



CENATAV

Centro de Aplicaciones de
Tecnologías de Avanzada
MINISTERIO DE LA INDUSTRIA BÁSICA

RNPS No. 2142
ISSN 2072-6287
Versión Digital

REPORTE TÉCNICO
**Reconocimiento
de Patrones**

SERIE AZUL

**Estado actual de la
interpretación semántica de
datos espaciales.**

Eduardo Garea Llano

RT_001

Marzo 2007





CENATAV

Centro de Aplicaciones de
Tecnologías de Avanzada
MINISTERIO DE LA INDUSTRIA BÁSICA

RNPS No. 2142
ISSN 2072-6287

SERIE AZUL

REPORTE TÉCNICO
**Reconocimiento
de Patrones**

**Estado actual de la
interpretación semántica de
datos espaciales.**

Eduardo Garea Llano

RT_001

Marzo 2007



Estado actual de la Interpretación Semántica de datos espaciales

Eduardo Garea Llano

Centro de Aplicaciones de Tecnología de Avanzada, 7a #21812 e/ 218 y 222, Siboney, Playa, Habana, Cuba
egarea@cenatav.co.cu

RT__001 CENATAV

Fecha del camera ready: marzo del 2007

Resumen: Este reporte de investigación expone el estado del arte acerca de los métodos de interpretación semántica de datos espaciales. Primeramente se presenta el origen, los objetivos, los conceptos básicos y la importancia de la interpretación semántica de datos espaciales. Se recoge de la literatura las instituciones, los grupos de trabajo y los investigadores notables en esta tecnología. Se expone un resumen de los principales resultados en los últimos cinco años y los problemas no resueltos. Se sugiere el posible foco de atención que tendrán los trabajos futuros teniendo en cuenta el punto de vista que los científicos han expuesto en diferentes publicaciones importantes.

Palabras clave: Estado del arte, semántica de datos espaciales, ontologías, sistemas de información geográfica, interoperabilidad semántica, web semántica geoespacial.

Abstract: This report considers a survey on semantic interpretation of spatial data. The origin, goals, basic concepts, and the importance of semantic interpretation of spatial data are presented. The institutions, working groups and notable scientific researchers in this technology are outlined. A summary of principal results obtained and the unsolved problems during the last 5 years have been outlined. The focus of possible future work is also suggested taking into consideration the point of view exposed in different important papers.

Keywords: State of the art, semantics of spatial data, ontologies, geographical information systems, semantic interoperability, geospatial semantic web.

ÍNDICE

Introducción.....	3
1. Bases teóricas de la Interpretación Semántica de datos espaciales.....	6
1.1 Orígenes.....	6
1.2 Objetivos.....	8
1.3 Principales líneas de trabajo.....	9
1.3.1 Los sistemas de información geográfica y los sistemas de información geográfica gobernados por ontologías.....	9
1.3.2 Las Ontologías.....	15
1.3.3 Conversión de raster a vector.....	16
1.3.4 Herramientas SIG inteligentes.....	17
1.3.5 Interpretación automática de imágenes geoespaciales.....	17
1.3.6 Web semántica geoespacial.....	17
Conclusiones del capítulo.....	18
2. Instituciones, grupos de trabajo e investigadores más destacados en la creación de teorías o aplicaciones de la interpretación semántica de datos espaciales.....	18
2.1 Instituciones y grupos de trabajo en Interpretación Semántica de datos espaciales....	18
2.2 Personalidades más destacadas.....	25
3. Investigaciones que se desarrollan en el área de la Interpretación Semántica de datos espaciales, principales problemas no resueltos.....	27
3.1 Investigaciones más recientes en el área de la Interpretación Semántica de datos espaciales.....	28
3.1.1 Interoperabilidad y sistemas de información geográficas.....	28
3.1.2 Conversión de raster a vector.....	31
3.1.3 Interpretación automática de imágenes geoespaciales.....	32
3.1.4 Generalización automática de mapas.....	32
3.1.5 Herramientas GIS inteligentes.....	34
3.1.6 Teorías para la semántica de la información espacial.....	35
3.1.7 Representaciones formales para datos espaciales.....	36
3.1.8 Comparación de similitudes de bases de datos espaciales.....	38
3.1.9 Recuperación de la información espacial basada en ontologías.....	39
3.1.10 Web semántica geoespacial.....	41
3.2 Principales problemas abiertos.....	42
Problemas abiertos.....	43
Conclusiones del capítulo.....	44
4. Interpretación de las principales publicaciones sobre Interpretación Semántica de datos espaciales.....	44
4.1 Revistas con publicaciones sobre Interpretación Semántica de Datos Espaciales.....	44
4.2 <i>Proceedings</i> que soportan avances en la Interpretación Semántica de datos espaciales.....	45
4.3 Tesis de doctorado.....	45
4.4 Principales libros sobre Semántica de datos espaciales.....	45

Conclusiones del capítulo.....	46
Conclusiones y trabajos futuros.....	46
Dos fases del proyecto.....	47
Referencias Bibliográficas.....	48

Introducción

El concepto de información espacial (o de información geográfica, o georreferenciada o geodatos, términos prácticamente sinónimos que en lo que sigue se utilizan indistintamente) es en la actualidad suficientemente conocido. Nos referimos con él a la información de todo tipo relativa a entes o eventos en la que se incluye la referencia a la localización de la misma sobre, o en las inmediaciones de la superficie de la Tierra. La referencia a la posición que ocupan dichos entes o donde suceden tales eventos puede adoptar distintas formas, como puedan ser las coordenadas geográficas (latitud y longitud), cartesianas en algún sistema de referencia cartográfico o, simplemente, una dirección postal que permita ubicar dicha posición en el espacio de forma inequívoca. Estimaciones que se encuentran frecuentemente en la literatura refieren que un 80% de la información en formato electrónico actualmente almacenada en sistemas de todo tipo, es información georreferenciada o susceptible de serlo. Naturalmente, estas estimaciones no hacen más que poner de manifiesto que prácticamente todo aquello sobre lo que resulta de interés recopilar y almacenar información tiene asociada una localización, siendo lo contrario casi más la excepción que la regla. Más interesante que su cuantificación es, desde el punto de vista que nos ocupa, resaltar algunas de las características y virtudes de la información espacial que justifican el interés en asociar a la información su localización en el espacio.

En primer lugar la capacidad netamente superior, y a veces exclusiva, que posee la información espacial para integrar conjuntos de información de otra forma inconexos, mediante la aplicación de las relaciones espaciales de coincidencia, proximidad o adyacencia que posibilita el conocimiento de la localización espacial. Esta característica singular es quizá la que mayor potencialidad proporciona a la información espacial, constituyendo la base del análisis espacial.

Por otro lado, la cualidad de la información espacial para su representación en forma gráfica y simbólica mediante mapas. Los mapas son una herramienta de comunicación de gran eficacia con las que el ciudadano común, no ya sólo el técnico, se encuentra altamente familiarizado. No es arriesgado afirmar que los mapas son una de las primeras formas de comunicación que aparecen en las civilizaciones, sin duda anterior a la escritura e incluso es posible que el lenguaje hablado.

Los mapas han desempeñado un papel de gran importancia a lo largo de la historia militar, económica y política de las naciones por lo que siempre han sido considerados activos de primera necesidad, a cuyo desarrollo se han dedicado importantes esfuerzos y recursos en consonancia con su carácter de infraestructura básica para el soporte de un gran número de actividades económicas y de todo tipo.

El desarrollo, hace ya más de tres décadas, de los primeros sistemas de información geográfica (GIS) supuso un profundo cambio en la utilización clásica de la información espacial. En efecto, metodologías y técnicas de análisis espacial de la información hasta entonces escasamente exploradas por la excesiva complejidad y prolijidad asociadas a los tratamientos manuales, se vieron progresivamente facilitadas, cuando no simplemente posibilitadas, con el procesamiento automatizado de la información espacial en formato digital.

Si bien las primeras aplicaciones de esta tecnología se centran fundamentalmente en la construcción de sistemas orientados a la gestión de recursos naturales y a la evaluación y gestión ambiental, y por supuesto las aplicaciones en el sector de la defensa (Foresman, 1998), las posibilidades asociadas a las mismas propiciaron que se registrara una rápida extensión a nuevas áreas de aplicación en campos tan diferentes como la gestión catastral, la logística de los sistemas de transporte o la protección civil, por citar sólo algunos. En la actualidad, esta difusión no ha dejado de progresar, incorporándose nuevos campos de aplicación que pudieran parecer tan remotos como las ciencias médicas o tan lógicos como la arqueología.

Sin embargo es en los últimos 10 años cuando asistimos a una actividad creciente y una evolución vertiginosa en cada una de las diferentes facetas que conforman el campo de las tecnologías de la información espacial. Son varios los elementos que configuran este nuevo escenario.

Desde el punto de vista puramente conceptual asistimos, por un lado, a la creciente percepción de que un gran número de fenómenos de todo tipo tienen un claro componente espacial subyacente que es a menudo el determinante para mejorar la comprensión de su dinámica de funcionamiento (Longley, 2001). En efecto, conceptos netamente espaciales a los que ya se ha hecho referencia, como son los de adyacencia, proximidad o coincidencia (superposición), son inherentes a las relaciones de causalidad que definen el comportamiento y la evolución de numerosos sistemas naturales, económicos, sociales, etc.

En paralelo, la también apuntada capacidad de la información espacial para integrar los diferentes factores que son potencialmente relevantes en el estudio de un determinado fenómeno o proceso, y la adecuación de las presentaciones gráficas para la visualización e interpretación de los resultados, hacen que las técnicas de análisis espacial sean herramientas de gran valor para el soporte a los procesos de toma de decisión sobre sistemas complejos de muy diferente naturaleza (Malkcewski 1999).

En el plano tecnológico, la evolución ha corrido en paralelo con la registrada en el campo más amplio de las terminologías de Informática y Comunicaciones (TIC), pudiendo afirmarse que la tecnología de los sistemas de información geográfica ha alcanzado un considerable grado de madurez y alineamiento tecnológico con las tendencias actuales.

Así, tras una primera fase en la que encontramos sistemas software cerrados de gran tamaño y complejidad (lo que se conoce con el nombre de GIS monolítico), cuya utilización se ve necesariamente confinada a pequeños grupos de usuarios con un grado de especialización ciertamente elevado, orientados a la realización de tareas muy concretas y, por lo general, con

una baja o nula integración con otros sistemas de información, se ha pasado en la actualidad a disponer de sistemas de uso cada vez más sencillo, integrados como una herramienta más de las habituales en cualquier *desktop*, compartiendo información con otros sistemas de información de alcance departamental o corporativo, cuando no, como es cada vez más habitual, plenamente integradas en ellos.

Por su parte, el desarrollo registrado en el campo de las comunicaciones de datos, y notablemente de Internet, con crecientes posibilidades para la transmisión de grandes volúmenes de información y para la implantación en la red de servicios tanto de proceso como de acceso a datos, ha propiciado la rápida generalización del intercambio y difusión electrónica de información espacial, así como el desarrollo, de las ya mencionadas arquitecturas de geoproceso distribuido e interoperable.

Esta tendencia emergente de implantación de servicios y productos cartográficos en la red, lo que se viene conociendo como Web Mapping, sienta las bases necesarias para el establecimiento efectivo de un entorno en el que es factible el intercambio, ya sea sin costo, o a uno muy bajo, o sujeto a una contraprestación económica, de información geográfica y servicios de geoproceso, muy en la línea de las visiones actuales sobre el mercado de la información y el desarrollo del sector de las industrias de la información (pueden consultarse al efecto el proyecto National Digital Framework del Ordnance Survey del Reino Unido (Ordnance Survey) y el Geography Network de ESRI (ESRI).

En el campo de las comunicaciones móviles, por su parte, se está registrando un rápido desarrollo de los denominados servicios posicionales, para los que en el futuro próximo se estima va a existir una importante demanda a medida que avance la implantación de las redes de telefonía móvil de tercera generación.

Completa este panorama, finalmente, la cada vez mayor disponibilidad y diversidad de medios tecnológicos para la captura y adquisición de información espacial, ya sea en forma de imágenes ráster mediante sensores ópticos o multispectrales embarcados en satélites o aeronaves, o en formatos vectoriales a partir de los sistemas de posicionamiento global (GPS, por sus siglas en inglés).

Ambas tecnologías permiten producir información geográfica con elevados niveles de precisión y actualización a costos cada vez menores, lo que está produciendo un crecimiento sin precedentes en la cantidad de información disponible que, en el momento actual, supera claramente la capacidad de asimilación de los diferentes colectivos de usuarios.

A modo de síntesis, nos encontramos, por tanto, en una situación en la que existe la conciencia suficientemente extendida de que las tecnologías y sistemas de la información espacial o geográfica: muestran un elevado grado de idoneidad para el análisis, la comunicación y el soporte a la toma de decisiones en un elevada y variada tipología de problemas y disciplinas, que su utilización puede reportar mejoras y beneficios sustanciales en la eficacia, eficiencia y calidad en la gestión de diferentes organismos centrales del Estado como empresariales, que existe la tecnología y la información suficiente y con las características y el grado de madurez adecuado para hacer efectivo, ya en el momento actual, el pleno potencial de estas tecnologías.

Entonces, ¿qué falta por hacer?

Falta la unión semántica de los mapas (Levashkin, 2006). Y no sólo de mapas, sino de “bases geográficas” y de forma general de las representaciones geoespaciales. Diferentes organizaciones dibujan con una exactitud determinadas líneas, puntos o polígonos sobre un plano, para representar corrientes de agua, fuentes de abasto, o puntos geodésicos, carreteras, caminos o vías férreas. Pero no se ponen de acuerdo sobre el significado, semántico u ontología de estos trazos. Lo que para una organización es una “autopista”, para otra, es “un vial de primer orden”. Lo que para una organización son “estuarios”, para otra pueden ser “zonas inundables”. El problema ahora no está en cómo representar con exactitud un elemento geográfico, sino que dos mapas o bases de datos geográficas representen lo mismo o tengan una unidad semántica común. O que un usuario familiarizado con una nomenclatura (representación semántica) entienda otra información cartográfica hecha por otra organización u otro usuario. Esta unión semántica es la base para la obtención de una verdadera interoperabilidad e intercambio de los datos geoespaciales entre diferentes usuarios.

El reporte de investigación ha sido organizado en cuatro capítulos. El primero está dedicado a la recopilación de las bases teóricas de la interpretación semántica de datos espaciales, sus orígenes y los objetivos a los que se destina así como las principales líneas de trabajo que aborda. Se expone un grupo de conceptos básicos expresados respetando incluso, los términos de sus creadores.

En el capítulo 2 se relacionan las instituciones, grupos de trabajo y los investigadores más destacados en la creación de teoría o aplicaciones de la interpretación semántica de datos espaciales. El capítulo 3 recoge las investigaciones que se desarrollan en el área de la interpretación semántica de datos espaciales y se describen algunos de los principales problemas no resueltos. El capítulo 4 está dedicado a la identificación de las principales fuentes que divulgan los resultados teóricos y prácticos de la disciplina, las tesis de doctorado defendidas en este tema, las páginas y sitios web en Internet sobre el tema y las revistas y eventos internacionales más significativos donde se puede encontrar información. Las conclusiones recogen algunas consideraciones y las proyecciones que pudieran tomar las investigaciones tomando en cuenta los problemas abiertos detectados.

1 Bases teóricas de la Interpretación Semántica de datos espaciales

1.1 Orígenes

Como disciplina que abarca un amplio espectro de ramas de las ciencias de la computación y de la información, tiene sus orígenes en los postulados de las mismas y del propio desarrollo de su aplicación a la integración y manejo de los datos espaciales en la segunda mitad del siglo XX.

En el pasado, intercambiar la información geográfica era tan simple como enviar mapas de papel o datos, a través del correo. Con el transcurso del tiempo y debido al enorme volumen de datos geoespaciales que se generaba y a la necesidad de que los mismos fueran compartidos por el mayor número posible de usuarios, se hizo imprescindible el uso de los SIG, como una herramienta integradora. Surge así la necesidad de compartir la información geográfica. Este problema se comenzó a tratar por varios autores en la década de los 90 (McKee *et al.*, 1996; Vckovski, 1998; Goodchild *et al.*, 1999).

Las primeras investigaciones acerca de la integración de las bases de datos, en general, datan de mediados de los años 80 del pasado siglo (Batini *et al.*, 1986) y se fueron desarrollando hasta que la interoperabilidad se transformó en una ciencia de la integración (Wiederhold, 1999). Debido a la complejidad y riqueza de los datos geográficos y la dificultad de su representación, se producen una serie de problemas muy específicos para lograr la interoperabilidad en este tipo de datos. Algunos comenzaron a sugerir que estructuras sofisticadas como las ontologías serían buenas candidatas para representar y resumir los datos geográficos, a la par de lograr que los mismos sean compartidos.

Desde muy temprano se ha discutido acerca de los SIG integrados (Ehlers *et al.*, 1991 y Davis *et al.*, 1991). Este término fue concebido con el significado general de integración de diversas tecnologías SIG, o para reflejar un punto de vista particular de una comunidad como la comunidad de sensores remotos. Fonseca *et al.* (2002) utilizan ese término para la integración de la información geográfica en cualquiera de sus formatos de representación, lo que incluye objetos y campos físicos en un ambiente que posibilite al usuario su empleo de manera conjunta. Davis *et al.* (1991) opinaron que el mayor impedimento para alcanzar la integración es más conceptual que técnico. Abel *et al.* (1994) consideraron que la integración, vista como la mezcla de diversas tecnologías, es una directriz básica para una nueva generación de SIG y de hecho Fonseca *et al.* (2002) afirmaron que durante un tiempo las investigaciones siguieron ese curso. Couclelis (1992) y Egenhofer y Mark (1995) se preguntaban por un SIG que superara las limitaciones de las representaciones raster, vector y de la geometría Euclidiana. Pissinou *et al.* (1993) propusieron direcciones de trabajo que incluían objetos e inteligencia artificial. Egenhofer y Mark (1995) describieron áreas de investigación donde la ciencia de la computación juega un papel principal en la próxima generación de sistemas y discutieron acerca de SIGs que posibilitaran el trabajo en 3D basados en conocimientos, introdujeron el concepto de “*naive geography*” que es un cuerpo de conocimientos que recoge la manera en que la gente razona acerca del espacio geográfico y del tiempo. Por su parte, Sondheim *et al.* (1999) consideraron

que la investigación de soluciones sobre interoperabilidad era el camino para migrar de los sistemas monolíticos que dominaban el mercado.

A partir de que los primeros estudios sobre interoperabilidad fueron obtenidos involucrando la interoperabilidad sintáctica, o sea, tipos de datos y formatos y la interoperabilidad estructural, o sea la integración de lenguajes de consulta (*query*) e interfaces (Sheth, 1998) y tomando en cuenta que los sistemas de información que existían en esa época comenzaban de forma creciente a tratar los problemas de la información y el conocimiento, surge el concepto de interoperabilidad semántica como uno de los mayores retos para los sistemas de información de la próxima generación de estos sistemas

En sistemas de información, la semántica relaciona el contenido y representación de la información a entidades o conceptos en el mundo. El problema de la interoperabilidad semántica es la identificación de objetos semánticamente similares que pertenecen a bases de datos diferentes y la resolución de sus diferencias esquemáticas (Kashyap y Sheth, 1996). La heterogeneidad semántica puede sólo existir y por consiguiente ser resuelta por objetos semánticamente similares (Bishrr, 1997). Los estudios en ese sentido realizado en esa época comenzaban a sugerir a las ontologías como marco para la detección de la similaridad semántica (Bishrr 1997, Kashyap y Sheth, 1996)

Por otro lado las ontologías como una especificación de software fueron sugeridas desde 1991 (Gruber, 1991). El uso de ontologías en la construcción de sistemas de información es ampliamente discutida por Guarino (1998) y específicamente en la construcción de los SIG se comienzan ya a ver en los trabajos de Smith y Mark (1999). Nuñez (1991) señaló que el primer paso para construir la nueva generación de SIG sería la construcción de una colección sistemática y específica de entidades geográficas, sus propiedades y relaciones.

En este sentido, podemos decir que la disciplina de la Interpretación Semántica de datos espaciales comienza a surgir con esta necesidad imperiosa de lograr una interoperabilidad e integración de los datos geoespaciales. Los primeros trabajos en ese sentido comienzan a aparecer a finales de los 90, publicados por uno de los especialistas que más aportes ha realizado en esta línea de investigación, Max Egenhofer, son conocidos sus trabajos sobre evaluación de las similaridades semánticas entre definiciones de clases de rasgos en el dominio geoespacial, ontologías e interoperabilidad semántica entre SIGs (Fonseca F, Egenhofer M, 2000) y la fundación ontológica de la ciencia de la información geográfica.

Lo que se hace hoy en la práctica internacional, recogida de publicaciones de primera línea y muchas veces expuesto por sus propios autores, se ha sintetizado en la presente revisión.

En Cuba no hay antecedentes del uso de este enfoque, sólo algunas técnicas han sido aplicadas indistintamente en diversas instituciones aunque no bajo la denominación de "Semántica", sino como parte de la Geomática.

En este caso, las investigaciones en Cuba han estado dirigidas a la aplicación de herramientas de conversión de raster a vector y de procesamiento digital de imágenes y en algún grado al desarrollo de herramientas y algoritmos, como los implementados en el Software TeleMap (ICH,

1994) en el que se implementaron herramientas de vectorización automática y semiautomática de mapas raster, así como herramientas de procesamiento digital de imágenes y Sistemas de Información Geográfica. No obstante la Semántica de datos espaciales como disciplina que puede traer grandes beneficios, se desconoce en la mayoría, por no decir en todas las instituciones encargadas del procesamiento de este tipo de información (MINBAS, MINFAR, CITMA, MINAGRIC, etc.).

Recientemente ha sido creada la Comisión Nacional de la Infraestructura de Datos Espaciales (Consejo de Ministros, 2005).cuyo objetivo es establecer y definir las políticas, tecnologías, estándares y recursos humanos necesarios para la efectiva recolección, procesamiento de datos, administración, acceso, entrega y utilización de los datos geoespaciales en los niveles municipal, provincial y nacional en función de las decisiones económicas, políticas, sociales y del desarrollo sostenible. En ese contexto, se han comenzado a dar los primeros pasos en el desarrollo de aplicaciones distribuidas en la web sobre una plataforma desarrollada en el país bajo las especificaciones basadas en estándares (OpenGIS, 1996), con un Nomenclador de nombres geográficos, un servicio de catálogo de mapas y un servicio de mapas geográficos (<http://www.iderc.co.cu/>).

Muy recientemente en el marco de un proyecto regional (Delgado T. y Crompvoets J., 2007) se han comenzado a realizar los primeros esfuerzos para la integración de la información espacial en una infraestructura de datos espaciales que comprenda no sólo la interoperabilidad de estándares de datos sino que alcance la interoperabilidad semántica, en este sentido han sido presentados ya algunos resultados (Balmaceda C, 2007; Garcia M *et al*, 2007). En este sentido, el autor de este reporte (Garea, E., 2007) ha propuesto algunas ideas de integración de los sistemas de información geográfica gobernados por ontologías a la infraestructura de datos espaciales de la República de Cuba (IDERC) como herramienta que permitirá que la información geográfica utilizada para las aplicaciones SIG en la toma de decisiones sea compartida e integrada a la IDERC.

1.2 Objetivos

El procesamiento de datos espaciales tiene como objetivo el estudio de la distribución espacial de los fenómenos y procesos tanto naturales como antropogénicos que se localizan o distribuyen ya sea sobre, o bajo la superficie de la tierra, así como distribuidos en cualquier espacio, las geociencias y otras aplicaciones son las principales beneficiarias del empleo de estas técnicas que han venido cobrando desarrollo y fortaleza en los últimos años a nivel mundial, sobre todo por la introducción de las tecnologías de la informática, lo que ha propiciado el surgimiento de una nueva disciplina, la Geomática, que abarca un amplio diapasón de estas tecnologías.

El término semántica se refiere a los aspectos del significado o interpretación de un determinado código simbólico, lenguaje o representación formal. En principio cualquier medio de expresión (código, lenguas, ...) admite una correspondencia entre expresiones de símbolos o palabras y situaciones o conjuntos de cosas encontrables o inferibles en el mundo físico o abstracto que puede ser descrito por dicho medio de expresión

Para definir la semántica espacial, es indispensable conocer las características esenciales que envuelven a los datos espaciales. Según Torres (2002), está basada en la provisión de una serie de reglas que describen la semántica espacial. Esta serie está compuesta por relaciones, propiedades, funciones y comportamientos que definen las características de la información geográfica. Todas estas características son consideradas en los sistemas de objetos de un espacio finito de objetos geográficos. Por consiguiente, el contenido de la serie de reglas espaciales refleja la distribución espacial topológica y lógica y el atributo de las propiedades espaciales de los datos.

En cierto sentido, los sistemas de información geográfica (GIS, por sus siglas en inglés) han estado basados siempre en la semántica, a veces incluso sobre una semántica explícitamente definida. Por ejemplo, un usuario GIS en una agencia de planeamiento medio ambiental en un determinado país que contenga archivos de datos espaciales, estos datos se encuentran catalogados sintácticamente y semánticamente por sus roles, clases de objetos y atributos recurrentes en los datos topográficos, el uso de la tierra. De manera similar, el uso de la tierra y bases de datos de coberturas terrestres han estado siempre construidas de acuerdo a algunas clasificaciones semánticas, como el estándar European CORINE (EEA, 2000). Entonces, ¿qué ha cambiado?, ¿qué significaría hoy para un GIS estar basado en semántica?

La respuesta es que el acceso y el uso de la información geoespacial han cambiado radicalmente en la década pasada. Anteriormente, los datos procesados por un GIS así como sus métodos han residido localmente y contenido información que era lo suficientemente explícita en la comunidad de información respectiva (Bishr, 1999). Ahora, los métodos y los datos pueden ser recuperados y combinados de una manera *ad hoc* desde cualquier lugar del mundo escapando de sus contextos locales. Estos contienen atributos, tipos de datos, y operaciones con significados que difieren de aquellos contenidos por catálogos y manuales localmente sostenidos. Tomando en cuenta que la semántica especificada por estos recursos locales no es legible por la máquina, esta no puede ser compartida por otros sistemas. Esta situación define los retos de la interoperabilidad semántica (Sheth, 1999)

1.3 Principales líneas de trabajo

1.3.1 Los Sistemas de Información Geográfica y los Sistemas de Información Geográfica Gobernados por Ontologías

El desarrollo y uso de los GIS se basa, entre otras cosas, en la representación del conocimiento. Los GIS (<http://www.gis.com> y http://erg.usgs.gov/isb/pubs/gis_poster/) son sistemas computacionales que enlazan la información geográfica (¿dónde se encuentra un objeto?) con información descriptiva (¿qué son esos objetos?). Los GIS son generalmente utilizados para analizar y visualizar información espacio-temporal. Originalmente desarrollados para la creación de mapas temáticos, los GIS apoyan la captura, el almacenamiento y análisis de los datos. La fuerza de los GIS viene dada por la habilidad de relacionar información en un contexto espacial y de obtener detalles acerca de estas relaciones. Los GIS, por consiguiente, pueden revelar nueva información que permite la toma de mejores decisiones.

El primer trabajo introduciendo la concepción de los Sistemas de Información Geográfica Gobernados por Ontologías (SIGGO), en inglés *Ontology Driven Geological Information System (ODGIS)*, aparece en 1999 y es de los autores Federico T. Fonseca y Max J. Egenhofer del National Center for Geographic Information and Analysis, de la Universidad de Maine, Estados Unidos (Fonseca, F., Egenhofer M., 1999). Ellos definieron los SIGGO como un caso particular de sistema de información gobernado por ontología.

En los SIGGO las ontologías son una componente más, como lo es la base de datos temáticos o espaciales que interviene y coopera de la misma manera para alcanzar los objetivos para los cuales fue creado el SIG. El primer paso para construir un SIGGO es la especificación de las ontologías mediante un editor de ontologías. El editor almacena una representación formal de las ontologías y proporciona una traducción de las ontologías hacia un lenguaje computacional formal (por ejemplo, Java). Navegando a través de la ontología, el usuario puede obtener información acerca del conocimiento contenido en el sistema. Después de la traducción las ontologías estarán disponibles en forma de clases que contienen atributos y operaciones y que constituirán las funcionalidades del sistema.

La estructura SIGGO posee dos aspectos fundamentales: *generación del conocimiento* y *uso del conocimiento*. La generación del conocimiento comprende la especificación de las ontologías utilizando el editor de ontologías, la generación de nuevas ontologías a partir de las ya existentes y la traducción de ontologías a componentes de software. La fase de uso del conocimiento se apoya en los productos obtenidos en la fase anterior: una serie de ontologías especificadas en un lenguaje formal y en una serie de clases. Las ontologías están disponibles para ser navegadas por el usuario final y para su utilización en la generación de aplicaciones, análisis y finalmente las posibles alternativas de decisión. En la Fig. 1 se muestra el esquema de una estructura de SIGGO, basada en Fonseca y Egenhofer (2002).

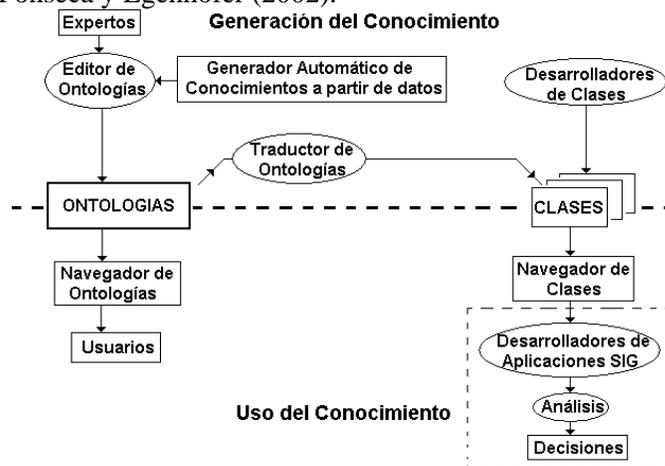


Fig. 1. Esquema de un SIGGO modificado a partir de Fonseca y Egenhofer (2002).

Generación del conocimiento

Los Sistemas de Información Geográfica Gobernados por Ontologías están basados en dos nociones básicas: hacer explícitas las ontologías antes que el sistema de información haya sido desarrollado, y división jerárquica de puntos de vistas para la comunidad de la información geoespacial.

El uso de ontologías explícitas contribuye a un mejor sistema de información debido a que de esta manera se evitan conflictos entre los conceptos ontológicos y la implementación. Además, las ontologías de nivel superior pueden ser utilizadas por sistemas interoperables ya que representan un vocabulario común compartido por una comunidad.

Es importante resaltar que los creadores de esta arquitectura se basan en las ontologías y no en los esquemas de bases de datos. El enfoque que ellos presentan esta basado en un grupo de personas que alcanzan un acuerdo sobre qué son las entidades geográficas básicas de su mundo. No importa si las entidades están almacenadas o no en una base de datos. Un esquema de base de datos representa lo que está almacenado en la misma. Una ontología representa una visión de lo que existe en el mundo, entiéndase en el universo de esa rama del conocimiento. Luego, las ontologías son más ricas en su semántica que los esquemas de bases de datos. La información que existe en las bases de datos tiene que ser adaptada para llenar las clases de las ontologías. Por ejemplo, el concepto de suelo puede ser representado de forma diferente en diversas bases de datos, pero el concepto es sólo uno, al menos para el punto de vista de una comunidad. Este punto de vista está expresado en la ontología que esta comunidad ha especificado. En la arquitectura SIGGO, diversos mediadores tienen que actuar para recolectar los aspectos fundamentales de suelo de diversas fuentes de información y conformar la instancia de un suelo de acuerdo a la ontología.

Según los filósofos, el mundo se encuentra dividido en diferentes grupos de personas. Cada grupo tiene una visión diferente del mundo. Desde el punto de vista geográfico varios autores han llamado a estos grupos como Comunidades de la Información Geoespacial (CIG). Los creadores de la arquitectura SIGGO asumen que una CIG es un grupo de productores y usuarios de datos espaciales que comparten una ontología de un fenómeno del mundo real. Por ende, las ontologías constituyen el conocimiento particular base que describe hechos que son siempre verdaderos para una comunidad de usuarios. Estas concepciones son fundamentales para los SIGGO ya que se puede considerar que las ontologías de diversas comunidades de usuarios pueden ser conformadas y más tarde unidas si es necesario. Estos autores utilizan también la jerarquía de grupos para generar ontologías de diferentes niveles. Por ejemplo, en un municipio, el presidente del gobierno y sus subordinados inmediatos tienen una visión general del problema de la recogida de desechos sólidos. La dirección de servicios comunales tiene una visión que es más detallada que la del presidente del gobierno. Dentro de la dirección de comunales, la sección encargada de la recogida de los desechos sólidos tendrá una visión aun más detallada de cómo se distribuye este problema en la municipalidad. Entonces, se deben considerar las ontologías comunes como un lenguaje de alto nivel que une a estas comunidades. Por ejemplo, en la dirección de comunales de la localidad puede existir un SIG con la distribución de los puntos de recogida de desechos con sus características y por consiguiente, habrá más de un modelo de datos. Pero la conceptualización de la red de recogida de desechos de la municipalidad es la

misma para todos estos grupos, de manera que una sola ontología puede conducir esta conceptualización. Los SIGGO permiten a las CIG compartir más de una ontología. Los usuarios tienen la posibilidad de compartir la información a través del uso de clases comunes derivadas de las ontologías. El nivel de detalle está relacionado con el nivel de detalle de la ontología.

En los SIGGO es necesario la unión de las CIG y la especificación de ontologías en diferentes niveles. La primera ontología especificada dentro de una comunidad es una ontología de nivel superior o base. La asunción aquí es que esta ontología existe y que esta puede ser especificada. La pregunta de si esta ontología existe o no, es un problema discutido que no ha recibido aún consenso. Los autores de esta arquitectura defienden la idea, que nosotros compartimos, de que la misma existe dentro de cada comunidad, aunque esta puede ser, en ocasiones, demasiado genérica. Las personas dentro de cada comunidad se comunican, y por ende, están de acuerdo en los conceptos más básicos. Una ontología de nivel superior o base describe estos conceptos básicos.

Luego de que la ontología de nivel superior sea especificada, pueden ser creadas ontologías más detalladas a partir de aquella. La asunción de un SIGGO es que las ontologías de nivel medio son creadas utilizando conceptos especificados en ontologías de nivel superior. Estos conceptos son definidos en ellas con más detalles y pueden aparecer nuevas combinaciones.

Por ejemplo, vamos a considerar el concepto de suelo. En el marco de este trabajo podemos asumir que el consenso entre las diferentes comunidades puede ser alcanzado refiriéndonos a cuáles son las propiedades básicas de un suelo. Mark (1993) consideró que una definición genérica de una clase puede ser definida por sus propiedades más comunes y de esta manera, evitar una definición rígida de exactamente, ¿qué es un suelo?. En los niveles inferiores pueden ser hechas definiciones más específicas. Esta idea es aplicada en nuestra propuesta de estructura multi-nivel para un SIGGO de suelos, y que se detalla seguidamente.

Un suelo puede ser visto de forma diferente por varias CIGs. Para una institución geológica, un suelo puede ser visto como un tipo de depósito de sedimentos cuaternarios. Para una institución agrícola puede ser visto como un cuerpo independiente de la cobertura terrestre donde se desarrollan los cultivos. Para un científico del medio ambiente puede ser visto como un ecosistema con su diversidad de vida animal y vegetal. Una ontología de nivel superior que describa un concepto de suelo aceptado por estas CIGs podría ser: El suelo es un cuerpo de la cobertura terrestre cuya génesis se deriva de complejos procesos geológicos donde se desarrolla un ecosistema y que se utiliza para la siembra de cultivos. Una ontología que recoja este concepto podría considerarse como una ontología base o de nivel superior. Sin embargo en el marco de los SIGGO, otros conceptos de suelo pueden ser derivados a partir de esta ontología de nivel superior. Esto puede ser hecho utilizando la herencia. Los nuevos conceptos de suelo tendrán todas las propiedades básicas definidas en la ontología base, más las adicionadas que la CIG considere relevante para su concepto de suelo. Lo mismo ocurre con otras CIGs. Si todas ellas heredan de la ontología base, entonces podrán compartir la información completa solamente a este nivel, sin embargo podrán compartir información parcial en los niveles bajos.

Existen dos posibilidades para la construcción de las ontologías: primero, que estas pequeñas comunidades pueden unirse con otras comunidades con los mismos intereses y probar construir una ontología de nivel superior que abarque sus ontologías propias a partir de estas. Como

segunda variante está que estas comunidades se unan antes de especificar sus ontologías propias con el objetivo de definir una ontología de nivel superior. El asunto más importante aquí es que la arquitectura SIGGO permite reutilizar y combinar las ontologías sobre la base de la reutilización de las clases a través del uso de la herencia. La misma razón aplicada dentro de una comunidad, puede ser expandida a comunidades de nivel superior, o a subgrupos dentro de una comunidad. Un buen ejemplo de esto es la ontología especificada por los miembros de la FAO que definieron una ontología de nivel superior para la clasificación de diferentes tipos de coberturas de suelos a ser utilizadas en la interpretación de imágenes de teledetección (Gregorino y Cansen, 1998).

La serie de ontologías es representada en una jerarquía. Los componentes de la jerarquía son clases modeladas por sus rasgos distintivos (partes, funciones y atributos). Esta estructura para representar ontologías fue ampliada por Rodríguez (2000) con la adición de los roles. Los roles permiten una representación más rica de las entidades geográficas y evitan el problema de la herencia múltiple, que no siempre es conveniente.

El resultado del trabajo de las CIGs con el editor de ontologías es una serie de ontologías. Una vez que las ontologías son especificadas, podemos traducirlas en clases. La traducción esta disponible como función del editor de ontologías. Las ontologías estarán disponibles para ser navegadas por el usuario final, y proveen la información del metadato acerca de la información disponible. La serie de clases contienen los datos y las operaciones que constituyen las funcionalidades del sistema. Estas clases contienen el conocimiento disponible a ser incluido en los nuevos sistemas basados en ontologías.

Uso del conocimiento

El resultado de la fase de generación del conocimiento de un SIGGO es una serie de ontologías especificadas en un lenguaje formal y una serie de clases. Las ontologías están disponibles para ser navegadas por el usuario final, como una vía para conocer el conocimiento incluido en ellas.

Los componentes principales de una arquitectura SIGGO se muestran en la Fig. 2.

El servidor de ontologías: tiene un rol central en el SIGGO ya que provee la conexión entre todos los componentes principales. El servidor es también responsable de que las ontologías estén disponibles para las aplicaciones. La conexión entre el servidor y las fuentes de información es realizada a través de los mediadores.

Los mediadores: buscan la información geográfica y la transforman a un formato interpretable por el usuario final. Los mediadores son fragmentos de software con conocimiento embebido. Los expertos construyen los mediadores introduciendo su conocimiento en ellos y manteniéndolos actualizados.

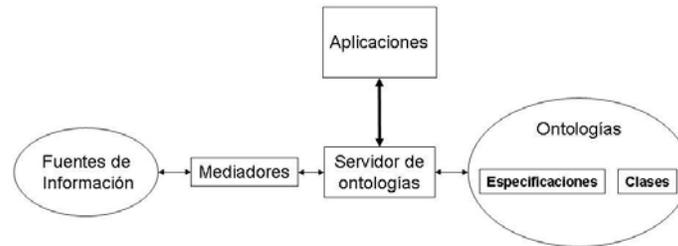


Fig. 2. Arquitectura básica de un SIGGO (Fonseca, 2001)

- *Las ontologías:* Están representadas por dos tipos de estructuras: las especificaciones y las clases. Las especificaciones están hechas por los expertos y almacenadas de acuerdo a sus rasgos distintivos (partes, funciones y atributos) y sus interrelaciones semánticas (relaciones: es-un, parte-de, y todo-de). Esta estructura de la ontología proporciona información sobre el significado de los conceptos disponibles y puede ser utilizada por el usuario para conocer qué información está almacenada y para comparar su concepción del mundo con otras concepciones disponibles almacenadas por el *manager* de ontologías. Las clases son el resultado de la transformación de las ontologías en componentes de software que van a ser utilizadas para desarrollar aplicaciones. Las clases son completamente funcionales con todas las operaciones que pueden ser aplicadas a esa entidad.
- *Las fuentes de información:* Las fuentes de información geográfica en un SIGGO pueden ser cualquier tipo de base de datos geográfica con tal que éstas se vinculen con un mediador. El mediador tiene la función de extraer los fragmentos de información necesarios para generar una instancia de una entidad perteneciente a una ontología. El mediador tiene también la función de brindar nueva información de retorno en caso de una actualización.
- *Las aplicaciones:* Una de las aplicaciones de un SIGGO es la recuperación de la información. Los mediadores proveen instancias de las entidades en el servidor de ontologías. El usuario puede buscar la información en diferentes niveles de detalle dependiendo del nivel de ontología utilizado. Otros tipos de aplicaciones pueden ser desarrollados como la actualización de las bases de datos y diferentes tipos de procesamiento geográficos, incluyendo análisis estadístico y procesamiento de imágenes.

Por ejemplo, un usuario quiere recuperar información acerca de los tipos de suelo de una región determinada. Primero, el usuario revisa el servidor de ontologías buscando las clases relacionadas. Luego, el servidor de ontologías inicia a los mediadores que buscan la información y retornan una serie de objetos de la clase especificada. Los resultados pueden ser mostrados (Fig. 3) o pueden aplicar algún tipo de operación válida, por ejemplo un análisis estadístico, una transformación sobre una imagen para obtener una interpretación de ella (una segmentación, una imagen - mapa).

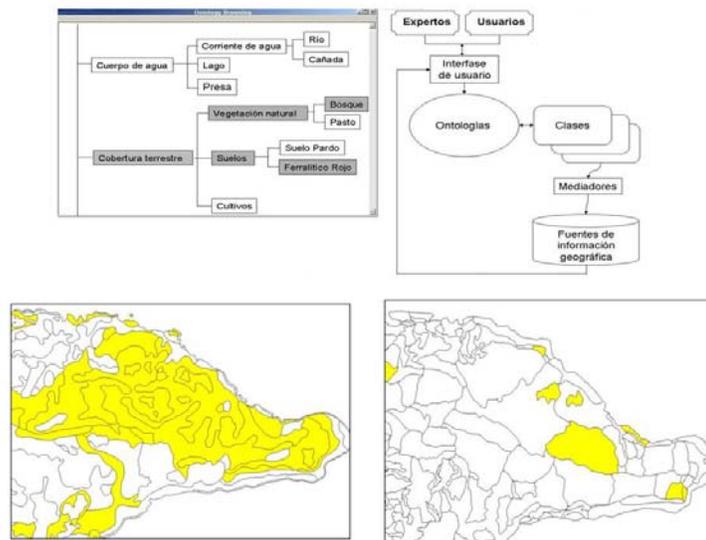


Fig. 3. Esquema para un proceso de búsqueda con un SIGGO, adaptado y modificado de Fonseca (2001)

1.3.2 Las ontologías.

Las ontologías (Euzenat J., 2001) fueron desarrolladas en el marco de la inteligencia artificial (IA) para facilitar el compartimiento del conocimiento y su reutilización. Las actuales investigaciones sobre ontologías pueden ser encontradas en la comunidad de las ciencias de la computación, en áreas como la lingüística computacional o de teoría de las bases de datos. Estas investigaciones cubren campos como la ingeniería del conocimiento, la integración y recuperación de la información y el análisis orientado a objetos encontrando aplicación en diferentes campos como la medicina, la ingeniería mecánica y los Sistemas de Información Geográfica. La razón de la popularidad de las ontologías es que ofrecen un entendimiento común y compartido de algunos dominios que pueden ser comunicados entre las personas y los sistemas aplicados. Las ontologías son cruciales para la interoperabilidad del conocimiento, compartir una misma ontología es una precondition para la integración y compartimiento de los datos. Las ontologías son también necesarias a la Web Semántica.

El término “ontología” ha sido utilizado en muchas formas y en diferentes comunidades. Los filósofos e ingenieros de software tienen una perspectiva diferente acerca de la misma. La palabra ontología fue tomada de la filosofía, donde ofrece una explicación sistemática del ser. En el campo de las ciencias de la computación este término también ha alcanzado gran relevancia, donde han sido propuestas muchas definiciones del mismo. Las ontologías son principalmente consideradas como una explicación de algún vocabulario compartido o conceptualización de una materia específica.

Una definición popular del término ontología en las ciencias de la computación es: una especificación formal, explícita, de una conceptualización. La conceptualización se refiere a un modelo abstracto de algún fenómeno en el mundo. En general cada persona tiene una visión individual del mundo. Los términos del lenguaje natural utilizados para comunicarse tienen una base común de entendimiento y pueden ser asumidos para constituir un vocabulario compartido. Este entendimiento común descansa en la idea de cómo el mundo es organizado. Sin embargo una conceptualización nunca es universalmente válida. Las ontologías han estado llamadas a resolver el problema del conocimiento implícito y oculto haciendo la conceptualización explícita. Una ontología puede tomar una variedad de formas, pero siempre le será necesario incluir un vocabulario de términos y algunas especificaciones de su significado.

Las ontologías pueden ayudar a los SIG en el compartimiento y procesamiento de los datos. La necesidad de compartir la información geográfica es evidente. En la actualidad en nuestro país (y a nivel mundial), existe un volumen gigantesco de datos referidos al espacio geográfico que constituye un recurso de valor incalculable como base de la toma de decisiones sociales, económicas y ambientales. Para ello esta información tiene que ser integrada y compartida. El apoyo y uso de ontologías en los SIG debe ser el rasgo básico de estos sistemas para solucionar el problema de la heterogeneidad semántica y poder hacer uso del volumen de información disponible.

1.3.3 Conversión de raster a vector

El problema de la conversión automática raster a vector ha formado parte de la atención de los investigadores en los últimos años obteniendo importantes resultados en lo referente a: la interpretación de mapas cartográficos para su integración a Sistemas de Información Geográfica de carácter analítico, concretamente a la separación de textos, gráficos y símbolos, utilizando algoritmos de reconocimiento de patrones e integrando métodos de representación semántica de información visual (Semantic-Mind Representation of Visual Information, SMA) y la integración de datos orientados a objeto (object-oriented data integration, OODI), con importantes resultados en la implementación de los mismos en sistemas de extracción automática y semiautomática de información cartográfica como el R2V (Schavemaker, G.M. y M.J.T. Reinders, 1998; Levachkine, S. *et al.* 2002; Levachkine, S., 2003; Alexandrov, V., Levachkine, S., 2003).

1.3.4 Generalización automática de mapas

Las investigaciones han estado centradas en el desarrollo de métodos para la generalización automática de mapas (Bader, M., 2001; Ruas, A., 2003; Lee, D., 2003; Moreno, M., Levachkine, S., 2003). Para generalizar datos espaciales digitales se requiere de algoritmos eficientes. Recientes investigaciones han enriquecido la biblioteca de algoritmos que permiten una generalización interactiva de datos espaciales integrados a los Sistemas de Información Geográfica. La automatización del proceso requiere que el sistema de generalización sea capaz de encontrar automáticamente, dónde y cómo generalizar; el “dónde” depende de la capacidad de análisis: el sistema debe ser capaz de identificar que objetos no respetan la especificación. El “cómo” depende del conocimiento, donde hay reglas que conectan conflictos con algoritmos que han sido pensados para resolver estos conflictos.

1.3.5 Interpretación automática de imágenes geospaciales

La percepción remota tanto aérea como espacial es una fuente de información espacial de mucho valor para el mapeo, el monitoreo ambiental, el manejo de desastres, la defensa civil y la inteligencia militar. No obstante, para explorar completamente el valor de este tipo de datos, la información apropiada debe ser extraída y presentada en formatos estándares para ser importada desde los sistemas de información espacial lo que facilita la eficiencia de los procesos de decisión. En este sentido se han desarrollado métodos y algoritmos encaminados a la extracción e interpretación de la información espacial contenida mediante la aplicación de filtros descriptores (Volodymyr I. Ponomaryov, Oleksey B, 1999; Volodymyr I., Ponomaryof, Luis, 2000; Pogrebnyak, O., Manrique P, 2003), la utilización de análisis fuzzy (Benz, U., 1999; Benz, U., Hoffman, P. Wilhauk, 2003), etc.

1.3.6 Herramientas SIG inteligentes

La capacidad analítica de los SIG es la característica que lo diferencia de otros sistemas que integran datos espaciales. El desarrollo e implementación de algoritmos encaminados a fortalecer estas capacidades en lo referente a la interpretación semántica de complejas bases de datos espaciales tanto locales como en ambiente Web (Mustié, S., Gesbert, N. Sheeren, D., 2003; Balley, S., 2003; Feng, J., Mukai, N., Wanatabe, T., 2003), la generación de nueva información como resultado de estos análisis (Torres, M., Levachkine, S, 2003), la minería de datos espaciales (Raymond, T., Han, J., 1998; Pech, M., Sol, D., Gonzáles, J, 2003), la ontología espacial (Fonseca, F., Egenghofer M, 1999 y 2002), entre otras han caracterizado las principales líneas de desarrollo de investigación en este sentido en los últimos 5 años.

1.3.7 Web semántica geoespacial

Web semántica geoespacial, un término acuñado por (Fonseca y Sheth, 2003), se refiere a una adaptación de la web semántica al dominio geoespacial. Su objetivo general es proporcionar a los usuarios de la información espacial un acceso inteligente, rápido y confiable a los repositorios geográficos digitales habilitando la integración de la información de forma flexible y sin baches sobre la base de su valor semántico y sin tomar en cuenta su forma de representación.

Los recientes desarrollos en la Web Semántica tienen un gran potencial para la comunidad geoespacial (Agarwal *et al.*, 2005), en específico porque el enfoque en la incorporación de la semántica de datos conllevará a una mejor recuperación de la información y a métodos de integración más confiables mediante el uso de la semántica durante el proceso de búsqueda en la web. Sin embargo la web semántica básica y los desarrollos tecnológicos no han tenido como objetivo las necesidades de la comunidad geoespacial.

La asimilación de las tecnologías de la web semántica por parte del mundo de la información geoespacial presenta algunos retos interesantes que se encuentran actualmente en investigación (Kolas *et al.*, 2005), de los cuales uno de los más obvios es cómo incorporar e influir en las

representaciones del conocimiento existentes tales como el Geography Markup Language (GML), las series ISO 1900 (ISO1900), las descripciones de las búsquedas geoespaciales en una serie de ontologías coherentes.

En la actualidad otra línea de investigación en este sentido está en la aplicación del razonamiento de sentido común para extraer y mantener modelos que representen las conceptualizaciones del mundo real de los usuarios. Tales modelos de usuarios permitirán tomar en cuenta las perspectivas de los mismos acerca del mundo y potenciarán los algoritmos de personalización para la Web Semántica.

Conclusiones del capítulo

En el capítulo se desarrolló un bosquejo de los orígenes de la disciplina y sus objetivos a partir del análisis bibliográfico de los principales resultados consultados y fueron definidas 7 líneas principales de investigación que se corresponden en gran medida con las divisiones que se presentan en los principales eventos de la disciplina.

2 Instituciones, grupos de trabajo e investigadores más destacados en la creación de teoría o aplicaciones de la Interpretación Semántica de Datos Espaciales.

2.1 Instituciones y grupos de trabajo en Interpretación Semántica de Datos Espaciales

Los listados que aparecen a continuación no están ordenados por su nivel de importancia.

1. Nombre: Laboratorio de Geoprocesamiento (GEOLAB).

Ubicación: Centro de Investigaciones en Computación (CIC), Instituto Politécnico de México (IPN). Unidad Profesional “Adolfo López Mateos”. Ave Juan de Dios Batiz S/N Esq. Miguel Othón de Mendizábal. Col. Nueva Industrial Vallejo, C.P. 07738, México D.F, México.

País: México.

Sitio Web: <http://148.204.45.130/geolab/english/index.htm>.

Miembros: Serguei Levachkine, Miguel Torres, Marco Moreno, Rolando Quintero, Giovanni Guzmán, Federico Torres Fonseca, Aurelio Velázquez.

Jefe: Dr. Serguei Levashkine.

Investigadores en semántica de datos espaciales: Serguei Levachkine, Miguel Torres, Marco Moreno, Rolando Quintero, Giovanni Guzmán, Federico Torres Fonseca, Aurelio Velázquez

Líneas de investigación fundamental del centro:

El laboratorio de Geoprocesamiento tiene una línea de investigación básica bien definida contemplada dentro de las tendencias de la Geocomputación. Esta línea es el análisis semántico y el procesamiento de datos espaciales. Actualmente el GEOLAB desarrolla modelos y

algoritmos para la correcta representación y procesamiento de datos espaciales, explorando la semántica intrínseca de los datos.

Para definir la semántica espacial es indispensable conocer las características esenciales que contienen los datos espaciales. Su definición está basada en proveer una serie de reglas espaciales que los describen. Esta serie está compuesta por relaciones, propiedades, funciones y comportamientos, los cuales definen las características de la información geográfica. Todas estas características son consideradas en los sistemas de objetos de un espacio finito de objetos geográficos. Por consiguiente, el contenido de la serie de reglas espaciales refleja la distribución topológica, lógica y espacial y los atributos de las propiedades de los datos espaciales. Con esta definición, se busca el mejoramiento de la representación de los datos espaciales para su subsiguiente procesamiento.

Los alcances del análisis semántico y el procesamiento de los datos espaciales son:

Implementación de la interoperabilidad espacial

Conversión de raster a vector

Generalización automática

Diseño de la Bases de datos Geo, automatización y manejo

Aplicaciones de sensoramiento remoto

- Cartografía y producción de mapas
- Interoperabilidad semántica
- Modelado y manejo integrado
- Implementación de sistemas GIS
- Modelado urbano
- Metodología Espacial
- *Data warehouses* geográficas y Repositorios de datos
- Minería de datos geográficos y descubrimiento del conocimiento

2. Nombre: The National Center for Geographic Information and Analysis (NCGIA)

Ubicación: El Center for Geographic Information and Analysis (NCGIA) es un consorcio de investigaciones independiente, compuesto por tres instituciones miembros:

- Universidad de California (Santa Barbara): University of California 3510 Phelps Hall, Santa Barbara, CA 93105-4060
- Universidad de Buffalo
- Universidad de Maine: University of Maine, Orono, ME 04469, USA

País: Estados Unidos de América

Sitio Web:

NCGIA, Home page: <http://www.ncgia.ucsb.edu/>

NCGIA, Universidad de Maine: <http://www.ncgia.maine.edu/>

NCGIA, Universidad de Buffalo: <http://www.ncgia.buffalo.edu/>

NCGIA, Universidad de California: <http://www.ncgia.ucsb.edu/>

Miembros:

NCGIA Santa Barbara: Keith C. Clarke (Director), Michael Worboys, Richard Church, Helen Couclelis, Reginald Golledge, Don Janelle, Joel Michaelsen, Dan Montello, Terence Smith, Sturta Sweeney, Waldo Tobler.

Jefe: Keith C. Clarke

NCGIA Buffalo: David M. Mark, Jared Aldstadt, Alex Anas, Joseph F. Atkinson, Sharmistha Bagchi-Sen, Rajan Batta, Pamela K. Beal, Sean Bennett, Matthew W. Becker, Ling Bian, Ann Bisantz, Thomas Bittner, Marcus I. Bursik, Irene Casas, H. Sam Cole, D. Munroe Eagles.

Jefe: David M. Mark

NCGIA Maine: Kate Beard-Tisdale (Director), Max Egenhofer, Peggy Agouris, Silvia Nittel, Harlan Onsrud, Anthony Stefanidis, Kathleen Stewart Hornsby, Mike Worboys

Jefa: Kate Beard-Tisdale

Investigadores en semántica de datos espaciales: Max Egenhofer, Mike Worboys

Líneas de investigación fundamental del centro:

El Center for Geographic Information and Analysis (NCGIA) es un consorcio de investigaciones independiente dedicado a las investigaciones básicas y educación en ciencias de la información geográfica y sus tecnologías relacionadas, incluyendo los Sistemas de Información Geográfica (GIS). Los tres miembros de la institución son: La Universidad de California (Santa Barbara), la Universidad de Buffalo y la Universidad de Maine. El consorcio fue formado en 1988 para responder a una competencia para fundaciones de la Fundación Nacional de la Ciencia por lo que recibe su fondo a partir de esa fuente. El fondo total ofrecido anualmente al consorcio es aproximadamente de \$5 millones por año.

Los tópicos de las investigaciones actuales dentro del consorcio NCGIA incluyen:

La exactitud e incertidumbre en los datos espaciales, adoptado como el primer tópico cuando el consorcio fue formado en 1988, la incertidumbre ha surgido durante la última década como un problema de importancia crítica para la información geográfica y los GIS. Muchos resultados importantes han sido publicados acerca de esta problemática.

Cognición: Las investigaciones en este tópico dentro del consorcio están motivadas por la necesidad de un mejor entendimiento de cómo la mente humana y la computadora pueden trabajar juntas para resolver problemas que tienen una dimensión geográfica, utilizando los GIS. Una gran cantidad de software GIS ha sido criticado por ser muy difícil su aprendizaje y uso, y por la carencia de interoperabilidad. Las investigaciones del NCGIA examinan como las personas piensan y razonan con los conceptos geográficos, y como el diseño de sistemas puede ser hecho más consistente con estos principios.

Modelación y representación: Aunque los GIS tienen sus raíces en el arte de hacer mapas de papel, sus capacidades van más lejos de lo que puede lograrse con productos tradicionales. Las bases de datos GIS pueden representar un fenómeno que cambia a través del tiempo, u objetos que tienen forma tridimensional. Las investigaciones en estas áreas se dirigen hacia la modelación de nuevos tipos de información que no podrían obtenerse con mapas de papel, y métodos asociados de análisis y de soporte a la decisión.

Hoy día NCGIA está establecido como un foco internacional de investigaciones básicas. En sus tres lugares atrae a visitantes de largo y corto periodo de todo el mundo, y sus programas educativos están enfocados a las necesidades de estudiantes de todos los niveles.

3- Nombre: The Münster Semantic Interoperability Lab (MUSIL)

Ubicación: Institute for Geoinformatics (IFGI) en la Universidad de Münster

País: Republica Federal de Alemania

Sitio Web: <http://musil.uni-muenster.de/cms/>

Miembros: Werner Kuhn, Martín Raudal, Angela Schwering, Krzysztof Janowicz y alrededor de 6 estudiantes de doctorado y 10 estudiantes de maestría

Investigadores en Semántica de datos espaciales: Werner Kuhn , Martín Raudal , Angela Schwering , Krzysztof Janowicz

Líneas de investigación fundamental del centro:

El Münster Semantic Interoperability Lab (MUSIL) pertenece al IFGI de la Universidad de Münster. Su misión es mejorar el uso de la información geoespacial mediante la habilitación de interoperabilidad semántica e integración. Sus investigaciones se enfocan en las ontologías que proveen sistemas de referencia semánticos para la información geoespacial.

Objetivos:

Los objetivos de investigación a largo plazo son crear métodos y herramientas para diseñar y utilizar sistemas de referencia semántica para:

Concretar términos de conceptualizaciones (por ejemplo: “contiene”)

Proyectar datos de un sistema de referencia a otros (ejemplo: de elementos de viales a bordes)

Traducción entre comunidades de información (ejemplo: catastro para navegación)

Los proyectos de MUSIL se encaminan a resolver problemas específicos de interoperabilidad semántica resultantes de casos de estudio reales en áreas como:

Planeamiento del transporte (<http://vugis.uni-muenster.de>)

Planeamiento medio ambiental (<http://www.acegis.net>)

Manejo de emergencias (<http://www.acegis.net> , <http://www.meanings.de>)

Los métodos de investigación son interdisciplinarios, integran ideas de:

Geociencias (por ejemplo: usuario, tarea, y modelos de información para los dominios de aplicación)

Ciencias de la computación (por ejemplo: especificaciones algebraicas, ontologías de sistemas de información)

Ciencias cognitivas (por ejemplo: semántica cognitiva, integración conceptual)

4- Nombre: Institute of Geoinformation and Cartography

Ubicación: Technical University of Vienna Institute for Geoinformation and Cartography, Guhausstrasse 27-29 E127, A - 1040 Vienna, Austria, Phone: +43 1 58801 12711, Fax: +43 1 58801 12799

País: Austria

Sitio Web: <http://www.geoinfo.tuwien.ac.at/index.php>

Miembros: Frank, Andrew U., Navratil Gerhard, Shirabe Takeshi, Twaroch Florian, Achatschitz Claudia, Hofer Barbara, Wilke Gwen.

Investigadores en Semántica de datos espaciales: Andrew Frank, Gerhard Navatril

Líneas de investigación fundamental del centro:

El Instituto tiene dos responsabilidades de investigación y educación. Sus investigaciones se enfocan en la simulación de los agentes cognitivos involucrados en las situaciones espaciales. Exploran el desarrollo de teorías sobre la percepción de todos los grupos de edades incluyendo a los niños. Encaminan sus investigaciones a describir las formas en el movimiento de los peatones, choferes, y el transporte público. Proporcionan una base sólida para las investigaciones espaciales ontológicas y semánticas para ir más allá de los avances existentes en este sentido. Exploran las teorías y modelos del proceso de comunicación cartográfica.

5- Nombre: Ordnance Survey (Research Labs: Geosemantics)

Ubicación: Romsey Road, Southampton, SO16 4GU, 08456, United Kingdom

País: Inglaterra

Sitio Web: no disponible

Miembros: Glen Hart, Angela Schwering, Hayley Mizen, Catherine Dolbear, Joseph Greenwood, Hayley Mizen, Sarah Temple.

Investigadores en Semántica de datos espaciales: Glen Hart, Angela Schwering, Hayley Mizen, Catherine Dolbear, Joseph Greenwood, Hayley Mizen, Sarah Temple.

Líneas de investigación fundamental del centro:

El Ordnance Survey es la agencia nacional cartográfica de Gran Bretaña, la misma ha provisto información geográfica por más de 200 años. Hoy es una organización moderna y dinámica que emplea a más de 1400 personas.

Ordnance Survey Research Labs:

Su propósito es asegurar un futuro exitoso para el Ordnance Survey, sus socios y la nación. Ayudan a proyectar una imagen del Ordnance Survey como una organización que mira hacia adelante, preparada para ponerse e influir en la dirección de la industria de información a través del desarrollo de productos y servicios basados en la geografía.

Entre las líneas de investigación de los laboratorios se encuentra la geosemántica.

Es un área a la que se le concede una importancia creciente – cómo combinar eficientemente múltiples fuentes de datos es explorada en una variedad de formas. El objetivo es establecer un sistema de referencia semántico topográfico, un sistema acompañante para el sistema de coordenadas de referencia GB National Grid y el sistema de rasgos de referencia MasterMap y construir alrededor de las ontologías, un sistema semántico de referencia que permita a las máquinas procesar información con poca o ninguna asistencia del operador .

Un sistema semántico de referencia, término acuñado por Werner Kuhn de la Universidad de Münster, se refiere a una serie de mecanismos computacionales para describir el significado de las fuentes de información geográfica, o sea, cómo pueden ser accedidas y manipuladas por las máquinas. El sistema de referencia semántico del Ordnance Survey proporcionará una estructura formal y una serie creciente de operaciones automatizadas que permitan a diferentes fuentes de

datos el ser utilizadas juntas, mediante su representación de una forma semánticamente significativa vía ontologías.

Otros centros donde existen especialistas que realizan investigaciones en Semántica de datos espaciales:

6- Nombre: Laboratory for Semantic Information Technology, Bamberg University, Germany.

Ubicación: Feldkirchenstrasse 21, Bamberg, Alemania

Sitio Web:

<http://www.uni-bamberg.de/en/fakultaeten/wiai/faecher/ai/kulturinformatik/leistungen/research/>

Investigadores en Semántica de datos espaciales: Christoph Schlieder

Líneas de investigación desarrolladas por el especialista: El problema de la interpretación de trayectorias de personas en sistemas espaciales.

7- Nombre: Department of Geography, Ghent University

Ubicación: Krijgslaan 281 (S8), B-9000 Ghent, Belgium

Sitio Web: <http://www.geoweb.ugent.be/>

Investigadores en Semántica de datos espaciales: Nico Van de Weghe, Peter Bogaert.

Líneas de investigación desarrolladas por los especialistas: cálculo de trayectorias cualitativas (QTC) y razonamiento sobre el movimiento de objetos en dos dimensiones. Concepto de composición de relaciones.

8- Nombre: Department of Geography, The Ohio State University

Ubicación: 1036 Derby Hall, 154 North Oval Mall, Columbus, OH 43210-1361, USA

Sitio Web: <http://www.geography.ohio-state.edu/>

Investigadores en Semántica de datos espaciales: Ola Ahlqvist

Líneas de investigación desarrolladas por el especialista: El uso de métricas de similitud semántica para evaluar cambios en las coberturas terrestres en imágenes y mapas.

9- Nombre: Remote Sensing/GIS Program, Colorado State University

Ubicación: 113 Forestry Building, Fort Collins, Colorado 80523-1472, USA

Sitio Web: http://www.warnercnr.colostate.edu/frws/rs_gis

Investigadores en Semántica de datos espaciales: Denis J. Dean

Líneas de investigación desarrolladas el especialista: Medición de la similitud entre bases de datos temáticas raster.

10- Nombre: Department of Geography, St. Cloud State University

Ubicación: 720 Fourth Avenue South, St. Cloud, MN 56301, USA

Sitio Web: <http://www.stcloudstate.edu/geog/>

Investigadores en Semántica de datos espaciales: Hartwig H. Hochmair

Líneas de investigación desarrolladas por el especialista: Comparación de ontologías para la recuperación de datos espaciales de portales de Internet

11- Nombre: School of Computing (Department of Geomatic Engineering) University of Leeds, UK

Ubicación: University of Leeds - Leeds - LS2 9JT - UK

Sitio Web: <http://www.ge.ucl.ac.uk/>

Investigadores en Semántica de datos espaciales: Pragya Agarwal, Yongjian Huang, Vania Dimitrova,

Líneas de investigación desarrolladas por los especialistas: Interoperabilidad semántica, ontologías geográficas, cognición espacio-temporal y razonamiento, Web semántica geoespacial

12- Nombre: Department of Computer Science and Software Engineering (CSSE), University of Canterbury, Canterbury, NZ

Ubicación: Canterbury University, Private Bag 4800, Christchurch 8140

Sitio Web: <http://www.cosc.canterbury.ac.nz/>

Investigadores en Semántica de datos espaciales: Xuan Gu, Richard T. Pascoe

Líneas de investigación desarrolladas por los especialistas: Interoperabilidad semántica

13- Nombre: School of Information Sciences and Technology, Pennsylvania State University, USA

Ubicación: Pennsylvania State University, 329F IST Building University Park, PA, 16802, USA

Sitio Web: <http://ist.psu.edu/>

Investigadores en Semántica de datos espaciales: Federico Fonseca

Líneas de investigación desarrolladas por los especialistas: Sistemas de Información Geográfica Gobernados por Ontologías

2.2 Personalidades más destacadas

En la siguiente relación aparecen las personalidades que mas resultados han obtenido en la temática y que aparecen referenciadas en la mayoría de las publicaciones citadas en este trabajo. Se realiza una breve descripción de sus intereses actuales. El orden en que los mismos aparecen se corresponde con el orden de relación de sus instituciones correspondientes en el epígrafe anterior y no obedecen a un orden de importancia por resultados.

1- Nombre: Serguei Levachkine

Institución: Laboratorio de Geoprocesamiento (GEOLAB), Centro de Investigaciones en Computación (CIC), Instituto Politécnico de México (IPN)

Email: sergei@cic.ipn.mx

Página web: <http://www.levashkin.com/>

Interés actual: Transición de datos a la semántica, visto desde dos perspectivas teórica y pragmática y dirigida a una variedad de áreas tales como las bases de datos, inteligencia artificial, ciencia cognitiva, interacción hombre-máquina, recuperación de la información e integración, sistemas de información geográfica inteligentes, procesamiento de imágenes, reconocimiento de patrones, web semántica.

2- Nombre: Max Egenhofer

Institución: The National Center for Geographic Information and Analysis (NCGIA).
University of Maine, Orono, ME 04469, USA

Email: max @ spatial.maine.edu

Página web: <http://www.spatial.maine.edu/~max/>

Interés actual: Representación del conocimiento y el razonamiento espacial, interfaces de usuario para Sistemas de Información Geográfica, diseño de sistemas de bases de datos espaciales y dispositivos de información de movimiento espacial.

3- Nombre: Mike Woorboys

Institución: The National Center for Geographic Information and Analysis (NCGIA).
University of Maine, Orono, ME 04469, USA

Email: worboys@spatial.maine.edu

Página web: <http://www.spatial.maine.edu/~worboys/>

Interés actual: Ontologías y modelos de datos para los fenómenos geográficos dinámicos censados por redes *wireless*. Interacción entre representaciones textuales y representaciones graficas de la información de la información geográfica

4- Nombre: Werner Kuhn

Institución: Institute for Geoinformatics (IFGI) en la Universidad de Münster

Email: kuhn@uni-muenster.de

Página web: <http://ifgi.uni-muenster.de/~kuhn/>

Interés actual: Interoperabilidad semántica

5- Nombre: Martín Raubal

Institución: Institute for Geoinformatics (IFGI) en la Universidad de Münster

Email: raubal@uni-muenster.de

Página web: <http://ifgi.uni-muenster.de/~raubal/>

Interés actual: Interoperabilidad semántica

6- Nombre: Angela Schwering

Institución: Institute for Geoinformatics (IFGI) en la Universidad de Münster

Email: aschweri@uni-osnabrueck.de

Página web: <http://www.wi.uni-muenster.de/wi/orga/wiansc.cfm?status=2>

Interés actual: Relaciones espaciales para la medición de la similaridad semántica

7- Nombre: Andrew Frank

Institución: Institute of Geoinformation and Cartography

Email: frank@geoinfo.tuwien.ac.at

Página web: no tiene

[http://www.geoinfo.tuwien.ac.at/staff/index.php?Current_Staff:Frank%2C_Andrew_U.](http://www.geoinfo.tuwien.ac.at/staff/index.php?Current_Staff:Frank%2C_Andrew_U)

Interés actual: Conocimiento espacial, ontologías.

8- Nombre: Gerhard Navatril

Institución: Institute of Geoinformation and Cartography

Email: navratil@geoinfo.tuwien.ac.at

Página web: no tiene

http://www.geoinfo.tuwien.ac.at/staff/index.php?Current_Staff:Navratil%2C_Gerhard

Interés actual: Conocimiento espacial, ontologías.

9- Nombre: Glen Hart

Institución: Ordnance Survey (Research Labs: Geosemantics)

Email: glen.hart@ordnancesurvey.co.uk

Página web: no tiene

Interés actual: Sistema de referencia semántico.

10- Nombre: Fred Fonseca

Institución: School of Information Sciences and Technology, Pennsylvania State University, USA

Email: fredfonseca@ist.psu.edu

Página web: <http://www.personal.psu.edu/faculty/f/u/fuf1/>

Interés actual: Ontologías, ambiente e integración, ingeniería de ontologías, construcción de ontologías, Sistemas de Información Geográfica conducidos por ontologías.

11- Nombre: Maria Andrea Rodríguez Tastest

Institución: Departamento de Ingeniería Informática y Ciencias de la Computación
Universidad de Concepción, Chile.

Email: andrea@udec.cl

Página web: <http://www.inf.udec.cl/~andrea/>

Interés actual: Similitud semántica de conceptos y objetos espaciales

Conclusiones del capítulo

Al desarrollo de los aspectos teóricos de la Interpretación Semántica de datos espaciales se le presta una creciente atención, lo que se evidencia a partir del número de instituciones que lo tienen incluido entre sus temáticas de investigaciones. En este esfuerzo participan universidades, laboratorios, centros aplicados, empresas con grupos de investigación - desarrollo que ejecutan proyectos para dar solución a problemas de interés para entidades gubernamentales y de empresas privadas. Las limitaciones que el hombre se encuentra en la práctica han sido la fuente de los problemas teóricos.

La diversidad de las aplicaciones que se observan abarcan fundamentalmente las ciencias geográficas, el control de redes espaciales (viales, acueductos, etc.) estudios medio ambientales, la cartografía y los sistemas de información geográfica como herramienta en la ayuda a la toma de decisiones.

3 Investigaciones que se desarrollan en el área de la interpretación semántica de datos espaciales, principales problemas no resueltos

En este capítulo hacemos una breve descripción de las principales investigaciones que se han venido desarrollando en los últimos 5 años y sus resultados, para una mejor organización del capítulo hemos dividido por líneas de investigación y por orden cronológico la exposición de los resultados, estas líneas fueron tomadas de las divisiones que se presentan en los principales congresos internacionales de la temática. Finalmente se realiza la enumeración de los problemas abiertos detectados.

3.1 Investigaciones más recientes en el área de la interpretación semántica de datos espaciales

3.1.1 Interoperabilidad y Sistemas de Información Geográfica

Fonseca, F.; Egenhofer, M.; Borges, K.(2000). Proponen la creación de componentes de software de ontologías como una manera de integrar la información geográfica. Estos componentes de software son derivados de las ontologías utilizando un mapeo orientado a objetos. La traducción de la ontología a componentes de un sistema de información activo conduce a los sistemas de información geográfica gobernados por ontologías. El método introducido en este trabajo posibilita el uso de la arquitectura por los usuarios desarrolladores de nuevas aplicaciones y por los diseñadores de bases de datos GIS. Los resultados presentados son la respuesta a muchas preguntas presentadas en trabajos anteriores relacionadas con la nueva generación de GIS. La arquitectura propuesta permite la resolución de la interoperabilidad semántica, una de las características de los sistemas de información modernos.

Fonseca F. (2001). En su tesis de doctorado introduce una arquitectura GIS que puede posibilitar la integración de la información geográfica de una manera completa y flexible basada en su valor semántico y sin importar su representación. La solución propuesta es un sistema de información geográfica gobernado por ontologías que actúa como sistema integrador. En este sistema, una ontología es un componente como la base de datos que coopera para alcanzar los objetivos del sistema. Un énfasis especial hacen en los casos de sistemas de percepción remota y sistemas de información geográfica.

Fonseca F.; Egenhofer M.; Davis C.; Camara G. (2002). Muestran el potencial para la recuperación de la información en diferentes niveles de granularidad dentro del marco de los sistemas de información basados en ontologías. Las ontologías son teorías que utilizan un vocabulario específico para describir entidades, clases, propiedades y funciones relacionadas con una visión determinada del mundo. El uso de una ontología, traducida a un componente activo de sistema, conduce a un Sistema de Información Gobernado por Ontologías y en el caso específico de los GIS, conduce a lo que ellos llaman Sistema de Información Geográfica Gobernado por Ontologías.

El problema de los diferentes niveles de detalle fue resuelto mediante la introducción de un mecanismo de navegación que permite que un objeto (o sea, la implementación de una entidad de ontología) cambie su clase mediante generalización o especificación. En una generalización,

un objeto más específico pierde algunas partes de la información; se convierte en una instancia más general. En una especialización, un objeto muy general gana más información y se vuelve un objeto más específico. Ellos también introducen la operación llamada extracción de roles, en la cual un rol jugado por un objeto puede ser extraído y transformado en una nueva instancia. Esta nueva instancia actúa como un objeto independiente. Por consiguiente, la nueva instancia puede ser comparada con un objeto asociado con otra entidad en una ontología diferente.

Navarrete, T., Blat J., Ruiz M. (2004). Proponen un modelo de interoperabilidad semántica entre un repositorio de bases de datos geográficas de diferentes proveedores. Específicamente, este método se enfoca en información geográfica calificada basada en campos. La solución que proponen se basa en una ontología que describe los temas geográficos. Presentan un método para construir esta ontología a partir de los esquemas de datos de cada serie de datos en el repositorio. El modelo se basa en tres tipos de operaciones llaves: lista de bases de datos de un tema, traducción de una base de datos a un vocabulario que un agente comprende, y generación de una nueva base de datos de un tema integrando varias bases de datos con diferentes series de valores. Ellos consideran que cada base de datos tiene su propia ontología de aplicación y por ende, el proceso de construir la ontología de dominio se basa en la unión de ontologías. Describen además un método para guiar este proceso. Comparado con otros métodos, el mismo tiene tareas específicas para la información geográfica.

Torres M., Quintero R., Moreno M., y Fonseca F. (2005). Utilizan las ontologías para describir los datos espaciales como una alternativa de representación. Esta representación les permite el manejo de datos imprecisos, a partir de que los mismos son traducidos a un esquema conceptual. También muestran como generar la descripción antológica (semántica) del mapa basado en dos tipos de conceptos “terminal” y “no-terminal”, así como dos tipos de relaciones “tiene” y “es un”. Utilizando estos elementos, describen un mapa cartográfico. Como resultado, con la misma ontología se describen mapas con el mismo tema (ontología temática). Como un ejemplo presentan un fragmento de la ontología y el resultado de su uso en la descripción de un mapa. Por otro lado, no es posible describir los datos que no son considerados en la ontología. Por ejemplo, no pueden describir las autopistas de una región si la ontología es sobre la hidrología. Desde este punto de vista, la ontología define implícitamente el contexto del tema del mapa. Un gran reto es definir formalmente cuál es el contexto, pero en una primera aproximación creen que el contexto debe ser descrito por medio de ontología “contexto”. Tienen la intención de utilizar sus ontologías en la producción de mapas. Las descripciones semánticas les permitirán representar explícitamente las relaciones que unen a los objetos. Con esto argumentan que las descripciones contendrán un alto contenido semántico si utilizan las ontologías para su construcción. Estas pueden ser vistas también como una alternativa para los datos espaciales. Desde este punto de vista, ellos han obtenido implícitamente la semántica de los datos espaciales por medio de una ontología. Como futuras investigaciones se dedicarán a aportar medidas de ambigüedad e inconsistencias, las que serán involucradas en el contenido, Investigaran también en los mecanismos para minimizar el grado de imprecisión en el contenido.

Redbrake, D. y Raubal, M. (2004). Presentan un trabajo sobre la base de que los servicios de información y fuentes de datos requieren del desarrollo de estándares para la interoperabilidad y que las ontologías son una posibilidad para describir dominios y sus propiedades para el uso

interoperable. Esas ontologías que son conformadas de acuerdo con los estándares pueden ser usadas como modelos base por diferentes GIS y fuentes de datos que tienen que ver con el mismo dominio. De otra manera, la no interoperabilidad entre sistemas es la probable consecuencia. Los paquetes (*wrappers*) resuelven este problema. Ellos ayudan a transformar la información de un dominio a otro sin pérdidas semánticas o errores. En este trabajo, se desarrollan los servicios de navegación basados en paquete, “cálculo de ruta” y “guía de ruta” como parte de un Sistema de Información Geográfica Gobernado por Ontologías. Las ontologías externas definen los resultados de transformación. Resolver esta tarea requiere una base de conocimiento que consiste en axiomas ontológicos y sus traducciones. Si la traducción semántica es imposible entonces se devuelven códigos de error como resultado de la traducción al axioma.

Kuhn, W. (2005). Presenta un estado del arte en el que explica por qué nociones como la semántica y las ontologías han ganado en los últimos tiempos una gran atención dentro y fuera de las comunidades geoespaciales. Explica que la razón principal está en la transformación de los Sistemas de Información Geográfica en servicios, que son supuestos a interoperar dentro y entre estas comunidades. Consecuentemente, el autor mira la semántica geoespacial en el contexto de la interoperabilidad semántica. El trabajo aclara el concepto de semántica y muestra qué partes de la información geoespacial necesita recibir las especificaciones semánticas con el objetivo de lograr la interoperabilidad. No presenta en el trabajo ningún método para proporcionar la semántica, pero propone un marco para resolver los problemas de interoperabilidad en forma de sistemas de referencia semántica. Un énfasis particular se hace en la necesidad y posibles formas de aterrizar la semántica geoespacial en procesos físicos y mediciones.

Klien, E. y Probst, F. (2005). Presentan un trabajo sobre la base de que las ontologías han sido reconocidas como la raíz metodológica para capturar y compartir la semántica de la información geoespacial (GI). Las ontologías, específicamente las ontologías de dominio específico, son el corazón de la mayoría de los métodos semánticos para la interoperabilidad. En el trabajo, los autores hacen un fuerte énfasis en la importancia de las ontologías de dominio en el contexto de ambientes de servicios web geoespaciales. Presentan un ejemplo y la especificación de requerimientos derivada del mismo para las ontologías geoespaciales y la arquitectura de ontologías en la cual están contenidos. Especifican que la falta de un ambiente favorable para la ingeniería de ontologías y mantenimiento desacelera el uso eficiente de las ontologías en la comunidad GI. Tomando en cuenta los requerimientos, identifican una línea de investigación que ayudará a establecer tal ambiente.

Raubal, M. (2005). Sobre la base de que la interoperabilidad semántica para la información y servicios geográficos ha sido una importante área de investigaciones dentro de las ciencias de la información geográfica, plantea que el éxito de resolver los problemas de interoperabilidad semántica ha sido limitado aunque se han realizado muchos esfuerzos basados en métodos llamados de realidad semántica. Considerando el hecho de que la información geográfica es eventualmente utilizada por las personas, es necesario tomar en cuenta los conceptos de las personas (geográficos) y sus relaciones semánticas a diferentes puntos de vista de los mismos conceptos. En este trabajo los autores proponen atacar el problema de la Interoperabilidad

Semántica Cognitiva para la información geográfica mediante la definición de mapeos entre espacios conceptuales. Tales espacios pueden ser utilizados para representar formalmente el significado de los conceptos dentro de estructuras geométricas desde una perspectiva de sistema y usuario. Presentan una definición formal de posibles mapeos- proyecciones y transformaciones- y las pérdidas de información ocurrentes. Es utilizada una forma de encontrar el escenario de servicio para demostrar la aplicabilidad y utilidad del método.

Fonseca, F., Cámara, G., Monteiro, A. (2006). Analizan cómo la interoperabilidad para los Sistemas de Información Geográfica es un problema crucial. La transferencia de modelos de datos entre sistemas diferentes requiere la habilidad de introducir la correspondencia entre conceptos en un sistema a conceptos en el otro sistema. La comparación de conceptos es ayudada por las ontologías. Sin embargo, el reto de hacer ontologías interoperables continúa. En otras palabras, dadas dos geo-ontologías, la cuestión básica es ¿en qué grado son interoperables? En el trabajo, los autores consideran que una geo-ontología describe cosas que pueden ser asignadas a las localizaciones sobre la superficie de la Tierra y las relaciones entre las mismas. Una geo-ontología tiene conceptos que corresponden al fenómeno físico y social en el mundo real. Ellos sugieren una clasificación de estos conceptos basados en sus usos para describir geo-objetos. Presentan un conjunto básico de conceptos para una ontología geográfica, basados en descripciones del mundo físico y de la realidad social. También presentan una metodología para medir el grado de interoperabilidad entre geo-ontologías. Consideran que este problema es un caso especial del álgebra de manejo de modelo de Bernstein para la descripción de metadatos. Proponen usar un operador de mapeo para medir la interoperabilidad entre geo-ontologías. La metodología propuesta aporta una primera base para herramientas computacionales que permitan una respuesta más precisa al problema de la interoperabilidad de las ontologías.

3.1.2 Conversión de raster a vector

Alexandrov, V. y Levashkine, S. (2003). Describen cómo extraer componentes semánticos de bases de datos desordenados (problema Gestalt) en datos espaciales, para ilustrar su enfoque presentan un sistema de interpretación de mapas cartográficos escaneados a color.

Angulo, J., Serra, J., (2003). Enfrentan la tarea del análisis automático de imágenes cartográficas como una de las bases para el desarrollo de Sistemas de Información Geográfica Inteligentes sobre la base de que los rasgos geométricos y del color son elementos importantes para la extracción de objetos espaciales semánticos. Esta contribución se enfrenta al uso de varias piezas a color de la información para particionar imágenes a color y para extraer rasgos geométricos y del color con operadores matemáticos morfológicos

Gelbukh, A., Han, S.Y., y Levashkine, S. (2003). Proponen un método que combina el reconocimiento de textos basado en OCR en mapas raster con heurísticas especialmente adaptadas para datos cartográficos para resolver las ambigüedades de reconocimiento utilizando varias fuentes de evidencia. El objetivo fue formar en las capas temáticas vectoriales palabras geográficas útiles correctamente anexadas a los objetos cartográficos.

González, E. y Levachkine, S. (2004). Consideran el problema del reconocimiento de patrones cartográficos en mapas de escala detallada o fina utilizando información que viene de mapas de escala menos detallada. Los mapas son imágenes (raster) de los mismos escaneadas a color de diferentes temáticas, representando el mismo territorio en mapas de escala no detallada y detallada (fina). Los autores proponen una solución que llaman método *Coarse-to-Fine Scale* (de escala no detallada-a-fina). Este método es definido en términos de las medias de los mapas de escala no detallada (coarse) y su información, conceptos: función de imágenes asociadas, dominio del conocimiento cartográfico y patrón cartográfico, y las herramientas: una serie de *clusters* de criterio del Reconocimiento de Patrones Lógico-combinatorio.

El método tiene ciertas limitaciones. Una de ellas es que se requiere la intervención del usuario para el establecimiento de los criterios parámetros de la clusterización. Este problema común en el procesamiento de imágenes y el reconocimiento de patrones, sin embargo no es un gran obstáculo para el desarrollo futuro del método mediante la adición de más rasgos de patrones a los criterios. Aunque el método ha sido realmente diseñado en el nivel básico (considera único el rasgo de color), requiere un desarrollo posterior (considerando otros rasgos como la forma).

3.1.3 Interpretación automática de imágenes geospaciales

Ren, J., Shen, Y., Guo, L., (2003). Presentan los resultados de un proyecto dirigido a transformar los rasgos de bajo nivel a alto nivel. Primeramente extraen los rasgos de bajo nivel llamados colores representativos de las imágenes y luego presentan un nuevo método llamado WordNet para establecer el enlace de los vectores de rasgo de bajo nivel a la semántica con el objetivo de mejorar la eficiencia de la recuperación.

Quintero, R., (2003). Propone un algoritmo basado en parches bicúbicos paramétricos para cambiar la escala del DEM para un proceso de simulación en tiempo real preservando la semántica de los datos de elevación. Unen este algoritmo con uno de discriminación que maneja óptimamente una enorme cantidad de información contenida en el DEM. Estos algoritmos permiten la navegación en un gran volumen de información dentro de los datos de elevación, y, al mismo tiempo, incrementa el nivel de detalle por área de interés. Una aplicación de este método es en el procesamiento de imágenes. El mismo puede ser utilizado para hacer *zoom-in* en imágenes con muestreo no lineal.

Cho, S., Chung, Y., Lee, J., (2003). Proponen la implementación de un sistema automático de construcción de mosaicos de imágenes que está destinado a usar la detección de rasgos de la imagen.

Benz, U., Hofman, P., Willhauck, G., Lingenfelder, I., Heynen, M., (2003). Explican las estrategias del principio del análisis orientado a objetos, discuten como la combinación con los métodos Fuzzy permiten implementar el conocimiento experto y describen un ejemplo representativo para el flujo de trabajo de imágenes satélites a GIS. Las estrategias son demostradas utilizando el primer software del mercado de análisis de imágenes orientado a objeto, eCognition, que provee un enlace adecuado entre las imágenes satélites y el GIS.

3.1.4 Generalización automática de mapas

Moreno, M., Levashkine, S. (2003). Presentan un método de generalización de mapas basado en la descripción automática del mapa. El método está enfocado en la identificación de los errores (inconsistencias) originadas por la generalización. Las descripciones del mapa están dirigidas a representar las relaciones (invariantes) que no cambian luego de la generalización. Las inconsistencias identificadas son corregidas utilizando parámetros de generalización local. Este proceso puede ser repetido iterativamente hasta que todas las inconsistencias sean corregidas. El mapa resultante sin inconsistencias indica que la semántica del mapa es conservada luego de la generalización. Se presentan ejemplos y resultados del método propuesto en aplicaciones hidrológicas.

Cheng, T., Li, Z., (2003). Investigaron el efecto de las operaciones de generalización en la semántica de los objetos del mapa. Introducen una serie de medidas cuantitativas para valorar los cambios semánticos. Para ilustrar la utilidad práctica de las medidas introducidas utilizan un caso de estudio de un mapa de uso de la tierra. Los resultados indican que estas medidas son muy útiles en la práctica.

Ruas, A. (2003). Muestra como para generalizar datos digitales se requiere de varios algoritmos eficientes sobre la base de que investigaciones recientes han enriquecido la biblioteca de algoritmos que permiten la generalización interactiva en un GIS. La automatización del proceso requiere que el sistema de generalización sea capaz de encontrar automáticamente donde y como generalizar. El “dónde” depende de la capacidad de análisis, el sistema debe ser capaz de identificar que objetos no respetan las especificaciones. El “como” depende de la existencia del conocimiento procedual que son reglas que conectan conflictos con los algoritmos que están supuestos a resolver tales conflictos. El prototipo AGENTE ha sido desarrollado para proporcionar a los objetos geográficos la capacidad de calificarse (o sea de reconocer automáticamente los conflictos) y para aplicar algoritmos apropiados para resolver los conflictos existentes. Además, se desarrolló un algoritmo para rastrear y probar otro algoritmo donde los resultados no son tan buenos como se requiere. El trabajo explica los principios de la autogeneralización en diferentes niveles de detalle así como la importancia del análisis espacial para la generalización.

Kulik, L., Duckham, M., Egenhofer, M., (2005). Se basan en que diferentes usuarios de la información espacial tienen requerimientos diferentes de esa información y de que la comparación de la información por los usuarios demanda un entendimiento del aspecto ontológico presentan un algoritmo de generalización de mapas conducido por ontologías, llamado DMin, que puede ser destinado a usuarios en particular y tareas de usuarios. El nivel de detalle en un mapa generado es automáticamente adaptado por DMin de acuerdo a la semántica de los rasgos representados. El algoritmo DMin se basa en una función de ponderación que tiene dos componentes: (1) un componente geométrico que difiere de métodos anteriores para la generalización de mapas en que no son necesarios valores fijos de umbral para parametrizar el proceso de generalización y (2) un componente semántico que considera la relevancia de los rasgos del mapa al usuario. La flexibilidad de DMin es demostrada utilizando el ejemplo de una red de transportación.

Los autores localizan los problemas a resolver en tres áreas diferentes a partir de sus investigaciones:

(1) Integración con agentes de usuarios: Un objetivo a largo plazo del desarrollo de un algoritmo de generalización guiado por ontologías es la integración del proceso de generalización con agentes de usuario autónomos. Los mismos ayudan a capturar la información semántica sobre el usuario y las tareas del usuario y objetivos, basados en un análisis del comportamiento de los patrones del usuario y una tecnología de sensores (como sensores de localización y movimiento). Los agentes de usuarios podrían entonces mediar en nombre del usuario para parametrizar automáticamente el proceso de generalización para proveer información geoespacial orientada a la tarea, sin necesidad de ninguna intervención del usuario en el proceso.

(2) Pruebas de usuario: El análisis del proceso de generalización guiado por ontologías presentado en el trabajo se ha enfocado en las características estadísticas de la información generalizada. En combinación con el desarrollo de agentes de usuarios, las pruebas de usuario son necesarias para verificar la conveniencia de la información generalizada para el uso dentro del dominio específico de aplicación.

(3) Operadores de generalización: El trabajo se concentra principalmente en dos operadores de generalización: simplificación de línea, utilizando el algoritmo S-DMin, y eliminación, alcanzada por el algoritmo SE-DMin. La eliminación en sí misma puede ser vista como el estado inicial de otras operaciones de generalización, como colapso y amalgamación. Consecuentemente, los trabajos futuros se tendrán que concentrar en ampliar el rango de operaciones de generalización que pueden ser alcanzadas dentro de un marco dirigido por ontologías.

3.1.5 Herramientas GIS inteligentes

Mustière, S., Gesbert, N., Sheeren, D., (2003). Presentan un trabajo que analiza el problema de que para la captura y manejo de bases de datos geográficas sus productores utilizan un enorme volumen de documentos complejos: las especificaciones. En realidad, estas son solamente fuentes de información que describen precisamente cuál es el contenido de una base de datos, o sea, cuál es el sentido de cada parte del esquema de datos, cuáles objetos son capturados y cómo son representados. Como tales, son una herramienta importante para describir, manejar, distribuir, transformar y compartir bases de datos. Desafortunadamente, incluso si las mismas pueden estar organizadas con precisión, estas especificaciones están expresadas usualmente en lenguaje natural y por ende en un pobre lenguaje formalizado. Su manipulación entonces es una tarea difícil y su manipulación automática es casi imposible. En el trabajo, los autores expresan que la formalización de las especificaciones existentes es una tarea importante y proponen un modelo orientado a objetos para lograrlo. Este modelo contiene dos partes principales: una parte formaliza qué objetos del mundo real deben aparecer en la base de datos, y otra parte describe como estos objetos son representados en la base de datos. Estos modelos descansan en una serie de criterios típicos encontrados en las especificaciones de la base de datos: criterio geométrico, criterio de relación, y criterio de naturaleza.

Razo, A., Sol, D., (2003). Presentan el diseño e implementación de una interfase GIS basada en web para manejo de riesgos utilizando XML y estándares abiertos. Presentan como utilizan XML para transferir y mostrar datos geográficos, hacen algunos esfuerzos por trasladar el Geographic Markup Language (GML) (una especificación XML propuesta por OpenGIS) a una representación 2D utilizando SVG. Esta representación es ideal debido a la naturaleza tridimensional de la información geográfica. Otra ventaja de usar VRML es la extensión GeoVRML debido a que pueden ser generados modelos tridimensionales. Ellos utilizaron las hojas de estilo de los documentos XML. El trabajo que presentaron fue implementado para el manejo de riesgos en un GIS para el volcán Popocatepel.

Torres, M., Levashkine, S., (2003). Generan una ontología especial por medio de la interacción entre un dominio especial de sujeto (SSD) y una taxonomía espacial (ST). El SSD está compuesto por un conocimiento espacial *a priori* que está relacionado con las propiedades esenciales (semántica de datos espaciales) de los objetos geográficos. Por otro lado, la ST describe la clasificación entre los datos espaciales, de acuerdo a las primitivas de la representación de los objetos espaciales. Utilizando tales métodos, es posible mejorar la representación de los datos espaciales estableciendo la conceptualización de la geo-información que resulte útil para el subsecuente procesamiento e interpretación de los datos espaciales. Así, este método de procesamiento semántico de datos espaciales puede ser considerado como un descubrimiento del conocimiento en las bases de datos espaciales (SDB).

Feng, J., Mukai, N., Wanatabe, T., (2003). Proponen un método integrado para la representación de la información de transportación con mapa de carretera multinivel sobre la base de las necesidades de un Sistema Inteligente de Transportación (SIT). Este método adopta una estructura espacial indexada para manejar objetos de mapas en múltiples niveles y utiliza un método integrado para representar las intersecciones (o restricciones del tráfico), el costo de viaje en un segmento de la carretera y las esquinas de giros. Basado en las bases de datos generadas por este método, las búsquedas en aplicaciones SIT pueden ser respondidas eficientemente en diferentes niveles de detalle.

3.1.6 Teorías para la semántica de la información espacial

Karalopoulos, A., Kokla, M., y Kavouras, M., (2005). Enfocan su investigación en la representación de las definiciones de concepto geográfico utilizando los grafos conceptuales y el desarrollo de una metodología de comparación que está basada en el método de representación propuesto. Según estos autores, el desarrollo de un proceso explícito y fácil para implementar el proceso para transformar una definición de concepto geográfico estructurado en la correspondiente representación de grafo conceptual rompe muchas limitaciones y obstáculos en la extracción de la información semántica de las definiciones de los conceptos geográficos y facilita la implementación de un ambiente geográfico interoperable. También expresan que el algoritmo de comparación que presentan, que se basa en la estructura y contenido de los grafos expresando conceptos, produce como salida un valor de similaridad entre 0 y 1, que muestran en cuanto dos conceptos son semánticamente cercanos.

Según los propios autores este trabajo es el primer paso hacia el establecimiento de metodologías para identificar y representar similitudes entre conceptos en ontologías geográficas. El próximo paso involucra la extensión del algoritmo introducido con el objetivo de permitir la medición de la similitud entre dos definiciones de conceptos geográficos de acuerdo no sólo a la similitud conceptual de sus representaciones, sino también a su similitud relacional.

Mizen, H., Dolbear, C., y Hart, G., (2005). Describen el desarrollo de un método sistemático para la creación de ontologías de dominio. Los autores escogieron el reconocimiento explícito de las diferencias en necesidades del dominio experto humano y la máquina en su representación de las ontologías en dos formas: una ontología conceptual y una lógica. La ontología conceptual es entendida por la comprensión humana y la ontología lógica, expresada en las lógicas de descripción, es derivada de la ontología conceptual y entendida por la máquina. La mayor contribución de los autores es la división de estas dos fases del desarrollo de las ontologías con énfasis puesto sobre el dominio de expertos en la creación por ellos mismos de la ontología conceptual.

Los autores plantean que las futuras investigaciones deben estar dirigidas al desarrollo de herramientas para asistir al dominio de expertos en grabar los tríos conceptuales, por ejemplo, para identificar la ciclicidad y facilitar la prueba formal a través del uso de preguntas de competencia, con el objetivo de facilitar la escalabilidad y la reusabilidad conceptual y lógica de la ontología.

3.1.7 Representaciones formales para datos geoespaciales

Rodríguez, M. A., Egenhofer, M., (2003). Presentan un método para calcular la similitud semántica que relaje el requerimiento de una ontología sencilla y contabilice la diferencia en los niveles de explicitos y formalización de diferentes especificaciones de ontologías. Una función de similitud determina entidades de clases similares mediante un proceso de comparación sobre series de sinónimos, vecindades semánticas, y rasgos distintivos que son clasificados en partes, funciones y atributos. Los resultados experimentales con diferentes ontologías indican que el modelo da buenos resultados cuando las ontologías han completado y detallado las representaciones de las entidades de clases. Mientras que la combinación de la comparación de palabras y la de vecindades es adecuada para detectar entidades de clases equivalentes, la comparación de rasgos les permitió discriminar entre entidades de clases similares pero no necesariamente equivalentes.

Gutiérrez, M. y Rodríguez, A., (2004). Utilizan un método basado en el conocimiento para encuestar bases de datos espaciales heterogéneas basadas en una ontología y en similitudes conceptuales y de atributo. La ontología, que puede ser independiente de las bases de datos, expande y filtra la pregunta del usuario. Entonces, las preguntas son traducidas a una especificación formal de entidades de clases que son comparadas con definiciones en las bases de datos. Este proceso es efectuado mediante la determinación de la similitud conceptual entre entidades en los modelos conceptuales de las bases de datos en una ontología de usuario y mediante la comparación de estas entidades en la ontología con entidades en los modelos conceptuales de las bases de datos. En adición, la especificación de una búsqueda es hecha no

solamente mediante la identificación de entidades de clases sino también considerando restricciones basadas en los valores de los atributos. El trabajo describe la arquitectura del sistema y presenta un caso de estudio con datos de un sistema de información forestal.

Galton, A., Worboys, M., (2005). Plantean que este trabajo contribuye al esfuerzo general en las investigaciones hacia una ontología genérica del fenómeno de escala geográfico y su aplicación a la provisión del análisis de modelado, y la recuperación de datos en un GIS espacio-temporal. Estas investigaciones están dirigidas en este trabajo a las geo-redes dinámicas que son, redes enmarcadas en un espacio geográfico (2 –dimensional). Los autores desarrollan estas ideas en el contexto de los flujos en geo-redes dinámicas. Plantean que las investigaciones futuras deben estar encaminadas a mostrar como las ideas generales desarrolladas por ellos pueden ser aplicadas a dominios específicos como el tráfico de una ciudad o en sistemas de comunicaciones Plantean además que algunas de estas ideas pueden ser aplicadas a otros dominios geoespaciales mas allá del enfoque de redes.

Cole, S., Hornsby, K., (2005). Presentan un método para modelar la semántica asociada con los ocurrentes en dominios geoespaciales. Los ocurrentes corresponden a lo que es normalmente pensado acerca de un acontecimiento o actividad en el mundo real. Los autores describen un método de modelación donde las representaciones de ocurrentes son modeladas como clases de eventos. La semántica adicional se obtiene modelando las subclases especializadas de clases de eventos como eventos derivados. Los ocurrentes significativos son modelados como eventos notables, o sea, acontecimientos o actividades en un dominio que requiere intervención, por ejemplo, la notificación automática de que un evento notable ha sido detectado. La representación es extendida para tratar secuencias de eventos que capturan una variedad de semánticas basadas en ocurrencias, modelando ocurrentes de rutina e inesperados, por ejemplo, moviendo entidades, como en los canales de un puerto.

Plantean que las investigaciones futuras deben dirigirse a estudiar como combinaciones de dos o más eventos forman patrones distintivos basados en los valores relativos de los atributos comunes a los eventos, así como la semántica asociada con los patrones. En adición, la implementación del servicio de notificación de eventos basado en respuestas automatizadas a los eventos notables requiere de un desarrollo posterior.

Montes de Oca, V., Torres, M., Levachkine, S., Moreno, M., (2006). Proponen el uso de un sistema basado en el conocimiento implementado en SWI-prolog para lograr un acercamiento a la descripción automática de datos espaciales por medio de varias reglas lógicas. El proceso de establecimiento de los predicados está basado en el análisis topológico y geométrico de los datos espaciales. Estos predicados son manipulados por una serie de reglas, que son utilizadas para encontrar las relaciones entre objetos geoespaciales. Es más, las reglas ayudan a la búsqueda de algunos rasgos que componen la partición de los mapas topográficos. Por ejemplo, en el caso que alguna carretera se intercepte con otra, aprecian que existe una relación de conexión entre diferentes destinos, que pueden ser accedidos por estas carreteras. Además, las reglas les ayudan a conocer cada acceso posible para este caso. Por ende, esta descripción ayuda en las tareas de la interpretación de datos espaciales (descripción de mapas) en el sentido de proporcionar información de calidad para sistemas espaciales de soporte a la decisión.

3.1.8 Comparación de similitudes de bases de datos espaciales

Schwering, A., Raudal, M., (2005). Sobre la base de que la determinación del grado de similitud semántica entre conceptos geoespaciales es fundamental para evaluar la interoperabilidad semántica de los servicios de información geográfica y sus usuarios, y de que los modelos geométricos, como los espacios conceptuales, ofrecen una forma de representación espacial de los conceptos, los que son modelados como regiones n-dimensionales y tomando en cuenta que trabajos anteriores sugieren medir la similitud semántica entre conceptos sobre la base de su aproximación por puntos simples, presentan una forma de medir la similitud entre regiones conceptuales que conducen a resultados más exactos. Además, permite las asimetrías midiendo las similitudes dirigidas. Utilizan ejemplos del dominio geoespacial para ilustrar la medida de similitud y demostrar su factibilidad.

Como trabajos futuros o problemas a resolver en esta temática plantean que los conceptos geoespaciales son frecuentemente complejos con dimensiones que no son obvias. Ellos simplifican la descripción del concepto en el ejemplo que presentan mediante una representación de sólo dos dimensiones. Las dimensiones de calidad subyacentes para un concepto sus valores sobre una dimensión y las dependencias entre dimensiones pueden ser identificadas por pruebas humanas de sujeto. También el escalado multidimensional puede ser usado por los humanos para identificar dimensiones potenciales para juzgar la similitud.

Los autores asumen de forma simplificada que ambos conceptos son descritos por las mismas dimensiones independientes. Sin embargo, muchos conceptos son representados por diferentes números de dimensiones. Las investigaciones futuras necesitan investigar si es factible el omitir las dimensiones diferentes y considerar sólo las comunes.

Los juicios de similitud de las personas son muy dependientes de sus tareas y del contexto general. Los trabajos futuros necesitan comparar los valores de similitud calculados con los resultados de las pruebas de humanas de sujeto usando diferentes escenarios. Las diferencias en los valores de similitud para contextos diferentes deben ser representadas en espacios conceptuales mediante la asignación de pesos a las dimensiones de calidad.

Ahlqvist, O., (2005). Sobre la base de que el análisis de los datos geográficos que utilizan medidas nominales es problemático a partir de que esto limita que puedan ser aplicados métodos analíticos. El análisis de cambios de coberturas terrestres es un ejemplo de esto donde, tanto el verdadero análisis de cambio como los cambios de clasificación en el tiempo pueden ser problemáticos. El estudio ilustra el uso de métricas de similitud semántica sobre definiciones parametrizadas de categorías, y como estas métricas pueden ser usadas para evaluar los cambios de cobertura terrestre en el tiempo como un grado del cambio percibido con respecto al estado del paisaje original. También se ilustra como los cambios de categorías, el sistema de clasificación en el tiempo, pueden ser analizados utilizando medidas de similitud semántica.

Dean, D., (2005). Trata el tema de la medición del grado de similitud entre bases de datos temáticas, esta es una tarea común ampliamente utilizada en la evaluación de la exactitud en sensoramiento remoto, validación de modelos espaciales, y en muchas otras tareas geoespaciales. Sin embargo, las medidas de similitud convencionales miran solamente la similitud de punto a punto, las mismas no están diseñadas para evaluar la similitud de formas y los arreglos de rasgos dentro de bases de datos a comparar. El estudio propone una técnica de evaluar la similitud del arreglo sobre la base de una comparación de representaciones de

quadtree de los mapas a ser evaluados. La evaluación empírica muestra que la técnica produce resultados que están muy de acuerdo con las evaluaciones objetivas de la similitud de bases de datos raster producidas por un servicio de mapas de usuarios.

Schwering, A., Raubal, M., (2005). Proponen extender medidas de similaridad semántica actuales tomando en cuenta las relaciones espaciales entre diferentes conceptos geoespaciales. Tal integración de las relaciones espaciales, en particular relaciones métricas y topológicas, llevan a un mejoramiento de la exactitud en las mediciones de la similaridad semántica. Para el tratamiento formal de la similaridad se aplica la teoría de los espacios vectoriales conceptuales se utilizan series de dimensiones cualitativas con una estructura métrica o topológica para uno o más dominios. Presentan un caso de estudio de un dominio geoespacial, utilizan el MasterMap del Ordnance Survey para demostrar la utilidad y plausibilidad del método.

3.1.9 Recuperación de la información espacial basada en ontologías

Raubal, M. y Kuhn, W., (2004). Sobre la base de que los servicios de información ayudan a las personas en sus decisiones durante el desarrollo de ciertas tareas. Con el objetivo de determinar si una fuente de datos que compromete a una ontología dada, puede ser empleada por un servicio, el proveedor del servicio necesita evaluar su usabilidad y utilidad para el proceso de toma de decisiones. Los autores proponen hacer esto mediante la simulación con las ontologías de las tareas a ser soportadas por el servicio. Tal simulación necesita acceder a los datos acerca de las entidades sobre la base de las acciones que se permiten y los eventos en que participan. Esto requiere que las ontologías incluyan información acerca de estas permisiones y eventos. El trabajo demuestra un marco formalizado, el cual satisface estos requerimientos mediante la inclusión de funciones en las ontologías y hacen ejecutables las especificaciones. Un escenario del mundo real para un servicio de navegación- instrucciones para cruzar un río en auto-demuestra la aplicabilidad y beneficios del método en un escenario dinámico

Janowicz, K., (2005). Trata el tema de la medición de la similitud semántica, la misma juega un rol significativo en la interoperabilidad semántica y en la recuperación de la información dentro del geo dominio debido a que soporta la detección de entidades conceptualmente cercanas pero no idénticas. En los modelos basados en rasgos, la medición de la similitud es efectuada mediante la comparación de rasgos comunes y diferentes como partes, atributos y funciones. En el trabajo los autores sugieren la adición de roles temáticos como un tipo adicional de rasgo a ser comparado, y muestran porque y como el uso de los roles temáticos puede prever funciones malas de comparación.

Manifiestan que la teoría presentada solamente toma en cuenta una jerarquía participante para expresar las comparaciones parciales dejando las categorías verbales a un lado. Es necesario analizar como este aspecto puede ser adicionado al modelo, argumentan que se deben dividir en más categorías si es necesario. Para el dominio geo tiene que ser de interés especial para analizar las categorías espaciales y crear sub roles adicionales si es necesario.

Hochmair, H., (2005). Analiza las dificultades reportadas en la recuperación de datos espaciales de portales de Internet, basado en los resultados de un estudio empírico. El análisis

revela los problemas que causan la insatisfacción de los usuarios y fallos en el proceso de búsqueda de bases de datos espaciales. Estos problemas se dirigen a una nueva arquitectura de búsqueda. Dentro de la arquitectura, el trabajo presentado se enfoca a la búsqueda de expansión que ayuda a superar las diferencias entre las taxonomías de los rasgos geográficos y las taxonomías en la base del conocimiento del mecanismo de búsqueda de metadatos. La arquitectura de búsqueda de datos propuesta está formalizada en un lenguaje de especificación algebraico, seguido por la simulación de un escenario de búsqueda para datos espaciales. La simulación demuestra la ventaja de las técnicas de expansión de la búsqueda sobre la simple comparación de palabras claves.

Expresa que es necesario para analizar como las taxonomías legibles por la máquina pueden ser usadas por la búsqueda de expansión y qué técnicas de unir taxonomías automatizadas son apropiadas. Aunque la simulación presentada da una prueba de concepto, otra parte de los trabajos futuros debe dirigirse a la comprobación empírica del marco de búsqueda conceptual propuesto con una interfase gráfica sobre una arquitectura cliente servidor. Las pruebas empíricas revelaran si las pautas propuestas realmente crean una interfase de usuario más inteligente.

Lutz, M., Klien, E., (2006). Toman en consideración que el descubrimiento y el acceso a la información geográfica (GI) en ambientes abiertos y distribuidos de las actuales Infraestructuras de Datos Espaciales (SDIs) es una tarea crucial. Los catálogos proporcionan repositorios de descripciones de información en los cuales es posible desarrollar búsquedas, pero los mecanismos para soportar la recuperación de la GI son todavía insuficientes. Problemas en la heterogeneidad semántica causados por la ambigüedad del lenguaje natural pueden aparecer durante las búsquedas basadas en palabras clave en los catálogos y cuando se formula una búsqueda para acceder a los datos descubiertos. En el trabajo los autores presentan un método para la recuperación de la GI basada en ontologías que contribuye a resolver los problemas existentes de la heterogeneidad semántica y oculta la mayor complejidad del procedimiento requerido del demandante. Un lenguaje de búsqueda y una interfase gráfica de usuario permiten al demandante formular intuitivamente una pregunta utilizando un vocabulario de dominio bien conocido. De esta pregunta se deriva un concepto de ontología el cual es entonces utilizado para buscar un catálogo para una fuente de datos que proporciona toda la información requerida para responder la pregunta del demandante. Si es descubierta una fuente de datos conveniente, los datos relevantes son accedidos a través de una interfase estandarizada. El método está implementado a través de algunos componentes que pueden ser usados como una extensión a SDIs estándares.

Janowicz, K. (2006). Toma en cuenta que las teorías de la medición de la similaridad juegan un rol creciente en la ciencia de los GIS y específicamente en la recuperación e integración de la información. Los rasgos y modelos geométricos existentes han probado ser útiles en detectar conceptos y entidades cercanos pero no idénticos. Sin embargo hasta ahora ninguna de estas teorías es capaz de manipular la expresividad de las lógicas de descripción por varias razones y por consiguiente normalmente no es aplicable al tipo de ontologías desarrollado para los sistemas de información geográficos o a la futura web semántica geoespacial. Para cerrar el hueco resultante entre las teorías de similaridad disponibles por un lado y las ontologías existentes por otro, los autores presentan un trabajo en curso para desarrollar una teoría de similaridad para conceptos especificados en lógicas de descripción específica como ALCNR.

3.1.10 Web semántica geoespacial

Egenhofer, M., (2002). Reflexiona acerca de que con el crecimiento de la World Wide Web ha llegado la visión de que los métodos disponibles en la actualidad para encontrar y usar la información en la Web son frecuentemente insuficientes. Con el objetivo de mover la Web de un repositorio de datos a un recurso de información, una forma totalmente nueva de organizar la información es necesaria. El advenimiento de la Web Semántica promete mejores métodos de recuperación mediante la incorporación de la semántica de los datos y la explotación de la semántica durante el proceso de búsqueda. Un desarrollo necesita especial atención desde la perspectiva geoespacial para que las particularidades del significado geoespacial sean capturadas apropiadamente. La creación de la Web Semántica Geoespacial necesita el desarrollo de múltiples ontologías espaciales y terminológicas, cada una con una semántica formal, la representación de estas semánticas de manera que estas estén disponibles tanto para las máquinas para el procesamiento como para la gente para el entendimiento y el procesamiento de búsquedas geoespaciales contra estas ontologías y la evaluación de los resultados de la recuperación basados en la comparación entre la semántica de la necesidad de información expresada y la semántica disponible de los recursos de información y sistemas de búsqueda. Esto conducirá a un nuevo marco para la recuperación de la información geoespacial basado en la semántica de los datos espaciales y ontologías terminológicas. Mediante la representación explícita del rol de la semántica en diferentes componentes del proceso de recuperación de la información (personas, interfaces, sistemas de búsqueda, y recursos de información), la Web Semántica Geoespacial permitirá a los usuarios recuperar datos más precisos sobre la base de la semántica asociada con estos datos.

Kolas, D., Hebler, J., Dean, M., (2005). Analizan como una arquitectura efectiva de ontología posibilita el desarrollo de un sistema geoespacial semántico que fusiona múltiples fuentes de datos geoespaciales en una poderosa fuente de conocimientos interdisciplinarios. En el trabajo sugieren tipos de ontologías que pueden soportar un sistema semántico geoespacial. Exponen las motivaciones de cada uno de los tipos de ontologías, así como las áreas potenciales para la estandarización por la comunidad geoespacial. Finalmente, discuten el uso del método propuesto dentro de un experimento de interoperabilidad.

Agarwal, P., Huang, Y., Dimitrova, V., (2005). Analizan como el dominio geoespacial está caracterizado por la vaguedad, lo que hace de la definición aceptada universalmente de geontología una tarea onerosa, específicamente para la desambiguación semántica de los conceptos de este dominio. Esto se debe a la falta de métodos apropiados y técnicas donde las conceptualizaciones semánticas individuales puedan capturarse y puedan compararse unas con otras. Con una multiplicidad de conceptualizaciones de usuario, los esfuerzos hacia una Web Semántica Geoespacial confiable requieren una personalización donde la diversidad del usuario pueda ser incorporada. En el trabajo los autores proponen un método formal para detectar diferencias entre modelos conceptuales de expertos y usuarios. La formalización es utilizada como base para desarrollar algoritmos para comparar modelos definidos en OWL. Los

algoritmos son ilustrados en el dominio geográfico utilizando conceptos de la ontología SPACE, y son evaluados mediante la comparación de casos de pruebas de posibles errores de usuarios. El trabajo que presentan es parte de una investigación en curso acerca de la aplicación del razonamiento de sentido común para obtener y mantener modelos que representan las conceptualizaciones de usuarios. Tales modelos permitirán tomar en cuenta la perspectiva del usuario del mundo real y potenciarán la personalización de algoritmos para la Web Semántica.

Plantean que las investigaciones continúan con la incorporación de incertidumbres y conceptualizaciones semánticas en modelos del usuario y se centran además en mapeos y desigualdades más complejos. Los autores están valorando la posibilidad de utilizar algoritmos de detección de desigualdades en combinación con razonamiento adicional para enfrentar los problemas de vaguedad y heterogeneidad. El objetivo es también el de explorar la posibilidad de incluir otros lenguajes de ontologías, estándares y métodos de razonamiento (por ejemplo, SWRL, RDF y XML) dentro de estos algoritmos. Para este propósito, la evaluación de la transmisibilidad entre diferentes lenguajes Web para conceptos geográficos es una investigación que están llevando a cabo.

Gu, X., Pascoe, R., (2005). Describen una técnica sistemática por la cual las ontologías geográficas, descripciones de conceptos y relaciones que existen para los dominios geográficos de interés, pueden incorporar políticas de actualización. De interés particular son aquellas ontologías que describen datos geográficos distribuidos donde diferentes componentes son mantenidos por organizaciones separadas. La eficacia de una copia local de estos datos distribuidos declinará debido a que las organizaciones proveedoras cambian sus contribuciones individuales a bases de datos distribuidas. La política de actualización incorporada de la ontología asociada para esta copia local será usada para determinar cuando hay una acumulación de cambios. Las ontologías son descritas utilizando el Unified Modelling Language (UML), la semántica de una política de actualización es expresada utilizando un profile UML que se describe en el trabajo. La intención es implementar agentes de software que ejecutan la política de actualización y cuando se justifique generan un plan por el cual la copia local puede ser actualizada para reflejar los datos distribuidos que están actualmente disponibles.

3.2 Principales problemas abiertos

De forma general podemos decir que de la revisión bibliográfica realizada se han llegado a las siguientes conclusiones. Los desarrollos recientes en los sistemas de información inteligentes tales como la web semántica (Berners-Lee *et al.*, 2001) tienen un gran potencial para la comunidad de las ciencias geo-espaciales, en específico, debido a que el enfoque sobre la incorporación de la semántica de los datos conllevará a una mejor recuperación y a métodos de integración más confiables.

Existe un movimiento que se aleja de la estructura y la síntesis en el dominio geo-espacial junto a la tendencia de considerar a la semántica como la base para una ontología que permita la traducción de los datos de diferentes fuentes y usuarios. Sin embargo, el uso de geo-ontologías no ha alcanzado todavía su completa potencialidad como una conceptualización absoluta del mundo real para satisfacer el procesamiento confiable de información geoespacial, debido a que

las diferentes propiedades semánticas individuales de los objetos espaciales no son siempre necesariamente tomadas en consideración.

Las personas se forman un modelo conceptual del mundo que cambia dinámicamente en el tiempo. La conceptualización del mundo de los usuarios puede diferir a veces significativamente de la conceptualización codificada en un sistema computacional. Si no se toman en cuenta las discrepancias entre una conceptualización del usuario y el sistema puede conducir a la confusión y frustración del usuario cuando utiliza los servicios asistidos por computadora, lo que puede tornar estos servicios menos populares. Por lo que enfrentarse con la diversidad de los usuarios y proporcionar funcionalidad personalizada es de importancia capital (Henze y Herrlich, 2004, Dolog *et al.*, 2003). Existe una necesidad muy fuerte de incluir a las personas como un eje en el diseño, desarrollo, y despliegue de sistemas de información enriquecidos semánticamente. El desarrollo de tales sistemas debe incluir también el manejo de las geo-ontologías y la necesidad de actualizar e integrar estas a diferentes modelos conceptuales del mundo real de los usuarios.

Problemas abiertos

1. La necesidad de tomar en cuenta los conceptos de las personas (geográficos) y sus relaciones semánticas, diferentes puntos de vista de los mismos conceptos.
2. La obtención de herramientas computacionales que permitan una respuesta más precisa al problema de la interoperabilidad de las ontologías y los Sistemas de Información Geográfica.
3. La falta de un ambiente favorable para la ingeniería de ontologías y su mantenimiento para el uso eficiente de las ontologías en la comunidad Geoespacial.
4. La necesidad de obtener medidas de ambigüedad e inconsistencias entre conceptualizaciones de objetos geográficos.
5. El desarrollo de métodos más efectivos de análisis automático de imágenes cartográficas sobre la base de que los rasgos geométricos y del color para la extracción de objetos espaciales semánticos
6. La necesidad del desarrollo de métodos más efectivos para la extracción rasgos semánticos de las imágenes para la interpretación automática de imágenes aéreas y satelitales y su integración a Sistemas de Información Geográfica.
7. La necesidad de obtener algoritmos más efectivos de generalización de mapas conducidos por ontologías como base para la conservación de la integridad semántica del mapa.
8. La necesidad de obtener medidas cuantitativas para valorar los cambios en la semántica de las representaciones de los objetos del mapa sufridas durante los procesos de generalización automática.
9. La búsqueda de formas de representación de las definiciones de los conceptos geográficos que faciliten la comparación y medición de la similaridad entre conceptos.
10. El desarrollo de métodos de medición de la similaridad entre dos definiciones de conceptos geográficos de acuerdo no sólo a la similaridad conceptual de sus representaciones, sino también a su similaridad relacional.

11. El establecimiento de metodologías para identificar y representar similitudes entre conceptos en ontologías geográficas.
12. El desarrollo de métodos sistemáticos para la creación de ontologías de dominio y de herramientas para asistir al dominio de expertos, con el objetivo de facilitar la escalabilidad y la reusabilidad conceptual y lógica de la ontología.
13. Necesidad de extender las medidas de similitud semántica actuales tomando en cuenta las relaciones espaciales entre diferentes conceptos geoespaciales, relaciones métricas y topológicas.
14. La necesidad de obtener medidas de similitud semántica diseñadas para evaluar la similitud de formas y los arreglos de rasgos dentro de bases de datos sensoramiento remoto, y de validación de modelos espaciales.
15. Soportar consultas basadas en significados (no solamente en palabras claves, probar una búsqueda en Google por una palabra clave, ej., “Ríos de América del Sur” y compare sus resultados con sus expectativas) y una mejor definición de los términos espaciales (como “área verde”).
16. Integrar ontologías de múltiples terminológicas como base para un efectivo procesamiento de los datos geoespaciales.

Conclusiones del capítulo

En el capítulo fueron identificadas y descritas las investigaciones mas recientes en la temática, a su vez fueron identificados un total de 16 problemas abiertos que pueden ser tomados como punto de partida para el desarrollo de nuevas investigaciones.

4 Identificación de las principales publicaciones sobre Interpretación Semántica de Datos Espaciales

Los listados que aparecen a continuación no están ordenados por su nivel de importancia.

4.1 Revistas con publicaciones sobre Interpretación Semántica de Datos Espaciales

1. A Taylor & Francis Journal of Geographical Information Science
2. GeoInformatica. An International Journal on Advances of Computer Science for Geographic Information Systems, Springer.
3. Lecture Notes in Computer Science, Publisher: Springer-Verlag Heidelberg
4. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence
5. IEEE Transactions on Computers
6. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing
7. Journal of Remote Sensing of Environment
8. Journal of Artificial Intelligent
9. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Elseiver
10. Journal on Data Semantics, Springer Verlag

11. Journal, Spatial Cognition and Computation

4.2 "Proceedings" que reportan avances en Interpretación Semántica de Datos Espaciales

1. Proceedings of International Congress on Pattern Recognition., IEEE.
2. Proceedings of Iberoamerican Congress on Pattern Recognition (CIARP), Lecture Notes in Computer Science, Springer Verlag.
3. Proceedings of ACM-GIS. International Symposium on Advances on Geographical Information Systems.
4. Proceedings of CONGEO. International Conference on Geoinformatics Applications
5. Proceedings of GREC, International Workshop on Graphics Recognition.
6. Proceedings of IbPRIA, Iberian Conference on Pattern Recognition and Image Analysis.
7. Proceedings of GeoS Conferences, International Conference on Geospatial Semantics.
8. Proceedings of KES, International Conference on Knowledge-Based & Intelligent Information & Engineering Systems.
9. Proceedings of Workshop on Semantic Similarity Measurement and Geospatial Applications. Pre-COSIT.
10. Proceedings of SSTD, Symposium on Spatial and Temporal Databases.
11. Proceedings of W2GIS. International Symposium on Web and Wireless Geographical Information Systems.

4.3 Tesis de doctorado

1. Federico Torres Fonseca (2001), Ontology-Driven Geographic Information Systems.
2. M. Raubal (2001), Agent-based Simulation of Human Wayfinding: A Perceptual Model for Unfamiliar Buildings, Ph.D. Thesis, Vienna University of Technology, Vienna.

4.4 Principales libros sobre Semántica de Datos Espaciales

No existen libros especialmente dedicados a tratar la temática de la interpretación semántica de datos espaciales, como es el caso del Procesamiento Digital de Imágenes, el Reconocimiento de Patrones, la identificación de las huellas dactilares y otros, sino que los libros como los mencionados abordan la temática como un tema al servicio de la geomática y las ciencias geográficas y por ello es abordada en tópicos específicos dentro de sus contenidos. Citaremos algunos de los libros más conocidos que describen tópicos sobre la semántica de datos espaciales.

1. Nyerges T., D. Mark, R. Laurini, and M. Egenhofer (eds.). Cognitive Aspects of Human-Computer Interaction for Geographic Information Systems, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 1995.
2. Egenhofer, M. and Golledge, R.G. (eds.). Spatial and Temporal Reasoning in Geographic Information Systems, Oxford University Press, 1998.
3. Goodchild M., M. Egenhofer, R. Fegeas, and C. Kottman (eds.). Interoperating Geographic Information Systems, Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA, 1999.
4. Longley P., M. Goodchild, D. Maguire, D. Rhind (eds.). Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Applications, and Management, Wiley, New York, 1999.
5. J.L. Díaz de León & C. Yañez (Eds.) Research on Computing Science: Reconocimiento de Patrones, Avances y Perspectivas, November, Mexico City, 2002.
6. R. McMaster and L. Userly (eds.). A Research Agenda for Geographic Information Science, CRC Press, Boca Raton, FL, 2004.
7. Worboys, M.F., Relational Databases and Beyond, in Longley P A, Goodchild M F, Maguire D J, Rhind D W (eds). Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications (second edition: abridged edition). John Wiley Inc., Hoboken, New Jersey, 2005.

Conclusiones del capítulo

La interpretación semántica de datos espaciales desde su surgimiento en la década de los 90 del siglo pasado, ha sido publicitada en un creciente número de revistas científicas de los países más desarrollados, todas las cuales poseen un nivel internacional con un alto reconocimiento por su seriedad y rigor científico. Como tecnología vinculada estrechamente al reconocimiento de patrones, recibe el mayor interés de científicos destacados.

Conclusiones y Trabajos Futuros

Sobre la base del desarrollo de búsquedas y análisis de las fuentes literarias clásicas de la especialidad, se logró el conocimiento profundo de los fundamentos sobre los que se sustenta.

Mediante el estudio continuado de los últimos resultados publicados en todas las fuentes que fueron posibles consultar, se logró su clasificación en tendencias o ramas.

Se elaboraron fichas que contienen aspectos como las principales instituciones, grupos de trabajo e investigadores de esta especialidad a nivel nacional e internacional, investigaciones de mayor importancia que se desarrollan en esta esfera y principales publicaciones de la especialidad.

Se lograron identificar un total de 16 problemas abiertos que servirán como base para la elaboración de futuros proyectos de investigación teórica. Estos problemas se centran fundamentalmente en la búsqueda de medidas de similaridad entre conceptualizaciones de

objetos geográficos, la comparación y alineación de ontologías espaciales y la interoperabilidad semántica en Sistemas de Información Geográfica.

Los trabajos futuros de acuerdo a los problemas abiertos y las necesidades del país pueden estar encaminado a: la obtención de herramientas para la comparación y alineación de ontologías espaciales de dominio e integración de Sistemas de Información Geográfica Gobernados por ontologías.

La consecución de un proyecto que tenga por objetivos: obtener herramientas computacionales para realizar comparaciones entre conceptualizaciones, atributos y relaciones de dos o más ontologías referidas a un dominio del conocimiento geoespacial (suelos, forestal, desastres, medio ambiente, hidrología, geología, etc) y su integración en una ontología que recoja el conocimiento compartido entre dos o más comunidades geoespaciales en un determinado dominio, estas herramientas permitirán además la integración de las ontologías comparadas y alineadas a una plataforma SIG para ser utilizadas como un componente más en las consultas y análisis de los datos integrados sobre la base de un arquitectura de Sistemas de Información Geográfica Gobernado por Ontología, esto permitirá que los datos integrados puedan ser compartidos con otros usuarios o que estos puedan ser enriquecidos por nueva información y a su vez tributarla en el marco de la Infraestructura de Datos Espaciales de la Republica de Cuba (IDERC) como base para compartir la información geográfica en un ambiente cooperativo interinstitucional y sustentar de forma más eficiente la toma de decisiones sociales, económicas y ambientales.

Dos fases del proyecto:

Primera fase: Creación de herramientas de comparación y alineación de ontologías de dominio:

Se investigará en la búsqueda de un método de comparación e integración de ontologías de dominio a partir de reglas (lingüísticas, semánticas, ontológicas (relaciones padre-hijo), de propiedades) entre dos o mas ontologías de dominio, generando una medida de similitud entre las conceptualizaciones comparadas, sobre la base de algoritmos de combinación de clasificadores (*boosting, adaboosting, kernels*, etc) utilizados en reconocimiento de patrones

Segunda fase: Creación de herramientas de integración de ontologías de dominio a Sistemas de Información geográfica.

Se investigará la elaboración de herramientas de integración y manejo de ontologías de dominio a una plataforma SIG (puede ser una plataforma *open source*) sobre la base de la arquitectura ODGIS) que permitirá la obtención de una plataforma de Sistema de Información Geográfica Gobernado por Ontologías como herramienta para el análisis y generación de nueva información espacial útil y será la base para el desarrollo de aplicaciones SIG que permitirán la solución de muchos de los problemas relacionados con el tratamiento de datos espaciales a la par de brindar a los usuarios de datos geoespaciales una herramienta de análisis de última generación (GIS inteligentes) en concordancia con los principios y normas que se vienen estableciendo como parte de la Infraestructura de Datos Espaciales de la Republica de Cuba.

Referencias Bibliográficas

1. Agarwal, P (2005). Ontological considerations in GIScience. *International Journal of Geographical Information Science (IJGIS)*, Vol. 19, No. 5, pp. 501 – 535.
2. Agarwal P, Huang Y, y Dimitrova V (2005). Formal Approach to Reconciliation of Individual Ontologies for Personalisation of Geospatial Semantic Web, *GeoS 2005, LNCS 3799*, pp. 195 – 210, 2005. © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2005.
3. Ahlqvist O (2005). Using Semantic Similarity Metrics to Uncover Category and Land Cover Change, *GeoS 2005, LNCS 3799*, pp. 107 – 119, 2005. © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2005.
4. Alexandrov V y Levashkine S.(2003). Cognitive promptings for Semantic-Mind-Analysis and Object Oriented Data Integration of Information flows, *Proceedings of International Workshop on Semantic Processing of Spatial Data (GEOPRO 2003)*, 4-5 November 2003, Mexico City.
5. Alexandrov, V., Levashkine, S (2003). Semantic-Mind Analysis and Object-Oriented Data Integration of visual Information : A primer. *Proceedings of International Workshop on Semantic Processing of Spatial Data (GEOPRO 2003)*, 4-5 November 2003, Mexico City (2003).
6. Angulo J, Serra J (2003), Mathematical Morphology in Color Spaces Applied to the Analysis of Cartographic Images, *roceedings of International Workshop on Semantic Processing of Spatial Data (GEOPRO 2003)*, 4-5 November 2003, Mexico City.
7. Bader, M (2001). Energy minimization methods for feature displacement in map generalization Phd Thesis University of Zurich, Suisse, 2001.
8. Balley, S. (2003), Assisting Users in Selecting and Restructuring Data Sets. *Proceedings of International Workshop on Semantic Processing of Spatial Data (GEOPRO 2003)*, 4-5 November 2003, Mexico City.
9. Balmaseda C. (2007). Construyendo ontologías para el dominio de Suelos, CD, *Memorias de Informatica 2007, V Congreso Internacional de Geomática.*, La Habana, Cuba
10. Batini, C., M. Lenzerini and S. Navathe, (1986): A Comparative Analysis of Methodologies for Database Schema Integration. *ACM Computing Surveys*, Vol. 18, No. 4, pp. 323-364, 1986.
11. Benz, U.(1999) Supervised Fuzzy analysis of single and multi-channel SAR data *Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 37(2), 1999, 1023-1037.
12. Benz U, Hofman P, Willhauck G., Lingenfelder I., Heynen M. (2003), Multi- resolution, object-oriented fuzzy analysis of Remote sensing data for GIS ready information, *Proceedings of International Workshop on Semantic, Processing of Spatial Data (GEOPRO 2003)*, 4-5 November 2003, Mexico City.

13. Benz, U., Hoffman, P. Wilhauk (2003), Multi Resolution, Object-Oriented Fuzzy Analysis of remote Sensing Data for GIS ready information. Proceedings of International Workshop on Semantic Processing of Spatial Data (GEOPRO 2003), 4-5 November 2003, Mexico City (2003)
14. Berners-Lee T., Hendler J., and Lassila O (2001), The Semantic Web, *The Scientific American* 284,34-43.
15. Bishr, Y (1997), *Semantic Aspect of Interoperable GIS: Wageningen Agricultural University ITC, 1997*, pp. 154.
16. Bishr Y (1999). Probing the Concept of Information Communities - A First Step Toward Semantic Interoperability, in *Interoperating Geographic Information Systems (Proceedings of Interop'97)*, M.F. Goodchild, et al., Editors, Kluwer: pp. 55-71.
17. Cheng T, Li Z. (2003), Measures for semantic quality after polygon generalization, *Proceedings of International Workshop on Semantic Processing of Spatial Data (GEOPRO 2003)*, 4-5 November 2003, Mexico City.
18. Cho S, Chung Y, Lee J.(2003), Mosaicing System with strong of Robutness in Camera Motion, *Proceedings of International Workshop on Semantic, Processing of Spatial Data (GEOPRO 2003)*, 4-5 November 2003, Mexico City.
19. Consejo de Ministros, (2005): Acuerdo No 5535, Creación de la Comisión Nacional de la Infraestructura de Datos Espaciales de la Republica de Cuba. 16 de septiembre de 2005.
20. Couclelis, H. (1992): People Manipulate Objects (but Cultivate Fields): Beyond the Raster-Vector Debate in GIS. in: Frank A U, Campari I, and Formentini U, (Eds.) *Theories and Methods of Spatio-Temporal Reasoning in Geographic Space. Lecture Notes in Computer Science 639*, pp. 65-77, Springer-Verlag, New York.
21. Cole S, Hornsby K (2005), Modeling Noteworthy Events in a Geospatial Domain, *GeoS 2005, LNCS 3799*, pp. 77 – 89, 2005. © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2005.
22. Davis. F., D. Quattrochi, M. Ridd, N. Lam, S. Walsh, J. Michaelsen, J. Franklin, D. Stow, C. Johannsen and C. Johnston (1991): *Environmental Analysis Using Integrated GIS and Remotely Sensed Data: Some Research Needs and Priorities. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing 57: 689-697*
23. Dean D. (2005), Measuring Arrangement Similarity between Thematic Raster Databases Using a QuadTree-Based Approach, *GeoS 2005, LNCS 3799*, pp. 120 – 136, 2005. © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2005.
24. Delgado T, Cromptvoets J (eds)(2007). *Infraestructura de datos espaciales en Iberoamerica y el Caribe.*, IDICT, Habana, Cuba.
25. Dolog P.,N. Henze, W. Nejdl, and M. Sintek (2003), “Towards the Adaptive Semantic Web”. 1st Workshop on Principles and Practice of Semantic Web Reasoning, PPSWR 2003, collocated with International Conference on Logic Programming, ICLP 2003, Dec. 8, 2003, Mumbai, India.

26. EEA (2000). CORINE Land Cover (Technical guide). European Environmental Agency, Commission of the European Community,
27. Egenhofer, M. and Golledge, R.G. (eds.). Spatial and Temporal Reasoning in Geographic Information Systems, Oxford University Press, 1998.
28. Egenhofer, M. and D. Mark (1995): Naive Geography. in: Frank A and Kuhn W, (Eds.) Spatial Information Theory - A Theoretical Basis for GIS, International Conference COSIT '95. Lecture Notes in Computer Science 988, pp. 1-15, Springer-Verlag, Berlin
29. Egenhofer M (2002), Toward the Semantic Geospatial Web. Proceedings of GIS'02, November 8-9, 2002, McLean, Virginia, USA., Copyright 2002 ACM 1-58113-591-2/02/0011.
30. Ehlers, M., D. Greenlee, T. Smith and J. Star (1991): Integration of Remote Sensing and GIS: Data and Data Access. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing 57: 669-675.
31. ESRI, Environmental Sciences Research Institute: <http://www.geographynetwork.com/>
32. Euzenat J.(2001). Research challenges and perspectives of the Semantic Web. Report of the EUNSF Strategic Research Workshop, Sophia-Antipolis, France.
33. Feng, J., Mukai, N., Wanatabe, T. (2003) Multi-Level Transportation network adaptable to traffic navigation. Proceedings of International Workshop on Semantic Processing of Spatial Data (GEOPRO 2003), 4-5 November 2003, Mexico City.
34. Fonseca, F., Egenhofer M (1999). Ontology –Driven Geographic Information Systems, 7 ACM Symposium on Advances in Geographic Information Systems, Kansas City, MO, 1999, 14-19.
35. Fonseca, F; Egenhofer, M; Borges, K (2000), Ontologias e interoperabilidade semantica entre GIS, Proceedings of GEOINFO 2000, II Workshop brasileiro de Geoinformatica, Sao Paulo, 2000.
36. Fonseca F. (2001), Ontology Driven Geographical Information Systems. A thesis, Submitted in Partial Fulfillment of the, Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy (in Spatial Information Science and Engineering), The Graduate School, The University of Maine, May, 2001
37. Fonseca, F., M. Egenhofer, P. Agouris, (2002): Using Ontologies for Integrated Geographic Information System. Transaction in GIS 6(3), 2002.
38. Fonseca F., and Sheth A.(2002), The Geospatial Semantic Web, UCGIS White Paper. <http://www.ucgis4.org/priorities/research/2002researchagenda.htm>.
39. Fonseca F; Egenhofer M; Davis C; Camara G (2002), Semantic Granularity in Ontology-Driven Geographical Information Systems, Annals of Mathematics and Artificial Intelligence, 2002.
40. Fonseca F, Cámara G, Monteiro A (2006): A Framework for Measuring the Interoperability of GeoOntologies. Spatial Cognition and Computation, 6, 307-329. pre-print version.
41. Foresman, T.W. (editor), (1998). The history of Geographic Information Systems: perspectives from the pioneers, Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall PTR (1998)

42. Garcia M, Novua O, Barranco G.(2007). Construyendo ontologías para el escenario económico en las cuencas hidrográficas. Una Aproximación en el Estudio de la Cuenca del Río Mayabeque, CD, Memorias de Informatica 2007, V Congreso Internacional de Geomática., La Habana, Cuba.
43. Garea E, Gil JI (2007). Los Sistemas de Información Geográfica Gobernados por Ontologías como Herramienta para la Interpretación semántica de la Información espacial y su integración a la IDERC, CD, Memorias de Informatica 2007, V Congreso Internacional de Geomática., La Habana, Cuba.
44. Galton A, Worboys M.(2005), Processes and Events in Dynamic Geo-Networks, GeoS 2005, LNCS 3799, pp. 45 – 59, 2005. © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2005.
45. Gelbukh A., Han SY, y Levashkine S. (2003), Mergin sources of evidence to resolve ambiguities in toponym recognition in cartographic maps, Proceedings of International Workshop on Semantic Processing of Spatial Data (GEOPRO 2003), 4-5 November 2003, Mexico City.
46. González E y Levachkine S. (2004), Color Cartographic Pattern Recognition using the Coarse to Fine Scale Method, tomado de la pagina web personal de Serguei Levashkine, URL: <http://www.levashkin.com/>.
47. Goodchild, M., M. Egenhofer, R. Fegeas, , and C. Kottman, (1999): Interoperating Geographic Information Systems. Norwel, MA: Kluwer Academic Publishers.
48. Gregorio, A. D., and L. J. M. Jansen (1998): Land Cover Classification System: Classification Concepts and User Manual, Food and Agriculture Organization of the United Nations <http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/SUSTDEV/EIdirect/EIre0062.htm>
49. Gruber, T. (1991): Role of Common Ontology in Achieving Sharable, Reusable Knowledge Bases. Principles of Knowledge Representation and Reasoning, Cambridge, MA, 1991, pp. 601-602.
50. Guarino, N. (1998): Formal Ontology and Information Systems, in Formal Ontology in Information Systems, N. Guarino, Ed. Amsterdam, Netherlands: IOS Press, 1998, pp. 3-15.
51. Gutiérrez M. y Rodríguez A. (2004). Querying Heterogeneous Spatial Databases: Combining an Ontology with Similarity Functions in Conceptual Modeling for Advanced Application Domains, LNCS, Vol 3289, 2004, pp 160-171, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
52. Gu X, Pascoe R. (2005). Incorporating Update Semantics Within Geographical Ontologies, GeoS 2005, LNCS 3799, pp. 211 – 226, 2005. © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2005.
53. Henze N. and Herrlich M. (2004). The Personal Reader: A Framework for Enabling Personalization Services on the Semantic Web. Proceedings of the Twelfth GI-Workshop on Adaptation and User Modeling in interactive Systems, ABIS 2004, October 2004, Berlin, Germany.
54. Hochmair H (2005), Ontology Matching for Spatial Data Retrieval from Internet Portals, GeoS 2005, LNCS 3799, pp. 166 – 182, 2005. © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2005.
55. ICH, 1994., TeleMap, Software para las geociencias, Referencia Teórica.

56. Janowicz K. (2005), Extending Semantic Similarity Measurement with Thematic Roles, *GeoS 2005*, LNCS 3799, pp. 137 – 152, 2005. © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2005.
57. Janowicz, K. (2006): Sim-DL: Towards a Semantic Similarity Measurement Theory for the Description Logic ALCNR in Geographic Information Retrieval. R. Meersman, Z. Tari, P. Herrero et al. (Eds.): *SeBGIS (2006)*, OTM Workshops 2006, LNCS 4278, pp. 1681 – 1692
58. Karalopoulos A, Kokla M., and Kavouras M.(2005), Comparing Representations of Geographic Knowledge Expressed as Conceptual Graphs, *GeoS 2005*, LNCS 3799, pp. 1 – 14, 2005. © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2005.
59. Kashayp, V. and Sheth, A (1996)., Semantic Heterogeneity in Global Information System: The Role of Metadata, Context and Ontologies, in *Cooperative Information Systems: Current Trends and Directions*, M. P. Papazoglou, Schlageter, G., Eds. London: Academic Press, 1996.
60. Kolas D, Hebler J, and Dean M. (2005), Geospatial Semantic Web: Architecture of Ontologies, *Lectures Notes in Compute Science*, *GeoS 2005*, LNCS 3799, pp 183 – 194, 2005, c_Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2005.
61. Klien, E. y F. Probst (2005). Requirements for Geospatial Ontology Engineering. 8th Conference on Geographic Information Science (AGILE 2005). Estoril, Portugal.
62. Kuhn W (2005), Geospatial Semantics: Why, of What, and How?, tomado de la pagina web personal de Kuhn W., URL: <http://ifgi.uni-muenster.de/~kuhn/>.
63. Kulik L, Duckham M, Egenhofer M, (2005), Ontology Driven Map-generalization, *Journal of Visual Languages and Computing* 16(2), 2005.
64. Lee, D. (2003). Generalization within a Geoprocessing Framework. *Proceedings of International Workshop on Semantic Processing of Spatial Data (GEOPRO 2003)*, 4-5 November 2003, Mexico City
65. Levachkine, S., Velazquez, A., Alexandrov, V. Kharinov, M (2002)., Semantic Analisis and Recognition of raster scanned color cartographic images. *Lecture Notes in Computer Science* Vol.2390,2002,178-189.
66. Levachkine, S (2003). System approach to R2V conversion for analytical GIS. *Proceedings of International Workshop on Semantic Processing of Spatial Data (GEOPRO 2003)*, 4-5 November 2003, Mexico City (2003).
67. Levashkin, S.(2006): Notas de clase y presentaciones del curso. “Aspectos Cognoscitivos del Procesamiento Semántico Datos Geo-espaciales”. Impartido en La Habana, Marzo, 2006.
68. Longley P., M. Goodchild, D. Maguire, D. Rhind (eds.) (199). *Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Applications, and Management*, Wiley, New York, 1999
69. Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J. y Rhind, D.W. (2001). *Geographic Information Systems and Science*, Chichester: John Wiley and Sons LTD

70. Lutz, M. & Klien, E. (2006). Ontology-Based Retrieval of Geographic Information. *International Journal of Geographical Information Science* 20(3): 233-260.
71. Malkcewski, J. (1999). *GIS and Multicriteria Decision Analysis*, New York: John Wiley and Sons.
72. Mark, D. (1993): Toward a Theoretical Framework for Geographic Entity Types. in: A. Frank and I. Campari, (Eds.), *Spatial Information Theory. Lectures Notes in Computer Science* 716, Springer-Verlag, Berlin, pp. 270-283.
73. McKee, L. and K. Buehler (1996): *The Open GIS Guide*. Wayland, MA: Open GIS Consortium, Inc, 1996.
74. Mizen H, Dolbear C, and Hart G. (2005), *Ontology Ontogeny: Understanding How an Ontology is Created and Developed*, *GeoS 2005, LNCS 3799*, pp. 15 – 29, 2005. © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2005.
75. Montes de Oca V, Torres M, Levachkine S, Moreno M (2006), *Spatial Data Description by Means of Knowledge-Based System*, *CIARP 2006, LNCS 4225*, pp. 502 – 510, 2006.© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2006.
76. Moreno, M., Levashkine, S. (2003). Automated Digital Map Description for Generalization. *Proceedings of International Workshop on Semantic Processing of Spatial Data (GEOPRO 2003)*, 4-5 November 2003, Mexico City
77. Mustiére, S., Gesbert, N. Sheeren, D. (2003). A formal model for the specifications of geographics databases. *Proceedings of International Workshop on Semantic Processing of Spatial Data (GEOPRO 2003)*, 4-5 November 2003, Mexico City
78. Navarrete T, Blat J, Ruiz M. (2004), *Semantic Interoperability of Field-based Thematic Geographic Information*, *Proceedings of the 15th International Workshop on Database and Expert Systems Applications (DEXA'04)*, 1529-4188/04 IEEE.
79. Nyerges T., D. Mark, R. Laurini, and M. Egenhofer (eds.) (1995). *Cognitive Aspects of Human-Computer Interaction for Geographic Information Systems*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 1995.
80. Nunes J (1991) *Geographic Space as a Set of Concrete Geographical Entities*. in: Mark D and Frank A, (Eds.) *Cognitive and Linguistic Aspects of Geographic Space*. pp. 9-33, Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA.
81. OpenGIS (1996): *The OpenGIS™ Guide-Introduction to Interoperable Geoprocessing and the OpenGIS Specification*. Open GIS Consortium, Inc, Wayland, MA.
82. Ordnance Survey,. OS MasterMap: <http://www.ordsvy.gov.uk/>
83. Pech, M., Sol, D., Gonzáles, J. (2003). Adaptation and Use of spatial and non-spatial data minig. *Proceedings of International Workshop on Semantic Processing of Spatial Data (GEOPRO 2003)*, 4-5 November 2003, Mexico City.

84. Pissinou, N., K. Makki and E. Park (1993): Towards the Design and Development of a New Architecture for Geographic Information Systems. in: Bhargava B K, Finin T W, and Yesha Y, (Eds.) Second International Conference on Information and Knowledge Management, Washington, DC, pp. 565-573.
85. Pogrebnyak, O., Manrique P. (2003),. Image Filter for Efficient Impulse Noise Removal and Fine detail Preservation. Proceedings of International Workshop on Semantic Processing of Spatial Data (GEOPRO 2003), 4-5 November 2003, Mexico City.
86. Quintero R. (2003), Increasing Resolution of Digital Elevation Models using Bicubic Parametric Patches. Proceedings of International Workshop on Semantic Processing of Spatial Data (GEOPRO 2003), 4-5 November 2003, Mexico City.
87. Raubal M. and Kuhn W. (2004), Ontology-Based Task Simulation. *Spatial Cognition and Computation*. 4(1): 15-37.
88. Raubal M. (2005) Mappings For Cognitive Semantic Interoperability. in: F. Toppen and M. Painho (Eds.), AGILE 2005 - 8th Conference on Geographic Information Science. pp. 291-296, Instituto Geografico Portugues (IGP), Lisboa, Portugal.
89. Raymond, T., Han, J., (1998). Efficient and effective clustering for spatial data minig, Proceedings of the 20th Very Large Databases, Conference (VLDB98) Santiago, Chile.
90. Razo A., Sol D. (2003), GISELA: a web-based interface for a risk management GIS using XML, Proceedings of International Workshop on Semantic Processing of Spatial Data (GEOPRO 2003), 4-5 November 2003, Mexico City.
91. Redbrake D. y Raubal M. (2004), Ontology-Driven Wrappers for Navigation Services. in: F. Toppen and P. Prastacos (Eds.), AGILE 2004, 7th Conference on Geographic Information Science, April 29th - May 1st, Heraklion, Greece, pp. 195-205.
92. Ren J, Shen Y, Guo L. (2003), A novel Image Retrieval, Proceedings of International Workshop on Semantic Processing of Spatial Data (GEOPRO 2003), 4-5 November 2003, Mexico City.
93. Rodríguez, M A , (2000): Assessing Semantic Similarity among Spatial Entity Classes. Ph.D. Thesis, University of Maine, Orono, ME.
94. Rodríguez M. A, Egenhofer M.(2003).: Determining Semantic Similarity among Entity Classes from Different Ontologies. *IEEE Trans. Knowl. Data Eng.* 15(2): 442-456 (2003)
95. Ruas, A (2003). Spatial Analysis and Agent Principles to Automate Generalisation Process. Proceedings of International Workshop on Semantic Processing of Spatial Data (GEOPRO 2003), 4-5 November 2003, Mexico City (2003).
96. Schavemaker G.M. and M.J.T. Reinders (1998), Information fusion for conflict resolution in map interpretation, *Lecture Notes in Computer Science*, Vol.1389, 1998, 231-242.
97. Sheth, A.P (1999),. Changing Focus on Interoperability in Information Systems: From System, Syntax, Structure to Semantics, in *Interoperating Geographic Information Systems*, M.F. Goodchild, et al., Editors. 1999, Kluwer: pp. 5-30

98. Schwering, A. Raudal, M (2005), Measuring Semantic Similarity Between Geospatial Conceptual Regions, *GeoS 2005, LNCS 3799*, pp. 90 – 106, 2005. © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2005.
99. Schwering A. and Raudal M. (2005) Spatial Relations for Semantic Similarity Measurement. in: J. Akoka, S. Liddle, I.-Y. Song, M. Bertolotto, I. Comyn-Wattiau, W.-J. vanden Heuvel, M. Kolp, J. Trujillo, C. Kop, and H. Mayr (Eds.), *Perspectives in Conceptual Modeling: ER 2005 Workshops CAOIS, BP-UML, CoMoGIS, eCOMO, and QoIS, Klagenfurt, Austria, October 24-28, 2005. Lecture Notes in Computer Science 3770*, pp. 259-269, Springer, Berlin.
100. Smith, B. and D.M. Mark (1998): "Ontology and Geographic Kinds," *International Symposium on Spatial Data Handling, Vancouver, Canada, 1998*, pp. 308-320.
101. Sondheim, M., K. Gardels and K. Buehler (1999): GIS Interoperability. in: Longley P, Goodchild M, Maguire D, and Rhind D, (Eds.) *Geographical Information Systems 1 Principles and Technical Issues*. John Wiley & Sons, New York.
102. Torres, M., Levachkine, S. (2003). Generating Spatial Ontologies based on the Spatial Semantics. *Proceedings of International Workshop on Semantic Processing of Spatial Data (GEOPRO 2003)*, 4-5 November 2003, Mexico City
103. Torres M, Quintero R, Moreno M, y Fonseca F (2005), Ontology-Driven Description of Spatial Data for Their Semantic Processing, *GeoS 2005, LNCS 3799*, pp. 242 – 249, 2005. © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2005.
104. Vckovski, K. Brassel, and H.-J. Schek, Eds. Berlin: Springer-Verlag, 1999, pp. 1-16.
105. Volodymyr I. Ponomaryov, Oleksey (1999) B. Novel robust RM filters for radar image preliminary processing applications, *Visual Processing VIII*, Stefan K. Park, Richard D. Juday, Chairs Editors, *Proc. SPIE 3716*, Orlando, 206-211
106. Volodymyr I., Ponomaryof, Luis (2000). Novel Detail preserving robust filter for multiplicative and additive noise suppression in the image suppression in the image processing, *Visual Information Processing IX*, *Proc. SPIE 4041*, Stephen K. Park, Zia-ur Rahman, Chairs/Editors, Orlando, USA, 2000 172-179.
107. Wiederhold, G.(1999): Mediation to Deal with Heterogeneous Data Sources, in *Interoperating Geographic Information Systems - Second International Conference, INTEROP'99, Zurich, Switzerland*, vol. 1580, *Lecture Notes in Computer Science*, A. Vckovski, K. Brassel, and H.-J. Schek, Eds. Berlin: Springer-Verlag, 1999, pp. 1-16.

RT_001, marzo 2007

Aprobado por el Consejo Científico CENATAV

Derechos Reservados © CENATAV 2008

Editor: Lic. Miriela Santos Toledo

Diseño de Portada: DCG Matilde Galindo Sánchez

RNPS No. 2142

ISSN 2072-6287

Indicaciones para los Autores:

Seguir la plantilla que aparece en www.cenatav.co.cu

C E N A T A V

7ma. No. 21812 e/218 y 222, Rpto. Siboney, Playa;

Ciudad de La Habana. Cuba. C.P. 12200

Impreso en Cuba

