

بسم الله الرحمن الرحيم



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران

طرح پژوهشی

**غنی سازی روابط معنایی هستان شناسی علوم پایه
(گزارش نهایی)**

مجری

ملوک السادات حسینی بهشتی

فروردین ۱۳۹۴

حقوق: پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران

طرح پژوهشی «غنی‌سازی روابط معنایی هستان‌شناسی علوم‌پایه» پیرو قرارداد شماره ۳۳/د/۲۲۲۹۶ مورخ ۱۳۹۲/۱۱/۷ میان پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (کارفرما) و خانم ملوک السادات حسینی بهشتی (مجری) اجرا شده است. گزارش حاضر جلد اول از مستندات این طرح است.

این گزارش و تمامی حقوق مادی آن بر اساس «قانون حمایت حقوق مؤلفان و مصنفان و هنرمندان، مصوب سال ۱۳۴۸ و اصلاحیه‌های بعدی آن و همچنین آیین‌نامه‌های اجرایی این قانون متعلق به پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران است و هر گونه 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. صحت مندرجات گزارش بر عهده مجری طرح پژوهشی است.

غنی سازی روابط معنایی هستان شناسی علوم پایه

گزارش نهایی

مدیر طرح پژوهشی: ملوک السادات حسینی بهشتی، پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران

نشانی: تهران، خیابان انقلاب، چهارراه فلسطین، شماره ۱۰۹۰، طبقه ۳، اتاق ۳۱۹

صندوق پستی: ۱۳۱۵۷۷۳۳۱۴ تلفن: ۰۲۱-۶۶۴۹۴۹۸۰ ، دورنگار: ۰۲۱-۶۶۴۶۲۲۵۴

وبگاه: <http://www.irandoc.ac.ir>

رایانامه: Beheshti@irandoc.ac.ir

همکاران اصلی: فاطمه اژه‌ای، کارشناس ارشد مهندسی کامپیوتر- نرم افزار، دانش آموخته دانشگاه صنعتی شریف

تقی رجبی، کارشناس ارشد شیمی فیزیک، عضو هیئت علمی پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران

زینب اژه‌ای، دانشجوی دکترای شیمی معدنی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی

چکیده

هستان‌شناسی، 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. هستان‌شناسی در واقع ابزار بازنمودن دانش در حوزه سازماندهی اطلاعات و هوش مصنوعی است و در دهه اخیر کاربرد آن در وب معنایی نیز مورد توجه قرار گرفته است. با این وجود ساخت هستان‌شناسی کاری دشوار و زمان‌بر است. در تدوین هستان‌شناسی مفهومی، ایجاد یک ساختار سلسله مراتبی از مفاهیم، اولین ضرورت و ایجاد و تعیین نوع روابط بین مفاهیم در اولویت بعدی قرار دارد. به منظور تسهیل و سرعت بخشیدن به این امر، می‌توان منابع دیگر دانش نظیر اصطلاحنامه‌ها را مورد استفاده قرار داد. اصطلاحنامه به لحاظ دارا بودن اطلاعات معنایی و ساختار سلسله مراتبی مفاهیم و نیز نشان دادن روابط میان آنها منبع مناسبی برای ساخت هستان‌شناسی به حساب می‌آید.

ما با هدف شکل‌گیری هستان‌شناسی 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 هستان‌شناسی قرار دادیم. برای این منظور، ابتدا مغایرت‌ها و هم‌پوشانی‌های مفاهیم مشترک حوزه‌های مختلف علوم پایه در اصطلاحنامه‌های مختلف را برطرف ساختیم تا بتوان از آن‌ها در یک هستان‌شناسی واحد بهره برد. پس از آن کلیه اصطلاحنامه‌ها با یکدیگر تلفیق و اصطلاحنامه جامع تولید شد. سپس طراحی مفهومی هستان‌شناسی با استفاده از روش «مت‌آنتولوژی» بر اساس مفاهیم و روابط موجود در اصطلاحنامه‌ی جامع صورت گرفت. در نهایت هستان‌شناسی علوم پایه بر اساس طراحی صورت گرفته پیاده‌سازی شد تا به عنوان ابزاری استاندارد جهت ذخیره و بازیابی اطلاعات به کار گرفته شود.

در ادامه روشی برای توسعه روابط معنایی در هستان‌شناسی علوم پایه معرفی شده است. در روش ارائه شده ابتدا روابط سلسله مراتبی موجود در هستان‌شناسی مورد بازبینی و پالایش قرار می‌گیرد تا انواع روابط سلسله مراتبی از یکدیگر متمایز شوند. در مرحله بعد مفاهیم موجود در هستان‌شناسی طبقه‌بندی و بر اساس روابط وابسته در اصطلاحنامه و الگوهای روابط معنایی استخراج شده از یک هستان‌شناسی سطح بالا، روابط معنایی بین مفاهیم تعیین شده و به هستان‌شناسی اضافه می‌گردد. بر اساس روش ارائه شده، تلاش شد تا روابط معنایی بخش شیمی هستان‌شناسی علوم پایه پالایش و غنی‌سازی شود. با این روش در حدود ۷۰ درصد از روابط وابسته نمونه مستقیماً به روابط معنایی در هستان-

شناسی تبدیل شدند. ۳۰ درصد باقیمانده روابط مربوط به رابطه بین مفاهیمی است است که وابستگی مستقیم به یکدیگر ندارند و به نظر می‌رسد این روابط از روابط معنایی اضافه شده قابل استنتاج باشند.

کلیدواژه‌ها: هستان‌شناسی دامنه، تبدیل اصطلاحنامه، غنی‌سازی روابط معنایی، الگوهای روابط معنایی.

فهرست مطالب

عنوان	شماره صفحه
چکیده.....	ب
فهرست مطالب.....	د
فهرست جدول‌ها.....	هـ
فهرست شکل‌ها.....	و
مقدمه.....	۲
۱. مبانی نظری پژوهش.....	۵
۲. پیشینه پژوهش.....	۸
۳. روش ساخت هستان‌شناسی.....	۱۱
۴. طراحی و پیاده‌سازی هستان‌شناسی علوم پایه.....	۱۴
۵. لزوم پالایش و غنی‌سازی روابط در هستان‌شناسی.....	۱۸
۶. روش پالایش و غنی‌سازی روابط معنایی.....	۲۲
۶-۱. پالایش روابط سلسله‌مراتبی.....	۲۳
۶-۲. دسته‌بندی مفاهیم.....	۲۴
۶-۳. استفاده از الگوهای روابط معنایی.....	۳۱
۶-۴. اضافه کردن رابطه معنایی جدید.....	۳۹
۷. اعمال روش غنی‌سازی در هستان‌شناسی.....	۴۰
۸. نتیجه‌گیری.....	۴۳
منابع.....	۴۵
پیوست الف: جدول روابط کل - جزء.....	۴۷
پیوست ب: جدول دسته‌بندی مفاهیم.....	۵۰

پیوست ج: جدول روابط معنایی مشخص شده بر اساس روابط وابسته.....۷۷

فهرست جدول‌ها

عنوان	شماره صفحه
جدول ۱: نمونه‌هایی از محدودیت‌ها بر مبنای روابط اصطلاحنامه (Soergel et al. 2004).....	۱۹
جدول ۲: نمونه‌هایی از روابط بین مفاهیم (Soergel et al. 2004).....	۲۰
جدول ۳: انواع مختلف موجودیت‌ها در هستان‌شناسی ChemTop.....	۲۷
جدول ۴: روابط معنایی استخراج شده از هستان‌شناسی ChemTop.....	۳۲
جدول ۵: الگوهای روابط معنایی.....	۳۷

فهرست شکل‌ها

شماره صفحه	عنوان
۳.....	شکل ۱: انواع هستان‌شناسی و وابستگی‌های آنها (Guarino, 1997)
۷.....	شکل ۲: انواع ابزار رده‌بندی معناشناختی (Daconta et al 2003)
۱۲.....	شکل ۳: مدل فرآیند اصلی در ایجاد هستان‌شناسی (Gómez-Pérez et al. 2004)
۱۳.....	شکل ۴: گام‌های فعالیت مدل‌سازی مفهومی بر طبق مت‌آنتولوژی (Gómez-Pérez et al. 2004)
۱۶.....	شکل ۵: بخشی از رده‌بندی مفاهیم مشترک حوزه بین زیست‌شناسی و شیمی
۱۷.....	شکل ۶: بخشی از هستان‌شناسی تولید شده
۳۰.....	شکل ۷: نمودار کلاس‌های اصلی تعریف شده در ChemTop

گزارش نهایی

غنی سازی روابط معنایی هستان شناسی علوم پایه

مقدمه

هستان‌شناسی در اصل گرایشی از علم فلسفه است که به مطالعه اینکه چه چیز موجود است و اشیاء چه ماهیتی دارند می‌پردازد. در دهه‌های اخیر واژه هستان‌شناسی در علم کامپیوتر نیز پذیرفته شده و ابتدا در گرایش هوش مصنوعی و اخیراً در زمینه‌های دیگر از جمله وب معنایی مورد استفاده قرار گرفته است. هستان‌شناسی‌ها می‌توانند به عنوان یک واژگان مشترک در ارتباطات عامل‌ها و یا به عنوان مجموعه‌ای از مولفه‌های دانشی با قابلیت استفاده مجدد برای ساخت سیستم‌های هوشمند به کار گرفته شوند.

پیدایش فناوری‌های اطلاعاتی و ارتباطی جدید و دسترسی به محیط وب، که حاوی حجم زیادی از اطلاعات است، استفاده از ابزارهای بازنمایی دانش مانند هستان‌شناسی را ضروری ساخته است. وجود هستان‌شناسی‌ها با روابط معنایی دقیق برای بهبود و تقویت سیستم‌های بازیابی و فرآیندهای خودکار استدلال ماشینی و همچنین وب معنایی بسیار مهم و لازم است اما ایجاد آن‌ها کاری پرهزینه و زمان‌بر است. هستان‌شناسی در واقع ابزار بازنمون دانش در حوزه سازماندهی دانش و هوش مصنوعی است و تأکید بر کاربرد آن در وب معنایی در دهه اخیر مورد توجه دانشمندان قرار گرفته است. هدف از کاربرد هستان‌شناسی، کاهش ابهام مفهومی در حوزه‌ای خاص است. کاهش ابهام، نتیجه مستقیم وجود روابط معنایی روشن و دقیق میان مفاهیم یک علم است.

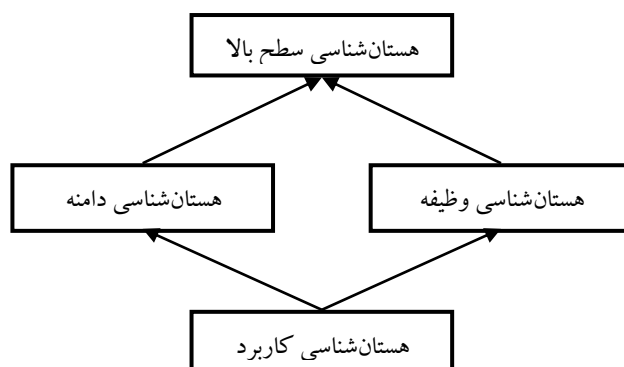
هستان‌شناسی‌ها را می‌توان بر اساس وابستگی به یک وظیفه و یا دیدگاه خاص به انواع هستان‌شناسی - های سطح بالا، وظیفه، دامنه و کاربرد طبقه‌بندی کرد (Guarino, 1997). یک هستان‌شناسی سطح بالا^۱ مفاهیم خیلی عمومی، مانند فضا، زمان، شیء، رخداد و ...، که بین حوزه‌های مختلف مشترک است را توضیح می‌دهد. این مفاهیم مستقل از یک مسأله یا حوزه خاص است و همه مفاهیم هستان‌شناسی - های موجود بایستی به آنها مرتبط شوند.

¹ Top-level ontologies

هستان‌شناسی‌های دامنه واژگان مربوط به یک حوزه تخصصی را با اختصاصی کردن اصطلاحاتی که در هستان‌شناسی سطح بالا معرفی شده است، توصیف می‌کنند. یک هستان‌شناسی دامنه به طور خاص مناسب یک وظیفه یا کاربرد بخصوص نیست، در عوض دانش عمومی یک حوزه، که به محدوده وسیعی از وظایف و کاربردهای مختلف مربوط می‌شود، در آن مشخص شده است.

هستان‌شناسی‌های وظیفه روش‌های کلی حل مسأله که در زمینه‌های مختلف قابل اجرا است را توصیف می‌کنند. این قبیل از روش‌ها مخصوص به وظیفه معینی هستند، اما این وظیفه باید خود تا حدی کلی باشد که در کاربردها و حوزه‌های تخصصی مختلفی واقع شود. در هستان‌شناسی وظیفه واژگان مربوط به وظیفه یا فعالیت کلی، با اختصاصی کردن اصطلاحاتی که در هستان‌شناسی سطح بالا معرفی شده است، مشخص می‌شود. هستان‌شناسی‌های دامنه و وظیفه دارای اهداف متفاوتند اما نسبت به قابلیت استفاده مجدد مکمل یکدیگر هستند. اولی قابل اعمال به وظایف مختلف لیکن محدود به یک حوزه کاربردی خاص است و دومی مختص یک وظیفه خاص است اما در حوزه‌های مختلف قابل استفاده است.

هستان‌شناسی کاربرد مفاهیم مورد نیاز برای یک کاربرد خاص را تأمین می‌کند. مفاهیم این نوع از هستان‌شناسی وابسته به یک دامنه و وظیفه خاص هستند و اختصاصی شده مفاهیم هردو نوع هستان‌شناسی مرتبط می‌باشند. در شکل ۱ وابستگی‌های این چهار نوع هستان‌شناسی به یکدیگر نشان داده شده است.



شکل ۱: انواع هستان‌شناسی و وابستگی‌های آنها (Guarino, 1997)

با توجه به نیاز به انواع مختلف هستان‌شناسی در زبان فارسی، ما برآن شدیم تا بر مبنای اصطلاحنامه‌های تخصصی تدوین یافته در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات، یک هستان‌شناسی دامنه در حوزه علوم پایه ایجاد کنیم تا به عنوان مرجعی برای ساخت هستان‌شناسی‌های کاربردی، مورد استفاده قرار بگیرد. اصطلاحنامه یک منبع دانش سازماندهی شده توسط متخصصان موضوعی

غنی‌سازی روابط معنایی هستان‌شناسی علوم‌پایه □ ۴

است که حاوی اصطلاحات یک حوزه و روابط معنایی بین این اصطلاحات است. بعلاوه، روابط معنایی (اعم/اخص) که در اصطلاحنامه موجود است به ما این امکان را می‌دهد تا ساختار سلسله مراتبی مورد نیاز برای هستان‌شناسی را ایجاد کنیم. از اینرو، ما از اصطلاحنامه به عنوان منبعی برای ساخت هستان‌شناسی استفاده کردیم.

هستان‌شناسی‌ها در حوزه هوش مصنوعی و مهندسی دانش رشد یافته و از پویایی بیشتری نسبت به اصطلاحنامه‌ها و فرا اصطلاحنامه‌ها برخوردارند و می‌توانند در سازماندهی و مدیریت دانش مبنا قرار گیرند. بر این اساس ارائه الگویی از هستان‌شناسی علوم پایه می‌تواند در آینده مبنای ساخت هستان‌شناسی‌های دیگر قرار گرفته و برای بازیابی اطلاعات پایگاه‌های علمی - فنی و همچنین برنامه‌ریزی آموزش و پژوهش مورد استفاده قرار گیرد. در ادامه پس از مروری بر کارهای پیشین مرتبط با این پژوهش، ساخت هستان‌شناسی بر مبنای اصطلاحنامه توضیح داده شده و سپس روش غنی‌سازی روابط معنایی در هستان‌شناسی علوم‌پایه، که به صورت نیمه خودکار توسط متخصصان موضوعی قابل اجرا می‌باشد، تشریح شده است.

۱. مبانی نظری پژوهش

هستان‌شناسی یک گرایش علمی در فلسفه است که به مطالعه آنچه موجود است و آنچه باید فرض شود که وجود دارد، به منظور دستیابی به یک توصیف متقاعد کننده از واقعیت می‌پردازد. «گروبر» از پیشگامان در معرفی فنی هستان‌شناسی در علم کامپیوتر است که براساس نظر وی هستان‌شناسی: «ذکر مختصات صریح و روشن از مفاهیم به اشتراک گذاشته شده است» (Gruber 1993). تعریف «سوا» از هستان‌شناسی به این شرح است: «هستان‌شناسی دسته‌بندی از موضوعات با عناصر موجود در یک حوزه خاص را بررسی می‌کند و براساس آن بررسی، فهرستی از موضوعات را ارائه می‌دهد که به تفصیل، انواع موضوعات و روابط منطقی میان آنها را بیان می‌کند و از این رو هستان‌شناسی نامیده می‌شود. از هستان‌شناسی در حوزه‌های مختلفی از جمله هوش مصنوعی، مهندسی نرم‌افزار و اطلاع‌رسانی استفاده شده است» (Sowa 2000).

هستان‌شناسی در وب نیز به کار گرفته شده است و در بازیابی اطلاعات متن بنیاد مبتنی بر وب به کاربران کمک می‌کند. «سورگل» با توجه به این نکته هستان‌شناسی را یک ابزار سازماندهی منابع وب و بازیابی دانش با کمک زبان طبیعی، معرفی کرده است. محیط وب دستیابی گسترده به اطلاعات را فراهم کرده است. این محیط اطلاعاتی جدید و تغییر توانایی‌های کاربران و نیازهای اطلاعاتی متفاوت، نیاز به ابزارهای یاری‌دهنده در امر بازیابی و سازماندهی اطلاعات رو به رشد را ضرورت بخشیده و یکی از این ابزارها هستان‌شناسی‌ها هستند (Soergel et. al 2004).

اگر بخواهیم میان رده‌بندی، اصطلاحنامه و هستان‌شناسی تفکیک قائل شویم، می‌توانیم بگوییم که رده‌بندی‌ها فقط دارای تقسیم‌بندی سلسله‌مراتبی و ساختار پدر و فرزند می‌باشند و تمایز معنایی کمتری ایجاد می‌کنند. در حالی که اصطلاحنامه‌ها علاوه بر آن اصطلاحات و مترادف‌ها و روابط اعم و اخص و وابسته و ارجاعات را نیز نشان می‌دهند و از اینرو نسبت به رده‌بندی‌ها تمایز معنایی دقیق‌تری میان مفاهیم قائل می‌شوند. هستان‌شناسی‌ها در یک مرحله بالاتر با ارائه الگوی مفاهیم، تقسیم‌بندی معناشناختی دقیق‌تری میان مفاهیم قائل هستند که براساس یک نظریه منطقی استوار است و از دانش غنی‌تر و پیچیده‌تر با تمایزات معنایی بیشتر برخوردار است (Daconta et al. 2003).

در نموداری که در شکل ۲ نشان داده شده است، رده‌بندی‌ها با داشتن ساختار تقسیم‌بندی پدر و فرزند مفاهیم از تمایزات معنایی نسبتاً ضعیف‌تری برخوردارند. در برخی موارد روابط معنایی براساس طبقات و زیر طبقات و در مواردی دیگری براساس کل و جزء تعریف می‌شوند. بطورکل

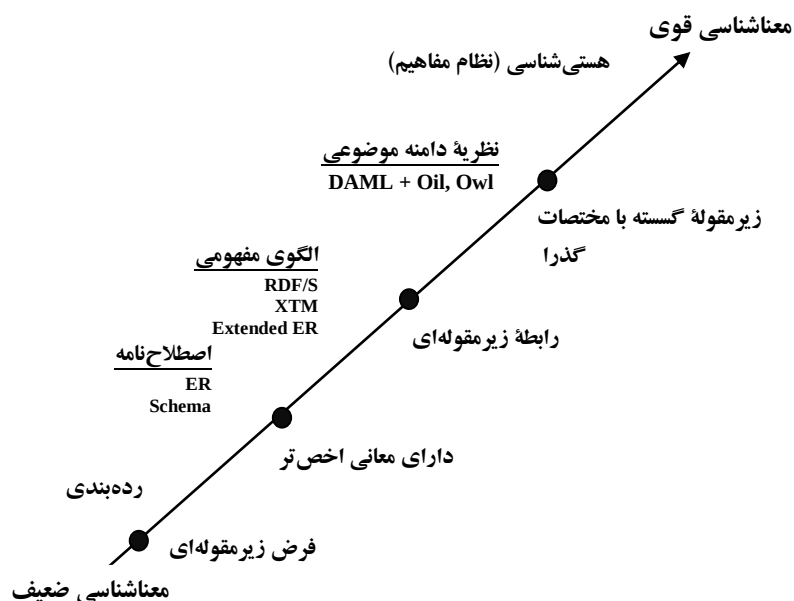
می‌توان در مورد روابط معنایی میان اجزاء معنایی تشکیل دهنده رده‌بندی و طبقه‌بندی آن گفت که نسبت به اصطلاحنامه‌ها و هستان‌شناسی‌ها از تمایزات معنایی ضعیف‌تری برخوردارند. اما رده‌بندی‌هایی که قوی‌تر و دقیق‌تر هستند، با استفاده از ابزار منطقی تمایزات معنایی دقیق‌تری میان مفاهیم ایجاد کرده و از این‌روست که می‌توانند به عنوان اسکلت معنایی هستان‌شناسی‌ها مورد استفاده قرار گیرند.

در این نمودار گره بعدی به اصطلاحنامه‌ها اختصاص یافته است. در اصطلاحنامه‌ها براساس روابط معنایی میان اصطلاحات (واژه‌ها و عبارات)، ساختاری همانند رده‌بندی شکل گرفته است. بدین ترتیب اصطلاحنامه‌ها نوعی رده‌بندی سلسله‌مراتبی و نیز روابط اعم و اخص و وابسته میان اصطلاحات را ارائه می‌دهند. براساس استاندارد اصطلاحنامه تک-زبانه تعریف اصطلاحنامه عبارت است از: «واژگان کنترل شده که براساس نظامی شناخته شده دسته‌بندی شده است و ساختار آن براساس روابط معنایی هم‌ارز، سلسله‌مراتبی، اعم و اخص و روابط وابسته مفاهیم شکل گرفته است. اهداف اولیه اصطلاحنامه، تسهیل بازیابی اسناد و مدارک و دستیابی به انسجام در نمایه‌سازی منابع مکتوب و غیر مکتوب و اسناد و مدارک علمی است. از این‌روست که اصطلاحنامه با داشتن واژگانی کنترل شده و استاندارد پشتیبان نمایه‌سازی و بازیابی اطلاعات قرار می‌گیرد تا «جستجوگر اطلاعات» را در گزینش اصطلاحات درست و منطبق با مفاهیم و دستیابی به داده‌های مورد نیازش هدایت کند.»

کاربرد یک اصطلاحنامه تضمین می‌کند که:

- مفاهیم به شیوه‌ای منسجم توصیف شوند.
- کاربران با تجربه بتوانند به آسانی جستجوهای خود را طوری اصلاح نمایند که به نیازهای اطلاعاتی خود سریع‌تر دسترسی یابند.
- کاربران نیازی به آشنایی کامل با اصطلاحات فنی و تخصصی و ریز مسائل آن نداشته باشند.

در شکل ۲، در مرحله بعد الگوی مفهومی که از بازنمایی معنایی بیشتری برخوردار است، قرار می‌گیرد. وقتی از رده‌بندی‌ها و اصطلاحنامه‌ها به سوی الگوی مفهومی و نظریه منطقی مفاهیم حرکت می‌کنیم در واقع به هستان‌شناسی‌ها می‌رسیم. مدل مفهومی، الگویی است از مفاهیم نظام یافته یک حوزه موضوعی علوم و دانش که در برخی موارد دامنه نیز نامیده می‌شود، و نشانگر مدخل‌های اولیه (اشیاء و پدیده‌های یک دامنه) روابط ساختاری و معنایی میان این مدخل‌های واژگانی و ارزش‌گذاری مختصات معنایی و روابط آنها و در برخی موارد شامل قواعد حاکم بر مدخل‌ها، روابط و ممیزه‌های معنایی آنها نیز می‌شود.



شکل ۲: انواع ابزار رده‌بندی معناشناختی (Daconta et al 2003)

هستان‌شناسی معرف واژگان همگانی و مفاهیم (معانی) آنهاست که در توصیف و بازنمایی حوزه‌ای از دانش بکار می‌رود و از اینرو معانی اصطلاحات را معیارسازی می‌نماید. هستان‌شناسی‌ها از سوی متخصصان، پایگاه‌های اطلاعاتی و دیگر سیستم‌های رایانه‌ای بکار گرفته می‌شوند تا اطلاعات موضوعی و تخصصی دامنه (حوزه تخصصی دانش مانند پزشکی، شیمی، فیزیک و...) را به اشتراک بگذارند. هستان‌شناسی‌ها شامل تعاریف مفاهیم پایه یک دامنه موضوعی و روابط معنایی میان آنهاست که برای رایانه کاربرد داشته باشد و دانش موجود در دامنه را، قابل استفاده و بهره‌برداری مجدد توسط متخصصان و پژوهشگران نماید.

۲. پیشینه پژوهش

تحقیقات انجام شده در زمینه هستان‌شناسی در زبان فارسی عموماً متمرکز بر وردنت فارسی و واژه‌هستان‌شناسی‌ها بوده است (شمس‌فرد ۱۳۹۱، فدایی و دیگران ۱۳۹۱). وردنت یا شبکه واژگانی، شامل مجموعه‌هایی از واژه‌های هم‌معنی است که با روابط مشخصی مانند شمول، جزء‌واژگی، اشتقاق و ... بهم مرتبط شده‌اند و از آن در بررسی مفهومی کلمات توسط کامپیوتر در شاخه‌های مختلف پردازش زبان طبیعی استفاده می‌شود. هدف از این گونه از هستان‌شناسی‌ها توصیف ساختارهای معنایی زبان است در صورتی که مقصود هستان‌شناسی‌های دامنه، که شامل واژگان مربوط به مفاهیم یک حوزه و روابط آن‌ها هستند، مدل کردن یک حوزه خاص می‌باشد.

ساخت هستان‌شناسی در یک حوزه از دانش کاری دشوار و زمان‌بر است و یکی از روش‌هایی که به منظور تسهیل و سرعت بخشیدن به تولید هستان‌شناسی مورد توجه قرار گرفته است استفاده از منابع دانش سازماندهی شده‌ای است که پیش از این توسط متخصصان موضوعی تدوین شده است. یکی از این منابع که ساختار آن تشابه زیادی با ساختار اولیه یک هستان‌شناسی دارد، اصطلاحنامه است. از رویکردهای ارائه شده برای تبدیل اصطلاحنامه به هستان‌شناسی و رفع ابهام از روابط موجود، روشی است که از سوی «سورگل»^۲ و دیگران (۲۰۰۴) مطرح شده است. در این رویکرد، پس از تعریف ساختار هستان‌شناسی و مقداردهی این ساختار بر اساس اطلاعات موجود در اصطلاحنامه، فرآیند تبدیل روابط صورت می‌گیرد. این فرآیند برای دقیق‌تر کردن روابط موجود در هستان‌شناسی توسط متخصص موضوعی انجام می‌گیرد. متخصص موضوعی با شناسایی الگوهای مربوط به رخداد روابط معنایی بین مفاهیم، قواعدی برای تصحیح معنایی روابط تعریف می‌کند تا بر روی موارد مشابه اعمال شود.

قابلیت اجرای رویکرد ارائه شده توسط «سورگل» با بکارگیری روش‌های یادگیری ماشین توسط «کاوتراکول»^۳ و دیگران (۲۰۰۵) بالا برده شده است. در این رویکرد، روشی برای استخراج قواعد به صورت خودکار به منظور کشف روابط مبهم بخصوص روابط سلسله‌مراتبی و هم‌ارزی و پیشنهاد رابطه مناسب ارائه شده است. در مورد روابط وابسته، قواعد توسط متخصصان موضوعی و یا از طریق یادگیری ماشین شناسایی و پیشنهاد می‌شوند و پس از تایید متخصص بر روی موارد مشابه اعمال می‌شوند. بر اساس همین روش، «خسروی» و «وظیفه‌دوست» (۲۰۰۸) طرحی برای ایجاد هستان‌شناسی فارسی در حوزه کتابداری و علوم اطلاعات بر مبنای اصطلاحنامه اصفا ارائه داده‌اند. در روش ارائه

^۲ Soergel

^۳ Kawtrakul

شده، روابط بین مفاهیم بر اساس مجموعه‌ای از متون مرتبط و با روش یادگیری به روابط دقیق‌تر هستان‌شناختی تبدیل می‌شوند.

در رویکرد دیگری که از سوی «هوانگ»^۴ و دیگران (۲۰۰۷) مطرح شده است، از یک هستان‌شناسی پایه در حوزه مرتبط با اصطلاحنامه استفاده شده است و مفاهیم موجود در اصطلاحنامه به این هستان‌شناسی اضافه شده و آن را گسترش می‌دهد. در این رویکرد، ابتدا همه مفاهیم براساس مفاهیم موجود در اولین سطح هستان‌شناسی پایه طبقه‌بندی می‌شوند. در مرحله دوم روابط سلسله‌مراتبی موجود در اصطلاحنامه بررسی و پالایش می‌شوند تا انواع مختلف روابط سلسله‌مراتبی موجود (عام، جزء-کل و مصداقی) از یکدیگر متمایز شوند. در مرحله آخر نیز روابط غیرسلسله‌مراتبی به روابط معنایی در هستان‌شناسی تبدیل می‌شوند. این تبدیل با استفاده از الگوهای روابط معنایی که دامنه و برد آن‌ها مشخص است و نیز بر اساس طبقه‌بندی مفاهیم که در مرحله اول صورت گرفته است انجام می‌شود.

روش دیگری در زمینه تبدیل اصطلاحنامه به هستان‌شناسی از سوی «کلس»^۵ و دیگران (۲۰۱۲) مطرح شده است که شامل هشت گام مختلف است. این گام‌ها از مجموعه‌ای اولیه از گام‌های منظم که در یک بررسی موردی مهندسی مجدد بکار گرفته شده است، استخراج شده‌اند. این روش بر مبنای تفاوت‌های ساختاری بین اصطلاحنامه و هستان‌شناسی تولید شده است و رعایت ترتیب گام‌های آن تضمین می‌کند که در هستان‌شناسی بدست آمده کمترین خطا و ناسازگاری وجود داشته باشد. با این حال طبق اذعان خود نویسندگان، در پیاده‌سازی این روش مهندسی مجدد، تنها تعدادی از گام‌های را می‌توان تا اندازه‌ای به صورت خودکار انجام داد در صورتیکه به نظر می‌رسد امکان خودکار کردن گام‌های دیگر در حال حاضر وجود ندارد و بکارگیری آن برای تعداد زیادی از اصطلاحات (یک یا چند اصطلاحنامه)، در عمل غیر ممکن است.

با بررسی گام‌های ارائه شده در روش ارائه شده توسط «کلس» و دیگران (۲۰۱۲) ما دریافتیم که رویکرد ما در ساخت هستان‌شناسی علوم‌پایه کاملاً منطبق با گام‌های ابتدایی این روش بوده است و سعی کردیم اصول مطرح شده در این رویکرد را در ادامه نیز مد نظر داشته باشیم. اما رویکرد ما در غنی‌سازی روابط معنایی در اصل با توجه به روش ارائه شده از سوی «هوانگ» (۲۰۰۷) طراحی شده است.

⁴ Huang

⁵ Kless

غنی‌سازی روابط معنایی هستان‌شناسی علوم‌پایه □ ۱۰

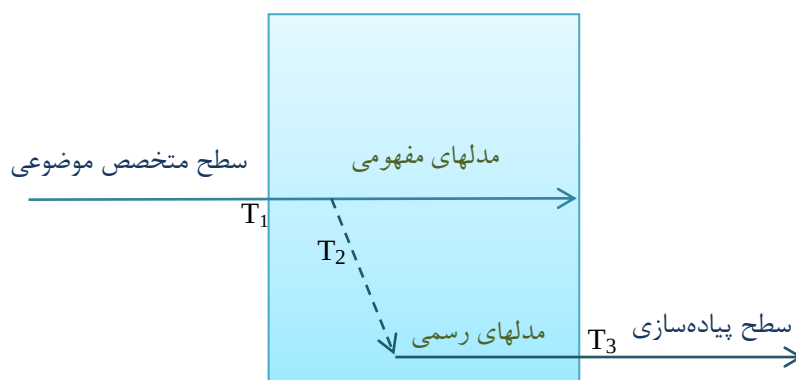
۳. روش ساخت هستان‌شناسی

در پژوهش حاضر قصد بر این بود که از چند اصطلاح‌نامهٔ مختلف که شامل چندین هزار اصطلاح باشد، برای تولید هستی‌شناسی استفاده شود. بنابراین، باید روشی اتخاذ می‌شد که به صورت خودکار یا نیمه خودکار قابلیت اجرا داشته باشد. برای این منظور، روش مشخصی انتخاب شد و با توجه به چارچوب کلی ارائه‌شده از سوی ویلازون-ترازاس (Villazon-Terrazas et al. 2010) برای مهندسی مجدد منابع دانشی دیگر و تبدیل آنها به هستی‌شناسی، مسیر کار مشخص گردید.

برای ساخت هستان‌شناسی از روش «مت‌آنتولوژی» (Gómez-Pérez et al. 2004) استفاده شده است. این روش، ساخت هستی‌شناسی‌ها را در سطح مفهوم بنیان مقدور می‌سازد. مبنای این روش، فعالیت‌های اصلی مشخص شده در فرآیند تولید نرم‌افزار و متدولوژی‌های مهندسی دانش است و شامل مشخص کردن فرآیند تولید هستان‌شناسی و روش‌های اجرای هر یک از فعالیت‌های مدیریت، توسعه و پشتیبانی می‌شود. در این روش بیشترین میزان اکتساب دانش، مجتمع‌سازی و ارزیابی در مرحله مفهوم‌سازی صورت می‌گیرد و این مرحله از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

مرحله مفهوم‌سازی در روش مت‌آنتولوژی نقش تعیین‌کننده‌ای در ادامه ساخت هستان‌شناسی دارد. هدف این مرحله سازماندهی دانش بدست آمده در طی فعالیت کسب دانش و نمایش آن به صورتی مستقل از الگوهای صوری و زبان‌های پیاده‌سازی مورد استفاده برای فرمول‌بندی و پیاده‌سازی هستان‌شناسی است. در نتیجه، فعالیت مفهوم‌سازی رابطه نیرومندی با فعالیت کسب دانش دارد. بعد از طراحی مدل مفهومی، متدولوژی پیشنهاد می‌دهد که مدل مفهومی به مدل رسمی تبدیل شود. مدل رسمی با استفاده از یک زبان پیاده‌سازی هستان‌شناسی، پیاده‌سازی خواهد شد. در طول این فرآیند، هستان‌شناسی بتدریج از سطح دانش به سمت سطح پیاده‌سازی حرکت می‌کند و درجه رسمیت مدل دانش کم‌کم افزایش پیدا می‌کند بطوریکه برای ماشین قابل فهم خواهد شد.

در شکل ۳، مدل فرآیند اصلی در مهندسی هستان‌شناسی نشان داده شده است. تبدیل T1، نشانگر فرآیند مدل‌سازی مفهومی است و می‌توان آن را به صورت تبدیل تصویری از دامنه به یک مدل مفهومی که آن تصور را شرح می‌دهد در نظر گرفت. تبدیل T2 مدل مفهومی را به یک مدل رسمی تبدیل می‌کند. تبدیل T3 مدل رسمی را به یک مدلی که قابلیت اجرا در رایانه داشته باشد تبدیل می‌کند. در شکل، T1 و T3 به صورت خط‌های پیوسته و T2 به صورت خط چین نشان داده شده است. این تفاوت به این علت است که قدری از دانش دامنه ممکن است در هنگام تبدیل از مدل مفهومی به مدل رسمی از دست برود.



شکل ۳: مدل فرآیند اصلی در ایجاد هستان‌شناسی (Gómez-Pérez et al. 2004)

فعالیت مدل‌سازی مفهومی در مت‌آنتولوژی شامل مجموعه‌ای از وظایف برای سازماندهی دانش است که در شکل ۴ نشان داده شده است. در این شکل ترتیب پیشنهادی برای ایجاد مولفه‌های مختلف هستان‌شناسی در طول فعالیت مدل‌سازی مفهومی شرح داده شده است.

در گام اول واژه‌نامه اصطلاحات باید ساخته شود. این واژه‌نامه، مجموعه‌ای از اصطلاحاتی را که هستان‌شناسی در بر می‌گیرد مشخص می‌کند. علاوه بر این در واژه‌نامه، تعریف هر اصطلاح به زبان طبیعی و همچنین مترادف‌ها و متضادهای هر واژه وجود دارد. در گام دوم رده‌بندی مفهومی برای طبقه‌بندی مفاهیم ساخته می‌شود. خروجی این گام می‌تواند یک یا چند رده‌بندی باشد که در آنها مفاهیم دسته‌بندی شده‌اند. گام سوم مربوط به ساخت نمودارهای روابط دودویی بین مفاهیم برای مشخص کردن روابط بین مفاهیم در هستان‌شناسی است. گام چهارم ساختن فرهنگ‌نامه مفاهیم است که شامل نمونه‌های هر مفهوم، ویژگی‌های نمونه‌ها و کلاسها و روابط بین آنها است.

وقتی فرهنگ‌نامه مفاهیم ساخته شد، هستان‌شناس باید در گام‌های پنجم تا هشتم جزئیات هر یک از روابط دودویی، ویژگی‌های نمونه‌ها، و مشخصه‌های کلاس‌ها و نیز ثابت‌های اصلی دامنه را در فرهنگ‌نامه مفاهیم بتفصیل شرح دهد. در گام‌ها نهم و دهم اصول صوری و قواعدی که برای بررسی محدودیت و استنباط ارزش مشخصه‌ها بکار می‌رود توضیح داده می‌شود. در نهایت هستان‌شناس می‌تواند به صورت اختیاری اطلاعات بیشتری درباره‌ی نمونه‌ها اضافه کند. رعایت ترتیب گام‌های نشان داده شده در این مدل، سازگار و کامل بودن دانش ارائه شده را تضمین می‌کند.



غنی‌سازی روابط معنایی هستان‌شناسی علوم‌پایه □ ۱۳

شکل ۴: گام‌های فعالیت مدل‌سازی مفهومی بر طبق مت‌آنتولوژی (Gómez-Pérez et al. 2004)

۴. طراحی و پیاده‌سازی هستان‌شناسی علوم پایه

برای ساخت هستان‌شناسی علوم‌پایه، اصطلاحنامه‌هایی که پیش از این در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات در حوزه‌های مختلف شیمی، فیزیک، زیست‌شناسی، زمین‌شناسی و ریاضی تدوین شده بود، مورد استفاده قرار گرفت. این اصطلاحنامه‌ها حاوی ده‌ها هزار اصطلاح تخصصی و روابط بین آنهاست که در طی چند سال توسط متخصصان موضوعی گردآوری شده است. از آنجایی که اصطلاحات هر حوزه توسط متخصصان موضوعی متفاوت تعیین شده بود در ابتدا لازم بود مفاهیم مشترک حوزه‌های مختلف در اصطلاحنامه‌ها به صورتی یکسان بیان شود تا بتوان از آنها در یک هستان‌شناسی واحد برای کلیه رشته‌های علوم‌پایه بهره برد. بدین منظور نرم‌افزاری برای همسان‌سازی اصطلاحات طراحی شد. این نرم‌افزار ابزاری برای نشان دادن موارد اختلاف بین مفاهیم مشترک بین دو اصطلاحنامه و پیشنهاد راهکارهای موجود به متخصص موضوعی برای برطرف کردن هر مورد است. در بسیاری از موارد راهکار انتخاب شده توسط متخصص موضوعی میتواند مستقیماً توسط نرم‌افزار به اجرا درآید تا مفهوم مورد نظر بین دو اصطلاحنامه کاملاً یکسان شوند، یا کاملاً از یکدیگر متمایز گردند. با کمک این نرم‌افزار، اصطلاحات موجود در همه اصطلاحنامه‌های مورد نظر به صورت دو به دو توسط متخصصان موضوعی بررسی شد و موارد اختلاف بین مفاهیم مشترک رفع گردید (حسینی بهشتی ۱۳۹۱).

پس از یکسان‌سازی کامل، صحیح و دقیق اصطلاحات موجود در اصطلاحنامه‌ها بر اساس استاندارد ایزو ۲۵۹۶۴ (ISO25964-1 2011)، کلیه اصطلاحنامه‌های حوزه‌های مختلف علوم پایه با یکدیگر تلفیق و اصطلاحنامه جامع تولید شد و با انتقال اصطلاحنامه از استاندارد ایزو ۵۹۶۴ به استاندارد ایزو ۲۵۹۶۴، اصطلاحنامه از حالت واژه-بنیان به حالت مفهوم-بنیان تبدیل شد. در استاندارد ایزو ۲۵۹۶۴، هر مفهوم در اصطلاحنامه بوسیله یک اصطلاح مرجع به ازای هر زبان و بوسیله هر تعداد اصطلاحات نامرجح نشان داده می‌شود و یادداشت‌های دامنه، حاشیه‌نویسی‌ها و روابط سلسله‌مراتبی و وابسته، به جای اصطلاح مرجع، به کل یک مفهوم متصل می‌شوند. در مرحله بعد، طراحی هستی‌شناسی بر مبنای اصطلاحنامه جامع، با توجه به روش مت‌آنتولوژی که در بخش قبل توضیح داده شد، طی مراحل زیر صورت گرفت:

۱. ساخت واژه‌نامه مجموعه اصطلاحات

واژه‌نامه اصطلاحات بر مبنای اصطلاحات موجود در اصطلاحنامه جامع تشکیل داده شد. این اصطلاحات در هر حوزه توسط متخصصان موضوعی از منابع مختلف به یکی از دو روش قیاسی و یا استقرائی، استخراج و گزینش شده بود. در روش قیاسی ابتدا چارچوب کلی زمینه موضوعی ترسیم می‌گردد، یعنی مشخص می‌شود که محدوده آن چیست و چه موضوع‌های کلی را در برمی‌گیرد.

سپس هر یک از این موضوع‌ها به موضوع‌های فرعی‌تر تقسیم می‌گردد و این کار تا مرحله تعیین اخص‌ترین مفاهیم ادامه پیدا می‌کند. در این روش، مفاهیم اصطلاحات معمولاً از منابع متعددی نظیر طرح‌های رده‌بندی، اصطلاحنامه‌های موجود، دایره‌المعارفها، فرهنگها و لغت‌نامه‌های تخصصی، نمایه‌نامه‌های ادواری، فهرست مندرجات و متون کتابهای درسی پایه و غیره استخراج می‌شوند. در روش استقرایی ابتدا مجموعه نمونه‌ای از انواع مدارکی که در عمل زیر پوشش نظام ذخیره و بازیابی مورد نظر قرار خواهند گرفت انتخاب می‌شود، سپس از نمایه‌سازی این مدارک، مجموعه‌ای از مفاهیم و اصطلاحات فراهم می‌آید.

۲. ساخت رده‌بندی مفاهیم

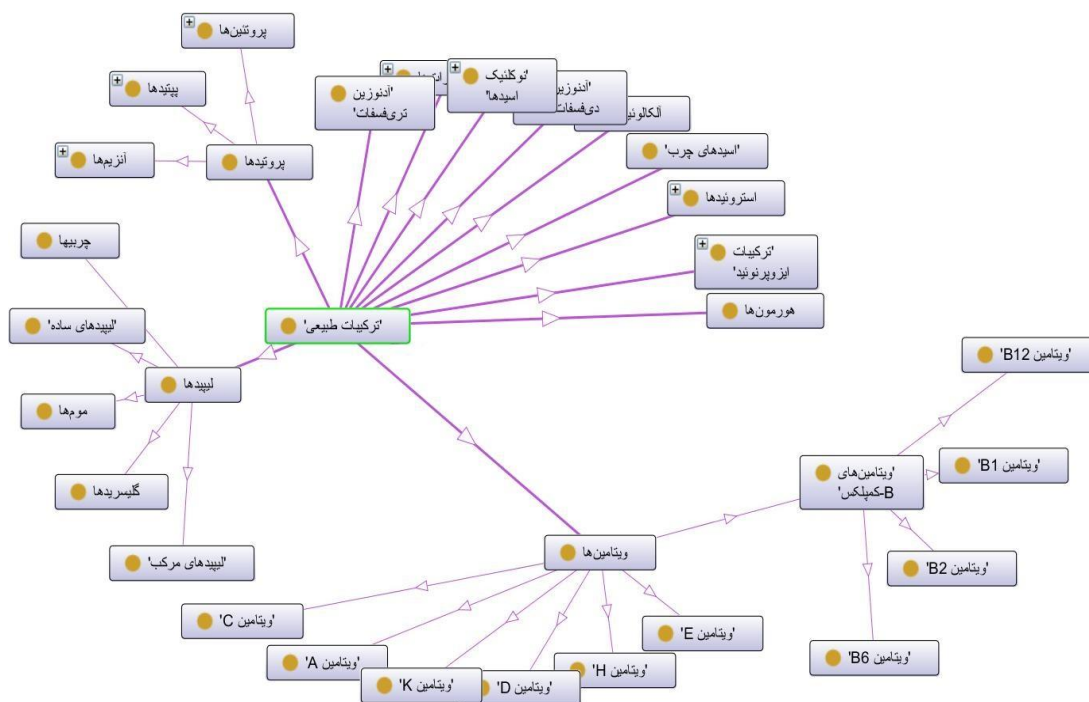
رده‌بندی مفاهیم بر اساس نظام مفهومی موجود در اصطلاحنامه‌ها شکل گرفته است. هر اصطلاح مرجح بعنوان یک مفهوم یا کلاس در نظر گرفته شده است و روابط (اخص/اعم) به روابط (زیررده/بالارده) تبدیل شده است. بدین معنی که اگر یک مفهوم بر اساس اصطلاحی در نظر گرفته شده باشد که نسبت به یک اصطلاح دیگر اخص باشد، این مفهوم زیررده مفهومی خواهد بود که بر اساس اصطلاح دوم در هستان‌شناسی در نظر گرفته شده است. نمونه‌ای از رده‌بندی مفاهیم در هستان‌شناسی در شکل ۵ نشان داده شده است.

۳. تعریف روابط دودویی میان مفاهیم

روابط دودویی بین مفاهیم بر اساس روابط مفهومی موجود در اصطلاحنامه، برای هستان‌شناسی در نظر گرفته شد. علاوه بر روابط سلسله‌مراتبی که در مرحله قبل بین مفاهیم در نظر گرفته شده بود، بین هر دو مفهوم وابسته در اصطلاحنامه نیز یک رابطه دودویی با برچسب وابسته در هستان‌شناسی در نظر گرفته شد. روابط دیگر نیز به صورتی مشابه در هستان‌شناسی لحاظ شده است.

۴. ساخت فرهنگ‌نامه مفاهیم

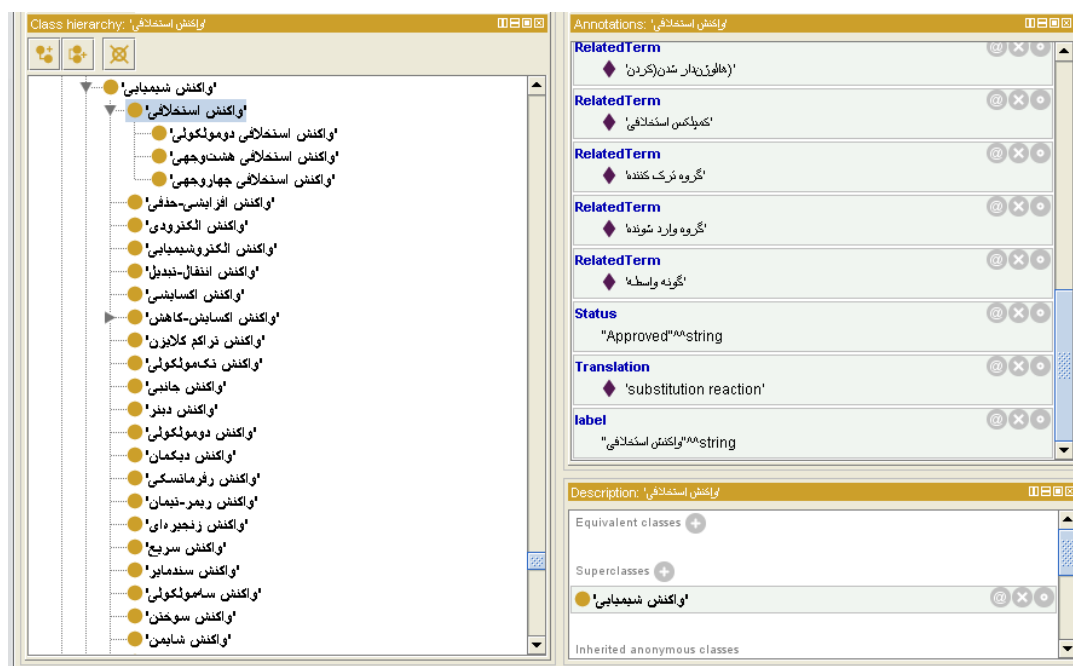
اصطلاحات نامرجم به صورت منفرد تعریف می‌شوند. هر اصطلاح نامرجم نمونه‌ای از کلاس مربوط به اصطلاح مرجح خود در نظر گرفته شده است. روابط دودویی بین نمونه‌ها بر اساس نوع روابط بین اصطلاحات مربوط به آن‌ها در اصطلاحنامه مشخص می‌شود. ترجمه اصطلاحات و عبارت‌های اختصاری نیز به عنوان ویژگی‌های مفاهیم مربوطه در نظر گرفته می‌شوند.



شکل ۵: بخشی از رده‌بندی مفاهیم مشترک حوزه بین زیست‌شناسی و شیمی

پس از طراحی مفهومی هستان‌شناسی و بررسی مفاهیم مشترک و روابط موجود بین آنها با دیگر مفاهیم توسط متخصصان موضوعی، مرحله پیاده‌سازی صورت گرفت. در این مرحله طرح مفهومی در قالب زبان «ا. دلیو. ال.»، که زبان استاندارد توصیه شده توسط کنسرسیوم جهانی وب برای هستان‌شناسی است، پیاده‌سازی شد و هستان‌شناسی علوم‌پایه تولید گردید. بخشی از هستان‌شناسی تولید شده با کمک نرم‌افزار پروتژ، در شکل ۶ نشان داده شده است.

۱۷ □ غنی‌سازی روابط معنایی هستان‌شناسی علوم‌پایه



شکل ۶: بخشی از هستان‌شناسی تولید شده

۵. لزوم پالایش و غنی‌سازی روابط در هستان‌شناسی

پس از تولید هستان‌شناسی به منظور دقیق‌تر کردن روابط معنایی تعریف شده در هستان‌شناسی، در مرحله‌ی بعد باید روابط معنایی توسط متخصص موضوعی پالایش شود. این روابط شامل روابط سلسله‌مراتبی و روابط وابسته هستند. روابط سلسله‌مراتبی در اصطلاحنامه انواع مختلفی از روابط از جمله نوعی و کل - جزء را دربرمی‌گیرد که نوع هر رابطه باید در هستان‌شناسی دقیقاً مشخص گردد. روابط وابسته تنها نشانگر وجود وابستگی بین دو مفهوم می‌باشد و نوع این وابستگی در اصطلاحنامه کاملاً مبهم است. این رابطه به همین صورت در هستان‌شناسی قابل استفاده نمی‌باشد چون از دقت و گویایی لازم برای استدلال در مورد رابطه بین دو مفهوم برخوردار نیست. اما همین رابطه بیانگر وجود نوعی رابطه هستان‌شناختی بین دو مفهوم است که در صورتی که نوع دقیق آن معین شود می‌توان آن را به عنوان یک رابطه معنایی به هستان‌شناسی اضافه کرد.

به منظور پالایش و غنی‌سازی روابط در هستان‌شناسی، ما ابتدا از روشی مشابه روش ارائه شده از سوی «سورگل» و دیگران (۲۰۰۴) استفاده کردیم. در این رویکرد متخصص موضوعی در هستان‌شناسی پیش می‌رود و به دنبال الگوهای روابط معنایی بین مفاهیم می‌گردد و بر اساس این الگوها قواعدی را تنظیم می‌کند که قابل اعمال بر روی موارد مشابه بعدی هستند. این الگوها نوع خاصی از محدودیت هستند. مبنای این محدودیت‌ها روابط موجود در اصطلاحنامه از یک طرف و نوع موجودیت‌های مفاهیم مورد بحث از طرف دیگر است. جدول ۱ چند نمونه از محدودیت‌ها بر مبنای روابط اصطلاحنامه را نشان می‌دهد.

بعنوان اولین گام ما از روابط معنایی که در جدول ۲ نشان داده شده است برای پالایش محدود روابط معنایی در هستان‌شناسی بهره بردیم. روابط سلسله‌مراتبی در اصطلاحنامه معمولاً به یکی از روابط معنایی در دو ردیف اول و روابط وابسته اغلب به یکی از روابط نشان داده شده در ردیف آخر تبدیل می‌شوند. روابط نشان داده شده در جدول ۲ معمولاً نامتقارن هستند.

جدول ۱: نمونه‌هایی از محدودیت‌ها بر مبنای روابط اصطلاحنامه (Soergel et al. 2004)

روابط اصطلاحنامه	روابط ممکن در هستی‌شناسی
NT/BT	<hasMember>/<isMemberOf> <includesSpecific>/<isa> <spatiallyInclude>/<spatiallyIncludeIn> ...
RT	<similarTo> <growsIn>/<EnvironmentForGrowing> <treatmentFor>/<treatedWith> <hasMember>/<memberOf> ...

بعنوان مثال اولین رابطه در جدول به مفهوم این است که Y همه مشخصات X را دارا است و نوع خاصی از X محسوب می‌شود. این یک رابطه عام استاندارد بین مفاهیم است و برای نشان دادن روابط سلسله مراتبی کاربرد دارد. در مثال زیر این رابطه بین دو مفهوم «سلول» و «سلول خون» نشان داده شده است. رابطه‌ی بین این دو مفهوم در اصطلاحنامه نیز از نوع سلسله مراتبی (اعم/اخص) است.

سلول خون <includeSpecific> سلول

سلول <isa> سلول خون

در اصطلاحنامه، سلول خون علاوه بر سلول دارای یک واژه اعم دیگر یعنی «خون» نیز هست. رابطه بین مفاهیم مربوط به این دو اصطلاح در مرحله طراحی مفهومی به رابطه <isa> تبدیل شده است. در مرحله غنی‌سازی، رابطه سلسله مراتبی این دو مفهوم از نوع کل - جزء تعیین می‌شود و به صورت زیر تغییر پیدا می‌کند. این رابطه نشان می‌دهد که سلول خون یکی از مواد تشکیل دهنده خون است.

سلول خون <containsSubstance> خون

خون <substanceContainedIn> سلول خون

نمونه‌ی دیگری از روابط سلسله مراتبی عام که به رابطه‌ی کل - جزء تبدیل شده است در مثال زیر نشان داده شده است. این رابطه نشان می‌دهد که کروموزوم بخشی از هسته سلول است، با اینحال هویت خود را حتی زمانی که بخشی از یک شیء دیگر است حفظ می‌کند.

کروموزوم <hasComponent> هسته سلول

هسته سلول <componentOf> کروموزوم

جدول ۲: نمونه‌هایی از روابط بین مفاهیم (Soergel et al. 2004)

X و Y مفاهیم هستی‌شناسی هستند
روابط سلسله مراتبی (Isa)
X <includesSpecific> Y / Y <isa> X X <inheritsTo> Y / Y <inheritsFrom> X
روابط کل - جزء
X <containsSubstance> Y / Y <substanceContainedIn> X X <hasIngredient> Y / Y <ingredientOf> X X <madeFrom> Y / Y <usedToMake> X X <yieldsPortion> Y / Y <portionOf> X X <spatiallyIncludes> Y / Y <spatiallyIncludedIn> X X <hasComponent> Y / Y <componentOf> X X <includesSubprocess> Y / Y <subprocessOf> X X <hasMember> Y / Y <isMemberOf> X
مثال‌هایی از روابط دیگر
X <causes> Y / Y <causedBy> X X <instrumentFor> Y / Y <performedByInstrument> X X <processFor> Y / Y <usesProcess> X X <beneficialFor> Y / Y <benefitsFrom> X X <treatmentFor> Y / Y <treatedWith> X X <harmfulFor> Y / Y <harmedBy> X X <hasPest> Y / Y <afflicts> X X <growsIn> Y / Y <growthEnvironmentFor> X X <hasProperty> Y / Y <propertyOf> X X <hasSymptom> Y / Y <indicates> X X <similarTo> Y / Y <similarTo> X X <oppositeTo> Y / Y <oppositeTo> X X <hasPhase> Y / Y <phaseOf> X X <growsIn> Y / Y <EnvironmentForGrowing> X X <ingests> Y / Y <ingestedBy> X

در برخی موارد حتی ممکن است روابطی که در اصطلاحنامه به صورت سلسله مراتبی در نظر گرفته شده است، در هستان‌شناسی از نوع روابط معنایی غیرسلسله مراتبی تعیین شود. بعنوان مثال رابطه بین «گردش خون» و «فشار خون» در اصطلاحنامه از نوع اعم/اخص تعریف شده است اما این رابطه در هستان‌شناسی به رابطه معنایی دقیق‌تر زیر تبدیل می‌شود.

فشار خون <hasProperty> گردش خون

گردش خون <propertyOf> فشار خون

مشابه مثال بالا در حوزه فیزیک رابطه بین «تجسم رد ذره» با «اتاقک حباب» است. اصطلاح مربوط به مفهوم اول یک واژه اعم برای اصطلاح مربوط به مفهوم دوم در اصطلاحنامه محسوب می‌شود. در

غنی‌سازی روابط معنایی هستان‌شناسی علوم‌پایه □ ۲۱

صورتیکه در هستی‌شناسی رابطه این دو مفهوم باید کاملاً دقیق مشخص شود. از آنجایی که «اتاقک حباب» ابزاری برای «تجسم رد ذره» محسوب می‌شود رابطه این دو مفهوم در هستان‌شناسی به صورت زیر اصلاح می‌شود.

تجسم رد ذره < equipmentFor > اتاقک حباب

با توجه به مثال‌های بیان شده، تبدیل روابط اصطلاحنامه به روابط دقیق معنایی در هستان‌شناسی کاری دشوار و زمان‌بر و دارای پیچیدگی‌های خاص خود است. بنابراین لازم است با استفاده از روش‌های مناسب و نیمه اتوماتیک این کار تسهیل گردد تا در حجم زیاد، در زمان مناسب قابل انجام گردد.

۶. روش پالایش و غنی‌سازی روابط معنایی

با استفاده از روش توضیح داده شده در بخش قبل فقط تعداد محدودی از روابط توسط متخصص موضوعی به روابط معنایی دقیق‌تر تبدیل شدند. برای پالایش همه روابط موجود در هستان‌شناسی لازم بود روش‌های مختلف بررسی گردد و روشی مورد استفاده قرار گیرد که قابلیت اجرای خودکار یا نیمه خودکار برای پالایش تعداد زیاد روابط موجود در هستان‌شناسی را داشته باشد. هستان‌شناسی با روابط معنایی دقیق‌تر می‌تواند بازنمایی بهتری از دانش یک حوزه را ارائه دهد و توان استدلال پیشرفته‌تری بر اساس این بازنمایی دانش عرضه کند و در نهایت جستجو و بازیابی اطلاعات را بهبود بخشد.

برای این منظور ما روشی ارائه دادیم که مشابه رویکردی است که توسط هوانگ و دیگران (۲۰۰۷) برای غنی‌سازی روابط معنایی در هستان‌شناسی مورد استفاده قرار گرفته است. روش ما شامل سه مرحله است: در مرحله اول روابط سلسله مراتبی پالایش شدند تا روابط نوعی از روابط کل-جزء متمایز گردند. این مرحله مقدمه‌ای برای مراحل بعدی است و نقش مهمی در تسریع دسته‌بندی مفاهیم و همچنین شناسایی روابط معنایی، که از نوع کل و جزء هستند، را دارد.

در مرحله دوم، هستان‌شناسی تولید شده با یک هستان‌شناسی سطح بالا و یک مجموعه متناظر از روابط صوری منطبق گردید. در این مرحله ابتدای تعدادی از هستان‌شناسی‌های سطح بالا مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت و یک هستان‌شناسی سطح بالایی مناسب انتخاب شد. سپس مفاهیم موجود در بالای سلسله مراتب‌ها در هستان‌شناسی تولید شده بر اساس کلاس‌های موجود در هستان‌شناسی سطح

بالا دسته‌بندی شدند. این مفاهیم ممکن است به عنوان کلاس هم‌ارز و یا زیر کلاس کلاس مناسبی از هستان‌شناسی سطح بالا تشخیص داده شوند.

با انطباق مفاهیم موجود در هستان‌شناسی تولید شده با کلاس‌های هستان‌شناسی سطح بالا امکان استفاده از مجموعه‌ای از روابط معنایی که در این گونه از هستان‌شناسی‌ها رسماً تعریف شده است، فراهم می‌گردد. یک مجموعه‌ی مفید از روابط هستان‌شناختی عموماً شامل روابط در ابعاد مختلف (فاصله‌ای، زمانی و...) است. این روابط وابستگی قوی با هستان‌شناسی سطح بالای اتخاذ شده دارند و دامنه و برد آنها با ارجاع به هستان‌شناسی سطح بالا محدود می‌شود.

در نهایت، در مرحله سوم روابط معنایی، با توجه به روابط کل - جزء تشخیص داده شده و همچنین وابستگی‌های بین مفاهیم که توسط متخصصان موضوعی در اصطلاحنامه تعیین شده است، به هستان‌شناسی اضافه می‌گردد. برای اضافه کردن روابط معنایی ابتدا الگوهای روابط از هستان‌شناسی سطح بالا استخراج شده و سپس بر روی زوج مفاهیمی که به یکدیگر وابسته هستند منطبق می‌گردد و در صورت انطباق یک الگو و تأیید متخصص موضوعی رابطه معنایی مرتبط به هستان‌شناسی اضافه می‌گردد.

۶-۱. پالایش روابط سلسله مراتبی

روابط سلسله مراتبی موجود در اصطلاحنامه یا روابط اعم - اخص انواع مختلف جنس و گونه یا نوعی، که پیوند بین رده یا مقوله و اعضا یا انواع آن را مشخص می‌کند، کل و جزء^۶، که در آن کل نقش حاکم و جزء نقش تابع را دارد، و موردی یا مصداقی^۷، که پیوند مقوله‌ای عام از اشیاء یا پدیده‌ها را با مصداقی از آن مقوله نشان می‌دهد، را شامل می‌شود (رجبی و دیگران ۱۳۸۳). این روابط که در مراحل قبل همگی به رابطه نوعی در هستان‌شناسی تبدیل شده بودند در مرحله پالایش مجدداً مورد بررسی قرار گرفته و از یکدیگر متمایز می‌شوند.

بعنوان مثال، رابطه بین دو مفهوم «پیوند شیمیایی» و «پیوند کووالانسی»، که در اصطلاحنامه از نوع اعم - اخص تعیین شده است، در هستان‌شناسی نیز بعنوان یک رابطه نوعی پذیرفته می‌شود چون «پیوند کووالانسی» نوعی «پیوند شیمیایی» محسوب می‌شود. اما رابطه بین مفهوم «جدول تناوبی» با مفاهیم «گروه‌های اصلی» و «گروه‌های فرعی» را نمی‌توان رابطه نوعی در هستان‌شناسی در نظر گرفت زیرا این دو مفهوم نوع و گونه‌ای از «جدول تناوبی» محسوب نمی‌شوند. این رابطه که در اصطلاحنامه به صورت اعم - اخص مشخص شده است در این مرحله به رابطه ساده کل - جزء تبدیل و از روابط نوعی

^۶ Whole-part

^۷ instance

متمایز می‌گردد و در مرحله غنی‌سازی روابط معنایی به طور خاص تر نوع آن مشخص می‌شود. مثال دیگر رابطه بین مفهوم «اتم» و مفاهیم «الکترون» و «هسته» است که هر دو از نوع اعم-اخص بوده و در هستان‌شناسی به رابطه نوعی تبدیل شده است. واضح است که این رابطه نیز باید به رابطه کل-جزء تغییر داده شود.

برای تسهیل در تشخیص روابط کل-جزء از روابط نوعی، از قواعدی مشابه قواعد به کار برده شده در روش ارائه شده توسط هوانگ و همکاران استفاده شد. این قواعد بر پایه دو فرض اولیه بنا شده است. اول، در صورتی بین دو مفهوم می‌تواند رابطه نوعی وجود داشته باشد که هر دو هویت یکسانی داشته باشند. دوم، کلمه اصلی عبارت لغوی یک مفهوم، منعکس کننده هویت آن مفهوم است. در زبان فارسی اغلب اولین کلمه یک عبارت لغوی بیان کننده‌ی یک مفهوم، کلمه اصلی محسوب می‌شود. قواعد استفاده شده عبارتند از:

- قاعده اول: اگر دو مفهوم با یکدیگر دارای رابطه سلسله‌مراتبی باشند و کلمه اصلی عبارت برچسب دو مفهوم یکسان باشد، پس هر دو دارای یک هویت یکسان هستند و بنابراین رابطه بین آنها از نوع *isa* یا نوعی است. برای مثال بین دو مفهوم «الکتروود حساس» و «الکتروود بی-اثر» رابطه سلسله‌مراتبی وجود دارد. از آنجایی که کلمه اصلی هر دو مفهوم، یعنی «الکتروود»، یکسان است، در نتیجه رابطه بین این دو مفهوم نوعی است.
- قاعده دوم: در حوزه شیمی مفاهیمی که با یک مفهوم که از نوع دستگاه یا وسیله آزمایشگاهی و یا بخشی از یک وسیله آزمایشگاهی است، رابطه سلسله‌مراتبی دارند، معمولاً بیانگر اجزای مختلف آن وسیله هستند و رابطه بین آنها باید به کل-جزء تغییر داده شود. برای مثال، رابطه بین دو مفهوم «دستگاه طیف بینی» و «دریچه تزریق» که در مرحله قبل به رابطه سلسله‌مراتبی تغییر داده شده بود، به علت اینکه «دریچه تزریق» جزئی از «دستگاه طیف بینی» محسوب می‌شود باید به رابطه کل-جزء تغییر داده شود. همچنین نوع رابطه مفهوم «دریچه تزریق» با سه مفهوم اخص خود که شامل «درپوش»، «غلاف» و «منبع گرمایی» است نیز باید به رابطه کل-جزء تغییر داده شود.

۲-۶. دسته‌بندی مفاهیم

برای غنی‌سازی روابط معنایی ما ابتدا لازم دیدیم هستان‌شناسی ساخته شده را به یک هستان‌شناسی سطح بالا انطباق داده و به آن متصل کنیم. تعهد به هستان‌شناسی‌های سطح بالای اصولی از نتایج اشتباه و خطاهای نوعی در فرآیند مدل کردن دامنه جلوگیری می‌کند و استانداردهای لازم برای طراحی هستان‌شناسی را تأمین می‌کند. علاوه بر این، مجموعه روابطی که در این گونه از هستان‌شناسی‌ها

تعریف شده است می‌تواند به عنوان یک مجموعه‌ی مفید از روابط هستان‌شناختی، که شامل روابط در ابعاد مختلف است، مورد استفاده قرار بگیرد (Kless et al. 2012).

با توجه به اینکه تصمیم بر این بود که ابتدا بخش شیمی هستان‌شناسی علوم‌پایه مورد پالایش و غنی‌سازی قرار بگیرد، سه هستان‌شناسی سطح بالای مرتبط با حوزه شیمی، که در دسترس ما قرار داشت، مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. اولین هستان‌شناسی مورد مطالعه CHEMINF نام دارد که از طریق سایت Ontobee (Xiang et al. 2011) در دسترس ما قرار داشت. این سایت مربوط به حوزه زیست-پزشکی است و برخی هستان‌شناسی‌های مربوط به حوزه شیمی را نیز دربرمی‌گیرد. در هستان‌شناسی CHEMINF تلاش شده است که ساختارهای شیمیایی و روابط بین آنها نمایش داده شود. در این هستان‌شناسی ۸۳ نوع رابطه معنایی تعریف شده است که دامنه و برد آن‌ها نیز با توجه به کلاس‌های سطح بالای تعریف شده در هستان‌شناسی مشخص شده‌اند. با این حال برخی از روابط تعریف شده در این هستان‌شناسی بسیار خاص هستند و در حوزه شیمی کاربرد عام ندارند.

هستان‌شناسی دوم با نام OntoCAPE (Marquardt et al. 2009) در حوزه مهندسی شیمی طراحی شده است. این هستان‌شناسی نیز مفاهیم اصلی حوزه شیمی را دربرمی‌گیرد. یکی از اهداف پیدایش این هستان‌شناسی روشن ساختن و محک‌زنی اصول معماری برای طراحی هستان‌شناسی‌هایی در مقیاس بزرگ است. چنین هستان‌شناسی‌هایی قابل استفاده مجدد برای کاربردهای مختلف در دامنه‌ی یکسان یا دامنه‌های مرتبط را دارا می‌باشند. با این حال تأکید بیشتر در طراحی این هستان‌شناسی بر بخش مهندسی و مدل کردن چرخه‌ی فرآیندها است و برای استفاده در دیگر رشته‌های مهندسی مرتبط مناسب‌تر است.

هستان‌شناسی دیگر مرتبط با حوزه شیمی ChemTop^۸ است، که یک هستان‌شناسی فوق دامنه^۹ محسوب می‌شود. یک هستان‌شناسی فوق دامنه، کلاس‌های اصلی متداول از یک حوزه معین را نگهداری می‌کند تا به عنوان میانجی بین هستان‌شناسی‌های سطح بالا و دامنه عمل کند (Stenzhorn et al. 2008). این هستان‌شناسی از هستان‌شناسی BioTop (Beisswanger et al. 2008) اقتباس شده است و موجودیت‌های اساسی که برای توصیف پدیده‌های موجود در حوزه شیمی مورد نیاز است و همچنین وجه مشترک بین هستان‌شناسی‌های سطح بالا و هستان‌شناسی‌های دامنه است را شرح داده است. هستان‌شناسی ChemTop بر مبنای هستان‌شناسی سطح بالای BFO^{۱۰} ساخته شده است و خود

^۸ <http://purl.org/chemtop>

^۹ Top domain ontology

^{۱۰} Basic Formal Ontology

می‌تواند به عنوان یک هستان‌شناسی سطح بالا برای هستان‌شناسی‌های دامنه در حوزه شیمی مورد استفاده قرار بگیرد (Gomez-Perez et al. 2013).

مقصود اصلی از ساخت این هستان‌شناسی، بکارگیری آن بعنوان یک مبنای سطح بالا برای بوجود آوردن هستان‌شناسی‌های جدید دامنه یا بعنوان کمکی در بهبود دادن هستان‌شناسی‌های موجود است. علاوه بر این، استفاده از دو هستان‌شناسی BioTop و ChemTop به عنوان یک اتصال معنایی در هم-تراز کردن و نگاشت هستان‌شناسی‌های زیست‌پزشکی با مبداءهای مختلف نیز مد نظر بوجود آوردن‌گان آن‌ها بوده است. این هستان‌شناسی‌ها بر اساس زبان OWL-DL، که یک زبان رسماً تعریف شده و استاندارد رسمی برای ایجاد کردن هستان‌شناسی‌ها است، پیاده‌سازی شده‌اند و در دسترس همگان قرار گرفته است.

از آنجایی که هستان‌شناسی ChemTop تمام مفاهیم اصلی حوزه شیمی را دربر گرفته است و مجموعه‌ای از روابط معنایی عام مورد استفاده در این حوزه نیز در آن رسماً تعریف شده است، ما تصمیم گرفتیم تا از آن بعنوان هستان‌شناسی سطح بالا استفاده کرده و بخش شیمی هستان‌شناسی تولید شده را به این هستان‌شناسی متصل کنیم. همچنین وجود زوج BioTop برای این هستان‌شناسی به ما این امکان را می‌دهد که در مرحله بعد با روشی مشابه از این هستان‌شناسی برای غنی‌سازی بخش زیست‌شناسی هستان‌شناسی تولید شده استفاده کنیم.

برای اتصال به هستان‌شناسی سطح بالا، باید نوع مفهیمی که در ابتدای سلسله مراتب‌ها قرار گرفته بودند و عموماً مربوط به سرواژه‌ها^{۱۱} در اصطلاحنامه می‌شدند، بر اساس انواع کلاس‌های تعریف شده در هستان‌شناسی سطح بالا مشخص می‌شد. از آنجایی که در مرحله قبل روابط سلسله مراتبی ارزیابی و پالایش شده بودند با مشخص کردن نوع یک سرواژه می‌توان آن را به مفاهیم دیگری که از نوع آن سرواژه محسوب می‌شوند نیز تعمیم داد. مشخص شدن نوع هر مفهوم بر اساس انواع تعریف شده در هستان‌شناسی سطح بالا از آن جهت مورد اهمیت است که در مرحله بعد برای استفاده از الگوهای روابط معنایی باید نوع مفاهیم با دامنه و برد این روابط تطبیق داده شود.

دسته‌بندی مفاهیم بر اساس انواع موجودیت‌های تعریف شده در هستان‌شناسی سطح بالا صورت گرفت. برای این منظور ابتدا رده‌های اصلی تعریف شده در هستان‌شناسی سطح بالا تعیین و به همراه تعاریف و مثال‌های مربوطه و همچنین زیررده‌های اصلی هریک از هستان‌شناسی استخراج و در جدولی تنظیم گردید تا برای تعیین نوع مفاهیم توسط متخصص موضوعی مورد استفاده قرار بگیرد. انواع مختلف تعریف شده در هستان‌شناسی سطح بالا در جدول ۳ مشخص شده است.

¹¹ Top terms

جدول ۳: انواع مختلف موجودیت‌ها در هستان‌شناسی ChemTop

رده اصلی	رده فرعی	تعریف
موجودیت مادی (Material entity)	اتم (Atom)	قطعات اصلی سازنده مولکول. ذراتی از انواع جداگانه
	مولکول (Molecule)	موجودیت مولکولی یک ترکیب بسته از دو یا بیش تر اتم است که حداقل دارای یک پیوند کووالانسی است. موجودیت‌های مولکولی به طور جداگانه ساختار مولکولی قابل تشخیصی دارند و بخشی از یک ساختار مولکولی دیگر یا متصل به آن نیستند. اتم‌ها جزء ساختارهای مولکولی در نظر گرفته نمی شوند انواع مولکول: مولکولهای آلی یا مولکولهای معدنی
	جزء مولکولی (Molecular part)	برای مثال: گروه مولکولی که خود به دو نوع «گروه عاملی» مثل گروه فسفات و «گروه ساختاری» مثل زنجیر کربنی تقسیم می‌شود.
	ترکیب بهم پیوسته از موجودیت مادی (Compound of collective material entity)	ترکیبی از مجموعه‌های متفاوت که فاقد معیار روشنی برای واحد و هویت هستند. مثال: بخشی از یک مایع ناهمگن و یا بخشی از یک جامد ناهمگن
	مولکول مرکب (Molecule complex)	شیئی حاوی چندین مولکول، که دارای بخش‌ها (اجزاء)ی مشخصی از انواع دیگر است و در صورت تقسیم شدن ماهیت هستان‌شناختی آن تغییر می‌کند. این شیئی باید دارای ملاک هویتی و واحد شفاف باشد.
موجودیت غیرمادی (Immaterial entity)	ذرات درون اتمی (Subatomic particles)	بخش‌های اتم (الکترون، نوترون، پروتون)
		فواصل فیزیکی که دارای اندازه فضایی سه بعدی است اما جرم ندارد. انواع: موجودیت فیزیکی سه بعدی مجرد، موجودیت فیزیکی دوبعدی، موجودیت فیزیکی یک بعدی، کرانه‌ی فیزیکی، موج

ادامه جدول ۳: انواع مختلف موجودیت‌ها در هستان‌شناسی ChemTop

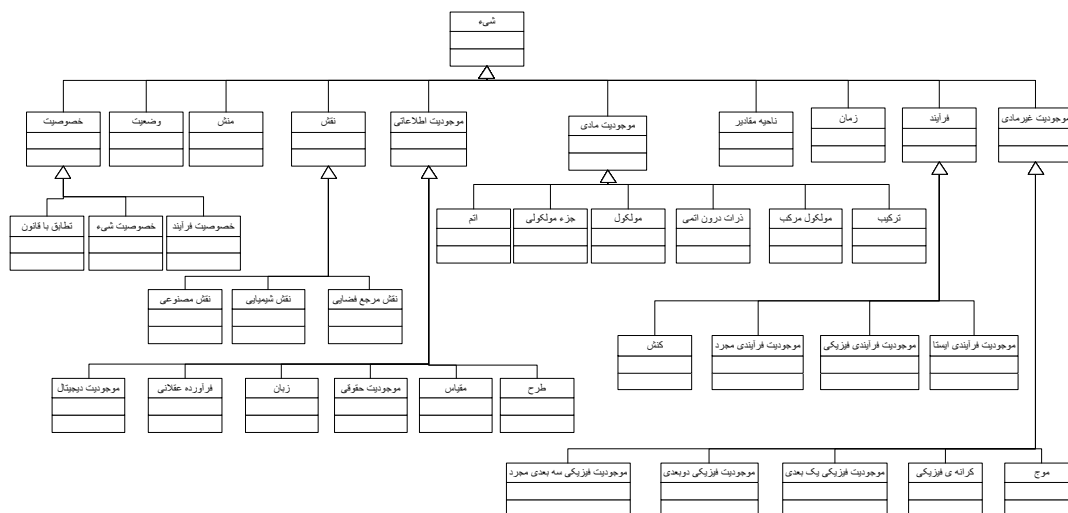
رده اصلی	رده فرعی	تعریف
موجودیت اطلاعاتی (Information entity)	موجودیت دیجیتال (Digital entity)	هر نوع از اطلاعات که با دنباله ای از مقادیر دودویی به طور کامل قابل بیان باشد.
تعریف: قسمتی از آگاهی (نه لزوماً انسانی) وقتی که به طور مستقل از هر حامل مادی بالقوه وجود داشته باشد.	فرآورده عقلانی (Intellectual product)	یک فرآورده عقلانی که بخشی از آگاهی و پیامد یک استدلال انسانی است انواع: نظام رده‌بندی، آیین‌نامه و یا قانون
	زبان (Language)	نظام‌هایی از نشانه‌ها که برای ارتباط بین عامل‌های زیست-شناختی و یا ماشینی به کار برده می‌شود. انواع: زبان حیوانی، زبان انسانی، زبان ماشین
	موجودیت حقوقی (Legal entity)	موجودیت غیرمادی که بعنوان یک حقیقت در یک نظام حقوقی وجود دارد. انواع: سازمان، حکومت و یا بدنه نظم دهنده
	مقیاس (Measure)	کمیت عددی یا اعداد اصلی که معرف فرآیند اندازه‌گیری است مثال: کیلوگرم، ساعت، آمپر
	طرح (برنامه) (Plan)	طرح یا برنامه یک موجودیت اطلاعاتی است که سلسله‌ای از مراحل که باید برای دست یافتن به یک هدف انجام گیرد را توصیف می‌کند. طرح‌ها می‌توانند تنها با فرآیندها تحقق پیدا کنند. مثال: طریقه اندازه‌گیری
فرآیند (Process)	کنش (action)	کنش یک موجودیت فرآیندی است که بوسیله یک عامل ترویج داده می‌شود و دارای تمایز نقش بین کنش‌گر و کنش-گیر است
تعریف: فرآیندها می‌توانند در طول زمان ادامه داشته باشند و دارای بخش‌های گذرا هستند. هیچ زمانی وجود ندارد که همه بخش‌های یک فرآیند به طور همزمان حاضر باشند. حالت خاصی از فرآیند، پیشامد (event) است که امتداد زمانی ندارد. و می‌تواند به عنوان حد فرآیند به حساب آورده شود.	موجودیت فرآیندی مجرد (Immaterial) (processual entity)	فرآیندی با شرکت کنندگان مجرد مثل موجودیت‌های حقوقی و یا سازمانی یا اشیاء اطلاعاتی است.
	موجودیت فرآیندی فیزیکی (Physical) (processual entity)	فرآیندی که شامل شرکت کنندگان غیر زیستی است.
	موجودیت فرآیندی ایستا (Static processual) (entity)	وضعیت ایستا به عنوان مورد خاصی از فرآیند، زمانی که بخش‌های موقتی نادیده گرفته شود.

ادامه جدول ۳: انواع مختلف موجودیت‌ها در هستان‌شناسی ChemTop

رده اصلی	رده فرعی	تعریف
نقش (Role)	نقش مصنوعی (Artifact role)	نقشی که یک موجودیت زمانی که به طور مصنوعی ایجاد شود ایفا می‌کند.
	نقش شیمیایی (Chemical role)	هر نقشی که بوسیله یک ماده شیمیایی اجرا شود. مانند: نقش کاتالیزی (catalytic role)، نقش شناساگر (indicator role)، نقش واکنشگر (reagent role)
	نقش مرجع فضایی (Spatial reference role)	نقشی که عمدتاً به بخش یکنواختی از یک شیء نسبت داده می‌شود که مکان تعدادی فرآیند یا موقعیت تعدادی شیء مورد علاقه است.
منش (Disposition)	منش یک موجودیت تحقق پذیر است. کارکرد (function) حالت خاصی از منش است. برای مصنوعات کارکرد به معنای هدفی است که برای آن ساخته شده‌اند. مثلاً کارکرد یک چکش کوبیدن میخ است ولی می‌تواند با منش یک اسلحه بکار گرفته شود.	
خصوصیت (Quality)	مطابقت با قانون (Canonicity)	وضعیت یک موجودیت (حالت، فرآیند، کارکرد، شیء) برحسب خوش ساخت بودن یا نبودن و یا رفتار کردن.
	خصوصیت شیء (Object quality)	خصوصیت‌ای که در بعضی از اشیاء فیزیکی مادی یا مجرد ذاتی است. مثال: خصوصیت سن، سبب زیست‌شناختی، خصوصیت رشدی، طول فیزیکی، جرم فیزیکی، حالت فیزیکی، حجم فیزیکی، حالت ماده، خصوصیت طبقه بندی
	خصوصیت فرآیند (quality Process)	خصوصیتی که در برخی از فرآیندها ذاتی است (نیروی فیزیکی)
زمان (Time)	موقعیت یا فاصله زمانی بر روی محور زمان	
وضعیت (Condition)	اجتماع موجودیت مادی، فرآیند یا صورت‌بندی	
ناحیه مقادیر (Value region)	ناحیه مقادیر یک ناحیه انتزاعی است که مقادیر غیر کمی خصوصیت‌ها در آن واقع هستند. ناحیه مقادیر حالت ماده: مقادیری که حالت ماده می‌تواند داشته باشد مثل جامد، مایع	

همانطور که در جدول ۳ مشخص شده است انواع اصلی موجودیت‌ها شامل ده نوع اصلی موجودیت مادی، موجودیت غیرمادی، موجودیت اطلاعاتی، فرآیند، نقش، زمان، وضعیت، منش، ناحیه مقادیر و خصوصیت است. برای اینکه کاربرد هر یک از رده‌های اصلی بیشتر روشن شود، علاوه بر تعریف هر رده سطح بعدی زیررده‌های فرعی هر رده نیز با تعاریف مربوط به آنها در جدول آورده شده است.

برای روشن‌تر شدن رابطه بین رده‌های مختلف و زیررده‌های هریک نموداری نیز براساس کلاس‌های اصلی تعریف شده در هستان‌شناسی سطح بالا تهیه شد که در شکل ۷ نشان داده شده است.



شکل ۷: نمودار کلاس‌های اصلی تعریف شده در ChemTop

با توجه به رده‌های تعریف شده، متخصص موضوعی همه مفاهیمی را که در بالای سلسله‌مراتب‌ها قرار گرفته بودند دسته‌بندی می‌کند و در مرحله بعد نوع مفاهیم باقیمانده بر اساس نوع تشخیص داده شده برای این مفاهیم تعیین می‌شود. برای مثال نوع «واکنش شیمیایی» که یک سرواژه محسوب می‌شود از نوع «فرآیند»^{۱۲} تعیین شده و کلاس مربوط به آن بعنوان زیرکلاس «فرآیند» در هستان‌شناسی سطح بالا قرار می‌گیرد. به این ترتیب تمام مفاهیمی که با مفهوم «واکنش شیمیایی» رابطه نوعی دارند از نوع «فرآیند» محسوب می‌شوند. برای مثال، نوع «واکنش استخلافی» که در سلسله‌مراتب در مرتبه بعدی «واکنش شیمیایی» قرار گرفته است نیز از نوع «فرآیند» تعیین می‌شود. مفاهیمی که در مرحله پالایش روابط سلسله‌مراتبی بعنوان جزء مفاهیم رده بالاتر تعیین شده بودند نیز در این مرحله تعیین نوع می‌شوند.

با توجه به عبارت‌های مورد استفاده بعنوان برچسب مفاهیم و رابطه آن با نوع مفاهیم تعدادی قاعده تعیین شد و از آن‌ها به منظور تسریع در امر دسته‌بندی مفاهیم استفاده شد. این قواعد به شرح زیر می‌باشند:

- قاعده اول: مفاهیمی که کلمه اصلی عبارت برچسب آنها یکسان است از یک نوع هستند. کلمه اصلی عبارت در زبان فارسی کلمه اول هر عبارت در نظر گرفته شده است. بعنوان مثال: چون مفهوم «آرایش چهاروجهی» از نوع «خصوصیت شیء» تشخیص داده شده است، می‌-

توان نوع مفهوم «آرایش الکترونی» که کلمه اصلی عبارت برچسب آن با کلمه اصلی عبارت مفهوم «آرایش چهاروجهی» یکسان است را نیز «خصوصیت شیء» تعیین کرد.

- قاعده دوم: مفاهیمی که کلمه اصلی عبارت برچسب آن‌ها مصدری مانند افزایش، استخراج، تشکیل و... باشد که از نظر معنایی انجام شدن نوعی کار را نشان می‌دهند، از نوع «فرآیند» هستند.

- قاعده سوم: مفاهیمی که در انتهای عبارت برچسب آن‌ها کلمه «شدن» یا «کردن» وجود دارد نیز از نوع «فرآیند» هستند. مثل مفهوم «آسیل دار کردن» که یک «فرآیند» محسوب می‌شود.

- قاعده چهارم: اجزاء یک کل واحد معمولاً از یک نوع هستند. بعنوان مثال «جدول تناوبی» دارای دو جزء «گروه‌های اصلی» و «گروه‌های فرعی» است که نوع هر دو یکسان و در رده «موجودیت اطلاعاتی» قرار می‌گیرند.

بعد از دسته‌بندی تمام مفاهیم و مشخص شدن نوع مفاهیم امکان استفاده از الگوهای روابط معنایی برای تعیین نوع رابطه معنایی بین مفاهیم فراهم می‌گردد.

۶-۳. استفاده از الگوهای روابط معنایی

هدف از این مرحله برقرار کردن یک رابطه معنایی بین مفاهیمی است که در اصطلاحنامه با یکدیگر رابطه وابسته دارند. روابط وابسته در اصطلاحنامه، نشانگر وابستگی بین زوج‌های مفاهیمی است که به صورت سلسله مراتبی با یکدیگر مرتبط نیستند اما از نظر معنایی یا مفهومی به یکدیگر وابستگی قوی دارند. این رابطه در اصطلاحنامه یک رابطه دوطرفه است.

برای دستیابی به این هدف، ابتدا روابط معنایی از هستان‌شناسی سطح بالای مورد استفاده استخراج شد. روابط معنایی تعریف شده در هستان‌شناسی سطح بالا همانند انواع مختلف مفاهیم به صورت سلسله-مراتبی از روابط تعریف شده‌اند که تنها روابط موجود در آخرین سطح برای تعیین رابطه‌ی بین مفاهیم به کار می‌رود. برای هر رابطه علاوه بر تعریف معنای رابطه، دامنه و برد آن و همچنین معکوس رابطه مشخص شده است. تعریف و توضیحات مربوط به هر رابطه معنایی برای استفاده‌ی متخصصان موضوعی در جدولی تنظیم شد. جدول ۴، مجموعه روابط معنایی استخراج شده از هستان‌شناسی ChemTop به همراه مشخصات کامل هریک را نشان می‌دهد.

جدول ۴: روابط معنایی استخراج شده از هستان‌شناسی ChemTop

مشخصات رابطه		نام رابطه معنایی	نوع رابطه معنایی
جزء‌ها و کل‌های موجودیت‌های انتزاعی که نه فرآیند، نه شیء مادی، نه ناحیه‌ها و نه فضاها هستند را به یکدیگر مرتبط می‌سازد. موجودیت‌های انتزاعی معمولاً اقلام اطلاعاتی هستند. مثال: header یک بخش انتزاعی از فایل jpg است.	تعریف	بخشی انتزاعی از (Abstract part of) (Abstractly related to) تعریف: رابطه‌ای که در آن موجودیت‌های غیرمادی، موجودیت‌های اطلاعاتی، نقش‌ها و مشخصه‌ها درگیر هستند.	دارای رابطه مجرد
	دامنه		
	برد		
	معکوس		
موجودیت‌ها را با علائم که موجودیت‌های اطلاعاتی هستند مرتبط می‌کند. برخلاف رمزگذاری، موجودیت نشانه‌گذاری شده به کلی مستقل از موجودیت نشانگر است. مثال: التهاب سینوس با کلمه «سینوزیت» نشان داده می‌شود	تعریف	نشان دادن بوسیله (Denoted By)	
	برد		
	معکوس		
موجودیت‌ها را به نمادهایی که موجودیت‌های اطلاعاتی هستند مرتبط می‌کند. برخلاف تفکیک (denotation)، رمزگذاری مستلزم این است که آرایش موجودیت‌های رمز شده بوسیله کدها مشخص شود. یعنی آرایش موجودیت‌های رمز شده به کدها وابسته است.	تعریف	رمز شده بوسیله (Encoded by)	
	برد		
	معکوس		
مشخصه‌ای را که یک فرآیند را بهتر توصیف می‌کند را به آن متصل می‌کند. مشخصه‌های فرآیندی جایی اظهار می‌شود که فرآیند را تنها بوسیله خصوصیات شرکت کنندگانش نتوان بقدر کفایت شرح داد. مثال: فرآیند ضربان قلب دارای مشخصه ریتم قلب است.	تعریف	مشخصه فرآیندی برای (Process quality of)	
	دامنه		
	برد		
	معکوس		

ادامه جدول ۴: روابط معنایی استخراج شده از هستان‌شناسی ChemTop

نوع رابطه معنایی	نام رابطه معنایی	مشخصات رابطه
دارای رابطه مجرد	نقش فرآیندی برای (Process role of)	تعریف نقش نسبت داده شده به یک فرآیند را به آن فرآیند مرتبط می‌کند. نقش‌های فرآیندی جایی اظهار می‌شود که فرآیند را تنها بوسیله نقش‌های شرکت کنندگانش نتوان بقدر کفایت شرح داد.
		دامنه نقش
		برد فرآیند
		معکوس دارای نقش فرآیندی (Has process role)
واقع شدن خصوصیت	تعریف	یک خصوصیت را به یک ناحیه ارزشگذاری مرتبط می‌کند. نواحی ارزشگذاری نواحی انتزاعی هستند که در آن ارزش-های کیفی و کمی واقع شده‌اند. این موجودیت‌ها می‌توانند با یکدیگر همپوشانی داشته باشند و یا گسسته باشند. مثال: «رنگ» بعنوان خصوصیت می‌تواند به صورت «خصوصیت واقع شده در ناحیه رنگ قرمز» تعریف شود.
		دامنه خصوصیت
		برد ناحیه مقادیر
		معکوس موقعیت خصوصیت
دارای جزء (Has part)	دارای جزء سازنده (has component) (part)	تعریف اجزاء سازنده را با یک ترکیب مرتبط می‌کند. اجزاء سازنده یک ترکیب را دقیقاً افزای می‌کنند. و ترکیب حاصل جمع منطقی اجزاء است. فقدان یک جزء روی تمامیت ترکیب و احتمالاً نوع آن تأثیرگذار است. بعنوان مثال یک ارگانیسم کامل یا معیوب. انتخاب این که چه چیز جزء یک ترکیب است تا حدی اختیاری است زیرا چندین روش برای بخش کردن یک کل به اجزاء وجود دارد. اجزاء باید اقلاً تا اندازه‌ای بخش‌هایی واقعی باشند. استفاده از این رابطه همچنین نیاز به التزام میزان ریزدانی اصولی دارد.
		دامنه موجودیت مادی یا موجودیت غیرمادی
		برد موجودیت مادی یا موجودیت غیرمادی
		معکوس جزء سازنده برای

ادامه جدول ۴: روابط معنایی استخراج شده از هستان‌شناسی ChemTop

نوع رابطه معنایی	نام رابطه معنایی	مشخصات رابطه
دارای جزء	دارای جزء ریزدانه (Has granular part)	تعریف اکثریت را با اجزاء تشکیل دهنده آن مرتبط می‌سازد. اجزاء تشکیل دهنده از یک گونه یکسان هستند. کثریت دارای تعداد زیادی دانه است و فقدان یک دانه تأثیری در طبقه بندی هویت اکثریت ندارد. مثال: مولکول آب یک جزء ریزدانه برای آب است.
		دامنه موجودیت مادی یا موجودیت غیرمادی
		برد موجودیت مادی یا موجودیت غیرمادی
		معکوس جزء ریزدانه برای
دارای جزء فیزیکی منشاء	دارای جزء فیزیکی (has originating physical part)	تعریف یک جزء فیزیکی مناسب که هیچگاه شئی را که به آن مرتبط است ترک نمی‌کند.
		دامنه موجودیت مادی
		برد موجودیت مادی
		معکوس جزء فیزیکی منشاء برای
محدود کردن به طور فیزیکی (physically bounds)	محدود کردن به (physically bounds)	تعریف یک شئی فیزیکی سه بعدی را با سرحدات دوبعدی آن مرتبط می‌سازد
		دامنه موجودیت مادی یا موجودیت غیرمادی
		برد محدوده فیزیکی
		معکوس محدود شده بطور فیزیکی بوسیله
دارای جزء فرآیندی (Has processual part)	دارای جزء فرآیندی (Has processual part)	تعریف یک فرآیند را با یک زیرفرآیند مرتبط می‌سازد.
		دامنه فرآیند
		برد فرآیند
		معکوس جزء فرآیندی برای
حامل برای (Bearer of)	دارای نقش (Has Role)	تعریف رابطه بین یک موجودیت و یک نقش وابسته به آن
		دامنه موجودیت مادی یا موجودیت غیرمادی
		برد نقش
		معکوس نقش برای
	دارای خصوصیت (Has quality)	تعریف رابطه بین موجودیت و یک خصوصیت وابسته به آن
		دامنه موجودیت مادی یا موجودیت غیرمادی
		برد خصوصیت
		معکوس خصوصیت برای

ادامه جدول ۴: روابط معنایی استخراج شده از هستان‌شناسی ChemTop

مشخصات رابطه		نام رابطه معنایی	نوع رابطه معنایی
رابطه علّیت در فرآیندها در اینجا بعنوان انفکاک بین کنشگرها (بعنوان علت یک فرآیند) و یا بعنوان تحقق یک منش فرض می‌شود.	تعریف	موجب شدن (causes)	دارای رابطه علی (casually related) (to)
	برد		
	معکوس		
یک فرآیند را با یک شریک مرتبط می‌سازد، به شرطی که این شریک به صورت علی در فرآیند مربوط فعال باشد. و این دلیلی برای در نظر گرفتن این رابطه به عنوان جزئی از رابطه «موجب شدن» است.	تعریف	کنشگر در (Agent in)	موجب شدن (causes)
	دامنه		
	معکوس		
تحقق هنگامی اتفاق می‌افتد که یک منش یا کارکرد خود را به صورت یک فرآیند نشان دهد. مثال: منش یک پرنده برای پرواز (که حتی اگر پرواز نکند وجود دارد) با فرآیند پرواز وی تحقق می‌یابد	تعریف	دارای تحقق (has realization)	
	دامنه		
	معکوس		
یک فرآیند را به یک موجودیت غیرفرآیندی که نقشی در آن فرآیند ایفا می‌کند، مرتبط می‌سازد. شرکای یک فرآیند می‌توانند در کل فرآیند حضور داشته باشند و بدون تغییر باقی بمانند یا دستخوش تغییر شوند. آنها در طول فرآیند ممکن است به وجود بیایند و یا از بین بروند.	تعریف	دارای شریک (Has) (participant)	دارای رابطه فرآیندی (processally related) (to) (روابطی که فرآیندها را با دیگر موجودیت‌ها مرتبط می‌سازد)
	دامنه		
	معکوس		

ادامه جدول ۴: روابط معنایی استخراج شده از هستان‌شناسی ChemTop

مشخصات رابطه		نام رابطه معنایی	نوع رابطه معنایی
یک فرآیند را با یک شریک مرتبط می‌سازد، به شرطی که این شریک به صورت علی در فرآیند مربوط فعال باشد. مثال: حلال یک کنشگر در فرآیند حل شدن است.	تعریف	دارای کنشگر (Has agent)	دارای شریک (Has participant)
فرآیند	دامنه		
موجودیت مادی یا موجودیت غیرمادی یا موجودیت اطلاعاتی	برد		
کنشگر در	معکوس		
یک فرآیند را به یک شریک مرتبط می‌سازد. این شریک یا در طی فرآیند به وجود می‌آید و یا در طی فرآیند دستخوش تغییراتی می‌شود چنان که در انتهای فرآیند نمونه‌ای از یک دسته دیگر محسوب می‌شود و (یکی از) پیامد(های) اصلی فرآیند به حساب می‌آید.	تعریف	دارای پیامد (Has outcome)	
فرآیند	دامنه		
موجودیت مادی یا موجودیت غیرمادی یا موجودیت اطلاعاتی	برد		
پیامد برای	معکوس		
یک فرآیند را با یک شریک مرتبط می‌سازد، به شرطی که این شریک به صورت علی در فرآیند مربوط فعال نباشد. مثال: جسم حل شده یک کنش‌گیر در فرآیند حل شدن است.	تعریف	دارای کنش‌گیر (Has patient)	
فرآیند	دامنه		
موجودیت مادی یا موجودیت غیرمادی یا موجودیت اطلاعاتی	برد		
کنش‌گیر در	معکوس		

بر اساس روابط نشان داده شده در جدول ۴ الگوهای مختلف روابط معنایی مشخص شد. این الگوها شامل نام رابطه، دامنه، برد و معکوس آن است. الگوهای روابط معنایی بدست آمده در جدول ۵ نشان داده شده است.

جدول ۵: الگوهای روابط معنایی

نام رابطه	دامنه	برد	معکوس رابطه
-----------	-------	-----	-------------

بخش انتزاعی از	موجودیت اطلاعاتی	موجودیت اطلاعاتی	دارای بخش انتزاعی
نشان دادن بوسیله	مستقل از نوع مفهوم	موجودیت اطلاعاتی	نشان می‌دهد
رمز شده بوسیله	مستقل از نوع مفهوم	موجودیت اطلاعاتی	رمز کردن
مشخصه فرآیندی برای	مشخصه فرآیندی	فرآیند	دارای مشخصه فرآیندی
نقش فرآیندی برای	نقش	فرآیند	دارای نقش فرآیندی
واقع شدن خصوصیت	خصوصیت	ناحیه ارزش گذاری	موقعیت خصوصیت
دارای جزء سازنده	شی مادی	شی مادی	جزء سازنده برای
دارای جزء سازنده	شی مادی	شی غیرمادی	جزء سازنده برای
دارای جزء سازنده	شی غیرمادی	شی مادی	جزء سازنده برای
دارای جزء سازنده	شی غیرمادی	شی غیرمادی	جزء سازنده برای
دارای جزء ریزدانه	شی مادی	شی مادی	جزء ریزدانه برای
دارای جزء ریزدانه	شی مادی	شی غیرمادی	جزء ریزدانه برای
دارای جزء ریزدانه	شی غیرمادی	شی مادی	جزء ریزدانه برای
دارای جزء ریزدانه	شی غیرمادی	شی غیرمادی	جزء ریزدانه برای
دارای جزء فیزیکی	شی مادی	شی مادی	جزء فیزیکی منشاء برای
محدود کردن فیزیکی	شی مادی	محدوده فیزیکی	محدود شده به طور فیزیکی بوسیله
محدود کردن فیزیکی	شی غیرمادی	محدوده فیزیکی	محدود شده به طور فیزیکی بوسیله
دارای جزء فرآیندی	فرآیند	فرآیند	جزء فرآیندی برای
دارای نقش	موجودیت مادی	نقش	نقش برای
دارای نقش	موجودیت غیرمادی	نقش	نقش برای
دارای خصوصیت	موجودیت مادی	خصوصیت	خصوصیت برای
دارای خصوصیت	موجودیت غیرمادی	خصوصیت	خصوصیت برای
دارای کنشگر	فرآیند	شی مادی	کنشگر در
دارای کنشگر	فرآیند	شی غیرمادی	کنشگر در
دارای کنشگر	فرآیند	موجودیت اطلاعاتی	کنشگر در
دارای پیامد	فرآیند	شی مادی	پیامد برای
دارای پیامد	فرآیند	شی غیرمادی	پیامد برای
دارای پیامد	فرآیند	موجودیت اطلاعاتی	پیامد برای
دارای کنشگیر	فرآیند	شی مادی	کنشگیر در
دارای کنشگیر	فرآیند	شی غیرمادی	کنشگیر در
دارای کنشگیر	فرآیند	موجودیت اطلاعاتی	کنشگیر در
دارای تحقق	منش	فرآیند	تحقق برای
دارای تحقق	موجودیت اطلاعاتی	فرآیند	تحقق برای
دارای تحقق	خصوصیت شیء	فرآیند	تحقق برای
دارای تحقق	نقش	فرآیند	تحقق برای

همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، هر رابطه معنایی با یک عبارت مشخص شده است که بیانگر نوع رابطه معنایی بین دو مفهوم است. این رابطه در صورتی قابل اعمال است که نوع مفهوم اول

مطابق با نوع مشخص شده برای دامنه رابطه و نوع مفهوم دوم مطابق با برد رابطه باشد. معکوس یک رابطه، نشان‌دهنده رابطه‌ای است که مفهوم دوم با مفهوم اول خواهد داشت. دامنه و برد معکوس رابطه به ترتیب مطابق با برد و دامنه‌ی خود رابطه است. برخی از روابط معنایی می‌توانند الگوهای متفاوتی داشته باشند مانند رابطه «دارای کنشگر» که می‌تواند از یک مفهوم از نوع «فرآیند» به مفاهیمی از نوع «موجودیت مادی»، «موجودیت غیرمادی» و یا «موجودیت اطلاعاتی» تعریف شود. این الگوها نشان می‌دهند که عامل یک فرآیند می‌تواند یکی از این سه نوع موجودیت باشد.

تعدادی از الگوها مربوط به روابط کل - جزء هستند. نوع روابطی که در مرحله پالایش روابط سلسله مراتبی از نوع کل - جزء تعیین شده بودند در این مرحله براساس الگوهای روابط معنایی به صورت خاص تر تعیین می‌شود. به عنوان مثال رابطه مفهوم «جدول تناوبی»، که یک موجودیت اطلاعاتی محسوب می‌شود، با مفاهیم «گروه‌های اصلی» و «گروه‌های فرعی» که از نوع کل - جزء تشخیص داده شده بود، با توجه به الگوهای بالا از نوع «دارای جزء انتزاعی» تعیین می‌شود. برای دو مفهوم «اتم» و «الکترون» که هر دو از نوع موجودیت مادی هستند، با توجه به جدول بالا بیش از یک الگو می‌توان به کار برد. در چنین مواردی متخصص موضوعی بایستی با توجه به نوع وابستگی دو مفهوم الگوی مناسب را انتخاب و اعمال کند. در این مثال، رابطه بین «اتم» و «الکترون» از نوع «دارای جزء سازنده» مشخص می‌شود.

برای تبدیل روابط وابسته بین مفاهیم به روابط معنایی می‌توان از دیگر الگوها استفاده کرد. به عنوان مثال مفهوم «واکنش استخلافی» با دو مفهوم «گروه‌های ترک‌کننده» و «گروه‌های واردشونده» در اصطلاحنامه دارای رابطه وابسته است. نوع «واکنش استخلافی» از نوع «فرآیند» و دو مفهوم دیگر از نوع «نقش شیمیایی» که زیرکلاس مفهوم «نقش» است تعیین شده است. بنابراین با توجه به الگوهای استخراج شده، رابطه‌ی مفهوم «واکنش استخلافی» با دو مفهوم «گروه‌های ترک‌کننده» و «گروه‌های واردشونده» از نوع «دارای نقش فرآیندی» تشخیص داده می‌شود. مثال دیگر رابطه بین دو مفهوم «ترکیب خطی اوربیتال‌های اتمی» و «اوربیتال مولکولی» است که در اصطلاحنامه از نوع وابسته تعیین شده است. مفهوم اول از نوع «فرآیند» و مفهوم دوم از نوع «موجودیت غیرمادی» تشخیص داده می‌شود. با توجه به الگوهای روابط معنایی و نوع وابستگی این دو مفهوم، متخصص موضوعی رابطه این دو مفهوم را از نوع «دارای پیامد» مشخص می‌کند.

در اصطلاحنامه شیمی وابستگی مفاهیم به حوزه‌های مختلف دانش شیمی نیز با استفاده از روابط وابسته نشان داده شده است. با این روش مفاهیم مختلف بر اساس وابستگی به حوزه‌های مختلف دسته‌بندی شده‌اند و بازیابی آن‌ها بر اساس یک حوزه خاص امکان‌پذیر شده است. تبدیل این روابط به روابط هستان‌شناختی باعث خواهد شد که امکان تفکیک مفاهیم بر این اساس در هستان‌شناسی علوم‌پایه نیز وجود داشته باشد. همچنین از آنجایی که هستان‌شناسی علوم‌پایه متشکل از مفاهیم پنج حوزه‌ی متفاوت علوم‌پایه یعنی شیمی، فیزیک، زیست‌شناسی، زمین‌شناسی و ریاضی است، در مرحله بعدی غنی‌سازی می‌توان وابستگی مفاهیم به هریک از این حوزه‌ها را نیز به صورت یک رابطه معنایی به هستان‌شناسی اضافه کرد و رابطه هر مفهوم با حوزه‌های دانش علوم‌پایه را نیز در هستان‌شناسی حفظ کرد.

در بخش قبل روابط معنایی استخراج شده از هستان‌شناسی سطح بالا و الگوهای روابط معنایی مشخص شد، با این حال هیچیک از این روابط نمی‌توانند نشانگر رابطه یک مفهوم با یک حوزه از دانش شیمی باشند. برای این منظور یک رابطه جدید با عنوان «تعلق دارد به»^{۱۳} به روابط معنایی اضافه کردیم. دامنه این رابطه هر نوع مفهومی را در بر می‌گیرد و مستقل از نوع مفهوم است. برد این رابطه یک «موجودیت اطلاعاتی» است که نشانگر یک حوزه خاص از دانش شیمی و یا به طور عام علوم-پایه می‌باشد. معکوس این رابطه نیز با عبارت «در بر دارد»^{۱۴} مشخص می‌شود که همانند دیگر روابط دامنه و برد آن مطابق با برد و دامنه خود رابطه است.

با تعریف این رابطه می‌توان به عنوان مثال رابطه بین مفهوم «اثر ترانس» با مفهوم «شیمی فیزیک» که یک حوزه از دانش شیمی را مشخص می‌کند به رابطه معنایی «تعلق دارد به» تبدیل و به هستان‌شناسی اضافه کرد. این رابطه معنایی نشان می‌دهد که مفهوم «اثر ترانس» به حوزه «شیمی فیزیک» تعلق داشته و در این حوزه کاربرد دارد. مثال دیگر وجود رابطه وابسته بین مفهوم «اسید سولفوریک» با دو مفهوم «شیمی آلی» و «شیمی معدنی» در اصطلاحنامه است. با تبدیل این نوع از روابط وابسته به رابطه معنایی تعریف شده در این بخش، دسته‌بندی مفاهیم بر اساس ارتباط با حوزه‌های مختلف شیمی نیز در هستان‌شناسی در نظر گرفته خواهد شد.

¹³ Belongs to

¹⁴ Includes

۷. اعمال روش غنی‌سازی هستان‌شناسی

در روش ارائه شده که در بخش قبل توضیح داده شد، پالایش همه روابط سلسله‌مراتبی در هستان‌شناسی و غنی‌سازی روابط معنایی در هستان‌شناسی بر مبنای روابط وابسته تعریف شده برای مفاهیم در اصطلاحنامه و تبدیل آن‌ها به روابط معنایی صورت می‌گیرد. با توجه به تعداد زیاد مفاهیم و روابط موجود در هستان‌شناسی علوم‌پایه، غنی‌سازی همه روابط با زمان و بودجه محدود امکان‌پذیر نبود، از اینرو بخش شیمی هستان‌شناسی علوم‌پایه برای این منظور انتخاب شد. علت انتخاب این بخش اعلام آمادگی متخصصان موضوعی شیمی برای همکاری در این طرح بود.

بر اساس روش ارائه شده، پالایش و غنی‌سازی روابط معنایی در هستان‌شناسی باید در سه مرحله انجام گیرد. این سه مرحله شامل پالایش روابط سلسله‌مراتبی و متمایز ساختن روابط کل-جزء از نوعی، دسته‌بندی مفاهیم بر اساس رده‌های اصلی تعریف شده در یک هستان‌شناسی سطح بالا و در نهایت غنی‌سازی روابط معنایی در هستان‌شناسی با استفاده از الگوهای روابط معنایی استخراج شده از هستان‌شناسی سطح بالا است.

بر این اساس، متخصص موضوعی ابتدا با بررسی تمامی روابط سلسله‌مراتبی تعریف شده در هستان‌شناسی، روابط کل-جزء را مشخص نمود و از روابط نوعی متمایز ساخت. پالایش این روابط توسط متخصص موضوعی دیگر مورد ارزیابی و اصلاح قرار گرفت. در ابتدا تصمیم بر این بود که برای اطمینان بیشتر از نتیجه و امکان مقایسه نظرات از دو متخصص موضوعی به منظور ارزیابی مراحل کار کمک گرفته شود ولی این کار امکان‌پذیر نشد. کلیه روابط کل-جزء تشخیص داده شده در جدولی در پیوست «الف» آورده شده است.

در مرحله دوم با توجه به رده‌های تعریف شده بر اساس هستان‌شناسی سطح بالای انتخاب شده، متخصص موضوعی همه مفاهیمی که بر اساس نمودار درختی در اصطلاحنامه در بالای سلسله‌مراتب-ها قرار گرفته بودند را دسته‌بندی کرد. این مفاهیم تقریباً در حدود یک سوم کل مفاهیم هستان‌شناسی را شامل می‌شد. سپس نوع بقیه مفاهیم بر اساس نوع تشخیص داده شده برای این مفاهیم تعیین شدند. جدول مربوط به نوع مفاهیم بخش شیمی هستان‌شناسی علوم‌پایه در پیوست «ب» آمده است. این جدول فقط شامل مفاهیم اصلی در هستان‌شناسی است که در بالای سلسله‌مراتب‌ها قرار گرفته‌اند و بقیه مفاهیم بر اساس نوع تشخیص داده شده برای این مفاهیم تعیین نوع می‌شوند.

در نهایت تعداد ۵۰۰ رابطه وابسته که مربوط به مفاهیم حوزه شیمی معدنی بود و با توجه به تخصص اصلی متخصص موضوعی انتخاب شده بود برای غنی‌سازی در نظر گرفته شد. انواع تشخیص داده شده برای مفاهیم این حوزه توسط متخصص موضوعی دوم در مرحله قبل مورد ارزیابی قرار گرفته بود. با تطبیق نوع دو مفهومی که با یکدیگر در اصطلاحنامه رابطه وابسته دارند با دامنه و برد الگوهای روابط معنایی استخراج شده از هستان‌شناسی سطح بالا، روابط معنایی که می‌توانستند جایگزین رابطه وابسته شوند مشخص شد و از میان آنها یک رابطه معنایی که به تشخیص متخصص موضوعی رابطه درست بین دو مفهوم را نشان می‌داد تعیین شد. رابطه معنایی انتخاب شده، همان رابطه‌ای است که به منظور غنی‌سازی روابط به هستان‌شناسی اضافه می‌گردد.

با اعمال این روش در حدود ۳۵۰ رابطه معنایی بین مفاهیم تشخیص داده شد. این روابط در قالب جدولی در پیوست «د» نمایش داده شده‌اند. روابط تبدیل نشده مربوط به رابطه مفاهیمی بود که وابستگی بین آنها بواسطه یک یا چند مفهوم دیگر معنا پیدا می‌کرد و به صورت مستقیم با یکدیگر وابستگی نداشتند. در این مورد، در صورتی که روابط هر مفهوم با مفاهیم واسطه دیگر به درستی به هستان‌شناسی اضافه شده باشد، چنین روابطی از بقیه روابط معنایی قابل استنتاج خواهند بود و لزومی به اضافه کردن رابطه‌ی معنایی مستقیم بین دو مفهوم وجود ندارد.

همان‌طور که سورگل (۲۰۰۴) در جمع‌بندی روش خود برای غنی‌سازی هستان‌شناسی بر اساس روابط وابسته در اصطلاحنامه آورده است، در اصطلاحنامه تعداد زیادی رابطه وابسته وجود دارد که می‌تواند به صورت خاص‌تر بیان و تبدیل شوند اما به سختی ممکن است که بتوان همه این روابط را به روابط معنایی تبدیل کرد. در نتیجه رابطه کلی وابسته باید برای بیان روابط باقیمانده همچنان در توصیف صوری مفاهیم نگهداری شود و به نمونه‌های این رابطه یک یادداشت که معنی و منظور رابطه را مشخص می‌کند ضمیمه شود تا در آینده امکان استنتاج انواع جدید روابط از این روابط باقیمانده تسهیل شود.

۸. نتیجه‌گیری

به منظور مهندسی مجدد اصطلاحنامه و تبدیل آن به هستان‌شناسی علوم‌پایه پس از همسان‌سازی اصطلاحنامه‌ها و رفع موارد اختلاف بین مفاهیم در اصطلاحنامه‌های مختلف، اصطلاحنامه‌ها از استاندارد ایزو ۵۹۶۴ به استاندارد ایزو ۲۵۹۶۴ منتقل و با یکدیگر جمع شدند. با انتقال اصطلاحنامه به این استاندارد در واقع اصطلاحنامه از حالت واژه-بنیان به حالت مفهوم-بنیان تبدیل شد. این استاندارد از سوی «کلس» و دیگران (۲۰۱۲) نیز قالب پیش‌فرض اصطلاحنامه مورد استفاده برای مهندسی مجدد و تبدیل به هستان‌شناسی در نظر گرفته شده است.

در مرحله دوم، طراحی هستان‌شناسی با استفاده از روش «مت‌آنتولوژی» و بر مبنای اصطلاحنامه جامع صورت گرفت. در این مرحله تبدیل نحوی اصطلاحنامه‌ها به هستان‌شناسی انجام گرفت. از آنجاییکه ایزو ۲۵۹۶۴ مفهوم-بنیان است، همه مفاهیم اصطلاحنامه به عنوان کلاسهای هستان‌شناسی و اصطلاحات اصطلاحنامه به عنوان برچسب کلاس‌ها در نظر گرفته شدند. تعاریف، یادداشت‌های دامنه، و دیگر یادداشت‌ها و اطلاعات به توضیحات تبدیل شدند. روابط سلسله‌مراتبی در اصطلاحنامه، بعنوان روابط نوعی در هستان‌شناسی در نظر گرفته شد و از طریق اصل زیرکلاسی نمایش داده شد. روابط وابسته که نشان می‌دهد رابطه‌ای هستان‌شناختی بین دو مفهوم وجود دارد، بخشی از توصیف صوری یک مفهوم بعنوان یک کلاس در هستان‌شناسی در نظر گرفته شد. این روابط در این مرحله مستقیماً به روابط هستان‌شناختی تبدیل نشدند. پس از این مرحله، کلیه اصطلاحنامه‌های علوم‌پایه بر اساس تبدیل نحوی تعیین شده در قالب زبان OWL پیاده‌سازی و به هستان‌شناسی تبدیل شدند.

در ادامه روشی برای غنی‌سازی روابط معنایی در هستان‌شناسی علوم‌پایه که بر مبنای اصطلاحنامه‌های تدوین شده در حوزه‌های مختلف علوم‌پایه ساخته شده بود ارائه شد. اصطلاحنامه‌ها مجموعه‌ای از اصطلاحات تخصصی می‌باشند و دارای روابط سلسله‌مراتبی و همچنین روابطی هستند که وابستگی بین مفاهیم موجود در آن‌ها را نشان می‌دهد. این وابستگی‌ها در هستان‌شناسی باید به طور دقیق‌تر به

صورت روابط معنایی مشخص شوند. برای این منظور الگوهای روابط معنایی که از یک هستان‌شناسی سطح بالا استخراج شده بود مورد استفاده قرار گرفت و روابط تعریف شده در اصطلاحنامه توسط متخصصان موضوعی با این الگوها تطبیق داده شد تا روابط معنایی بین مفاهیم مشخص شود و به هستان‌شناسی اضافه گردد.

در حال حاضر این روش تنها بر روی بخشی از هستان‌شناسی علوم‌پایه، که مربوط به حوزه شیمی است، اعمال شده است. برای این منظور پس از بررسی تمام روابط سلسله‌مراتبی و متمایز ساختن روابط کل-جزء از روابط نوعی و همچنین دسته‌بندی همه مفاهیم تعدادی از روابط وابسته بعنوان نمونه انتخاب شد و با تطبیق الگوهای روابط معنایی در حدود ۷۰ درصد این روابط به روابط معنایی تبدیل گردید. ۳۰ درصد باقیمانده روابط نیز به نظر می‌رسد با تبدیل درست روابط وابسته به روابط معنایی از روابط اضافه شده قبلی قابل استنتاج باشند.

هدف بعدی ما گسترش ابعاد این روش برای بکارگیری در دیگر بخش‌های هستان‌شناسی و همچنین ایجاد ابزارهایی در جهت تسهیل طبقه‌بندی مفاهیم و تشخیص روابط معنایی می‌باشد تا غنی‌سازی روابط معنایی در بخش‌های دیگر هستان‌شناسی با سهولت و سرعت بیشتری قابل انجام شود.

منابع

حسینی بهشتی، ملوک‌السادات. ۱۳۹۱. ایجاد هستی‌شناسی واژگانی از اصطلاحنامه‌های فارسی. مجموعه مقالات هشتمین همایش زبان‌شناسی ایران. تهران: انتشارات دانشگاه علامه طباطبائی. ۱۶۴-۱۴۸.

رجبی، تقی، حسین غریبی، ملوک‌السادات حسینی بهشتی، و مهرداد نوروزی اقبالی. ۱۳۸۳. اصطلاحنامه شیمی. مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران.

شمس‌فرد، مهرنوش. ۱۳۹۱. ساخت نیمه خودکار وردنت فارسی: از واژه تا واژه‌ستان شناسی. مجموعه مقالات دومین هم‌اندیشی زبان‌شناسی رایانشی. تهران: انتشارات اهورا. انجمن زبان‌شناسی ایران. ۱۲۲-۱۰۱.

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

Beisswanger, E., S. Schulz, H. Stenzhorn, and U. Hahn. 2008. BioTop: An upper domain ontology for the life sciences, A description of its current structure, contents and interfaces to OBO ontologies. *Applied Ontology* 3: 205-212.

Daconta Michael C., Leo J. Obrst, and Kevin T. Smith. 2003. *The Semantic Web: A Guide to the Future of XML, Web Services, and Knowledge Management*. Wiley. com.

Gomez-Perez, A., M. Fernandez-Lopez, and O. Corcho. 2004. *Ontological Engineering*, (2nd ed.). Springer-Verlag. London.

Gomez-Perez, A., M. Martinez-Romero, A. Rodriguez-Gonzalez, G. Vazquez, and J. M. Vazquez-Naya. 2013. Ontologies in medicinal chemistry: current status and future challenges. *Current topics in medicinal chemistry* 13(5): 576-590.

Gruber, T. R. . 1993. A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge acquisition* 5(2): 199-220.

Guarino N . 1997. Semantic matching: formal ontological distinctions for information organization, extraction, and integration. In: Pazienza MT (ed.): *Information Extraction: A Multidisciplinary Approach to an Emerging Information Technology*. Springer, Berlin: 139-170.

Hosseini Beheshti, M. S., and F. Ejei . 2014. Creating ontology from Persian thesauri. In G. Budin & V. Lušicky (eds.), *Languages for Special Purposes in a Multilingual, Transcultural World, Proceedings of the 19th European Symposium on Languages for Special Purposes*, 8-10 July 2013, Vienna, Austria. Vienna: University of Vienna, 434-441.

Huang, J. X., J. A. Shin, and K. S. Choi. 2007. Enriching Core Ontology with Domain Thesaurus through Concept and Relation Classification. *OntoLex07*.

- ISO 25964-1. 2011. Information and documentation -- Thesauri and interoperability with other vocabularies -- Part 1: Thesauri for information retrieval. International Organization for Standardization, International Standard ISO 25964-1, Aug. 2011.
- Kawtrakul, A., A. Imsombut, A. Thunkijjanukit, D. Soergel, A. Liang, M. Sini, G. Johannsen, and J. Keizer. 2005. Automatic term relationship cleaning and refinement for AGROVOC. In Workshop on the Sixth Agricultural Ontology Service. 247-260.
- Khosravi, F., and A. Vazifedoost. 2007. Creating a Persian ontology through thesaurus reengineering for organizing the Digital Library of the National Library of Iran. In International Conference on Libraries, Information and Society. ICoLIS. 19-36.
- Kless, D., L. Jansen, J. Lindenthal, and J. Wiebensohn. 2012. A method for re-engineering a thesaurus into an ontology. In FOIS: 133-146.
- Marquardt, W., J. Morbach, A. Wiesner, and A. Yang. 2009. OntoCAPE: A re-usable ontology for chemical process engineering. Springer Science & Business Media.
- Soergel, D., B. Lauser, A. Liang, F. Fisseha, J. Keizer, and Katz, S. . 2004. Reengineering thesauri for new applications: the AGROVOC example. volume 4 (4) of Journal of Digital Information.
- Sowa, J. F. .2000. *Knowledge representation: logical, philosophical, and computational foundations*, Pacific Grove, CA: Brooks Cole.
- Sowa, J. F. . 2010. The role of logic and ontology in language and reasoning. In *Theory and Applications of Ontology: Philosophical Perspectives*, Springer Netherlands, 231-263.
- Stenzhorn, H., S. Schulz, E. Beißwanger, U. Hahn, , L. Van Den Hoek, and E. M. van Mulligen. 2008. BioTop and ChemTop-Top-Domain Ontologies for Biology and Chemistry. In International Semantic Web Conference (ISWC).
- Villazón-Terrazas, B., M. C. Suárez-Figueroa, and Gómez-Pérez, A. .2010. A pattern-based method for re-engineering non-ontological resources into ontologies. *International Journal on Semantic Web and Information Systems* 6(4): 27-63.
- Xiang, Z., C. Mungall, A. Ruttenberg, and Y. He. 2011. Ontobee: A Linked Data Server and Browser for Ontology Terms. In International Conference on Biomedical Ontology, NY, US .

پیوست الف: جدول روابط کل - جزء

جدول الف-۱: روابط سلسله مراتبی تبدیل شده به روابط کل-جزء

مفهوم اول	مفهوم دوم	رابطه در هستان شناسی
افت منطقی	افت خنثی	کل - جزء
افت منطقی	افت رادیکال	کل - جزء
جدول تناوبی	گروه های اصلی	کل - جزء

جدول تناوبی	گروه های فرعی	کل - جزء
خطای دستگاه	خطای اسیدی	کل - جزء
خطای دستگاه	خطای قلیایی	کل - جزء
تکفامساز	توری	کل - جزء
تکفامساز	دایره رولند	کل - جزء
تکفامساز	منشور	کل - جزء
عدسی	سیلیس	کل - جزء
عدسی	شیشه	کل - جزء
عدسی	کوارتز	کل - جزء
سیستم تلمبه زنی	پمپ فشار مستقیم	کل - جزء
سیستم تلمبه زنی	سیستم تلمبه زنی با جریان ثابت	کل - جزء
سیستم تلمبه زنی	سیستم تلمبه زنی با فشار ثابت	کل - جزء
سیستم تلمبه زنی با جریان ثابت	تلمبه پیستونی	کل - جزء
سیستم تلمبه زنی با جریان ثابت	سرنگ موتورران	کل - جزء
تلمبه پیستونی	تپ میراکن	کل - جزء
تلمبه پیستونی	دم خفه کن	کل - جزء
تلمبه پیستونی	میراکن فنر فشرده تنظیم پذیر	کل - جزء
دستگاه کروماتوگرافی	آشکارساز	کل - جزء
دستگاه کروماتوگرافی	تنظیم کننده فشار	کل - جزء
دستگاه کروماتوگرافی	جریان سنج	کل - جزء
دستگاه کروماتوگرافی	ستون	کل - جزء
دستگاه کروماتوگرافی	سیستم تزریق	کل - جزء
دستگاه کروماتوگرافی	سیستم تلمبه زنی	کل - جزء
دستگاه کروماتوگرافی	شیر نمونه برداری گاز	کل - جزء
دستگاه کروماتوگرافی	کروماتوگراف گازی	کل - جزء
دستگاه طیف بینی	آشکارساز	کل - جزء
دستگاه طیف بینی	برشگر	کل - جزء
دستگاه طیف بینی	پلاروگراف	کل - جزء
دستگاه طیف بینی	تجزیه گر جرمی	کل - جزء
دستگاه طیف بینی	تکثیر کننده الکترون	کل - جزء
دستگاه طیف بینی	چشمه	کل - جزء
دستگاه طیف بینی	دریچه تزریق	کل - جزء
دستگاه طیف بینی	سرنگ	کل - جزء
دستگاه طیف بینی	سل نمونه	کل - جزء

ادامه جدول الف-۱: روابط سلسله مراتبی تبدیل شده به روابط کل-جزء

مفهوم اول	مفهوم دوم	رابطه در هستان‌شناسی
دستگاه طیف بینی	صافی جرمی چهارقطبی	کل - جزء
دستگاه طیف بینی	طول موج گرین	کل - جزء
دستگاه طیف بینی	لامپ تخلیه بدون الکتروود	کل - جزء
دستگاه طیف بینی	لامپ کاند توخالی	کل - جزء
دستگاه طیف بینی	معزن یون چهار قطبی	کل - جزء

دستگاه طیف بینی	عدسی	کل - جزء
آشکارساز غیر متمایز کننده	لوله جی. ام	کل - جزء
آشکارساز فوتو تکثیر کننده	لوله فوتو تکثیر کننده	کل - جزء
چشمه پرتو ایکس	پرتو الکترون	کل - جزء
چشمه پرتو ایکس	صافی	کل - جزء
چشمه پرتو ایکس	فلز هدف	کل - جزء
چشمه پرتو ایکس	موازی ساز	کل - جزء
چشمه پلاسما	پلاسمای جفت شده الفایی	کل - جزء
چشمه اتم ساز	اتافک اختلاط	کل - جزء
چشمه اتم ساز	کوره گرافیت	کل - جزء
چشمه اتم ساز	مهپاش	کل - جزء
چشمه طیف سنج اتمی	چشمه اتم ساز	کل - جزء
چشمه طیف سنج اتمی	لامپ تخلیه بدون الکتروود	کل - جزء
چشمه طیف سنج اتمی	لامپ کاتد توخالی	کل - جزء
چشمه طیف سنج جرمی	بسته عدسی	کل - جزء
چشمه طیف سنج جرمی	دافع	کل - جزء
چشمه طیف سنج جرمی	رشته	کل - جزء
چشمه طیف سنج جرمی	هدف	کل - جزء
دریچه تزریق	درپوش	کل - جزء
دریچه تزریق	غلاف	کل - جزء
دریچه تزریق	منبع گرمایی	کل - جزء
مولکول	اتم	کل - جزء
اتم	الکترون	کل - جزء
اتم	هسته	کل - جزء
هسته	نوترون	کل - جزء
هسته	پروتون	کل - جزء
جدول تناوبی	گروه های اصلی	کل - جزء
جدول تناوبی	گروه های فرعی	کل - جزء
گروه های اصلی	فلزات	کل - جزء
گروه های اصلی	گازهای نجیب	کل - جزء
گروه های اصلی	نافلزات	کل - جزء
گروه های اصلی	هالوژن ها	کل - جزء
گروه های فرعی	عناصر واسطه	کل - جزء

ادامه جدول الف-۱: روابط سلسله مراتبی تبدیل شده به روابط کل-جزء

مفهوم اول	مفهوم دوم	رابطه در هستان‌شناسی
عناصر واسطه	عناصر واسطه داخلی	کل - جزء
عناصر واسطه	عناصر واسطه سری اول	کل - جزء
عناصر واسطه	عناصر واسطه سری دوم	کل - جزء
عناصر واسطه	عناصر واسطه سری سوم	کل - جزء
عناصر واسطه	فلزات واسطه	کل - جزء
فلزات	فلزات قلبایی	کل - جزء

فلزات	فلزات قلبایی خاکی	کل - جزء
فلزات	فلزات گروه پنجم	کل - جزء
فلزات	فلزات گروه چهارم	کل - جزء
فلزات	فلزات گروه سوم	کل - جزء
فلزات	فلزات گروه ششم	کل - جزء

پیوست ب: جدول دسته‌بندی مفاهیم

جدول ب-۱: دسته‌بندی مفاهیم موجود در هستان‌شناسی بر اساس انواع تعریف شده در هستان‌شناسی سطح بالا

نام مفهوم	نوع مفهوم
ابرسانا	موجودیت مادی
اپیمری شدن	فرآیند
اتاقک خلأ	موجودیت مادی
اتمی کردن	فرآیند
اثر آنومری	خصوصیت

اثر پوشیدگی	خصوصیت
اثر ترانس	خصوصیت
اثر تونلی	خصوصیت
اثر تیندال	خصوصیت
اثر حلال	خصوصیت
اثر دوپلر	خصوصیت
اثر زیمان	خصوصیت
اثر فوتوالکتریک	خصوصیت
اثر نفلوکس	خصوصیت
اثر یان-تلا	خصوصیت
احتمال	موجودیت اطلاعاتی
ارتعاش مولکولی	خصوصیت
ارتفاع بشقابک نظری	خصوصیت
ارتفاع پیک	خصوصیت
اسپین	خصوصیت
استاندارد کردن	فرآیند
استحکام	خصوصیت
استخراج	فرآیند
استخلاف الکتروندوستی آروماتیکی	فرآیند
استخلاف آللی	فرآیند
استخلاف حلقه	فرآیند
استخلاف هسته‌دوستی	فرآیند
اسیدها	موجودیت مادی
اسیدینگی فنول‌ها	خصوصیت
اشتراک الکترون	فرآیند
اصل بقای انرژی	موجودیت اطلاعاتی
اصل پائولی	موجودیت اطلاعاتی
اصل طرد پائولی	موجودیت اطلاعاتی
اصل عدم قطعیت	موجودیت اطلاعاتی

ادامه جدول ب-۱: دسته‌بندی مفاهیم موجود در هستان‌شناسی بر اساس انواع تعریف شده در هستان‌شناسی سطح بالا

نام مفهوم	نوع مفهوم
اصل فرانک-کاندن	موجودیت اطلاعاتی
اصل لوشاتولیه	موجودیت اطلاعاتی
اصل هوند	موجودیت اطلاعاتی
افزایش استاندارد	فرآیند
افزایش الک‌ها	فرآیند
افزایش ترکیبات آلی روی	فرآیند

افزایش سیانید	فرآیند
افزایش کرباتیون‌ها	فرآیند
افزایش مایکل	فرآیند
افزایش واکنشگر گرینارد	فرآیند
افزایش هالوژن‌ها	فرآیند
افزایش هسته‌دوستی	فرآیند
افزایش هیدروژن	فرآیند
افزایش -۱،۲	فرآیند
افزایش -۱،۴	فرآیند
اکسایش	فرآیند
اکسید اسیدی	موجودیت مادی
اکسید بازی	موجودیت مادی
اکسید جیوه‌دار شدن (کردن)	فرآیند
اکی‌والان	خصوصیت
الکتروود	موجودیت مادی
الکتروشیمی	موجودیت اطلاعاتی
الکترولیت	موجودیت مادی
الکترون‌نگاتیوی	خصوصیت
الکل کافی	فرآیند
امولسیون	موجودیت مادی
انباشتگی	خصوصیت
انباشتن خطاها	فرآیند
انبساط	فرآیند
انتخاب حلال	فرآیند
انتخاب ستون	فرآیند
انتقال الکترون	فرآیند
انتقال جرم	فرآیند
انتقال یون	فرآیند
انتگرال همپوشانی	موجودیت اطلاعاتی
انتگرال گیر رقمی	موجودیت اطلاعاتی

ادامه جدول ب-۱: دسته‌بندی مفاهیم موجود در هستان‌شناسی بر اساس انواع تعریف شده در هستان‌شناسی سطح بالا

نام مفهوم	نوع مفهوم
انحراف از میانگین	موجودیت اطلاعاتی
انحراف استاندارد	موجودیت اطلاعاتی
انحلال‌پذیری	فرآیند
اندازه پایه	خصوصیت
اندازه پرکننده	خصوصیت
اندازه ذرات	خصوصیت
اندازه نمونه	خصوصیت

اندازه یون	خصوصیت
اندازه‌گیری	فرآیند
انرژی	خصوصیت
انسداد	وضعیت
انعطاف‌ناپذیری	خصوصیت
انقباض لانتانیدی	خصوصیت
اوربیتال	موجودیت غیرمادی
اوزونکافت	فرآیند
ایزوبار	موجودیت مادی
ایزوتوپ	موجودیت مادی
ایزوتون	موجودیت مادی
ایمنی	وضعیت
آب	موجودیت مادی
آبدوست	خصوصیت
آبدهی	فرآیند
آب‌زدایی	فرآیند
آبکافت	فرآیند
آبگریز	نقش
آرایش الکترونی	خصوصیت
آرایش چهاروجهی	خصوصیت
آرایش خطی	خصوصیت
آرایش مسطح مربعی	خصوصیت
آرایش هشت وجهی	خصوصیت
آزمون هینسبرگ	موجودیت اطلاعاتی
آسیل‌دار شدن (کردن)	فرآیند
آشکارسازی	فرآیند
آلفا-هالوژن‌دار شدن (کردن)	فرآیند
آلکوکی جیوه‌دار شدن (کردن)	فرآیند
آکیل‌دار شدن (کردن)	فرآیند

ادامه جدول ب-۱: دسته‌بندی مفاهیم موجود در هستان‌شناسی بر اساس انواع تعریف شده در هستان‌شناسی سطح بالا

نام مفهوم	نوع مفهوم
آلیاژ	موجودیت مادی
آمار بوز-اِشتین	موجودیت اطلاعاتی
آمار فرمی-دیراک	موجودیت اطلاعاتی
آمونیاکافت	فرآیند
آمیختن حلالها	فرآیند
آمین‌دار شدن (کردن)	فرآیند
آمین‌زدایی کاهشی	فرآیند
آنتالپی	موجودیت غیرمادی

آنتروپی	موجودیت غیرمادی
آنتی‌بیوتیک	موجودیت مادی
آند	موجودیت مادی
آیوپاک	موجودیت اطلاعاتی
بار الکتریکی	خصوصیت
باریکه مولکولی	موجودیت مادی
بازداری نسبی	فرآیند
بازده	خصوصیت
بازیابی	فرآیند
بازینگی آمین‌ها	خصوصیت
بافر	نقش
برانگیختگی	فرآیند
برخورد مولکولی	فرآیند
برفکافت	فرآیند
برنامه‌ریزی دمای	فرآیند
برهم‌کنش اسپین-اوربیتال	فرآیند
برهم‌کنش الکتروستاتیک	فرآیند
برهم‌کنش تابش-ذره	فرآیند
بسامه ارتعاشی	خصوصیت
بسپارش	فرآیند
بسپارها	موجودیت مادی
بلور	موجودیت مادی
بوزونها	موجودیت مادی
بهره کوانتومی	خصوصیت
بهره واکنش	خصوصیت
پایداری	خصوصیت
پپتیدی شدن	فرآیند
پتانسیل	خصوصیت

ادامه جدول ب-۱: دسته‌بندی مفاهیم موجود در هستان‌شناسی بر اساس انواع تعریف شده در هستان‌شناسی سطح بالا

نام مفهوم	نوع مفهوم
پتانسیل سنج	موجودیت مادی
پتانسیل سنجی نقطه صفر	فرآیند
پراش پرتو ایکس	خصوصیت
پراش نوترونی	خصوصیت
پراکندگی داده‌ها	خصوصیت
پراکندگی نور	خصوصیت
پرتو آلفا	موجودیت مادی
پرتو بتا	موجودیت مادی
پرتو یونی	موجودیت مادی

پرتوزایی	خصوصیت
پرفرکدن سرنگ	فرآیند
پروتون‌دار شدن (کردن)	فرآیند
پروکسیددار شدن (کردن)	فرآیند
پل نمکی	موجودیت مادی
پنبه باروتی	موجودیت مادی
پویش آزاد متوسط	فرآیند
پویش چهارقطبی	فرآیند
پهنای نوار	خصوصیت
پهن‌شدگی خط	خصوصیت
پهن‌شدگی فشاری	خصوصیت
پیر شدن	فرآیند
پیشرفت واکنش	خصوصیت
پیکربندی	خصوصیت
پیل الکتروشیمی	موجودیت مادی
پیوند شیمیایی	موجودیت غیرمادی
تابش الکترومغناطیس	موجودیت غیرمادی
تابش جسم سیاه	موجودیت غیرمادی
تابش‌دهی	فرآیند
تابع انرژی پتانسیل	موجودیت اطلاعاتی
تابع آنتالپی	موجودیت اطلاعاتی
تابع تقسیم	موجودیت اطلاعاتی
تابع توزیع شعاعی	موجودیت اطلاعاتی
تابع حالت	موجودیت اطلاعاتی
تابع خوشرفتار	موجودیت اطلاعاتی
تابع دما	موجودیت اطلاعاتی
تابع موجی	موجودیت اطلاعاتی

ادامه جدول ب-۱: دسته‌بندی مفاهیم موجود در هستان‌شناسی بر اساس انواع تعریف شده در هستان‌شناسی سطح بالا

نام مفهوم	نوع مفهوم
تابع ویژه	موجودیت اطلاعاتی
تابع هامیلتونی	موجودیت اطلاعاتی
تبادل استری	فرآیند
تبدیل انرژی	فرآیند
تبدیل فاز	فرآیند
تبدیل مشابهتی	موجودیت اطلاعاتی
تبلور	فرآیند
تجزیه	فرآیند
تجزیه و تحلیل داده‌ها	فرآیند
تجمع مولکولی	فرآیند

فرآیند	تجمع یون
فرآیند	تحرک یونی
فرآیند	تخمین خطا
فرآیند	تداخل
خصوصیت	تراز اتمی
خصوصیت	تراز انرژی
فرآیند	تراکم
فرآیند	ترکیب خطی اوربیتال‌های اتمی
خصوصیت	ترکیب درصد
خصوصیت	ترکیب محلول
موجودیت مادی	ترکیبات آلی
موجودیت مادی	ترکیبات طبیعی
موجودیت مادی	ترکیبات معدنی
موجودیت اطلاعاتی	ترم انرژی
موجودیت اطلاعاتی	ترم یون آزاد
موجودیت مادی	تروپیم
فرآیند	تزریق سرنگ
فرآیند	تزریق نمونه
فرآیند	تسهیم نامتناسب
فرآیند	تشکیل اتر
فرآیند	تشکیل اسازون
فرآیند	تشکیل استال
فرآیند	تشکیل استر
فرآیند	تشکیل استیلیدهای فلزی
فرآیند	تشکیل انامین
فرآیند	تشکیل اندیول

ادامه جدول ب-۱: دسته‌بندی مفاهیم موجود در هستان‌شناسی بر اساس انواع تعریف شده در هستان‌شناسی سطح بالا

نام مفهوم	نوع مفهوم
تشکیل ایمین	فرآیند
تشکیل آلدهید	فرآیند
تشکیل بلور مختلط	فرآیند
تشکیل پپتید	فرآیند
تشکیل پیوند	فرآیند
تشکیل رسوب	فرآیند
تشکیل رنگدانه	فرآیند
تشکیل سیانوهیدرین	فرآیند
تشکیل کتون	فرآیند
تشکیل کمپلکس	فرآیند
تشکیل گلیکوزید	فرآیند

تشکیل گلیکول	فرآیند
تشکیل نمک	فرآیند
تشکیل واکنشگر گرینارد	فرآیند
تشکیل هالویدرین	فرآیند
تصحیح زمینه	فرآیند
تضعید	فرآیند
تصویر آینه‌ای	موجودیت اطلاعاتی
تصویر فیشر	موجودیت اطلاعاتی
تصویر نیومن	موجودیت اطلاعاتی
تعادل	وضعیت
تعداد اجزاء	خصوصیت
تعداد برخورد	خصوصیت
تعداد بشقابک‌ها	خصوصیت
تعداد درجات آزادی	خصوصیت
تعداد فازها	خصوصیت
تعریض دوپلری	فرآیند
تعلیق بلوری	فرآیند
تعلیق کلونیدی	فرآیند
تعیین ساختار	فرآیند
تعیین مقدار	فرآیند
تغییر اسپین	فرآیند
تغییر انرژی	فرآیند
تغییر آنتالپی	فرآیند
تغییر آنتروپی	فرآیند
تغییر چرخش نوری	فرآیند

ادامه جدول ب-۱: دسته‌بندی مفاهیم موجود در هستان‌شناسی بر اساس انواع تعریف شده در هستان‌شناسی سطح بالا

نام مفهوم	نوع مفهوم
تغییر حجم	فرآیند
تغییر رنگ	فرآیند
تغییر زوجیت	فرآیند
تغییر پذیری	خصوصیت
تفکیک	فرآیند
تقارن	خصوصیت
تقطیر	فرآیند
تکانه زاویه‌ای	خصوصیت
تکپار	موجودیت مادی
تکدمای بحرانی	موجودیت اطلاعاتی
تکرارپذیری	خصوصیت
تکنیکهای آزمایشگاهی	موجودیت اطلاعاتی

تکنیک‌های یونش	موجودیت اطلاعاتی
تلاشی هسته‌ای	فرآیند
تمیزپذیری	خصوصیت
تمیزناپذیر	وضعیت
تندی	خصوصیت
توابع پی	موجودیت اطلاعاتی
توابع مبنایی	موجودیت اطلاعاتی
توزیع	موجودیت اطلاعاتی
تونل‌زنی	فرآیند
تهیه اپوکسیدها	فرآیند
تهیه اترها	فرآیند
تهیه استرها	فرآیند
تهیه اسید کلریدها	فرآیند
تهیه الکل‌ها	فرآیند
تهیه آریل هالیدها	فرآیند
تهیه آلدهیدها	فرآیند
تهیه آلکان‌ها	فرآیند
تهیه آلکن‌ها	فرآیند
تهیه آلکیل هالیدها	فرآیند
تهیه آلکین‌ها	فرآیند
تهیه آمیدها	فرآیند
تهیه آمینو اسیدها	فرآیند
تهیه آمین‌ها	فرآیند
تهیه فتول‌ها	فرآیند

ادامه جدول ب-۱: دسته‌بندی مفاهیم موجود در هستان‌شناسی بر اساس انواع تعریف شده در هستان‌شناسی سطح بالا

نام مفهوم	نوع مفهوم
تهیه کتون‌ها	فرآیند
تهیه کربوکسیلیک اسیدها	فرآیند
تهیه نمونه	فرآیند
تهیه واکنشگر گرینارد	فرآیند
تهیه الکترول	فرآیند
تیترا	فرآیند
تیتراسنجی	فرآیند
تیتراکننده‌ها	نقش
تئوری بوهر	موجودیت اطلاعاتی
تئوری سینتیک	موجودیت اطلاعاتی
تئوری میدان بلور	موجودیت اطلاعاتی
تئوری میدان لیگاند	موجودیت اطلاعاتی
ثابت بحرانی	موجودیت اطلاعاتی

ثابت بولتسمان	موجودیت اطلاعاتی
ثابت بهنجارش	موجودیت اطلاعاتی
ثابت پاسکال	موجودیت اطلاعاتی
ثابت پلانک	موجودیت اطلاعاتی
ثابت چرخشی	موجودیت اطلاعاتی
ثابت دی‌الکتریک	موجودیت اطلاعاتی
ثابت ژیرومغناطیسی	موجودیت اطلاعاتی
ثابت سرعت	موجودیت اطلاعاتی
ثابت سلول	موجودیت اطلاعاتی
ثابت صعود نقطه جوش	موجودیت اطلاعاتی
ثابت گازها	موجودیت اطلاعاتی
ثابت مادلونگ	موجودیت اطلاعاتی
ثابت میکائلیس	موجودیت اطلاعاتی
ثابت نزول نقطه انجماد	موجودیت اطلاعاتی
ثابت نیرو	موجودیت اطلاعاتی
ثوابت فیزیکی	موجودیت اطلاعاتی
جابه‌جایی	فرآیند
جاذبه الکترواستاتیکی	خصوصیت
جاذبه رقابتی	خصوصیت
جامدات	موجودیت مادی
جانشینی مرحله‌ای	فرآیند
جایگزینی نیتروژن	فرآیند
جداسازی	فرآیند

ادامه جدول ب-۱: دسته‌بندی مفاهیم موجود در هستان‌شناسی بر اساس انواع تعریف شده در هستان‌شناسی سطح بالا

نام مفهوم	نوع مفهوم
جدول بهنجارش	موجودیت اطلاعاتی
جدول تناوبی	موجودیت اطلاعاتی
گروه‌های اصلی	موجودیت اطلاعاتی
گروه‌های فرعی	موجودیت اطلاعاتی
جدول شناسه	موجودیت اطلاعاتی
جدول ضرب گروه	موجودیت اطلاعاتی
جدول مندلیوف	موجودیت اطلاعاتی
جدول همبستگی	موجودیت اطلاعاتی
جذر متوسط مجذور سرعت	موجودیت اطلاعاتی
جرقه	موجودیت غیرمادی
جرم	خصوصیت
جریان الکتریکی	موجودیت غیرمادی
جریان مخلوط	موجودیت غیرمادی
جزء حجمی	نقش

نقش	جزء فرار
نقش	جزء فشاری
نقش	جزء مولی
نقش	جزء واکنش
فرآیند	جفت شدن
خصوصیت	جلای فلزی
خصوصیت	جمعیت
موجودیت اطلاعاتی	جمله طیفی اتمی
موجودیت اطلاعاتی	جمله طیفی الکترونی
موجودیت مادی	جویونی
موجودیت اطلاعاتی	جهان سیستم
خصوصیت	جهت‌گزینی
خصوصیت	جهش اسپین مجاز
خصوصیت	جهش اسپین ممنوع
خصوصیت	جهش انتقال بار
خصوصیت	جهش زوج
خصوصیت	جهش فرد
خصوصیت	جهش مجاز
موجودیت اطلاعاتی	چاه پتانسیل
موجودیت اطلاعاتی	چرخه بورن-هابر
موجودیت اطلاعاتی	چرخه کارنو
خصوصیت	چکش‌خواری

ادامه جدول ب-۱: دسته‌بندی مفاهیم موجود در هستان‌شناسی بر اساس انواع تعریف شده در هستان‌شناسی سطح بالا

نام مفهوم	نوع مفهوم
چگالی	خصوصیت
چندشکلی	موجودیت غیرمادی
چندگانگی	خصوصیت
حاصلضرب انحلال	موجودیت اطلاعاتی
حالت استاندارد	وضعیت
حالت الکترونی اصلی	وضعیت
حالت ایستاده	وضعیت
حالت بحرانی	وضعیت
حالت برانگیخته	وضعیت
حالت پایا	وضعیت
حالت تعادل	وضعیت
حالت کوانتومی	وضعیت
حالت ماده	وضعیت
حالت ماکروسکوپی	وضعیت
حجم	خصوصیت

حد آشکارسازی	خصوصیت
حداکثر جذب	خصوصیت
حد واسط‌ها	نقش
حذف هوفمان	فرآیند
حرکت ارتعاشی	فرآیند
حرکت انتقالی	فرآیند
حرکت براونی	فرآیند
حرکت چرخشی	فرآیند
حرکت هسته‌ای	فرآیند
حساسیت	خصوصیت
حفاظت گروه عاملی	فرآیند
حلال	نقش
حلال‌پوشی	فرآیند
حل‌شونده	نقش
خاصیت اسیدی	خصوصیت
خاصیت شدتی	خصوصیت
خاصیت فیزیکی	خصوصیت
خاصیت مغناطیسی	خصوصیت
خاصیت مقداری	خصوصیت
خاصیت مولکولی	خصوصیت
خشک کردن	فرآیند

ادامه جدول ب-۱: دسته‌بندی مفاهیم موجود در هستان‌شناسی بر اساس انواع تعریف شده در هستان‌شناسی سطح بالا

نام مفهوم	نوع مفهوم
خصلت آروماتیکی	خصوصیت
خطاها	موجودیت اطلاعاتی
خلوص	خصوصیت
خثایی الکتریکی	خصوصیت
خثی شدن	فرآیند
خواص ترمودینامیکی کمپلکس	خصوصیت
خواص جمعی	خصوصیت
خواص شیمیایی	خصوصیت
خواص فاز	خصوصیت
خودپروتونکافت	فرآیند
خودفروشنانی	فرآیند
خودیونش	فرآیند
خوردگی	فرآیند
داده‌های بازداری	موجودیت اطلاعاتی
داده‌های تجربی	موجودیت اطلاعاتی
دافعه لیگاند	خصوصیت

دافعه واندروالس	خصوصیت
دامنه	خصوصیت
دراز شدن زنجیر کربنی	فرآیند
درجه آزادی	خصوصیت
درجه پیشرفت	خصوصیت
درجه تفکیک	خصوصیت
درجه یونش	خصوصیت
درجه‌بندی	موجودیت اطلاعاتی
دسترس‌پذیری	خصوصیت
دقت	موجودیت اطلاعاتی
دما	موجودیت اطلاعاتی
دوتریم	موجودیت مادی
دوخصلتی	خصوصیت
دوره	موجودیت اطلاعاتی
دوگانگی موج-ذره	خصوصیت
دی‌اگرام ترازهای انرژی ترم	موجودیت اطلاعاتی
دی‌الکترونیک	خصوصیت
دیفرانسیل جزئی	موجودیت اطلاعاتی
دیفرانسیل کل	موجودیت اطلاعاتی
دی‌مر شدن	فرآیند

ادامه جدول ب-۱: دسته‌بندی مفاهیم موجود در هستان‌شناسی بر اساس انواع تعریف شده در هستان‌شناسی سطح بالا

نام مفهوم	نوع مفهوم
دیوار	موجودیت مادی
ذرات باردار	موجودیت مادی
ذره در جعبه	موجودیت اطلاعاتی
ذوب قلبایی	فرآیند
ذوب ناهم‌نهشت	فرآیند
رابطه آرنیوس	موجودیت اطلاعاتی
رزین	نقش
رسانا	خصوصیت
رسانایی الکتریکی	خصوصیت
رسانش	فرآیند
رسانندگی	خصوصیت
رسوب	نقش
رسوب دادن مجدد	فرآیند
رشد بلور	فرآیند
رشد ذره	فرآیند
رفتار ایده‌آل	خصوصیت
رقم بامعنی	موجودیت اطلاعاتی

روابط بازداري	موجودیت اطلاعاتی
روش استاندارد خارجی	موجودیت اطلاعاتی
روش استاندارد داخلی	موجودیت اطلاعاتی
روش الکتروشیمی	موجودیت اطلاعاتی
روش الکتروگراویمتری	موجودیت اطلاعاتی
روش اوربیتال مولکولی	موجودیت اطلاعاتی
روش آسایش	موجودیت اطلاعاتی
روش آماری	موجودیت اطلاعاتی
روش پتانسیل سنجی	موجودیت اطلاعاتی
روش تبخیری	موجودیت اطلاعاتی
روش تجزیه کمی	موجودیت اطلاعاتی
روش تزریق	موجودیت اطلاعاتی
روش جذب مولکولی	موجودیت اطلاعاتی
روش رسوبی	موجودیت اطلاعاتی
روش رنگ سنجی	موجودیت اطلاعاتی
روش سینتیکی	موجودیت اطلاعاتی
روش طیف‌بینی	موجودیت اطلاعاتی
روش فاجانس	موجودیت اطلاعاتی
روش کلاسیک	موجودیت اطلاعاتی

ادامه جدول ب-۱: دسته‌بندی مفاهیم موجود در هستان‌شناسی بر اساس انواع تعریف شده در هستان‌شناسی سطح بالا

نام مفهوم	نوع مفهوم
روش کولن سنجی	موجودیت اطلاعاتی
روش مکانیک کوانتومی	موجودیت اطلاعاتی
روش منحنی استاندارد	موجودیت اطلاعاتی
روش مهر	موجودیت اطلاعاتی
روش نودسن	موجودیت اطلاعاتی
روش ولتام سنجی اصلاح شده	موجودیت اطلاعاتی
روش ولهارد	موجودیت اطلاعاتی
روش همپوشانی زاویه‌ای	موجودیت اطلاعاتی
روش هیتورف	موجودیت اطلاعاتی
روغن	موجودیت مادی
ریز حالت	موجودیت اطلاعاتی
ریون	موجودیت مادی
زمان	زمان
زنجیر پپتید	موجودیت مادی
زوج الکترون	موجودیت مادی
زوج یون	موجودیت مادی
زوجیت	خصوصیت
زیست‌شیمی	موجودیت اطلاعاتی

زیست‌مولکول‌ها	موجودیت مادی
ساختار	خصوصیت
سرعت	خصوصیت
سرمازایی	خصوصیت
سری اسپکتروشیمیایی	موجودیت اطلاعاتی
سطح اطمینان	خصوصیت
سطح انرژی پتانسیل	خصوصیت
سلول واحد	موجودیت اطلاعاتی
سم کاتالیزگر	نقش
سمیت	خصوصیت
سنتز	فرآیند
سوخت	نقش
سوختن	فرآیند
سولفودار شدن (کردن)	فرآیند
سیستم	موجودیت اطلاعاتی
سیلیسیم کاربید	موجودیت مادی
شاخص قطبیت	موجودیت اطلاعاتی
شاخص میلر	موجودیت اطلاعاتی

ادامه جدول ب-۱: دسته‌بندی مفاهیم موجود در هستان‌شناسی بر اساس انواع تعریف شده در هستان‌شناسی سطح بالا

نام مفهوم	نوع مفهوم
شبکه	موجودیت غیرمادی
شدت پیک	خصوصیت
شدت تابش	خصوصیت
شدت جریان الکترودی	خصوصیت
شدت فلوثورسان	خصوصیت
شدت میدان مغناطیسی	خصوصیت
شرایط آغازی	خصوصیت
شرایط تعادل	خصوصیت
شرایط واکنش	خصوصیت
شستشو	فرآیند
شعاع اتمی	خصوصیت
شعاع آنبون	خصوصیت
شعاع کاتیون	خصوصیت
شعاع یونی	خصوصیت
شکافتگی اوربیتال	موجودیت اطلاعاتی
شکافتگی در میدان ضعیف	موجودیت اطلاعاتی
شکافتگی در میدان قوی	موجودیت اطلاعاتی
شکل پیرانوزی	نقش
شکل فضایی	نقش

شکل فورانوزی	نقش
شکل هندسی	نقش
شناسایی	فرآیند
شویش	فرآیند
شوینده‌ها	موجودیت اطلاعاتی
شیمی آلی	موجودیت اطلاعاتی
شیمی تجزیه	موجودیت اطلاعاتی
شیمی درمانی	فرآیند
شیمی فضایی	موجودیت اطلاعاتی
شیمی فیزیک	موجودیت اطلاعاتی
شیمی فیزیک آلی	موجودیت اطلاعاتی
شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی
صحت	موجودیت اطلاعاتی
صفر مطلق	موجودیت اطلاعاتی
صورتبندی	خصوصیت
ضخامت فاز	خصوصیت
ضخامت فیلم موثر	خصوصیت

ادامه جدول ب-۱: دسته‌بندی مفاهیم موجود در هستان‌شناسی بر اساس انواع تعریف شده در هستان‌شناسی سطح بالا

نام مفهوم	نوع مفهوم
ضدآروماتیسیتی	خصوصیت
ضرب انشتین	موجودیت اطلاعاتی
ضرب بهنجارش	موجودیت اطلاعاتی
ضرب پخش	موجودیت اطلاعاتی
ضرب تراکم پذیری	موجودیت اطلاعاتی
ضرب تقسیم	موجودیت اطلاعاتی
ضرب جذب	موجودیت اطلاعاتی
ضرب دما	موجودیت اطلاعاتی
ضرب ژول-تامسون	موجودیت اطلاعاتی
ضرب شکافتگی میدان بلور	موجودیت اطلاعاتی
ضرب شکست نور	موجودیت اطلاعاتی
ضرب ظرفیت	موجودیت اطلاعاتی
ضرب فعالیت	موجودیت اطلاعاتی
ضرب گرانروی	موجودیت اطلاعاتی
ضرب گزینش‌پذیری	موجودیت اطلاعاتی
ضرب نشر	موجودیت اطلاعاتی
ضرب وزنی	موجودیت اطلاعاتی
ضرب ویرال	موجودیت اطلاعاتی
طبقات	موجودیت اطلاعاتی
طبقه حلال	موجودیت اطلاعاتی

طول پیوند	خصوصیت
طول ستون	خصوصیت
طول موج	خصوصیت
طیف	خصوصیت
طیف‌بینی	موجودیت اطلاعاتی
طیف‌سنجی	موجودیت اطلاعاتی
طیف‌نگاری	فرآیند
طیف‌نورسنجی	فرآیند
ظرفیت	خصوصیت
ظرفیت بافر	خصوصیت
ظرفیت گرمایی	خصوصیت
عامل اکسنده	موجودیت مادی
عامل کاهنده	موجودیت مادی
عامل محیطی	موجودیت مادی
عبارت تعادل	موجودیت اطلاعاتی
عبور	خصوصیت

ادامه جدول ب-۱: دسته‌بندی مفاهیم موجود در هستان‌شناسی بر اساس انواع تعریف شده در هستان‌شناسی سطح بالا

نام مفهوم	نوع مفهوم
عدد اتمی	خصوصیت
عدد اکسایش	خصوصیت
عدد انتقالی	خصوصیت
عدد تقارن	خصوصیت
عدد جرمی	خصوصیت
عدد کوانتومی	خصوصیت
عدد کوئوردیناسیون	خصوصیت
عدد موجی	خصوصیت
عدم قطعیت	موجودیت اطلاعاتی
علائم شوئن فلیس	موجودیت اطلاعاتی
علائم هشدار دهنده	موجودیت اطلاعاتی
عمل تقارن	موجودیت اطلاعاتی
عملگر	موجودیت اطلاعاتی
عنصر تقارن	موجودیت اطلاعاتی
عنصر شیمیایی	موجودیت مادی
عنصر ماتریس	موجودیت اطلاعاتی
غشاء	موجودیت مادی
غلظت	خصوصیت
غنی کردن	فرآیند
غیر الکترولیت‌ها	نقش
فاز	نقش

فاصله اطمینان	موجودیت اطلاعاتی
فاصله تعادلی	موجودیت اطلاعاتی
فاکتور احتمال	موجودیت اطلاعاتی
فتوستتز	فرآیند
فراوانی	موجودیت اطلاعاتی
فرایند آسایش	فرآیند
فرایند برگشت‌پذیر	فرآیند
فرایند برگشت‌ناپذیر	فرآیند
فرایند تک‌دما	فرآیند
فرایند جداسازی	فرآیند
فرایند خودبه‌خود	فرآیند
فرایند دوری	فرآیند
فرایند رقابتی	فرآیند
فرایند زیستی	فرآیند
فرایند شیمیایی	فرآیند

ادامه جدول ب-۱: دسته‌بندی مفاهیم موجود در هستان‌شناسی بر اساس انواع تعریف شده در هستان‌شناسی سطح بالا

نام مفهوم	نوع مفهوم
فرایند طبیعی	فرآیند
فرایند فیزیکی	فرآیند
فرآیند تصادفی	فرآیند
فرضیه صفر	موجودیت اطلاعاتی
فرکانس برخورد	خصوصیت
فرمول	موجودیت اطلاعاتی
فرم‌ها	موجودیت مادی
فرونشانی	فرآیند
فساد نمونه	فرآیند
فسفر سفید	موجودیت مادی
فسفر سانس	خصوصیت
فشار	خصوصیت
فضاگرینی	خصوصیت
فضاهای بین‌ذره‌ای	موجودیت غیرمادی
فعال نوری	خصوصیت
فعالیت	خصوصیت
فلوئورسانس	خصوصیت
فلوئورسنجی	فرآیند
فوق‌اشباع نسبی	وضعیت
فوکاسیته	خصوصیت
قابلیت صاف شدن	خصوصیت
قاعده تروتون	موجودیت اطلاعاتی

قاعده فاز	موجودیت اطلاعاتی
قاعده منع لاپورت	موجودیت اطلاعاتی
قاعده نیتروژن	موجودیت اطلاعاتی
قاعده هجده الکترونی	موجودیت اطلاعاتی
قاعده هوکل	موجودیت اطلاعاتی
قاعده هوند	موجودیت اطلاعاتی
قانون براگ	موجودیت اطلاعاتی
قانون بویل-ماریوت	موجودیت اطلاعاتی
قانون بیر-لامبرت	موجودیت اطلاعاتی
قانون توزیع بولتسمان	موجودیت اطلاعاتی
قانون حالت متناظر	موجودیت اطلاعاتی
قانون حجمهای جزئی آماگات	موجودیت اطلاعاتی
قانون راتول	موجودیت اطلاعاتی
قانون سرعت	موجودیت اطلاعاتی

ادامه جدول ب-۱: دسته‌بندی مفاهیم موجود در هستان‌شناسی بر اساس انواع تعریف شده در هستان‌شناسی سطح بالا

نام مفهوم	نوع مفهوم
قانون شارل-گیلو ساک	موجودیت اطلاعاتی
قانون شرکت پذیری	موجودیت اطلاعاتی
قانون فارادی	موجودیت اطلاعاتی
قانون فشارهای جزئی دالتون	موجودیت اطلاعاتی
قانون فیک	موجودیت اطلاعاتی
قانون کوری	موجودیت اطلاعاتی
قانون کولن	موجودیت اطلاعاتی
قانون کهل‌رش	موجودیت اطلاعاتی
قانون گراهام	موجودیت اطلاعاتی
قانون لنز	موجودیت اطلاعاتی
قانون هس	موجودیت اطلاعاتی
قانون هنری	موجودیت اطلاعاتی
قدرت اسیدی	خصوصیت
قدرت اسیدی-بازی	خصوصیت
قدرت بازی	خصوصیت
قدرت پیوند	خصوصیت
قدرت حلال	خصوصیت
قدرت میدان لیگاند	خصوصیت
قدرت یونی	خصوصیت
قضیه اولر	موجودیت اطلاعاتی
قطبش	فرآیند
قطبش‌پذیری	خصوصیت

قطبیت	خصوصیت
قطر برخورد	خصوصیت
قطر ذره	خصوصیت
قواعد اسلیتر	موجودیت اطلاعاتی
قواعد کاندن-اسلیتر	موجودیت اطلاعاتی
قواعد گزینش	موجودیت اطلاعاتی
قوانین ترمودینامیک	موجودیت اطلاعاتی
کاتالیز ناهمگن	نقش
کاتالیز گر	نقش
کاتیون هالوژن	نقش
کار	موجودیت اطلاعاتی
کاغذ	موجودیت مادی
کاهش	فرآیند

ادامه جدول ب-۱: دسته‌بندی مفاهیم موجود در هستان‌شناسی بر اساس انواع تعریف شده در هستان‌شناسی سطح بالا

نام مفهوم	نوع مفهوم
کاهنده	نقش
کایرالیتی	خصوصیت
کراکینگ	فرآیند
کربناتی شدن (کردن)	فرآیند
کربو کسپیل زدایی	فرآیند
کروماتوگرافی	فرآیند
کسر وزنی	موجودیت اطلاعاتی
کشش سطحی	خصوصیت
کلروپلاست	موجودیت مادی
کلونیدها	خصوصیت
کمیت مولی جزئی	خصوصیت
کمیت‌های امتزاج	خصوصیت
کنترل جریان	فرآیند
کنترل کننده شیب	فرآیند
کوتاه شدن زنجیر	فرآیند
کوچکترین توانهای دوم	موجودیت اطلاعاتی
گاز ایده‌آل	موجودیت اطلاعاتی
گاز تک‌اتمی	موجودیت اطلاعاتی
گاز حامل	نقش
گاز حقیقی	موجودیت اطلاعاتی
گاز دائمی	موجودیت اطلاعاتی
گاز نجیب	موجودیت اطلاعاتی

گاززدایی حلال	فرآیند
گنج	موجودیت مادی
گرایان چگالی	موجودیت اطلاعاتی
گرانروی	خصوصیت
گرد کردن	فرآیند
گرما	موجودیت غیرمادی
گرما رسانندگی	خصوصیت
گروه آبی	موجودیت اطلاعاتی
گروه آریل	موجودیت مادی
گروه آلکیل	موجودیت مادی
گروه آمین	موجودیت مادی
گروه ترک کننده	نقش
گروه عاملی	نقش

ادامه جدول ب-۱: دسته‌بندی مفاهیم موجود در هستان‌شناسی بر اساس انواع تعریف شده در هستان‌شناسی سطح بالا

نام مفهوم	نوع مفهوم
گروه فضایی	موجودیت مادی
گروه متیونین	نقش
گروه محافظ	نقش
گروه نقطه‌ای	موجودیت اطلاعاتی
گروه وارد شونده	نقش
گزارش داده‌ها	موجودیت اطلاعاتی
گزینش‌پذیری	خصوصیت
گسسته شدن اسیدی	فرآیند
گسسته شدن کاتالیز شده اسیدی	فرآیند
گسسته شدن کاتالیز شده بازی	فرآیند
گشتاور دوقطبی	خصوصیت
گشتاور لختی	خصوصیت
گشتاور مغناطیسی	خصوصیت
گونه اتمی	نقش
گونه تقارن	نقش
گونه جاذب	نقش
گونه مرکزی	نقش
گونه مولکولی	نقش
گونه واسطه	نقش
گیراندازی مکانیکی	فرآیند
لایه جذب اولیه	موجودیت غیرمادی
لایه ظرفیت	موجودیت غیرمادی
لایه یون مخالف	موجودیت غیرمادی

فرآیند	لخته شدن
موجودیت مادی	لیگاند
موجودیت اطلاعاتی	ماتریس تبدیل
موجودیت اطلاعاتی	ماتریس رنگی
موجودیت مادی	ماده
موجودیت مادی	مایعات امتزاج‌ناپذیر
فرآیند	مبادله هالید
خصوصیت	متخلخل ظاهری
خصوصیت	متعامد
موجودیت اطلاعاتی	متغیر کاسته
موجودیت اطلاعاتی	مجموعه
موجودیت اطلاعاتی	محاسبات تجزیه وزنی

ادامه جدول ب-۱: دسته‌بندی مفاهیم موجود در هستان‌شناسی بر اساس انواع تعریف شده در هستان‌شناسی سطح بالا

نام مفهوم	نوع مفهوم
محاسبات تعادل	موجودیت اطلاعاتی
محاسبات هارتری-فاک	موجودیت اطلاعاتی
محتملترین سرعت	موجودیت اطلاعاتی
محتوای انرژی	خصوصیت
محتوای گرمایی	خصوصیت
محدودیت کوانتومی	وضعیت
محصولات	موجودیت مادی
محلول	موجودیت مادی
محیط غیرآبی	موجودیت مادی
مختصات کروی	موجودیت غیرمادی
مخلوط اتکتیک	موجودیت مادی
مخلوط گازی	موجودیت مادی
مخلوط همجوش	موجودیت مادی
مخلوط همگن	موجودیت مادی
مدار اتمی	موجودیت غیرمادی
مدار بور	موجودیت غیرمادی
مدل اتمی	موجودیت اطلاعاتی
مدل الکترونی	موجودیت اطلاعاتی
مدل دافعه جفت الکترونی	موجودیت اطلاعاتی
مرتبه	موجودیت اطلاعاتی
مرکز کایرال	نقش
مرکز گریزانی سریع	فرآیند
مزدوج شدن	فرآیند
مساحت پیک	موجودیت اطلاعاتی

مشتقات اسید	موجودیت مادی
مشتقات آمونیاک	موجودیت مادی
مشتقات جزئی	موجودیت مادی
مشتقات عاملی	موجودیت مادی
مشتق‌سازی	فرآیند
مشخصات شیمیایی	موجودیت اطلاعاتی
معادله اشترن-ولمر	موجودیت اطلاعاتی
معادله ایلکوویچ	موجودیت اطلاعاتی
معادله آرنیوس	موجودیت اطلاعاتی
معادله باتلر - ولمر	موجودیت اطلاعاتی
معادله بورن-هابر	موجودیت اطلاعاتی

ادامه جدول ب-۱: دسته‌بندی مفاهیم موجود در هستان‌شناسی بر اساس انواع تعریف شده در هستان‌شناسی سطح بالا

نام مفهوم	نوع مفهوم
معادله بولتسمان	موجودیت اطلاعاتی
معادله پواسون-بولتسمان	موجودیت اطلاعاتی
معادله تافل	موجودیت اطلاعاتی
معادله ترمودینامیکی حالت	موجودیت اطلاعاتی
معادله تفکیک	موجودیت اطلاعاتی
معادله حالت	موجودیت اطلاعاتی
معادله دبای	موجودیت اطلاعاتی
معادله دبای هوکل	موجودیت اطلاعاتی
معادله دوبروی	موجودیت اطلاعاتی
معادله دیفرانسیل	موجودیت اطلاعاتی
معادله سرعت	موجودیت اطلاعاتی
معادله شرونینگر	موجودیت اطلاعاتی
معادله شعاعی	موجودیت اطلاعاتی
معادله کلایپرون	موجودیت اطلاعاتی
معادله کلایزیوس-کلایپرون	موجودیت اطلاعاتی
معادله کلایزیوس-موسوتی	موجودیت اطلاعاتی
معادله گرمایشیمیایی	موجودیت اطلاعاتی
معادله گیبس	موجودیت اطلاعاتی
معادله گیبس-دوهم	موجودیت اطلاعاتی
معادله موجی	موجودیت اطلاعاتی
معادله نرنست	موجودیت اطلاعاتی
معادله واندروالس	موجودیت اطلاعاتی
معادله وان‌دیمتر	موجودیت اطلاعاتی
معادله ویریال	موجودیت اطلاعاتی
معادله هندرسن-هاسل باخ	موجودیت اطلاعاتی

فرآیند	مغناطیس‌زدایی آدیاباتیکی
فرآیند	مغناطیس‌شدن
خصوصیت	مفتولپذیری
خصوصیت	مقاومت الکتریکی
خصوصیت	مقاومت پیل
موجودیت اطلاعاتی	مقدار
فرآیند	مقیاس دمای کلوین
فرآیند	مکانیسم واکنش
موجودیت مادی	منبع خارجی
موجودیت اطلاعاتی	منحنی استاندارد

ادامه جدول ب-۱: دسته‌بندی مفاهیم موجود در هستان‌شناسی بر اساس انواع تعریف شده در هستان‌شناسی سطح بالا

نام مفهوم	نوع مفهوم
منحنی تیتراسیون	موجودیت اطلاعاتی
منحنی جریان-پتانسیل	موجودیت اطلاعاتی
منحنی خطای نرمال	موجودیت اطلاعاتی
منحنی درجه‌بندی	موجودیت اطلاعاتی
مواد شیمیایی	موجودیت مادی
موج مادی	موجودیت مادی
مول	موجودیت اطلاعاتی
مولکول	موجودیت مادی
میانگین	موجودیت اطلاعاتی
میدان الکتروستاتیکی	موجودیت غیرمادی
میدان چهاروجهی	موجودیت غیرمادی
میدان ضعیف	ناحیه مقادیر
میدان قوی	ناحیه مقادیر
میدان متقارن	موجودیت غیرمادی
میدان مغناطیسی	موجودیت غیرمادی
میدان هشت‌وجهی	موجودیت غیرمادی
میسلی شدن	فرآیند
میکروب	موجودیت مادی
ناپایداری	خصوصیت
ناخالصی	موجودیت مادی
نارسانا	خصوصیت
نافلزات	موجودیت اطلاعاتی
ناکایرال	خصوصیت
نام شیمیایی	موجودیت اطلاعاتی
نامگذاری آیوپاک	موجودیت اطلاعاتی
نامگذاری ترکیبات شیمیایی	موجودیت اطلاعاتی

نامگذاری ترکیبات کمپلکس	موجودیت اطلاعاتی
نرمالیده	موجودیت اطلاعاتی
نسبت توزیع	موجودیت اطلاعاتی
نسبت جرم-بار	موجودیت اطلاعاتی
نشانگذاری گروه‌های	موجودیت اطلاعاتی
نشانه شیمیایی	موجودیت اطلاعاتی
نشر القایی	فرآیند
نشر خودبه‌خود	فرآیند
نظریه اختلال	موجودیت اطلاعاتی

ادامه جدول ب-۱: دسته‌بندی مفاهیم موجود در هستان‌شناسی بر اساس انواع تعریف شده در هستان‌شناسی سطح بالا

نام مفهوم	نوع مفهوم
نظریه اوربیتال مولکولی	موجودیت اطلاعاتی
نظریه آرنیوس	موجودیت اطلاعاتی
نظریه برونستد و لوری	موجودیت اطلاعاتی
نظریه بشقابک	موجودیت اطلاعاتی
نظریه پیوند والانس	موجودیت اطلاعاتی
نظریه جنبشی-مولکولی گاز	موجودیت اطلاعاتی
نظریه حالت‌گذار	موجودیت اطلاعاتی
نظریه دافعه جفت الکترونی پوسته والانس	موجودیت اطلاعاتی
نظریه دبای	موجودیت اطلاعاتی
نظریه دبای-هوکل	موجودیت اطلاعاتی
نظریه سرعت	موجودیت اطلاعاتی
نظریه کوانتومی نسبیتی	موجودیت اطلاعاتی
نظریه گروه	موجودیت اطلاعاتی
نظریه میدان بلور	موجودیت اطلاعاتی
نظریه میدان لیگاند	موجودیت اطلاعاتی
نظریه ورنر	موجودیت اطلاعاتی
نظریه یونش آرنیوس	موجودیت اطلاعاتی
نفوذ	فرآیند
نقص بلوری	خصوصیت
نقطه اتکتیک	موجودیت اطلاعاتی
نقطه ایزوالکتریک	موجودیت اطلاعاتی
نقطه بحرانی	موجودیت اطلاعاتی
نقطه پایان	موجودیت اطلاعاتی
نقطه پلیت	موجودیت اطلاعاتی
نقطه پیش از اکی‌والان	موجودیت اطلاعاتی
نقطه جوش	موجودیت اطلاعاتی
نقل و انتقال اکسیژن	فرآیند

نمایش کاهش‌پذیر	موجودیت اطلاعاتی
نمایش کاهش‌ناپذیر	موجودیت اطلاعاتی
نمودار ارتباط	موجودیت اطلاعاتی
نمودار اورگل	موجودیت اطلاعاتی
نمودار تانابه سوگانو	موجودیت اطلاعاتی
نمودار درجه‌بندی	موجودیت اطلاعاتی
نمودار فاز	موجودیت اطلاعاتی
نمودار فشار	موجودیت اطلاعاتی

ادامه جدول ب-۱: دسته‌بندی مفاهیم موجود در هستان‌شناسی بر اساس انواع تعریف شده در هستان‌شناسی سطح بالا

نام مفهوم	نوع مفهوم
نمودار فشار بخار	موجودیت اطلاعاتی
نمودار فشار-دما	موجودیت اطلاعاتی
نمودار وان‌دیمتر	موجودیت اطلاعاتی
نمودار همبستگی	موجودیت اطلاعاتی
نمونه	موجودیت مادی
نمونه‌برداری	فرآیند
نوار انتقال بار	موجودیت غیرمادی
نوار انرژی	موجودیت غیرمادی
نوار رسانش	موجودیت غیرمادی
نوآرایی	فرآیند
نور	موجودیت غیرمادی
نورکافت	فرآیند
نوکلئوتید	موجودیت مادی
نوکلئوزید	موجودیت مادی
نیترودار شدن (کردن)	فرآیند
نیتروزدار شدن (کردن)	فرآیند
نیرو	خصوصیت
نیم‌رسانا	موجودیت مادی
نیمسوز کردن	فرآیند
نیم‌عمر	موجودیت اطلاعاتی
واپخش	وضعیت
واحد اتمی	موجودیت اطلاعاتی
وارون	وضعیت
واریانس	موجودیت اطلاعاتی
واکنش زیست‌شناختی	فرآیند
واکنش شیمیایی	فرآیند
واکنش‌دهنده	نقش
واکنشگر	نقش

وزن	خصوصیت
ولتاژ	موجودیت اطلاعاتی
هالوژن‌دار شدن (کردن)	فرآیند
هالوژن‌زدایی	فرآیند
هامیلتونی اتمی	موجودیت اطلاعاتی
هسته‌زایی	فرآیند
هضم	فرآیند

ادامه جدول ب-۱: دسته‌بندی مفاهیم موجود در هستان‌شناسی بر اساس انواع تعریف شده در هستان‌شناسی سطح بالا

نام مفهوم	نوع مفهوم
هلیم مایع	موجودیت مادی
همبستگی الکترونی	موجودیت اطلاعاتی
همپارها	موجودیت مادی
همپاری	خصوصیت
هندسه مولکولی	موجودیت اطلاعاتی
هوا	موجودیت مادی
هوای مایع	موجودیت مادی
هیبریدشدگی	فرآیند
هیدروبواردار شدن (کردن)	فرآیند
هیدروبواردار شدن (کردن) - اکسایش	فرآیند
هیدروژن اسیدی	نقش
هیدروژن‌دار شدن (کردن)	فرآیند
هیدروژن‌کافت	فرآیند
هیدروکسیل‌دار شدن (کردن)	فرآیند
هیدروهالوژن‌زدایی	فرآیند
هیدریدها	موجودیت مادی
یکاهای فیزیکی	موجودیت اطلاعاتی
یون	موجودیت مادی
یونش	فرآیند

پیوست ج: جدول روابط معنایی مشخص شده بر اساس روابط وابسته

جدول ج-۱: تعیین روابط معنایی بین مفاهیم بر اساس الگوهای روابط معنایی

مفهوم اول	نوع مفهوم اول	مفهوم دوم	نوع مفهوم دوم	رابطه معنایی
اثر ترانس	خصوصیت فرآیندی	ترکیبات کمپلکس	شیء مادی	خصوصیت برای
اثر ترانس	خصوصیت فرآیندی	جابه جایی لیگاند	فرآیند	مشخصه فرآیندی برای
اثر ترانس	خصوصیت فرآیندی	سیتیک شیمیایی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
اثر ترانس	خصوصیت فرآیندی	شیمی فیزیک	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
اثر ترانس	خصوصیت فرآیندی	شیمی کوئوردیناسیون	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
اثر ترانس	خصوصیت فرآیندی	کمپلکس مسطح مربعی	شیء مادی	خصوصیت برای
اثر ترانس	خصوصیت فرآیندی	واکنش استخلافی چهاروجهی	فرآیند	مشخصه فرآیندی برای
ابررسانا	شیء مادی	رسانا	خصوصیت	دارای خصوصیت
ابررسانا	شیء مادی	شیمی حالت جامد	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
ابررسانا	شیء مادی	شیمی فیزیک	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
ابررسانا	شیء مادی	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
ابررسانا	شیء مادی	فیزیک	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
ابررسانا	شیء مادی	نارسانا	خصوصیت	دارای خصوصیت
ابررسانا	شیء مادی	نیم رسانا	خصوصیت	دارای خصوصیت
اثر یان-تِلر	خصوصیت	شیمی کوئوردیناسیون	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
اثر یان-تِلر	خصوصیت	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
اثر یان-تِلر	خصوصیت	کمپلکس مسطح مربعی	شیء مادی	خصوصیت برای
اثر یان-تِلر	خصوصیت	کمپلکس هشت وجهی	شیء مادی	خصوصیت برای
اسیدها	شیء مادی	اسید لوویس	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
اسیدها	شیء مادی	اسیدهای آلی	شیء مادی	نوعی
اسیدها	شیء مادی	اسیدهای معدنی	شیء مادی	نوعی
اسیدها	شیء مادی	تیتراسیون اسید-باز	فرآیند	کنشگر یا کنشگیر
اسیدها	شیء مادی	خاصیت اسیدی	خصوصیت	دارای خصوصیت
اسیدها	شیء مادی	شیمی اسید-باز	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
اسیدها	شیء مادی	شیمی آلی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
اسیدها	شیء مادی	شیمی تجزیه	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
اسیدها	شیء مادی	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
اسیدها	شیء مادی	نظریه پروتستند و لوری	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
اسیدها	شیء مادی	هیدروژن	شیء مادی	دارای جزء سازنده
اسیدهای معدنی	شیء مادی	اسیدها	شیء مادی	نوعی

اسیدهای معدنی	شیء مادی	اکسواسید کربن	شیء مادی	نوعی
اسیدهای معدنی	شیء مادی	حلال اسیدی	خصوصیت فرآیندی	دارای خصوصیت
اسیدهای معدنی	شیء مادی	شیمی تجزیه	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
اسیدهای معدنی	شیء مادی	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
اسیدهای معدنی	شیء مادی	قدرت اسیدی	خصوصیت	دارای خصوصیت

ادامه جدول ج-۱: تعیین روابط معنایی بین مفاهیم بر اساس الگوهای روابط معنایی

مفهوم اول	نوع مفهوم اول	مفهوم دوم	نوع مفهوم دوم	رابطه معنایی
اسیدهای معدنی	شیء مادی	قدرت اسید-بازی	خصوصیت	دارای خصوصیت
اسیدهای معدنی	شیء مادی	محلول آبی	خصوصیت فرآیندی	دارای خصوصیت
اسیدهای معدنی	شیء مادی	هیدروژن	شیء مادی	دارای جزء سازنده
اصل طرد پائولی	موجودیت اطلاعاتی	شیمی فیزیک	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
اصل طرد پائولی	موجودیت اطلاعاتی	شیمی کوانتومی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
اصل طرد پائولی	موجودیت اطلاعاتی	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
اکسید اسیدی	شیء مادی	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
اکسید بازی	شیء مادی	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
الکترونگاتیوی	خصوصیت	شیمی فیزیک	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
الکترونگاتیوی	خصوصیت	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
الکترونگاتیوی	خصوصیت	مولکول دواتمی جور هسته	شیء مادی	خصوصیت برای
الکترونگاتیوی	خصوصیت	مولکول دواتمی	شیء مادی	خصوصیت برای
الکترونگاتیوی	خصوصیت	مولکول دواتمی ناجور هسته	شیء مادی	خصوصیت برای
الکترونگاتیوی	خصوصیت	مولکول قطبی	شیء مادی	خصوصیت برای
الکترونگاتیوی	خصوصیت	مولکول ناقطبی	شیء مادی	خصوصیت برای
انباشتگی	خصوصیت	بلور یونی	شیء مادی	خصوصیت برای
انباشتگی	خصوصیت	جامدات یونی	شیء مادی	خصوصیت برای
انباشتگی	خصوصیت	شیمی حالت جامد	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
انباشتگی	خصوصیت	شیمی فیزیک	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
انباشتگی	خصوصیت	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
انباشتگی آبیونی	خصوصیت	اسپینل	شیء مادی	خصوصیت برای
انباشتگی آبیونی	خصوصیت	اسپینل وارونه	شیء مادی	خصوصیت برای
انباشتگی آبیونی	خصوصیت	آنتی فلوئوریت	شیء مادی	خصوصیت برای
انباشتگی آبیونی	خصوصیت	ایلمنیت	شیء مادی	خصوصیت برای
انباشتگی آبیونی	خصوصیت	بلاند روی	شیء مادی	خصوصیت برای
انباشتگی آبیونی	خصوصیت	پروسکیت	شیء مادی	خصوصیت برای
انباشتگی آبیونی	خصوصیت	کورانندوم	شیء مادی	خصوصیت برای
انباشتگی آبیونی	خصوصیت	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
انباشتگی شش گوشه ای	خصوصیت	ایلمنیت	شیء مادی	خصوصیت برای
انباشتگی شش گوشه ای	خصوصیت	کورانندوم	شیء مادی	خصوصیت برای
انباشتگی شش گوشه ای	خصوصیت	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
انباشتگی کاتیونی	خصوصیت	اسپینل وارونه	شیء مادی	خصوصیت برای

انباشتگی کاتیونی	خصوصیت	بلاند روی	شیء مادی	خصوصیت برای
انباشتگی کاتیونی	خصوصیت	روتیل	شیء مادی	خصوصیت برای
انباشتگی کاتیونی	خصوصیت	سدیم کلرید	شیء مادی	خصوصیت برای
انباشتگی کاتیونی	خصوصیت	سزیم کلرید	شیء مادی	خصوصیت برای
انباشتگی کاتیونی	خصوصیت	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
انباشتگی کاتیونی	خصوصیت	فلوئوریت	شیء مادی	خصوصیت برای
انباشتگی کاتیونی	خصوصیت	وورتزیت	شیء مادی	خصوصیت برای

ادامه جدول ج-۱: تعیین روابط معنایی بین مفاهیم بر اساس الگوهای روابط معنایی

مفهوم اول	نوع مفهوم اول	مفهوم دوم	نوع مفهوم دوم	رابطه معنایی
انباشتگی متراکم مربعی	خصوصیت	اسپینل	شیء مادی	خصوصیت برای
انباشتگی متراکم مربعی	خصوصیت	اسپینل وارونه	شیء مادی	خصوصیت برای
انباشتگی متراکم مربعی	خصوصیت	پروسکیت	شیء مادی	خصوصیت برای
انباشتگی متراکم مربعی	خصوصیت	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
انرژی پایداری محل هشت وجهی	خصوصیت	اسپینل	شیء مادی	خصوصیت برای
انرژی پایداری محل هشت وجهی	خصوصیت	شیمی کوئوردیناسیون	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
انرژی پایداری محل هشت وجهی	خصوصیت	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
انرژی پایداری محل هشت وجهی	خصوصیت	کمپلکس هشت وجهی	شیء مادی	خصوصیت برای
انرژی پایداری میدان بلور	خصوصیت	شیمی کوئوردیناسیون	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
انرژی پایداری میدان بلور	خصوصیت	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
انرژی پایداری میدان بلور	خصوصیت	کمپلکس پراسپین	شیء مادی	خصوصیت برای
انرژی پایداری میدان بلور	خصوصیت	کمپلکس کم اسپین	شیء مادی	خصوصیت برای
انرژی زوج شدن	خصوصیت	کمپلکس پراسپین	شیء مادی	خصوصیت برای
انقباض لانتانیدی	خصوصیت	عناصر واسطه	شیء مادی	خصوصیت برای
انقباض لانتانیدی	خصوصیت	عناصر واسطه داخلی	شیء مادی	خصوصیت برای
انقباض لانتانیدی	خصوصیت	لانتانیدها	شیء مادی	خصوصیت برای
آرایش چهاروجهی	خصوصیت	شیمی کوئوردیناسیون	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
آرایش چهاروجهی	خصوصیت	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
آرایش چهاروجهی	خصوصیت	کمپلکس چهاروجهی	شیء مادی	خصوصیت برای
آرایش خطی	خصوصیت	شیمی کوئوردیناسیون	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
آرایش خطی	خصوصیت	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
آرایش خطی	خصوصیت	مولکول خطی	شیء مادی	خصوصیت برای
آرایش مسطح مربعی	خصوصیت	کمپلکس مسطح مربعی	شیء مادی	خصوصیت برای
آرایش مسطح مربعی	خصوصیت	شیمی کوئوردیناسیون	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
آرایش مسطح مربعی	خصوصیت	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
آرایش هشت وجهی	خصوصیت	شیمی کوئوردیناسیون	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
آرایش هشت وجهی	خصوصیت	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
آرایش هشت وجهی	خصوصیت	کمپلکس هشت وجهی	شیء مادی	خصوصیت برای
آلیاژ	شیء مادی	شیمی حالت جامد	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
آلیاژ	شیء مادی	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
آلیاژ	شیء مادی	محلول جامد	نقش	دارای نقش
آمونیاک	شیء مادی	آمیدها	شیء مادی	جزء فیزیکی منشا برای

آمونیاک	شیء مادی	آمین ها	شیء مادی	جزء فیزیکی منشا برای
آمونیاک	شیء مادی	پیوند هیدروژنی	موجودیت غیرمادی	دارای جزء سازنده
آمونیاک	شیء مادی	تهیه آمیدها	فرآیند	کنشگر برای
آمونیاک	شیء مادی	تهیه آمین ها	فرآیند	کنشگر برای
آمونیاک	شیء مادی	شیمی آلی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
آمونیاک	شیء مادی	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
آمونیاک	شیء مادی	نمکهای آمونیوم	شیء مادی	جزء فیزیکی منشا برای

ادامه جدول ج-۱: تعیین روابط معنایی بین مفاهیم بر اساس الگوهای روابط معنایی

مفهوم اول	نوع مفهوم اول	مفهوم دوم	نوع مفهوم دوم	رابطه معنایی
بار موثر هسته	خصوصیت	شیمی فیزیک	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
بار موثر هسته	خصوصیت	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
بار موثر هسته	خصوصیت	شیمی هسته ای	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
بار موثر هسته	خصوصیت	قواعد اسلیتر	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
بار موثر هسته	خصوصیت	هسته	شیء مادی	خصوصیت برای
بلور	شیء مادی	بی ریخت	خصوصیت	دارای خصوصیت
بلور	شیء مادی	پراش الکترونی	خصوصیت	دارای خصوصیت
بلور	شیء مادی	پراش پرتو ایکس	خصوصیت	دارای خصوصیت
بلور	شیء مادی	پراش نوترونی	خصوصیت	دارای خصوصیت
بلور	شیء مادی	تبلور	فرآیند	پیامد برای
بلور	شیء مادی	تداخل	فرآیند	کنشگر برای
بلور	شیء مادی	تداخل فزاینده	فرآیند	کنشگر برای
بلور	شیء مادی	رشد بلور	فرآیند	کنشگیر برای
بلور	شیء مادی	شعاع کووالانس	خصوصیت	دارای خصوصیت
بلور	شیء مادی	شعاع واندروالس	خصوصیت	دارای خصوصیت
بلور	شیء مادی	شعاع یونی	خصوصیت	دارای خصوصیت
بلور	شیء مادی	شیمی حالت جامد	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
بلور	شیء مادی	شیمی فیزیک	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
بلور	شیء مادی	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
بلور	شیء مادی	قانون براگ	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
بلور	شیء مادی	مکانیک آماری	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
بلور	شیء مادی	نقص بلوری	خصوصیت	دارای خصوصیت
پتانسیل الکترو	خصوصیت	الکترو	شیء مادی	خصوصیت برای
پتانسیل الکترو	خصوصیت	الکترو شیمی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
پتانسیل الکترو	خصوصیت	الکترو شیمی تجزیه ای	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
پتانسیل الکترو	خصوصیت	پیل الکتروشیمی	شیء مادی	خصوصیت برای
پتانسیل الکترو	خصوصیت	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
تبدیل مشابهتی	موجودیت اطلاعاتی	شیمی فیزیک	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
تبدیل مشابهتی	موجودیت اطلاعاتی	شیمی کوانتومی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
تبدیل مشابهتی	موجودیت اطلاعاتی	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
تجزیه	فرآیند	تجزیه گرمایی	فرآیند	نوعی
تجزیه	فرآیند	مواد مرکب	شیء مادی	کنشگیر برای

تجزیه	فرآیند	شیمی تجزیه	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
تجزیه	فرآیند	شیمی معدنی عملی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
ترکیبات اکسیژن	شیء مادی	اکسیژن	شیء مادی	دارای جزء سازنده
ترکیبات اکسیژن	شیء مادی	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
ترکیبات اکسیژن	شیء مادی	مواد مرکب	شیء مادی	نوعی
ترکیبات انعطاف پذیر آلی فلزی	شیء مادی	شیمی آلی فلزی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
ترکیبات انعطاف پذیر آلی فلزی	شیء مادی	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به

ادامه جدول ج-۱: تعیین روابط معنایی بین مفاهیم بر اساس الگوهای روابط معنایی

مفهوم اول	نوع مفهوم اول	مفهوم دوم	نوع مفهوم دوم	رابطه معنایی
ترکیبات اولفین	شیء مادی	شیمی آلی فلزی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
ترکیبات اولفین	شیء مادی	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
ترکیبات بور	شیء مادی	بور	شیء مادی	دارای جزء سازنده
ترکیبات بور	شیء مادی	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
ترکیبات بور	شیء مادی	مواد مرکب	شیء مادی	نوعی
ترکیبات ساندویچی ناجور حلقه	شیء مادی	ترکیبات حلقوی	شیء مادی	نوعی
ترکیبات ساندویچی ناجور حلقه	شیء مادی	شیمی آلی فلزی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
ترکیبات ساندویچی ناجور حلقه	شیء مادی	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
ترکیبات سلیسیم	شیء مادی	سلیسیم	شیء مادی	دارای جزء سازنده
ترکیبات سلیسیم	شیء مادی	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
ترکیبات سلیسیم	شیء مادی	مواد مرکب	شیء مادی	نوعی
ترکیبات فسفر	شیء مادی	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
ترکیبات فسفر	شیء مادی	فسفر	شیء مادی	دارای جزء سازنده
ترکیبات فسفر	شیء مادی	مواد مرکب	شیء مادی	نوعی
ترکیبات کمپلکس	شیء مادی	اثر ترانس	خصوصیت	دارای خصوصیت
ترکیبات کمپلکس	شیء مادی	تشکیل کمپلکس	فرآیند	پایامد برای
ترکیبات کمپلکس	شیء مادی	تیتراسیون کمپلکس سنجی	فرآیند	کنشگیر برای
ترکیبات کمپلکس	شیء مادی	جابه جایی لیگاند	فرآیند	کنشگیر برای
ترکیبات کمپلکس	شیء مادی	شیمی کوئوردیناسیون	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
ترکیبات کمپلکس	شیء مادی	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
ترکیبات کمپلکس	شیء مادی	عدد کوئوردیناسیون	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
ترکیبات کمپلکس	شیء مادی	فلزات واسطه	شیء مادی	دارای جزء سازنده
ترکیبات کمپلکس	شیء مادی	لیگاند	شیء مادی	دارای جزء سازنده
ترکیبات کمپلکس	شیء مادی	لیگاند انتهایی	شیء مادی	دارای جزء سازنده
ترکیبات کمپلکس	شیء مادی	لیگاند انعطاف پذیر	شیء مادی	دارای جزء سازنده
ترکیبات کمپلکس	شیء مادی	لیگاند بدخیم	شیء مادی	دارای جزء سازنده
ترکیبات کمپلکس	شیء مادی	لیگاند پلساز	شیء مادی	دارای جزء سازنده
ترکیبات کمپلکس	شیء مادی	لیگاند ترک کننده	شیء مادی	دارای جزء سازنده
ترکیبات کمپلکس	شیء مادی	لیگاند چند دندانه	شیء مادی	دارای جزء سازنده
ترکیبات کمپلکس	شیء مادی	لیگاند رنگی	شیء مادی	دارای جزء سازنده
ترکیبات کمپلکس	شیء مادی	لیگاند زیستی	شیء مادی	دارای جزء سازنده
ترکیبات کمپلکس	شیء مادی	لیگاند شش دندانه	شیء مادی	دارای جزء سازنده

ترکیبات کمپلکس	شیء مادی	لیگاند محوری	شیء مادی	دارای جزء سازنده
ترکیبات کمپلکس	شیء مادی	لیگاند ناجورحلقه	شیء مادی	دارای جزء سازنده
ترکیبات کمپلکس	شیء مادی	لیگاند یک دندانه	شیء مادی	دارای جزء سازنده
ترکیبات کمپلکس	شیء مادی	مکانیسم اکسایش-کاهش	فرآیند	کنشگیر برای
ترکیبات کمپلکس	شیء مادی	مکانیسم تجمعی	فرآیند	کنشگیر برای
ترکیبات کمپلکس	شیء مادی	مکانیسم تفکیکی	فرآیند	کنشگیر برای
ترکیبات کمپلکس	شیء مادی	مکانیسم فضای خارجی	فرآیند	کنشگیر برای

ادامه جدول ج-۱: تعیین روابط معنایی بین مفاهیم بر اساس الگوهای روابط معنایی

مفهوم اول	نوع مفهوم اول	مفهوم دوم	نوع مفهوم دوم	رابطه معنایی
ترکیبات کمپلکس	شیء مادی	مکانیسم فضای داخلی	فرآیند	کنشگیر برای
ترکیبات کمپلکس	شیء مادی	واکنش استخلافی	فرآیند	کنشگیر برای
ترکیبات کمپلکس	شیء مادی	واکنش اکسایش-کاهش	فرآیند	کنشگیر برای
ترکیبات گوگرد	شیء مادی	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
ترکیبات گوگرد	شیء مادی	گوگرد	شیء مادی	دارای جزء سازنده
ترکیبات گوگرد	شیء مادی	مواد مرکب	شیء مادی	نوعی
ترکیبات معدنی	شیء مادی	ایزوسپانات ها	شیء مادی	نوعی
ترکیبات معدنی	شیء مادی	سیانات ها	شیء مادی	نوعی
ترکیبات معدنی	شیء مادی	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
ترکیبات معدنی	شیء مادی	شیمی معدنی توصیفی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
ترکیبات معدنی	شیء مادی	عنصر شیمیایی	شیء مادی	دارای جزء سازنده
ترکیبات معدنی	شیء مادی	کاتیون معدنی	شیء مادی	دارای جزء سازنده
ترکیبات معدنی	شیء مادی	هالوژن ها	شیء مادی	دارای جزء سازنده
ترکیبات نیتروژن	شیء مادی	اکسیژن	شیء مادی	دارای جزء سازنده
ترکیبات نیتروژن	شیء مادی	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
ترکیبات نیتروژن	شیء مادی	مواد مرکب	شیء مادی	نوعی
ترکیبات نیتروژن	شیء مادی	نیتروژن	شیء مادی	دارای جزء سازنده
تشکیل کمپلکس	فرآیند	ترکیبات کمپلکس	شیء مادی	پیامد برای
تشکیل کمپلکس	فرآیند	تیتراسیون تشکیل کمپلکس	فرآیند	جزء فرآیندی برای
تشکیل کمپلکس	فرآیند	شیمی تجزیه	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
تشکیل کمپلکس	فرآیند	شیمی کوئوردیناسیون	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
تشکیل کمپلکس	فرآیند	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
تشکیل کمپلکس	فرآیند	محلول آبی	نقش	دارای نقش فرآیندی
تقارن	خصوصیت	شیمی فضایی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
تقارن	خصوصیت	شیمی فیزیکی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
تقارن	خصوصیت	شیمی کوانتومی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
تقارن	خصوصیت	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
تقارن	خصوصیت	اوربیتال	شیء غیرمادی	خصوصیت برای
تقارن	خصوصیت	اوربیتال مولکولی	شیء غیرمادی	خصوصیت برای
تقارن	خصوصیت	پیوند شیمیایی	موجودیت غیرمادی	خصوصیت برای
تقارن	خصوصیت	مولکول بسیار متقارن	شیء مادی	خصوصیت برای
تقارن	خصوصیت	مولکول متقارن	شیء مادی	خصوصیت برای

تقارن	خصوصیت	مولکول نامتقارن	شیء مادی	خصوصیت برای
تقارن	خصوصیت	میدان متقارن	موجودیت غیرمادی	خصوصیت برای
تئوری میدان بلور	موجودیت اطلاعاتی	شیمی کوئوردیناسیون	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
تئوری میدان بلور	موجودیت اطلاعاتی	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
تئوری میدان لیگاند	موجودیت اطلاعاتی	شیمی فیزیک	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
تئوری میدان لیگاند	موجودیت اطلاعاتی	شیمی کوئوردیناسیون	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
تئوری میدان لیگاند	موجودیت اطلاعاتی	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به

ادامه جدول ج-۱: تعیین روابط معنایی بین مفاهیم بر اساس الگوهای روابط معنایی

مفهوم اول	نوع مفهوم اول	مفهوم دوم	نوع مفهوم دوم	رابطه معنایی
جامدات فلزی	شیء مادی	الکترون غیرمستقر	شیء مادی	دارای جزء سازنده
جامدات فلزی	شیء مادی	انرژی اتمی شدن	خصوصیت	دارای خصوصیت
جامدات فلزی	شیء مادی	انرژی چسبندگی فلزی	خصوصیت	دارای خصوصیت
جامدات فلزی	شیء مادی	پیوند فلزی	موجودیت غیرمادی	دارای جزء سازنده
جامدات فلزی	شیء مادی	جلای فلزی	خصوصیت	دارای خصوصیت
جامدات فلزی	شیء مادی	رسانایی الکتریکی	خصوصیت	دارای خصوصیت
جامدات فلزی	شیء مادی	رسانندگی الکتریکی	خصوصیت	دارای خصوصیت
جامدات فلزی	شیء مادی	رسانندگی گرمایی	خصوصیت	دارای خصوصیت
جامدات فلزی	شیء مادی	شیمی حالت جامد	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
جامدات فلزی	شیء مادی	شیمی فیزیک	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
جامدات فلزی	شیء مادی	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
جامدات فلزی	شیء مادی	گرم رسانندگی	خصوصیت	دارای خصوصیت
جامدات فلزی	شیء مادی	مفتولپذیری	خصوصیت	دارای خصوصیت
جامدات کووالانسی	شیء مادی	پیوند کووالانس	موجودیت غیرمادی	دارای جزء سازنده
جامدات کووالانسی	شیء مادی	جامدات	شیء مادی	نوعی
جامدات کووالانسی	شیء مادی	شیمی حالت جامد	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
جامدات کووالانسی	شیء مادی	شیمی فیزیک	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
جامدات کووالانسی	شیء مادی	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
جدول تناوبی	موجودیت اطلاعاتی	دوره	موجودیت اطلاعاتی	جزء انتزاعی از
جدول تناوبی	موجودیت اطلاعاتی	شیمی معدنی توصیفی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
جدول تناوبی	موجودیت اطلاعاتی	عدد اتمی	خصوصیت	کل - جزء
جدول تناوبی	موجودیت اطلاعاتی	نشانه شیمیایی	موجودیت اطلاعاتی	جزء انتزاعی از
خاصیت فیزیکی	خصوصیت	شیمی فیزیک	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
خاصیت فیزیکی	خصوصیت	شیمی معدنی توصیفی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
خاصیت مغناطیسی	خصوصیت	دمای کوری	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
خاصیت مغناطیسی	خصوصیت	شیمی فیزیک	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
خاصیت مغناطیسی	خصوصیت	شیمی کوئوردیناسیون	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
خاصیت مغناطیسی	خصوصیت	شیمی کوانتومی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
خاصیت مغناطیسی	خصوصیت	قانون کوری	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
خاصیت مغناطیسی	خصوصیت	کمپلکس آنتی فرومغناطیس	شیء مادی	خصوصیت برای
خاصیت مغناطیسی	خصوصیت	کمپلکس پارامغناطیس	شیء مادی	خصوصیت برای
خاصیت مغناطیسی	خصوصیت	کمپلکس پراسپین	شیء مادی	خصوصیت برای

خاصیت مغناطیسی	خصوصیت	کمپلکس دیامغناطیس	شیء مادی	خصوصیت برای
خاصیت مغناطیسی	خصوصیت	کمپلکس فرومغناطیس	شیء مادی	خصوصیت برای
خاصیت مغناطیسی	خصوصیت	کمپلکس کم اسپین	شیء مادی	خصوصیت برای
خاصیت مغناطیسی	خصوصیت	مغناطیس شدن	فرآیند	پیامد برای
خاصیت مغناطیسی	خصوصیت	میدان مغناطیسی	موجودیت غیرمادی	خصوصیت برای
خاصیت مغناطیسی کمپلکس	خصوصیت	شیمی کوئوردیناسیون	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
خواص ترمودینامیکی کمپلکس	خصوصیت	شیمی کوئوردیناسیون	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به

ادامه جدول ج-۱: تعیین روابط معنایی بین مفاهیم بر اساس الگوهای روابط معنایی

مفهوم اول	نوع مفهوم اول	مفهوم دوم	نوع مفهوم دوم	رابطه معنایی
خواص ترمودینامیکی کمپلکس	خصوصیت	کمپلکس پایدار	شیء مادی	خصوصیت برای
خواص ترمودینامیکی کمپلکس	خصوصیت	کمپلکس ناپایدار	شیء مادی	خصوصیت برای
خواص شیمیایی	خصوصیت	شیمی معدنی توصیفی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
دافعه لیگاند	خصوصیت	شیمی کوئوردیناسیون	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
دوده	شیء مادی	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
رزین	شیء مادی	تبادل یونی	فرآیند	کششگیر برای
رزین	شیء مادی	شیمی تجزیه	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
رزین	شیء مادی	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
روش اوربیتال مولکولی	موجودیت اطلاعاتی	اوربیتال مولکولی پیوندی	شیء غیرمادی	در بر دارد
روش اوربیتال مولکولی	موجودیت اطلاعاتی	اوربیتال مولکولی ضدپیوندی	شیء غیرمادی	در بر دارد
روش اوربیتال مولکولی	موجودیت اطلاعاتی	اوربیتال مولکولی ناپیوندی	شیء غیرمادی	در بر دارد
روش اوربیتال مولکولی	موجودیت اطلاعاتی	تشکیل پیوند	فرآیند	دارای تحقق
روش اوربیتال مولکولی	موجودیت اطلاعاتی	شیمی کوئوردیناسیون	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
روش اوربیتال مولکولی	موجودیت اطلاعاتی	مرتبه پیوند	موجودیت اطلاعاتی	دارای جزء انتزاعی
روش پیوند والانس	موجودیت اطلاعاتی	شیمی فیزیک	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
روش پیوند والانس	موجودیت اطلاعاتی	شیمی کوئوردیناسیون	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
روش پیوند والانس	موجودیت اطلاعاتی	شیمی کوانتومی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
روش پیوند والانس	موجودیت اطلاعاتی	تشکیل پیوند	فرآیند	دارای تحقق
روش پیوند والانس	موجودیت اطلاعاتی	توزیع دانسیته الکترونی	موجودیت اطلاعاتی	دارای جزء انتزاعی
روش تجزیه کمی	موجودیت اطلاعاتی	تجزیه کمی	فرآیند	دارای تحقق
روش تجزیه کمی	موجودیت اطلاعاتی	شیمی تجزیه	موجودیت اطلاعاتی	جزء انتزاعی از
روش تجزیه کمی	موجودیت اطلاعاتی	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	جزء انتزاعی از
روش تجزیه کمی	موجودیت اطلاعاتی	صحت	موجودیت اطلاعاتی	جزء انتزاعی از
روش تجزیه کمی	موجودیت اطلاعاتی	کرومانوگرافی	فرآیند	دارای تحقق
روش همپوشانی زاویه ای	موجودیت اطلاعاتی	شیمی کوئوردیناسیون	موجودیت اطلاعاتی	جزء انتزاعی از
سری اسپکتروشیمیایی	موجودیت اطلاعاتی	شیمی کوئوردیناسیون	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
سولفوریک اسید	شیء مادی	ترکیبات آلی گوگرد	شیء مادی	جزء فیزیکی منشا برای
سولفوریک اسید	شیء مادی	شیمی آلی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
سولفوریک اسید	شیء مادی	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
سولفوریک اسید	شیء مادی	گوگرد	شیء مادی	دارای جزء سازنده
شیمی اسید-باز	موجودیت اطلاعاتی	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	جزء انتزاعی از
شیمی آلی - فلزی	موجودیت اطلاعاتی	بزنونید فلزها	شیء مادی	دربردارد

شیمی آلی - فلزی	موجودیت اطلاعاتی	ترکیبات آلیل	شیء مادی	دربردارد
شیمی آلی - فلزی	موجودیت اطلاعاتی	ترکیبات اتیل	شیء مادی	دربردارد
شیمی آلی - فلزی	موجودیت اطلاعاتی	ترکیبات اولفین	شیء مادی	دربردارد
شیمی آلی - فلزی	موجودیت اطلاعاتی	سیکلوپلین های آروماتیک	شیء مادی	دربردارد
شیمی آلی - فلزی	موجودیت اطلاعاتی	سیکلوپنتادی انیدها	شیء مادی	دربردارد
شیمی آلی - فلزی	موجودیت اطلاعاتی	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	جزء انتزاعی از
شیمی آلی - فلزی	موجودیت اطلاعاتی	فلزات	شیء مادی	دربردارد

ادامه جدول ج-۱: تعیین روابط معنایی بین مفاهیم بر اساس الگوهای روابط معنایی

مفهوم اول	نوع مفهوم اول	مفهوم دوم	نوع مفهوم دوم	رابطه معنایی
شیمی آلی - فلزی	موجودیت اطلاعاتی	فلز آرین ها	شیء مادی	دربردارد
شیمی آلی - فلزی	موجودیت اطلاعاتی	کربونیل ها	شیء مادی	دربردارد
شیمی آلی - فلزی	موجودیت اطلاعاتی	متالوسن ها	شیء مادی	دربردارد
شیمی آلی - فلزی	موجودیت اطلاعاتی	نیتروزیل ها	شیء مادی	دربردارد
شیمی تجزیه معدنی	موجودیت اطلاعاتی	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	جزء انتزاعی از
شیمی تجزیه معدنی	موجودیت اطلاعاتی	معرف کمپلکس دهنده	شیء مادی	دربردارد
طیف جذبی	خصوصیت	شیمی کوئوردیناسیون	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
طیف جذبی	خصوصیت	نمودار اورگل	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
طیف جذبی	خصوصیت	نمودار تانابه سوگانو	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
عدد کوئوردیناسیون	خصوصیت	شیمی تجزیه	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
عدد کوئوردیناسیون	خصوصیت	شیمی کوئوردیناسیون	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
عدد کوئوردیناسیون	خصوصیت	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
عدد کوئوردیناسیون	خصوصیت	فلزات واسطه	شیء مادی	خصوصیت برای
عدد کوئوردیناسیون	خصوصیت	لیگاند	شیء مادی	خصوصیت برای
عنصر شیمیایی	شیء مادی	انرژی آزاد استاندارد تشکیل	خصوصیت	دارای خصوصیت
عنصر شیمیایی	شیء مادی	تجزیه کیفی	فرآیند	پیامد برای
عنصر شیمیایی	شیء مادی	تجزیه کیفی	فرآیند	کنشگر برای
عنصر شیمیایی	شیء مادی	تجزیه کیفی	فرآیند	کنشگیر برای
عنصر شیمیایی	شیء مادی	شیمی معدنی توصیفی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
فسفر تری هالیدها	شیء مادی	شیمی آلی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
فسفر تری هالیدها	شیء مادی	شیمی معدنی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
فلزات	شیء مادی	جلای فلزی	خصوصیت	دارای خصوصیت
فلزات	شیء مادی	چکش خواری	خصوصیت	دارای خصوصیت
فلزات	شیء مادی	رسانندگی الکتریکی	خصوصیت	دارای خصوصیت
فلزات	شیء مادی	رسانندگی گرمایی	خصوصیت	دارای خصوصیت
فلزات	شیء مادی	زیست شیمی فلزی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
فلزات	شیء مادی	شیمی آلی فلزی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
فلزات	شیء مادی	شیمی معدنی توصیفی	موجودیت اطلاعاتی	تعلق دارد به
فلزات	شیء مادی	مفتولپذیری	خصوصیت	دارای خصوصیت
واکنش استخلافی	فرآیند	گروه ترک کننده	نقش	دارای نقش فرآیندی
واکنش استخلافی	فرآیند	گروه وارد شونده	نقش	دارای نقش فرآیندی
پرتوزایی	فرآیند	پرتو گاما	موجودیت غیرمادی	دارای پیامد

غنی‌سازی روابط معنایی هستان‌شناسی علوم‌پایه □ ۸۵

تَشکیل کمپلکس	فرآیند	ترکیبات کمپلکس	موجودیت مادی	دارای پیامد
ترکیب خطی اوربیتال های اتمی	فرآیند	اوربیتال مولکولی	موجودیت غیرمادی	دارای پیامد

ABSTRACT

Ontology defines the common words and concepts used to describe and represent an area of knowledge. However, developing ontologies is a time consuming and labor work. So, many ontology developers try to facilitate and speed up this process by reusing other resources. In fact, thesaurus contains semantic information and hierarchical structure that make it an appropriate resource for ontology construction. Therefore, we determined to use the thesauri previously developed at Iranian Research Institute for Information Science and Technology (IRANDOC) to construct ontology in basic sciences domain. At first, we synchronized common concepts in thesauri before integrating them as a macro thesaurus and removed inconsistencies. Then we merged thesauri and transformed the data format into ISO 25964 standard. The conceptual model have been designed based on the terms and their relationships in the integrated thesaurus and the concept maps that were designed by domain experts for each of basic sciences (Chemistry, Physics, Biology, Geology and Mathematics). We used the methodology called METHONTOLOGY in this stage. Ultimately, the ontology was generated by formalizing and implementing the conceptual model in OWL, to create a standard ontology to be used in information storage and retrieval system.

In the next step we propose a method for refining the relationships of ontology to more specific semantic relations. At first, hierarchical relationships are refined and specified to generic or whole-part type. Then, the concepts of ontology classified into semantic categories, and a pattern-based approach is used to classify associative relations to semantic relations which are extracted from a top level ontology. We try to refine semantic relations of chemistry domain in the basic sciences ontology. based on the method, about 70 percent of associative relations are directly classified into semantic relations and it seems other relations can be deduced from these new added semantic relations.

Keywords: domain ontology, thesaurus transformation, semantic relations enrichment, semantic relation patterns



Iranian Research Institute for Information Science and Technology

Research Project

Enriching Semantic Relations of Basic Sciences Ontology

(Final Report)

By:

Molouk Sadat Hosseini Beheshti

Spring 2015