

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Campus di Cesena - Scuola di Scienze

Corso di Laurea in Scienze e Tecnologie Informatiche

Web Mapping: dai GIS ai sistemi per la
geolocalizzazione

Relazione finale in Sistemi Multimediali

Relatore

Dott.ssa SILVIA MIRRI

Correlatore

Dott.ssa CATIA PRANDI

Presentata da

MATTIA RICCI

II sessione

Anno Accademico 2014-2015

*A Paola Salomoni, Silvia Mirri e Catia Prandi,
per tutto il tempo e l'impegno che mi hanno dedicato.*

Mattia Ricci

Indice

Indice	i
Introduzione	1
1. Aspetti generali del web mapping	5
1.1. Approccio alla Geoinformatica	6
1.1.1. <i>La Neogeografia</i>	6
1.2. Preambolo sulle web map	7
1.2.1. <i>L'interazione dell'utente con una tiled web map</i>	9
1.3. Open data in ambiente geoinformatico	10
1.3.1. <i>Il caso Google</i>	10
1.3.2. <i>Il progetto OSM</i>	11
1.3.3. <i>Ushahidi</i>	12
1.3.4. <i>Google Map Maker</i>	13
2. Struttura di un sistema di Web Mapping	15
2.1. Gli elementi base	15
2.1.1. <i>Linguaggio e formato dei dati geospaziali: i file .osm</i>	16
2.1.2. <i>Formati di compressione e lettura</i>	20
2.1.3. <i>Definizione di tile</i>	22
2.1.4. <i>I Tile Server e i protocolli di richiesta</i>	24
2.1.5. <i>Le tiled web map e le slippy map</i>	25
2.2. Tecnologie per l'implementazione di tiled web map	33
2.2.1. <i>Geodata providers: dove scaricare i dati</i>	33
2.2.2. <i>Tile Server Online</i>	35
2.2.3. <i>Librerie d'interfaccia per tiled web map</i>	37
2.2.4. <i>Software di rendering</i>	39
2.2.5. <i>Software di geocoding</i>	41
2.2.6. <i>Software di routing</i>	43
2.2.7. <i>Google Maps Api</i>	44
3. SVILUPPI FUTURI DEL WEB MAPPING	49

3.1.	Mappature 3D	49
3.1.1.	<i>Il progetto “Tango” di Google</i>	50
3.1.2.	<i>OSM-3D.org</i>	50
3.1.3.	<i>OSM2World</i>	52
3.2.	Mappare oltre la terra	52
3.2.1.	<i>OpenSeaMap</i>	52
3.2.2.	<i>Google Galaxy</i>	53
3.3.	Applicare ovunque la geografia.....	54
3.3.1.	<i>Libri scolastici di ultima generazione</i>	55
	Conclusioni	57
	Bibliografia.....	59

Introduzione

La parola “cybercartografia” nasce dalla fusione tra due termini: “cyber”, che nel contesto moderno si lega al termine “cyberspazio” e all’uso dei computer; “cartografia”, associato alla tradizionale metodologia di mappatura geografica [WGIS2015]. “Cyberspazio” a sua volta indica un ambiente caratterizzato dall’utilizzo dell’elettronica e dello spettro magnetico per raccogliere, modificare e scambiare informazioni attraverso reti informatiche e le loro strutture fisiche [WIKI-CYB2015].

Da questi significati si evince come “cybercartografia” esprima il cambiamento sia nell’essenza delle mappe sia nel modo in cui queste vengono create, con una forte connessione al mutamento avvenuto nella società. Tale vocabolo venne inventato nel 1997 da un professore dell’Università di Carleton (Ottawa, Canada), D.R.F. Taylor, durante la 18° Conferenza Cartografica Internazionale di Stoccolma (Svezia), per indicare “l’organizzazione, la presentazione, l’analisi e la comunicazione dell’informazione con riferimenti spaziali su una vasta gamma di argomenti d’interesse per la società in un formato interattivo, dinamico, multisensoriale attraverso l’uso di interfacce multimediali e multimodali”. Quasi venti anni dopo, la cybercartografia ha avuto ampio sviluppo, in quanto la possibilità di collocare spazialmente all’interno di un contesto geografico una certa informazione ha molte diverse potenzialità. Questo volume di tesi si pone l’obiettivo di approfondire e dettagliare come la cartografia si è sviluppata sulla base dei servizi web: l’approccio che si è scelto di seguire da una parte si focalizza inizialmente sull’analisi di alcune tecnologie e software coinvolti nella cartografia online, dall’altro presenta riferimenti al contesto sociale in cui è immerso tale dominio.

L’importanza della mobilità e del monitoraggio territoriale dei tempi moderni, nonché la diffusione di dispositivi elettronici di varia natura dotati di sofisticati sistemi di localizzazione, hanno garantito lo sviluppo della cartografia digitale: l’incontro di questa con gli strumenti di interazione e le reti sociali di Internet (i *social networks*) ha poi dato nascita al Web Mapping, con cui si intendono tutte le forme di mappe sul web; l’enorme possibilità di interazione e di scambio di informazioni ha poi permesso di costruire nuove relazioni tra temi differenti (ad esempio economia, salvaguardia dell’ambiente, sanità, urbanizzazione, sviluppo demografico). Se da una parte la domanda di informazioni geolocalizzate è andata aumentando, dall’altra anche la possibilità descrittiva delle mappe è potuta crescere, grazie ai nuovi strumenti tecnologici. Il modo con cui gli

utenti interagiscono con le informazioni geografiche è pertanto cambiato, così come il profilo di chi le richiede: la geografia moderna serve a tutti gli enti che necessitano di un controllo territoriale, così come a chi deve effettuare spostamenti di persone e cose, ma ha aperto anche nuovi interessi nella società verso temi quali l'ecologia e la difesa dell'ambiente e dei diritti umani. L'aumento nella richiesta di informazioni così come l'apertura di nuovi spazi informativi ha prima di tutto migliorato i metodi di raccolta, analisi e immagazzinamento dei dati; è dunque aumentata anche la portata della quantità di dati in viaggio sui canali di comunicazione. Avere accesso a una grande mole d'informazioni non è però sufficiente se non possono essere significativamente lette: questo ha quindi portato pure a uno sviluppo dei metodi descrittivi, quali tabelle, grafici, immagini. Le mappe cibernetiche si sono sviluppate proprio per rispondere a tutte queste esigenze, differenziandosi per tipologie e usi. Occorre inoltre ricordare, come precedentemente accennato, che nella società moderna la cartografia non è più utile soltanto a chi svolge funzioni di controllo e gestione territoriale, ma è diventata uno strumento di supporto per un'informazione più diffusa e libera, accessibile a tutti: dunque più che le tecniche di redazione, a evolversi sono state l'informatizzazione del prodotto e la socializzazione delle conoscenze derivata da questa. La nuova figura dell'utente è quella di una persona libera di scegliere di volta in volta a quali informazioni specifiche accedere, con un ruolo da protagonista e attivo. Citando sempre D.R.F. Taylor, "se la mappa cartacea era fondamentale per la navigazione nell'epoca delle esplorazioni geografiche, sarà la cybermappa a guidarci nel mare di informazioni rappresentato da questa era digitale" (2006). Gli strumenti di interfaccia con le mappe digitali, pur aumentando per complessità interna, ne permettono un sempre più semplice utilizzo, portando così a due conseguenze: il moderno utente non è più solo usufruttore delle informazioni, bensì può diventarne produttore, caricando in rete in maniera rapida i propri dati; questo porta però la produzione di informazioni geografiche da un compito una volta riservato a tecnici e studiosi specialisti a un esercizio alla portata di chiunque. Si vuol far notare che lo sviluppo di tale tecnologia è stato assai rapido, nel corso delle ultime due decadi. Viste le diverse linee di sviluppo finora scoperte, non è facile prevedere il futuro nella cartografia online o nuove relazioni con altri settori. La ricerca al momento è orientata verso lo sviluppo di mappe dinamiche e interattive in grado di supportare qualunque tipo di dato e trasmetterlo in maniera immediata, e si è ipotizzata l'idea di omogeneizzare i formati delle strutture dati utilizzate, per poter semplificare la comunicazione nella trasmissioni delle grandi basi di dati.

La tesi è stata suddivisa in tre principali capitoli:

- il primo capitolo vuole fungere da descrizione generale al Web Mapping, incominciando con una digressione di carattere storico e sociale sullo sviluppo della

cartografia offerto dai servizi web; vengono inoltre spiegate diverse tipologie di web map e portate come esempio alcune piattaforme che supportano open data, per spiegare l'ambito di liberalità dell'informazione geolocalizzata;

- il secondo capitolo si colloca invece in un dominio di tipo tecnico/universitario, vengono spiegati tecniche, metodologie, software e strumenti, anche fino a un livello di dettaglio molto basso, che concorrono alla formazione e al mantenimento di una web map; vengono forniti esempi di codice e software, con preferenza verso quelli di tipo open-source per la facilità con cui è possibile reperirli;
- il terzo capitolo, infine, propone alcuni possibili sviluppi futuri nell'ambito della tecnologia, partendo dall'evoluzione delle mappe digitali, fino a nuovi ambienti da cui reperire informazioni e nuovi modi in cui è possibile sfruttare i dati geolocalizzati.

1. Aspetti generali del web mapping

Il termine inglese *web mapping* potrebbe facilmente essere tradotto in Italiano con la locuzione “mappatura via web”. Tuttavia tale interpretazione comporta purtroppo una perdita di significato: se da una parte rischia di essere confusa con l’espressione di “cartografia online”, che indica lo studio e la creazione di mappe in rete, dall’altra potrebbe essere intesa come la mera consultazione di cartine geografiche virtuali. Web mapping trascende questi significati e li comprende entrambi: esso è il processo dell’utilizzo di mappe fornite da sistemi automatizzati ed è sia un’attività di servizio che una di consumo di dati. Le stesse strutture che procurano le web map a loro volta le utilizzano; gli utenti finali, inesperti, che le consultano sono in grado di assumere capacità analitiche e fornire nuovi dati geospaziali [WIKI2015].

Il web mapping ha influenzato pesantemente lo sviluppo della tecnologia, della società e della cultura odierna: per darne un’idea si tratterà dunque in maniera breve la sua storia. Agli inizi la cartografia era un settore ristretto a poche compagnie, istituti e agenzie di mappatura, dove analisti e periti accedevano grazie a potenti macchine ai server centrali che contenevano i file di dati. Il web mapping nasce dall’idea di voler semplificare queste informazioni e il loro metodo di accesso e condivisione. Con l’avvento di Internet a metà degli anni ’90 si iniziarono a vedere le prime immagini statiche di mappe su pagine HTML. Si intuisce poi la potenzialità delle mappe interattive, che richiedono però grandi sistemi di archiviazione e server per la distribuzione di massa: le prime web map possono essere fornite a un limitato numero di utenti e in maniera lenta, oltre che presentare una pessima sgranatura (“effetto pixel”). Questo spinse gli sviluppatori a pensare a come aumentare la velocità e la scalabilità del servizio. Seguendo l’esempio di Google Maps, molti siti iniziarono a utilizzare una tecnica per fornire immagini pre-renderizzate e salvate su cache, invece che elaborarle tutte al momento della richiesta: AJAX, ovvero *Asynchronous JavaScript and XML*. Potendo fornire le immagini più velocemente, i cartografi svilupparono nuove idee per renderle migliori anche dal punto di vista estetico. Il passo successivo fu quello di migliorare l’interazione e le animazioni possibili. Dopo circa una decade, a metà degli anni 2000 avviene il boom sul mercato di un altro prodotto che avrà successo mondiale: lo smartphone. Così al giorno d’oggi l’utilizzo delle web map nelle società moderne è uso comune e assai frequente [STE2014].

In seguito a questa breve introduzione per far sì che il lettore comprenda al meglio il contesto in cui si è sviluppato questo argomento, si andranno a introdurre alcuni concetti base: in primo luogo si delineeranno gli effetti iniziali dovuti all'informatizzazione delle scienze geografiche e alla massificazione del loro utilizzo; dunque verrà descritta in maniera precisa e pratica che cosa sia una web map; infine saranno esposte alcune delle conseguenze sullo sviluppo di queste, a causa degli effetti precedentemente delineati.

1.1. Approccio alla Geoinformatica

La rivoluzione digitale nella società e nella cultura iniziata più di 20 anni fa ha colpito ovviamente anche le scienze. Col termine *Geoinformatica* si vuole intendere la trasposizione dell'omonima disciplina nel contesto informatico, ovvero l'utilizzo delle strutture, delle tecniche e dei modelli computerizzati per risolvere i problemi delle geoscienze, della geografia, della cartografia e delle scienze a queste connesse [WIKI-GEO2015]. La prima parte del capitolo vuole accompagnare il lettore nel panorama moderno di questa materia, con un'introduzione di carattere socio-culturale, e quindi presentare come esempio un tipo di applicazione nata da questi studi.

1.1.1. La Neogeografia

Negli ultimi 10 anni, grazie alla continua innovazione dei paradigmi di comunicazione digitale sul web, l'interesse pubblico mondiale verso la condivisione di informazioni e la cartografia virtuale è cresciuto fino al punto di creare un nuovo fenomeno sociale di massa, conosciuto col nome di *Neogeografia*, o *nuova geografia*. Il vocabolo era già stato utilizzato nel corso del secolo Novecento ma con differente accezione per indicare la consapevolezza della formazione di nuovi legami tra le attività socio-economiche e lo spazio geografico [WIKI-NEO2015].

I neogeografi non sono persone esperte tuttavia contribuiscono a diffondere e condividono una grande mole di dati e informazioni geografiche, utilizzando ma anche creando mappe virtuali. Ciò è stato reso possibile da una parte grazie al calo dei prezzi e dunque alla diffusione di dispositivi GPS portatili in larga scala, dall'altro da nuove tecnologie che hanno semplificato la produzione e la spartizione delle informazioni geografiche e la mappatura:

- *mash-up*: un sito o un'applicazione web in grado di includere informazioni o contenuti provenienti da fonti differenti in maniera dinamica [WIKI-MU2015];

- *web service*: un sistema software in grado di supportare l'interoperabilità tra calcolatori diversi sulla medesima rete, secondo la definizione del World Wide Web Consortium (W3C), consultabile sul sito [W3C];
- linguaggi informatici per dati geospaziali: basati su XML, sono linguaggi universali per la gestione dei dati, ad esempio KML [WIKKML2015], GML [WIKGML2015], OSM [WOSM-XML2015].

Un'ottima integrazione di queste tecniche si può trovare in applicazioni ben conosciute quali Google Maps [GOO2015], Google Earth [GOOE2015] e Open Street Map [OSM2015]. In seguito l'installazione di questi strumenti hardware e software su altri dispositivi non prettamente improntati ad applicazioni geografiche, quali i moderni smartphone o i computer palmari, ne ha reso l'uso praticamente quotidiano.

I *GIS* (dall'acronimo inglese Geographic information system) sono i sistemi computerizzati per la raccolta, registrazione, analisi, manipolazione e restituzione di dati geografici [WIKI-GIS2015]; in passato questi richiedevano precisione ed accuratezza ed erano riservati a professionisti del settore, che sfruttavano tecniche, metodi e strumenti particolari per il proprio lavoro. La Neogeografia in contrasto tende a diffondere applicazioni più familiari e accessibili a un'utenza non esperta.

Tra i due sistemi sono così sorti alcuni dibattiti, in merito alla funzione della neogeografia nei campi del web mapping, della geografia e dei GIS. Se da una parte si vuole rivendicare la libertà d'espressione degli utenti, dall'altra vengono meno i confini tra i ruoli di produttori, commercianti e consumatori di dati geografici e si perdono il rigore, la perizia e la professionalità del metodo più tradizionale. È logico pensare che gli esperti del settore GIS temano una grossa concorrenza, arrivando a prevedere una morte del software proprietario.

1.2. Preambolo sulle web map

Un tipico esempio di applicazione che fa uso di dati geospaziali sono le web map, ovvero le mappe virtuali visualizzabili tramite un browser. In anni più recenti questa tecnologia ha compiuto un passo in avanti, rendendo le mappe interattive: sono le *tiled web map*. Moltissimi siti propongono questo tipo di funzionalità, anche grazie alla semplicità di implementazione dell'interfaccia che rende possibile usufruirne. Emblematico è il caso già citato di Google Maps, che

oltre a ciò, offre gratuitamente le proprie API per installare facilmente sul proprio sito tale interfaccia. In seguito tali argomenti verranno approfonditi nel capitolo 2 del saggio.



Figura 1.1.1.1 : L'interfaccia offerta da Google Maps

Si vuole dare a questo punto una classificazione del tipo di web map che è possibile utilizzare navigando in rete [WIKI2015].

- Analitiche: forniscono informazioni provvedute dai GIS e dalle analisi effettuate da quei sistemi; è sottile il confine tra questo tipo di applicazione e i webGIS, ovvero i GIS pubblicati sul web.
- Animate e in tempo reale: le mappe animate mostrano i cambiamenti che avvengono nella mappa in un certo lasso di tempo, grazie a componenti grafiche; sono sfruttati software per le animazioni grafiche del client, quali QuickTime [WIKI-QUICK2015], Adobe Flash [WIKI-AF2015], Java [WIKI-J2015] e altri. Le mappe in tempo reale mostrano l'evolversi di fenomeni (ad esempio la situazione meteo) con frequente aggiornamento (minuti, secondi o su richiesta dell'utente). I dati relativi ai cambiamenti sono in genere ottenuti da sensori. Spesso le mappe presentano entrambe queste accezioni. Le tiled web map sono mappe animate.
- Collaborative: si tratta di mappe che sfruttano piattaforme software, di proprietà (Google Map Maker, Here Map Creator) o open source (Open Street Map, WikiMapia), per cercare di raccogliere nuovi dati geospaziali; gli utenti contribuiscono attivamente allo sviluppo, condividendo pubblicamente le proprie informazioni che vanno dunque ad arricchire le banche dati di tutto il sistema.

- Atlanti geografici online: i tradizionali atlanti cartacei possono essere venduti anche sotto forma digitale; vi è anche la possibilità di scaricare i dati geospaziali su cui si fondano.
- Statiche: si tratta di immagini statiche senza alcuna interazione o animazione possibile. Vengono in genere aggiornate raramente, disegnate molto spesso manualmente e includono anche le fotocopie di mappe cartacee. Le mappe vengono semplicemente mostrate sul browser.

1.2.1. L'interazione dell'utente con una tiled web map

Si vuole spiegare adesso il tipo di azioni che l'interfaccia di una tiled web map permette a un utente di eseguire, andando ad elencare le più comuni. Il destinatario dell'applicazione in qualunque momento può:

- trascinare la mappa: utilizzando delle frecce direzionali oppure cliccando e tenendo premuto il cursore del mouse sulla mappa virtuale, essa viene "mossa", avendo così la possibilità di vedere le zone attigue a quella correntemente visualizzata;
- effettuare un ingrandimento: tramite dei bottoni offerti dall'interfaccia o utilizzando la rotella di scorrimento del mouse si effettua uno zoom in avanti o indietro della mappa, allontanando o avvicinando così la vista dall'alto;
- mostrare un certo indirizzo: attraverso un'apposita barra di ricerca è possibile digitare un recapito di cui si vuol conoscere la posizione geografica;
- trovare l'indirizzo di un certo punto selezionabile nella mappa : cliccando col mouse sulla mappa, verrà apposta un'icona segnaposto e compariranno le informazioni geografiche, se presenti, inerenti le coordinate corrispondenti al punto scelto;
- mettere in rilievo luoghi d'interesse quali ristoranti, teatri, parchi, eccetera: con un pulsante oppure digitando nella barra di ricerca il tipo di luogo desiderato compariranno nella mappa delle icone a segnalare quelli presenti nella zona visualizzata;
- richiedere una mappa in stile differente da quello al momento selezionato: grazie a un bottone si può scegliere il tipo di mappa visualizzato, per esempio passare dalle immagini di uno stradario a foto reali scattate via satellite.

Facendo riferimento alla precedente Figura 1.1.1.1, si possono notare i pulsanti che permettono di cambiare il livello di zoom, di modificare lo stile delle immagini e di spostare la vista nella mappa. Infine si precisa che a seconda del tipo di applicazione possono naturalmente variare le funzionalità messe a disposizione dell'utente.

1.3. Open data in ambiente geoinformatico

Gli *open data*, letteralmente “dati aperti”, sono dati accessibili da chiunque senza particolari vincoli di utilizzo, se non quelli di citare la fonte o continuare a mantenerli disponibili ad altri [WIKI-DA2015].

Nel paragrafo 1.1.1 era stato introdotto il concetto di Neogeografia e nell’esplicazione di questo termine il dibattito aperto tra il rigido sistema tradizionale di acquisizione dei dati e quello nuovo e più liberale che vorrebbe allargare alla massa questo diritto.

Al fine di comprendere meglio questo panorama, si vuole ora prima analizzare un’applicazione ben conosciuta e quindi presentare tre sistemi open data che vanno incontro alle esigenze dei neogeografi, ma per scopi, e quindi in modi, differenti.

1.3.1. Il caso Google

La seguente digressione verte a spiegare lo scenario dietro ad un comune caso d'uso della tecnologia di web mapping: Google Maps. L'utente comune è sicuramente abituato ad accedervi liberamente per ricercare luoghi d'interesse o indirizzi.

Sebbene sia vero che Google Maps è sfruttabile gratuitamente, non si può però dire lo stesso per i dati che vengono da esso utilizzati: questi sono infatti dotati di copyright e ceduti su licenza da un qualche ente che si occupa di mappatura, quali Navteq [NAV] o TeleAtlas [TELA], come si può leggere dai "Termini di Servizio di Google Maps".

Tutto ciò pone dunque una domanda agli sviluppatori di un'applicazione che voglia sfruttare un sistema di geolocalizzazione: sono sufficienti le API messe a disposizione da Google Maps? La domanda non è banale.

Ovviamente, in caso affermativo, si tratta di un buon risparmio di risorse, ma non si può pensare di poterle applicare a tutti i progetti.

Si precisa che le API di Google Maps sono sì utilizzabili in licenza gratuita, ma non così le informazioni su cui esso si basa. Si citano qui i Termini di Servizio di Google Maps/Google Earth, al punto 2, in merito ai limiti di utilizzo [GOOTOS2015]: “[...] a meno che l'Utente non disponga di previa autorizzazione scritta da parte di Google (o, a seconda dei casi, del fornitore di contenuti specifici), all'Utente è fatto divieto di: (a) copiare, tradurre, modificare o creare opere derivate dai contenuti o da parte di essi, [...] (d) utilizzare i prodotti in un modo che conceda all'Utente o a qualsiasi altra persona l'accesso a download di massa oppure a feed collettivi di qualsiasi tipo di Contenuti, tra cui a titolo esemplificativo i valori numerici di latitudine e longitudine, le immagini e i dati mappa visibili, [...] (g) utilizzare i prodotti per creare un database di luoghi o altre schede informative locali.”.

Eccetto alcuni Paesi, quali gli Stati Uniti, ove questi dati sono considerati di dominio pubblico per via delle proprie leggi sui copyright, nelle altre nazioni occorre infatti pagare, motivo per cui si ricerca preferibilmente un'alternativa gratuita.

Da questa necessità di dati geografici, o geodata, soggetti a meno restrizioni son nati alcuni progetti gratuiti che si pongono l'obiettivo di collezionare, aggiornare e distribuire in maniera libera queste informazioni [WOSM-FAQ2015].

1.3.2. Il progetto OSM

Il primo progetto open data che si vuole descrivere è Open Street Map [WOSM2015], in breve OSM, che ben si inserisce nel panorama precedentemente descritto.

Fondato nel luglio 2004 da Steve Coast, ispirato dal trionfo di "Wikipedia", OSM ha ottenuto un grande successo, contando più di 2 milioni di utenti collaboratori registrati. Si tratta di una pietra miliare per la storia dello sviluppo di quelle web map definite analitiche nel paragrafo 1.2. Nel 2006 OSM iniziò la sua trasformazione in fondazione. Quando, a luglio 2007, la Fondazione OSM allestì la sua prima conferenza internazionale, “*The State of the Map*” ovvero “Lo Stato della Mappa”, si potevano contare solo 9000 utenti registrati, ma tra gli sponsor potevano già essere annoverati colossi quali Yahoo!, Multimaps e Google.

Seguendo lo stile wiki, ogni utente ha la possibilità di inserire informazioni e correggere quelle già esistenti, collezionate da mappe manuali, dispositivi GPS, fotografie aeree o altre risorse esenti da divieti d'accesso. La Fondazione può anche contare su dati ceduti da altre aziende o società di mappatura, ad esempio nel dicembre 2006 Yahoo! ha ceduto l'utilizzo sulle proprie ortofoto aeree e nel luglio 2007 è stata la Automotive Navigation Data a concedere il proprio

database stradale sui Paesi Bassi e sulle principali arterie di Cina e India. A fronte dell'inconsistenza dei dati, dovuta a possibili distrazioni o errori, volontari o meno, di chi li ha inseriti, le mappe di OSM risultano invece assai curate e minuziose, evidente segno del buon funzionamento del sistema: poiché la percentuale di utenti “in buona fede” è molto alta, quella di errori risulta entro limiti accettabili. E' tuttavia vero che tale precisione risulta maggiore nelle zone in cui OSM è più conosciuto e conta più collaboratori, essendo questi i maggiori contributori a questa accuratezza [WIKI-OSM2015].

1.3.3. Ushahidi

Ushahidi [USH2015] è un'organizzazione keniana no-profit rivolta all'attivismo sociale e alla responsabilità pubblica. Il nome deriva dal termine Swahili che significa “testimonianza” o “testimone”.

L'azienda si fonda sul modello del *crowdsourcing* per creare software open source atto alla collezione, geolocalizzazione e restituzione di informazioni in maniera interattiva. Il crowdsourcing, dalla fusione dei vocaboli *crowd*, “folla” e *outsourcing*, “esternare le proprie attività/risorse”, consiste nella realizzazione o sviluppo di un progetto da parte di un insieme di persone indefinite e non organizzate precedentemente, lo stesso principio alla base di Wikipedia [WIKI-CS2015].

Ushahidi cerca di combinare attivismo sociale, informazioni geospaziali e giornalismo partecipativo: la sua nascita risale al 2007, di seguito alle elezioni presidenziali in Kenya, quando nello Stato esplosero forti tensioni e violenze e si rischiò una guerra civile tra le etnie Kikuyu, del presidente vincente, e Luo, cui apparteneva il capo dell'opposizione [WIKI-USH2015]. Da allora l'associazione si è attivata anche per altri fenomeni di crisi in tutto il mondo, il più recente contributo è quello dato per il terremoto in Nepal: è possibile dal sito [QUA2015] visitare la mappa del Paese e avere accesso a vari tipi di informazione, tra cui report, video, immagini, aree con rifugio, persone scomparse, strade bloccate, posizionate in corrispondenza alla località di riferimento.

Un'attività di questo tipo viene definita con la locuzione *crisis mapping* e si potrebbe tradurre come “mappatura per la crisi”: è svolta soprattutto da volontari e vuole essere di aiuto sia a chi sta vivendo in prima persona un qualche evento critico di varia natura, quali guerre o disastri ambientali, sia a coloro che vanno in loro supporto [WIKI-CM2015].

Anche in Italia Ushahidi ha operato, grazie al lavoro di Elena Rapisardi e Giovanni Lotto, per formare una mappa con informazioni tali da prevenire e gestire incendi boschivi, visitabile al sito [OFI2015]. Si tratta di un caso anomalo rispetto ai precedenti, in quanto la piattaforma software è stata utilizzata per la prima volta in assenza di una crisi o un'emergenza in atto. Si tratta comunque di un avvenimento significativo, in quanto ha contribuito a diffondere in Italia la potenzialità di Ushahidi e in generale del crowdsourcing e del suo uso sociale. In seguito ulteriori applicazioni, in particolare ad opera della Protezione Civile, vennero sviluppate sulla base di Ushahidi: è possibile averne un elenco di alcune dal sito [ICP2015].

1.3.4. Google Map Maker

Similmente a OSM e sulle orme di questa, nel luglio 2008 la Google Inc. ha voluto creare un proprio progetto collaborativo, Google Map Maker [WIKI-GMM2015], dove gli utenti volontari possono contribuire a espandere il database di informazioni geografiche dell'azienda. L'obiettivo è quello di ampliare e riuscire a correggere eventuali errori la mappatura fornita. Il servizio non è ancora attivo in tutti i Paesi, spesso a causa delle restrizioni imposti dal governo sulla distribuzione dei dati. In Italia tale servizio è rimasto attivo a partire dal 20 agosto 2013 fino al 12 maggio 2015, quando a causa di un atto di vandalismo cibernetico [BBC2015] Google ha deciso di sospenderlo ovunque. In seguito è stato ripristinato il 10 agosto dello stesso anno ma in soli sei Paesi: Bangladesh, Brasile, Canada, India, Filippine e Ucraina [GOO-GMM2015]. Si era programmato di riattivarlo in altri Paesi nelle settimane successive: dal 26 agosto altri 45 Stati hanno potuto tornare a usufruirne [WIKI-GMMEN2015].

Le principali differenze da OSM sono due:

- ogni dato ottenuto dagli utenti rimane proprietà dell'azienda;
- prima di rilasciare pubblicamente le nuove informazioni, queste vengono rivedute sia da altri utenti sia da operatori della stessa Google: si cerca in questo modo di sottrarsi a inesattezze o opere di rovina volontaria.

2. Struttura di un sistema di Web Mapping

Un sistema di Web Mapping efficiente non è di facile implementazione poiché bisogna tener conto infatti di molti fattori di diversa natura. Per esempio, è necessario codificare secondo uno schema preciso le informazioni in linguaggio naturale, così che possano essere riconosciute e processate da un calcolatore; occorre inoltre stabilire in che modo debbano avvenire le comunicazioni tra software differenti, operanti in base a linguaggi di programmazione diversi e magari su altri sistemi operativi; gli stili per lo sviluppo cartografico sono molti e distinti e si possono voler metter in risalto differenti informazioni a seconda dello scopo finale dell'applicazione. Non è infine possibile che un unico sistema possa svolgere qualunque funzione in maniera ottimale. Per ovviare a tutte queste problematiche, sono state create diverse strutture di dati in grado di cooperare tramite delle convenzioni e che dunque formano lo scheletro del sistema di mappatura.

La prima parte di questo capitolo vuole esplorare le entità più basilari che vanno a comporre lo scheletro di un sistema di Web Mapping, quali la codificazione dei dati, gli standard di comunicazione, le immagini che vengono utilizzate per formare la mappa e i software concorrono a offrire questo servizio.

Nella seconda parte di questa sezione si presentano invece esempi concreti delle strutture presentate in precedenza, applicativi e librerie correlati da codici in esplicitazione al loro reale funzionamento, così che il lettore possa comprendere più a fondo la natura di quanto gli è stato esposto.

2.1. Gli elementi base

La prima parte di questo secondo capitolo vuole dedicarsi a dare una spiegazione della struttura tipica di un sistema di web mapping esplicandone le generiche componenti fondamentali, che nel primo capitolo erano state solamente annunciate, di cui ora se ne darà una definizione più specifica e precisa, corroborata da esempi. In particolare verranno presi come casi di studio soprattutto esempi forniti da OSM.

2.1.1. Linguaggio e formato dei dati geospaziali: i file .osm

Si era già accennato nel paragrafo 1.1.1 dell'esistenza di linguaggi specifici e universali per la raccolta dei dati geospaziali e di come questi avessero aiutato la diffusione in larga scala di quelle informazioni. Si vuole ora darne una spiegazione più precisa.

Nell'ambito informatico tali linguaggi vengono definiti *linguaggi di marcatura* (in Inglese *markup language*) ovvero presentano un criterio, utilizzato per convenzione come uno standard, che descrive in che modo un testo debba essere rappresentato: la sua presentazione, la struttura, la semantica da utilizzare [WIKI-ML2015].

Verrà ora preso in esame uno specifico linguaggio tra quelli che erano stati precedentemente dati in esempio (si torni sempre al paragrafo 1.1.1).

Open Street Map conserva i propri dati in file XML che seguono un formato di loro creazione, riconoscibili dall'estensione .osm . Nei suddetti file vengono memorizzati i *dati primitivi*, anche chiamati *elementi*, ovvero:

- *nodi*;
- *vie*;
- *relazioni*.

Agli elementi possono inoltre essere associati uno o più *tag*, in Italiano *etichette*; inoltre possono essere presenti dei *changesets*, cioè *gruppi di modifiche* [WOSM-E2015].

I nodi rappresentano un punto preciso della Terra e sono identificati da un ID numerico unico e dalla coppia delle sue coordinate (latitudine, longitudine). L'altitudine è un attributo opzionale. Altro attributo interessante può essere il livello ("level=" oppure "layer="): qualora due nodi si trovassero alle stesse coordinate, per esempio un nodo è sotto il nodo di un ponte, esso indica quale si trovi sopra l'altro. In genere i nodi a sé stanti hanno almeno un attributo che ne indichi la funzionalità, quale "amenity=bar" per indicare la presenza di un bar [WOSM-N2015]. Un esempio completo di nodo si trova in Tabella 2.1.1.1.

```
<node id="25496583" lat="51.5173639" lon="-0.140043" version="1"
changeset="203496" user="80n" uid="1238" visible="true"
```

```
timestamp="2007-01-28T11:40:26Z">
  <tag k="highway" v="pedestrian"/>
</node>
```

Tabella 2.1.1.1 : Codice di un nodo con associata una tag che identifica un percorso pedonale

Le etichette sono coppie del tipo (*chiave, valore*) che descrivono una caratteristica peculiare dell'elemento cui riferiscono. Sia la chiave che il valore sono campi di testo. Si utilizza la chiave per indicare un generico campo di attributi e il valore per il significato preciso che la chiave assume. Per esempio aggiungendo l'etichetta "highway=motorway" su una via si vuole segnalare che quella strada è riservata al traffico di motocicli e con l'etichetta "maxspeed=90" che il limite di velocità massimo è di 90 chilometri orari. In tabella 2.1.1.1 si possono trovare alcune delle etichette più comuni [WOSM-T2015]. Nelle Tabelle 2.1.1.2a e 2.1.1.2b sono mostrate alcune delle etichette più frequenti.

Chiave	Significato
highway	Strade e vie di passaggio, quali autostrade, strade private, sentieri boschivi.
barrier	Barriere e ostacoli solitamente in riferimento alle vie di passaggio, come steccati o mura cittadine.
amenity	Strutture di pubblico impiego per turisti o cittadini, tipo banche, ristoranti e farmacie.
boundary	Confini e limiti amministrativi o di altro tipo, come parchi nazionali e confini politici.
building	Un generico edificio, quali hotel, fattorie, un bungalow.
natural	Particolari naturali del paesaggio, tipo valli, terre brulle, pianure.
emergency	Strutture ed equipaggiamenti di emergenza, come defibrillatori e stazioni

	dell'ambulanza.
route	Un itinerario o un percorso riservato, come linee del bus, piste ciclabili, un traghetto.

Tabella 2.1.1.2b: Alcune delle etichette più frequentemente utilizzate

Le vie sono invece polilinee, definite da nodi ordinati in liste da 2 a 2000 elementi.

Possono essere:

- aperte, ovvero senza un primo ed un ultimo nodo;
- chiuse, ovvero il primo e l'ultimo nodo sono coincidenti;
- un'area, definita come una via chiusa con un apposito tag che segnala che si tratti di un'area, anche se questo non è obbligatorio.

```
<way id="5090250" visible="true" timestamp="2009-01-19T19:07:25Z"
version="8" changeset="816806" user="Blumpsy" uid="64226">
<nd ref="822403"/>
<nd ref="21533912"/>
<nd ref="821601"/>
<nd ref="21533910"/>
<nd ref="135791608"/>
<nd ref="333725784"/>
<nd ref="333725781"/>
<nd ref="333725774"/>
<nd ref="333725776"/>
<nd ref="823771"/>
<tag k="highway" v="residential"/>
<tag k="name" v="Clipstone Street"/>
<tag k="oneway" v="yes"/>
</way>
```

Tabella 2.1.1.3: codice di una via residenziale

Le vie che contengono più di 2000 nodi, oppure le aree che presentano dei buchi al proprio interno, devono essere rappresentate da un tipo di struttura dati più complesso: una *relazione multipolilineare*. In tabella 2.1.1.3 è presentato un esempio di via [WOSM-W2015].

Le relazioni sono strutture di dati adatte a diverse funzionalità, per documentare il rapporto tra due o più elementi, siano essi nodi, vie o altre relazioni. Si specifica che solitamente vengono utilizzate per modellare oggetti tra loro "vicini" spazialmente. Non sarebbe infatti adeguata una

relazione del tipo "tutti i fiumi d'Italia", mentre sarebbe corretto avere una relazione del tipo "tutte le fermate di una linea dell'autobus". I membri della relazione sono raccolti in una lista ordinata e possono assumere un determinato *ruolo*: ad esempio, un senso unico può essere indicato tramite un nodo con il ruolo "da" ed un altro nodo con il ruolo "a". Esistono diversi tipi di relazione: oltre alle già citate multi-polilineari, vi sono anche *percorsi* (per segnalare piste ciclabili, linee di mezzi pubblici o autostrade), *restrizioni*, *confini*, *corsi d'acqua*, *controlli del traffico* (telecamere, autovelox, eccetera) ed altri ancora [WOSM-R2015].

Infine i gruppi di modifiche sono tutte le modifiche apportate in un certo momento da un dato utente. Questi gruppi hanno una capacità massima e una durata di tempo. Finché un gruppo è aperto è possibile aggiungere altri cambiamenti. Alla chiusura, esplicita o automatica per inattività (nessuna ulteriore modifica per un certo lasso di tempo), il gruppo diventa chiuso [WOSM-CS2015].

In tabella 2.1.1.4 si trova l'esempio di un file .osm con intestazione e chiusura e alcuni estratti che mostrano i vari elementi che lo compongono.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<osm version="0.6" generator="CGImap 0.0.2">
  <bounds minlat="54.0889580" minlon="12.2487570" maxlat="54.0913900"
maxlon="12.2524800"/>
  <node id="298884269" lat="54.0901746" lon="12.2482632"
user="SvenHRO" uid="46882" visible="true" version="1"
changeset="676636" timestamp="2008-09-21T21:37:45Z"/>
  <node id="261728686" lat="54.0906309" lon="12.2441924"
user="PikoWinter" uid="36744" visible="true" version="1"
changeset="323878" timestamp="2008-05-03T13:39:23Z"/>
  <node id="1831881213" version="1" changeset="12370172"
lat="54.0900666" lon="12.2539381" user="lafkor" uid="75625"
visible="true" timestamp="2012-07-20T09:43:19Z">
  <tag k="name" v="Neu Broderstorf"/>
  <tag k="traffic_sign" v="city_limit"/>
</node>
  ...
  <node id="298884272" lat="54.0901447" lon="12.2516513"
user="SvenHRO" uid="46882" visible="true" version="1"
changeset="676636" timestamp="2008-09-21T21:37:45Z"/>
  <way id="26659127" user="Masch" uid="55988" visible="true"
version="5" changeset="4142606" timestamp="2010-03-16T11:47:08Z">
  <nd ref="292403538"/>
  <nd ref="298884289"/>
  ...
```

```

<nd ref="261728686"/>
<tag k="highway" v="unclassified"/>
<tag k="name" v="Pastower Straße"/>
</way>
<relation id="56688" user="kmvar" uid="56190" visible="true"
version="28" changeset="6947637" timestamp="2011-01-12T14:23:49Z">
  <member type="node" ref="294942404" role=""/>
  ...
  <member type="node" ref="364933006" role=""/>
  <member type="way" ref="4579143" role=""/>
  ...
  <member type="node" ref="249673494" role=""/>
  <tag k="name" v="Küstenbus Linie 123"/>
  <tag k="network" v="VWV"/>
  <tag k="operator" v="Regionalverkehr Küste"/>
  <tag k="ref" v="123"/>
  <tag k="route" v="bus"/>
  <tag k="type" v="route"/>
</relation>
...
</osm>

```

Tabella 2.1.1.4: Esempio di file .osm con i vari elementi

Il più grande file osm è "planet.osm", che comprende l'intero database di OSM in un unico file. Esistono naturalmente altri file più piccoli, chiamati "estratti", comprendenti solo una parte di tali dati, inerenti ad un solo continente, nazione o città. Per esempio il centro di Bologna è disponibile nel file "bologna.osm" [WOSM-P2015].

2.1.2. Formati di compressione e lettura

Da quanto esposto finora, si può comprendere come i file .osm contengano una grande mole di dati, destinata ad aumentare nel tempo, e che dunque siano anche file di una notevole dimensione. Motivo per cui questi file vengono solitamente compressi in altri formati, più veloci da scaricare dalla rete e da processare da parte dei software. Per esempio, il file planet.osm, quello contenente l'intero database, aggiornato a maggio 2015 occupa 576.6 GB di memoria, 42 GB se compresso in formato bz2 e 28.8GB in formato PBF, ovvero appena il 5% del totale [WOSM-P2015].

Due utili strumenti per operare con i file osm sono Osmosis [WOSM-OS2015] e osmconvert [WOSM-OSC2015]. Il primo è un'applicazione da linea di comando in Java per processare il file e permette di:

- leggere e scrivere sul database;
- produrre e applicare al database i gruppi di modifiche;
- riordinare i dati;
- comparare due estratti dal database e creare il gruppo di modifica associato.

Il secondo è un altro tipo di applicazione, più veloce e con alcune funzionalità speciali (quali ottenere tutti i nodi o fornire statistiche) ma che presenta anche alcune restrizioni (per esempio non si può accedere direttamente al database) rispetto a Osmosis.

Un formato di compressione molto utilizzato è il `.pbf` (Protocolbuffer Binary Format), che arriva a risparmiare il doppio dello spazio rispetto ad un file compresso `*.gz` ed è 6 volte più veloce da leggere. Il file compresso risultante assume così estensione `*.osm.pbf`. Questo formato è supportato sia da Osmosis che da osmconvert [WOSM-PBF2015].

Altro formato comunemente usato, nato per essere una via di mezzo tra quello `.osm` e quello `.pbf`, `.osm` ha un'ottima percentuale di compressione dei dati ed è rapido da processare, inoltre permette facilmente di poter unire due o più file differenti in uno unico. Può essere manipolato grazie a osmconvert [WOSM-O5M2015].

È inoltre pratica comune ricomprimere ulteriormente questi file per agevolarne la diffusione nella rete in comuni formati di compressione, come i già citati `.gz` e `.bz2` o anche `.tar`.

Viene ora mostrata la tabella 2.1.2.1 dove vengono messi a confronto le dimensioni dello stesso file compresso in formati differenti.

File OSM e tipo di compressione	Dimensione in byte	Dimensione in percentuale	Velocità di lettura (computer non performante)
germany.osm	15,519,707,799	100 %	604s

germany.osm.bz2	1,442,403,577	9.3 %	
germany.o5m	1,469,972,938	9.5 %	36s
germany.o5m.gz	949,544,868	6.1 %	
germany.o5m.7z	851,845,615	5.5 %	
germany.pbf	948,980,117	6.1 %	90s
germany.pbf.gz	949,117,868	6.1 %	
germany.pbf.bz2	953,355,361	6.1 %	
germany.pbf.7z	959,453,561	6.2 %	

Tabella 2.1.2.1 : Confronto tra le dimensioni di uno stesso file compresso in differenti maniere

2.1.3. Definizione di tile



Figura 1.1.1.1: Tile con livello di vista massimo

Un tile (letteralmente "tessera") è un'immagine digitale quadrata che offre una vista dall'alto della superficie terrestre [WOSM-TILE2015]. La dimensione standard di questo tipo di immagine è 256x256 pixel, tuttavia è possibile trovare anche altre misure, ad esempio la 64x64, utilizzata per le applicazioni di tipo mobile. Si faccia riferimento alla figura 1.1.1.1 per un chiaro esempio.

I tile vengono genericamente disposti su una griglia per formare un'immagine più grande, il *tileset* o *map tile*, che costituisce una porzione di mappa visualizzabile tramite una qualche applicazione. Nella Figura 1.1.1.2 viene mostrato un esempio di tileset. Possibili impieghi sono mostrare la posizione di un luogo d'interesse in un sito web o visualizzare la locazione dell'utente su una mappa virtuale tramite una qualche applicazione per smartphone, utilizzando un marcatore sulla mappa. Si pensi ad un albergatore che vuole far conoscere l'indirizzo del proprio hotel a possibili clienti su un sito turistico, oppure a un escursionista che ha smarrito il sentiero e vuole orientarsi attraverso un'applicazione del proprio smartphone.



Figura 1.1.1.2: Map tile con evidenziate le linee della griglia

Occorre sempre tenere conto che il numero di tile che concorrono a formare una mappa aumenta proporzionalmente col livello di zoom: a un livello di vista "alto" una stessa area sarà descritta con un quantitativo minore di immagini rispetto a quante ne verranno sfruttate per rappresentare la stessa superficie a un livello più "basso". In esempio, si torni alla figura 1.1.1.1, dove è sufficiente una sola immagine per osservare l'intero suolo terrestre.

2.1.4. I Tile Server e i protocolli di richiesta

Un *Tile Server* [WOSM-SMIT2015] è il server che si occupa di fornire i tile richiesti per formare i tileset in maniera idonea e rapida. Non è possibile pensare che per ogni richiesta in arrivo il server crei sul momento l'immagine da servire e dunque la spedisca al client. Infatti considerando l'ampiezza del territorio da presentare, anche da un piccolo estratto di `planet.osm`, e il vario numero di zoom disponibili, in genere tra 16 e 18 livelli, la quantità di tile che è possibile richiedere è davvero ampia. Inoltre, data la mole di informazioni da processare per ottenere una singola immagine, il servizio risulterebbe estremamente inefficace. Per ovviare a questa lentezza, le immagini vengono create a priori e immagazzinate in un database, dove comunemente: il nome delle immagini corrisponde alle coordinate geospaziali del territorio rappresentato; la cartella in cui vengono salvate rappresenta il grado di ingrandimento per i tile contenitivi. A intervalli di tempo, poiché le informazioni nel file `.osm` cambiano, si procede a ricreare i tile per sostituire quelli più vecchie [WOSM-SMT2015].

È inoltre ragionevole pensare che un client che richieda certi tile alla richiesta successiva faccia domanda per ottenere i tile immediatamente vicini ai precedenti o con uno zoom superiore oppure inferiore, o anche che chieda nuovamente dei tile già spediti. Molti server per migliorare le proprie prestazioni nell'intervallo tra una richiesta e un'altra preparano a priori un set di tile contigui agli ultimi inviati e salvano quelli più frequentemente reclamati, offrendo dunque un servizio di caching per il client.

Infine per effettuare le richieste dal client al server sono necessari dei protocolli, che regolino la messaggistica e le modalità di invio e ricezione.

Il protocollo *Web Map Service* (WMS) [WIKI-WMS2015], sviluppato a partire dal 1999 dall'Open Geospatial Consortium (OGC) è utile per servire diversi tipi di richieste, in particolare due sono domandate da ogni tipo di tile server:

- `GetCapabilities`: restituisce i parametri del WMS, quali il formato delle immagini delle mappe e la versione del server;

- `GetMap`: restituisce l'immagine di una mappa, con possibili parametri come l'altezza e la larghezza della mappa, il sistema di coordinate di riferimento, il formato dell'immagine e lo stile di rendering.

Altre richieste potrebbero essere:

- `GetFeatureInfo`: se uno strato è marcato come `queryable` si possono richiedere dati sulle coordinate della mappa;
- `DescribeLayer`: si ottiene la descrizione di uno o più strati;
- `GetLegendGraphic`: consegna l'immagine con la legenda della mappa.

In genere le immagini fornite sono in formato bitmap, per esempio JPEG, PNG o GIF. E' possibile inoltre che vengano serviti delle *immagini vettoriali*, ovvero descritte tramite primitive geometriche quali punti, linee, curve e poligoni [WIKI-GV2015]. Si tratta però di un protocollo obsoleto, quando le web map mostravano una sola immagine statica, motivo per cui è in grado di rispondere con una sola immagine per richiesta.

Con l'arrivo delle tiled web map, si è deciso di creare un nuovo tipo di protocollo, adatto al trasferimento di tile e quindi più immagini con una sola richiesta. La Open Source Geospatial Foundation (OSGeo) ha dapprima ampliato WMS, creando WMS-C, e quindi realizzato il Tile Map Service (TSM); in particolare questo protocollo utilizza degli indici interi per individuare i tile da fornire, invece che richiedere al client una struttura contenente i confini delle stesse [STACK2015].

Sviluppato ancora dall'OGC nel 2010, il *Web Map Tile Server* (WMTS) [WIKI-WMTS2015] è un altro protocollo standard per inoltrare i tile attraverso la rete. WMTS fa uso di diversi sistemi di codificazione nelle richieste, tra i quali SOAP, KVP e REST, e a seconda del tipo di richiesta cambia la codificazione utilizzata. Come WSM, questo protocollo implementa le richieste di Capabilities, Tile, FeatureInfo e Legend.

2.1.5. Le tiled web map e le slippy map

Soppiantando altri metodi di visualizzazione delle mappe via browser, come quello di WMS, dove in genere viene mostrata una singola immagine con di pulsanti direzionali per la navigazione nelle aree vicine, le tiled web map hanno spopolato nella rete. Nella finestra browser viene mostrata una mappa senza confini e apparentemente senza soluzione di continuità in quanto i tile vengono richiesti e rimpiazzati istantaneamente. Eventualmente i tile possono essere sostituiti

da tile vettoriali, ovvero pacchetti grafici di dati che offrono una soluzione ibrida tra i tile basilari e le mappe di dati vettoriali: da una parte si riduce la mole di dati da trasferire, in quanto i vettori sono file notevolmente più piccoli rispetto alle immagini pre-renderizzate, dall'altro offre una certa flessibilità sull'esibizione degli stessi.

Le tiled web map offrono notevoli vantaggi: se un utente trascina la mappa con il cursore, molte immagini possono continuare a essere mostrate e soltanto alcune vanno ricaricate; l'esperienza del cliente è notevolmente migliorata rispetto allo scenario dove una sola immagine viene mostrata e viene continuamente cambiata. Ancora, poiché le immagini sono renderizzate e mantenute su un server, in termini di costi computazionali l'operazione grava meno sul client rispetto al renderizzarle al momento dell'arrivo dei dati [WIKI-TWM2015].

Google Maps, precursore di questa tecnologia, ha fissato alcuni standard sull'utilizzo delle tiled web map:

- le immagini sfruttate sono tile 256x256;
- il livello di vista più alto è lo 0, in tal modo è possibile che un unico tile mostri l'intero mondo;
- a ogni incremento del livello di ingrandimento, le dimensioni della mappa devono raddoppiare: questo significa che un singolo tile viene sostituito da altre 4;
- viene sfruttata la proiezione di Web Mercator, ovvero uno standard web corrispondente alla proiezione cartografica cilindrica e conforme di Mercatore, con limiti sulle latitudini di circa 85 gradi.

Sebbene spesso si usi il termine *slippy map*, ovvero “mappa scivolosa”, come sinonimo di tiled web map, esso si riferisce in realtà alla particolare interfaccia web sfruttata da OSM per la navigazione dei propri dati [WOSM-SMT2015]. In particolare, oltre alle convenzioni di Google Maps, le caratteristiche delle slippy map prevedono:

- i tile devono essere immagini in formato .PNG;
- ogni livello di zoom rappresenta un direttorio, ogni colonna un sottodirettorio e ogni tile in quella colonna è un file immagine;
- ogni tile assume il nome `/zoom/x/y.png`;

Tale interfaccia è una componente Ajax. Il browser fa affidamento su JavaScript per le richieste dinamiche delle mappe a un server in background, senza bisogno di ricaricare l'intera pagina html. Si utilizza una piccola libreria javascript per implementare questo compito e altre funzioni che ne garantiscano l'interattività, in genere Leaflet [LEA2015] oppure OpenLayers [WOSM-OL2015].

Le richieste al tile server formattano in maniera ben precisa l'URL, suddivisibile in due parti: nella prima viene specificato il nome del dominio del server o di eventuali sottodomini, sfruttati spesso per far fronte al largo numero di richieste HTTP contemporanee di ogni singolo client; la coda presenta invece il nome del tile che occorre, ovvero /zoom/x/y.png. Nella tabella 2.1.5.1 sono esposti alcuni esempi di URL.

Il parametro di zoom va da 0 a 18 nella maggior parte dei server, ma alcuni possono superare tale limite. Il numero di tile disponibili per un certo livello corrisponde a 2^{2n} , ovvero $2^n \times 2^n$. Per esempio a livello 12 l'intero mondo è rappresentato con 4096 x 4096 tile, per un totale di 16.777.216 immagini. Il valore di X e Y varia tra 0 e $2^{\text{zoom}} - 1$. La X corrisponde a latitudine da 180° Ovest a 180° Est, la Y a longitudine tra 85.0511 ° N e 85.0511 ° S (questo numero è ricavato da formule goniometriche e fa corrispondere l'immagine ellittica del mondo a una quadrata).

Esistono precise funzioni matematiche per ottenere il numero corrispondente del tile partendo dalle coordinate di riferimento e viceversa. Se ne daranno ora alcuni esempi, prima in pseudocodice per mostrare la formula generica e quindi l'implementazione in uno specifico linguaggio di programmazione: si consultino i codici da 2.1.5.2 a 2.1.5.4 .

Nome Tile Server	Esempio e Template URL	Livelli di zoom disponibili
OpenCycleMap	http://[abc].tile.opencyclemap.org/cycle/[zoom]/[x]/[y].png	0-18
	http://a.tile.opencyclemap.org/cycle/17/53/24.png	
	http://b.tile.opencyclemap.org/cycle/3/6/5.png	
MapQuest	http://otile[1234].mqcdn.com/tiles/1.0.0/osm/zoom/x/y.jpg	0-19

	http://otile2.mqcdn.com/tiles/1.0.0/osm/0/0/0.jpg	
	http://otile4.mqcdn.com/tiles/1.0.0/osm/19/189/2310.jpg	
Standard OSM	http://[abc].tile.openstreetmap.org/zoom/x/y.png	0-19
	http://a.tile.openstreetmap.org/10/12/890.png	
	http://c.tile.openstreetmap.org/3/7/4.png	
Migurski's Terrain (per ora disponibile solo in USA)	http://tile.stamen.com/terrain-background/zoom/x/y.jpg	4-18
	http://tile.stamen.com/terrain-background/6/33/61.jpg	
	http://tile.stamen.com/terrain-background/9/512/3.jpg	

Tabella 2.1.5.1: Alcuni dei principali tile server e gli URL per richiedere tile

Pseudocodice

- $sec = 1/cos$
- $arsinh(x) = \log(x + (x^2 + 1)^{0.5})$
- $sec^2(x) = \tan^2(x) + 1$
- $arsinh(\tan(x)) = \log(\tan(x) + sec(x))$

Nota: log rappresenta il logaritmo naturale

```
////////////////////////////////////
/*Da coordinate a numeri di tile*/
////////////////////////////////////
  ▪  $n = 2^{\text{zoom}}$ 
  ▪  $\text{xtile} = n * ((\text{lon\_deg} + 180) / 360)$ 
  ▪  $\text{ytile} = n * (1 - (\log(\tan(\text{lat\_rad}) + \sec(\text{lat\_rad})) / \pi)) / 2$ 

////////////////////////////////////
/*Da numeri di tile a coordinate*/
////////////////////////////////////
  ▪  $n = 2^{\text{zoom}}$ 
  ▪  $\text{lon\_deg} = \text{xtile} / n * 360.0 - 180.0$ 
  ▪  $\text{lat\_rad} = \arctan(\sinh(\pi * (1 - 2 * \text{ytile} / n)))$ 
  ▪  $\text{lat\_deg} = \text{lat\_rad} * 180.0 / \pi$ 
```

Codice 2.1.5.2: Formule di conversione

C/C++

```
////////////////////////////////////
/*Da coordinate a numeri di tile*/
////////////////////////////////////

    ▪ int long2tilex(double lon, int z)
    {
        return (int)(floor((lon + 180.0) / 360.0 * pow(2.0, z)));
    }

    ▪ int lat2tiley(double lat, int z)
    {
        return (int)(floor((1.0 - log( tan(lat * M_PI/180.0) +
        1.0 / cos(lat * M_PI/180.0)) / M_PI) / 2.0 * pow(2.0, z)));
    }

////////////////////////////////////
/*Da numeri di tile a coordinate*/
////////////////////////////////////

    ▪ double tilex2long(int x, int z)
    {
        return x / pow(2.0, z) * 360.0 - 180;
    }

    ▪ double tiley2lat(int y, int z)
    {
        double n = M_PI - 2.0 * M_PI * y / pow(2.0, z);
        return 180.0 / M_PI * atan(0.5 * (exp(n) - exp(-n)));
    }
}
```

```

C#
////////////////////////////////////
/*Da coordinate a numeri di tile*/
////////////////////////////////////

    public PointF WorldToTilePos(double lon, double lat, int zoom)
    {
        PointF p = new Point();

        p.X = (float)((lon + 180.0) / 360.0 * (1 << zoom));
        p.Y = (float)((1.0 - Math.Log(Math.Tan(lat * Math.PI / 180.0) +
            1.0 / Math.Cos(lat * Math.PI / 180.0)) / Math.PI) / 2.0 * (1<<zoom));

        return p;
    }

////////////////////////////////////
/*Da numeri di tile a coordinate*/
////////////////////////////////////

    public PointF TileToWorldPos(double tile_x, double tile_y, int zoom)
    {
        PointF p = new Point();

        double n = Math.PI -((2.0 * Math.PI * tile_y) / Math.Pow(2.0, zoom));

        p.X = (float)((tile_x / Math.Pow(2.0, zoom) * 360.0) - 180.0);
        p.Y = (float)(180.0 / Math.PI * Math.Atan(Math.Sinh(n)));

        return p;
    }

```

Codice 2.1.5.3: Implementazione delle formule in linguaggio C#

```

Java

public class slippytest {

    public static void main(String[] args) {

        int zoom = 10;

        double lat = 47.968056d;

        double lon = 7.909167d;

        System.out.println("http://tile.openstreetmap.org/" +
        getTileNumber(lat, lon, zoom) + ".png");

    }

    ////////////////////////////////////////////////////
    /*Da coordinate a numeri di tile*/
    ////////////////////////////////////////////////////

    public static String getTileNumber(final double lat, final double lon, final int zoom)
    {

        int xtile = (int)Math.floor( (lon + 180) / 360 * (1<<zoom) ) ;

        int ytile = (int)Math.floor( (1 - Math.log(Math.tan(Math.toRadians(lat))) + 1 /
        Math.cos(Math.toRadians(lat))) / Math.PI) / 2 * (1<<zoom) ) ;

        if (xtile < 0)

            xtile=0;

        if (xtile >= (1<<zoom))

            xtile=((1<<zoom)-1);

        if (ytile < 0)

            ytile=0;

        if (ytile >= (1<<zoom))

            ytile=((1<<zoom)-1);

        return("" + zoom + "/" + xtile + "/" + ytile);

    }

}

```

Codice 2.1.5.4: Implementazione delle formule in linguaggio Java

2.2. Tecnologie per l'implementazione di tiled web map

Finora è stata fornita una descrizione della struttura delle web map nei suoi elementi più essenziali: a questo punto si vuole arricchire il saggio con una spiegazione più pragmatica e manualistica sui metodi di sfruttamento di questa componente applicativa e tutte le tecnologie che occorre sfruttare per poterla implementare in un sistema. Verranno descritti strumenti software e siti web atti a integrare le conoscenze già provviste nei precedenti paragrafi e altri complementari per fornire tutte le principali funzioni comunemente fruibili nelle web map interattive. Si è avuta preferenza nel provvedere applicazioni e librerie di carattere open source o con licenza esente da particolari obblighi sia per mostrare la quantità e la qualità degli strumenti cui hanno accesso i neogeografi oggi giorno sia per la semplicità nel reperire informazioni inerenti gli stessi, non dovendo sottostare a determinate leggi di copyright.

2.2.1. Geodata providers: dove scaricare i dati

La prima azione da compiere è quella di scaricare i dati geospaziali dalla rete. Questi verranno utilizzati in vari modi, in quanto forniscono diversi input per i software e le librerie che saranno in seguito descritti. Tutti gli archivi presentati contengono open data dunque l'utilizzo dei dati è gratuito e libero, sotto licenza *ODbL* [WODBL2015] ("Licenza di archiviazione di dati aperta"): permette la condivisione e modifica del database e la creazione di nuove opere a partire da questo, con gli unici obblighi di continuare a condividere lo schedario e di attribuire la banca dati come derivazione di quella originale e specificare il nome del suo creatore.

Dal sito web sviluppato da OSM [OSM2015] è possibile reperire tali dati, sia in formato XML compresso che PBF, sotto la licenza di Open Street Map: "è possibile copiare, distribuire, adattare e trasmettere i loro dati finché lo si attribuisce a OpenStreetMap e ai suoi contributori", parafrasando la loro licenza [OSM-C2015]. Vi è la possibilità di scaricare il file inerente l'intero pianeta, `planet.osm.bz2`, sia alcuni estratti, corrispondenti a singoli Stati o regioni; vi è anche il file contenente gli ultimi gruppi di modifica apportati.

Un altro data provider interessante, che rappresenta una copia (*dump*) in rete del database completo di OpenStreetMap, è *Bbbike* [BBB2015]: in formato OSM XML compresso oppure PBF si possono scaricare il file dell'intera base di dati, degli estratti già pronti oppure si possono scegliere i confini della regione di interesse ed effettuare un'estrazione sul momento. In figura 2.2.1.1 si mostra l'interfaccia che permette tale funzione.

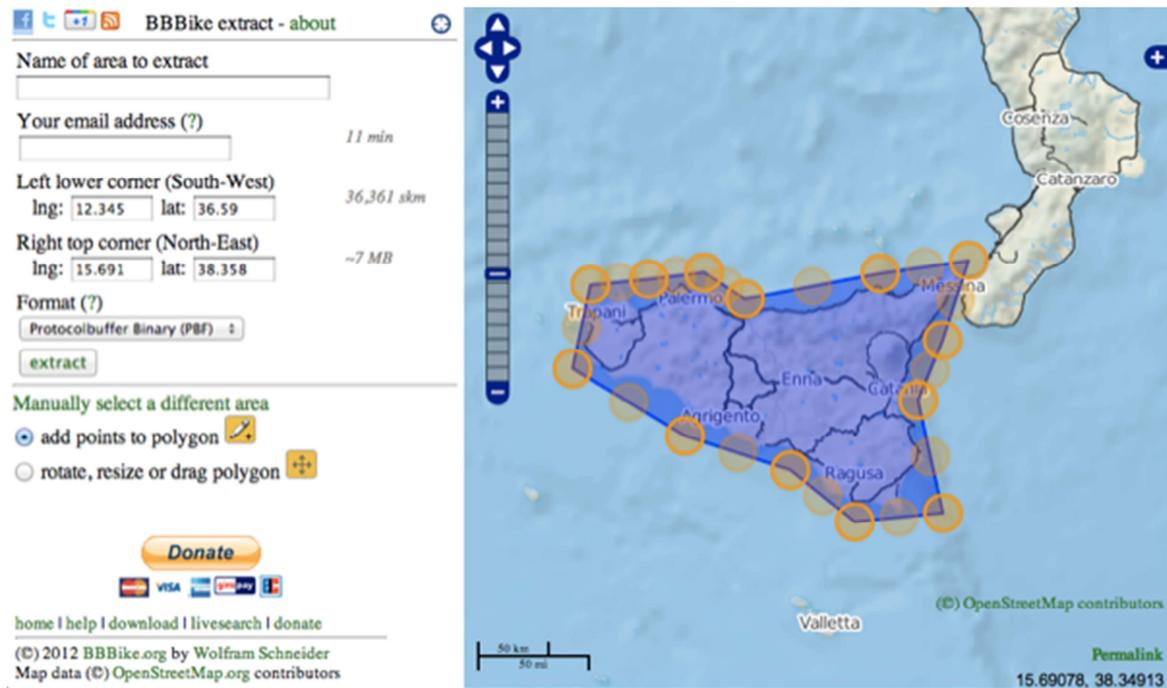


Figura 2.2.1.1: Esempio da <http://extract.bbbike.org/> per scaricare un estratto

Geonames [GEO2015] offre i propri dati in formato differente: le informazioni, inerenti singole città oppure Stati, sono su file `.txt` compressi in formato `.zip`. I dati contenuti nel file seguono un proprio formato e per poterne usufruire occorre esportarli manualmente, per esempio tramite una procedura che legga il file e esporti i dati all'interno di una base di dati; per far ciò bisogna naturalmente conoscere la natura dello standard adottato da Geonames, dunque è utile seguire attentamente le istruzioni che vi si possono trovare. Novità interessante che viene offerta online è la possibilità di modificare attraverso una semplice interfaccia le informazioni geospaziali contenute all'interno del database completo. L'utente può aggiungere nuovi punti geolocalizzati o leggere le informazioni di quelli già presenti e dunque editarle, tramite un apposito pulsante. È mostrato un esempio in figura 2.1.1.2.

Si presenta qui *Mapzen* [MAP2015]: tale sito si rifà sempre al database distribuito da OSM e ai suoi estratti, ma rilascia geoinformazioni relative a singole città o metropoli. Inoltre permette anche di scaricare i dati in altri formati oltre a OSM XML e PBF, ovvero Shapefile (estensione `.shp`) e GeoJavaScript Object Notation file (estensione `.geojson`). Gli shapefile sono un formato standard per vettori di dati geospaziali, descritti attraverso una geometria con entità quali punti, polilinee e poligoni, cui possono essere associati degli attributi [WOSM-SH2015]. GeoJSON è un altro formato adatto alle collezioni di geometrie spaziali, ovvero punti, linee spezzati, poligoni e collezioni di questi oggetti, con eventuali attributi [WIKI-GJS2015].

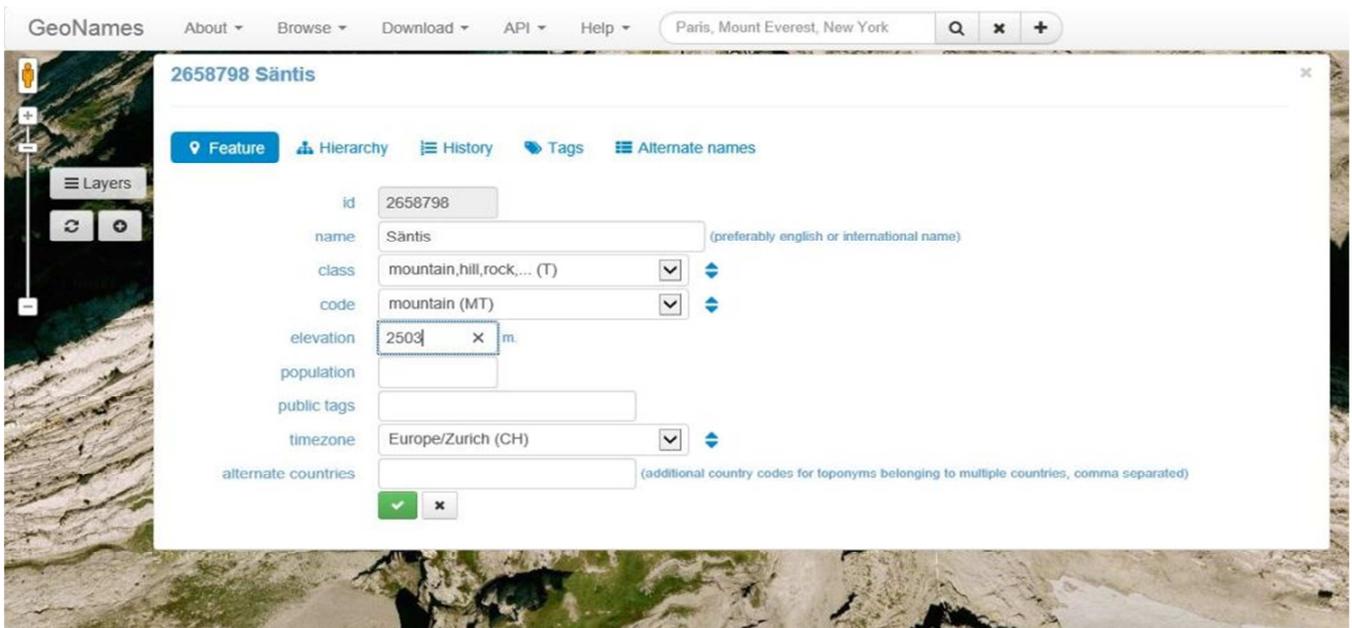


Figura 2.1.1.2: Interfaccia di editing per GeoNames

Infine si vogliono menzionare:

- *Geofabrik.de* [GEOF2015], data provider di grande successo che distribuisce i dati di OSM a livello mondiale in formato OSM XML compresso e shapefile;
- *Piattaforma GIS & Remote sensing* [FEM2015], un sistema GIS parte del Centro di Ricerca e Innovazione della Fondazione Edmund Mach, società di ricerca privata fondata dal governo della Provincia Autonoma di Trento: fornisce gli estratti inerenti le regioni italiane in formato OSM XML compresso, PBF e anche in formato Garmin, un navigatore satellitare sviluppato da una società svizzera [GEOD2015].

Si ricorda la possibilità di utilizzare software quali *osmconvert* e *Osmosis* per poter manipolare gli archivi di dati, come esplicitato nel paragrafo 2.1.2.

2.2.2. Tile Server Online

Nel paragrafo 2.1.4 si è spiegato cosa sia un tile server e in che maniera semplifichi e migliori l'esperienza dell'utente nella navigazione di mappe online, oltre che rendere più facile accedere a queste togliendo un notevole carico di lavoro al computer del client e alleggerendo la quantità di dati che devono viaggiare attraverso Internet. Se ne vogliono dunque mostrare alcuni.

ArcGIS Online [ARC2015] si appoggia sull'omonima piattaforma di ArcGIS, un sistema informativo geografico (un GIS, per l'appunto) di proprietà della Esri, azienda leader a livello mondiale nella produzione e distribuzione di software e applicazioni per la gestione di banche dati geospaziali. Gli utenti sono suddivisi secondo diversi ruoli, alcuni dei quali con i privilegi di poter pubblicare le mappe create attraverso ArcGIS; in generale però non è possibile utilizzare se non a scopo personale o non commerciale i contenuti. È dunque adatto a chi vuole compiere studi e prove personali sul sistema. L'URL di richiesta per una certa mappa ad ArcGIS è `http://mapserv.utah.gov/arcgis/rest/services/BaseMaps/Terrain/MapServer`. Si aggiunge un esempio in Codice 2.2.2.1 di come sfruttare il servizio di ArcGIS per le tiled map in linguaggio JavaScript e HTML [ARC-API2015].

```
<!DOCTYPE html>
<html>
  <head>
    <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=utf-8">
    <meta name="viewport" content="initial-scale=1, maximum-scale=1, user-scalable=no">
    <title></title>
    <link rel="stylesheet" href="http://js.arcgis.com/3.14/esri/css/esri.css">
    <style>
      html, body, #map {
        height: 100%; width: 100%; margin: 0; padding: 0;
      }
    </style>
    <script src="http://js.arcgis.com/3.14/"></script>
    <script>
      var map;

      require(["esri/map", "esri/layers/ArcGISTiledMapServiceLayer",
"dojo/domReady!"],

      function(Map, Tiled) {

        map = new Map("map");

        var tiled = new
Tiled("http://mapserv.utah.gov/arcgis/rest/services/BaseMaps/Terrain/MapServer")
;

        map.addLayer(tiled);

      }
    </script>
  </head>
  <body>
    <div id="map">
    </div>
  </body>
</html>
```

```

);
</script>
</head>
<body>
  <div id="map"></div>
</body>
</html>

```

Codice 2.2.2.1: Esempio di richiesta di una mappa ad ArcGIS

ThunderForest [THU2015] è un progetto di Andy Allan che, basandosi sui dati forniti da OSM, produce o ospita le tile map create sulla base di quelle informazioni. E' possibile dunque avere accesso a una serie di mappe, che seguono stili differenti, in maniera open source. Di grandioso successo è OpenCycleMap (già presentato nella tabella 2.1.5.1), server sfruttato da centinaia di siti ed applicazioni, con una mappatura che evidenzia percorsi ciclistici, i cui tile sono accessibili tramite l'indirizzo

`http://[abc].tile.thunderforest.com/cycle/{z}/{x}/{y}.png`

dove [abc] indica uno dei tre possibili sottodomini del server, z il livello di zoom, x la latitudine e y la longitudine. All'indirizzo

`http://[abc].tile.thunderforest.com/transport/{z}/{x}/{y}.png`

è invece possibile ottenere una mappatura con informazioni sui mezzi di trasporto pubblici. Si visiti il sito [THU2015] per conoscere i vari stili di mappatura supportati dal server di ThunderForest.

Si può inoltre continuare a far riferimento alla tabella 2.1.5.1 per ottenere ulteriori server il relativo indirizzo cui richiedere tile: tali sono tutti basati sugli archivi prodotti da OSM.

2.2.3. Librerie d'interfaccia per tiled web map

Per poter visualizzare i tile in maniera corretta ed aver accesso alle funzionalità di interazione con la mappa occorre sfruttare delle librerie per la creazione dell'interfaccia. Si indicheranno ora alcune di queste, tra le più utilizzate e semplici da reperire tramite la rete. Si consiglia di andare a verificare di persona sul sito di appartenenza le funzionalità e i codici disponibili di ognuna di esse.

- *OpenLayers* [WOSM-OL2015] è una libreria open source in JavaScript, rilasciata sotto licenza BSD, che garantisce ampie libertà sullo sfruttamento del software. Nel Codice 2.2.3.1 si mostra il più semplice esempio del suo utilizzo in una pagina HTML [WOSM-OLSE2015].

```
<!DOCTYPE HTML>

<title>OpenLayers Simplest Example</title>

<div id="demoMap" style="height:250px"></div>

<script src="OpenLayers.js"></script>

<script>

    map = new OpenLayers.Map("demoMap");

    map.addLayer(new OpenLayers.Layer.OSM());

    map.zoomToMaxExtent();

</script>
```

Codice 2.2..3.1 : Esempio di implementazione utilizzando libreria OpenLayers

- *Leaflet* [LEA2015] è la slippy map utilizzata da OpenStreetMap [OSM2015], ma anche su molti altri siti notevoli quali Flickr, The WallStreet Journal, Nestoria, Washington Post e altri; è una libreria moderna, open-source, in JavaScript e compatibile anche per dispositivi mobile (mobile-friendly). Meno complessa rispetto a OpenLayers, gli scopi della sua creazione sono stati il tentativo di migliorare le performance, mantenere semplici le API, occupare un piccolo spazio in memoria, migliorare l'usabilità possibile e supportare dispositivi mobile. Dal sito [LEA2015] è anche possibile avere accesso a molti tutorial e guide.
- *BruTile* [WOSM-BT2015] è una libreria open source in C#, che supporta protocolli quali WMS, WMTS, TMS, OSM e ArcGIS Tile Server (si veda ArcBruTile [COD2015]); si tratta di una .net PCL (Portable Class Library) [MSDN2015], ovvero contiene classi in grado di operare in ambiente multipiattaforma .net, più precisamente: .Net Framework 4.0.3 o successivi, Windows 8, Windows Phone, Windows Phone 8.1, Silverlight 5, Silverlight 8, Xamarin.iOS, Xamarin.Android.

- *Mapstraction* [MAPS2015] è una libreria open-source JavaScript astratta: permette di utilizzare una sola comune interfaccia che assuma di volta in volta le funzionalità di un largo tipo di API Javascript; potenzialmente, uno sviluppatore web può imparare a codificare una sola interfaccia e poi passare a utilizzare un'altra senza dover riscrivere appositamente il codice. Non si tratta di cambiar semplicemente lo stile dei tile visualizzati, ma proprio le librerie che implementano l'interfaccia, ad esempio passando dall'interfaccia di Leaflet a quella di OpenLayers a quella di Google Maps in maniera rapida e facile [WOSM-MAPX2015].
- *Google Maps API* [GOO-API2015] viene descritta in maniera più approfondita nel paragrafo 2.2.7.

2.2.4. Software di rendering

Si è finora ampiamente esposto di come le interfacce sfruttino i tile che vengono forniti da server online, dove vengono mantenuti in forma pre-renderizzata. Si vuole dunque ora spiegare in che maniera avviene il *rendering*, ovvero la realizzazione grafica dei tile a partire dai dati grezzi. Questo è utile in quanto permette in primo luogo di creare un proprio server che fornisca i tile, senza doversi appoggiare obbligatoriamente a quelli presenti online, presentati al paragrafo 2.2.2; in secondo luogo, come conseguenza, avviene che le applicazioni possano essere utilizzate anche offline. Le interfacce a questo punto dovranno effettuare le richieste al server in locale.

I dati utilizzati sono contenuti negli archivi scaricati dalla rete nelle modalità definite al paragrafo 2.2.1. Da questi attraverso la lavorazione via software si possono ottenere:

- immagini digitali 2D (*immagini raster*);
- immagini 3D;
- mappe in formato vettoriale.

I software, sia applicazioni desktop che librerie, sono stati creati in vario numero: ognuno applica un proprio stile grafico e mette in evidenza diversi elementi partendo dalla stessa base di dati. Se ne presentano ora alcuni.

- *Mapnik* [MAPN2015] è una libreria open source in C++ che include però la possibilità di creare script anche in altri linguaggi di programmazione, quali Java, JavaScript (Node.js), Python e Ruby. Le principali viste offerte da OSM sono state create grazie all'utilizzo di Mapnik. Il software si basa su una libreria di rendering ad alta definizione, AGG [WIKI-AAG2015], ed è in grado di leggere diversi formati di file, quali OSM, database forniti da PostGIS, shapefile, GeoTIFF, file CSV e altri. Le mappe possono essere create seguendo vari stili grafici, anche grazie all'utilizzo di strumenti software esterni come Cascadenik, TileMill e Spreadnik. È uno dei pacchetti più diffusi e sfruttati per il rendering.
- *Osmarender* [WOSM-OSR2015] non è una vera e propria applicazione, ma un insieme di file in grado di lavorare assieme per generare la grafica delle immagini in formato SVG: è un linguaggio derivato da XML per la visualizzazione, l'interazione e l'animazione di immagini vettoriali, raster o di testo. Gli input sono un insieme di dati in formato OSM e un file di regole, che descrivono lo stile che l'immagine dovrà assumere. Anche Osmarender risulta uno dei software più popolari in uso.
- *Maperitive* [MAPE2015] è un'applicazione gratuita per PC Desktop, scritta in C#; è in grado di leggere file in formato .osm, .osm.bz2 and GPX e creare le mappe secondo lo stile definito in un file di testo. Tali mappe possono anche essere esportate in file SVG o bitmap. Molto flessibile e facile da utilizzare, non effettua però grandi performance ed è più adatto a processare volumi di dati non troppo grandi.
- *Mapweaver* [WOSM-MAPW2015] è un'altra semplice applicazione per il rendering di mappe chiare ed elementari, basata sul linguaggio Perl; è successore di Mapgen.pl [WOSM-MAPG2015], a sua volta sviluppato sulle basi di osmarender.pl[[]]. Accetta come input un file OSM XML e genera un output SVG, che può essere convertito anche in PNG e PDF. Non funziona però su Windows.
- *Kosmos* [WOSM-KOS2015] è il predecessore di Maperitive, un motore di rendering basato su librerie di Windows (GDI/.NET) che offre flessibilità e semplicità nell'elaborazione di file OSM per la creazione di immagini; come il successore non è però molto performante né adatto a lavori su grandi moli di dati.
- *CartoType* [WOSM-CT2015] è una libreria in C++ multiplatforma che espleta funzioni sia di rendering che di routing; accetta in input sia file OSM che SVG. Attualmente funziona su Windows, Windows Mobile, iOS, MacOS, Android, Linux e Symbian OS.

2.2.5. Software di geocoding

Il *geocoding*, o *georeferenziazione*, è il collegamento che si effettua tra una certa informazione e la dislocazione geografica relativa a questa. Se si parla di georeferenziazione di una mappa, allora si suole intendere l'attribuzione di una coppia di valori (coordinate) ai punti che la compongono, ove il punto (0,0) indica il centro della mappa e definisce il punto d'inizio per gli assi cartesiani. Rispetto a questo sistema di assi si possono così andare a definire tutte le coppie di valori che individuano un singolo punto nella mappa. Un semplice metodo di georeferenziazione è l'interpolazione degli indirizzi, possibile grazie ai dati di un GIS dove le strade risultano già mappate e associate a certe coordinate. Suddividendo la strada in segmenti, è possibile associare ognuno di questi al nuovo sistema geodetico, ovvero la coppia di assi cartesiani. Dai segmenti e con gli archivi di dati è dunque possibile risalire alle coordinate reali di un certo punto della mappa. Possono sorgere complicazioni però, per esempio in caso di omonimia dei luoghi (Piazza Cavour a Rimini o Piazza Cavour a Bologna?) o se ancora non esistono dati sul luogo (una strada nuova non è ancora stata registrata nella banca dati) [WIKI-GEOR2015].

Il *reverse geocoding* (georeferenziazione inversa) rappresenta invece la funzione opposta: partendo da una coppia di coordinate si vuole ottenere il nome del luogo o l'indirizzo cui queste fanno riferimento. Similmente al precedente metodo, si può partire dalle coordinate per ottenere il segmento di strada cui corrispondono e da quello le informazioni geospaziali volute [WIKI-RG2015].

Esistono alcuni software e servizi che offrono gli algoritmi adatti per poter effettuare la georeferenziazione e il processo inverso e che possono essere richiamati dalle interfacce delle web map per ottenere gli indirizzi segnati nella mappa o ricercarli.

Nominatim [WOSM-NOM2015] è un software che si occupa di effettuare la georeferenziazione e la georeferenziazione inversa. È possibile sia scaricare il software per poterlo utilizzare su un proprio server sia effettuare delle richieste a istanze del software offerte nella rete da varie compagnie, per esempio *MapQuest* [MQD-2015], *PickPoint* [PICK2015] e *OpenCage Geocoder* [OCD2015]. Ogni richiesta deve essere effettuata seguendo le specifiche delle API fornite.

Il formato per una query di geocoding a Nominatim deve seguire questo formato:

`http://nominatim.openstreetmap.org/search?<params>`

`http://nominatim.openstreetmap.org/search/<query>?<params>`

Per esempio:

`http://nominatim.openstreetmap.org/search?q=135+pilkington+avenue,+birmingham&format=xml&polygon_svg=1&addressdetails=1`

`<params>` indica una serie di parametri per la query:

- `135+pilkington+avenue,+Birmingham` indica l'indirizzo da ricercare;
- `format=xml` per scegliere il formato dell'output;
- `polygon_svg=1` la geometria in output dei risultati sarà in formato SVG;
- `addressdetails=1` include una lista di nomi alternativi nei risultati.

Per una richiesta di georeferenziazione inversa invece:

`http://nominatim.openstreetmap.org/reverse?<query>`

Esempio:

`http://nominatim.openstreetmap.org/reverse?format=xml&lat=52.5487429714954&lon=-1.81602098644987&zoom=18&addressdetails=1`

- `lat` e `long` indicano le coordinate del punto;
- `zoom` è il livello di ingrandimento;

Infine per la ricerca di un certo indirizzo:

`http://nominatim.openstreetmap.org/lookup?<query>`

Ad esempio:

`http://nominatim.openstreetmap.org/lookup?osm_ids=R146656,W104393803,N240109189`

- `osm_ids` rappresenta una lista fino a 50 id di nodi, vie o relazioni osm di cui si vuol conoscere l'indirizzo.

2.2.6. Software di routing

Il *routing* (letteralmente *instradamento*) è il calcolo di un percorso tra due punti: si tratta di un servizio offerto all'utenza per aiutarla ad effettuare uno spostamento da un luogo ad un altro. I moderni navigatori satellitari sfruttano per esempio gli algoritmi di routing per creare i percorsi da seguire. Nei file in formato OSM sono registrate anche diverse informazioni che possono essere sfruttate nei processi di routing, per esempio l'accessibilità di una strada a certi veicoli o i percorsi dei mezzi pubblici. Le funzionalità di routing possono essere ottenute da software di varia natura: si può installare un'applicazione offline, trovare un servizio web in rete o essere presenti come funzionalità aggiuntiva all'interno del sistema [WOSM-ROU2015].

OpenRouteService (ORS) [WOSM-ORS2015] offre un servizio web con diverse funzionalità:

- *Directory Service*: permette di trovare qualunque località, posto, prodotto o servizio sulla mappa;
- *Location Utility Service*: funzionalità di georeferenziazione diretta e inversa;
- *Route Service*: permette di trovare il percorso specificando diverse opzioni, quali il mezzo di trasporto, strade o aree da evitare o punti da cui si vuole passare;
- *Accessibility Analysis Service*: calcola l'area che è possibile coprire in un certo lasso di tempo di navigazione;
- *Emergency Route Service*: per specificare aree che si vogliono evitare.

È possibile inviare una query tramite URL, dove vanno specificati diversi parametri, per poter sfruttare le API del Routing Service: la risposta conterrà una lista delle coordinate che formano il percorso da seguire. I parametri sono:

- *start*: coordinate del punto iniziale;
- *via*: opzionale, coordinate del punto da cui passare;
- *end*: coordinate del punto di arrivo;
- *routepref*: mezzo di trasporto (auto,pedone,bicicletta,veicolo pesante);
- *weighting*: tipo di percorso (più veloce, più corto, raccomandato);

- `distunit`: unità di misura (KiloMetri, Metri, MIglia);
- `noMotorways`: true o false, uso di autostrade;
- `noTollways`: true o false, uso di strade a pedaggio;
- `noFerries`: true o false, uso di traghetti;
- `instructions`: true o false, se si vogliono le istruzioni;
- `lang`: linguaggio della risposta.

Graphhopper [WIKI-GRAPH2015] è una libreria di routing in Java con un'interfaccia web chiamata Graphhopper Maps; grazie a diversi algoritmi di routing è molto rapido nei calcoli, e sfrutta in maniera ottimale la memoria. È disponibile sia per server, che desktop che dispositivi mobile con sistema Android o iOS. Si può utilizzare anche via API con richieste HTTP, le *GraphHopper Directions API for Business*. Essendo gratuito, è facile scaricarlo da GitHub [GIT2015] sul proprio desktop e permette di lavorare così offline. La Licenza Apache inoltre permette a chiunque di modificare o integrare Graphhopper in altri sistemi, commerciali o gratuiti: la grande efficienza del software insieme alla velocità di esecuzione delle query e la possibilità di ottenere i dati geospaziali tramite OSM crea un servizio gratuito capace di diventare una buona alternativa ai sistemi GPS e ai servizi di routing già esistenti.

Gosmore [WOSM-GOS2015] è un'applicazione in C/C++ multiplatforma disponibile per Windows, Windows Mobile, Linux, MacOSX e Android: per il download si consulti GitHub [GIT-GOS2015]. Oltre alle funzioni di routing permette la visualizzazione di mappe 2D, con la vista impostata come una telecamera 3D; è in grado di ottenere automaticamente la posizione tramite un ricevitore GPS, inoltre tiene traccia delle strade utilizzate e dei Punti di Interesse incontrati per salvarli in un file in formato OSM, pronto da importare in un file JOSM.

2.2.7. Google Maps Api

Un metodo più semplice per poter ottenere una web map su un sito web o una propria applicazione è sicuramente quello di sfruttare le *Google Maps Api* [GOO-API2015], fornite con licenza gratuita dall'omonimo sito [GOO2015]. Occorre sempre, naturalmente, rispettare i termini d'uso richieste per lo sfruttamento di tale licenza. Col termine *API* si intende un'*Interfaccia di Programmazione di un'Applicazione*, cioè una collezione, spesso librerie software, di procedure e

funzioni disponibili per il programmatore e raggruppate per svolgere un determinato compito. Le Google Maps Api sono una libreria JavaScript.

Una prima tecnica rapida per ottenere una mappa visualizzabile in un sito web è andare proprio sul sito di *GoogleMaps*, scegliere la locazione che si vorrà far visualizzare, andare dunque nelle opzioni del menu e selezionare la funzione “Condividi o incorpora mappa”; dalla nuova casella che si aprirà, scegliendo la scheda “Incorpora mappa”, si otterrà il codice da copiare e incollare nel codice sorgente del proprio sito web o blog per ottenere una prima mappa base. In Figura 2.2.7.1 viene mostrata la casella con tale codice evidenziato [GOO-S2015].

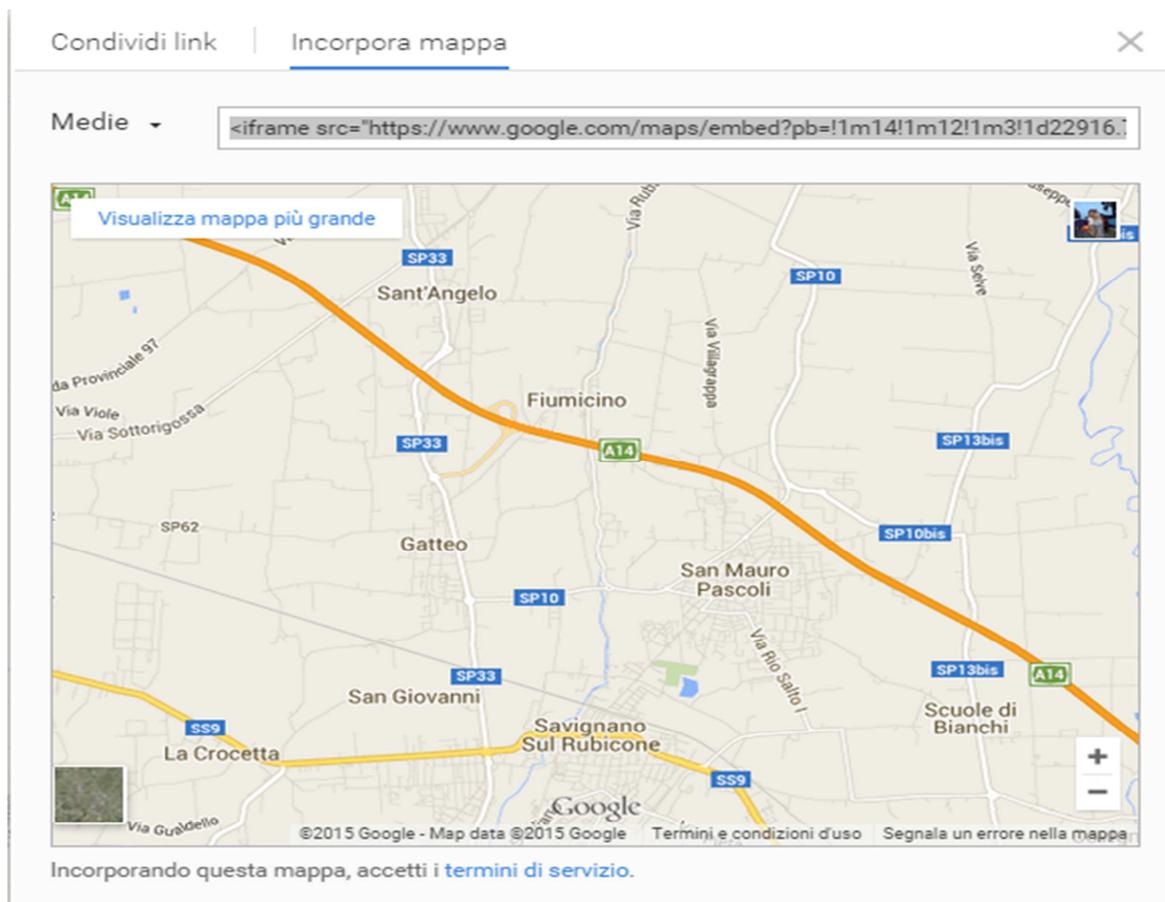


Figura 2.2.7.1: Come incorporare una mappa da Google maps

Si provvederà ora a spiegare in che modo, sfruttando le API, si possono utilizzare in maniera più personalizzata le mappe fornite da Google Maps, utilizzando del codice di esempio. Il codice proposto, Codice 2.2.7.1, è realizzato in linguaggio HTML e con uno script in JavaScript per il richiamo delle API. Il risultato di tale codice sarà un'interfaccia come quella di Google Maps e con le stesse funzionalità che presenta all'inizio una mappa posizionata sull'Italia [W3S-GMAT2015].

```
<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
<script src="http://maps.googleapis.com/maps/api/js"> </script>
<script>
    function initialize() {
        var mapProp = {
            center:new google.maps.LatLng(42.508742,12.120850),
            zoom:5,
            mapTypeId:google.maps.MapTypeId.ROADMAP
        };
        var map=new google.maps.Map(document.getElementById("googleMap"),
mapProp);
    }
    google.maps.event.addDomListener(window, 'load', initialize);
</script>
</head>
<body>
<div id="googleMap" style="width:500px;height:380px;"></div>
</body>
</html>
```

Codice 2.2.7.1 : Codice HTML e JavaScript per visualizzare una mappa con le Google Maps API

Prima di tutto, occorre caricare le Google Maps API: ciò avviene tramite il comando `<script src="http://maps.googleapis.com/maps/api/js"> </script>`. Occorre dunque creare una funzione che inizializzi le proprietà della mappa,

```
function initialize() {}
```

e in questa definire un oggetto (`var mapProp`) che acquisisca le proprietà della mappa che noi vogliamo visualizzare. La proprietà `center` determina il centro della mappa, e attraverso la creazione di un oggetto `LatLng` si specificano le coordinate di tale centro, inserendo nell'ordine

latitudine e longitudine. La proprietà `zoom` indica invece il livello di zoom desiderato. Infine `mapTypeId` è utilizzato per impostare lo stile grafico della mappa che verrà mostrata. Sono disponibili quattro stili:

- `ROADMAP` (mappa 2D di default)
- `SATELLITE` (mappa con immagini fotografiche riprese via satellite)
- `HYBRID` (mappa fotografica + strade e nomi di città)
- `TERRAIN` (mappa con montagne, fiumi, eccetera)

L'oggetto mappa viene creato col codice

```
var map=new google.maps.Map(document.getElementById("googleMap"),
mapProp);
```

e dunque inserito nell'apposito contenitore

```
<div id="googleMap" style="width:500px;height:380px;"></div>
```

La funzione deve quindi essere lanciata: in questo caso avviene all'avvio della pagina, tramite

```
google.maps.event.addDomListener(window, 'load', initialize);
```

È possibile anche caricare le Google Maps API su richiesta, in maniera asincrona: per esempio nel codice esplicativo Codice 2.2.7.2 prima viene caricata tutta la pagina e poi si avvia la funzione che caricherà le API.

```
function loadScript() {
    var script = document.createElement("script");
    script.src =
"http://maps.googleapis.com/maps/api/js?callback=initialize";
    document.body.appendChild(script);
}
window.onload = loadScript;
```

Codice 2.2.7.2: Caricamento asincrono delle Google API

Si ricorda che Google permette la chiamata a qualunque propria API anche alcune migliaia di volte al giorno, ma se si pensasse di avere un uso più intenso sul proprio sito allora converrebbe procurarsi una chiave gratuita per le Google API. Si consulti la consolle di sviluppo di Google a tal proposito [GOO-API2015]. Per conoscere invece tutte le funzioni e procedure messe a disposizione si può leggere la guida alle Google Maps Javascript API per sistemi web [GOO-JAPI2015]. Tali API sono infine disponibili anche su sistemi Android, iOS e per sviluppo di servizi web.

3. SVILUPPI FUTURI DEL WEB MAPPING

Si è visto nel primo capitolo di questo saggio come finora il web mapping abbia avuto un notevole impulso allo sviluppo nelle ultime due decadi. In questo nuovo capitolo si vuole analizzare come questa tecnologia potrebbe evolvere, partendo dalle ultime innovazioni e miglioramenti. Il primo paragrafo si propone di parlare dello sviluppo della tecnologia stessa, ovvero dei metodi di sfruttamento, raccolta e rappresentazione dei dati geoinformatizzati. Nella seconda parte del capitolo si descrive invece in che modo possano essere ampliate le fonti di dati da cui attingere, con la conseguente crescita delle banche dati esistenti e dunque la necessità di trovare nuove forme di archiviazione delle informazioni. È infine lecito pensare che questa tecnologia effettuerà notevoli passi in avanti, a causa del grado di correlazione con molti altri settori industriali di notevole interesse, come si dimostrerà nel terzo paragrafo del capitolo. Si suppone così che lo sviluppo delle web map porti sempre più verso l'integrazione delle stesse nella struttura di base di nuove applicazioni, invece che alla mera possibilità di aggiungerle in seguito come funzionalità aggiuntive.

3.1. Mappature 3D

L'immediato futuro del web mapping è già stato svelato: per portare ai massimi livelli l'interattività e l'esperienza dell'utente, si è deciso di puntare sulle mappe in 3D, o tridimensionali. Sebbene sia una tecnologia che al giorno d'oggi si può affermare abbia raggiunto un discreto livello di sviluppo, il vero ostacolo sta nel fatto che tutte le informazioni di cui si dispone sono sempre state raccolte, e dunque utilizzate, pensando alla creazione di mappe in due sole dimensioni. È però vero che alcuni dati utili a questa tecnologia sono già presenti nelle attuali banche dati, si pensi ad esempio alla suddivisione del terreno in diversi strati e l'altezza corrispondente ad ognuno di questi. Rimane comunque la necessità di costruire un nuovo sistema che riesca a rispondere efficacemente ai nuovi requisiti: oltre alla qualità dei dati raccolti, insistono nuovi problemi, quali la creazione di software per il rendering 3D, la necessità di nuovi formati che fungano da standard per la distribuzione delle informazioni e di nuove strutture dati più complesse utili per poter salvare la nuova gigantesca mole di dati e, come conseguenza, il bisogno di protocolli per un veloce trasferimento di queste grosse quantità attraverso la rete [WOSM-3DD].

3.1.1. Il progetto “Tango” di Google

A partire dal febbraio 2014, Google ha svelato un nuovo progetto inerente le tecnologie per i dispositivi mobili, denominato per l'appunto “Tango”. Guidato da Johnny Chung Lee il team Tango è impegnato nello sviluppo di una tecnologia in grado di effettuare una mappatura dell'ambiente circostante in 3D, utilizzando come supporto uno smartphone. Johnny Lee, classe 1980 e capo del settore *Sviluppo Progetti e Tecnologie* (ATAP) di Motorola e di altri progetti per conto di Google X, è già molto conosciuto per il suo contributo allo sviluppo del supporto Kinect per la consolle XBOX 360 di Microsoft e l'estensione delle funzionalità del telecomando di controllo remoto per la consolle Wii, oltre che la partecipazione ad altri studi quali una lavagna bianca interattiva, il tracciamento del movimento delle dita e della testa in 3D e un robot fai-da-te per la telepresenza [WIKI-JCL2015].

Diversi partner industriali, università e laboratori di ricerca, provenienti da nove differenti Paesi, stanno prestando la propria collaborazione a tale studio, che ha molte potenzialità: qualunque ambiente, esterno o interno, può essere mappato e definito nelle sue dimensioni tramite un apparecchiatura di modeste dimensioni, ma con precisione millimetrica, e semplicemente muovendosi all'interno di quello spazio.

Attraverso una telecamera per il rilevamento dei movimenti, un sensore di profondità, una fotocamera e due processori di “visione computerizzata” si riescono a ottenere tutti i rilevamenti necessari e a ricreare sul display la mappa del locale: “i sensori effettuano 250mila misurazioni 3D al secondo e aggiornano la posizione, l'orientamento e la profondità in tempo reale aggregando i dati in un unico modello tridimensionale dello spazio circostante.” Le prime aree di ricerca aperte agli sviluppatori sono state la mappatura e la navigazione in locali chiusi, giochi sia per singoli giocatori che multiplayer e lo sviluppo di nuove formule per l'elaborazione dei dati raccolti [TEL2015].

3.1.2. OSM-3D.org

Il progetto [WOSM-3D] si propone la creazione di una nuova interfaccia web interattiva in grado di supportare la visione 3D per le mappe basate sui dati di OSM. Attualmente la gestione è in mano al gruppo di ricerca per la Geoinformatica e le Geoscienze dell'Istituto di Geografia dell'Università Heidelberg, a Berlino [UNI2015].

Un'anteprima è disponibile al sito di osm-3D [OSM3D], utilizzato per dimostrare sia il potenziale delle mappe 3D che il modo di impostare le *3D Spatial Data Infrastructures* (3D-SDI)

attraverso interfacce aperte e standardizzate. Attraverso la componente *XNavigator* [XNAV2015] è possibile esplorare tale scena. I normali tile che compongono una web map sono stati qui distorti, per creare un effetto di prospettiva con ombre e luci. Poiché occorre una lunga serie di pre-elaborazioni, i dati OSM sono preparati in anteprima sul server di GIScience.

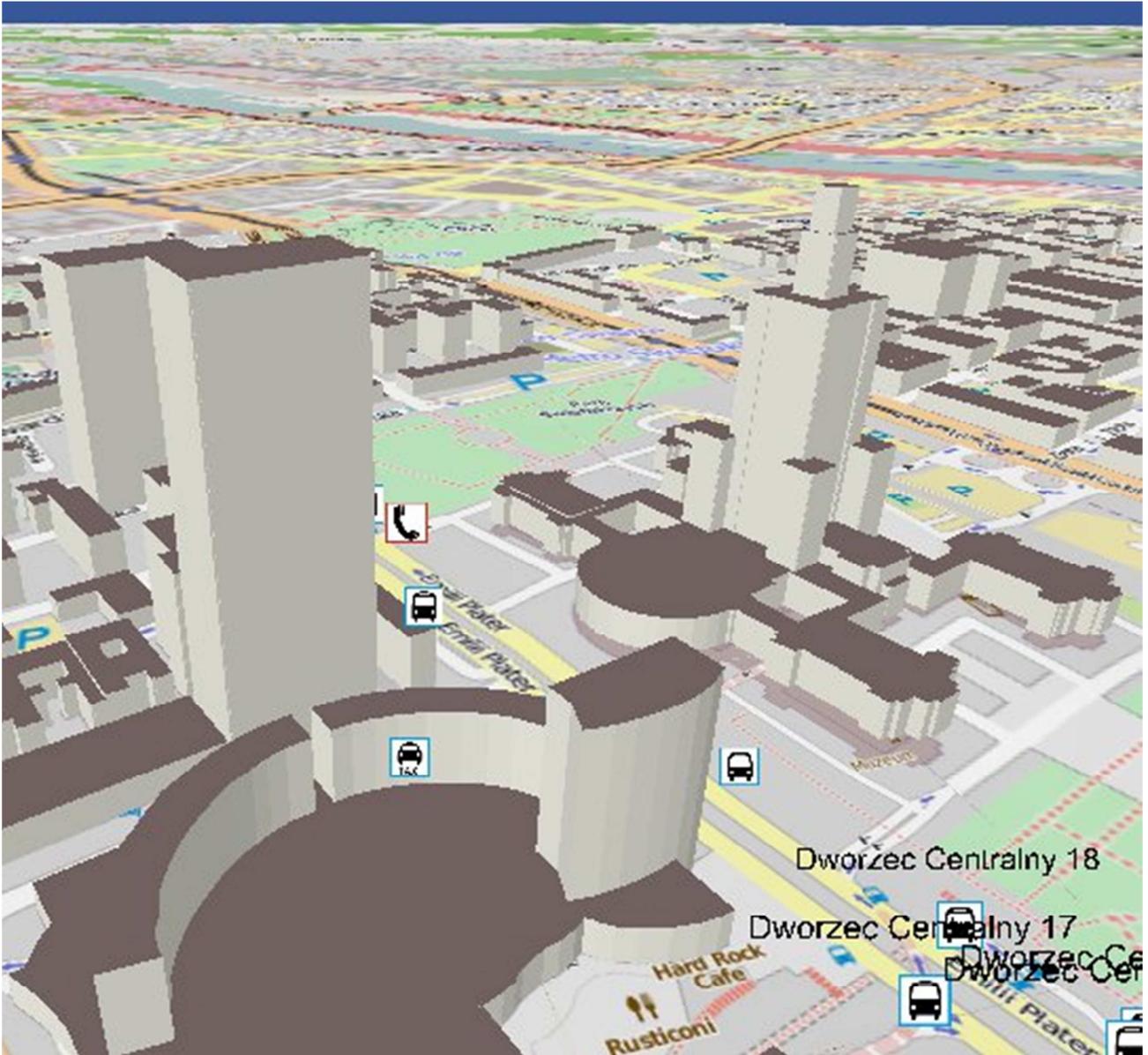


Figura 3.1.2: Palazzo della Cultura e della Scienza di Varsavia, ricostruzione di OSM-3D.org

Gli edifici vengono renderizzati come poliedri, l'altezza base interpolata dal *Modello digitale di Elevazione*. In OSM gli edifici vengono rappresentati o come vie con un'orma di piede o come relazioni di un anello esterno con 0 o più anelli interni per i cortili. Questi ultimi vengono correttamente elaborati e mostrati come buchi nel poliedro, ma gli anelli esterni rappresentati da più di una via non possono essere calcolati. La base e il tetto vengono in genere mostrati piatti, a meno

che non siano presenti informazioni (ad esempio: tetto spiovente). In genere non sono disponibili informazioni sulle altezze dei singoli edifici, dunque si utilizza un valore standard fisso, con qualche deviazione casuale per diversificare l'agglomerato. In Figura 3.1.2 è possibile vedere in che modo si è reso il Palazzo della Cultura e della Scienza di Varsavia, in Polonia.

3.1.3. OSM2World

Un altro progetto che mira alla creazione di mappe tridimensionali basate sui dati già contenuti nel database di OSM è OSM2World [WOSM-OSM2W].

Si tratta in questo caso di uno strumento, basato sulla piattaforma software *Java Runtime Environment* per la creazione dei modelli 3D della superficie terrestre, che presi in input i file in formato `.osm`, `.osm.gz`, `.osm.bz2` oppure `.osm.pbf` li elabora e restituisce file `.obj`, `.pov` o anche `.png`. Il download è disponibile al sito [OSM2W]. Lo si può utilizzare attraverso diverse linee di comando via batch/script. Per esempio, è possibile allontanare o avvicinare la telecamera, ruotarla o cambiare prospettiva e scegliere le coordinate geografiche in cui posizionarla. Altri comandi possibili riguardano opzioni sul rendering dei tile o i formati di conversione per ottenere l'output del software.

OSM2World è ancora agli inizi del suo sviluppo, dunque molti comandi non sono ancora stati creati e quelli attuali potrebbero cambiare, inoltre la quantità di dati processabile è ancora di modeste dimensioni e l'elaborazione non risulta particolarmente performante, gravando dunque sulle risorse del computer.

3.2. Mappare oltre la terra

Quando si parla di geodati, si dà per scontato che essi possano riferirsi a qualunque punto sulla superficie terrestre. Questo, nella pratica, non è completamente esatto: la maggioranza delle informazioni collezionate nelle banche dati fa infatti riferimento alla sola terraferma. Uno dei punti di sviluppo delle geoscienze è dunque quello di rimediare a tale lacuna, provvedendo a ricercare nuovi metodi di raccolta delle informazioni.

3.2.1. OpenSeaMap

Nell'autunno del 2008 durante una conferenza di Open Street Map a Essen, in Germania, a un gruppo di programmatori e navigatori venne in mente l'idea di estendere la copertura offerta da

Open Street Map anche ai mari e ai corsi d'acqua dolce. Dalla fine del 2009 nacque dunque da una costola di OSM un nuovo progetto: Open Sea Map [WIKI-SEA2015].

Open Sea Map si propone dunque di creare una carta nautica libera, in grado di fornire informazioni turistiche e nautiche a qualunque navigatore e nel modo più opportuno. Fin dall'inizio il progetto ha avuto un forte carattere internazionale: nel 2010 ha partecipato anche al "Düsseldorf International Boat Show", uno dei più grandi meeting marittimi a livello mondiale. Attualmente il sito [SEA2015] supporta 6 lingue, ovvero Inglese, Italiano, Francese, Tedesco, Spagnolo e Russo e i luoghi sulla mappa sono indicati nella lingua e nell'alfabeto locali. La copertura geografica è globale, ma la disponibilità di mappe, che cresce comunque ogni giorno, dipende dalla regione e dalla disponibilità dei cartografi presenti.

La raccolta di dati comprende elementi quali fari, porti, punti di ancoraggio, darsene, boe di confine, segnali cardinali marittimi e in generale qualunque punto di navigazione segnato. Vi sono poi anche informazioni sui porti quali centri di riparazione, rivenditori di ricambi ma anche negozi, ristoranti e luoghi d'interesse generale. Si sta studiando inoltre un metodo per visualizzare la profondità e il profilo del fondale marino o informazioni in tempo reale inerenti le condizioni meteorologiche. Il rendering dei tile è affidato a Mapnik, l'interfaccia si appoggia invece su OpenLayers [WOSM-SEA2015].

Il modello dei dati si basa sugli standard forniti dall'Organizzazione Internazionale per l'Idrografia (IHO) [IHO2015], in tal modo l'interscambio di dati con altre applicazioni ECDIS, che usano lo stesso formato, risulta molto semplificato; occorre però inserire un'interfaccia per permettere agli utenti di inserire in maniera facile i propri dati senza conoscere le regole dello standard.

L'applicazione è disponibile online per diverse tipologie di dispositivi, sia pc desktop che smartphone, palmari e altri, e permette di scaricare le mappe per effettuare le proprie crociere.

3.2.2. Google Galaxy

Google ogni anno continua a investire ingenti somme nello sviluppo della tecnologia Geoinformatica. A seguito di Google Maps e Google Earth, l'azienda statunitense nell'ultima decade ha continuato a incentivare la creazione di nuove funzionalità per i propri software: nel 2007 è nato Google Sky [GOS2015], un'applicazione di visualizzazione online disponibile per Android o via web di fotografie aeree del cielo e dello spazio, grazie anche alla collaborazione della NASA,

che ha reso disponibili immagini e informazioni dai propri satelliti, dal telescopio Hubble e dal progetto Sloan Digital Sky Survey [WIKI-GOS2015].

Nel 2009 è stata la volta di altri due progetti a prender il via: Google Mars [GOM2015] il 2 febbraio e il 20 luglio Google Moon [GOMO2015], in occasione del 40esimo anniversario dell'atterraggio della missione Apollo11. Scopo di tali applicazioni è rendere disponibili varie immagini e informazioni raccolte negli anni attraverso le varie missioni lunari e marziane: si vuole dare all'utente di poter esplorare quei mondi attualmente così lontani da noi, ma anche di ripercorrere la storia spaziale dell'Uomo [WIKI-GOM2015] [WIKI-GOMO2015].

Si ipotizza [GOOB2015] che Google abbia in realtà in mente un progetto molto più vasto per la mappatura dell'intero spazio, il cui nome potrebbe per l'appunto essere Google Galaxy, o anche Google Universe. L'autore di questo saggio non conosce gli scopi finali di Google, ma si trova d'accordo nel pensiero che se non nell'immediato futuro sicuramente in uno più lontano la mappatura delle zone oltre l'atmosfera terrestre sarà possibile ed accessibile a tutti. Ciò è suffragato dalla continua raccolta di immagini e dati che ha da secoli, a partire dall'invenzione del cannocchiale, caratterizzato l'Uomo, la cui curiosità non può far a meno di spingerlo oltre i limiti conosciuti. Esistono inoltre già adesso modelli della struttura dell'Universo: si visiti per esempio il sito [STAR2015], un esperimento creato per Google Chrome per dare una visualizzazione interattiva della locazione di 119617 stelle "vicine" alla Terra.

3.3. Applicare ovunque la geografia

Come si è visto, la geolocalizzazione dei dati e il reperimento veloce e globalmente distribuito di questi può sfociare in una gamma di utilizzi molto ampia. La Esri International User Conference, il più grande evento mondiale inerente i GIS, del 20 luglio 2015 [EUC2015] ha avuto come tema principale proprio il concetto di "Applicare ovunque la geografia". Quasi 17000 persone hanno discusso sull'utilizzo e i bisogni moderni inerenti le tecnologie spaziali e hanno presentato applicazioni per l'ambiente, lo sviluppo, la gestione di eventi disastrosi, il cambiamento climatico e la conservazione. In particolare si è voluto dimostrare come la conoscenza geografica possa migliorare lo sviluppo futuro dell'uomo e portare a soluzioni per certi problemi che affliggono l'umanità e come far progredire la sostenibilità e la protezione del pianeta. Durante la conferenza sono state presentate delle mappe con dati molto significativi provenienti da tutto il mondo i cui temi erano:

- Controllo e giudizio sull'ambiente;

- Risorse naturali;
- Risorse energetiche;
- Informazioni sul territorio, sia a livello fisico che politico-economico;
- Pianificazione regionale e urbana;
- Potenza dei servizi di utilità e telecomunicazione;
- Gestione dei luoghi e delle costruzioni;
- Gestione e analisi dell'economia;
- Stato di salute della popolazione;
- Sicurezza pubblica;
- Disastri naturali;
- Cartografia;
- Mappe storiche;
- Open data e coinvolgimento dei cittadini;
- Portali di accesso ai dati.

Questo elenco riflette già quanto ampiamente come la tecnologia geospaziale vada a incidere su diversi settori a livello economico e sociale, ma nella stessa conferenza si è dimostrato come l'avanzamento GIS nelle tecnologie web e mobile possa incrementare il numero di funzioni industriali applicative.

3.3.1. Libri scolastici di ultima generazione

Si vuole portare ora un esempio concreto del concetto di “applicazione della geografia ovunque” ideato da Esri: nei libri di testo di nuova generazione incorporare le web map interattive insieme ad altri contenuti digitali [EBNGB2015].

Prendendo d'esempio gli Stati Uniti, l'industria dei libri scolastici ha fatturato 14 miliardi di dollari nel 2013; i testi stampati risultano un fattore molto gravante nella spesa pubblica per

l'educazione scolastica di ogni singolo individuo. Questo spinge dunque gli editori a cercare nuovi mezzi di circolazione dei testi, per evitare i costi derivanti dalla stampa su carta, che negli ultimi anni hanno avuto la tendenza ad aumentare. L'idea di utilizzare libri digitali, potenzialmente meno costosi, sblocca così la possibilità di implementare web map interattive sugli stessi. Ciò che è più immediato pensare è un *e-book*, ovvero un libro elettronico, ma con alcune funzionalità aggiuntive, quali la possibilità di sottolineare, prendere appunti, collegarsi a risorse in rete e compatibili con altri dispositivi mobile. Esistono già diversi produttori di questo tipo di prodotti sul mercato. In realtà gli studenti non stanno acquistando semplici e-book, ma qualcosa di più, definito come "sistema integrato di apprendimento", il cui sviluppo permette di aver accesso a sempre più risorse in formati differenti. Alcuni dei maggiori editori nell'industria scolastica, quali "McGraw Hill Education", "Houghton Mifflin Harcourt" e "John Wiley & Sons", stanno già lanciando sul mercato i propri *Learning Management Systems* (LMS, ovvero sistemi di gestione dell'apprendimento). Gli LMS in genere combinano i contenuti digitali con altri strumenti, ad esempio utili per l'autovalutazione, questionari, canali di comunicazione scolastici e altri supporti per l'apprendimento sociale. Esri intravede nelle web map la possibilità di effettuare un cambiamento vero e proprio nell'apprendimento scolastico, dotando insegnanti e studenti di uno strumento potente e portando a un livello superiore l'importanza della geografia, geolocalizzando le informazioni insegnate e acquisite. Alcuni prodotti commerciali includono già le web map tra le proprie funzionalità. Si pensa che i testi di nuova generazione digitali porteranno alla formazione di studenti con un grado di educazione più elevato e con una maggiore consapevolezza sulle potenzialità delle mappe e della geografia, inoltre si creeranno nuove figure professionali, di educatori specializzati nell'utilizzo di questa tecnologia e soprattutto di autori ed editori di LMS.

Conclusioni

Nel presente volume di tesi si è discusso del web mapping, frutto del contatto tra le tecnologie del mondo informatico e il mondo della geografia e della cartografia. Si è descritto come esso abbia avuto un rapido sviluppo, partendo dalla visualizzazione di una semplice immagine statica su un sito web fino a un'interfaccia interattiva e tridimensionale, e di come siano nate diverse tipologie di mappe interattive, adatte a diversi scopi e funzioni. È stato presentato in che modo l'evoluzione di questa tecnologia abbia cambiato in parte la società: la possibilità di utilizzare informazioni geolocalizzate è stata allargata ad una più ampia fetta della popolazione, andando a eliminare il bisogno di possedere certe conoscenze tecniche preliminari, e creando la figura del neogeografo; costui non solo sfrutta tali dati, ma è anche in grado di produrli e immetterli nella rete, rendendoli disponibili a chiunque; ciò ha creato alcuni conflitti tra il nuovo dominio della geografia online, più liberale e aperto, e il vecchio mondo dei GIS, riservato a specialisti ed esperti del settore; sono stati anche portati esempi di alcune piattaforme e gruppi di successo che appoggiano il mondo open-data in ambiente geografico arrivando a risultati finali differenti.

Si è quindi voluta eseguire un'accurata analisi dei software e delle strutture dati che vanno a costituire l'ossatura di questa tecnologia, partendo dagli elementi basilari e generici che vengono coinvolti fino alla presentazione di programmi, parti di codici e esempi.

Infine si sono mostrati alcuni dei possibili sviluppi del web mapping, partendo dal livello dell'interfaccia, passando quindi a altri domini di interesse per la raccolta dei dati e infine a nuove possibili applicazioni della tecnologia in altri campi e ambienti.

Alla luce di quanto si è descritto si può affermare come questo nuovo modo di fare cartografia abbia un forte impatto sia sul piano economico che su quello sociale. L'obiettivo di questo volume di tesi è stato quello di dimostrare che la cybercartografia ha un potenziale evolutivo apparentemente illimitato, in quanto in grado di legarsi a molti e differenti domini d'interesse: i miglioramenti che vengono applicati comportano a loro volta mutamenti negli ambienti in cui tale tecnologia viene sfruttata, spingendola dunque a rinnovarsi ulteriormente. Le soluzioni ai problemi che si presentano e gli impulsi a progredire sono continui e portano a spostare i confini ai domini d'applicazione attuali e a scoprire nuovi orizzonti operativi. Se è però vero che il motore evolutivo della cartografia informatica, apparentemente dal potenziale illimitato, crea una forte spinta a

riformarsi anche nei campi in cui si applica da una parte, dall'altra non può fare a meno di doversi uniformare alla velocità di questi ultimi a cambiare, il che può essere visto come una restrizione vera e propria. Proprio in merito a ciò si è voluto portare l'argomentazione del paragrafo 1.1.1, dove si mostra lo scontro d'interessi tra il metodo più tradizionale e ristretto di fare cartografia e quello più moderno e sociale: tale tecnologia porta sia al bisogno di evolversi in maniera rapida dei GIS sia all'esigenza di uniformarsi della neogeografia ai canoni tradizionali.

Bibliografia

- [ARC2015] ArcGIS, Cos'è ArcGIS Online?, <http://doc.arcgis.com/it/arcgis-online/reference/what-is-agol.htm>, 2015
- [ARC-API2015] ArcGIS, ArcGIS API for JavaScript, https://developers.arcgis.com/javascript/jssamples/layers_agstiled.html, 2015
- [ARC-TMS2015] ArcGIS, ArcGIS Tiled Map Service Layer, <https://developers.arcgis.com/ios/objective-c/guide/tiled-map-service-layer.htm>, 2015
- [BBB2015] Bbbike.org, Download Bbbike.org, <http://download.bbbike.org/osm/>, 2015
- [BBC2015] BBC, Google suspends Map Maker because of vandalism, <http://www.bbc.com/news/technology-32704566>, 2015
- [BGA2015] Raffaele Masto, "Kenya alle urne. Nel 2007 mille morti e centinaia di migliaia di sfollati", <http://www.buongiornoafrica.it/kenya-alle-urne-nel-2007-mille-morti-e-centinaia-di-migliaia-di-sfollati/1696>, 2013
- [BOSM2015] Open Street Map Blog, FAQ – Domande frequenti, <https://blog.openstreetmap.org/faq-domande-frequenti/?lang=it>, 2015
- [COD2015] CodePlex, ArcBruTile - Basemaps in ArcGIS Desktop, <http://arcbrutiles.codeplex.com/>, 2015
- [EUC2015] GeoConnexion, 2015 Esri User Conference - 360-degree Spectrum of Applications, <http://www.geoconnexion.com/articles/2015-esri-user-conference-360-degree-spectrum-of-applications/>, 2015
- [EBNGB2015] Esri, The Future of Web Maps in Next Generation Textbooks, <http://blogs.esri.com/esri/esri-insider/2015/01/16/the-future-of-web-maps-in-next-generation-textbooks/>, 2015
- [FEM2015] FEM-CRI GIS-RS Platform, GIS and Remote Sensing Unit at Fondazione Edmund Mach, <http://gis.cri.fmach.it/>, 2015
- [GEO2015] GeoNames, GeoNames, <http://www.geonames.org/>, 2015
- [GEOD2015] FEM-CRI GIS-RS Platform, OpenStreetMap per la tua regione, http://geodati.fmach.it/gfoss_geodata/osm/italia_osm.html, 2015
- [GEOF2015] Geofabrik GmbH Karlsruhe, Geofabrik, <http://www.geofabrik.de/>, 2015
- [GIT2015] GitHub, Graphhopper, <https://github.com/graphhopper/graphhopper/>, 2015
- [GIT-GOS2015] GitHub, Gosmore, <https://github.com/openstreetmap/gosmore>, 2015

- [GOM2015] Google Inc., Google Mars, <https://www.google.com/mars/>, 2015
- [GOMO2015] Google Inc., Google Moon, <http://www.google.com/moon/>, 2015
- [GOO2015] Google Inc. , Google Maps, <https://www.google.it/maps/> , 2015
- [GOO-API2015] Google Inc., Getting Started, <https://console.developers.google.com/start>, 2015
- [GOO-JAPI2015] Google Inc., Google Maps Javascript API, <https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/> , 2015
- [GOOB2015] Googlist Blog, Google Galaxy starts with Mars, <http://thegooglist.blogspot.it/2006/03/google-galaxy-starts-with-mars.html>, 2015
- [GOO-E2015] Google Inc. , Google Earth, <https://www.google.com/earth/> , 2015
- [GOO-GMM2015] Google Inc., Google Map Maker, <https://productforums.google.com/forum/#!topic/map-maker/JeAFzDcTFfQ>, 2015
- [GOO-S2015] Google Inc., Incorporamento di una mappa, <https://support.google.com/maps/answer/3544418?hl=it>, 2015
- [GOO-TOS2015] Google Inc. , Termini di servizio aggiuntivi Google Maps/Google Earth, http://www.google.com/intl/it_it/help/terms_maps.html , 2015
- [GOS2015] Google Inc., Google Sky, <http://www.google.it/intl/it/sky/>, 2015
- [ICP2015] Italian Crowdsourcing Projects, Italian Crowdsourcing Projects, <https://italycrowdsourcing.crowdmap.com/> , 2015
- [IHO2015] Internazional Hydrographic Organization, Homepage, <http://www.iho.int/srv1/index.php?lang=en>, 2015
- [LEA2015] Leaflet, Leaflet Quick Start Guide, <http://leafletjs.com/examples/quick-start.html>, 2015
- [MAP2015] Mapzen, Mapzen, <https://mapzen.com/>, 2015
- [MAPE2015] Igor Brejc, Maperitive, <http://maperitive.net/> , 2015
- [MAPN2015] Artem Pavlenko, Mapnik, <http://mapnik.org/>, 2015
- [MAPS2015] Mapstraction, Mapstraction, <http://mapstraction.com/>, 2015
- [MQD-2015] MapQuest Inc, Nominatim Search Service Developer's Guide, <http://open.mapquestapi.com/nominatim/>, 2015
- [MSDN2015] Microsoft, Cross-Platform Development with the Portable Class Library, [https://msdn.microsoft.com/en-us/library/gg597391\(v=vs.110\).aspx](https://msdn.microsoft.com/en-us/library/gg597391(v=vs.110).aspx), 2015

- [NAV2015] HERE, Navteq WebSite, <https://company.here.com/here/>, 2015
- [OCD2015] OpenCage Data Ltd., OpenCage, <http://geocoder.opencagedata.com/>, 2015
- [OFI2015] Open Forest Italia, Crowdsourcing – Volontari operatori forestali e gruppi A.I.B. , <https://openforesteitaliane.crowdmap.com/> , 2015
- [OSM2015] Open Street Map, Open Street Map, <https://www.openstreetmap.org/> , 2015
- [OSM2W2015] Open Street Map, OSM2World, <http://osm2world.org/>, 2015
- [OSM3D2015] Open Street Map, osm-3D, <http://www.osm-3d.org/map.htm>, 2015
- [OSM-A2015] Open Street Map, Open Street Map: About, <http://www.openstreetmap.org/about>, 2015
- [OSM-C2015] Open Street Map, Open Street Map Copyright, <http://www.openstreetmap.org/copyright>, 2015
- [PICK2015] PickPoint, PickPoint, <http://pickpoint.io/>, 2015
- [QUA2015] QuakeMap, QuakeMap, <http://quakemap.org/> , 2015
- [SEA2015] Open Sea Map, Map, <http://map.openseamap.org/>, 2015
- [STACK2015] StackExchange, Difference between a WMTS and a WMS?, <http://gis.stackexchange.com/questions/53011/difference-between-a-wmts-and-a-wms>, 2015
- [STAR2015] Google Inc., 100,000 stars, <http://stars.chromeexperiments.com/>, 2015
- [STE2014] Sterling Quinn, John A. Dutton e-Education Institute, “The history and importance of web mapping”, <https://www.e-education.psu.edu/geog585/node/643> ,2014
- [TEL2015] Master New Media S.r.l., Google svela il "Progetto Tango" per la mappatura in 3D, <http://www.telefonino.net/Android/Notizie/n34765/google-svela-progetto-tango-per-mappatura-3d.html>, 2015
- [TELA] TomTom, TeleAtlas WebSite, http://www.tomtom.com/it_it/, 2015
- [THU2015] Andy Allan, Thunderforest, <http://www.thunderforest.com/maps/>, 2015
- [UNI2015] Università Heidelberg, GIScience / Geoinformatics Research Group, http://www.geog.uni-heidelberg.de/gis/index_en.html, 2015
- [USH2015] Ushihida Inc. , Ushahidi, <http://www.ushahidi.com/> , 2015
- [W3C] W3 Consortium, Web Services Glossary, <http://www.w3.org/TR/ws-gloss/#defs> , 2015

- [W3S-GMAT2015] W3 School, Google Maps API Tutorial, <http://www.w3schools.com/googleapi/>, 2015
- [WGIS2015] Wiki Gis, Cybercartography, <http://wiki.gis.com/wiki/index.php/Cybercartography>, 2015
- [WIKI2015] Wikipedia, web mapping, https://en.wikipedia.org/wiki/Web_mapping, 2015
- [WIKI-AAG2015] Wikipedia, Anti-Grain Geometry, https://en.wikipedia.org/wiki/Anti-Grain_Geometry, 2015
- [WIKI-AF2015] Wikipedia, Adobe Flash, https://it.wikipedia.org/wiki/Adobe_Flash, 2015
- [WIKI-API2015] Wikipedia, Application Programming Interface, https://it.wikipedia.org/wiki/Application_programming_interface, 2015
- [WIKI-ARC2015] Wikipedia, ArcGIS, <https://it.wikipedia.org/wiki/ArcGIS>, 2015
- [WIKI-C2015] Wikipedia, Cartography, <https://en.wikipedia.org/wiki/Cartography>, 2015
- [WIKI-CM2015] Wikipedia, Crisis Mapping, https://it.wikipedia.org/wiki/Crisis_mapping, 2015
- [WIKI-CS2015] Wikipedia, Crowd Sourcing, <https://it.wikipedia.org/wiki/Crowdsourcing>, 2015
- [WIKI-CYB2015] Wikipedia, Cyberspazio, <https://it.wikipedia.org/wiki/Cyberspazio>, 2015
- [WIKI-DA2015] Wikipedia, Dati aperti, https://it.wikipedia.org/wiki/Dati_aperti, 2015
- [WIKI-GEO2015] Wikipedia, geoinformatics, <https://en.wikipedia.org/wiki/Geoinformatics>, 2015
- [WIKI-GEOR2015] Wikipedia, Georeferenzazione, <https://it.wikipedia.org/wiki/Georeferenziazione>, 2015
- [WIKI-GIS2015] Wikipedia, Geographic information system, https://en.wikipedia.org/wiki/Geographic_information_system, 2015
- [WIKI-GJS2015] Wikipedia, GeoJSON, <https://it.wikipedia.org/wiki/GeoJSON>, 2015
- [WIKI-GML2015] Wikipedia, Geography Markup Language, https://it.wikipedia.org/wiki/Geography_Markup_Language, 2015
- [WIKI-GMM2015] Wikipedia, Google Map Maker, https://it.wikipedia.org/wiki/Google_Map_Maker, 2015
- [WIKI-

- GMMEN2015] https://en.wikipedia.org/wiki/Google_Map_Maker, 2015
- [WIKI-GOM2015] Wikipedia, Google Mars, https://en.wikipedia.org/wiki/Google_Mars, 2015
- [WIKI-GOMO2015] Wikipedia, Google Moon, https://en.wikipedia.org/wiki/Google_Moon, 2015
- [WIKI-GOS2015] Wikipedia, Google Sky, https://en.wikipedia.org/wiki/Google_Sky, 2015
- [WIKI-GRAPH2015] Wikipedia, Graphhopper, <https://en.wikipedia.org/wiki/GraphHopper>, 2015
- [WIKI-GV2015] Wikipedia, Grafiva Vettoriale, https://it.wikipedia.org/wiki/Grafica_vettoriale, 2015
- [WIKI-J2015] Wikipedia, Java, [https://it.wikipedia.org/wiki/Java_\(linguaggio_di_programmazione\)](https://it.wikipedia.org/wiki/Java_(linguaggio_di_programmazione)), 2015
- [WIKI-JCL2015] Wikipedia, Johnny Chung Lee, [https://en.wikipedia.org/wiki/Johnny_Lee_\(computer_scientist\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Johnny_Lee_(computer_scientist)), 2015
- [WIKI-KML2015] Wikipedia, Keyhole Markup Language, https://it.wikipedia.org/wiki/Keyhole_Markup_Language, 2015
- [WIKI-ML2015] Wikipedia, Linguaggio di markup, https://it.wikipedia.org/wiki/Linguaggio_di_markup, 2015
- [WIKI-MU2015] Wikipedia, mash-up(informatica), [https://it.wikipedia.org/wiki/Mash-up_\(informatica\)](https://it.wikipedia.org/wiki/Mash-up_(informatica)), 2015
- [WIKI-NEO2015] Wikipedia, Neogeografia, <https://it.wikipedia.org/wiki/Neogeografia>, 2015
- [WIKI-OSM2015] Wikipedia, Open Street Map, <https://en.wikipedia.org/wiki/OpenStreetMap>, 2015
- [WIKI-Q2015] Wikipedia, QuickTime, <https://it.wikipedia.org/wiki/QuickTime>, 2015
- [WIKI-RG2015] Wikipedia, Reverse Geocoding, https://en.wikipedia.org/wiki/Reverse_geocoding, 2015
- [WIKI-SEA2015] Wikipedia, Open Sea Map, <https://en.wikipedia.org/wiki/OpenSeaMap>, 2015
- [WIKI-SVG2015] Wikipedia, Scalable Vector Graphics, SVG https://en.wikipedia.org/wiki/Scalable_Vector_Graphics, 2015
- [WIKI-TM2015] Wikipedia, Tile Map Service, https://en.wikipedia.org/wiki/Tile_Map_Service, 2015
- [WIKI-TMS2015] Wikipedia, Tile Map Service,

- http://en.wikipedia.org/wiki/Tile_Map_Service, 2015
- [WIKI-TWM2015] Wikipedia, Tiled Web Map, https://en.wikipedia.org/wiki/Tiled_web_map, 2015
- [WIKI-USH2015] Wikipedia, Ushahidi, <https://it.wikipedia.org/wiki/Ushahidi> , 2015
- [WIKI-VT2015] Wikipedia, Vector Tiles, https://en.wikipedia.org/wiki/Vector_tiles, 2015
- [WIKI-W2015] Wikipedia, Web 2.0, https://it.wikipedia.org/wiki/Web_2.0 , 2015
- [WIKI-WG2015] Wikipedia, Web Gis, <https://it.wikipedia.org/wiki/WebGIS>, 2015
- [WIKI-WM2015] Wikipedia, WikiMapia, <https://en.wikipedia.org/wiki/WikiMapia>, 2015
- [WIKI-WMS2015] Wikipedia, Web Map Service, http://en.wikipedia.org/wiki/Web_Map_Service, 2015
- [WIKI-WMSIT2015] Wikipedia, Web Map Service, https://it.wikipedia.org/wiki/Web_Map_Service, 2015
- [WIKI-WMTS2015] Wikipedia, Web Map Tile Service, https://en.wikipedia.org/wiki/Web_Map_Tile_Service, 2015
- [WIKI-WS2015] Wikipedia, Web Service, https://it.wikipedia.org/wiki/Web_service, 2015
- [WIKI-XML2015] Wikipedia, XML, <https://it.wikipedia.org/wiki/XML>, 2015
- [WODBL2015] Wikipedia, Licenza ODbL, https://it.wikipedia.org/wiki/Open_Database_License, 2015
- [WOSM2015] Wiki Open Street Map, Main Page, http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Main_Page , 2015
- [WOSM-3D] Wiki Open Street Map, OSM-3D.org, <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/OSM-3D.org>, 2015
- [WOSM-3DD] Wiki Open Street Map, 3D Development, http://wiki.openstreetmap.org/wiki/3D_development, 2015
- [WOSM-BT2015] Wiki Open Street Map, BruTile, <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/BruTile>, 2015
- [WOSM-CS2015] Wiki Open Street Map, IT:Changeset, <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/IT:Changeset>, 2015
- [WOSM-CT2015] Wiki Open Street Map, CartoType, <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/CartoType>, 2015
- [WOSM-DEP2015] Wiki Open Street Map, Deploying your own Slippy Map, https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Deploying_your_own_Slippy_Map, 2015

- [WOSM-E2015] Wiki Open Street Map, Elements,
<http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Elements>, 2015
- [WOSM-FAQ2015] Wikipedia, Open Street Map FAQ,
<http://wiki.openstreetmap.org/wiki/IT:FAQ> , 2015
- [WOSM-FF2015] Wiki Open Street Map, Osm File Formats,
http://wiki.openstreetmap.org/wiki/OSM_file_formats, 2015
- [WOSM-GOS2015] Wiki Open Street Map, Gosmore, gosmore
<http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Gosmore>, 2015
- [WOSM-
GRAPH2015] Wiki Open Street Map, Graphhopper,
<http://wiki.openstreetmap.org/wiki/GraphHopper>
, 2015
- [WOSM-KOS2015] Wiki Open Street Map, Kosmos,
<http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Kosmos>, 2015
- [WOSM-MAP2015] Wiki Open Street Map, Maperitive,
<http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Maperitive>, 2015
- [WOSM-
MAPG2015] Wiki Open Street Map, Mapgen.pl, mapgen.pl
<http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Mapgen.pl>, 2015
- [WOSM-
MAPN2015] Wiki Open Street Map, Mapnik,
<http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Mapnik>, 2015
- [WOSM-
MAPW2015] Wiki Open Street Map, Mapweaver,
<http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Mapweaver>, 2015
- [WOSM-
MAPX2015] Wiki Open Street Map, Mapstraction,
<http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Mapstraction>, 2015
- [WOSM-MF2015] Wiki Open Street Map, Map Features,
http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Map_Features, 2015
- [WOSM-MOIT2015] Wiki Open Street Map, IT:Mappe OSM,
http://wiki.openstreetmap.org/wiki/IT:Mappe_OSM, 2015
- [WOSM-N2015] Wiki Open Street Map, Node,
<http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Node>, 2015
- [WOSM-NOM2015] Wiki Open Street Map, Nominatim,
<http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Nominatim>, 2015
- [WOSM-
NOMINST2015] Wiki Open Street Map, Nominatim/Installation,
<https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Nominatim/Installation>, 2015
- [WOSM-O5M2015] Wiki Open Street Map, O5m,
<http://wiki.openstreetmap.org/wiki/O5m>, 2015
- [WOSM-OFF2015] Wiki Open Street Map, Offline Openstreetmap,
http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Offline_Openstreetmap, 2015

- [WOSM-OL2015] Wiki Open Street Map, Open Layers, <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/OpenLayers>, 2015
- [WOSM-OLSE2015] Wiki Open Street Map, Open Layers Simple Example, http://wiki.openstreetmap.org/wiki/OpenLayers_Simple_Example, 2015
- [WOSM-ORS] Wiki Open Street Map, Open Route Service, <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/OpenRouteService>, 2015
- [WOSM-OS2015] Wiki Open Street Map, Osmosis, <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Osmosis>, 2015
- [WOSM-OSC2015] Wiki Open Street Map, Osmconvert, <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Osmconvert>, 2015
- [WOSM-OSM2W] Wiki Open Street Map, OSM2World, <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/OSM2World>, 2015
- [WOSM-OSR2015] Wiki Open Street Map, Osmarender, <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Osmarender>, 2015
- [WOSM-P2015] Wiki Open Street Map, Planet.osm, <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Planet.osm>, 2015
- [WOSM-PBF2015] Wiki Open Street Map, PBF Format, http://wiki.openstreetmap.org/wiki/PBF_Format, 2015
- [WOSM-R2015] Wiki Open Street Map, Relation, <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Relation>, 2015
- [WOSM-ROU2015] Wiki Open Street Map, Routing, routing <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Routing>, 2015
- [WOSM-ROUIT2015] Wiki Open Street Map, IT:Routing, <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/IT:Routing>, 2015
- [WOSM-SEA2015] Wiki Open Street Map, Open Sea Map, <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/OpenSeaMap>, 2015
- [WOSM-SH2015] Wiki Open Street Map, Shapefile, <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Shapefiles>, 2015
- [WOSM-SM2015] Wiki Open Street Map, Slippy Map, http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Slippy_Map, 2015
- [WOSM-SMIT2015] Wiki Open Street Map, Slippy Map, http://wiki.openstreetmap.org/wiki/IT:Slippy_Map, 2015
- [WOSM-SMT2015] Wiki Open Street Map, Slippy Map Tilenames, http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Slippy_map_tilenames, 2015
- [WOSM-T2015] Wiki Open Street Map, Tags, <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Tags>, 2015

- [WOSM-TILE2015] Wikipedia, Tiles, <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Tiles>, 2015
- [WOSM-TMS2015] Wiki Open Street Map, TMS, <https://wiki.openstreetmap.org/wiki/TMS>, 2015
- [WOSM-W2015] Wiki Open Street Map, Way, <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Way>, 2015
- [WOSM-XML2015] Wiki Open Street Map, OSM XML, http://wiki.openstreetmap.org/wiki/OSM_XML, 2015
- [WOSM-XMLIT2015] Wiki Open Street Map, IT: OSM XML, http://wiki.openstreetmap.org/wiki/IT:OSM_XML, 2015
- [XNAV2015] XNavigator Wiki, About, <http://xnavigator.sourceforge.net/doku.php>, 2015