

La Ontología de la Evaluación de Impacto Ambiental y sus Ontologías Breves

Julián Garrido, Ignacio Requena

Programa de Doctorado "Desarrollo de Sistemas Software". Departamento de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial. Universidad de Granada.

jgarrido@decsai.ugr.es, requena@decsai.ugr.es

Resumen

Este artículo presenta una ontología para la evaluación de impacto ambiental (EIA) que establece su marco conceptual. El objetivo es que la ontología recoja la terminología relacionada con la EIA y sus relaciones para facilitar la estructuración y desarrollo de metodologías. La representación axiomática de los conceptos de la ontología permite explorar posteriormente sus definiciones para la creación de ontologías breves que contengan el conocimiento relevante para una metodología específica.

INTRODUCCIÓN

Como una primera aproximación, podemos entender el término evaluación ambiental, en un sentido amplio, como todo esfuerzo por conocer el estado del medio ambiente, en sí mismo y en su interacción con el ser humano. No obstante, esta definición abarca realmente muy diversas metodologías, cada una con objetivos, alcances y ámbitos propios.

Las primeras evaluaciones ambientales datan de finales de los 60. De aquellas primeras evaluaciones a las actuales ha habido un cambio importante en el propósito de la evaluación, los métodos empleados y la concepción misma de lo que es el medio ambiente. Esta evolución ha ido de la mano de una mayor comprensión de las relaciones e interacciones de los distintos componentes medioambientales, una mayor toma de conciencia sobre la importancia de proteger el medio ambiente, una mayor presión social a ese mismo respecto, y una legislación cada vez más exigente.

Las primeras evaluaciones ambientales centraron su atención en prever el efecto de una acción humana concreta sobre el medio ambiente. Estas evaluaciones de impacto ambiental se constituyeron en la herramienta básica para alertar sobre los posibles daños medioambientales que acciones humanas concretas (proyectos) podrían generar.

La siguiente generación de evaluaciones ambientales desembocó en la noción de Sistemas de Gestión Medioambiental, con su modelo paradigmático, la Norma ISO 14001 (AENOR, 2004). Estos sistemas están orientados a la incorporación en las industrias (y en general en las organizaciones) de procedimientos documentados para la prevención y atención de daños medioambientales.

Posteriormente, la directiva sobre prevención y al control integrado de la contaminación (2008) somete a autorización a determinadas actividades industriales y agrícolas potencialmente contaminantes. De este modo se fomenta la prevención y reducción de la contaminación por parte de las empresas.

Una de las tendencias actuales consiste en incorporar nuevas tecnologías como los sistemas de información geográficos o utilizar técnicas avanzadas de las tecnologías de la información como son el uso de la aritmética difusa o la computación por palabras.

Una evaluación de impacto ambiental (EIA) bien elaborada previa a la ejecución de proyectos o a la puesta en marcha de actividades potencialmente contaminantes, implica una mejor toma de decisiones en ámbitos como la ordenación del territorio, la autorización y clausura de instalaciones e industrias y la designación de las medidas preventivas y correctoras a tomar.

Los procedimientos habituales de evaluación de impacto ambiental (EIA) se pueden mejorar mediante la incorporación de técnicas avanzadas de gestión de conocimiento y tratamiento de la información. Como paso previo a la creación de herramientas, es necesaria la obtención del conocimiento inherente a la EIA. Una ontología permite explicitar el conocimiento formalmente de manera que esta explicitación se puede utilizar para obtener una terminología común.

En particular, la ontología de la EIA es una ontología de dominio que puede utilizarse para la definición de metadatos en el ámbito de aplicaciones de medio ambiente y aplicaciones que permiten establecer las relaciones entre datos (linked data). Sin embargo, en este artículo se describe su uso como fuente de conocimiento sobre el que poder llevar a cabo mecanismos de inferencia.

A continuación se describe brevemente la evolución que ha seguido la EIA a lo largo del tiempo, seguido de la problemática de la EIA entorno a la información. La sección 2 amplía la definición y uso general de las ontologías particularizando finalmente en el caso de la EIA. La sección 3 desarrolla el diseño y contenido de la ontología. En la sección 4 se describe el uso de las ontologías breves en la EIA y finalmente, se incluyen las conclusiones y referencias.

Problemática de la evaluación ambiental

Pese a la gran variedad de clases de evaluaciones ambientales existentes, hay algunos aspectos comunes que se pueden catalogar como característicos (Conesa, 2004; Gómez, 2003; Garmendia et al., 2005).

Un estudio de impacto ambiental es un informe o documento que contiene una predicción de la repercusión de un proyecto sobre el entorno y como tal, la incertidumbre estará presente en algunos parámetros.

Los factores ambientales son muy diferentes entre sí, y por lo tanto es difícil agregar las distintas informaciones para obtener un análisis global.

Las variables involucradas tienen naturaleza heterogénea, siendo algunas numéricas (variables cuantitativas) y otras no (variables cualitativas). Los valores asignados a las variables numéricas no son siempre exactos. Los valores lingüísticos asignados a las variables cualitativas tampoco son perfectos, normalmente por alguna de las siguientes causas.

- No hay homogeneidad de criterios sobre cuáles son los valores lingüísticos que puede tomar la variable.

El significado de los valores lingüísticos no es suficientemente claro (ambigüedad).

El concepto emitido por dos expertos diferentes no es coincidente.

Los primeros problemas presentados pueden manejarse mediante la combinación de aritmética difusa (Buckley y Eslami, 2002) y la computación por palabras, ya que permite manejar la incertidumbre y usar de manera conjunta variables de naturaleza heterogénea (Duarte et al., 2003; Duarte et al., 2006).

Los problemas de las variables cualitativas pueden solucionarse mediante el uso de las ontologías. Permiten definir con un lenguaje formal y estandarizado los conceptos, por lo que el significado de un valor lingüístico quedaría perfectamente definido (sin ambigüedad) y se sabrá que dos personas o entidades cualesquiera han utilizado los mismos conceptos, indicando únicamente la ontología de referencia. La ontología es, por tanto, una herramienta que permite alcanzar uniformidad en los conceptos usados en el campo de la EIA, fijando una terminología común o notación abierta a la comunidad.

En general, en la literatura se puede ver multitud de ejemplos en los que el uso de las tecnologías de la información mejora los resultados obtenidos y permiten afrontar problemas de alta complejidad mediante diseño y desarrollo de bases de datos, modelos, sistemas de clasificación o sistemas expertos, entre otros (Basu et al., 2008; Liu et al., 2009).

HERRAMIENTAS DE PRESERVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD

La sociedad está cada vez más concienciada y poco a poco se está dotando a las administraciones de más herramientas para preservar el medio que nos rodea. Estas herramientas tienen como principal objetivo la prevención de los impactos ambientales, su mitigación o su corrección en el peor de los casos. Dichas herramientas consisten en procedimientos o legislación. A continuación se describen algunos ejemplos de interés.

La evaluación ambiental estratégica desarrollada por la directiva 2001/42/CE relativa a la evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente tiene como objetivo proteger el medio ambiente e integrar aspectos medioambientales en la preparación de adopción de planes y programas, garantizando una evaluación medioambiental de los planes y programas que puedan tener efectos significativos en el medio ambiente. Esta ley se lleva al marco legislativo nacional mediante la ley 9/2006, que recibe el mismo nombre.

En su artículo 3 la directiva indica por ejemplo que esta ley es de aplicación a la ordenación del territorio urbano y rural que tiene como competencia establecer los usos del suelo, permitiendo fomentar el desarrollo económico, gestionar de manera responsable los recursos naturales y proteger el medio.

La directiva europea relativa a la prevención y al control integrado de la contaminación (IPPC) (Directiva 2008) y las leyes que la desarrollan, proporcionan un mecanismo para prevenir la contaminación de una serie de industrias y actividades agrícolas que se etiquetan como actividades con alto potencial contaminante.

Esta directiva proviene de la anterior directiva IPPC (96/61/CE) que se incorporó al marco legislativo nacional mediante la Ley 16/2002 de prevención y control integrados de la contaminación. El enfoque integrado que se estableció en la Ley 16/2002 se incorporó en Andalucía por ejemplo en 2007 a su legislación

autonómica de gestión integrada de calidad ambiental (GICA) (Ley 2007), que obliga en muchos casos a realizar una evaluación de impacto ambiental previa a la autorización de puesta en marcha de una actividad que pueda dañar el medio ambiente.

La directiva europea sobre responsabilidad medioambiental (Directiva 2004), que fija el marco y establece medidas para que aquellos que produzcan el daño medioambiental sean responsables jurídica y económicamente. Esto conlleva un incremento de esfuerzos para el autocontrol y para la implantación de medidas preventivas junto con el uso de evaluaciones de riesgo de impacto ambiental. Esta directiva tiene su transposición al ordenamiento jurídico español en la Ley 26/2007.

DEFINICIÓN Y APLICACIÓN DE LAS ONTOLOGÍAS

Existen diversas definiciones de ontología, pero una definición sencilla es la dada por Colomb: una ontología es un cuerpo de conocimiento formalmente representado que está basado en la conceptualización de objetos, conceptos y otras entidades que existen en el área de interés, junto con las relaciones que los unen. Siendo una ontología una representación explícita de una conceptualización (Colomb, 2006).

Dependiendo del contexto en el que se usen, las ontologías proporcionan una forma de compartir el conocimiento utilizando un vocabulario común, permiten el etiquetado semántico o el intercambio de conocimiento, dan un protocolo de comunicación, posibilitan la reutilización de conocimiento o permiten descripciones semánticas, lógicas y formales. Su uso se ha extendido a campos como la ingeniería del conocimiento, inteligencia artificial y ciencias de la computación, procesamiento del lenguaje natural, representación del conocimiento, sistemas de información cooperativos, comercio electrónico, bioinformática, diseño e integración de bases de datos, integración inteligente de información, recuperación de información y gestión del conocimiento.

Una ontología está formada por propiedades, clases e instancias. Las propiedades son relaciones creadas para poder aportar semántica a las clases. Las clases se corresponden con los conceptos del mundo real y pueden contener definiciones explícitas mediante axiomas compuestos por propiedades que relacionan al concepto definido con otros conceptos o instancias existentes en la ontología. Las instancias son individuos concretos de una clase.

A continuación se muestra un ejemplo sencillo mediante una sintaxis simplificada con dos conceptos, dos individuos y una propiedad que los relaciona.

En primer lugar se define la clase Provincia y la clase País. A continuación un individuo para el concepto País y dos para el concepto Provincia y finalmente la propiedad tieneCapital cuya semántica indica que un país tiene una determinada capital.

En la definición formal del concepto País se incluye su relación *tieneCapital* con la clase *Provincia*, de modo que para las instancias de la clase País se puede definir su capital indicando que instancia concreta de la clase *Provincia* es su capital.

Clase: Provincia

Clase: País (*tieneCapital* Provincia, ?)

Instancia de País: España (*tieneCapital* Madrid, ?)

Instancia de Provincia: Madrid

Instancia de Provincia: Granada

Propiedad: tieneCapital (dominio: País, rango: Provincia)

La W3C (Consorcio World Wide Web) recomienda usar el lenguaje OWL (Ontology Web Language) para la creación de ontologías. Este lenguaje tiene varias modalidades que se diferencian en el nivel de expresividad que poseen. Dependiendo de los requerimientos se usa uno u otro, pero habitualmente se utiliza el equivalente a la lógica de primer orden debido a su relación expresividad y complejidad. Esto es así debido a que cuenta mayor expresividad tiene el lenguaje, más tiempo se necesita para realizar razonamiento sobre el conocimiento definido en la ontología.

Existe muchos tutoriales y bibliografía acerca de las ontologías, como por ejemplo los tutoriales para no iniciados que se encuentran en la web de Protègè, que es un entorno que permite crear ontologías mediante una interfaz gráfica evitando la sintaxis de OWL. También se pueden encontrar libros de referencia que describen detalladamente las aplicaciones de las ontologías y la forma de usarlas (Staab y Studer, 2004).

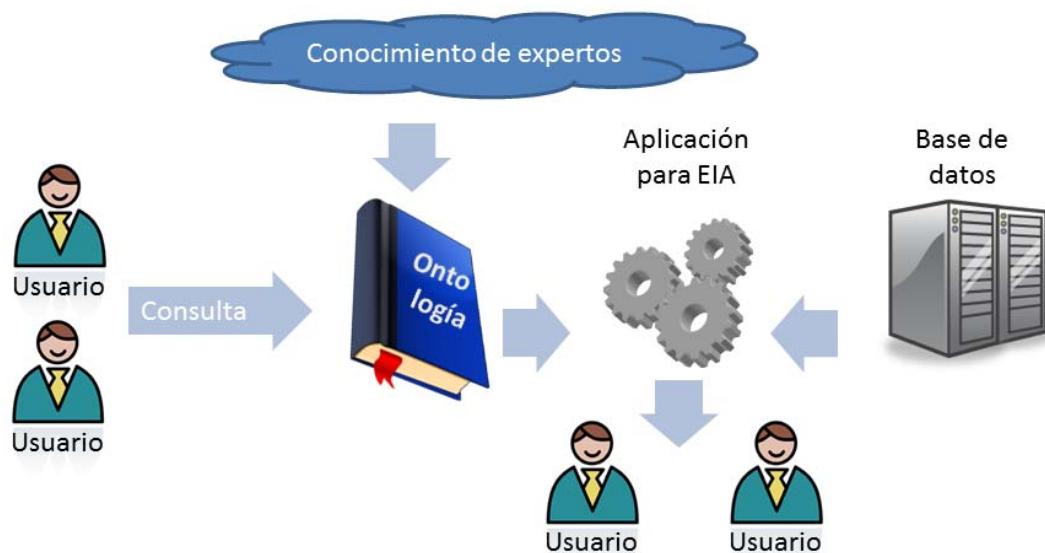


Figura 1. Visión general del uso de la ontología

En concreto, la ontología para EIA recoge la terminología y determina el marco conceptual de este campo de trabajo para facilitar la estructuración y desarrollo de metodologías. Una ontología es un conocimiento que debe ser consensuado, ya que está pensada para ser usada por un grupo de personas o entidades. De modo que se ha de establecer un acuerdo para determinar los conceptos y relaciones que son incluidos.

El uso de ontologías permite representar el conocimiento específico y los procesos necesarios en la EIA de forma compatible con otros usuarios. Permite homogeneizar (hacer coherente o compatible) la estructura de los datos a considerar, y sobre todo, la información que se considera en cada actividad. Se consigue por tanto una estructura única de representación de la información que contiene el conocimiento inherente a las diferentes actividades. En resumen, proporciona una base común a diferentes visiones sobre un área de conocimiento.



Puesto que la idea fundamental es compartir conocimiento, inicialmente usaremos la ontología para especificar la conceptualización de la EIA, como concepto global independiente de la actividad a que se refiera. Pero si nos referimos a un posible software que la utilice, será también una descripción de los conceptos y relaciones que existen para un agente o una comunidad de agentes. El desarrollo de la ontología será útil para compartir conocimiento, entre personas o entre agentes software, sobre la estructura de la información, y para permitir reutilizar el conocimiento sobre el dominio y hacer explícitas las afirmaciones sobre él.

De acuerdo con la **Figura 1**, la utilidad de la ontología puede ser la mera consulta y referencia por parte de usuarios como base de conocimiento durante el desarrollo de sus propias metodologías de EIA o su uso como base de conocimiento para aplicaciones informatizadas relacionadas con la EIA. Se obtiene, por consiguiente, una representación homogénea del conocimiento inherente al proceso de EIA, sea cual sea la actividad que se analiza, sea cual sea la metodología que se considere.

La definición formal de los conceptos puede aportar información de utilidad para el experto, como por ejemplo, los impactos ambientales que produce una determinada acción, los factores ambientales a los que afectan estos impactos o las medidas e indicadores ambientales que se utilizan para cuantificarlos.

Por todo esto, la ontología no es una herramienta que mejore por sí misma los procedimientos de la EIA, es un mecanismo para mejorar el intercambio de información que a su vez puede utilizarse como base de conocimiento. Si bien, ésta podría utilizarse en un sistema para la realización de EIA basada en dicho conocimiento.

DISEÑO DE LA ONTOLOGÍA

Desde un punto de vista técnico, la EIA es un proceso de análisis para identificar (relaciones causa-efecto), predecir (cuantificar), valorar (interpretar) y prevenir (corregir de forma preventiva) el impacto ambiental de un proyecto en el caso de que se ejecute (Gómez, 2003).

De esta y otras definiciones de EIA se pueden extraer y así justificar, los principales conceptos de la ontología: los impactos (impact), los elementos del medio que sufren impactos (ImpactedElement), las actividades industriales (IndustrialActivities), los elementos contaminantes (PollutantElement), las acciones humanas que producen impactos (ImpactingActions), los indicadores y unidades de medida para los impactos (IndicatorsAndMeasureUnits) y por último la valoración de los impactos (ImpactAssessment). En este punto es importante destacar que los conceptos se encuentran en inglés debido a que la ontología tiene carácter internacional.

A continuación se van a describir brevemente los principales conceptos y relaciones de la ontología. Estos conceptos son el primer nivel de una jerarquía más amplia, que no se va a detallar en este documento con exhaustividad.

Relaciones entre conceptos:

En la **Fig.2** se pueden ver los conceptos más importantes, que son los que se extraen directamente de la definición de EIA. De esta definición también se obtienen las principales relaciones. En la figura sólo se representan estas relaciones y conceptos por simplicidad, aunque existen otras a otros niveles de la jerarquía.

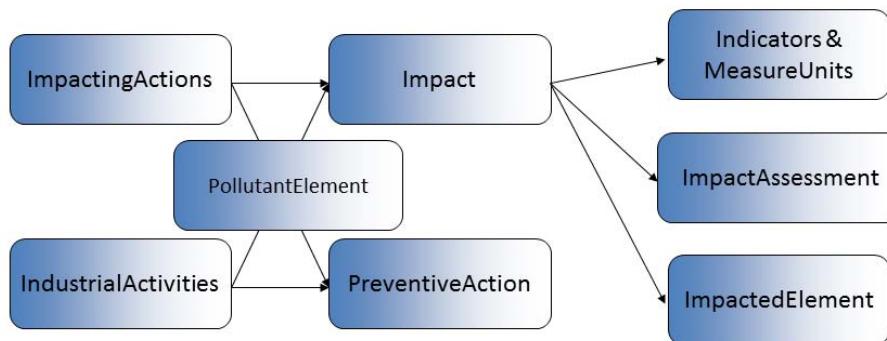


Figura 2. Conceptos más importantes del primer nivel de la ontología

ImpactingActions (Acciones que producen impactos):

Esta clase contiene las acciones que afectan al medio ambiente. Están divididas en dos grandes grupos, las acciones como tales (Gómez, 2003) y los procesos naturales de los que no es directamente responsable el hombre (GCMD, 2012; Smith, 2012).

Existe gran cantidad de listas de acciones en la bibliografía, en parte debido al auge que tuvieron las matrices causa efecto, en la que una componente son las acciones o actividades del proyecto y la otra los factores ambientales que se tienen en cuenta en el estudio.

La clase acciones se subdivide en un primer nivel en las clases: alteración de suelos, cambios de tráfico, fabricación, transformación del suelo y construcción, modificación del régimen, renovación de recursos, extracción de recursos, tratamiento químico, tratamiento de residuos y acumulación de residuos.

La clase NaturalProcess (Proceso natural) no incluye acciones impactantes por si solas, pero sí cuando se combinan o interactúan con las acciones humanas. Se divide en riesgo hidrológico, riesgo tecnológico, riesgo atmosférico, riesgo geológico y riesgo biológico.

IndustrialActivities-IPPC (Actividades industriales - IPPC):

De acuerdo con la RAE (Real Academia de la Lengua Española), industria es el conjunto de operaciones materiales ejecutadas para la obtención, transformación o transporte de uno o varios productos naturales. Las actividades industriales forman un sector con una problemática propia desde el punto de vista ambiental y de gran importancia en la EIA.

Los expertos consultados insistieron en que la clasificación de las actividades industriales que se reflejara fuera la de la directiva europea 2008/1/CE (IPPC).

Según (Directive 2008/1/EC, 2008), las actividades industriales se agrupan en industria química, industria energética o de combustión, industria mineral, producción y transformación de metales, gestión de residuos y otras industrias que no se pueden agrupar con las anteriores como son las instalaciones de eliminación de desechos, la cría intensiva, la fabricación de papel y cartón, el tratamiento previo o tinte de textiles, la fabricación de carbono, la fabricación de pasta de papel, los mataderos, el tratamiento de superficies, el curtido de cueros, fabricación de productos alimenticios y el tratamiento y la transformación de la leche.

Impact (Impacto):

La norma ISO 14001 define el impacto medioambiental como cualquier cambio en el medio ambiente, sea adverso o beneficioso, resultante en todo o parte de las actividades, productos y servicios de una organización (Block, 2000).

Esta clase incluye los impactos más comunes. Los impactos están agrupados por los elementos del medio a los que afectan. Impactos sobre la tierra, el paisaje, el hábitat, la atmósfera, el agua, los procesos geofísicos y los impactos socioeconómicos.

PreventiveAction (Acción preventiva):

Este concepto se corresponde con las medidas preventivas (sistemas de seguridad, funcionalidad, existencia de redundancias, procedimientos, alarmas, actividades de mantenimiento preventivo, etc.) con las que se cuenta, para atenuar la probabilidad de ocurrencia y el efecto de un posible accidente (ANENOR, 2000).

IndicatorsAndMeasureUnits (Indicadores y unidades de medida):

Los indicadores (Canter, 1995) se refieren a medidas simples de factores o especies biológicas, bajo la hipótesis de que estas medidas son indicativas del sistema biofísico o socioeconómico. Un indicador ambiental (Garmendia et al., 2005) es un factor ambiental que transmite información sobre el estado del ecosistema del que forma parte o de alguna característica del mismo. También se utilizan indicadores biológicos, por ejemplo, plantas como indicadores de las condiciones del agua y del suelo. Un organismo indicador es una especie seleccionada por su sensibilidad o tolerancia a los diversos tipos de contaminación y sus efectos (Canter, 1995).

El indicador de un factor se puede ver con la expresión por la que es capaz de ser medido. En algunos casos, el factor sólo será cuantificable de manera indirecta, mediante un modelo (Conesa, 2000). Los indicadores de impacto ambiental ayudan a identificar y valorar los impactos.

Los indicadores se pueden clasificar desde un punto de vista práctico como indicadores de alarma o aviso, indicadores de sensibilidad e indicadores de integración (Garmendia et al., 2005).

ImpactedElement (Elemento susceptible de impactado):

Los elementos del medio, son los que se ven afectados por los impactos ambientales.

La legislación nacional, en el Real Decreto 1/2008 (RD 1/2008, 2008), da una relación de factores que deben considerarse en las evaluaciones de impacto ambiental. Según éste, el medio ambiente sería el sistema constituido por el hombre, la fauna, la flora, el suelo, el agua, el aire, el clima, el paisaje, las interacciones entre los factores anteriores, los bienes materiales y el patrimonio cultural (Gómez, 2003).

No existen grandes diferencias entre las clasificaciones de los distintos autores. Esto ha permitido que no se haya seguido una clasificación concreta, sino que se hayan integrado distintas clasificaciones para obtener una más completa y estructurada.

Todos los elementos del medio que se han contemplado se agrupan en superficie de la tierra, paisaje, procesos, seres vivos, agua, hábitat, atmósfera y elementos socioeconómicos.

ImpactAssessment (Valoración del impacto):

Esta clase contiene las valoraciones para los impactos. Esta valoración está contemplada dentro del proceso de la EIA y se plasma en el informe técnico a la hora de hacer el estudio de impacto ambiental. Las valoraciones posibles que se contemplan son las descritas en (RD 1131/1988, 1988).

PollutantElement (Elemento contaminante):

De acuerdo con (Directive 2008/1/EC, 2008; Directive 2000/60/EC, 2000), los elementos contaminantes son aquellos que puedan, como consecuencia de la actividad humana, tener efectos perjudiciales para la salud humana o la calidad del medio ambiente, o que puedan causar daños a los bienes materiales o deteriorar o perjudicar el disfrute u otras utilizaciones legítimas del medio ambiente.

Esta clase incluye substancias que se consideran contaminantes, como pueden ser aguas ácidas de minas, radionúclidos artificiales, reactivos químicos, lixiviados, lodos, contaminantes atmosféricos y sustancias prioritarias para el medio acuático según la legislación europea.

Properties (Propiedades):

Dentro de la clase Properties se definen propiedades para el resto de la jerarquía de clases. Estas propiedades son características particulares que se relacionarán con el resto de clases mediante relaciones del tipo "tieneUnaPropiedad". Esto permite realizar las definiciones de los conceptos con más detalle, asignándoles de algún modo atributos o características.

Todas las propiedades provienen de las mismas fuentes de las que se han extraído las anteriores clasificaciones.

Otros conceptos generales:

La ontología contiene otros conceptos en el primer nivel de la jerarquía que no se van a detallar, pero sí citar. Estos son metodología, peligro ambiental, escenario, riesgo de desarrollo, riesgo, medidas reparadoras, medidas compensatorias, medidas complementarias, medidas de reparación primarias, evaluación de riesgo ambiental, evaluación de impacto ambiental, programa de vigilancia y control e identificación de impactos.

ONTOLOGÍAS BREVES

El proceso de extracción de ontologías breves persigue construir una nueva ontología (ontología breve O^B) sin la gran cantidad de información que tiene la original (O), por lo que se necesita establecer un mecanismo para realizar dicha reducción. Este mecanismo debe conseguir generar una ontología de propósito específico partiendo de una ontología de propósito más general. La ontología O suele ser una ontología de gran tamaño y es nombrada como ontología de base.

El algoritmo para construir O^B es un proceso recursivo que explora sobre O , sus individuos, conceptos y axiomas. Sin embargo, únicamente los que son considerados relevantes pasarán a formar parte de la nueva O^B . Por esta razón, la estructura de los conceptos y sus expresiones (como son definidos) son particularmente trascendentales.

En general, una metodología de EIA consiste en determinar las variables y factores que han de ser medidos. De hecho, se pueden encontrar muchos ejemplos en la literatura con metodologías para problemas específicos como construcción civil, aguas residuales y vertederos entre otros.

Las ontologías breves ofrecen la posibilidad de asistencia en el desarrollo de metodologías de EIA personalizadas en función de la actividad humana evaluada o de las acciones que se llevan a cabo en dicha actividad evitando tratar con información innecesaria.

En concreto, la generación de ontologías breves se realiza mediante un algoritmo trasversal que requiere la especificación de los conceptos con los que se inicia la ejecución. Por lo tanto, en el caso de la EIA se especifican las actividades o acciones humanas que se van a evaluar.

El resultado tras aplicar el proceso de extracción de ontologías breves es una ontología que contiene únicamente los impactos, factores ambientales, medidas preventivas e indicadores ambientales relacionados con las actividades o acciones en estudio. Finalmente, la ontología breve puede ser utilizada para construir una metodología específica para dicha actividad.

CONCLUSIONES

El trabajo describe el diseño de una ontología para la evaluación de impacto ambiental (EIA) con el propósito de crear una base de conocimiento accesible por expertos para su consulta y utilizar técnicas avanzadas de gestión de conocimiento en EIA, objetivo que requiere mejorar la estructuración de la información.

La ontología establece un marco conceptual y una terminología mediante definiciones formales que permiten solucionar el problema de la ambigüedad y por tanto permite asegurarse de que en diferentes sitios se utilicen los mismos conceptos.

Este uso de la ontología hace que se haya buscado que su contenido sea consensuado, razón por la cual está disponible en la web <http://arai.ugr.es/eiadifusa>. Esta plataforma permite a usuarios realizar sugerencias, críticas o simplemente explorarla y consultarla.

Con el fin de obtener un resultado con el suficiente rigor científico para que la ontología pueda ser utilizada, ha sido revisada por expertos en medio ambiente y su contenido se ha desarrollado teniendo en cuenta muchas fuentes, preferentemente por el siguiente orden: legislación y normativa europea, libros, legislación nacional o autonómica y por último informes técnicos o publicaciones internacionales.

La ontología propiamente dicha no es una herramienta que modifica los procedimientos de la EIA, si bien, está concebida para su utilización por expertos directamente como base de conocimiento de referencia. No obstante, la ontología también ha sido diseñada para que pueda utilizarse como ontología de dominio y base de herramientas informáticas de la EIA.

Por último, la ontología de EIA contiene conocimiento relativo a muchas actividades industriales y acciones humanas, así que, el uso de las ontologías breves permite seleccionar fragmentos de dicha ontología con el conocimiento relevante para una actividad en concreto.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado parcialmente por los proyectos de la Junta de Andalucía P07-TIC-02913 y P08-RNM-03584.

REFERENCIAS

- AENOR, 2000. UNE 150008. Environmental risk analysis and evaluation.
- AENOR, 2004. UNE 14001. Environmental management system. Requirements for its use. AENOR.
- D. Basu, R. Srivastava, and R. Vaishya, 2008. An assessment of air pollution impact for an indian highway project: A GIS based approach. *Management of Environmental Quality*, vol. 19, no. 5, pp. 510–519.
- M. Block, 2000. Identifying Environmental Aspects and Impacts. ASQQuality Press.
- J. J. Buckley and E. Eslami, 2002. An Introduction to Fuzzy Logic and Fuzzy Sets. Advances in Intelligent and Soft Computing. Geidelberg: Physica-Verlag.
- L. Canter, 1995. Environmental Impact Assessment. McGraw-Hill.
- R. Colomb, 2006. Formal versus Material Ontologies for Information Systems Interoperation in the Semantic Web. *Computer Journal*, vol. 49, pp. 4–19.
- V. Conesa, 2000. Guía Metodológica para Evaluación de Impacto Ambiental. Mundi-Prensa.
- Directive 2000/60/EC, 2000. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy (OJ L 327, 22.12.2000, p. 1-73).
- Directive 2008/1/EC, 2008. Directive 2008/1/EC of the European Parliament and of the Council of 15 January 2008 concerning integrated pollution prevention and control (OJ L 24, 29.1.2008, p. 8-29).
- A. Garmendia, A. Salvador, C. Crespo, and L. Garmendia, 2005. Evaluación de Impacto Ambiental. Pearson Educación.
- GCMD, 2012. GCMD ontology, Semantic Web for Earth and Environmental Terminology, <http://sweet.jpl.nasa.gov/ontology>
- D. Gómez, 2003. Evaluación de impacto ambiental: un instrumento preventivo para la gestión ambiental. Mundi-Prensa.
- O. Duarte Velasco, M. Delgado, and I. Requena, 2003. Algorithms to extend crisp functions and their inverse functions to fuzzy numbers. *International Journal of Intelligent Systems*, vol. 18, no. 8, pp. 855–876.
- O. G. Duarte Velasco, M. Delgado, and I. Requena, 2006. An arithmetic approach for the computing with words paradigm. *International Journal of Intelligent Systems*, vol. 21, no. 2, pp. 121–142.
- K. F. R. Liu, H. H. Liang, K. Yeh, and C. W. Chen, 2009. A qualitative decision support for environmental impact assessment using fuzzy logic. *Journal of Environmental Informatics*, vol. 13, no. 2, pp. 93– 103.
- D. Martin, A. Cheyer, and D. Moran, 1999. The open agent architecture: A framework for building distributed software systems. *Applied Artificial Intelligence*, vol. 13, no. 1-2, pp. 92–128.
- RD 1131/1988, 1988. Real Decreto 1131/1988, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución del Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación del Impacto Ambiental (BOE num. 239, de 5 de octubre de 1988).
- RD 1/2008, 2008. Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero, por el que se

aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos (BOE num. 23, de 26 de enero de 2008).

K. Smith, 2002. Environmental Hazards, Assessing risk and reducing disaster. Routledge.

S. Staab and R. Studer, 2009. Handbook on Ontologies (International Handbooks on 778 Information Systems). Springer.