

مروری بر مفهوم هستی‌نگاری در وب معنایی

مرتضی کوبی^۱، عبدالحسین فرج‌پهلوی^۲، فریده عصاره^۳، سولماز زرداری^{۴*}

تاریخ دریافت: ۹۶/۳/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۹/۲۱

چکیده

هدف: امروزه در وب معنایی برای بهبود معنای داده‌ها از هستی‌نگاری‌ها بهره می‌گیرند. ضرورت مهندسی هستی‌نگاری ارائه چهارچوب مناسبی از تعاریف مفاهیم و روابط بین آن‌ها با ابهامی کمتر است. در این نوشته تلاش خواهد شد به اجمال دیدی جامع از هستی‌نگاری و شناخت تحول آن به طور نظری ارائه شود چرا که از طریق مرور ادبیات پس‌زمینه‌ای، پژوهش در این موضوع با درکی بهتر و روشن‌تر میسر خواهد بود.

روش: نوشته حاضر به صورت مروری مفهوم هستی‌نگاری را مورد مطالعه قرار می‌دهد.

یافته‌ها: هستی‌نگاری شبکه گسترده‌ای از روابط بین موجودیت‌ها و مفاهیم جهت‌بازنمایی دانش در نظام‌های اطلاعاتی و وب معنایی محسوب می‌شود. هستی‌نگاری به عنوان رویکرد جدید مهندسی دانش در عرصه هوش مصنوعی اهمیت یافته است. با ساخت هستی‌نگاری ساختار مفهومی بین مفاهیم استخراج و به صورتی صریح و آشکار در قالبی رسمی ارائه می‌شود. با به‌کارگیری هستی‌نگاری پردازش مفهوم در سطوح مختلف تعامل انسانی و ماشینی میسر گشته و این ابزار برای اشتراک دانش و بازنمایی آن به کار گرفته می‌شود. با طراحی و به‌کارگیری یک هستی‌نگاری در نظام‌های دانش‌بنیان می‌توان در رفع ایرادهای موجود در سطح معنایی زمینه مربوطه اقدام کرد. از جمله کارکردهای دیگر هستی‌شناسی اثرگذاری آن در حوزه‌هایی مانند بهبود نظام‌های بازیابی، فرایندهای خودکار استدلال، طراحی نظام‌های هوشمند و مهندسی دانش است.

واژه‌های کلیدی: هستی‌نگاری، موجودیت‌های هستی‌نگاری، آنتولوژی، هستی‌شناسی، هوش مصنوعی، وب معنایی

^۱ استاد بازنشسته گروه علم اطلاعات و دانش‌شناسی دانشگاه شهید چمران اهواز، kokabi80@yahoo.com

^۲ استاد گروه علم اطلاعات و دانش‌شناسی دانشگاه شهید چمران اهواز، farajpahlou@gmail.com

^۳ استاد گروه علم اطلاعات و دانش‌شناسی دانشگاه شهید چمران اهواز، osareh.f@gmail.com

^۴ دانشجوی دکترای رشته علم اطلاعات و دانش‌شناسی دانشگاه شهید چمران اهواز، szardary@gmail.com

مقدمه

فناوری اطلاعات آبخور دگرگونی‌هایی بوده است که نام عصر اطلاعات را به دنبال داشت. امروزه دانشی که به واسطه فناوری اطلاعات و ارتباطات به صورت الکترونیکی قابل دسترس است، آمیزه‌ای است از آگاهی و اطلاعات متنوعی از سوی افراد مختلف. اطلاعات پراکنده برای مفهومی واحد از سوی عوامل هوشمند گوناگون انسانی و ماشینی بدون در نظر گرفتن معنا و روابط معنایی در سطح و بخش‌های مختلف وب پراکنده است. از سویی، سرویس‌های خدمات وبی با محدودیت‌هایی که در وب حاضر وجود دارد، به شکل انباری از اطلاعات گوناگون، ناهمگون و پویا به فعالیت خود ادامه می‌دهند و با گذر زمان به حجم آن‌ها افزوده می‌شود. لازم است این انبار تبدیل به ابزاری کارآمد شود به گونه‌ای که ادغام و یکدست‌سازی اطلاعات مورد نظر را از منابع متنوع ممکن سازد. در عرصه هوش مصنوعی این کار از طریق ابزاری میسر شده که امروزه هستی‌نگاری^۱ نام گرفته است.

از طرف دیگر، یکی از آرمان‌های دنیای الکترونیکی خودکارسازی و پردازش هوشمند بسیاری از فعالیت‌ها است. برای نیل به این اهداف بخشی از فعالیت‌ها به گسترش ایده استفاده از ابزارهای وب معنایی پرداخته‌اند. وب معنایی معماری جدیدی از وب جهان‌گستر است که محتوای مبتنی بر مفاهیم را در اختیار عوامل هوشمند قرار می‌دهد. هستی‌نگاری موجب می‌شود چهارچوب مناسبی از روابط با ابهام کمتری بین مفاهیم پدیدار شود (هپ^۲ و دیگران، ۲۰۰۷ و ساوسا^۳، ۲۰۱۳). لذا هستی‌نگاری را می‌توان شبکه گسترده‌ای از روابط بین موجودیت‌ها و مفاهیم دانست. از این شبکه می‌توان جهت‌بازنمایی دانشی که منبعث از این مفاهیم است در نظام‌های اطلاعاتی استفاده کرد.

فعالیت‌های مربوط به ساخت هستی‌نگاری زیرمجموعه‌ای از فعالیت‌های حوزه مهندسی دانش محسوب می‌شود. با ساخت هستی‌نگاری ساختار مفهومی بین مفاهیم استخراج و از حالت ضمنی بودن به صورتی صریح و آشکار در قالبی رسمی ارائه می‌شود. پس این ابزار، امکان تجلی معناساختی دانش را در قالبی ساختاریافته بین مفاهیم فراهم می‌کند. عملکرد هستی‌نگاری از دیدگاه هپ و همکاران او (۲۰۰۷) شامل دو

1 Ontology

2 Hepp

3 Sawsaa

مورد زیر است:

هستی‌نگاری‌ها اطلاعات را در قالب معنی‌شناسی رسمی تعریف می‌کنند و بدین ترتیب امکان پردازش اطلاعات را به وسیله رایانه فراهم می‌سازند؛ و

هستی‌نگاری‌ها یک معنی‌شناسی دنیای واقعی را تعریف می‌کنند که از این طریق امکان پیوند میان محتوای قابل پردازش ماشینی با معانی اصطلاحات رایج و مورد توافق افراد فراهم می‌شود.

با به‌کارگیری هستی‌نگاری پردازش داده جای خود را به پردازش مفهوم می‌دهد. در مورد کاربرد هستی‌نگاری‌ها نظرات مختلفی ارائه شده است. گرانینجر و لی^۱ (۲۰۰۲) عقیده دارند از هستی‌نگاری‌ها برای ارتباط، استنباط‌های محاسباتی^۲ و استفاده مجدد و سازماندهی دانش می‌توان استفاده کرد. گروه دیگری معتقدند هستی‌نگاری‌ها علاوه بر اینکه مبنای استنباط محاسباتی داده‌ها هستند، برای بهبود تعامل بین عوامل انسانی و نیز بین انسان‌ها و نظام‌های رایانه‌ای به کار گرفته شده مفید هستند (هپ و دیگران، ۲۰۰۷).

هستی‌نگاری یک حوزه چندرشته‌ای پیچیده است که بر دانش سازماندهی اطلاعات، پردازش زبان طبیعی، استخراج اطلاعات، هوش مصنوعی، علوم شناختی، و بازنمون و فراهم‌آوری دانش استوار شده است (دینگ و فو^۳، ۲۰۰۲). با هستی‌نگاری می‌توان از طریق اطلاعات به اشتراک گذاشته شده در سطح دانش، ارتباط بین سیستم‌های ناهمگون را به وجود آورد. بدین وسیله می‌توان تعامل بین مفاهیم را مشخص و روابط بین آن‌ها را استنتاج کرد. در مجموع می‌توان گفت که نزدیک به سه دهه است که هستی‌نگاری‌ها در حوزه مهندسی دانش مطرح و مورد قبول واقع شده‌اند. با توجه به اهمیت این موضوع، مقاله حاضر نیز تلاش دارد به منظور ایجاد شناخت هرچه بیشتر نسبت به هستی‌نگاری‌ها و جایگاه آن‌ها در جهان مبتنی بر اطلاعات عصر حاضر، به ویژه در بافت وب معنایی، مفهوم هستی‌نگاری و تکوین و ویژگی‌ها و کارکردهای آن را بررسی کرده و مورد بحث و بررسی قرار دهد. بدین منظور، ابتدا کلیت این ابزار توضیح داده شده و چستی آن بحث می‌شود. پس از آن سیر تاریخی استعمال کلمه هستی‌نگاری برای چنین ابزاری به طور اجمالی شرح داده خواهد شد. سپس رویکردهای مختلف در تعریف هستی‌نگاری مورد توجه قرار خواهد گرفت. در انتها، پس از شرح اهمیت و ضرورت استفاده از این ابزار، و نیز توضیح درباره موجودیت‌ها و عناصر موجود در آن، نتیجه‌گیری صورت خواهد گرفت.

چستی هستی‌نگاری

1 Gruninger & Lee

2 Computational inference

3 Ding & Foo

اصطلاح هستی‌نگاری یا هستی‌شناسی در رشته‌های گوناگون، از فلسفه تا مهندسی دانش به کار رفته است. هستی‌شناسی در حوزه فلسفه برای اولین بار برای تعریف مفاهیم بنیادین در چارچوب مشخص داده‌های بنیادین و مرتبط با هستی مطرح شد (گومز- پرز^۱، ۱۹۹۹). در دهه ۹۰ قرن بیستم میلادی، زمانی که این واژه در دنیای پردازش و محاسبات به عنوان بخشی از مهندسی دانش مطرح شد، به عنوان حوزه‌ای میان‌رشته‌ای متخصصان مختلفی را درگیر خود کرد. در علوم بین‌رشته‌ای منظور از آن، موجودیتی محاسباتی شامل مفاهیم و ویژگی‌های آن‌ها، روابط میان مفاهیم و قیود مربوط به آن‌هاست که ترجیحاً در این نوشته از آن به هستی‌نگاری یاد می‌شود. هستی‌نگاری‌ها مستقل از داده‌های واقعی تعریف می‌شوند، درکی مشترک از معناشناسی حوزه مورد بحث می‌دهند و برای به اشتراک نهادن و تبادل اطلاعات معناشناختی میان منابع به کار می‌روند. در مجموع می‌توان گفت که آن‌ها شرح مشخصات اخباری مفاهیم و نقش‌های بنیادین در یک حوزه کاربردی هستند (عمان و فاندالاک^۲، ۱۹۹۹). حوزه‌هایی مانند کامپیوتر، هوش مصنوعی، زبان‌شناسی، علم اطلاعات و غیره در این حوزه موضوعی فعال هستند.

هستی‌نگاری در وب کاربرد دارد. معماری جدیدی از وب با عنوان وب معنایی در حال ظهور است که محتوای وب را از بعد معنایی از طریق عوامل خودکار و هوشمند قابل استدلال و پاسخگویی هوشمند می‌کند. وب معنایی استفاده از محتوا توسط عوامل هوشمند را جایگزین حجم کاری استفاده از اطلاعات خام توسط انسان می‌کند. در چنین شرایطی ارائه محتوای اطلاعاتی بر اساس اولویت‌های شخصی کاربران خواهد بود. در اینجا به جای هزاران سررشته از مطالب مرتبط و نامرتبط فقط یک محتوای درست به کاربر ارائه می‌شود که مفیدتر خواهد بود. اما برای ساخت وب معنایی لازم است ابتدا یک ساختار مفهومی با رویکرد هستی‌نگارشی وجود داشته باشد. هستی‌نگاری به عنوان ابزاری معنایی به بازنمون دانش خواهد پرداخت و به عامل‌های هوشمند اجازه درک اشتراکی در بافت‌های مختلف و در نتیجه میانکنش‌پذیری را می‌دهد (لاسیلا و مک‌گینیس^۳، ۲۰۰۱).

امروزه هستی‌نگاری‌های متنوعی از مرحله آزمایشگاهی خارج شده و به عنوان یکی از لایه‌های پیش‌فرض وب معنایی در حال به کارگیری هستند تا این دانش الکترونیکی هر چه بهتر در اختیار کاربران

1 Gomez-Perez

2 Amman & Fundulaki

3 Lassila & McGuinness

----- بررسی توان تکنیکی فناوری‌های

قرار گیرد. مثلاً می‌توان به هستی‌نگاری‌های استفاده شده در سایت آمازون یا گراف دانش به کار رفته در موتور جستجوی گوگل اشاره کرد. با وجود این ابزارها، استفاده از دانش و درک مشترک اطلاعات به شکلی قابل پردازش توسط ماشین، کاربران را در پیشبرد اهداف خود توانمندتر ساخته است. هستی‌نگاری با فراهم کردن دانش مورد توافق، مدیریت اطلاعات پراکنده و پیچیده را سهولت می‌بخشد (ساوسا، ۲۰۱۳). فعالیت در زمینه هستی‌نگاری‌های شناخته شده به انواع مختلفی تقسیم‌بندی می‌شوند. از این جمله می‌توان هستی‌نگاری‌های سطح بالا^۱، هستی‌نگاری‌های زبان‌شناختی^۲ و هستی‌نگاری‌های وابسته به دامنه^۳ را نام برد (آسوشه و دیگران، ۱۳۹۰).

سیر تاریخی واژه هستی‌نگاری

واژه فارسی "هستی‌نگاری" معادلی برای کلمه انگلیسی ontology قرار داده شده است. طبق فرهنگ مریام وبستر (۲۰۱۵) این کلمه انگلیسی ریشه لاتین داشته و از سال ۱۷۲۱ مصطلح شده است. این واژه از ترکیب دو بخش ont- به معنی بودن^۴ و هستی، و -logia یا -logy- به معنی موضوع شناخت و مطالعه تشکیل شده است. معنی این واژه بسته به هریک از دو بافت مختلفی که در آن استفاده می‌شود متفاوت است؛ چنانکه در فلسفه از آن با هستی‌شناسی یاد می‌شود. مطابق با چنین رویکردی، در فرهنگ مذکور برای واژه ontology دو تعریف زیر ارائه شده است:

"شاخه‌ای از متافیزیک که با ماهیت و روابط وجود در ارتباط است؛ و

نظریه خاصی در مورد ماهیت وجود یا انواع اشیائی که می‌توانند وجود داشته باشند."

طبق تعریف اول، هستی‌شناسی مبحثی از مباحث فلسفه باقی می‌ماند که به بررسی موجودیت‌ها و ویژگی آن‌ها می‌پردازد تا آن‌ها را در یک نظم منطقی و جامع طبقه‌بندی کند. ریشه تاریخی این علم و مباحث آن در آن چیزی است که از سوی ارسطو به عنوان فلسفه اولی مطرح می‌شد. قصد ارسطو از کاربرد هستی‌شناسی مطالعه روش‌هایی جهت طبقه‌بندی جهان در گروه‌هایی با مشخصات مشترک بود. با این توصیف، در واقع هستی‌شناسی معادلی برای متافیزیک است (ساوسا، ۲۰۱۳؛ آسوشه و دیگران، ۱۳۹۰). از این دیدگاه، هستی‌شناسی روشی است برای توصیف واقعیت از طریق فراهم کردن رده‌بندی جامعی از

¹ Top level ontology

² Linguistic ontology

³ Domain ontology

⁴ Being

موجودیت‌ها. این به معنی سازماندهی تمام انواع روابط توسط رده‌ها^۱ یا موجودیت‌ها به صورت تجمعی است (میریل^۲، ۲۰۱۱). در این دیدگاه روش‌های هستی‌شناسی از روش‌های فلسفی مشتق شده‌اند. این روش‌ها، با الهام از دید ارسطو، شامل تدوین (ایجاد) نظریه، آزمایش و تعدیل آن هستند (ساوسا، ۲۰۱۳). این شاخه از فلسفه معمولاً در تقابل با معرفت‌شناسی^۳ است (که با ماهیت و منابع دانش مرتبط است) به طبقه‌بندی اشیاء موجود و ویژگی آن‌ها بر اساس ماهیت وجود یا موجودیت می‌پردازد (خو و نا^۴، ۲۰۰۶). بافت دیگری که در آن از این واژه استفاده می‌شود در ارتباط با علوم کامپیوتر است که در نوشته حاضر معادل فارسی هستی‌نگاری^۵ برای آن در نظر گرفته شده است. از اوایل دهه ۹۰ این واژه توسط افرادی از حوزه‌های علوم کامپیوتری و اطلاعات مورد استفاده قرار گرفت. در آن زمان نقش هستی‌نگاری در هوش مصنوعی توسط افرادی چون مک کارتی^۶ (۱۹۸۰)، هابز^۷ (۱۹۸۵) و هائیز^۸ (۱۹۸۵) مورد تأکید واقع شده بود و افراد به نیاز به هستی‌نگاری پی برده بودند. به عنوان مثال، مک کارتی بیان کرده بود که طراحان نظام‌های هوشمند مبتنی بر منطق لازم است موجودیت‌ها را در قالب یک هستی‌نگاری جمع کنند (نقل در الکساندر و دیگران^۹، ۱۹۸۶). سوا^{۱۰} در سال ۱۹۸۴ با تلفیق این زمینه با رویکرد فلسفی، هستی‌نگاری را به عنوان فهرستی برای استفاده جهانی امکان‌پذیر می‌داند که همه چیز را کنار هم قرار می‌دهد و چگونگی کارکردشان را تعریف می‌کند. الکساندر و همکاران وی در سال ۱۹۸۶ برای اولین بار این واژه را در عرصه هوش مصنوعی استفاده کردند. از دید آنان، هستی‌نگاری "چارچوب مفهومی یا دانش

¹ Classes

² Merrill

³ Epistemology

⁴ Khoo & Na

⁵ در متن این نوشته معادل‌هایی برای عبارات غیرفارسی برای اولین بار به فارسی استفاده شده است؛ چرا که پژوهشگر پس از بررسی برخی متون فارسی مرتبط با مبانی نظری برای این مفاهیم یا معادلی نیافت و یا معادل موجود از نظر نگارنده مناسب نبوده و مفهوم را نمی‌رساند. با این حال یادآور می‌شود که علی‌رغم پیشنهاد این کلمات جایگزین، در آینده نقدها و پیشنهادها در زمینه معادل بهتر پذیرفته می‌شود.

⁶ McCarthy

⁷ Hobbs

⁸ Hayes

⁹ Alexander et al.

¹⁰ Sowa

----- بررسی توان تکنیکی فناوری‌های

حوزه خاص است که توسط گروهی از افراد به اشتراک گذاشته شده". "مانند چیزهایی که در ذهن مردم وجود دارد یا می‌تواند با نمادهای بازنمون آن‌ها در قالب مفهومی یک «نظریه منطقی»^۱ توسط برنامه کامپیوتری استفاده شود" (خو و نا، ۲۰۰۶). هستی‌نگاری برای بازنمون اجزای اشتراکی و قابل استفاده مجدد از دانش حوزه مطرح می‌شود. امروزه این مفهوم با حوزه هوش مصنوعی و نظام‌های اطلاعاتی مرتبط شده است. در زبان فارسی از اصطلاح‌های دیگری مانند آنتولوژی، آنتالوژی، هستان‌شناسی، هستی‌شناسی، هستان‌نگاری و هستی‌نگاشت نیز برای بیان این مفهوم استفاده شده است. فعالان این حوزه‌ها از آن به عنوان ابزاری با توجه به مصنوعات مبتنی بر دانش استفاده می‌کنند. امروزه این مفهوم به صورت گسترده‌ای در حوزه‌های نظام‌های مدیریت پایگاه داده^۲، مهندسی دانش، مدل‌سازی حوزه و مدل‌سازی مفهومی استفاده می‌شود (کورچو، فرناندز-لوپز^۳ و گومز-پرز، ۲۰۰۷). در این بافت در نظام‌های مدیریت دانش از هستی‌نگاری برای رده‌بندی دانش استفاده می‌شود (گارینو^۴، ۱۹۹۷).

در جامعه متخصصین هوش مصنوعی ترجیح می‌دهند از مفهوم هستی‌نگاری در مهندسی دانش با همپوشانی کمتری نسبت به حوزه هستی‌شناسی فلسفی استفاده کنند. با این رویکرد فعالیت‌های تحت عنوان هستی‌نگاری با معناشناسی منطقی^۵ و نظریه منطقی مرتبط است (لاسیلا و مک‌گینس، ۲۰۰۱؛ ساوسا، ۲۰۱۳). برای تمایز قائل شدن بین دو رویکرد از این مفهوم در فلسفه و آنچه که در هوش مصنوعی در زبان انگلیسی مطرح می‌شود، گارینو و گیارتا^۶ (۱۹۹۵) پیشنهاد کردند که از معادل انگلیسی واژه با حرف اول بزرگ برای رویکرد ادراکات فلسفی و با حرف کوچک برای مفهوم این واژه در بافت دنیای محاسباتی و هوش مصنوعی استفاده شود. آلمییدا و باربوزا^۷ (۲۰۰۹) رویکرد اولی را هستی‌شناسی طبیعی^۸ و رویکرد دوم را هستی‌نگاری معرفت‌شناختی^۹ می‌نامند. هستی‌شناسی در فلسفه، توصیفی از دنیای حقیقی آن‌گونه که هست

¹ logical theory

² Database Management Systems (DBMS)

³ Corcho; Fernández-López

⁴ Guarino

⁵ logical semantics

⁶ Guarino & Giarretta

⁷ Almeida & Barbosa

⁸ Real Ontology (R-ontology)

⁹ Epistemological Ontology (E-ontology)

می‌باشد در حالی که هستی‌نگاری محاسباتی دنیا را آن‌گونه که باید باشد توصیف می‌کند (کابیلان^۱، ۲۰۰۷). نگارندگان حاضر در هم‌رأیی با این استنباط از سوی پژوهشگران مختلف (از جمله حری، ۱۳۹۱؛ گارینو و گیارتا، ۱۹۹۵ و غیره) علی‌رغم آگاهی از اینکه معادل پسوند واژه در فارسی باید "شناسی" باشد، تعمداً از پسوند "نگاری" برای این مفهوم در عرصه هوش مصنوعی استفاده می‌کنند، چرا که به نظر می‌رسد این مصنوع استفاده شده در بافت فناوری اطلاعات و علوم محاسباتی بیشتر تلاش دارد تا نگاهی از موجودیت‌ها ارائه دهد.

تعریف هستی‌نگاری از منظرهای مختلف

تعاریف مختلفی با رویکردها و انتظارات مختلف از هستی‌نگاری ارائه شده است. مفهوم هستی‌نگاری به مرور زمان تعاریف جامع و کامل‌تری از سوی اندیشمندان را به خود اختصاص داده است. در ادامه به برخی از تعاریف به صورت خلاصه و تا حد امکان جامع پرداخته می‌شود.

الکساندر و همکاران وی (۱۹۸۶) هستی‌نگاری را یک مجموعه از اشیاء انتزاعی، روابط و تبدیل‌هایی^۲ توصیف کردند که موجودیت‌های شناختی و طبیعی لازم برای انجام چند وظیفه را بازنمون می‌کند. از دیدگاه آنان، در عمل، هستی‌نگاری عبارت است از یک تاکسونومی از مفاهیم مرتبط شده که در آن از روابط «نوعی از^۳»، «جزء و کل^۴» و «ویژگی - مقدار^۵» استفاده می‌شود. هستی‌نگاری‌هایی از این قبیل را می‌توان با افزودن انواع دیگر روابط و قوانین افزوده یا محدودیت‌هایی که اصول موضوعی^۶ نامیده می‌شوند تقویت کرد.

در سال ۱۹۹۳ ویلینگا و شرایبر^۷ هستی‌نگاری را نظریه‌ای تلقی کردند که به این می‌پردازد که چه موجودیت‌هایی می‌توانند در ذهن یک عامل دانشمند^۸ وجود داشته باشند. در همان سال گروبر^۱ با در نظر

¹ Kabilan

² Transformations

³ IS-A

⁴ part-whole

⁵ Attribute-Value

⁶ Axioms

⁷ Wielinga & Schreiber

⁸ Knowledgeable

----- بررسی توان تکنیکی فناوری‌های

گرفتن هستی‌نگاری به عنوان زیرشاخه‌ای از علم کامپیوتر تعریف پراستناد خود را ارائه داد. در نظر وی هستی‌نگاری "تشخیصی"^۱ واضح از مفهوم‌سازی^۲ به مثابه یک مدل مفهومی است. بنابراین هستی‌نگاری درک مشترکی از حوزه‌ای خاص است که اغلب به صورت مجموعه‌ای از رده‌ها، روابط، توابع، اصول موضوعی و مثال‌ها پنداشته می‌شود. به دلیل کلی بودن این تعریف احتمال برداشت و تفاسیر مختلفی از مفهوم‌سازی وجود داشت. در سال ۱۹۹۵ گارینو و گیارتا بر اهمیت رده‌بندی اصطلاح‌شناختی^۳ تأکید کردند تا از فهم اشتباه هستی‌نگاری به عنوان چارچوبی مفهومی در سطح دانش و مصنوع در سطح نشانه^۴ (استفاده شده برای هدفی خاص) پرهیز شود. با کمی تعدیل در تعریف گروبر از هستی‌نگاری، بروست^۵ (۱۹۹۷) هستی‌نگاری را "تشخیصی رسمی از ادراک مشترک" بیان کرد. وان هیجست^۶ و همکاران او (۱۹۹۷) هستی‌نگاری را تشخیصی واضح در سطح دانش از مفهوم‌سازی می‌دانند که شاید متأثر از حوزه خاص یا وظیفه مورد هدف باشد.

استادر^۷ و همکاران او در سال ۱۹۹۸ با ترکیب دو تعریف بروست و گروبر به تعریفی اخص از هستی‌نگاری دست یافته‌اند که به نظر می‌آید امروزه بیشتر از تعریفهای دیگر مورد قبول قرار گرفته و پراستناد است (کورچو، فرناندز- لویز و گومز- پرز، ۲۰۰۷). آنان هستی‌نگاری را "تشخیص رسمی و واضح از ادراک اشتراکی" تعریف کردند. منظور از مفاهیم اصلی مندرج در این تعریف به شرح زیر است: رسمی^۸: هستی‌نگاری باید توسط ماشین و سیستم‌های هوش مصنوعی قابل خواندن و پردازش باشد. این ابزار باید به طور یکجا قابلیت تعامل بین انسان و انسان، انسان با ماشین و ماشین با ماشین را فراهم کند. بنابراین هستی‌نگاری باید در یک زبان رسمی تعریف شود.

واضح^۹: منظور این است که انواع مفاهیم مورد استفاده در هستی‌نگاری و محدودیت‌های استفاده از آن‌ها به شکلی روشن بیان و تعریف شده باشد.

¹ Gruber

² Specification

³ Terminological classification

⁴ Symbol level

⁵ Borst

⁶ Van Heijst

⁷ Studer

⁸ Formal

⁹ Explicit

تشخیص^۱: به معنی تشخیص‌های نوشته شده از علم نحو در زبان است. هدف از این تشخیص رسیدن به معیارهایی خاص مانند گزاره‌های مستقل از کاربرد، دقیق، بدون ابهام، سازگار و کامل است. بنابراین در این قالب، این ابزار ارتباطی باید به گونه‌ای ارائه شود که کاربران بتوانند دانش را با روش‌های مورد توافق به اشتراک بگذارند.

اشتراکی^۲: هستی‌نگاری باید دانش مورد توافقی را اخذ کند که توسط اجتماع پذیرفته شده است. ادراک^۳: منظور از این واژه، ایجاد مدلی انتزاعی از پدیده‌های دنیا از طریق داشتن مفاهیم مرتبط توصیف‌کننده آن پدیده‌ها برای اشتراک و استفاده دوباره است تا این پدیده‌ها را در قالب موجودیت‌ها بازنمایی کند. مفهوم‌سازی مبتنی بر اشیاء، مفاهیم و دیگر موجودیت‌هایی است که در حال حاضر در حوزه مربوط وجود دارند (ساوسا، ۲۰۱۳؛ آسوشه و دیگران، ۱۳۹۰).

برنرز-لی، هندلر^۴ و لاسیلا (۲۰۰۱) معتقدند که برای پژوهشگران عرصه هوش مصنوعی و وب، هستی‌نگاری، سند یا فایلی است که به طور رسمی روابط بین اصطلاحات را تعریف می‌کند. انواع مختلفی از هستی‌نگاری برای وب در واقع یک تاکسونومی و مجموعه‌ای از قوانین استنتاج است.

هستی‌نگاری به زبان ریاضی اینگونه تعریف می‌شود: $O=(C,R,A,DT,\leq,root)$

عناصر موجود در رابطه بالا به شرح زیر می‌باشند:

C مجموعه مفاهیم موجود در هستی‌نگاری است. هر مفهوم، یکتا و منحصر به فرد بوده و بازتاب آن چیزی است که در جهان واقعیت وجود دارد.

R نماد مجموعه روابط موجود در هستی‌نگاری است.

A مجموعه ویژگی‌های هر کدام از مفاهیم است.

DT مجموعه انواع داده‌های ممکن در هستی‌نگاری است.

این اجزا در یک سلسله‌مراتب یا طبقه‌بندی قرار می‌گیرند که با علامت \leq نشان داده می‌شود. در این

سلسله‌مراتب عنصر ریشه‌ای مفاهیم موجود با $root$ نشان داده می‌شود (آسوشه و دیگران، ۱۳۹۰).

1 Specifications

2 Shared

3 Conceptualizations

4 Berners-Lee, Hendler

----- بررسی توان تکنیکی فناوری‌های

چاندراسکران، جوزفسون و بنجامینز^۱ (۱۹۹۹، ص ۲۰) برداشت دیگری از هستی‌نگاری دارند. آنان هستی‌نگاری را "نظریه‌های مربوط به محتوای انواع اشیاء و روابط بین اشیاء محتمل در حوزه مشخصی از دانش" می‌دانند. بنابراین، از دید آنان هستی‌نگاری اصطلاحات بالقوه برای توصیف دانش در مورد یک حوزه را ارائه می‌دهد.

ترکیبی از توصیف واضح و رسمی از مفاهیم یک حوزه مورد بحث^۲ (رده‌ها یا همان مفاهیم)، به همراه ویژگی‌های هر مفهومی که توصیفگر خواص و صفات مختلف مفاهیم باشد (روزنه‌ها^۳ یا نقش^۴ یا ویژگی‌ها) و محدودیت‌های روزنه (چهریزه و یا محدودیت نقش^۵) نیز تعریفی از هستی‌نگاری بیان شده است. در ادامه در رابطه با این عناصر توضیحاتی ارائه خواهد شد. با در نظر گرفتن این شرایط، با ترکیب هستی‌نگاری با نمونه‌های منحصر به فرد، پایگاه دانش^۶ ایجاد می‌شود (نوی و مک‌گینس^۷، ۲۰۰۱).

میچچ^۸ (۲۰۰۲) هستی‌نگاری را شامل رده‌ها، روابط و اصول موضوعی می‌داند در حالی که هم‌زمان این مصنوع به موجودیت‌های نحوی منسوب به چند مفهوم و روابط (هم نویسه‌ها) اجازه حضور می‌دهد. همچنین هستی‌نگاری به مفاهیم و روابط آن‌ها طی موجودیت‌های نحوی گوناگون (مترادف) اشاره دارد.

آسوشه و همکاران وی (۱۳۹۰) هستی‌نگاری را در رابطه با فناوری اطلاعات یک مدل داده‌ای برای بیان روابط بین مفاهیم می‌دانند که هدف آن کسب دانش مورد توافق عمومی است. در نهایت در تعریف ارائه شده توسط ساوسا (۲۰۱۳) هستی‌نگاری، "نوع خاصی از شیء یا مصنوع اطلاعاتی به زبان رسمی قابل پردازش توسط ماشین" تعریف شده است. وی معتقد است که روش ساخت هستی‌نگاری شامل رده‌ها، روابط و مثال‌های آن‌ها می‌باشد که همگی نقش صریح و روشنی در مفهوم‌سازی و ادراک بازی می‌کنند. اهمیت و ضرورت توجه به هستی‌نگاری

ایجاد هستی‌نگاری از این جهت مورد استقبال است که هدف از آن ارائه درک رایج و مشترکی از یک حوزه مطرح بین افراد و نظام‌های کاربردی است. همچنین، داشتن هستی‌نگاری از این جهت ضروری

¹ Chandrasekaran, Josephson, & Benjamins

² Domain of discourse

³ Slots

⁴ Role

⁵ Role restrictions

⁶ Knowledge Base

⁷ Noy & McGuinness

⁸ Mäedche

است که امروزه مقدار داده‌ها و خدماتی که ما هر روز با آن‌ها در ارتباط هستیم فراتر از میزان توانایی موجود در ابزارها و فنون سنتی برای مهار آن‌ها است (هپ و دیگران، ۲۰۰۷). ارزش واقعی هستی‌نگاری‌ها در این است که ما را در مقابل حجم بالای اطلاعات ناهمگون توانمند می‌سازد.

ابزارهای سنتی مانند سرعنوان‌های موضوعی، طرح‌های رده‌بندی و اصطلاح‌نامه‌ها اگرچه امروزه حتی با ظاهری الکترونیکی طراحی شده‌اند ولی بیشتر با محیط‌های سنتی و چاپی سازگارند و در برخورد با محیط جدید الکترونیکی محدودیت عملکردی دارند. مثلاً در مقایسه هستی‌نگاری با اصطلاح‌نامه، هستی‌نگاری روابط غنی‌تر و دقیق‌تری بین مفاهیم ایجاد می‌کند (صنعت‌جو و فتحیان، ۱۳۹۰) و این منجر به مفهوم‌سازی بیشتر، و درک آسان‌تر می‌شود. هستی‌نگاری به مثابه پایگاه دانش مفهومی در قلمروهای مختلفی کاربرد دارد: از جمله، مدیریت معنایی محتوا، توسعه شبکه‌های وب معنایی، بهینه‌سازی نتایج موتور جستجو، تجارت الکترونیکی، پردازش زبان طبیعی، مهندسی دانش، میانکنش‌پذیری و انعطاف‌پذیری بالا برای تبادل اطلاعات بین نظام‌های اطلاعاتی، مدیریت معنایی دانش، ذخیره و بازیابی اطلاعات، نظام‌های اطلاعات جغرافیایی، و کتابخانه‌های دیجیتالی و غیره (گومز - پرز، ۱۹۹۹؛ دینگ و فو، ۲۰۰۲؛ شمس‌فرد و عبداله‌زاده بارفروش، ۱۳۸۱؛ فتحیان، ۱۳۹۱).

هستی‌نگاری‌ها نقشی اساسی در توانمند کردن دسترسی مبتنی بر محتوا، تعامل‌پذیری ارتباطات و از لحاظ کیفی فراهم کردن سطح جدیدی از خدمات در نسل نوظهور وب معنایی دارند. آن‌ها از این جهت که نظریه‌های مشترک و متداول حوزه را یکجا جمع می‌کنند و همچون فراداده‌ای برای بازنمون صریح معناشناختی داده‌ها به شیوه قابل پردازش عمل می‌کنند، در بستر وب معنایی قابل استفاده هستند. علاوه بر این، همانطور که دینگ و فو (۲۰۰۲) ذکر می‌کنند، بر اساس معناشناسی حاصل از هستی‌نگاری می‌توان کاربردهای استدلالی را عملیاتی کرد و در نتیجه از معناشناسی برای فراهم کردن شکل‌های مختلف خدمات استفاده کرد مانند کنترل سازگاری معنی مفاهیم در بافت، استدلال استقرایی^۱، پاسخ‌دهی به درخواست^۲ و غیره. همچنین، قماشچی (۱۳۹۰) از جمله فواید هستی‌نگاری در یک نظام را این‌گونه بر می‌شمارد: بازیابی اطلاعات مناسب از مدارک، یکپارچه‌سازی اطلاعات (به دست آمده از یا موجود در) منابع مختلف، حصول اطمینان از اطلاعات منسجم و درست، آفرینش مجموعه‌هایی از مدل‌هایی با قابلیت استفاده

¹ Subsumption reasoning

² Query

و مبادله مجدد، و تولید دانش افزوده از حقایق موجود.

عناصر موجود در هستی‌نگاری

به دلیل رسمی‌سازی‌های گوناگونی که در بازنمایی دانش (و به تبع آن ابزارها، زبان‌ها و رویکردهای مختلف) در هستی‌نگاری وجود دارند، برای هستی‌نگاری اجزای مختلفی معرفی شده‌اند که در زیر مطرح می‌شوند ولی آنچه مسلم است همه هستی‌نگاری‌ها حداقل چهار جزء اول نام برده شده زیر را دارند:

مفهوم^۱: طبق استاندارد بین‌المللی ایزو ۱-۲۵۹۶۴ ارائه شده از سوی مؤسسه استاندارد بریتانیا (۱۳۹۱) مفهوم، واحد اندیشه است. مفاهیم اغلب به شیوه‌های گوناگونی بیان می‌شوند. آن‌ها به شکل موجودیت‌هایی مجرد و مستقل از اصطلاحاتی که برای بیانشان به کار می‌روند در ذهن حضور دارند. این مفاهیم معانی خاص و منحصر به فردی را بیان می‌کنند که طیف آن از نمودهای ساده تا نمودهای پیچیده تغییر می‌کند. مفاهیم می‌توانند انتزاعی یا عینی، بسیط یا مرکب، واقعی یا تخیلی باشند. مفهوم برای توصیف کار، تابع، عمل، فرایند پردازش و غیره قابل استفاده است (کورچو و گومز-پرز، ۲۰۰۰). آسچولد و کینگ^۲ (۱۹۹۵) در زمینه هستی‌نگاری مفهوم را به طور گسترده شامل هر شیء، علامت یا ایده می‌دانند. مفهوم به شکل ماهیتی واحد در تعدادی پدیده‌های جداگانه قابل شناسایی است که به عنوان ابزاری در برقراری ارتباط استفاده می‌شود (حسینی بهشتی، ۱۳۹۲). در یک جمله می‌توان گفت مفهوم جزء اصلی هستی‌نگاری است که نقش بلوک‌های سازنده آن را دارد.

رده‌ها: رده‌ها مرکز توجه اغلب هستی‌نگاری‌ها هستند و برای نمایش مفاهیم به صورت گروهی به کار می‌روند. مفاهیمی که دارای ویژگی‌های مشترکی هستند با هم یک رده را تشکیل می‌دهند. در برخی از متون تخصصی با تفاوت در فرایند رسمی‌سازی از رده‌ها با اسم‌هایی همچون مجموعه‌ها، کلاس، مفاهیم و مدخل‌ها نیز نام برده شده است. هر کلاس یا رده می‌تواند از زیررده‌هایی تشکیل شود. زیررده‌ها نسبت به رده‌های بالایی (فراکلاس یا فرارده) خود در برگیرنده مفاهیم خاصی هستند. زیرمجموعه‌های یک فراکلاس از کلاس یا همان رده تشکیل شده است. یک رده باید تمام مفاهیم زیرمجموعه را پوشش دهد.

نمونه‌ها^۳: عناصر، اشیاء و مثال‌های منحصر به فرد موجود در رده‌ها نمونه یا افراد^۴ نامیده می‌شوند. ولی کورچو و گومز-پرز (۲۰۰۰) تمایزی بین آن‌ها قائل شده‌اند. از منظر آن‌ها نمونه‌ها عناصری از مفاهیم

¹ Concept

² King

³ Instances

⁴ Individuals

موجود را نشان می‌دهند. در واقع نمونه‌ها مصداق عینی و عضو رده‌ها هستند و چهریزه^۱ رابطه‌ای است که بین این عناصر برقرار است. مجموع مثال‌ها و چهریزه‌ها که تشکیل رده نمی‌دهند، افراد نام دارند. با توجه به این امر آنان، اظهارات ارائه شده از یک واقعیت توسط مثال را ادعا^۲ می‌نامند.

روابط^۳: پیوستگی منطقی و یا ماهیتی مفاهیم با یکدیگر را رابطه می‌نامند. در یک قلمرو رابطه بیانگر ارتباط مفاهیم با یکدیگر است. به زبان رسمی رابطه به عنوان هر زیرمجموعه‌ای از مجموع مجموعه‌های n تایی تعریف می‌شود که در آن R زیرمجموعه حاصل از ضرب C_1 تا C_n است. هستی‌نگاری‌ها معمولاً دارای روابط دودویی هستند (کورچو، فرناندز-لوپز و گومز-پرز، ۲۰۰۷). انواع مختلفی از روابط در هستی‌نگاری قابل شناسایی و تعریف است؛ مانند «رابطه نوعی از»، «رابطه تضاد^۴» و غیره. روابط می‌توانند متقارن^۵، گذرا^۶، یا تابعی^۷ باشند. به کمک انواع روابط امکان استدلال و استنتاج در نظام ممکن می‌شود (صنعت‌جو و فتحیان، ۱۳۹۰).

اصول موضوعی: مدل‌سازی قوانین و جملاتی که همواره در هستی‌نگاری صادق هستند، اصول موضوعی نامیده شده است. اصول موضوعی معمولاً برای بازنمایی دانشی که امکان تعریف آن به زبان رسمی توسط دیگر اجزا وجود ندارد استفاده می‌شود. این اصول برای استنتاج دانش جدید، بررسی سازگاری هستی‌نگاری با اهداف به کارگیری آن، و همچنین سازگاری دانش موجود در پایگاه دانش با واقعیت استفاده می‌شود (کورچو، فرناندز-لوپز و گومز-پرز، ۲۰۰۷).

ویژگی‌ها^۸: ویژگی‌ها، صفات و خواص رده‌ها و نمونه‌ها را توصیف می‌کنند. در ادبیات موضوعی مختلف مرتبط با هستی‌نگاری از واژه ویژگی‌ها با نام‌های روزنه‌ها، نقش، یا صفات هم استفاده شده است.

محدودیت نقش یا چهریزه‌ها: ویژگی‌ها ابعاد مختلفی را می‌توانند به خود اختصاص دهند که

¹ Facets

² Claims

³ Relationships

⁴ Disjoint relationship

⁵ Symmetric

⁶ Transitive

⁷ Functional

⁸ Properties

----- بررسی توان تکنیکی فناوری‌های

توصیف‌کننده نوع مقادیر، مقادیر ممکن، تعداد مقادیر (کاردینالیته^۱) و دیگر ابعاد هستند. مثلاً ویژگی «سال نشر» برای مفهوم «مشخصات نشر» به صورت عددی است. بنابراین «سال» یک ویژگی با نوع مقدار عددی است و نمی‌تواند مقدار حرفی داشته باشد. کاردینالیته و نوع ارزش (شامل رشته‌ای، عددی، روزنه بولی، روزنه شمارشی و غیره) از چهره‌های رایج برای ویژگی‌ها هستند.

نتیجه‌گیری

با توجه به مطالب بالا، پس از دهه ۹۰ میلادی که هستی‌نگاری از فلسفه به استعاره گرفته شد، مباحث مختلف آن مورد پژوهش بوده است. از آن زمان به بعد هستی‌نگاری به عنوان رویکرد جدید مهندسی دانش در عرصه هوش مصنوعی اهمیت یافته است. این ابزار برای اشتراک دانش و بازنمایی آن مطرح و به کار گرفته می‌شود. از زمانی که نیاز به داشتن چنین ابزاری ثابت شد، دانشمندان و خبرگان در عرصه‌های مختلف برای طراحی چنین مصنوعی اقدام کردند. طی ۲۵ سال گذشته مدل‌ها، زبان‌ها، روش‌شناسی‌ها و انواع مختلف هستی‌نگاری در سطوح و حوزه‌های مختلف ارائه شده است. مطالعات در زمینه هستی‌نگاری رو به افزایش است، اما اغلب مطالعات قبلی معطوف به ساخت هستی‌نگاری بوده است؛ اما اکنون پژوهش‌ها نشان می‌دهد با توجه به اهمیت استفاده از قابلیت‌های هوش مصنوعی، حضور هستی‌نگاری در نظام‌های هوشمند و استنتاجی ضروری است.

به طور کلی، با طراحی و به‌کارگیری یک هستی‌نگاری در نظام‌های دانش‌بنیان می‌توان در رفع ایرادهای موجود در سطح معنایی برخی زمینه‌ها اقدام کرد. تهیه و تدوین هستی‌نگاری با روابط معنایی دقیق برای حوزه‌های مختلف موضوعی جهت بهبود نظام‌های بازیابی و فرایندهای خودکار استدلال ماشینی، طراحی نظام‌های هوشمند و مهندسی دانش هر حوزه لازم بوده و از اهمیت برخوردار است. این مرحله پیش‌درآمد راه‌اندازی سامانه‌های هوشمند معنایی است و به عنوان یک لایه از لایه‌های وب معنایی و محصولات هوش مصنوعی ضروری می‌باشد.

امروزه گسترش و قانونمندسازی وب معنایی یکی از کارهای بزرگ و درعین حال، چالش‌های بشر عصر حاضر است. واضح است که برای ایجاد وب معنایی روابط بین حوزه‌های مختلف موضوعی و نیز انبوه منابع موجود در این حوزه‌ها از ضرورت‌های اولیه است. لیکن، دسترسی هوشمند به محتوای الکترونیکی در راستای اهداف و مزایای وب معنایی به آسانی میسر و ممکن نخواهد بود مگر با طراحی یک هستی‌نگاری مربوط به آن.

¹ Cardinality

منابع

- آسوشه، ع. و دیگران (۱۳۹۰). هستان‌نگاری: روش‌شناسی‌ها، ابزارها و زبان‌های توسعه. تهران: دانشگاه تربیت مدرس، مرکز نشر آثار علمی
- حری، ع. (۱۳۹۱). اصطلاح‌نامه و هستی‌نگاشت. کتاب ماه کلیات، ۱۳(۲): ۳-۲
- حسینی بهشتی، م. (۱۳۹۲). ساختواره، اصطلاح‌شناسی و مهندسی دانش. تهران: پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران؛ چاپار.
- شمس‌فرد، م.؛ عبداله‌زاده بارفروش، ا. (۱۳۸۱). استخراج دانش مفهومی از متن با استفاده از الگوهای زبانی و معنایی. تازه‌های علوم شناختی، ۴(۱): ۴۸-۶۶.
- صنعت‌جو، ا.؛ فتحیان، ا. (۱۳۹۰). مقایسه کارآمدی اصطلاح‌نامه و هستی‌شناسی در بازنمون دانش (طراحی و ساخت نمونه هستی‌شناسی اصفهان). پژوهشنامه کتابداری و اطلاع‌رسانی، ۱۱(۱): ۲۱۹-۲۴۰.
- عمان، آی.؛ فاندالاکتی، بی. (۱۹۹۹). اجماع هستی‌شناسی و اصطلاح‌نامه برای ساخت طرح‌های آر دی اف. ترجمه زهرا دهرسرای. ۱۳۹۱. کتاب ماه کلیات، ۱۶(۲): ۵۶-۷۱.
- فتحیان، ا. (۱۳۹۱). نگاهی نو به طراحی کتابخانه‌های دیجیتال: کاربرد هستی‌شناسی در طراحی کتابخانه‌های دیجیتال معنایی. فصلنامه کتابداری و اطلاع‌رسانی، ۱۵(۴): ۱۱۹-۱۳۹.
- قماشچی، ف. (۱۳۹۰). مدیریت دانش پلیسی با رویکرد هستی‌شناسی. فصلنامه نظم و امنیت انتظامی، ۴(۱): ۸۳-۱۱۶.
- مؤسسه استاندارد بریتانیا (۱۳۹۱). استاندارد بین‌المللی ایزو ۱-۲۵۹۶۴ اطلاعات و مستندسازی- اصطلاحنامه‌ها و تعامل‌پذیری آن‌ها با واژگان دیگر: بخش اول: اصطلاح‌نامه‌های بازیابی اطلاعات. تهران: پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران.

References

- Alexander, J. H., Freiling, M. J., Shulman, S., Staley, J., Rehfuss, S., & Messick, S. (1986). Knowledge Level Engineering Ontological Analysis. In AAI-86 Proceedings of the 5th National Conference on Artificial Intelligence, Los Altos: Morgan Kaufmann Publishers Philadelphia: 963-968. Retrieved: 10.02.2016. from <http://www.aai.org/Papers/AAAI/1986/AAAI86-159.pdf>
- Almeida, M. B., & Barbosa, R. R. (2009). Ontologies in knowledge management support: a case study. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 60(10), 2032-2047.
- Berners-Lee, T., Hendler, J., & Lassila, O. (2001). The semantic web. Scientific American, 284(5), 28-37.

- Borst, W. N. (1997). Construction of engineering ontologies for knowledge sharing and reuse. Universiteit Twente, Enschede. Retrieved: 23.01.2016. from <http://doc.utwente.nl/17864/1/t0000004.pdf>
- Chandrasekaran, B., Josephson, J. R., & Benjamins, V. R. (1999). What are ontologies, and why do we need them?. *IEEE Intelligent systems*, 14(1), 20-26.
- Corcho, O., & Gómez-Pérez, A. (2000, October). A roadmap to ontology specification languages. In *12th International Conference in Knowledge Engineering and Knowledge Management (EKAW'00) Methods, Models, and Tools* (pp. 80-96). Berlin Heidelberg: Springer, Retrieved: 05.02.2016. from http://oa.upm.es/2639/2/CORCHO_PON_2000_01A.pdf
- Corcho, O.; Fernández-López, M. and Gómez-Pérez, A. (2007). Ontology engineering: what are ontologies and how can we build them, in Cardoso, J. (Ed.). *Semantic Web: Theory, Tools and Applications*, Information Science Reference, London, 44–70.
- Ding, Y., & Foo, S. (2002). Ontology research and development. Part 1- a review of ontology generation. *Journal of Information Science*, 28 (2), 123-136.
- Doerr, M., Hunter, J., & Lagoze, C. (2006). Towards a core ontology for information integration. *Journal of Digital information*, 4(1). Retrieved: 05.08.2015. from <https://journals.tdl.org/jodi/index.php/jodi/article/viewFile/92/91>
- Gómez-Pérez, A. (1999). Ontological engineering: A state of the art. *Expert Update: Knowledge Based Systems and Applied Artificial Intelligence*, 2(3), 33-43.
- Gruber, T. R. (1993). A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge Acquisition*, 5(2), 199-220.
- Gruninger, M., & Lee, J. (2002). Ontology Applications and Design. *Communications of the ACM*, 45(2), 39–41.
- Guarino, N. (1997). Understanding, building and using ontologies. *International Journal of Human-Computer Studies*, 46(2), 293-310.
- Guarino, N., & Giaretta, P. (1995). Ontologies and knowledge bases towards a terminological clarification. *Towards very large knowledge bases: knowledge building & knowledge sharing*, 25-32
- Hepp, M., De Leenheer, P., de Moor, A., & Sure, Y. (2007). *Ontology management: semantic web, semantic web services, and business applications* (Vol. 7). Berlin: Springer Science & Business Media
- Kabilan, V. (2007) *Ontology for Information Systems (O4IS) Design Methodology: Conceptualizing, Designing and Representing Domain Ontologies*. Doctoral thesis, The Royal Institute of Technology School of Information and Communication Technology, Department of Computer and Systems Sciences, October 2007.

-
- Khoo, C. S. G., & Na, J.C. (2006). Semantic relations in information science. *Annual Review of Information Science and Technology*, 40(1), 157-228.
- Lassila, O., & McGuinness, D. (2001). The role of frame-based representation on the semantic web. *Linking Electronic Articles in Computer and Information Science*, 6(5). Retrieved: 07.12.2015. form <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.125.4297&rep=rep1&type=pdf>
- Mäedche, A. (2002). *Ontology learning for the Semantic Web*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Merriam-Webster (2015) Definition of ontology. Webster's third new international dictionary. Retrieved: 10.05.2015.form <http://www.merriam-webster.com/dictionary/ontology>
- Merrill, G. H. (2011) Ontology, ontologies, and science. *Humanities, Social Sciences of Human-Computer Studies*, vol. 46, 293-310.
- Noy, N. F., & McGuinness, D. L. (2001). *Ontology development 101: A guide to creating your first ontology*. Retrieved: 10.05.2015 from http://protege.stanford.edu/publications/ontology_development/ontology101.html
- Sawsaa, A. (2013) *A Generic Model of Ontology to Visualize Information Science Domain (OIS)*. Doctoral thesis, University of Huddersfield.
- Sowa, J. F. (1984). *Conceptual structures: information processing in mind and machine*. Boston: Reading, Mass: Addison-Wesley
- Studer, R., Benjamins, V. R., & Fensel, D. (1998). Knowledge engineering: Principles and methods. *Data & Knowledge Engineering*, 25(1), 161-197.
- Uschold, M., & King, M. (1995). *Towards a methodology for building ontologies*. Edinburgh: Artificial Intelligence Applications Institute, University of Edinburgh.
- Van Heijst, G., Schreiber, A. T., & Wielinga, B. J. (1997). Using explicit ontologies in KBS development. *International Journal of Human-Computer Studies*, 46(2), 183-292.
- Wielinga, B. J., & Schreiber, A. T. (1993, December). Reusable and sharable knowledge bases: a European perspective. In *Proceedings of the First International Conference on Building and Sharing of Very Large-Scaled Knowledge Bases*, Tokyo: Japan Information Processing Development Center.