

بررسی روش‌های ارزیابی هستی‌شناسی

سعیده خلیلیان

دانشجوی دکتری، گروه علم اطلاعات و دانش‌شناسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.

تاریخ دریافت: (۱۷-۰۶-۱۳۹۸) تاریخ پذیرش مقاله: (۱۴-۰۴-۱۳۹۹)

A Survey on Ontology Evaluation Methods

Saeedeh khalilian

Ph.D Candidate, Department of Knowledge and Information Science, University of Isfahan, Isfahan, Iran.

Received: (2019/09/08) Accepted: (2020/07/04)

Abstract

Purpose: Valuating ontologies (especially defining what constitutes a “good” or “better” ontology) is therefore of central importance for the Semantic Web community.

The purpose of this paper is to discuss the ontology evaluation criteria, approaches and also to categorize them based on their relationship.

Methodology: The present study is an analytical review and library method was used to collect data.

Finding: Ontologies nowadays have become widely used for knowledge representation, and are considered as foundation for Semantic Web. However, with their wide spread usage, a question of their evaluation increased even more. This paper addresses the issue of finding an efficient ontology evaluation method by presenting the existing ontology evaluation techniques, while discussing their advantages and drawbacks. The presented ontology evaluation techniques can be grouped into four categories: gold standard-based, corpus-based, and task-based and criteria-based approaches. Also, Ontology evaluation is concerned with ascertain two important aspects of ontologies: quality and correctness. Chief among the outputs of this survey is the gap analysis on the topic of ontology evaluation.

Discussion: Ontology evaluation is an emerging field that has a number of methodologies in existence. The importance of ontology evaluation is evident in the role the play in the semantic web. Generally, ontology evaluation can be defined as the process of deciding on the quality of an ontology in respect to a particular criterion with the view of determining which in a collection of ontologies would best suit a particular purpose. Despite much theoretical and conceptual works on ontology evaluation, there is still no consensus on ontology evaluation and it can be said that there is no method for evaluating ontology which is best or preferred. Instead, choosing the appropriate approach Depending on our purpose of evaluation, the application that the ontology is created for and what aspect of ontology we want to use and since ontology evaluation is a new and very important topic, especially for the semantic web, more research is needed and it is better to use it when used.

Keywords: Ontology, Evaluation Approaches, Ontology Evaluation Criteria.

چکیده

هدف: ارزیابی هستی‌شناسی (خصوصاً تعیین آنچه هستی‌شناسی “خوب” یا “بهتر” را تشکیل می‌دهد) برای جامعه معنایی از اهمیت اساسی برخوردار است. هدف این مقاله بررسی معیارهای ارزیابی هستی‌شناسی و همچنین مقوله‌بندی این معیارها است.

روش‌شناسی: پژوهش حاضر مروری-تحلیلی است و به منظور جمع‌آوری اطلاعات از روش کتابخانه‌ای استفاده شد.

یافته‌ها: هستی‌شناسی امروزه به‌طور گسترده‌ای برای نمایش دانش استفاده می‌شود و به‌عنوان پایه‌ای برای وب معنایی در نظر گرفته می‌شود. اما با استفاده گسترده از آن‌ها نیاز به وجود معیارهایی برای ارزیابی آن است. روش‌های ارزشیابی هستی‌شناسی ارائه شده را می‌توان به چهار دسته تقسیم کرد: رویکردهای مبتنی بر استاندارد طلایی، مبتنی بر بافت، مبتنی بر وظیفه و مبتنی بر معیار. و مهم‌ترین نتیجه در این تحقیق شناخت وجود شکاف در موضوع ارزیابی هستی‌شناسی است.

بحث و نتیجه‌گیری: علیرغم کارهای نظری و مفهومی زیادی در زمینه ارزیابی هستی‌شناسی، هنوز درباره ارزیابی هستی‌شناسی اجماع حاصل نشده است و می‌توان گفت که هیچ روشی برای ارزیابی هستی‌شناسی که بهترین یا مرجع باشد، وجود ندارد. در عوض، انتخاب رویکرد مناسب بستگی به هدف ما از ارزیابی، کاربردی که هستی‌شناسی برای آن ایجاد شده و اینکه از چه جنبه‌ای از هستی‌شناسی می‌خواهیم استفاده کنیم دارد و چون ارزیابی هستی‌شناسی مقوله جدید و بسیار مهمی به خصوص برای وب معنایی است لازم است پژوهش‌های بیشتری انجام شود و بهتر است که ارزیابی در هنگام کاربرد و عمل انجام شود.

واژه‌های کلیدی

هستی‌شناسی، رویکردهای ارزشیابی هستی‌شناسی، معیارهای ارزیابی هستی‌شناسی.



A Survey on Ontology Evaluation Methods

Saeedeh khalilian

*Corresponding author: Ph.D Candidate, Department of Knowledge and Information Science, University of Isfahan, Isfahan, Iran. E-mail: skhalilian71@edu.ui.ac.ir

Abstract

Purpose: Valuating ontologies (especially defining what constitutes a “good” or “better” ontology) is therefore of central importance for the Semantic Web community.

The purpose of this paper is to discuss the ontology evaluation criteria, approaches and also to categorize them based on their relationship.

Methodology: The present study is an analytical review and library method was used to collect data.

Finding: Ontologies nowadays have become widely used for knowledge representation, and are considered as foundation for Semantic Web. However, with their wide spread usage, a question of their evaluation increased even more. This paper addresses the issue of finding an efficient ontology evaluation method by presenting the existing ontology evaluation techniques, while discussing their advantages and drawbacks. The presented ontology evaluation techniques can be grouped into four categories: gold standard-based, corpus-based, and task-based and criteria-based approaches. Also, Ontology evaluation is concerned with ascertain two important aspects of ontologies: quality and correctness. Chief among the outputs of this survey is the gap analysis on the topic of ontology evaluation.

Discussion: Ontology evaluation is an emerging field that has a number of methodologies in existence. The importance of ontology evaluation is evident in the role the play in the semantic web. Generally, ontology evaluation can be defined as the process of deciding on the quality of an ontology in respect to a particular criterion with the view of determining which in a collection of ontologies would best suit a particular purpose Despite much theoretical and conceptual works on ontology evaluation, there is still no consensus on ontology evaluation and it can be said that there is no method for evaluating ontology which is best or preferred. Instead, choosing the appropriate approach Depending on our purpose of evaluation, the application that the ontology is created for and what aspect of ontology we want to use and since ontology evaluation is a new and very important topic, especially for the semantic web, more research is needed and it is better to use it when used.

Keywords: Ontology, Evaluation Approaches, Ontology Evaluation Criteria.

Citation: khalilian, S. (2019). A Survey on Ontology Evaluation Methods. *Knowledge and Information Management*, 6(2), 25-34. (in Persian)

(DOI): 10.30473/mrs.2020.48615.1402

Received: (2017/05/02)

Accepted: (2019/05/29)



بررسی روش‌های ارزیابی هستی‌شناسی

سعیده خلیلیان

*نویسنده مسئول: دانشجوی دکتری، گروه علم اطلاعات و دانش‌شناسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.

E-mail: skhalilian71@edu.ui.ac.ir

چکیده

هدف: ارزیابی هستی‌شناسی (خصوصاً تعیین آنچه هستی‌شناسی "خوب" یا "بهتر" را تشکیل می‌دهد) برای جامعه معنایی از اهمیت اساسی برخوردار است. هدف این مقاله بررسی معیارهای ارزیابی هستی‌شناسی و همچنین مقوله‌بندی این معیارها است.

روش‌شناسی: پژوهش حاضر مروری-تحلیلی است و به منظور جمع‌آوری اطلاعات از روش کتابخانه‌ای استفاده شد.

یافته‌ها: هستی‌شناسی امروزه به‌طور گسترده‌ای برای نمایش دانش استفاده می‌شود و به‌عنوان پایه‌ای برای وب معنایی در نظر گرفته می‌شود. اما با استفاده گسترده از آن‌ها نیاز به وجود معیارهایی برای ارزیابی آن است. روش‌های ارزشیابی هستی‌شناسی ارائه شده را می‌توان به چهار دسته تقسیم کرد: رویکردهای مبتنی بر استاندارد طلایی، مبتنی بر بافت، مبتنی بر وظیفه و مبتنی بر معیار و مهم‌ترین نتیجه در این پژوهش شناخت وجود شکاف در موضوع ارزیابی هستی‌شناسی است.

بحث و نتیجه‌گیری: علی‌رغم کارهای نظری و مفهومی زیادی در زمینه ارزیابی هستی‌شناسی، هنوز درباره ارزیابی هستی‌شناسی اجماع حاصل نشده است و می‌توان گفت که هیچ روشی برای ارزیابی هستی‌شناسی وجود ندارد که بهترین یا مرجح باشد. در عوض، انتخاب رویکرد مناسب بستگی به هدف ما از ارزیابی، کاربردی که هستی‌شناسی برای آن ایجاد شده و اینکه از چه جنبه‌ای از هستی‌شناسی می‌خواهیم استفاده کنیم دارد و چون ارزیابی هستی‌شناسی مقوله جدید و بسیار مهمی به خصوص برای وب معنایی است لازم است پژوهش‌های بیشتری انجام شود و بهتر است که ارزیابی در هنگام کاربرد و عمل انجام شود.

واژه‌های کلیدی: هستی‌شناسی، رویکردهای ارزیابی هستی‌شناسی، معیارهای ارزیابی هستی‌شناسی.

استناد: خلیلیان، سعیده (۱۳۹۸). بررسی روش‌های ارزیابی هستی‌شناسی. مدیریت اطلاعات و دانش‌شناسی، ۶(۲)، ۲۵-۳۴.

(DOI): 10.30473/MRS.2020.48615.1402

تاریخ دریافت: (۱۳۹۶/۰۲/۱۲)

تاریخ پذیرش: (۱۳۹۸/۰۳/۰۸)

مقدمه

از مدت‌ها پیش شبکه جهانی وب به ابزاری ضروری برای تهیه و جستجوی اطلاعات تبدیل شده است اما با این حال جستجو در وب به شکل فعلی آن، معمولاً تعداد زیادی از جواب‌های نامربوط را ارائه می‌دهد و برخی از جواب‌های مربوط را نادیده می‌گیرد. دلیل اصلی نتایج ناخواسته این است که عمدتاً منابع موجود در وب قابل فهم برای انسان هستند. بنابراین، به‌وضوح می‌توان ضرورت گسترش وب را درک کرد و آن را به یک شبکه داده تبدیل کرد که توسط ماشین‌ها قابل پردازش و تجزیه و تحلیل باشند (راد و کروز، ۲۰۱۵). وب معنایی، گسترش یافته وب کنونی است و از طریق استانداردهای تعریف شده و همچنین حاشیه‌نویسی صفحات وب با اطلاعات مربوط به محتویات آن‌ها، اطمینان حاصل خواهد کرد که ماشین‌ها و کاربران انسانی با یک زبان مشترک ارتباط برقرار می‌کنند. حاشیه‌نویسی‌ها به برخی از زبان‌های استاندارد ارائه شده و از اصطلاحات خاصی استفاده می‌کنند. بنابراین، فرد برای ارائه توضیحی در مورد این اصطلاحات نیاز به استفاده از هستی‌شناسی دارد. هستی‌شناسی فناوری‌های بنیادی وب معنایی هستند و به‌عنوان ستون فقرات آن محسوب می‌شوند. هستی‌شناسی معنای رسمی اصطلاحات مورد استفاده برای توصیف داده‌ها و روابط بین این اصطلاحات را تعریف می‌کند. درواقع، آن‌ها "مشخصات صریح یک مفهوم‌سازی" را ارائه می‌دهند (گروبر، ۱۹۹۵).

هستی‌شناسی‌ها امروزه به‌سرعت در حال رشدند، زیرا آن‌ها اکنون به‌عنوان پایگاه دانش اصلی برای چندین سرویس معنایی مانند بازیابی اطلاعات، پیشنهاد، پاسخ به سؤال و خدمات تصمیم‌گیری در نظر گرفته می‌شوند. پایگاه دانش، فناوری است که برای ذخیره اطلاعات پیچیده در سیستم رایانه مورد استفاده قرار می‌گیرد. پایگاه دانش برای ماشین‌ها معادل سطح دانش برای انسان است. تصمیم یک انسان نه‌تنها تحت تأثیر تفکر هر شخص (که استدلال ماشین‌ها است)، بلکه تحت تأثیر دانش او (پایگاه دانش برای ماشین‌ها) قرار می‌گیرد. به‌عنوان مثال، بین دو اصطلاح "فروشنده" و "جدایی نادر از سیمین" به‌هیچ‌وجه برای یک فرد خاص رابطه وجود ندارد. اما شخص دیگری آن‌ها را با هم مرتبط می‌داند زیرا این اصطلاحات هر دو عنوان فیلم هستند. علاوه بر این، یک فرد دنبال‌کننده فیلم این دو اصطلاح را مرتبط می‌داند، زیرا آن‌ها نه‌تنها عناوین فیلم هستند، بلکه این فیلم‌ها دارای نویسنده و کارگردان مشترک هستند. ما می‌توانیم تأثیر و اهمیت پایه دانش (سطح دانش برای انسان) را در هر تصمیم

مشاهده کنیم. بنابراین، می‌توان گفت که داشتن یک هستی‌شناسی "خوب" به‌طور گسترده در موفقیت چندین سرویس معنایی و برنامه‌های مختلف مدیریت دانش کمک‌کننده است (راد و کروز، ۲۰۱۵). هستی‌شناسی ابزارهای مورد نیاز برای غلبه بر موانع در هنگام ادغام داده‌ها، دانش از مجموعه داده‌های ناهمگن و تسهیل کشف دانش در عصر داده‌های بزرگ را فراهم می‌کند (امیت و همکاران، ۲۰۱۸).

در این مقاله، ما به مطالعه روش‌های ارزیابی هستی‌شناسی و ویژگی آن‌ها و بررسی اینکه تا چه اندازه می‌توان از روش‌های موجود در چارچوب هستی‌شناسی استفاده کرد، می‌پردازیم.

معیارهای ارزیابی هستی‌شناسی

هستی‌شناسی دانش مربوط به یک حوزه خاص را نشان می‌دهد. بیشتر هستی‌شناسی‌ها حاوی واژه‌هایی هستند که مفاهیم یک حوزه خاص را به‌عنوان کلاس‌ها نشان می‌دهد که در آن افراد به‌عنوان نمونه مفاهیم، ویژگی‌ها به‌عنوان اشیاء و کلاس‌ها و ارتباط بین کلاس‌ها به‌عنوان روابط در نظر گرفته می‌شود. هستی‌شناسی در فناوری‌های خدمات وب معنایی برای توصیف معانی خدمات به کار می‌رود (مکلیراث، سون و زنگ، ۲۰۰۱).

زمانی که داده‌ها با چنین توصیف‌های معنایی قابل خواندن برای ماشین ثبت و منتشر می‌شوند، می‌توان آن‌ها را با توجه به معانی آن‌ها و به صورت پویا جستجو کرد. بنابراین، هستی‌شناسی‌ها نقش اساسی را در خدمات وب معنایی ایفا می‌کنند. با توجه به میزان انتزاع جهان گفتمان، مدل‌های هستی‌شناسی را می‌توان در انواع مختلفی طبقه‌بندی کرد. به گفته گوارینو^۵ (۱۹۹۸) چهار نوع هستی‌شناسی وجود دارد:

هستی‌شناسی سطح بالا: که در آن‌ها مفاهیم بسیار کلی مانند فضا، زمان، عشق، خوشبختی و غیره را توصیف می‌کنند که مستقل از یک مسئله یا حوزه خاص هستند.

هستی‌شناسی دامنه و وظایف: آن‌ها حوزه‌های عمومی، مانند پزشکی، اتومبیل، زیست‌شناسی یا یک کار یا فعالیت عمومی، مانند تشخیص (برای دارو) و فروش (برای اتومبیل) را توصیف می‌کنند. این هستی‌شناسی‌ها، واژه‌های معرفی شده در هستی‌شناسی‌های سطح بالا را اختصاصی می‌کنند.

هستی‌شناسی کاربردی: آن‌ها مفاهیم را بسته به یک حوزه و وظیفه خاص توصیف می‌کنند که غالباً تخصص‌های هر دو هستی‌شناسی ذکر شده مربوط به آن هستند.

3. Amith & et al.
4. McIlraith, Son & Zeng
5. Guarino

1. Raad & Cruz
2. Gruber

• **وضوح^{۱۲}**: چگونگی ارتباط معنی‌دار بودن اصطلاحات تعریف شده را با هم مقایسه می‌کند. تعاریف باید عینی و مستقل از متن باشند.

• **کارایی محاسباتی^{۱۳}**: معیاری است که توانایی ابزارهای مورد استفاده برای کار با هستی‌شناسی، به‌ویژه سرعت مورد نیاز استدلال‌ها برای انجام کارهای مورد نیاز را اندازه‌گیری می‌کند.

• **پایداری^{۱۴}**: معیاری است که توصیف می‌کند، هستی‌شناسی هیچ تضادی را شامل نمی‌شود.

ارزیابی هستی‌شناسی یک مسئله مهم در زمینه پشتیبانی از هستی‌شناسی و وب معنایی است. به‌طور کلی ارزیابی هستی‌شناسی می‌تواند به‌عنوان یک فرایند تصمیم‌گیری در مورد کیفیت یک هستی‌شناسی در رابطه با معیاری خاص با توجه به تعیین اینکه کدام یک از مجموعه‌های هستی‌شناسی به بهترین وجه با یک هدف خاص مناسب است تعریف شود. گومز-پرز و همکاران بیان داشت که ارزیابی هستی‌شناسی دو مفهوم را در بر دارد؛ تأیید و اعتبار سنجی و همچنین بیان کردند تأیید هستی‌شناسی مربوط به درست ساخته شدن هستی‌شناسی است، در حالی که اعتبارسنجی هستی‌شناسی مربوط به ساخت هستی‌شناسی صحیح است (وراندیسیج، ۲۰۰۹). این که آیا یک هستی‌شناسی به‌خوبی ساخته شده است، تأثیر بسزایی در دقت توصیف معنایی یک وب‌سرویس، پیچیدگی تعریف معنایی، کارایی پردازش پیام‌های منتقل شده بین سرویس‌ها، و میزان دقت و بازیابی از خدمات ثبت شده را دارد (راد و کروز، ۲۰۱۵).

ارزیابی هستی‌شناسی مبتنی بر اقدامات و بررسی مجموعه از معیارها است. افراد مختلف در طی مطالعات مختلف روش‌هایی را برای ارزیابی هستی‌شناسی‌ها ارائه داده‌اند که در ایران در حوزه علم اطلاعات و دانش‌شناسی تنها یک مطالعه وجود دارد که توسط اکرم فتحیان (۱۳۹۰) انجام شده که در این پژوهش به بررسی معیارها، رویکردها و سطوح ارزیابی هستی‌شناسی پرداخت شده است اما در خارج از ایران پژوهش‌های بسیاری ارائه شده است و در این پژوهش به برخی از آن‌ها پرداخته می‌شود.

گروبر (۱۹۹۵) مجموعه‌ای از معیارها را برای راهنمایی توسعه هستی‌شناسی ارائه داد.

اطلاعات ارائه شده توسط هستی‌شناسی می‌تواند بسیار ذهنی باشد، به این دلیل است که هستی‌شناسی به‌شدت به سطح دانش یا به منابع اطلاعاتی بستگی دارد (داکن و همکاران، ۲۰۰۷).

با تمام مزایای که هستی‌شناسی‌ها می‌تواند برای وب معنایی داشته باشد اما می‌تواند موجب مشکلات جدیدی شوند. برای مثال یک هستی‌شناسی، می‌تواند هزاران مفهوم داشته باشند. بنابراین، ایجاد این هستی‌شناسی‌ها می‌تواند بسیار دشوار باشد و به‌طور معمول نیاز به تیمی از متخصصان برای نگهداری و استفاده مجدد از آن‌ها وجود دارد. مشکل دیگر ناشی از هستی‌شناسی‌های بزرگ، پردازش آن‌ها است. هستی‌شناسی‌های بزرگ معمولاً مشکلات جدی در مقیاس‌پذیری و افزایش پیچیدگی استدلال‌ها دارند و مهم‌ترین چالش هستی‌شناسی‌های بزرگ اعتبار آن‌هاست. از آنجا که هستی‌شناسی‌ها به‌عنوان مدل‌های مرجع در نظر گرفته می‌شوند، باید ارزیابی آن‌ها را با توجه به دو معیار مهم **کیفیت و صحت** تضمین کرد (هلومانی و استیسی، ۲۰۱۴). این دو معیار چندین معیار را تحت پوشش خود دارد: (وراندیسیج، ۲۰۰۹؛ ابرست و همکاران، ۲۰۰۹؛ گنگمی و همکاران، ۲۰۰۵؛ گومز-پرز، ۲۰۰۴؛ راد و کروز، ۲۰۱۵؛ گروبر، ۱۹۹۵).

• **دقت^۸**: معیاری است که تعیین می‌کند که آیا تعاریف، توصیف طبقات، خصوصیات و افراد موجود در یک هستی‌شناسی صحیح است یا خیر.

• **تمامیت^۹**: معیاری است که اگر دامنه مورد نظر به‌درستی در هستی‌شناسی پوشانده شود را اندازه‌گیری می‌کند.

• **اختصار^{۱۰}**: معیاری است که عناصر بی‌ربط را با توجه به دامنه تحت پوشش هستی‌شناسی تعیین می‌کند.

• **سازگاری^{۱۱}**: معیاری است که میزان کاربرد پیش‌بینی شده برای هستی‌شناسی را اندازه‌گیری می‌کند. هستی‌شناسی باید پایه و اساس مفهومی را برای طیف وسیعی از کارهای پیش‌بینی شده ارائه دهد.

1. D'Aquin & et al.
2. Hlomani & Stacey
3. Vrandecic
4. Obrst et al.
5. Raad and Cruz
6. Gómez-Pérez
7. Gruber
8. Accuracy
9. Completeness
10. Conciseness
11. Adaptability

12. Clarity

13. Computational efficiency

14. Consistency

جدول ۱. معیارهای کیفیت ارائه شده توسط توماس گروبر

معیارهای کیفیت	توضیحات
وضوح	یک هستی‌شناسی باید به‌طور مؤثر معنای اصطلاحات موردنظر را تعریف کند و به‌طور کامل بین آن‌ها ارتباط برقرار کند. تعریف باید عینی و مستقل از زمینه‌های اجتماعی یا محاسباتی باشد.
انسجام	باید منسجم باشد و استنتاج‌هایی که مطابق با تعاریف هستند را تأیید کند و منطقاً با حداقل بدیهیات تعیین‌کننده سازگار باشند. انسجام همچنین باید در مورد مفاهیمی که به‌طور غیررسمی تعریف می‌شوند، مانند مواردی که در مستندات زبان طبیعی و مثال‌ها توضیح داده می‌شود، اعمال شود.
گسترش‌پذیری	آنتولوژی طراحی شده باید استفاده از واژگان اشتراکی را پیش‌بینی کند. این مجموعه می‌تواند پایه و اساس مفهومی را برای طیف وسیعی از وظایف پیش‌بینی شده ارائه دهد و باید به‌گونه‌ای ساخته شود که فرد بتواند هستی‌شناسی را به صورت یکنواخت گسترش دهد.
حداقل سوگیری در کدگذاری	مفهوم‌سازی باید بدون در نظر گرفتن کدگذاری در سطح نماد و یا در سطح دانش خاص مشخص شود. نتایج سوگیری رمزگذاری شده وقتی ایجاد می‌شود که انتخاب مفهوم صرفاً برای سهولت در نشانه‌گذاری یا اجرا انجام شود.
حداقل تعهد هستی‌شناسی	هستی‌شناسی باید به حداقل تعهد هستی‌شناختی کافی برای حمایت از فعالیت‌های به اشتراک‌گذاری دانش در نظر گرفته شده نیاز داشته باشد، هستی‌شناسی باید تا حد ممکن در مورد جهان مدل‌سازی شده مدعی باشد و به طرفین متعهد به آزادی هستی‌شناسی اجازه دهد که تخصص و نمونه‌شناسی را در صورت لزوم انجام دهند.

گومز پرز (۲۰۰۱) اظهار داشت که فرایند ارزشیابی باید مشخص کند هستی‌شناسی چه چیزی را درست تعریف می‌کند، چه چیزی را تعریف نمی‌کند و چه چیزی را نادرست تعریف می‌کند. همچنین او مجموعه‌ای از معیارها را برای ارزیابی هستی‌شناسی تعیین می‌کند، همان‌طور که در جدول ۲ توضیح داده شده است.

جدول ۲. معیارهای کیفیت ارائه شده توسط گومز پرز

معیارهای کیفیت	توضیحات
سازگار بودن	سازگاری به این مسئله مربوط می‌شود که آیا می‌توان نتیجه‌گیری متناقض را از تعاریف ورودی معتبر بدست آورد. یک تعریف معین اگر و فقط اگر با تعریف شخصی سازگار باشد و هیچ جمله متناقضی را از دیگر تعاریف و اصول بدست نیاورد، سازگار است.
کامل بودن	ناقص بودن یک مشکل اساسی در هستی‌شناسی هاست، حتی بیشتر وقت‌هایی که هستی‌شناسی در چنین فضای باز مانند وب معنایی وجود داشته باشد. ناقص بودن یک هستی‌شناسی موجب استنباطات ناقص می‌شود.
مختصر بودن	یک هستی‌شناسی زمانی مختصر است: (الف) اگر هیچ‌گونه توصیف غیر ضروری یا بی‌فایده را در خود جای ندهد؛ (ب) اگر افزونگی‌های صریح بین تعاریف اصطلاحات وجود نداشته باشد؛ (ج) در صورت عدم امکان اضافه شدن از تعاریف و اصول دیگر استنباط شود.
قابلیت بسط‌پذیری داشتن	این معیار به تلاش مورد نیاز برای افزودن تعاریف‌های جدید و دانش بیشتر به هستی‌شناسی موجود بدون تغییر مجموعه ویژگی‌های تعریف شده از قبل اشاره دارد.
حساسیت داشتن	این معیار مربوط به چگونگی تغییرات کوچک در تعریف مجموعه‌ای از ویژگی‌های تعریف شده از قبل تعیین شده می‌باشد.

استفاده در نظر گرفت. در جدول ۳ جزئیات معیارها (مربوط به ابعاد) و توضیحات آن‌ها آورده شده است.

گنگمی (۲۰۰۶) رویکردی را برای ارزیابی و اعتبارسنجی هستی‌شناسی ارائه داد. گنگمی در کار خود ابعاد مختلفی را برای ارزیابی هستی‌شناسی مانند ساختاری، کاربردی و قابلیت

جدول ۳. معیارهای کیفیت ارائه شده توسط گنگمی

معیارهای کیفیت	توضیحات
توافق	می‌توان از طریق توافقی که متخصصان در رابطه با عناصر هستی‌شناسی دارند، یعنی با سنجش اجماع گروهی از متخصصان این معیار را اندازه‌گیری کرد.
رضایت کاربر	این معیار را می‌توان با تحقیق اختصاصی یا ارزیابی قابلیت اطمینان ارزیابی کرد.
وظیفه	این معیار را می‌توان با اندازه‌گیری یک هستی‌شناسی با توجه به متناسب بودن با برخی اهداف، پیش شرطها، پس شرطها، محدودیتها، گزینه‌ها و موارد دیگر انجام داد.
موضوع	این معیار هستی‌شناسی را با توجه به ویژگی آن برای انبار کردن دانش موجود اندازه‌گیری می‌کند.
مقیاس‌پذیری	این معیار مقیاسی را برای استفاده مجدد اجزای در مخزن فراهم می‌کند.

صحت هستی‌شناسی و کیفیت هستی‌شناسی. جدول ۵ معیارها را نشان می‌دهد.

هلومانی (۲۰۱۴) از همان معیارهای پیشنهادی نویسندگان مذکور برای تهیه طبقه‌بندی اقدامات برای ارزیابی هستی‌شناسی استفاده کرد. وی دو دیدگاه ارزشیابی ارائه داد:

جدول ۵. معیارهای ارزیابی هستی‌شناسی ارائه شده توسط هلومانی

چشم‌اندازهای ارزیابی	معیارها	مقیاس
صحت هستی‌شناسی	دقت	صحت: تعداد کل یافته‌های درست به کل دانش تعریف شده در هستی‌شناسی فراخوانی: کل یافته‌های درست به همه دانشی که باید یافت شود.
	کامل بودن	پوشش
	مختصر بودن	
کیفیت هستی‌شناسی	ثبات	شمار: تعداد اصطلاحات با معنی متناقض
	کارایی محاسباتی	اندازه
	سازگاری	اتصال: تعداد رده‌های خارجی ارجاع شده پیوستگی: تعداد ریشه، تعداد برگ، عمق متوسط درخت ارثی از گره‌های برگ
	وضوح	تعداد معانی کلمه

کاربرد هستی‌شناسی) که علاقه‌مند به ارزیابی است. ثانیاً باید به‌طور مکرر معیار هدف - سؤال^۲ را به کار ببندد. سوم، کیفیت (کیفیت جزئی یا کیفیت کلی) هستی‌شناسی را محاسبه کند.

باندیرا و همکاران (۲۰۱۷) در طی مطالعه‌ای جهت ارزیابی هستی‌شناسی از روشی تحت عنوان FOCA استفاده می‌کند. FOCA سه مرحله اصلی دارد: اولاً، ارزیاب باید نوع را مشخص کند (یعنی آنتولوژی دامنه، وظیفه هستی‌شناسی و

رویکردهای کلی ارزیابی هستی‌شناسی‌ها

بسته به اینکه چه نوع هستی‌شناسی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و با چه هدفی ارزیابی انجام می‌شود، رویکردهای مختلفی برای ارزیابی هستی‌شناسی توسط محققان ارائه شده است به‌طور کلی، بیشتر رویکردهای ارزیابی در یکی از مقوله‌های زیر قرار می‌گیرند: رویکردهای استاندارد طلا، بافت (مجموعه داده‌های موجود در منبع)، وظیفه و در آخر رویکردهای مبتنی بر معیارها (برانک، ملادنویچ و گروبلنیک،^۱ ۲۰۰۶).

الف. رویکرد مبتنی بر استاندارد طلایی^۲

رویکردهای مبتنی بر استاندارد طلا واضح‌ترین رویکرد است (اولانوف،^۳ ۲۰۱۰). این رویکرد سعی دارد که هستی‌شناسی ایجاد شده را با هستی‌شناسی که قبلاً ایجاد شده و به‌عنوان مرجع شناخته شده است، مقایسه کند. استاندارد طلا نشان‌دهنده یک نتیجه ایده‌آل از الگوریتم یادگیری است. رویکردهای استاندارد طلا در ارزیابی صحت یک هستی‌شناسی مؤثر هستند و دقت بالایی در تعریف و توضیحات صحیح کلاس‌ها، خصوصیات و افراد دارد. در واقع، در این رویکرد، هستی‌شناسی ایجاد شده را با استانداردهای تعریف شده که در این رویکرد به آن طلا گفته می‌شود مطابقت می‌دهد. علاوه‌بر این، استاندارد طلا یک هستی‌شناسی ایده‌آل از حوزه خاص را نشان می‌دهد و می‌تواند به‌طور کارآمد هستی‌شناسی ایجاد شده را ارزیابی کند و مشخص نماید که آیا هستی‌شناسی دامنه موضوعی موردنظر را به‌خوبی پوشش می‌دهد یا نه و آیا عناصر بی‌ربط در ارتباط با دامنه وجود دارد یا نه؟ (مائدچ و استاب،^۴ ۲۰۰۲؛ کیم و سام،^۵ ۲۰۱۹).

ب. رویکرد مبتنی بر بافت^۶

برای ارزیابی اینکه تا چه حد یک هستی‌شناسی به اندازه کافی دامنه مشخص را پوشش می‌دهد، از رویکردهای مبتنی بر بافت استفاده می‌شود. مفهوم این نوع رویکرد این است که بین هستی‌شناسی ایجاد شده و محتوای یک متن (که در برگیرنده تعداد زیادی از دامنه معین است) مقایسه می‌شود. مزیت این رویکرد این است که یک یا چند هستی‌شناسی با یک بافت مقایسه می‌شوند، نه اینکه یک هستی‌شناسی را با هستی‌شناسی موجود دیگر، مقایسه شود. یک رویکرد اساسی برای این روش

استفاده از استخراج خودکار اصطلاحات در بافت است که با استفاده از این روش می‌توان تعداد مفاهیمی که بین هستی‌شناسی و بافت همپوشانی دارد را شمارش کرد یا اینکه می‌توان از روش نمایه‌سازی معنایی پنهان یا خوشه‌بندی برای شناسایی کلمات کلیدی استفاده کرد که WordNet برای گسترش نمایش داده‌های خود از این روش استفاده می‌کند. این روش بیشتر برای ساخت هستی‌شناسی به صورت خودکار مورد استفاده است (راد و کرووز، ۲۰۱۵؛ بروستر، آلانی، دسماهاپاترا و ویلکس،^۷ ۲۰۰۴).

ج. رویکرد مبتنی بر وظیفه^۸

رویکردهای مبتنی بر وظیفه سعی دارد مشخص کند یک هستی‌شناسی تا چه اندازه‌ای به بهبود نتایج وظایف خاص کمک می‌کند. این نوع ارزیابی صرف‌نظر از تمام خصوصیات ساختاری، فقط عملکرد هستی‌شناسی را در انجام وظیفه‌ای خاص در نظر می‌گیرد به‌عنوان مثال، اگر شخصی برای بهبود عملکرد موتور جستجوی وب یک هستی‌شناسی طراحی کند، ممکن است چندین نمونه سؤال از نمونه‌ها را جمع‌آوری کرده و مقایسه کند که آیا نتایج جستجو در صورت استفاده از یک هستی‌شناسی خاص، دارای اسناد مرتبط است (ولتی، مهیندرو و چو کارول،^۹ ۲۰۰۳). به‌علاوه، رویکردهای مبتنی بر وظیفه بیشتر در ارزیابی سازگاری بین ابزار مورد استفاده و هستی‌شناسی و محاسبه سرعت برای انجام وظیفه موردنظر استفاده می‌شود. همچنین این نوع رویکرد می‌تواند با مطالعه عملکرد یک هستی‌شناسی در یک وظیفه مشخص، مفاهیم متناقض را تشخیص دهد (راد و کرووز، ۲۰۱۵).

د. رویکرد مبتنی بر معیار^{۱۰}

رویکردهای مبتنی بر معیارها مشخص می‌کند که تا چه اندازه یک هستی‌شناسی از معیارهای مطلوب پیروی می‌کند (همان). این نوع ارزیابی از طریق عامل انسانی انجام می‌شود (برانک، ملادنویچ و گروبلنیک،^{۱۱} ۲۰۰۶).

ارزیابی هستی‌شناسی را می‌توان برای دو هدف اصلی انجام داد: پیگیری پیشرفت هستی‌شناسی و انتخاب آنتولوژی متمایز که این دو هدف با ارزیابی فنی و ارزیابی کاربر مرتبط است.

1. Brank, Mladenec & Grobelnic
2. Gold Standard-based
3. Ulanov
4. Maedche and Staab
5. Kim and sam
6. Corpus-based

7. Brewster, Alani, Dasmahapatra & Wilks
8. Task-based
9. Welty, Mahindru, & Chu-Carroll
10. Criteria based

معیارهایی برای ارزیابی پیاده‌سازی هستی‌شناسی

معیارهایی که احتمالاً برای ارزیابی مرحله اجرای یک فرآیند توسعه هستی‌شناسی مفید است شامل:

- بهره‌وری محاسباتی: یعنی سهولت و سرعت پردازش توسط استدلالگرها (وراندیسیچ، ۲۰۰۹)؛
- سودمندی عملی: به‌عنوان مثال تعداد واژه‌های موجود برای به‌کارگیری در هنگام برخورد با چالش (نوی و هافنر، ۱۹۹۷)؛
- هماهنگی: یعنی تناسب بین هستی‌شناسی و بافت؛
- دقت: بازیابی نمونه‌های مرتبط توسط هستی‌شناسی؛
- بازیافت: تعداد نمونه‌های مرتبط بازیابی شده توسط هستی‌شناسی (کهیجس و همکارانش، ۲۰۰۸ به نقل از دگبلو^{۱۱}، ۲۰۱۷).

علاوه بر مقولات فوق در ارزیابی، ما می‌توانیم رویکردهای ارزیابی هستی‌شناسی را براساس سطح ارزیابی، ارزیابی کنیم. هستی‌شناسی یک ساختار نسبتاً پیچیده دارد و اغلب تمرکز بر ارزیابی سطوح مختلف هستی‌شناسی به‌طور جداگانه نسبت به ارزیابی مستقیم هستی‌شناسی به‌عنوان یک کل، عملی‌تر است. این امر به‌ویژه در هنگام ارزیابی خودکار کارآمدتر است. دلیل دیگر رویکرد مبتنی بر سطح این است که وقتی از تکنیک‌های یادگیری خودکار در ساخت هستی‌شناسی استفاده شده است، تکنیک‌های در نظر گرفته شده برای سطوح مختلف هستی‌شناسی متفاوت هستند. این سطوح توسط نویسندگان به صورت‌های مختلفی تعریف شده است اما تعریف‌های انجام شده دارای شباهت‌های زیادی هستند.

ارزیابی براساس سطح واژگان و داده: در اینجا تمرکز بر این است که مفاهیم، مصادیق، حقایق و غیره در هستی‌شناسی گنجانده شده‌اند و واژگان مورد استفاده برای بازنمایی یا شناسایی این مفاهیم است. ارزیابی در این سطح مستلزم مقایسه با منابع مختلف داده‌های مربوط به حوزه مسئله است و همچنین تکنیک‌هایی برای نشان دادن میزان شباهت بین کلمات است.

ارزیابی بر اساس سلسله‌مراتب یا طبقه‌بندی: یک هستی‌شناسی به‌طور معمول شامل یک سلسله‌مراتبی است که رابطه بین مفاهیم را نشان می‌دهد که رابطه بین مفاهیم معمولاً از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

ارزیابی براساس روابط معنایی: هستی‌شناسی ممکن است علاوه بر روابط سلسله‌مراتبی شامل روابط دیگری نیز باشد و این روابط ممکن است جداگانه ارزیابی شود؛ که در این سطح

- ارزیابی فنی توسط توسعه‌دهندگان هستی‌شناسی صورت می‌گیرد و هدف از آن ایجاد پیشرفت و توسعه هستی‌شناسی است مانند پژوهشی که گرانیو و ویتلی^۱ (۲۰۰۲) انجام دادند؛
- ارزیابی کاربران توسط کاربران نهایی هستی‌شناسی انجام می‌شود و هدف آن انتخاب یک هستی‌شناسی برای یک هدف معین است برای مثال پژوهشی که لوزانو-تلو^۲ و گومز-پرز (۲۰۰۴) انجام دادند و معیارهایی را برای انتخاب یک هستی‌شناسی ایجاد کردند (یو، توم و تام^۳، ۲۰۰۹).
- کهیجس و همکارانش^۴ (۲۰۰۸) مجموعه‌ای از معیارها را برای اطمینان از اعتبار سنجی هستی‌شناسی ارائه داد. در این پژوهش بین معیارهای داخلی (تراکم، متناسب بودن) که مربوط به خود هستی‌شناسی است و معیارهای خارجی (تمایز، سهولت و اثربخشی دسترسی) که مربوط به مصرف و استفاده توسط کاربران است تمایز قائل شده است.

معیارهای ارزیابی طراحی

معیارهایی که احتمالاً برای ارزیابی مرحله طراحی فرآیند توسعه هستی‌شناسی مهم هستند شامل موارد زیر است:

دقت: یعنی نشان دادن جنبه‌های واقعی دنیا به‌درستی (وراندیسیچ، ۲۰۰۹)؛

سازگاری: سهولت تغییر (وراندیسیچ، ۲۰۰۹؛ گروبر، ۱۹۹۵)؛

وضوح: ارتباط مؤثر با معنای مورد نظر اصطلاحات تعریف شده (گروبر، ۱۹۹۵)؛

کفایت شناختی:^۵ تطابق بین معنایی رسمی و شناختی (کهیجس و همکارانش، ۲۰۰۸)؛

تمامیت: پوشش مناسب دامنه مورد علاقه (وراندیسیچ، ۲۰۰۹؛ گومز-پرز، ۲۰۰۳)؛

اختصار: عدم وجود تعاریف یا اصول غیرضروری یا بی‌فایده (همان)؛

ثبات: ناتوانی در نتیجه‌گیری متناقض (۲۰۰۹؛ گروبر، ۱۹۹۵)؛

بیانگری: تعداد سؤالات که هستی‌شناسی می‌تواند به‌درستی پاسخ دهد (نوی و هافنر^۷، ۱۹۹۷؛ گرونیچر و فاکس^۸، ۱۹۹۵)؛

مبنای: تعداد فرضیاتی که تئوری اساسی فلسفی هستی‌شناسی درباره واقعیت ارائه داده است (گروبر، ۱۹۹۵؛ کوهن^{۱۰}، ۲۰۰۹).

1. Guarino & Welty
2. Lozano-Tello
3. Yu, Thom & Tam
4. Kehagias & et al.
5. Cognitive Adequacy
6. Expressiveness
7. Noy and Hafner
8. Gruninger & Fox

9. Grounding

10. Kuhn

11. Degbelo

ارزیابی تجربی پرداخته شده است که در این پژوهش به ارزیابی مقالات منتشر شده در دو مجله وب معنایی JWS و SWJ پرداخته و به نظر می‌رسد نتایج این‌گونه تحقیقات دقت بیشتری داشته باشد همچنین برای جامعه معنی‌دارتر است.

بحث و نتیجه‌گیری

ارزیابی هستی‌شناسی یک فرآیند مهم در توسعه و نگهداری از پایگاه‌های دانش هستی‌شناختی است، فرایندی که به هستی‌شناسان کمک می‌کند تا تشخیص دهند که هستی‌شناسی از کیفیت مطلوبی برخوردار است یا خیر. علی‌رغم کارهای نظری و مفهومی زیادی در زمینه ارزیابی هستی‌شناسی، هنوز درباره ارزیابی هستی‌شناسی اجماع حاصل نشده است. از میان چندین روش ممکن برای توصیف ارزیابی هستی‌شناسی به نظر می‌رسد رویکرد تجربی، ارزیابی مبتنی بر کاربرد بیشتر می‌تواند توصیف‌کننده عمل ارزیابی هستی‌شناسی در جامعه وب معنایی باشند. علاوه بر این، به نظر می‌رسد بیان و سودمندی عملی اغلب در عمل مورد استفاده قرار می‌گیرد (دگلبو، ۲۰۱۷). همچنین در بین انواع معیارهایی که توسط محققان ارائه شده بود توافق بیشتری بروی اختصار، کامل بودن و سازگاری وجود دارد و کمترین میزان توافق بروی معیارهای جامعیت، دقت است همچنین می‌توان گفت که هیچ روشی برای ارزیابی هستی‌شناسی که بهترین یا مرجح باشد، وجود ندارد. در عوض، انتخاب رویکرد مناسب بستگی به هدف ما از ارزیابی، کاربردی که هستی‌شناسی برای آن ایجاد شده و اینکه از چه جنبه‌ای از هستی‌شناسی می‌خواهیم استفاده کنیم دارد. با وجود مطالعات مختلف بروی ارزیابی هستی‌شناسی، هنوز هم نیاز به بحث و بررسی مجدد در مورد آنچه در هنگام ارزیابی هستی‌شناسی (به‌عنوان مثال معیارهای ارزیابی) و چگونگی اجرای بهتر آن (استراتژی‌های ارزیابی و بهترین شیوه‌ها) به‌شدت احساس می‌شود.

به‌طور معمول معیارهایی مانند دقت و جامعیت مورد ارزیابی قرار می‌گیرند.

ارزیابی براساس سطح بافت و کاربرد: یک هستی‌شناسی ممکن است بخشی از یک مجموعه‌ای بزرگ‌تر باشد و همچنین ممکن است برای تعاریف مختلف به هستی‌شناسی‌های دیگر ارجاع دهد و یا ممکن است از طریق هستی‌شناسی‌های دیگر مورد ارجاع قرار بگیرد. همچنین در هنگام ارزیابی باید به هدف و کاربرد آن هستی‌شناسی توجه کرد.

ارزیابی براساس سطح نحو: ارزیابی در این سطح ممکن است مورد توجه ویژه‌ای برای هستی‌شناسی‌هایی باشد که عمدتاً به صورت دستی ساخته شده‌اند. هستی‌شناسی معمولاً به یک‌زبان رسمی خاص توصیف می‌شود و باید با الزامات نحوی آن زبان مطابقت داشته باشد.

ارزیابی براساس ساختار، معماری، طراحی: این سطح در درجه اول مورد توجه هستی‌شناسی دستی است. در هنگام ساخت هستی‌شناسی باید برخی اصول یا معیارهای طراحی که از پیش تعریف شده است در نظر گرفته شوند. مهم‌ترین عواملی که باید در این سطح به آن پرداخته شود سازمان‌دهی هستی‌شناسی و مناسب بودن آن برای توسعه بیشتر است (برانک، ملادنویچ و گروبلنیک، ۲۰۰۶).

هیچ‌یک از روش‌های ذکر شده در به دست آوردن محتوای قابل‌توجهی موفقیت‌آمیز نبوده است. اگرچه هدف آن‌ها تعیین پارامترهای برای ارزیابی هستی‌شناسی است، اما برای تعیین کیفیت هستی‌شناسی معیار مشخصی ارائه نشده و همان‌طور که در مطالعه کیم و سم (۲۰۱۹) مشخص است با وجود اینکه ۵۳ مقوله را برای ارزشیابی هستی‌شناسی ارائه می‌دهد اما فاقد معیارهای خاص است و بیشتر بر دقت و جامعیت تمرکز دارد.

همچنین شاهد این هستیم که با وجود تمام کارهای نظری و مفهومی که در ارتباط با ارزیابی هستی‌شناسی شده است، ارزیابی تجربی بسیار کم مورد توجه قرار گرفته است. در پژوهش ابرست و همکارانش (۲۰۰۷) به صورت اجمالی به

منابع

- فتحیان دستگردی، اکرم (۱۳۹۰). ارزیابی هستی‌شناسی‌ها: بررسی معیارها، رویکردها و سطوح. *پردازش و مدیریت اطلاعات*. ویژه‌نامه ذخیره، *بازیابی و مدیریت اطلاعات*، ۲۵-۳.
- Amith, M., Heb, Z., Bian, J., Lossio-Ventura, J.A. & Tao, C. (2018). Assessing the practice of biomedical ontology evaluation: gaps and opportunities. *Journal of Biomedical Informatics*. 80, 1-13.
- Bandeiraa, J., Bittencourta, I. I., Espinheirab, P. & Isotanic, S. (2017). FOCA: A Methodology for Ontology Evaluation. *ArXiv preprint arXiv: 1612.03353*.

- Brank, J., Mladenic, D. & Grobelnik, M. (2006). Gold standard based ontology evaluation using instance assignment. *Paper presented at the 4th International Workshop on Evaluation of Ontologies for the Web (EON) at the 15th International World Wide Web Conference*, available at: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.71.3681&rep=rep1&type=pdf>.
- Brewster, C., Alani, H., Dasmahapatra, S. & Wilks, Y. (2004). Data driven ontology evaluation. *Paper presented at International Conference on Language Resources and Evaluation*. available at: www.cbrewster.com/papers/BrewsterLREC.pdf
- d'Aquin, M., Baldassarre, C., Gridinoc, L., Angeletou, S., Sabou, M. & Motta, E. (2007). *Characterizing knowledge on the semantic web with Watson*. Busan, Korea. 1-10.
- Degbelo, A. (2017). A Snapshot of Ontology Evaluation Criteria and Strategies. *In Proceedings of Semantics*, Amsterdam, Netherlands, September 11-14, 8.
- Fathian Dastgerdi, A. (2012). Ontology Evaluation: Consideration of Criteria, Approaches and Layers. *Information processing management*, special issue: on Information Storage, retrieval nrj
- Gómez-Pérez, A. (1994). *Some ideas and examples to evaluate ontologies*. Knowledge Systems Laboratory, Stanford University.
- Gómez-Pérez, A. (2001). Evaluation of ontologies. *International Journal of intelligent systems*, 16(3), 391-409.
- Gómez-Pérez, A. (2003). Ontology evaluation. In Handbook on ontologies (1sted.), S Staab and R Studer (Eds.). *Springer Berlin Heidelberg*, 251-273.
- Gangemi, A. (2006). Modelling ontology evaluation and validation. *Springer Berlin Heidelberg*, 140-154.
- Gangemi, A., Catenacci, C., Ciarmita, M., & Lehmann, J. (2006). Modelling ontology evaluation and validation. In *The Semantic Web: Research and Applications, 3rd European Semantic Web Conference (ESWC 2006)*. Springer, Budva, Montenegro, 140-154.
- Gruber, T. (1995). Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing. *International Journal of Human-Computer Studies* 43(5-6), 907- 928.
- Gruninger, M. & Fox, M.S. (1995). Methodology for the design and evaluation of ontologies. In *Proceedings of the IJCAI Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing*. Montreal, Quebec, Canada
- Guarino, N. (1998). Formal ontology in information systems: *Proceedings of the first international conference (FOIS'98)*, June 6-8, Trento, Italy, 46, IOS press.
- Guarino, N. and Welty, C. (2002). Evaluating ontological decisions with OntoClean. *Commun. ACM*, 45(2), 61-65
- Hlomani, H. (2014). Approaches, methods, metrics, measures, and subjectivity in ontology evaluation: A survey. *Semantic Web Journal*, 1, 1-5.
- Kehagias, D. D., Papadimitriou, I., Hois, J., Tzovaras, D., & Bateman, J. (2008). A methodological approach for ontology evaluation and refinement. *In The 2nd International Conference of ASK-IT*. Nuremberg, Germany.
- Kim, s., & Sam, G. O. (2019). *Extracting and applying evaluation criteria for ontology quality assessment*. Library Hi Tech ahead-of-print (ahead-of-print).
- Kuhn, W. (2009) Semantic engineering. In *Research Trends in Geographic Information Science*, G Navratil (Ed.). *Springer Berlin Heidelberg*, 63-76.
- Lozano-Tello, A., & Gómez-Pérez, A. (2004). Onto metric: a method to choose the appropriate ontology. *Journal of Database Management* 2(15), 1-18.
- Maedche, A., & Staab, S. (2002). Measuring similarity between ontologies. In *Knowledge engineering and knowledge management: Ontologies and the semantic web*. *Springer Berlin Heidelberg*, 251-263.
- McIlraith, S. A., Son, T. C. & Zeng, H. (2001). Semantic web services. *IEEE Intelligent Systems*, 16, (2), 46-53.
- Noy, N.F and Hafner, C.D. (1997). The state of the art in ontology design: a survey and comparative review. *AI Magazine* 18, (3), 53.
- Obrst, L., Ceusters, W., Mani, I., Ray, S., and Smith, B. (2007). The evaluation of ontologies. In *Semantic Web - Revolutionizing Knowledge Discovery in the Life Sciences*, CB a kerand K Cheung (Eds.). *Springer*, 139-158.

- Raad, J., & Cruz, C. (2015). A survey on ontology evaluation methods, in Proc. of the 7th International Joint Conference on Knowledge Discovery, *Knowledge Engineering and Knowledge Management (IC3K2015)*, 179-186.
- Ulanov, A., Shevlyakov, G., Lyubomishchenko, N., Mehra, P., & Polutin, V. (2010). Monte Carlo Study of Taxonomy Evaluation. In *Database and Expert Systems Applications (DEXA)*, Workshop on IEEE, 164-168
- Vrandečić, D. (2009). Ontology evaluation. In *Handbook on ontologies (2nd ed.)*, S. Staab and R. Studer (Eds.). Springer Berlin Heidelberg, 293–313.
- Welty, C. A., Mahindru, R., & Chu-Carroll, J. (2003). Evaluating ontological analysis. In *Semantic Integration Workshop*, 92.
- Yu, J., Thom, J. A., & Tam, A. (2009). Requirements-oriented methodology for evaluating ontologies. *Information Systems*, 34(8), 766-791.

