صورت می‌گیرد که هستی‌شناسی بدان منظور طراحی شده است. برای مثال بسیاری از هستی‌شناسی‌های

پزشکی بدین منظور طراحی شده‌اند که با بررسی علائم بیماری، به تشخیص بیماری پردازند. اگر بررسی‌ها نشان داد که هستی‌شناسی مورد نظر این امکان را برای سازمان مربوطه فراهم می‌کند و در تشخیص موفق عمل کرده است، می‌توان گفت که هستی‌شناسی با رویکرد وظیفه‌محور کارآمد ارزیابی شده است. بنابراین عملکرد هستی‌شناسی در انجام وظایف و فعالیت‌های مربوطه، معیار ارزیابی هستی‌شناسی به‌شمار می‌رود (احمدی‌نسب، ۱۳۹۱، ص ۶۲). آن دسته از ارزیابی‌ها که به بررسی هستی‌شناسی در بافت وظیفه و کاربردی خاص می‌پردازند و نتایج به‌دست آمده را مورد ارزیابی قرار می‌دهند، از این نوع‌اند (فتحیان، ۱۳۹۰، ص ۱۱).

هستی‌شناسی در نظام‌های چندعاملی، مجرای را برای ارتباط عامل‌های نرم‌افزاری فراهم می‌کند؛ بنابراین، چنانچه تعاریف هستی‌شناسی به اندازه کافی و صحیح مورد ارزیابی قرار نگیرد، ارتباط بین عامل‌های نرم‌افزاری نیز موفق نخواهد بود. پوزل و مالکا پیشنهاد می‌دهند که ارزیابی هستی‌شناسی‌ها با استفاده از کاربرد صورت گیرد و بیان می‌دارند هستی‌شناسی خوب، آن هستی‌شناسی است که بر اساس وظیفه‌ای که برای آن در نظر گرفته شده است، نتایج خوبی را نیز دربرداشته باشد. این رویکرد دارای سه نقص است: ۱) زمانی می‌توان شاهد خوب یا بد بودن یک هستی‌شناسی بود که با یک روش یکسان برای وظیفه‌ای خاص استفاده شود، در حالی که تعمیم‌دادن این امر مشکل است ۲) هستی‌شناسی می‌تواند صرفاً جزئی از یک وظیفه/کاربرد باشد و تأثیر آن روی خروجی ممکن است کوچک و غیر مستقیم باشد ۳) مقایسه هستی‌شناسی‌های مختلف تنها در صورتی ممکن است که همه آن‌ها به یک وظیفه/کارکرد متصل باشند (پلینر و بوریسوف، ۲۰۱۴، ص ۸۳).

۳-۱۳-۲. رویکرد استخراج داده (بر اساس متون و مدارک حوزه‌ای خاص)

آن دسته از ارزیابی‌ها که به مقایسه هستی‌شناسی با یک منبع داده (مانند مجموعه‌ای از مدارک) در آن حوزه خاص می‌پردازند تا بررسی کنند که هستی‌شناسی مورد نظر تا چه حد مدارک آن حوزه را تحت پوشش قرار داده است (فتحیان، ۱۳۹۰، ص ۱۱).

پیشنهاد بروسر و همکاران (۲۰۰۴) با استفاده از این رویکرد به جای مقایسه یک هستی‌شناسی با هستی‌شناسی دیگر، به مقایسه تعدادی از هستی‌شناسی‌ها با مجموعه‌ای از مدارک پرداختند، تا از این طریق بتوانند مناسب‌ترین را تعیین کنند. آن‌ها اقدام به استخراج اصطلاحات حوزه‌ای خاص و مرتبط از مجموعه‌ای از اسناد کردند و در ادامه از وردنت برای افزودن دو سطح از شمول معنایی به هر اصطلاح در خوشه‌بندی مورد استفاده، بهره بردند. سرانجام، مجموعه‌ای از اصطلاحات که مشخص شده بودند، در هستی‌شناسی ترسیم شدند. همپوشانی بین اصطلاحات در یک دامنه خاص رفع شده و اصطلاحاتی که در هستی‌شناسی بودند به‌عنوان یک مقیاس واژگانی با برجسب‌گذاری در هستی‌شناسی

استفاده شدند. آن‌ها برای ارزیابی تناسب طبقه‌بندی مفاهیم «مقیاس تنیس» را به کار بردند. روش کار آن‌ها به این صورت بود که پنج هستی‌شناسی متفاوت را برای این رویکرد ارزیابی خود، به کار گرفتند و به مقایسه یک هستی‌شناسی با مجموعه‌ای از مدارک استخراجی پرداختند. سؤالات آن‌ها در این مرحله از ارزیابی عبارت بودند از این که: چه تعداد از واژه‌های استخراجی از مدارک در هستی‌شناسی انتخابی موجود است؟ چه تعدادی در هستی‌شناسی انتخابی موجود نیست؟ با انتخاب خود کار تعدادی از واژه‌های مجموعه متون مورد نظر به محاسبه همپوشانی بین هستی‌شناسی و این مجموعه متون پرداخته و واژه‌هایی که در هر یک از این دو (هستی‌شناسی و مجموعه متون) وجود نداشتند، حذف شدند. بدین طریق با مقایسه همپوشانی‌ها، میزان تناسب هر هستی‌شناسی با مجموعه متون مورد نظر، بررسی شده و هستی‌شناسی مناسب که آرت کواکت بود را انتخاب کردند (بروستر و همکاران، ۲۰۰۴).

۴-۱۳-۲. رویکرد معیارمحور

در این رویکرد سیاهه‌ای از معیارهای مورد نظر صاحب‌نظران این حوزه گردآوری شده و مبنای ارزیابی هستی‌شناسی قرار می‌گیرند. هستی‌شناسی بر اساس هر کدام از معیارهای مورد نظر امتیازی را دریافت کرده و امتیاز نهایی حاصل از تمام معیارها نشان‌دهنده وضعیت هستی‌شناسی خواهد بود. از این معیارها می‌توان به معیارهای انسجام، همبستگی، ربط، صحت، توسعه‌پذیری، سازگاری، وضوح و کمینه‌گرایی اشاره کرد. با توجه به مباحث مطرح شده می‌توان پی برد که دو رویکرد استاندارد طلایی و معیارمحور کیفی و دو رویکرد وظیفه‌محور و استخراج داده، کمی هستند (احمدی‌نسب، ۱۳۹۱، ص ۶۳). آن دسته از ارزیابی‌ها که توسط عوامل انسانی انجام می‌شوند و آن‌ها تلاش می‌کنند تا تعیین کنند هستی‌شناسی تا چه میزان، مجموعه‌ای از معیارها و استانداردها و عناصر مهم را تحت پوشش قرار داده است، نیز معیارمحور هستند (فتحیان، ۱۳۹۰، ص ۱۱).

این رویکرد از ارزیابی هستی‌شناسی زمانی استفاده می‌شود که مشکل تصمیم‌گیری و انتخاب یک هستی‌شناسی خوب از انواع مختلفی از هستی‌شناسی‌ها را داشته باشیم. در این مواقع برای ارزیابی هستی‌شناسی، چندین ویژگی و معیار تصمیم‌گیری تعریف شده و یک امتیاز عددی برای هر معیار نیز در نظر گرفته شده است. نمره کلی مورد نظر بر اساس مجموع وزنی نمرات هر معیار محاسبه می‌شود. نقص این رویکرد این است که ممکن است به حجم زیادی از دخالت متخصصان انسانی نیاز باشد (پلینر و بوریسوف، ۲۰۱۴، ص ۸۳). همان‌طور که گفته شد، در این رویکرد، ارزیابی هستی‌شناسی می‌تواند با چندین معیار متفاوت صورت گیرد. بنابراین، اولین وظیفه ارزیاب این است که معیاری مرتبط با ارزیابی مورد نظر را در نظر بگیرد و سپس روش‌های مناسب ارزیابی را برای بررسی این که

هستی‌شناسی مورد نظر چقدر با این معیارها اشتراک داشته است، برگزیند (راندسیک، ۲۰۱۰). معیارها و روش‌های مختلفی توسط راندسیک مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌اند. پنج مورد از این معیارها عبارتند از:

- دقت: دقت بالا ناشی از تعاریف و توصیفات صحیح کلاس‌ها، ویژگی‌ها و نمونه‌ها است.
- وضوح و صراحت: تعاریف باید عینی و مستقل از بافت و زمینه باشند. زمانی که یک تعریف می‌تواند در اصول موضوعه منطقی بیان شود، باید همین‌گونه باشد. کلیه موجودیت‌ها باید با یک سند در زبان طبیعی مستندسازی شوند.
- جامعیت: جامعیت زمانی سنجیده می‌شود که حوزه موضوعی مورد نظر به خوبی پوشش داده شده باشد. تمام دانشی که انتظار می‌رود در هستی‌شناسی بیان شود یا باید به‌طور صریح بیان شود یا می‌تواند از هستی‌شناسی استنباط شود.
- اختصار: چنانچه هستی‌شناسی شامل عناصر نامربوط یا بازنمونی زائد از حوزه موضوعی تحت پوشش خود باشد، از معیار اختصار استفاده می‌شود.
- ثبات: این معیار بیان‌کننده این است که هستی‌شناسی شامل تناقضات و تضادها نیست و اجازه این امر را نیز نمی‌دهد (راندسیک، ۲۰۱۰، ص ۱۶).

۵-۱۳-۲. ارزیابی هستی‌شناسی بر اساس سطوح آن

علاوه بر تقسیم‌بندی‌های فوق، ارزیابی هستی‌شناسی می‌تواند بر اساس سطح ارزیابی نیز تقسیم شود. از آنجا که هستی‌شناسی‌ها تقریباً ساختاری پیچیده دارند، بنابراین ارزیابی آن‌ها بر اساس سطوح هستی‌شناسی مفیدتر از ارزیابی هستی‌شناسی به‌طور کلی است. جدول ۱-۲ (جدول سطوح ارزیابی هستی‌شناسی) خلاصه‌ای از تقسیم‌بندی‌های چهارگانه فوق (استاندارد طلایی، وظیفه‌محور، معیارمحور و استخراج داده) را با توجه به ارزیابی سطح‌محور ارائه می‌دهد. به‌طوری که جزئیات مربوط به رویکردهای ارزیابی بر اساس سطوح ارزیابی هستی‌شناسی، بیان شده‌اند (پلینر و بوریسوف، ۲۰۱۴، ص ۸۲).

هستی‌شناسی‌ها را می‌توان بر اساس سطوح آن‌ها نیز طبقه‌بندی کرد. هستی‌شناسی، ساختار نسبتاً پیچیده‌ای دارد و مناسب‌تر است که به جای ارزیابی هستی‌شناسی به‌طور کلی، بر ارزیابی سطوح مختلف آن به‌صورت جداگانه تمرکز کرد. دلیل دیگر برای انتخاب رویکرد مبتنی بر سطوح هستی‌شناسی این است که فنون خودکار یادگیری که در ساخت هستی‌شناسی‌ها استفاده شده است، برای سطوح مختلف هستی‌شناسی متفاوت هستند (برانک، گرابلنیک و ملادنچ، ۲۰۰۷، ص ۲۱؛

فتحیان، ۱۳۹۰، ص ۳). انواع ارزیابی سطح‌محور هستی‌شناسی به‌طور معمول عبارتند از:

- ارزیابی بر اساس سطح واژگانی و داده‌ای؛
- ارزیابی در این سطح بر مفاهیم، نمونه‌ها، داده‌های حقیقی و ... موجود در هستی‌شناسی و واژه‌هایی که برای ارائه این مفاهیم استفاده شده‌اند، متمرکز است. این سطح ارزیابی شامل مقایسه هستی‌شناسی با منابع مختلف داده‌ای مرتبط با حوزه مورد نظر (مانند مجموعه متون مرتبط با حوزه) و نیز روش‌هایی همچون معیارهای مشابهت رشته کلمات است؛
- ارزیابی بر اساس ساختار سلسله‌مراتبی و رده‌بندی: در هستی‌شناسی، رابطه سلسله‌مراتبی "Is-a" یکی از روابط تعریف‌شده در میان مفاهیم است. اگرچه روابط مختلف دیگری نیز میان مفاهیم وجود دارد، رابطه "Is-a"، اهمیت ویژه‌ای در هستی‌شناسی‌ها دارد و به‌طور معمول، این نوع رابطه در ارزیابی هستی‌شناسی‌ها مورد توجه قرار می‌گیرد؛
- ارزیابی بر اساس سایر روابط معنایی: هستی‌شناسی ممکن است روابط دیگری را علاوه بر "Is-a" شامل شود و ممکن است این روابط به‌صورت جداگانه مورد ارزیابی قرار گیرند. معیارهایی مانند جامعیت (بازیافت) و مانعیت (دقت) در این سطح بررسی می‌شوند؛
- ارزیابی بر اساس سطح بافت و کاربرد هستی‌شناسی: یک هستی‌شناسی ممکن است بخشی از یک مجموعه هستی‌شناسی بزرگ باشد. ممکن است مفاهیم و تعاریفی را به هستی‌شناسی دیگر ارجاع بدهد یا توسط سایر هستی‌شناسی‌ها مورد ارجاع و استفاده قرار گیرد. در هنگام ارزیابی هستی‌شناسی لازم است این زمینه و ارتباط با سایر هستی‌شناسی‌ها در نظر گرفته شود. مسأله دیگر در زمینه ارزیابی، کاربرد و هدف خاصی است که هستی‌شناسی برای آن ایجاد شده است. از طریق بررسی عملکرد و کاربرد مورد نظر، می‌توان نشان داد که تا چه حد نتایج به‌دست آمده ناشی از استفاده از هستی‌شناسی بوده است (برانک، گرابلنیک و ملادنچ، ۲۰۰۷، ص ۲۱؛ فتحیان، ۱۳۹۰، ص ۳)؛
- ارزیابی بر اساس سطح نحوی هستی‌شناسی: ارزیابی در این سطح ممکن است بیشتر مورد توجه آن دسته از هستی‌شناسی‌هایی باشد که به‌صورت دستی تهیه می‌شوند. هستی‌شناسی به‌طور معمول، در زبانی رسمی و خاص توصیف می‌شود و باید با ویژگی‌های نحوی آن زبان

هماهنگ باشد. حضور اسناد زبان طبیعی و جلوگیری از ایجاد حلقه میان تعاریف از مسائل دیگری است که باید در این زمینه مورد توجه قرار گیرد؛

□ ارزیابی بر اساس ساختار و معماری و طراحی هستی‌شناسی: این نوع ارزیابی هم بیشتر مورد توجه آن دسته از هستی‌شناسی‌هایی است که به صورت دستی تهیه می‌شوند. در طراحی و ساخت هستی‌شناسی باید اصول و معیارهای از پیش تعیین شده خاصی مورد توجه قرار گیرند. سازماندهی هستی‌شناسی و قابلیت آن برای گسترش بیشتر در آینده، برخی از اصول ساختاری مورد توجه در ارزیابی هستی‌شناسی‌ها هستند. این نوع ارزیابی به‌طور معمول، کامل به‌صورت دستی انجام می‌شود (برانک، گرابلنیک و ملادنچ، ۲۰۰۷، ص ۲۱؛ فتحیان، ۱۳۹۰، ص ۳).

سطح	رویکرد استاندارد طلایی	رویکرد وظیفه/ کاربرد محور	رویکرد استخراج داده	رویکرد معیار محور
واژگانی، مفهومی، داده‌ای	+	+	+	+
سلسله‌مراتبی، رده‌بندی	+	+	+	+
سایر روابط معنایی	+	+	+	+
بافت، کاربرد				
نحوی	+			+
ساختاری، معماری، طراحی				+

به‌طور کلی می‌توان گفت از زمانی که هستی‌شناسی‌ها ارتباط زیادی با وب معنایی پیدا کرده‌اند، اهمیت ارزیابی هستی‌شناسی‌ها نیز بیش از پیش شده است. ارزیابی هستی‌شناسی به این مسأله می‌پردازد که عملکرد هستی‌شناسی در ارتباط با معیارهای خاص چگونه است. همچنین از این ارزیابی برای رتبه‌بندی هستی‌شناسی و استفاده‌های مجدد از آن، استفاده می‌شود (دگبلو، ۲۰۱۷، ص ۱۱). ارزیابی هستی‌شناسی می‌تواند برای دو هدف اصلی انجام شود: رصد میزان پیشرفت در توسعه هستی‌شناسی و انتخاب هستی‌شناسی (یو، تام و تم، ۲۰۰۹، ص ۷۶۷)؛ چرا که کاربران با هستی‌شناسی‌های بسیاری مواجهند و نیازمند راهی برای ارزیابی آن‌ها هستند تا بتوانند بهترین مورد را با توجه به نیازهایشان انتخاب کنند. به همین ترتیب، سازندگان هستی‌شناسی‌ها نیز نیازمند راهی برای ارزیابی هستی‌شناسی ساخته شده و انجام مراحل پالایش و بهبود هستی‌شناسی‌اند.

در پژوهش حاضر، با توجه به این که منبع استاندارد مناسبی (همچون اصطلاح‌نامه) برای مقایسه هستی‌شناسی حاضر در دسترس بود و رویکرد استاندارد طلایی نیز پیشنهاد ارزیابی مقایسه‌ای

هستی‌شناسی را با منابع معیار و استاندارد، می‌دهد، لذا بر اساس این رویکرد برای سنجش میزان دقت هستی‌شناسی از منبع استاندارد اصطلاح‌نامه شیمی استفاده شد.

۱۴-۲. جمع‌بندی مبانی نظری

آنچه در مبانی نظری طرح شد در واقع می‌تواند به عنوان اصولی مطرح باشد که با توجه به هدف پژوهش حاضر، سعی بر آن بوده است که این اصول در طول این پژوهش تا حد امکان رعایت و تأییدی بر این پژوهش باشد:

□ جستجو در نظام‌های اطلاعاتی جهت یافتن مرتبط‌ترین مدارک مورد نیاز کاربران، یکی از مسائل مهم در این نظام‌هاست. بخشی از این قضیه می‌تواند به ابزارها و روش‌های سازماندهی اطلاعات در این نظام‌ها مربوط باشد. ابزارهای مختلفی همچون نظام‌های رده‌بندی، سرعنوان‌های موضوعی و اصطلاح‌نامه‌ها در طول زمان به کمک سازماندهی و بازیابی دانش آمده‌اند اما با افزایش حجم اطلاعات و انفجار اطلاعات، استفاده از این ابزارها نیز زاویه دیگری به خود گرفته است. این زاویه با ظهور نظام‌های معنایی و لزوم توجه به معنا در پردازش، جستجو و بازیابی اطلاعات مشخص‌تر است. به‌طوری که هم‌اکنون مهندسی مجدد ابزارهایی همچون سرعنوان‌ها و اصطلاح‌نامه‌ها در قالب ابزارهای معنایی‌تری همچون هستی‌شناسی‌ها در مرکز توجه و تلاش متخصصان حوزه‌هایی مثل رایانه، هوش مصنوعی، زبان‌شناسی، مهندسی دانش و علم اطلاعات و دانش‌شناسی قرار گرفته است. کلیه این توجهات و تلاش‌ها نیز در راستای قابل درک نمودن دانش برای ماشین و رایانه صورت می‌گیرد.

□ رشد اطلاعات و مسائلی که افزایش حجم اطلاعات به وجود آورده است، حرکت به سمت وب معنایی و ابزارهایی همچون هستی‌شناسی‌ها را جهت سازماندهی دانش تسریع کرده است. به‌طوری که می‌توان ایجاد روابط معنایی بین مفاهیم با هدف تشکیل ساختاری از دانش و کمک به بازیابی اطلاعات را از جمله نقاط قوت هستی‌شناسی‌ها دانست. با استفاده از ابزارهایی همچون هستی‌شناسی‌ها در زبان‌های مختلف می‌توان با صریح سازی دانش، آن را برای ماشین تفسیرپذیرتر کرده و به توصیف و بازنمون حوزه‌های موضوعی مختلف کمک کرد. پژوهش‌های مربوط به هستی‌شناسی‌ها در زبان‌های مختلف در حالی صورت می‌گیرد

که زبان فارسی نیز از این تحرکات بدون بهره نبوده است و تا کنون تلاش‌هایی نیز در زبان فارسی برای ایجاد هستی‌شناسی‌های عمومی و تخصصی صورت گرفته است و متخصصان و علاقه‌مندان به هوش مصنوعی و هستی‌شناسی‌ها در تلاش برای بهره‌مندی از این ابزار معنایی هستند.

□ هستی‌شناسی‌ها اهداف مختلفی می‌توانند داشته باشند لذا با توجه به اهدافی که برای هستی‌شناسی‌ها ذکر شد می‌توان درک نیاز اطلاعاتی کاربر، سازماندهی مدارک پایگاه اطلاعاتی، کمک به ایجاد درک و شناخت حوزه موضوعی و نمایه‌سازی مفهومی را نیز از دیگر اهداف پژوهش حاضر دانست. اهداف و کارکردی که هر هستی‌شناسی می‌تواند داشته باشد باعث ایجاد تقسیم‌بندی‌های مختلفی برای آن‌ها شده است؛ از جمله می‌توان به تقسیم‌بندی‌هایی همچون هستی‌شناسی عمومی، سطح بالا، دامنه، وظیفه، دامنه-وظیفه، کاربردی، سنگین یا سبک‌وزن، علمی و فنی، مدل‌سازی دانش و ... اشاره کرد. که پژوهش حاضر جزء هستی‌شناسی‌های تخصصی و دامنه است. امروزه استفاده از هستی‌شناسی‌های دامنه یا هستی‌شناسی‌های تخصصی توجه بیشتری را به خود جلب کرده است. شاید بتوان یکی از علت‌های این توجه و تمرکز را گسترده‌گی مرزهای دانش دانست؛ که این گسترده‌گی دانش، نیازمند ابزارهای معنایی خاص‌تری برای سازماندهی اصولی اطلاعات است.

□ روش‌شناسی یکسانی برای توسعه یک هستی‌شناسی وجود ندارد لذا انتخاب یک روش‌شناسی در ایجاد هستی‌شناسی‌ها، مبتنی بر هدف تحقیق است. در کنار روش‌ها و رویکردهای طراحی هستی‌شناسی، استفاده از زبان‌های بازنمون دانش با قابلیت درک توسط ماشین، نیز یکی از الزامات هستی‌شناسی‌هاست. همچنین استفاده از نرم‌افزارهایی که بتوان از طریق آن‌ها به ویرایش، بازرسی، مرور، کدگذاری، پشتیبانی از توسعه هستی‌شناسی و نگهداری هستی‌شناسی پرداخت نیز از دیگر مسائلی است که باید در طراحی هستی‌شناسی‌ها به آن توجه کرد. در پژوهش حاضر از روش‌شناسی مت‌آنتالوژی و نرم‌افزار پروتزه که از زبان هستی‌شناسی وب (اَلْاَدْبِلِیَوَال) پشتیبانی می‌کند، استفاده شد. به نظر می‌رسد که نرم‌افزار پروتزه در پژوهش‌های هستی‌شناسی زبان فارسی استفاده بیشتری داشته است. این مسأله می‌تواند ما را به این نکته رهنمود کند که با توجه به مسائل خاص زبانی باید در راستای

طراحی نرم‌افزارهای خاص طراحی هستی‌شناسی در زبان فارسی، قدم‌های راسخ‌تری برداشته شود (نامور، ۱۳۹۷).

پایان هر هستی‌شناسی با ارزیابی آن صورت می‌گیرد چرا که رشد و توسعه هر فعالیتی مستلزم ارزیابی و رفع نقاط ضعف آن است. ارزیابی هستی‌شناسی‌ها نیز می‌تواند در رشد و توسعه آن‌ها و وب معنایی مؤثر واقع گردد. این ارزیابی می‌تواند در طول فرایندهای مختلف طراحی آن‌ها بر اساس مقیاس‌های مختلفی صورت گیرد. طراحان هستی‌شناسی باید معیارهایی را در طراحی و ساخت هستی‌شناسی مورد توجه قرار دهند؛ چرا که کاربران با هستی‌شناسی‌های بسیاری مواجهند و نیازمند راهی برای ارزیابی آن‌ها هستند تا بتوانند بهترین مورد را با توجه به نیازهایشان انتخاب کنند. تا کنون پژوهش‌های اندکی در مورد ارزیابی هستی‌شناسی‌ها از نظر فنی یا از نظر کاربران یا از هر دو نظر فنی و کاربران انجام شده است. می‌توان نتیجه گرفت که با توجه به نوع هستی‌شناسی‌ها، روش‌های ارزیابی آن‌ها نیز متفاوت است. به‌طور کلی، رویکردهای رایج ارزیابی هستی‌شناسی‌ها عبارتند از رویکرد استاندارد طلایی، رویکرد وظیفه‌محور، رویکرد استخراج داده، رویکرد معیارمحور و ارزیابی بر اساس سطوح (شامل سطوح واژگانی و داده‌ای؛ سلسله‌مراتبی؛ روابط معنایی؛ بافت و کاربرد؛ نحوی؛ ساختار و معماری). رویکرد استاندارد طلایی امکان ارزیابی هستی‌شناسی با یک منبع استاندارد یا دستورالعمل مصوب و مورد تأیید سازمان‌های مرتبط را فراهم می‌کند. در پژوهش حاضر با توجه به ویژگی‌های این هستی‌شناسی و ویژگی رویکرد استاندارد طلایی، به ارزیابی هستی‌شناسی و مقایسه آن با اصطلاح‌نامه شیمی پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران به‌عنوان یکی از منابع مرجع و استاندارد صورت می‌پذیرد.

۱۵-۲. نتیجه‌گیری

پایان هر هستی‌شناسی با ارزیابی آن صورت می‌گیرد چرا که رشد و توسعه هر فعالیتی مستلزم ارزیابی و رفع نقاط ضعف آن است. ارزیابی هستی‌شناسی‌ها نیز می‌تواند در رشد و توسعه آن‌ها و وب معنایی مؤثر واقع گردد. این ارزیابی می‌تواند در طول فرایندهای مختلف طراحی آن‌ها بر اساس مقیاس‌های مختلفی صورت گیرد. طراحان هستی‌شناسی باید معیارهایی را در طراحی و ساخت هستی‌شناسی مورد توجه قرار دهند؛ چرا که کاربران با هستی‌شناسی‌های بسیاری مواجهند و نیازمند راهی برای ارزیابی آن‌ها هستند تا بتوانند بهترین مورد را با توجه به نیازهایشان انتخاب کنند. تا کنون پژوهش‌های اندکی در مورد ارزیابی هستی‌شناسی‌ها از نظر فنی یا از نظر کاربران یا از هر دو نظر فنی و کاربران انجام شده است. می‌توان نتیجه گرفت که با توجه به نوع هستی‌شناسی‌ها، روش‌های ارزیابی

آن‌ها نیز متفاوت است. به‌طور کلی، رویکردهای رایج ارزیابی هستی‌شناسی‌ها عبارتند از رویکرد استاندارد طلایی، رویکرد وظیفه‌محور، رویکرد استخراج داده، رویکرد معیارمحور و ارزیابی بر اساس سطوح (شامل سطوح واژگانی و داده‌ای؛ سلسله‌مراتبی؛ روابط معنایی؛ بافت و کاربرد؛ نحوی؛ ساختار و معماری). رویکرد استاندارد طلایی امکان ارزیابی هستی‌شناسی با یک منبع استاندارد یا دستورالعمل مصوب و مورد تأیید سازمان‌های مرتبط را فراهم می‌کند. در پژوهش حاضر با توجه به ویژگی‌های این هستی‌شناسی و ویژگی رویکرد استاندارد طلایی، می‌توان به ارزیابی هستی‌شناسی و مقایسه آن با اصطلاح‌نامه شیمی پرداخت. در حوزه فنی از اواسط دهه ۷۰ به این سو، پژوهشگران حوزه هوش مصنوعی به دانش به‌عنوان واحدهای سازنده استدلال‌پذیری رایانه‌ای می‌نگرند و کم‌کم هستی‌شناسی را از حوزه فلسفه و مباحث نظری صرف فلسفی به این حوزه وارد نمودند. آن‌ها با طراحی هستی‌شناسی، ابزاری را برای ساماندهی اطلاعات و منابع روی وب ایجاد کردند که گام مهمی به‌سوی وب هو شمند به شمار می‌رود. در نتیجه اولین اقدام در راستای تدوین و ایجاد هستی‌شناسی در اوایل دهه ۹۰ توسط تام گروبر صورت گرفت. در ادامه و با ظهور وب معنایی و نیاز به تعامل بین نظام‌های مختلف بازیابی، دو عنصر هستی‌شناسی و منطق، در بازنمون دانش نقش مهمی را ایفا کردند، بدین ترتیب که هستی‌شناسی، محتوا و منطق صورت را ارائه می‌دهد و از ترکیب این دو عنصر امکان استدلال و استنتاج برای ماشین فراهم می‌شود. معناگرایی نظام‌های بازیابی اطلاعات و توانایی هستی‌شناسی‌ها در این مسأله باعث شد تا آن‌ها به‌عنوان یکی از موضوعات تحقیقی محبوب و مهم در علوم مختلف از جمله مهندسی دانش، پردازش زبان طبیعی، هوش مصنوعی، علم اطلاعات و ... همچنان مطرح باشند؛ به‌طوری که امروزه نیز شاهد انجام تحقیقات گسترده در مورد هستی‌شناسی‌ها هستیم.

در ادامه مروری مختصر از پژوهش‌های صورت گرفته در مورد هستی‌شناسی‌ها در دو بخش بیان می‌شود. بخش اول فعالیت‌های انجام‌شده در داخل کشور و بخش دوم، فعالیت‌های انجام‌شده در خارج از کشور را پوشش می‌دهد. فعالیت‌های هر دو بخش به‌ترتیب زمانی مرور می‌شوند. جستجو در مورد پژوهش‌های صورت گرفته در مورد هستی‌شناسی‌ها با کلیدواژه‌های مختلفی مثل هستان‌شناسی، هستان‌نگاری، هستی‌شناسی، هستی‌نگاشت، هستی‌نگار در پایگاه‌های اطلاعاتی مراکز مختلف ملی و بین‌المللی همچون پایگاه‌های اطلاعاتی مرکز منطقه‌ای، پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران، مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی، بانک اطلاعات نشریات کشور، پژوهشگاه علوم انسانی، سازمان اسناد و کتابخانه ملی ایران، مرجع دانش، پایگاه مجلات تخصصی نور، پایگاه اطلاعاتی امرالد، پروکوئست، اسکوپوس، پاب‌مد، ساینس دایرکت و ... انجام شده است.

۱-۱۵-۲. پژوهش‌های انجام‌شده در داخل کشور

فتحیان (۱۳۸۹) در پژوهش خود با عنوان «مقایسه کارآمدی اصطلاح‌نامه و هستی‌شناسی در بازنمون دانش و بازیابی مفاهیم» به بررسی کارآمدی قابلیت‌های هستی‌شناسی در مقایسه با اصطلاح‌نامه پرداخت. او در این پژوهش با روش تحلیل حوزه اقدام به ساخت نمونه اولیه‌ای از هستی‌شناسی در حوزه نمایه سازی با عنوان اصفآنت نمود. هستی‌شناسی طراحی شده در این پژوهش، حاصل تبدیل مفاهیم حوزه نمایه سازی اصطلاح‌نامه اصفافه هستی‌شناسی است که در چهار مرحله شامل گردآوری مفاهیم، کشف و تعیین روابط میان مفاهیم، ایجاد کاربرگه برای هر مفهوم و طراحی ساختار هستی‌شناسی در محیط نرم‌افزار پروتزه انجام و ارزیابی آن نیز صورت گرفت. از نظر کاربران میزان کارآمدی هستی‌شناسی در بازنمون دانش و بازیابی مفاهیم بیشتر از میزان کارآمدی اصطلاح‌نامه اصفافه است. همچنین با رویکرد تحلیل محتوا می‌توان ابزارهای معنا شناختی کارآمدتری در بازنمون دانش و بازیابی مفاهیم حوزه‌های موضوعی در مقایسه با ابزارهای سنتی نظیر اصطلاح‌نامه‌ها طراحی نمود.

زاهدی و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهش خود با عنوان «ایجاد هستی‌شناسی مبتنی بر نظام زبان واحد پزشکی برای گیاهان دارویی ایران» به ایجاد نمونه اولیه‌ای از هستی‌شناسی گیاهان دارویی ایران پرداخته‌اند. در این پژوهش توصیفی، جامعه پژوهش گیاهان دارویی ایران و نمونه‌ای شامل هشت گیاه انتخاب شدند. مبنای روش به کار گرفته شده در استخراج مفاهیم و روابط معنایی، راهکار مهندسی دانش و مبنای روش به کار رفته در ایجاد هستی‌شناسی، روش‌های مورد استفاده در پژوهش‌های «نوی و مک‌گینز» و «دامونتیر و ویلانیواروسالس» بود؛ که از نرم‌افزار پروتزه نیز برای ساخت این هستی‌شناسی استفاده شد. این پژوهش در هفت مرحله تعیین دامنه و پوشش هستی‌شناسی، استفاده از یوام‌ال‌اس به عنوان هستی‌شناسی پایه، تعیین جفت‌های مفهومی و ترسیم آن‌ها در ساختار یوام‌ال‌اس، تعیین رده‌ها، توصیف ویژگی‌ها، تعریف چهریزه‌ها و ایجاد نمونه‌ها انجام شد. با توجه به یافته‌های این پژوهش، روش ارائه شده در این پژوهش می‌تواند در ایجاد سایر هستی‌شناسی‌های حوزه پزشکی در زبان فارسی نیز مفید واقع شود.

حسینی بهشتی و اژه‌ای (۱۳۹۴) در پژوهشی به طراحی و پیاده سازی هستی‌شناسی علوم پایه بر اساس مفاهیم و روابط موجود در اصطلاح‌نامه‌های مرتبط پرداختند. آن‌ها با هدف شکل‌گیری هستی‌شناسی در حوزه علوم پایه، اصطلاح‌نامه‌هایی که پیش از این در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران در حوزه‌های مختلف شیمی، فیزیک، زیست‌شناسی، زمین‌شناسی و ریاضی تدوین شده بود را مبنای ساخت هستی‌شناسی علوم پایه قرار دادند. برای این منظور، ابتدا مغایرت‌ها و همپوشانی‌های مفاهیم مشترک حوزه‌های مختلف علوم پایه در اصطلاح‌نامه‌های مختلف را برطرف

کردند و پس از آن کلیه اصطلاح‌نامه‌ها را با یکدیگر تلفیق و اصطلاح‌نامه جامعی را تولید کردند. سپس طراحی مفهومی هستی‌شناسی با استفاده از روش «مت‌آنتالوژی» بر اساس مفاهیم و روابط موجود در اصطلاح‌نامه جامع را آغاز کردند. در نهایت هستی‌شناسی علوم پایه بر اساس طراحی صورت گرفته پیاده‌سازی شد تا به عنوان ابزاری استاندارد جهت ذخیره و بازیابی اطلاعات به کار گرفته شود.

نوروزی (۱۳۹۴) در پژوهشی به مقایسه کارآمدی اصطلاح‌نامه و هستی‌شناسی در بازنمون مفاهیم و روابط معنایی پرداخته است. او در این پژوهش اصطلاح‌نامه تحت وب را مبنای کار خود قرار داده است و با کمک روش آزمون کارآمدی به مقایسه دو ابزار اصطلاح‌نامه و هستی‌شناسی در بازنمون مفاهیم و روابط معنایی پرداخته است. گردآوری داده‌های لازم برای این پژوهش از طریق مصاحب نیم‌ساخت یافته و روش بلنداندیشی انجام شده است. بر این اساس، جامعه پژوهش شامل ۹ نفر نمایه‌ساز است که به زبان انگلیسی مسلط بودند؛ درس «بازنمایی اطلاعات» را با موفقیت گذرانده‌اند و تجربه کار با اصطلاح‌نامه را داشتند. نتایج این پژوهش نشان داد که در قیاس دو ابزار معنایی از حیث کارآمدی در بازنمون مفاهیم و روابط بین آن‌ها از دیدگاه نمایه‌سازان، هستی‌شناسی ایسیست آنتواز کارآمدی بیشتری نسبت به اصطلاح‌نامه ایسیست برخوردار است.

ابراهیم‌زاده و حسینی بهشتی (۱۳۹۵) در پژوهشی به ضرورت بحث کارآمدی هستی‌شناسی‌ها در برابر تغییرات در مفاهیم، در سازگاری با تغییرات مفاهیم دانش پرداخته‌اند. بر اساس یافته‌های پژوهش، می‌توان تغییرات در هستی‌شناسی‌ها را با توجه به شش مرحله موجود در فرایند تکامل هستی‌شناسی‌ها ارائه داد؛ که عبارتند از: دریافت تغییرات، ارائه و بازنمون تغییرات، معناشناسی تغییرات، گسترش و اشاعه تغییرات، اجرای تغییرات و تغییر در ارزش‌ها. همچنین، بر اساس یافته‌های دیگر این پژوهش و در راستای یک معماری منطقی برای حمایت از تکامل هستی‌شناسی‌ها می‌توان تغییرات در هستی‌شناسی‌ها را به‌طور کارآمدتر اعمال کرد. بر اساس یافته‌های پژوهش، ضروری است که در زمان تغییر یک هستی‌شناسی به: ایجاد سلسله‌مراتب مفاهیم وابسته، نیازهای کاربران، تعیین علایق کاربران، انتخاب مناسب‌ترین ابزار و ویرایشگر در زمان طراحی هستی‌شناسی‌ها و تجزیه و تحلیل رفتار اطلاع‌یابی کاربران توجه شود. همچنین تلاش کاربران انسانی نظام‌های اطلاعاتی مانند کتابخانه‌های دیجیتال و پشتیبانی خودکار برای مدیریت تغییرات هستی‌شناسی بسیار مهم است. که باید در طراحی هستی‌شناسی‌ها توسط متخصصان مورد توجه قرار گیرند.

زرداری (۱۳۹۵) در پژوهشی با عنوان «مهندسی هستی‌نگاری علم اطلاعات و دانش‌شناسی بر اساس دائرةالمعارف کتابداری و اطلاع‌رسانی» به ارائه ساختار مفهومی حوزه علم اطلاعات و دانش‌شناسی در قالب یک هستی‌شناسی پرداخته است. در این پژوهش از رویکرد میانی مدل‌سازی

هستی‌شناسی و روش‌شناسی مت‌آنتالوژی استفاده شده است. بر اساس این روش، ساختار تاکسونومی مفاهیم حوزه مورد بررسی از رده‌بندی دهمی دیویی اقتباس و برای استخراج فرهنگ لغت از متون و مدخل‌های دائرةالمعارف علم اطلاعات و دانش‌شناسی استفاده شد. سپس جهت رسمی‌سازی، استخراج ساختار مفهومی و رمزگذاری مفاهیم به دست آمده از نرم‌افزار پروتژه استفاده و همه عناصر هستی‌شناسی اعم از عناصر لغوی، مفاهیم و روابط بین آن‌ها در این نرم‌افزار تعریف شد. پس از شناسایی مفاهیم پایه و روابط بین این مفاهیم از حوزه علم اطلاعات و دانش‌شناسی به ارائه ساختار مفهومی بر اساس یافته‌های دو مرحله قبل با رویکرد هستی‌شناسی پرداخته شد. هستی‌شناسی ساخته شده در این پژوهش متشکل از ۳۹۴ کلاس با مجموع ۲۲۴ نوع رابطه، ۵۶۳۳ نمونه مستقر در کلاس‌ها و ۲۶۴۹۰ اصل موضوعی برگرفته از دائرةالمعارف علم اطلاعات و دانش‌شناسی است. نتایج ارزیابی این هستی‌شناسی نشان داد که اگرچه هستی‌شناسی ساخته شده از صحت صددرصدی برخوردار نیست ولی در سطح معناداری ۰/۰۰۵ از صحت کلی و همچنین صحت اجزای مختلف برخوردار است. نتیجه این هستی‌شناسی ارائه ساختاری مفهومی متشکل از مفاهیم به صورتی صریح در قالبی رسمی بود.

فتحیان (۱۳۹۵) در پژوهشی به طراحی الگوی هستی‌شناسی فراداده‌ای فهرست کتابخانه ملی ایران مبتنی بر روش داده‌های پیوندی با روش تحلیل محتوا پرداخت. جامعه پژوهش را پیشینه‌های فراداده‌ای مربوط به موجودیت‌های کتابی فهرست کتابخانه ملی ایران برای چهار خانواده کتابشناختی شامل قرآن، نهج البلاغه، شاهنامه و مثنوی (در مجموع ۲۸۲۱۳ پیشینه) تشکیل می‌دهند که از سیستم جامع کتابخانه ملی ایران (ر.سا) شناسایی و استخراج شدند. روش گردآوری داده‌ها در این پژوهش، شامل مشاهده ساختارمند و روش اسنادی است. ابزار گردآوری داده‌ها، دو سیاهه وارسی، و ابزار نمایش داده‌های تحلیل شده، شامل دو ماتریس و ۱۱ جدول است. به منظور نیل به هدف اصلی پژوهش، ابتدا روابط کتابشناختی میان پیشینه‌های فراداده‌ای مورد مطالعه بر اساس الگوی ملزومات کارکردی پیشینه‌های کتابشناختی (اف آر بی آر)، و سپس، نشانگرهای روابط بر اساس استاندارد توصیف و دسترسی به منبع (آردی ای)، در پیشینه‌های فراداده‌ای یاد شده شناسایی گردید. نتایج پژوهش نشان داد که همه انواع روابط ارائه شده در الگوی ملزومات کارکردی پیشینه‌های کتابشناختی (اف آر بی آر)، به استثنای رابطه «تنظیم موسیقی» از گروه «روابط بین بیان‌های مختلف یک اثر»، در پیشینه‌های مورد مطالعه از فهرست کتابخانه ملی ایران مشاهده شدند. از آنجا که نوع رابطه «تنظیم موسیقی» تنها رابطه در سیاهه وارسی است که فقط به اشیای محتوایی موسیقایی اختصاص دارد، بنابراین می‌توان اینگونه استنباط نمود که فهرست کتابخانه ملی ایران در محدوده پیشینه‌های فراداده‌ای مربوط به موجودیت‌های کتابی، پوشش کاملی از انواع روابط کتابشناختی الگوی ملزومات کارکردی پیشینه‌های کتابشناختی

(اف‌آربی‌آر) را دارا است. تحلیل نشانگرهای شناسایی شده در پیشینه‌های مورد مطالعه از فهرست کتابخانه ملی ایران بر اساس سطوح اثر، بیان، بازنمون عینی و مورد، نشان می‌دهد که از میان انواع روابط ارائه شده در پیوست آی، برای نشانگرهای مربوط به «ناشران» و «توزیع کنندگان» (در سطح بازنمون عینی)، و در پیوست جی نیز برای «روابط بازنمون عینی همراهی»، هیچ نشانگری در مجموعه پیشینه‌های مورد بررسی ارائه نشده است. در این پژوهش، الگوی هستان‌شناسی فراداده‌ای پیشینه‌های مورد مطالعه از فهرست کتابخانه ملی ایران با استفاده از نرم‌افزار ویرایشگر هستی‌شناسی پروتزه طراحی گردید و اعتبار آن مورد ارزیابی قرار گرفت. سپس پیاده‌سازی بازنمون آردی‌اف برای روابط کتابشناختی و نشانگرهای شناسایی شده و پیوندهای آردی‌اف میان پیشینه‌های فراداده‌ای، بر اساس روش داده‌های پیوندی و در قالب نحوی آردی‌اف / ایکس‌ام‌ال انجام شد و گراف آردی‌اف آن طراحی گردید. در پایان به‌عنوان نمونه‌ای از کاربرد این الگو، تعداد ۴۰ پیشینه فراداده‌ای از خانواده کتابشناختی شاهنامه فردوسی بر اساس روش داده‌های پیوندی، تبدیل، و در قالب آردی‌اف / ایکس‌ام‌ال ارائه گردید و نتایج آن مورد تحلیل قرار گرفت.

احمدی و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی به ترسیم و تحلیل شبکه مفهومی و هستی‌شناسی ساختار دانش در حوزه علم‌سنجی ایران پرداختند. آن‌ها به‌منظور مدل‌سازی دانش مفهومی این حوزه از بروندادهای علمی تولید شده توسط پژوهشگران در داخل و خارج از کشور به زبان فارسی و سایر زبان‌ها استفاده کردند و با روش تحلیل هم‌رخدادی واژگان به تحلیل حوزه، تحلیل شبکه مفهومی و استخراج سلسله‌مراتبی مفاهیم هستی‌شناسی حوزه علم‌سنجی ایران پرداختند. از بروندادهای علمی بررسی‌شده در این پژوهش جمعاً تعداد ۶۵۳ مفهوم برای ساخت شبکه مفهومی استخراج گردید. استخراج و ترسیم روابط سلسله‌مراتبی هستی‌شناسی حوزه از طریق نرم‌افزار پروتزه انجام شد. پس از ساخت این هستی‌شناسی، پژوهشگران اقدام به ارزیابی آن کردند. در ارزیابی هستی‌شناسی ساخته شده، دو رویکرد بهره‌گیری از خبرگان حوزه و مقایسه با روش‌های مشابه در نظر گرفته شد و میانگین نظرات خبرگان، ملاک ارزیابی دقت هستی‌شناسی قرار گرفت. به این ترتیب میانگین دقت مفاهیم برابر با ۹۳٪ و میانگین دقت مکانی مفاهیم برابر با ۹۲٪ به‌دست آمد. روابط هستی‌شناسی استفاده شده در این پژوهش، روابط «یک ... است، بخشی از، نمونه‌ای از» بودند. نتایج نشان‌دهنده این بود که بیشترین روابط میان مفاهیم حوزه علم‌سنجی ایران، از نوع رابطه غیر رده‌بندی «بخشی از و نمونه‌ای از» است. به عبارتی حدود ۸۰٪ از رابطه معنایی مفاهیم در هستی‌شناسی علم‌سنجی ایران از نوع جزء‌واژگی است.

اژه‌ای و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی به غنی‌سازی روابط معنایی هستی‌شناسی علوم پایه

پرداختند. در این پژوهش به روشی نیمه‌خودکار اقدام به غنی‌سازی روابط هستی‌شناسی شده است. در این روش، ابتدا روابط سلسله‌مراتبی در هستی‌شناسی مورد بررسی و به‌منظور تعیین انواع دیگری از این روابط مورد پالایش قرار گرفتند. در مرحله بعد، مفاهیم هستی‌شناسی طبقه‌بندی شدند و روابط معنایی بین مفاهیم بر اساس روابط وابستگی در اصطلاح‌نامه‌ها و الگوهای روابط معنایی استخراج شده از هستی‌شناسی سطح بالا، تعیین و به هستی‌شناسی افزوده شد. با استفاده از این روش، روابط معنایی حوزه شیمی در هستی‌شناسی علوم پایه پالایش شده و غنی‌سازی شد. تقریباً ۷۰ درصد روابط وابستگی به‌طور مستقیم به روابط معنایی در هستی‌شناسی منتقل شد. ۳۰ درصد باقی‌مانده از این روابط معنایی نیز، روابط بین مفهومی با سایر روابط وابستگی بودند که در صورت انتقال صحیح روابط وابستگی، آن‌ها نیز قابل استنتاج و دریافت هستند.

محمدی استانی، آذرگون و چشمه‌سهرابی (۱۳۹۶) در پژوهشی به تبیین روش‌شناسی‌های موجود، طراحی مدل مفهومی حوزه علم‌سنجی و مراحل ساخت هستی‌شناسی آن با عنوان ساینتمتری‌کس‌آنت پرداخته‌اند. پژوهش آن‌ها از نوع کاربردی و جامعه پژوهش نیز شامل کتاب، مقاله، واژه‌نامه تخصصی، اصطلاح‌نامه، پایان‌نامه و طرح‌های پژوهشی حوزه علم‌سنجی به زبان فارسی است. در این پژوهش برای ایجاد مدل مفهومی حوزه علم‌سنجی و تبیین روابط و نمونه‌ها از رویکرد تحلیل حوزه استفاده شده است. ابزار مورد استفاده برای ساخت این هستی‌شناسی، نرم‌افزار پروتژه است. روش‌شناسی مورد استفاده، روش برمجو با اعمال برخی تغییرات بود. نتایج این پژوهش نشان داد که هستی‌شناسی علم‌سنجی در یازده کلاس اصلی شکل گرفت که دارای ۲۰ رابطه و ۱۰۰ نمونه است. هستی‌شناسی فوق می‌تواند ابزاری مفید و کارآمد برای بازنمون‌دانش در این حوزه باشد. همچنین این هستی‌شناسی می‌تواند مبنایی برای گسترش و توسعه اصطلاحات و مفاهیم آتی این حوزه باشد.

با توجه به کاربرد هستی‌شناسی‌ها در بازنمون‌دانش، توسعه و استفاده مجدد از هستی‌شناسی، سؤالاتی در مورد ارزیابی هستی‌شناسی‌ها به‌وجود می‌آید. معیارهای مختلفی برای ارزیابی هستی‌شناسی‌ها وجود دارد که با استفاده از مقیاس‌های کمی و کیفی برای هستی‌شناسی‌های متفاوت انجام می‌شود، با این وجود رویکرد جهانی مصوبی در مورد ارزیابی آن‌ها و مقایسه با سایر منابع استاندارد وجود ندارد (گانگمی و همکاران، ۲۰۰۶). در ایران نیز به‌ویژه در رشته علم اطلاعات و دانش‌شناسی تا کنون پژوهشی در زمینه ارزیابی مقایسه‌ای هستی‌شناسی‌ها و اصطلاح‌نامه‌ها بر اساس معیار دقت صورت نگرفته است. در ادامه دو مورد از پژوهش‌های انجام شده و تقریباً نزدیک به مبحث ارزیابی هستی‌شناسی‌ها در ایران بیان شده است.

قاسمی‌الوری (۱۳۹۵) در پژوهش خود به تأثیر استفاده از هستی‌شناسی‌ها در دقت و بازیافت

اطلاعات بازیابی‌شده، در کتابخانه‌های دیجیتال معنایی پرداخته شده است. در این پژوهش شش کتابخانه دیجیتال شامل سه کتابخانه دیجیتال غیرمعنایی و سه کتابخانه دیجیتال معنایی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. یافته‌های پژوهش نشان داده است که در کتابخانه‌های دیجیتال غیرمعنایی کتابخانه بریتانیا بیشترین امتیاز و کتابخانه استرالیا کمترین امتیاز را از نظر معیارهای ارزیابی ساختار و کتابخانه کنگره بیشترین امتیاز و کتابخانه استرالیا کمترین امتیاز از نظر معیارهای ارزیابی محتوایی را به‌دست آورد. در این پژوهش بیان شده است که هستی‌شناسی‌ها در کتابخانه‌های دیجیتال معنایی در میزان دقت و بازیافت تأثیر به‌سزایی دارد.

فتحیان (۱۳۹۰) در پژوهشی به بررسی معیارها، رویکردها و سطوح ارزیابی هستی‌شناسی‌ها از دیدگاهی نظری پرداخته است. بدین صورت که ابتدا مراحل مختلف هستی‌شناسی‌ها، شامل رویکرد استاندارد طلایی، رویکرد وظیفه‌محور، رویکرد استخراج داده و رویکرد معیارمحور بیان شده است. معیارهای ارزیابی هستی‌شناسی شامل معیارهای مطرح‌شده توسط صاحب‌نظران این حوزه و معیارهای مؤسسه تحقیقات هستی‌شناسی آمریکا، در بخش دیگری از این پژوهش بیان شده است. همچنین در این پژوهش سطوح مختلف ارزیابی هستی‌شناسی شامل سطح واژگانی و داده‌های سطح ساختار سلسله‌مراتبی و رده‌بندهای سطح روابط معنایی، سطح بافت و کاربرد هستی‌شناسی، سطح نحوی هستی‌شناسی، سطح معماری و ساختار هستی‌شناسی در بخش پایانی این مقاله مورد بررسی قرار گرفته است.

نامور (۱۳۹۷) در تحقیق خود به تدوین هستی‌شناسی در پایگاه‌های اطلاعاتی با پشتوانه انتشاراتی مقالات تمام متن فارسی (فنی و مهندسی) مرکز منطقه‌ای اطلاع‌رسانی علوم و فناوری شیراز پرداخته است. هدف این پژوهش بازنمایی اصطلاحات و مفاهیم و ترسیم ساختار حوزه مهندسی عمران بر اساس مقالات نمایه شده در پایگاه تمام متن فارسی، در قالب یک هستی‌شناسی به نام CivilOnto بوده است، که بر اساس ساختار و روابط معنایی اصطلاح‌نامه فنی-مهندسی شناسایی و مطابق با ویژگی‌های ساخت هستی‌شناسی‌ها وارد محیط نرم‌افزاری پروتژه نسخه ۵ به ساختار هستی‌شناسی تبدیل شده است.

هاتفی مستقیم (۱۳۹۹) در تحقیق خود، به ساخت هستی‌شناسی مطالعات زنان و خانواده FamilyOnto بر مبنای منابع انتشاراتی حوزه زنان و خانواده در ایران (در سال‌های ۱۳۵۷ تا ۱۳۹۹) پرداخته است. هدف این پژوهش استخراج مفاهیم و روابط معنایی بین آن‌ها از منابع دانشی حوزه مطالعات زنان در ایران بوده و بر اساس کتاب‌ها و مقالات گرایش علوم اجتماعی صورت گرفته است. هدف نهایی تهیه مدل مفهومی از مهم‌ترین محورهای این حوزه مطالعاتی در قالب یک هستی‌شناسی

بوده است. منظور از آن شکل‌گیری سند راهبردی در سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی‌های آینده و بهبود بخشی به جستجوها و بازنمون دانش این حوزه بوده است.

۲-۱۵-۲. پژوهش‌های انجام‌شده در خارج از کشور

سورگل و همکاران (۲۰۰۴) رویکردی را برای تبدیل اصطلاح‌نامه کشاورزی آگرووک به هستی‌شناسی و رفع ابهام روابط موجود ارائه داده است. آن‌ها فرایند تبدیل روابط موجود در اصطلاح‌نامه به روابط هستی‌شناسی را در سه مرحله بیان می‌کند: تعریف ساختار هستی‌شناسی، پرکردن ساختار از طریق یک یا چند سیستم دانش سازماندهی شده، ویرایش دستی با کمک یک ویرایشگر هستی‌شناسی. آن‌ها در این پژوهش به ارائه ساختاری مفهومی و یک روش انتقالی می‌پردازند که با سایر رویکردها مثل آردی‌اف‌اس و ایکس‌ام‌ال نیز قابلیت همکاری در محیط وب را داراست. از اصطلاح‌نامه آگرووک برای بررسی و بازمهندسی در قالب یک هستی‌شناسی، استفاده شده است. در این پژوهش روابط این اصطلاح‌نامه بر اساس الگوهای شناسایی شده و قواعد مربوط به روابط معنایی در هستی‌شناسی، تبدیل شده است.

دامونتیر و ویلانیوارو سالس (۲۰۰۹) در پژوهشی به ساخت هستی‌شناسی حوزه فارماکوژنتیک با استفاده از نرم‌افزار پروتزه پرداختند. آن‌ها از پنج مرحله شامل مشخص ساختن حوزه و ملزومات هستی‌شناسی، ایجاد مدلی ابتدایی از هستی‌شناسی بر اساس مفاهیم ضروری، ترسیم مفاهیم در یک هستی‌شناسی سطح بالا، تشخیص روابط بین مفاهیم، افزودن هستی‌شناسی‌های دیگر و توصیفات پیچیده‌تر به هستی‌شناسی بهره بردند. آنان در نهایت، استفاده از هستی‌شناسی‌ها و وب معنایی را راهکاری مناسب برای بازنمایی و بازنمایی اطلاعات حوزه فارماکوژنتیک دانستند.

لیو و همکاران (۲۰۱۲) در پژوهشی به ارائه مدل گرافیکی یک هستی‌شناسی دامنه و کاربرد آن در سازماندهی متون چینی پرداخته‌اند. این پژوهش به ارائه یک روش یادگیری هستی‌شناسی می‌پردازد که در تولید ساختار هستی‌شناسی گرافیکی که گراف هستی‌شناسی نامیده می‌شود، استفاده می‌شود. این گراف هستی‌شناسی به توصیف مدل هستی‌شناسی و مفهوم‌سازی دانش می‌پردازد و فرایند یادگیری هستی‌شناسی به توصیف روش یادگیری نیمه‌خودکار و تولید گراف‌های هستی‌شناسی از متون چینی در حوزه‌های مختلف می‌پردازد که گراف هستی‌شناسی دامنه (دی‌اُجی) نامیده می‌شود. همچنین، در این پژوهش دو مسأله دیگر یعنی تولید گراف هستی‌شناسی سندی و طبقه‌بندی گراف محور هستی‌شناسی متن نیز توصیف می‌شود. این پژوهش بر روی داده‌های متون چینی متمرکز است. علاوه بر این ده گراف هستی‌شناسی دامنه به عنوان موجودیت‌های این گراف برای بازنمون دامنه‌های مختلف دانش تولید شدند. سپس، این گراف برای ارزیابی عملکرد مورد استفاده قرار گرفته

است. رویکرد گراف‌محور این هستی‌شناسی قادر به طبقه‌بندی بالای متون (۹۲,۳٪) نسبت به سایر رویکردهای طبقه‌بندی متون (۸۶,۸٪) است. در واقع این پژوهش به توصیف یک نظام مدیریت اطلاعات هستی‌شناسی محور ابتکاری با نام جستجوگر دانش می‌پردازد.

رانکالیا و همکاران (۲۰۱۳) در پژوهشی به ساخت هستی‌شناسی حوزه ژن (سلولی) پرداخته‌اند و اقدام به ادغام هستی‌شناسی آناتومی زیرسلولی کرده‌اند. این هستی‌شناسی متشکل از اصطلاحاتی است که توصیف‌کننده فعالیت‌ها و اقدامات در رابطه با تولیدات ژنی است. هر یک از این فعالیت‌ها در رابطه با یک سلول یا در مجاورت با یک سلول انجام شده است. بدین منظور، هستی‌شناسی ژن شامل یک هستی‌شناسی فرعی با نام هستی‌شناسی اجزای سلولی است. استفاده اولیه از چنین هستی‌شناسی برای حاشیه‌نویسی هستی‌شناسی ژن و تصاویر است. هستی‌شناسی دیگر مشابه هستی‌شناسی ژن-هستی‌شناسی فرعی سلولی، هستی‌شناسی آناتومی زیر سلولی است، بخشی از استاندارد چارچوب اطلاعات علوم اعصاب برای مجموعه‌ای از هستی‌شناسی‌هاست. هستی‌شناسی آناتومی زیرسلولی شامل اجزای سلولی در حوزه علوم اعصاب است. در این پژوهش اصطلاحات هستی‌شناسی آناتومی زیرسلولی با هستی‌شناسی ژن-هستی‌شناسی زیرسلولی ادغام شده است و حدود ۱۰۰ اصطلاح جدید مربوط به علوم اعصاب به هستی‌شناسی ژن افزوده شده است. هستی‌شناسی ژن-هستی‌شناسی زیرسلولی شامل روابط اصطلاحات فرایند بیولوژیکی و مولکولی است، به‌علاوه ارتباط هستی‌شناسی‌های خارجی همچون هستی‌شناسی سلولی است. در این پژوهش مروری بر هستی‌شناسی ژن-هستی‌شناسی زیر سلولی، طرح کلی آن و برخی موارد جدید افزوده شده بر آن است. یکی از جدیدترین موارد مربوط به این هستی‌شناسی ادغام آن با هستی‌شناسی آناتومی زیر سلولی است، که منجر به ایجاد یک هستی‌شناسی یکپارچه طراحی شده برای سرویس‌دهی به نیازهای حاشیه‌نویسان هستی‌شناسی ژن و نیازهای خاص جامعه علوم عصب‌شناسی است. در این پژوهش از نرم‌افزار پروتژه برای ایجاد هستی‌شناسی‌ها استفاده شده است. در این پژوهش به‌منظور ادغام هستی‌شناسی‌ها، نقشه‌هایی را به صورت دستی بین هستی‌شناسی‌ها با نقشه‌های تولیدی خودکار بر اساس تطابق واژگانی فراهم کردند. اعتبار اصطلاحات توسط ویراستاران هستی‌شناسی ژن مورد آزمایش قرار می‌گرفت. چنانچه اصطلاحی درست بود به پایگاه هستی‌شناسی مربوطه افزوده می‌شدند. ادغام هستی‌شناسی‌ها در این پژوهش باعث ایجاد یک نظام طبقه‌بندی واحدی از موجودیت‌های زیرسلولی شده است.

تالر و همکاران (۲۰۱۵) در پژوهشی به ارائه یک هستی‌شناسی مهندسی شهرسازی با هدف طراحی یک هستی‌شناسی در حوزه شهرسازی پرداخته‌اند. این پژوهش در چند مرحله: الف) ساخت هستی‌شناسی برای حوزه برنامه‌ریزی شهری از طریق ادغام موضوعات شهری با توصیف‌ها و روابط

آن‌ها. ب) توسعه نرم‌افزاری برای برنامه‌ریزان شهری در راستای فعالیت روی شبکه معنایی این هستی‌شناسی صورت گرفته است. آن‌ها در این پژوهش اقدام به ساخت یک مرورگر و ویراستار هستی‌شناسی نیز کرده‌اند. سپس آن‌ها اقدام به توسعه ایکس‌ام‌ال طراحی شده کرده و برای توصیف هستی‌شناسی از آن استفاده کرده‌اند.

عبدی، ادريس و احمد (۲۰۱۸) اقدام به ساخت هستی‌شناسی حوزه فیزیک بر اساس نظام پرسش و پاسخ کرده‌اند. در این نظام هستی‌شناسی، از یک نظام ساختاری برای پاسخ مطلوب به سؤالات استفاده می‌کند. بازیابی پرسش-پاسخ از یک هستی‌شناسی دانش‌محور، راهکاری مطلوب را برای دانش‌مورد استفاده ارائه می‌دهد. در این پژوهش، هستی‌شناسی پرسش-پاسخ مربوط به حوزه فیزیک است که با هدف فراهم‌آوری اطلاعات مفید برای کاربران، اقدام به ترکیب پردازش زبان طبیعی، هستی‌شناسی‌ها و فناوری‌های بازیابی اطلاعات می‌کند. این سیستم به کاربران امکان بازیابی اطلاعات از هستی‌شناسی‌های رسمی که ورودی آن‌ها پرسش‌های فرمول‌بندی شده به زبان طبیعی است، را می‌دهد. در این پژوهش یک روش استنتاجی که ترکیبی از اطلاعات معنایی نحوی است و مبتنی بر استنتاج ویژگی‌محور است برای تبدیل پرسش‌های کاربران به صورت پرسش‌های دانش‌محور هستی‌شناسانه، پیشنهاد شده است. علاوه بر این، یک هستی‌شناسی دامنه‌ای جدید در حوزه فیزیک با نام ای‌ای‌آنت نیز پیشنهاد شده است. استاندارد‌ها و قوانین مربوطه در طول فرایند ساخت هستی‌شناسی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. مشخصه اصلی این سیستم، استراتژی استفاده شده برای تکمیل فاصله بین خواسته‌های کاربران و بازنمون دانش رسمی است. این سیستم در زبان انگلیسی مورد آزمایش قرار گرفته است. سطح عملکرد به دست آمده از این سیستم قابلیت استفاده از آن در محیط واقعی را بیان می‌کند.

در پیشینه‌ها، رویکردهای مختلفی از ارزیابی هستی‌شناسی‌ها با توجه به حوزه‌ها، دامنه‌ها و اهداف هستی‌شناسی‌ها پیشنهاد شده است. اگرچه هارتمن و همکاران تلاش کرده‌اند تا دستورالعمل‌های نظام‌مندی را برای ارزیابی هستی‌شناسی فراهم کنند، اما این دستورالعمل‌ها همچنان ناقص‌اند. برخی رویکردها ممکن است ابعاد خاصی از ارزیابی را تا حدودی بیان کنند که شامل بیش از یک معیار ارزیابی کیفی است. برخی دیگر از رویکردها به ارزیابی هستی‌شناسی از نظر کاربردی با استاندارد‌های طلایی از پیش تعریف شده، می‌پردازند (دلشافت و استاب، ۲۰۰۵). درک و رفع مشکلات مربوط به هستی‌شناسی‌ها، نیازمند توجه به ارزیابی هستی‌شناسی‌ها است (پاک و ژو، ۲۰۰۹، ص ۱۱). توجه به روش‌های ارزیابی هستی‌شناسی‌ها در سال‌های اولیه ظهور هستی‌شناسی‌ها (یعنی ۱۹۹۴) ظهور کرد و به‌طور پیوسته رشد کرد (سور، ۲۰۰۴)؛ ولی تا کنون رویکردی جامع و جهانی برای این نیاز پیشنهاد

نشده است (گانگمی و همکاران، ۲۰۰۵).

در خارج از ایران به‌ویژه در رشته علم اطلاعات و دانش‌شناسی تا کنون پژوهشی در زمینه ارزیابی هستی‌شناسی‌ها بر اساس معیار دقت صورت نگرفته است. در ادامه به برخی پژوهش‌های خارجی که به معرفی رویکردهای ارزیابی هستی‌شناسی‌ها صورت گرفته است، اشاره می‌شود.

پاک و ژاو (۲۰۰۹) در پژوهش خود به ارائه چارچوبی برای ارزیابی هستی‌شناسی‌ها پرداخته‌اند. چارچوب پیشنهادی آن‌ها زمینه ساز توسعه رویکردی جامع برای ارزیابی هستی‌شناسی، بررسی ابعاد اساسی هستی‌شناسی‌ها و شاخص‌های واقعی است. ابعادی پیشنهادی این پژوهش برای ارزیابی هستی‌شناسی‌ها عبارت است از: دامنه، لایه، چرخه حیات، اصول کیفی و روش‌ها.

برتون جونز و همکاران (۲۰۰۵) در پژوهش بر اساس نظریه نمادشناسی در رشته زبان‌شناسی، معیارهایی را برای ارزیابی کیفیت هستی‌شناسی ارائه کردند. این نظریه توسط ستامپر و دیگران در شش سطح به بررسی ویژگی‌های نمادها و نشانه‌ها می‌پردازد. در این پژوهش، فقط از چهار سطح نحوی، معنایی، عملی و اجتماعی این نظریه استفاده شده است. برای ارزیابی کیفیت هستی‌شناسی‌ها در هر یک از سطوح، معیارهایی پیشنهاد شده است. برای سطح تحریف معیارهای صحت نحوی، غنا و وسعت هستی‌شناسی؛ برای کیفیت معنایی، معیارهای قابلیت شرح و تفسیر، ثبات و سازگاری، و وضوح و صراحت؛ برای جنبه عمل‌گرا، معیارهای جامعیت و دقت و ربط؛ و برای جنبه اجتماعی، معیارهای استناد و پیشینه هستی‌شناسی ارائه شده است. سپس، این معیارها در نمونه اولیه ابزاری به کار گرفته شده و عملکرد آن در ارزیابی تعدادی از هستی‌شناسی‌های مبتنی بر زبان دی‌ای‌ام‌ال بررسی شده است.

میدچ و ستاب (۲۰۰۲) نیز در پژوهش خود با در نظر گرفتن دو سطح واژگانی و معنایی برای هستی‌شناسی‌ها، معیارهایی را برای ارزیابی شباهت میان آن‌ها ارائه نمودند. این معیارها، به‌منظور گسترش و یکپارچه‌سازی هستی‌شناسی‌ها، ایجاد سازگاری و هماهنگی میان آن‌ها، و نیز مقایسه آن‌ها با سایر هستی‌شناسی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. آن‌ها معیارهای ارائه شده را در یک ارزیابی تجربی در سه مرحله بر روی یک هستی‌شناسی به کار بردند تا کیفیت معیارها را بر روی داده‌های واقعی بررسی کنند. این معیارها در عملکردهای مختلف به کار می‌رود.

۱۶-۲. جمع‌بندی پیشینه پژوهش

اکنون و در ابتدای قرن ۲۱ رسمی‌سازی دانش تولید شده در حوزه‌های مختلف در قالب زبان‌های منطقی و رسمی صورت می‌گیرد؛ چرا که زبان‌های رسمی، وضوح معنایی لازم را برای پشتیبانی از تبادل دانش علمی و ساده‌سازی استدلال‌های علمی فراهم می‌کنند. به نظر می‌رسد تنها راه ممکن برای

بهره‌برداری مؤثر از داده‌ها و دانش تولیدی جدید، استفاده از رایانه‌ها و رسمی‌سازی دانش برای رایانه‌هاست؛ که این امر از طریق ساخت و استفاده از هستی‌شناسی‌ها میسر است. از آنجا که نظام‌های هستی‌شناسی، نظام‌های پیچیده‌ای هستند که می‌توانند از نظرات مختلفی همچون زبان، محتوا، ساختار، پوشش موضوعی، معناشناسی و غیره، مورد بررسی و طبقه‌بندی قرار گیرند، لذا تا کنون شاهد مطالعات مختلفی در مورد هستی‌شناسی‌ها و فعالیت‌های معطوف به آن بوده‌ایم. این مطالعات را می‌توان به سه بخش (۱) پژوهش‌های متمرکز بر تبدیل اصطلاح‌نامه به هستی‌شناسی و بررسی و غنی‌سازی روابط موجود در هستی‌شناسی‌ها (خسروی و وظیفه‌دوست، ۲۰۰۷؛ اژه‌ای و همکاران، ۲۰۱۷؛ شریف، ۱۳۸۵؛ ۲) پژوهش‌های متمرکز بر کارآمدی اصطلاح‌نامه‌ها و هستی‌شناسی‌ها در بازیابی اطلاعات (فتحیان و صنعت‌جو، ۱۳۹۰؛ نوروزی و میرزاییگی، ۱۳۹۴، سورگل و همکاران، ۲۰۰۴؛ ۳) پژوهش‌های متمرکز بر ایجاد هستی‌شناسی بر مبنای مجموعه‌ای از منابع اطلاعاتی و متون (احمدی و همکاران، ۱۳۹۶؛ محمدی استانی و همکاران، ۱۳۹۷؛ زرداری، ۱۳۹۵؛ زاهدی و همکاران، ۱۳۹۲؛ دامونتیر و ویلانیواروسالس، ۲۰۰۹؛ تلو، ۲۰۱۵؛ حسینی بهشتی و اژه‌ای، ۱۳۹۴) تقسیم کرد.

تمرکز بخش اعظم پژوهش‌ها بر تبدیل اصطلاح‌نامه به هستی‌شناسی می‌تواند نشان‌دهنده برتری هستی‌شناسی‌ها در مقابل اصطلاح‌نامه‌ها باشد. فعالیت‌های صورت گرفته در خارج از کشور بر روی ساخت هستی‌شناسی و تبدیل اصطلاح‌نامه‌ها به هستی‌شناسی متمرکز داشته و پس از طی این مراحل به ارزیابی و مقایسه مراحل مختلف ساخت هستی‌شناسی از دیدگاه‌های مختلف پرداخته‌اند. بررسی فعالیت‌های پژوهشی صورت گرفته در مورد هستی‌شناسی در کشور نیز نشانگر آن است که با توجه به نیاز زبان فارسی به ایجاد هستی‌شناسی‌های دامنه‌محور و استفاده از آن‌ها در نظام‌های ذخیره و بازیابی مختلف، از آغاز انجام پژوهش‌ها (دهه هشتاد شمسی) بر روی هستی‌شناسی‌ها، فعالیت‌های مختص هستی‌شناسی‌های دامنه‌محور کمتر بوده است. بررسی‌ها نشان داد با وجود این که در برخی حوزه‌ها هستی‌شناسی‌های تخصصی معدودی ایجاد شده است (مثل هستی‌شناسی اصفاء، هستی‌شناسی حوزه علم سنجی ایران، هستی‌شناسی علم اطلاعات و دانش‌شناسی، هستی‌شناسی علوم پایه، هستی‌شناسی ایسیست)، در سایر حوزه‌ها شاهد آثار قابل توجهی نبوده‌ایم و به‌طور اخص هیچ هستی‌شناسی جامعی که مبتنی بر متن مقالات علمی نمایه‌سازی شده در پایگاه‌های اطلاعاتی ملی و بر اساس تولیدات متخصصان موضوعی و دیدگاه این متخصصان باشد، ارائه نشده است.

بررسی پژوهش‌های صورت گرفته در زمینه ارزیابی هستی‌شناسی‌ها در ایران و خارج از ایران نیز نشانگر آن است که از آغاز ایجاد هستی‌شناسی‌ها و انجام پژوهش‌ها (۱۹۹۴) درباره هستی‌شناسی‌ها، گرچه ایجاد هستی‌شناسی‌های تخصصی و عمومی دارای غنای بیشتری بوده است اما فعالیت‌های

مختص ارزیابی هستی‌شناسی‌ها بر اساس معیارهای دقت و بازیافت کمتر بوده است. این در حالی است که در برخی روش‌ها و رویکردهای معرفی شده برای ارزیابی هستی‌شناسی‌ها به قابلیت معیارهای دقت و بازیافت در ارزیابی هستی‌شناسی‌ها تأکید شده است.

در زمینه کاربرد هستی‌شناسی در ترجمه ماشینی و «وردنت فارسی» در دانشکده‌های برق و کامپیوتر طرح‌های پژوهشی در دست تکمیل و اجراست، من جمله «وردنت فارسی» یا FarsNet توسط دکتر مهرنوش شمس‌فرد در دانشکده مهندسی و علوم کامپیوتر دانشگاه شهید بهشتی و با حمایت مرکز تحقیقات مخابرات در دست اجرا می‌باشد و در واقع «شبکه واژگانی» بر اساس واژه‌نامه‌های متعدد من جمله فرهنگ آریان‌پور و با استفاده از واژه‌های عمومی زبان فارسی انجام شده و در حال تکمیل است؛

□ نمونه دیگر از این دست طرح‌های پژوهشی در دانشگاه شریف و توسط دکتر ابوالحسنی و همکاران در دست اجرا می‌باشد که هدف نهایی آن ترجمه ماشینی و مهم‌تر از آن ایجاد شبکه معنایی (Semantic Web) است که مرحله‌ای از پروژه پشت سر گذاشته شده و در حال تکمیل است؛

□ طرح دیگری که دکتر هشام فیلی در دست مطالعه و اجرا داشته و آن نیز بیشتر بر نحو زبان فارسی متمرکز بوده و هدف نهایی آن نیز «ترجمه ماشینی» Machine Translation دو زبان انگلیسی به فارسی و بالعکس می‌باشد؛

□ علاوه بر این در مورد ترجمه ماشینی زبان فارسی به انگلیسی، پروژه کلانی در آزمایشگاه تحقیقاتی کامپیوتر، دانشگاه مکزیکو سیتی (نیومکزیک) توسط فردی به نام «کارین مگر دو میان» و همکاران در دست اجرا و تکمیل است که از سال ۲۰۰۰ گزارش آن در دست است که بر روی متن ماشین‌خوان استوار است و هدف آن بیشتر ترجمه اخبار از فارسی به انگلیسی است و پشته‌خانه آن واژه‌نامه عمومی است شامل ۵۰ هزار واژه که به تدریج از سال ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۰ از متون خبری فارسی استخراج و از نظر ساختار و نحوی در حجم کلان پیکره زبانی دو زبانه برچسب‌گذاری شده و تحت عنوان پروژه شیراز در حال تکمیل می‌باشد؛

□ در زمینه کاربرد آنتولوژی‌ها در ارزیابی اطلاعات علمی-فنی مقالات فراوانی من جمله داورپناه (۱۳۸۴)، اسدی و جمالی مهمویی، (۲۰۰۴)، عاطفه شریف (۱۳۸۴) نشاط (۱۳۸۵)، زندی روان

(۱۳۸۶) و غیره در زمینه کاربرد آنتولوژی‌ها در فرایند سازماندهی اطلاعات و مدیریت نگاهشته

شده است؛

□ در زمینه «پردازش زبان طبیعی و بازیابی اطلاعات» نیز مقالاتی از سوی دکتر جعفر مهاد

(مهاد ۱۳۸۷) تدوین یافته و طرح پژوهشی «ریشه‌ساز فارسی» در کتابخانه منطقه‌ای شیراز در

دست اجرا می‌باشد.

تفاوت میان طرح‌های موجود و در دست اجرا با آنچه هم‌اکنون از سوی پیشنهاددهنده طرح حاضر ارائه شده آن است که اکثر این واژه‌نامه‌ها و پیکره‌های زبانی شامل مجموعه‌ای از واژه‌های عمومی زبان فارسی می‌باشد. حال آنکه طرح حاضر، اصطلاح‌نامه‌های تخصصی تدوین یافته در پژوهشگاه به‌ویژه در حوزه «شیمی» را به‌عنوان «پیکره زبانی» این تحقیق قرار داده که مجموعه‌ای از اصطلاحات تخصصی این رشته می‌باشد و مهم‌تر آن که دارای روابط سلسله‌مراتبی منطقی و در نتیجه قابل تجزیه و تحلیل معنایی و تعیین مختصات معنایی، علاوه بر تجزیه و تحلیل ساختاری (صرفی) می‌باشد. این ویژگی سبب می‌گردد که بتوان با کاهش همپوشانی این اصطلاحات در حوزه‌های تخصصی به سرعت به «شبکه واژگان علمی» دست یافت و «هستی‌شناسی‌های واژگانی» مرتبط با این حوزه‌های تخصص که نسبت به اصطلاح‌نامه‌ها از انعطاف بیشتری برخوردار بوده و قابل گسترش و روزآمدسازی بیشتری است طراحی گردد در نهایت با ارائه «نقشه مفهومی» هر یک از رشته‌ها بازیابی اطلاعات علمی — فنی به صورت خودکار و ماشینی درآید. علاوه بر این می‌توان از این نقشه مفهومی در بازنگری برنامه‌ریزی درسی رشته‌های مرتبط و نیز ترسیم نقشه جامع علمی کشور ایجاد «پایگاه دانش واژگانی» مانند جمع‌آوری مجموعه‌ای از واژه‌نامه‌ها، اصطلاح‌نامه‌ها و شبکه واژگانی می‌تواند به‌عنوان ابزار کلیدی در شکل‌گیری «هستی‌شناسی‌های واژگانی» محتوای یک متن علمی، به‌ویژه مرتبط با پایگاه اطلاعات علمی و فنی باشد.

هستی‌شناسی اغلب مفاهیمی را دربرمی‌گیرد که برای شناخت انسان از دنیای پیرامون وی، بنیادی و اساسی باشند و دانش «پیش‌نمونه»‌ها را بازنمایی کنند. این که ساختار هستی‌شناسی بر اساس اعم و اخص یا سطوح بالا و پایین طراحی شوند، بیشتر به اهداف و حوزه مورد نظر بستگی دارد تا حل مشکلات مدیریت واژگان، زیرا تفاوت معنادار و واقعی میان این دو نوع هستی‌شناسی وجود دارد. هستی‌شناسی بر اساس سلسله‌مراتب و مختصات معنایی، سعی دارد حوزه معنایی خاصی را که مبتنی بر مفاهیم دقیقاً تعریف شده است را به دست آورد. به‌عنوان مثال در علوم پایه (ریاضی، فیزیک، شیمی، زیست‌شناسی و زمین‌شناسی) دانش مربوطه به راحتی فرمول‌بندی می‌شود، زیرا در همه این حوزه‌ها

نظام مفاهیم حاکم است که می‌توان آن را به واسطه اصطلاحات علمی، با تعریف دقیق بیان نمود. در چنین مواردی سعی می‌شود اشیاء در عالم مقال و نیز به‌طور محض و انتزاعی و با الگوهای آرمانی و ساده‌شده‌ای از پدیده‌های واقعی در جهان ارائه شوند (گومز- پرز ۲۰۰۴).

پایگاه‌های اطلاعات واژگانی همانند شبکه واژگان (شامل واژگان، اصطلاح‌نامه‌ها و فرهنگ‌های لغت) است که به قاعده‌مند نمودن معنی‌شناسی واژگانی (یعنی معنی واژه‌های یک یا چند زبان طبیعی) می‌پردازد. این معانی بر اساس شبکه مفاهیم و مبتنی بر فهم مشترک اکثریت جامعه علمی، و دارای تعاریف خاص، و دربرگیرنده معانی مختلف متداول و کاربردهای خاص و ویژه و ترکیبات گوناگون واژه‌های مبتنی بر «پیش‌نمونه‌های» و نیز مفاهیم پایه علوم است.

وردنت که توسط میلر و همکاران وی در سال‌های ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۵ به‌عنوان نمونه یک پایگاه وسیع اطلاعات واژگانی در زبان انگلیسی در دانشگاه پرینستون و بر اساس نظریه‌های روان‌شناسی طراحی و پیاده‌سازی شد روانشناسی زبان حوزه میان‌رشته‌ای تحقیقاتی است که متمرکز بر علوم شناختی و توانش زبان‌شناختی است (فلبوم و میلر ۱۹۹۰) وردنت یک نوع سازماندهی اطلاعات واژگانی و روابط منطقی میان مفاهیم است که از مشهورترین و پرکاربردترین فرهنگ‌های معنابنیاد رایانه‌ای به‌شمار می‌رود. جورج میلر، روان‌شناس و محقق در زمینه واژگان که خود بنیان‌گذار وردنت است، آغاز شکل‌گیری وردنت را سال ۱۹۸۵ میلادی می‌داند (میلر ۱۹۹۸ الف).

وردنت همانند یک فرهنگ معنابنیان واژه‌ها را در قالب شبکه‌ای از روابط مفهومی و به‌گونه‌ای که واژگان ذهنی گویشوران یک زبان سازماندهی شده است، ارائه می‌دهد (فلبوم ۱۹۹۸ الف). روابط هم‌معنایی، شمول‌معنایی، رابطه جزء و کل و یا جزء واژگی، و تضاد یا تقابل معنایی در این شبکه از اصلی‌ترین روابط هستند. وردنت مبتنی بر معنی‌شناسی مؤلفه‌ای است که واژه‌ها را به مؤلفه‌های کوچک‌تر و زیرمقوله‌ای تجزیه می‌کند و روابط میان آن‌ها را ایجاد می‌نماید. واژه‌ها به مقولات دستوری اسم، فعل، صفت و قید تقسیم و با معیار معنای مشترک به مجموعه‌هایی دسته‌بندی شده‌اند و هر واژه بر اساس معنای واحد در یکی از مجموعه‌ها جای می‌گیرد و چنانچه معانی متفاوتی داشته باشد در مجموعه‌های واژگانی جداگانه قرار می‌گیرد در نتیجه روابط متفاوتی با دیگر واژه‌های آن مجموعه ایجاد می‌نماید. این مجموعه‌ها از واژه‌های «مترادف» یا به عبارتی هم‌معنا تشکیل می‌شوند که در بافت زبانی، قابلیت جانشینی دارند. هم‌معنایی به‌دلیل ایجاد مجموعه‌ها، رابطه معنایی اصلی در وردنت می‌باشد. رابطه معنایی دیگری که در این شبکه اهمیت ویژه‌ای دارد، رابطه شمول معنایی است که سبب ایجاد ساختاری سلسله‌مراتبی یا درختی در مجموعه‌ها و به‌ویژه در میان اسامی است. علاوه بر این، دو رابطه معنایی جزء و کل یا جزء واژگی در ایجاد روابط میان اسامی و رابطه تضاد یا تقابل

معنایی در ایجاد شبکه واژگانی به کار گرفته شده است. هم‌اکنون زبان‌های زیادی علاوه بر انگلیسی مانند فرانسه، آلمانی، ایتالیایی، اسپانیایی و چینی دارای وردنت هستند. همان‌گونه که گفته شد «وردنت زبان فارسی» نیز در دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه شهید بهشتی توسط دکتر مهرنوش شمس‌فرد در دست تهیه و اجرا می‌باشد.

هستی‌شناسی‌ها به‌طور گسترده در مهندسی دانش، هوش مصنوعی و علوم رایانه، مدیریت دانش، پردازش زبان طبیعی تجارت الکترونیک، بازیابی اطلاعات، طراحی پایگاه‌های اطلاعاتی، آموزش و برنامه‌ریزی درسی، و نیز در حوزه جدید «شبکه معنایی» کاربرد دارند. ابداع شبکه معنایی مرحله‌ای دیگر در تکامل هستی‌شناسی‌ها را به‌وجود آورده است. بنابر نظریه برنرز—لی (۲۰۰۱) شبکه معنایی، توسعه شبکه جهانی اطلاعات کنونی است که در آن، اطلاعات بر مبنای عناصر معنایی تعریف شده و با همکاری انسان و رایانه، ذخیره و اشاعه اطلاعات انجام می‌شود. در این همکاری، هستی‌شناسی‌ها به‌عنوان ابزار کلیه توسعه شبکه معنایی در بازنمایی یک دامنه موضوعی و به‌عنوان الگوهای فرایندی استدلالی تبادل اطلاعات نقش مؤثری ایفا می‌کنند. دیویس و همکاران (۲۰۰۷) نگاه جدیدی به آینده «شبکه جهانی اطلاعات» دارند که در آن، تمامی دانش موجود به‌صورت قاعده‌مند رمزگذاری می‌شود تا عوامل هوشمند بتوانند به طریقی خود سامان به همه انسان‌ها خدمات اطلاعاتی ارائه دهند. این کار مستلزم تعریف رسمی و قاعده‌مند هستی‌شناسی‌ها مبتنی بر «وب» است تا بیان‌کننده دانش قابل فهم انسان و نیز عوامل هوشمند باشد و ارزش افزوده بر دانش و توسعه آن به صورت «فراداده‌ها» خواهد بود، که در حال حاضر تعریف شده و قابل کاربرد در مجموعه‌های محدودی از تقاضاهاست. پیش‌بینی می‌شود که در دهه‌های آتی، ساختار دانش مورد درخواست بیشتر به‌صورت رسمی و به شکل نظام‌های هستی‌شناسی مبتنی بر «وب» و ارائه آن‌ها به زبان‌های گوناگون، زمینه فعالی برای تحقیقات و مطالعات بیشتر باشد که حاصل آن تعداد قابل توجهی طرح‌های تحقیقاتی و تصویب معیارها و استانداردهاست که در قالب «آر.دی.اف» و «اکس‌ام‌ال/آر.دی.اف» و جدیدترین آن به‌عنوان زبان‌های ارائه دانش به کار می‌روند. شبکه معنایی ارتباطات مفاهیم گوناگون را مقدور می‌سازد و برای عملکرد دقیق‌تر رایانه، نیاز به ساختارمند نمودن اطلاعات و نیز اعمال قواعد معنایی دارد.

بدین منظور بایستی از الگوهای یکسان ساختاری—معنایی واژگان علمی استفاده شود و با استفاده از توانایی تجزیه و تحلیل معنایی این شبکه، امکان دسترس‌پذیری به حجم بالایی از اطلاعات علمی—فنی را فراهم سازد.

فرناندز—لوپز و گومز—پرز (۱۹۹۹) نمونه‌ای از آنتولوژی شیمی را ساختند که بیشتر بر مبنای مهندسی شیمی و مواد شیمیایی استوار بود و برای این منظور از روش «مت‌آنتولوژی» استفاده کرده و

در محیط «پروتزه» به گسترش روابط معنایی آن پرداختند.

در این طرح پیشنهاددهندگان، اولاً از تبدیل اطلاعات مفهومی (واژگانی) اصطلاح‌نامه شیمی که قبلاً در ایرانداک تدوین شده است، استفاده می‌گردد و ثانیاً مفاهیم بنیادی شیمی و روابط معنایی میان آن‌ها گسترش می‌یابد. اما همچنان از روش «مت‌آنتولوژی» استفاده می‌شود و در محیط «پروتزه» به گسترش روابط معنایی میان مفاهیم شیمی پرداخته می‌شود.

فصل سوم

روش ساخت هستی‌شناسی

۱-۳. مقدمه

پژوهش حاضر از نظر ماهیت کاربردی است و با توجه به این که از دو رویکرد کیفی و کمی استفاده شده است، روش ترکیبی (آمیخته) است. برای ساختن ابزار اولیه پژوهش با استفاده از منابع کتابخانه‌ای و اسنادی، مقوله‌های موضوعات اصلی و فرعی شناسایی می‌شود. روش این پژوهش، گردآوری داده‌ها در بخش کیفی و کمی دارای اهمیت است. در بخش کیفی از روش تحلیل موضوع به منظور ساخت ابزار پژوهش استفاده شده است. البته برای تعیین تعداد و فراوانی کمی مفاهیم اصلی و فرعی از روش کمی نیز استفاده شده است. روش کتابخانه‌ای و اسنادی برای گردآوری اطلاعات و شناسایی مقوله‌ها و تعیین نمایه‌های موضوعی به کار گرفته می‌شود. در مرحله بعد تحلیل محتوا، کار با داده‌ها و سازماندهی آن‌ها، تجزیه داده‌ها به واحدهای قابل کنترل، ترکیب آن‌ها و جست و جوی الگوها خواهد بود. این روش قابلیت این را دارد که مفاهیم به دست آمده را بسط ساختاری، دهیم و طبقه‌بندی نموده و در قالب نقشه مفهومی و مدل ارائه دهیم.

جامعه آماری این پژوهش تعداد ۳۰۰۰ مدخل واژگانی مستخرج از اسناد موجود حوزه شیمی است که به صورت سلسله‌مراتبی و به شکل اصطلاح‌نامه در پایگاه اصطلاح‌نامه‌های ایرانداک موجود می‌باشد. بنابراین از سویی برای استخراج مفاهیم و مقوله‌بندی آن‌ها و برقراری روابط اصطلاح‌نامه‌ای از داده‌های اسنادی و از سوی دیگر برای تعیین میزان فراوانی مفاهیم اصلی و فرعی، از این روش استفاده می‌شود. و در نهایت با مقوله‌بندی پربسامدترین مقوله‌های نمایه‌های موضوعی به تدوین شبکه معنایی مفاهیم رشته شیمی پرداخته می‌شود. به طور کلی فرایند مقوله‌بندی در تحلیل محتوا وابسته به اهداف پژوهش می‌تواند قیاسی یا استقرایی صورت پذیرد. از آنجا که پژوهش حاضر رویکرد تلفیقی دارد، سعی می‌کنیم با بررسی ادبیات نظری و منابع مرجع حوزه پژوهشی درک مناسبی برای شناخت مفاهیم فراهم گردد (روش قیاسی). و از طرف دیگر با بررسی داده‌ها به شناسایی مفاهیم اصلی و روابط معنایی میان آن‌ها بپردازیم (روش استقرایی). در این پژوهش برای ساخت آنتولوژی از روش «مت

آنتولوژی» ابداع گومز-پرز و همکاران (۲۰۰۴) استفاده می‌شود. و نهایتاً با نرم‌افزار پروتزه شبکه‌های مفهومی و در نهایت ساختار آنتولوژی مورد نظر را ایجاد می‌نماییم.

گام‌های فعالیت مدل‌سازی مفهومی طبق روش مت آنتولوژی (گومز-پرز ۲۰۰۴):

۱. ساخت واژه‌نامه اصطلاحات؛

۲. ساخت رده‌بندی مفاهیم؛

۳. ساخت نمودار روابط دودویی؛

۴. ساخت فرهنگ‌نامه مفاهیم؛

۵. توصیف روابط دودویی؛

۶. توصیف مشخصه‌های نمونه‌ها؛

۷. توصیف مشخصه‌های کلاس؛

۸. توصیف ثابت‌ها؛

۹. توصیف اصول صوری؛

۱۰. توصیف قواعد؛

۱۱. توصیف نمونه‌ها.

۲-۳. گام اول: تعیین دامنه و حوزه هستی‌شناسی

مراحل مختلف توسعه یک هستی‌شناسی را با تعریف دامنه و حوزه آن آغاز می‌کنیم. این کار

شامل پاسخ‌گویی به سؤالات پایه زیر است: (احمدی، ۱۳۹۹)

□ هستی‌شناسی در حال توسعه، چه دامنه‌ای را پوشش می‌دهد؟

□ برای چه منظوری از این هستی‌شناسی استفاده می‌شود؟

□ برای چه نوع سؤالاتی، اطلاعات هستی‌شناسی باید قادر به پاسخ‌گویی باشد؟

□ چه کسی از هستی‌شناسی استفاده می‌کند و مسأله نگه‌داشت آن را بر عهده دارد؟

باید به این نکته توجه داشت که پاسخ به این سؤالات در فرایند طراحی هستی‌شناسی ممکن است

تغییر کند. اما در هر حال در هر زمان، به محدودسازی حوزه مدل کمک خواهد کرد.

اگر هستی‌شناسی برای افرادی با زبان دیگری به غیر از زبانی که هستی‌شناسی بر مبنای آن

طراحی شده است مورد استفاده قرار گیرد، باید نگاشتی میان این زبان‌ها ایجاد کرد.

♦ پرسش‌های توانش

یکی از روش‌های تعیین حوزه یک هستی‌شناسی تهیه لیستی از پرسش‌هایی است که پایگاه دانش

مبتنی بر آن هستی‌شناسی باید قادر به پاسخ‌گویی به آن پرسش‌ها باشد. این پرسش‌ها را پرسش‌های توانش‌گویند (Gruninger & Fox95). برخی از پرسش‌های توانش می‌تواند به شرح زیر باشد:

- آیا هستی‌شناسی اطلاعات کافی جهت پاسخ‌گویی به این نوع سؤالات را دارا می‌باشد؟
- آیا پاسخ‌ها نیاز به سطح معینی از جزئیات و یا نمایش از یک حوزه خاص را دارا می‌باشند؟

۳-۳. گام دوم: در نظر گرفتن مسئله استفاده مجدد از هستی‌شناسی‌ها

لحاظ کردن کاری که قبلاً توسط دیگران انجام گرفته است و اعمال تغییرات، اصلاحات و یا توسیع در منابع موجود جهت انطباق با دامنه و کاربرد خاص مورد نظر ما، یک فرایند با ارزش تلقی می‌گردد. استفاده مجدد از هستی‌شناسی‌های موجود، هنگامی که سیستم مورد نظر، نیازمند تعامل با سیستم‌های کاربردی دیگری باشد که از هستی‌شناسی خاصی استفاده کرده‌اند (یا از یک واژه‌نامه خاص)، امری ضروری است.

بسیاری از هستی‌شناسی‌ها، به فرم الکترونیکی موجود هستند و در محیط‌هایی که جهت توسعه هستی‌شناسی مورد استفاده قرار می‌گیرند، قابلیت بازخوانی، اصلاح و استفاده از آن‌ها جهت توسیع و یا ساخت هستی‌شناسی‌های دیگر وجود دارد.

فرمت ظاهری هستی‌شناسی‌ها موضوع مهمی تلقی نمی‌شود و بسیاری از سیستم‌های نمایش دانش، قابلیت پشتیبانی از اشکال مختلف نمایش هستی‌شناسی را دارا هستند. گرچه امکان تبدیل از یک شکل به اشکال دیگر نیز وجود دارد. در Web و نیز در متون مرتبط با مباحث هستی‌شناسی کتابخانه‌ای از هستی‌شناسی‌هایی با قابلیت استفاده مجدد وجود دارد.

به عنوان مثال ممکن است یک Knowledge Base از مواد شیمیایی، از قبل موجود باشد. اگر از هستی‌شناسی‌ای که سیستم Knowledge Base مثال، بر اساس آن بنا نهاده شده است استفاده کنیم، نه تنها یک طبقه‌بندی از مواد شیمیایی در اختیار داریم، بلکه نخستین گام در طبقه‌بندی تشخیص، توصیف و تمایز میان آنها بر اساس اطلاعات موجود در این هستی‌شناسی نیز برداشته شده است.

۳-۴. گام سوم: شمارش واژه‌های مهم در هستی‌شناسی

تهیه لیستی از تمامی واژه‌هایی که تمایل داریم برای آن‌ها جمله بسازیم یا در یک کاربرد درباره آن‌ها توضیح دهیم نیز کاری مفید محسوب می‌گردد. تمایل داریم در مورد چه واژگانی صحبت کنیم؟ این واژه‌ها چه ویژگی‌هایی دارند؟ درباره این واژه‌ها چه می‌خواهیم بگوییم؟ و ... دو گام بعدی - شامل توسعه سلسله‌مراتب کلاس‌ها و تعریف ویژگی‌های مفاهیم (Property)‌ها بسیار نزدیک به هم و درهم تنیده هستند. به گونه‌ای که تمایز میان آن‌ها و قائل به تقدم و تأخر شدن میان

آن‌ها بسیار سخت است. معمولاً با ایجاد تعریف برای تعدادی محدود از مفاهیم در سلسله‌مراتب آغاز می‌کنیم و سپس با توصیف ویژگی‌های آن‌ها (مفاهیم ایجادشده) کار را ادامه می‌دهیم. این دو گام، مهم‌ترین گام‌ها در فرایند طراحی هستی‌شناسی هستند.

۵-۳. گام چهارم: تعریف کلاس‌ها و سلسله‌مراتب کلاس‌ها

رهیافت‌های متفاوتی در توسعه سلسله‌مراتب کلاس‌ها وجود دارد (Gruninger & Uschord 95):

الف- **رهیافت بالا به پایین:** فرایند توسعه بالا به پایین با تعاریف مفاهیم عام در دامنه آغاز می‌کند.

سپس با ایجاد زیرکلاس‌هایی خاص‌تر از این مفاهیم، فرایند توسعه را ادامه می‌دهد.

ب- **رهیافت پایین به بالا:** فرایند توسعه پایین به بالا با تعریف کلاس‌های بسیار خاص آغاز می‌کند.

برگ‌های سلسله‌مراتب کلاس‌ها- سپس با گروه‌بندی این کلاس‌ها در قالب مفاهیم عام‌تر،

فرایند توسعه را ادامه می‌دهد.

ج- **رهیافت ترکیبی:** فرایند توسعه ترکیبی، ترکیبی از روش‌های بالا به پایین و پایین به بالا

محسوب می‌گردد. در این روش، ابتدا مفاهیم برجسته و حائز اهمیت تعریف می‌شوند. سپس

با عمومی‌سازی (ترکیب) و یا خصوصی‌سازی (تجزیه) این مفاهیم، فرایند توسعه ادامه

می‌یابد.

هیچ‌یک از این سه روش، به‌صورت ذاتی از مابقی بهتر نیست. رهیافتی که جهت توسعه

هستی‌شناسی اتخاذ می‌گردد، کاملاً به دیدگاه شخصی طراح، از دامنه وابسته است. اگر یک

توسعه‌دهنده، دیدگاه بالا به پایین و سیستماتیک به دامنه داشته باشد، در این صورت بهتر است از

روش بالا به پایین بهره‌برد. اما، به نظر می‌رسد که رهیافت ترکیبی، برای بسیاری از توسعه‌دهندگان

هستی‌شناسی‌ها راه‌حل ساده‌تر محسوب می‌گردد و تمایل بیشتری به استفاده از این روش وجود دارد

(Rosch 1978).

جدای از این که کدام‌یک از این رهیافت‌ها را مورد استفاده قرار می‌دهیم، معمولاً با تعریف

کلاس‌ها آغاز می‌کنیم. از لیستی که در گام سوم ایجاد کرده‌ایم واژه‌هایی را انتخاب می‌کنیم که اشیاء

مستقل را توصیف می‌کنند. این واژه‌ها و هستی‌شناسی «کلاس» را مشخص کرده و نقاط لنگرگاه در

سلسله‌مراتب کلاس‌ها را تشکیل می‌دهند.

کلاس‌ها را در یک الگوی سلسله‌مراتبی جای می‌گیرند. این الگوی سلسله‌مراتبی بر این اساس

شکل می‌گیرد که اگر یک شیء نمونه‌ای از یک کلاس باشد، آیا نمونه‌ای از کلاس دیگری نیز خواهد

بود یا خیر؟

اگر یک کلاس A، ابرکلاس، کلاس دیگری چون B باشد، در این صورت هر نمونه از B نیز یک نمونه از A خواهد بود. به بیان دیگر، کلاس B، نشانگر مفهوم «نوعی از A» می‌باشد.

۶-۳. گام پنجم: تعریف ویژگی‌های کلاس‌ها (Properties)

کلاس‌ها به تنهایی، حاوی اطلاعات کافی جهت پاسخگویی به پرسش‌های توانش (در گام ۱) نیستند. یک‌بار که برخی از کلاس‌ها را از لیست واژه‌هایی که در گام ۳ ایجاد کردیم، استخراج و انتخاب می‌کنیم. اکثر واژه‌های باقی‌مانده ویژگی‌های کلاس‌هایی هستند که آن‌ها را ایجاد کرده‌ایم. برای هر ویژگی موجود در لیست (واژه‌های باقی‌مانده) باید مشخص کنیم که کدام کلاس آن را توصیف می‌کند. این ویژگی‌ها Property‌هایی هستند که به کلاس ضمیمه می‌شوند (احمدی، ۱۳۹۹).

باید توجه داشت که تمام زیرکلاس‌های یک کلاس، Property‌های کلاس اصلی را به ارث می‌برند. مثلاً تمام Property‌های کلاس Human به زیرکلاس‌های آن یعنی Man و Woman نیز می‌رسد. هر یک از این زیرکلاس‌ها علاوه بر ویژگی‌های کلاس اصلی، شامل ویژگی‌های منحصر به فرد دیگری نیز هستند (Property‌های خاص خود را دارند). Property‌ها اساساً نشان‌دهنده روابط هستند. دو نوع اصلی Property وجود دارد:

۱. Data Properties: ارتباط بین یک نمونه یا یک شی (individual) با مقادیر داده را مشخص می‌کند. یعنی ما در یک سمت نمونه یا یک شی را داریم و در سمت دیگر یک داده داریم.
۲. Object Properties: ارتباط بین دو کلاس (Class)، دو نمونه یا دو شی (individual) را بیان می‌کند.

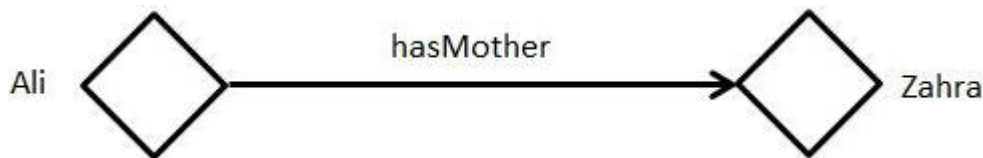
هر Property یک دامنه (Domain) و یک برد (Range) دارد. می‌توان گفت یک property عناصر موجود در دامنه خود را به عناصر موجود در برد خود مرتبط می‌کند. دامنه عبارتست از مجموعه عناصری که آن property به آن‌ها تعلق می‌گیرد و برد عبارتست از مجموعه عناصری که به‌عنوان مقادیر آن property می‌تواند استفاده شود.

مثلاً در هستی‌شناسی Family، یک Data Property به نام hasName می‌سازیم که دامنه آن Human و برد آن نوع رشته (String) می‌باشد. یا یک Object Property به نام hasAunt می‌سازیم که دامنه آن Human و برد آن Woman می‌شود. در ادامه چگونگی تعیین خواص ویژگی‌ها توضیح داده شده است.

◆ Functional Property

یک property می‌تواند functional باشد بدین معنی که تک‌مقداری است و نمی‌تواند چند

مقدار داشته باشد. به عنوان مثال `property`، `hasMather` یک `functional property` است چون هر شخص فقط یک مادر دارد. یا به عنوان مثال `property`، `hasChild` نمی‌تواند یک `functional property` باشد، چون یک پدر می‌تواند چند فرزند داشته باشد.



◆ Inverse property

یک `property` می‌تواند `inverse` یا وارون داشته باشد و وارون یک `property` خودش یک `property` است. بدین معنی که اگر یک `property` داشته باشیم که عنصر `a` را به عنصر `b` مرتبط می‌کند سپس وارون آن `property` عنصر `b` را به عنصر `a` مرتبط می‌کند. به عنوان مثال `property`، `hasParent` دارای وارون `hadChild` می‌باشد.



نکته ۱: اگر در یک `property` دامنه و برد تعیین شود آنگاه در `property` وارون جای دامنه و برد عوض می‌شود. این استنتاج توسط موتور استنتاج انجام می‌شود.

نکته ۲: اگر در محیط `protégé` یک بخش را به صورت صریح مشخص کنیم آنگاه پیغامی که به صورت `hint` نمایش داده می‌شود شامل کلمه `asserted in` و اگر توسط موتور استنتاج به دست آمده باشد پیغام `inferred` نمایش داده می‌شود.

نکته ۳: اگر بخواهیم از موتور استنتاج پرسیم که روی چه منطقی این استنتاج را انجام داده است، روی علامت سؤال (?) کلیک می‌کنیم تا دلایل خود را برای این استنتاج نشان دهد.

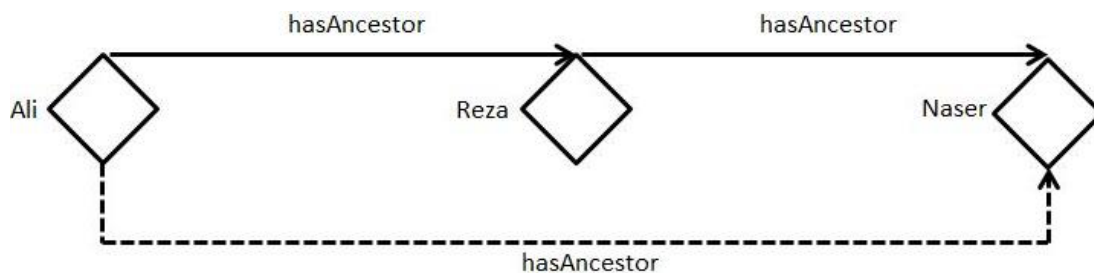
◆ Inverse Functional Property

یک `property` می‌تواند `Inverse Functional` باشد اگر وارون آن `Functional` باشد. مثلاً `property`، `isMotherOf` یک `inverse Functional` است چون وارون آن یعنی `hasMother` یک `functional property` است.



◆ Transitive Property

یک property می‌تواند متعدی (Transitive) باشد، اگر این property عنصر a را به b مرتبط می‌کند و همچنین عنصر b را به عنصر c مرتبط می‌کند می‌شود استنتاج کرد که آن property عنصر a را به عنصر c مرتبط می‌کند. به عنوان مثال property hasAncestor یک Transitive Property است چون اگر Ali دارای جد Reza و Reza نیز دارای جد Naser باشد آنگاه می‌توان استنتاج کرد که Ali دارای جد Naser است.



◆ Symmetric Property

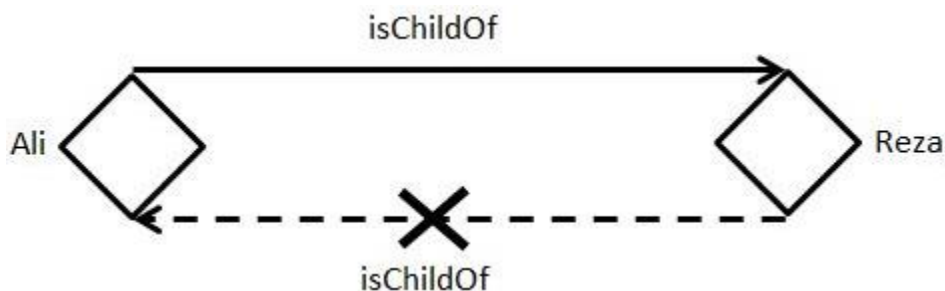
یک property می‌تواند متقارن (Symmetric) باشد بدین معنی که اگر این property عنصر a را به b مرتبط می‌کند می‌توان استنتاج کرد که عنصر b را به عنصر a مرتبط می‌کند. به عنوان مثال property hasSibling یک Symmetric Property است چون اگر Ali دارای هم‌نای Mohsen باشد آنگاه می‌توان استنتاج کرد که Mohsen هم دارای هم‌نای Naser است.



◆ Asymmetric Property

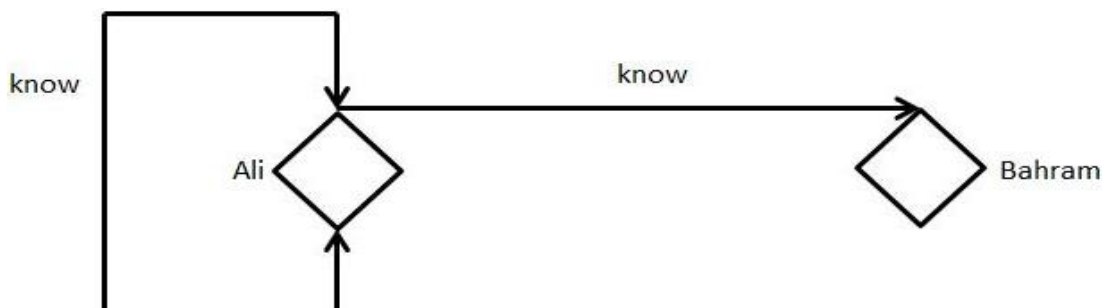
یک property می‌تواند نامتقارن (Asymmetric) باشد بدین معنی که اگر این property عنصر a را به b مرتبط می‌کند می‌شود استنتاج کرد که آن property نمی‌تواند عنصر b را به عنصر a مرتبط کند. به عنوان مثال property isChildOf یک Asymmetric Property است، چون اگر Ali فرزند

Reza باشد آنگاه می‌توان استنتاج کرد که Reza فرزند Ali نیست.



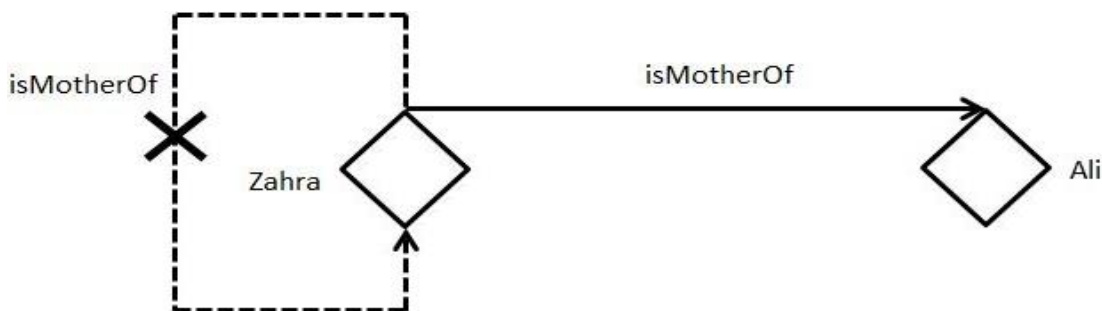
◆ Reflexive Property

یک property می‌تواند بازتابی (Reflexive) باشد بدین معنی که هر عنصر با خودش در ارتباط است. مثلاً property know یک Reflexive Property است چون هر شخصی خودش را می‌شناسد.



◆ Irreflexive Property

یک property می‌تواند غیربازتابی (Irreflexive) باشد بدین معنی که اگر این property عنصر a را به b مرتبط می‌کند، اگر فقط a و b یکی نباشند و دو شی متفاوت باشند. مثلاً property isMotherOf یک Irreflexive Property است اگر Zahra مادر است آنگاه Zahra نمی‌تواند مادر خودش باشد.



نکته: تشخیص این که یک property چه مشخصه‌هایی دارد بر عهده کارشناس دامنه است.

۳-۷. گام ششم: ایجاد نمونه‌ها

آخرین گام ایجاد نمونه‌های منفرد در سلسله‌مراتب است. تعریف نمونه‌های منفرد یک کلاس

مستلزم:

- انتخاب یک کلاس؛
- ایجاد یک نمونه منفرد از آن کلاس؛
- پر کردن Property ها با مقادیر تعیین شده و مجاز می‌باشد.

۸-۳. انجام یک نمونه عملی در ابزار Protégé

در این بخش با استفاده از ابزار Protégé 4.3.0 به طراحی یک آنتولوژی می‌پردازیم. موضوع و حوزه آنتولوژی مورد نظر «خرید و نصب لاستیک خودرو» نام دارد (احمدی، ۱۳۹۹). ابزار Protege که یک ابزار برای طراحی آنتولوژی است، مبتنی بر زبان OWL است (برای آشنایی با پروفایل‌های OWL به پیوست ۱ مراجعه کنید). اهداف ایجاد زبان OWL ارائه شده توسط W3C شامل موارد زیر است:

- اشتراک آنتولوژی؛
- تعامل و ارتباط با آنتولوژی‌ها؛
- تشخیص ناسازگاری‌ها؛
- قدرت بیان و انعطاف‌پذیری؛
- سهولت در استفاده؛
- سازگاری با دیگر زبان‌ها؛
- استفاده بین‌المللی.

در ابزار Protege اهم موجودیت‌ها (Entities) عبارتند از:

- مفاهیم (کلاس‌ها)
- ◆ سلسله‌مراتب مفاهیم (کلاس‌ها)
- ویژگی‌ها (Properties)
- ◆ سلسله‌مراتب ویژگی‌ها
- نمونه‌ها (Individuals)

یک مفهوم (کلاس) به مجموعه‌ای از نمونه‌ها اطلاق می‌گردد. یک نمونه می‌تواند متعلق به چند کلاس باشد. در برگه Classes از ابزار Protege می‌توان برای تعریف کلاس‌ها و سلسله‌مراتب آن‌ها

اقدام کرد. در تعریف کلاس‌ها می‌توان محدودیت‌هایی (Constraints) را در نظر گرفت. به‌طور کل سه نوع محدودیت قابل تعریف است:

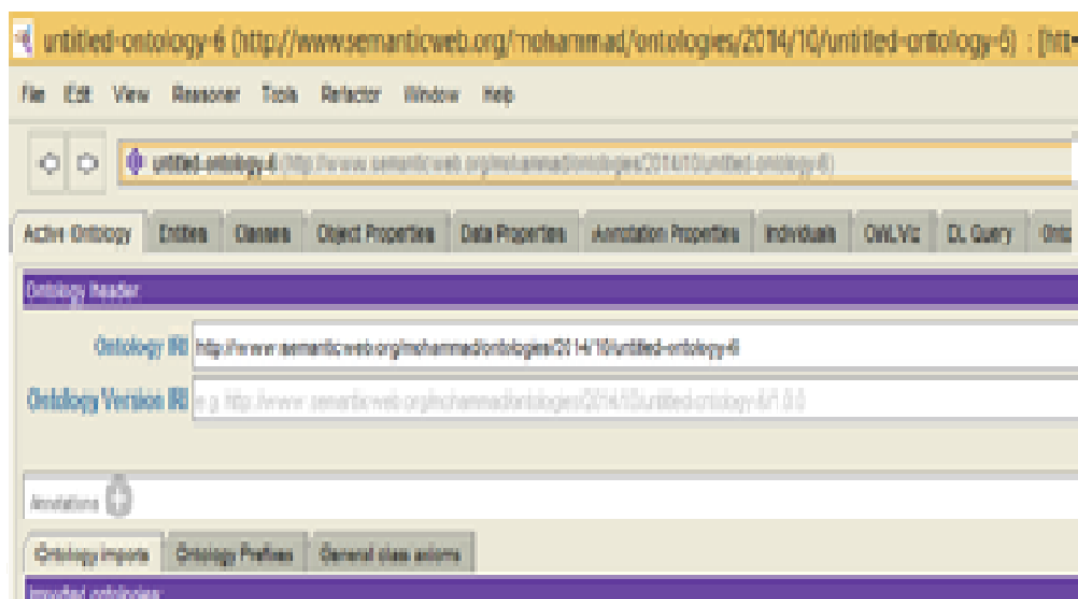
- محدودیت کمیت که خود شامل دو گونه می‌شود: محدودیت وجودی (Some) و محدودیت عمومی (Only)؛
- محدودیت کاردینالیتی (Cardinality)؛
- محدودیت مقدار.

ویژگی‌ها موجودیت‌های مستقلی هستند که می‌توانند بدون وجود کلاس‌های خاص نیز وجود داشته باشند. ویژگی‌ها یک نمونه از یک کلاس را به نمونه‌ای از یک کلاس دیگر مرتبط می‌سازند. هر ویژگی از یک نمونه مبدأ (Domain) و یک نمونه مقصد (Range) متصل می‌شود. در برگه Object Properties از ابزار Protege می‌توان برای تعریف ویژگی‌ها اقدام کرد. نمونه‌ها اطلاعات واقعی در پایگاه دانش ما هستند. به‌طور کلی، این یک ایده خوب برای اطمینان از صحت پروژه است. می‌توان شمار بسیاری از نمونه‌ها را قبل از اجرا در پروژه وارد کرد. در برگه Individuals می‌توان به ساخت نمونه‌ها پرداخت.

همچنین در برگه Data Property، رابطه میان نمونه‌ها و مقادیر داده مشخص می‌شود. در ادامه مراحل ایجاد و طراحی آنتولوژی در ابزار ویرایشگر Protégé نشان داده شده است.

پس از نصب ابزار Protege، با ورود به آن با محیط زیر روبه‌رو می‌شویم:

برای ایجاد یک آنتولوژی جدید از طریق منوی File به‌صورت زیر اقدام می‌شود.



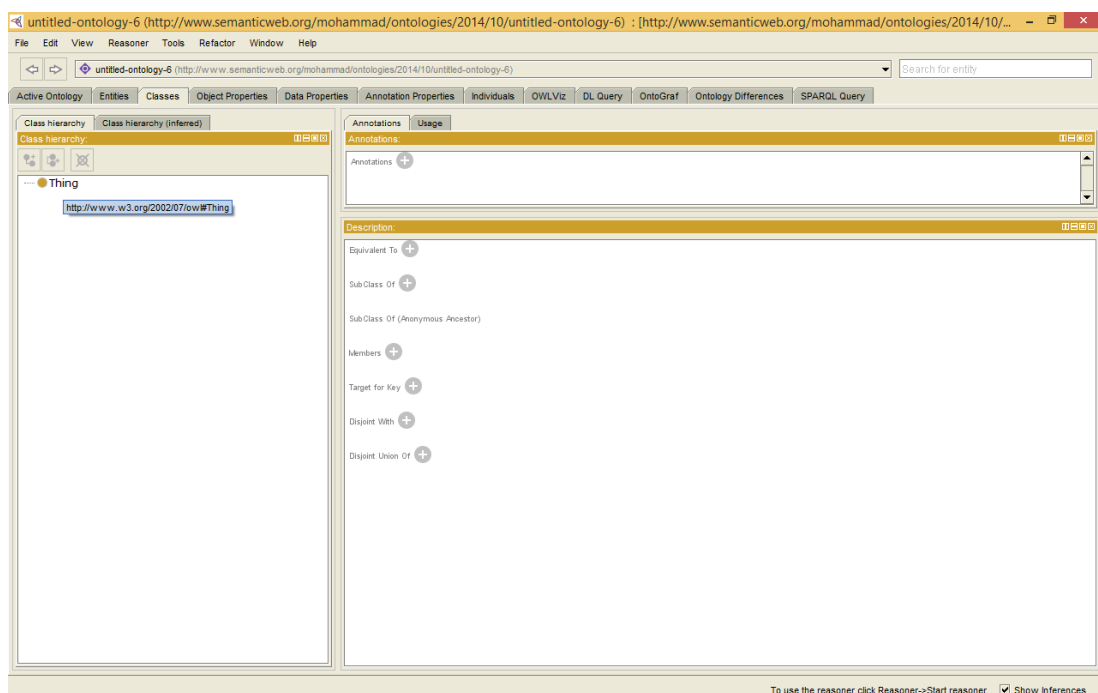
همچنین پس از ایجاد آنتولوژی جهت ذخیره مدل و موارد انجام‌شده از منوی File اقدام می‌کنیم.

ایجاد هستی‌شناسی از اصطلاح‌نامه شیمی ایرانداک □ ۸۷

همان‌طور که در ابزار Protege قابل مشاهده است، این محیط دارای برگه‌هایی است که در ادامه یک به یک معرفی خواهند شد.

♦ برگه Classes:

برای ایجاد کلاس‌ها و سلسله‌مراتب کلاس‌ها در این برگه مطابق شکل زیر اقدام می‌کنیم. با انتخاب برگه Classes و در قسمت Class hierarchy در شاخه پیش فرض Thing کلاس‌ها و زیر کلاس‌های آن‌ها را تعریف می‌کنیم.



در مثال ارائه‌شده مربوط به حوزه «خرید و نصب لاستیک خودرو»، کلاس‌ها و زیر کلاس‌ها به صورت زیر تعریف شده‌اند: (احمدی، ۱۳۹۹)

Classes (from menu-bar)

-Thing

- Car

- Bus || Commion

- Commion || Bus

- Minibus

- Sedan

- Trailer

- Person

- Customer

- Operator

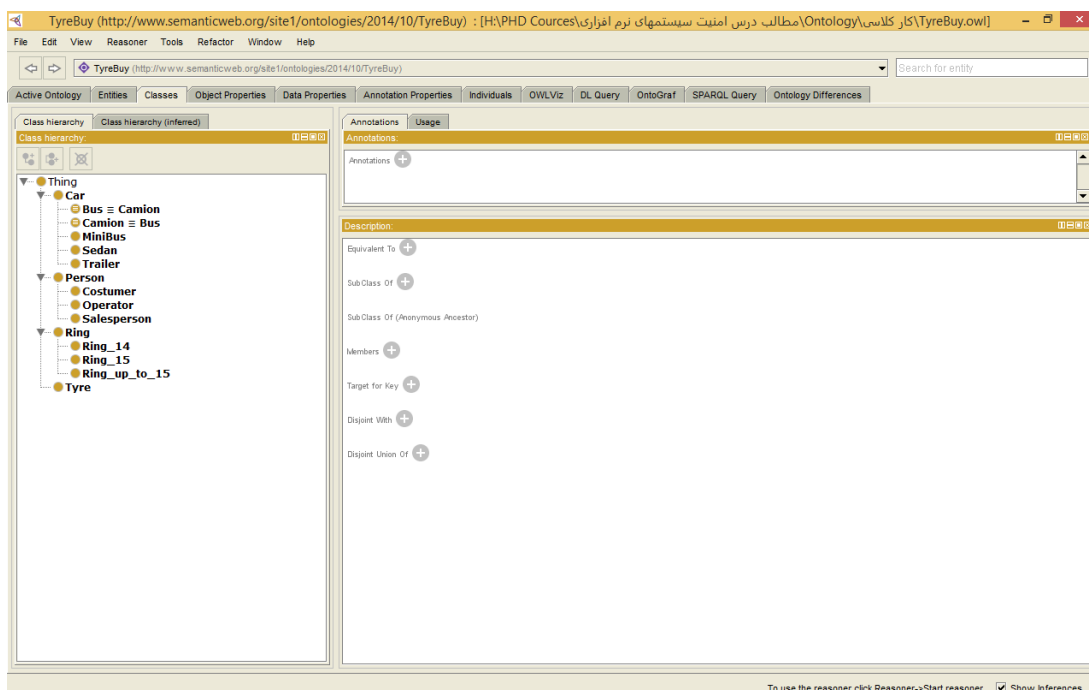
- Salesperson

- Ring

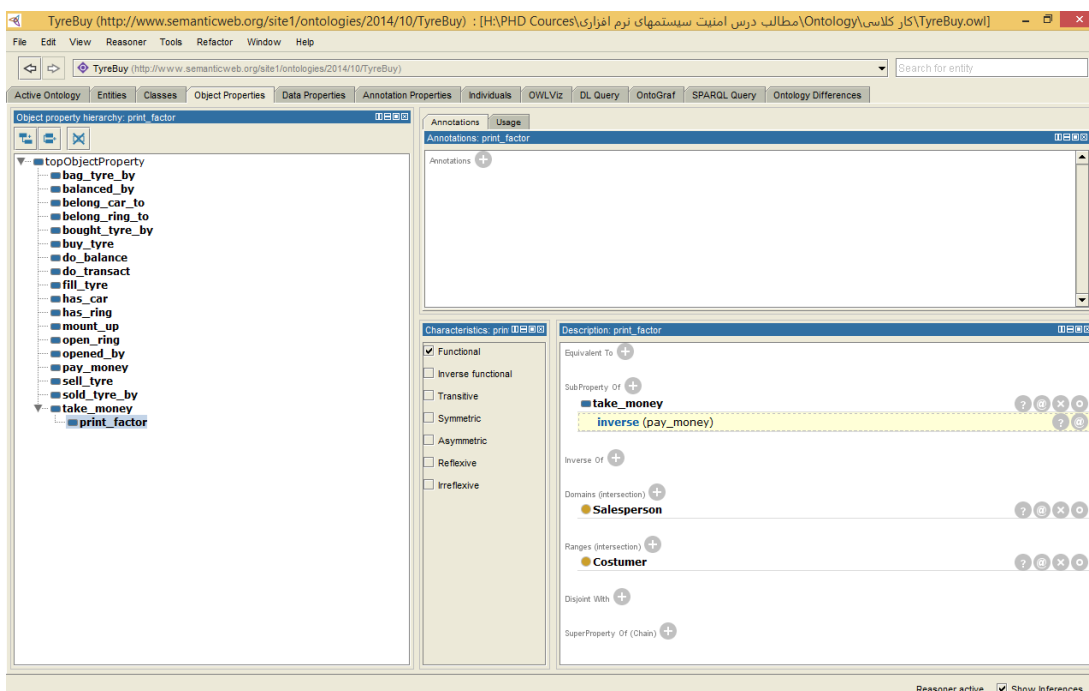
- Ring-14

ایجاد هستی‌شناسی از اصطلاح‌نامه شیمی ایرانداک ۸۸ □

- Ring-15
- Ring-up-to-15
- Tyre



همچنین در برگه Object Properties برای تعریف ویژگی‌ها و زیرویژگی‌ها می‌توان اقدام کرد. همان‌طور که در شکل زیر مشاهده می‌شود این مهم برای مثال مربوطه انجام شده است:



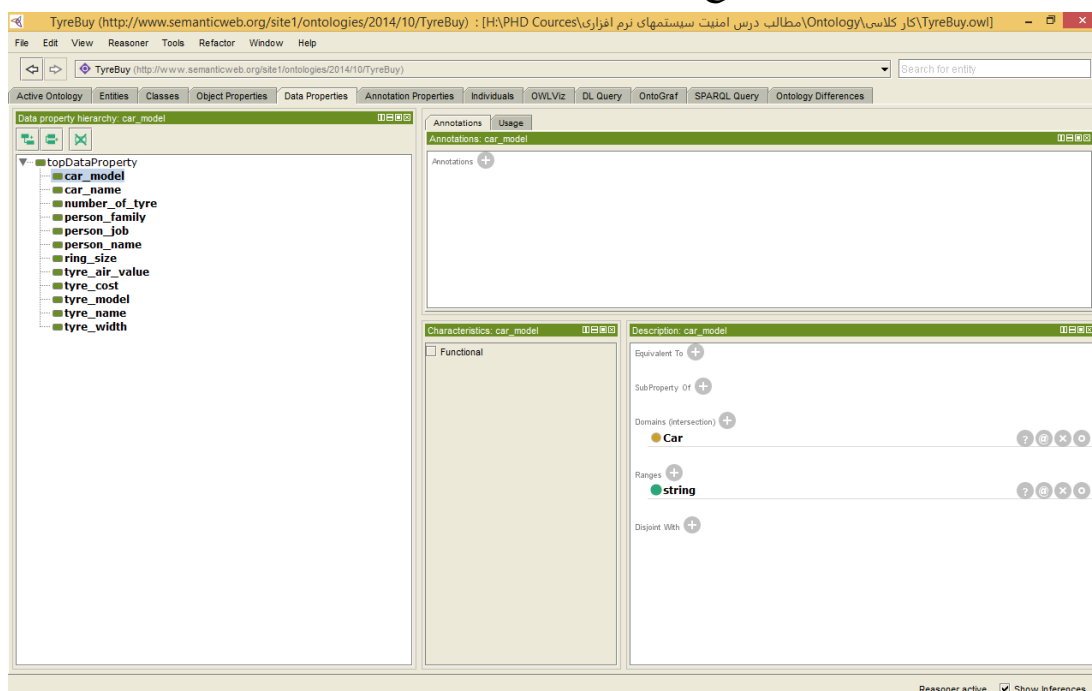
به‌عنوان مثال در شکل بالا، یکی از ویژگی‌ها تحت عنوان «print_factor» که زیرویژگی

ایجاد هستی‌شناسی از اصطلاح‌نامه شیمی ایرانداک □ ۸۹

«take_money» است، تعریف شده است. همان‌طور که مشخص است، این ویژگی ارتباطی را میان کلاس فروشنده و کلاس خریدار بیان می‌کند. در قسمت Characteristics نوع ارتباط تیک زده می‌شود که می‌تواند یکی از موارد زیر باشد (احمدی، ۱۳۹۹):

- ☐ تابعی؛
- ☐ تابعی برعکس؛
- ☐ تعدی؛
- ☐ متقارن؛
- ☐ نامتقارن؛
- ☐ خودبازتابی؛
- ☐ بدون خودبازتابی.

در برگه Data Properties انواع خصوصیتی که در کلاس‌ها قابل ذکر باشند، تعریف می‌شوند.



به‌عنوان مثال در شکل بالا، خاصیت «car_model» به‌عنوان یک خاصیت از کلاس خودرو از نوع داده رشته‌ای بیان شده است.

یکی از مهم‌ترین برگه‌ها در Protege، برگه Individuals است. در این برگه نمونه‌ها معرفی می‌شوند. همچنین این که متعلق به کدام کلاس می‌باشند و نمونه مشابه (Same Individual as) یا غیرمتشابه (Different Individuals) شان کدام است، تعیین می‌گردد. در قسمت Property

ایجاد هستی‌شناسی از اصطلاح‌نامه شیمی ایرانداک □ ۹۰

assertions از این بر گه ارتباط یک نمونه با نمونه‌های دیگر بر اساس ویژگی‌هایی که قبلاً تعریف شده‌اند، پایه‌ریزی می‌شود. همچنین مقادیر مرتبط با این نمونه، بر اساس خصوصیات تعریف شده که قبلاً در بر گه Data properties معرفی شده‌اند، آورده می‌شوند.

همان‌طور که در شکل زیر مشخص است، نمونه «tyre_1» از کلاس Tyre معرفی شده است. این نمونه با نمونه «tyre_2» مشابه است و با نمونه «tyre_3» متفاوت بیان شده است. همچنین ارتباط «tyre_1» با نمونه‌های دیگر به صورت زیر تعریف شده است:

□ tyre_1 توسط operator_1 بالانس می‌شود؛

□ tyre_1 توسط salesperson_1 فروخته می‌شود؛

□ tyre_1 توسط costumer_1 خریداری می‌شود؛

□ tyre_1 توسط operator_1 باد می‌شود؛

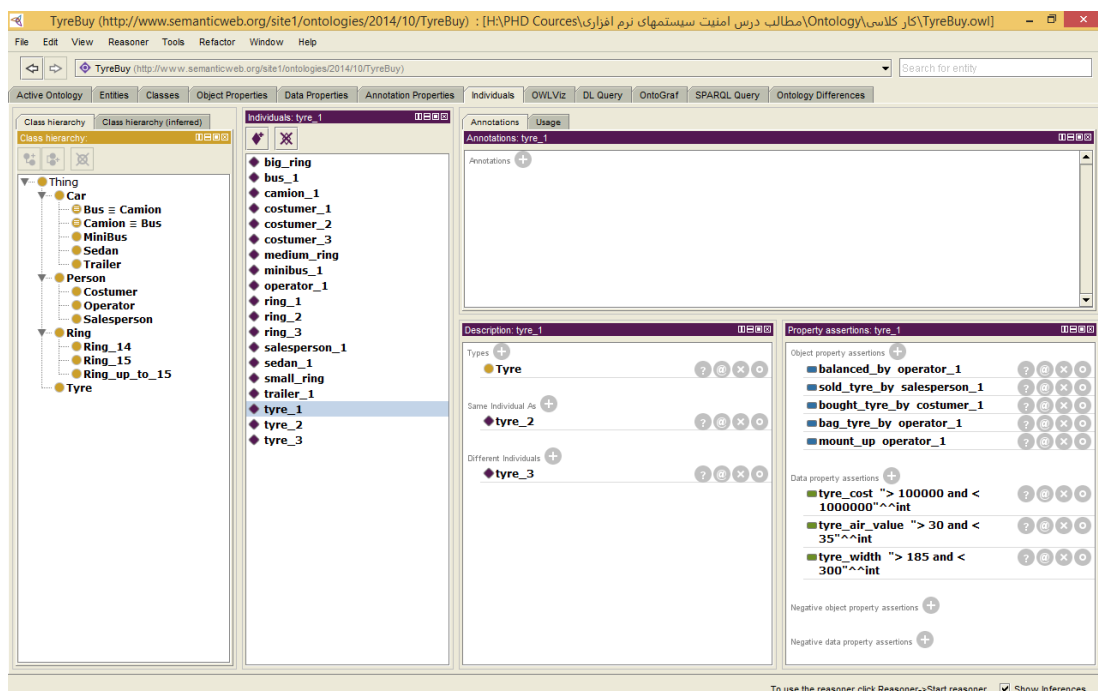
□ tyre_1 توسط operator_1 سوار می‌شود.

همچنین مقادیر زیر برای این نمونه به صورت زیر بیان شده است:

□ هزینه تایر (tyre_cost) بیش از ۱۰۰۰۰۰۰ و کمتر از ۱۰۰۰۰۰۰۰ ریال می‌باشد؛

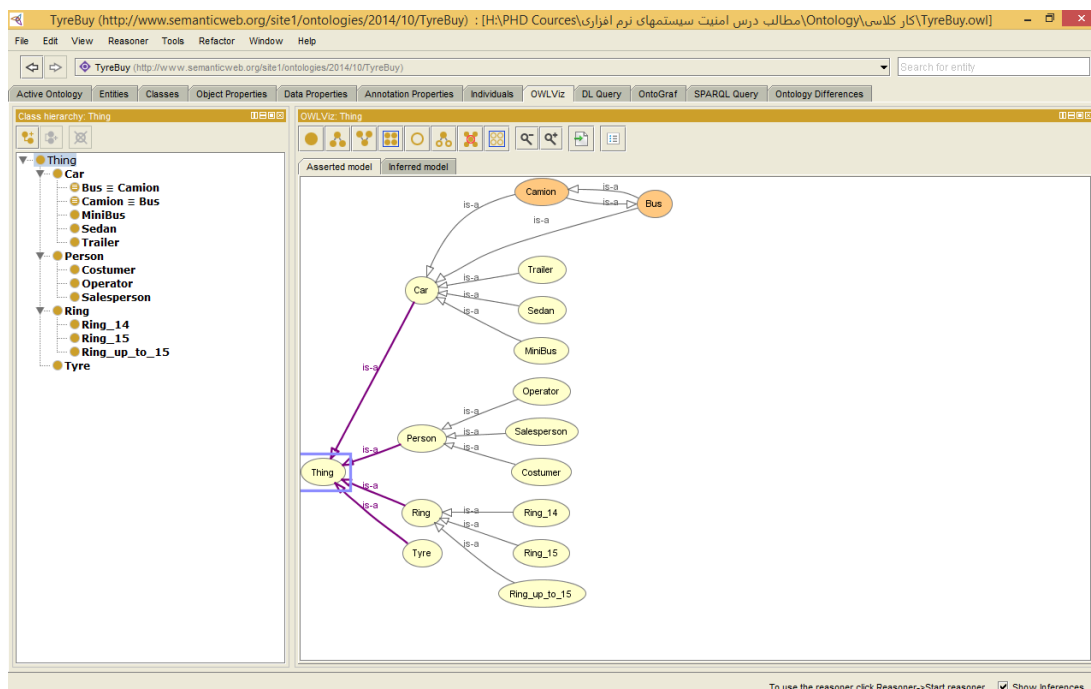
□ مقدار باد تایر (tyre_air_value) بیش از ۳۰ و کمتر از ۳۵ بار است؛

□ پهنای تایر (tyre_width) بیش از ۱۸۵ و کمتر از ۳۰۰ سانتی‌متر است.

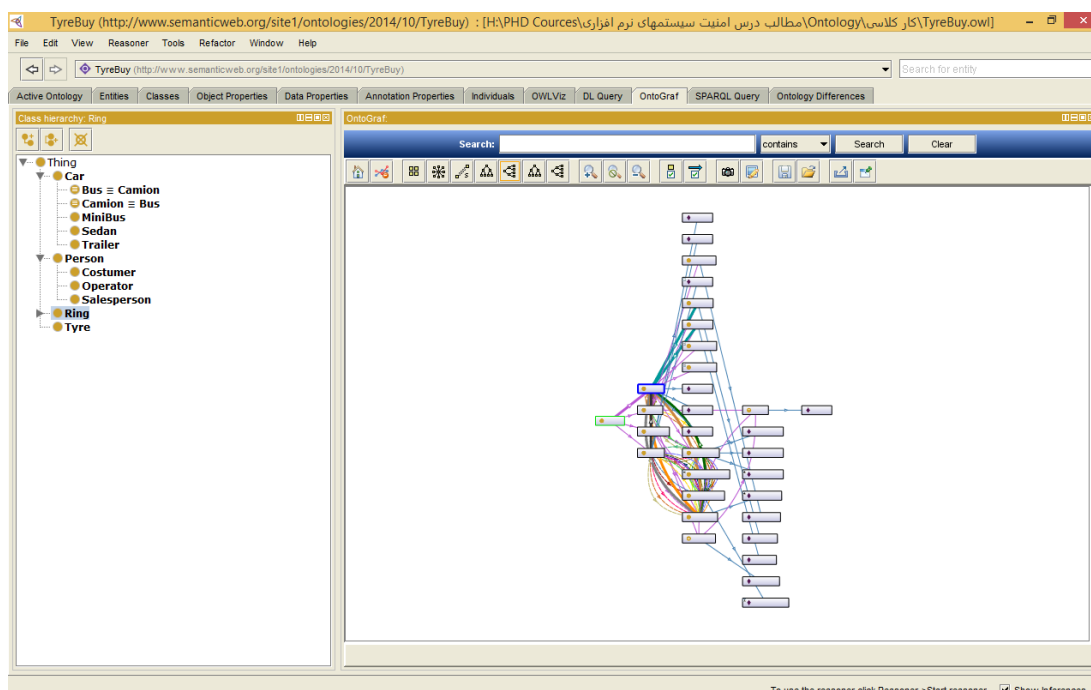


ایجاد هستی‌شناسی از اصطلاح‌نامه شیمی ایرانداک □ ۹۱

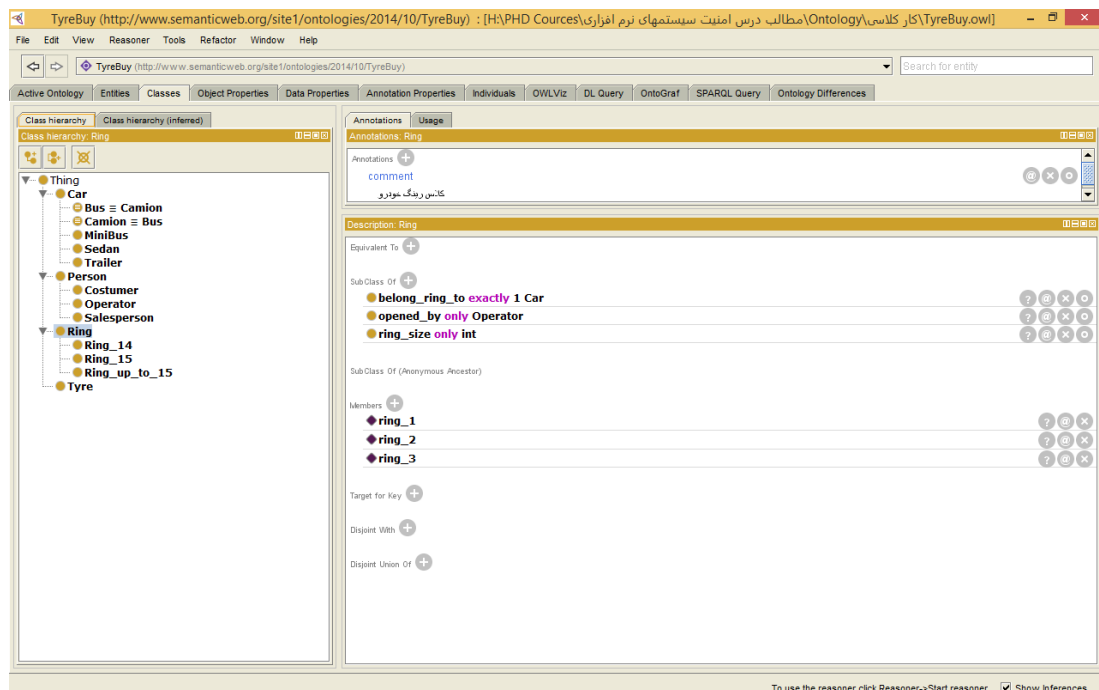
در برگه OWLViz می‌توان در یک گراف کلاس‌ها و سلسله‌مراتب آن‌ها را مشاهده نمود.



همچنین در برگه OntoGraf می‌توان با انتخاب کلاس‌ها، ارتباط آن‌ها با یکدیگر و نمونه‌ها را به صورت گراف مشاهده کرد:



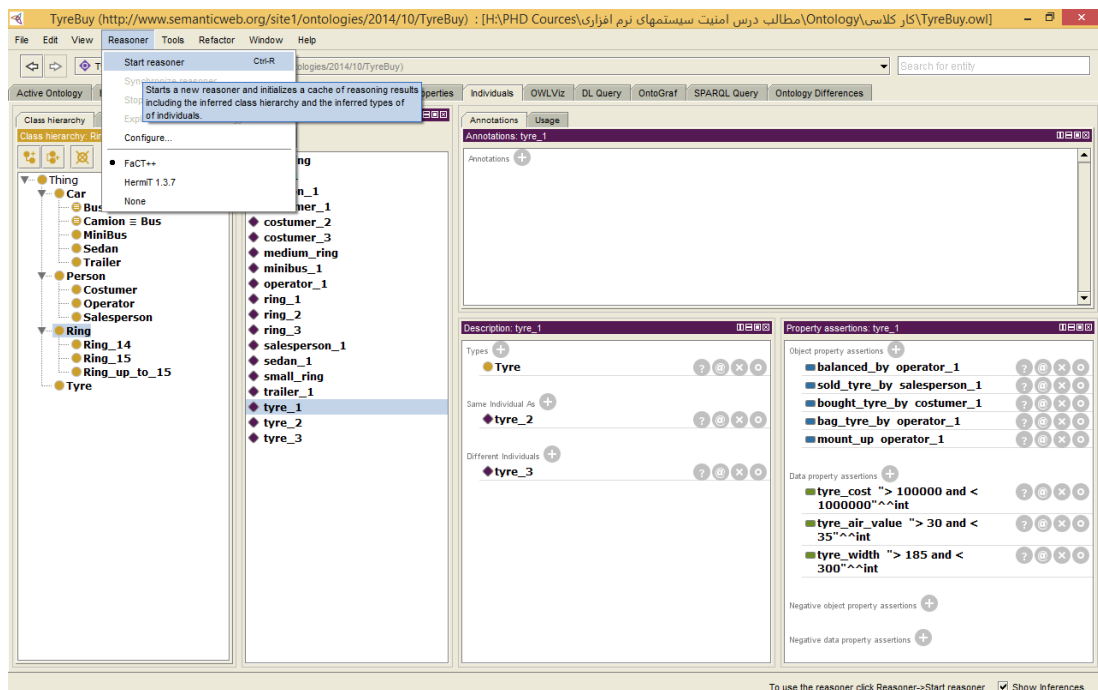
به برگه Classes باز می‌گردیم. در این برگه علاوه بر تعریف کلاس‌ها و زیر کلاس‌ها می‌توان محدودیت‌های هر کلاس را معرفی کرد.



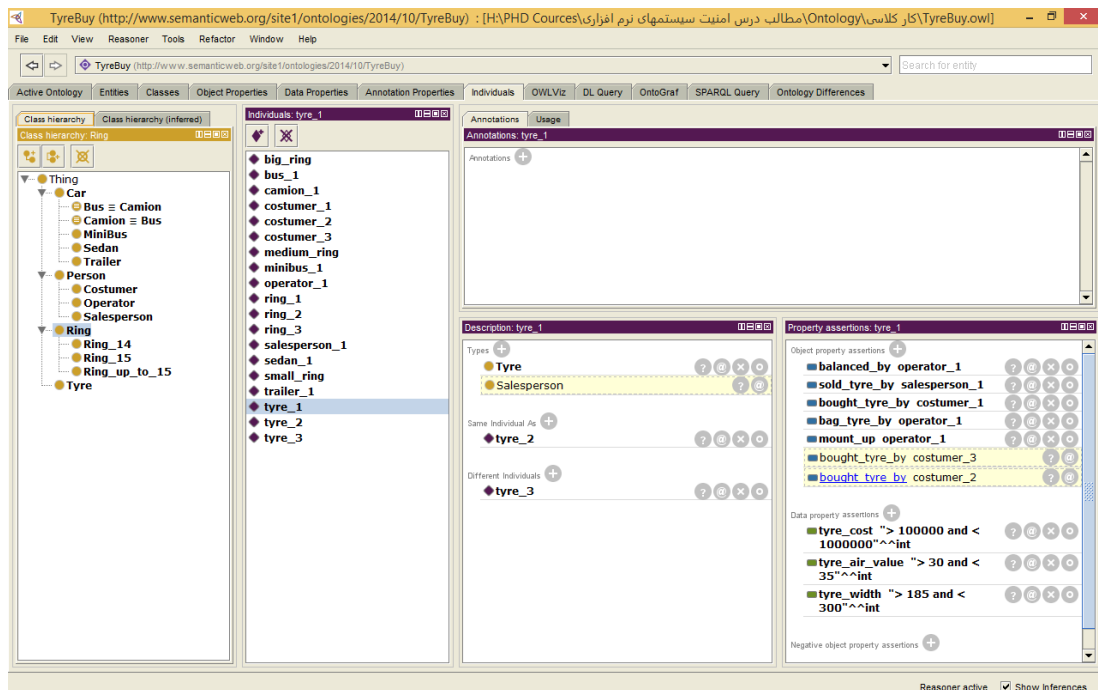
به‌عنوان مثال، در کلاس «Ring» این که یک رینگ دقیقاً متعلق به یک خودرو می‌باشد، یک محدودیت کاردینالیتی است. همچنین این که یک رینگ تنها توسط یک اپراتور باز می‌شود، یک محدودیت عمومی است. همچنین در شکل بالا نمونه‌های (Members) کلاس «Ring» بر اساس نمونه‌های ایجاد شده در برگه Individuals نیز لیست شده‌اند.

پس از ایجاد آنتولوژی و انجام طراحی می‌توان نسبت به اخذ استنتاج از آن اقدام کرد. در منوی Reasoner با انتخاب یک الگوریتم، عمل استنتاج انجام می‌شود. در شکل زیر این مهم انجام شده است:

ایجاد هستی‌شناسی از اصطلاح‌نامه شیمی ایرانداک □ ۹۳



به عنوان مثال، برای نمونه «tyre_1»، استنتاج به دست آمده به صورت زیر است:



همان‌طور که در شکل بالا مشخص است، برخی از استنتاج به دست آمده متعلق به ارتباط نمونه «tyre_1» با دیگر نمونه‌ها اضافه شده است.

۹-۳. استنتاج چیست؟

قبل از هر چیز بهتر است با برخی مفاهیم در وب معنایی آشنا شده سپس به معرفی استنتاج برسیم.

در واقع برای بیان مفاهیم و ارتباط بین آن‌ها نیازمند ابزاری هستیم تا این کار را برای ماشین انجام دهد لذا زبان‌هایی برای عنوان آنتولوژی به ماشین وجود دارد که باید قابلیت‌های زیر را داشته باشند: داده‌ها به‌طور مستقل از برنامه‌ها توسعه یابند، داده‌ها قابلیت اشتراک داشته باشند، بتوان ساختار جدید شی‌گرا را پشتیبانی کنند.

به این زبان‌ها ربان‌های توصیفی یا DL گفته می‌شود. که نشانه‌های آن‌ها در جدول زیر آمده است. زبان‌های توصیفی ساختارهای مفاهیم دودویی را علاوه بر سورهای وجودی و عمومی دربرمی‌گیرد که به آن‌ها ALC می‌گویند. عبارت دودویی شامل اجتماع، اشتراک و نفی است. همچنین روابط بازتابی، ضد بازتابی، تقارنی، پادتقارنی و تعددی را پشتیبانی می‌کند (احمدی، ۱۳۹۹).

Table1: Notations of description language

Notation	Description
S	ALC Description logic extended with transitive roles i.e. ALCR+
H	Role hierarchies
O/B	Nominals
Q	Qualified number restriction
N	Unqualified number restriction
(D)	Data types
A	Atomic concept
AL	Top, bottom, intersection and value restriction
U	Union
C	Negation
E	Existential quantifier
F	Agreement and disagreement with equality for feature chains
f	Agreement and disagreement without equality for feature chains
I	Role constructor inverse
R+	at subscript-restriction that some roles are
H	Role hierarchy with single inheritance
R	Role conjunctions

اما مشهورترین منطق تشریح SHOIQ است. هر dl یکسری قواعد و نمادهایی برای بیان کردن

دارند که به صورت زیر است:

Concepts (unary predicates/formulae with one free variable)

E.g., Person, Father, Mother

□ Roles (binary predicates/formulae with two free variables)

E.g., hasChild, hasHusband

□ Individual names (constants)

E.g., Alice, Bob, Cindy

□ Subsumption (relations between concepts)

E.g. Female $\subseteq$ Person

□ Operators (for forming concepts and roles)

And(Π) , Or($\cup$), Not ($\neg$)

□ Universal qualifier ($\forall$), Existent qualifier($\exists$)

Number restriction : $\leq, \geq, =$

□ Inverse role (-), transitive role (+), Role hierarchy

در این میان قوانین رابطه‌ای نیز صادق است:

(Inverse Role) hasParent = hasChild-

hasParent(Bob,Alice) $\rightarrow$ hasChild(Alice, Bob)

□ (Transitive Role)hasBrother

hasBrother(Bob,David), hasBrother(David, Mack) $\rightarrow$

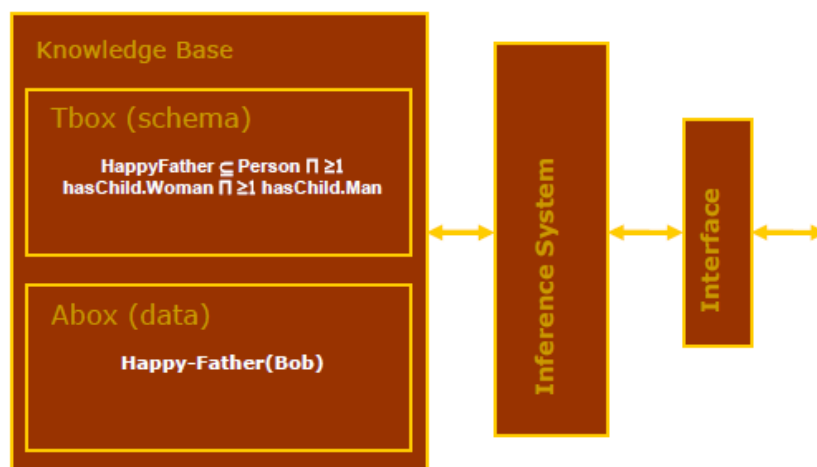
hasBrother(Bob,Mack)

□ (Role Hierarchy) hasMother $\subseteq$ hasParent

hasMother(Bob,Alice) $\rightarrow$ hasParent(Bob, Alice)

معماری dl

DL Architecture



Naming convention [edit]

There are many varieties of Description Logics and there is an informal naming convention, roughly describing the operators allowed. The expressivity is encoded in the label for a logic starting with one of the following basic logics:

$\mathcal{AL}$	Attributive language. This is the base language which allows:
	1. Atomic negation (negation of concept names that do not appear on the left hand side of axioms) 2. Concept intersection 3. Universal restrictions 4. Limited existential quantification
$\mathcal{FL}$	Frame based description language, ^[2] allows:
	1. Concept intersection 2. Universal restrictions 3. Limited existential quantification 4. Role restriction
$\mathcal{EL}$	Allows:
	1. Concept intersection 2. Existential restrictions (of full existential quantification)

Followed by any of the following extensions:

$\mathcal{F}$	Functional properties, a special case of uniqueness quantification.
$\mathcal{E}$	Full existential qualification (Existential restrictions that have fillers other than $\top$).
$\mathcal{U}$	Concept union.
$\mathcal{C}$	Complex concept negation.
$\mathcal{H}$	Role hierarchy (subproperties - <code>rdfs:subPropertyOf</code>).
$\mathcal{R}$	Limited complex role inclusion axioms; reflexivity and irreflexivity; role disjointness.
$\mathcal{O}$	Nominals. (Enumerated classes of object value restrictions - <code>owl:oneOf</code> , <code>owl:hasValue</code>).
$\mathcal{I}$	Inverse properties.
$\mathcal{N}$	Cardinality restrictions (<code>owl:cardinality</code> , <code>owl:maxCardinality</code>), a special case of counting quantification
$\mathcal{Q}$	Qualified cardinality restrictions (available in OWL 2, cardinality restrictions that have fillers other than $\top$).
$(\mathcal{D})$	Use of datatype properties, data values or data types.

ابزار هستی‌شناسی پروتژه اطلاعات را به صورت ui ذخیره می‌کنند به این صورت که در ابتدا کلاس‌ها و زیرکلاس‌ها را تشکیل می‌دهیم سپس ارتباط بین کلاس‌ها را بر اساس خصوصیات اشیا و

ارتباط بین آن‌ها دامنه و محدوده آن‌ها مشخص می‌کنیم. در نهایت از هر کلاس نمونه‌ای تعریف می‌شود و در همین جا است که قوانینی که از ارتباط بین کلاس‌ها با استفاده از نمونه‌های آن‌ها در پایگاه داده ذخیره می‌شود در نهایت ما می‌توانیم گراف مورد نظر را مشاهده کنیم و با استفاده از reasoner که در ابزار پروتج، $fact++$ و hermit است عمل استنتاج را انجام دهیم که به قواعد اضافه می‌کند. استنتاج گر یک نرم‌افزار است که از دل آن‌تولوژی موجود، وقایع جدید را استخراج می‌کند. برخی از استنتاج گرهای معروف عبارتند از Pellet, RACER, FACT++, Snorocket, Hermit, CEL, ELK, SWRL-IQ, TrOWL. اما برای مقایسه استنتاج گرها قابلیت‌های زیر را بررسی کنیم:

soundness, completeness, reasoning method, incremental classification

کلیه این استنتاج گر از زبان owl استفاده می‌کنند که نسخه‌های مختلف آن قابلیت‌های خاصی دارند برای مثال هر استنتاج گر در زمان چندجمله‌ای می‌تواند وقایع جدید را استخراج کند و در جمعیت‌های بزرگ توانایی پاسخگویی کارآمد به پرس‌وجوها دارد و بیان را با توجه به توسعه قوانین زبان محدود می‌کند.

صفات استنتاج گرها به دسته‌های زیر تقسیم می‌شوند (احمدی، ۱۳۹۹):

♦ ویژگی‌های استنتاج گر

متدولوژی: الگوریتمی یا پروسیجری است که در استنتاج گر برای حل مسائل استنتاج استفاده می‌کند. برای مثال: tableau یا tableaux

tableaux یا همان درخت درستی است که یک پروسیجر تصمیم‌گیری از جملات و منطق‌های مرتبط است و پروسیجر اثبات فرمول‌های منطقی اول ترتیب (یک عبارت منطقی ساده) است. روش تابلو همچنین ارضاء مجموعه محدودی از فرمول‌های مختلف منطقی را مشخص می‌کند (ارضای محدودیت‌ها). قوانین استنتاج این پروسیجر همان یا منطقی و و منطقی و نفی و بستارها و شرط‌ها است و نودهای این درخت خود می‌توانند عبارت باشند. بقیه استنتاج‌ها همچون استنتاج در هوش مصنوعی بوده است. این الگوریتم یک استنتاج گر بالفعل استاندارد برای استفاده در زبان‌های توصیفی است. مشکلات استنتاج را به مفهوم ارضاء کاهش می‌دهد و تفسیری را پیدا می‌کند که مفهوم سؤال را ارضاء می‌کند. تفسیر تدریجاً توسط این الگوریتم ساخته می‌شود.

برای مثال:

given: $Wife \subseteq Woman$, $Woman \subseteq Person$

question: if $Wife \subseteq Person$

فرایند استنتاج

Reasoning process

Test if there is a individual that is a Woman but not a Person, i.e.

test the satisfiability of concept $C0 = (Wife \sqcap \neg Person)$

$C0(x) \rightarrow Wife(x), (\neg Person)(x)$

$Wife(x) \rightarrow Woman(x)$

$Woman(x) \rightarrow Person(x)$

Conflict!

$C0$ is unsatisfiable, therefore $Wife \sqsubseteq Person$ is true with the given ontology

فرایند کلی

- Transform C into negation normal form (NNF), i.e. negation occurs only in front of concept names.
- Denote the transformed expression as $C0$, the algorithm starts with an ABox $A0 = \{C0(x0)\}$, and apply consistency-preserving transformation rules (tableaux expansion) to the ABox as far as possible.
- If one possible ABox is found, $C0$ is satisfiable.
- If not ABox is found under all search pathes, $C0$ is unsatisfiable

مثال دیگر:

حملات شبکه

(1) $service = ecr_i$ and $src_bytes \geq 520 \Rightarrow class = smurf$

(2) $land = 1 \Rightarrow class = land$

- صحت و تمامیت: این دو مقدار برای ارزیابی این است که استنتاج گر کلیه استنتاج‌های موجود در آنتولوژی را استخراج کرده است و نیز فاکتور بررسی تسریع نیز هستند؛
- بیان یا بازنمونی: انواع مختلف بدیهیات از قبیل تعددی یا بیان نقش را شامل می‌شود؛
- طبقه‌بندی افزایی: استنتاج گر امکان به‌روزرسانی با تغییر (حذف و اضافه) آنتولوژی را داشته باشد؛

- پشتیبانی از قوانین: قابلیت ترکیب قوانین با آنتولوژی توسط استنتاج گر؛
- سیستم عامل: استنتاج گر بر روی چه سیستم عامل‌هایی قابلیت اجرا شدن دارد؛
- توجیه: قابلیت ارائه نمودن توضیحات برای تناقض‌های موجود در آنتولوژی است.

استنتاج abox: استنتاج با نمونه‌ها و چک کردن نمونه‌های مشمول و پاسخ‌دادن به پرس‌وجوهای عطفی و چک کردن سازگاری ABOX است.

OWL API: قابلیت تطبیق استنتاج گر با هر آنتولوژی بدون تغییر پیاده‌سازی با api فراهم شود.

OWLLINKER: قابلیت گسترش

لیسانس: باز بودن یا نبودن استنتاجگر

دسترس‌پذیری: قابلیت دسترسی آسان و رایگان به استنتاج گر

قابلیت نصب استنتاج گر بر انواع مختلف ابزارهای پروتژه و غیره.

ویژگی‌های قابلیت استفاده عملی: شامل لیسانس و موجود بودن استنتاج گر و api به کار برده شده برای پیاده‌سازی آنتولوژی است.

شاخص کارایی: کارایی استنتاج گر را ارزیابی می‌کند مثل چک کردن سازگاری TBOX

پایگاه داده تقسیم می‌شود به دو جعبه اصطلاحات و قوانین به ترتیب TBOX و RBOX لازم به توضیح است که ABOX نیز شامل داده‌ها مجموعه‌ای از بدیهیات و برخی وضعیت‌های خاص است. TBOX شامل مجموعه‌ای از توصیفات بدیهی برشمای مفهوم است (شامل داده‌ها و ارتباط منطقی یعنی دودویی بین آن‌ها). شکل زیر گواه این مطلب است که TBOX همان SUBJECT و ABOX همان ENTITY است.

فصل چهارم

تبدیل اصطلاح نامه به هستی شناسی شیمی

۴-۱. مقدمه

طرح تبدیل اصطلاح نامه به هستی شناسی، با تبدیل اصطلاح نامه شیمی پژوهشگاه ایراندک در شهریور ماه سال ۱۳۹۹ آغاز گردید. هستی شناسی ایجاد شده باید توسط نرم افزار پروتژه (Protege) قابل بازیابی، ویرایش، و ذخیره باشد.

این پروژه با مطالعه بر روی ساختار داخلی فایل های هستی شناسی ساخته شده توسط نرم افزار پروتژه آغاز شد. نحوه ساخت سوپر کلاس ها، زیر کلاس ها، منفرد ها (Individual) و سایر موارد مورد بررسی و در پیاده سازی نهایی مورد استفاده قرار گرفتند. در بخش های بعدی این گزارش روند ساخت و تکمیل هستی شناسی و همچنین تفاوت نسخه هستی شناسی ساخته شده در این پروژه و هستی شناسی ساخته شده توسط پژوهشگاه مورد تحلیل و بررسی قرار خواهد گرفت (قیاسوند، ۱۳۹۹).

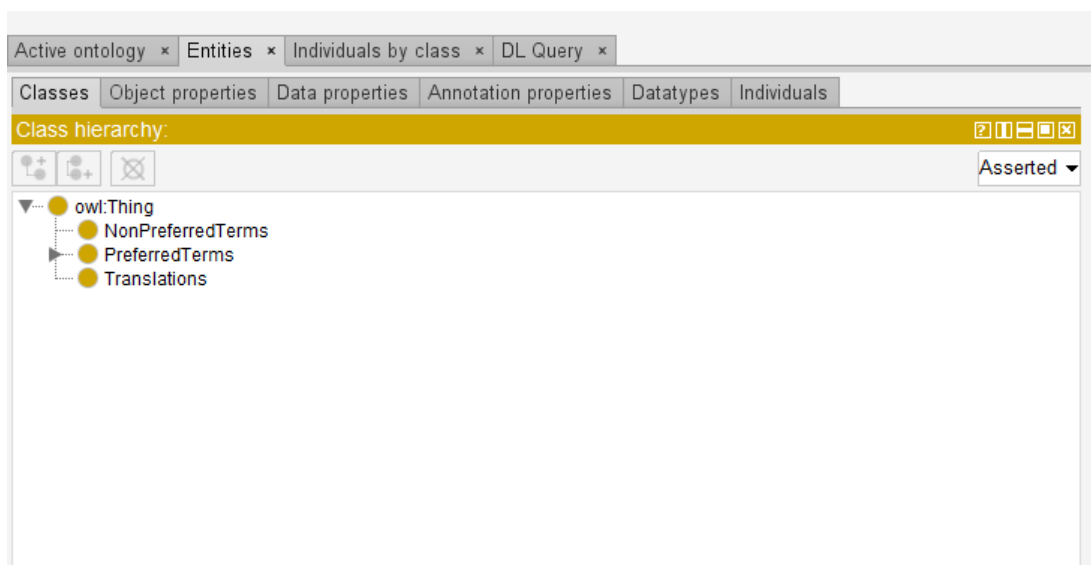
۴-۲. نحوه تبدیل اصطلاح نامه به هستی شناسی

برای تبدیل اصطلاح نامه به هستی شناسی از روشی که توسط Soergel et al. 2004 [1] ذکر شد، استفاده شده است. مراحل تبدیل شامل موارد زیر است:

- مفاهیم تبدیل به کلاس ها می شوند؛
- مفاهیم اعم تبدیل به کلاس بالاتر یا Super class می شوند؛
- مفاهیم اخص تبدیل به زیر کلاس یا Sub class می شوند؛
- اصطلاح های نامرجح تبدیل به Individual یا Instance می شوند؛
- اصطلاح های مرتبط و ترجمه تبدیل به ویژگی یا Property شدند.

۳-۴. تفاوت بین هستی‌شناسی‌های ساخته شده در این طرح و در پژوهشگاه ایرانداک

در ابتدا با باز کردن هستی‌شناسی ساخته شده در ایرانداک با تصویر زیر مواجه می‌شویم:



شکل ۴-۱. نمایش هستی‌شناسی ساخته شده در ایرانداک در نرم‌افزار پروتژه

در تصویر بالا به جای دیدن مفاهیم درون اصطلاح‌نامه به عنوان کلاس‌ها، با مواردی مواجه می‌شویم که باید به صورت ویژگی‌ها یا Property و یا Individual در هستی‌شناسی تبدیل شوند. اصطلاح‌های نامرجح یا NonPreferredTerms باید به عنوان یک Individual به یک کلاس در هستی‌شناسی متصل شوند. اما در هستی‌شناسی ساخته شده در ایرانداک آن‌ها به عنوان یک کلاس مجزا ایجاد گردیده‌اند.

همچنین ترجمه‌ها یا Translations نیز باید به عنوان ویژگی‌ها یا Properties به کلاس‌ها متصل شوند که در این هستی‌شناسی کلاس‌هایی جدا می‌باشند.

اما تفاوت اصلی و پایه‌ای بین دو هستی‌شناسی در نوشتن کدهای آن‌ها در درون فایل‌های owl می‌باشد. هستی‌شناسی ساخته شده در ایرانداک کاملاً مشابه خروجی نرم‌افزار تزاروس بیلدر می‌باشد. نمونه‌ای از کدهای درون فایل owl این هستی‌شناسی را می‌توانید در تصویر زیر مشاهده نمایید:

```
<owl:Class rdf:about="&thes;19139.اتم الکترونگاتیو">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="&thes;19138.اتم"/>
  <BroaderTerm rdf:resource="&thes;19138.اتم"/>
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">اتم الکترونگاتیو</rdfs:label>
  <ConceptNumber rdf:datatype="&xsd:int">19139</ConceptNumber>
  <Hidden rdf:datatype="&xsd:boolean">0</Hidden>
  <Status rdf:datatype="&xsd:string">Approved</Status>
  <Frequency rdf:datatype="&xsd:int">0</Frequency>
  <InputDate rdf:datatype="&xsd:date">2011-12-18</InputDate>
  <LastUpdate rdf:datatype="&xsd:date">2011-12-18</LastUpdate>
  <AdditionalNotes rdf:datatype="&xsd:string"><![CDATA[BT2 مولکول]]>
</AdditionalNotes>
  <RelatedTerm rdf:resource="&thes;19553.پیوند 20 هیدروژنی"/>
  <Translation rdf:resource="&thes;19139.اتم الکترونگاتیو.19139.20%Enu"/>
</owl:Class>
<Translations xml:lang="en-us" rdf:about="&thes;19139.اتم الکترونگاتیو.19139.20%Enu">
  <OriginalTerm rdf:resource="&thes;19139.اتم الکترونگاتیو.19139.20%Enu"/>
  <Language rdf:datatype="&xsd:string">English (United States)</Language>
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">electronegative atom</rdfs:label>
</Translations>
```

شکل ۴-۲. نمونه کلاس در هستی‌شناسی ساخته‌شده در ایرانداک

در این تصویر کلاسی برای مفهوم «اتم الکترونگاتیو» مشاهده می‌شود. برای این مفهوم دو کلاس مجزا ساخته شده است، یکی خود مفهوم و دیگری برای ترجمه آن که این امر در تعریف هستی‌شناسی صحیح نمی‌باشد. اما مسئله اصلی در این نوع کدنویسی برای هستی‌شناسی این است که این مورد هیچ‌گونه تطابقی با آخرین روش‌های کدنویسی برای هستی‌شناسی و به‌خصوص تطابق‌پذیر با نرم‌افزار پروتژه را ندارد. البته این گونه کدها قابل بازیابی و نمایش توسط نرم‌افزار پروتژه می‌باشد، اما تفاوت کدنویسی در آن‌ها بسیار متفاوت است.

در تصاویر زیر کدهای ساخت یک کلاس در هستی‌شناسی ساخته شده در این طرح را می‌توانید مشاهده نمایید. این گونه کدنویسی برای یک هستی‌شناسی مطابق با آخرین استانداردهای ساخت هستی‌شناسی است و تایید شده توسط سازندگان نرم‌افزار پروتژه و سایر نرم‌افزارهای ویرایش و نمایش هستی‌شناسی می‌باشد.

برای نمونه نحوه ساخت کلاس برای مفهوم «الکترونگاتیو» در هستی‌شناسی منطبق با نرم‌افزار پروتژه:

```
<AnnotationAssertion>
  <AnnotationProperty abbreviatedIRI="rdfs:label"/>
  <IRI>#p19139</IRI>
  <Literal>اتم الکترونگاتیو</Literal>
</AnnotationAssertion>

<Declaration>
  <Class IRI="#p19139"/>
</Declaration>
```

شکل ۴-۳. نمونه ساخت کلاس مطابق با نرم‌افزار پروتژه

در تصویر بالا ابتدا کد ساخت کلاس p19139 را مشاهده می‌نمایید. این کد البته همان شماره مفهوم در اصطلاح‌نامه است، که ما به دلیل یکتا بودن از آن برای ساخت کلاس استفاده کردیم. البته باید در نظر داشت که این روش برای ساخت تمامی کلاس‌ها استفاده شده است. در تصویر بالا قسمت پایین کلاس p19139 معرفی شده است و در قسمت بالاتر برچسب آن در هستی‌شناسی مشخص گردیده است. این روش ساخت کلاس‌ها در هستی‌شناسی به روزترین روش برای ساخت آنتولوژی می‌باشد که کاملاً مطابق با نرم‌افزار پروتژه و احتمالاً سایر نرم‌افزارهای ویرایش و نمایش هستی‌شناسی است. همچنین با نگاهی به سایر خطوط کدها در فایل‌های owl ساخته شده در این طرح، تفاوت دو هستی‌شناسی کاملاً مشهود می‌گردد. موردی که در بالا ذکر شد یکی از چندین مورد تمایز بین کدهای ساخت هستی‌شناسی در این دو گونه است.

۴-۴. یافتن روابط دودویی در هستی‌شناسی

در مرحله دوم پروژه، روابط دودویی تعریف شده در هستی‌شناسی کبی استخراج گردید. برای استخراج روابط دودویی ابتدا آنتولوژی مورد مطالعه قرار گرفت. روابط دودویی بین کلاس‌های درون این آنتولوژی استخراج گردید. کلاس‌های مشترک بین آنتولوژی کبی و آنتولوژی توسعه داده شده در این پروژه به عنوان اهداف مرحله دوم مشخص شدند (قیاسوند، ۱۳۹۹).

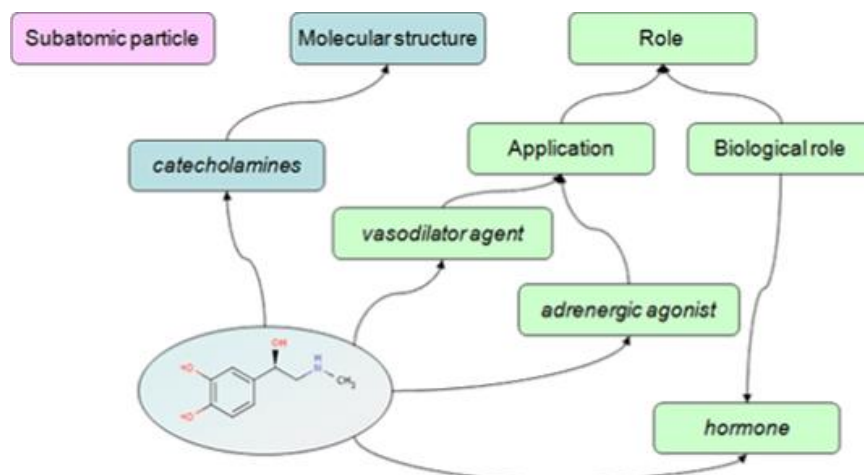
۴-۵. آنتولوژی کبی

Chemical Entities of Biological Interest یا CHEBI، یک پایگاه داده شیمیایی و هستی‌شناسی موجودات مولکولی است که بر ترکیبات شیمیایی «کوچک» متمرکز است، که بخشی از تلاش‌های هستی‌شناسی زیست پزشکی باز (OBO) در مؤسسه بیوانفورماتیک اروپا (EBI) است. نهادهای CHEBI با استفاده از واژگان استاندارد یا هستی‌شناسی یادداشت می‌شوند. اینها شامل سه زیرهستی‌شناسی هستند (شکل ۴):

□ ساختار مولکولی، که در آن موجودات مولکولی یا قسمت‌هایی از موجودات با توجه به ساختار آنها طبقه‌بندی می‌شوند؛

□ نقش، که در آن نهادها بر اساس نقش خود در زمینه بیولوژیکی طبقه‌بندی می‌شوند، به عنوان مثال به عنوان آنتی‌بیوتیک‌ها، عوامل ضد ویروسی، کوآنزیم‌ها، مهارکننده‌های آنزیم، یا بر اساس استفاده مورد نظر آنها توسط انسان، به عنوان مثال به عنوان آفت‌کش‌ها، شوینده‌ها، محصولات مراقبت‌های بهداشتی، سوخت؛

□ ذره زیر اتمی، که در آن موجودات به عنوان ذرات کوچکتر از اتم طبقه‌بندی می‌شوند.



شکل ۴-۴. ساختار هستی‌شناسی کبی

هستی‌شناسی ChEBI از دو رابطه عمومی و چند رابطه خاص شیمی استفاده می‌کند که در شکل ۵ لیست شده‌اند. این روابط در هستی‌شناسی شیمی مورد توسعه پیاده‌سازی شده‌اند.

Relationship Types	
Δ	is a
$\diamond$	has part
$\boxed{b}$	is conjugate base of
$\boxed{\#}$	is conjugate acid of
$\boxed{\tau}$	is tautomer of
$\boxed{x}$	is enantiomer of
$\boxed{f}$	has functional parent
$\boxed{H}$	has parent hydride
$\boxed{R}$	is substituent group from
$\boxed{G}$	has role

شکل ۴-۵. روابط معنایی در کبی

۴-۶. توسعه روابط معنایی به صورت خودکار

در این مرحله برای غنی سازی آنتولوژی شیمی توسعه داده شده، از روابط دودویی تعریف شده در آنتولوژی کبی استفاده شده است. به همین منظور مراحل زیر انجام گرفت (قیاسوند، ۱۳۹۹):

□ ابتدا کلیه اصطلاحات درون هر دو هستی‌شناسی مورد مطالعه قرار گرفت و در دو لیست مجزا استخراج گردید.

□ پس از استخراج، ترجمه اصطلاحات هستی‌شناسی شیمی با موارد مشابه در هستی‌شناسی کبی مورد بررسی قرار گرفتند.

□ روابط معنایی که برای اصطلاحات مشترک در هستی‌شناسی کبی موجود بود، عیناً در هستی‌شناسی شیمی در حال توسعه برای مؤسسه ایرانداک تکرار شد.

□ از کل اصطلاح‌های موجود در اصطلاح‌نامه شیمی ایرانداک حدود ۷۰۰ مورد از آن‌ها در آنتولوژی کبی وجود داشت، که از این ۷۰۰ مورد حدود ۴۰۰ نمونه دارای روابطی دودویی به جز رابطه زیرکلاس و سوپرکلاس بودند و از این چهارصد مورد، ۱۱۵ مورد از روابط دودویی در آنتولوژی شیمی ایرانداک پیاده‌سازی گردید.

□ از این طریق، و به صورت کاملاً خودکار موفق شدیم روابط معنایی بین بسیاری از اصطلاحات موجود در هستی‌شناسی شیمی را بازیابی کرده و مدت زمان زیادی را که برای استخراج این روابط به صورت دستی نیاز بود، توانستیم حذف نماییم. این روش برای تمامی هستی‌شناسی‌هایی که قرار است در آینده توسعه یابند، قابل تعمیم است.

پس از بررسی‌های صورت گرفته مفاهیمی بر مبنای جستجوی کلاس‌ها یا مفاهیم اصطلاح‌نامه درون آنتولوژی کبی استخراج گردید. این مفاهیم در ضمیمه‌های الف و ب به پیوست ارائه شده‌اند. ضمیمه الف شامل مفاهیمی است که در آنتولوژی کبی و اصطلاح‌نامه شیمی ایرانداک یافت شدند. ضمیمه ب شامل مفاهیمی است از اصطلاح‌نامه شیمی ایرانداک و یافت شده در آنتولوژی کبی که دارای روابط دودویی ذکر شده در بالا بودند.

اما مهمترین مفاهیمی که دارای روابط دودویی به غیر از رابطه زیرکلاس / سوپرکلاس بودند در ضمیمه ج آورده شده‌اند. در این روابط شامل هم سوپرکلاس و هم زیرکلاس بودند و یکی از روابط استاندارد ذکر شده در قسمت قبل را تشکیل می‌دادند. توجه بفرمایید که ضمیمه سوم همان چیزی هست که مفید بوده و ما به دنبال آن بودیم. همچنین آن روابط عیناً در آنتولوژی ارسالی پیاده‌سازی شده‌اند.

۴-۷. مفاهیم مشترک در آنتولوژی کبی و اصطلاح‌نامه شیمی ایرانداک

nalidixic acid	halide anion
ciprofloxacin	maleimide
norfloxacin	cholesterol
diltiazem	ammonia
sulfamethazine	hydrogen sulfide
rolipram	urea
electron	pyridine
sodium ascorbate	guanine
sodium benzoate	ethanol
efavirenz	hydrogen peroxide
fentanyl	chitosan
glass	formamide
potassium carbonate	cyclopentanone
pyranopyrazole	raffinose
sodium perchlorate	peptide
glycidyl methacrylate	codeine
graphite oxide	benzene
graphene oxide	creatinine
nickel ferrite	alizarin
choline chloride	glyoxylic acid
montmorillonite	salicylic acid
copper oxide	oxalic acid
buserelin	cellobiose
diazolidinylurea	phosphoramidate
manganese dioxide	dimethylamine
naphthoimidazole	glucose
aptamer	morphine
alloy	maltose
impurity	chloric acid
hexanol	chromotropic acid
pentanol	alditol
cellulose acetate	hydroquinone
pyrazole	electron acceptor
electron donor	lactose
triethylenediamine	methanol
acetone	cyclohexanone
acetic acid	cyclohexyl isocyanide
water	sucrose
hydroxylamine	dinitrogen
terephthalic acid	fumaric acid
dichloromethane	thiocyanate
cyclohexylamine	piperidine
quinine	cyclohexanol
methanethiol	maleic acid
salicylaldehyde	sulfoxide

aldaric acid	nitrites
aldonic acid	nitroaniline
alkyl group	nitrous acid
aminouracil	pentahydroxyflavone
anion	hydroperoxyl
antioxidant	peroxides
arsine	pesticide
benzoic acids	phosphonate
benzyl alcohols	phosphonic acids
borates	amantadine
carbon disulfide	purines
carotene	pyrans
cinnamate	pyridazinone
cyanates	pyridines
cyanides	quinolines
cyanopyridine	reactive oxygen species
cyclodextrin	sodium chloride
cyclopentane	amoxicillin
dibenzothiophene	sulfates
quinolone	sulfuric acid
dodecyl sulfate	tartaric acid
flavin adenine dinucleotide	tetrapyrrole
fluorenes	thiophenes
fungicide	triazolopyrimidine
furanocoumarin	uronic acid
furans	zinc ion
haloalkane	methanesulfonic acid
hydrazines	umbelliferone
proton	acetylene
hydroxamic acid	histidine
hydroxyacetophenone	hydantoin
hydroxylamines	chalcone
hydroxypyridine	nitrobenzene
imidazoles	cisplatin
indoles	phenylhydrazine
inorganic salt	tungsten
ion	vancomycin
ketoxime	starch
luciferin	amylopectin
metalloporphyrin	rifampicin
methacrylate	glycogen
methacrylic acid	chlorobenzene
molecular ion	amylose
molecule	diethanolamine
naphthoquinone	benzamide
albuterol	papaverine

dimethyl sulfoxide	phosphorane
dodecyltrimethylammonium bromide	phosphorus trichloride
vincristine	phosphorus pentachloride
triethanolamine	cyclopropyl group
doxorubicin	cyclopropane
fructose	sulfur hexafluoride
nitroglycerin	silicon dioxide
naphthazarin	hydroxypropyl methylcellulose
dimethyl ether	dipyridophenazine
gramine	molybdenum trioxide
carbonic acid	diethylenetriamine
cyclohexane	cyclopentadiene
ceftriaxone	ferrocene
hexane	gallic acid
phthalic acid	malonic acid
periodic acid	adipic acid
hydroxyl	selenophene
sulfinic acid	potassium thiocyanate
perchloric acid	pyridazine
hydrogen fluoride	trichloroacetic acid
thiol	pyridoxine hydrochloride
peroxydisulfate	azulene
thionyl chloride	calcium sulfate
methyl	capecitabine
phosphoryl	carboplatin
phosgene	domperidone
sodium carbonate	fluorescein
metasilicate	magnesium oxide
sulfur trioxide	methylparaben
silicon carbide	modafinil
hydrogen azide	potassium bromide
azathioprine	potassium hydroxide
azithromycin	propylparaben
baclofen	sodium hydroxide
phosphoramidate	sodium hypochlorite
beclomethasone	tiopronin
thioglycolic acid	titanium dioxide
azo group	thioacetamide
lithium hydride	potassium chloride
sodium perborate	magnesium sulfate
aluminium oxide	guanidinium chloride
photon	cetylpyridinium chloride
helium atom	sodium acetate
neutron	pyrrolidine
nitrogen trifluoride	chromic acid
phosphonium	vanadyl sulfate

malononitrile	hemoglobin
potassium cyanide	cefuroxime
sodium cyanide	calcium hydroxide
antitubercular agent	vanadium oxide
atom	zinc sulfate
nucleon	isoprene
aldimine	catalyst
fuel	buffer
chalcogen	chloroform
aryl group	cephalexin
palladium	sulfonamide
cerium	triazene
fullerene	hydrate
diamond	hydrazine hydrate
graphite	bipyridine
sulfur oxoanion	perfluorooctanoic acid
carboxylic acid	pyrrole
boranes	isoindole
annulene	chromene
benzyne	carbon oxoacid
hydrides	cetirizine
tetronic acid	antineoplastic agent
captopril	antihypertensive agent
nucleoside	naphthol
phenols	dicarboxylic acid
carbamazepine	diethyl ether
reagent	enrofloxacin
carbazole	chamazulene
aldotriose	tetracarboxylic acid
aldohexose	nitroso compound
carbidopa	valacyclovir
4-aminopyridine	chloromethane
carvacrol	chlordiazepoxide
carvedilol	chlorhexidine
chloroacetyl chloride	quinone
congo red	dipyrromethane
cumene	subatomic particle
dibutyl phthalate	polyatomic ion
glyoxal	chloroquine
methyl methacrylate	cyclohexene
morpholine	phenanthroline
phenolphthalein	phenanthridine
phthalocyanine	perimidine
tributyl phosphate	xanthene
triethylamine	chlorpromazine
phenethyl isothiocyanate	zinc oxide

thioketone	pyrrolopyrimidine
dimethyl carbonate	thiomalic acid
phthalazine	phthalimide
phthalic anhydride	nonionic surfactant
quinoxaline	pyridopyrimidine
cinnoline	chloropyridine
quinazoline	thiamethoxam
naphthyridine	abamectin
cholesteryl palmitate	halomethane
pyrrolizine	thiadiazole
phenazine	curcumin
inorganic cation	valproic acid
thiourea	benzylamine
graphene	cytochrome
nucleotide	fluoroform
cimetidine	crystal violet
silanes	fisetin
citalopram hydrobromide	gabapentin
clarithromycin	guanidine
phosphorus oxide	glycoluril
clofibrate	thiazole
clonazepam	dexmedetomidine
sodium phosphate	dextromethorphan
allenes	1,10-phenanthroline
vinyl group	pyromellitic acid
carboxamide	tetrabutylammonium
clotrimazole	trifluoroacetic acid
clozapine	dimethyl disulfide
disulfur dinitride	fluconazole
molybdenum oxide	dimethyl phthalate
tungsten oxide	picric acid
diphenylphosphinic acid	paracetamol
dye	diphenhydramine
cyanuric acid	diphenoxylate
propazine	diphenylamine
polypyrrole	dipyridamole
dialdehyde	diketone
furopyridine	pyrazolopyridine
potassium bromate	fluorite
diazines	magnetite
thiazine	quartz
oxazoline	rutile
thiazolidine	solvent
formamidine	diethylene glycol
triazole	dipicolinic acid
pyrazolopyrimidine	vinyl acetate

dioxane	desferrioxamine
thiazolopyridine	methimazole
dorzolamide	cyproterone
diselenide	cyproterone acetate
doxepin	zigzag carbon nanotube
cefixime	cadmium sulfide
diclofenac	cadmium selenide
cefazolin	doxycycline
maleic anhydride	quantum dot
ketoconazole	penicillamine
clomipramine	aluminium nitride
sulforaphane	pyrroloquinoline
diazepine	rotaxane
silyl ether	sodium borohydride
ketene	nitrates
ketenimine	protecting group
peptide nucleic acid	nitroarene
nitric acid	fluoxetine
siloxane	calixarene
sulfur oxide	zinc tetraphenylporphyrin
chromium oxide	thioester
chromium trioxide	diester
disulfide	flutamide
protic solvent	dichlorocarbene
aprotic solvent	fluvoxamine
amphiprotic solvent	phenylenediamine
thiophenol	dimethoxybenzene
roxithromycin	diborane
sulfurous acid	acridine orange
thiazolidinone	methacrylamide
thiazepine	phenacyl bromide
thiazoles	furazolidone
clavulanic acid	sodium ethoxide
deferasirox	ligand
diazepam	pharmaceutical
hydrogen atom	hydroxylapatite
perchlorate	rose bengal
famotidine	norbornene
methyl red	thionine
periodate	tetrathiafulvalene
dihydropyridine	tetracyanoquinodimethane
ferricyanide	nanocrystal
selegiline	nanoribbon
azomethine	polyphosphoric acid
ferrocyanide	cresyl violet
hemin	tin oxide

tin dioxide	reducing agent
trimellitic anhydride	topiramate
carbodiimide	lamotrigine
imidazoline	sulfacetamide
safranal	pyrroloquinoxaline
isocyanates	letrozole
diisocyanate	cantharidin
sodium citrate	glutaraldehyde
donepezil	memantine
sodium alginate	memantine hydrochloride
chromium chloride	levonorgestrel
zirconyl chloride	phosphatidylcholine
diblock copolymer	pyrrolizidine
hexamethylene diisocyanate	loratadine
phenyl isocyanate	lorazepam
glyceraldehyde	potassium fluoride
camphorsulfonic acid	mefenamic acid
vinylferrocene	megestrol acetate
hemiacetal	methadone
malonaldehyde	methamphetamine
hydralazine	hexamethylenetetramine
hydrochlorothiazide	diethyl maleate
hydroxyzine	deferiprone
cyanuric chloride	methylene blue
diethyl pyrocarbonate	hydroxytyrosol
thiosalicylic acid	metoprolol
bromophenol blue	metronidazole
iodoquinol	minoxidil
phosphine oxide	myoglobin
pyrylium salt	phthalaldehyde
phosphoric acids	phenazopyridine
electrophilic reagent	chromone
nucleophilic reagent	malachite green
ketal	organic molecule
thioacetal	nalmeferene
silsesquioxane	naltrexone
silver ion	naphazoline
dioleoyl phosphatidylcholine	naproxen
isosorbide dinitrate	morin
sodium silicate	chrysin
carfentanil	sodium periodate
hyperbranched polymer	methyltriethylammonium chloride
zinc acetate	dibenzoylmethane
ammonium iodide	nicardipine
lithium bromide	pyranoside
ammonium formate	nifedipine

nitroalkane	prazosin
solution	procainamide
triphenylmethane	promazine hydrochloride
nortriptyline	nitroxyl
alloxan	propranolol
cetylpyridinium bromide	hexamethyldisilazane
nitrone	paraben
zirconium tetrachloride	bromothymol blue
nitromethane	nitrotyrosine
potassium sorbate	neutral red
carminic acid	ninhydrin
methyl isothiocyanate	phenyl benzoate
cystamine	methyl blue
pyrrolidine dithiocarbamate	methyl green
sodium nitrite	methylene green
parthenin	ranitidine
pentazocine	resazurin
tropolone	rhodanine
thiobenzamide	rivastigmine
phenylephrine	ropinirole
calcium propionate	sodium dodecyl sulfate
thiadiazin	phenylpropionic acid
hexachloroacetone	neocuproine
pioglitazone	sertraline
carbon black	sulfadiazine
carmoisine	sulfamic acid
doxylamine succinate	sulfasalazine
methyl acrylate	sulfaguanidine
piroxicam	sulfabenzamide
trichloroacetonitrile	thiocarbohydrazide
sodium diethyldithiocarbamate	thioridazine
cholesteryl stearate	tiron
pyrazolone	trimipramine
potassium iodide	venlafaxine
pramipexole	

۸-۴. مفاهیم مشترک دارای روابط دودویی

nalidixic acid	codeine
ciprofloxacin	benzene
norfloxacin	creatinine
diltiazem	alizarin
sulfamethazine	glyoxylic acid
rolipram	salicylic acid
sodium ascorbate	oxalic acid
sodium benzoate	cellobiose
efavirenz	phosphoramidate
fentanyl	dimethylamine
potassium carbonate	glucose
sodium perchlorate	morphine
glycidyl methacrylate	maltose
graphite oxide	chloric acid
graphene oxide	chromotropic acid
nickel ferrite	hydroquinone
choline chloride	lactose
alloy	methanol
hexanol	cyclohexanone
pentanol	cyclohexyl isocyanide
pyrazole	sucrose
acetone	dinitrogen
acetic acid	fumaric acid
water	thiocyanate
hydroxylamine	piperidine
terephthalic acid	cyclohexanol
dichloromethane	maleic acid
cyclohexylamine	aldaric acid
quinine	aldonic acid
methanethiol	alkyl group
salicylaldehyde	aminouracil
maleimide	borates
cholesterol	cinnamate
ammonia	cyanates
hydrogen sulfide	cyanides
urea	cyclopentane
pyridine	dibenzothiophene
guanine	dodecyl sulfate
ethanol	flavin adenine dinucleotide
hydrogen peroxide	fluorenes
chitosan	hydroxamic acid
formamide	methacrylate
cyclopentanone	methacrylic acid
raffinose	albuterol
peptide	nitrites

nitrous acid	hydrogen azide
peroxides	azathioprine
amantadine	azithromycin
sodium chloride	baclofen
amoxicillin	phosphoramidate
sulfuric acid	beclomethasone
tartaric acid	thioglycolic acid
triazolopyrimidine	azo group
uronic acid	sodium perborate
methanesulfonic acid	phosphonium
umbelliferone	cyclopropyl group
histidine	cyclopropane
chalcone	sulfur hexafluoride
cisplatin	hydroxypropyl methylcellulose
phenylhydrazine	ferrocene
tungsten	gallic acid
vancomycin	malonic acid
starch	adipic acid
rifampicin	potassium thiocyanate
glycogen	trichloroacetic acid
chlorobenzene	pyridoxine hydrochloride
amylose	azulene
diethanolamine	capecitabine
papaverine	carboplatin
dimethyl sulfoxide	domperidone
dodecyltrimethylammonium bromide	fluorescein
vincristine	magnesium oxide
triethanolamine	methylparaben
doxorubicin	modafinil
fructose	propylparaben
nitroglycerin	sodium hypochlorite
naphthazarin	titanium dioxide
gramine	thioacetamide
carbonic acid	potassium chloride
cyclohexane	magnesium sulfate
ceftriaxone	guanidinium chloride
hexane	cetylpyridinium chloride
phthalic acid	sodium acetate
periodic acid	pyrrolidine
sulfinic acid	chromic acid
perchloric acid	potassium cyanide
hydrogen fluoride	sodium cyanide
thiol	atom
peroxydisulfate	aryl group
methyl	graphite
phosgene	carboxylic acid

captopril	cyanuric acid
nucleoside	propazine
carbamazepine	potassium bromate
carbidopa	formamidine
4-aminopyridine	thiomalic acid
carvacrol	thiamethoxam
carvedilol	abamectin
congo red	halomethane
dibutyl phthalate	curcumin
glyoxal	valproic acid
methyl methacrylate	benzylamine
phenolphthalein	fluoroform
phenethyl isothiocyanate	crystal violet
cefuroxime	fisetin
zinc sulfate	gabapentin
isoprene	guanidine
chloroform	dexmedetomidine
cephalexin	dextromethorphan
hydrate	1,10-phenanthroline
hydrazine hydrate	trifluoroacetic acid
perfluorooctanoic acid	dimethyl disulfide
cetirizine	fluconazole
naphthol	picric acid
dicarboxylic acid	paracetamol
diethyl ether	diphenhydramine
enrofloxacin	diphenoxylate
nitroso compound	diphenylamine
valacyclovir	dipyridamole
chloromethane	dipicolinic acid
chlordiazepoxide	dorzolamide
chlorhexidine	doxepin
chloroquine	cefixime
chlorpromazine	diclofenac
dimethyl carbonate	cefazolin
phthalic anhydride	maleic anhydride
cholesteryl palmitate	ketoconazole
thiourea	clomipramine
cimetidine	sulforaphane
citalopram hydrobromide	nitric acid
clarithromycin	roxithromycin
clofibrate	sulfurous acid
clonazepam	clavulanic acid
vinyl group	deferasirox
carboxamide	diazepam
clotrimazole	hydrogen atom
clozapine	perchlorate

famotidine	carfentanil
methyl red	hyperbranched polymer
periodate	zinc acetate
selegiline	ammonium formate
methimazole	topiramate
cyproterone	lamotrigine
cyproterone acetate	sulfacetamide
doxycycline	letrozole
nitrates	cantharidin
fluoxetine	glutaraldehyde
calixarene	memantine
zinc tetraphenylporphyrin	memantine hydrochloride
flutamide	levonorgestrel
fluvoxamine	phosphatidylcholine
acridine orange	potassium fluoride
phenacyl bromide	mefenamic acid
furazolidone	megestrol acetate
sodium ethoxide	methadone
rose bengal	methamphetamine
thionine	hexamethylenetetramine
tetracyanoquinodimethane	diethyl maleate
polyphosphoric acid	deferiprone
cresyl violet	methylene blue
trimellitic anhydride	hydroxytyrosol
safranal	metoprolol
isocyanates	metronidazole
diisocyanate	minoxidil
sodium citrate	phthalaldehyde
donepezil	phenazopyridine
sodium alginate	malachite green
hexamethylene diisocyanate	naltrexone
phenyl isocyanate	naproxen
glyceraldehyde	morin
camphorsulfonic acid	chrysin
vinylferrocene	sodium periodate
malonaldehyde	methyltriethylammonium chloride
hydralazine	dibenzoylmethane
hydrochlorothiazide	nifedipine
hydroxyzine	triphenylmethane
cyanuric chloride	nortriptyline
diethyl pyrocarbonate	alloxan
thiosalicylic acid	cetylpyridinium bromide
bromophenol blue	nitron
pyrylium salt	zirconium tetrachloride
isosorbide dinitrate	nitromethane
sodium silicate	potassium sorbate

carminic acid	ninhydrin
methyl isothiocyanate	methyl blue
cystamine	methyl green
pyrrolidine dithiocarbamate	methylene green
sodium nitrite	ranitidine
phenylephrine	rivastigmine
pioglitazone	ropinirole
piroxicam	sodium dodecyl sulfate
cholesteryl stearate	phenylpropionic acid
potassium iodide	neocuproine
pramipexole	sertraline
prazosin	sulfadiazine
procainamide	sulfasalazine
promazine hydrochloride	sulfaguanidine
propranolol	sulfabenzamide
hexamethyldisilazane	thioridazine
bromothymol blue	trimipramine
nitrotyrosine	venlafaxine
neutral red	

۹-۴. مهمترین مفاهیم دارای روابط دودویی به غیر از رابطه زیر کلاس / سوپر کلاس

diltiazem	***	has_role	***	antihypertensive agent
sulfamethazine	***	has_role	***	ligand
sodium ascorbate	***	has_part	***	reducing agent
potassium carbonate	***	has_role	***	catalyst
sodium perchlorate	***	has_part	***	perchlorate
glycidyl methacrylate	***	has_functional_parent	***	
methacrylic acid				
graphite oxide	***	has_part	***	graphene oxide
graphite oxide	***	has_part	***	graphite
graphene oxide	***	has_functional_parent	***	graphene
hexanol	***	has_parent_hydride	***	hexane
acetic acid	***	has_role	***	protic solvent
water	***	has_role	***	amphiprotic solvent
hydroxylamine	***	has_role	***	nucleophilic reagent
hydroxylamine	***	has_role	***	ammonia
maleimide	***	has_role	***	maleic acid
ammonia	***	has_role	***	nucleophilic reagent
urea	***	has_role	***	carbonic acid
formamide	***	has_role	***	solvent
codeine	***	has_role	***	morphine
alizarin	***	has_role	***	dye
hydroquinone	***	has_role	***	antioxidant
methanol	***	has_role	***	fuel
methanol	***	has_role	***	amphiprotic solvent
piperidine	***	has_role	***	reagent
piperidine	***	has_role	***	catalyst
piperidine	***	has_role	***	protic solvent
cyclohexanol	***	has_role	***	solvent
methacrylate	***	has_functional_parent	***	methacrylic acid
methacrylic acid	***	has_functional_parent	***	methacrylate
nitrites	***	has_functional_parent	***	nitrous acid
sulfuric acid	***	has_role	***	catalyst
cisplatin	***	has_role	***	antineoplastic agent
starch	***	has_part	***	amylopectin
starch	***	has_part	***	amylose
rifampicin	***	has_role	***	antitubercular agent
rifampicin	***	has_role	***	antineoplastic agent
chlorobenzene	***	has_role	***	solvent
vincristine	***	has_role	***	antineoplastic agent
triethanolamine	***	has_role	***	buffer
triethanolamine	***	has_role	***	triethylamine
naphthazarin	***	has_role	***	antineoplastic agent
periodic acid	***	is_conjugate_acid_of	***	periodate
perchloric acid	***	is_conjugate_acid_of	***	perchlorate
azathioprine	***	has_role	***	antineoplastic agent
cyclopropyl group	***	is_substituent_group_from	***	cyclopropane
gallic acid	***	has_role	***	antioxidant
gallic acid	***	has_role	***	antineoplastic agent
potassium thiocyanate	***	has_part	***	thiocyanate
trichloroacetic acid	***	has_role	***	acetic acid
capecitabine	***	has_role	***	antineoplastic agent
carboplatin	***	has_part	***	antineoplastic agent
atom	***	has_part	***	electron
graphite	***	has_part	***	graphene
captopril	***	has_role	***	antihypertensive agent
carvedilol	***	has_role	***	antihypertensive agent

glyoxal *** has_role *** pesticide
 methyl methacrylate *** has_role *** methacrylic acid
 phenethyl isothiocyanate *** has_role *** antineoplastic agent
 hydrate *** has_part *** water
 enrofloxacin *** has_role *** antineoplastic agent
 valacyclovir *** has_role *** guanine
 dimethyl carbonate *** has_role *** reagent
 dimethyl carbonate *** has_role *** solvent
 thiourea *** has_role *** antioxidant
 thiourea *** has_role *** urea
 curcumin *** has_role *** antineoplastic agent
 curcumin *** has_role *** dye
 curcumin *** has_role *** ligand
 fisetin *** has_role *** antioxidant
 trifluoroacetic acid *** has_role *** reagent
 trifluoroacetic acid *** has_role *** acetic acid
 diphenylamine *** has_role *** antioxidant
 dorzolamide *** has_role *** antihypertensive agent
 diclofenac *** has_role *** diphenylamine
 sulforaphane *** has_role *** antioxidant
 sulforaphane *** has_role *** antineoplastic agent
 nitric acid *** has_role *** reagent
 nitric acid *** has_role *** protic solvent
 perchlorate *** is_conjugate_base_of *** perchloric acid
 methyl red *** has_role *** dye
 periodate *** is_conjugate_base_of *** periodic acid
 cyproterone acetate *** has_role *** cyproterone
 nitrates *** has_functional_parent *** nitric acid
 flutamide *** has_role *** antineoplastic agent
 sodium ethoxide *** has_part *** nucleophilic reagent
 trimellitic anhydride *** has_role *** phthalic anhydride
 vinylferrocene *** has_part *** vinyl group
 hydralazine *** has_role *** antihypertensive agent
 hydrochlorothiazide *** has_role *** antihypertensive agent
 bromophenol blue *** has_role *** dye
 ammonium formate *** has_role *** buffer
 letrozole *** has_role *** antineoplastic agent
 diethyl maleate *** has_role *** ethanol
 methylene blue *** has_part *** antioxidant
 hydroxytyrosol *** has_role *** antioxidant
 hydroxytyrosol *** has_role *** antineoplastic agent
 metoprolol *** has_role *** antihypertensive agent
 minoxidil *** has_role *** antihypertensive agent
 morin *** has_role *** antioxidant
 morin *** has_role *** antineoplastic agent
 morin *** has_role *** antihypertensive agent
 chrysin *** has_role *** antioxidant
 chrysin *** has_role *** antineoplastic agent
 sodium periodate *** has_part *** periodate
 dibenzoylmethane *** has_role *** antineoplastic agent
 nortriptyline *** has_role *** antineoplastic agent
 zirconium tetrachloride *** has_role *** catalyst
 pyrrolidine dithiocarbamate *** has_role *** antineoplastic agent
 sodium nitrite *** has_role *** antihypertensive agent
 prazosin *** has_role *** antihypertensive agent
 propranolol *** has_role *** antihypertensive agent

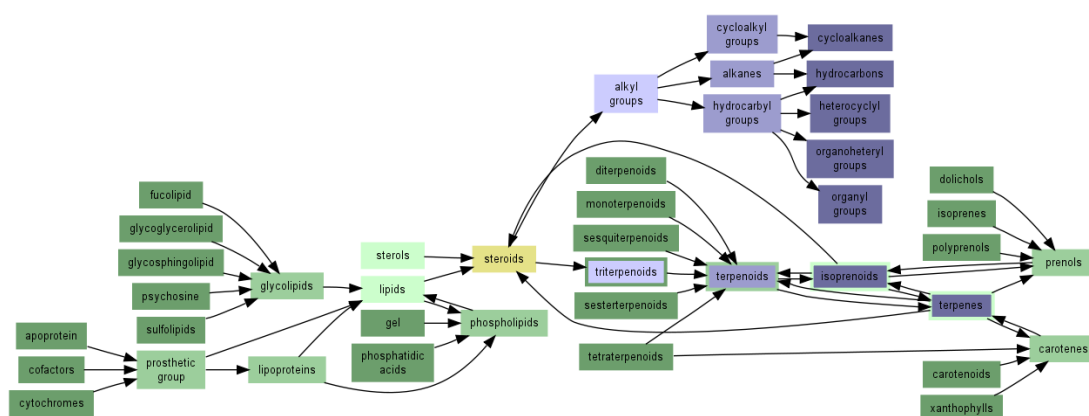
ایجاد هستی‌شناسی از اصطلاح‌نامه شیمی ایرانداک □ ۱۲۲

hexamethyldisilazane	***	has_role	***	ammonia
bromothymol blue	***	has_role	***	dye
neutral red	***	has_part	***	dye
sodium dodecyl sulfate	***	has_part	***	dodecyl sulfate

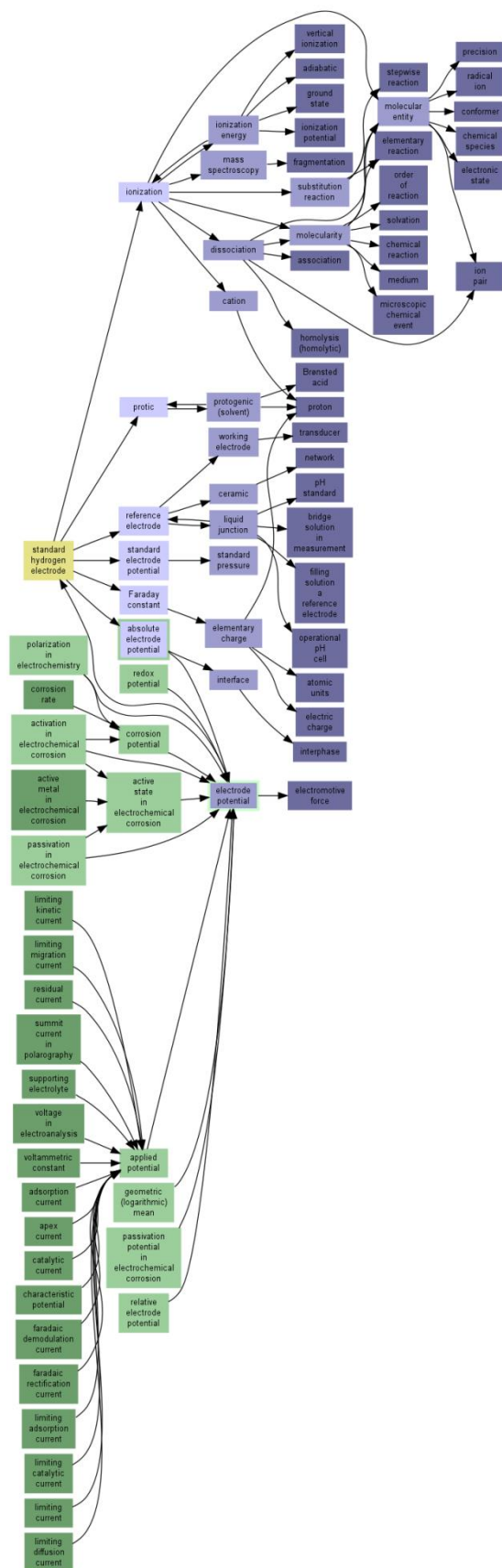
فصل پنجم

شبکه مفاهیم آنتولوژی شیمی

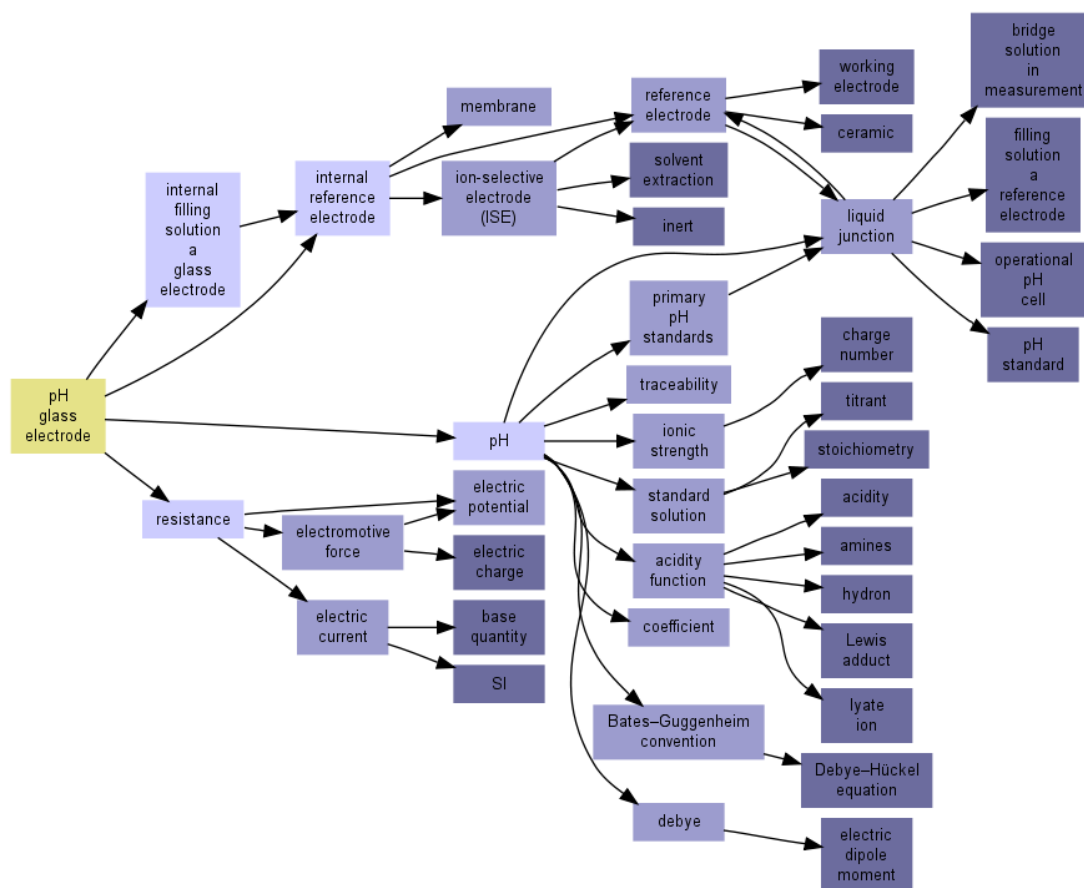
در اینجا بخشی از نمودارهایی که متخصصین موضوعی با الگوبرداری از گراف‌های مفهومی آیوپاک IUPAC استخراج کرده‌اند را ارائه می‌نمایم. همه واژگان شیمی موجود در این مجموعه به صورت هایپرلینک به نمودارهای مرتبط وصل می‌شوند. بدین ترتیب می‌توان روابط معنایی در مجموعه واژگان آیوپاک گولدمبوک را به صورت ماشینی به آنتولوژی شیمی ایرانداک تعمیم داد. البته این کار مستلزم طراحی و اجرای پروژه‌ای مکمل طرح کنونی می‌باشد.



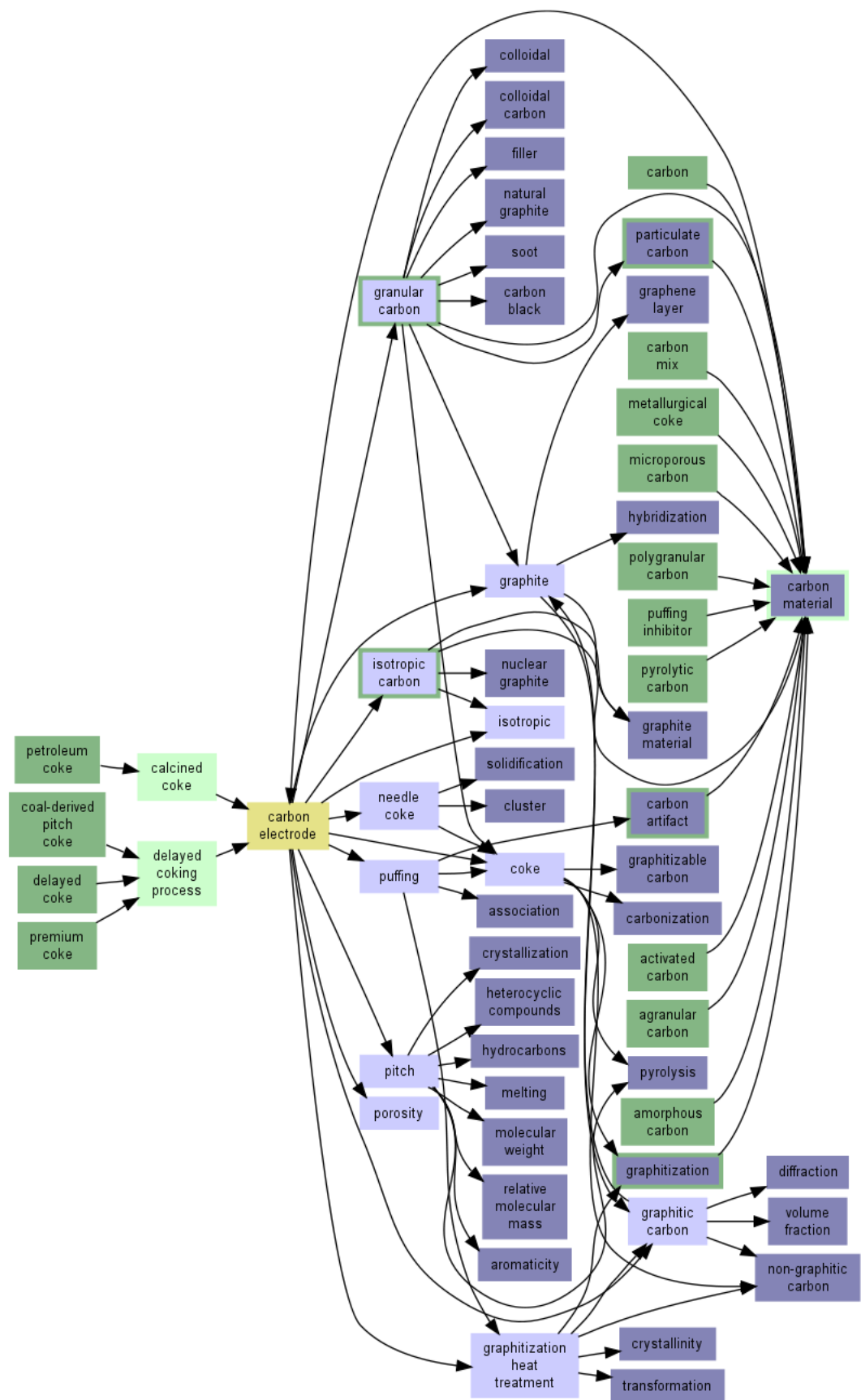
شکل ۵-۱. استروئیدها



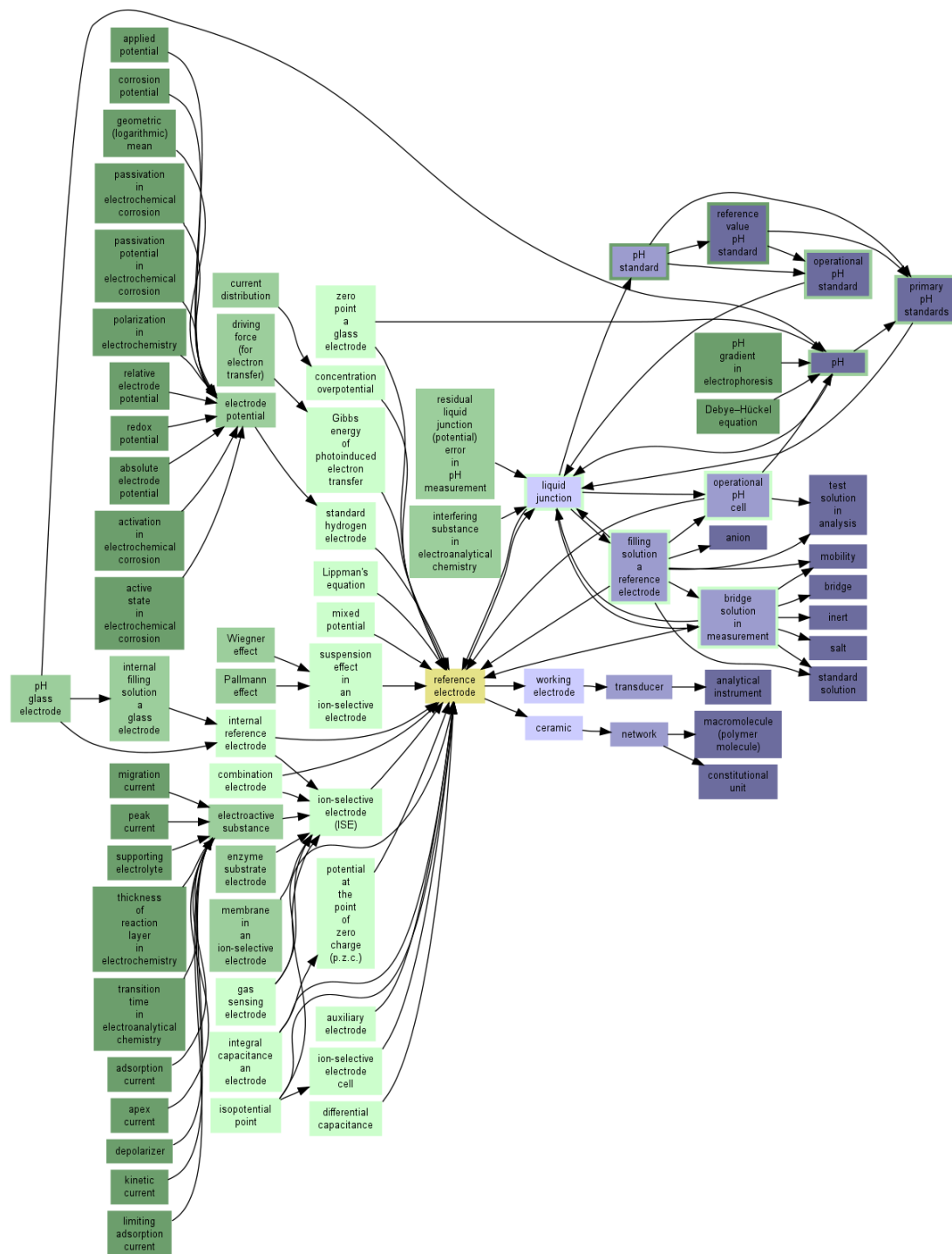
شکل ۵-۲. الکتروود استاندارد هیدروژن



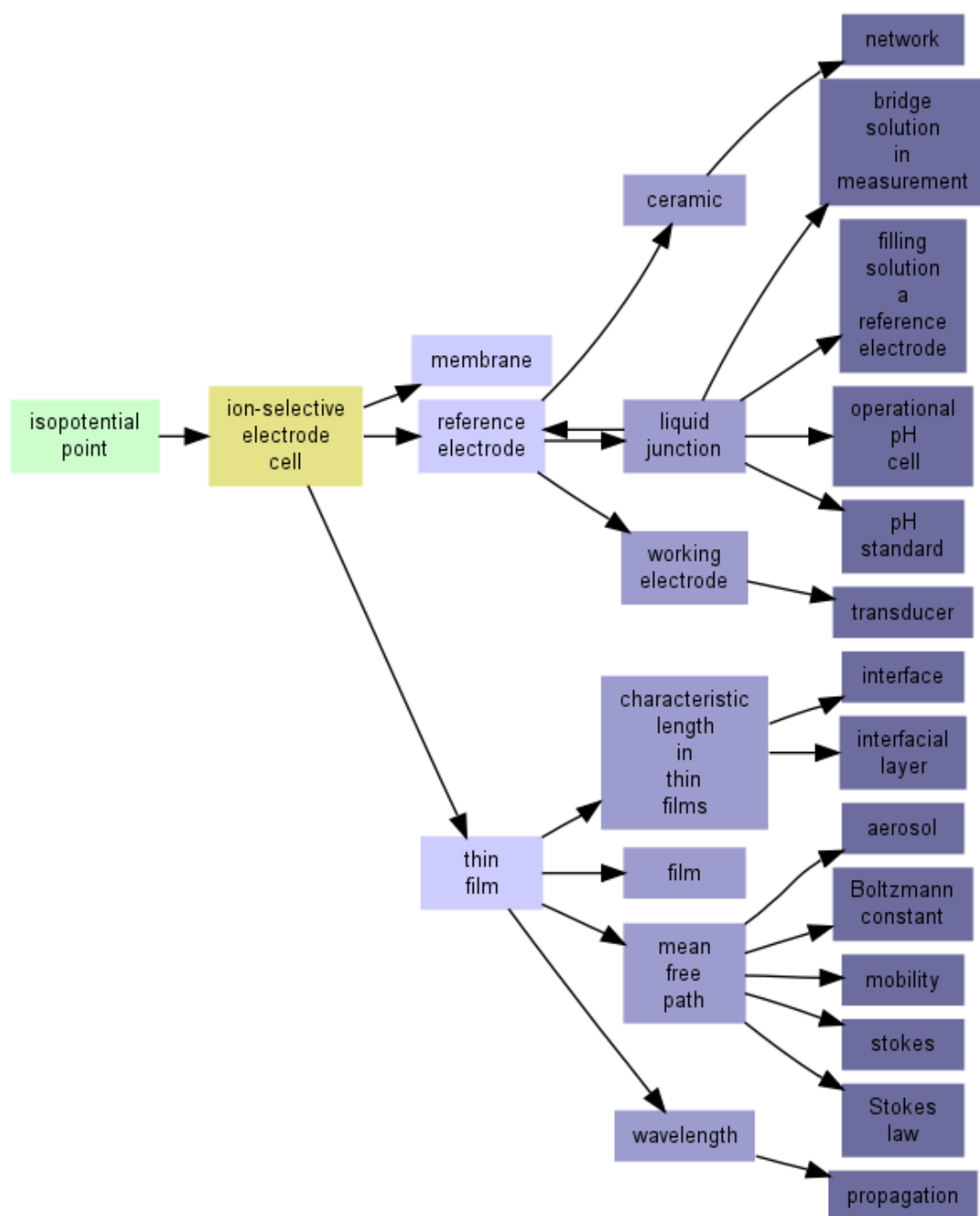
شکل ۵-۳. الکتروود شیشه ای پی.اچ



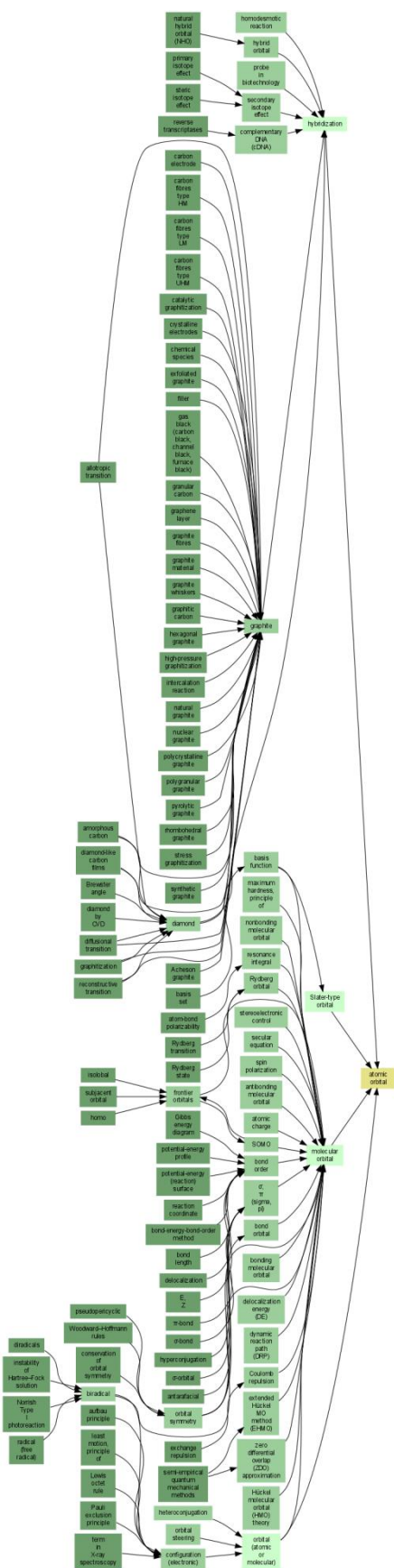
شکل ۵-۴. الکتروود کربن



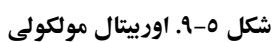
شکل ۵-۶. الکتروود مرجع



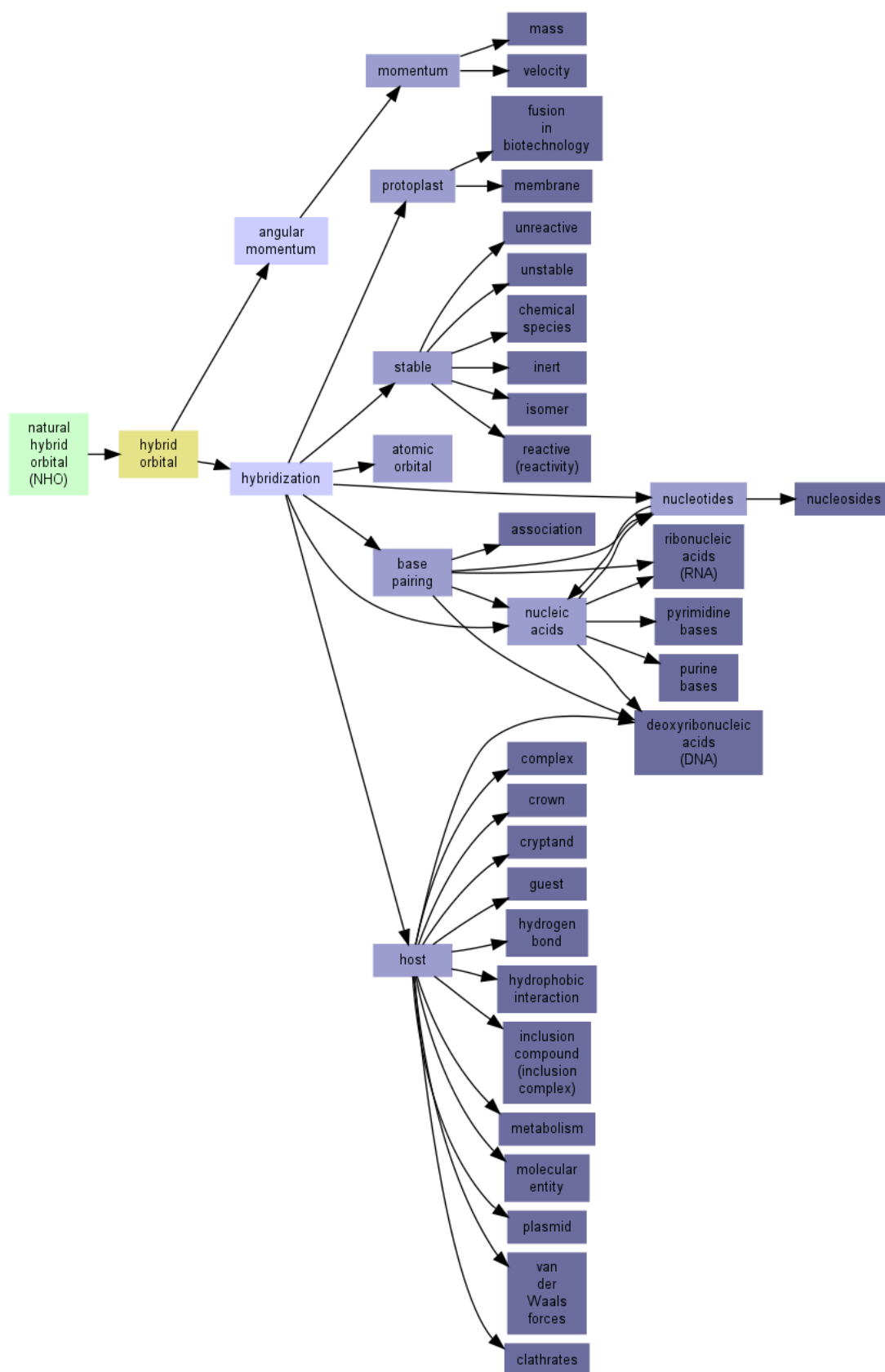
شکل ۵-۷. الکتروود یون‌گزین



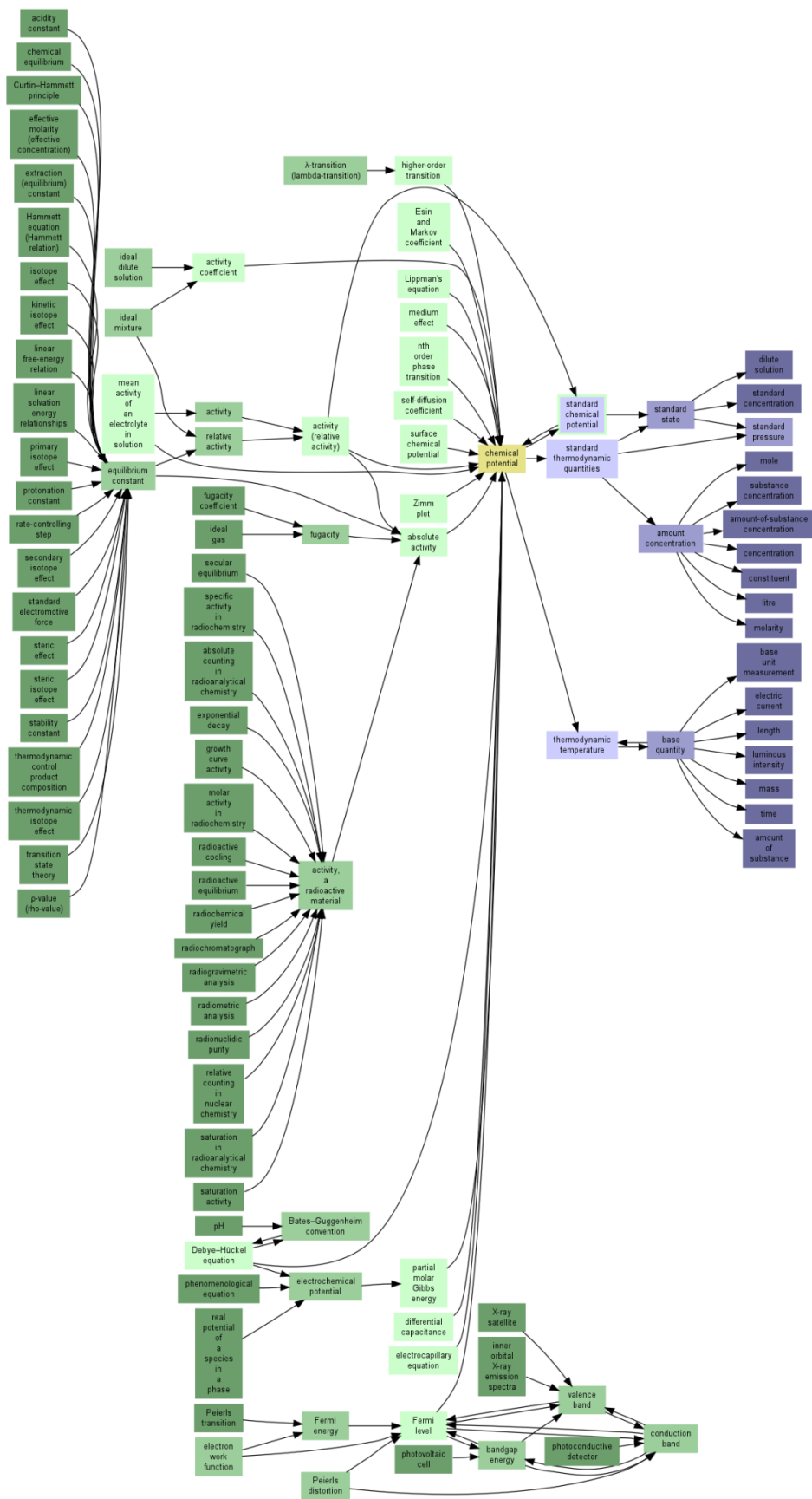
شکل ۵-۸. اوریتال اتمی



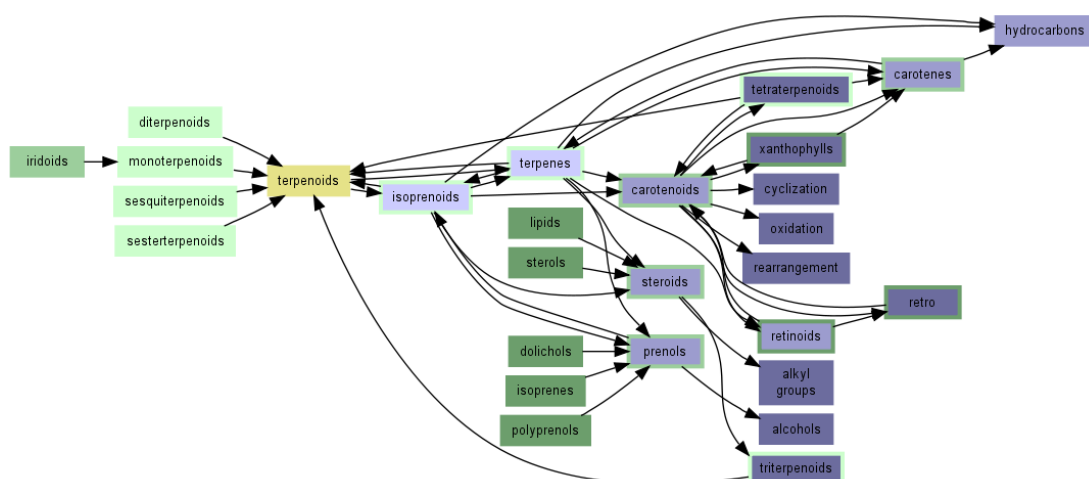
شکل ۵-۹. اوریتال مولکولی



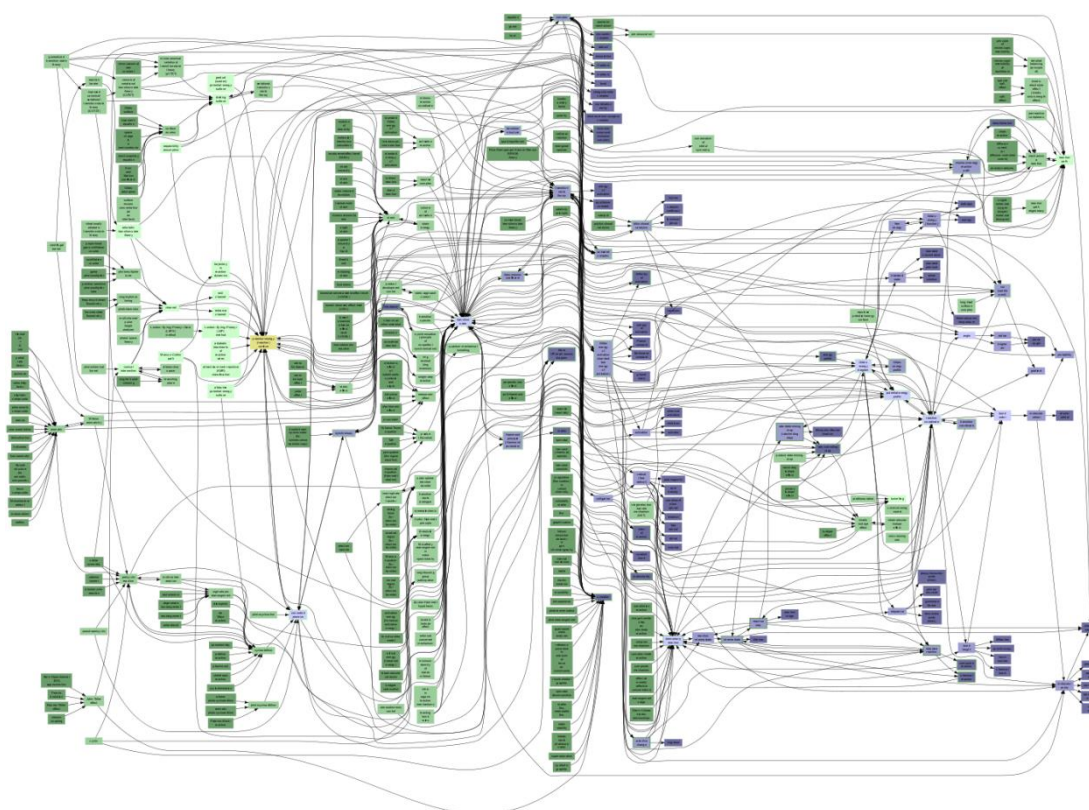
شکل ۵-۱۰. اوربیتال هیبریدی



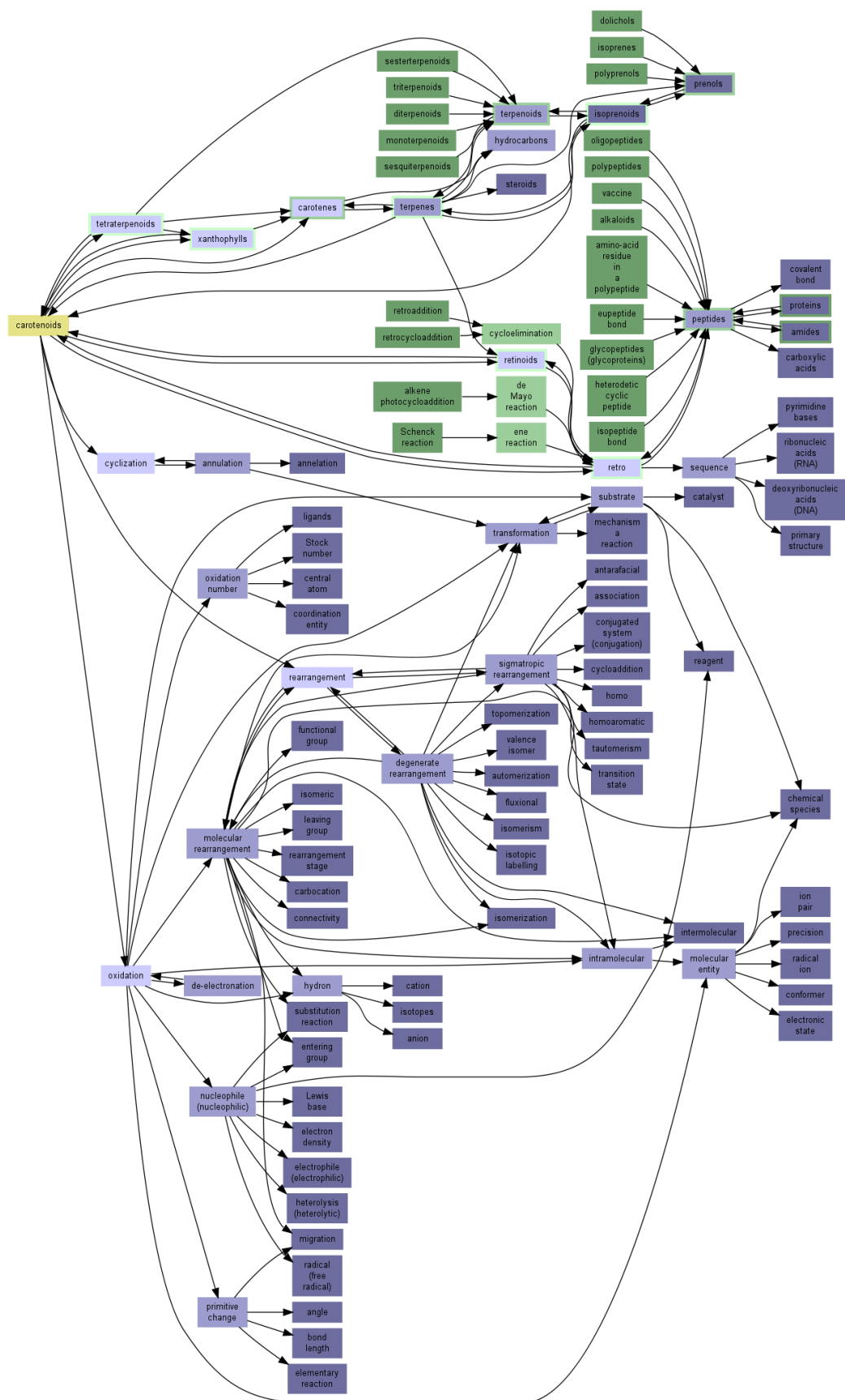
شکل ۵-۱۱. پتانسیل شیمیایی



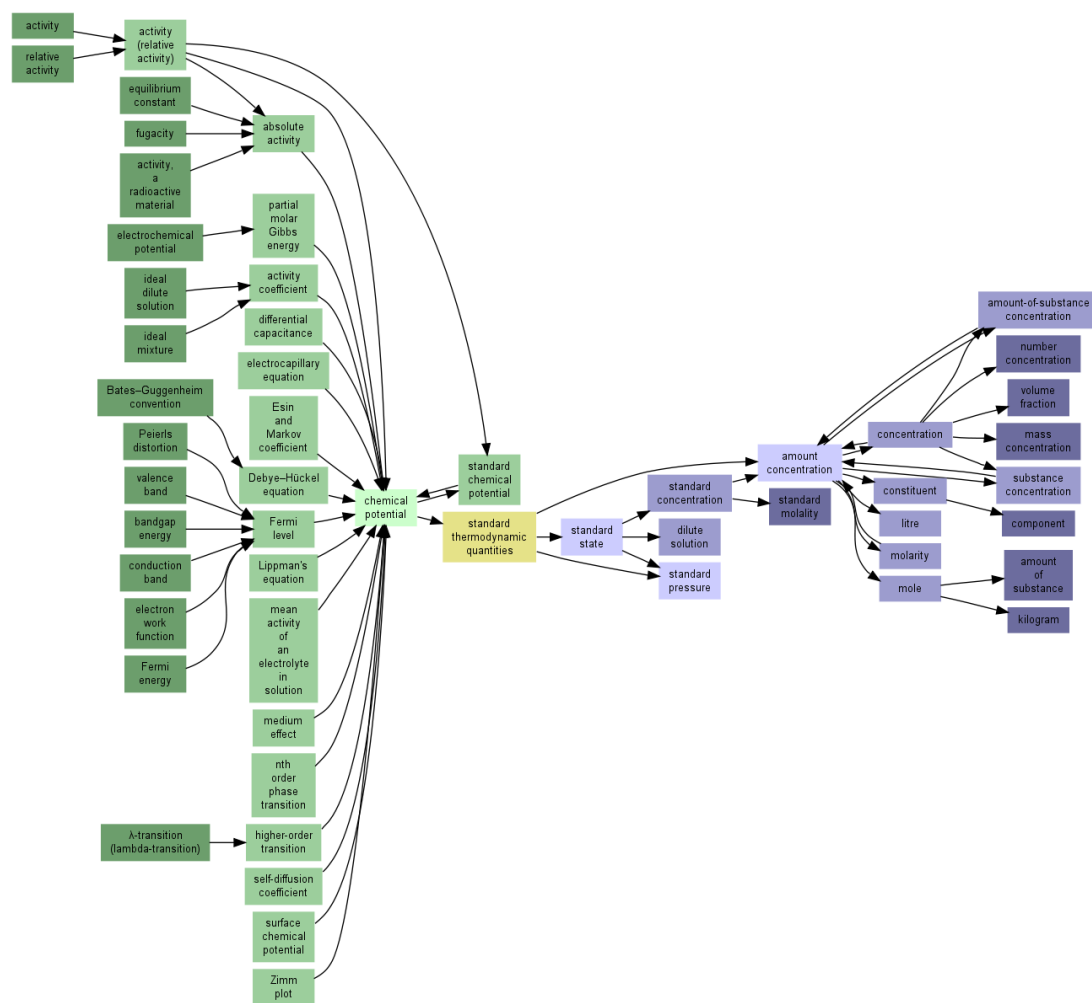
شکل ۵-۱۲. ترپنوئیدها



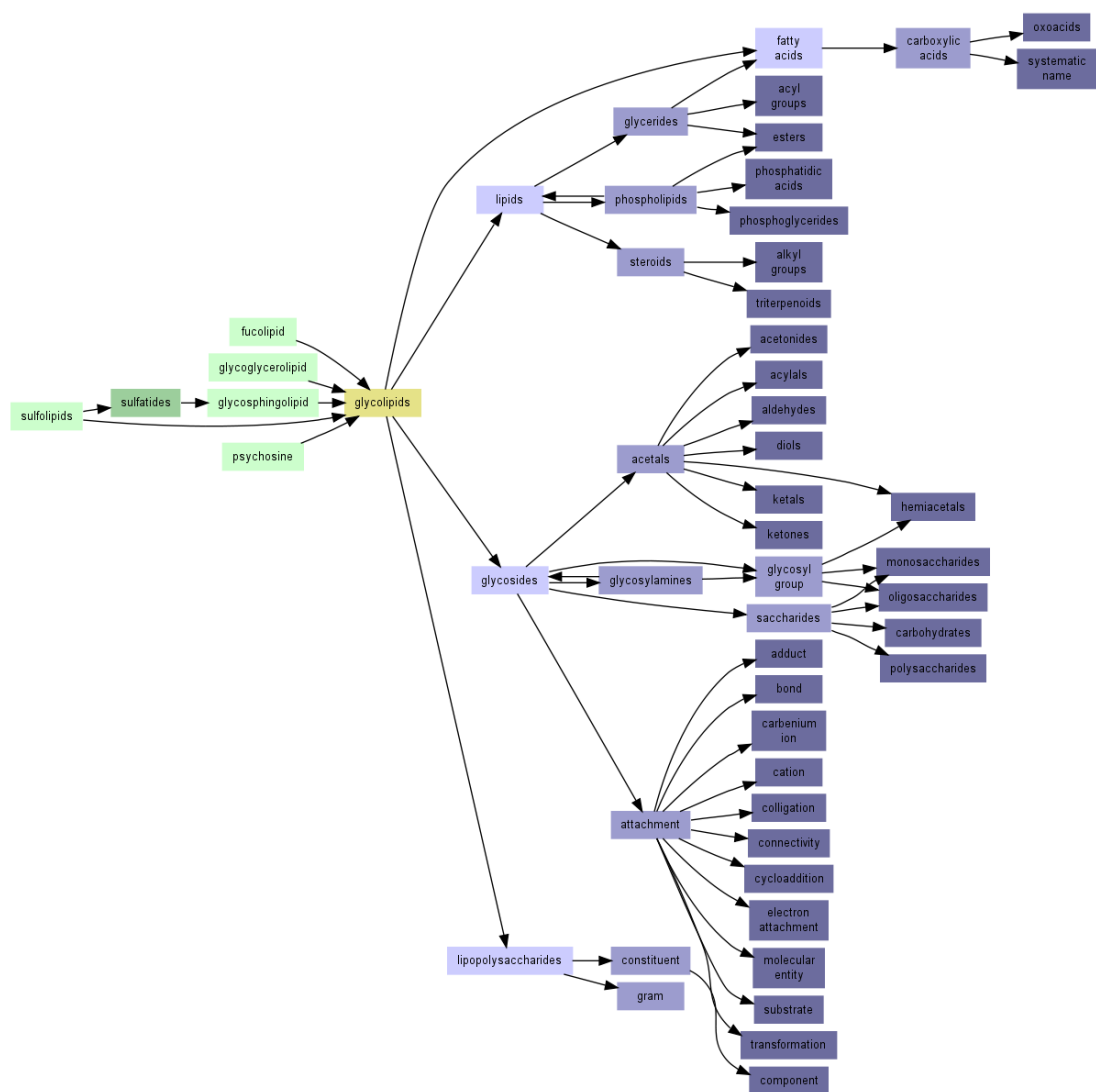
شکل ۵-۱۳. سطح انرژی پتانسیل



شکل ۵-۱۴. کارتنویدها



شکل ۵-۱۵. کمیت‌های ترمودینامیکی استاندارد



شکل ۵-۱۶. گلیکولیپیدها

فصل ششم

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

۱-۶. مقدمه

در عصر اطلاعات، ثروت اصلی دانش است و صاحبان دانش دارای قدرت واقعی هستند. در این دوران به اشتراک گذاشتن منابع اطلاعاتی، اصل کلیدی در مدیریت دانش محسوب می‌شود. هستی‌شناسی‌ها به عنوان ابزار کلیدی توسعه شبکه معنایی در بازنمایی یک دامنه موضوعی و به عنوان الگوهای فرایند استدلالی تبادل اطلاعات، نقش مؤثری ایفا می‌کنند. دانشمندان مهندسی دانش نگاه جدیدی به آینده وب جهانی دارند که در آن تمامی دانش موجود به صورت قاعده‌مند رمزگذاری می‌شود تا عوامل هوشمند بتوانند به طریقی خودکار، به همه انسان‌ها خدمات اطلاعاتی ارائه دهند. این کار مستلزم تعریف رسمی و قاعده‌مند هستی‌شناسی‌های مبتنی بر وب است تا بیان‌کننده دانش قابل فهم انسان و رایانه باشد و ارزش افزوده بر دانش و توسعه آن به صورت فراداده خواهد بود، که در حال حاضر تعریف شده و قابل کاربرد در مجموعه‌های محدودی از درخواست‌ها است.

پیش‌بینی می‌شود که در دهه‌های آتی، ساختار دانش مورد درخواست بیشتر به صورت رسمی و به شکل نظام‌مند هستی‌شناسی مبتنی بر وب و ارائه آن‌ها به زبان‌های مختلف به کار روند. شبکه معنایی، انتقال مفاهیم گوناگون را مقدور می‌سازد و برای عملکرد دقیق‌تر رایانه نیاز به ساختارمند نمودن اطلاعات و نیز اعمال قواعد معنایی دارد. بدین منظور باید از الگوهای یکسان معنایی استفاده شود و به این ترتیب توانایی تحلیل معنایی این شبکه، امکان دسترسی به حجم بالایی از اطلاعات علمی-فنی را فراهم می‌سازد.

۶-۲. نتایج حاصل از تحقیق

هنگامی که از تاکسونومی‌ها و اصطلاح‌نامه‌ها به سوی الگوهای مفهومی و نظریه منطقی مفاهیم حرکت می‌کنیم، به هستی‌شناسی‌ها می‌رسیم. هستی‌شناسی‌ها که بر اساس قواعد منطقی ارائه می‌شوند

و قابل‌پردازش هستند. یک هستی‌شناسی معرف واژگان تخصصی و مفاهیم آن‌هاست، که در توصیف و بازنمایی حوزه‌ای از دانش به کار می‌روند و از این‌رو معانی اصطلاحات را استاندارد سازی می‌کند. هستی‌شناسی‌ها از سوی متخصصین، پایگاه‌های اطلاعاتی و دیگر سیستم‌های رایانه‌ای به کار گرفته می‌شوند تا اطلاعات موضوعی و تخصصی دامنه (حوزه تخصصی دانش مانند: شیمی، فیزیک، زیست‌شناسی، ریاضیات و زمین‌شناسی) را به اشتراک گذارند. هستی‌شناسی‌ها شامل تعاریف مفاهیم پایه در یک دامنه موضوعی و روابط معنایی میان آن‌ها هستند که می‌توانند دانش موجود در دامنه را رمزگذاری کنند و آن را برای بهره‌برداری مجدد توسط متخصصین و محققین قابل استفاده نمایند.

شیوه ارائه اطلاعات و طراحی بازیابی دانش از طریق کاربرد زبان طبیعی، وجه مشترک میان هستی‌شناسی‌ها و منابع واژگانی است، که از طرفی تلفیق و ادغام آن‌ها را ضروری می‌سازد و از طرف دیگر محدودیت‌هایی در کاربرد هستی‌شناسی‌ها ایجاد می‌کند. در بحث پیرامون هستی‌شناسی‌ها نیاز به تفکیک سطوح بازنمایی اطلاعات داریم. این تفکیک از آن جهت لازم است که هستی‌شناسی را می‌توان زبان بازنمایی اطلاعات (شامل واژگان، نحو و معناشناسی یک متن) دانست. علاوه بر این در هستی‌شناسی‌ها ارائه محتوا صورت می‌گیرد و از این‌رو به زبان‌هایی برای بازنمایی محتوا نیازمند است، که معمولاً «زبان بازنمایی دانش» نامیده می‌شود. مسئله مهم در ادراک و توسعه هستی‌شناسی‌ها ارائه نقشه معنایی آن‌هاست و آنچه بر همه چیز در فناوری اطلاعات تأثیرگذار است، بازنمایی معنا برای سیستم‌های کاربردی نرم‌افزاری در پایگاه‌های داده‌بنیان و گردآوری اسناد است. همواره باید در نظر داشت که بازنمایی معنا در سیستم‌های بازیابی اطلاعات و پایگاه‌های اطلاعاتی و اسناد و بازنمایی معنا در جامعه اطلاعاتی و متخصصین موضوعی و جهان پیرامون آن مطابقت داشته باشد و نمایانگر نقشه مفهومی آن‌ها باشد و در میان مجموعه هستی‌شناسی‌های متعدد، یکسان‌سازی و تلفیق مفاهیم صورت پذیرد، که به معنای واقعی کاری است بسیار دشوار و زمان‌بر و بودجه‌گزافی را می‌طلبد.

اغلب زبان‌ها و ابزارهای پشتیبان آن‌ها تسهیلاتی را برای تعریف و تلفیق میان هستی‌شناسی دارند. ساده‌ترین سازوکار شرایط اقتباس و ادغام هستی‌شناسی‌هاست که طی آن یک هستی‌شناسی سطح بالا در نظر گرفته می‌شود و برای هستی‌شناسی موجود از آن کمک گرفته و الگوبرداری می‌شود و تمامی مفاهیم و روابط معنایی اقتباس شده در فضای جدید دسترس‌پذیر می‌گردد. هر چند این مفاهیم وارداتی و روابط معنایی آن‌ها برای هستی‌شناسی که از قبل ایجاد شده کاملاً قابل پذیرش نباشد، اما با یکدست کردن و ویرایش معنایی، این تلفیق و ادغام را میان مفاهیم جدید و قدیم و روابط آنها ایجاد کرد. این تلفیق سبب تثبیت مفاهیم و روابط معنایی آنها می‌شود. در این تلفیق می‌توان با حفظ و نگهداری هر دو هستی‌شناسایی مفاهیم و روابط آن‌ها را به‌طور مجزا اما مرتبط با یکدیگر حفظ نمود. ابزار پشتیبان مانند پروتزه و آنتولینگوا این فرایند تلفیق و ادغام را بهتر انجام می‌دهند. زبان‌های

وب معنایی مانند: اودبلیوال ساختارهایی دارند که اقتباس هستی‌شناسی‌ها را مقدور می‌سازند و نیز آشکار می‌کنند که آیا دو مفهوم در معنا همانند هستند یا خیر. علاوه بر این زبان OWL ما را در آشکار ساختن همانندی دو ویژگی در معنای همانند، یاری می‌دهد که قدم بزرگی برای پشتیبانی از طراحی نقشه مفهومی خواهد بود. به‌طور کلی زبان‌هایی که هستی‌شناسی را بازنمایی می‌کنند عبارتند از «آردی‌اف» و «آردی‌اف/اس» که الگوی زبانی توصیف منابع محسوب می‌شوند و برای بازنمایی هستی‌شناسی به‌کار می‌رود، و زبان «اودبلیوال» که هستی‌شناسی را در سطح وب معنایی بازنمایی می‌کند.

نکته قابل توجه آن است که تمامی این زبان‌ها بر اساس نحو «ایکس‌ام‌ال» به‌صورت زیربنایی برای تعامل هستی‌شناسی و در محیط وب عمل می‌کند. و در ایجاد پایگاه‌های داده و تطبیق با دیگر پایگاه‌ها تأثیرگذار است.

از این بحث می‌توان نتیجه‌گیری کرد که با ادغام و تلفیق و ترسیم نقشه مفهومی و اقتباس و توسعه هستی‌شناسی‌ها که نمایانگر دامنه‌های موضوعی و نیز میان رشته‌ای هستند، می‌توان فناوری هستی‌شناسی‌ها را توسعه داد و نگرش مفهومی واژگان ذهنی انسان را برای ماشین و رایانه قابل درک و خوانا کرد، به طریقی که بتوان در جستجوی و بازیابی اطلاعات از این ساختارهای منطقی بیشترین بهترین استفاده را در حوزه فناوری اطلاعات نمود.

در ادامه این طرح می‌توان با استفاده از نقشه‌های مفهومی Chebi آنتولوژی شیمی حاصل را توسعه و گسترش داد و به عنوان ابزار قدرتمند در سیستم رایانه‌ای قرار داده و با لینک به پایگاه گنج ایرانداک جستجوی هوشمند اطلاعات را در اختیار کاربران این مجموعه ارزشمند قرار داد.

فهرست منابع

- ابراهیم زاده، صنم و ملوک السادات حسینی بهشتی. ۱۳۹۵. تغییر در مفاهیم دانش: نگاهی به ضرورت تکامل هستی‌شناسی‌ها. مطالعات دانش‌شناسی، ۲ (۷). ص ۱۰۱-۱۲۰. بازیابی شده در ۱۰ آذر ۱۳۹۶ از http://journals.atu.ac.ir/article_7232.html
- احمدی، حمید، فریده عصاره ملوک السادات حسینی بهشتی، و غلامرضا حیدری. ۱۳۹۶. طراحی سامانه نیمه خودکار ساخت هستی‌شناسی به کمک تحلیل هم‌رخدادی واژگان و روش C-value (مطالعه موردی: حوزه علم سنجی ایران). پردازش و مدیریت اطلاعات، ۳۳ (۱). ص ۱۸۵-۲۱۶. بازیابی شده در ۵ بهمن ۱۳۹۶ از http://jipm.irandoc.ac.ir/browse.php?a_id=3066&sid=1&slc_lang=fa
- احمدی، حمید. ۱۳۹۸. جزوه آموزش عملی ساخت هستان شناسی (آنتولوژی). گروه علم اطلاعات و دانش شناسی، دانشگاه رازی.
- احمدی نسب، فاطمه. ۱۳۹۱. بررسی تطبیقی اصطلاح‌نامه و هستان شناسی. طرح پژوهشی. مرکز منطقه‌ای اطلاع‌رسانی علوم و فناوری.
- آسوشه، عباس، شهره مهرآسا، تکتم خطیبی، و پریسا خاکشور سعادت. ۱۳۹۰. هستان‌نگاری: روش شناسی‌ها، ابزارها و زبان‌های توسعه. تهران: دانشگاه تربیت مدرس، مرکز نشر آثار علمی.
- پالمر، فرنک ر. ۱۳۸۰. نگاهی تازه به معنی‌شناسی. ترجمه کورش صفوی. تهران: نشر مرکز، کتاب ماد.
- حری، عباس. ۱۳۹۱. اصطلاح‌نامه و هستی‌نگاشت. کلیات کتاب ماه، سال ۱۶، شماره ۲، بهمن ۱۳۹۱.
- حریری، نجلا. ۱۳۸۵. اصول و روش‌های پژوهش کیفی. تهران: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات.
- حریری، نجلا، زهرا امامی، و مجتبی ملک. ۱۳۹۴. دقت و جامعیت موتورهای جستجوی عمومی در بازیابی تصاویر بیماری‌های مهم غدد درون‌ریز. مجله غدد درون‌ریز و متابولیسم ایران، ۱۷ (۲). ص ۹۷-۱۰۴. بازیابی شده در ۲۸ مرداد ۱۳۹۸ از http://ijem.sbm.ac.ir/browse.php?a_code=A-10-1643-1&slc_lang=fa&sid=fa
- حریری، نجلا، فهیمه باب‌الحوائجی، مهرداد فرزندی‌پور، و سمیه نادی راوندی. ۱۳۹۳. معیارهای ارزیابی ربط در نظام‌های بازیابی اطلاعات: دانسته‌ها و ندانسته‌ها. پردازش و مدیریت اطلاعات، ۳۰ (۱). ص ۱۹۹-۲۲۱. بازیابی شده در ۲۸ مرداد ۱۳۹۸ از https://jipm.irandoc.ac.ir/browse.php?a_id=2447&sid=1&slc_lang=fa
- حسینی بهشتی و همکاران. ۱۳۹۸. توسعه و روزآمدسازی اصطلاح‌نامه‌های ایرانداک، تهران. پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات. تهران.

ایجاد هستی‌شناسی از اصطلاح‌نامه شیمی ایرانداک □ ۱۴۳

حسینی بهشتی، ملوک‌السادات. ۱۳۹۱. ایجاد هستی‌شناسی واژگانی از اصطلاح‌نامه‌های علوم پایه. همایش زبان‌شناسی. بهمن ۱۳۹۱.

حسینی بهشتی، ملوک‌السادات. ۱۳۹۱. تبدیل اصطلاح‌نامه به هستان‌شناسی. کلیات کتاب ماه. سال ۱۶، شماره ۲، بهمن ۱۳۹۱.

حسینی بهشتی، ملوک‌السادات. ۱۳۷۸. اصطلاح‌نامه جامع (علوم پایه)، مجموعه مقالات نخستین هم‌اندیشی مسائل واژه‌گزینی و اصطلاح‌شناسی، فرهنگستان زبان و ادب فارسی، مرکز نشر دانشگاهی.

حسینی بهشتی، ملوک‌السادات و فاطمه اژه‌ای. ۱۳۹۴. طراحی و پیاده‌سازی هستی‌شناسی علوم پایه بر اساس مفاهیم و روابط موجود در اصطلاح‌نامه‌های مرتبط. پردازش و مدیریت اطلاعات، ۳۰ (۳). ص ۶۷۷-۶۹۶. بازیابی شده در ۱۰

آذر ۱۳۹۶ از http://jipm.irandoc.ac.ir/browse.php?a_id=2488&sid=1&slc_lang=fa

حسینی بهشتی، ملوک‌السادات و همکاران. ۱۳۹۳. طراحی و پیاده‌سازی هستی‌شناسی علوم پایه بر اساس مفاهیم و روابط موجود در اصطلاح‌نامه‌های مرتبط، پژوهشنامه پردازش و مدیریت اطلاعات.

حسینی بهشتی، ملوک‌السادات و همکاران. ۱۳۹۳. غنی‌سازی و پالایش روابط معنایی در هستان‌شناسی علوم پایه با تمرکز بر رشته شیمی، مقاله ارائه‌شده در سومین همایش ملی زبان‌شناسی رایانشی، دانشگاه صنعتی شریف، تهران.

حسینی بهشتی، ملوک‌السادات. ۱۳۹۲. ساخت‌واژه، اصطلاح‌شناسی و مهندسی دانش. تهران: پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران: چاپار.

حسینی بهشتی، ملوک‌السادات، مهرداد نوروزی اقبالی، و مریم نوروزی اقبالی. ۱۳۸۳. اصطلاح‌نامه فنی و مهندسی. تهران: مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران.

داورپناه، محمدرضا. ۱۳۸۴. ضرورت‌های نوین بازنگری در ذخیره و بازیابی اطلاعات. کتابداری و اطلاع‌رسانی، ۳ (۸): ص ۶۷-۸۸.

دوخانی، فیروزه. ۱۳۹۲. چشم‌اندازی به نرم‌افزار پروتج. گفت‌وگو علم و فناوری، ۱ (۸). ص ۴۰۷-۴۳۲. بازیابی شده در ۱۰ آذر ۱۳۹۶ از <http://gofteman.isaim.ir/pdf/1392-8-3.pdf>

رجبی، تقی. ۱۳۸۲. اصطلاح‌نامه جامع: شیمی، مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران. تهران.

رجبی، تقی. ۱۳۸۲. اصطلاح‌نامه شیمی، مقاله ارائه شده در دومین هم‌اندیشی مسائل واژه‌گزینی و اصطلاح‌شناسی، فرهنگستان زبان و ادب فارسی. تهران.

رجبی، تقی. ۱۳۹۵. طراحی ساختار درختی و تدوین اصطلاح‌نامه شیمی از واژگان مصوب فرهنگستان، پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات. تهران.

رجبی، تقی و همکاران. ۱۳۹۸. روزآمدسازی و توسعه اصطلاح‌نامه‌های علمی و فنی ایرانداک. فصلنامه مدیریت اطلاعات، ۵ (۱): ۹۹-۱۱۸.

رنجبر، جهانگیر. ۱۳۸۱. تعیین نشریات هسته لاتین دانشکده ادبیات و علوم انسانی و دانشکده روان‌شناسی و علوم تربیتی دانشگاه شیراز در کتابخانه میرزای شیرازی با استفاده از قانون برادفورد و نظرات اعضای هیئت علمی دانشکده‌ها سال (۲۰۰۲). پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شیراز، دانشکده روان‌شناسی و علوم تربیتی، گروه علم اطلاعات و دانش‌شناسی.

ایجاد هستی‌شناسی از اصطلاح‌نامه شیمی ایرانداک □ ۱۴۴

زاهدی، راضیه، غلامرضا امین، مهرداد کریمی، و محمدرضا علی‌بیک. ۱۳۹۲. روش‌شناسی ایجاد هستی‌نگاشت مبتنی بر نظام زبان واحد پزشکی: مطالعه موردی: هستی‌نگاشت گیاهان دارویی ایران. کتابداری و اطلاع‌رسانی، ۱۶ (۳):

ص ۸۴-۱۰۳. بازیابی شده در ۳ اسفند ۱۳۹۶ از http://lis.aqr-libjournal.ir/article_42426.html

زرداری، سولماز. ۱۳۹۵. مهندسی هستی‌نگاری علم اطلاعات و دانش‌شناسی بر اساس دائرةالمعارف کتابداری و اطلاع‌رسانی. پایان‌نامه دکترای تخصصی. دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، گروه علم اطلاعات و دانش‌شناسی.

زندى روان، نرگس. ۱۳۸۵. تجزیه قراردادی مفهوم زیرساخت پردازش زبان طبیعی در رایانه. در اولین همایش سراسری دانشجویی کتابداری و اطلاع‌رسانی پزشکی ایران. دانشگاه علوم پزشکی اصفهان.

زین‌العابدینی، محسن. ۱۳۸۳. نگاهی بر اصطلاح‌نامه فنی و مهندسی. کتاب ماه کلیات. ۱۲ (۸۴). ص ۶۸-۷۲.

شریف، عاطفه. ۱۳۸۵. شناختی از روابط معنایی در هستی‌شناسی وب. اطلاع‌شناسی. ۴ (۱ و ۲). ص ۶۵-۸۴. بازیابی شده

در ۸ بهمن ۱۳۹۶ از <https://profdoc.um.ac.ir/paper-abstract-1032087.html>

شریف، عاطفه. ۱۳۸۸. تحلیلی بر ذخیره و بازیابی اطلاعات در پرتو نظریه‌های معنایی. مطالعات تربیتی و روانشناسی

دانشگاه فردوسی مشهد. ۱۰ (۲)، ص ۲۷-۴۸. بازیابی شده در ۱۰ آذر ۱۳۹۶ از [https://profdoc.um.ac.ir/paper-](https://profdoc.um.ac.ir/paper-abstract-1029268.html)

[abstract-1029268.html](https://profdoc.um.ac.ir/paper-abstract-1029268.html)

شمس‌فرد، مهنوش و احمد عبداله‌زاده بارفروش. ۱۳۸۱. استخراج دانش مفهومی از متن با استفاده از الگوهای زبانی و

معنایی. تازه‌های علوم شناختی، ۴ (۱). ص ۴۸-۶۶. بازیابی شده در ۵ مهر ۱۳۹۶ از:

http://icssjournal.ir/browse.php?a_id=440&sid=1&slc_lang=fa

شمس‌فرد، مهنوش. ۱۳۹۱. ساخت نیمه‌خودکار وردنت فارسی: از واژه تا واژه‌ستان‌شناسی. در امیر احمدی (ویراستار)،

مجموعه مقالات دومین هم‌اندیشی زبان‌شناسی رایانشی. ص ۱۰۱-۱۲۲. تهران. انتشارات اهورا؛ انجمن زبان‌شناسی

ایران.

صفری، مهدی. ۱۳۸۳. مدل‌سازی مفهومی در بازنمون رسمی دانش: شناختی از هستی‌شناسی در هوش مصنوعی و

نظام‌های اطلاعاتی. اطلاع‌شناسی، ۱ (۴). ص ۷۳-۱۰۴.

صفوی، کورش. ۱۳۸۳. درآمدی بر معنی‌شناسی. تهران: سوره مهر (حوزه هنری سازمان تبلیغات اسلامی).

صمیعی، میترا. ۱۳۸۸. درآمدی بر تاکسونومی و نقش آن در سازماندهی اطلاعات. مطالعات ملی کتابداری و

اطلاع‌رسانی، ۲۰ (۳). ص ۱۷۷-۱۹۵. بازیابی شده در ۵ مهر ۱۳۹۶ از: http://nastinfo.nlai.ir/article_252.html

صنعت‌جو، اعظم و فتحیان، اکرم. ۱۳۹۱. روش‌شناسی طراحی، ساخت و پیاده‌سازی هستی‌شناسی: رویکردها، زبان‌ها و

ابزارها (مطالعه موردی طراحی هستی‌شناسی ASFAONT در حوزه کتابداری و اطلاع‌رسانی). کتابداری و

اطلاع‌رسانی، ۱۵ (۱). ص ۱۱۳-۱۴۲. بازیابی شده در ۸ آبان ۱۳۹۶ از

http://lis.aqr-libjournal.ir/article_47857.html

صنعت‌جو، اعظم. ۱۳۸۴. ضرورت بازنگری در ساختار اصطلاح‌نامه‌ها: بررسی عدم کارایی اصطلاح‌نامه‌ها در محیط

اطلاعاتی جدید و قابلیت‌های هستی‌شناسی در مقایسه با آن. فصلنامه کتاب، ۴ (۶۴). ص ۷۹-۹۲. بازیابی شده در ۸

آبان ۱۳۹۶ از: <https://profdoc.um.ac.ir/paper-abstract-1017374.html>

صنعت‌جو، اعظم و فتحیان، اکرم. ۱۳۹۰. مقایسه کارآمدی اصطلاح‌نامه و هستی‌شناسی در بازنمون دانش (طراحی و

ساخت نمونه هستی‌شناسی اصفهان). پژوهشنامه کتابداری و اطلاع‌رسانی، ۱ (۱). ص ۲۱۹-۲۴۰.

ایجاد هستی‌شناسی از اصطلاح‌نامه شیمی ایرانداک □ ۱۴۵

صنعت‌جو، اعظم. ۱۳۹۱. عملکرد هستی‌شناسی‌ها در نظام‌های بازیابی اطلاعات. کتاب ماه کلیات، ۱۶ (۲). ص ۴۳-۴۷. عبدلی، فاطمه. ۱۳۸۷. نظام تشخیص نفوذ توزیع شده مبتنی بر وب معنایی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.

فتحیان دستگردی، اکرم. ۱۳۸۹. مقایسه کارآمدی اصطلاح‌نامه و هستی‌شناسی در بازنمون دانش و بازیابی مفاهیم. اکرم فتحیان دستگردی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، گروه علم اطلاعات و دانش‌شناسی.

فتحیان دستگردی، اکرم. ۱۳۹۰. ارزیابی هستی‌شناسی‌ها: بررسی معیارها، رویکردها و سطوح. پردازش و مدیریت اطلاعات (ویژه‌نامه ذخیره، بازیابی و مدیریت اطلاعات)، ۲۷ (۲). ص ۵۳۳-۵۵۹. بازیابی شده در ۸ آبان ۱۳۹۶ از <http://jipm.irandoc.ac.ir/article-1-1861-fa.html>

فتحیان دستگردی، اکرم. ۱۳۹۵. طراحی الگوی هستان‌شناسی فراداده‌ای فهرست کتابخانه ملی ایران مبتنی بر روش داده‌های پیوندی. پایان‌نامه دکتری تخصصی، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، گروه علم اطلاعات و دانش‌شناسی.

فدایی، مرضیه، حمیدرضا قادر، و هشام فیلی. ۱۳۹۱. تولید خودکار وردنت فارسی با استفاده از روش شناختی و کاربرد آن در بازیابی اطلاعات. در امیر احمدی (ویراستار)، مجموعه مقالات دومین هم‌اندیشی زبان‌شناسی رایانشی. ص ۱۳۱-۱۵۲. تهران: انتشارات اهورا؛ انجمن زبان‌شناسی ایران.

فلبر، هلموت. ۱۳۸۱. مبانی اصطلاح‌شناسی. ترجمه محسن عزیزی. تهران: مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران. قاسمی الوری، مینا. ۱۳۹۵. تأثیر استفاده از هستی‌نگاشت در کتابخانه‌های دیجیتال معنایی بر میزان دقت و بازیافت اطلاعات بازیابی شده. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه اصفهان، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، گروه علم اطلاعات و دانش‌شناسی.

قیاسوند، امید. ۱۴۰۰. گزارش تبدیل اصطلاح‌نامه شیمی به هستی‌شناسی. پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران. کارگر قوی، مهدیه. ۱۳۹۰. مدیریت برخورد در تطبیق آنتالوژی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه اصفهان، دانشکده فنی و مهندسی.

کازرانی، مریم. ۱۳۹۵. بررسی مقایسه‌ای روابط معنایی، ساختار شکلی و سیستم مدیریت اصطلاح‌نامه‌های فنی-مهندسی و نما. تحقیقات اطلاع‌رسانی و کتابخانه‌های عمومی، ۲۲ (۳). ص ۴۸۹-۵۰۹. بازیابی شده در ۸ آبان ۱۳۹۶ از <http://publij.ir/article-1-1126-fa.html>

کیانی، تاج‌ملک. ۱۳۷۵. تحلیل هزینه-مصرف نشریات ادواری لاتین جاری رشته‌های بیوشیمی-بیوفیزیک در کتابخانه مؤسسه I.B.B دانشگاه تهران و کتابخانه مرکزی دانشگاه تربیت مدرس. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس.

گراسمن، دیوید و افیر فریدر. ۱۳۸۴. بازیابی اطلاعات: الگوریتم‌ها و روش‌های اکتشافی. ترجمه جعفر مهرداد، سارا کلینی. مشهد: انتشارات کتابخانه رایانه‌ای شیراز: کتابخانه منطقه‌ای علوم و تکنولوژی شیراز. لاینز، جان. ۱۳۸۳. مقدمه‌ای بر معناشناسی زبان‌شناختی. ترجمه حسین واله. تهران: گام نو.

محمدی آستانی، مرتضی، مریم آذرگون، و مظفر چشمه‌سهرابی. ۱۳۹۶. روش‌شناسی ساخت و طراحی هستی‌نگاشت‌ها: موردپژوهی حوزه علم سنجی. پردازش و مدیریت اطلاعات، ۳۳ (۴). ص ۱۷۹۳-۱۸۲۲. بازیابی شده در ۸ آبان ۱۳۹۶ از <http://jipm.irandoc.ac.ir/article-1-3245-fa.html>

محمدی، فخرالسادات و سیروس علیدوستی. ۱۳۸۶. فرایند تدوین اصطلاح‌نامه. تهران: پژوهشگاه اطلاعات و مدارک علمی ایران.

مهراد، جعفر و محمدرضا فلاحی فومنی. ۱۳۸۴. معناشناسی و بازیابی اطلاعات: هفت گفتار. مشهد: انتشارات کتابخانه رایانه‌ای؛ شیراز: کتابخانه منطقه‌ای علوم و تکنولوژی شیراز.

میرزاییگی، مهدیه. ۱۳۹۰. کاربرد هستی‌شناسی‌ها در فرایند بازیابی اطلاعات: مروری بر پژوهش‌های جاری و ارائه الگویی مفهومی. پردازش و مدیریت اطلاعات، ۲۷ (۲). ص ۸۳۹-۸۵۵. بازیابی‌شده در ۲۰ شهریور ۱۳۹۶ از:

http://jipm.irandoc.ac.ir/browse.php?a_id=1872&sid=1&slc_lang=fa

نامور، زهرا. ۱۳۹۷. تدوین هستی‌شناسی در پایگاه‌های اطلاعاتی مقالات علمی: مطالعه موردی پایگاه مقالات تمام متنفارسی (فنی - مهندسی) پایان‌نامه دکتری. دانشگاه آزاد اسلامی / واحد علوم تحقیقات.

نشاط، نرگس. ۱۳۸۵. نقش زبان در بازنمایی معنا. اطلاع‌شناسی، ۴ (۱ و ۲): ص ۱۱۹-۱۳۰.

نوروزی چاکلی، عبدالرضا و دیانی، محمدحسین. (۱۳۸۸). ارزیابی برنامه‌ها و عملکردهای مرکز منطقه‌ای اطلاع‌رسانی علوم و فناوری: مقایسه شاخص‌های خدماتی و مدیریتی مراکز بزرگ اطلاع‌رسانی ایران. شیراز: مرکز منطقه‌ای اطلاع‌رسانی علوم و فناوری.

نوروزی، مریم. ۱۳۹۴. مقایسه کارآمدی اصطلاح‌نامه و هستی‌شناسی در بازنمون مفاهیم و روابط معنایی: مطالعه موردی اصطلاح‌نامه تحت وب ASIS و هستی‌شناسی طراح شده. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شیراز، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی، گروه علم اطلاعات و دانش‌شناسی.

ویکی‌پدیا. ۱۳۹۷. مهندسی عمران. بازیابی‌شده در ۱۹ فروردین ۱۳۹۷.

هاتفی مستقیم، رقیه و همکاران. ۱۴۰۰. گزارش طرح پژوهشی: هستان‌شناسی مطالعات زنان ایران (۱۳۹۹-۱۳۵۷). معاونت امور زنان و خانواده ریاست جمهوری اسلامی ایران.

Abdi, A., Idris, N. & Ahmad, Z. 2018. QAPD: an ontology-based question answering system in the physics domain. *Soft Computing*, 22 (1), 213-230. Doi: <https://doi.org/10.1007/s00500-016-2328-2>.

Aitchison, J. and A. Gilchrist. 2000. *Thesaurus Construction and use (a practical Manual)*, 4 ed, London: Aslib.

Alatrish, E. (2013). Comparison Some of Ontology Editors. *Management Information Systems*. 8 (2), 18-24. Available at: <http://www.ef.uns.ac.rs/mis/archive-pdf/2013%20-%20No2/MIS2013-2-4.pdf>. (accessed 13 July 2017).

Almeida, M.B. 2013. Revisiting Ontologies: A Necessary Clarification, *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 64 (8):1682-1693.

Amirhosseini, M.; Salim, J. 2019. A Synthesis Survey of Ontology Evaluation Tools, Applications and Methods to Propose a Novel Branch in Evaluating the Structure of Ontologies: Graph-Independent Approach, *International Journal of Computer (IJC)* Vol. 33, No.1, pp 46-68.

Amirhosseini, M.; Salim, J. 2019. Structural Analysis of Semantic Relations Regarding Integration and Association of Semantic Network in Vocbench as an Agricultural Ontology, *International Journal of Engineering Technologies and Management Research*, Vol.6, (Iss.5).

Andreou, A. 2005. *Ontologies and Query Expansion*. (M.S. thesis, School of Informatics, Edinburgh University). Retrieved from: <https://www.inf.ed.ac.uk/publications/thesis/online/IM050335.pdf>.

Andrew, A.M. 2004. "A Review of Knowledge Representation, Reasoning and Declarative Problem Solving" *Cybernetics*, 33 (1): 147-150. Retrieved Sep, 5, 2007, from:

- http://www.cybsoc.org/knownrep (K). HTML.
- Antoniou, G., & Harmelen, F.V. 2004. Web Ontology Language: OWL. In S. Staab & R. Studer (Eds.), *International Handbooks on Information Systems*. Berlin: Springer. Available from https://doi.org/10.1007/978-3-540-24750-0_4
- Asadi, s., & Jamali M., H.R. 2004. "Shifts in Search Engine Development: A Review of Past, Present and Future Trends in Research on Search Engines". *Webology*, 1(2). Retrieved feb, 18, 2005, From <http://www.webology.ir/2004/v1n2/a6.html>.
- Asanee, Kawtrakul, et al. 2005. "Automatic Term Relationship Cleaning and Refinement for AGROVOC (online). available: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/008/af240e/af240e00.pdf>
- BEDINI, I. 2010. Deriving ontologies automatically from XML Schemas applied to the B2B domain. (Doctoral dissertation, University of Versailles). Retrieved from <http://www.benjamin-nguyen.fr/papers/these2010-bedini.pdf>.
- Berners-Lee, T. 2009. The Semantic Web as a language of logic. Available at: <http://www.w3.org/DesignIssues/Logic.html>. (accessed November 20, 2016).
- Berners-Lee, T. et al 2001. "The Semantic Web: a new form of web content that is meaningful to computers will unleash a revolution of new possibilities". Retrieved Oct, 5, 2006, from: <http://www.w3c.org/2001/sw.html>
- Bhaskar, S., Chandra, S., & Garg, M. 2015. Development of ontology from Indian agricultural e-governance data using IndoWordNet: a semantic web approach. *Journal of Knowledge Management*.19(1), 25 – 44. Doi: <http://dx.doi.org/10.1108/JKM-10-2014-0441>.
- Bitters, Barry, 2005. "A Geographical Ontology of Objects in the Visible Domain". A dissertation for a degree of doctor of philosophy. The Florida State University College of Social Science.
- Brank, J., Grobelnic, M., & Mladenic, D. 2005. A survey of Ontology evaluation techniques. In *Proceedings of the Conference on Data Mining and Data Warehouses (SiKDD 2005)*. Available at <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.101.4788&rep=rep1&type=pdf>. (accessed May 4, 2017).
- Brank, J., Grobelnik, M., & Mladenić, D. 2007. Automatic Evaluation of Ontologies. In A. Kao & S.R. Poteet (Eds.), *Natural Language Processing and Text Mining* (pp. 193-219). London: Springer. doi: https://doi.org/10.1007/978-1-84628-754-1_11.
- Brewster , C., Alani, H., Dasmahapatra, S., & Wilks, Y. 2004. Data Driven Ontology Evaluation. Paper presented at the International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC 2004). Lisbon, Portugal: Centre for Research in Computing (CRC) Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/27a0/dd74c4ca8bdbca9e532c022788dbdd04a0dc.pdf>. (accessed July 26, 2016).
- Brewster, c.l, O'Hara, K. 2007. "Knowledge Representation with Ontologies: Present challenges- future Possibilities:. *Human-computer Studies* 65: 563-568. Retrieved May, 5, 2007, from Elsevier Database.
- Broekstra, J., Klein, M., Decker, S., Fensel, D., & Horrocks, I. 2000. Adding formal semantics to the Web building on top of RDF Schema. In: *ECDL 2000 Workshop on the Semantic Web*. Retrieved from: <https://pdfs.semanticscholar.org/69fc/476eb5b7aa1e35ab95b095e42e572423da97.pdf>. (accessed July 9, 2017).
- Broekstra, J., Klein, M.C.A., Decker, S., Fensel, D., Harmelen, F.V., & Horrocks, I. 2002. Enabling knowledge representation on the Web by extending RDF Schema. *Computer Networks*. 39 (5), 609–634. doi: [https://doi.org/10.1016/S1389-1286\(02\)00217-7](https://doi.org/10.1016/S1389-1286(02)00217-7).
- Broughton, Vanda (2006). "Essential Thesaurus Construction. London: Facet Publishing.
- Brusa, g., Caliusco, M. L., & Chiotti, O. 2006. A process for building a domain ontology: an experience

- in developing a government budgetary ontology. Paper presented at Proceedings of the Australian Workshop on Advances in Ontologies, Hobart, Australia: Australian Computer Society (Vol 72. Pp. 7-15). Doi: 10.4018/978-1-59904-045-5.ch003
- Budin, G. and E. Oeser 1997. "Beitraege zur Terminologie and Wissenstechnik". Vienna, Term Net.
- Burton-Jones, A., V. C. Storey, V. Sugumaran, and P. Ahluwalia. 2005. A semiotic metrics suite for assessing the quality of ontologies. *Data & Knowledge Engineering*. 55 (1): 84-102. <http://ksuseer1.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=67750338FE8079372E31B13FF94AEF2F?doi=10.1.1.91.5586&rep=rep1&type=pdf>
- Cardoso J. 2007. The Semantic Web vision. Where are we?. *IEEE Intelligent Systems*. 22 (5), 84–88. Doi: 10.1109/MIS.2007.433849
- Catanzaro, M. 1988. Using Qualitative Analytical Techniques. In: Woods, N. and Catanzaro, M., Eds., *Nursing Research: Theory and Practice*, Mosby Incorporated, St Louis, 437-456.
- Chen, M. 2009. Exploring the Use of Ontological Relations in Information Retrieval . Paper presented at the iConference. Retrieved from <https://core.ac.uk/download/pdf/4824195.pdf>. (accessed June 12, 2016).
- Clarke, S.G.D. 2001. Thesaural relationships. In Bean, C.A. and Green, R. (Eds), *Relationships in the Organization of Knowledge, Information Science and Knowledge Management* (Vol. 2, pp. 37-52). Berlin: Springer.
- Corcho, O., Fernandez-Lopez, M., & Gomez-Perez, A. 2007. Ontological Engineering: What are Ontologies and How Can We Build Them?. In C. Jorge (Ed.), *Semantic Web Services: Theory, Tools and Applications* (pp. 44-70). Hershey, PA, USA: IGI Global. Doi: 10.4018/978-1-59904-045-5.ch003
- Dacunta, M.C., et al. 2003. "The Semantic web: a guide to future of XML web services and Knowledge management". Indianapolis: Wiley Publishing, INC.
- Dacunta, m. C., Obrst, L. J., & Smith, K. T. 2003. *The Semantic Web: A Guide to the Future of XML Web Services and Knowledge Managemenet*. Indianapolis: John Wiley.
- Dan, W. U., & WANG, H. L. 2006. Role of Ontology in information retrieval. *Journal of Electronic Science and Technology of China*. 4 (2), 148-154. doi: <http://www.ccs.asia.edu.tw/ezfiles/2/1002/img/508/0602-12.pdf>.
- Davies, J., et al 2007. "Semantic Web Technologies: Trends and Research in Ontology-based Systems". John Wiley& Sons.
- De Bo, J., Spyns, P., & Meersman, R. 2003. Creating a "DOGMAtic" multilingual ontology infrastructure to support a semantic portal. In R. Meersman., & Z.Tari. (Eds.), *OTM Confederated International Conferences "On the Move to Meaningful Internet Systems* (Vol. 2889. pp. 253–266). Berlin: Springer. Doi: https://doi.org/10.1007/978-3-540-39962-9_35
- Dean, M. et al. 2004. "OWL Web Ontology Language Reference" Retrieved June, 5, 2006, from <http://www.w3.org/TR/owl-ref/>
- Degbelo, A. 2017. A Snapshot of Ontology Evaluation Criteria and Strategies. In *Semantics2017 proceedings of the 13th International Conference on Semantic Systems*(pp 1-8). Doi:10.1145/3132218.3132219
- Dellschaft, K., & Staab, S. 2006. On How to Perform a Gold Standard Based Evaluation of Ontology Learning. In Cruz I. et al. (Eds.), *The Semantic Web – ISWC: Lecture Notes in Computer Science* (Vol 4273. Pp. 228-241). Berlin: Springer. Doi: https://doi.org/10.1007/11926078_17
- Dimitriadis, A.; Saulwick, A.; Windhouwer, M. 2005. "Semantic Relations in Ontology Mediated Linguistic Data Integration". Retrieved May, 5, 2007, From <http://home.medewerker.uva.nl/a.g.saulwick/bestanden/SemanticRelations-EMELD-2005.pdf>

- Dumontier, M., & Villanueva-Rosales, N. 2009. Towards pharmacogenomics knowledge discovery with the semantic web. *Briefings in Bioinformatics*. 10 (2), 153-163. doi: <https://doi.org/10.1093/bib/bbn056>.
- Ejei, F., Hosseini Beheshti., M. S., Rajabi, T & Ejei, Z. 2017. Enriching Semantic Relations of Basic Sciences Ontology. *Knowledge Organization*. 44 (5), 325-318. Available at: <https://irandoc.ac.ir/sites/fa/files/attach/article/ko4420175b.pdf>. (accessed 12 May 2016).
- Ejei, F.; M.S.,Hosseini Beheshti; T. Rajabi; Z. Ejei. 2017. Enriching Semantic Relations of Basic Sciences Ontology. *Knowledge Organization*. 44 (5) 312-325.
- Felicissimo, C & Breitman, K. 2004. Taxonomic ontology alignment - an implementation. In *Proceedings of Workshop em Engenharia de Requisitos (WER pp. 152–163)*. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=5645028AA1EF69756534B6393C9DB50E?doi=10.1.1.86.7321&rep=rep1&type=pdf>
- Fensel, D., Harmelen, F.V., Horrocks, I., McGuinness, D.L., & Patel-Schneider, P.F. 2001. OIL: An Ontology Infrastructure for the Semantic Web. *IEEE Intelligent Systems*. 16 (2, 38–45. doi: 10.1109/5254.920598
- Fernandes Lopez, F., Gomez-Perez, A., & Juristo, N. 1997. METHONTOLOGY: From Ontological Art Towards Ontological Engineering. In *Proceedings of the Ontological Engineering AAAI-97, California: Stanford University*. Doi: http://oa.upm.es/5484/1/METHONTOLOGY_.pdf
- Fernandez-Lopez, M.; Gomez-Perez, A. 1999. Building a Chemical Ontology Using Methontology and the Ontology Design Environment,
- Francesconi, E., Montemagni, S., Peters, W., & Tiscornia, D. 2010. Integrating a bottom-up and top-down methodology for building semantic resources for the multilingual legal domain. in *Proceedings of the Legal Texts. Where the Language of Law Meets the Law of Language, LNAI 6036 (pp. 95-121)*. Berlin: Springer. Doi: https://doi.org/10.1007/978-3-642-12837-0_6
- Furst, F., & Trichet, F. 2006. Heavyweight Ontology Engineering. In R. Meersman., Z. Tari., & P. Herrero (Eds.), *On the Move to Meaningful Internet Systems: Lecture Notes in Computer Science (Vol 4277)*. Berlin: Springer. Doi: https://doi.org/10.1007/11915034_18
- Gangemi, A., Catenacci, C., Ciaramita, M., & Lehmann, J. 2006. Modelling ontology evaluation and validation. In Y. Sure & J. Domingue (Eds.), *The Semantic Web: Research and Applications, 3rd European Semantic Web Conference ESWC 2006 (pp. 140-154)*., Montenegro: Springer. Doi: https://doi.org/10.1007/11762256_13
- Garshol, L. M. 2004. Metadata? Thesauri? Taxonomies? Topic Maps! Making Sense of it all. *Journal of Information Science*. 30 (4), 378-391. Doi: <https://doi.org/10.1177/0165551504045856>.
- Gauch, S., Chaffee, J., & Pretschner, A. 2003. Ontology-based personalized search and browsing. *Web Intelligence and Agent Systems: An international journal*. 1(3-4), 219–234. Doi: 10.1109/TAI.1999.809829
- Ghosh, M. E.,Naja, H., Abdulrab, H & Khali, M. 2016. Towards a Middle-out Approach for Building Legal Domain Reference Ontology. *International Journal of Knowledge Engineering*. 2 (3), 109-114. Doi: 10.18178/ijke.2016.2.3.063
- Gilchrist, A. 2003. Thesauri, taxonomies and ontologies – an etymological note. *Journal of Documentation*. 59 (1), 7-18. doi: <http://dx.doi.org/10.1108/00220410310457984>.
- Giunchiglia, F., & Zaihrayeu, I. 2017. Lightweight Ontologies. In L. Liu.,& M. Özsu. (Eds.), *Encyclopedia of Database Systems*. Springer: New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7993-3_1314-2
- Gomez-Perez et al 2004. *Ontological Engineering*. Springer Verlag.
- Gomez-Perez, A. 1996. *Towards a Framework to Verify Knowledge Sharing Technology*. Expert

- Systems with Applications. 11 (4), 519-529. doi: [https://doi.org/10.1016/S0957-4174\(96\)00067-X](https://doi.org/10.1016/S0957-4174(96)00067-X).
- Gomez-Perez, A., Fernandez-Lopez, M. & Corcho, O. (2004). *Ontological Engineering—with Examples form the Areas of Knowledge Management, e-Commerce and the Semantic Web*. Heidelberg: Springer. doi: 10.1007/b97353
- Grimm S., Abecker A., Völker J., & Studer R. 2011. Ontologies and the Semantic Web. In J. Domingue., D. Fensel., & J. A. Hendler (Eds.), *Handbook of Semantic Web Technologies* (507-579). Berlin: Springer. Doi: https://doi.org/10.1007/978-3-540-92913-0_13
- Gruber, T. 1993. A translation approach to portable ontologies. *Knowledge Acquisition*. 5(2), 199-220. Doi: <https://doi.org/10.1006/knac.1993.1008>.
- Gruber, T. 1995. "Towards Principles for the Design of Ontologies used for Knowledge Sharing". *International Journal of Human Computer Studies*, 43: 907-928.
- Gruber, T.R. 1993." A Translation Approach to Portable Ontology Specifications". *Knowledge Acquisition*. No. 5, P.: 199-220.
- Guarino, N. 1998. Formal Ontology in Information Systems. In *Proceedings of FOIS'98* (pp. 3-15), Amsterdam: IOS Press. Retrieved from: <https://klevas.mif.vu.lt/~donatas/Vadovavimas/Temos/OntologiskaiTeisingasKonceptcinisModeliavimas/papildoma/Guarino98Formal%20Ontology%20and%20Information%20Systems.pdf>. (accessed July 12, 2017).
- Guarion, Nicola. 1999." The Role of Conditions in Ontology Design". *Proceeding of the IJCAI-99 Workshop on Ontologies and Problem Solving Method (KRR5)*. P.: 1-7. Available at: <http://ladesb.pd.cnr.it/infor/ontology/ontology.html> (Date: 2006, 25, Dec)
- Guizzardi, G. 2005. *Ontological Foundations for Structural Conceptual models*. (Doctoral dissertation, Universidade Federal do Espírito Santo). Retrieved from: https://ris.utwente.nl/ws/portalfiles/portal/6042428/thesis_Guizzardi.pdf
- Gutierrez-Pulido, J.R., Ruiz, M.A.G., Herrera, R., Cabello, E., Legrand, S., & Elliman, D. 2006. ontology languages for the semantic web: A never completely updated review. *Knowledge-Based Systems*. 19 (7), 489–497. doi: <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2006.04.013>.
- Hadzic, M., Wongthongtham, P., Dillon, T., & Chang, E. 2009. *Ontology Design Approaches*. In *Ontology-Based Multi-Agent Systems: Studies in Computational Intelligence*. (Vol 219, pp. 75-91). Doi: https://doi.org/10.1007/978-3-642-01904-3_5
- Handbook of Semantic Web Technologies*, Springer Verlag.
- Hartmann, J., Spyns, P., Giboin, A., Maynard, D., Cuel, R., Suarez-Figueroa, M. C., Sure, Y. 2005. *Methods for Ontology evaluation*. (No. IST-2004-507482) IST Programme of the Commission of the European Retrieved from: <http://www.starlab.vub.ac.be/research/projects/knowledgeweb/KWeb-Del-1.2.3-Revised-v1.3.1.pdf>
- Hashemi, P., Khadivar, A., & Shamizanjani, M. 2018. Developing a domain ontology for knowledge management technologies. *Online Information Review*. 42 (1), 28-44. doi: <https://doi.org/10.1108/OIR-07-2016-0177>.
- Hendler, J.A. 2001. Agents and the Semantic Web. *IEEE Intelligent Systems*. 16(2), 30–37. Doi: 10.1109/5254.920597
- Hess, C., & Schlieder, C. 2006. Ontology-based verification of core model conformity in conceptual modeling. *Computers, Environment and Urban Systems*, 30, 543- 561. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2005.08.009>
- Hess, C.; Schleider, c. 2006. "Ontology-based Verification of Core Model Conformity in Conceptual Modeling". *Computers, environment and Urban Systems*, 30: 543-561. Retrieved May, 5, 2007,

- from Elsevier Database.
- Heylighen, f. 2001. "Bootstrapping Knowledge representation from Entailment Meshes via Semantic Nets to Learning Web" *Cybernetics*. 30 (5/6): 691-725. Retrieved Des, 20, 2006, From Emerald Database.
- Heylighen, f; & Bollen, J. 1996. "The World-Wide Web as a Super- Brain: from metaphor to model" *Cybernetics and Systems*. Retrieved Des, 15, 2006, from: <http://pespmc1.wub.ac.be/Papers/wwwsuperBRAIN.html>
- Hjorland B. 2004. "Theory of Knowledge Organization and the Feasibility of Universal Solutions" 8 International ISKO Conference, London, 16th 2004, retrieved Apr, 4, 2007, from: <http://dlist. Sir.arizona.edu/389/01/hjorlandisko8.pdf>.
- Hjorland, B. 2002. Domain analysis in information science: Eleven approaches traditional as well as innovative. *Journal of Documentation*, 58(4): 422-462. Doi: <https://doi.org/10.1108/00220410210431136>
- Hjørland, B. 2007. Semantics and knowledge organization. *Annual Review of Information Science and Technology*. 41(1), 367-405. Doi: <https://doi.org/10.1002/aris.2007.1440410115>
- Hjorland, B. 2015. Theories are Knowledge Organizing Systems(KOS), *Knowledge Org*. 42 (2015) No. 2, 113-128.
- Hjorland, B. 2018. Reviews of Concepts in Knowledge Organization, *Knowledge Organization*, 45 (2018) No.2.
- Horrocks, I. 2002. DAML+OIL: A Description Logic for the Semantic Web. *IEEE Data Engineering Bulletin*. 25, 4–9. Retrieved from: <http://www.cs.ox.ac.uk/ian.horrocks/Publications/download/2002/BaHS02a.pdf>
- Hsieh, H. F & Shanon, S. E. 2005. Three Approaches to Content Analysis. *Qualitativr Health Research*, Vol.15 (9). DOI: <https://doi.org/10.1177/1049732305276687>
- Huang, Jin-Xia et al. 2005. Enriching Core Ontology with Domain Thesaurus through Concept and Relation Classification
- ISOCO. 2006. "HOW TO UNDERSTAND THE SEMANTIC WEB" . Retrieved July, 20, 2006, from http://www.isoco.com/in/innovation_ws_how.html
- Jarrar, M., Demey, J., & Meersman, R. 2003. On Using Conceptual Data Modeling for Ontology Engineering. In S. Spaccapietra., S. March., & K. Aberer (Eds.), *Lecture Notes in Computer Science* (Vol 2800, pp 185-207). Doi: https://doi.org/10.1007/978-3-540-39733-5_8
- Kalibatiene, D, & Vasilecas, O. 2011. Survey on Ontology Languages. In J. Grabis., & M. Kirikova (Eds.) *Perspectives in Business Informatics Research :Lecture Notes in Business Information Processing*. (Vol 90, pp 124-141). Doi: https://doi.org/10.1007/978-3-642-24511-4_10
- Kang, Sin-Jae; dong-II and Lee, Jong-Hyeok. 2001. Semi automatic Ontology Construction by Using Thesaurus, computational dictionaries and Large corpora. *ACL 2001 Workshop on Human Language Technology and Knowledge*. Available at: <http://truth. Yust.edu/~dongil/research/ontology.pdf> (Date: 2006, 25, Dec).
- Kapoor, B., & Sharma, S. 2010. A Comparative Study Ontology Building Tools for Semantic Web Applications. *International journal of Web & Semantic Technology*.1 (3), 1-13. Doi: 10.5121/ijwest.2010.1301
- Kholodnaya, M. A., & Volkova, E. V. 2016. Conceptual structures, conceptual abilities and productivity of cognitive functioning: the ontological approach. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 217, 914-922. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.02.040>
- Khoo, C. S. G., & Na, J. C. 2006. Semantic Relations in Information Science. *Annual Review of*

- Information Science and Technology. 40, 157-229. Doi: <https://doi.org/10.1002/aris.1440400112>
- Khosravi, F. & A. Vazifedoost 2008. Creating a Persian Ontology through Thesaurus Reengineering for Organizing the Digital Library of the National Library of Iran. In: Faslname Ketab, 70, 19-36.
- Khosravi, F., & Vazifedoost, A. 2007. Creating a Persian Ontology Through Thesaurus Reengineering for Organizing the Digital Library of the National Library of Iran. In Building an Information Society for all. Paper presented at the Proceedings of the International Conference on Libraries, Information and Society, ICoLIS 2007 (pp. 41-53), Malaysia: University of Malaya. Retrieved from http://nastinfo.nlai.ir/article_454_d8b57b4e77a3778612a98187347c98d1.pdf. (accessed December 9, 2017).
- Kiren, T., & Shoaib, M. 2016. A novel ontology matching approach using keyconcepts. Aslib Journal of Information Management. 68 (1), 99 – 111. doi: <http://dx.doi.org/10.1108/AJIM-04-2015-0054>.
- Klein, M. 2001. Combining and relating ontologies: An analysis of problems and solutions. In A. Gomez-Perez, M. Gruninger, H. Stuckenschmidt, and M. Uschold (Eds.), Workshop on Ontologies and Information Sharing. Seattle: USA. Retrieved from: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.21.9623&rep=rep1&type=pdf>. (accessed 19 August 2018).
- Kless, D., Milton, S. 2010. Comparison of thesauri and ontologies from a semiotic perspective. Sixth Australian Ontology Workshop AOW 2010, Adelaide, Australia. Available at: <http://krr.meraka.org.za/~aow2010/Kless-et al.pdf>. (accessed 4 May 2017).
- Kless, D., Milton, S., & Kazmierczak, E. 2012. Relationships and Relata in Ontologies and Thesauri: Differences and Similarities. Applied ontology. 7 (4), 401-428. Doi: 10.3233/AO-2012-0118
- Kless, D., Milton, S., Kazmierczak, E. and Lindenthal, J. 2015. Thesaurus and Ontology Structure: Formal and Pragmatic Differences and Similarities. Journal of the Association for Information Science and Technology. 66, 1348-66. Doi: <https://doi.org/10.1002/asi.23268>
- Knublauch, H. 2009. OWL 2 Support in TopBraid Composer. From Composing the Semantic Web: Available at: <http://composing-the-semantic-web.blogspot.com/2009/10/owl-2-support-in-topbraid-composer.html>. (accessed 4 May 2017).
- Lee, K., Rho, S., & Lee, S. W. 2014. A Method of Extracting Ontology Module Using Concept Relations for Sharing Knowledge in Mobile Cloud Computing Environment. The Scientific World Journal. 2014, 1-5. doi: <http://dx.doi.org/10.1155/2014/382797>.
- Legg, C., 2008. Ontologies on the Semantic Web. Annual Review of Information Science and Technology. 41. 407–452. Doi: https://doi.org/10.1007/978-3-540-92913-0_13
- Liu, J.N.K., He, Y., Lim, E.H.Y., Wang, X.Z. 2012. Domain ontology graph model and its application in Chinese text classification. Neural Computing and Applications. 24 (3-4), 779-798. doi: <https://doi.org/10.1007/s00521-012-1272-z>.
- Lozano-Tello, A., & Gomez-Perez, A. 2004. ONTOMETRIC: a method to choose the appropriate ontology. Journal of database management, 15 (2), 1- 18. Doi: 10.4018/jdm.2004040101
- Luksic, M. M., Urbancic, T., Petric, I., Cestnik, B. 2016. Autism research dynamic through ontology-based text mining. Advances in Autism. 2 (3), 131-139. doi: <https://doi.org/10.1108/AIA-01-2016-0001>.
- Maedche, A., & Staab, S. 2002. Measuring similarity between Ontologies In Proceedings Of the European Conference on Knowledge Acquisition and Management - EKAW-2002, October 1-4. Madrid, Spain. <http://www.aifb.uni-karlsruhe.de/~sst/Research/Publications/ekaw2002-compare.pdf>
- Mancini, c.; Shum, s.J. B. 2006. Modeling discourse in contested domains: a semiotic and cognitive framework. Intelligent Journal of Human-Computer Studies. 64: 1154-1171. Retrieved Des, 20,

- 2006, from Elsevier Database.
- Maniraj, V., & Sivakumar, R. 2010. Ontology Languages – A Review. *International Journal of Computer Theory and Engineering*. 2 (6). Available at: <https://pdfs.semanticscholar.org/74e9/7a40e46bf16bc74df7a96e0608b9e4eb43ce.pdf>. (accessed July 9, 2017).
- McGuinness, D.L. & Harmelen, f.V. 2004. "OWL web Ontology Language Overview". Retrieved Jane, 5, 2006, From <http://www.w3.org/TR/owl-features/>
- Mezghanni, I. B., & Gargouri, F. 2017. Deriving ontological semantic relations between Arabic compound nouns concepts. *Journal of King Saud University –Computer and Information Sciences*. 29, 212-228. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2017.03.001>
- Miller, G.; Beck with, C.; Fellbaum, r.et al. 1990. Introduction to Word Net: An Online Lexical Database *International Journal of Lexicography* 3, 4: 235-44.
- Mizoguchi, R., Vanwelkenhuysen, J., & Ikeda, M. 1995. Task ontology for reuse of problem solving knowledge. In N. Mars (Eds.), *Towards Very Large Knowledge Bases: Knowledge Building and Knowledge Sharing (KBKS'95)*. (45–59). Netherlands: IOS Press.
- Nakata, K. 2001. A Grounded and Participatory Approach to Collaborative Information Exploration and Management. In *Proceedings of the 34th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS-34)*. Doi: 10.1109/HICSS.2001.926216
- Nguyen, H. M., Nguyen, H. Q., Tran, K. N., & Vo, X. V. 2015. GeTFIRST: ontology-based keyword search towards semantic disambiguation. *International Journal of Web Information Systems*. 11 (4), 442-467. doi: <https://doi.org/10.1108/IJWIS-06-2015-0019>.
- Nichoson, D, Dunsire, g, and Neill, S. 2002. HILT: Moving towards interoperability in subject terminology. *Journal of Internet Cataloging*. Vol. 5, No. 4, P.: 97-111.
- Nicola, A., Missikoff, M., & Navigli, R. 2009. A software engineering approach to ontology building. *Information Systems*. 34, 258-275. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.is.2008.07.002>
- Nielsen, M. L. 2000. Domain analysis, an important part of thesaurus construction. *Methodologies and approaches*. In D. Soergel, P. Srinivasan & B. Kwasnik (Eds.), *Proceedings of the 11th ASIS&T SIG/ CR Classification Research Workshop*, November 12, (pp. 9- 50). Doi: doi:10.7152/acro.v11i1.12768
- Noy, N. F., McGuinness, D. L. 2001. *Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology*. (Technical report KSL-01-05). California: Stanford University. Retrieved from https://protege.stanford.edu/publications/ontology_development/ontology101.pdf.
- Noy, N.F.; Mac Guinness. 2000 *Ontology Development101: A Guide to Creating Your First Ontology*, Stanford University.
- Obitko, Marek; Snasel, Vaclav; and Smid, Jan. 2004. *Ontology Design with formal Concept Analysis*. CLA. P.: 111-1190 Available at: <http://Ftp. Informatik.rwth-aachen.de/publications/CEUR-WS/Vol-110/paper12.pdf> (Date: 2006, 25, Dec).
- Ontology language. 2010. Available at: http://en.wikipedia.org/wiki/Ontology_language (accessed May 3, 2017).
- Pak J., Zhou L. 2010. A Framework for Ontology Evaluation. In: Sharman R., Rao H.R., Raghu T.S. (eds) *Exploring the Grand Challenges for Next Generation E-Business*. WEB 2009. Lecture Notes in Business Information Processing, vol 52. Springer: Berlin, Heidelberg.
- Pangaro, P. 2006. "Cybernetics: a Definition". Retrieved Jane, 5, 2007, from: <http://pangaro.com/published/sybermacmilan.html>
- Pertsas, V., & Constantopoulos, P. 2017. Scholarly Ontology: modelling scholarly practices.

- International Journal on Digital Libraries. 18 (3), 173-190. doi: <https://doi.org/10.1007/s00799-016-0169-3>.
- Pieterse, V., & Kourie, D. G. 2014. Lists, Taxonomies, Lattices, Thesauri and Ontologies: Paving a Pathway Through a Terminological Jungle. *Knowledge Organization*. 4, 217-29. Available at <https://pdfs.semanticscholar.org/ecdd/76125aae295cbda81c3eae122240615dd420.pdf>. (accessed September 25, 2017).
- Pinto, H.S., Staab, S., & Tempich, C. 2004. DILIGENT: Towards a fine-grained methodology for DIstributed, Loosely-controlled and evolving Engineering of oNTologies. In *Artificial Intelligence (ECAI 2004)*. Paper presented at the 16th European Conference on Artificial Intelligence (pp. 393-397), Spain: IOS Press. Retrieved from: <http://www.frontiersinai.com/ecai/ecai2004/ecai04/pdf/p0393.pdf>. (accessed September 25, 2017).
- Pinto, H.S., Staab, S., Tempich, C., & Sure, Y. 2006. Distributed Engineering of Ontologies (DILIGENT). In S. Staab & H. Stuckenschmidt (Eds.), *Semantic Web and Peer-to-Peer* (pp. 303-322). Doi: https://doi.org/10.1007/3-540-28347-1_16
- Plinere, D., & Borisov, A. 2014. Evaluation of the Ontological Knowledge Model. *Information Technology and Management Science*. 17 (1), 81-85. Doi:10.1515/itms-2014-0012
- Porzel, R., & R. Malaka. 2004. A task-based approach for Ontology evaluation. In *Ontology Learning and Population: Towards Evaluation of Text-based Methods in the Semantic Web and Knowledge Discovery Life Cycle*. Paper presented at the Proceedings of the ECAI Workshop on Ontology, Valencia, Spain. Retrieved from: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.93.6109&rep=rep1&type=pdf>. (accessed April 15, 2017).
- Preece, H. 2003. "OWL: The Web Ontology Language". Retrieved Jun, 20, 2006, From. <http://www.csd.abdn.ac.uk/~apreece/talks/OWLtheWebOntologyLanguage/OWLThewebOntologyLanguage.pdf>
- Prevot, L. et al (2010) *Ontology and the Lexicon. A Multidisciplinary Perspective*. In: *Ontology and Lexicon*. Cambridge Uni. Press.
- Pulido, J.R.G. et al. 2006. "Ontology languages for the semantic web: a never completely updated review" *Knowledge-Based Systems*, 19: 479-497. Retrieved may, 5, 2007, from Elsevier Database.
- Raskin, R. G.; Pan, M.J. 2004. "Knowledge Representation in the Semantic Web for Earth and Environmental Terminology (SWEET)". *Computers & Geosciences*, 31: 1119-1125. Retrieved Jun, 15, 2007, From Elsevier Database.
- Reitz, J. M. 2006. In *Online dictionary for library and information science*. Retrieved December 9, 2017 from <https://www.library.ucsb.edu/research/db/1182>
- Roncaglia, P., Martone, M.E., Hill, D.P., Berardini, T. Z., Foulger, R. E., Imam, F. T., Drabkin, H., Mungall, C. J., & Lomax, J. 2013. The Gene Ontology (GO) Cellular Component Ontology: integration with SAO (Subcellular Anatomy Ontology) and other recent developments. *Journal of Biomedical Semantics*. 4 (20), 1-11. doi: <https://doi.org/10.1186/2041-1480-4-20>.
- Roussey, C. Pinet, F., Kang, M. A., & Corcho, O. (2011). *An Introduction to Ontologies and Ontology Engineering*. *Advanced Information and Knowledge Processing*, 1, 9-38. doi: 10.1007/978-0-85729-724-2_2
- Sattar Chaudary, Abdus, Pei Jiun, Tan. 2005. Enhancing access to digital information resources on heritage: a case of development of taxonomy at the Integrated Museum and Archives Systems in Singapore. *Journal of Documentation*. Vol. 61, No 6, P.: 751-7760.
- Sawsaa, A. 2013. *A Generic Model of Ontology to Visualize Information Science Domain (OIS)*. (Doctoral dissertation, University of Huddersfield). Retrieved from

- <http://eprints.hud.ac.uk/id/eprint/17545>.
- Schmitz, E. W. 1999. Thesaurus and beyond: an advanced formula for linguistic engineering and information retrieval. *Knowledge Organization*. 26 (1), 10-22. DOI: <https://doi.org/10.5771/0943-7444-1999-1-10>
- Schwarz, K. 2005. Domain model enhanced search: A comparison of taxonomy, thesaurus and ontology. Unpublished Master's Thesis, University of Utrecht, MA. Retrieved Sep, 4, 2007, From www.cwi.nl/~media/publications/masterthesis_kat_domainmodel_2005.pdf
- Sfar, H., Chaibi, A. H., Bouzeghoub, A., BenGhezala, H. 2016. Gold Standard based Evaluation of Ontology Learning Techniques. In SAC' 16 Proceedings of the 31st Annual ACM Symposium on Applied Computing. (pp. 339-346). Doi: 10.1145/2851613.2851843.
- Shamsfard, M. et al. 2006. An Ontology Based System for Ranking Documents. In: *International Journal of Computer Science*, Vol. 1, N. 3.
- Shamsfard, M. et al. 2010. Ontology Population and Semantic Annotation of Persian Texts. In: *Computer Science and Engineering (CSI)*.
- Shiri, A. & C., Revie. 2000. Thesauri on the Web: Current Developments and Trends. *Online Information Review* 24 (4): 273-280.
- Shiri, A. et al (2011) An Evaluation of Thesaurus-Enhanced Visual Interfaces for Multilingual Digital Libraries. *TPDL* 2011: 239-243.
- Shiri, A. et al. 2011. User Evaluation of Searching: A Visual Interface for Bilingual Digital Libraries. *The Electronic Library* 29 (1) 71-89.
- Simperl, E. 2009. Reusing Ontologies on the Semantic Web: A Feasibility Study. *Data & Knowledge Engineering*. 68, 905-25. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.datak.2009.02.002>.
- Slimani, T. 2014. A Study Investigating Typical Concepts and Guidelines for Ontology Building. *Journal of Emerging Trends in Computing and information Sciences*. 5 (12), 886-893. Retrieved from <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1509/1509.05434.pdf>.
- Smiraglia, R.P. 2014. *The Elements of Knowledge Organization*, Springer International Publishing Switzerland.
- Soergel, D. et al. 2004. Reengineering Thesauri for new Application: the AGROVOC Example "Journal of Digital Information", 4 (4). Retrieved Des, 15, 2006, From <http://Jodi.ecs.soton.ac.uk/Articles/v04/i04/soergel/>
- Soergel, D., Lauser, B., Liang, A., Fisseha, F., Keizer, J., & Katz, S. 2004. Reengineering Thesauri for New Applications: The AGROVOC example. *Journal of digital information*. 4 (4), 1-23. Retrieved from <https://journals.tdl.org/jodi/index.php/jodi/article/view/112/111>.
- Soldatova, L.N., & King, R.D. 2006. An ontology of scientific experiments. *Journal of The Royal Society Interface*. 3 (11), 795-803. Doi:10.1098/rsif.2006.0134
- Sowa, J. F. 2010. The Role of Logic and Ontology in Language and Reasoning. Chapter 11 of *Theory and Applications of Ontology. Philosophical Perspectives*. Edit. by R. Poli & J. Seibt. Berlin: Springer, 2010, pp. 231-263.
- Staab, S & Maedche, M. 2000. Axioms are Objects, too-Ontology Engineering beyond the modeling of Concepts and Relations. In *Applications of Ontologies and Problem-solving Methods*. Paper presented at the Proceedings of the 14th European Conference on Artificial Intelligence ECAI 2000, Berlin, Germany. Retrieved from: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.33.4723&rep=rep1&type=pdf>. (accessed September 25, 2017).
- Stemson, M. 2003. Digital CULT's Expert 13 Tanole with the Semantic Web. Towards a Semantic

- Web for Heritage resources, digi CULT thematic Issue 3, P.:14-20. Available at: <http://www.digicult. Iffo/pages/Themiss.php> (Date: 2006, 25, Dec).
- Studer, R.; Benjamins, V.R.; Fensel, D. 1998. Knowledge Engineering: Principles and Methods, In: Data & Knowledge Engineering, 25 (1998) 161-197.
- Su, X., Brasethvik, T., & Hakkarainen, S. 2003 Ontology mapping through analysis of model extension. In Advanced Information Systems Engineering. Paper presented at the Proceedings of the 15th Conference on Advanced Information Systems Engineering. pp. (101-104) Klagenfurt, Austria: Technical University of Aachen. Retrieved from http://sunsite.informatik.rwth-aachen.de/Publications/CEUR-WS/Vol-74/files/FORUM_26.pdf. (accessed July 13, 2017).
- Subhashini, R., & Akilandeswari, J. 2011. A Survey on Ontology Construction methodologies. International Journal of Enterprise Computing and Business Systems. 1 (1), 60–72. Retrived from <http://www.ijecbs.com/January2011/N5Jan2011.pdf>.
- Sure Y. (ed.). 2004. "Why Evaluate Ontology Technologies? Because It Works!", Intelligent Systems, IEEE. 19 (4). 74-81. 1541-1672.
- Svenonius, e. 2004. "The Epistemological Foundation of Knowledge Representation". Library Trend, 52 (3): 571-587. Retrieved Des, 15, 2006, From Elsevier Database.
- Teller, J., Keita, A. K., Roussey, C & Laurini, R. 2015. Urban Ontologies for an improved communication in urban civil engineering projects. Presentation of the COST Urban Civil Engineering Action C21 "TOWNTOLGY". DOI: 10.4000/cybergeog.8322.
- Tsakonas, G., & Papatheodorou, C. 2011. An ontological representation of the digital library evaluation domain. Journal of the American Society for Information Science and Technology. 62(8), 1577-1593. Doi: <https://doi.org/10.1002/asi.21559>.
- Tudhope, D., Alani, H. & Jones, C. 2001. Augmenting thesaurus relationships: Possibilities for retrieval. The Journal of Digital Information. 1(8). Retrieved from: <https://journals.tdl.org/jodi/index.php/jodi/article/view/181/160> (accessed 20 April 2018).
- Uschold, M., & Gruninger, M. 1996. ONTOLOGIES: Principles, Methods and Applications. Knowledge Engineering Review. 11 (2). Doi: <https://doi.org/10.1017/S0269888900007797>
- Van Rees, R. 2001. Clarity in the usage of the terms ontology, taxonomy and Classification. Civil Engineering. (Technical report: CIB Report 284). 20 (432). Retrieved from: <https://www.cs.auckland.ac.nz/research/conferences/w78/papers/W78-37.pdf>
- Vanheijst, G., Schreiber, A. TH., & Wielinga., B.J. 1997. Using explicit ontologies in KBS development. International Journal of Human–Computer Studies. 45, 183 – 292. doi: <https://doi.org/10.1006/ijhc.1996.0090>
- Villazon-Terrazas et al. 2010. A Pattern-Based Method for Reengineering Non-Ontological Resources into Ontologies. In: International Journal on Semantic Web and Information Systems, 6 (4), 27-63.
- Vrandecic, D. 2010. Ontology Evaluation. (Doctoral dissertation, Karlsruher Institut für Technologie). Retrieved from http://simia.net/download/ontology_evaluation.pdf
- Webber, W. E. 2010. Measurment in Information Retrieval Evaluation. Ph.D Thesis. The university of Melbourne <http://www.umiacs.umd.edu/~wew/wew-thesis-PhD.pdf> (accessed Sep. 1, 2019).
- Weinbrenner, S. & J. Engler. 2011. SCY Ontology and Metadata Scheme, DIV.2, SCY Consortium.
- Weiten, M. 2009. OntoSTUDIO as an Ontology Engineering Environment. In J. Davies., F. Grobelnik., M. Mladenec & Dunja (Eds.), Semantic Knowledge Management (51-60). Doi: https://doi.org/10.1007/978-3-540-88845-1_5
- Weng, S. et al. 2006. "Ontology Construction for Information Classification". Expert Systems with Application, 31: 1-12. Retrieved May, 5, 2007, From Elsevier Database.

- Weng, S. S., Tsai, H. J., Liu, S. C., & Hsu, C. H. 2006. Ontology construction for information.
- Wielinga, B.J. and et all. 2001. From thesaurus to Ontology. In International conference On Knowledge. Canada: ACM Special Interest Group on Artificial Intelligence. P.: 194-201. Available at: <http://www.cs.vu.nl/~guus/papers/Wieliga.1a.pdf> (Date: 2006, 25, Dec).
- Yao, Haining; Orme, Anthony Mark; and Lutzkorn, Letha. 2005. Cohension Metric for Ontology Design and Application. Journal of computer Science. Col. 1, P.: 107-113. Available at: <Http://www.scipub.org/fulltext/jcs/jcs11107-113.pdf> (Date: 2006, 25, Dec).

Abstract

Scientific knowledge organization is considered one of the most important subjects in knowledge management. “Concept”, defined as the unit of technical knowledge, is composed of semantic features. Based on this, the content and expression aspect of each concept is considered as the terminological knowledge of a concept. In order to build a knowledge based concept system for each of the scientific disciplines, we should develop the concepts under the related fields in a general structure and the relationships between them. To understand the structure of the technical knowledge of a domain, we should integrate the subjects in a concept system. This concept structure is called Ontology.

For the documentation of scientific technical documents, categorization of scientific concepts is organized through logical systems in the form of specialized ontologies. Ontology determines the lexicon and common concepts that are used to describe and present a subject domain and can be a basis for knowledge organization and management in a specific area. However, developing ontology is very time consuming. In order to accelerate this process, other knowledge resources such as dictionaries and thesauri can be used. Thesaurus can be a suitable source for developing ontology in terms of containing semantic information, hierarchical structure of concepts and the semantic relationships between them.

To develop the ontology of chemistry, we used the chemistry thesaurus, which had been compiled at IRANDOC previously, and set it as the basis for developing the ontology of chemistry. The concept design of ontology is carried out with the use of “Methontology” method and is based on the existing concepts and relations in the thesaurus. This information is transferred from the thesaurus environment to the protégé software and its semantic relations are expanded and enriched. This project is the continuation of two previous projects, “Designing of basic science ontology” and “Enrichment of semantic relationships of chemistry ontology”, which were carried out as a pilot experiment. In this step, 3000 concepts of chemistry thesaurus are transferred and enriched in the form of semantic relations of chemistry ontology.

Keywords: Thesaurus, Ontology of Chemistry, Information Retrieval System, Semantic Search, Semantic Web



**Iranian Research Institute
for Information Science and Technology
(IranDoc)**

Research Project

Building Ontology from Chemistry Thesaurus of IranDoc

By:

Molouk Sadat Hosseini Beheshti

Co-Operators:

Taghi Rajabi

Omid Ghiasvand

October 2021