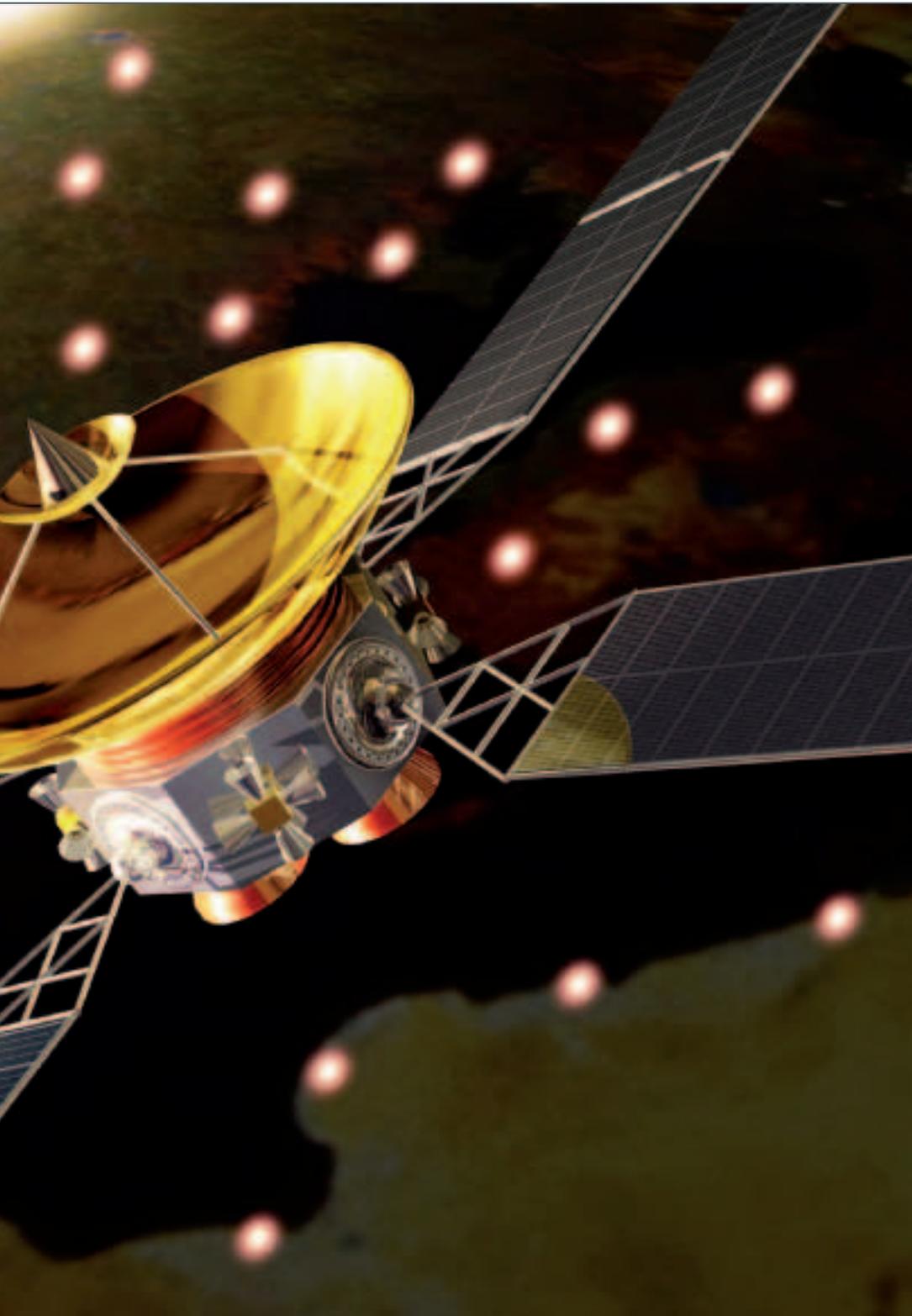


El conocimiento de los patrones de
movilidad de las poblaciones

MOVILIDAD SOSTENIBLE



Age Fotostock

El conocimiento de los patrones de movilidad de la población puede tener múltiples aplicaciones en la sociedad. En este artículo se presenta el estado actual de las tecnologías de posicionamiento y se plantea el desarrollo de una infraestructura de conocimiento sobre movilidad que permite elaborar este tipo de patrones.

Por **MÓNICA WACHOWICZ**. ETSI Topografía, Geodesia y Cartografía. Universidad Politécnica de Madrid. e-mail: m.wachowicz@topografia.upm.es

La movilidad de las poblaciones puede provocar que diferentes agentes patógenos sean transferidos a otros lugares en donde pueden infectar a nuevas poblaciones humanas. En los casos en que la etiología de la enfermedad y los mecanismos de transmisión sean bien conocidos, el estudio de la movilidad de las poblaciones afectadas permite determinar los modelos de transmisión de la enfermedad, contribuyendo a la elaboración de estrategias para su control. Así, el conocimiento de los patrones de movilidad de poblaciones puede facilitar información sobre los destinatarios finales para elaborar estrategias de control y educación sanitaria. Muchas enfermedades transmisibles son evitables, pero se debe obtener la información pertinente que ayude a controlarlas y tomar las medidas necesarias con prontitud. El estudio de estos patrones ayuda también a comprender la interacción entre poblaciones con diferentes índices de prevalencia de enfermedades y brotes de epidemias, cuya evolución depende en gran parte de las desigualdades en el acceso a la atención médica. Desde Katrina a Darfur, desde la gripe hasta el SIDA, la necesidad de ampliar los conceptos, examinar las tendencias y precisar las áreas de intervención son cuestiones críticas con vistas a la educación, la investigación, la práctica, los protocolos y las normas a seguir para una correcta prevención de los problemas sanitarios.

Los ciudadanos están utilizando cada vez más frecuentemente dispositivos electrónicos móviles. Estos dispositivos tienden a ser cada vez más pequeños y comienzan a integrarse en artículos de uso diario, incluso prendas de vestir, convirtiéndose así en una tecnología ubicua sobre la que se puede crear una amplia gama de aplicaciones. Una de las aplicaciones emergentes consiste en la incorporación de sensores en los dispositivos móviles, lo cual permitirá, por ejemplo, conocer cómo se mueve la población en un entorno durante un largo periodo de tiempo. Además de rastrear la localización de estos sensores, será posible supervisar los efectos medioambientales (por ejemplo, la contaminación causada por el tráfico) de forma mucho más detallada de lo que era posible hasta el momento.

Sin duda, las redes de multisensores móviles han surgido como una tecnología para ser aplicada con diferentes objetivos, en diversos lugares y momentos. Aunque todavía existen limitaciones energéticas y de recursos informáticos en los nodos sensores de una red móvil, es posible prever que esta tecnología será una fuente importante de información en los próximos años. El papel de la georreferenciación como enlace entre sensores móviles (individuos) y el entorno, así como la visión de una estructura de red compuesta de nodos diferentes, respalda el modelo de Shannon-Weaver al que habitualmente se hace referencia como modelo de transmisión de comunicación. Este modelo depende del supuesto bien fundamentado de que más información implica menos incertidumbre. Esta definición es sensible a la idea



Figura 1. El sistema GPS es actualmente operado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos (<http://www.defenselink.mil/>).

común de adquisición de información, donde el vínculo entre probabilidad (entropía) e información es la clave para una codificación y decodificación eficientes dentro del modelo de transmisión de la comunicación.

Los sistemas aeroespaciales inerciales, como Global Navigation Satellite System (GLONASS), Global Positioning System (GPS) y Galileo (en desarrollo), juegan un papel cada vez más importante, ya que permiten conocer la localización de un objeto a través de una serie de dispositivos de rastreo que se mueven en la superficie de la Tierra (figuras 1 y 2).

Los dispositivos de rastreo más conocidos son los Dispositivos de Registro Personal, que recolectan datos de las posiciones en las que ha estado el dispositivo. Al conectarlo a un ordenador y descargar su información, es posible generar la trayectoria que el dispositivo ha recorrido, aunque también es posible el rastreo GPS en tiempo real a través de una red celular digital o vía satélite. Algunos ejemplos



Figura 2. El desarrollo de GLONASS en Rusia se realiza por la empresa 'Navigation and Information Systems' registrada por el Estado y el JSFC Sistema (<http://www.sistema.com/>).

de estos dispositivos pueden ser un reloj personal, un pequeño dispositivo GPS de rastreo, una unidad de supervisión médica o un teléfono móvil.

También es posible rastrear de manera permanente cualquier vehículo instalando en él un receptor GPS y un módulo transmisor para envío de datos. Un ejemplo actual es el mensajero satelital de rastreo SPOT, que consiste en un dispositivo que recibe los datos de localización GPS y los transmite de vuelta al satélite. El dispositivo SPOT incorpora un botón de emergencia «911» que, al ser pulsado, notifica por satélite al Centro Internacional de Respuesta a Emergencias GEOS cada cinco minutos hasta que se cancela. A su vez, GEOS contacta al proveedor de servicio local de emergencia, como puede ser el guardacostas o un departamento de policía, proporcionando la localización exacta del dispositivo.

En este contexto, el Grupo de Investigación Mercator de la Universidad Politécnica de Madrid, dirigido por los profesores Mónica Wachowicz y Miguel Ángel Bernabé, de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros en Topografía, Geodesia y Cartografía, participa en el desarrollo de teorías, técnicas y sistemas automa-

Los sistemas aeroespaciales inerciales (GPS y GLONASS) localizan un objeto a través de una serie de dispositivos de rastreo que se mueven en la superficie de la Tierra

tizados para la creación de una «Infraestructura de Conocimientos sobre Movilidad» (infraestructura de datos de conocimiento sobre movilidad) que suministre herramientas para la gestión, consulta y análisis de la movilidad poblacional con el fin de extraer patrones de comportamiento de las personas en el entorno. Esta infraestructura consistirá en un repositorio para el almacenamiento de datos de posicionamiento de miles de dispositivos de rastreo, al cual los investigadores podrán acceder para su análisis.

El objetivo que se persigue con este almacén de datos es la implementación de un modelo multidimensional de datos de posicionamiento adaptado al procesamiento *online* (OLAP) que permita las operaciones clásicas de análisis y re-

Los modelos espacio-temporales son necesarios para crear un marco que disponga la información generada por las redes de multisensores móviles

cuperación de información en las dimensiones espacio-temporales. Ejemplos de estas operaciones son la recuperación de un dato específico a partir de información resumida (*drill-down*) o el caso contrario, en el que a partir de un dato específico se genera información sintetizada (*roll-up*). De esta manera podrá obtenerse, mediante opera-

ciones estadísticas, información de gran interés sobre la movilidad de la población, como, por ejemplo, el número de trayectorias de un grupo determinado de personas, la distancia media cubierta por ellas, o las velocidades medias, mínimas y máximas de esas trayectorias.

Las técnicas utilizadas para analizar los datos almacenados en el repositorio incluyen el desarrollo de modelos espacio-temporales y la geovisualización. El uso de estas técnicas ofrece grandes oportunidades para el análisis de una gran cantidad de datos, generando información oportuna y útil sobre la movilidad poblacional.

Modelos espacio-temporales

Los modelos espacio-temporales son necesarios para crear un marco de tra-



Age Fotostock

bajo que haga disponible la información generada por las redes de multisensores móviles. Estos modelos garantizan la universalidad, que depende de la apreciación de los usuarios, y el significado, que abarca simultáneamente tanto las redes de multisensores móviles como el conocimiento sobre el dominio específico del problema.

Desde hace décadas, el desarrollo de modelos espacio-temporales se ha basado en la utilización del paradigma de la simplicidad. Pese al reconocimiento de su complejidad, el mundo real parecía lo suficientemente sencillo como para producir modelos que lo simplifiquen y recojan su esencia a través de observaciones puntuales para emplearlas finalmente en construir escenarios condicionales del tipo «¿qué pasaría si...?» como ayuda a la comprensión y estructuración del debate [1], [2]. De hecho, este paradigma se ha ido disipando gradualmente debido al reconocimiento de que las experiencias científicas acumuladas en el desarrollo de modelos espacio-temporales en la búsqueda de respuestas precisas a problemas sociales, medioambientales y económicos eran ambiguas. Batty y Jones han concluido que «... desde las predicciones de la bolsa y del comportamiento de la economía hasta cuestiones locales como el cambio demográfico y los movimientos de tráfico en las ciudades parecen fuera de nuestra comprensión y nuestro con-

Ejemplos de los dispositivos de rastreo personal son un reloj personal, una unidad de GPS, una unidad de supervisión médica o un teléfono móvil



trol, en las que extraños eventos parecen dominar su comportamiento. Aunque siempre parecieron haber funcionado, los modelos diseñados hace una generación o más son hoy totalmente inadecuados» [3].

De esta manera, nuestra investigación se basa en la premisa de que los modelos del espacio y del tiempo son necesarios, puesto que se requieren para todas las observaciones sensoriales y son de aplicación universal; y también son infinitos, porque el espacio y el tiempo no son, ni pueden ser, objetos en sí mismos, ya que no tienen fronteras ni límites. Las diferencias en la manera en que se observe o se mida el entorno con multisensores móviles generarán imágenes

continuas del entorno sobre una línea continua de tiempo, que variarán entre individuos y dependerán de un propósito particular. La multidimensionalidad del espacio-tiempo es un tema de investigación mucho más complejo de lo que se había previsto.

Nuestro modelo espacio-temporal se basa en la noción de multidimensionalidad utilizando tres dimensiones progresivas de espacio-tiempo que corresponden a tres niveles de conocimiento espacio-temporal: el nivel sensorial, el simbólico y el cognitivo. En el primer nivel (sensorial), la comprensión del entorno no está separada de lo que se ve (o de lo que se detecta por medio de los sensores), y puede ser entendido enfocán-

La comprensión del entorno y los datos sensoriales pueden permitir modelar eventos como un accidente de tráfico, una tormenta o el crecimiento urbano descontrolado

dose en datos sensoriales específicos que se convierten en la clave para modelar algo diferente (p. ej., un accidente de tráfico, una tormenta o un crecimiento urbano descontrolado). En el segundo nivel (simbólico), el entorno se concibe a través de la interpretación de representaciones simbólicas que no necesariamente tienen una conexión directa con la percepción sensorial, como sucedería con los multisensores móviles. Finalmente, el tercer nivel (cognitivo), un nivel puramente conceptual, trata de la cognición espacial humana y de la capacidad de conocimiento en un contexto explícitamente espacio-temporal. Nuestra investigación tiene el reto de aprender cómo la próxima generación de modelos espacio-temporales se vinculará con estos tres niveles de conocimiento espacio-temporal o cómo los niveles se vincularán entre sí.

Nuestro modelo espacio-temporal se ha desarrollado utilizando el Lenguaje de Ontologías para Web (OWL, por sus siglas en inglés), que es una norma surgida de la Web Semántica y que ahora es una recomendación de la W3C [4]. Una característica interesante de OWL es que se basa en una familia de lenguajes conocida como Lógica Descriptiva (DL), que proporciona un sistema de inferencia sobre la base de una semántica bien formada [5]. Los componentes básicos de DL son, por un lado, el TBox o componente de términos, constituido por conceptos y funciones (propiedades); y por otro lado, el ABox o componente de aserciones, constituido por las instancias particulares. Los conceptos se utilizan para describir las propiedades comunes de una clase de individuos y las funciones son las relaciones binarias en-

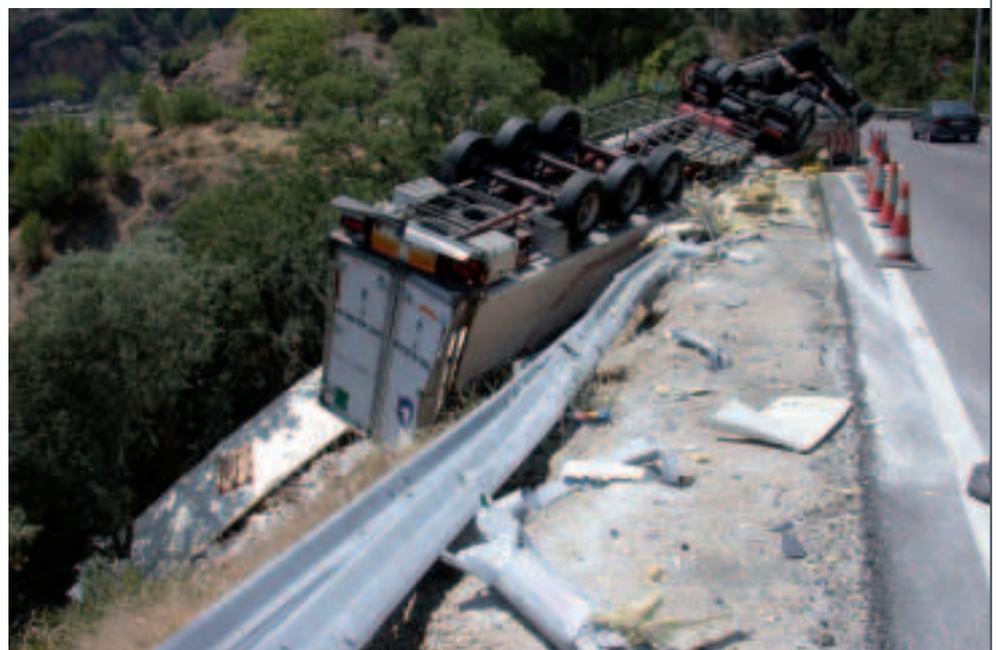
tre esos conceptos. Las aserciones indican la pertenencia de un individuo a una clase determinada. Por otra parte, una serie de construcciones del lenguaje, como la intersección, unión y cuantificación, pueden ser utilizadas para definir nuevos conceptos y funciones. Las principales tareas de razonamiento en el modelo son, por una parte, la clasificación, satisfacibilidad y subsunción (cálculo de un concepto basado en la jerarquía), y por otra, el control de ejemplo (verificación de que una instancia particular es un ejemplo de un concepto).

OWL tiene actualmente tres sublenguajes (también denominados «especies»), con un orden creciente de expresividad: OWL Lite, la versión sintácticamente más sencilla, que puede definir jerarquías simples y delimitaciones; OWL DL, que permite la máxima expresividad correspondiente a la Lógica Descriptiva; y por último, OWL Full, que per-

mite la máxima expresividad y la libertad sintáctica de RDF pero sin garantizar el procesamiento computacional de todos los conceptos. En nuestro modelo espacio-temporal se explota OWL DL para la formalización de la semántica del movimiento y para las tareas de razonamiento automatizado.

Geovisualización

La visualización geográfica (geovisualización) surgió a partir de las bases de diversas áreas como cartografía, sistemas de información geográfica, análisis de imágenes y análisis de datos espaciales, con una fuerte vinculación a los trabajos relacionados con la visualización científica de la información y el análisis exploratorio de datos en estadística. La geovisualización también juega un importante papel como elemento de intermediación entre el usuario y el ordenador, facilitando la tarea de exploración de datos y perfeccionando su interacción. Los enfoques visuales de la exploración de datos emplean frecuentemente técnicas gráficas sofisticadas para descubrir estructuras en los datos.



Una típica metodología consiste en cuatro estadios principales: exploración, confirmación, síntesis y presentación. En este caso, el objetivo de la representación visual de los datos es estimular el reconocimiento de arquetipos y la generación de hipótesis, más que la simple presentación de un resultado. Las representaciones visuales pueden ayudar a construir conocimiento, sea en forma proposicional (sugiriendo algo para ser considerado), en forma analógica (explicando algo para ser comparado) o en forma procedimental (definiendo una acción o conjunto de acciones necesarias para hacer algo).

La mayoría de los métodos se agrupan en tres categorías que dan cuenta de las teorías de categorización mental, los esquemas de conocimiento y la semiología cartográfica. Éstas son: identificación de objetos, comparación de objetos e interpretación de objetos. En este modelo, los objetos pueden ser individuales o pueden ser arquetipos de objetos. En este caso, pueden variar su tamaño y distinción, así como también el punto hasta el cual reflejan el estado de las cosas, es decir, son estáticos en un marco temporal de interés o pueden existir debido a una acción o proceso (por ejemplo, mínimos locales en una cuadrícula bidimensional de valores de presión del nivel del mar frente a la detección de un ciclón).

La identificación de objetos hace énfasis en lo que se observa (en un nivel abstracto) más que en lo que los datos

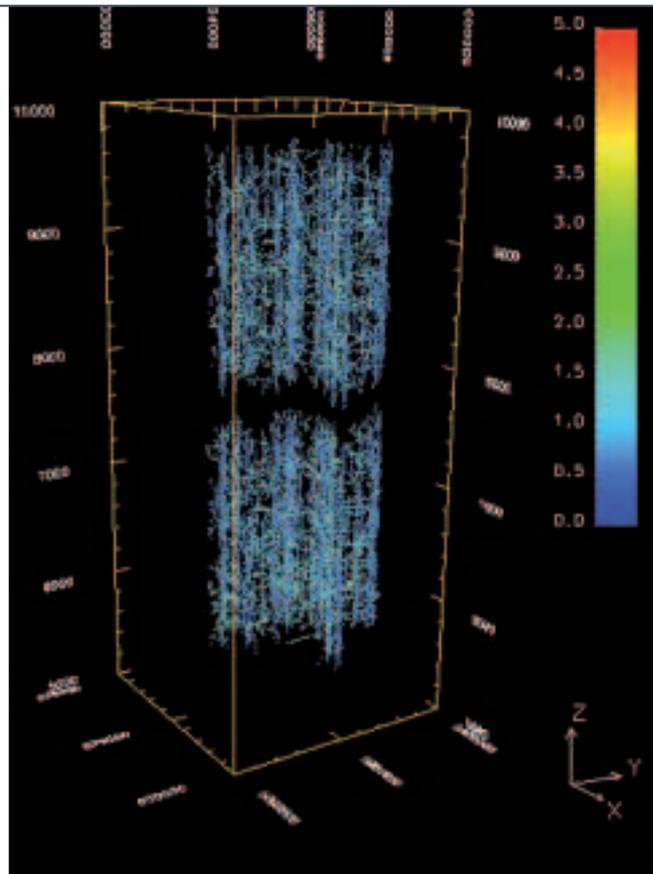


Figura 3. Cubo espacio-tiempo mostrando los patrones de velocidad de los peatones (Imagen producida por Daniel Orellana, UPM).

representan. Se enfoca en el examen de la distribución de datos en todas sus dimensiones en un intento de distinguir objetos distintos, regularidades, anomalías, puntos de interés, etc. Los métodos de visualización geográfica son particularmente útiles para observar identidades y patrones abstractos, incluyendo concentración, secuenciación, glifos variados, cambios de un espacio a otro, animaciones a través del espacio y el tiempo, cubos espacio-temporales y gráficos múltiples o «*small-multiples*» (figura 3).

La comparación de objetos considera múltiples objetos o arquetipos. Su objetivo es «... aumentar la posibilidad de que un analista vea no solamente los ob-

jetos, sino las relaciones entre objetos» [6], siendo posibles relaciones en una o más de las dimensiones relevantes. La localización es la dimensión más obvia; por consiguiente, las herramientas para observar los fenómenos espaciales son particularmente importantes y la comparación podría estar basada en la forma, el grado de agrupamiento de arquetipos, la correspondencia temporal o cualquier otro atributo. Los métodos de geovisualización que facilitan la comparación de objetos incluyen nubes de puntos, diagramas de coordenadas paralelas, gráficos múltiples, capas de superposición y esquemas variados de color.

Finalmente, la meta principal de la interpretación de objetos es posibilitar las conexiones entre representaciones abstractas de metadatos que describen esos datos, el conocimiento previo del analista y otras fuentes de conocimiento externas al conjunto de datos que se está explorando (p. ej., bibliotecas digitales). A través de estas conexiones, el comportamiento de los objetos y la relación entre éstos puede corresponderse a su vez con el comportamiento de las relaciones entre fenómenos del mundo real. Los métodos de geovisualización que facilitan la interpretación de los objetos espacio-temporales incluyen todos los métodos mencionados arriba combinados con métodos de visualización de la información, como visualizaciones de construcciones de conocimiento, información verbal, etc. Ejemplos de estos últimos incluyen los árboles cónicos [7], los diagramas de araña [8] y la espacialización de la información [9].

El objetivo de nuestra investigación es desarrollar un proceso iterativo en el que las preguntas de alto nivel (conceptuales) conduzcan a consultas específicas

Los métodos de geovisualización incluyen nubes de puntos, diagramas de coordenadas paralelas, gráficos múltiples, capas de superposición y esquemas variados de color

(de sistema) cuyas respuestas sean examinadas por los usuarios buscando patrones interesantes de movilidad humana; de tal manera que, a su vez, éstas pudieran sugerir nuevas preguntas. Este tipo de exploración implica el reto de suministrar al analista operaciones rápidas, incrementales y reversibles que provoquen una reacción visual continua. Se requiere además de una interfaz gráfica de usuario para reorganizar los datos sobre la marcha, para yuxtaponer los objetos según criterios diversos y visualizar las relaciones entre las propiedades de diferentes objetos, teniendo en cuenta que un objeto puede ser físico (por ejemplo, el flujo de automóviles) o abstracto (por ejemplo, la accesibilidad a un lugar), o puede ser incluso un evento (por ejemplo, la contaminación ocurrida en una extensión espacial y temporal). Para alcanzar este objetivo, consideramos una gestión del proceso que combina diversos métodos y sus herramientas asociadas para facilitar la comprensión científica de grandes conjuntos de datos usando un entorno exploratorio singular.



Figura 4. Localización de los sitios con la mayor densidad de peatones en movimiento durante un día (Imagen producida por Daniel Orellana, UPM).



Figura 5. Diferentes flujos mostrando los patrones de movimiento de dos grupos de peatones (Imágenes producidas por Estefanía Muñoz Moraga, UPM).

Resultados

Se realizaron varios experimentos en los que se recolectaron datos sobre el movimiento de miles de personas en varias ciudades de Europa, lo que ha permitido desarrollar una metodología basada en la sinergia entre diversas disciplinas como transporte, informática, planificación urbana, geomática y cartografía (figura 4).

A partir de un conjunto de vectores de movimiento aparentemente aleatorios, nos hemos planteado el reto de construir modelos, imágenes y animaciones que puedan ayudar a comprender el flujo de movimiento relacionado con actividades diarias, como ir de compras, dirigirse al trabajo o pasear por un parque (figura 5).

La suspensión del movimiento (p. ej., las paradas debido a los semáforos o a accidentes de tráfico) es otro concepto de interés: detectar, deducir y predecir los lugares de concentración de «paradas», es decir, lugares en los que el movimiento tiende a suspenderse, podrá servir de base para tomar decisiones a la hora de gestionar una movilidad urbana más sostenible (figura 6).

Los datos de posicionamiento, con información sensible sobre la movilidad de los individuos, deben sujetarse a las normas de protección de datos personales

Aspectos de privacidad

La protección de la privacidad es una cuestión primordial, ya que las fuentes de datos generalmente contienen información personal sensible a partir de la cual se podrían inferir patrones de comportamiento y hábitos de los ciudadanos. Los datos de posicionamiento contienen también información sensible sobre la movilidad de los individuos y, por consiguiente, deben sujetarse a las normas de protección de datos personales. Las normativas europeas y nacionales sobre cuestiones de privacidad estipulan que cualquier uso de datos personales debe ser autorizado por los individuos interesados (también llamados «sujetos de los datos») por me-

dio de un consentimiento informado explícito. Por otra parte, también estipulan que es posible utilizar sin restricciones tales datos de posicionamiento si éstos se han hecho «anónimos». La primera situación atañe a los datos de posicionamiento de voluntarios, es decir, las personas que participan conscientemente en un experimento. La segunda situación cuenta con el desarrollo de algoritmos de preservación del anonimato que garantizarán la privacidad de los individuos.

Los resultados de esta investigación demuestran que hoy es posible recolectar, almacenar y analizar grandes cantidades de datos sobre trayectorias y modelar el flujo humano en las ciudades. Proyectos como éste nos están conduciendo a una mejor comprensión del movimiento de las personas, lo cual nos permitirá sentar las bases para una movilidad más sostenible y un ambiente más sano en las ciudades del nuevo siglo.

Los hallazgos clave

Los dispositivos móviles que vinculan el mundo real y el virtual podrían cambiar la percepción de tu entorno (The Economist, mayo 2003).

Tres hallazgos principales pueden destacarse en nuestra investigación realizada durante los últimos años:

1. La **monitorización** consistirá en modelos de colección de datos dirigidos por eventos que incorporarán observaciones de redes de multisensores móviles en tiempo real recogidas a petición de los usuarios. La mayoría de los procesos de monitorización prescindirán de la fase de post-procesamiento, que hoy

Hacen falta modelos de recolección de datos dirigidos por eventos para poder integrar la información sobre el comportamiento de los movimientos humanos

en día requiere mucho tiempo debido a que los datos en bruto (p. ej., de los satélites en órbita y las observaciones *in situ*) se recogen en un volumen y diversidad tales que varían de sitio a sitio y de un momento a otro. Por lo tanto, hacen falta modelos de recolección de datos dirigidos por eventos para poder integrar la información sobre el comportamiento de los movimientos humanos y la posibilidad de producir mapas espacio-temporales de un fenómeno medioambiental.

2. El **rastreo de objetivos** y la **vigilancia** del comportamiento de personas, bienes y datos creará nuevos escenarios culturales, sociales y virtuales que requerirán el desarrollo de una representación continua del espacio geográfico proyectado sobre un modelo

espacio-temporal, incluyendo eventos, actividades y procesos capaces de tomar información contextual en cualquier sitio. Sin embargo, es importante destacar que cualquier representación en un espacio continuo inevitablemente plantea la cuestión del realismo. El paradigma SIG de representar un entorno como capas diferentes ya no será aplicable.

3. El impacto e implicaciones en la **privacidad**, en el sentido de evitar el descubrimiento de datos sensibles explícitamente (p. ej., dando a conocer la identidad del individuo) e implícitamente (proporcionando datos no sensibles de los que pueda inferirse información sensible). Existe un consenso común sobre la necesidad de obtener la aceptación social por medio de la confianza colectiva en solu-

ciones, servicios y aplicaciones sobre ofertas de transporte, sostenibilidad, desarrollo espacial y conciencia medioambiental.

Campos de aplicación

Se han desarrollado varios tipos de aplicaciones móviles para cumplir muchas de las necesidades de la sociedad relativas al desarrollo económico, la experiencia social y la cultura, tales como las aplicaciones creadas a partir de Servicios Basados en Ubicación (LBS, por sus siglas en inglés). Los LBS existentes pueden, por ejemplo, proporcionar a los turistas aplicaciones para conocer



Figura 6. Región computada en donde hay una suspensión del movimiento de peatones durante un día. Cada CP (*check point*) muestra las paradas (Imagen producida por Søren Jepsen, UPM).



su ubicación, encontrar direcciones y rutas, recuperar información sobre el entorno en el que se encuentran, o dejar comentarios en un mapa interactivo [10]. Podría también compilarse un diario de viaje a partir de la localización de un turista en un tiempo determinado. Algunos sistemas, además, son capaces de sugerir al usuario lugares interesantes para visitar, o visualizar información enriquecida en un entorno de realidad aumentada. También se encuentran aplicaciones de LBS para transporte, comercio y gestión de procesos.

Los resultados de la investigación podrán ser aplicados en los estudios del medio ambiente para comprender los patrones de movimiento de entidades dinámicas, desde huracanes y tornados [11] hasta animales y aviones. El diseño

El transporte, el comercio, el turismo, el medio ambiente o la seguridad son algunas de las aplicaciones del modelo propuesto

de sensores especializados podrá proveer información sobre el movimiento de la entidad y el entorno en el que se encuentra, incluyendo datos sobre los niveles de luz, contaminación, proximidad, ruido, etc., de manera que se pueda construir una perspectiva dinámica del entorno y de las interacciones entre sus componentes.

Otros ámbitos de aplicación incluyen la vigilancia a través del uso de sensores equipados con diversos medios (por ejemplo, fotografía, vídeo, rastreadores GPS, etc.) para operaciones de seguridad. MITRE Corporation describió recientemente un proyecto en el que desarrolla una estrategia para la identificación y el seguimiento de vehículos por parte de agentes de seguridad con el objetivo de encontrar pautas de accidentes aéreos con el fin de identificar lo que se denomina «precursores» de situaciones peligrosas en el aire. ♦

Agradecimientos

Agradezco a Fernando Mendoza por la traducción al español de este documento.

Esta investigación está financiada por el 6º Programa Marco Europeo a través del proyecto GeoPKDD (www.geopkdd.eu).

A MODO DE GLOSARIO

GEOS: International Emergency Response Center

GLONASS: Global Navigation Satellite System

GPS: Global Positioning System

JSFC Sistema: Joint Stock Financial Corporation Sistema

OLAP: On-line Analytical Processing

OWL: Web Ontology Language

RDF: Resource Description Framework: una familia de especificaciones W3C, diseñada originalmente como un modelo de datos metadatos, que se ha utilizado como método general para modelar información a través de una variedad de formatos sintácticos.

SPOT: Satellite Personal Tracker

DL: Descriptive Logics

W3C: World Wide Web Consortium

PARA SABER MÁS

- [1] Churchman, C.W. The Systems Approach, Dell Publishing Company, New York, 1968.
- [2] Johnson, S. Emergence: The Connected Lives of Ants, Brains, Cities, and Software, Scribner, New York, 2001.
- [3] Batty, M. and Torrens, P.M. Modelling and Prediction in a Complex World, Futures, 2005, (37), pp. 745-766. W3C Consortium. The web ontology language. <http://www.w3.org/TR/owlfeatures/>, 2008.
- [4] F. Baader, D. Calvanese, D. L. McGuinness, D. Nardi, and P. F. Patel-Schneider. The Description Logic Handbook: Theory, Implementation, Applications. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2003.
- [5] MacEachren, A. M. How Maps Work. Guilford Press, NY, 1995. p. 401.
- [6] Robertson, P. K. A Methodology for Choosing Data Representations. IEEE Computer Graphics and Applications, 1991, (11):13, pp. 56-62.
- [7] Hearnshaw, H. M. and Unwin, D. J. Visualization in Geographical Information Systems. Wiley, Chichester, England, 1994.
- [8] Skupin, A., and B. P. Battenfield. Spatial Metaphors for Visualizing Very Large Data Archives. Paper read at GIS/LIS '96 Annual Conference and Exposition, November 19-21, 1996 at Denver, CO.
- [9] Abowd, G.D. Atkeson, C.G., Hong, J., Long, S., Kooper, R. and Pinkerton, M. Cyberguide: A Mobile Context-aware Tour Guide. Wireless Networks, 3(5):421-433, October 1997.
- [10] Hunter, A., El-Sheimy, N., and Stengouse, G. «Close and Grizzly GPS/Camera Collar Captures Bear Doings», GPS World, February Issue, 2005, pp 24-31.
- [11] Brunk, B., and Davis, B. SDAT Enterprise: Application of Geospatial Network Services for Collaborative Airspace Analysis. Proceedings of the CADD/GIS Symposium, San Antonio, 2002.