Archive of SID

پژوهش‌های محیط‌زیست، سال ۲، شماره ۳، بهار و تابستان ۱۳۹۰، از صفحه ۹۷ تا ۱۰۷

کاربرد هستی‌شناسی برای تبیین دانش اکولوژیک مورد نیاز در برنامه‌ریزی حفاظت از اکوسیستم‌های بیابانی ایران

رضا چلبیانلو*[۱]، مجید مخدوم[۲]، احمد رضا یاوری[۳]، حمید رضا جعفری[۴]

۱ دانشجوی دکترای برنامه‌ریزی محیط‌زیست؛ دانشکده محیط‌زیست؛ دانشگاه تهران
۲ استاد دانشکده منابع‌طبیعی، دانشگاه تهران
۳ دانشیار دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران
۴ دانشیار دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۲/۱۲؛ تاریخ تصویب: ۱۳۹۰/۳/۱۷)

چکیده

داده‌های اکولوژیک و مدل‌های کاربردی از اکوسیستم‌ها پایه و اساس برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری برای مدیریت اکوسیستم‌ها بوده و در نبود و یا کمبود چنین دانشی و با دراختیار داشتن دانش محدود، ناهمگون و پراکنده از اکوسیستم‌ها نمی‌توان انتظار داشت تا روش‌های مدیریتی و نظارتی از کارایی کافی برخوردار باشند. با پیچیده شدن فرایند ارزیابی، گرایش به بهره‌گیری از ابزارهای نرم‌افزاری و سخت‌افزاری مبتنی بر کامپیوتر نیز افزایش می‌یابد و در صورت استفاده از سیستم‌های خبره، دانش حاصل از استدلال‌های انجام شده توسط متخصصان به‌دلیل ضمنی بودن آن‌ها و نامشخص بودن محتوای اطلاعاتی و ساختار، اجزا و روابط آن‌ها، برای سیستم‌های پیشرفته قابل تفسیر نیست. استفاده از هستی‌شناسی در طول سال‌های اخیر در بسط مدل‌های ساختاری اکوسیستم‌ها و استخراج، تفسیر اتوماتیک و ادغام مدل‌ها و داده‌ها برای درک تغییرات در رفتارهای اکوسیستم‌ها مورد توجه قرار گرفته است. استفاده از این روش، امکان استنتاج اتوماتیک رفتارهای اکوسیستم‌ها را با استفاده از دانش کیفی از فرایندهای اکوسیستم‌ها با حداقل نیاز به داده‌های کمی فراهم می‌کند. به‌دلیل فقدان و یا کمبود داده‌های اکولوژیک از فرایندهای اکولوژیک، امکان تحلیل تغییرات در کارکرد و پیش‌بینی رفتار اکوسیستم‌ها در ایران بسیار محدود شده‌است. این مقاله در راستای معرفی و نمایش کاربرد رویکرد هستی‌شناختی به ارزیابی و تبیین مفاهیم و روابط مربوط به سیستم‌های اکولوژیکی در چارچوب فرایند برنامه‌ریزی محیط‌زیست برای حفاظت از اکوسیستم‌های نواحی بیابانی ایران می‌باشد.

کلید واژه‌ها: هستی‌شناسی، دانش اکولوژیک، اکوسیستم‌های بیابانی، مدل معنایی داده‌ها، Protégé

* نویسنده مسئول: Email: reza.chalabianlou@gmail.com

www.SId.ir

Archive of SID

سرآغاز

طرح مسأله

از جمله مباحث مهمی که پرداختن به آن برای یک برنامه‌ریزی و مدیریت بهره‌برداری پایدار از خدمات منابع زیستی در سطح اکوسیستمی الزامی می‌باشد، اتخاذ رویکردها، روش‌ها، مدل‌ها و ابزارهایی برای درک و شناخت پیچیدگی‌ها، روابط و نظام سلسله مراتبی و ارزیابی پویایی ساختار، فرایندها و پیش‌بینی تغییرات در کارکردهای اکوسیستم‌ها برای مدیریت حفاظت از منابع ارزشمند اکولوژیک است که به‌عنوان پشتوانه‌های سیستم‌های حیات عمل می‌نمایند (Joergensen, 2006; Seidewitz, 2003). برای نیل به این هدف، مدل‌سازی اکوسیستم‌ها با هدف ساده‌سازی پیچیدگی‌های نهفته و ذاتی در این سیستم‌ها از طریق استخراج مناسب‌ترین داده‌ها برای کشف الگوهای ساختاری و روابط فرایندی با توجه به کارکردهای مورد انتظار از اکوسیستم‌ها انجام می‌شود. در شاخه ارزیابی اکوسیستم‌ها، مدل‌سازی اکولوژیکی را می توان به نوعی فرایند تبدیل اطلاعات حاصل از بررسی‌های تجربی به سطحی از دانش دانست که این دانش در حد معینی معرف و بیانگر الگوها و فرایندهای مؤثر بر رفتارهای اکوسیستم می‌باشد. عوامل متعددی از جمله ناهمگونی و چند مقیاسه بودن داده‌های اکولوژیک، پیچیدگی‌های مربوط به سیستم‌های اکولوژیکی و کاربرد رویکردهای مختلف و در برخی موارد متناقض در بسط مدل‌های اکوسیستمی، موجب ناهمسانی و ناپیوستگی در نتایج حاصل از کاربرد مدل‌ها و درنتیجه افزایش عدم قطعیت نسبت به صحت وروایی نتایج می‌گردد. از طرف دیگر، تحلیل سیستم‌های اکولوژیک با هدف درک ساختار و عملکرد سیستم‌های اکولوژیک و نتیجه‌گیری از خروجی‌های مدل‌ها اساسا توسط متخصصانی صورت می‌پذیرد که مبنای استدلال[۱] آن‌ها فرایندهای شناختی[۲] و منطق استقرایی[۳] و یا استنتاجی[۴] برای سنتز اطلاعات و تبدیل آن به دانش است (Herrick et al, 2006). افزون بر آن پیچیده شدن فرایند ارزیابی گرایش به بهره‌گیری از ابزار نرم‌افزاری و سخت‌افزاری مبتنی بر کامپیوتر را افزایش داده‌است. در صورت استفاده از سیستم‌های خبره[۵]، دانش حاصل ازاستدلال‌های انجام شده توسط متخصصان به‌دلیل ضمنی و غیرثبوتی بودن[۶] آن‌ها و نامشخص بودن محتوای اطلاعاتی و ساختار، اجزا و روابط آن‌ها، برای سیستم‌های خبره قابل تفسیر نیست. براین اساس، ساماندهی به چارچوب‌ها و الگوهای معرفت‌شناختی برای مدیریت و نمایش دانش و مدل‌سازی با کاربرد داده‌ها و اطلاعات متناسب برای تصمیم‌گیری در زمینه چگونگی توسعه فعالیت‌های انسانی در فضای سرزمین، کاربرد منابع اکوسیستمی و حفاظت از آن‌ها ضرورت خواهد داشت. این مقاله، در راستای معرفی و نمایش کاربرد چنین رویکردی، به ارزیابی و تبیین مفاهیم و روابط مربوط به سیستم‌های اکولوژیکی در چارچوب فرایند برنامه‌ریزی محیط‌زیست می باشد.

مروری بر کاربرد هستی‌شناسی در تبیین اطلاعات و دانش اکولوژیکی و بیولوژیکی

بررسی روند پژوهش‌های مربوط به اکولوژی اکوسیستم‌ها در ایران نشانگر کمبود و یا حتی در بسیاری از موارد نبود مجموعه‌ای از پایگاه دانش تخصصی مربوط به ویژگی‌ها، ساختار و به‌ویژه عملکرد اکوسیستم‌های بیابانی می باشد. با توجه به قرار گیری فلات ایران در کمربند نواحی خشک و نیمه‌خشک (بر اساس گزارش ملی تنوع‌زیستی در سال ۲۰۱۰ میلادی، حدود ۸۵ درصد مساحت کشور در نواحی آب‌وهوایی خشک و نیمه‌خشک گسترش یافته‌است) و گستره بیوم‌های بیابانی در ناحیه فیتوجغرافیایی ایرانو- تورانی ایران (که حدود ۲۰ درصد مساحت کشور را پوشش می‌دهد) و نیز با در نظر گرفتن ضرورت مدیریت و پایش زیستگاه‌های طبیعی در این نواحی در این مقاله سعی گردیده است، خلاصه‌ای از چگونگی کاربرد روش‌ها و ابزارهای نمایش دانش در مدیریت اطلاعات و دانش اکوسیستم‌های بیابانی ایران تشریح گردد. به‌دلیل فقدان و یا کمبود داده‌های اکولوژیک از فرایندهای اکولوژیک، امکان تحلیل تغییرات در کارکرد و پیش‌بینی رفتار اکوسیستم‌ها محدود شده‌است. در این ارتباط بایستی به این نکته توجه شود که تولید داده‌ها و مدل‌های اکولوژیک از اکوسیستم‌ها و زیستگاه‌های ایران با توجه به تنوع طبیعی و توزیع و گستره جغرافیایی این زیستگاه‌ها دربیوم‌های ایران عملا در کوتاه‌مدت امکان‌پذیر نبوده و حتی در صوت امکان نیز به‌دلیل نبود پروتکل‌ها و استانداردهای مشترک برای تولید، کنترل صحت، ذخیره، بازیابی و به اشتراک‌گذاری داده‌های اکولوژیک حاصله تناسب لازم برای انجام تحلیل‌های آماری و بسط مدل‌های

www.SId.ir

Archive of SID

شبیه‌سازی را نداشته و در عمل ممکن است به تولید حجم بزرگی از داده‌های غیرکاربردی منتهی شود. بر این اساس، برای ساماندهی به فرایند تولید داده‌های اکولوژیکی و ایجاد پروتکل‌های مناسب برای ذخیره، پردازش، بازیابی وادغام داده‌ها برای مدل‌سازی به نظر می‌رسد، استفاده از رویکرد هستی‌شناسی و کاربرد مدل‌های ساختاری با قابلیت استدلال کیفی برای ایجاد سیستم‌های مدیریت داده‌ها و مدل‌های اکولوژیک بتواند کمک مؤثری به سازماندهی رویه‌ها و سیستم‌های تولید دانش اکولوژیک و کاربرد آن در پایش تغییرات در اکوسیستم‌ها و زیستگاه‌ها بنماید. چنین پیش فرضی نتیجه مرور اقدام‌ها و پژوهش‌های علمی و کاربردی انجام‌شده در سایر کشورها در این محدوده از علم چندرشته‌ای است. طوری‌که، در سطح بین‌المللی، استفاده از هستی‌شناسی[۷] در طول سال‌های اخیر به‌عنوان یکی از رویکردها و روش‌های مناسب در بسط مدل‌های ساختاری اکوسیستم‌ها و استخراج، تفسیر اتوماتیک و ادغام مدل‌ها و داده‌ها برای درک تغییرات در رفتارهای اکوسیستم‌ها مورد توجه قرار گرفته است. استفاده از این روش امکان استنتاج اتوماتیک رفتارهای اکوسیستم‌ها را با استفاده از دانش کیفی از فرایندهای اکوسیستم‌ها با حد اقل نیاز به داده‌های کمی فراهم می‌کند. این قابلیت به‌ویژه در شرایطی که دانش کمّی محدودی از اجرا، روابط و فرایندهای اکولوژیکی در اختیار می‌باشد، بسیار مؤثر است (Madin et al., 2007). در سال‌های اخیر، هستی‌شناسی به‌صورت گسترده و پیش رونده‌ای در شاخه مدیریت اطلاعات و دانش پزشکی و زیست‌پزشکی و زیست‌شناسی مورد استفاده قرار گرفته‌است (Madin et al., 2007). در طول دهه گذشته نیز نیاز به کاربرد روش‌ها و شیوه‌های استاندارد برای ذخیره، بازیابی، استخراج و تفسیر داده‌های اکولوژیک و همچنین ایجاد فضاهای مجازی برای به اشتراک‌گذاری اطلاعات و دانش طبقه‌بندی‌شده اکولوژیک در شاخه پژوهش‌های اکولوژیک و علوم اکوسیستمی نیز به‌طور چشمگیری احساس شده است (Madin et al., 2007). یکی از خروجی‌های این قبیل فعالیت‌های پژوهشی و کاربردی ایجاد و معرفی زبانی تخصصی برای بیان معنایی داده‌های اکولوژیک بوده است که تحت عنوان «زبان فرا- داده اکولوژیک» یا EML[۸] ارایه شده است. این زبان توان تفسیر و تبدیل اطلاعات مربوط به داده‌های اکولوژیک را به زبان قابل تفسیر برای زبان هستی‌شناسی وب یا WOL[۹] دارد. از این زبان و شیوه هستی‌شناسی برای ایجاد هستی‌شناسی‌های اختصاصی برای تشریح و تبیین سیستم‌های طبقه‌بندی موجودات زنده استفاده به‌عمل آمده است. این هستی‌شناسی‌ها به‌صورت مفصل توسط مدین و همکاران (Madin et al., 2007) تشریح شده‌اند. افزون بر کاربرد هستی‌شناسی برای تبیین داده‌ها، استفاده از هستی‌شناسی برای تبیین مدل‌های اکولوژیکی نیز مورد توجه بوده است. همچنین بحث ادغام چارچوب‌های هستی‌شناسی در سیستم‌ها و پدیده‌های اکولوژیک توسط مدین و همکاران مورد بحث قرار گرفته است (Madin et al, 2007). برای تبیین مفاهیم مربوط به سیمای سرزمین و افزایش توان تفسیر ارتباط مابین الگوهای ساختاری و فرایندهای اکولوژیک درون لکه‌ها در موزاییک سیمای‌سرزمین، چارچوب هستی‌شناسی مشخصی توسط لپتزیک و همکاران (Lepczyk et al, 2008) ارایه شده است. در ایران استفاده از رهیافت هستی‌شناسی و روش‌ها و زبان وب معنایی برای تبیین و مدیریت داده‌ها و اطلاعات اکولوژیک تقریباً موضوع ناشناخته‌ای بوده و هیچ مقاله یا سند علمی و پژوهشی دراین زمینه موجود نمی‌باشد. جستجو در پایگاه‌های مقاله‌ها و اسناد علمی و پژوهشی ایران[۱۰] عمدتاً به رکوردهایی منتهی می‌گردد که مباحث مفهومی- تحلیلی و کاربردی مربوط به استفاده از هستی‌شناسی و وب‌معنایی[۱۱] در علوم اطلاعات و کتابداری، مدیریت، مخابرات، فن‌آوری اطلاعات و مدیریت اطلاعات، فلسفه، علوم اجتماعی و انسانی، علوم سیاسی و منطق را پوشش می‌دهند. از این میان، می‌توان به کاربرد هستی‌شناسی در نظام مدیریت دانش توسط شریف (۱۳۸۷)، زرنگارنیا و همکاران (۱۳۸۹)، شریف (۱۳۸۸) و حری (۱۳۸۲) اشاره نمود. با وجود روی‌آوری به کاربرد معنایی و روش‌شناختی هستی‌شناسی برای بهبود سیستم‌های اطلاعاتی در شاخه‌های یاد شده استفاده از این شیوه در علوم طبیعی و محیط‌زیست تا حدود زیادی در ایران ناشناخته می‌باشد.

مواد و روش

رویکرد و روش هستی‌شناسی

در طبقه‌بندی علوم، هستی‌شناسی یکی از شاخه‌های هوش مصنوعی و یادگیری در ماشین[۱۲] است که هدف از کاربرد آن

www.SId.ir

Archive of SID

در اکولوژی ساخت مدل‌های مستخرج از دانش[۱۳] متخصصان از الگوهای ساختاری و رفتاری اکوسیستم‌هاست. این روش همچنین برای نمایش[۱۴] و مدل‌سازی داده‌ها، اطلاعات و دانش اکوسیستمی برای استدلال اتوماتیک[۱۵] رفتارهای اکوسیستم‌ها با استفاده از قواعد تعریف‌شده در قالب اجزای مدل اکوسیستمی مورد استفاده قرار می‌گیرد. از دیدگاه سلسله مراتب روش‌شناختی، چنین رویکردی به حل مسایل مربوط به درک و پیش‌بینی کیفی رفتارهای اکولوژیکی[۱۶] درگروه رویکردها و روش‌های نمایش دانش[۱۷] قرار می‌گیرند. مبنای این روش‌ها تعیین روابط سلسله مراتبی (منطقی) بین اجزای متشکله اکوسیستم‌ها و ویژگی‌های تعیین‌کننده حالت آن‌ها و تعیین متغییرهای کیفی محدودکننده روابط بین اجزای اکوسیستم‌ها می‌باشد. برای این منظور حداقل در گام اول دو مرحله تبدیلات[۱۸] مورد نیاز می‌باشد. اول تبدیل اجزا و عناصر عینی اکوسیستم به مجموعه‌ای از مفاهیم نشانگر عناصر و سپس تبدیل این مفاهیم به ساختار هستی‌شناختی و سپس تبدیل این هستی‌شناسی به زبان قابل تفسیر برای سیستم‌های هوشمند. بدون چنین تبدیلی، سیستم‌های ماشینی فاقد توان تفسیر و استدلال منطق و الگوهای داده‌ها و اطلاعات بوده و صرفاً به عنوان پایگاه‌های داده و اطلاعات عمل خواهند کرد. محور اصلی این تبدیلات، دانش تخصصی مربوط به حوزه مورد نظر می‌باشد. دانش به عقیده دورکین (Durkin, 1994) عبارت است از درک یک موضوع خاص و شامل مفاهیم و حقایق مربوط به موضوع مورد بررسی، روابط بین مفاهیم و روشی برای تلفیق آن‌ها برای حل مسائل مربوط به موضوع مورد نظر می‌باشد. مفاهیم و ویژگی‌های مربوط به نمایش دانش؛ که هدف از آن تبیین دانش مربوط به یک حوزه خاص از بررسی پدیده‌ها و تعمیم این دانش برای دستیابی به فرا- دانشی[۱۹] از دانش می‌باشد و نیز اخذ دانش[۲۰] که به عنوان یکی از اجزای اصلی سیستم‌های خبره بوده و پیشنیاز ذخیره، بازیابی و تفسیر و پردازش داده‌هاست توسط وایگریخت، بادر، گاسویک و همکاران (Weigkricht and Winkel bauer; 1987; Baader et al, 2003; Gaseviec et al., 2006) ارایه و تبین شده‌اند. روش‌های متعددی برای نمایش دانش معرفی و مورد استفاده قرار گرفته است که بیشتر بر مبنای قواعد، چارچوب‌ها و منطق استقرا بوده و از اصول حاکم بر ساخت فرا- مدل‌ها[۲۱] تبعیت می‌کنند. با توجه به تعریف گرابر (Gruber, 1993; 1995) از هستی‌شناسی یعنی «تبیین صریح مفاهیم[۲۲]»، و با در نظر گرفتن اینکه اساساً هستی‌شناسی در جهت تبیین مفاهیم واقعیت‌های مربوط به یک حوزه دانش، تعیین ویژگی‌های مفاهیم و ارتباط بین آن‌ها طراحی و ساخته می‌شود، یک چارچوب هستی‌شناسی شامل سازندهای اصلی زیر است:

- کلاس‌ها (طبقات) و یا مفاهیم؛
- ویژگی‌های مفاهیم که بیان‌کننده صفات آن‌ها می‌باشند و
- محدودیت‌ها که نشانگر روابط مابین کلاس‌ها هستند.

بدین‌ترتیب، هستی‌شناسی مشتمل بر سازندهای فوق به همراه افراد که نمونه‌های واقعی از پدیده‌های[۲۳] مورد بررسی می‌باشند، پایه دانش مربوط به یک حوزه علمی مشخص را تشکیل می‌دهند (Noy & McGuinness, 2002). بر این اساس، الگوریتم ساخت هستی‌شناسی شامل یک رشته مراحل و گام‌های پی‌درپی می‌باشد که با هدف تعیین هر کدام از موارد بالا یعنی کلاس‌ها، ویژگی‌ها و محدودیت‌ها و تخصیص ارزش‌های مربوط به این ویژگی‌ها به پدیده‌های واقعی، انجام می‌شوند. نکته مهم در ساخت هستی‌شناسی، توجه به اتخاذ یک فرایند یا روش مناسب برای معماری هستی‌شناسی و انتخاب معیارهای مناسب برای کنترل صحت، جامعیت و روایی ساختار هستی‌شناسی مربوط به مفاهیم و مدل‌های مربوط به موضوع موردنظر می‌باشد. دراین زمینه آشولد و گرانینگ (Uschold and Gruninger, 1996) مراحل ساخت هستی‌شناسی را در ۵ گام به شرح زیر پیشنهاد داده‌اند. لازم به یادآوری است که پیشنهاد این ۵ گام در راستای یافتن یک راه‌حل واحد برای معماری هستی‌شناسی بوده‌است:

- تعیین و تعریف هدف و دامنه کاربرد هستی‌شناسی
- ساخت هستی‌شناسی شامل سه گام
  - o تبیین تعاریف و مفاهیم مورد نظر
  - o کدنویسی
  - o یکپارچه‌سازی چارچوبهای موجود هستی‌شناسی
- ارزیابی هستی‌شناسی
- مستندسازی و
- ارایه دستورالعمل برای انجام هر کدام از گام‌های فوق

یکی از گام‌های اصلی در ساخت هستی‌شناسی، تبیین تعاریف و مفاهیم در حوزه خاص دانش مورد نظر می‌باشد. درمرحله کدنویسی نیز نیاز به به‌کارگیری یک زبان و پروتکل مشترک و

www.SId.ir

Archive of SID

پذیرفته‌شده به‌عنوان قراردادی برای تبدیل مفاهیم شناسایی و تعریف شده از مرحله قبل به کدهای قابل تفسیر توسط سیستم ماشینی می‌باشد.

زبان هستی‌شناسی

برای تبیین و توصیف مفاهیم و روابط حاکم بر مفاهیم مربوط به پدیده‌های واقعی در یک حوزه خاص دانش، زبان‌های مختلفی برای توصیف و تبیین هستی‌شناسی پدیده‌ها تعریف و ارایه گردیده است (Gaseviec, et al., 2006). زبان هستی‌شناسی وب یا WOL[۲۴] یکی از پیشرفته‌ترین و کاربردی‌ترین زبان‌های هستی‌شناسی است که توسط کنسرسیوم WWW (W3C) برای بیان معانی در شبکه وب معرفی شده است (Horridge, 2009). این زبان شامل یک سری از اجزا می‌باشد که امکان بیان ویژگی‌های طبقات مفاهیم و روابط میان آن‌ها را در چارچوب هستی‌شناسی فراهم می‌کند. این اجزا دارای تعدادی از معانی تعریف‌شده و قابل تفسیر برای کامپیوتر است و بنابراین WOL بیشتر برای قابل تفسیرکردن هستی‌شناسی برای کامپیوتر طراحی شده است. یکی از انواع WOL، WOL- DL است که تنها توسط استدلال‌گر منطق توصیفی[۲۵] قابل تفسیر است. این بدان معنی است که در قالب این زبان امکان کنترل سازگاری بین طبقات مفاهیم هستی‌شناختی وجود داشته و می‌توان با تعریف دقیق روابط معنایی بین مفاهیم امکان استدلال کامپوتری را فراهم نمود. استفاده از این زبان به‌دلیل انعطاف‌پذیری آن برای بیان انواع مفاهیم مختلف این امکان را نیز فراهم می‌کند که مفاهیم انتزاعی و تولیدشده در جریان بررسی پدیده‌های واقعی را توسط این زبان بیان نمود. با توجه به این‌که WOL دراصل برای وب طراحی شده است بنابراین هر کدام از هستی‌شناسی های ساخته‌شده توسط این زبان یک شناسه انحصاری مربوط به خود (یا URI[۲۶]) را دارد. یکی از ویژگی‌های بارز WOL امکان استفاده از آن بر روی سیستم‌های عملیاتی مختلف کامپیوتری می‌باشد. زیرا، می‌توان از این زبان به‌عنوان چارچوب زبانی تبادل داده (یا DEF[۲۷]) استفاده نمود. همچنین WOL می‌تواند به عبارت‌های مختلف زبانی مانند RDF/XML کدخوانی شود. یکی از مسایلی که باید در استفاده از این زبان برای تعریف و ساخت هستی‌شناسی در یک حوزه علمی خاص مورد توجه قرار گیرد، تخصصی بودن کاربرد این زبان است. بر همین اساس، هستی‌شناسی با استفاده از این زبان نیازمند همکاری سه گروه از متخصصان یعنی متخصص حوزه مورد نظر، متخصص مهندسی دانش و متخصص وب‌معنایی می‌باشد. وجود مدل‌های منطقی در WOL امکان تلفیق مفاهیم ساده و ساخت مفاهیم پیچیده‌تر را برای توصیف و تبیین مفاهیم بیانگر پدیده مورد نظر فراهم می‌سازد. با استفاده از تحلیل‌گر ساختار سلسله‌مراتبی کلاس‌ها که در نرم‌افزارهای مبتنی بر WOL ارایه شده‌اند می‌توان ساختار سلسله مراتبی هستی‌شناسی را به‌صورت دوبه‌دو با یکدیگر مقایسه و تناسب و سازگاری آن‌ها را از نقطه‌نظر وابستگی و شباهت منطقی کنترل نمود.

نرم‌افزار ساخت هستی‌شناسی

برای تدوین و ساخت هستی‌شناسی نرم‌افزارهای متعددی ارایه شده و در دسترس می‌باشند. استفاده از این نرم‌افزارها تا حدود زیادی به کاهش نیاز به متخصصان وب معنایی درطراحی و ساخت هستی‌شناسی کمک نموده‌است. یکی از پراستفاده‌ترین و رایج‌ترین نرم‌افزارها Protégé می‌باشد که توسط دانشگاه استنفورد تهیه و به‌صورت آزاد در اختیار کاربران می‌باشد[۲۸]. این نرم‌افزار به‌طور گسترده‌ای توسط پژوهش‌گران در رشته‌های مختلف علمی از جمله در اکولوژی و علوم زیستی مورد استفاده قرار گرفته است. این نرم‌افزار بر مبنای اصول WOL و مبتنی بر منطق آن طراحی شده و به‌عنوان مبدلی برای تبدیل روال‌های[۲۹] گرافیکی قابل تفسیر برای متخصصان حوزه‌های علمی به عبارات WOL که مبتنی بر XML[۳۰] می‌باشند، عمل می‌نماید. Protégé WOL در واقع شکل پیشرفته‌تری از Protégé Frameاست. این نرم‌افزار دارای ابزاری است که امکان ادغام و تنظیم چیدمان مدل‌های هستی‌شناسی را به‌صورت اتوماتیک فراهم می‌کند. این ابزار همچنین ناسازگاری‌هایی را که در جریان تدوین و ساخت هستی‌شناسی ممکن است پدید آید، شناسایی کرده و پیشهادهای لازم برای حل و اصلاح آن‌ها را در اختیار کاربران قرار می‌دهد. مدلی که بدین ترتیب ایجاد می‌شود، به‌طورکلی دارای بالاترین میزان روایی و سازگاری بوده و قابلیت کاربرد بر روی سکوهای نرم‌افزاری مختلف می‌باشد. نسخه جدید Protégé به‌نام Protégé 4.1.0، دارای ابزاری برای اتصال به موتور استدلال

www.SId.ir

Archive of SID

بوده و بدین‌ترتیب امکان تفسیر و استنتاج را فراهم می‌کند. Protégé محیط نرم‌افزاری مستقل از سیستم عامل می‌باشد و بنابراین، بر روی یک موتور مجازی عمل کرده و امکان استفاده تحت محیط‌های مختلف کامپیوتری را میسر می‌سازد. فضای نرم‌افزاری یادشده شامل هشت محیط کاری یعنی Active Ontology, Entities, Classes, Object Properties, Individuals, WOLViz, DL Query می‌باشد. برای کار با این نرم‌افزار راه‌کارهایی توسط دانشگاه استنفورد (برای Protégé Frame/Protégé 2000) و دانشگاه منچستر (برای Protégé 4 and CO-ODE Tools) تهیه و در وبگاه‌های این دانشگاه‌ها بارگذاری شده است[۳۱].

روش تبیین ساختار هستی‌شناسی اکوسیستم‌های بیابانی

در ساخت هستی‌شناسی بر مبنای WOL برای طبقه‌بندی و تعریف کلاس‌های مربوط به اجزا و پدیده‌های سیستم موردنظر و برای هدف خاص این پژوهش از رویکرد تلفیقی برای تعیین کلاس‌ها و روابط آن‌ها استفاده به‌عمل آمده‌است. در این رویکرد طبقه‌بندی و تعیین کلاس‌های مربوط به عناصر و پدیده‌های عینی اکوسیستم‌های بیابانی، نیاز به اتخاذ و بهره‌گیری از یک رشته پروتکل‌های مشترک بین جامعه علمی و سیستم برنامه‌ریزی و مدیریت اکوسیستم‌ها می‌باشد. برای تعیین، دسته‌بندی و تعریف طبقات عناصر و پدیده‌ها، مفاهیم و تعاریفی که از مرحله جمع‌آوری و اخذ دانش اکوسیستمی مربوط به نواحی بیابانی حاصل شده است، تا حدود زیادی به شکل‌گیری این پروتکل کمک می‌کنند.

در این پژوهش، براساس تعریفی که از اکوسیستم ارایه شده است، پدیده‌ها و رویدادهای اکوسیستمی شامل: (۱) اجزاء و پدیده‌های زنده و غیرزنده (به عنوان عناصر پیوسته و ثابت در واژگان هستی‌شناسی)، (۲) فرایندها و جریان‌های ماده و انرژی (به عنوان رویدادها و عناصر غیرثابت مشمول زمان)، (۳) مسیرهای ارتباطی و حاملین جریان ماده و انرژی (و اطلاعات)، (۴) واحدهای عملکردی (شامل: واحدهای فیزیوگرافیک، واحدهای ژئومورفولوژیک، واحدهای زیستگاهی و واحدهای پوشش اراضی)، (۵) عوامل و نیروهای پیشران و تنش زا، (۶) دینامیک و تغییرات در الگوهای مکانی و زمانی رویدادها و پدیده‌ها و (۷) ویژگی‌های نوظهور رفتاری در سطح اکوسیستمی در نظر گرفته شده‌است. تقسیم‌بندی اکوسیستم به اجزای فوق به پیروی از رویکرد تحلیل سیستمی اکوسیستم‌های طبیعی بوده است. به‌عبارت دیگر براساس این رویکرد، هر اکوسیستم به‌عنوان یک سیستم پیچیده، خودسازمانده، باز و سازش‌پذیر از مجموعه‌ای از منابع (ذخایر ماده و انرژی)، جریانات ماده و انرژی (و اطلاعات) و مسیرهای ارتباط‌دهنده این اجزا همراه با درگاه‌های کنترل‌کننده یا بازخوردهنده تشکیل شده است. اساساً اکوسیستم به عنوان یک مجموعه باز فاقد مرز واقعی مشخص بوده و در ارتباط مستمر با سایر اکوسیستم‌ها و تحت تأثیر نیروهای بیرونی در حال تبادل ماده و انرژی و اطلاعات می‌باشد. اما، برای امکان‌پذیر ساختن شناخت هویت و تحلیل رفتار اکوسیستم‌ها به‌ناچار نیاز به تعریف یک مرز قراردادی برای اکوسیستم‌های موردنظر می‌باشد. از این دیدگاه مرز اکوسیستمی نیز به‌عنوان یکی از اجزای بسیار مهم اکوسیستم محسوب می‌شود. رابطه بین این اجزا از قواعد اکولوژیک شناخته شده پیروی می‌کند. برای تبدیل این روابط به معانی هستی‌شناختی از زبان منطق گزاره‌ای استفاده به‌عمل آمده است. برای این منظور، ابتدا تمامی روابط مابین کلاس‌های اصلی هستی‌شناسی تبیین و سپس این روابط با زبان WOL در نرم‌افزار Protege اعمال و تعریف شده است. برای تبیین روابط هستی‌شناختی، اجزا و مولفه‌های اصلی اکوسیستم بیابانی، ابتدا به پیروی از گام‌های ساخت هستی‌شناسی ویژگی‌های مربوط به اکوسیستم‌های بیابانی تشریح و سپس کلاس‌های اصلی برای هر گروه از داده‌ها و اطلاعات اکولوژیک مشخص شده است. بر پایه دانش ارایه‌شده در زمینه ویژگی‌ها و روابط شناخته‌شده برای مؤلفه‌های نواحی خشک و بیابانی این ویژگی‌ها برای عناصر، پدیده‌ها و مفاهیم مرتبط با منطقه مورد بررسی تبیین و در نرم‌افزار مربوطه طراحی شد.

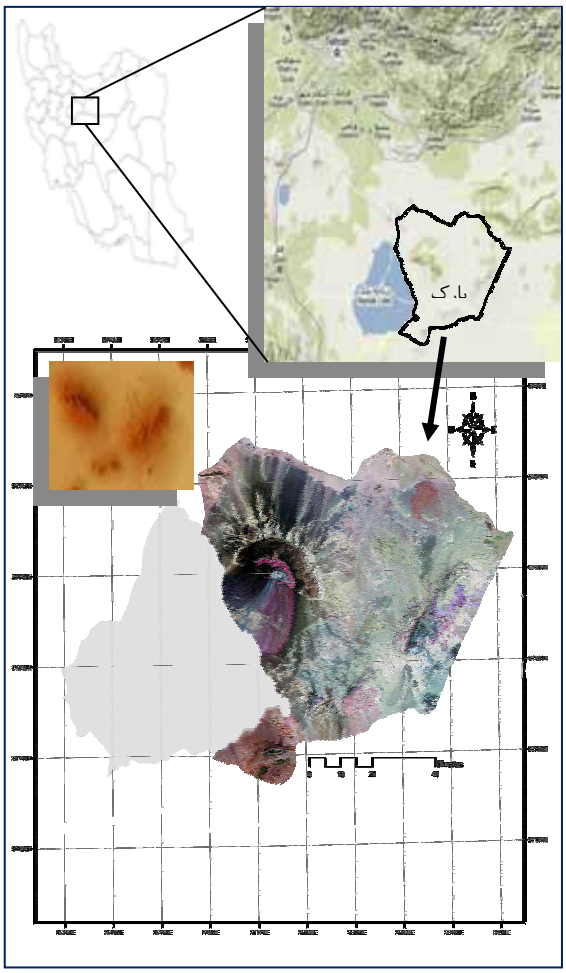
یافته‌ها

برای تبیین کلاس‌های اصلی پدیده‌های مرتبط با اکوسیستم‌های بیابانی از نتایج حاصل از جمع‌آوری اطلاعات مربوط به پارک ملی و ذخیره‌گاه زیستکره کویر (نگاره ۱) استفاده (مجنونیان و همکاران، ۱۳۶۳) به‌عمل آمده است. مطالعات جامع پارک ملی کویر با هدف برنامه‌ریزی برای مدیریت و بهره‌برداری از کارکردهای این منطقه در دو نوبت انجام شده‌است. اولین بار در

www.SId.ir

Archive of SID

سال ۱۳۷۵ به درخواست سازمان حفاظت محیطزیست و توسط دانشکده محیطزیست دانشگاه تهران انجام و گزارش‌های آن در سال ۱۳۷۶ ارایه شده است (مخدوم و همکاران، ۱۳۷۵). سپس در سال ۱۳۸۳ نیز مطالعات دیگری تحت عنوان طرح جامع مدیریت محیط‌های طبیعی و منابع‌زیستی (مجموعه کویر مرکزی شامل پارک ملی و منطقه حفاظت شده) به سفارش دفتر زیستگاه‌ها و امور مناطق و توسط مهندسین مشاور توسعه و احیای منابع (تام) انجام شده‌است. بر این اساس، کلاس‌های زیر بر پایه موجودیت داده‌ها و اطلاعات از این پارک و نیازهای اطلاعاتی حاصل از بررسی دانش مربوط به اکولوژی نواحی خشک و بیابانی به ترتیب زیر تعیین شدند. در این تقسیم‌بندی، به هدف از تدوین چارچوب فرا- مدل دانش مربوط به داده‌های اکولوژیک نواحی بیابانی یعنی استفاده از این داده‌ها و اطلاعات برای امکان پذیر ساختن تفسیر داده‌ها برای تسهیل فرایند استنتاج منطقی در زمینه تغییرات در ویژگی‌ها و رفتارهای اکوسیستم‌های بیابانی در مرحله بعد توجه شده است. در این مدل از کلاسه‌بندی اکوسیستم بیابانی، داده‌های اکولوژیک به عنوان توصیف‌گرهای هرکدام از ویژگی‌ها، پدیده‌ها و رویدادهای یاد شده محسوب می‌شوند. براین اساس، تیپولوژی داده‌های اکولوژیک متأثر از تیپولوژی عناصر، اجزا، رویدادها و ویژگی‌های اکوسیستم بیابانی است که از طریق هستی‌شناسی تبیین می‌شود. به‌عبارت دیگر، فرض بر این است که با تبیین تیپولوژی و ویژگی‌های اجزا (پدیده‌ها و رویدادها) اکوسیستمی و روابط بین آن‌ها از طریق هستی‌شناسی می‌توان به تیپولوژی، ویژگی‌ها و روابط بین داده‌ها و اطلاعات توصیف‌گر این اجزا پی برد. مفاهیم بیانگر اجزای اکوسیستمی و روابط آن‌ها با استفاده از دانش توصیفی جمع‌آوری شده از مرحله قبل تعریف و تبیین شده‌اند. به‌عنوان مثال، تبیین مفهوم و جایگاه اکوسیستم بیابانی در مجموعه سیستم‌های طبقه‌بندی اکوسیستم‌ها و تبیین طبقات اصلی هستی‌شناسی مربوط به ارگانیزم‌های زنده به‌عنوان زیرمجموعه‌ای از پدیده‌های زیستی و ویژگی‌های ارتباط‌دهنده پدیده‌های زیستی با سایر مفاهیم و پدیده‌ها به ترتیب در نگاره‌های (۲ و ۳) نمایش داده شده‌اند. در گام بعدی، این مفاهیم (یا کلاس‌های مفاهیم) که بیانگر داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز برای تفسیر و تحلیل‌های اکوسیستمی در رویکردها و مدل‌های اشاره شده و به‌ویژه رویکرد



نگاره (۱): موقعیت جغرافیائی و وضعیت عمومی پارک ملی و ذخیره‌گاه زیست‌کره کویر (مثالی از بیوم بیابانی در ناحیه فیتوجغرافیایی ایرانو- تورانی)

منبع: تهیه شده در محیط ArcGIS توسط نگارندگان

نگاره (۲): تبیین مفهوم اکوسیستم بیابانی در طبقات اصلی هستی‌شناسی اکوسیستم در پایگاه دانش مورد نظر منبع: نگارندگان

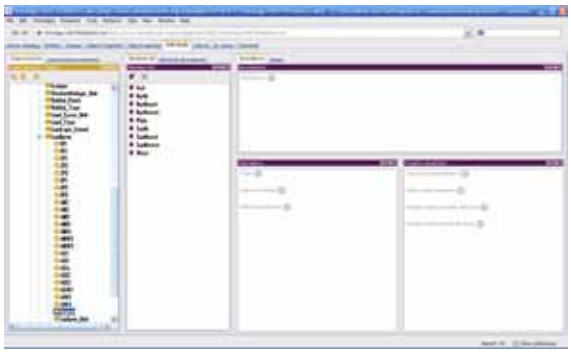
www.SId.ir

Archive of SID

نگاره (۳): تبیین طبقات اصلی هستی‌شناسی مربوط به ارگانیزم‌های زنده به‌عنوان زیرمجموعه‌ای از پدیده‌های زیستی و ویژگی‌های ارتباط‌دهنده پدیده‌های زیستی با سایر مفاهیم و پدیده‌ها

منبع: نگارندگان

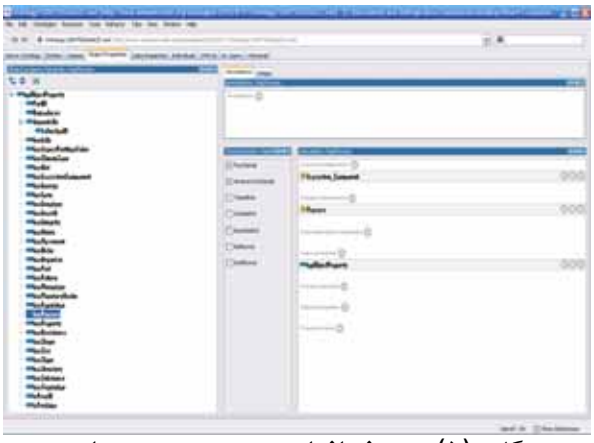
آسیب‌شناختی به تحلیل اکوسیستم‌ها می‌باشد، با استفاده از منطق گزاره‌ای و با استفاده از نرم‌افزار ساخت هستی‌شناسی با زبان WOL تعریف و در پایگاه دانش مورد نظر با استفاده از نرم‌افزار ذخیره شده‌اند. برای این کار، ابتدا معرف‌های مربوط به ویژگی‌های اجزا در نرم‌افزار تعریف و سپس با استفاده از منطق یادشده این معرف‌ها برای نمایش روابط داده‌های توصیف‌گر اجزا به‌کار گرفته شدند (نگاره ۴).



نگاره (۴): تعریف ویژگی‌ها و خصوصیات آن‌ها

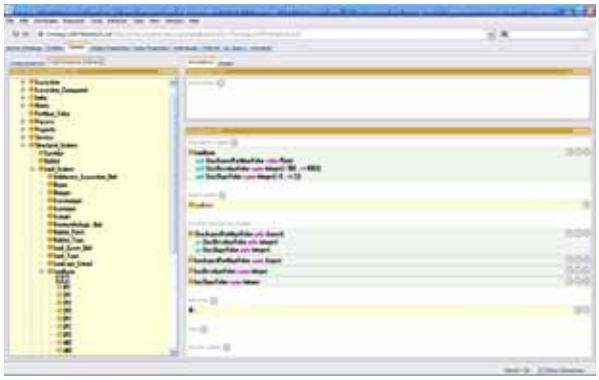
منبع: نگارندگان

گام بعدی، تعریف محدودیت‌های کمی‌ساز برای آن دسته از داده‌های توصیف‌گر پدیده‌ها و رویدادها در اکوسیستم بیابانی مورد نظر است که تغییرات آن‌ها در یک دامنه مشخص از کمیت‌های از پیش تعریف شده نوسان دارند. این محدودیت‌ها همچنین برای تبیین طبقات مربوط به هر پدیده یا رویداد نیز به‌کار برده شده است. برای این منظور تمامی ارزش‌ها، ثابت‌ها و کلاس‌های مبین طبقات تعریف شده و با استفاده از محدودیت‌سازهای کمی برای مفاهیم تعریف شده‌اند (نگاره‌های ۵ و ۶).



نگاره (۵): تعریف افراد در زیر مجموعه برای امکان‌پذیری اعمال محدودیت بر ویژگی‌های معرف پدیده‌ها و مفاهیم در ساختار هستی‌شناسی

منبع: نگارندگان



نگاره (۶): تعریف روابط بین ویژگی‌های اجزا و مولفه‌ها با استفاده از محدودیت‌های کمی و کیفی

منبع: نگارندگان

در تمامی مراحل ساخت هستی‌شناسی از موتور استدلال‌گر منطقی نرم‌افزار برای کنترل سازگاری ساختاری و منطقی هستی‌شناسی استفاده به‌عمل آمده است. بر این اساس، هستی‌شناسی‌های ایجادشده از حداقل خطای ساختاری و منطقی برخوردار هستند. هستی‌شناسی حاصله با استفاده از استدلال‌گر منطقی نرم‌افزار مورد ارزیابی قرار گرفته و نمودارهای نهایی دارای سازگاری درونی از نقطه‌نظر هستی‌شناسی بوده و طبقه‌بندی شده‌اند.

www.SId.ir

Archive of SID

بحث و نتیجه‌گیری

کاربرد رویکرد هستی‌شناسی برای بیان معنایی مفاهیم مرتبط با اکوسیستم‌ها در سطح جهانی موضوع جدیدی بوده و در ایران ناشناخته می‌باشد. نتایج این پژوهش بیشتر با هدف معرفی این نگرش و کاربرد آن در جریان ارزیابی، شناخت و ادغام مفاهیم و اطلاعات (به‌طورکلی دانش) مربوط به اکوسیستم‌ها برای تقویت و بهبود فرایند برنامه‌ریزی، تصمیم‌گیری و به‌ویژه پایش بلندمدت اکوسیستم‌های خشکی می‌باشد. از این‌رو این پژوهش با توجه به محدودیت‌های موجود برای پژوهش‌هایی از این نوع نمی‌تواند تمامی ابعاد و جوانب مربوط به اکوسیستم‌ها را پوشش دهد. با این‌حال، نتایج به‌دست آمده از یک طرف بستر فکری لازم را برای تبادل نظر و گسترش این نگرش جدید در اختیار پژوهشگران قرار می‌دهد و از طرف دیگر الگو و انگیزه‌ای را برای تداوم پژوهش‌ها در این زمینه و بسط و گسترش ساختارهای هستی‌شناختی برای انواع مختلف اکوسیستم‌ها در چارچوب یک فعالیت اشتراکی و به‌هم پیوسته ارایه می‌نماید. از دیدگاه رهیافت اکوسیستمی و با توجه به تعریفی که از اکوسیستم‌ها و ویژگی‌های آن‌ها ارایه شده‌است، هستی‌شناسی ارایه شده امکان تبیین مفاهیم مرتبط با ساختار، کارکرد و ویژگی‌های پایه اکوسیستم‌های بیابانی را فراهم کرده و بدین ترتیب پروتکل مشخص و تعریف شده‌ای را در اختیار ارزیاب‌ها، برنامه‌ریزان و مدیران مناطق بیابانی قرار می‌دهد. با تبیین فرایندها و قواعد و اصول حاکم بر اکوسیستم‌ها درچارچوب ساختار و ویژگی‌های هستی‌شناختی امکان برقراری ارتباط منطقی بین اجزا و ساختار اکوسیستم با فرایندهای متأثر یا تاثیرگذار بر ساختار فراهم شده و می توان با استفاده از چنین الگوی یکپارچه‌ای اجزا، روابط و متغییرهای مورد نظر را به‌سادگی استخراج نموده و برای استنتاج و پیش‌بینی رفتار اکوسیستم‌ها در اثر عوامل تنش‌زای برونی و یا پارامترهای پیشران درون‌سیستمی به‌کار گرفت. برای اطمینان از نیل به توافق در مفاهیم و ایجاد زبان مشترک در ارزیابی اکوسیستم‌ها، جریان تولید و ساخت هستی‌شناسی نیازمند همکاری تمامی متخصصان مربوط به مفاهیم علمی و کاربردی اکولوژیک خواهد بود. ارزیابی اکولوژیک اکوسیستم‌ها نیاز به توجه به مقیاس و هدف و دامنه کاربرد نتایج حاصل از ارزیابی داشته و در این زمینه ساختار هستی‌شناسی با تبیین کلاس‌ها و روابط منطقی بین آن‌ها امکان نمایش صریح سلسله‌مراتب پدیده‌های اکوسیستمی را حداقل از دیدگاه کالبدی و ساختاری فراهم می‌کند. اما به این نکته باید توجه نمود که روابط هستی‌شناختی و الگوهای ارتباط اجزای درون سیستم‌های اکولوژیک نشانگر این نکته مهم است که اکوسیستم‌ها (حداقل اکوسیستم‌های مورد مطالعه در این پژوهش یعنی اکوسیستم‌های بیابانی) لزوما از الگوی سلسله‌مراتبی آن‌گونه که در مفاهیم نظری مربوط به اکوسیستم‌ها توصیف می‌شود، پیروی نمی‌نمایند. برای نمایش ساختار سلسله‌مراتبی اکوسیستم‌ها در مقیاس زمانی و رابطه بین اکوسیستم در مقیاس مورد نظر با مقیاس‌های بالا و پایین آن نیاز به اطلاعات و دانش بیشتری از این ویژگی اکوسیستم‌ها می‌باشد. با این حال، در نظر گرفتن این ویژگی در ساختار هستی‌شناسی الگویی را برای درک روابط بین تغییرات در مقیاس اکوسیستم با تغییرات در متغیرهای حالت و پارامترهای آن در بلندمدت و با کاربرد هستی‌شناسی به‌دست می‌دهد.

یکی دیگر از مزایای مربوط به کاربرد رهیافت هستی‌شناختی و تبیین هستی‌شناختی اجزا، ویژگی‌ها و روابط اکوسیستم‌ها، استاندارد و همسان کردن مفاهیم اکولوژیک در ارزیابی و برنامه‌ریزی اکوسیستم‌ها می‌باشد. این کار با فراهم‌شدن امکان تعریف و بازخوانی زبان هستی‌شناسی (که مستقل از فن‌آوری دیجیتال می‌باشد) برروی هر سیستم دیجیتال تحقق می‌یابد. بدین ترتیب و با اتصال سیستم‌های دیجیتال مربوط به مراکز پژوهشی ازطریق شبکه وب در قالب هستی‌شناسی توسعه یافته برای نوع ویژه‌ای از اکوسیستم، داده‌های مربوط به پژوهش‌های مختلف با یکدیگر مقایسه شده و بر این اساس می توان رابطه بین مفاهیم به‌کار رفته یا مستخرج از پژوهش‌های مستقل اکوسیستمی را با یکدیگر سنجید. چنین قابلیتی امکان برقراری و کشف ارتباط بین مقیاس و ناهمگنی در مقیاس‌های بزرگتر سیستم‌های اکولوژیک به‌ویژه سیمای‌سرزمین را فراهم می‌کند. موضوع آخر، مساله‌ای است که در حال حاضر اطلاعات اندکی در ارتباط با آن وجود داشته و ساختار هستی‌شناختی زمینه مناسبی برای انجام پژوهش‌ها در این خصوص می‌باشد.

با این‌حال، نبود اطلاعات و دانش پیشین از هستی‌شناسی سیستم‌های اکولوژی در ایران و کمبود داده‌ها و اطلاعات اکولوژیک از پهنه‌های زیستی، مانع بزرگی در اجرای رویه‌های ساخت هستی‌شناسی به‌شمار می‌رود. از این‌رو این پژوهش، تنها

www.SId.ir

Archive of SID

بخشی از هستی‌شناسی سیستم‌های اکولوژیک مناطق بیابانی را پوشش داده‌است. اما، برای تکمیل این فرایند نیاز به پژوهش‌های بیشتر و افزودن مفاهیم و مولفه‌های دیگری در هستی‌شناسی ارایه شده می‌باشد. چارچوب پیشنهادی تیپولوژی، ساختار و نیازهای مربوط به داده‌های اکولوژیک مورد نیاز برای شناخت اکوسیستم‌های بیابانی را با هدف برنامه‌ریزی برای این قبیل اکوسیستم‌ها ارایه می‌دهد. برای افزایش قابلیت رویکرد هستی‌شناختی برای تبیین اکوسیستم‌ها و پیچیدگی‌های آن‌ها، نیاز به ایجاد شبکه‌های تبادل دانش برای حوزه‌های اختصاصی علوم محیطی و زیستی و یکپارچه‌سازی مخازن پیوسته دانش اکولوژیک، بیولوژیک و جغرافیایی در یک هستی‌شناسی واحد می‌باشد.

از طرف دیگر، اثربخشی این اقدام‌ها در بلندمدت به‌ویژه برای پایش بلندمدت پدیده‌های زیستی و اکوسیستم‌ها نیازمند پشتیبانی مالی و اجرایی سازمان‌های مرتبط از جمله سازمان حفاظت محیط‌زیست و مؤسسات علمی، پژوهشی و دانشگاهی خواهد بود.

Acknolwedgement

"This work was conducted using the Protégé resource, which is supported by grant LM007885 from the United States National Library of Medicine." http://protege.stanford.edu

یادداشت‌ها

1. Reasoning
2. Cognitive
3. Inductive
4. Deductive
5. Expert Systems
6. Implicitness
7. Ontology
8. Ecological Metadata Language
9. Web Ontology Language
10. http://www.sid.ir/Fa/SearchPaper.asp; http://www.magiran.com; http://www.nosa.com/simwebclt/WebAccess/SimwebPortal.dll
11. Semantic Web
12. Machine learning
13. KnWOLedge models
14. Representation
15. Automate reasoning
16. Qualitative prediction of ecosystem behavior
17. KnWOLedge representation
18. Transformations
19. Meta knWOLedge
20. KnWOLedge acquisition
21. Meta Model
22. Explicit Specification of Conceptulizations
23. Instances (also called objects in real world terminology)
24. Web Ontology Language
25. Description Logic Reasoner
26. Unique Resource Identifier
27. Data-Exchange Format
28. http://protege.stanford.edu/
29. Module
30. Extensible Metadata Language
31. http://www.co-ode.org http://www.protege.stanford.edu

فهرست منابع

حری، ع. ۱۳۸۲. اکولوژی اطلاعات، فصلنامه اطلاع‌شناسی، شماره ۲: ۵.

زرنگارنیا، ی.، علوی مجد، ح.، رضایی طاویرانی، م.، خیر، ن.، خادم معبودی، ع. ا. ۱۳۸۹. کاربرد خوشه‌بندی فازی در تحلیل پروتئین‌های مرتبط با سرطان‌های مری، معده و کلون بر اساس تشابهات تفسیر هستی‌شناسی ژنی فصلنامه کومش، شماره ۳۷: ۱۴-۲۱.

شریف، ع. ۱۳۸۸. مهندسی خودکار هستی‌شناسی: امکان‌سنجی استخراج روابط معنایی از متون فارسی و تعیین میزان پیدایی آن‌ها، فصلنامه کتابداری و اطلاع‌رسانی، شماره ۴۶: ۲۴۳.

شریف، ع. ۱۳۸۷. کاربرد هستی‌شناسی‌ها در نظام مدیریت دانش، کتابداری و اطلاع‌رسانی، دانشگاه فردوسی مشهد، ۴۳: ۹۷-۱۱۶.

مجنونیان، ه. و همکاران. ۱۳۶۳. پارک ملی کویر، انتشارات سازمان حفاظت محیط‌زیست.

مخدوم، م. و همکاران. ۱۳۷۵. طرح جامع پارک ملی کویر، دانشکده محیط‌زیست دانشگاه تهران و سازمان حفاظت محیط‌زیست.

www.SId.ir

Archive of SID

Baader, F.; Calvanese, D.; McGuinness, D.; Nardi, D.; Patel- Schneider, P .2003. The Description Logic Handbook: Theory, Implementation, and Applications, Cambridge University Press, 547 pp.

Department of Environment .2010. The Fourth National Report to the Convention on Biological Diversity. Deputy of Natural Environment and Biodiversity, 145 pp.

Durkin, J. .1994. Expert Systems: Design and Development. Macmillan, New York. 800 pp.

Gaseviec, D.; Djuric, D.; Devedzic, V. 2006. Model Driven Architecture and Ontology Development. Springer- Verlag, Berlin, Heidelberg, 311 pp.

Gruber Thomas, R. 1993. Toward principles for the design of ontologies used for Knowledge sharing. Originally in N. Guarino and R. Poli, (Eds.), International Workshop on Formal Ontology, Padova, Italy. Revised August 1993. Published in International Journal of Human-Computer Studies, special issue on the role of formal ontology in the information technology. Volume 43 , Issue 5- 6 Nov./Dec. 1995: 907- 928.

Gruber, T. 1995. Towards Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing, International Journal of Human and Computer Studies, 43 (5/6): 907- 928.

Herrick, J. E.; Bestelmeyer, B. T.; Archer, S.; Tugel, A. J.; Brown, J. R. .2006. An integrated framework for science- based arid land management. Journal of Arid Environments, 65: 319- 335.

Horridge, M. 2009. A Practical Guide to Building WOL Ontologies Using Protégé 4 and CO- ODE Tools. Edition 1.2, The University Of Manchester, 102 pp.

Jørgensen, S. E. .2006. Application of holistic thermodynamic indicators. Ecological Indicators 6: 24- 29.

Lepczyk, C. A.; Lortie, C. J.; Anderson, L. J. .2008. An ontology for landscapes. Ecological Complexity 5: 272- 279.

Madin, J.; Bowers, Sh.; Schildhauer, M. and Jones, M. B. 2007. Advancing ecological research with ontologies, Trends in Ecology and Evolution. Elsevier, 23 (3): 159- 168.

Noy, N. F. and McGuinness, D. L. .2002. Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology, Stanford University, Stanford, CA, 94305, 1-25.

Seidewitz, E. 2003. What models mean, IEEE Software, 20 (5): 26- 32.

Uschold Mike and Gr¨uninger Michael, .1996. Ontologies: Principles, methods and applications. Knowledge Engineering Review, 11(2):93- 155.

Weigkricht, E. and Winkelbauer, L .1987. Knowledge -Based Systems, Principles and Selected Examples, working paper, International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Laxenburg, Austria, 100 pp.

www.SId.ir